



Artigo de Revisão

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v13n12019p68-78

Submetido em: 27 out. 2017

Aceito em: 22 fev. 2019

Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos

Graduanda em Engenharia Ambiental e Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) Campus Vitória da Conquista/BA - Brasil. E-mail: leticiamorais137@gmail.com.

Gleide Nascimento Azevedo  <https://orcid.org/0000-0002-0037-9423>

Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) Campus Vitória da Conquista/BA - Brasil. E-mail: gleide.azevedo@hotmail.com.

Atualmente toneladas de microcontaminantes orgânicos são lançados nos corpos hídricos através dos esgotos sanitários, industriais e hospitalares, os quais possuem uma elevada carga química que, quando não tratada corretamente, causa mudanças irreparáveis ao meio. Desse modo, o presente artigo apresenta um estudo bibliográfico de variadas metodologias de adsorventes usados na adsorção de contaminantes orgânicos.

Palavras-chave: Micropoluentes. Adsorção. Água.

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.



Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

.....

Use of Alternative Adsorbents in the Treatment of Organic Contaminants in Water and Liquid Effluents

Currently tons of organic micro-contaminants are released into water bodies through sanitary, industrial and hospital sewage, which has a high chemical load when not treated correctly, causing irreparable changes in the environment. Thus, this article presents a bibliographic study of various adsorbent methodologies used in the adsorption of organic contaminants.

Keywords: Micropollutants. Adsorption. Water.

Uso de Adsorbentes Alternativos en el Tratamiento de Contaminantes Orgánicos en el Agua y en los Efluentes Líquidos

Actualmente, se liberan toneladas de microcontaminantes orgánicos a los cuerpos de agua a través de aguas residuales sanitarias, industriales y hospitalarias, que tienen una alta carga química cuando no se tratan correctamente, lo que provoca cambios irreparables en el medio ambiente. Por lo tanto, este artículo presenta un estudio bibliográfico de varias metodologías de adsorbentes utilizadas en la adsorción de contaminantes orgánicos.

Palabras clave: Microcontaminantes. Adsorción. Agua.



Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

1 Introdução

Os microcontaminantes orgânicos representam uma das classes de substâncias químicas lançadas diariamente no meio e se revelam como um sério problema ambiental dos últimos tempos. Tais produtos, quando lançados no meio, interagem com as espécies resultando em impactos negativos à biota. A exemplo tem-se os antibióticos, que, ao serem lançados no meio, contribuem para a ocorrência e propagação de resistência microbiana (KÜMMERER, 2003), e os estrógenos quanto aos riscos relacionados às funções endócrinas e reprodutivas em peixes selvagens, como, por exemplo, a feminização de peixes machos (BARONTI *et al.*, 2000).

Apesar de os microcontaminantes serem encontrados no meio em concentrações traços, na ordem de ng/L e µg/L, esses compostos apresentam características e propriedades que os tornam recalcitrantes no meio aquático e terrestre. Uma vez no ambiente, os contaminantes orgânicos podem se concentrar no solo por meio de atividades agropecuárias (MARTÍNEZ-CARBALLO *et al.*, 2007) e de sumidouros, e podem sofrer lixiviação sendo transportados aos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Uma provável rota de contaminação hídrica advém do escoamento superficial de esgotos domésticos, hospitalares e industriais e da lixiviação sofrida pela disposição de lodo de esgoto no solo. Estudos demonstraram a ocorrência de contaminação de poluentes orgânicos persistentes em águas superficiais, subterrâneas, águas de abastecimento público (STACKELBERG *et al.*, 2004, 2007; SOUZA, 2008), em esgoto tratado (SOUZA, 2011; AMÉRICO *et al.*, 2012) e em amostras de solo (MARTÍNEZ-CARBALLO *et al.*, 2007).

Os tratamentos convencionais de água e os tratamentos primário e secundário de esgoto não retiram, em sua totalidade, os contaminantes orgânicos presentes na água (LOFFLER *et al.*, 2005; SOUZA, 2011; AMÉRICO *et al.*, 2012).

