

USO DOS SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS (SAC'S) NA REMOÇÃO DE POLUENTES EM EFLUENTES DOMÉSTICOS E INDUSTRIAIS

Sanduel Oliveira de Andrade (1); Osvaldo Soares da Silva (2); Luiz Fernando de Oliveira Coelho (3); Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira (4)

Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: prof.sanduelandrade@gmail.com¹; Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: osvaldo@ccta.ufcg.edu.br²; Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: luisfoc@ccta.ufcg.edu.br³; Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: andrea.maria@ufcg.edu.br⁴.

INTRODUÇÃO

Uma tecnologia em ascensão é a que utiliza espécies vegetais para remoção de nutrientes em água, conhecida por Sistemas Alagados Construídos (SAC'S). Shrestha (2001) define a tecnologia SAC's como um sistema de tratamento biológico projetado para reproduzir os processos naturais que ocorrem em ecossistemas de áreas húmidas. Em outras palavras, consiste em um complexo ecossistema onde os componentes físico-químicos e biológicos se interagem, resultando em um filtro mecânico e biogeoquímico capaz de remover uma considerável parcela de poluentes (MAINE et al., 2007).

Grande parte dos SAC'S são sistemas multifuncionais que apresentam diversas funções ecossistêmicas, desde funções provisórias, de regulação e habitat até serviços recreativos e socioeconômicos. Contudo, é possível direcionar a função do ecossistema de uma SAC nas especificidades desejadas. Nas áreas urbanas e para fins recreativos ou educacionais, a forma e o layout de uma SAC devem variar de acordo com a paisagem e satisfazer certos os requisitos estéticos (TOURNEBIZE et al., 2017).

Witkovski e Vidal (2009) afirmam que esta tecnologia tem se mostrado atrativo para pequenas comunidades rurais, por ser de baixo custo e eficientes, além de apresentar um excelente potencial, para ser implementada em solos de baixa permeabilidade. Sendo assim, as SAC'S oferecem uma alternativa aos sistemas de tratamentos convencionais por não requerer grandes espaços, menor requisito de operação e manutenção, sendo indicado especialmente para pequenas comunidades urbanas ou rurais.

Diante do exposto, esta pesquisa tem por finalidade destacar o uso dos Sistemas Alagados Construídos (SAC's) na remoção de poluentes em efluentes domésticos e industriais.

METODOLOGIA

A presente pesquisa consistiu em uma revisão sistemática, pois utilizou como fonte de dados a literatura sobre determinado tema (SAMPAIO; MANCINI, 2007). Para este levantamento, atentou-se para o uso de artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais presentes nas bases de dados indexadas ao portal Periódicos da CAPES e no Google Acadêmico. Como critérios de seleção, foram adotados artigos que apresentava especificidade com o tema e a problemática em questão. Foram utilizados artigos com menos de dez anos de publicação, salvo casos específicos, como contexto histórico e evolução da tecnologia ao longo do tempo. Foram excluídos os artigos que não continham relação com os objetivos avaliados, bem como, publicação que não dispuseram seu conteúdo na íntegra.

EFICIÊNCIA DAS SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS NA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES

Diferentes tipos de poluentes podem ser removidos através da utilização dos SAC's, dentre eles, resíduos de defensivos utilizados na agricultura, que acabam sendo lixiviados pela água, podendo atingir um corpo hídrico superficial ou subterrâneo. Vymazal e Březinová et al. (2015) utilizaram os SAC's para avaliar a eficiência na remoção de pesticidas, salientando que estes podem remover os pesticidas por processo físico, químico, biológico ou processos bioquímicos. A extensão destes processos irá depender das condições locais, portanto, é inviável afirmar os processos mais importantes. Vymazal e Březinová et al. (2015) constataram que os SAC's foram eficientes na remoção de grupos organoclorados, estrobilurínico/estroboscópico, organofosfato e piretróide, enquanto as mais baixas foram observadas os grupos triazinona, ácido ariloxialcanóico e ureia. Lv et al. (2014) conseguiram resultados satisfatórios no tocante a remoção de imazalil (IMZ) em água por meio de SAC'S. A eficiência de remoção de IMZ foi na ordem de 54%, 96%, 46%, 95% e 67% quando cultivadas com as *Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Iris pseudacorus*, *Berula erectae* e *Juncus effuses*, respectivamente.

Outra forma de contaminantes em água são os compostos nitrogenados que podem intensificar o fenômeno da eutrofização em corpos hídricos, fazendo decair os níveis de Oxigênio Dissolvido (OD). Dependendo da forma em que o nitrogênio estiver presente poderá causar toxicidade em organismos aquáticos. Nas águas residuárias, o N pode se apresentar tanto de forma orgânica quanto inorgânica. O N_{org} geralmente está presente em aminoácidos, ureia, ácidos úricos, purina, pirimidinas. A forma inorgânica do N se apresenta na forma de amônia (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (N_2O), nitrogênio gasoso (N_2) e amônia livre (NH_3) (SAEED; SUN, 2012). Mayo e Mutamba (2004) afirmam que os processos de decomposição nas SAC's convertam uma parte significativa do nitrogênio orgânico para a amônia. A nitrificação biológica irá oxidar a amônia a nitrato e é realizada por bactérias nitrificadoras como *Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosococcus* e *Nitrobacter*. O processo de nitrificação compreende a nitritação e a nitratação (VIVAN, 2012). A presença de macrófitas nos SAC's é essencial em termos de melhoria nos desempenhos de remoção de nitrogênio em virtude de proporcionar um ambiente favorável para o crescimento de microrganismos na rizosfera, otimizando a nitrificação (SAEED; SUN, 2012).

