

BIOADSORÇÃO DE METAIS PESADOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICAGislanne Stéphanne Estevam da Silva 1, Dany Geraldo Kramer²**Resumo**

A contaminação de recursos hídricos tem se intensificado nas últimas décadas, decorrendo de diferentes atividades antrópicas, tais como, esgoto doméstico, agropecuária e indústria, tendo como contaminantes de importância, os metais pesados que podem acarretar em alterações fisiológicas, bioquímicas e riscos de carcinogênese em humanos. Como processo de tratamento de efluentes está a bioadsorção que apresenta baixo custo e menor impacto ambiental, na qual se utilizam materiais biológicos, vivos ou inertes. Assim, objetivou-se discorrer sobre a bioadsorção, através de uma revisão bibliográfica. Observou-se diferentes materiais bioadsorventes, tais como bactérias, fungos, algas, vegetais e quitosanas, que podem ser tratados quimicamente, aplicados individualmente ou associados a outros materiais. Em contato com a solução contendo íon metálico, os mecanismos podem envolver a troca iônica, interações eletrostáticas, complexação e precipitação. Assim, estudos em batelada devem ser realizados, para a identificação das condições ideais do processo, em cada tipo de biomaterial e tipo de metal pesado.

Palavras-chave: Íon metálico, Solução aquosa, Adsorção.

1 INTRODUÇÃO

A contaminação de recursos hídricos tem se intensificado nas últimas décadas, decorrendo de diferentes atividades antrópicas, tais como, esgoto doméstico, agropecuária e indústria (REDHA, 2020). Dentre os grupos de substâncias presentes nestas contaminações, estão os micropoluentes, compostos orgânicos ou inorgânicos, geralmente persistentes (biocumulativos), presentes em baixas concentrações (micro, nano ou

picogramas) e não podem ser removidos do efluente por métodos convencionais (GAO et al., 2020; BERTRAM et al., 2021), neste grupo enquadram-se os metais pesados.

Jarup (2003, p. 167) caracteriza-os assim: Os metais pesados são, portanto, comumente definidos como aqueles que possuem uma densidade específica superior a 5 g/cm³. Por serem biocumulativos, podem atingir a cadeia alimentar, acarretando em alterações fisiológicas, bioquímicas e riscos de carcinogênese em humanos (ARORA, 2019; REDHA, 2020). Os principais metais pesados presentes na contaminação ambiental estão o arsênio (As), cádmio (Cd), níquel (Ni), cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e zinco (Zn) (REDHA, 2020).

A remoção dos metais pesados da água pode envolver processos convencionais – troca iônica, osmose reversa e ultrafiltração –, considerados onerosos e produzir poluição secundária (lodos e material floculado) – (REDHA, 2020; WANG; GUO, 2020), sendo para tanto importantes os processos de bioadsorção.

A bioadsorção é uma técnica de remoção de microcontaminantes de baixo custo e menor impacto ambiental, na qual se utilizam materiais biológicos, vivos ou inertes, isolados ou associados a outros materiais, na retenção superficial por interações físico-químicas (KIM et al., 2006). Na literatura são descritos diversos tipos de adsorventes na remoção de metais pesados de efluentes, tais como: nanofibra de celulose funcionalizada para Cu, Cd e Pb (CHOI et al., 2020); ciclodextrina-quitosana para Hg (USMAN et al., 2021); carvão ativado preparado de folhas para remoção de Pb e Ni (ABOLI et al., 2020); folhas de abacaxis modificadas para remoção de Pb e Cd (DAOCHALERMWONG et al., 2020). Em decorrência da importância desse tema, o presente estudo objetivou discorrer sobre a bioadsorção, através de uma revisão bibliográfica.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Métodos

O presente estudo caracterizou-se como uma revisão bibliográfica sendo para tanto realizadas pesquisas com os descritores: bioadsorção; metais pesados e efluentes, nas diversas bases de dados, tais como Science Direct; Scielo, Springer e ACS Publication. A princípio foram consultados 30 artigos, sendo por fim coletado 15, para utilização na produção do texto, em vista a atender as normas do Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Joaçaba, foco de publicação do presente material.

2.2 Bioadsorção

A bioadsorção envolve a particularidade que um material biológico, vivo ou inerte, denominado de adsorvente, tem para remover metais pesados em solução, mesmo em baixas concentrações. Essa remoção envolve principalmente mecanismo de troca iônica ou atração eletrostática. Se forem aplicados como adsorventes células vivas, observa-se a bioacumulação metabólica, sendo captados do meio para o interior da célula (WANG et al., 2020).