Novas tecnologias de tratamentos que objetivam a remoção desses poluentes têm sido bastante investigadas. Os principais métodos de tratamento de efluentes reportados na literatura envolvem processos físico/químicos e biológicos. Entre eles, sobressaem os processos que visam à remoção dos fármacos em águas de estações de tratamento de esgoto e de água potável: processos oxidativos avançados (POAs) (VASCONCELOS, 2011; FERREIRA, 2011), bioreatores com membranas (BRMs) e carvão ativado, ozonização (KRAUSE, 2009), nanofiltração (SIMÕES, 2010) e adsorventes naturais (HIGARASHI, 2012). Tais processos, com exceção do último, são alternativas dispendiosas encarecendo os sistemas de tratamento de águas e de esgotos. Na tentativa de baratear os custos de tratamentos secundários de águas e efluentes, pesquisas com uso de adsorventes têm sido desenvolvidas em todo o território nacional.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica acerca dos principais adsorventes utilizados para a adsorção de contaminantes orgânicos em águas e efluentes líquidos.

2 Metodologia

O presente artigo teve como processo metodológico um levantamento de referenciais bibliográficos (artigos e teses) em *sites* acadêmicos e seleção daqueles que apresentaram

Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

metodologias que podem ser empregadas no tratamento de adsorção dos contaminantes orgânicos em efluentes.

3 Resultados e discussão

Entre os métodos de tratamento de águas e efluentes líquidos, a bioadsorção tem-se mostrado como metodologia promissora (BILA; DEZOTTI, 2007) economicamente exequível e ambientalmente correta uma vez que há o aproveitamento de resíduos vegetais.

O processo da adsorção baseia-se em um fenômeno de separação de uma mistura implicando o contato de uma fase fluida (líquida) com uma fase rígida (adsorvente), onde moléculas, íons e átomos de uma determinada substância líquida ou gasosa são deslocados para uma superfície sólida, permanecendo aí retidos. Os solutos adsorvidos são estabelecidos como adsorvatos, e o material sólido, ou seja, a fase rígida permanente é o adsorvente. A adsorção envolve interações eletrostáticas e as forças de Van der Waals entre o adsorvato e o adsorvente (fisiissorção) e quando há reação química (quimissorção) entre o sítio ativo de adsorção e o adsorvato (DI BERNARDO *et al.*, 2002).

A adsorção é afetada pelas naturezas do adsorvente (matéria-prima utilizada na produção, grupos funcionais, área superficial, porosidade e processo de ativação) e do adsorvato (grupos funcionais, polaridade e peso molecular) bem como pelas condições físicas e químicas da solução e do processo (temperatura, pH, agitação, concentração do adsorvato e tempo de contato) (HAGHSERESHT *et al.*, 2002). Recentemente, diferentes adsorventes têm sido estudados como uma alternativa na remoção de micropoluentes orgânicos presentes em efluentes líquidos. O Quadro 1 mostra esses diferentes adsorventes utilizados atualmente para a remoção dos micropoluentes orgânicos de efluentes e águas.

Quadro 1. Adsorventes utilizados na remoção de micropoluentes orgânicos (continua)

Adsorvente	Autor	Metodologia	Resultado
Quitosana	Cosmo <i>et al.</i> (2011)	Os autores utilizaram a quitosana e o carvão ativado para a remoção do fármaco paracetamol encontrado em águas de abastecimento para saber qual seu potencial adsorvativo e qual possuía melhor resultado.	A quitosana apresentou 128,67 µg/g, sendo superior ao carvão ativado com 86,22 µg/g.
Turfa	Fernandes <i>et al.</i> (2011)	Fernandes <i>et al</i> utilizaram uma amostra decomposta de turfa para a remoção dos hormônios 17b - ESTRADIOL E 17a - ETINILESTRADIOL	Foi possível atingir a remoção de 76,2% do hormônio 17b - ESTRADIOL e 55,0% do hormônio 17 ^a - ETINILESTRADIOL. Nesta pesquisa os autores comprovaram que o processo de adsorção é dependente tanto quantidade de hormônios, da massa do adsorvente, do tempo de contato, quanto dos sítios ativos presentes na turfa.

Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

Quadro 1. Adsorventes utilizados na remoção de micropoluentes orgânicos (continuação)

Adsorvente	Autor	Metodologia	Resultado
Clarificação	Lima (2013)	Lima usou o processo de clarificação associado à adsorção com carvão ativado e coagulantes para remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em águas naturais. Nesta pesquisa foi empregado o cloreto de polialumínio (PAC) e o sulfato de alumínio (SA) como coagulantes na presença e ausência de carvão ativado em pó (CAP) na remoção dos micropoluentes bezafibrato (BZF), diclofenaco (DCF), sulfametoxazol (SMX), trimetoprima (TMP), etinilestradiol (EE2), bisfenol -A (BPA) e nonilfenol (NP); e de hormônios naturais como o estradiol (E2), a estrona (E1) e o estriol (E3).	O autor constatou uma piora na remoção dos micropoluentes, demonstrando haver competição entre os microcontaminantes e as espécies hidrolisadas do coagulante pelos sítios ativos do adsorvente. Porém, o uso do carvão ativado como pré-tratamento aumentou a eficiência de remoção de 34% a 99,9% dos micropoluentes, sendo uma dose de 10 mg/L no tempo de contato de 120 minutos sendo suficientes para remover os microcontaminantes estudados.
Zeólitas	Fungaro & Bruno (2009)	Utilizaram-se zeólitas sintetizadas a partir das cinzas de carvão de usina termoeletrica para remoção do corante azul de metileno em águas.	A pesquisa atingiu um percentual de 90 a 92% de adsorção do corante analisado, mostrando-se eficiente como material adsorvente de baixo custo na remoção do corante azul de metileno em solução aquosa.
Carvão Ativado em pó - CAP	Ferreira (2011)	Ferreira utilizou o carvão em pó - CAP para remoção de 15 micropoluentes emergentes (Carbamazepina, Diclofenaco, Cafeína, Lidocaína, Mirtazapina, Galaxolide, Galaxolidone (HHCB-Lactona), Tonalide, N,N-dietil-m-toluamida, Tri (2-cloroetil) fosfato, tri (2-cloro-1-metiletil) fosfato, tri (dicloro-propil) fosfato, tri-iso-butil fosfato, 2-(Metiltio) benzotiazol, Benzotiazol) na ETE de Bünau na Alemanha.	Este estudo demonstrou que a variável mais relevante foi a dosagem de CAP. Para dosagem de 20mg/L de carvão ativado, houve remoções superiores de 90% dos fármacos, 90% produtos para cuidado pessoal- PCPs. Para as substâncias retardadoras de chama e plastificantes organoclorado - RCPOs obteve-se 86% (TCEP) a 99% (TDCP), e para as outras substâncias, MTBT e o BT, obtiveram remoções iguais ou superiores a 60% já na dosagem inicial de 5 mg/L de CAP.

Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

Quadro 1. Adsorventes utilizados na remoção de micropoluentes orgânicos (continuação)

Adsorvente	Autor	Metodologia	Resultado
Lodo de ETE têxteis	Vasques (2012)	Vasques utilizou o lodo residual obtido através de pirólise a vácuo para remoção da cor e da matéria orgânica do efluente têxtil	O autor obteve um resultado de até 99,5% na remoção da cor e matéria orgânica, independente do processo térmico utilizado.
Casca de Coco Verde e Xisto	Barbosa (2011)	Barbosa utilizou xisto retornado e pó da casca do coco verde para avaliar a eficiência na remoção de arsênio (As), óleos e graxas (O&G) de um efluente	Barbosa obteve uma eficiência de quase 100% na remoção ao arsênio e 70% na remoção dos óleos e graxas (O&G) com o xisto. Já com o pó da casca do coco verde obteve 80% na remoção dos óleos e graxas (O&G) e foi ineficiente na remoção do arsênio.
Folhas de Neem	Immich (2006)	O autor utilizou as folhas de Neem como adsorvente para remoção de corantes em efluentes têxteis e analisou a influência de alguns parâmetros em diferentes classes de corantes. A pesquisadora analisou a influência dos seguintes parâmetros: pH da solução aquosa, agitação do banho, adição de sal (sulfato de sódio), temperatura da mistura e granulométrica.	De acordo com os resultados, as folhas obtiveram uma remoção do corante de Azul Remazol que foi empregada para a adsorção do corante ácido Azul Lanaset 2R e do corante básico Azul Maxilon GRL, visando verificar a eficiência do adsorvente com relação a diferentes classes de corantes. De acordo com os dados apresentados no seu estudo, a remoção do corante Azul Maxilon GRL utilizando folhas de Neem como adsorvente alternativo foi superior a 99%. Para os corantes Azul Lanaset 2R e Azul Remazol RR, a remoção foi de aproximadamente 97% e 90%, respectivamente.
Bagaço da cana-de-açúcar	Brandão (2006)	Brandão utilizou o bagaço da cana para remoção de derivados do petróleo.	O bagaço da cana-de-açúcar foi capaz de adsorver 99% de gasolina e 90% de n-heptano presentes nas amostras que continham aproximadamente 5% desses contaminantes.

Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

Quadro 1. Adsorventes utilizados na remoção de micropoluentes orgânicos (continuação)

Adsorvente	Autor	Metodologia	Resultado
Esfera de Diatomirita	Polakiewick (2008)	Polakiewick utilizou as esferas de diatomito como material adsorvente para a adsorção de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA encontrados nos dois estuários da baixada santista.	Entre as metodologias testadas, o autor verificou que a extração de HPA das esferas de diatomito é mais eficiente quando ocorre por processo de agitação ultrassônica e mecânica. Nos testes de recuperação, observaram-se os melhores resultados para os HPA de maior massa molecular e que a eficiência de adsorção de HPA pelas esferas de diatomito é maior no período de 15 a 30 dias. Os resultados obtidos nos testes indicaram também que há uma forte influência dos fatores ambientais na adsorção dos HPA apresentando resultados de diferentes magnitudes no laboratório e no ambiente natural, tais como: regime fluvial, salinização das águas, carga orgânica, circulação de água.
Carvão Ativado	Cerávolo (2012)	Estudos cinéticos e de equilíbrio de adsorção em batelada tanto com óleo diesel comercial quanto com óleo diesel sintético foram realizados, a fim de possibilitar a obtenção do tempo de equilíbrio de adsorção e auxiliar na compreensão do comportamento de equilíbrio.	Dentre as amostras de carvão avaliadas, apenas uma foi selecionada por apresentar maior capacidade adsorativa em relação aos compostos sulfurados do óleo diesel comercial. O comportamento adsorativo da amostra de carvão ativado selecionada em solução sintética contendo Dibenzotiofeno foi bastante favorável apresentando 98% de remoção de enxofre ao final de 48 horas.

Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

Quadro 1. Adsorventes utilizados na remoção de micropoluentes orgânicos (conclusão)

Adsorvente	Autor	Metodologia	Resultado
Zeolita Natural Clinoptilolita - mordenita	Higarashi (2012)	O autor utilizou zeolita natural clinoptilolita-mordenita 70-85% (Celta Brasil Ltda. São Paulo) como adsorvente no tratamento terciário da remoção de amônia em efluente de suinocultura.	Este estudo demonstrou que a remoção de amônia em sistemas de coluna de adsorção aumenta com a redução da taxa de fluxo volumétrico, em virtude do maior tempo de contato do soluto com o adsorvente. Houve uma redução de 80% da carga de amônia após passar pela coluna de leito fixo

4 Conclusões/recomendações

A utilização de adsorventes na remoção de micropoluentes apresenta-se como uma alternativa tecnológica ambientalmente sustentável ganhando interesse no meio acadêmico para o desenvolvimento tecnológico na remoção dos micropoluentes em águas.

Das pesquisas reportadas, observou-se que o processo de adsorção foi nitidamente influenciado pela quantidade de adsorvato, da massa do adsorvente, do tempo de contato do soluto com o adsorvente, quantidade de sítios ativos presentes no adsorvente, temperatura, tamanho da partícula do material adsorvente, dosagem do adsorvente e competição entre os microcontaminantes e outras substâncias químicas hidrolisadas pelos sítios ativos do adsorvente.

Assim, é necessária uma adaptação da metodologia escolhida para a realização do tratamento de adsorção dos micropoluentes, de acordo com a sua necessidade, a fim de que o tratamento tenha um grau de eficiência elevado. Entre todos os adsorventes apresentados, os que possuíram maior custo-benefício foram aqueles utilizados em biomassas como a casca do coco, o bagaço da cana-de-açúcar e a folha de neem, já que tanto a folha de neem quanto o bagaço da cana-de-açúcar ocorrem em grande quantidade no Brasil, sendo, no entanto, muito pouco utilizados. Seu aproveitamento, portanto, auxiliaria também na redução desses resíduos.

