

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS OCEANOS E DA**  
**TERRA**

WASHINGTON VASCONCELOS DA ROCHA JOAQUIM

Dinâmica populacional de *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) (Annelida:  
Nereididae) nos sistemas lagunares de Itaipu, Maricá e Saquarema

WASHINGTON VASCONCELOS DA ROCHA JOAQUIM

Dinâmica populacional de *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) (Annelida: Nereididae) nos sistemas lagunares de Itaipu, Maricá e Saquarema

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Abílio Soares-Gomes  
Coorientador: Prof. Dr. Victor Corrêa Seixas

Niterói  
2025

Washington Vasconcelos da Rocha Joaquim

DINÂMICA POPULACIONAL DE *LAEONEREIS ACUTA* (TREADWELL, 1923)  
(ANNELIDA: NEREIDIDAE) NOS SISTEMAS LAGUNARES DE ITAIPU, MARICÁ E  
SAQUAREMA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Dinâmica dos Oceanos e Terra, da  
Universidade Federal Fluminense, como requisito  
parcial para obtenção do grau de Mestre  
Área de Concentração: Geociências

Aprovada em 26 de fevereiro de 2025

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Abilio Soares-Gomes, Dr. (Orientador)  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Victor Corrêa Seixas, Dr. (Coorientador)  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Cinthya Simone Gomes Santos, Dr.  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Fábio Bettini Pitombo, Dr.  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Rodolfo Leandro Nascimento Silva, Dr.  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

J62d      Joaquim, Washington Vasconcelos da Rocha  
            Dinâmica populacional de *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923)  
            (Annelida: Nereididae) nos sistemas lagunares de Itaipu,  
            Maricá e Saquarema / Washington Vasconcelos da Rocha Joaquim.  
            - 2025.  
            41 f.

            Orientador: Abílio Soares-Gomes.  
            Coorientador: Victor Corrêa Seixas.  
            Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,  
            Instituto de Geociências, Niterói, 2025.

            1. Polychaeta. 2. Reprodução. 3. Variáveis ambientais. 4.  
            Produção intelectual. I. Soares-Gomes, Abílio, orientador.  
            II. Seixas, Victor Corrêa, coorientador. III. Universidade  
            Federal Fluminense. Instituto de Geociências. IV. Título.

CDD - XXX

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

## **AGRADECIMENTOS**

À minha esposa Barbara Gomes da Silva Joaquim por todo apoio, carinho e amor nessa jornada de muitos desafios.

A meus orientadores Prof. Dr. Abílio Soares-Gomes e Victor Corrêa Seixas por todo apoio, paciência e ensinamentos durante esses anos, sendo uma peça fundamental para a elaboração deste trabalho.

Em especial ao Prof. Dr. Victor Corrêa Seixas, a quem tive o privilégio de conhecer em 2021, em um momento em que as portas acadêmicas pareciam estar fechadas. Desde então, nossa relação tem sido marcada por aprendizado, amizade e confiança, além da profunda admiração por suas atitudes e conselhos. Sou imensamente grato por sua orientação e apoio. Meu sincero obrigado!

Ao meu amigo Lucas Rodrigues da Silva.

A minha família e amigos por todo carinho.

## RESUMO

As histórias de vida das espécies refletem respostas adaptativas às condições ambientais e às pressões seletivas exercidas sobre os indivíduos. Nos ecossistemas aquáticos costeiros e marinhos, os invertebrados por terem pouca capacidade de locomoção, acabam experimentando todas as variações ambientais. As lagoas costeiras são marcadas por flutuações constantes das condições físico-químicas em períodos curtos (sazonais), bem como profundidade, temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido, o que proporciona elevado grau de estresse fisiológico. Este trabalho teve como objetivo estudar a dinâmica populacional da espécie *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) nas lagoas costeiras de Piratininga, Itaipu, Maricá, Guarapina, Jaconé e Saquarema para entender como as variáveis ambientais influenciam na história de vidas das populações. A análise de componentes principais (PCA) revelou que a lagoa de Piratininga foi a menos similar às demais, com variações marcantes na composição granulométrica ao longo do estudo. As outras lagoas apresentaram similaridade na composição sedimentológica, com fundos predominantemente arenosos. Os resultados sugerem que a lagoa de Piratininga apresentou ausência de *L. acuta*, possivelmente devido ao alto grau de eutrofização. A lagoa de Guarapina destacou-se com a maior abundância (53,27% do total), seguida por Jaconé, Maricá, Saquarema e Itaipu. A abundância de *L. acuta* variou sazonalmente, com picos durante o inverno e a primavera, e declínios no verão, refletindo padrões reprodutivos sazonais típicos de nereidídeos. A temperatura mostrou-se um fator influente, com maiores temperaturas correlacionadas a menores abundâncias. Em relação ao tamanho dos indivíduos, as lagoas de Maricá e Itaipu apresentaram os maiores indivíduos, com variações significativas entre estações e anos. A temperatura e a porcentagem de areia no sedimento foram os principais fatores ambientais que influenciaram o tamanho dos indivíduos, com uma relação positiva entre temperatura e tamanho. Apesar da matéria orgânica total não ter apresentado relação significativa com o tamanho dos indivíduos, ambientes que apresentam grãos de areia mais finos estão comumente relacionados com maior matéria orgânica, ao qual, o conteúdo orgânico do sedimento exerce maior influência quando comparado ao tamanho do grão. Concluiu-se que a dinâmica populacional de *L. acuta* é influenciada por fatores ambientais como temperatura e fotoperíodo, com variações sazonais marcantes.

Palavras-chave: Polychaeta; reprodução; variáveis ambientais.

## ABSTRACT

The life histories of species reflect adaptive responses to environmental conditions and selective pressures exerted on individuals. In coastal and marine aquatic ecosystems, invertebrates, due to their limited mobility, end up experiencing all environmental variations. Coastal lagoons are characterized by constant fluctuations in physicochemical conditions over short periods (seasonal), including depth, temperature, salinity, and dissolved oxygen, which result in a high degree of physiological stress. This study aimed to investigate the population dynamics of the species *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) in the coastal lagoons of Piratininga, Itaipu, Maricá, Guarapina, Jaconé, and Saquarema, to understand how environmental gradients influence the life histories of populations. Principal component analysis (PCA) revealed that Piratininga Lagoon was the least similar to the others, with significant variations in granulometric composition over the study period. The other lagoons showed similarity in sedimentological composition, with predominantly sandy bottoms. The results suggest that Piratininga Lagoon had an absence of *L. acuta*, possibly due to a high degree of eutrophication. Guarapina Lagoon stood out with the highest abundance (53.27% of the total), followed by Jaconé, Maricá, Saquarema, and Itaipu. The abundance of *L. acuta* varied seasonally, with peaks during winter and spring, and declines in summer, reflecting typical seasonal reproductive patterns of nereidids. Temperature proved to be an influential factor, with higher temperatures correlated with lower abundances. Regarding the size of individuals, Maricá and Itaipu Lagoons had the largest individuals, with significant variations between seasons and years. Temperature and the percentage of sand in the sediment were the main environmental factors influencing the size of individuals, with a positive relationship between temperature and size. Although total organic matter did not show a significant relationship with the size of individuals, environments with finer sand grains are commonly associated with higher organic matter, where the organic content of the sediment exerts greater influence compared to grain size. It was concluded that the population dynamics of *L. acuta* are influenced by environmental factors such as temperature and photoperiod, with marked seasonal variations.

Keywords: Polychaeta; reproduction; environmental variables.

## SUMÁRIO

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução .....                                                     | 11 |
| 1.1 Lagoas costeiras .....                                              | 12 |
| 1.2 <i>Laeonereis acuta</i> .....                                       | 14 |
| 2. Objetivos .....                                                      | 16 |
| 2.1 Objetivo geral .....                                                | 16 |
| 2.2 Objetivos específicos .....                                         | 16 |
| 3. Materiais e métodos .....                                            | 17 |
| 3.1 Área de estudo .....                                                | 17 |
| 3.2 Amostragem .....                                                    | 20 |
| 3.3 Análise de dados .....                                              | 20 |
| 4. Resultados .....                                                     | 21 |
| 4.1 Estruturação das variáveis ambientais .....                         | 21 |
| 4.2 Caracterização e variação dos parâmetros populacionais .....        | 25 |
| 4.3 Efeito das variáveis ambientais sobre a estrutura populacional..... | 32 |
| 5. Discussão .....                                                      | 34 |
| 6. Referências bibliográficas .....                                     | 37 |



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Mapa da área de estudo nos sistemas lagunares de Itaipu-Piratininga, Maricá-Guarapina e Saquarema. ....                                                                                                                                                                    | 18 |
| <b>Figura 2:</b> Valores de temperatura e salinidade nas lagoas costeiras estudadas ao longo de um período de 24 meses (julho/2022 a maio/2024). ....                                                                                                                                       | 22 |
| <b>Figura 3:</b> Análise de componentes principais (PCA) das variáveis abióticas ao longo de um período de 24 meses para as seis lagoas costeiras estudadas. TMG – Tamanho Médio do Grão; MO – Matéria Orgânica Total; CS – Coeficiente de Seleção; T – Temperatura e SA – Salinidade. .... | 25 |
| <b>Figura 4:</b> Variação na abundância (A) e largura do 10° setígero (B) de <i>Laeonereis acuta</i> ao longo das lagoas das lagoas de Piratininga, Itaipu, Maricá, Guarapina, Jacaré e Saquarema. ....                                                                                     | 27 |
| <b>Figura 5:</b> Variação na abundância de <i>Laeonereis acuta</i> nas lagoas costeiras estudadas ao longo de 24 meses (julho/2022 a maio/2024). O eixo com os valores de abundância não está na mesma escala. ....                                                                         | 28 |
| <b>Figura 6:</b> Variação espacial (lagoas) e temporal (estações) da largura do 10° setígero de <i>Laeonereis acuta</i> ao longo de 24 meses para cinco lagoas costeiras. ....                                                                                                              | 29 |
| <b>Figura 7:</b> Valores de média e intervalo de confiança (95%) para largura do 10° setígero em <i>Laeonereis acuta</i> , entre as lagoas, estações e anos. ....                                                                                                                           | 30 |
| <b>Figura 8:</b> Valores de média e intervalo de confiança (95%) para abundância de <i>Laeonereis acuta</i> , entre as lagoas, estações e anos. ....                                                                                                                                        | 32 |
| <b>Figura 9:</b> Efeito da porcentagem de areia no sedimento e da temperatura na largura do 10° setígero. ....                                                                                                                                                                              | 33 |
| <b>Figura 10:</b> Efeito da temperatura porcentagem de areia, matéria orgânica e salinidade na abundância de <i>Laeonereis acuta</i> . ....                                                                                                                                                 | 34 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Caracterização e variação dos parâmetros físico-químicos dos sistemas lagunares de Itaipu, Maricá e Saquarema ao longo de 24 meses.....         | 24 |
| <b>Tabela 2:</b> Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para largura do 10º setígero em <i>Laeonereis acuta</i> , entre as lagoas, estações e anos. ....  | 30 |
| <b>Tabela 3:</b> Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para abundância de <i>Laeonereis acuta</i> , entre as lagoas, estações e anos. ....               | 31 |
| <b>Tabela 4:</b> Modelo Linear Generalizado (GLM) dos efeitos das variáveis ambientais areia e temperatura sobre o tamanho populacional de <i>L. acuta</i> ..... | 32 |
| <b>Tabela 5:</b> Modelo Linear Generalizado (GLM) dos efeitos das variáveis ambientais na abundância de <i>L. acuta</i> . ....                                   | 33 |

