Uma revisão sobre a utilização do mexilhão *Perna perna* como bioindicador da contaminação por material particulado atmosférico

Daniela Oliveira Teixeira de Sousa, Helen Sadauskas-Henrique

Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil

E-mail: ds212202@alunos.unisanta.br

Resumo: A atividade industrial na obtenção e processamento de ferro, aço e outros processos siderúrgicos resulta na emissão de material particulado atmosférico (MPA) contendo metais livres e/ou nanopartículas. Oriundos da rocha original ou do processo produtivo, muitos metais são emergentes e ainda não possuem limites ambientais permissíveis na legislação. Dispersos na atmosfera contaminam tanto o ambiente aéreo quanto o aquático e, passivamente são incorporados pela biota local, incluindo os humanos. O acúmulo no organismo pode resultar em disfunção bioquímica e fisiológica com impacto na homeostasia, metabolismo e desempenho animal e na dinâmica do ambiente e na qualidade vida e saúde da população local. O presente trabalho buscou realizar uma revisão narrativa dos efeitos do MPA para organismos aquáticos, em especial o mexilhão *Perna perna.* Sendo que, essa espécie pode ser considerada como um excelente bioindicador para analisar a toxicidade dos metais livres e/ou nanopartículas presentes no MPA.

Palavras-chave: Pó preto; Mexilhão; Metais livres; nanopartículas.

The effects of the atmospheric particulate material on aquatic organisms

Abstract: The industrial activity for iron (ore) producing and steel products processing results in the emission of particulate material in the atmosphere (APM) containing free metals and metallic nanoparticles. Many of these materials are emerging metals and nanoparticles that there are no environmental limits determined in the existing legislation. Dispersed in the atmosphere they may contaminate not only the aerial but also the aquatic environment and, passively, be incorporated by the local biota, including the humans. The accumulation of such metals and nanoparticles in the organisms may result in biochemical and physiological disfunctions impacting the homeostasis, metabolism and performance of animals and the health of the local population and the overall quality of life. It is noted that the *Perna perna* mussel is an excellent biomarker to analyze the metal content in particulate materials dumped into the sea by the mining industries. The present work aimed to perform a narrative review regarding the effects of the APM on the aquatic organisms, in special the mussel *Perna perna*. This specie can be considered a good bioindicator to analyze the AMP free metals and/or nanoparticles toxicity.

Keywords: Black powder; Mussel; Free metals; Nanoparticles.

Introdução

Nos dias de hoje, percebe-se que as indústrias na área de mineração vêm se expandindo a cada dia que passa porque esta área faz parte de dois setores no Brasil: o primário e o secundário da economia, efetuando a contribuição com a produção de bens intermediários. O material predominante nas mineradoras é o minério de ferro, que é um dos principais compostos do material particulado atmosférico (MPA), mais conhecido pelo nome de pó preto. A coloração do pó preto é escura por conta do alto teor de carvão, mas além deste composto também contém em sua composição o ferro, enxofre e os metais essenciais (cobre, ferro, magnésio) e não essenciais [1,2] .

No ambiente marinho, o MPA pode ocasionar danos aos organismos aquáticos, podendo prejudicar também os banhistas quando estão na areia da praia [1]. Ademais, a biota aquática tem a capacidade de concentrar diversos metais em altas ordens de grandeza em relação às concentrações na coluna d'água, sendo ainda responsável por grande parte da dinâmica de poluentes no ambiente marinho.

Determinados parâmetros acabam influenciando na acumulação e concentração dos metais pesados nos tecidos de organismos marinhos. Considera-se que como um dos mais importantes, a concentração de metal na qual o organismo está exposto através da água, alimento e sedimento. No entanto, outros fatores induzem na acumulação de metais, como os parâmetros bióticos, a salinidade, a temperatura e as variações sazonais. Os mexilhões *perna perna* demonstram um certo potencial como bioindicadores de poluição do ambiente aquático por metais [3].

O presente trabalho buscou realizar uma revisão narrativa dos efeitos do MPA para organismos aquáticos, em especial o mexilhão *Perna perna*. Sendo que, essa espécie pode ser considerada como um excelente bioindicador para analisar a toxicidade dos metais livres e/ou nanopartículas presentes no MPA.

