

## FITORREMEDIAÇÃO DE METAIS PESADOS E A UTILIZAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS

LUÍSA ANDINA BENDER<sup>1</sup>; ROBSON ANDREAZZA<sup>2</sup>; SIMONE PIENIZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – [luisa\\_andina@yahoo.com.br](mailto:luisa_andina@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – [robsonandreazza@yahoo.com.br](mailto:robsonandreazza@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas – [nutrisimone@yahoo.com.br](mailto:nutrisimone@yahoo.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

A introdução de metais pesados no solo altera suas características físico-químicas, causando neste novas reações e inibindo atividades biológicas relacionadas ao ciclo dos nutrientes (LIN et al., 2021). Apesar de alguns metais serem essenciais para o metabolismo de plantas, de animais e de micro-organismos em quantidades muito pequenas, quando em grandes quantidades, podem se tornar tóxicos para os seres vivos. Ainda exercem influência na comunidade de micro-organismos de diversas formas, podendo reduzir a biomassa, diminuir a comunidade microbiana específica e alterar a estrutura da comunidade (MANOJ et al., 2020).

A poluição por metais pesados tem ganhado destaque devido a sua toxicidade e natureza imutável. Diversas atividades humanas são fontes de resíduos que poluem o meio ambiente com metais pesados. No solo, os metais tendem a ser adsorvidos e não são degradados pela microbiota ou por processos químicos, o que os torna persistentes (MADANAN et al., 2021).

Devido às diversas fontes poluidoras, o canal Santa Bárbara (Pelotas, RS) se apresenta com condições de degradação, sendo identificados altos níveis de P, N, Cu, Z, S, As, Cd e Pb. É importante destacar que o Pb se encontra em formas solúveis, uma das formas de entrada na cadeia alimentar, caracterizando-se como uma preocupação devido a seus efeitos tóxicos (DEMARCO et al., 2018).

As novas propostas de remediação focam em tecnologias integradas e tem ganhado atenção dos pesquisadores devido a sua eficácia na remoção dos contaminantes sem causar danos ao meio ambiente ou com danos mínimos e sem a geração de subprodutos tóxicos (GIROLKAR, THAWALE e JUWARKAR, 2021).

A fitorremediação é um processo de descontaminação mediado por plantas e suas associações a micro-organismos, que são capazes de remediar o meio através de degradação, acumulação e/ou estabilização dos mais diversos contaminantes (PATRA et al., 2020; SHAH e DAVEREY, 2020). Existem também algumas rizobactérias que auxiliam o processo mitigando o estresse causado nas plantas quando há presença de metais e metalóides (PAREDES-PÁLIZ et al., 2018).

Dante do exposto, o presente estudo buscou expor a possibilidade de uso da fitorremediação assistida por micro-organismos como uma alternativa eficiente na remoção de metais.

### 2. METODOLOGIA

A pesquisa de literatura foi realizada para levantar os conhecimentos já obtidos sobre a fitorremediação de metais, o uso de micro-organismos e quanto a espécie vegetal *Hydrocotyle ranunculoides*, os quais estivessem disponíveis nos bancos de



dados Science Direct e Periódicos da Capes. Foram utilizados os termos “phytoremediation of heavy metals” e “*Hydrocotyle ranunculoides*”, aplicando-se filtro temporal para os últimos cinco anos. O termo em português foi descartado pela escassez de resultados. Foi feita a leitura dos títulos e posterior dos resumos, para aferir o enquadramento no tema deste estudo. Essa busca foi feita de janeiro de 2021 a junho de 2021.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fitorremediação surge como promissora na diminuição ou remoção de contaminantes do solo, sem que este seja modificado, como ocorre com outras técnicas físico-químicas de remediação. Também, não altera o pH do solo de maneira significativa, porém a presença do vegetal aumenta a quantidade de alguns nutrientes no solo e de matéria orgânica, além disso os benefícios da aplicação dessa técnica podem compensar os gastos do projeto em até sete anos (LIN et al., 2021).