## 1. Introdução

Processos ecológicos e evolutivos são responsáveis por moldar a distribuição e diversidade das espécies. Em tese, estes operam em escalas de tempo distintas e, por isso, um exerce pouca influência sobre o outro. Contudo, no nível populacional, fatores ecológicos e evolutivos podem influenciar as taxas de natalidade e mortalidade, afetando assim a demografia populacional (LOWE *et al.*, 2017). Logo, tais processos podem atuar na mesma escala de tempo (SACCHER; HANSKI, 2006), porém, a maneira e a intensidade com que estes interagem é ainda pouco compreendida. Um exemplo dessa interação é o efeito da seleção natural nas populações. Mediada pela interação das variáveis ambientais com a variabilidade genética e fenotípica, a seleção natural pode levar a adaptações locais, que por sua vez podem alterar a dinâmica das populações e a montagem das comunidades (EZARD *et al.*, 2009).

As histórias de vida das espécies refletem respostas adaptativas às condições ambientais e às pressões seletivas exercidas sobre os indivíduos. Nos ecossistemas aquáticos costeiros e marinhos, os invertebrados por terem pouca capacidade de locomoção, acabam experimentando todas as variações ambientais, visto que em muitos casos são incapazes de se deslocarem para outros locais. Além disto, entende-se que o investimento energético em crescimento e reprodução em organismos aquáticos estão frequentemente relacionados à *trade-offs* entre crescimento e reprodução, ao qual influencia diretamente na fecundidade e produção de ovos (SABORIDO-REY & MACCHI, 2021), como observado em crustáceos, que realizam trocas de mudas periódicas, exigindo um gasto considerável de energia e tempo. Esses organismos equilibram o crescimento com estratégias reprodutivas r-estrategistas, produzindo ovos pequenos em maior quantidade, que se desenvolvem em larvas planctônicas (ANGER, 2001).

A variação intraespecífica nas histórias de vida é amplamente observada em espécies de ampla distribuição, como os bivalves do gênero *Mytilus* sp., onde populações em regiões frias investem mais em crescimento e maturidade tardia, enquanto aquelas em áreas tropicais amadurecem mais cedo e reproduzem-se mais frequentemente, refletindo respostas plásticas às pressões seletivas que estas variáveis ambientais exercem sobre as diferentes populações (SEED & SUCHANEK, 1992). Outro exemplo pode ser observado na espécie *Platynereis dumerilii*, cuja

reprodução varia de acordo com as condições locais de salinidade e temperatura, ajustando a fecundidade e a periodicidade reprodutiva (ZANTKE *et al.*, 2013). Destaca-se, também, espécies de poliquetas pertencentes ao gênero *Nereis*, que apresentam ciclos reprodutivos sincronizados com as fases lunares e variações de marés, maximizando a fertilização e dispersão larval (HUTCHINGS *et al.*, 2021).

## **1.1 Lagoas costeiras**

As lagoas costeiras possuem feições e estruturas geomorfológicas diversificada e representam uma zona de transição entre os ambientes terrestre e marinho, sendo caracterizadas pela pouca profundidade, transferência de energia e por funcionarem como depósito natural de matéria orgânica e inorgânica, o que pode ser acentuado por variações naturais, mas também devido a ação antrópica (SUZUKI *et al.*, 1998). Atualmente, as lagoas costeiras podem ser classificadas em lagoas abertas, lagoas com barra de abertura intermitente ou lagoas fechadas, sendo determinadas pelo nível de conexão com o mar (NETO, 2018). As lagoas abertas, também conhecidas como lagunas, possuem barras permanentemente abertas, seja por forças naturais ou artificiais. As lagoas com barras de abertura intermitente, são ambientes que apresentam menor interação com o meio marinho, seja por fechamento de sua barra por períodos sazonais ou não. Já as lagoas fechadas, são também denominadas de lagos costeiros, se apresentam efetivamente como sistemas limnicos e que não possuem quaisquer conectividade com o mar (NETO, 2018)

Ocupando cerca de 12% da costa Sulamericana (KJERFVE, 1996), as lagoas costeiras se enquadram como importantes ecossistemas aquáticos sendo majoritariamente encontradas no Brasil, devido a extensão de seu litoral. No sudeste do Brasil estima-se que as lagoas costeiras atuais surgiram a cerca de 5–7 mil anos atrás devido a flutuações do nível do mar durante o Pleistoceno, sendo consideradas recentes em escala geológica (KJERFVE *et al.*, 1996; MARTIN *et al.*, 2003), embora a ação de ondas e marés também possa contribuir (MARTIN; DOMINGUEZ, 1994).

Este ecossistema apresenta elevada importância socioeconômica e ambiental ao redor do Mundo, sendo utilizadas intensamente através da pesca artesanal por comunidades tradicionais que dependem deste sistema, harmonização paisagística, lazer e turismo, além de contribuir com cerca de 40% dos serviços ecossistêmicos (ZEDLER, 2003) do Mundo, sendo utilizada, por exemplo, como área de reprodução

de peixes e descanso para aves migratórias. Devido a sua recente formação e uso intensivo por ações antrópicas, as lagoas costeiras também são classificadas como corpos d'água sensíveis, de acordo com Miranda *et al.*, (2002), tendo como principais pressões e impactos a urbanização em suas margens, poluição de seu corpo hídrico e mudanças climáticas (KNOPPERS *et al.*, 2005).

Knoppers *et al.*, (2005) e Rocha (2023), ressaltam os efeitos das mudanças climáticas nas lagoas costeiras, como o aumento do nível do mar, proporcionando erosão de suas margens e sanilização do corpo hídrico através de inundações oceânicas, alterando a estrutura do ecossistema, além da ocorrência de eventos extremos, como aumento na precipitação e temperatura, impactando diretamente a produtividade primária local.

Tais ambientes são marcados por flutuações constantes das condições físico-químicas em períodos curtos (sazonais), bem como profundidade, temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido, o que proporciona elevado grau de estresse fisiológico (PÉREZ-RUZAFÁ *et al.*, 2005; MENDES; SOARES-GOMES, 2011). A variação destes parâmetros físico-químicos em ambientes costeiros são amplamente conhecidos, como exposto no trabalho de Soares-Gomes (2011) realizado no sistema lagunas Saquarema-Jaconé, ao qual a salinidade apresenta flutuações entre 5 e 36, perpassando por períodos de água salobra e salina dentro do mesmo sistema, bem como os níveis de oxigenação da água, que variaram entre 2,7 e 26,8 mg/l. Corroborando com o elevado grau de estresse proporcionado nestes ecossistemas, o Consórcio Intermunicipal Lagos São João (CILSJ, 2012) caracteriza a lagoa de Araruama como hipersalina, com salinidade média anual de 44. Cabe ressaltar, também, a lagoa do Visgueiro, situada no norte do Estado do Rio de Janeiro, que possui como principal característica sua condição hipersalina, apresentando salinidade superior ao encontrado em águas marinhas (ENRICH-PRAST *et al.*, 2004). Dessa forma, os indivíduos presentes podem estar sujeitos a um forte regime de seleção, principalmente no caso de espécies bentônicas, visto que passam todo o ciclo de vida no ambiente sedimentar das lagoas (IANNOTTA *et al.*, 2008; SANFORD; KELLY, 2011).

No estado do Rio de Janeiro é possível encontrar uma série de sistemas lagunares que formam uma paisagem descontínua para as populações de espécies de grupos predominantes no sistema bentônico, como crustáceos, moluscos e

anelídeos (MENDES & SOARES-GOMES, 2011). Assim como outras lagoas ao redor do mundo, os grupos existentes apresentam baixa riqueza e elevada abundância (BARNES *et al.*, 2013).

## **1.2 *Laeonereis acuta***

O gênero *Laonereis* Hartman, 1945 pertence a família Nereididae e é amplamente distribuída ao longo da costa ocidental do Atlântico, ocorrendo desde os EUA até o Uruguai em fundos arenosos e lamacentos, tendo a espécie *Laeonereis acuta* sua distribuição no sudeste e sul do Brasil (SAMPLIERI *et al.*, 2021). Este organismo bentônico é encontrado predominantemente em ambientes estuarino, onde desempenha papéis ecológicos importantes na dinâmica dos ecossistemas (PALOMBO *et al.*, 2004). É um organismo detritívoro, alimentando-se de matéria orgânica em decomposição. Esse comportamento é fundamental para a bioturbação do solo marinho, promovendo a aeração e a homogeneização do sedimento (MEYER *et al.*, 2013).

No que tange sua reprodução, esta ocorre de maneira sexuada com demarcação sazonal, apresentando picos de atividades reprodutivas durante a primavera e o verão (HUTCHINGS, 1990; OMENA & AMARAL, 2000; MARTIN; BASTIDA, 2006) em uma condição ática, e apenas uma vez durante o ciclo de vida, onde os adultos morrem entre 10 e 16 dias após a desova (MAZURKIEWICZ, 1975). De acordo com Mazurkiewicz (1975), a desova ocorre no sedimento e as fêmeas depositam os óvulos em seus tubos mantendo-os irrigados através da produção de uma corrente de água proporcionada por movimentos ondulatórios, permitindo a entrada dos espermatozoides. Após este processo, a maturidade dos indivíduos é alcançada após seis meses. Importante ressaltar que, os indivíduos maduros sexualmente são distinguíveis pelas modificações em sua coloração, indivíduos imaturos possuem coloração avermelhada, enquanto indivíduos maduros possuem coloração esverdeada (MAZURKIEWICZ, 1975). Sendo assim, indivíduos desta espécie apresentam ciclo de vida curto, que podem durar cerca de 12 meses, a depender do grau de estresse ambiental ao qual as populações estão submetidas (WEIS, 2017).

Cabe destacar seu papel na transferência de energia na cadeia trófica, atuando como produtor secundário e como importante fonte de alimento para peixes e crustáceos de relevância comercial, integrando-se diretamente nas teias

alimentares destes ecossistemas (AMARAL *et al.*, 1994; BRAGA *et al.*, 2005).

