

RESÍDUOS VEGETAIS E ESPUMAS DE POLIURETANO EM PROCESSOS ADSORTIVOS PARA REMOÇÃO DE METAIS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

GUILHERME PEREIRA SCHOELER¹; **THAYS FRANÇA AFONSO²**; **CAROLINA FACCIO DEMARCO³**; **MARCELA DA SILVA AFONSO⁴**; **RAFAEL DE AVILA DELUCIS⁵**; **ROBSON ANDREZZA⁶**

¹*Universidade Federal de Pelotas, CEng, PPGCAmb – guilherme.schoeler@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas, CDTEC, PPGCEM – thaysafonso@hotmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas, CDTEC, PPGCEM – carol_demarco@hotmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas, CDTEC, PPGCEM – marcelamafonso@yahoo.com.br*

⁵*Universidade Federal de Pelotas, CEng – r.delucis@hotmail.com*

⁶*Universidade Federal de Pelotas, CEng – robsonandreazza@yahoo.com.br*

1. INTRODUÇÃO

Águas e efluentes contaminados com metais pesados oriundos de processos industriais provocam o desequilíbrio da biota e reduzem a qualidade das águas. Os metais apresentam características de não biodegradabilidade, inibição enzimáticas e potencial de bioacumulação (KLAASEN; WATKINS, 2012; ROCHA; AZEVEDO, 2015).

Apesar do caráter essencial de alguns metais, como cobre e zinco, em baixas concentrações às atividades metabólicas no organismo, eles possuem elevados níveis de toxicidade (BEATTIE et al., 2017; KLAASEN; WATKINS, 2012). Estudos reportam os riscos associados de metais pesados para a saúde humana, dentre infecções renais e tumorais, ineficiência da síntese de hemoglobina e sistema reprodutivo, tontura, fadiga, problemas cardíacos e doenças respiratórias (KHAN et al., 2013; TEPANOSYAN et al., 2017; WU et al., 2018; ZHAO et al., 2012).

Esta situação de risco agrava-se devido ao crescimento populacional e industrial, que eleva a demanda por recursos hídricos (WWAP; UN-WATER; 2018), aliado aos baixos índices de tratamento de efluentes industriais e domésticos no Brasil, além da ineficiência em grande parte dos tratamentos biológicos na remoção de metais pesados (ANA, 2019).

Dentre as tecnologias de tratamento, a adsorção por carvão ativado comercial é um método difundido para a remoção de contaminantes em meio aquoso, devido à capacidade de adsorção pela transferência de massa entre o adsorvente e adsorvato (CIOLA, 1981). Porém, sua aplicação requer altos custos, o que restringe aplicação desse método em larga escala (COELHO, 2014; LIMA et al., 2018). O desenvolvimento de materiais alternativos é considerado pela gama de materiais com potencial à recuperação de áreas contaminadas por íons metálicos e viabilidade econômica (COELHO et al., 2014; LIMA et al., 2018).

A incorporação de cargas de resíduos vegetais em espumas de poliuretano (PU), desenvolvida por Delucis et al. (2018), com o intuito de aumentar o desempenho da matriz polimérica, redução de custos e impactos ambientais, pode ser vislumbrada em operações de adsorção para remoção de metais.

O objetivo desse trabalho é realizar uma revisão bibliográfica quanto à utilização de resíduos vegetais e espumas de PU em processos adsortivos para remoção de metais, de modo a fundamentar a incorporação de resíduos vegetais em PU.

2. METODOLOGIA

A revisão bibliográfica foi desenvolvida com base em um estudo exploratório de artigos científicos. De acordo com Gil (2002), a revisão contextualiza a problemática e fundamenta a pesquisa com base em pesquisas anteriores de modo a levantar o “estado atual da questão”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espumas de poliuretano são uma tecnologia difundida e com características morfológicas importantes para produção de filtros e suporte de adsorventes, devido à presença de células abertas que podem reter partículas (PINTO et al., 2006) e a formação de ligações químicas que favorecem a retenção de substâncias químicas por meio da presença de grupos polares e apolares (BALDEZ et al., 2008).

