

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

O USO DE POLI(3-HIDROXIBUTIRATO) PARA DESCONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS

Maria Luiza de Oliveira Zanini¹

Programa de Pós-graduação em Biotecnologia; luizaznn@gmail.com

Eduarda Medran Rangel¹

Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais; eduardamrangel@gmail.com

Adrize Medran Rangel¹

Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais; adrizemr@hotmail.com

Patrícia Silva Diaz¹

Biotecnologia, Professor no CDTEC; bilica@ufpel.edu.br

¹Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

Resumo: A água é uma necessidade fundamental para o desenvolvimento sustentável dos seres humanos e da vida selvagem na Terra. A sua disponibilidade e qualidade tornou-se uma das principais preocupações ambientais a nível mundial, uma vez que tem sido um sério desafio fornecer água potável limpa, segura e acessível em todo o mundo. A descarga inadequada de efluentes e a contaminação causada pelos resíduos sólidos resulta na contaminação de corpos hídricos com contaminantes orgânicos e inorgânicos, sendo esses produtos químicos desreguladores endócrinos, corantes, íons de metais pesados, pesticidas e produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais (PPCPs), entre muitos outros. Diante da problemática já mencionada o objetivo deste trabalho é apresentar pesquisas que utilizaram o biopolímero poli(hidroxibutirato) e suas variações, na remoção de diversos contaminantes em água afetadas. A metodologia aplicada é uma revisão da literatura, desenvolvida com artigos publicados no período de 2016 e 2023 na base eletrônica Science Direct, empregando os descritores: phb+fármacos, phb+corantes, metais+phb e seus respectivos sinônimos, nos idiomas português e inglês. Foram incluídos apenas artigos publicados que tratassem do tema. Foram excluídos artigos fora do período proposto, que não tratassem sobre o tema e artigos de revisão.. Os resultados mostram que o biopolímero apresenta características promissoras para a descontaminação de águas, apresentando eficácia na remoção de corantes, metais e compostos orgânicos. Os autores testaram o biopolímero sozinho e também misturado com outros materiais, o que muitas vezes melhorou o seu desempenho, acrescentando características que sozinho o biopolímero não possuía. Por mais esforços que tenham sido empenhados

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

a literatura ainda carece de pesquisas utilizando o poli(hidroxibutirato) para remoção de contaminantes. É de extrema necessidade que materiais sejam desenvolvidos para aplicações ambientais, seja de remoção ou mitigação, uma vez que vários ambientes estão fortemente impactados. Além disso estas pesquisas se alinham a Agenda 2030 e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, buscando um futuro com ambientes mais sustentáveis.

Palavras-chave: Compostos Orgânicos, Contaminação, Corante, Metais.

1. INTRODUÇÃO

A população enfrenta uma grave crise devido à contaminação antropogênica da água. Após a ingestão de toxinas cancerígenas, mesmo em pequenas quantidades durante um período prolongado, compostos de preocupação emergente e metais pesados como níquel, cádmio, arsênico, flúor e mercúrio, entre outros, podem levar a riscos substanciais para a saúde. Os contaminantes encontrados na água podem por em perigo a saúde quando os níveis de contaminação excedem o limite aceitável devido à sua natureza, resistência e acumulação ambiental [1]. A poluição de fontes de água por meio de atividades antropogênicas, como galvanoplastia, fundição, manufatura, petroquímica e mineração, é considerada um fenômeno global que ameaça a sobrevivência humana e a vida aquática e, portanto, precisa ser abordada, além de encontrar meios para remover esses contaminantes [2].

Vários materiais são utilizados para auxiliar na remoção de contaminantes ambientais, dentre eles os biopolímeros. Dentre os biopolímeros, destaca-se a classe dos polihidroxialcanoatos, principalmente o poli(3-hidroxibutirato) (P(3HB)) que é extremamente útil para diversas aplicações, além de ser possível sua produção em larga escala [3].

O objetivo deste trabalho é apresentar pesquisas que utilizaram o biopolímero poli(hidroxibutirato) e suas variações, na remoção de diversos contaminantes em água afetadas.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão da literatura, desenvolvida com artigos publicados no período de 2016 e 2023 na base eletrônica Science Direct, empregando os descritores: phb+fármacos, phb+corantes, metais+phb e seus respectivos sinônimos, nos idiomas português e inglês. Foram incluídos apenas artigos publicados

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

que tratassem do tema. Foram excluídos artigos fora do período proposto, que não tratassem sobre o tema e artigos de revisão. Nesta pesquisa serão apresentados 5 artigos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 1 apresenta uma síntese dos trabalhos desenvolvidos na literatura que trazem a presença e/ ou os danos ambientais causados por microplásticos em organismos aquáticos. O P(3HB) é um material muito versátil e passível de participar da remoção de diversos contaminantes ambientais.