Espécies de poliquetas, como *L. acuta*, são consideradas bioindicadoras de qualidade ambiental em áreas estuarinas, haja vista, que, sua ocorrência está associada a diferentes níveis de poluição orgânica, reforçando sua utilização em programas de monitoramento da qualidade ambiental (SANTOS *et al.*, 2005). A plasticidade ecológica dessa espécie contribui para sua alta resiliência em relação às mudanças nas variáveis ambientais e à perturbação antrópica, bem como sedimentação excessiva, flutuações de salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e poluição, típicos de estuários e lagoas costeiras, compreendendo-se como uma espécie eurialina, ou seja, elevada tolerância à variações significativas nas condições físico-químicas, proporcionando sua sobrevivência e ocorrência em ambientes não colonizados por outras espécies bentônicas, além de uma ampla distribuição em zonas com influência marinha e salobras (AMARAL *et al.*, 2005; BORGES *et al.*, 2005; 2006 MENDES & SOARES-GOMES 2011; 2013). No que se refere a sua distribuição, pode-se destacar a sua ocorrência em lagoas costeiras, (MENDES & SOARES-GOMES, 2011; 2013; LEITÃO, 2014; SEIXAS *et al.*, 2018), praia de baía (OMENA & AMARAL, 2000); estuário (MARTÍN & BASTIDA, 2006; WEIS, 2017) e no rio Parnaíba (PAMPLIN *et al.*, 2007).

No entanto, apesar de sua dominância nas lagoas costeiras e sua resistência a condições de estresse, níveis elevados de poluentes e a degradação contínua dos habitats podem afetar negativamente as populações de *L. acuta*, causando declínios locais em sua abundância e diversidade (PÉREZ *et al.*, 2011; AMARAL *et al.*, 2013).

Desta forma, o estudo comparativo sobre a dinâmica populacional desta espécie em ambientes sob diferentes condições ambientais, representam um importante ganho de informação de como diferentes regimes de seleção impostos as lagoas costeiras podem favorecer diferentes histórias de vida e resultar em diferenças na dinâmica das populações.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo geral**

Estudar a estrutura populacional da espécie *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) nas lagoas costeiras de Piratininga, Itaipu, Maricá, Guarapina, Jaconé e Saquarema para entender como as variáveis ambientais influenciam na história de vidas das populações.

### **2.2 Objetivos específicos**

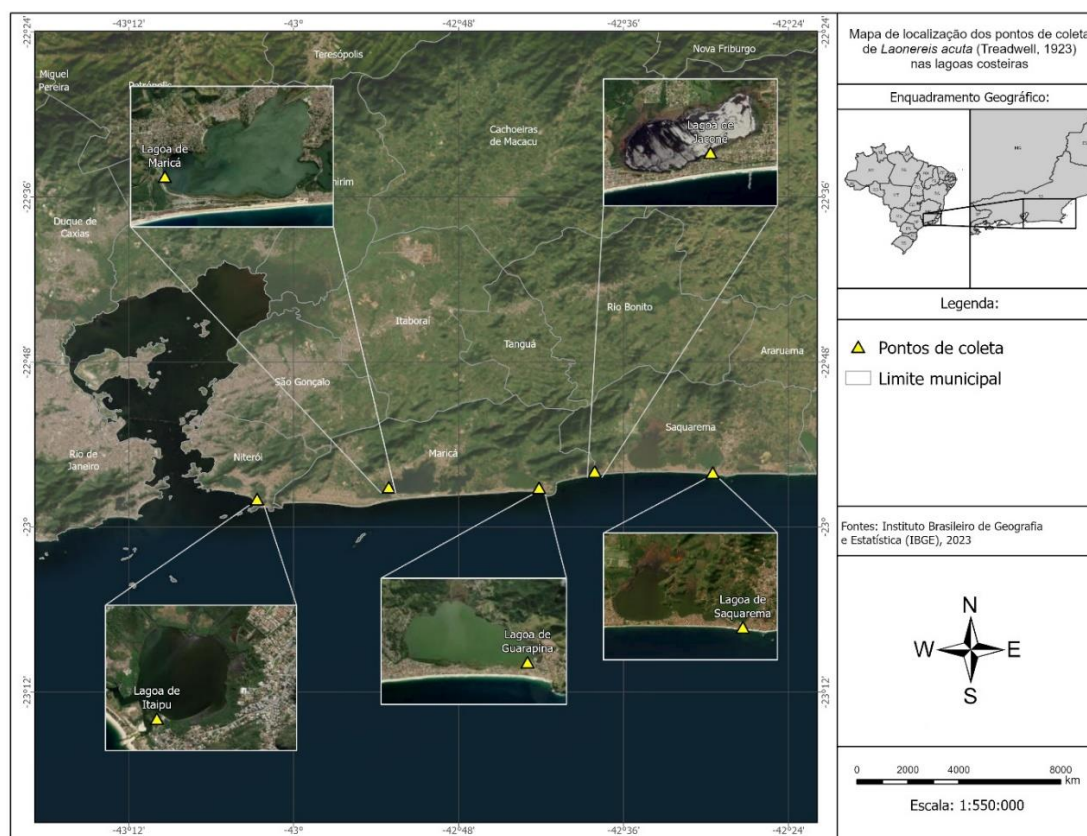
- Avaliar a estruturação das variáveis ambientais ao longo do espaço e do tempo para identificar similaridade entre lagoas e períodos;
- Descrever a variação espacial da abundância e do tamanho dos indivíduos ao longo das seis lagoas costeiras;
- Descrever a variação temporal da abundância e do tamanho dos indivíduos ao longo dentro das lagoas por um período de 24 meses;
- Testar se há relação entre as variáveis ambientais e a estrutura populacional.



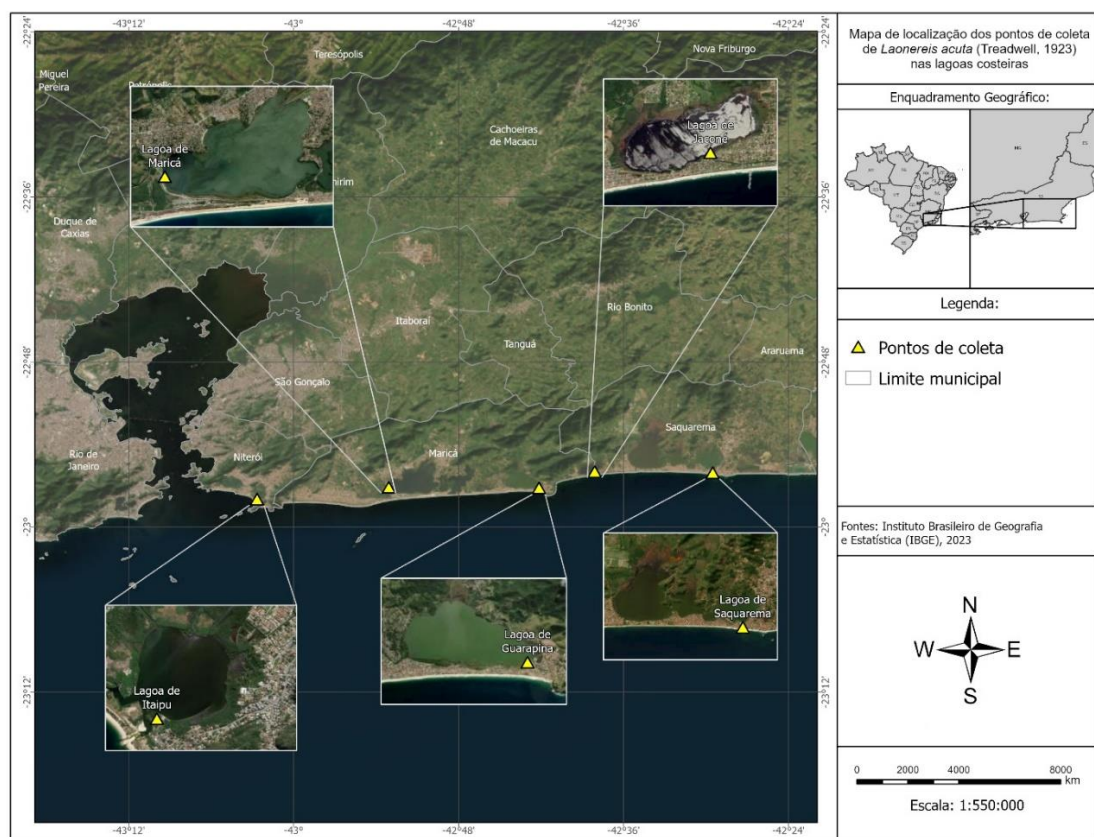
### 3. Materiais e métodos

#### 3.1 Área de estudo

O litoral do estado do Rio de Janeiro, que se localiza aproximadamente entre a latitude 21°15'S e 23°20'S e a longitude de 44°50'O e 40°60'O, é marcado por uma série de lagoas costeiras. Ao longo de cerca de 70 km, entre os municípios de Niterói e Saquarema, são encontrados três sistemas lagunares (Itaipu-Piratininga, Maricá-Guarapina e Saquarema) que no geral são formadas por uma (ou mais) lagoas internas que estão conectadas a uma lagoa externa, que por sua vez, está conectada ao oceano através de um canal permanente ou não (



**Figura 1).** A partir disto, as coletas foram realizadas mensalmente nas lagoas de Itaipu, Piratininga, Maricá, Guarapina, Jacaré e Saquarema. Tais lagoas e pontos de amostragem diferem em área, profundidade média, salinidade, ligação com o oceano, tempo de renovação das águas e estado de eutrofização (KNOPPERS *et al.*, 1991).



**Figura 1:** Mapa da área de estudo nos sistemas lagunares de Itaipu-Piratininga, Maricá-Guarapina e Saquarema.

No que tange ao Sistema Lagunar Itaipu-Piratininga, a Lagoa de Itaipu está inserida no município de Niterói, ocupando cerca de 1 km<sup>2</sup> de área e regiões alagadas que chegam a 2 km<sup>2</sup>, sendo separada do mar por formações de restinga e cordões arenosos. Possui profundidade média de 1 metro e variação de salinidade, proveniente da entrada de águas oceânicas através do canal, sendo influenciada também, por fortes períodos de precipitação (MACH & LONGO, 1998; REIS *et al.*, 2023). A composição sedimentológica apresenta, de maneira geral, um sedimento orgânico pouco estabilizado, proveniente da maior taxa de renovação com o oceano (MACH & LONGO, 1998). Além disto, a lagoa sustenta atividades de pesca artesanal, ameaçadas pela poluição e urbanização de áreas adjacentes (BASTOS, 2023). Não obstante, a Lagoa de Piratininga, apresenta maior proporção, com cerca de 2,87 km<sup>2</sup> de área, profundidade média de 0,6 metros, onde sua salinidade e nível de água pouco variam devido à obstrução do Canal do Tibau, canal este de ligação entre a lagoa e o mar mas que apresenta baixa eficácia, e, em menor escala, com o Canal Camboatá, conectando a Lagoa de Piratininga com a Lagoa de Itaipu, formando o Complexo

Lagunar Itaipu-Piratininga (EMUSA, 2024).