Com o intuito de aumentar a capacidade adsorptiva, a modificação de PU com óxidos de ferro foi desenvolvida para remoção de arsênio de águas (HUSSEIN, ABU-ZAHRA, 2017). Nesse estudo, nanopartículas de óxidos de ferro de 15-20nm e adsorvente na forma granular (aplicadas 50mL de solução com 100ppb de arsênio em 6 horas a um pH 6,5 em uma rotação de 200rpm a 22°C), aumentaram a capacidade adsorptiva das espumas.

Outro estudo para remoção de diferentes concentrações de cádmio, 10, 20, 30 e 50ppm, empregou-se a formulação de PU carga de bentonita e/ou óxido de cobre. Os ensaios em soluções de 250mL dos contaminantes e variações de 1 a 6g de adsorvente foram realizadas de modo a obter o melhor ajuste do processo, sendo que para o melhor resultado utilizaram de 6g/L do PU com óxido de cobre, a 25°C em pH 8,0, no qual apresentou remoções próximas a 90% do metal presente na solução (OSSMAN; ABDELFATTAH, 2018).

A aplicação de materiais de origem vegetal como adsorventes na remoção de metais pesados em soluções aquosas é apontada pela presença de grupos funcionais como a lignina, proteínas, carboidratos e compostos fenólicos na estrutura porosa que favorecem a adsorção (GONÇALVES JUNIOR et al., 2014; RODRIGUES et al., 2019),

A lignina é ressaltada como importante material de incorporação em poliméricos, principalmente por sua abundância, de 15 a 30% da constituição da madeira, de forma a valorizar e explorar a presença de grupos hidroxila no material de origem vegetal (CATETO et al., 2011).

Para remoção de Cu (II), Rodrigues et al. (2019) utilizou a casca de coco verde (*Cocos nucifera*) seca e tratada em solução de hidróxido de sódio e ácido tartárico, seguido do processo de adsorção com 0,5g de adsorvente para 25mL de solução sintética de Cu(II) em 100, 300 e 500mg/L, sob condições de pH 5,5, rotação em 150rpm a 28°C. Como resultado, o material apresentou bom desempenho e capacidade de adsorção de 46mg/g em 500mg/L de solução, podendo ser empregado como bioadsorvente alternativo.

A aplicação do resíduo da casca de pinus (*Pinus elliotti*) seca de granulometria média 0,2mm como adsorvente de metais pesados (Cádmio, Chumbo e Cromo) em concentrações de 10 a 90mg/L em soluções de 50mL para 500mg de adsorvente durante 3 horas, a 200rpm a 25°C, apresentou remoções acima de 85% para as condições propostas de pH (5,0 e 7,0) e concentrações de metais (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2012).

A utilização de resíduos da indústria madeireira é apontada como fonte de reforço a bioespumas de PU, devido à disponibilidade deste material e

necessidade de destinação ambientalmente adequada dos resíduos oriundos destas atividades (BARRETO et al. 2016; DELUCIS et al., 2018).

4. CONCLUSÕES

A aplicabilidade de bioespumas com cargas vegetais pode ser vislumbrada para descontaminação ambiental de metais pesados por meio do processo de adsorção. Cargas de resíduos vegetais com alta capacidade adsorptiva para descontaminação ambiental valoraram estes resíduos trazendo benefícios ambientais e socioeconômicos, além de fomentar o desenvolvimento de polímeros sustentáveis para aplicação em cenários reais e em larga escala.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ANA. **ODS 6 no Brasil**: visão da ANA sobre os indicadores. Brasília: ANA, 2019.

BARRETO, F. M.; CUNHA, R. A. D.; MENDES, J. U. L. Análise térmica de um eco compósito de poliuretano de mamona com rejeito de madeira. *Holos*, ano 32, v.7, p.110-120, 2016.

BEATTIE, R. E.; HENKE, W.; DAVIS, C.; MOTTALEB, M. A.; CAMPBELL, J. H.; MCALILEY, L. R. Quantitative analysis of the extent of heavy-metal contamination in soils near Picher, Oklahoma, within the Tar Creek Superfund Site. *Chemosphere*, v.172, p.89-95, 2017.

CATETO, C. A.; BARREIRO, M. F.; RODRIGUES, A. E.; BELGACEM, M. N. Kinetic study of the formation of lignin-based polyurethanes in bulk. *Reactive & Functional Polymers*, v.71, p.863-869, 2011.