Os materiais de origem vegetal podem ser ter tratamentos químicos com hidróxido de sódios e ácido cítrico buscando-se aumentar a quantidade de grupos funcionais negativos na superfície do material, tais como grupos hidroxilas, que terão interações eletrostáticas com o metal retirando-o da solução. Quando associados a outros materiais, podem ser realizadas a produção de compósitos buscando-se estabilidade a estrutura e incorporando materiais produzidos de origem biológica ou funcionalizados (FADIZIL et al., 2016; SHUGUANG et al., 2018)..

A adsorção pode ser realizada com o material de origem biológica inerte isolado ou pela síntese de novos compostos, como carvão ativado, e ainda pela associação de outros componentes em compósitos. Em solução aquosa o metal pesado apresenta-se como cátion metálico (Me^+) em baixas concentrações, sendo de onerosa captação pelos métodos tradicionais, como a osmose reversa. Assim, a fácil disponibilidade e baixo de aplicação de biomateriais como adsorventes, contribuem para sua remoção, sendo em geral apresentados grupos funcionais com cargas negativas (Ânio) que

auxiliaram na remoção do Me^+ , conforme representação na figura 01. Dentre os mecanismos de remoção estão troca iônica, coprecipitação e adsorção eletrostática ((SHUGUANG et al., 2018). Dentre os organismos vivos utilizados com esse intuito tem-se, os fungos que apresentam parede celular rica em peptidoglicano, além de compostos como quitina e glicana, cujos grupos funcionais pode captar os íons metálicos em solução por sorção, mobilização e adsorção. A exemplos de fungos utilizados pode-se citar, *Aspergillus*, *Rhizopus* e *Penicillium*. Já as algas, apresentam celulose e peptídeos em sua estrutura que favorecem a captação dos metais pesados em solução, sendo mais utilizadas no setor industrial o que os fungos para biorremediação. Apresentam mecanismos similares aos do fungo, podendo-se ter exemplos de espécies aplicadas *Chlorella salina* e *Chlamydomonas reinhardtii*. As bactérias representam outro grupo biológico passível de aplicação na biosorção, uma vez que apresentam diferentes grupos funcionais na parede bacteriana como hidroxila, carboxila, amino e guanidina. Como exemplos de bactérias citadas na literatura tem-se *Escherichia* e *Pseudomonas* (WANG et al., 2020)

A variedade e grande disponibilidade de material bioadsorvente torna sua aplicação economicamente e ambientalmente viável, entretanto, se faz importantes testes em bateladas para de verificar as condições ideais de cada material e o íon metálico envolvido, uma vez que variáveis diversas afetam a capacidade de adsorção do material. O potencial hidrogeniônico (pH) é um item que afeta esse processo, em biomaterial que contenham grupos funcionais SO_3H , $-PO_3$, $-OH$, $-COOH$ e $-NH_2$, em pH abaixo de 2,0, esses grupos ficam protonados, bloqueando a ligação do Me^+ . Por outro lado, o aumento do pH acarreta na desprotonação destes, tornando a carga negativa do grupo livre para a adsorção. Outro aspecto seria quantidade de adsorvente, com o aumento deste acarreta em mais sítios ativos para ligação do metal. Embora, a natureza do adsorvente, esta variável pode não influenciar na eficiência da adsorção (KAUR et al., 2021). Assim, estudos com análise de multivariáveis devem ser realizados para entendimento das condições ideais de cada biomaterial.

3 CONCLUSÃO

A bioadsorção envolve uma variada composição de material inerte ou vivo, tais como material vegetal, fungo e bactérias, com grande disponibilidade, boa eficiência e baixo custo. Os principais mecanismos de bioadsorção envolvem troca iônica, adsorção direta, coprecipitação e adsorção eletrostática. Estudos de análise multivariável (pH, tempo, quantidade de adsorbente) devem ser realizados em batelada, para a identificação das condições ideais do processo, em cada tipo de biomaterial e tipo de metal pesado.