O Sistema Lagunar Maricá-Guarapina possui área de 34 km<sup>2</sup> e corpo d'água com profundidade média de 1 metro, sendo composto por cinco lagoas costeiras (Lagoa Brava, Lagoa de Maricá, Lagoa da Barra, Lagoa do Padre e Lagoa de Guarapina), conectadas entre si por canais internos, tendo sua conexão com o mar através do Canal Artificial de Ponta Negra, este localizado na Lagoa de Guarapina (CBH-BG, 2022; CRUZ *et al.*, 1996; CRUZ, 2010). Sendo assim, a Lagoa de Maricá é caracterizada como a lagoa mais interna e com a maior extensão de área dentro do sistema lagunar (18 km<sup>2</sup>), apresentando águas salobras e composta por sedimentos de origem continental e marinha (CBH-BG, 2022). Por outro lado, a Lagoa de Guarapina possui 6 km<sup>2</sup> de espelho d'água, apresentando salinidades mais elevadas devido a proximidade do Canal de Ponta Negra (CRUZ *et al.*, 1996; CRUZ, 2010; GUIMARÃES *et al.*, 2019). Historicamente, o Sistema Lagunar Maricá-Guarapina sustenta a economia por meio do turismo e da pesca, no entanto, a expansão urbana desordenada e a sobrecarga de efluentes representam ameaças à biodiversidade e moradores da região (SANTOS *et al.*, 2018; CBH-BG, 2022).

As Lagoas de Saquarema e Jaconé, inseridas no Sistema Lagunar de Saquarema, representam um importante corpo d'água para o Estado do Rio de Janeiro, tendo sua ligação com o mar ocorrendo exclusivamente através do Canal da Barra, que sofre com assoreamento e consequente obstrução, dificultando a renovação de águas (TCE-RJ, 2008; OLIVEIRA, 2013). Neste âmbito, a Lagoa de Saquarema possui 24 km<sup>2</sup> de espelho d'água, enquanto a Lagoa de Jaconé apresenta 4 km<sup>2</sup>, onde ambas variam sua profundidade média entre 0,8 e 1,2 metros (CBH-LSJ, 2021). Com relação a salinidade, o Comitê de Bacia Lagos São João (2021), caracteriza a Lagoa de Jaconé como água salobra, enquanto a Lagoa de Saquarema apresenta-se como salina no inverno e salobra no verão, devido a variação sazonal de precipitação. Historicamente, no aspecto socioeconômico as lagoas se caracterizam através das atividades de pesca e turismo, como destaca o Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (2008). Cabe ressaltar que, neste estudo, a Lagoa de Saquarema tende a ser caracterizada como salina independente do período sazonal, visto a proximidade da região amostral com o Canal da Barra e o mar. Outrossim, o Sistema Lagunar apresenta diversos ecossistemas associados, bem como manguezais, brejos e praias (BIDEGAIN, 2005; TCE-RJ, 2008).

### 3.2 Amostragem

Os espécimes foram coletados mensalmente por um período de dois anos. Na margem de cada lagoa foi determinado um ponto de amostragem fixo de aproximadamente 10 m<sup>2</sup>. Dentro desta área foram realizadas cinco coletas aleatórias utilizando amostrador cilíndrico de PVC (“cores”) de 15×20 cm (diâmetro × altura). O sedimento coletado foi elutriado e peneirado *in situ* em malha de 1,0 e 0,5mm, sobrepostas. Os indivíduos obtidos foram anestesiados com cloreto de magnésio à 8%, fixados em álcool 70% e armazenados para análises posteriores.

As variáveis ambientais foram mensuradas durante o período de 24 meses de amostragem com o intuito de se caracterizar e estruturar as lagoas ao longo do espaço e do tempo. A variação e estruturação das variáveis ambientais na coluna d’água foram registradas através da temperatura e salinidade, além da composição sedimentológica e granulométrica, obtida através dos valores de matéria orgânica, silte + argila, tamanho médio do grão, cascalho, areia e coeficiente de seleção das lagoas, através dos valores de mínimo, máximo e desvio padrão variáveis ambientais supracitadas. No que tange a análise de matéria orgânica, as amostras foram submetidas a secagem através da exposição em estufa à 105°C por um período de 12 horas, em seguida foram pesadas e inseridas em forno mufla à 500°C por um período de 6 horas, a fim de se obter o peso livre de material orgânico, ao qual, foram novamente pesadas e obtidos o valor de Matéria Orgânica Total. No que concerne a análise granulométrica foi realizada na Unidade Multiusuário de Análises Ambientais da Universidade Federal do Rio de Janeiro, a partir do método de separação dos grãos através de peneiramento a seco, com o objetivo de separar grão maiores e menores à 2 mm, ao qual, grãos menores que 2 mm foram analisados no granulômetro a laser Malvern, modelo Hydro 2000 UM, de acordo com bibliografia especializada (WENTWORTH, 1922; SHEPARD, 1954; WAND, 1957; SUGUIO, 1973; DIAS & FERRAZ, 2004; FOLK & BLOTT, 2010). Cabe destacar que, para análise de matéria orgânica e granulometria, não foram realizadas réplicas.

### 3.3 Análise de dados

Os parâmetros populacionais (variável resposta) considerados para cada coleta foram: abundância e tamanho dos indivíduos (largura do 10º setígero). Para

testar se há variação espacial (entre lagoas) e temporal (entre meses) em relação aos parâmetros populacionais foram utilizados modelos lineares (LM) e lineares generalizados (GLM). A estrutura espacial e temporal das variáveis ambientais (variáveis preditoras) foram visualizadas a partir da análise de componentes principais (PCA) e testadas com análise de variância multivariada por permutação (PERMANOVA) para caracterizar ambientalmente as lagoas. Por fim, para avaliar se e como as variáveis ambientais influenciam os parâmetros populacionais, também foram utilizados modelos lineares e/ou generalizados. Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* R, utilizando os pacotes *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2017), *MuMIn* (BARTON, 2024), *lme4* (BATES *et al.*, 2015), *ggeffects* (LÜDECK, 2018), *effects* (FOX & WEISBERG, 2019) e *datawizard* (PATIL *et al.*, 2022).

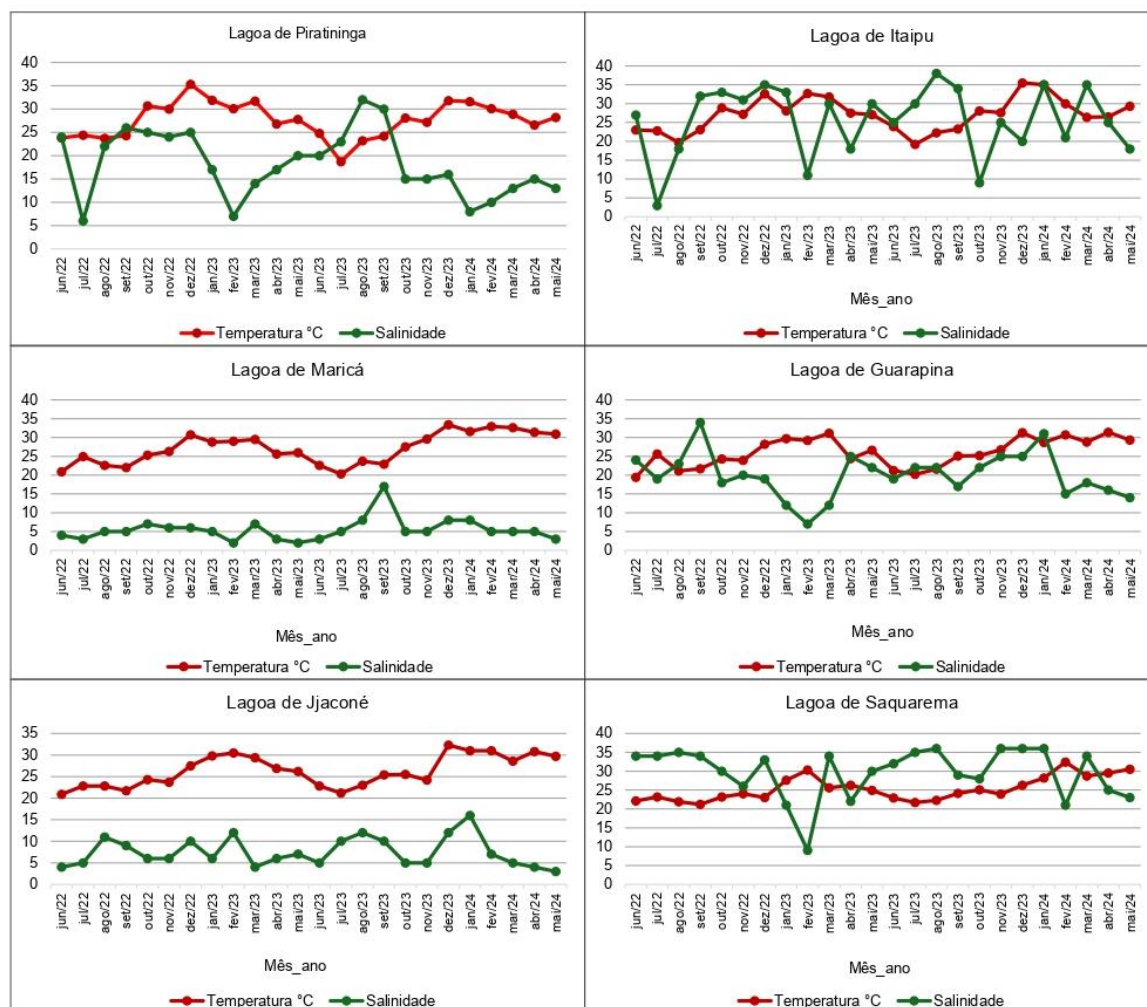
## 4. Resultados

### 4.1 Estruturação das variáveis ambientais

A partir disto, os maiores valores de temperatura podem ser observados nas lagoas de Itaipu (32,7°C), Saquarema (32,4°C) e Jaconé (32,3°C), respectivamente. Não obstante, as lagoas de Piratininga (18,7°C), Itaipu (19,2°C) e Guarapina (19,4°C) compuseram as lagoas com os menores valores deste gradiente ambiental (**Tabela 1** e **Figura 2**). Cabe destacar, também, as lagoas que apresentaram maior amplitude térmica ao longo dos 24 meses. Neste âmbito, as maiores variações entre valor mínimo e máximo, caracterizando a amplitude térmica nas lagoas foram observadas na lagoa de Itaipu (13,5°C), Guarapina (12°C), Piratininga (11,4°C), Jaconé (11,4°C), Saquarema (11,2°C) e Maricá (9,2°C) (**Figura 2**). Com base nos resultados expostos, é possível observar que a lagoa de Itaipu está entre as lagoas com os maiores e menores valores de temperatura, bem como de amplitude térmica. Este resultado é pautado através do ponto de amostragem nesta lagoa, ao qual sofre influência direta do seu canal de ligação de com o mar, que por sua vez sofre processos marcantes de assoreamento, proporcionando momentos de reduzida profundidade e até mesmo de exposição do sedimento por longos períodos.

