

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AMBIENTES LITORÂNEOS E INSULARES
Mestrado em Ciências Ambientais

Cleyton Svicero da Silva Santos

**Caracterização Física e Química em Manguezais do Sul de São
Paulo e Paraná**

Programa de Pós-Graduação
em Ambientes Litorâneos
e Insulares - UNESPAR

Paranaguá

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AMBIENTES LITORÂNEOS E INSULARES
Mestrado em Ciências Ambientais

Cleyton Svicero da Silva Santos

**Caracterização Física e Química em Manguezais do Sul de São
Paulo e Paraná**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambientes Litorâneos e Insulares – PALI – da Universidade Estadual do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador(a): Professor. Dr. Luís Fernando Roveda

Paranaguá

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNESPAR e
Núcleo de Tecnologia de Informação da UNESPAR, com Créditos para o ICMC/USP
e dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Svicero da Silva Santos, Cleyton
Caracterização física e química em manguezais do
Sul de São Paulo e Paraná / Cleyton Svicero da
Silva Santos. -- Paranaguá-PR, 2024.
40 f.

Orientador: Luís Fernando Roveda.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Ambientes Litorâneos e
Insulares) -- Universidade Estadual do Paraná, 2024.

1. Solos. 2. Atividade Antrópica. 3. Ecossistema.
4. Contaminação. 5. Elementos-traço. I - Fernando
Roveda, Luís (orient). II - Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Campus de Paranaguá

Credenciada pelo Decreto nº 9538, de 05/12/2013 - D.O.E. 05/12/2013
Recredenciada pelo Decreto nº 2374, de 14/08/2019 - D.O.E. 14/08/2019
Rua Comendador Correa Junior, nº 117 - Centro - CEP: 83203-560 - Fone: (41) 3423-3644
PARANAGUÁ - PARANÁ
<http://paranagua.unespar.edu.br>



ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AMBIENTES LITORÂNEOS E INSULARES – PALI

No dia 24 de fevereiro de, às 09 horas, reuniu-se a banca examinadora da dissertação de mestrado do discente CLEYTON SVICERO DA SILVA SANTOS, orientado do professor Dr. Luís Fernando Roveda, com o título "CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA EM MANGUEZAIS DO SUL DE SÃO PAULO E PARANÁ". A apresentação e defesa pública do trabalho ocorreu de forma ONLINE. Após a apresentação pública e arguição pelos membros da banca a dissertação foi considerada: Aprovada.

Observações e sugestões da banca: Todas as sugestões indicadas pela banca foram acatadas
A sessão foi encerrada às 12 horas.

ESTE DOCUMENTO NÃO CONFERE O TÍTULO DE MESTRE, que depende de outros requisitos, dentre os quais a entrega da dissertação definitiva.

A banca foi composta pelos professores doutores abaixo, que assinam a presente ata:

Dr. Luís Fernando Roveda (UNESPAR/Paranaguá) – orientador - Ass: VIA PROTOCOLO

Dr. Everaldo dos Santos (IFPR) 1º examinador - Ass: VIA PROTOCOLO

Dra. Cassiana Baptista Metri (UNESPAR/Paranaguá) - 2º examinadora - Ass: VIA PROTOCOLO

Dr. Dr. Adilson Anacleto (UNESPAR/Paranaguá) - suplente

Dr. Dr. Leandro Angelo Pereira (IFPR) - suplente

Assinatura do Mestrando: (VIA PROTOCOLO)

Rua Comendador Correa Junior nº 117 - Caixa Postal 236 - Centro - CEP 83203-560 - Paranaguá - Paraná
Fone: (41) 3423-3644 - Fax: (41) 3423-1611 - www.unespar.edu.br - CNPJ: 73.182.808/0001-36

Assinatura Avançada realizada por: **Luís Fernando Roveda (XXX.451.020-XX)** em 13/03/2025 09:48. Inserido ao protocolo **23.648.104-2** por: **Luís Fernando Roveda** em: 13/03/2025 09:46. Demais assinaturas na folha 3a. A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço: <https://www.eprotocolo.pr.gov.br/splweb/validarDocumento> com o código: **3df9da0b36ff8f141ba10312509656e5**.

**A experiência nunca falha, apenas as
nossas opiniões falham, ao esperar da
experiência aquilo que ela não é capaz
de oferecer
Leonardo da Vinci**

Dedico este trabalho exclusivo para minha mãe (*In memoriam*) Débora Svicero, que me ensinou a seguir em frente em meio a tantas dificuldades encontradas pela vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estiveram nesta jornada longa, por muitas vezes difícil e ardente.

As pessoas que participaram diretamente e indiretamente desta jornada.

RESUMO

Os manguezais, ecossistemas costeiros de transição entre ambientes terrestres e aquáticos, estão entre as áreas mais produtivas do planeta, prestando serviços ecológicos essenciais. No entanto, enfrentam crescentes ameaças associadas à liberação e acúmulo de metais pesados, oriundos de atividades agrícolas, industriais, aquicultura e ocupações irregulares. Este estudo investigou a relação entre a composição granulométrica dos sedimentos e a distribuição de metais pesados nos manguezais das regiões de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo, bem como a capacidade acumulativa desses metais nas folhas de *Rhizophora mangle*. Foram realizados 47 pontos de coleta em nove manguezais, abrangendo as zonas de franja, bacia e transição. Os sedimentos foram analisados quanto à textura (areia grossa, média, fina, silte e argila) e à presença de elementos como Cálcio, Magnésio, Arsênio, Níquel, Mercúrio, Selênio, Cádmio, Cromo, Cobre, Manganês, Chumbo e Zinco. A composição granulométrica variou entre os locais, influenciada por fatores ambientais e marés. Embora as concentrações de metais tenham respeitado os limites estabelecidos pelo CONAMA, observou-se variação espacial associada a pressões antrópicas. Nas folhas de *R. mangle*, os metais apresentaram diferentes concentrações, mas sem diferenças estatisticamente significativas. As correlações entre solo e folhas indicam interação entre compartimentos do ecossistema. Os resultados reforçam a importância do monitoramento contínuo desses ambientes, pois mesmo concentrações dentro dos padrões podem causar impactos ecológicos, como biomagnificação. O estudo contribui para a compreensão da dinâmica edáfica e da contaminação em manguezais, evidenciando a necessidade de medidas preventivas para a conservação desses ecossistemas sensíveis.

Palavras-chave: Atividade Antrópica. Áreas contaminadas. Região Subtropical.

ABSTRACT

Mangroves are coastal ecosystems that serve as transitional zones between terrestrial and aquatic environments and are among the most productive areas on the planet, providing essential ecological services. However, they face increasing threats from the release and accumulation of heavy metals derived from agricultural, industrial, aquaculture activities, and irregular settlements. This study investigated the relationship between the granulometric composition of sediments and the distribution of heavy metals in mangroves located in Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba, and São Paulo, as well as the accumulation capacity of these metals in the leaves of *Rhizophora mangle*. A total of 47 sampling points were established across nine mangroves, covering fringe, basin, and transition zones. Sediments were analyzed for texture (coarse sand, medium sand, fine sand, silt, and clay) and for the presence of elements such as Calcium, Magnesium, Arsenic, Nickel, Mercury, Selenium, Cadmium, Chromium, Copper, Manganese, Lead, and Zinc. Granulometric composition varied among sites, influenced by local characteristics and tidal dynamics. Although metal concentrations were within the limits established by CONAMA, spatial variations suggested anthropogenic influences. In *R. mangle* leaves, metals showed different concentrations, although no statistically significant differences were found. Correlations between soil and leaves indicated interactions between ecosystem compartments. The findings underscore the importance of continuous monitoring of these environments, as even concentrations within legal limits may cause ecological impacts such as biomagnification. This study contributes to understanding soil formation dynamics and contamination processes in mangroves, highlighting the need for preventive measures to conserve these sensitive ecosystems.

Keywords: Anthropogenic Activity. Contaminated Areas. Subtropical Region.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Localização geográfica das coletas nos manguezais.....	6
Tabela 2: Resultados da análise de composição granulométrica do sedimento realizado nos diferentes manguezais de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo em porcentagem.	7
Tabela 3: Resultado de análises em mg/dm ³ de peso seco de Cálcio (Ca), Arsenio (As), Níquel (Ni), Magnésio (Mg), Mercúrio (Hg), Selênio (Se), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) nos sedimentos de Paranaguá, Guaraqueçaba em São Paulo.....	9
Tabela 4: Resultado de análises de Cálcio (Ca), Arsenio (As), Níquel (Ni), Magnésio (Mg), Mercúrio (Hg), Selênio (Se), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) nas folhas de <i>Rhizophora mangle</i> em Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo.	33
Tabela 5: Correlação de metais pesados entre folhas e sedimentos.....	35

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Local de estudo referente a coleta nos manguezais. Manguezais do Paraná: Cabaraquara – Guaratuba; Boguaçu – Guaratuba; Paranaguá; ESEC – CEP; PARNA – CEP. São Paulo: PEIC – Cananéia; Nóbrega – Cananéia; Icapara – Iguape.	5
Figura 2: PCA dos resultados dos diferentes manguezais e fisionomias. Areia total (AT); Areia grossa (AG), areia fina (AF), Silte (SI) e argila (AR).	9
Figura 3: Representação gráfica da distribuição dos metais nos sedimentos: Cálcio (Ca), Arsenio (As), Níquel (Ni), Magnésio (Mg), Mercúrio (Hg), Selênio (Se), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn). Local de distribuição de manguezais: (A): Boguaçu, Cabaraquara, ESEC Guaraqueçaba, Icapara, Nobrega, PARANA Superagui, PEIC, Paranaguá e RRPN Papagaio da cara Roxa. Distribuição por fisionomia (B): franja, bacia e transição.	10
Figura 4: Representação gráfica da distribuição dos metais nas folhas de R. mangle: Cálcio (Ca), Arsenio (As), Níquel (Ni), Magnésio (Mg), Mercúrio (Hg), Selênio (Se), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn).). Local de distribuição de manguezais: (A): Boguaçu, Cabaraquara, ESEC Guaraqueçaba, Icapara, Nobrega, PARANA Superagui, PEIC, Paranaguá e RRPN Papagaio da cara Roxa. Distribuição por fisionomia (B): franja, bacia e transição.	34

SUMÁRIO

Capítulo 1: Caracterização Granulométrica e Avaliação da Contaminação por Metais Pesados em Manguezais em Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo.....	3
RESUMO.....	3
2. Materiais e métodos	4
2.1 Local de Estudo.....	4
2.2 Coletas em Campo e processamento das amostras	6
Análise de íons Metálicos	7
3. Resultados	7
4. Discussão	11
5. Conclusões e considerações finais	14
6. REFERÊNCIAS.....	15
7. ANEXOS	20
Capítulo 2: Acumulação de íons metálicos nas Folhas de <i>Rhizophora mangle</i> em Manguezais de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo: Uma Análise Comparativa e Implicações Ambientais"	23
Resumo	23
1. Introdução.....	23
2. Materiais e Métodos	24
2.1 Área de estudo.....	24
2.2 Características climáticas da região	25
2.3 Coleta das amostras.....	26
2.4 Análise estatísticas	27
3. Resultados e Discussões	27
Conclusão.....	35
4. Referências	36
5. ANEXO.....	39

INTRODUÇÃO GERAL

Os manguezais se desenvolvem em áreas costeiras protegidas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991) e são reconhecidos como ecossistemas extremamente produtivos na biosfera (KJERFVE, 1990). Eles desempenham um papel essencial na estabilização das zonas litorâneas (CINTRÓN et al., 1983) e oferecem condições ideais para a alimentação, abrigo e reprodução de diversas espécies animais. Além disso, atuam como importantes transformadores de nutrientes em matéria orgânica (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991), contribuindo significativamente para a geração de bens — como o suporte à pesca artesanal e comercial, e o fornecimento de proteínas para comunidades ribeirinhas — e de serviços, incluindo funções como filtro biológico, berçário de recursos pesqueiros, além de possibilitarem atividades de lazer, turismo, pesquisa científica e educação ambiental.

Manguezais são ecossistemas de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característicos de regiões tropicais e subtropicais e sujeitos ao regime das marés. A cobertura vegetal é constituída de espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas), além de micro e macroalgas (criptógamas) adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio (Schaeffer-Novelli, 1991).

A movimentação de energia nos fluxos de marés nesses ambientes de várzea ocorre de forma reduzida, pelo fato da grande carga sedimentar característica do próprio ambiente, o que propicia o acúmulo natural de resíduos de origem inorgânica e orgânica (SIQUEIRA; APRILE, 2013).

Os sedimentos por serem transportados por lixiviação e erosão, são considerados como registrador da poluição ocorrida no ambiente e também por gerar uma análise de dispersão desses contaminantes, e assim ser uma fonte de observação de risco para a saúde humana e qualidade ambiental (NEVES, 1998; KABATA-PENDIAS, 2001; ALMEIDA et al., 2016). Em função deste quadro, o estudo da extração parcial de metais e da matéria orgânica do sedimento é necessário para entender a dinâmica dos metais no meio aquático. Os estudos analíticos sobre poluentes de recursos hídricos são essenciais para proporcionar informação quanto aos níveis de contaminação e ser uma ferramenta de triagem para impressão da qualidade do meio ambiente circundante.

No capítulo 1, avaliamos a relação entre a composição granulométrica do sedimento e a distribuição de metais pesados em manguezais das regiões de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo, visando compreender a influência desses fatores nas características do solo e na preservação ambiental desses ecossistemas costeiros. No capítulo 2, determinamos a capacidade acumulativa de metais pesados nas folhas de *R. mangle*, em diferentes manguezais no litoral sul de São Paulo e Paraná afim

de comparar os manguezais localizados em diferentes pontos de Cananéia, Iguape, Complexo Estuarino de Paranaguá e Guaratuba.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I.L.S. et al. Suitable extraction of soils and sediments for mercury species and determination combined with the cold vapor generation atomic absorption spectrometry technique. *Microchemical Journal*, Brasil, v. 124, n. 09, p.320-330, jan.2016.

CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1983. Introducción a la ecología del manglar. UNESCO, Montevideo, 109p.

KABATA-PENDIAS, Alina; PENDIAS, Henryk. Trace elements in soils and plants. 3. ed. United States of America: CrcPress, 2001. 331 p.

KJERFVE, B. 1990. Manual for investigation of hydrological process in mangrove ecosystems. Columbia: UNESCO/UNDP, Regional Project. 79p.

NEVES, Francisco de Assis. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M. L. G. & DE-ROSA, T. 2000. Brazilian mangroves. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3, 561-570.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MOLERO, G. C.; LIGNON, M. C. and COELHO-Jr. C. 2005. A conceptual hierarchical framework for marine coastal Management and conservation: a Janus-Like Approach. *Journal of Coastal Research*, Special Issue, 42, 191-197.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (1991) - Manguezais brasileiros. Tese de Livre Docência, 42p., Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil.

SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F.. Avaliação de risco ambiental por contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém -PA. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 1, n. 43, p.51-62, 2013.

Capítulo 1: Caracterização Granulométrica e Avaliação da Contaminação por íons metálicos em Manguezais em Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo.

RESUMO: Os manguezais são ecossistemas entre ambientes terrestres e aquáticos, enfrentam ameaças persistentes de metais pesados, provenientes de fontes agrícolas, industriais e naturais, impactando a textura e qualidade do solo. O objetivo deste estudo foram investigar a relação entre a composição granulométrica do sedimento e a distribuição de metais pesados em manguezais das regiões de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo, visando compreender a influência desses fatores nas características do solo e na preservação ambiental desses ecossistemas costeiros. O presente estudo abrangeu vinte pontos de coleta em nove manguezais de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo, divididos em franja, bacia e transição. Os sedimentos foram analisados para Cálcio, Magnésio, Arsênio, Níquel, Mercúrio, Selênio, Cádmio, Cromo, Cobre, Manganês, Chumbo e Zinco, enquanto a granulometria foi analisada em Areia Grossa, Areia Média, Areia Fina, Silte e Argila. Foram observadas discrepâncias na granulometria foram observadas entre os manguezais, influenciadas por características locais e dinâmicas de marés. Embora as concentrações de metais pesados tenham respeitado os limites do CONAMA, variações entre os manguezais indicaram influências de atividades antropogênicas. A diversidade nas texturas do solo e nas concentrações de metais destaca a necessidade de monitoramento contínuo, pois concentrações normais podem ter impactos ecológicos, incluindo biomagnificação. Este estudo contribui para a compreensão da complexidade na formação do solo em manguezais, reforçando a importância da preservação desses ecossistemas costeiros.

