



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 628

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E AVALIAÇÃO DE
INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO DE SEDIMENTOS
POR METAIS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL DE
MACROMARÉ, BAÍA DE SÃO MARCOS, NORTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada por:

IVSON ROBERTO VIANA DA CUNHA

Orientador: Pedro Walfir Martins e Souza Filho (UFPA)

Coorientador: Vinícius Tavares Kütter (UFPA)

**BELÉM - PARÁ
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C972d Cunha, Ivson Roberto Viana da.
Distribuição espacial e avaliação de indicadores de
contaminação de sedimentos por metais em um estuário tropical de
macromaré, Baía de São Marcos, norte do Brasil / Ivson Roberto
Viana da Cunha. — 2023.
xiv, 72 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Pedro Walfir Martins E Souza Filho
Coorientador(a): Prof. Dr. Vinícius Tavares Kütter
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia
e Geoquímica, Belém, 2023.

1. Estuário. 2. Sedimentos. 3. Metais. 4. Área portuária. 5.
Qualidade ambiental. I. Título.

CDD 551.466



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E AVALIAÇÃO DE
INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO DE SEDIMENTOS
POR METAIS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL DE
MACROMARÉ, BAÍA DE SÃO MARCOS, NORTE DO BRASIL**

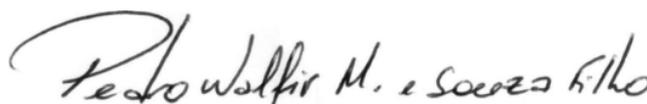
Dissertação apresentada por

IVSON ROBERTO VIANA DA CUNHA

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOLOGIA, linha de pesquisa GEOLOGIA MARINHA E COSTEIRA

Data da aprovação: 30 / 03 / 2023

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho
(Orientador – UFPA)

Documento assinado digitalmente



ILENE MATANO ABREU

Data: 04/05/2023 19:39:09-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Ilene Matano Abreu

(Membro – UFBA)


Prof. Dr. José Tasso Felix Guimarães
(Membro – ITV)

Dedico este trabalho a minha família e,
em especial, à minha filha Bárbara.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por tudo que fizeram e fazem por mim e, a minha irmã por todo o seu apoio. À Sandra Daniela por estar ao meu lado e me ajudar sempre que possível. À Bárbara, que é o meu maior presente e a razão para que eu continue buscando o melhor sempre.

Ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará por ter permitido a minha entrada no Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica colaborando no meu crescimento profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa e apoio ao desenvolvimento do presente estudo. Ao Instituto Tecnológico Vale pelos dados do projeto “Baía de São Marcos” que foram disponibilizados para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Pedro Walfir, por ter me aceitado como seu aluno de mestrado e ter confiado em mim para desenvolver este trabalho.

Ao meu coorientador, Vinícius Kütter, por aceitar a missão de me orientar nos últimos segundos do curso e, compartilhar seus conhecimentos que foram de fundamental importância para desenvolvimento e conclusão desta dissertação. O meu muito obrigado.

Ao Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido – LAIT pelo suporte técnico durante todo o mestrado.

Ao Leonardo e Mayara por disponibilizarem o uso da balança no Laboratório de Oceanografia Biológica – LOB e, também, o uso do micro-ondas na hora do almoço.

Ao Gustavo por ser um grande amigo, dividir conversas, conhecimentos e auxílio no meu desenvolvimento como profissional. Um grande abraço.

E um agradecimento a todos que contribuíram de alguma forma direta ou indireta neste trabalho.

“Seu esforço não faz o menor sentido,
se você não acredita em si.”