Com relação aos valores máximos de salinidade, destaca-se as lagoas de Itaipu (38), Saquarema (36) e Guarapina (34) com os maiores valores e, Piratininga (24), Maricá (17) e Jaconé (16) com os menores (**Figura 2**). Não obstante, no que tange aos valores mínimos de salinidade, denota-se Maricá (2), Itaipu (3), Jaconé (3), Guarapina (7), Saquarema (9) e Piratininga (13). Este resultado reflete o contato dos

respectivos sistemas lagunares, haja vista que, Itaipu, Saquarema e Guarapina são lagoas com maior proximidade do canal de ligação com o mar, recebendo maior influência marinha, enquanto Piratininga, Maricá e Jaconé são lagoas que recebem menor influência marinha e, conseqüentemente, menores valores de salinidade (Figura 2).



**Figura 2:** Valores de temperatura e salinidade nas lagoas costeiras estudadas ao longo de um período de 24 meses (julho/2022 a maio/2024).

No que tange a composição sedimentológica e granulométrica, as lagoas apresentaram como componente principal a areia, ressaltando ainda que, os maiores valores de cascalho em sua composição sedimentológica foram registrados em Piratininga (23,7%) e Saquarema (11,7%), enquanto Piratininga, Maricá e Saquarema apresentaram os maiores valores da composição silte + argila, sendo 6,4%; 4,1% e



3,6%, respectivamente (**Tabela 1**). Outrossim, as lagoas que apresentam maiores valores de matéria orgânica total foram Guarapina (14,5%) e Piratininga (12,3%).

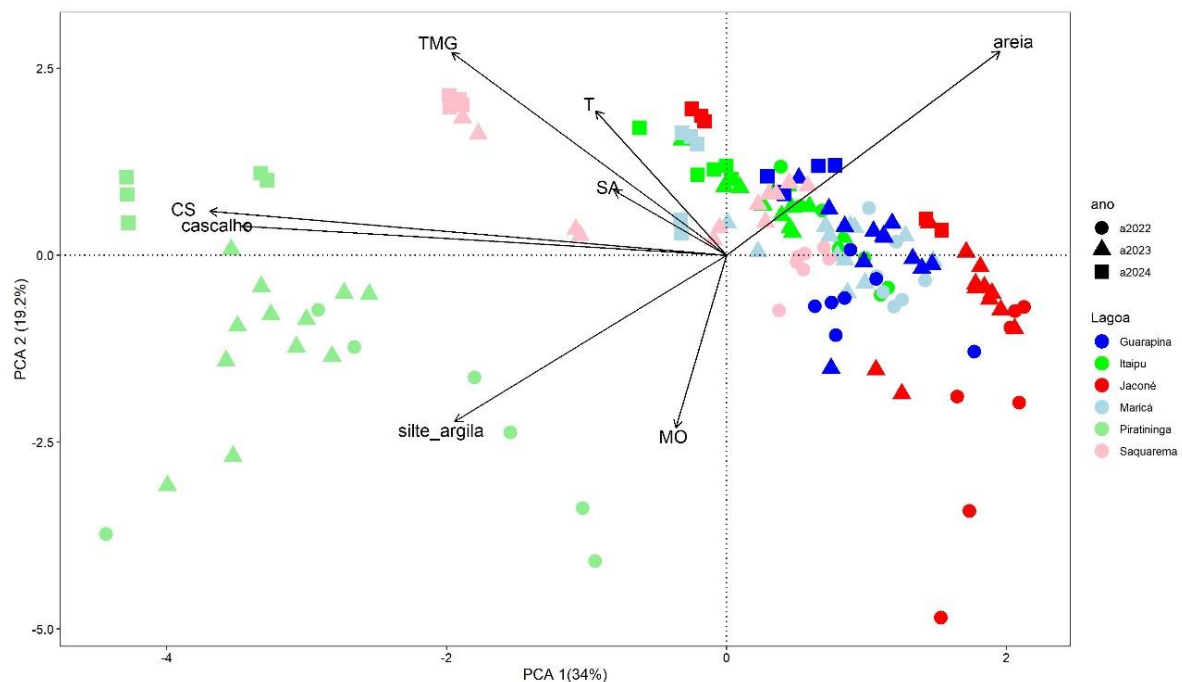
Partindo da caracterização das variáveis ambientais descritas acima, as semelhanças entre as lagoas costeiras podem ser observadas na **Figura 3** através da Análise de Componentes Principais (PCA), evidenciando que a lagoa de Piratininga apresenta menor similaridade com as demais lagoas, independente do período estudado. Estruturalmente, a lagoa de Piratininga apresentou uma grande variação em sua composição granulométrica durante o período de estudo, tendo como característica no início do estudo um fundo composto majoritariamente por silte + argila e com alto teor de matéria orgânica, com o decorrer das amostragens, se estruturando como um fundo predominantemente de cascalho (**Figura 3**). Ainda neste contexto, as demais lagoas apresentaram similaridade quanto a composição sedimentológica, com seu fundo sendo composto majoritariamente por areia ao longo dos anos de estudo (**Figura 3**). Além disso, nota-se que no decorrer das amostragens, as lagoas mensuradas apresentaram um aumento na temperatura e uma composição de areia com grãos maiores (**Figura 3**).

**Tabela 1:** Caracterização e variação dos parâmetros físico-químicos dos sistemas lagunares de Itaipu, Maricá e Saquarema ao longo de 24 meses.

| Parâmetros                | Piratininga |             | Itaipu     |             | Maricá    |             | Guarapina  |             | Jaconé     |             | Saquarema  |               |
|---------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|---------------|
|                           | Média±SD    | Min/Max     | Média±SD   | Min/Max     | Média±SD  | Min/Max     | Média±SD   | Min/Max     | Média±SD   | Min/Max     | Média±SD   | Min/Max       |
| <b>Temperatura (°C)</b>   | 27,3 ± 6,2  | 18,7 / 30,1 | 26,6 ± 4,4 | 19,2 / 32,7 | 27,1 ± 4  | 20,3 / 29,5 | 26,1 ± 3,7 | 19,4 / 31,4 | 26,3 ± 3,5 | 20,9 / 32,3 | 25,3 ± 3,1 | 21,2 / 32,4   |
| <b>Salinidade</b>         | 18,2 ± 6,9  | 13 / 24     | 25,6 ± 9   | 3 / 38      | 5,5 ± 3   | 2 / 17      | 20 ± 5,9   | 7 / 34      | 7,5 ± 3,3  | 3 / 16      | 30 ± 6,6   | 9 / 36        |
| <b>MO (%)</b>             | 3,3 ± 2,4   | 1,3 / 12,3  | 0,6 ± 0,1  | 0,4 / 0,9   | 0,8 ± 0,8 | 0,3 / 4,3   | 1,2 ± 2,9  | 0,4 / 14,46 | 3,4 ± 2,6  | 0,2 / 3,76  | 0,6 ± 0,2  | 0,2 / 1,2     |
| <b>Silte + Argila (%)</b> | 0,9 ± 1,4   | 0,0 / 6,40  | 0,3 ± 0,4  | 0,0 / 1,40  | 0,4 ± 0,6 | 0,0 / 4,1   | 0,3 ± 0,4  | 0,0 / 1,6   | 0,2 ± 0,4  | 0,0 / 3     | 0,3 ± 0,6  | 0,0 / 3,6     |
| <b>TMG (phi)</b>          | 1,8 ± 0,3   | 1 / 2,3     | 1,1 ± 0,2  | 1 / 1,3     | 1 ± 0,1   | 0,9 / 1,3   | 0,8 ± 0,2  | 0,2 / 1     | 0,2 ± 0,5  | 0,0 / 1,73  | 1,1 ± 0,2  | 0,86 / 1,38   |
| <b>Cascalho (%)</b>       | 10,5 ± 5,8  | 0,5 / 23,7  | 0,3 ± 0,2  | 0,0 / 0,7   | 0,3 ± 0,2 | 0,0 / 0,8   | 0,1 ± 0,2  | 0,0 / 0,6   | 0,6 ± 0,5  | 0,1 / 1,7   | 2 ± 3,4    | 0,21 / 11,72  |
| <b>Areia (%)</b>          | 82,3 ± 6,5  | 69,4 / 97,1 | 97,1 ± 1,1 | 95,3 / 99   | 97 ± 2,2  | 92,1 / 99,6 | 97,3 ± 1,6 | 94 / 100    | 98 ± 1,9   | 92 / 99,4   | 95,4 ± 4,7 | 82,28 / 98,87 |
| <b>CS</b>                 | 1,8 ± 0,3   | 1 / 2,3     | 0,9 ± 0,1  | 0,7 / 1,1   | 0,8 ± 0,3 | 0,7 / 1,6   | 0,8 ± 0,1  | 0,6 / 1     | 0,9 ± 0,1  | 0,74 / 1,26 | 1 ± 0,3    | 0,81 / 1,82   |

Legenda: SD – desvio padrão, Min – mínimo; Max – máximo; MO – matéria orgânica; TMG – tamanho médio do grão; CS – coeficiente de seleção