Palavras-chave: Solos. Ecossistema. Atividade Antrópica.

Introdução

Por ser um ambiente entre transição, em termo global, os manguezais tendem a receber diariamente concentrações diferentes de metais pesados (JOSEPH et al., 2019). Devido à alta persistência ambiental dos poluentes químicos nos ecossistemas, a qualidade ambiental dos mangues representa uma ameaça a biodiversidade, no qual pode ocasionar em risco ecológico para estas regiões (ELTURK et al., 2019).

Metais pesados de múltiplas fontes, incluindo origens agrícolas, industriais e naturais, são descarregados pela erosão do solo e pelo escoamento da terra para a zona húmida costeira dos manguezais, causando poluição e degradação significativas (WANG et al., 2013; WANG et al., 2020). A poluição por metais pesados tem efeitos deletérios em todos os ecossistemas devido à natureza persistente dos íons metálicos. A contaminação por metais pesados ocorre principalmente devido a atividades antrópicas como industrialização, urbanização, fundição, esgoto in natura, fertilizantes e mineração (LAJAYER et al., 2019; SARATH e PUTHUR, 2021).

O solo é o principal transportador de circulação, regulação e transformação de materiais nos ecossistemas entre-marés e tem a capacidade de manter a produtividade e a purificação ambiental (TENG et al., 2014; WANG et al., 2018; LIAO et al., 2021). A poluição do solo com metais pesados

afeta a textura e a qualidade do solo. A persistência de metais pesados no solo e as propriedades não biodegradáveis levam a efeitos de longo prazo nos organismos vivos (YANG et al., 2020). Numerosas pesquisas demonstraram que mais de 90% dos metais pesados são fundamentalmente absorvidos por sedimentos suspensos, levando assim à acumulação em sedimentos costeiros (WEI et al., 2016).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi investigar a relação entre a composição granulométrica do sedimento e a distribuição de metais pesados em manguezais das regiões de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo, visando compreender a influência desses fatores nas características do solo e na preservação ambiental desses ecossistemas costeiros.

2. Materiais e métodos

2.1 Local de Estudo

O trabalho foi realizado em diferentes dias no mês de fevereiro de 2022, em vinte pontos de coleta nos nove manguezais localizados nos municípios de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba, São Paulo (Figura 1). Cada manguezal foi dividido em três regiões georreferenciadas denominadas: Franja (F) – localizada na borda do manguezal próximo ao rio. Nas franjas ocorre grande desenvolvimento estrutural de *R. mangle* devido às frequentes inundações e exposição aos efeitos de maré (ADAIME 1985; ADAIME 1987; JÚNIOR 1998; LIGNON et al., 2009; LIGNON, 2011); Bacia (B) – localizado na parte mais central do mangue. Nas bacias prevalece a dominância de *R. mangle* com reduzido desenvolvimento estrutural e baixa densidade devido às inundações menos frequentes, predominância de sedimento arenoso e baixa salinidade. Entretanto, áreas de bacia com características físico-químicas e fluxo de energia mais uniformes apresentam a ocupação dominante e bem desenvolvida de *A. schaueriana* e Transição (T) região próxima a transição entre mangue e mata Atlântica. Transição região próxima a transição entre mangue e mata Atlântica. A zona de transição é ocupada por diferentes vegetações herbáceo-arbustiva da família Cyperaceae (LIGNON, 2011).

Os manguezais de Cananéia e Iguape estão localizados na Unidade de Conservação está situada no extremo sul do Complexo Estuarino Lagunar Iguape e Cananeia, sistema formado por depósitos quaternários na planície costeira que recebe significativo aporte de água doce do Rio Ribeira de Iguape e se interliga por meio de desembocaduras com as águas do Oceano Atlântico. A complexidade geomorfológica desse sistema, especialmente no Mar de Cananeia, na Baía de Trapandé e no Canal do Arapira, oferece condições específicas para o estabelecimento de tipos vegetacionais, os quais foram descritos a seguir, utilizando a base do Inventário Florestal do Instituto Florestal (2020).

Os manguezais da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Papagaio da Cara Roxa, na Estação Ecológica (ESEC) de Guaraqueçaba e no Parque Nacional (PARNA) do Superagui e Itibere (Paranaguá) estão localizados no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), localizado na

planície litorânea paranaense, englobando as Baías de Paranaguá e Antonina no eixo leste-oeste, e as Baías de Laranjeiras e Pinheiros no eixo norte-sul. NOERNBERG et al. (2006) propuseram uma divisão do CEP em três níveis hierárquicos para estudos espaciais. O maior nível abrange o CEP como um todo, possuindo relevo e clima comparáveis. O segundo nível compreende cinco setores que correspondem às quatro baías, além de um setor de mistura, formado pela confluência dos dois eixos, na proximidade da desembocadura do CEP. O terceiro e menor nível é composto por sete sub-estuários dentro dos setores, que foram delimitados considerando características morfológicas, como área de drenagem.

Os manguezais de Cabaraquara e boguaçu estão localizados no Sítio Ramsar Guaratuba. Está em uma das áreas mais preservadas do Estado do Paraná, estando dentro da APA de Guaratuba e inserido entre diversas áreas de conservação, como o Parque Nacional Saint-Hilaire Lange, o Parque Estadual da Guaricana e o Parque do Boguaçu (RIVAS, 2023). O Sítio foi criado no ano de 2017 e apresenta uma área de 38000 hectares. Essa área abrange manguezais, florestas alagáveis, brejos salinos subtropicais e cerca de 3.000 ha de caixetais.

O clima da região é classificado como subtropical úmido (ALVAREZ et al., 2013), com período de chuvas durante todo o ano. Os ventos são predominantes da direção ENE, E, ESE e SE, com intensidade média de $4,0 \text{ m.s}^{-1}$ (CAMARGO e MARONE, 1995). As montanhas da Serra do Mar atuam como barreira aos sistemas de circulação atmosférica e à penetração das massas de ar úmidas provindas do Atlântico Sul resultando na concentração de frentes estacionárias na região das baías (LANA et al., 2000).

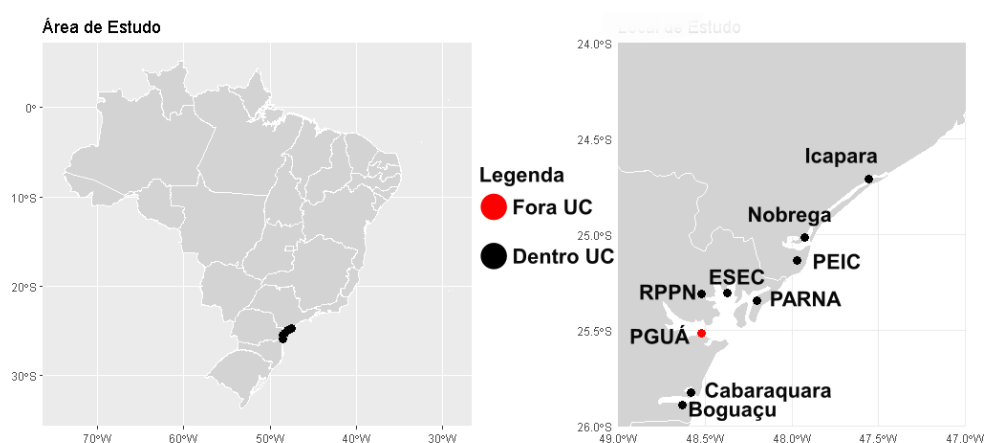


Figura 1: Local de estudo referente a coleta nos manguezais. Manguezais do Paraná: Cabaraquara – Guaratuba; Boguaçu – Guaratuba; Paranaguá; ESEC – CEP; PARNA – CEP. São Paulo: PEIC – Cananéia; Nóbrega – Cananéia; Icapara – Iguaçu.

Na tabela 1, nota-se a localização geográfica das coletas nos manguezais analisados.

Tabela 1: Localização geográfica das coletas nos manguezais.

Paranaguá -PR	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Papagaio da Cara Roxa - PR	Parque Estadual Ilha do Cardoso (PEIC) - SP
F- 25° 30.683'S e 47° 28.116'W	F - 5° 18.281'S e 47° 55.115'W	F- 25° 04.753'S e 48° 21.684'W
B- 25° 30.678'S e 47° 28.078'W	B- 18.306'S e 47° 55.075'W	B- 25° 04.834'S e 48° 21.718'W
T- 25° 30.653'S e 47° 28.073'O	T- 25° 18.359'S e 47° 55.000'W	T- 25° 04.790'S e 48° 21.739'W
Cabaraquara - PR	Estação Ecológica de Guaraqueçaba (ESEC) - PR	Nóbrega -SP
F - 25° 49.753'S e 48° 34.916'O	F- 25° 18.791'S e 47° 56.928'W	F- 25° 00.956'S e 48° 25.441'W
B- 25° 49.775'S e 48° 34.938'O	B- 25° 18.773'S e 47° 56.892'W	B- 25° 00.968'S e 48° 25.476'W
T - 25° 49.807'S e 48° 34.984'O	T- 25° 18.763'S e 47° 56.863'W	T- 25° 01.023'S e 48° 25.505'W
Boguaçu - PR	Parque Estadual de Superagui (PARNA) - PR	Icapara - SP
F- 25° 53.555'S e 48° 38.042'O	F- 25° 18.533'S e 48° 10.155'W	F- 24° 41.631'S e 48° 29.653'W
B- 25° 53.570'S e 48° 38.076'O	B- 25° 18.524'S e 48° 10.185'W	B- 24° 41.596'S e 48° 29.681'W
T- 25° 53.583'S e 48° 38.129'O	T - 25° 18.540'S e 48° 10.207'W	T- 24° 41.558'S e 48° 29.716'W

Nota: F - Franja, B - Bacia, T - Transição.

2.2 Coletas em Campo e processamento das amostras

Para coleta de sedimento utilizou-se uma pá de jardinagem, em que foram coletadas amostras compostas (três sub amostras) de sedimentos equivalente a 100g. Posteriormente as amostras foram homogeneizadas, constituindo uma única amostra composta com 300g por fisionomia, por conseguinte, foram identificadas e armazenadas em sacos plásticos. Para as análises químicas de sedimento foram coletadas amostras aleatoriamente até uma profundidade de 20 cm. Após homogeneização, as amostras foram identificadas, armazenadas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório.

No laboratório de Ecologia e Conservação (LABEC) da UNESPAR- *Campus* de Paranaguá, as amostras de sedimentos foram transferidas para bandejas de alumínio, e colocadas na estufa a aproximadamente 60 °C, até a completa secagem. Sucessivamente, foram peneiradas com uma peneira de 2mm e armazenadas para posterior envio para análise granulométrica no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). As amostras foram processadas conforme metodologia para análise de sedimentos descritas em (CAMARGO et al., 2009; ALVERINHO et al., 2004; NOBILE et al., 2014 e (adaptado) BOUYOUCOS et al., 1927). Após a análise em laboratório, os resultados de sedimentos foram classificados de acordo com (LEMOS e SANTOS, 1996), onde foram analisados a textura dos solos em areia, silte e argila.

Análise de íons Metálicos

Os sedimentos foram submetidos a processos de desidratação até secagem completa em estufa a 60°C, seguidos por peneiração e armazenamento em sacos plásticos no LABEC. As digestões dos sedimentos foram realizadas conforme a metodologia descrita no Standard Methods (APHA, 2012). Após a digestão, as amostras foram devidamente identificadas e refrigeradas até a leitura por espectrometria de absorção atômica com acoplamento de plasma indutivamente, realizada no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Após os procedimentos de extração, as amostras foram armazenadas em geladeira no LABEC até o momento da leitura. As amostras foram levadas até o laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFPR, as quais foram submetidas a leitura em ICP-AES (Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry). Foram realizadas leituras totais de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Arsenio (As), Níquel (Ni), Mercúrio (Hg), Selênio (Se), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn).

Todos os dados foram submetidos à ANOVA em sistema fatorial 9 (manguezais) x 3 (fisionomias) e quando constatada significância submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% com auxílio da linguagem do R estatístico (2009).

3. Resultados

De acordo com os resultados da análise granulométrica de sedimentos apresentados na tabela 2, foram observadas discrepâncias entre os ecossistemas de manguezal e as fisionomias de estudo.

Tabela 2: Resultados da análise de composição granulométrica do sedimento realizado nos diferentes manguezais de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo em porcentagem.

ANALISADOS	AG	AM	AF	S	AR	TEXTURA
Boguaçu	42.33 c	665.25 bc	622.91 bc	224.00 bc	110.75 bc	Franco-arenoso
Cabaraquara	67.62 bc	639.12 bc	571.50 bc	229.12 bc	131.75 bc	Franco-arenoso
ESEC	50.22 c	514.00 cd	463.77 cd	281.77 b	204.22 ab	Franco-arenoso-argiloso
Icapara	37.09 c	260.81 e	223.72 e	421.45 a	317.72 a	Franco-argiloso
Nóbrega	48.81 c	370.45 de	321.63 de	309.27 ab	320.27 a	Franco-argiloso
Paranaguá	69.41 bc	895.16 a	827.33 a	32.58 e	72.25 c	Areia
PARNA	57.00 c	823.90 ab	766.90 ab	59.81 de	116.27 bc	Areia-franca
PEIC	279.63 a	722.00abc	442.36 cd	117.72 cde	160.27 bc	Franco-arenoso
RPPN	115.91 b	711.75 abc	595.83 bc	152.58 cd	135.66 bc	Franco-arenoso
FISIONOMIAS	AG	AM	AF	S	AR	CLASSIFICAÇÃO
Franja	89.54 a	504.26 b	419.06 b	253.78 a	237.60 a	Franco-argiloso-arenoso
Bacia	86.50 a	640.10 ab	550.03 ab	193.33 ab	170.13 b	Franco-arenoso
Transição	83.02 a	739.60 a	655.00 a	149.85 b	112.67 b	Franco-arenoso

Em que: areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF), Silte (S) e argila (AR) Letras diferentes indicam significância dos resultados ao nível de 5%.

Na região PEIC, constatou-se uma concentração significativamente mais elevada de partículas de areia grossa (279.63 %). Contudo, não foram observadas diferenças significativas na predominância dessa característica nas áreas de transição, franja e bacia dos manguezais.

Observou-se uma tendência para maiores concentrações de partículas de areia média nos manguezais de Paranaguá (895.16%) e no PARNA (823.90%). Da mesma forma, Paranaguá (827.33%) e PARNA (766.90%) apresentaram uma tendência para a fração de areia fina. Tanto para areia média como para areia fina, ambos foram significativamente distintos de Icapara. Este último, por sua vez, possui níveis elevados de silte (421.45%) e argila (317.72%), sendo a argila significativamente diferente na região de franja (237.60%). Os manguezais Nobrega (320.27) e Icapara (317.72%) apresentam uma tendência para argila, sendo a região de franja significativamente argilosa (237.60%).

A classificação dos solos quanto à sua textura revelou sete tipos distintos, com uma predominância de franco-arenoso (48,14%). Os demais tipos de textura incluíram areia (18,51%), franco-argilosa (11,11%), franca (7,40%), areia-franca (3,70%), argila (3,70%) e franco-argilosa-siltosa (3,70%).

De acordo com a figura 2A, constata-se uma relação entre as frações granulométricas silte e argila nos manguezais de Icapara, Nóbrega, ESEC e Cabaraquara. Nota-se também relação de fração granulométrica de areia fina nos manguezais do PARNA, Paranaguá, Boguaçu e ESEC. Por conseguinte, fração granulométrica de areia total, relaciona-se com os manguezais de Paranaguá, Boguaçu, Cabaraquara e RPPN. E fração granulométrica areia grossa relaciona-se com o manguezal do PEIC. Essas distribuições de partículas tem grande relação com a posição no estuário e a dinâmica de marés que podem alterar a deposição de materiais particulados.