Might Guy

RESUMO

Os estuários são áreas de grande importância ecológica por terem o papel de berçário, alimentação e reprodução de diversas espécies aquáticas, além de abrigar grandes áreas metropolitanas e industriais. Porém, estão expostos a vários tipos de contaminantes, entre eles, os metais em consequência da ação antrópica. Neste contexto, destaca-se o estuário da Baía de São Marcos (BSM) no norte do Brasil, o qual possui uma área urbana com mais de um milhão de habitantes e a área portuária com maior transporte de carga do país (182 milhões de toneladas em 2021). O presente estudo avaliou a qualidade dos sedimentos de fundo da Baía de São Marcos, adjacente a Ilha de São Luís, empregando índices geoquímicos referentes a presença de metais Cr, Cu, Ni, Pb e Zn, sua relação com a granulometria e carbono orgânico total (COT). Os sedimentos superficiais foram coletados com auxílio da draga de *Gibbs*, em dois setores da BSM, um adjacente a área portuária e outro na região metropolitana de São Luís. Em laboratório, as amostras foram submetidas ao processo de análise granulométrica por difração a laser; determinação de metais por *Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry* (ICP-MS) e teor carbono orgânico total por meio do método de combustão catalítica em alta temperatura. Os resultados demonstram forte correlação entre os as concentrações de metais, a granulometria e COT. No setor A, a mediana foi de 16 µg/g (Cr), 4,6 µg/g (Cu), 6,5 µg/g (Ni), 4,6 µg/g (Pb) e 18 µg/g (Zn). Enquanto no setor B: 9 µg/g (Cr), 2,2 µg/g (Cu), 3,7 µg/g (Ni), 3 µg/g (Pb) e 7 µg/g (Zn). A avaliação da concentração de metais nos sedimentos da BSM mostrou que segundo os critérios adotados pelo CONAMA 454/12 e NOAA, os metais analisados apresentam concentrações abaixo daquelas que poderiam causar algum tipo de efeito adverso na biota, e por conseguinte, afetar o equilíbrio do ecossistema. O índice de geoacumulação (I_{geo}) apresenta variações de moderadamente à fortemente poluído para os metais analisados. Entretanto, estas classificações não são suportadas por outros métodos. Por exemplo, o fator de contaminação e o fator de enriquecimento mostraram que a área apresenta baixa contaminação e um baixo enriquecimento para metais. O uso de valores de background local, mostraram que a utilização de valores de referência para a crosta continental ou para folhelhos (PASS) tendem a superestimar os indicadores de contaminação.

Palavras-chave: estuário; sedimentos; metais; área portuária; qualidade ambiental.

ABSTRACT

The estuaries are areas of great ecological importance for having the role of nursery, feeding and reproduction area for several aquatic species, in addition to housing large metropolitan and industrial. However, they are exposed to various types of contaminants, including metals because of anthropic action. In this context, the estuary of São Marcos Bay (SMB) in northern Brazil, which has an urban area with more than one million inhabitants and the port area with the largest cargo transport in the country (182 million tons in 2021). The present study evaluated the presence of metals (Cr, Cu, Ni, Pb and Zn) in the surface sediments of São Marcos Bay adjacent to São Luís Island and the quality of the sediments, their relationship with granulometry, total organic carbon (TOC) and in the classification of geochemical indices. Surface sediments were collected with the aid of a Gibbs dredger, in two sectors of the SMB, one adjacent to the port area and the other to the São Luís metropolitan região. In the laboratory, the samples were submitted to the granulometric analysis process by laser diffraction; determination of metals by *Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry* (ICP-MS) and the total organic carbon content by means of the catalytic combustion method at high temperature. The results demonstrate a strong correlation between metal concentrations, granulometry and TOC. Since Cr and Zn showed high concentrations observed in sector A in areas with a predominance of fine sediments and high TOC content. In sector A the median was 16 µg/g (Cr), 4.6 µg/g (Cu), 6.5 µg/g (Ni), 4.6 µg/g (Pb) and 18 µg/g (Zn). While in sector B: 9 µg/g (Cr), 2.2 µg/g (Cu), 3.7 µg/g (Ni), 3 µg/g (Pb) and 7 µg/g (Zn). The evaluation of the concentration of metals in the BSM sediments showed that, according to the criteria adopted by CONAMA 454/12 and NOAA, the analyzed metals present concentrations below those that could cause some type of adverse effect on the biota, and therefore, affect the balance of the ecosystem. The geoaccumulation index (Igeo) shows variations from moderately to heavily polluted for the analyzed metals. However, these classifications are not supported by other methods. For example, the contamination factor and the enrichment factor appreciated that the area has low contamination and a low enrichment for metals. The use of local background values, observing that the use of reference values for the continental crust or for shales (PASS) tends to overestimate the infection indicators.

Keywords: estuary; sediments; metals; port area; environmental quality.