Quadro 1: Resumo das pesquisas discutidas nesta pesquisa

Autores	Contaminante	Remoção
Heitmann et al. (2016)	Corante Azul de Metileno	Quase 100% de remoção.
Hungund et al., (2018)	Pb ²⁺	10% de remoção
Marques et al., (2020)	Cd	441 nmol L ⁻¹
Heitmann et al., (2020)	Corante Azul de Metileno	96% de remoção e 60% após 7 ciclos
Hung et al., (2022)	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's)	83% de degradação

O oxihidróxido de nióbio nanoestruturado foi disperso sobre poli(3-hidroxibutirato) P(3HB), que é um biopolímero, para aplicação como fotocatalisador utilizando luz visível e UV. Filmes de P(3HB) com diferentes quantidades de oxihidróxido de nióbio foram caracterizados por espectroscopia de refletância UV-vis difusa, FTIR-ATR e MEV. O material apresentou excelente atividade catalítica (aproximadamente 100% de degradação) para a oxidação do corante azul de metileno considerando a reação em banho de fluxo contínuo. Além disso, os filmes poliméricos foram facilmente removidos da solução após a reação e reutilizados diversas vezes, mantendo sua alta atividade [3].

O relato de uma biossíntese de PHB de *Bacillus cereus* usando métodos de extração química e física foi realizado por Hungund et al., (2018). Como resultado, o método físico (0,451 g/L) mostrou-se vantajoso quando comparado ao método químico (0,345 g/L). Para melhorar as propriedades do PHB, ele foi misturado com polietilenoglicol (PEG) e amido para obter biocompósitos, a saber, PHB-PEG 4000, PHB-PEG 6000 e PHB-Amido. A aplicação desses biocompósitos na remoção de metais pesados foi demonstrada pelo sucesso da adsorção do íon Pb²⁺ a partir de solução aquosa em modo de processo descontínuo.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

Para atender à necessidade de medidas de remediação eficientes, sustentáveis e econômicas, foram desenvolvidos agentes inovadores de biorremediação de Cd através da engenharia de *Escherichia coli* para montar esferas de poli (ácido 3-hidroxi-butírico) (PHB) densamente revestidas com peptídeos de ligação ao Cd. Isto foi conseguido por fusão translacional de peptídeos de ligação a Cd ao terminal N ou C de uma sintase de PHB que catalisa a síntese de PHB e medeia a montagem de esferas de PHB revestidas com Cd₂ ou Cd₁, respectivamente. As esferas de Cd₁ apresentaram maior adsorção de Cd com 441 nmol de massa de esferas de Cd mg⁻¹ quando comparadas às esferas de Cd₂ (334 nmol de massa de esferas de Cd mg⁻¹) e esferas simples (238 nmol de massa de esferas de Cd mg⁻¹). No geral, as esferas produzidas pela bioengenharia fornecem um meio para remediar locais contaminados com Cd, podendo ser produzidas em grande escala com boa relação custo benefício e oferecem uma alternativa biodegradável e segura aos tratamentos ecotóxicos sintéticos [6].

Foi demonstrada a eficiência do PHB na oxidação do corante azul de metileno pela geração *in situ* de radicais livres com luz UV. Foi possível alcançar 96% de remoção do corante nos primeiros 60 minutos. O PHB apresentou perda de atividade catalítica logo após 5 ciclos de reaproveitamento além de uma redução considerável na remoção de corante após 7 ciclo (~ 60%). Essa diminuição ocorre devido à mineralização *in situ* do PHB. Ao contrário dos catalisadores metálicos tradicionais, não há necessidade de recuperação para reutilização. O material pode ser empregado no tratamento de um efluente por vários ciclos até a completa degradação do poluente, sendo então substituído por um novo catalisador. O comportamento deste sistema apresenta um requisito para uso em larga escala, incentivando pesquisas mais profundas em aplicação industrial [7].

O emprego de um sistema catalítico biopolímero/oxidante, poli (3-hidroxi-butirato)/peroximonossulfato (PHB/PMS), foi desenvolvido para o pré-tratamento de lodo de águas residuais pela primeira vez. Sob condições ideais, ou seja, $3,1 \times 10^{-4}$ M de PMS e 3,3 g/L de PHB em pH = 6,0, os HPAs na matriz de lodo diminuíram 79% em 12 h. Com o aumento da salinidade (75% de água do mar sintética) atingiu 83% da degradação dos HPAs. O acoplamento da oxidação química e da bioestimulação usando biomateriais à base de polímeros bacterianos é eficaz e benéfico para o pré-tratamento de lodo de águas residuais em direção à bioeconomia circular, sendo um material novo e ecológico [8].