Material particulado atmosférico

O MPA mais conhecido pelo nome de "pó preto" é um composto de partículas de granulometria grosseira que é proveniente das indústrias produtoras de minério de ferro que estão localizadas nas zonas costeiras no litoral brasileiro como na Baia de Guanabara – Rio de Janeiro e em Vitória – Espirito Santo [1]. A contaminação de ambientes estuarinos por metais/metaloides pode ser decorrente de diferentes fontes; entretanto, as partículas metálicas oriundas do MPA é a principal fonte de metais/metalóides que afetam os corpos hídricos

dessas regiões. O MPA não é composto somente por carvão, enxofre e ferro. Em sua composição também existem outros metais como cobre, ferro, magnésio zinco, cádmio, chumbo e mercúrio, além das nanopartículas metálicas. Quando esses contaminantes entram em contanto com os seres humanos, podem ocasionar uma série de efeitos agudos e crônicos [4]. No ambiente marinho, o MPA levar ao desequilíbrio no ecossistema marinho, causando a morte dos seres vivos que habitam o mar. Contudo, as praias que são próximas as mineradoras, apresentam um aumento na concentração de ferro nas areias, prejudicando a vida dos banhistas que visitam as praias que são próximas as mineradoras de pó preto [5].

Mexilhão *Perna perna*

O mexilhão *Perna perna* são animais marinhos bivalves pertencentes à família Mytilidae, e uma das suas principais características são suas conchas alongadas, cuneiformes e equivalentes, sendo mais finas na extremidade do ligamento interno, podendo ser lisas ou ter pequenos "dentes" [6]. São organismos osmoconformadores que constituem ótimos indicadores de biodisponibilidade de metais e são amplamente utilizados como bioindicadores em ecossistemas aquáticos.

Efeitos do MPA nos organismos aquáticos

O mexilhão *Perna perna* é um molusco filtrador, logo está no início da cadeia alimentar. Segundo a pesquisa de [8], as maiores concentrações de metais nos tecidos moles do bivalve foram do cobre (3 μg/g p.u.), ferro (30 μg/g p.u.), e zinco (27 μg/g p.u.), cromo (0,5 μg/g p.u.) e níquel (1,8 μg/g p.u.). O cádmio não apresentou uma alta concentração por conta dos níveis tróficos da cadeia alimentar do local, que possui hábitos alimentares distintos, não bioacumulam o cádmio através de transferência trófica [8]. No entanto, na pesquisa de [9], onde foi feita a avalição do teor de chumbo em três praias na região metropolitana do Rio de Janeiro, apresentado os seguintes valores: na praia do Flamengo a concentração de chumbo foi de 1,1 ± 0,31 $mg.kg^{-1}$, na praia Vermelha 2,5 ± 1,1 $mg.kg^{-1}$ e na praia do Vidigal 2,1 ± 0,40 $mg.kg^{-1}$. Contudo, através desses valores notou-se que as concentrações estão altas porque o valor permitido para consumo seria de 2,0 $mg.kg^{-1}$ [9]. A Baía de Sepetiba tem um histórico de contaminação de cádmio e zinco em decorrência das indústrias de mineração e em algumas etapas no processo de produção química a indústria utilizava o trióxido de arsênio (As_2O_3) para efetuar a purificação do minério, e o composto alcançava a água pelo despejo industrial e dispersão atmosférica, alcançando a biota aquática inclusive nos mexilhões [10].

Por conta do seu hábito filtrador, o mexilhão *Perna perna* reflete as altas concentrações de metais no ambiente aquático, provenientes das indústrias.

Objetivos

Realizar uma revisão da literatura, do tipo narrativa, dos efeitos do MPA para organismos aquáticos, em especial o mexilhão *Perna perna*. Sendo que, essa espécie pode ser considerada como um excelente bioindicador para analisar a toxicidade dos metais livres e/ou nanopartículas presentes no MPA.

Material e Métodos

O método atribuído a esta pesquisa foi uma análise de um levantamento bibliográfico investigando os efeitos que os metais presentes no MPA causa nos mexilhões *Perna perna*. Os locais citados foram a Baía da Guanabara, a Baía de Sepetiba e as Praias do Rio de Janeiro. Foram selecionados 10 artigos para elaboração da pesquisa.