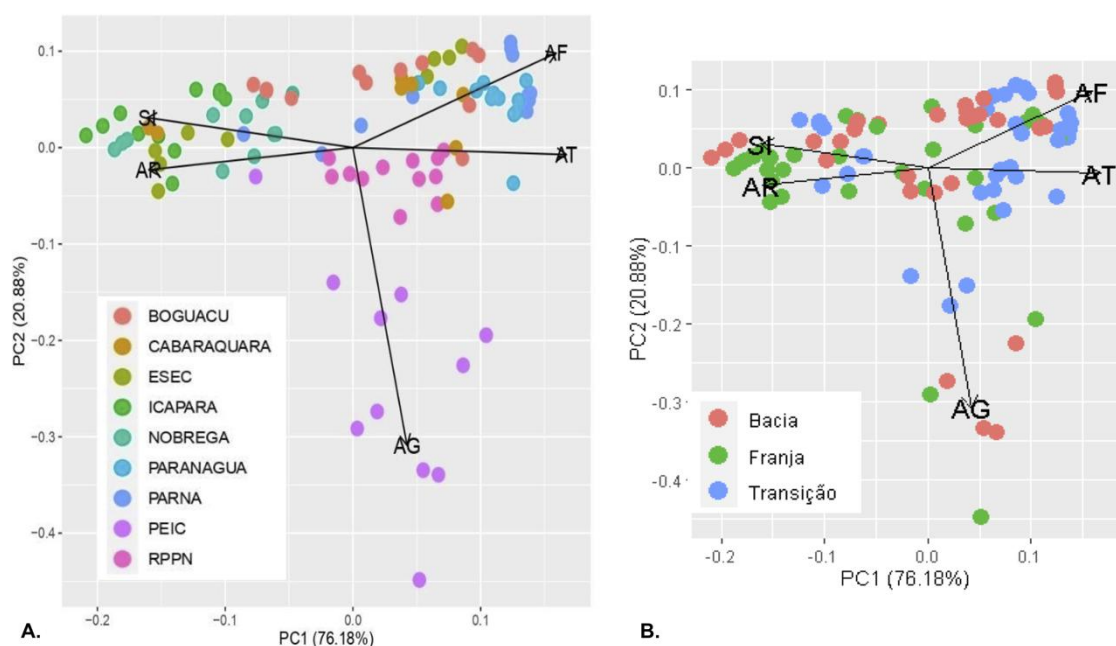


Figura 2: PCA dos resultados dos diferentes manguezais e fisionomias. Areia total (AT); Areia grossa (AG), areia fina (AF), Silte (SI) e argila (AR).

Na figura 2B observa-se relação entre as frações granulométricas silte e argila na região da franja. Isso ocorre, devido ao acarretamento das frações pela maré, na forma de material em suspensão, que se armazena quando entra em contato com sedimentos presentes em estuários.

Conforme os resultados obtidos para análise de metais pesados em sedimentos em manguezais observados podemos notar diferentes concentrações nas áreas estudadas (Tabela 3). Com base nos valores de referência do CONAMA 420/2009, os sedimentos de manguezais avaliados apresentam concentrações de metais pesados que estão dentro dos limites aceitáveis para a preservação ambiental, indicando uma condição relativamente saudável desses ecossistemas em relação a esses parâmetros específicos.

Tabela 3: Resultado de análises em mg/dm³ de peso seco de Cálcio (Ca), Arsênio (As), Níquel (Ni), Magnésio (Mg), Mercúrio (Hg), Selênio (Se), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) nos sedimentos de Paranaguá, Guaraqueçaba em São Paulo.

MANGUEZAIS	Ca	As	Ni	Mg	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn
Boguaçu	944.07 a	1.69 b	2.05 b	781.29 b	5.21 b	1.48 b	24.86 b	4.96 bc	29.33 a
Cabaraquara	284.34 bc	0.91 bc	0.52 c	115.66 de	1.499 c	0.48 bc	2.56 c	2.72 bc	55.28 a
ESEC	1.18 d	1.14 bc	0.13 c	9.72 e	0.34 c	0.24 c	1.18 c	1.18 c	4.45 a
Icapara	888.09 a	4.18 a	4.92 a	1334.58 a	11.99 a	6.07 a	64.94 a	18.01 a	32.25 a
Nóbrega	1.39 d	1.40 bc	N/D	11.50 e	N/A	0.22 c	0.32 c	0.56 c	3.72 a
Paranaguá	319.93 b	0.81 bc	0.74 c	396.68 c	1.77 c	0.75 bc	6.05 c	6.12 b	23.16 a
PARNA	0.54 d	0.70 c	N/D	2.63 e	N/A	N/A	N/A	N/A	6.65 a
PEIC	279.96 bc	1.22 bc	1.35 bc	352.19 cd	3.64 bc	0.80 bc	12.95 bc	3.42 bc	14.48 a
RPPN	164.68 c	1.00 bc	1.31 bc	168.04 cde	4.59 bc	0.73 bc	13.61 bc	5.12 bc	2.54 a
Fisionomias	Ca	As	Ni	Mg	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn

Franja	290.788 b	1.81 a	2.02 a	388.83 a	5.96 a	1.43 a	20.17 a	3.97 a	15.16 a
Bacia	289.62 b	1.34 b	1.32 b	357.69 a	4.04 ab	1.64 a	17.89 ab	6.39 a	14.43 a
Transição	374.24 a	1.22 b	1.14 b	332.27 a	3.54 b	1.30 a	11.56 b	6.18 a	27.70 a
VALORES DE REFERÊNCIAS									
CONAMA *	-	15	30	-	75	60	-	72	300
Paranaguá**	-	-	-	-	7.64	4.60	30.72	20.09	50.71
ESEC **	-	-	-	-	23.84	7.30	96.82	47.38	125.39
RPPN**	-	-	-	-	15.14	7.87	50.80	82.67	128.95
Superagui**	-	-	-	-	12.17	5.03	40.10	66.36	99.94

Nota: N/A: Não avaliado; CONAMA 420 (2009)*; (PEREIRA et al., 2023)**.

Destaca-se que, embora tenha sido observada uma variabilidade nas concentrações entre diferentes áreas de manguezais, a região de Icapara se destacou com valores relativamente elevados para os metais Ca, As, Ni, Mg, Cr, Cu, Mn e Pb. Em Boguaçu, destaca-se a presença significativa de Ca e Mg nos sedimentos. Embora esteja dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA, o valor de Zn em Cabaraquara é notavelmente mais alto em comparação com os outros manguezais.

As regiões de Franja, Bacia e Transição dos manguezais apresentam, em sua maioria, concentrações de metais pesados dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA. Na região de Transição, observa-se uma tendência predominante para o Ca (374.24 mg/dm³) representando uma presença expressiva desse metal na composição do sedimento. Além disso, o Zn (27.70) indica uma concentração significativamente mais elevada em comparação com outros metais na mesma região.

Na Figura 3A podemos observar a distribuição dos elementos Ca, Cu, Mg, Pb, Ni, Cr, Mn e As no manguezal de Icapara. Em contrapartida, na figura 3B podemos observar diferentes níveis de contaminação causada por metais pesados nas regiões dos manguezais.

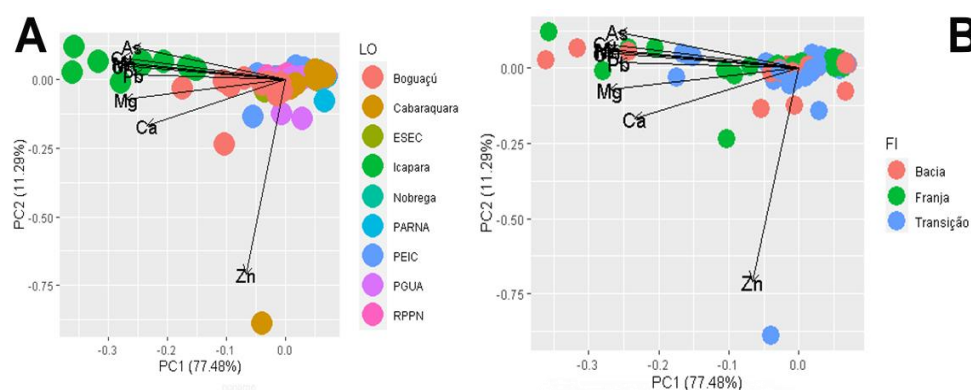


Figura 3: Representação gráfica da distribuição dos metais nos sedimentos: Cálcio (Ca), Arsenio (As), Níquel (Ni), Magnésio (Mg), Mercúrio (Hg), Selênio (Se), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn). Local de distribuição de manguezais: (A): Boguaçu, Cabaraquara, ESEC Guaraqueçaba, Icapara, Nobrega, PARANA Superagui, PEIC, Paranaguá e RPPN Papagaio da cara Roxa. Distribuição por fisionomia (B): franja, bacia e transição.

4. Discussão

Ao contextualizar esses resultados com estudos regionais, percebemos uma coerência marcante com pesquisas anteriores. A relação entre variações na textura do solo e os fluxos das marés foi corroborada por descobertas semelhantes em Jakarta (USMAN et al., 2023) e Lubuk Kertang Village (NAWAR et al., 2021). Esses estudos destacam a importância dos processos de transporte sedimentar na configuração da textura do solo em ambientes costeiros.

A adaptação das espécies de mangue às características do solo, como indicado por nossos resultados, ecoa observações em Jakarta (USMAN et al., 2023) e Lubuk Kertang Village (NAWAR et al., 2021), enfatizando a estreita relação entre as características do solo e o desenvolvimento da vegetação de mangue.

A comparação com estudos em diferentes regiões costeiras, como na foz do rio Mirim (BARROS et al., 2021), lagoa do Roteiro (SILVA et al., 2020), São Paulo, Bahia (VERANE et al., 2020; MOREIRA et al., 2011), e Indonésia (KHAKHIM et al., 2021), revela uma diversidade notável nas texturas do solo em manguezais, indicando a influência de fatores locais na composição do solo.

A influência de fatores geológicos e atividades vulcânicas na predominância de solos argilosos, como observado na Indonésia (KHAKHIM et al., 2021), destaca a complexidade adicional na formação do solo em manguezais, conectando essas características com processos geológicos regionais.

Os resultados de HATTA et al. (2022) sobre o pH do solo e sua influência na diferenciação das partículas acrescentam uma dimensão importante à compreensão da formação do solo em manguezais, evidenciando a interação entre fatores químicos e físicos.

Em comparações com o CONAMA (2009), os metais Cr, Cu, As, Ni, Pb e Zn estão dentro dos do limite considerados normais para a qualidade de solos. Em trabalhos realizados por PEREIRA et al. (2023) em 2019 no Complexo Estuarino de Paranaguá, os metais Mn, Cr, Cu, Pb e Zn obtiveram valores acima em relação ao presente estudo, o que pode indicar diferentes concentrações dentro do estuário. Estudos anteriores conduzidos por ALONGI (2018) e TAILLARDAT et al. (2019) destacam que as variações das marés também podem interferir na disponibilidade de metais pesados, o que poderia resultar em alterações nas concentrações de nutrientes presentes em diversos ecossistemas de mangue.

Para ANDRADE et al. (2018) com base em observações feitas em ecossistemas de manguezais, os altos teores de Ca encontrados nos solos podem ser devidos grande presença de organismos (caranguejos), bem como à presença de conchas quebradas, o que pode aumentar o teor de CaCO_3 nos solos.

As concentrações de Ca podem variar de locais devido à composição do solo, a influência da água salgada e a presença de organismos marinhos. Em estudos no manguezal da região de Sri Lanka apresentado por COORAY et al. (2021), as concentrações de Ca apresentaram altos teores nos sedimentos. Para AFEFE et al. (2019) o Ca apresentou grande concentrações em sedimentos com fração silte na região de manguezal no Egito, ainda no mesmo estudo, os autores destacam que alto teor de Ca no solo, pode ser um grande acúmulo de matéria orgânica no solo, e isso acarreta altos teores de nutrientes para a flora local.

Apesar de Icapara ter apresentado maiores concentrações de As, estas estão dentro dos limites considerados normais para este elemento. As prováveis inserções do elemento no sistema solo, além das formas naturais, são as indústrias que utilizam arsênio em seus processos, como as de semicondutores, metalurgia e indústria química, podem liberar arsênio nos manguezais por meio de suas descargas de efluentes (BRAMMER e RAVENSCROFT, 2009).

Os resultados demonstrados por MEI et al. (2020) na região do Estuário do Rio de Fujian na China apresentaram um alto índice de teor de As, porém em uma análise mais robusta pelos mesmo autores, revelam que o As diminui à medida que o pH no mesmo ambiente se estabiliza. Diferente dos resultados de DEY et al. (2022), no qual apresentaram que os valores elevados de As estavam relacionados com a granulometria do solo. Os mesmos autores ainda reportaram que a região de manguezal para As apresentou 6,16 a 30,52% de argila, 20 a 66% de silte e 21,48 a 73,84% de areia.

Os resultados observados para o Ni também mostraram um maior acúmulo no manguezal de Icapara e na região da Franja, mas também dentro dos valores considerados normais. A incorporação do Ni no solo é de origem industriais e de usinas de carvão e óleo, porém a intensidade de atividades antrópicas tem causados grandes acúmulos de Ni em ecossistema de manguezal (PIVKOVÁ et al., 2022). Nos estudos de CAVALCANTE e SANTOS (2021) o Ni apresentou maiores concentrações nos sedimentos em Vigia de Nazaré – Pará, ainda os autores relatam que as altas concentrações próximas permitidas em outros elementos como o Cr, Mn, Zn, Pb e Cu sejam devidos a característica do solo da região, no entanto a presença destes metais na região, pode ser um indício de atividade antropogênica. Em comparação aos estudos de ISLAM et al., (2022) na região de manguezal no Sul de Blankadesh, o Ni ficou com contrações baixas em relação aos metais Zn, Pb, Fe, Mn, Cu, Cd e Cr. Uma das hipóteses apresentada pelos mesmos autores é que o Ni se acumule mais em frações franco e silte.

O Mg apresentou maior teor no manguezal de Icapara Bacia e Franja. O Mg incorporado no solo se deve pelo fato de serem abundantes nas águas de mar, tendo como porta de entrada principal os manguezais, através dos fluxos de marés ou giros oceânicos (ALONGI, 2021). Em contrapartida, MANJU et al., (2012) relataram que a presença de Mg pode ser causada por fortes ritmos de maré

devido à mistura de águas estuarinas e de mangue, salinidade e produtividade aquática primária. Quando comparado aos resultados de SOHAIB et al. (2023) no manguezal da Arabia Saudita, em que teve um acúmulo maior de Mg, os autores relatam que o mesmo elemento tem uma predominância em solo com características de granulometria argiloso.

Nos resultados de NUMBERE e OBANYE (2023) o Mg não foram predominantemente o macronutriente com maior concentração, porém os autores destacam que este elemento foi um dos dominantes nos locais de estudo e originou-se de silicatos nas rochas base, visto que o Mg é um produto de decomposição proveniente do intemperismo. Neste estudo a característica do solo foi arenoso.

O Cr apresentou maior teor na região de manguezal de Icapara franja. Mesmo com uma carga alta de Cr em Icapara, apresentaram valores tidos como normais para solos, além das formas de contaminação sendo de origem antrópica, porém tendem a terem alto acúmulo quando estão pertos de área industriais ou águas poluídas (NGUYEN et al., 2020). Quando comparado ao mesmo estudo por ARAÚJO et al., (2022) no manguezal do Botafogo excederam o valor limite de quase todos os outros estuários antropogenicamente afetados no Brasil e no mundo. De acordo com este estudo ainda, o Cr apresentou altas concentrações em solo argiloso. Quando comparado aos estudos de NIU et al., (2020) na ilha de Qi'ao, o Cr não apresentou altos teores em relação ao Zn, tendo uma fração granulométrica presente no solo de areia grossa.

