



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA – DEOLI  
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**JADE VILAS BOAS DE OLIVEIRA LIMA**

**MANGUEZAIS E POLUIÇÃO: CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DE  
*Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn. EXPOSTA À CONTAMINAÇÃO EM SÃO  
LUÍS, MARANHÃO**

**SÃO LUÍS-MA**

2025

**JADE VILAS BOAS DE OLIVEIRA LIMA**

**MANGUEZAIS E POLUIÇÃO: CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DE  
*Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn. EXPOSTA À CONTAMINAÇÃO EM SÃO  
LUÍS, MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de  
Oceanografia da Universidade  
Federal do Maranhão para obtenção  
do grau de bacharelado em  
Oceanografia.

Orientador: Flavia Rebelo Mochel

SÃO LUÍS-MA  
2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Vilas Boas de Oliveira Lima, Jade.

MANGUEZAIS E POLUIÇÃO: CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DE  
Laguncularia racemosa L. C.F.Gaertn. EXPOSTA À  
CONTAMINAÇÃO EM SÃO LUÍS, MARANHÃO / Jade Vilas Boas de  
Oliveira Lima. - 2025.

28 f.

Orientador(a): Flavia Rebelo Mochel.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,  
Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do  
Maranhão, 2025.

1. Dendrometria. 2. Anomalia Foliar. 3. Laguncularia  
Racemosa. 4. Degradação Ambiental. I. Rebelo Mochel,  
Flavia. II. Título.

**MANGUEZAIS E POLUIÇÃO: CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DE  
Laguncularia racemosa (L.) C.F.Gaertn. EXPOSTA À CONTAMINAÇÃO EM  
SÃO LUÍS, MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Oceanografia da  
Universidade Federal do Maranhão para  
obtenção do grau de bacharelado em  
Oceanografia.

APROVADO EM:     /     /

**BANCA EXAMINADORA**

.

---

Flavia Rebelo Mochel. (Orientador)  
**Universidade Federal do Maranhão - UFMA**

.

---

Ilisandra Zanandrea (Titular)  
**Universidade Federal do Maranhão- UFMA**

.

---

Paula Veronica Campos Jorge Santos (Titular)  
**Universidade Federal do Maranhão-UFMA**

.

---

Leonardo Gonçalves de Lima (Suplente)  
**Universidade Federal do Maranhão-UFMA**

*Dedico esse trabalho aos meus avós , pelo amor, esforço e apoio incondicional na realização dos meus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

Quero começar agradecendo a Deus por me guiar até aqui e por nunca me abandonar nos momentos difíceis. Em seguida, agradeço aos meus queridos Vovó Cleila e Vovô Oliveira, que sempre apoiaram e incentivaram meus sonhos. Desde a minha infância, eles têm sido meu alicerce, e tudo que sou e que ainda serei, devo a eles. Sempre estiveram prontos para me ouvir, me acolher e são as pessoas mais compreensivas que conheço, representando os meus maiores exemplos de amor e abrigo.

Agradeço também aos meus irmãos, Kaio, Kaique e Samuel, que estiveram ao meu lado em todos os momentos da minha vida, sendo meus amigos, conselheiros e, muitas vezes, a causa dos meus estresses. Eu amo vocês, e cada conquista minha também é de vocês.

À minha querida tia Raissa, que é minha melhor amiga e sempre me incentivou em minha jornada, e por me presentear com meus amados afilhados, Levi e Elis, que são minha fonte de felicidade. Dinda ama muito vocês! Sou grata ao meu tio Renato e à minha priminha Talita, por serem tão amigos e por todo o incentivo que me deram. Amo vocês!

Ao meu companheiro de jornada acadêmica, Nalbert, meu melhor amigo, agradeço por todas as noites sem dormir, pelas fofocas compartilhadas e pelas diversas aventuras que vivemos ao longo desses anos. Você foi a primeira amizade que fiz na faculdade, e tenho certeza de que será uma amizade que levarei para a vida toda, sempre juntos.

Aos amigos que fiz durante essa trajetória acadêmica, Lays, Magno e Susu, agradeço por toda a ajuda e parceria ao longo desses anos; vocês tornaram a experiência na universidade muito mais leve. Também sou grata aos meus amigos e companheiros na caminhada cristã, especialmente à Cecília e à Lays, que se tornaram parte da minha família.

Agradeço à minha orientadora por todos os anos de apoio e pelo conhecimento que compartilhou comigo. Ao laboratório LAMA-CERMANGUE, sou grata pelos anos de trabalho conjunto e por toda a ajuda no desenvolvimento dos meus projetos durante a graduação.

Por último, e não menos importante, agradeço à minha estrelinha, minha mãe. Obrigada por tudo que fez por mim em vida. Você sempre será uma parte importante e preciosa na minha vida; não importa quanto tempo passe, sua memória permanece viva em mim.

*“E hoje eu sou quem eu sou, pois sua mão me acompanhava, mas eu sei, não é o fim, é só o começo da jornada. Eu abro o meu coração pra minha nova história”.*

Pedro Valença

## RESUMO

Palavras-chave: Dendrometria, Anomalia foliar, *Laguncularia racemosa*, Degradação ambiental.

O estudo tem como objetivo avaliar os impactos das áreas portuárias e industriais sobre os manguezais, com ênfase na espécie *L. racemosa*, em São Luís, Maranhão. A pesquisa foi realizada em duas áreas distintas: uma contaminada, localizada na zona portuária de São Luís, e outra controle, no Mangue Seco, Raposa, sendo essa isenta de influência da zona industrial. Através da análise de parâmetros ecofisiológicos, como a estrutura das árvores (diâmetro, altura, densidade e dominância), características foliares (comprimento, largura, anomalias e herbivoria), e condições ambientais (salinidade, pH e composição dos sedimentos), foi possível identificar diferenças significativas entre as duas áreas. A área contaminada apresentou menor crescimento das árvores, maior ocorrência de anomalias foliares e ausência de folhas senescentes, enquanto a área controle exibiu condições mais favoráveis para o desenvolvimento da espécie. Os resultados ressaltam a importância de estratégias de conservação e manejo sustentável para minimizar os impactos da poluição, garantindo a preservação dos manguezais, que desempenham funções ecológicas e essenciais, como regulação climática e proteção costeira.

## ABSTRACT

Key words: Dendrometry, Foliar anomaly, *Laguncularia racemosa*, Environmental degradation.