Resultados

Conforme foi visto por [8], a contaminação de chumbo, onde o mexilhão *Perna perna* exposto ao alto teor de chumbo não é recomendado para consumo porque este metal causa risco não somente a biota marinha, mas também aos seres humanos, sendo mais claro sobre a contaminação. A pesquisa de [9], apresentou o valor maior de contaminação na Praia Vermelha, enquanto [10] só apresentou os conceitos de contaminação de cádmio e zinco, além da aplicação de trióxido de arsênico para purificação do minério

Tabela 1. Valores obtidos nos artigos a respeito da concentração de metais

Metais	Concentração	Artigos
Cádmio	-	-
Cobre	3 μg/g p.u	[8]
Cromo	0,5 μg/g p.u	[8]
Chumbo	2,5 ± 1,1 $mg.kg^{-1}$	[9]
Ferro	30 μg/g p.u	[8]
Mercúrio	-	-
Níquel	1,8 μg/g p.u	[8]

Discussão

Conforme foi visto em [8], é possível perceber uma alta contaminação por cobre e ferro nos mexilhões *Perna perna*, mostrando então como as indústrias de mineração podem gerar contaminação dos ambientes aquáticos por metais e nanopartículas presente no MPA.

Na pesquisa de [9] notou-se a alta contaminação de chumbo na Praia Vermelha pela mesma linha industrial de [8] e a [10] que utiliza trióxido de arsênico para purificar o minério.

Conclusões

Diante deste estudo de revisão, percebeu-se que os metais livres e as nanopartículas metálicas presentes no MPA podem se bioacumular em organismos aquáticos como os mexilhões *Perna perna,* sendo estes ótimos organismos para monitorarem a concentração ambiental destes contaminantes.

Referências

1. Oliveira GS de. A Poluição Causada Na Grande Vitória/Es Pelo Pó Preto E A Responsabilidade Das Mineradoras [s.d.];148:148–62.
2. Souza I da C, Morozesk M, Mansano AS, Mendes VAS, Azevedo VC, Matsumoto ST, et al. Atmospheric particulate matter from an industrial area as a source of metal nanoparticle contamination in aquatic ecosystems. Sci Total Environ 2021;753:141976.
3. Galvão PMA, Rebelo MDF, Torres JPM, Guimarães JRD, Malm O. Bioacumulação de metais pesados em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. Brazilian J Aquat Sci
4. Sokolowski A, Bawazir AS, Wolowicz M. Trace Metals in the Brown Mussel perna from the Coastal Waters off Yemen (Gulf of Aden): How Concentrations Are Affected by Weight, Sex, and Seasonal Cycle. Arch Environ Contam Toxicol 2004;46:67–80.
5. Galvao P, Henkelmann B, Longo R, Dorneles PR, Torres JPM, Malm O, et al. Partition of organochlorine concentrations among suspended solids, sediments and brown mussel Perna perna, in tropical bays. Chemosphere 2014;114:9–15.
6. Gosling, Elizabeth. Marine Bivalve Molluscs. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd 2015. Marine Bivalve Molluscs, 2nd Edition. vol. 148. [s.d.].
7. Freire CA, Amado EM, Souza LR, Veiga MPT, Vitule JRS, Souza MM, et al. Muscle water control in crustaceans and fishes as a function of habitat, osmoregulatory capacity, and degree of euryhalinity. Comp Biochem Physiol - A Mol Integr Physiol 2008;149:435–46. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.02.003.
8. Kehrig A, Costa M, Malm O. Estudo da Contaminação por Metais Pesados em Peixes e Mexilhão da Baia de Guanabara - Rio De Janeiro. Trop Oceanogr ONLINE 2007:32–50.
9. Maia CB, Almeida ACM, Moreira FR. Avaliação do Teor de Chumbo em Mexilhões da Espécie Perna perna na Região Metropolitana da Cidade do Rio de Janeiro. J Brazilian Soc Ecotoxicol 2006;1:195–8.
10. Micheli da Silva Ferreira et al. Contaminação por metais traço em mexilhões. Ciência Rural 2013;43:1012–20.