O Mn teve uma concentração maior na região de Icapara Franja. Concentrações elevadas de Mn no solo na região de Icapara se deve pelo motivo da sua origem antropogênica, podendo ser de origem industrial, mineral ou pelos processos naturais, incluindo a meteorização geológica dos solos e rochas também podem contribuir para a sua presença (MOUSHMI et al., 2022). Em resultados obtidos no Golfo pérsico apresentado por ALMAHASHEER (2019) o Mn obteve a menor concentração em relação aos As, Ag, Al, Cu, Pb, Fe, Cd, Zn, V, Ni e Cr. Ainda a hipótese provável do aparecimento do Mn na região é que no mesmo ano, segundo o autor, houve um derramamento de óleo na região analisada. Porém, quando se compara com os estudos de (D'ADDAZIO et al., 2023) no qual os autores relatam que maiores concentrações de argila e silte tem uma menor concentração de Mn.

O Pb ocorreu maior predomínio na região de Icapara Bacia, seguidamente com a transição. A contaminação por Pb no manguezal de Icapara pode ocorrer de diferentes formas, porém o mais comum são através combustíveis fósseis e emissões industriais (ABDULLAH et al., 2016; BURTON et al., 2005; HOSSAIN et al., 2019; LIU et al., 2016; HARMESA e CORDOVA, 2021), mas tem um acúmulo maior na atmosfera por um determinado tempo ou proveniente diretamente do combustível para fins de transporte (HARMESA e CORDOVA, 2021). Ainda, a liberação de Pb no solo ocorre principalmente pelas atividades de mineração, através da combustão de carvão e gasolina, produção de ferro, aço e cimento, fundição de metais não ferrosos, poeiras, minério de chumbo doméstico,

exaustão de veículos e pó metalúrgico, e com o intemperismo, contribui com a contaminação para o meio ambiente, sendo, que em manguezais são fixados nos sedimentos (WANG et al., 2013).

Segundo as análises de (TAO et al., 2023), no Mar de Maowei, teve uma variação entre 21,2 a 57,4 mg/kg de Pb, sendo que quando comparado a outros pontos, obteve um índice muito maior quando deveria ser em área mais ao ocidente. Na região do estuário Wonorejo - Indonésia apresentado por LUTHANSA et al., (2021) obteve um índice de 2.87 mg/kg, 0.47 mg/kg, a 4.22 mg/kg, respectivamente. Os autores ainda citam que o Pb se estabiliza melhor em solos com alto índice de areia com silte e ainda podem acarretar altos índices de biomagnificação aos organismos presente no ecossistema devido à variação de pH pode registrar no local.

O Zn teve um maior predomínio de contaminação em Bogaçu Franja. Mesmo os valores sendo normais para Zn no solo, a inserção desse metal se deve pela produção industrial e descarga de resíduos domésticos, esgoto *in natura* produzidos antropogenicamente e podem entrar nas zonas húmidas através de sistemas de drenagem, escoamento superficial (HU et al., 2021).

No manguezal do porto de Dongzhai e da Baía de Bamen apresentados pelos autores LI et al., (2022) tiveram a concentração de Zn como o menor teor de metal pesado, porém, nos mesmos resultados demonstrados revelam que mesmo em baixas concentrações, podem acarretar um grande risco ecológico. Por outro lado, os resultados de HILMI et al. (2022) apresentaram altas concentrações de Zn para a região de Segara Anakan, na província de Java Central, mostrando o *status* de poluído. Segundo os mesmos autores, o Zn tende a se concentrar em solos com frações granulométricas de areia média. No presente estudo a AM apresentou altas concentrações no local de contaminação por Zn.

5. Conclusões e considerações finais

A análise granulométrica revelou variações na textura do solo nos manguezais estudados, com sete tipos distintos, predominantemente franco-arenoso. A distribuição de partículas está relacionada à posição no estuário e à dinâmica de marés, afetando a deposição de materiais particulados.

Diferenças significativas foram observadas na concentração de partículas nos manguezais, como areia grossa no PEIC, areia média e fina em Paranaguá e PARNA, e argila em Icapara e Nobrega. A relação entre frações granulométricas variou entre os manguezais, indicando influência de fatores locais.

Os sedimentos apresentaram concentrações de metais pesados dentro dos limites aceitáveis, segundo o CONAMA. Destaque para Icapara com valores relativamente elevados para Ca, As, Ni, Mg, Cr, Cu, Mn e Pb. Variações nas concentrações de metais entre as áreas indicam influência de atividades antropogênicas e características locais.

A diversidade nas texturas do solo em manguezais, comparando com estudos em diferentes regiões, destaca a influência de fatores locais na composição do solo, no entanto, fatores geológicos e atividades vulcânicas podem influenciar na predominância de solos argilosos em certas regiões.

As concentrações de metais pesados, embora dentro dos limites aceitáveis, variam entre manguezais, evidenciando a necessidade de monitoramento contínuo. A presença de alguns metais, como Pb, pode ser atribuída a atividades antrópicas, como emissões industriais e combustíveis fósseis.

As análises detalhadas de elementos específicos, como As, Ni, Mg, Cr, Mn, Pb e Zn, destacam suas origens, influências ambientais e interações no ecossistema de mangue e a comparação com estudos internacionais revela variações nas concentrações de elementos, indicando a complexidade na formação do solo em manguezais.

Vale ressaltar que mesmo com concentrações normais, a presença de metais pesados merece atenção, pois pode ter impactos ecológicos significativos, incluindo biomagnificação.

Em geral, o estudo fornece uma visão abrangente da composição granulométrica e concentrações de metais pesados nos manguezais estudados, destacando a importância de fatores locais e a necessidade de monitoramento contínuo para preservar a saúde desses ecossistemas. A interconexão entre a textura do solo e a presença de organismos destaca a intricada formação do solo nos manguezais. A capacidade de adaptação das espécies de mangue às características do solo é claramente evidenciada, enfatizando a influência direta da textura do solo no desenvolvimento da vegetação manguezal. Com base nessa consideração crucial, o grupo de pesquisa do LABEC está conduzindo uma análise paralela sobre os efeitos da vegetação nesses mesmos manguezais. Os resultados desta investigação adicional serão em breve publicados, contribuindo para uma compreensão mais abrangente da ecologia desses ecossistemas.

6. REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, M. Z.; HAZWANI, N.; TAHIR ABAS, M. The use of *Ipomoea pes-caprae* plant species to monitor metal pollutions of the coastal soil. *Jurnal Teknologi*, v. 78, (6), 1–6, 2016.
- ADAIME, R., 1985. Produção do bosque de mangue da Gamboa Nobrega (Cananeia, '25 GRAUS' lat. S - brasil). Tese (Doutorado), Instituto de Oceanográfica, Universidade de São Paulo, São Paulo. Acesso em: 17 dez. 2023, em: <https://repositorio.usp.br/item/000717668>.
- ADAIME. Estrutura, produção e transporte em um manguezal. *Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira*, v. 54, 80-99, 1987.
- AFEFE, A. A. et al. Physical and chemical characteristics of mangrove soil under marine influence. A case study on the Mangrove Forests at Egyptian-African Red Sea Coast. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, v. 23, (3), 385–399, 2019.
- ALONGI, D. M. Impact of global change on nutrient dynamics in Mangrove Forests. *Forests*, v. 9, (10), 1–13, 2018.

- ALONGI, D. M. Macro-and micronutrient cycling and crucial linkages to geochemical processes in mangrove ecosystems. *Journal of Marine Science and Engineering*, v. 9, (5), 2021.
- ALMAHASHEER, H. High levels of heavy metals in Western Arabian Gulf mangrove soils. *Molecular Biology Reports*, v. 46, (2), 1585–1592, 2019.
- ALVAREZ, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES GONÇALVES, J.L.; SPAROVEK, G. G. Köppen's climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, (6), 711-728, 2013.
- ALVERINHO, J. M. D. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos rasos. 1 ed. Universidade do Algarve, Faro, 2004. 80p.
- APHA. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC. 2012.
- ARAÚJO, P. R. M. et al. Geospatial modeling and ecological and human health risk assessments of heavy metals in contaminated mangrove soils. *Marine Pollution Bulletin*, v. 177, (4), 2022.
- BARROS, A. B.; AZEVEDO, J. A. M.; BASTOS, A. L.; NASCIMENTO, V. X. Caracterização e biodisponibilidade de metais no mangue da foz do rio Meirim, Maceió- AL. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, (2), 2021.
- BRAMMER, H.; RAVENSCROFT, P. Arsenic in groundwater: A threat to sustainable agriculture in South and South-east Asia. *Environment International*, v. 35, (3), 647–654, 1 abr. 2009.
- BOUYOUCOS, G. J. The hydrometer method improved for the mechanical analysis of soil. *Soil Science*, v. 23, 343-353, 1927.
- BURTON, E. D. et al. Geochemical Partitioning of Copper, Lead, and Zinc in Benthic, Estuarine Sediment Profiles Environment and Conservation Council/Agriculture and Resource Management Council of Australian and MATERIALS AND METHODS. v. 273, 263–273, 2005.
- CAMARGO, R.; MARONE, E. Comportamento do vento de superfície em Pontal do Sul (PR, Brasil): análise preliminar. In: Congresso Latino Americano de Ciências do Mar, Mar del Plata, 63-63, 1995.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de Análise Química Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. Instituto Agronômico, Campinas, p. 77, 2009.
- CAVALCANTE, A. M. S.; SANTOS, R. N. D. E. S. DOS. Determinação de metais pesados (Fe, Mn, Cd, Cu, Co, Cr, Ni, Zn e Pb), matéria orgânica e carbono orgânico no sedimento de áreas de manguezal NO Município de Vigia De Nazaré, NE –PA. *Holos Environment*, v. 21, (1), 105–123, 2021.
- CONAMA-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n. 420 de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF, 2009, publicada no Diário Oficial da União de 30 de dezembro de 2009. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 28 Out. 2023.
- COORAY, P. L. I. G. M. et al. Characteristics of tropical mangrove soils and relationships with forest structural attributes in the northern coast of Sri Lanka. *Regional Studies in Marine Science*, v. 44,

2021.

D'ADDAZIO, V. et al. Impact of Metal Accumulation on Photosynthetic Pigments, Carbon Assimilation, and Oxidative Metabolism in Mangroves Affected by the Fundão Dam Tailings Plume. *Coasts*, v. 3, (2), 125–144, 2023.

DEY, G. et al. Heavy metals distribution and ecological risk assessment including arsenic resistant PGPR in tidal mangrove ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*, v. 181, 113905, 1 ago. 2022.

ELTURK, M. et al. Heavy metal contamination in mangrove sediments in Klang estuary, Malaysia: Implication of risk assessment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 226, 106266, 15 out. 2019.

HARMESA; CORDOVA, M. R. A preliminary study on heavy metal pollutants chrome (Cr), cadmium (Cd), and lead (Pb) in sediments and beach morning glory vegetation (*Ipomoea pes-caprae*) from Dasun Estuary, Rembang, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, v. 162, 111819, 1 jan. 2021.

HATTA, S. M. et al. Estimation of carbon pool at mangrove forest of Kudat, Sabah, Malaysia. *Biodiversitas*, v. 23, (9), 4601–4608, 2022.

HILMI, E. et al. The clustering and distribution of heavymetal accumulation and translocation as an ability of mangrove vegetation to reduce impact of heavymetal (Hg, Cd and Zn) pollution. *Research Square*, v. 4, (1), 1–23, 2022a.

HOSSAIN, M. B. et al. Baseline study of heavy metal contamination in the Sangu River estuary, Chattogram, Bangladesh. *Marine Pollution Bulletin*, v. 140, 255–261, 1 mar. 2019.

HU, B. et al. Study of soil physicochemical properties and heavy metals of a mangrove restoration wetland. *Journal of Cleaner Production*, v. 291, 125965, 1 abr. 2021.

Inventário Florestal do Instituto Florestal, 2020. Instituto Florestal do Estado de São Paulo (Acessado em: 17 dez 2023) em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2020/07/apresentacao-lancamento-inventario-florestal-2020.pdf>.

ISLAM, M. M. et al. Spatial distribution and ecological risk assessment of potentially toxic metals in the Sundarbans mangrove soils of Bangladesh. *Scientific Reports*, v. 12, (1), 2022.

JOSEPH, P. et al. Heavy metal contamination in representative surface sediments of mangrove habitats of Cochin, Southern India. *Environmental Earth Sciences*, v. 78, (15), 1–11, 2019.

JÚNIOR, C., 1998. Manguezal, desenvolvimento estrutural de cobertura vegetal ao longo de gradientes de inundação - Cananéia, São Paulo, Brasil. 1998. Dissertação (Mestrado), Instituto de Oceanografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. Acesso em: 17 dez. 2023. Acesso em: <https://repositorio.usp.br/item/000997984>.

KHAKHIM, N. et al. Priority areas for mangrove conservation to support disaster mitigation efforts in pacitan bay. *International Journal of Safety and Security Engineering*, v. 11, (5), 593–603, 2021.

LEMOS, R.C; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo; Embrapa-SNLCS, 1984. 46p.

LI, P. et al. Effects of land use on the heavy metal pollution in mangrove sediments: Study on a whole island scale in Hainan, China. *Science of the Total Environment*, v. 824, 153-165, 2022.

LIAO, J. et al. Influence of soil evolution on the heavy metal risk in three kinds of intertidal zone of

the Pearl River Estuary. *Land Degradation and Development*, v. 32, (2), p. 583–596, 2021.

LIGNON et al. Estudos de Caso nos Manguezais do Estado de São Paulo (Brasil): Aplicação de Ferramentas com Diferentes Escalas Espaço-Temporais. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 9, (1), 79–91, 2009.

LIGNON, M. et al. “Mangrove Forests Submitted to Depositional Processes and Salinity Variation Investigated Using Satellite Images and Vegetation Structure Surveys. *Journal of Coastal Research*, (64), p. 344–48. 2011. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/26482190>. Accessed 17 Dec. 2023.

LIU, J. et al. Distribution and contamination assessment of heavy metals in surface sediments of the Luanhe River Estuary, northwest of the Bohai Sea. *Marine Pollution Bulletin*, v. 109, (1), p. 633–639, 15 ago. 2016.

LUTHANSA, U. M.; TITAH, H. S.; PRATIKNO, H. The Ability of Mangrove Plant on Lead Phytoremediation at Wonorejo Estuary, Surabaya, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, v. 22, (6), 253–268, 2021.

MANJU, M. N. et al. Assessment of water quality parameters in mangrove ecosystems along Kerala coast: A statistical approach. *International Journal of Environmental Research*, v. 6, (4), 893–902, 2012.

MEI, K. et al. The migrated behavior and bioavailability of arsenic in mangrove sediments affected by pH and organic acids. *Marine Pollution Bulletin*, v. 159, (8), 2020.

NAWAR, M. K.; BASYUNI, M.; HANUM, C. Diversity of mangrove species associated with zonation in Lubuk Kertang Village and Pulau Sembilan, North Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 912, (1), 2021.

NGUYEN, A. et al. Long-term heavy metal retention by mangroves and effect on its growth: A field inventory and scenario simulation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, (23), 1–24, 2020.

NIU, A. et al. Mangrove soil-borne trace elements in qi’ao Island: Implications for understanding terrestrial input of trace elements into part of the pearl river estuary. *Applied Sciences (Switzerland)*, v. 10, (7), 2020.

NOBILE, F. O.; NUNES, H. D.; BALDOCCHI, V. O. Metodologias para a determinação da granulometria do solo. *Holos Environment*, v. 14, 162–174, 2014.

TAO, Z. et al. Coupling isotopic signatures and partial extraction method to examine lead pollution in mangrove sediments. *Journal of Hazardous Materials*, v. 459, 1–9, 2023.

TENG, Y. et al. Soil and soil environmental quality monitoring in China: A review. *Environment International*, v. 69, p. 177–199, 2014.

LAJAYER et al. Phytoextraction of heavy metals from contaminated soil, water and atmosphere using ornamental plants: mechanisms and efficiency improvement strategies. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, (9), 8468–8484, 2019.