Referências

AMÉRICO, J. H. *et al.* Fármacos em Uma Estação de Tratamento de Esgoto na Região Centro-Oeste do Brasil e os Riscos aos Recursos Hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 3, p. 61-67, jul./set. 2012. Disponível em: http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/d8b3636f8df80e826675d6b10f61272a_27322ace54d06ae91011e789da56cbb2.pdf. Acesso em: 19 maio 2017.

BARBOSA, A. L. S. *Avaliação de um Sistema de Colunas de Leito Fixo Utilizando Xisto Retornado e Pó de casca do Coco para Remoção de Arsênio, Óleos e graxas de um efluente Real*. Rio de Janeiro. 2011. 96 p. Tese (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli246.pdf>. Acesso em: 12 maio 2017.

Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

BARONTI, C. *et al.* Monitoring Natural and Synthetic Estrogens at Activated Sludge Sewage Treatment Plants and in a Receiving River Water. *Ciência e Tecnologia Ambiental*, v. 34, n. 24, p. 5059-5066, 2000.

BELISÁRIO, M. *et al.* O emprego de Resíduos Naturais no Tratamento de Efluentes Contaminados com Fármacos Poluentes. *Revista Inter Science Place*, v. 2, n. 10, p. 6, 2009. Disponível em: <http://interscienceplace.org/isp/index.php/isp/article/viewFile/99/98>. Acesso em: 23 maio 2017.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores Endócrinos no Meio Ambiente: Efeitos e Consequências. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 651-666, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-40422007000300027&script=sci_arttext. Acesso em: 16 maio 2017.

BRANDÃO, P. C. *Avaliação do uso do bagaço-de-cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes*. Uberlândia, 2006. Tese (Mestrado em Engenharia Bioquímica) - Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

CERÁVOLO, R. A. *Avaliação da Capacidade Adsorptiva de Compostos Sulfurados do Óleo diesel em Carvão Ativado*. 2012. 154 p. Tese (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2012. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/28855/R%20%20D%20%20RENATA%20DE%20ABREU%20CERAVOLO.pdf?sequence=1>. Acesso em: 16 maio 2017.

COSMO, P. C.; RIBEIRO, A. V. F. N.; RIBEIRO, J. N. Avaliação de Quitosana como Agente Removedor de Paracetamol em Águas de Abastecimento. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2011, Vitória, ES. Disponível em: pse.ifes.edu.br/prppg/pesquisa/jornadas/.../045.../..%5CT2364.pdf. Acesso em: 11 maio 2017.

DI BERNARDO, L.; CENTURIONE FILHO, P. L. *Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água*. São Carlos: Rima, 2002. p. 237.

FERNANDES, A. N. *et al.* Remoção dos Hormônios 17 β -estradiol e 17 α -etinilestradiol de Soluções Aquosas Empregando a Turfa Decomposta Como Material Adsorvente. *Química Nova*, v. 34, n. 9, p. 1526-1533, 2011. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72935/000822838.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 maio 2017.

FERREIRA, J. C. R. *Remoção de Micropoluentes Emergentes em efluentes Sanitários através de Carvão Ativado*. 2011. p. 162. Tese (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/29741/R%20-%20D%20-%20JULIANO%20CESAR%20REGO%20FERREIRA.pdf?sequence=1>. Acesso: 13 maio 2017.

FUNGARO, D. A.; BRUNO, M. Utilização de Zeólitas Sintetizadas a Partir de Cinza de Carvão para Remoção de Azul de Metileno em Água. *ORBITAL*, p. 4.963, 2009. Disponível em: www.orbital.ufms.br/index.php/Chemistry/article/download/32/11. Acesso em: 12 maio 2017.

HAGHSERESHT, F. *et al.* Effects of surfaces chemistry on aromatic compound adsorption from dilute aqueous solutions by activated carbon. *Journal of Physical Chemistry*, v. 106, n. 42, p. 10935 - 10943, 2002. DOI: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jp025522a>.

HIGARASHI, M. M. Utilização de Colunas de Leito Fixo com Adsorventes Naturais para remoção de Amônia de Efluentes da Suinocultura. *HOLOS Environment*, v. 12, n. 1, p. 75, 2012. Disponível

Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

em: https://www.researchgate.net/publication/259971036_Utilizacao_de_colunas_de_leito_fixo_com_adsorventes_naturais_para_a_remocao_de_amonia_de_efluentes_da_suinocultura. Acesso em: 19 out. 2017.