Há fatores que podem limitar a efetividade da fitorremediação, como: a demora no crescimento das plantas, a escassa produção de biomassa, o tempo necessário para a remoção e a sensibilidade ao metal que irá ser remediado. Entretanto, essas situações podem ser contornadas utilizando-se bactérias rizosféricas que estimulam o crescimento vegetal. Esses micro-organismos podem regular a fitorremediação alterando os nutrientes, diminuindo a toxicidade dos metais, modificando a abundância de micróbios benéficos e estimulando o crescimento e a absorção de metais, por meio da produção e secreção de agentes quelantes, processos de acidificação e mudanças no estado redox (LIN et al., 2021; MADANAN et al., 2021; MANOJ et al., 2020; SHAH e DAVEREY, 2020; WAN, LEI e CHEN, 2016).

Para a aplicação efetiva da fitorremediação em solos contaminados com metais pesados é necessário considerar diversos fatores como as características do solo, a atividade enzimática, a comunidade microbiana associada e a relação de uma com a outra. A atividade microbiana se mostra de extrema importância para o crescimento vegetal, qualidade do solo e, consequente, melhora na remoção dos metais. Assim, é de suma importância a seleção adequada tanto da espécie vegetal como dos micro-organismos, cujos processos influenciam na fitorremediação (SHAH e DAVEREY, 2020), sendo necessário, em algumas situações, o incremento nutricional do meio para o desenvolvimento.

Algumas rizobactérias são capazes de produzir substâncias ou metabólitos como fitormônios, sideróforos e amônia, além de solubilizar fosfato, fixar nitrogênio e mineralizar compostos orgânicos. Produzem vários compostos capazes de alterar a natureza (acidificação e oxidação) e mobilidade (quelação, precipitação e imobilização) dos metais no ambiente rizosférico, aumentando a eficiência da fitorremediação. MANOJ et al. (2020) consideraram como a forma ideal, e GIROLKAR, THAWALE e JUWARKAR (2021) veem como a forma mais segura de remediação de metais pesados, a fitorremediação assistida por micro-organismos.

Diversas espécies vêm sendo testadas na remoção de metais do solo e de soluções aquosas, destaca-se a *Hydrocotyle ranunculoides* (CUSTODIO et al., 2020; CAMPÓ et al., 2020; DEMARCO et al., 2018; AUGET et al., 2017; BASÍLICO et al., 2017). Além das espécies vegetais, ainda há a presença de inúmeros grupos de bactérias que agem em conjunto na fitorremediação.



Os estudos citados acima foram analisados quanto à capacidade fitorremediadora da espécie *Hydrocotyle ranunculoides*, porém nenhum que analisasse os micro-organismos da sua rizosfera.

Como um exemplo de aplicação em escala real de contaminação, temos o estudo de WAN, LEI e CHEN (2016), onde implantaram um projeto de fitorremediação durante dois anos, com análises anteriores e após a implementação da técnica. As espécies utilizadas foram a *Pteris vittata*, que acumula arsênio e chumbo, e a *Sedum alfredii* Hance, acumuladora de cádmio. As concentrações de arsênio, cádmio e prata diminuíram de forma significativa após os dois anos de estudo, níveis estes abaixo dos parâmetros nacionais preconizados na China. O solo havia recuperado sua capacidade de utilização na agricultura de forma saudável e sua função ecológica também foi restaurada, não mais afetando a saúde dos moradores locais.

#### 4. CONCLUSÕES

A fitorremediação é uma técnica promissora na remoção de diversos poluentes, incluindo os metais pesados, porém necessita de mais estudos em grandes escalas sem as condições controladas dos laboratórios, sendo necessário considerar e aprofundar o conhecimento acerca da atividade dos micro-organismos e suas reações frente aos metais.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUET, S. et al. Efecto del stress por plomo en *Ludwigia peploides* e *Hydrocotyle ranunculoides*. **Biología Acuática**, n. 32, p. 1-15, 2017. Online. Disponível em <https://revistas.unlp.edu.ar/bacuatica/article/view/7595>. Acesso em 26/04/2021.