REFERÊNCIAS

- AABOLI, E., JAFARI, D. & ESMAEILI, H. Biossorção de íons de metais pesados (chumbo, cobalto e níquel) de solução aquosa em carvão ativado preparado a partir de folhas de *Citrus limetta*. *Carta de Carbono*. 30, 683–698 2020.
- AORARA, R. Adsorption of Heavy Metals—A Review, *Materials Today: Proceedings*, Volume 18, Part 7, Pages 4745-4750, 2019.
- BERTRAM, M.G.; MARTIN, J. M.; WONG, B. B. M. Micropollutants *Current Biology* 32, R1–R31, January 10, 2021.
- CHOI, H. Y.; BAE, J. H.; HASEGWAR Y. et al. Thiol-functionalized cellulose nanofiber membranes for the effective adsorption of heavy metal ions in water, *Carbohydrate Polymers*, Volume 234, 2020,
- DAOCHALERMWONG, A.; CHANKA, N.; SONGSRIROTE, K. Removal of Heavy Metal Ions Using Modified Celluloses Prepared from Pineapple Leaf Fiber *ACS Omega*, 5, 10, 5285–5296, 2020.
- FADIZIL, F.; IBRAHIM, S.; HANAFIAH, M. A. K. Adsorption of lead(II) onto organic acid modified rubber leaf powder: Batch and column studies, *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 100, Pages 1-8, 2016.
- GAO, X.; GUO, C.; ZHAO, Z. et al. Adsorption of heavy metal ions by sodium alginate based adsorbent—a review and new perspectives, *International Journal of Biological Macromolecules*, Volume 164, Pages 4423-4434, 2020.
- JARUP, L. Hazards of heavy metal contamination, *British Medical Bulletin*, Volume 68, Issue 1, December, Pages 167–182, 2003.

KAUR, J.; SENGUPTA, P. et al., Critical Review of Bioadsorption on Modified Cellulose and Removal of Divalent Heavy Metals (Cd, Pb, and Cu) Ind. Eng. Chem. Res. 2022, 61, 5, 1921–1954, 2021.

KIM, S. J.; CHUNG, J. H.; KIM, T. Y. et al., Biosorption of heavy metals and cyanide complexes on biomass, Studies in Surface Science and Catalysis, Elsevier, Volume 159, 2006, Pages 141-144

REDHA, A.A. Removal of heavy metals from aqueous media by biosorption. Arab journal of basic and applied sciences, VOL. 27, NO. 1, 183–193, 2020.

SHUGUANG, S. et al Remediation of biochar on heavy metal polluted soils IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 108, 2018.

USMAN, M.; AHMEND, A.; YU, B. et al. Simultaneous adsorption of heavy metals and organic dyes by β -Cyclodextrin-Chitosan based cross-linked adsorbent, Carbohydrate Polymers, Volume 255, 2021.

WANG, J.; GUO, X.; Adsorption isotherm models: Classification, physical meaning, application and solving method, Chemosphere, Volume 258, 2020,

WANG, Y.; SELVLALMANI, V.; YOO I. et al. A Novel Strategy for the Microbial Removal of Heavy Metals: Cell-surface Display of Peptides, Biotechnology and Bioprocess Engineering, 2020.

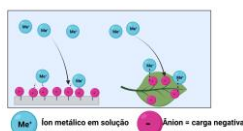
Sobre o(s) autor(es)

1. Enfermeira. Formada pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Colaboradora voluntária. Email: gislannestephane2@hotmail.com

2. Prof. Dr. Programa de Pós-Graduação em Saúde da Família no Nordeste - RENASF; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil. Departamento de Engenharia Têxtil – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

E-mail: dgkcs@yahoo.com.br

Figura 01: Representação de biomateriais aplicados na adsorção de íon metálico (Me^+) em solução aquosa.



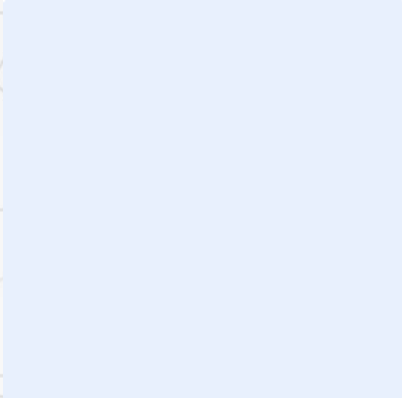
Fonte: Created with BioRender.com

Figura 02: Mecanismos de adsorção celular de íons metálicos em solução aquosa.



Fonte: Adaptado de Wang et al (2020). "Created with BioRender.com"

Título da imagem



Fonte: Fonte da imagem

Título da imagem



Fonte: Fonte da imagem

Título da imagem



Fonte: Fonte da imagem

Título da imagem



Fonte: Fonte da imagem