The study aims to evaluate the impacts of port and industrial areas on mangroves, with emphasis on the species *Laguncularia racemosa*, in São Luís, Maranhão. The research was carried out in two distinct areas: a contaminated area, located in the port area of São Luís, and a control area, in Mangue Seco, Raposa, which is free from the influence of the industrial area. Through the analysis of ecophysiological parameters, such as tree structure (diameter, height, density and dominance), leaf characteristics (length, width, anomalies and herbivory), and environmental conditions (salinity, pH and sediment composition), it was possible to identify significant differences between the two areas. The contaminated area presented slower tree growth, a higher occurrence of leaf anomalies and an absence of senescent leaves, while the control area exhibited more favorable conditions for the development of the species. The results highlight the importance of conservation and sustainable management strategies to minimize the impacts of pollution, ensuring the preservation of mangroves, which perform essential ecological and economic functions, such as climate regulation and coastal protection.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 Área de estudo	14
4.2 Coleta de dados	15
4.3. ANÁLISES DE DADOS	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	25

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da costa Brasileira existem cerca de 10.020 km<sup>2</sup> de manguezais, sendo a maior área contínua do país entre os estados do Maranhão, Pará e Amapá que apresenta cerca de 77,6% dessa área total (MARTINS et.al 2023; DINIZ et. al., 2019). A maior diversidade de espécies de mangue das Américas, está situada nos manguezais amazônicos sendo essas, *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harisonii*, *Rhizophora racemosa*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erecta* (LIMA et.al 2024; MOCHEL, 2016).

O ecossistema manguezal funciona como um filtro biológico retendo substâncias poluentes, produzindo matéria orgânica, protegendo o litoral formando barreiras à erosão, diminuindo a energia das marés, ondas e ventos, são berçários para muitas espécies de valor ecológico e econômico e influenciam o clima local e global.(Mochel et al, 2024; Mochel, 2016; Paula et al, 2012).

A diversificação e o incremento de atividades antrópicas nas zonas costeiras têm produzido um aumento considerável no fluxo de poluentes, notadamente de origem industrial, urbana e portuária, causando a alteração ecológica do meio e o comprometimento da sua capacidade de autodepuração (NRIAGU, 1984).

Diversos autores têm demonstrado a importância dos manguezais na prestação de serviços ecossistêmicos de regulação, como filtro geoambiental contra poluentes, como MacFarlane, Koller e Blomberg (2007) e Kr'bek *et al.* (2011). No tocante à contribuição portuária, os metais constituem os poluentes mais comuns, tendo seus efeitos na comunidade manguezal sido motivo de numerosos estudos (LACERDA et al., 1993;1995; WEN-JIAO et al., 1997; DE WOLF et al., 2001).

Nos ecossistemas de manguezais as concentrações de poluentes, especialmente os metais, são extremamente dependentes das condições físico-químicas dos solos, notadamente do pH, matéria orgânica, potencial redox, salinidade, presença de óxidos e hidróxidos de ferro e manganês, concentração dos metais etc., (HARBISON, 1986, HARTER, 1992).

A fitossociologia estuda a composição, estrutura e distribuição das comunidades vegetais, além das interações entre as espécies e os fatores ambientais que influenciam sua presença e evolução (Martins, 2003). Em manguezais, essa área de estudo é essencial para entender como as espécies vegetais se adaptam às condições específicas desses ecossistemas, como variações de salinidade, marés e tipos de solo (Gonçalves et al., 2018).

No manguezal da zona portuária de São Luís, por exemplo, a vegetação é

composta por várias espécies, sendo *Rhizophora mangle* a mais predominante, embora outras espécies como *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans* também desempenhem um papel importante na estrutura do ecossistema (Gonçalves et al., 2018). Esse padrão é similar ao observado em Mangue Seco, onde a dinâmica de regeneração natural envolve uma variedade de espécies, refletindo a heterogeneidade do ecossistema e a adaptação das plantas às condições adversas do ambiente (Santos et al., 2024).

Esses estudos fitossociológicos são fundamentais não só para compreender a estrutura do manguezal, mas também para promover práticas de manejo sustentável e conservação desses ambientes. Propôs-se analisar a fitossociologia do mangue branco *L. racemosa*, com informações ecofisiológicas, em uma área contaminada do Porto Itaqui, município de São Luís, em relação à uma área controle no Mangue Seco, município de Raposa.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar as características ecofisiológicas de *Laguncularia racemosa* presente em áreas industriais e portuárias de São Luís visando o reconhecimento de alterações por contaminação por poluentes

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Descrever *L. racemosa* nos manguezais das áreas controle e contaminadas quanto à sua fisiografia, fatores ambientais predominantes, ocorrência de tensores naturais e antropogênicos e espécies associadas;
- Caracterizar *Laguncularia racemosa* nas áreas contaminada e controle quanto aos seus parâmetros estruturais de árvores e folhas.
- Caracterizar *Laguncularia racemosa* nas áreas contaminada e controle quanto aos seus parâmetros funcionais de produção de propágulos, inflorescências, herbivoria;
- Analisar os parâmetros relacionados ao ambiente de *L. racemosa* como granulometria de sedimentos, matéria orgânica, água estuarina local;

- Analisar a ocorrência de mortalidade de árvores, propágulos, folhas nas áreas estudadas;
- Realizar estudos morfológicos e anatômicos nas folhas das áreas estudada

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

Os manguezais são ecossistemas costeiros extremamente ricos em biodiversidade e têm grande importância na regulação climática, no controle de enchentes e na produção de oxigênio. De acordo com Mochel (2011), os manguezais também desempenham um papel crucial no sequestro de carbono, sendo considerados sistemas de grande valor ecológico e econômico. No Brasil, os manguezais estão presentes em grande parte da costa, sendo a região amazônica responsável pela maior área contínua, que representa 50% de todo o território de manguezais do país (Kjerfve et al., 2002).

A dinâmica dos manguezais é influenciada por fatores ambientais específicos, como as variações de salinidade, marés e o tipo de solo, que são cruciais para a adaptação das espécies vegetais. A composição florística de um manguezal é determinada por essas condições, com espécies como *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* e *Avicennia germinans* desempenhando papéis importantes na estrutura do ecossistema (Gonçalves et al., 2018).

A presença de metais pesados nos manguezais, provenientes de atividades industriais e portuárias, tem sido um problema crescente. Os manguezais funcionam como filtros biológicos que retêm substâncias poluentes, mas a poluição pode comprometer sua capacidade de autodepuração. Lacerda et al. (1993) e Wen-Jiao et al. (1997) documentam os impactos dos metais pesados nas comunidades de mangue, destacando a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade ambiental nesses ecossistemas.

A fitossociologia, que estuda a composição, estrutura e distribuição das comunidades vegetais, tem sido essencial para entender a adaptação das espécies de manguezal a condições ambientais adversas. Segundo Martins (2003), esse campo de estudo permite uma melhor compreensão de como as espécies de mangue se distribuem e interagem, fornecendo informações valiosas para práticas de manejo sustentável e conservação desses ecossistemas.