LANA, P.C.; MARONE, E.; LOPES, R.M.; MACHADO, E.C. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: SEELIGER, U.; KJERFVE, B. *Coastal marine ecosystems of Latin America*. Berlin: Springer, 131–145, 2000.

- MOREIRA, I. T. A. et al. Phytoremediation using *Rizophora mangle* L. in mangrove sediments contaminated by persistent total petroleum hydrocarbons (TPH's). *Microchemical Journal*, v. 99, (2), 376–382, 1 nov. 2011.
- MOUSHMI, K. S. et al. Trace metal distribution and ecological risk assessment in the core sediments of a highly urbanized tropical mangrove ecosystem, Southwest coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, v. 175, 113163, 1 fev. 2022.
- NUMBERE, A. O.; OBANYE, C. J. Environmental Impact of Bush Burning on the Physico-Chemistry of Mangrove Soil at Eagle Island, Niger Delta, Nigeria. *American Journal of Plant Sciences*, v. 14, (2), 191–201, 2023.
- PEREIRA, N. DA S. et al. Análise química de sedimentos em diferentes manguezais do complexo estuarino de Paranaguá / PR. *REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMIA LATINOAMERICANA*, v. 21, (6), 5438–5453, 2023.
- PIVKOVÁ, I. et al. Content of Cadmium and Nickel in Soils and Assimilatory Organs of Park Woody Species Exposed to Polluted Air. *Life*, v. 12, (12), 2022.
- RIVAS, M., 2023. A avifauna como suporte ao Plano de Manejo do Sítio Ramsar Guaratuba, litoral sul do Paraná. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Instituto de Biociências, Universidade Estadual de São Paulo “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” - Litoral Paulista, São Vicente/SP. Acesso em: 17 dez. 2023.
- SARATH, N. G.; PUTHUR, J. T. Heavy metal pollution assessment in a mangrove ecosystem scheduled as a community reserve. *Wetlands Ecology and Management*, v. 29, (5), 719–730, 2021.
- SILVA, S. A.; BARROS, V.; OLIVEIRA, A. Phytosociological structure of mangrove in roteiro lagoon, alagoas state, Northeastern Brazil. *Ciencia Florestal*, v. 30, (2), 532–541, 2020.
- SOHAIB, M. et al. Ecological assessment of physico-chemical properties in mangrove environments along the Arabian Gulf and the Red Sea coasts of Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, v. 49, (1), 9–16, 2023.
- TAILLARDAT, P. et al. Assessing nutrient dynamics in mangrove porewater and adjacent tidal creek using nitrate dual-stable isotopes: A new approach to challenge the Outwelling Hypothesis? *Marine Chemistry*, v. 214, 20 ago. 2019.
- TENG, Y. et al. Soil and soil environmental quality monitoring in China: A review. *Environment International*, v. 69, p. 177–199, 2014.
- USMAN, U.; HILMI, E.; IQBA, A. The distribution of mangrove area, mangrove density, and species diversity on the North Coast of Jakarta. *Omni-Akuatika*, v. 19, (1), 88–104, 2023.
- VERÂNE, J. et al. Phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mangrove sediments using *Rhizophora mangle*. *Marine Pollution Bulletin*, v. 160, (3), 2020.
- WANG, S. L. et al. Heavy metal pollution in coastal areas of South China: A review. *Marine Pollution Bulletin*, v. 76, (1–2), 7–15, 15 nov. 2013.
- WANG, D. et al. Comprehensive assessment of soil quality for different wetlands in a Chinese delta. *Land Degradation and Development*, v. 29, (10), 3783–3794, 2018.
- WANG, Q. et al. Interactions of soil metals with glomalin-related soil protein as soil pollution

bioindicators in mangrove wetland ecosystems. *Science of The Total Environment*, v. 709, 136051, 20 mar. 2020.

WEI, X. et al. Distribution, bioavailability, and potential risk assessment of the metals in tributary sediments of Three Gorges Reservoir: The impact of water impoundment. *Ecological Indicators*, v. 61, 667–675, 1 fev. 2016.

YANG, Y. et al. Beyond mere pollution source identification: Determination of land covers emitting soil heavy metals by combining PCA/APCS, GeoDetector and GIS analysis. *CATENA*, v. 185, 104297, 1 fev. 2020.

D ANEXOS

INFORMAÇÃO À BANCA: Dissertação de mestrado escrito de acordo com as normas da revista brasileira de Ciências Ambientais

https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB

Estrutura e Formatação

Título, Resumo e Palavras-chave:

O texto em português deverá conter também título, resumo e palavras-chave em inglês.

O texto em inglês deverá conter também título, resumo e palavras-chave em português (Brasil).

Resumo: com no máximo 250 palavras no idioma do texto.

O artigo deverá ser formatado em tamanho de página A-4, margens de 3 cm à esquerda e superior e de 2 cm à inferior e à direita; Fonte Times New Roman, tamanho 12 e espaçamento entre linhas de 1,5. As páginas deverão estar devidamente numeradas e o artigo completo deverá ter no máximo 20 páginas.

As figuras deverão ser enviadas com resolução de 300 DPI e tamanho mínimo de 2.500 pixels (largura) e ser gravadas no formato “.jpg” ou “.tif”. Não serão aceitas imagens enviadas em formatos inadequados.

No momento da submissão, ao cadastrar os **autores** no Sistema, é obrigatório informar: nome completo, e-mail, ORCID, título, link institucional completo contendo instituição, função, cidade, país. Essas informações só deverão aparecer no Sistema, preenchidas no momento do cadastro. **IMPORTANTE:** não coloque esta informação no corpo do artigo ao enviar a contribuição original.

Os autores deverão inserir documento anexo com as seguintes informações (no item 2. Carregar submissão - Selecionar componente do artigo - Outro):

a) se há ou não conflito de interesses

b) fonte de financiamento

c) contribuição dos autores (Conceptualização, Curadoria de dados, Análise formal, Financiamento, aquisição, Investigação, Metodologia, Administração do projeto, Recursos, Software, Supervisão, Validação, Visualização, Redação – rascunho original, Redação – revisão e edição)

Referências

As referências devem ser apresentadas ao final do manuscrito, em ordem alfabética de acordo com o sobrenome do primeiro autor, autores modelo, data. A Revista Brasileira de Ciências Ambientais adota os padrões de Chicago com adaptações.

Todas as publicações citadas no texto deverão ser apresentadas em uma lista de referências que deverá ser organizada alfabeticamente pelos nomes dos autores e cronologicamente por autor. O manuscrito deve ser cuidadosamente verificado para garantir que a grafia dos nomes e datas dos autores seja exatamente a mesma do texto e da lista de referências.

O texto refere-se ao nome do autor (sem inicial) e ao ano de publicação, seguido - se necessário - de uma breve referência às páginas apropriadas.

Caso a referência no texto seja feita a publicação escrita por mais de dois autores, deverá ser utilizado o nome do primeiro autor seguido de “et al”. Esta indicação, entretanto, nunca deve ser utilizada na lista de referências. Nesta lista devem ser mencionados os nomes dos primeiros autores e coautores.

O uso do DOI é altamente recomendado. Na fase de testes, os dados que faltarem nas referências serão solicitados aos autores para correção. As referências devem ser organizadas de acordo com os seguintes exemplos:

Exemplos

Citação no Texto

Um autor :

No parágrafo Schultz (2020) ou
Entre parênteses: (Schultz, 2020)

Dois autores:

No parágrafo Schultz e Luz (2020) ou
Entre parênteses: (Schultz e Luz, 2020)

Três ou mais autores:

No parágrafo: Mello et al. (2020)
Entre parênteses: (Mello et al., 2020)

Documentos do mesmo autor, publicados no mesmo ano:

No parágrafo: Brasil (2020a, 2020b) ou
Entre parênteses: (Brasil, 2020a, 2020b)

Citação com número de página

Uma página: Schultz e Luz (2020, p. 201)

Intervalo de páginas: (Schultz e Luz, 2020, pp. 201-210)

Lista de referência

Artigo **em** **Revista**
Soares, R.; Silva, S.; Souza Filho, F.; Studart, T.; Frota, R., 2020. Vulnerabilidade das águas subterrâneas à contaminação por agroquímicos. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), v. 55, (4), 440 - 455. <https://doi.org/10.5327/10.5327/Z2176-947820200531>.

Book
Gaugh, Jr., HG, 1992. Análise Estatística de Ensaaios de Campo Regionais. Elsevier, Amsterdã, 278 p.

Capítulo de livro

Cox, G.; Lowe, P.; Winter, M., 1990. A gestão política do setor leiteiro na Inglaterra e no País de Gales. In: Marsden, T.; Little, J. (Eds.), Perspectivas Políticas, Sociais e Econômicas sobre o Sistema Alimentar Internacional. Avebury, Aldershot, pp.

Dissertações/Teses

Dalberto, G., 2020. Colonialidade e Segurança: discursos e práticas de reforma do setor de segurança na Libéria. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/T.8.2020.tde-04112020-212829. Recuperado em 05/11/2020, em www.teses.usp.br

Legislação

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2005. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília.

Página **inicial**
Departamento de Ecologia do Estado de Washington, 2020. Portal de dados geoespaciais abertos de Washington (acessado em 15 de novembro de 2019) em: <http://geo.wa.gov/datasets>.

Capítulo 2: Acumulação de íons metálicos nas Folhas de *Rhizophora mangle* em Manguezais de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo: Uma Análise Comparativa e Implicações Ambientais"

Resumo: Os manguezais são ecossistema, de transição entre o ambiente aquático e terrestre, sendo uma das áreas mais produtivas do mundo. Os manguezais, por ser uma das áreas mais produtivas do mundo é fundamental para serviços ecológicos, porém atividades agrícolas, ocupação irregular e aquicultura tem intensificado a liberação, distribuição e concentração de metais pesados nos manguezais. O objetivo deste trabalho foi determinar a capacidade acumulativa de metais pesados nas folhas de *R. mangle*, em diferentes manguezais no litoral sul de São Paulo e Paraná afim de comparar os manguezais localizados em diferentes pontos de Cananéia, Iguape, Complexo Estuarino de Paranaguá e Guaratuba. O presente estudo abrangeu vinte e sete pontos de coleta em nove manguezais de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo, divididos em franja, bacia e transição. Os sedimentos foram analisados para Cálcio, Magnésio, Arsênio, Níquel, Mercúrio, Selênio, Cádmio, Cromo, Cobre, Manganês, Chumbo e Zinco. Segundo os resultados obtidos para análise de metais pesados em *R. mangle* observados, houve diferentes concentrações de metais pesados. Os metais pesados Ca, As, Ni, Hg, Se, Cd, Cu e Zn apresentaram diferentes valores, porém quando comparado estatisticamente, não houve diferenças significativas. Como conclusão, a análise revela variações nas concentrações de metais nas folhas em diferentes manguezais e fisionomias. A correlação mostrou interações elementos químicos nos manguezais entre solo e folhas. Reforçamos a necessidade de um monitoramento constante nas regiões estudadas, mitigando principalmente a origem mais detalhados dos metais, o que pode evidenciar possíveis problemas tanto para a fauna quanto a flora.

Palavras-chave: Atividades Antrópicas. Contaminação. Manguê

1. Introdução

Os manguezais são ecossistema, de transição entre o ambiente aquático e terrestre, sendo uma das áreas mais produtivas do mundo (KHAN et al., 2020). Em âmbito mundial, o ecossistema de manguezal apresenta cerca de 54 espécies vegetais, enquanto no Brasil são conhecidas 7 espécies arbóreas, dentre as quais 3 ocorrem nos manguezais da região sul, sendo estas as espécies: *Avicennia schaueriana* Stapf & Leachman (Acanthaceae), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn (Combretaceae) e *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) (KILKA et al. 2011, SOARES et al. 2015, FLORA DO BRASIL, 2020).

Por ser de grande produtividade, os manguezais tendem a desempenhar papel fundamental na produtividade e sendo essencial para serviços ecológicos, principalmente através de atividades agrícolas, ocupação irregular e práticas de aquicultura (MacFARLAN et al., 2007).

As atividades intensas podem intensificar a liberação, distribuição e altas concentrações de metais pesados nos manguezais, sendo despejado nas águas, solos e por último translocado para as árvores de manguezais (HU et al., 2021). Estudos demonstraram que os metais pesados em ecossistema de manguezal podem desencadear risco ecológico, principalmente onde o mesmo se localiza em uma intensa atividade antópica, deixando os mangues sensíveis a este poluente químico (XIE et al., 2022).

A acumulação de metais pesados nos entornos das raízes de mangue pode até exceder o limite de metais pesados em torno, demonstrando que as raízes podem atuar como um filtro de poluentes, depositando metais pesados (HEWINDATI et al., 2022). Cada espécie de mangue responde de maneira diferente ao acúmulo de metais pesados como poluentes. Isto desempenha um papel importante porque os metais pesados estão entre os poluentes mais críticos devido à sua persistência e toxicidade (GONZÁLEZ-OCAMPO et al., 2023). As árvores de mangue têm capacidades fisiológicas para absorver íons metálicos através da biossorção de sedimentos e acúmulo de íons metálicos em seus tecidos (ROBIN et al., 2021; ALAM et al., 2022).

Os autores BERNINI et al. (2010) sugerem que *Rhizophora mangle* pode desempenhar um papel nos manguezais como barreiras biogeoquímicas contra o fluxo de metais pesados. Localizada nas franjas dos manguezais, *Rhizophora* spp. retêm resíduos plásticos que chegam em grandes quantidades através de múltiplos ciclos de marés, representando um risco para este ecossistema (VAN BIJSTERVELDT et al., 2021; SILVA e ARAUJO, 2021).

O objetivo deste trabalho foi determinar a capacidade acumulativa de íons metálicos nas folhas de *Rhizophora mangle* L., em diferentes manguezais no litoral sul de São Paulo e Paraná afim de comparar os manguezais localizados em diferentes pontos de Cananéia, Iguape, Complexo Estuarino de Paranaguá e Guaratuba.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada ao longo do mês de fevereiro de 2022, abrangendo vinte e sete locais de coleta distribuídos em nove manguezais situados nos municípios de Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo (Figura 1). Cada manguezal foi fragmentado em três áreas georreferenciadas distintas: Franja (F), Bacia (B) e Transição (T), correspondente à região próxima à transição entre o mangue e a mata Atlântica, conforme na Tabela 1. As florestas de franja – às margens dos rios e da baía, são mais desenvolvidas; as florestas de bacia – mais no interior dos

manguezais, apresentam estruturas intermediárias e as florestas de transição – na faixa de transição entre a floresta e as planícies hipersalinas, são menos desenvolvidas devido ao estresse ambiental da região.

2.2 Características climáticas da região

Os manguezais situados no sul do Estado de São Paulo apresentam uma temperatura média anual de 23,8°C, uma precipitação média anual de 2300 mm (SILVA, 1989) e experimentam marés de tipo misto, com um nível médio de 0,81 m (MESQUITA e HARARI, 1983). Para essa região costeira, identificou-se uma área total de manguezal de 15.193 ha, dos quais 11.943,24 ha foram especificamente apontados por CUNHA-LIGNON (2020). Esses manguezais fazem parte de áreas internacionalmente reconhecidas pela UNESCO e pela Convenção Internacional das Zonas Úmidas, que designaram as "Reservas da Mata Atlântica do Sudeste" como Patrimônio Mundial Natural e a "Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe" como um "Sítio Ramsar", respectivamente.

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) está localizado na planície litorânea paranaense e inclui as Baías de Paranaguá e Antonina no eixo leste-oeste, além das Baías de Laranjeiras e Pinheiros no eixo norte-sul. NOERNBERG et al. (2006) propuseram uma subdivisão do CEP em três níveis hierárquicos para estudos espaciais. O nível mais abrangente engloba o CEP como um todo, compartilhando características de relevo e clima. O segundo nível inclui cinco setores correspondentes às quatro baías, além de um setor de Mistura, formado pela confluência dos dois eixos, próximo à desembocadura do CEP. O terceiro nível, menor, consiste em sete sub-estuários dentro dos setores, delimitados com base em características morfológicas, como área de drenagem própria.