CIOLA, R. In: **Fundamentos da catálise**. São Paulo: Editora Moderna: Editora de Universidade de São Paulo, 1981. cap. 4, p.29-72.

COELHO, G. F.; GONÇALVES, A. C.; SOUSA, R. F. B.; SCHWANTES, D.; MIOLA, A. J.; DOMINGUES, C. V. R. Uso de técnicas de adsorção utilizando resíduos agroindustriais na remoção de contaminantes em água. *Journal of Agronomic Sciences*, v.3, n. especial, p.291-317, 2014.

DELUCIS, R. A.; MAGALHÃES, W. L. E.; PETZHOLD, C. L.; AMICO, S. C. Forest-based resources as fillers in biobased polyurethane foams. *Journal of Applied Polymer Science*, v.135, n.3, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4^a ed. São Paulo: Editora Altas, 2002.

GONÇALVES JUNIOR, A. C.; MENEGHEL, A. P.; RUBIO, F.; STREY, L.; DRAGUNSKI, D. C.; COELHO, G. F. Applicability of *Moringa oleifera* Lam. pie as an adsorbent for removal of heavy metals from waters. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.94–99, 2013.

HUSSEIN, F. B.; ABU-ZAHRA, N. H. Adsorption kinetics and evaluation study of iron oxide nanoparticles impregnated in polyurethane matrix for water filtration

application. **Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering**, v.5, p.298-310, 2017.

KHAN, M. U.; MALIK, N.; MUHAMMAD, S. Human health risk from Heavy metal via food crops consumption with wastewater irrigation practices in Pakistan. **Chemosphere**, v.93, p.2230-2238, 2013.

KLAASEN, C. D.; WATKINS, J. B. **Fundamentos em toxicologia de Casarett e Doull**. 2. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

LIMA, D. R. S.; COSTA, P. P.; LEÃO, B. V. R.; AMARAL, I. B. C.; FRAGA, L. M. S.; REIS, A. B. Caracterização de membranas filtrantes compostas por biopolímero. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v.4, n.3, 2018.

OSSMAN, M. E.; ABDELFATTAH, M. Polyurethane Composites for Dye and Heavy Metal Removal: (Adsorption Kinetics and Isotherms Studies). In: International Conference on Agricultural, Chemical, Biological and Environmental Sciences, 13, 2018. **Anais** [...]. Paris, 2018, p.60-65.

PINTO, M. L.; PIRES, J.; CARVALHO, A. P.; CARVALHO, M. B.; BORDADO, J. C. Synthesis and regeneration of polyurethane/adsorbent composites and their characterization by adsorption methods. **Microporous and Mesoporous Materials**, v.89, p.260-269, 2006.

ROCHA, C. H. B.; AZEVEDO, L. P. Avaliação da presença de metais pesados nas águas superficiais da Bacia do Córrego São Mateus, Juiz de Fora (MG), Brasil. **Revista Espinhaço**, v.4, n.2, 2015.

RODRIGUES, F. I. L.; SANTIAGO, L. F.; SILVA, J. E.; PACÍFICO, S. N.; FERREIRA, A. S.; NONATO, E. C.; MELO, L. C.; VIEIRA, D. S.; LIMA, D. R.; SOUSA NETO, V. O. Utilizando casca de coco quimicamente modificada para remoção de cobre (ii): estudo de cinética e mecanismo de adsorção. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.2, n.1, p.606-612, 2019.

TEPANOSYAN, G.; SAHAKYAN, L.; BELYAEVA, O.; MAGHAYAN, N.; SAGHATELYAN, A. Human health risk assessment and riskiest heavy metal origin identification in urban soils of Yerevan, Armenia. **Chemosphere**, v.184, p.1230-1240, 2017.

WU, W.; WU, P.; YANG, F.; SUN, D.; ZHANG, D. X.; ZHOU, Y. K. Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility. **Science of the Total Environment**, v. 630, p. 53–61, 2018.

WWAP. United Nations World Water Assessment Programme. UN-Water. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water**. Paris, UNESCO, 2018.

ZHAO, H.; XIA, B.; FAN, C.; ZHAO, P.; SHEN, S. Human health risk from soil heavy metal contamination under different land uses near Dabaoshan Mine, Southern China. **Science of the Environment**, v.417-418, p.45-54, 2012.