



DISTRIBUIÇÃO HETEROGÊNEA DE CHUMBO EM SEDIMENTO, VEGETAÇÃO E ORGANISMOS BENTÔNICOS DO LITORAL DO PARANÁ

Jonathan S. Munhoz¹; Kamila G. Barbosa²; Leticia de Pierri³

¹ Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis – PPGCIS.

² Universidade Federal do Paraná (UFPR), Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos – PGSSICO.

³ Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Escola de Medicina e Ciências da Vida, Curitiba, PR, Brasil.

E-mail do autor principal: Jonathan5munhoz@gmail.com

Palavras-Chave: Bioindicadores, contaminação costeira, ICP-OES

Introdução

O chumbo (Pb) é um elemento não essencial e potencialmente tóxico, capaz de persistir em compartimentos ambientais e acumular-se em organismos, tornando seu monitoramento relevante em ecossistemas costeiros (MOREIRA; MOREIRA, 2004; SOUZA; MORASSUTI; DEUS, 2018). Em regiões submetidas à urbanização e à movimentação de sedimentos, concentrações localmente elevadas podem ocorrer sem constituir um gradiente espacial uniforme. No litoral do Paraná, a presença de áreas com diferentes graus de urbanização, incluindo trecho submetido à engorda artificial da praia, oferece um contexto adequado para investigar essa heterogeneidade. Este estudo teve como objetivo avaliar a distribuição de Pb em sedimento, vegetação costeira e invertebrados bentônicos de três áreas, verificando a existência de diferenças entre áreas e matrizes e a ocorrência de concentrações ambientalmente relevantes.

Material e Métodos

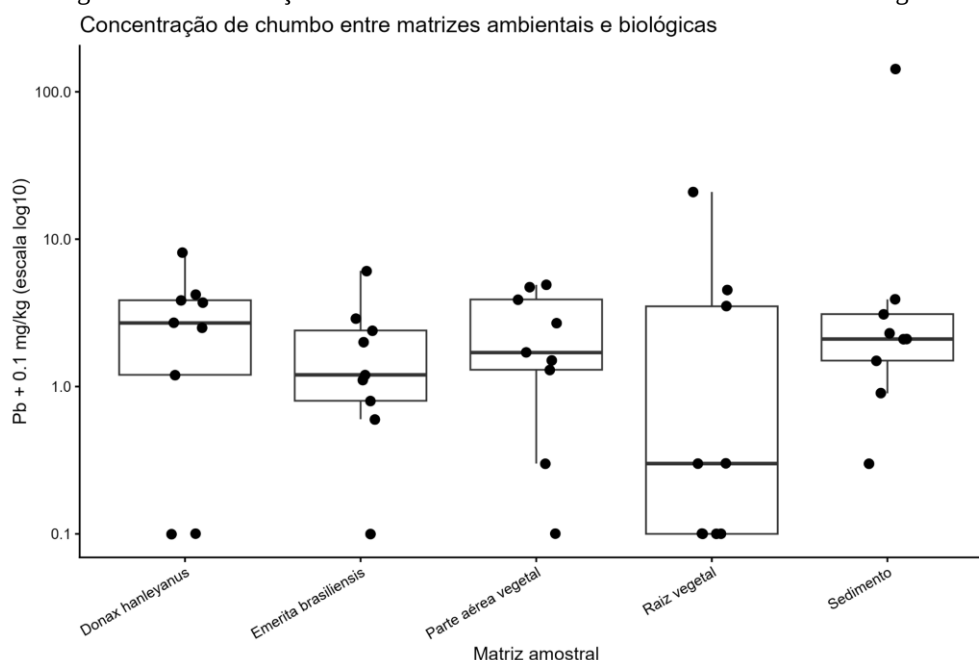
Foram avaliadas três áreas costeiras do litoral do Paraná, cada uma subdividida em três quadrantes amostrais. Em cada quadrante foram obtidas amostras de sedimento, raiz e parte aérea de *Ipomoea pes-caprae*, do molusco bivalve *Donax hanleyanus* e do crustáceo *Emerita brasiliensis*. As amostras foram secas até massa constante, homogeneizadas e submetidas a digestão química específica conforme a matriz. Para o sedimento foi empregado o método EPA 3050B (U.S. EPA, 1996), enquanto o material vegetal foi processado por digestão via seca conforme procedimento descrito pela Embrapa (SILVA, 2009). Os digestatos foram analisados por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), com três leituras instrumentais por amostra, e os resultados foram expressos em mg kg⁻¹ de massa seca. Devido à presença de valores iguais a zero, aplicou-se transformação log₁₀(Pb+0,1), sendo 0,1 mg kg⁻¹ correspondente à metade do menor valor positivo observado. Avaliaram-se os efeitos de área, matriz e interação área×matriz, considerando os quadrantes como blocos dentro das áreas. A robustez foi verificada por análise de sensibilidade sem a observação sedimentar A1-Q1, além de testes de Kruskal-Wallis por matriz. Adotou-se $\alpha=0,05$.