A poluição, particularmente a proveniente de áreas portuárias e industriais, tem afetado de maneira significativa a saúde dos manguezais. Souza et al. (2018) ressaltam que atividades como a urbanização e a poluição geram impactos negativos na flora local,

prejudicando a biodiversidade e a sustentabilidade dos manguezais. Os efeitos da poluição são visíveis nas anomalias foliares observadas em áreas contaminadas, como descrito por Rocha et al. (2019), que documentaram a herbivoria foliar como um reflexo das condições ambientais adversas.

Estudos prévios, como os de Soares et al. (2008) e Silva et al. (2005), indicam que os manguezais com maior aporte de água doce apresentam melhor desenvolvimento estrutural, o que favorece o crescimento das espécies. Esses dados corroboram a observação de que, em áreas com menor impacto antrópico e condições ambientais mais favoráveis, como no Mangue Seco, a *L. racemosa* apresenta crescimento mais robusto e maior dominância.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

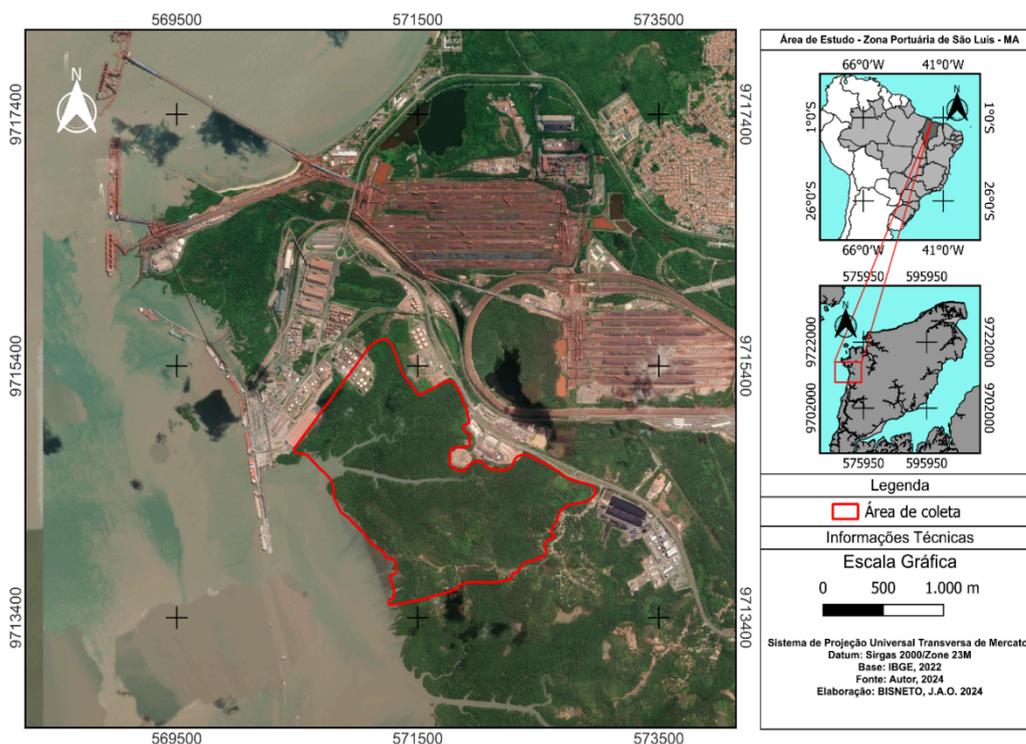
A área controle está localizada no manguezal do Mangue Seco, município de Raposa, à noroeste do município de São Luís, Ilha de São Luís, Maranhão, entre as coordenadas: 2° 27' 06,86" e 2° 27' 21,81" S e 44° 09' 20,33" e 44° 09' 45,76" W. (Figura 1).

**Figura 1:** Área onde foram realizadas as Coletas no Mangue Seco, município de Raposa, MA, noroeste da Ilha de São Luís.



O segundo local de estudo intitulado área contaminada, está localizado na zona costeira industrial e portuária, na margem leste da baía de São Marcos, em São Luís, Maranhão nas coordenadas 2° 34' 198" S e 44° 22' 648" W. Luís, nas coordenadas 2° 34' 198" S e 44° 22' 648" W.

**Figura 2:** Área onde foram realizadas as coletas no Porto do Itaqui, São Luís- Ma.



Fonte: Oliveira- Bisneto

## 4.2 COLETA DE DADOS

As coletas foram efetuadas em maré baixa, entre os meses de janeiro e maio de 2024, período em que há maior produção de propágulos e ocorrência de inflorescência de *L. racemosa*, assim como de outras espécies do manguezal. A amostragem foi realizada em um ponto sob influência de efluentes industriais, portuários, áreas de armazenagem e movimentação de minérios. Uma outra amostragem controle foi conduzida no Mangue Seco, município da Raposa, MA, isenta da influência da zona industrial.

Foram realizadas análises granulométricas do sedimento nas áreas de estudo por meio do Laboratório de Manguezais LAMA- CERMANGUE com o objetivo de caracterizar sedimentologicamente as parcelas para utilização dos dados em trabalhos de iniciação científica e dissertação de mestrado (Castro, 2024) . As análises foram conduzidas em laboratório, utilizando métodos como peneiramento e pipetagem para classificar os grãos de sedimento de acordo com seu tamanho. Essa classificação desempenha um papel

essencial na compreensão da distribuição das espécies, uma vez que os manguezais apresentam uma distribuição zonada conforme as características do sedimento. Além disso, as condições da água do estuário também foram avaliadas em laboratório. A medição de parâmetros como o pH foi realizada com o multiparâmetro Hanna HI 98494, enquanto a salinidade foi determinada por meio de um refratômetro manual modelo S-28

Os dados estruturais de altura das árvores foram obtidos pela média de três das árvores mais altas dentro da parcela, a partir da determinação subjetiva da homogeneidade do dossel, em parcelas de 20x20 m ou que contenham, no mínimo, 20 árvores adultas, segundo o critério adotado por Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986).

Para a análise foliar de *L. racemosa*, foram coletadas manualmente, em cada parcela, aproximadamente 50 folhas verdes expostas ao sol e 30 folhas senescentes. As amostras foram colocadas em sacos e transportadas para o laboratório, onde foram analisados vários parâmetros: comprimento e largura das folhas, área total da superfície foliar e taxa de herbivoria.

### 4.3. ANÁLISES DE DADOS

O diâmetro à altura do peito foi medido, para todas as árvores com diâmetro acima de 2,5 cm, a partir de dados de circunferência obtidos em centímetros com fita métrica e posteriormente divididos pela constante  $\pi = 3,146$ . A partir dos dados de diâmetro será calculada a área basal pela fórmula:

$$g = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(DAP)^2}{10000} \text{ onde}$$

$g$  = área basal em  $m^2$ ;

$\pi = 3,146$ ;

DAP = diâmetro à altura do peito em cm;

A partir disso, os dados de DAP e área basal obtidos foram tabulados na planilha excel e exportados para o software past 4.03, onde foi realizado o teste de Mann-Whitney para ambos os dados. Esse teste é apropriado para comparar duas amostras independentes e verificar se suas distribuições diferem em termos de mediana (Mann & Whitney, 1947).