A intensificação do processo de eutrofização em corpos hídricos pode resultar, além do esgotamento do oxigênio dissolvido na água, em florescências visíveis de cianobactérias ou algas cianofíceas devido a condições nutricionais, temperatura e luz favoráveis. Com isso, as águas superficiais podem abrigar um crescimento maior de cianobactérias. As macrófitas aquáticas podem ajudar a redistribuir nutrientes presentes nos efluentes ou em corpos hídricos, favorecendo a biorremediação em ambientes eutrofizados (ZHANG et al., 2013), bem como absorver e acumular microcistinas. As microcistinas são cianobactérias capazes de produzir toxinas, que em determinadas concentrações podem ser letais para certos organismos, inclusive o homem (JIANG et al., 2011). As cianobactérias liberam toxinas após a morte ou a lise celular e, quando descarregadas na coluna de água, as toxinas podem persistir por semanas ou meses e são responsáveis pela mortalidade em massa de peixes, bem como, podem afetar seriamente a vida selvagem, o gado e os seres humanos (SINHA et al., 2018). Lee et al. (2017) enfatizam que a ingestão de cianotoxinas pode causar problemas graves de saúde animal e humana, incluindo febre, vômitos, fraqueza, danos ao fígado, rins, coração, cérebro e pele, comprometimento neurológico e até mesmo a morte. A ingestão de água contaminada, inalação e contato dérmico são as principais vias de exposição às cianotoxinas, que podem se acumular em tecidos animais ou vegetais.

Os metais pesados também estão presentes em praticamente todos os tipos de águas residuais, que vão desde níveis muito baixos até concentrações elevadas e tóxicas. Nas águas residuais domésticas, suas concentrações são geralmente baixas. Pelo contrário, os metais pesados podem ser poluentes primários em efluentes industriais, mineradores e aterros sanitários. Muitos metais pesados são persistentes e acumulam-se em cursos de água naturais após a descarga de águas residuais, levando a potencial toxicidade na recepção de ecossistemas e, eventualmente, de humanos (LESAGE, 2006). Kröpfelová et al. (2009), utilizando SAC's de fluxo horizontal obtiveram reduções na ordem de 90% de alumínio e 57% de arsênio. Médias elevadas de redução também foram observadas em zinco (78%), urânio (72%), antimônio (72%), cobre (67%), chumbo (63%), molibdênio (56%), cromo (55%), bário (54%), ferro (53%) e gálio (51%). Yadav et al. (2012) justificam o uso de SAC's na remoção de metais pesados de águas residuais industriais pelo fato dos processos físico-químicas convencionais, como adsorção, oxidação e redução e precipitação química, entre outras, geralmente não serem econômicas em uma escala maior.

Além dos metais pesados, outros contaminantes podem apresentar-se em quantidades traço em água, na qual é denominada de contaminantes emergentes, compostos especialmente de substâncias oriundas do setor fármaco, como antibióticos, hormônios, anticoncepcionais, dentre outros. Matamoros et al. (2007) utilizando SAC's de fluxo vertical não saturado (aeróbico) obtiveram uma eficiência de remoção na ordem de 99% para o antibiótico Ibuprofeno e 89% na remoção de naproxeno. Zhang et al. (2016) avaliaram as espécies *Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Iris pseudacorus* e *Juncus effuses*. Durante os 24 dias de experimento, o antibiótico ibuprofeno foi praticamente removido por todas as espécies avaliadas. Já para o iohexol, sua remoção variou entre 13 e 80%. *Typha latifolia* e *Phragmites australis* foram as espécies mais eficientes para a remoção de ibuprofeno e iohexol, respectivamente. Zhang et al. (2012) ainda afirmaram que os SAC's também foram eficientes na redução dos níveis de diclofenaco, cetoprofeno, cafeína e ácido clofibríco em efluentes urbanos

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia adotada nos Sistemas Alagados Construídos se faz viável para o processo de tratamento de efluentes. Geralmente, esta é utilizada para mitigar compostos tóxicos de efluentes oriundo do sistema de tratamento, atuando no processo de polimento da água. Com isso, se faz necessário maiores estudos que otimizem seu processo de tratamento, sendo este atuando tanto de forma isolada quanto aliado a outras tecnologias de tratamento de efluentes.