Resultados e Discussão

As concentrações de Pb apresentaram elevada amplitude entre pontos, sem padrão uniforme entre áreas ou matrizes. No sedimento, a mediana foi 2,0 mg kg⁻¹, com variação de 0,2 a 142,6 mg kg⁻¹; em *D. hanleyanus*, de 0 a 8,0 mg kg⁻¹; em *E. brasiliensis*, de 0 a 6,0

mg kg⁻¹; na parte aérea vegetal, de 0 a 4,8 mg kg⁻¹; e nas raízes, de 0 a 20,8 mg kg⁻¹ (Figura 1). No modelo principal não houve efeito significativo de área (p=0,731), matriz (p=0,449) ou interação área×matriz (p=0,708). A análise de sensibilidade, retirando apenas A1-Q1 do sedimento, manteve a ausência de efeitos de área (p=0,953), matriz (p=0,637) e interação (p=0,830), demonstrando que a conclusão geral não depende desse valor extremo.

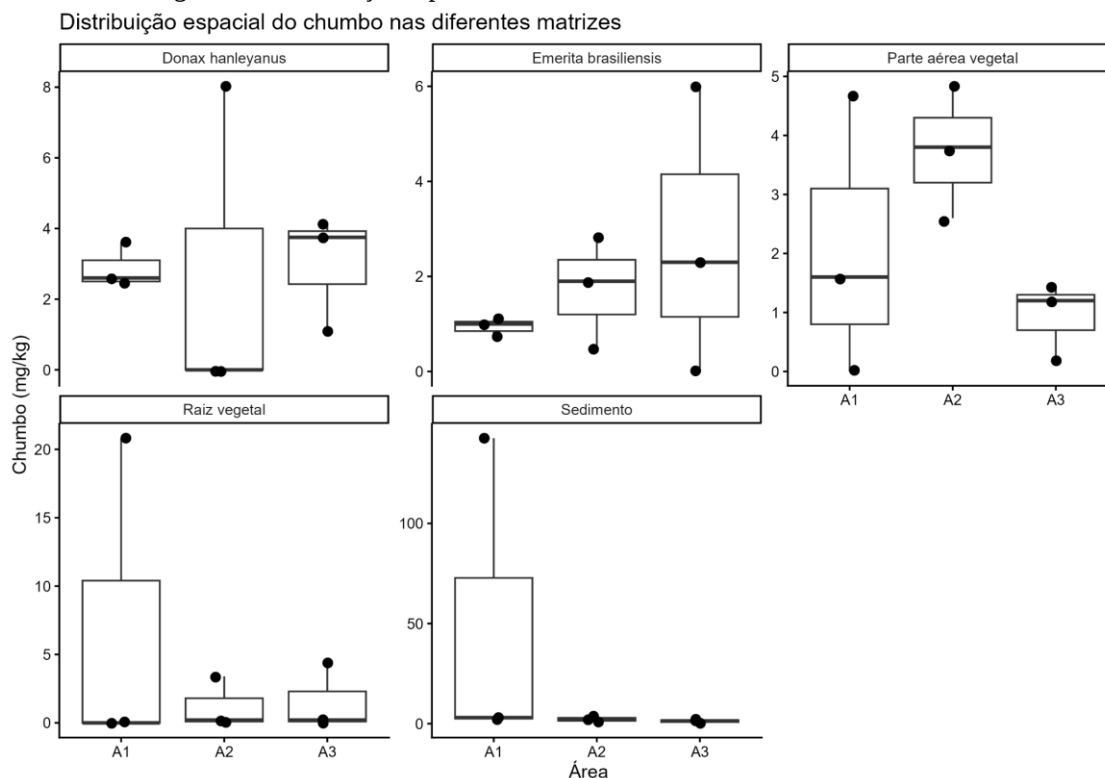
Figura 1 – Concentração de chumbo nas diferentes matrizes ambientais e biológicas