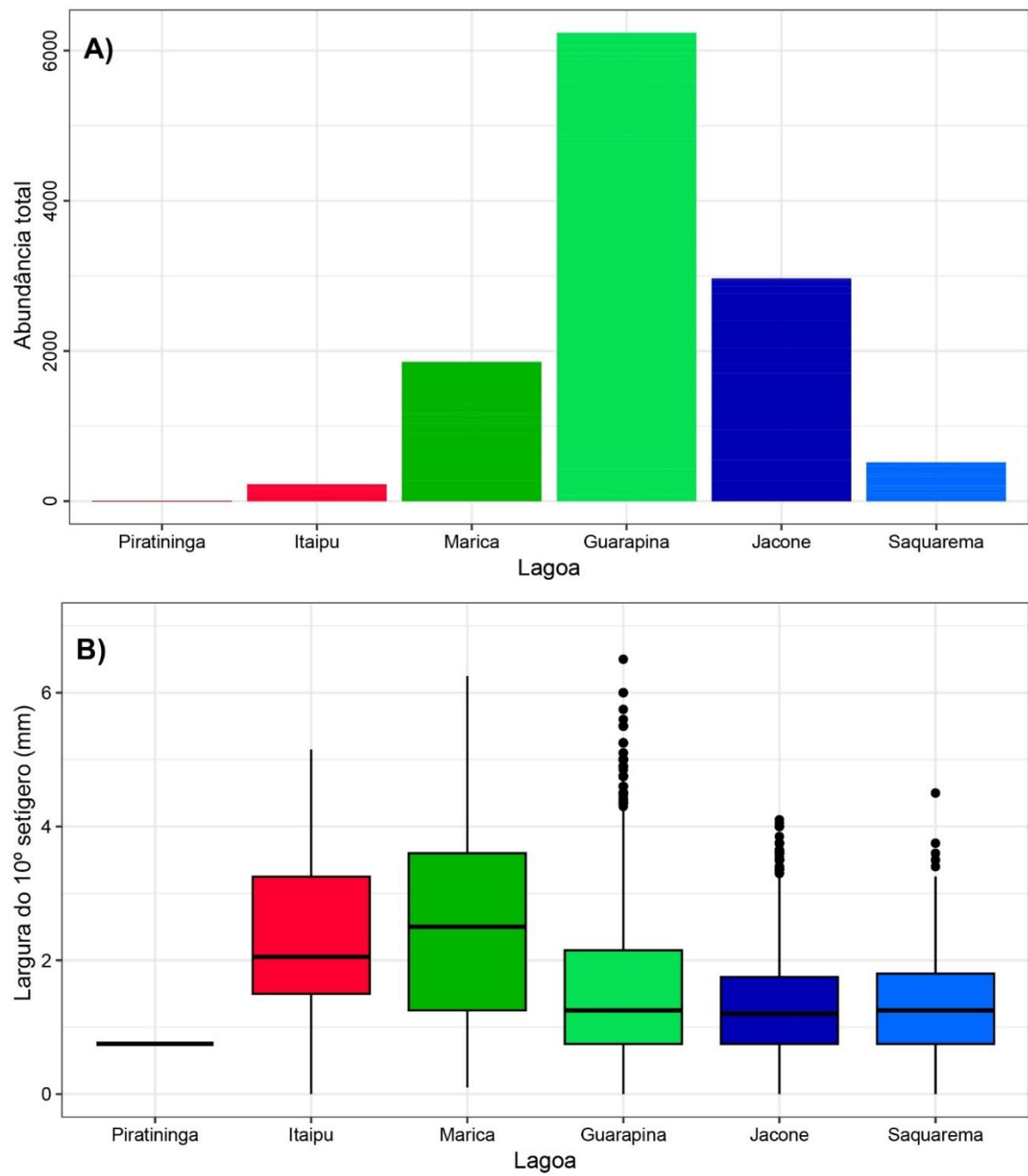
**Figura 3:** Análise de componentes principais (PCA) das variáveis abióticas ao longo de um período de 24 meses para as seis lagoas costeiras estudadas. TMG – Tamanho Médio do Grão; MO – Matéria Orgânica Total; CS – Coeficiente de Seleção; T – Temperatura e SA – Salinidade.

## 4.2 Caracterização e variação dos parâmetros populacionais

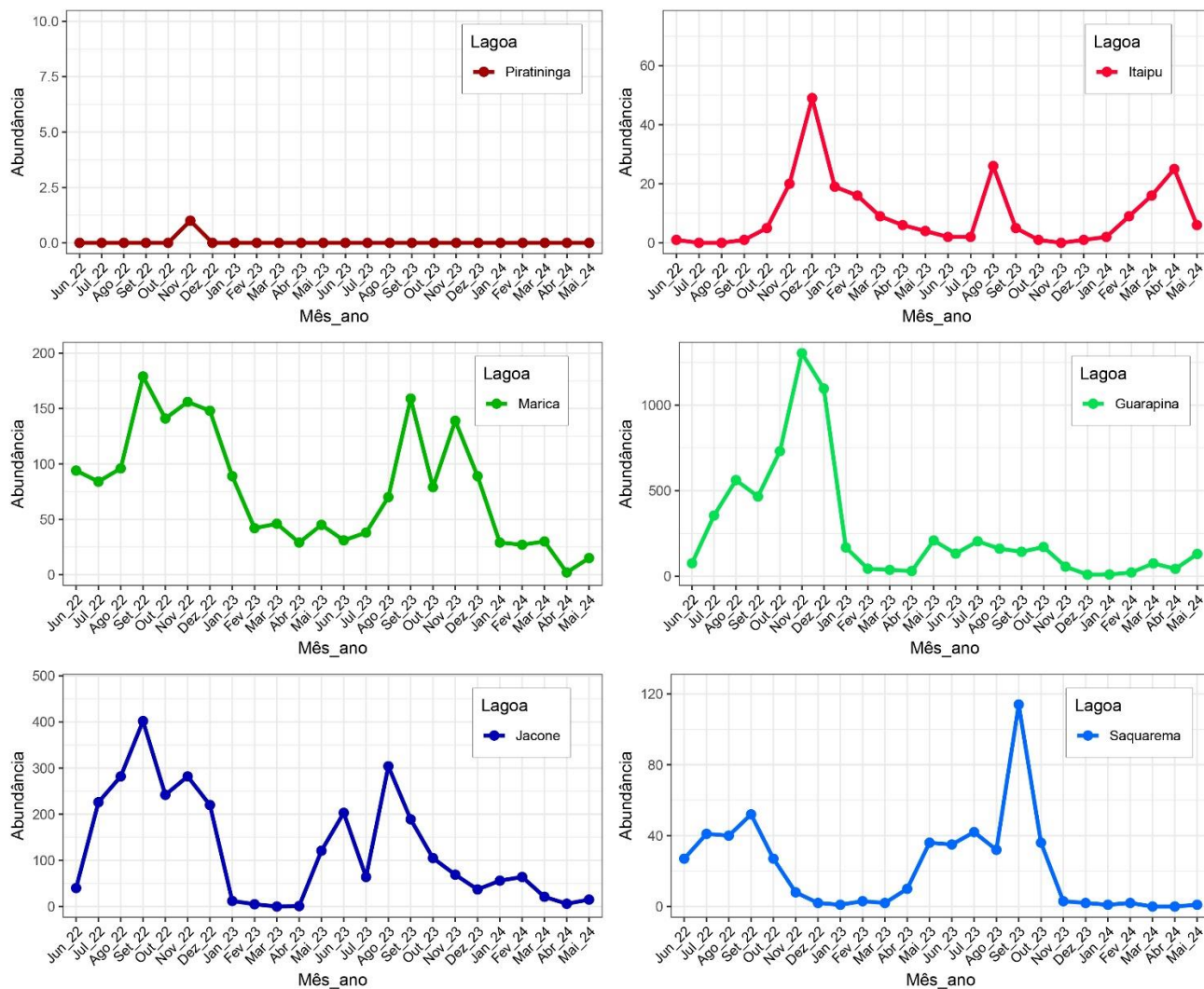
No total, 11.532 indivíduos de *Laonereis acuta* foram medidos ao longo de 24 meses nas lagoas costeiras. Destes, a lagoa de Guarapina apresentou a maior abundância durante o período de estudo, com 6.144 indivíduos, representando 53,27% da abundância total registrada, seguido por Jacaré (2.968 ind.), Maricá (1.758 ind.), Saquarema (438 ind.), Itaipu (223 ind.) e Piratininga (1 ind.) (**Figura 4A**). Nota-se que, na lagoa de Itaipu, durante o primeiro ano, as maiores abundâncias foram observadas durante a primavera, enquanto que no segundo ano, houve um pico de abundância no inverno e uma crescente na abundância a partir do final do verão se estendendo durante o outono (**Figura 4**). Nas demais lagoas, os maiores picos de abundância foram observados durante a primavera, com exceção da lagoa de Guarapina. Já os meses do verão, foram marcados por declínio das populações (**Figura 5**). Com relação a lagoa de Guarapina, esta apresentou o maior pico de abundância durante a primavera do primeiro ano, com declínio no verão, e no segundo ano, apresentou maior abundância no inverno, com declínio durante a primavera

(**Figura 5**). Além disto, cabe destacar que, a lagoa de Guarapina que apresentou maior abundância ao longo dos 24 meses de estudo (**Figura 5**).