O cálculo da densidade de indivíduos seguindo o modelo proposto por Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986) na dendrometria é utilizado para entender a distribuição e a abundância de espécies, permitindo assim a identificação do total de indivíduos presentes por unidade de área.

$$\text{Densidade relativa} = \frac{\text{número de indivíduos de uma espécie}}{\text{número total de indivíduos}} \times 100$$

Para calcular a densidade de troncos basta dividir a quantidade de troncos de apenas uma espécie pelo número total de troncos e multiplicar por 100, semelhante ao cálculo de densidade de indivíduos.

Os dados de dominância (absoluta e relativa) foram obtidos a partir de cálculos feitos seguindo as fórmulas descritas por Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986):

$$\text{Dominância absoluta} = \frac{\text{área basal total da espécie}}{\text{Ha}}$$

$$\text{Dominância relativa} = \frac{\text{área basal total da espécie}}{\text{área basal total}} \times 10$$

O número de folhas foi determinado por contagem direta. O comprimento das folhas verdes foi medido com uma régua de 30 cm, posicionada verticalmente ao longo do limbo foliar, desde a base até a ponta. A largura foi medida horizontalmente na metade da folha, de uma lateral a outra. Os dados coletados foram tabulados em planilha Excel e o mesmo foi utilizado para a criação de gráficos representativos, os dados também foram transportados para o software Statistica, onde foi realizada a correlação de Person para os dados de comprimento e largura. O teste de Pearson é uma ferramenta essencial para identificar relações lineares entre variáveis quantitativas, como comprimento e largura das folhas. A sua importância é destacada por Pearson (1896), que argumenta que a correlação entre variáveis pode oferecer insights profundos sobre fenômenos naturais e comportamentos.

Para as folhas senescentes, foram realizadas fotografias e as imagens foram analisadas utilizando o *software ImageJ* (Figura 3). Essa análise permitiu determinar a área total, a área remanescente e a área consumida. A taxa de herbivoria foi calculada com base na fórmula: herbivoria = (área consumida / área total) x 100, seguindo o método de COSTA et al. (2019).

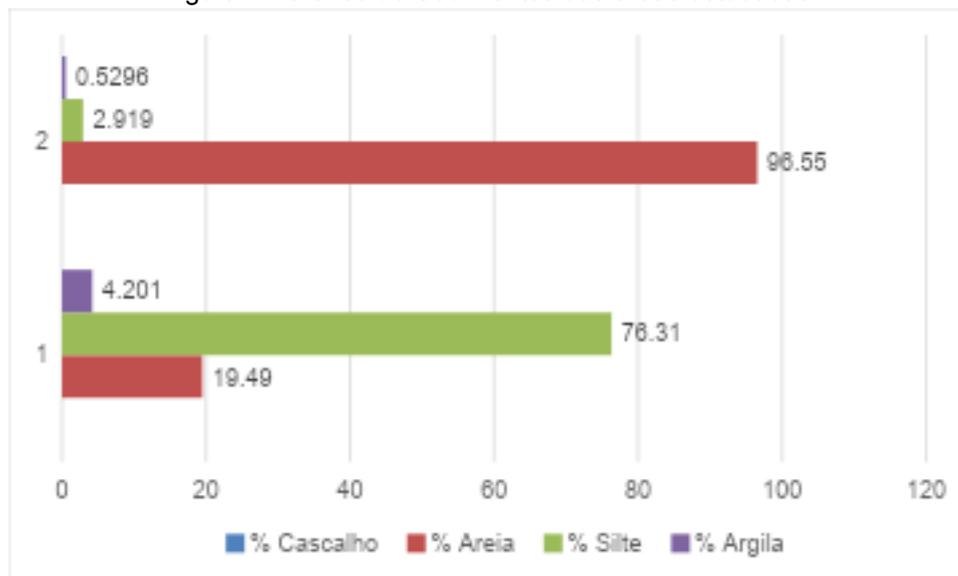
**Figura 3:** Folhas Senescentes Herbivoradas



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de sedimentos (Figura 4), na área do portuária apresentaram 76,31% de silte médio indicando sedimento mais lamoso que tende a estar associados a estuários, margens de rios, deltas e áreas de deposição em zonas portuárias, onde a dinâmica da água é mais estável e permite a acumulação de sedimentos finos (McLaren & Bowles, 1985), enquanto na área controle, a predominância é de sedimentos arenosos muito finos 96,55%, indicando um ambiente sujeito à influência de correntes, ondas ou ação das marés, que carregam partículas menores e depositam apenas os grãos mais finos de areia (Folk & Ward, 1957).

Figura 4 : Grafico de Sedimentos das áreas estudadas.



Fonte: autoria própria

O teor de matéria orgânica foi mais elevado na área portuária (10,78%), enquanto na área controle os teor de matéria orgânica foi (1,5%). A maior concentração de matéria orgânica na área portuária pode ser explicada pelo predomínio de silte médio nesse ambiente. Sedimentos mais finos, como silte e argila, possuem maior capacidade de retenção de matéria orgânica devido à sua elevada área de superfície específica, que favorece a adsorção de compostos orgânicos e a deposição de material particulado em suspensão (McLaren & Bowles, 1985). Os resultados de pH na área controle (7,37) e na área portuária (7,41) mostraram-se aceitáveis com pouca variação entre as áreas portuária e control. A salinidade das duas áreas indica um ambiente estuarino, com menor valor na área controle (10,82), possivelmente associado ao fato do ponto de coleta está situado na desembocadura do Igarapé do Mangue Seco. A área portuária, apresenta maior salinidade (19,61) por receber diretamente as águas das marés da Baía.

Os resultados para altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e área basal para as áreas contaminada e controle encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. A média de número de troncos por indivíduo foi maior na área controle (6,79) em comparação a área contaminada (3,21).

Os dados da área contaminada e da área controle, apresentaram diferenças significativas, segundo o teste Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ) para os parâmetros estruturais de diâmetro, altura área basal das árvores de *L. racemosa*. Os testes estatísticos demonstraram, então, que as duas áreas diferem entre si (Wilcoxon, 1945). Os valores médios mais elevados na área controle reforçam que as árvores nessa região possuem maior diâmetro, possivelmente devido a condições ambientais mais favoráveis para o

crescimento.