REFERÊNCIAS

- JIANG, J.; GU, X.; SONG, R.; WANG, X.; YANG, L. Microcystin-LR induced oxidative stress and ultrastructural alterations in mesophyll cells of submerged macrophyte *Vallisneria spiralis* (Lour.) Hara. **Journal of hazardous materials**, v. 190, n. 1-3, p. 188-196, 2011.
- KRÖPFELOVÁ, L.; VYMAZAL, J.; ŠVEHLA, J.; ŠTÍCHOVÁ, J. Removal of trace elements in three horizontal sub-surface flow Constructed Wetland in the Czech Republic. **Environmental Pollution**, v. 157, n. 4, p. 1186-1194, 2009.
- LEE, S.; JIANG, X.; MANUBOLU, M.; RIEDL, K.; LUDSIN, S. A.; MARTIN, J. F.; LEE, J. Fresh produce and their soils accumulate cyanotoxins from irrigation water: Implications for public health and food security. **Food Research International**, v. 102, p. 234-245, 2017.
- LESAGE, Els. **Behaviour of heavy metals in constructed treatment wetlands**. Tese de Doutorado. Ghent University, 2006.

- LV, T.; ZHANG, Y.; CARVALHO, P. N.; ARIAS, C. A.; BRIX, H. Growth of five wetland plant species in water contaminated with imazalil and their phytoremediation capability. In: **IWA 14th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control**, At Shang Hai, China, 2014.
- MAINE, M. A.; SUÑE, N.; HADAD, H.; SÁNCHEZ, G.; BONETTO, C. Removal efficiency of a Constructed Wetland for wastewater treatment according to vegetation dominance, **Chemosphere**, v. 68, n. 6, June 2007, Pages 1105-1113, ISSN 0045-6535
- MATAMOROS, V.; ARIAS, C.; BRIX, H.; BAYONA, J. M. Removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) from urban wastewater in a pilot vertical flow Constructed Wetland and a sand filter. **Environmental science & technology**, v. 41, n. 23, p. 8171-8177, 2007.
- SAEED, T.; SUN, G. A review on nitrogen and organics removal mechanisms in subsurface flow Constructed Wetland: dependency on environmental parameters, operating conditions and supporting media. **Journal of environmental management**, v. 112, p. 429-448, 2012.
- SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de Revisão Sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. V. 11, n. 1. São Carlos-SP: **Revista Brasileira de Fisioterapia**, p. 83-89, 2007.
- SHRESTHA, R. R.; HABERL, R.; LABER, J.; MANANDHAR, R.; MADER, J. Application of constructed wetlands for wastewater treatment in Nepal. **Water science and technology**, v. 44, n. 11-12, p. 381-386, 2001.
- SINHA, A. K.; EGGLETON, M. A.; LOCHMANN, R. T. An environmentally friendly approach for mitigating cyanobacterial bloom and their toxins in hypereutrophic ponds: Potentiality of a newly developed granular hydrogen peroxide-based compound. **Science of The Total Environment**, v. 637, p. 524-537, 2018.
- TOURNEBIZE, JULIEN; CHAUMONT, CEDRIC; MANDER, ÜLO. Implications for Constructed Wetland to mitigate nitrate and pesticide pollution in agricultural drained watersheds. **Ecological Engineering**, v. 103, p. 415-425, 2017.
- VIVAN, M. L. **Estabelecimento do processo de nitrificação/desnitrificação para o pós-tratamento de digestatos da suinocultura**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012, 114p.
- VYMAZAL, JAN; BŘEZINOVÁ, TEREZA. The use of Constructed Wetland for removal of pesticides from agricultural runoff and drainage: a review. **Environment international**, v. 75, p. 11-20, 2015.
- WITKOVSKI, A.; VIDAL, C. M. de S. Proposição de um Sistema de Tratamento de Esgoto Sanitário Constituído de Tanque Séptico Seguido de Zona de Raízes para Ser Implementado em Pequenas Comunidades Rurais. **Revista Eletrônica Lato Sensu-UNICENTRO**, 2009.
- YADAV, A. K.; ABBASSI, R.; KUMAR, N.; SATYA, S.; SREEKRISHNAN, T. R.; MISHRA, B. K. The removal of heavy metals in wetland microcosms: effects of bed depth, plant species, and metal mobility. **Chemical Engineering Journal**, v. 211, p. 501-507, 2012.
- ZHANG, D. Q.; GERSBERG, R. M.; HUA, T.; ZHU, J.; TUAN, N. A.; TAN, S. K. Pharmaceutical removal in tropical subsurface flow Constructed Wetland at varying hydraulic loading rates. **Chemosphere**, v. 87, n. 3, p. 273-277, 2012.
- ZHANG, L.; WANG, S.; JIAO, L.; ZHAO, H.; ZHANG, Y.; LI, Y. Physiological response of a submerged plant (*Myriophyllum spicatum*) to different NH₄Cl concentrations in sediments. **Ecological engineering**, v. 58, p. 91-98, 2013.
- ZHANG, Y.; LV, T.; CARVALHO, P. N.; ARIAS, C. A.; CHEN, Z.; BRIX, H. Removal of the pharmaceuticals ibuprofen and iohexol by four wetland plant species in hydroponic culture: plant uptake and microbial degradation. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 3, p. 2890-2898, 2016.