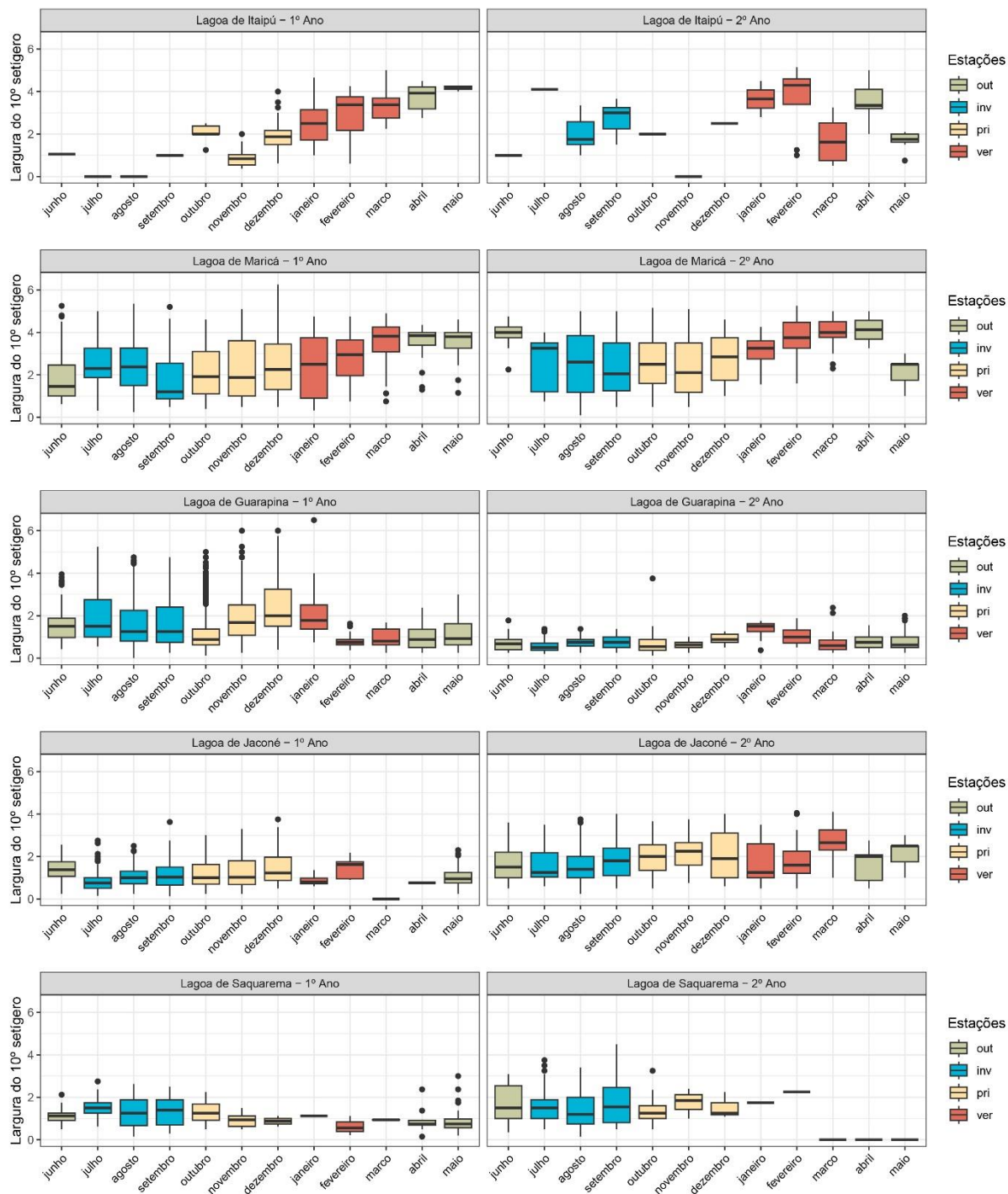
Com relação a variação do tamanho dos indivíduos (largura do 10º setígero) ao longo dos 24 meses, a lagoa de Maricá apresentou maior valor de mediana, seguido de Itaipu, Guarapina, Saquarema e Jaconé (**Figura 4A**). A lagoa de Itaipu apresentou os maiores indivíduos durante o outono (maio/2023) e verão (fevereiro/2024) dos respectivos anos (**Figura 6**), variando ao longo do estudo entre 0,4 e 5,1 mm. A lagoa de Maricá, assim como Itaipu, apresentou os maiores indivíduos durante o outono e verão em ambos os anos (**Figura 6**), com indivíduos variando entre 0,1 e 6,2 mm. Na lagoa de Guarapina, é possível observar que durante o primeiro ano, os maiores indivíduos foram registrados na primavera (dezembro/2023) (**Figura 6**), apresentando valores entre 0,1 e 6,5 mm durante o período de estudo. No segundo ano, os maiores foram observados no verão (janeiro/2024) e os indivíduos se caracterizaram por menor tamanho quando comparado com o ano anterior (**Figura 6**), apresentando baixa variação de tamanho ao longo do tempo, variando entre 0,1 e 2,3 mm. A lagoa de Jaconé apresentou indivíduos maiores durante o verão, tanto no primeiro (fevereiro/2023) quanto no segundo ano (março/2024) (**Figura 6**). Na lagoa de Saquarema os maiores indivíduos foram observados durante o inverno do primeiro ano (julho/2022) e outono do ano seguinte (junho/2023) (**Figura 6**), variando entre 0,1 e 4,1mm e 0,1 e 4,5 mm, respectivamente, durante o estudo.



**Figura 4:** Variação na abundância (A) e largura do 10º setígero (B) de *Laeonereis acuta* ao longo das lagoas das lagoas de Piratininga, Itaipu, Maricá, Guarapina, Jacone e Saquarema.



**Figura 5:** Variação na abundância de *Laeonereis acuta* nas lagoas costeiras estudadas ao longo de 24 meses (julho/2022 a maio/2024). O eixo com os valores de abundância não está na mesma escala.



**Figura 6:** Variação espacial (lagoas) e temporal (estações) da largura do 10º setígero de *Laeonereis acuta* ao longo de 24 meses para cinco lagoas costeiras.

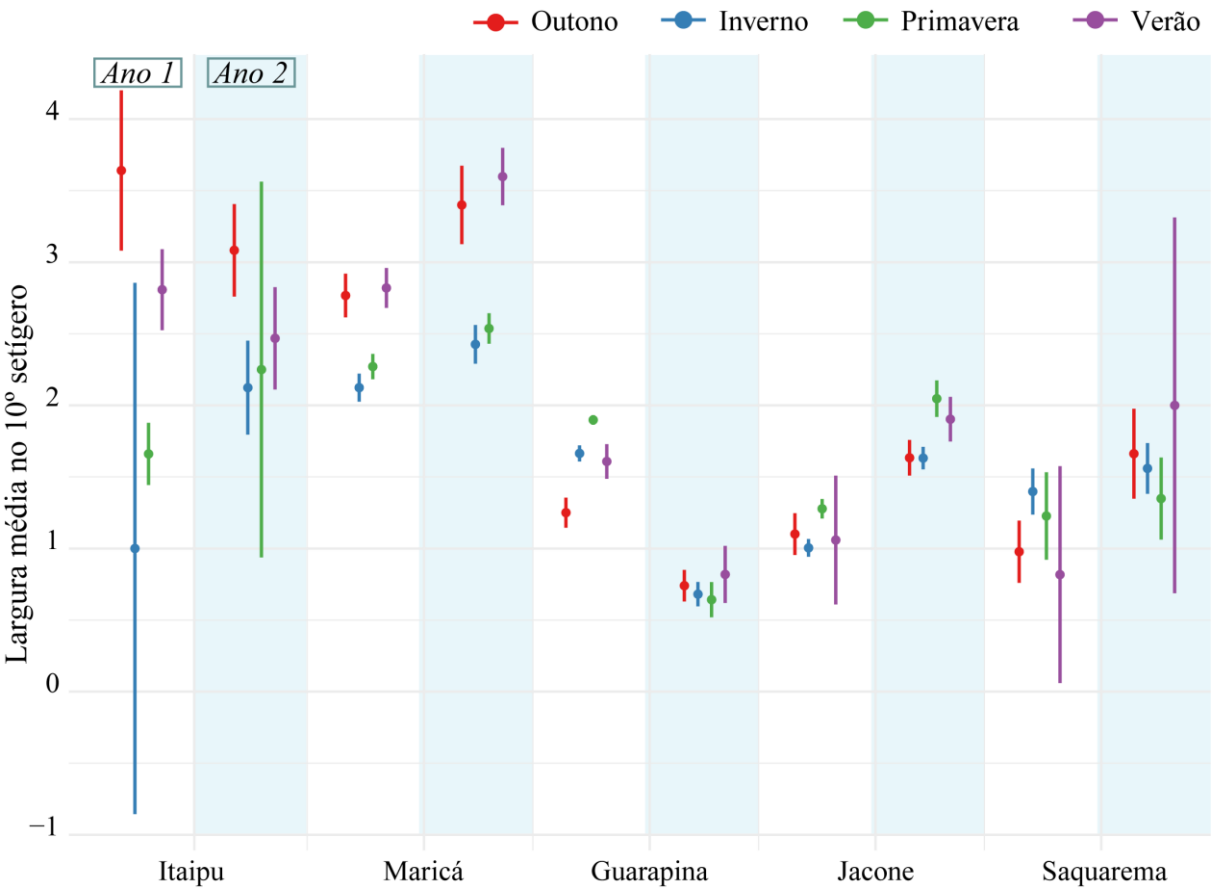
O tamanho dos indivíduos apresentou variação significativa entre lagoas ( $F=465,6$ ;  $p<0,0001$ ), estações ( $F=112,4$ ;  $p<0,0001$ ) e anos ( $F=23,4$ ;  $p<0,0001$ ) (**Tabela 2**). Neste âmbito, destaca-se a interação entre lagoas e anos ( $F=281,9$ ;  $p<0,0001$ ) (**Tabela 2**), onde apresentaram, de maneira geral, variação significativa no tamanho dos indivíduos, com a lagoa de Maricá apresentando os maiores indivíduos durante o

verão do segundo ano. Além disto, nota-se que, nas lagoas de Maricá, Jacané e Saquarema, as populações apresentaram menor tamanho e maior abundância durante o primeiro ano e, maior tamanho e menor abundância no ano seguinte.

**Tabela 2:** Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para largura do 10º setígero em *Laeonereis acuta*, entre as lagoas, estações e anos.

|                       | GL    | Soma dos Quadrados | F       | P       |
|-----------------------|-------|--------------------|---------|---------|
| Lagoa                 | 4     | 1669,568           | 465,636 | 2.2E-16 |
| Estação               | 3     | 302,325            | 112,423 | 2.2E-16 |
| Período               | 1     | 20,957             | 23,380  | 1,3E-06 |
| Lagoa:Estação         | 12    | 467,119            | 43,426  | 2,0E-16 |
| Lagoa:Período         | 4     | 1010,956           | 281,951 | 2,4E-16 |
| Estação:Período       | 3     | 35,908             | 13,353  | 1,1E-08 |
| Lagoa:Estação:Período | 12    | 44,418             | 4,129   | 1,7E-06 |
| Residuals             | 11194 | 10034,207          |         |         |

Legenda: GL – graus de liberdade.



**Figura 7:** Valores de média e intervalo de confiança (95%) para largura do 10º setígero em *Laeonereis acuta*, entre as lagoas, estações e anos.