**Tabela1:** Dados Estruturais. *Laguncularia racemosa*. Área Portuária. Todas as parcelas. 08/02/2024

Dados Estruturais. <i>Laguncularia racemosa</i> . Área Portuária. Todas as parcelas. 08/02/2024		
árvore 1	árvore 2	árvore 3
altura: 5,88 m	altura: 4,95 m	altura: 5,77 m
	DAP: 11,76 cm	DAP: 11,12 cm
DAP1: 3,36 cm	área basal: 0,0108618	área basal: 0,0097118
DAP2: 10,17 cm		
área basal 1: 0,0140185		
área basal 2: 0,0081233		

Fonte: autoria própria

**Tabela 2:** Dados Estruturais. *Laguncularia racemosa*. Mangue seco. Todas as parcelas. 21/05/2024

Dados Estruturais. <i>Laguncularia racemosa</i> . Mangue Seco. Todas as parcelas. 21/05/2024		
árvore 1	árvore 2	árvore 3
altura: 3,68 m	altura: 2,40 m	altura: 4,0 m
DAP1: 3,17 cm	DAP1: 3,49	DAP1: 4,29 cm
DAP2: 4,60 cm	DAP2: 3,17 cm	DAP2: 3,17 cm
DAP4: 3,97 cm	DAP3: 2,70 cm	DAP3: 3,97 cm
DAP3: 3,33 cm	DAP4: 2,54 cm	DAP4: 4,76 cm
área basal 1: 0,0007892	área basal 1: 0,0009566	DAP5: 3,81 cm
área basal 2: 0,0016619	área basal 2: 0,0007892	DAP6: 4,13 cm
área basal 3: 0,0012378	área basal 3: 0,0005725	DAP7: 3,49 cm
área basal 4: 0,0008709	área basal 4: 0,0005067	área basal 1: 0,0014454
		área basal 2: 0,0007892
		área basal 3: 0,0012378
		área basal 4: 0,0017795
		área basal 5: 0,0011400
		área basal 6: 0,0013396
		área basal 7: 0,0009566

Fonte: autoria própria

Os dados de densidade e dominância das espécies também foram diferentes entre a área contaminada e controle. Na Área Portuária, a densidade, tanto de troncos quanto de indivíduos, foi 50%. A dominância de indivíduos foi de 49,99%, enquanto que a dominância absoluta de troncos foi 37,01% e a dominância relativa representou 15,99% (Tabela 3). Esses resultados sugerem que, em termos de desenvolvimento estrutural, essa área apresentou uma relação semelhante entre indivíduos mais e menos desenvolvidos. Na área controle, Mangue Seco, a densidade de troncos foi mais elevada (83,33%) do que a de indivíduos (50%), indicando troncos mais grossos e maduros. A

dominância absoluta de troncos foi 64,29% e a dominância relativa foi equivalente à 26,71%, revelando que *L. racemosa* é mais dominante na área controle do que na área contaminada (Tabela 4).

Essas diferenças podem ser explicadas por alguns fatores ambientais como o regime hídrico e a influência antrópica. O estudo de Soares et al. (2008), analisando manguezais da Bahia, apontou que a dominância das espécies de mangue está diretamente relacionada ao aporte de água doce e às variações nas marés. Isso é corroborado pela pesquisa de Silva et al. (2005), em que manguezais com maior aporte de água doce apresentam melhor desenvolvimento estrutural e dominância de algumas espécies, como *L. racemosa*. A maior dominância de troncos no Mangue Seco pode estar associada a um regime hídrico mais favorável para o crescimento da vegetação, uma vez que, na área contaminada foi perceptível um maior confinamento do bosque de mangue quanto aos fluxos d'água.

Sugere-se, portanto, que as diferenças observadas nas duas áreas podem ser explicadas pelas condições ambientais e pelo regime de marés, como discutido nos estudos de Soares et al. (2008) e Silva et al. (2005).

**Tabela 3:** Dados Estruturais. *Laguncularia racemosa*. Área Portuária. Todas as parcelas. 08/02/2024

Dados Estruturais. <i>Laguncularia racemosa</i> . Área Portuária. Todas as parcelas. 08/02/2024	
<b>Densidade (%)</b>	
<b>troncos</b>	<b>indivíduos</b>
50,00	50,00
<b>Dominância (%)</b>	
<b>troncos</b>	<b>indivíduos</b>
absoluta: 37,01	absoluta: 0,712
relativa: 15,99	relativa: 49,99

Fonte: autoria própria

**Tabela 4 :** Dados Estruturais. *Laguncularia racemosa*. Mangue seco. Todas as parcelas. 21/05/2024

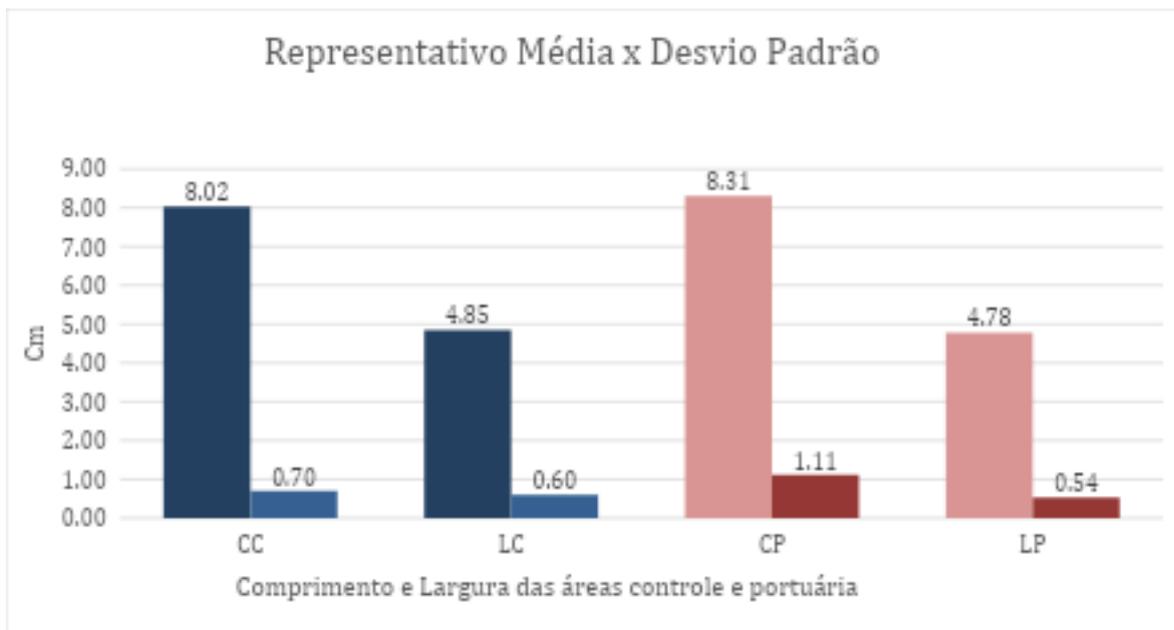
Dados Estruturais. <i>Laguncularia racemosa</i> . Mangue Seco. Todas as parcelas. 21/05/2024	
<b>Densidade (%)</b>	
<b>troncos</b>	<b>indivíduos</b>
83,33	50,00
<b>Dominância (%)</b>	
<b>troncos</b>	<b>indivíduos</b>
absoluta: 64,29	absoluta: 12,0
relativa: 26,71	relativa: 0,50