IMMICH, A. P. S. *Remoção de Corantes de Efluentes Têxteis Utilizando Folhas de Azadirachta indica como Adsorvente*. 2006. Tese (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88917/233095.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 maio 2017.

KRAUSE, L. G. T. *Degradação do Antibiótico Sulfametoxazol por Ozonização e Avaliação da Atividade Antimicrobiana*. 2009. p. 92. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://fenix3.ufrj.br/60/teses/copped/LuizGustavoTavaresKrause.pdf>. Acesso em: 13 maio 2017.

KÜMMERER, K. Significance of antibiotics in the environment. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* [on-line], v. 52, p. 5-7, 2003. Disponível em: <http://jac.oxfordjournals.org/content/52/1/5.full.pdf>. Acesso em: 13 maio 2017.

LIMA, D. R. S. *Remoção de Fármacos e Desreguladores Endócrinos de Águas Naturais por Clarificação Associada à Adsorção em Carvão Ativado em Pó*. 2013. 126 p. Tese (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Ouro Preto, 2013. Disponível: http://200.131.208.43/bitstream/123456789/3186/1/disserta%2087%20c3%83o_remo%20a7%20a3of%20a1rmacosdesreguladores.pdf. Acesso em: 11 maio 2017.

LOFFLER, D. *et al.* Environmental Fate of Pharmaceuticals in Water/ Sediment Systems. *Environmental Science Technology* [on-line], v. 39, p. 5209-5218, 2005. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16082949>. Acesso em: 15 maio 2017.

MARTÍNEZ, E. *et al.* Environmental monitoring study of selected veterinary antibiotics in animal manure and soils in Austria. *Environmental Pollutants* [on-line], n.148, p. 570-579, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749106006816>. Acesso em: 18 maio 2017.

POLAKIEWICZ, L. *Estudo de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos nos Estuários de Santos e São Vicente - SP utilizando o Diatomito como Material Adsorvente*. 2008. Tese (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Lilian%20Polakiewicz_M.pdf. Acesso em: 20 out. 2017.

SIMÕES, P. M. S. V. *Contribuição para o Estudo da Presença e Remoção de Compostos Emergentes de Filtros de UV em ETAR*. 2010. Tese (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: http://run.unl.pt/bitstream/10362/5129/1/Simoes_2010.pdf. Acesso em: 12 maio 2017.

SOUZA, J. B. G. *Estudo da Ocorrência de Tetraciclinas e Estrógenos em Água Superficial, Subterrânea e Esgoto Tratado na Cidade de Campo Grande (MS)*. 2008. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2008. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/biq/33004030072P8/2008/souza_jbg_dr_araiq.pdf. Acesso em: 20 maio 2017.

SOUZA, N. C. *Avaliação de Micropoluentes Emergentes em Esgotos e Águas Superficiais*. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br:8080/ri/bitstream/123456789/2148/1/2011_tese_ncsouza.pdf. Acesso em: 6 maio 2017.



Uso de Adsorventes como Alternativa no Tratamento de Contaminantes Orgânicos em Águas e Efluentes Líquidos

Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos, Gleide Nascimento Azevedo

.....

STACKELBERG, P. E. *et al.* Efficiency of conventional drinking-water-treatment process in removal of pharmaceuticals and other organic compounds. *Science of the Total Environment*, v. 377, 2007.

STACKELBERG, P. E. *et al.* Persistence of pharmaceutical compounds and other organic wastewater contaminants in a conventional drinking-water-treatment plant. *Science of the Total Environment*, v. 329, 2004.

VASCONCELOS, O. M. S. R. *Degradação do Antibiótico Amoxicilina em efluente de Indústria farmacêutica*. 2011. Tese (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-8RKPSS/degrada_o_do_antibi_tico_amoxicilina_em_efluente_de_ind_stria_farmac_utica.pdf;jsessionid=ABE195C64CA6A90C9672C66E191A6919?sequence=1. Acesso em: 5 maio 2017.

VASQUES, A. R. *Caracterização de Adsorventes obtidos por Combustão e Pirólise de Lodo residual e aplicação no Tratamento de Efluentes Têxteis de Florianópolis*. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/100696/313726.pdf?sequence=1>. Acesso em: 5 maio 2017.