O clima na região costeira paranaense é classificado como Cfa, subtropical, úmido e mesotérmico, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média no mês mais quente é superior a 22 °C, enquanto no mês mais frio é inferior a 18 °C, com uma tendência de chuvas

concentradas nos meses de verão, embora não haja uma estação seca definida (MELLO et al., 2017).

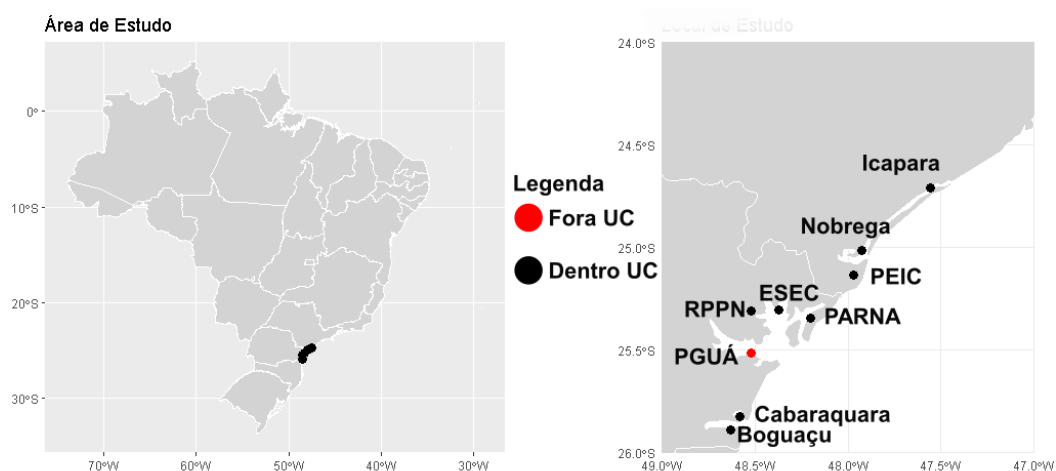


Figura 1: Local de estudo referente a coleta nos manguezais. Manguezais do Paraná: Cabaraquara – Guaratuba; Boguaçu – Guaratuba; Paranaguá; ESEC – CEP; PARNA – CEP. São Paulo: PEIC – Cananéia; Nóbrega – Cananéia; Icapara – Iguape.

Tabela 1: Localização geográfica das coletas nos manguezais.

Paranaguá -PR	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Papagaio da Cara Roxa - PR	Parque Estadual Ilha do Cardoso (PEIC) – SP
F- 25° 30.683'S e 47° 28.116'W	F - 5° 18.281'S e 47° 55.115'W	F- 25° 04.753'S e 48° 21.684'W
B- 25° 30.678'S e 47° 28.078'W	B- 18.306'S e 47° 55.075'W	B- 25° 04.834'S e 48° 21.718'W
T- 25° 30.653'S e 47° 28.073'O	T- 25° 18.359'S e 47° 55.000'W	T- 25° 04.790'S e 48° 21.739'W
Cabaraquara - PR	Estação Ecológica de Guaraqueçaba (ESEC) - PR	Nóbrega -SP
F - 25° 49.753'S e 48° 34.916'O	F- 25° 18.791'S e 47° 56.928'W	F- 25° 00.956'S e 48° 25.441'W
B- 25° 49.775'S e 48° 34.938'O	B- 25° 18.773'S e 47° 56.892'W	B- 25° 00.968'S e 48° 25.476'W
T - 25° 49.807'S e 48° 34.984'O	T- 25° 18.763'S e 47° 56.863'W	T- 25° 01.023'S e 48° 25.505'W
Boguaçu - PR	Parque Estadual de Superagui (PARNA) - PR	Icapara – SP
F- 25° 53.555'S e 48° 38.042'O	F- 25° 18.533'S e 48° 10.155'W	F- 24° 41.631'S e 48° 29.653'W
B- 25° 53.570'S e 48° 38.076'O	B- 25° 18.524'S e 48° 10.185'W	B- 24° 41.596'S e 48° 29.681'W
T- 25° 53.583'S e 48° 38.129'O	T - 25° 18.540'S e 48° 10.207'W	T- 24° 41.558'S e 48° 29.716'W

2.3 Coleta das amostras

As folhas foram coletadas sete folhas em cada fisionomia de maneira aleatória de plantas com características semelhantes, incluindo folhas de diferentes plantas para formar uma amostra composta. Após a coleta no campo, as folhas foram identificadas, armazenadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório de Ecologia e Conservação da UNESPAR- Campus de Paranaguá. Lá, foram lavadas com água e água deionizada, e secas até atingirem peso constante.

Os procedimentos para extração de metais pesados das folhas foram conduzidos conforme descrito por SILVA (1999). Após a secagem, as amostras foram moídas e retirada uma alíquota de aproximadamente 1g. Em seguida, foram colocadas em cadinhos previamente lavados e colocadas na mufla a 500 °C por 4 horas. Após esse tempo, foram adicionadas três gotas de HCl 3,0 molar, e os cadinhos foram novamente colocados na mufla a 500°C por mais 4 horas para a completa digestão do material.

Após a digestão, foram adicionados 10 ml de HCl 3,0 molar e colocados em chapa aquecedora a uma temperatura branda (40°C). O material foi filtrado em papel filtro, acondicionado em um balão volumétrico e diluído com água destilada para 50 ml. As amostras tanto de folha quanto de sedimento foram armazenadas em geladeira até o momento da leitura.

As amostras foram levadas ao laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal do Paraná, onde foram submetidas à leitura em ICP-AES (Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado). Foram realizadas leituras totais de Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), As (Arsênio), Ni (Níquel), Hg (Mercúrio), Se (Selênio), Cd (Cádmio), Cr (Cromo), Cu (Cobre), Mn (Manganês), Pb (Chumbo) e Zn (Zinco).

2.4 Análise estatísticas

Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em um sistema fatorial 9 (manguezais) x 3 (locais) e, quando foi observada significância, foram realizados testes de Tukey ao nível de 5% com o auxílio da linguagem estatístico R (2009).

3. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos nesta pesquisa são apresentados de maneira detalhada na tabela abaixo (Tabela 2), que compila os dados da pesquisa atual e os contrasta com os resultados obtidos na pesquisa anterior fundamentando-se na busca por uma abordagem comparativa proporcionando uma visão abrangente e contextualizada das descobertas.

Segundo os resultados obtidos para análise de metais pesados em *R. mangle* observados na tabela 1, podemos notar que todos os metais analisados (Ca, As, Ni, Mg, Hg, Se, Cd, Cr, Cu, Mn, Pb, Zn) estão presentes nas folhas. Apesar dos teores específicos de cada metal variar, a presença de alguns metais, como Hg, pode ser preocupante devido à sua toxicidade.

Observa-se diferentes concentrações nas áreas estudadas, em que os níveis de cada metal variam entre os diferentes manguezais, indicando possíveis influências locais nos teores de metais nas folhas de *R. mangle*, por exemplo, o teor de Ca varia de 4221.65 mg/dm³ (Boguaçu) a 6132.20 mg/dm³ (PARNA). A mesma situação se repete quanto ao Ni, com teor de 2.51 mg/dm³ em Cabaraquara e 7,24

mg/dm³ em Paranaguá e ao Se, em que Paranaguá não há registro de contaminação e Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC) apresenta 0.24 mg/dm³. Tais variações podem ser resultado de fatores ambientais específicos de cada manguezal, como características do solo, influência das marés e interações biológicas.

Apesar dos metais pesados Ca, As, Ni, Hg, Se, Cd, Cu e Zn apresentaram diferentes valores, quando comparado estatisticamente, não houve diferenças significativas entre os manguezais e os locais analisados.

Em comparação com a tabela de referência utilizada por diferentes autores em regiões diferentes, os metais pesados como Ca, Ni, Mg, Hg, Cr, Pb e Zn apresentaram valores elevados. Isso demonstra que a região atual analisada pode estar com contaminação elevada de metais pesados. Os autores CHOUDHURY et al., (2021) mostraram que a contaminação por metais pesados em manguezais pode estar ligada a diferentes fatores, tanto pela atividade antrópica ou fontes naturais.

Os valores de Ca nas folhas são consistentemente mais elevados do que nos sedimentos sugerindo que o Ca é absorvido pelas plantas em maior quantidade do que é retido nos sedimentos. Os autores VICTÓRIO et al., (2023) observaram altas concentrações de Ca nas folhas de *Laguncularia racemosa*, na Baía de Sepetiba – Rio de Janeiro, os autores relatam que os altos teores de Ca são comuns em ecossistemas que possuem grandes taxas de salinidade. Os mesmos autores relatam que grandes concentrações de Ca pode ser prejudicial para qualquer espécie de mangue, pois elas tendem a absorver Ca em vez do sal, uma vez que a flora presente é adaptada a este tipo de ambiente. Em contrapartida, os resultados de MOSLEHI et al., (2021), apresentaram que a espécie *Rhizophora mucronata* tende a acumular mais Ca nas raízes, e as concentrações salinas encontradas a maior concentração de Ca foi em ambiente moderado.

Os teores de As nas folhas geralmente são mais altos do que nos sedimentos, variando entre as localidades estudadas, com os valores, em folhas, permanecendo abaixo dos limites toleráveis para espécies vegetais. O As tende a acumular em serapilheiras, onde são armazenados e transportados via raízes e posteriormente as folhas, completando assim um ciclo. Fato comprovado pelos autores MANDAL et al., (2019) no manguezal da Baía de Bengal, analisando o As nas serapilheiras, nas espécies de *Avicennia officinalis*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Sonneratia apetala*, *Ageialitis rotundifolia*, *Ceriops decandra*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Aegicerous corniculatum* observaram que as mesmas tendem a ter esse acúmulo maior nas raízes, posteriormente, os autores analisaram que nas folhas acumulem menos. Porém os autores THANH-NHO et al., (2019) na análise em *A. alba* e *Rhizophora apiculata*, relataram que as raízes atuam como uma barreira para impedir o translocamento do As para as folhas, assim podendo evitar uma possível biomagnificação desse metal para teia trófica.

Nos manguezais de Cabaraquara, os valores de Ni tendem a ser mais elevados nas folhas em comparação com os sedimentos, destacando-se uma predominância nas folhas, com uma concentração de 7,24 mg/dm³. Observamos uma maior absorção ou retenção de Ni pelas plantas em nosso estudo, em contraste com os achados de HA (2018), relatou variação, porém não expressiva, em relação a outros metais como Pb, Cd, Zn, Mn, Mg, Cr, Co, Cu e Fe. Supõe-se que o Ni se acumule mais nas raízes, onde está em contato direto com o sedimento. No entanto, em nosso estudo, não foi possível observar essa variação, uma vez que analisamos apenas as folhas de *R. mangle*.

Os estudos de ALHARBI et al. (2019) sugerem que a ação antrópica pode desempenhar um papel significativo na distribuição de íons metálicos, como o Ni, em espécies como *Avicennia marina*. Eles observaram uma maior concentração desse metal onde o solo estava mais contaminado, sugerindo uma relação direta entre a contaminação do solo e a acumulação de Ni nas plantas. Essa hipótese também é corroborada pelos resultados de YAP e AL-MUTAIRI (2023), que constataram uma tendência semelhante de maior acumulação de Ni em solos mais contaminados. Essas descobertas destacam a influência significativa das atividades antrópicas na distribuição e acumulação de metais em ecossistemas manguezais.

Em nosso estudo, os teores de Mg nas folhas *R. mangle* são mais altos do que nos sedimentos diferente dos estudos de KAMAL et al. (2020) que comparando os níveis de teores de metais em sedimentos e folhas de *R. apiculata* e *Xilocarpo granatum* observaram concentrações positivas do nutriente em várias partes da planta, com uma ordem hierárquica que destaca uma maior concentração no sedimento seguido pela folha, estípula, flor, propágulo, caule, casca e raiz. Enquanto ABDULLAH et al., (2018) destacam a hipótese de acúmulo de metais em diferentes partes vegetativas de *R. apiculata*, incluindo Ca, Na, K e Mg. Essas concentrações variam entre 590–2970 mg/kg-1 para Ca, 420–1525 mg/kg-1 para Na, 960–2345 mg/kg-1 para K e 280–1160 mg/kg-1 para Mg.

Os valores de Hg, Se e Cd não puderam ser comparados com os sedimentos devido às limitações do estudo anterior, no entanto observa-se níveis de Hg elevados em ESEC e PARNA. Os autores WOLSWIJK et al., (2020) em seu estudo no manguezal da Malásia avaliaram sua concentração de mercúrio em folhas, sedimentos e gastrópodes sugerindo que as espécies de *Rhizophora* spp. tendem a acumular Hg nas folhas mais do que nas raízes, com tendência crescente do ciclo de vida de jovens para folhas maduras, para estágios senescentes e em decomposição, possivelmente associados ao seu acúmulo ao longo do tempo. No estudo realizado por HILMI et al. (2023) no manguezal da Indonésia, constataram resultados similares, incluindo a análise do risco ecológico em espécies de *R. apiculata* e sedimentos. Eles observaram que as folhas de mangue têm uma tendência maior de acumular Hg em comparação com a água, sedimentos e animais. Além disso, destacaram que as mesmas espécies utilizadas no estudo são indicadoras eficazes de risco ecológico.

Os valores de Se podem ser mais elevados em algumas áreas do que em outras, sendo mais expressivo no manguezal de PEIC (0,24 ppm). Segundo CAI et al., (2019) os teores de Se nas raízes de espécies de mangue aumentarem quando o Cr diminuiu. Sendo assim, quanto maior for a concentração de Se, menor será a de Cr. Em seus estudos, o papel protetor do Se contra o Cr, que envolve sistema antioxidante, metabólitos, elementos essenciais e absorção de Cr pelas plantas, foi elucidado por HANDA et al. (2018a), HANDA et al. (2018b), QING et al., (2015) e ZHAO et al., (2019). Observando os dados fornecidos na tabela, não parece haver uma relação entre os teores de Se e Cr nos manguezais analisados, mas devemos considerar que neste estudo, foram avaliados apenas folhas.

Os teores de Cd nas folhas estão dentro da faixa de referência estabelecida para outros estudos variando entre os diferentes manguezais. A maior concentração de Cd nas folhas é observada no manguezal PEIC (0.03 ppm), enquanto nos sedimentos, a maior concentração é encontrada no manguezal PARNA (6.65 ppm). JIAN et al., (2019) na espécie *A. marina* verificaram que quando essas espécies foram expostas a concentrações de 2 mg/l Cd, houve uma diminuição drástica nos caules. Ainda os mesmos autores revelam que quanto maior a concentração de Cd, mais ao nível de estresse em determinada planta de mangue pode ficar.

Os autores ZHANG et al., (2023) em seus resultados, mostraram que o Cd pode induzir toxicidade mesmo em doses baixas e as plantas de mangue tendem a absorver mais esse metal em relação ao sedimento. No presente estudo não foi possível verificar essa possibilidade de diferenciação na análise entre sedimento e *R. mangle*. Porém, os autores ERIBO et al., (2021) no manguezal da Nigéria verificaram que a *R. racemosa* pode absorver, translocar e acumular Cd em seus tecidos foliares.

Os teores de Cr folhas variam, mas a variação é relativamente menor em comparação com os sedimentos. O Cr teve um maior índice de contaminação o manguezal de ESEC e Cabaraquara (0.21 ppm) enquanto nos sedimentos, pode ser observada a concentração mais alta nos sedimentos de Icapara (11.99 ppm). Em Icapara, o mesmo pode ser observado no sedimento, atingindo (5.96 ppm). Esses resultados sugerem uma possível relação entre os teores de Cr nas folhas e nos sedimentos, indicando uma absorção significativa desse metal pelas plantas nesse manguezal.

O Cr obteve baixos valores de contaminação na Baía de Sepetiba – Rio de Janeiro, mostrada pelos autores FLORES et al., (2022) 6,08 a 13,16 ppm (média 9,20). Um dado interessante mostrado por TOGNELLA et al., (2022) é em relação ao Mn, pois esse metal tem grande afinidade com o Cr, ou seja, o Mn pode indicar contaminação por Cr em uma determinada região estudada. No nosso presente estudo, quando se comparado o Mn e Cr, podemos notar uma diferença significativa entre valor, porém, houve a presença de ambos em todo manguezal analisado.