4. CONCLUSÃO

Conforme mostrado nesta revisão, os biopolímeros apresentam propriedades adsorptivas notáveis, possuem fabricação simples e fácil, bom desempenho mecânico e sítios de ligação adicionais para adsorção de contaminantes de preocupação ambiental. Por mais esforços que tenham sido aplicados a

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

literatura não apresenta muitos artigos que falem da utilização do PHB como adsorvente. É de extrema necessidade que materiais sejam desenvolvidos para aplicações ambientais, seja de remoção ou mitigação, uma vez que vários ambientes estão fortemente impactados. Além disso estas pesquisas se alinham a Agenda 2030 e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, buscando um futuro com ambientais mais sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a CAPES pelo apoio financeiro e bolsas de estudos. Os autores também agradecem a FAPERGS ao apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] GASHKINA, Natalia A.; MOISEENKO, Tatyana I.; KUDRYAVTSEVA, Lubov P.. Fish response of metal bioaccumulation to reduced toxic load on long-term contaminated lake Imandra. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, v. 191, p. 110205, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110205>.
- [2] BANKOLE, M.T.; ABDULKAREEM, A.s.; TIJANI, J.O.; OCHIGBO, S.s.; AFOLABI, A.s.; ROOS, W.D.. Chemical oxygen demand removal from electroplating wastewater by purified and polymer functionalized carbon nanotubes adsorbents. **Water Resources And Industry**, v. 18, p. 33-50, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wri.2017.07.001>.
- [3] ADNAN, Mohd; SIDDIQUI, Arif Jamal; ASHRAF, Syed Amir; SNOUSSI, Mejd; BADRAOUI, Riadh; ALRESHIDI, Mousa; ELASBALI, Abdelbaset Mohamed; AL-SOUD, Waleed Abu; ALHARETHI, Salem Hussain; SACHIDANANDAN, Manojkumar. Polyhydroxybutyrate (PHB)-Based Biodegradable Polymer from *Agromyces indicus*: enhanced production, characterization, and optimization. **Polymers**, v. 14, n. 19, p. 3982, 23 set. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym14193982>
- [4] HEITMANN, Ana P.; PATRÍCIO, Patrícia S.O.; COURA, Italo R.; PEDROSO, Emerson F.; SOUZA, Patterson P.; MANSUR, Herman S.; MANSUR, Alexandra; OLIVEIRA, Luiz C.A.. Nanostructured niobium oxyhydroxide dispersed Poly (3-hydroxybutyrate) (PHB) films: highly efficient photocatalysts for degradation methylene blue dye. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 189, p. 141-150, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2016.02.031>

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE
& WIPIS2023**

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

- [5] HUNGUND, B.s.; UMLLOTI, S.G.; UPADHYAYA, K.P.; MANJANNA, J.; YALLAPPA, S.; AYACHIT, N.H.. Development and characterization of polyhydroxybutyrate biocomposites and their application in the removal of heavy metals. **Materials Today: Proceedings**, v. 5, n. 10, p. 21023-21029, 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.495>.
- [6] MARQUES, Catarina R.; WIBOWO, David; RUBIO-REYES, Patricia; SERAFIM, Luísa S.; SOARES, Amadeu M.V.M.; REHM, Bernd H.A.. Bacterially assembled biopolyester nanobeads for removing cadmium from water. **Water Research**, v. 186, p. 116357, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.116357>.
- [7] HEITMANN, Ana Pacheli; ROCHA, Italo Coura; SOUZA, Patterson P. de; OLIVEIRA, Luiz C.A.; PATRÍCIO, Patrícia S. de O.. Photoactivation of a biodegradable polymer (PHB): generation of radicals for pollutants oxidation. **Catalysis Today**, v. 344, p. 171-175, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cattod.2018.12.024>.
- [8] HUNG, Chang-Mao; CHEN, Chiu-Wen; HUANG, Chin-Pao; SHEU, Der-Shyan; DONG, Cheng-Di. Metal-free catalysis for organic micropollutant degradation in waste activated sludge via poly(3-hydroxybutyrate) biopolymers using *Cupriavidus* sp. L7L coupled with peroxydisulfate. **Bioresour Technol**, v. 361, p. 127680, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127680>.