Fonte: autoria própria

Os resultados da análise da estrutura das folhas de *L. racemosa* entre a área contaminada e a área de controle mostraram diferenças em termos de medidas de

comprimento e largura do limbo foliar. Na área contaminada o comprimento médio das folhas foi 8,31 cm e a largura média foi 4,78 cm ( desvio padrão 1,11 cm e 0,54 cm, respectivamente). Na área de controle, o comprimento médio das folhas foi 8,02 cm e a largura média foi 4,85 cm, com desvio padrão de 0,70 cm e 0,60 cm respectivamente (Figura 5)

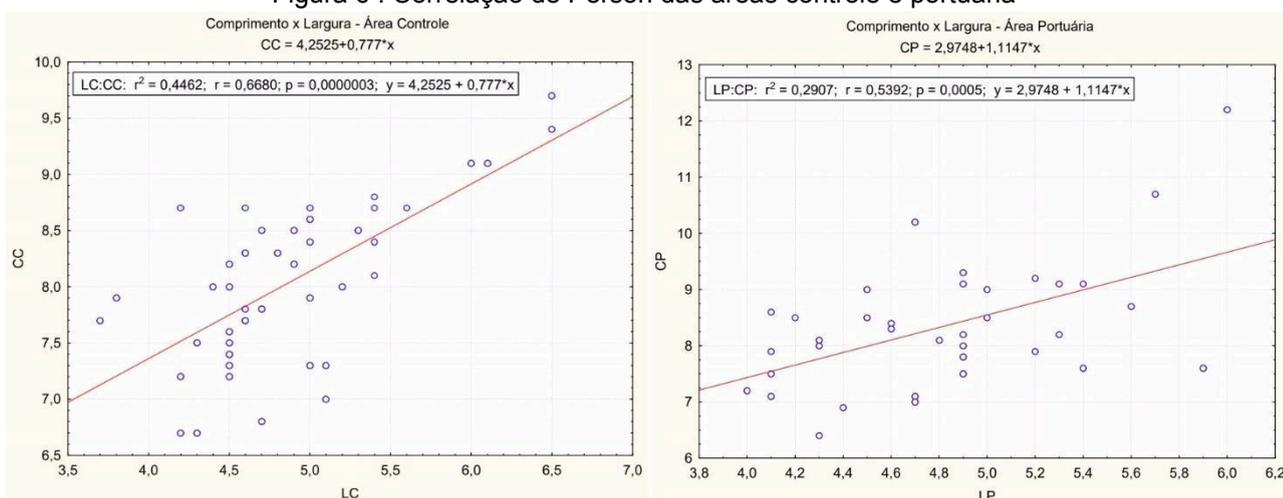
Figura 5 : Resultados do desenvolvimento foliar (comprimento e largura) nas áreas controle e contaminada.



Fonte: autoria própria

A correlação de Pearson para comprimento e a largura das folhas na área portuária foi 0,5392 ( $r^2=0,2907$ ), enquanto que na área de controle, houve maior correlação entre essas variáveis, com um coeficiente de 0,6680 ( $r^2= 0,4462$ ), embora essas correlações tenham sido baixas (Figura 6)

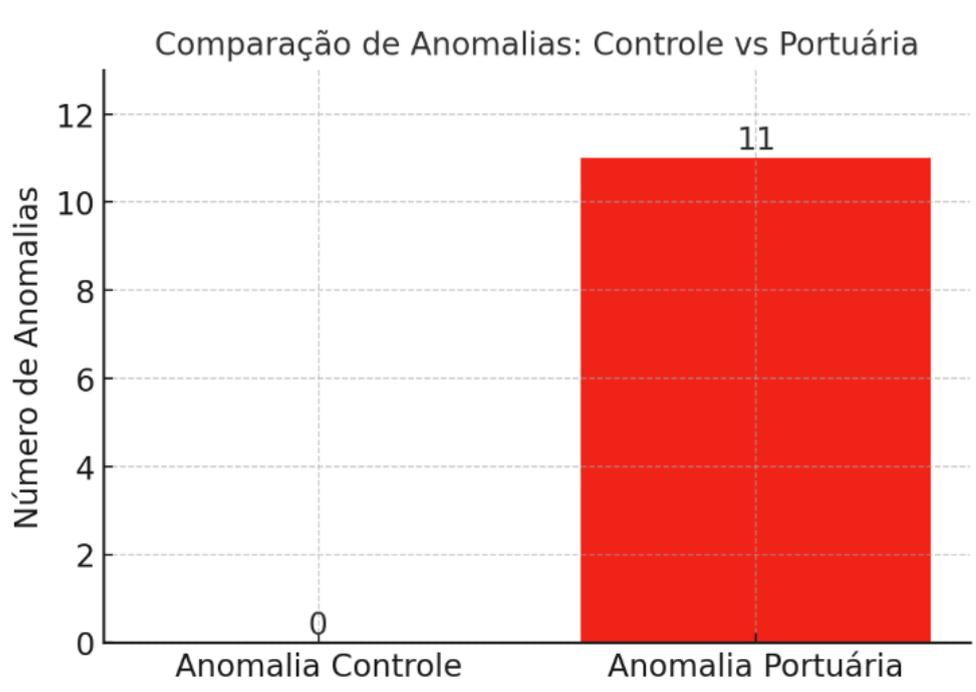
Figura 6 : Correlação de Person das áreas controle e portuária



Fonte: autoria própria

No entanto, quando se observa o Figura 7, nota-se diferença entre a ocorrência de anomalias foliares entre as duas áreas estudadas. Enquanto na área de controle não foram observadas anomalias, na área portuária, 22% das folhas apresentaram alterações morfológicas. Esse padrão sugere um impacto ambiental nas plantas, possivelmente devido à urbanização e outras atividades humanas como a atividade portuárias. De acordo com Souza et al. (2018), a degradação de manguezais causada por atividades como poluição e urbanização pode afetar diretamente a flora local, comprometendo a saúde das plantas e a biodiversidade do ecossistema, que é essencial para o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade dos recursos naturais.

Figura 7: Anomalia Foliar das áreas controle e portuária.



Fonte: autoria própria

A taxa de herbivoria revelou uma média de 3,67%, com variações significativas entre as folhas, atingindo até 10,53% em algumas amostras (Figura 8). Esses valores estão dentro da faixa observada em outros estudos que investigaram a herbivoria em manguezais na ilha de São Luís, onde os níveis de consumo foliar podem chegar a 16,2%, dependendo do grau de impacto ambiental e das características da vegetação local (Rocha et al., 2019).