Em Cabaraquara (2.30ppm) e PARNA (2.19 ppm), observa-se que os teores de Cu nas folhas superam os registrados nos sedimentos, sugerindo a possível acumulação desse metal pelas plantas. LUTHANSA et al. (2021), em um estudo na Indonésia, identificaram que a concentração média de Cu nos sedimentos e folhas de mangue pode atingir valores semelhantes. No contexto do presente estudo, os valores de Cu entre sedimentos e folhas de *R. mangle* não apresentaram uma diferenciação significativa. Esse resultado é consonante com as conclusões de PATALE e TANK (2022) em relação à espécie *A. marina*. Ao analisar sedimentos (com variação de 1,34 a 2,64 µg/g), eles identificaram valores discrepantes nas folhas (com variação de 0,049 a 0,067 µg/g). Os autores atribuíram essa disparidade ao impacto significativo da sazonalidade, destacando a influência acentuada das mudanças sazonais no acúmulo de metais pesados em sedimentos e folhas na região costeira de Diu, nordeste do Mar Árábico.

Os teores de Mn nas folhas apresentam uma variação significativa entre os manguezais. Destacam-se valores mais elevados em PEIC (308.07 ppm) e Icapara (186.8 ppm), enquanto valores mais baixos são observados em Paranaguá (54.80 ppm) e PARNA (53.10 ppm). Quando comparados com os sedimentos, os teores de Mn também variam, com destaque para Icapara (64.94 ppm) e PEIC (12.95 ppm). A variação expressiva nos teores deste mineral entre folhas e sedimentos sugere diferentes dinâmicas de absorção e acumulação desse metal nos manguezais estudados.

A concentração de Mn relatada por Yanti et al., (2021) no manguezal da Indonésia variou entre 1,2 e 1,6 ppm nas folhas de *A. marina*. A exigência de Mn é de 0,20-0,60 mg/kg. Os mesmos autores revelam que o Mn das folhas originárias da província de Sumatra Ocidental, Indonésia é relativamente alto, com 1,6 ppm. Tognella et al. (2022) no manguezal do Rio Doce – Brasil, registraram que as folhas de *R. mangle* apresentaram valores diferentes entre a estação chuvosa e estação seca, esses mesmos autores levantaram a hipótese que devido às ações meteorológicas e oceanográficas fizeram que o Mn ficasse em abundantes na água, e posteriormente no sedimento, durante o processo de absorção de água e sais mineiras a *R. mangle* absorvia grandes quantidades de Mn.

Os teores de Pb nas folhas variam consideravelmente de manguezal para manguezal, indicando uma potencial influência de fatores locais, como atividades industriais, urbanização e poluição. Alguns manguezais apresentam teores mais elevados de chumbo nas folhas, como Cabaraquara (25.05 ppm), Icapara (19.39 ppm) e Nóbrega (19.04 ppm), enquanto outros têm teores mais baixos, como Paranaguá (9.46 ppm). Comparando os teores de Pb nas folhas e nos sedimentos é possível observar diferenças nos padrões de acumulação do metal. Em alguns casos, como em Cabaraquara e Nóbrega, os teores nas folhas são significativamente mais altos do que nos sedimentos, sugerindo uma maior bioacumulação nas plantas. Em outros casos, como em Icapara (19.39 ppm), os teores de Pb nos

sedimentos são mais elevados do que nas folhas, indicando uma maior concentração do metal no ambiente sedimentar.

Nos experimentos de CABAÑAS-MENDOZA et al., (2020) as espécies de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* tiveram um acúmulo de Pb principalmente nas raízes, e posteriormente, translocadas para em baixas concentrações para parte da folha, assim, sendo feito uma fitoestabilização desse metal por parte dessas espécies. A concentração de Pb registradas por ANALUDDIN et al., (2017) apresentaram baixa acumulação nas folhas. Em contrapartida, o teor apresentado pelo mesmo autor nas folhas, mostraram que o Pb em *Xylocarpus granatum* foi maior em comparação com o presente estudo.

Os teores de Zn nas folhas tendem a ser mais altos do que nos sedimentos, as maiores concentrações no manguezal de Cabaraquara (35579 ppm) e Nóbrega (24935 ppm), pode ter influência antrópica. Os autores ANALUDDIN et al., (2017) relataram que as concentrações de Zn nos tecidos das espécies de mangue ficaram com baixas concentrações nas folhas. A concentração de Zn nas folhas da espécie de *Ceriops tagal* foi significativamente maior do que em outras espécies de plantas de mangue.

TORASA et al., (2019) destacaram que as espécies de *Rhizophora* sp. têm a capacidade de acumular Cu e Zn, além de sequestrar metais pesados em suas raízes, revelando um potencial de biorremediação de metais em solos. Essa capacidade de absorção de metais pesados também foi observada em outras plantas do Manguezal, como *Avicennia* sp. e *Sonneratia alba*, conforme relatado por (SANZON e MIGO., 2019).

Metais pesados, como Zn, Mn e Cu, são oligoelementos essenciais, conforme o necessário em muitas funções estruturais e bioquímicas em plantas, incluindo o crescimento da planta, reações de redução de oxidação, transporte de elétrons e muitos outros processos metabólicos. Entretanto, metais como Pb e Cd são tóxicos a biota no local, mesmo em baixas concentrações (SHAHID et al., 2017).

Uma análise das folhas de *Avicennia schaueriana* realizada por VICTÓRIO et al., (2020) evidenciou a presença de metais pesados relacionados às atividades industriais na região. Isso indica a capacidade dessas plantas de absorver metais solúveis e transportá-los via xilema até as folhas, conforme descrito por (ARRIVABANE et al., 2016). No estudo de WANG et al., (2021) apresentaram diferentes concentrações de metais pesados nas folhas de *Aegiceras corniculatum*, *Kandelia candel*, *Ceriops tagal*, os autores perceberam que essas folhas tinham diferentes concentrações de metais pesados. Uma das prováveis hipóteses é que as folhas em manguezais podem absorver diferentes concentrações de metais pesados durante sua fase de desenvolvimento. Isso foi comprovado pelos autores LANG et al., (2023) na região da Reserva Natural Nacional de Manguezais, Estuário do Rio Zhangjiang - China, eles analisaram os teores de Cu, Ni, Zn, Cd, Cr e Pb em diferentes estágios de

desenvolvimento de *Avicennia marina* e *Kandelia obovata*. Ainda nos mesmos estudos, o Cu pode ser absorvido na fase inicial das folhas, diferente do Zn que absorve maiores concentrações já maduras, enquanto Cd, Cr e Pb quando atingem teores mais elevados que Cu e Zn acabam causando senescência nessas mesmas espécies analisadas.

Tabela 4: Resultado de análises de Cálcio (Ca), Arsenio (As), Níquel (Ni), Magnésio (Mg), Mercúrio (Hg), Selênio (Se), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) nas folhas de *Rhizophora mangle* em Paranaguá, Guaratuba, Guaraqueçaba e São Paulo.

Ca			As		Ni		Mg		Hg	Se	Cd	Cr		Cu		Mn		Pb		Zn	
	Folha	Sed	Folha	Sed	Folha	Sed	Folha	Sed	Folha	Folha	Folha	Folha	Sed	Folha	Sed	Folha	Sed	Folha	Sed	Folha	Sed
Boguaçu	4221.65 a	944.07	0.30 a	1.69	4.13 a	2.05	2131.15 a	781.29	0.81 a	0.16 a	0.04 a	0.15 a	5.21	1.67 a	1.48	80.36 c	24.86	14.20 a	4.96	209.55 a	29.33
Cabaraquara	5547.67 a	284.34	0.29 a	0.91	7.24 a	0.52	2289.61 a	115.6	0.76 a	0.06 a	0.04 a	0.21 a	1.499	2.30 a	48	82.13 c	25.6	25.05 a	2.72	355.79 a	55.28
ESEC	5545.80 a	1.18	0.29 a	1.14	3.82 a	0.13	2385.98 a	9.72	1.01 a	0.08 a	0.03 a	0.21 a	0.34	1.72 a	24	79.95 c	1.18	13.60 a	1.18	176.44 a	4.45
Icapara	5541.78 a	888.09	0.22 a	4.18	4.07 a	4.92	2168.90 a	1334.5	0.90 a	0.14 a	0.03 a	0.18 a	11.99	1.71 a	07	186.8 b	64.94	19.39 a	18.01	203.53 a	32.25
Nóbrega	6069.66 a	1.39	0.34 a	1.40	5.20 a	N/D	2239.73 a	11.50	0.67 a	0.14 a	0.04 a	0.16 a	N/A	2.03 a	22	214.7 b	0.32	19.04 a	0.56	249.35 a	3.72
Paranaguá	4749.17 a	319.93	0.19 a	0.81	2.51 a	0.74	1916.69 a	396.68	0.82 a	0.00 a	0.04 a	0.14 a	1.77	1.99 a	75	54.80 c	6.05	9.46 a	6.12	118.40 a	23.16
PARNA	6132.20 a	0.54	0.17 a	0.70	4.61 a	N/D	2194.21 a	2.63	1.05 a	0.06 a	0.05 a	0.20 a	N/A	2.19 a	N/A	53.10 c	N/A	15.77 a	N/A	228.30 a	6.65
PEIC	5645.30 a	279.96	0.30 a	1.22	4.47 a	1.35	2076.95 a	352.19	0.78 a	0.24 a	0.03 a	0.16 a	3.64	1.86 a	80	308.07 a	12.95	18.92 a	3.42	188.52 a	14.48
RPPN	5746.56 a	164.68	0.26 a	1.00	4.89 a	1.31	2204.36 a	168.04	0.90 a	0.01 a	0.03 a	0.17 a	4.59	1.87 a	73	41.61 c	13.61	14.61 a	5.12	221.30 a	2.54
REGIÕES																					
Franja	5832.88 a	290.78	0.24 a	1.81	4.30 a	2.02	2200.33 a	388.83	0.84 a	0.12 a	0.04 a	0.21 a	5.96	1.95 a		157.86 a	20.17	16.40 a	3.97	209.07 a	15.16
Bacia	5340.31 a	289.62	0.30 a	1.34	4.57 a	1.32	2107.33 a	357.69	0.83 a	0.10 a	0.03 a	0.16 b	4.04	2.01 a		123.15 b	17.89	16.68 a	6.39	211.76 a	14.43
Transição	5226.74 a	374.24	0.26 a	1.22	4.79 a	1.14	2228.21 a	332.27	0.89 a	0.07 a	0.04 a	0.16 b	3.54	1.82 a		86.20 c	11.56	16.93 a	6.18	229.56 a	27.70
VALORES DE REFERÊNCIAS PARA FOLHAS																					
OB	-		-	-	-		-		-	-	-	-	0.3		5.30		684.00		1.60		23.40
A	-		-	-	-		-			0.20	-	-	23.40		47.64		901.00		25.44		62.85
SB	6.87		-	-	-		-		-	-	-	23.00	-		4.00		872.00		-		17.00
SM	-		-		0.17		-		-	-	-	-	0.12		-		381.07		-		2.50
TH	428.87			1.21	-			1142.3		-	-	-	-		-		-		-		-

Fontes: (Brooks, 1997)*; (Chowdhury, R., et al. 2017)**; (VICTÓRIO et al., 2022)***; (GONZÁLEZ-CAMPO et al., 2023)****; (LOVING; MATHENY, 2023)*****

Na (figura 2-A) observamos a visualização entre os manguezais, é possível perceber uma maior similaridade entre alguns no tocante as concentrações dos metais, como o Ni e Cu mais expressivos na região do PARNA, Cd e Cr em RPPN, Ca e Mg menos expressivos no manguezal de ESEC, Se a As distribuídos uniformemente entre Nóbrega, Boguaçu e RPPN, porém, o Hg apresentou concentrações expressivas entre os manguezais analisados. O que pode estar relacionado a sua dinâmica em relação à localização e aos fluxos de marés (YAM et al., 2020).

Na (Figura 2-B) podemos observar mais detalhados a distribuição dos metais nos locais. Os metais mais expressivos, como o Ni e Cu, podemos notar uma contaminação mais na região da transição, o que pode indicar uma bioacumulação desses metais na região (RAJARAM et al., 2020), enquanto bacia e franja obteve uma distribuição similar. Cd e Cr teve uma maior concentração em transição, o que pode demonstrar uma ampla distribuição entre os mesmos em manguezais mais próximos da região. O Ca e Mg teve alto teor na região da franja e transição, o que indica correlação entre si, estes metais podem indicar um grande intemperismo no local e também pela influências de regimes de marés (MAO et al., 2022). Já o Se e As teve teores maiores em bacia e transição, estes metais correlacionando entre si pode ser indicativo de atividades geológicas na região ou por comportamento químicos (SHI et al., 2019). Já o Hg foi o metal menos correlacionado entre os demais, o que indica devidos aos ciclos biogeoquímicos na região, o Mercurio pode estar também indicando relacionado a grandes atividades antrópicas (CHEN et al., 2021).

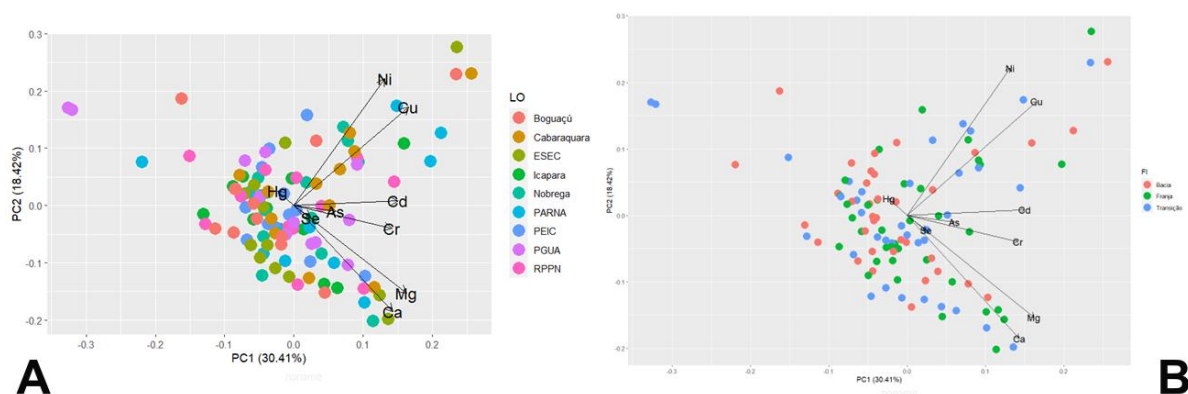


Figura 4: Representação gráfica da distribuição dos metais nas folhas de *R. mangle*: Cálcio (Ca), Arsenio (As), Níquel (Ni), Magnésio (Mg), Mercúrio (Hg), Selênio (Se), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn).). Local de distribuição de manguezais: (A): Boguaçu, Cabaraguara, ESEC Guaraqueçaba, Icapara, Nobrega, PARANA Superagui, PEIC, Paranaguá e RPPN Papagaio da cara Roxa. Distribuição por fisionomia (B): franja, bacia e transição.

A Tabela 3, observou-se uma prevalência de correlações negativas, sugerindo uma tendência de diminuição conjunta entre os elementos analisados. Coeficientes positivos pontuais indicam associações de aumento conjunto dos metais pesados.

O Cobre (Cu) apresentou fortes correlações negativas com Ca, As, Ni, Mg, Cr e uma correlação positiva com Mn. Zinco (Zn) destacou-se com uma correlação positiva acentuada com Manganês (Mn). O Manganês e o Chumbo foram os únicos metais pesados com correlações positivas entre os outros elementos, sugerindo que os pares tenham influências entre a contaminação no solo e folhas. Alguns pares, como As e Ni, ou Pb e Ni, exibiram correlações mais fracas, sugerindo uma relação menos evidente.