BASÍLICO, G. et al. Sewage pollution: genotoxicity assessment and phytoremediation of nutrients excess with *Hydrocotyle ranunculoides*. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, p. 182, 2017. Online. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-017-5892-8>. Acesso em 26/04/2021.

CAMPÓ, W. J. C. et al. Metal phytosorption potencial of *Hydrocotyle ranunculoides* for mitigation of water pollution in high Andean wetlands of Peru. **Ambiente e Água**, v. 15, nº 5, 2020. Online. Disponível em <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/2258>. Acesso em 26/04/2021.

CUSTODIO, M. et al. Heavy metal accumulation in sediment and removal efficiency in the stabilization ponds with the *Hydrocotyle ranunculoides* filter. **Journal of Ecological Engineering**, v. 21, n. 5, p. 72–79, 2020. Online. Disponível em <https://doi.org/10.12911/22998993/122189>. Acesso em 26/04/2021.

DEMARCO, C. F. et al. In situ phytoremediation characterization of heavy metals promoted by *Hydrocotyle ranunculoides* at Santa Bárbara stream, an anthropogenic polluted site in Southern of Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 28312-28321, 2018. Online. Disponível em <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2836-y>. Acesso em 19/04/2021.



GIROLKAR, S.; THAWALE, P.; JUWARKAR, A. Bacteria-assisted phytoremediation of heavy metals and organic pollutants: challenges and future prospects. In: ELSEVIER. **Bioremediation for Environmental Sustainability: Approaches to Tackle Pollution for Cleaner and Greener Society**, p. 247-267, capítulo 12, 2021. Online. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128203187000125>. Acesso em 14/05/2021.

LIN, H. et al. *Trifolium repens* L. regulated phytoremediation of heavy metal contaminated soil by promoting soil enzyme activities and beneficial rhizosphere associated microorganisms. **Journal of Hazardous Materials**, v. 402, 2021. Online. Disponível em <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33254810/>. Acesso em 14/05/2021.

MADANAN, M. T. et al. Application of Aztec Marigold (*Tagetes erecta* L.) for phytoremediation of heavy metal polluted lateritic soil. **Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, v. 3, p. 17-22, 2021. Online. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259018262030031X>. Acesso em janeiro/2021.

MANOJ, S. R. et al. Understanding the molecular mechanisms for the enhanced phytoremediation of heavy metals through plant growth promoting rhizobacteria: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 254, 109779, 2020. Online. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719314975>. Acesso em janeiro/2021.

PAREDES-PÁLIZ, K. et al. Investigating the mechanisms underlying phytoprotection by plant growth-promoting rhizobacteria in *Spartina densiflora* under metal stress. **Plant Biology**, v. 20, p. 497-506, 2018. Online. Disponível em <https://doi-org.ez66.periodicos.capes.gov.br/10.1111/plb.12693>. Acesso em 11/06/2021.

PATRA, D. K., PRADHAN, C., PATRA, H. K. Toxic metal decontamination by phytoremediation approach: Concept, challenges, opportunities and future perspectives. **Environmental Technology & Innovation**, v. 18, 2020. Online. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100672>. Acesso em 26/05/2021.

SHAH, V.; DAVEREY, A. Phytoremediation: A multidisciplinar approach to clean up heavy metal contaminated soil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 18, 100774, 2020. Online. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186419308107>. Acesso em janeiro/2021.

WAN, X.; LEI, M.; CHEN, T. Cost-benefit calculation of phytoremediation technology for heavy-metal-contaminated soil. **Science of the Total Environment**, v. 563-564, p. 796-802, 2016. Online. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715312377>. Acesso em janeiro/2021.