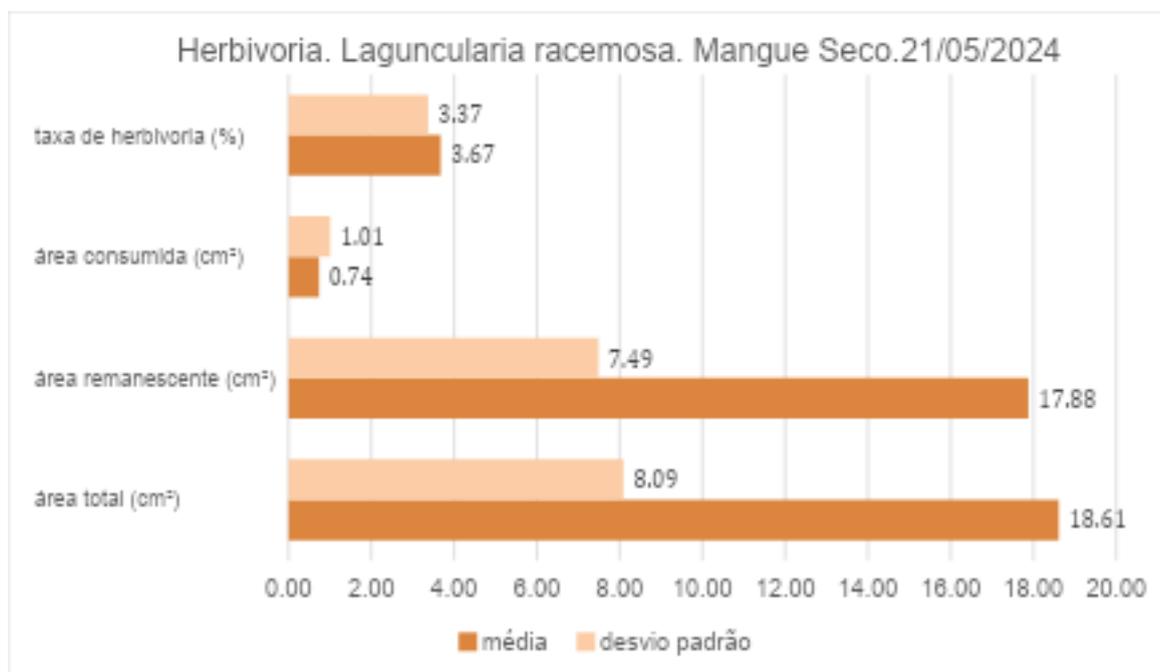
Estudos prévios indicam que a herbivoria em manguezais está diretamente associada a fatores como presença de herbívoros específicos, condições ambientais e impactos antrópicos (Robertson, 1991; Onuf et al., 1977). No Mangue Seco, o desvio

padrão da taxa de herbivoria foi de 3,57%, indicando uma dispersão considerável nos valores, o que pode estar relacionado à presença de herbívoros , como caranguejos (*Aratus pisonii*),lagartas (*Lepidoptera*), formigas (*Hymenoptera*) e cupins (*Isoptera*), que afetam diferentemente as folhas analisadas (Rocha et al., 2019).

No entanto, um grande desafio encontrado foi a falta de folhas senescentes na área portuária, o que dificultou a realização de um levantamento mais completo. A ausência de folhas senescentes em manguezais pode ser um indicador de alterações no equilíbrio ecológico, resultantes de fatores naturais e antrópicos. As folhas senescentes desempenham um papel fundamental no ciclo de nutrientes, contribuindo para a formação da matéria orgânica do solo e servindo como fonte de alimento para decompositores e herbívoros (Rocha et al., 2019). Quando há uma redução significativa dessa biomassa, diferentes causas podem ser consideradas.

Outro fator relevante é a aceleração do processo de decomposição. Em condições tropicais, a alta umidade e temperatura favorecem a rápida degradação da biomassa foliar, reduzindo a presença de folhas senescentes visíveis no solo (Onuf et al., 1977).

Figura 8 : Herbivoria na área controle.



Fonte: autoria própria

Nos resultados apresentados, observa-se que o manguezal do Mangue Seco oferece condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento de *L. racemosa* em comparação com a área portuária. A área controle, caracterizada por um regime hídrico mais adequado e menor influência antrópica, demonstrou um crescimento estrutural mais robusto das árvores, evidenciado por uma maior densidade de troncos e maior

dominância da espécie. Esse padrão reflete as conclusões de estudos anteriores, como os de Soares et al. (2008) e Silva et al. (2005), que indicam que áreas com maior aporte de água doce e menor impacto antrópico favorecem o desenvolvimento das espécies de manguezal.

Em contrapartida, a área portuária, com características de sedimentos mais finos e maior salinidade, revelou um menor crescimento estrutural de *L. racemosa*, além da ocorrência de anomalias foliares em 22% das folhas. Isso reflete a degradação ambiental associada a atividades humanas, como a urbanização e as operações portuárias, que impactam negativamente o ecossistema. Esses resultados corroboram a pesquisa de Souza et al. (2018), que destaca o impacto da poluição e da urbanização na saúde das plantas e na biodiversidade de manguezais, comprometendo a sustentabilidade desses ecossistemas essenciais.

## 6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o manguezal do Manguê Seco apresenta condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento estrutural de *L. racemosa* em comparação com a área portuária.

A análise dos sedimentos revelou diferenças marcantes entre as duas áreas. Enquanto a área portuária apresentou predominância de silte médio (76,31%), característico de ambientes estuarinos mais lamosos e com menor dinâmica hídrica, a área controle apresentou sedimentos predominantemente arenosos muito finos (96,55%), associados a maior influência de correntes e marés. Essa diferença pode impactar diretamente a disponibilidade de nutrientes e a retenção de matéria orgânica, que foi significativamente maior na área portuária (10,78%) em comparação com a área controle (1,5%). Esse padrão confirma que sedimentos mais finos tendem a reter mais matéria orgânica, favorecendo processos de deposição de compostos orgânicos (McLaren & Bowles, 1985).

A estrutura das árvores também apresentou diferenças significativas. As análises revelaram que na área controle há um maior número médio de troncos por indivíduo (6,79) em comparação com a área portuária (3,21). O teste de Mann-Whitney confirmou diferenças estatísticas relevantes ( $p < 0,05$ ) para altura, diâmetro e área basal.

As análises foliares também evidenciaram impactos ambientais. Embora a média do comprimento e da largura foliar tenha sido semelhante entre as áreas, a correlação de

Pearson indicou uma relação mais forte entre essas variáveis na área controle ( $r = 0,6680$ ) do que na área portuária ( $r = 0,5392$ ), sugerindo que fatores ambientais podem estar influenciando a variação dessas medidas. Além disso, as anomalias foliares ocorreram apenas na área portuária, afetando 22% das folhas analisadas nessa área. Isso pode estar relacionado com o estresse ambiental, possivelmente decorrente da poluição e das atividades portuárias, conforme observado em estudos como os de Souza et al. (2018).