Em relação ao Mn, indica uma forte correlação positiva indica que o aumento de um metal tende a aumentar o outro. Isso pode ser explicado por fontes e processos de deposição semelhantes,

como atividades antrópicas (esgoto, mineração). Observamos estas relações também com o Zn e Cobre, que podem ser influenciados por fatores ambientais semelhantes, como pH ou matéria orgânica.

As correlações fortes ou fracas se devem por diversos fatores nos manguezais, entre eles os fatores mais comuns, como o pH, matéria orgânica, salinidade e granulometria do solo podem influenciar as correlações.

Tabela 5: Correlação de metais pesados entre folhas e sedimentos

MANGUEZAIS	Ca	As	Ni	Mg	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn
Ca	-0,69								
As	-0,08	-0,05							
Ni	-0,18	-0,14	-0,14						
Mg	-0,47	-0,19	-0,16	-0,36					
Cr	-0,36	-0,05	-0,18	-0,33	-0,19				
Cu	-0,53	-0,53	-0,46	-0,58	-0,45	-0,43			
Mn	0,09	0,36	0,36	0,22	0,34	0,21	0,20		
Pb	0,03	0,23	0,20	0,02	0,20	0,16	0,11	0,03	
Zn	-0,10	-0,08	-0,07	-0,24	-0,05	-0,11	-0,14	-0,21	0,48

Conclusão

Os resultados desta pesquisa revelam uma visão detalhada e abrangente da presença de metais pesados nas folhas de *R. mangle* em diferentes manguezais. Observamos que todos os metais analisados estão presentes nas folhas, com variações significativas nos teores entre os manguezais estudados. Essas variações indicam possíveis influências locais, como características do solo, influência das marés e interações biológicas, que afetam a absorção e acumulação de metais pelas plantas.

Ao compararmos os teores de metais nas folhas com os encontrados nos sedimentos, notamos diferenças que sugerem diferentes dinâmicas de acumulação e possível bioacumulação. Além disso, os resultados apontam para uma possível contaminação por metais pesados nos manguezais estudados, com valores elevados em comparação com estudos de referência e pesquisas anteriores.

As atividades antrópicas, como atividades industriais e urbanização, emergem como possíveis contribuintes para essa contaminação, destacando a necessidade de uma gestão ambiental eficaz para mitigar os impactos adversos nos ecossistemas costeiros e na saúde humana. No entanto, também observamos o potencial de algumas espécies de mangue para a biorremediação de metais pesados, o que pode ser explorado em estratégias de restauração e conservação desses ecossistemas.

As plantas de *R. mangle* não apresentaram altos teores de metais pesados em manguezais protegidos por UC.

Reforçamos a necessidade de um monitoramento constante nas regiões estudadas, mitigando principalmente a origem mais detalhados dos metais, o que pode evidenciar possíveis problemas tanto para a fauna quanto a flora. Indicamos um estudo sobre risco ecológico, fatores físico-químico em água, comparação entre *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana* para metais pesados, e assim obter um melhor grau de conhecimento acerca do ciclo dos metais pesados nos mangues estudados.

4. Referências

- ABDULLAH, F. et al. Macro, micro, and non-essential elements in different parts of *Rhizophora apiculata*. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, v. 22, (4), 570–578, 2018.
- ALAM, M. R. et al. Metal(loid) accumulation in the leaves of the grey mangrove (*Avicennia marina*): Assessment of robust sampling requirements and potential use as a bioindicator. *Environmental Research*, v. 211, 113065, 1 ago. 2022.
- ALHARBI, O. M. L. et al. Assessment of heavy metals contamination in the sediments and mangroves (*Avicennia marina*) at Yanbu coast, Red Sea, Saudi Arabia. *Marine Pollution Bulletin*, v. 149, 2019.
- ANALUDDIN, K. et al. Heavy metal bioaccumulation in mangrove ecosystem at the coral triangle ecoregion, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, v. 125, (2), 472–480, 2017.
- BARROS, A. B.; AZEVEDO, J. A. M.; BASTOS, A. L.; NASCIMENTO, V. X. Caracterização e biodisponibilidade de metais no mangue da foz do rio Meirim, Maceió- AL. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, (2), 2021.
- BERNINI, E. et al. Spatial and temporal variation of the nutrients in the sediment and leaves of two Brazilian mangrove species and their role in the retention of environmental heavy metals. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 22, (3), 177–187, 2010.
- CABAÑAS-MENDOZA, M. D. R. et al. Salinity affects pH and lead availability in two mangrove plant species. *Environmental Research Communications*, v. 2, (6), 2020.
- CAI, M. et al. Selenium induces changes of rhizosphere bacterial characteristics and enzyme activities affecting chromium/selenium uptake by pak choi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* Makino) in chromium contaminated soil. *Environmental Pollution*, v. 249, p. 716–727, 1 jun. 2019.
- CHEN, L. et al. Release of legacy mercury and effect of aquaculture on mercury biogeochemical cycling in highly polluted Ya-Er Lake, China. *Chemosphere*, v. 275, 130011, 1 jul. 2021.
- CHOUDHURY, T. R. et al. Heavy metals contamination of river water and sediments in the mangrove forest ecosystems in Bangladesh: A consequence of oil spill incident. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, v. 16, 1–20, 2021.
- CUNHA-LIGNON, M.; BERTINI, G.; MONTEALEGRE-QUIJANO, S. Manguezais, Camarões-de-Água-Doce e Manjuba-de-Iguape: Patrimônios Natural e Cultural do Vale do Ribeira e Litoral Sul do Estado de São Paulo. [s.l.: s.n.].

- ERIBO, O.; OTERAI, S. O.; INEGBENIJESU, O. B. Bioconcentration and Translocation Factors of Heavy Metals in *Rhizophora racemosa* and Sediments from Egbokodo Mangrove Swamp, Delta State, Nigeria . African Scientist Journal, v. 22, (4), 135–140, 2021.
- FLORA DO BRASIL, 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Access in: 23 jan. 2024.
- FLORES, V. R. et al. *Avicennia schaueriana* as a highly efficient accumulator for Manganese in Sepetiba Bay, Brazil. International Journal of Environmental Science and Technology, v. 19, (7), 6863–6868, 2022.
- GONZÁLEZ-OCAMPO, H. A. et al. RHIZOPHORA MANGLE as a Bioindicator of Environmental RHIZOPHORA MANGLE as a Bioindicator of Environmental Exposure to Heavy Metals in the Navachiste Lagoon Complex , Sinaloa , Mexico. [s.l: s.n.].
- HA, A. H. Assessment of Heavy Metals Concentration in Mangroves Leaves of the Red Sea Coast of Yemen. Journal of Ecology & Natural Resources, v. 2, (1), 2018.
- HANDA, N. et al. Selenium ameliorates chromium toxicity through modifications in pigment system, antioxidative capacity, osmotic system, and metal chelators in Brassica juncea seedlings. South African Journal of Botany, v. 119, 1–10, 1 nov. 2018a.
- HANDA, N., Kohli, SK, Thukral, AK et al. Papel protetor do selênio contra o estresse por cromo envolvendo metabólitos e elementos essenciais em mudas de *Brassica juncea* L. Biotecnologia, v.66, (8), 2018b. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1087-4>
- HEWINDATI, Y. T. et al. Occurrence of heavy metals Cu, Pb, and Cd in Rhizophora apiculata and Sonneratia caseolaris in the coastal area of Subang, West Java, Indonesia. Biodiversitas, v. 23, (12), 6471–6479, 2022.
- HILMI, E. et al. The Ecological Risk Assessment of Mercury Contamination in a Mangrove Ecosystem of the Segara Anakan Cilacap, Indonesia. Baghdad Science Journal, v. 20, (4), 1266–1282, 2023.
- HU, B. et al. Study of soil physicochemical properties and heavy metals of a mangrove restoration wetland. Journal of Cleaner Production, v. 291, p. 125965, 1 abr. 2021.
- JIAN, L. et al. The alleviation effect of iron on cadmium phytotoxicity in mangrove *A. marina*. Alleviation effect of iron on cadmium phytotoxicity in mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Chemosphere, v. 226, 413–420, 1 jul. 2019.
- KAMAL, M. A. H. et al. Nutrient properties of tidal-borne alluvial sediments from a tropical mangrove ecosystem. Regional Studies in Marine Science, v. 36, 101-110, 1 abr. 2020.
- KHAN, W. R. et al. Risk Assessment of Heavy Metal Concentrations in Sediments of Matang Mangrove Forest Reserve. Tropical Conservation Science, v. 13, 2020.
- KILKA, R.V.; Alberti, L.A.; Souza, A.M.; Wolf, L. Estrutura de uma floresta de mangue na Baía da Babitonga, São Francisco do Sul, SC. CeN, v.33, p. 57-72, 2011.
- MacFARLANE, G.R.; KOLLER, C.E.; BLOMBERG, S.P. Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: a synthesis of field-based studies. Chemosphere, v. 69, n. 9, p. 1454–1464, 2007.
- MAO, C. et al. Spatial Distribution and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in the Sediment of a Tropical Mangrove Wetland on Hainan Island, China. Water (Switzerland), v. 14, (22), 2022.

- MELLO, Y. R.; LOPES, F. C. A.; ROSEGHINI, W. F. F. Características climáticas e análise rítmica aplicada a episódios extremos de captação e temperatura no município de Paranaguá, PR. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, n. 13, p. 313-336, 2017.
- MESQUITA, A.L.; HARARI, J. Tides and gauges of Cananéia and Ubatuba – Brazil (Lat 24o). *Relat. Int. Inst. Oceanogr., Univ. S. Paulo*, n. 11, p. 1-14, 1983.
- MOSLEHI, M. et al. Effect of salinity on the vegetative characteristics, biomass and chemical content of red mangrove seedlings in the south of Iran. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, v. 49, (132), 1–9, 2021.
- NOERNBERG, M. A. et al. Remote sensing and GIS integration for modelling the Paranaguá Estuarine Complex – Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. 39, p. 1627–1631, 2006.
- QING, X. et al. Selenium alleviates chromium toxicity by preventing oxidative stress in cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*) leaves. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 114, 179–189, 1 abr. 2015.
- RAJARAM, R. et al. Bioaccumulation of metals in mangroves and salt marshes collected from Tuticorin coast of Gulf of Mannar marine biosphere reserve, Southeastern India. *Marine Pollution Bulletin*, v. 160, 111599, 1 nov. 2020.
- ROBIN, S. L. et al. Influences of species and watersheds inputs on trace metal accumulation in mangrove roots. *Science of The Total Environment*, v. 787, 147438, 15 set. 2021.
- SHI, C. et al. Spatial variation and ecological risk assessment of heavy metals in mangrove sediments across China. *Marine Pollution Bulletin*, v. 143, (5), 115–124, 1 jun. 2019.
- SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos, 1999. 370 p.
- SILVA, VIDELA. E.; ARAUJO, VIEIRA . F. Marine debris on the Brazilian coast: which advances in the last decade? A literature review. *Ocean & Coastal Management*, v. 199, p. 105400, 1 jan. 2021.
- SILVA, J.F. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). *Bolm. climatol. Inst. Oceanogr., São Paulo*, n. 6, p. 1-21, 1989.
- SOARES, M.L.G.; Tognella, M.M.P.; Cuevas, E.; Medina, E. Photosynthetic capacity and intrinsic water-use efficiency of *Rhizophora* mangrove at its southernmost western Atlantic range. *Photosynthetica*, v. 53, p. 464–470, 2015.
- THANH-NHO, N. et al. Bioaccumulation of some trace elements in tropical mangrove plants and snails (Can Gio, Vietnam). *Environmental Pollution*, v. 248, p. 635–645, 2019.
- TOGNELLA, M. M. P. et al. Mangroves as traps for environmental damage to metals: The case study of the Fundão Dam. *Science of The Total Environment*, v. 806, , 1 fev. 2022.
- VAN BIJSTERVELDT, C. E. J. et al. Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. *Science of The Total Environment*, v. 756, 143826, 20 fev. 2021.
- VICTÓRIO, C. P.; SANTOS, M. S.; MELLO, M. C.; BENTO, J. P. S. P.; SOUZA, M. C.; SIMAS, N. K.; Arruda, R. C. O. The presence of heavy metals in *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman ex Moldenke leaf and epicuticular wax from different mangroves around Sepetiba Bay, Rio de Janeiro,

Brazil. Environmental Science and Pollution Research, v. 27, 1-16, 2020.

XIE, Z. et al. Risk assessment of heavy metals in a typical mangrove ecosystem - A case study of Shankou Mangrove National Natural Reserve, southern China. Marine Pollution Bulletin, v. 178, n. 2, p. 113642, 2022.

WOLSWIJK, G. et al. Distribution of mercury in sediments, plant and animal tissues in Matang Mangrove Forest Reserve, Malaysia. Journal of Hazardous Materials, v. 387, 121665, 5 abr. 2020.

YAP, C. K.; AL-MUTAIRI, K. A. Potentially Toxic Metals in the Tropical Mangrove Non-Salt Secreting *Rhizophora apiculata*: A Field-Based Biomonitoring Study and Phytoremediation Potentials. Forests, v. 14, (2), 2023.

YAM, R. S. W. et al. Assessing impacts of metallic contamination along the tidal gradient of a riverine mangrove: Multi-metal bioaccumulation and biomagnification of filter-feeding bivalves. Forests, v. 11, (5), 1–15, 2020.

ZHAO, Y. et al. Selenium reduces cadmium accumulation in seed by increasing cadmium retention in root of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Environmental and Experimental Botany, v. 158, 161–170, 1 fev. 2019.

ZHANG, L. D. et al. Inventory of cadmium-transporter genes in the root of mangrove plant *Avicennia marina* under cadmium stress. Journal of Hazardous Materials, v. 459, 132321, 5 out. 2023.

ANEXO

INFORMAÇÃO À BANCA: Dissertação de mestrado escrito de acordo com as normas da revista caderno pedagógico

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/about/submissions>

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

Os artigos, resenhas e comunicações científicas devem estar vinculados à natureza da publicação e à temática de cada edição.

Configurações Os artigos devem ter de 12 até 20 páginas (incluindo notas de rodapé, anexos e referências), digitadas em fonte Arial ou Times New Roman, tamanho 12, com espaço entre linhas de um e meio.

Os artigos devem respeitar a seguinte estrutura: a) título na língua do texto; b) nome(s) do(s) autor(es) com nota de rodapé informando referências acadêmicas (formação, titulação, instituição) e profissionais (cargo que ocupa); c) resumo na língua do texto; d) palavras-chave na língua do texto; e) título em língua estrangeira; f) resumo em língua estrangeira; g) palavras-chave em língua estrangeira; h) introdução; i) desenvolvimento; j) conclusão; k) referências; l) apêndice(s) (se houver); m) anexo(s) (se houver).

Os originais devem ser submetidos em FORMATO EDITÁVEL (.doc, .odt...). Opcionalmente pode-se adicionar uma versão do trabalho em formato fechado (.pdf), na etapa Documentos suplementares. O tamanho máximo por arquivo é 10MB.

As referências bibliográficas devem seguir os padrões da ABNT (NBR 6023/2002) e estarem dispostas em ordem alfabética, de acordo com o sistema utilizado para citação no texto (SISTEMA AUTOR-DATA, NBR 10520/2002), no final do trabalho. As notas de rodapé são utilizadas EXCLUSIVAMENTE para notas explicativas, devendo ser numeradas e inseridas na página em que estiverem alocadas.

Mais orientações podem ser obtidas no Manual da Univates para trabalhos acadêmicos, disponível em "<http://www.univates.br/editora-univates/publicacao/110>", essas orientações são baseadas, em sua maioria, nas normas ABNT.

Configurações Conselho Editorial da Revista reserva-se o direito de aceitar, ou não, os trabalhos enviados, informando ao autor se o artigo será ou não publicado. A publicação não implica em espécie alguma de remuneração.

A qualidade da apresentação do trabalho bem como seu conteúdo e originalidade, são responsabilidades exclusivas do(s) autor(es). O(s) autor(es), ao encaminharem os trabalhos, cedem à Univates os respectivos direitos de reprodução e publicação. Os casos omissos serão resolvidos pelos editores científicos do periódico.