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da pesquisa (2026).

Apesar da ausência de diferenças globais, a análise individual dos pontos revelou ocorrências ambientalmente relevantes. O sedimento A1-Q1 apresentou 142,6 mg kg⁻¹ de Pb, valor superior ao Nível 1 de 46,7 mg kg⁻¹ e inferior ao Nível 2 de 218 mg kg⁻¹ estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 para material dragado de águas salinas ou salobras; as outras oito amostras sedimentares permaneceram abaixo do Nível 1 (BRASIL, 2012). A distribuição espacial confirma que esse valor elevado é localizado, enquanto os demais pontos sedimentares se concentram em valores baixos (Figura 2). Também foram observadas concentrações pontuais elevadas em raiz (20,8 mg kg⁻¹), *D. hanleyanus* (8,0 mg kg⁻¹) e *E. brasiliensis* (6,0 mg kg⁻¹).

Figura 2 – Distribuição espacial do chumbo nas diferentes matrizes amostrais



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da pesquisa (2026).

Nos moluscos bivalves, seis das nove amostras de *D. hanleyanus* apresentaram Pb acima de 1,5 mg kg⁻¹, limite máximo tolerado estabelecido para a categoria de moluscos bivalves pela Instrução Normativa Anvisa nº 160/2022 (BRASIL, 2022). Essa comparação deve ser interpretada como referência sanitária da categoria, e não como demonstração direta de risco de consumo da população amostrada. Os testes de Kruskal-Wallis também não detectaram diferenças entre áreas em nenhuma matriz, corroborando a ausência de gradiente espacial consistente. Assim, a ocorrência de Pb foi caracterizada por valores baixos em grande parte das amostras, intercalados com concentrações elevadas em pontos específicos. O conjunto evidencia que médias globais ou comparações entre áreas podem ocultar episódios localizados de maior concentração, sendo necessária a interpretação conjunta da distribuição estatística e dos valores de referência ambiental e sanitário.

Conclusões

O chumbo apresentou distribuição espacial heterogênea nas matrizes avaliadas, sem diferenças significativas entre áreas, matrizes ou interação entre esses fatores. A conclusão permaneceu inalterada na análise de sensibilidade sem o valor sedimentar extremo de A1-Q1, indicando robustez do padrão geral. Entretanto, a ausência de diferenças estatísticas não correspondeu à ausência de relevância ambiental: A1-Q1 ultrapassou o Nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/2012, e seis das nove amostras de *D. hanleyanus* excederam o limite de 1,5 mg kg⁻¹ utilizado para moluscos bivalves. Os resultados indicam que a presença de Pb no ambiente estudado ocorre de forma localizada, reforçando a necessidade de monitoramento espacialmente replicado e da avaliação conjunta de matrizes ambientais e biológicas.



Agradecimentos

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná e ao PIBIC pelo apoio institucional ao desenvolvimento da pesquisa.

Referências

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 454, de 1º de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 216, p. 66, 8 nov. 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa - IN nº 160, de 1º de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 126, p. 227-235, 6 jul. 2022.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. Ciência & Saúde Coletiva, v. 9, n. 1, p. 167-181, 2004. DOI: 10.1590/S1413-81232004000100017.

SILVA, F. C. da (ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. Acta Biomedica Brasiliensia, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018. DOI: 10.18571/acbm.189.

U.S. EPA. Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Revision 2. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 1996.