Por fim, a taxa de herbivoria na área controle apresentou uma média de 3,67%, com valores chegando a 10,53% em algumas amostras. A dispersão desses valores pode estar relacionada à presença de herbívoros específicos e às condições ambientais das áreas estudadas, o que está dentro da normalidade, no entanto, a ausência de folhas senescentes na área portuária foi um fator relevante, pois pode indicar alterações no equilíbrio ecológico, afetando o ciclo de nutrientes e a decomposição da matéria orgânica (Rocha et al., 2019).

Em suma, os dados coletados sugerem que a área portuária apresenta impactos ambientais significativos, que já estão afetando sua estrutura e o seu desenvolvimento. A menor densidade de troncos, a presença de anomalias foliares e as diferenças nos padrões sedimentológicos e de matéria orgânica reforçam a ideia de que atividades antrópicas influenciam diretamente a vegetação do manguezal. Esse cenário destaca a importância de medidas de conservação e monitoramento contínuo para minimizar os impactos ambientais e garantir a sustentabilidade dos ecossistemas de manguezal, também reforça a necessidade de estudos mais aprofundados nessas áreas.

## REFERÊNCIAS

BEZERRA, C. E. et al. Caracterização da geodiversidade e impactos da urbanização no manguezal do Mangue Seco, município de Raposa, Maranhão, Brasil. In: BEZERRA, C. E.; SILVA, E. V.; GUERRA, F. S.; CHASQUI, J. W. B.; BRITO, M. S.; MACHADO, A. M. B. (Orgs.). Planejamento ambiental dos recursos naturais e energéticos. Editora In Vivo, 2024. p. 266-278. <https://doi.org/10.47242/978-65-87959-53-5>

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957.

GONÇALVES, A. L. et al. Composição florística e fitossociológica do manguezal da zona portuária de São Luís, Maranhão, Brasil. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 3, n. 1, p. 01-07, 2018.

HARBISON, P. A. T. Mangrove muds—a sink and a source for trace metals. *Marine Pollution Bulletin*, v. 17, n. 6, p. 246-250, 1986.

- HARTER, R. D. Competitive sorption of cobalt, copper, and nickel ions by a calcium-saturated soil. *Soil Science Society of America Journal*, v. 56, n. 2, p. 444-449, 1992.
- KJERFVE, B. et al. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: HEALY, T. R.; WANG, Y.; HEALY, J-A. (Ed.). *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Functions*. Elsevier, N.Y., 2002. p. 479-532.
- KŘÍBEK, B. et al. The extent of arsenic and of metal uptake by aboveground tissues of *Pteris vittata* and *Cyperus involucratus* growing in copper-and cobalt-rich tailings of the Zambian Copperbelt. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 61, n. 2, p. 228-242, 2011.
- LACERDA, L.D. et al. The biogeochemistry and trace metals distribution of mangrove rizospheres. *Biotropica*, v. 25, p. 252-257, 1993.
- LACERDA, L.D. et al. Biogeochemistry of mangrove soil organic matter: a comparison between *Rhizophora* and *Avicennia* soils in South-eastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 40, p. 713-720, 1995.
- MACFARLANE, G. R.; KOLLER, C. E.; BLOMBERG, S. P. Acumulação e partição de metais pesados em manguezais: uma síntese de estudos de campo. *Chemosphere*, v. 69, n. 9, p. 1454-1464, 2007.
- MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, v. 18, n. 1, p. 50-60, 1947.
- MARTINS, J. C. S. et al. Effects of automotive diesel oil on germination of *Avicennia germinans* and *Laguncularia racemosa* mangrove propagules. *Acta Amazonica*, v. 53, p. 264-270, 2023.
- MARTINS, Marlúcia Bonifácio; DE OLIVEIRA, Tadeu Gomes (Ed.). *Amazônia maranhense: diversidade e conservação*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011.
- MOCHEL, F.R. Manguezais amazônicos: status para a conservação e a sustentabilidade na zona costeira maranhense. In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. (Eds.). *Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação*. Belém: Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, v. 1, p. 93-118, 2011.
- MOCHEL, F.R. Manguezais da Amazônia Maranhense. *Conservação e Recuperação Ecológica*. In: SEABRA, G. (Ed.). *Terra Paisagens, Solos, Biodiversidade e os Desafios para um Bom Viver Barlavento*. Ituiutaba, M.G., 2016. p. 404-419.
- NRIAGU, J.O. *Changing metal cycles and human health*. New York: Springer Verlag, 1984.
- ONUF, C. P.; TEAL, J. M. Interactions of nutrients, plant growth and herbivory in a mangrove ecosystem. *Ecology*, v. 58, n. 2, p. 514-526, 1977.
- PAULA, A. L. S. et al. Experiência com a produção de mudas de *Laguncularia racemosa* e *Avicennia* sp para recuperação de um manguezal degradado no estuário do rio Acaraú-CE. *Publicação do VII CONNEPI*, 2012.
- PEARSON, K. *Mathematical contributions to the theory of evolution*. II. On the

reconstruction of the evolutionary tree. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, v. 187, p. 71-110, 1896.

ROBERTSON, A. I. Plant-animal interactions and the structure and function of mangrove forest ecosystems. *Australian Journal of Ecology*, p. 433-443, 1991.

ROCHA, L. R.; AMORIM, K. R. K. G.; MOCHEL, F. R. Análise de herbivoria foliar em dois manguezais localizados ao noroeste da Ilha de São Luís (Maranhão – Brasil). In: SEABRA, G. (Org.). *Terra - Mudanças Climáticas e Biodiversidade*. Ituiutaba: Barlavento, 2019.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Perfil dos ecossistemas Litorâneos Brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. *Publicação Especial do Instituto Oceanográfico*, v. 7, p. 1-16, 1989.

STANCATO, G.C.; MAZZAFERA, P.; BUCKERIDGE, M.S. Effects of light stress on the growth of the epiphytic orchid *Cattleya forbesii* Lindl. X *Laelia tenebrosa* Rolfe. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 25, p. 229-235, 2002.

SOUZA, C.A. et al. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. In: PINHEIRO, M.A.A.; TALAMONI, A.C.B. (Org.). *Educação Ambiental sobre Manguezais*. São Vicente: UNESP, Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, 2018. p. 16-56.

WEN-JIAO, Z.; XIAO-YONG, C.; PENG, L. Accumulation and biological cycling of heavy metal elements in *Rhizophora stylosa* mangroves in Yingluo Bay, China. *Marine Ecology Progress Series*, v. 159, p. 293-301, 1997.