No âmbito da variação da abundância, observa-se variação significativa entre lagoas (Desvio = 297,097;  $p < 0,0001$ ), além de variações significativas, considerando estação (Desvio = 77,026;  $p > 0,0001$ ), lagoa-estação (Desvio = 56,936;  $p < 0,0001$ ), e lagoa-estação-período (Desvio = 36,051;  $p < 0,0001$ ) (**Tabela 3**). A partir disto, destaca-se a flutuação significativa na abundância entre estações e anos na lagoa de Guarapina e Jaconé, respectivamente (

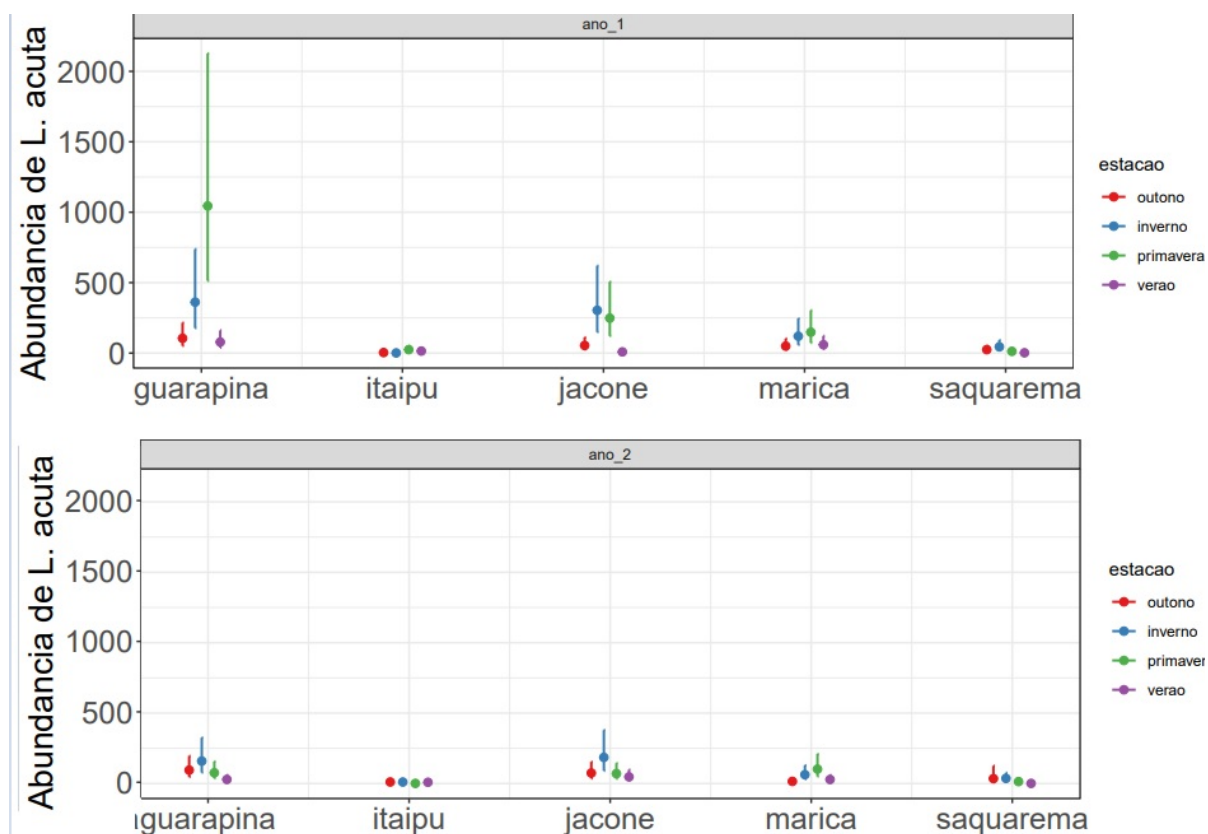
**Figura 8**), onde a lagoa de Guarapina apresentou maior abundância na primavera do primeiro ano e inverno do segundo ano, enquanto a lagoa de Jaconé apresentou os maiores valores de abundância ao longo do inverno e primavera do primeiro ano e no inverno do segundo ano de estudo (

**Figura 8**).

**Tabela 3:** Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para abundância de *Laeonereis acuta*, entre as lagoas, estações e anos.

|                       | GL | Desvio  | Resid.GL | Resid. Desv | Pr(>Chi) |
|-----------------------|----|---------|----------|-------------|----------|
| NULL                  | -  | -       | 112      | 629,1383    | -        |
| Lagoa                 | 4  | 297,097 | 108      | 332,0416    | 0        |
| Estação               | 3  | 77,026  | 105      | 255,0161    | 0        |
| Período               | 1  | 19,691  | 104      | 235,3247    | 9,10E-06 |
| Lagoa:Estação         | 12 | 56,936  | 92       | 178,3884    | 8,12E-08 |
| Lagoa:Período         | 4  | 10,011  | 88       | 168,3772    | 0,04024  |
| Estação:Período       | 3  | 13,875  | 85       | 154,5026    | 0,003081 |
| Lagoa:Estação:Período | 12 | 36,051  | 73       | 118,4516    | 0,000318 |

Legenda: GL – graus de liberdade; Resid.GL- resíduos dos graus de liberdade; Resid. Desv – resíduos do desvio.



**Figura 8:** Valores de média e intervalo de confiança (95%) para abundância de *Laeonereis acuta*, entre as lagoas, estações e anos.

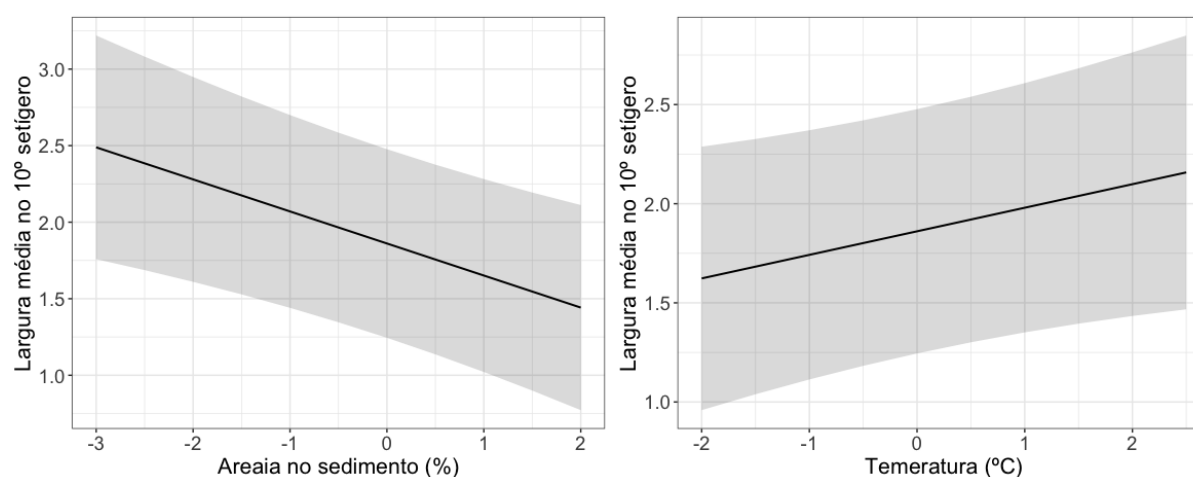
#### 4.3 Relação das variáveis ambientais sobre a estrutura populacional

A partir da relação das variáveis ambientais mensurada no tamanho das populações, observamos que a variável areia apreenseu influência significativa ( $Z=3,304$ ;  $p<0,0001$ ) (**Tabela 4**). Já a temperatura ( $Z=1,869$ ;  $p<0,0001$ ), sua relação pode ser considerada moderada, haja vista que, apresenta uma tendência de associação, embora seu valor não indique alta significância (**Tabela 4**).

**Tabela 4:** Modelo Linear Generalizado (GLM) dos efeitos das variáveis ambientais areia e temperatura sobre o tamanho populacional de *L. acuta*.

|             | Estimativa | Erro padrão | Erro Padrão Ajustado | Valor de Z | Pr(> z )    |
|-------------|------------|-------------|----------------------|------------|-------------|
| (Intercept) | 1.860556   | 0.32014     | 0.32374              | 5.747      | 1e-08***    |
| Areia       | -0.22254   | 0.06661     | 0.06736              | 3.304      | 0.000953*** |
| Temperatura | 0.11880    | 0.06286     | 0.06357              | 1.869      | 0.061676    |





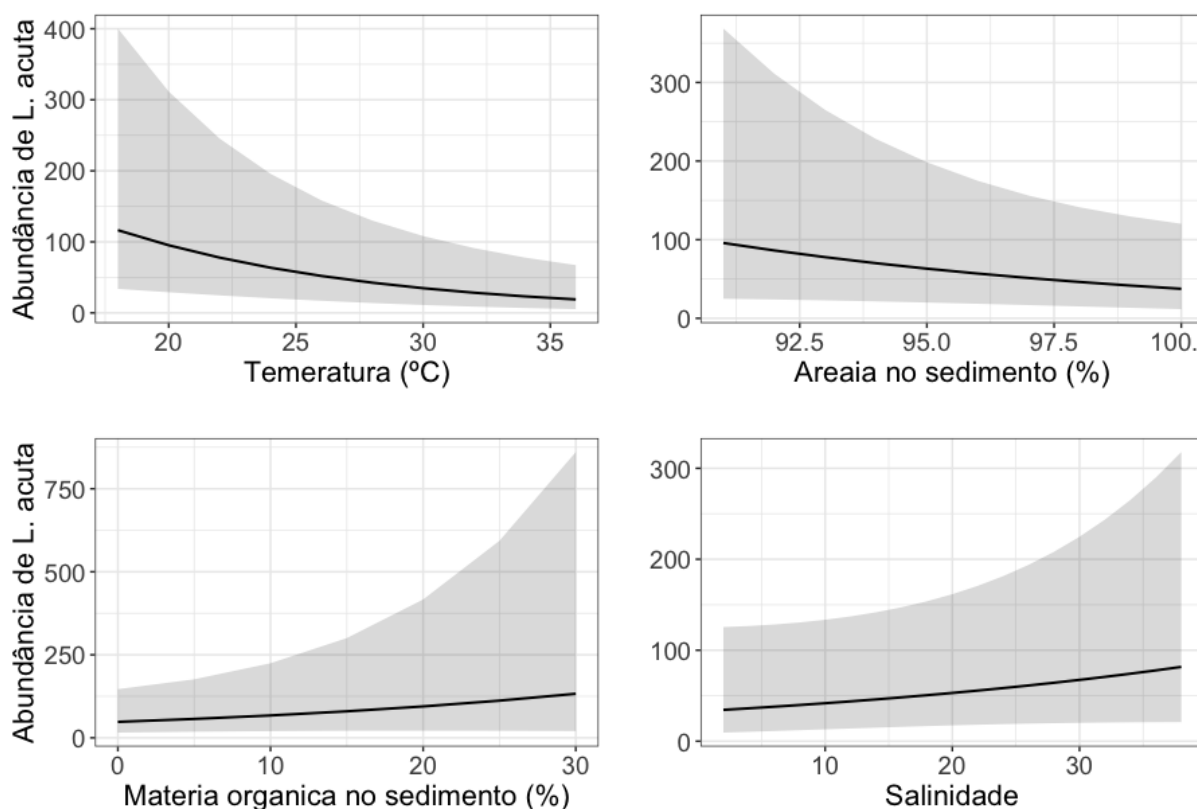
**Figura 9:** Relação da porcentagem de areia no sedimento e da temperatura na largura do 10º setígero.

No que tange a abundância, as variáveis ambientais mensuradas (areia, temperatura, MO e salinidade) não apresentaram valores estatisticamente significativos (**Tabela 5**). Além disso, embora as variáveis supracitadas não possuam valores de significância sobre a abundância, os resultados sugerem que, mesmo de forma moderada, quanto maior a temperatura e porcentagem de areia no sedimento, menor a abundância, que por sua vez, maiores valores de MO e salinidade no ambiente, maior abundância de *L. acuta* (**Figura 10**).

**Tabela 5:** Modelo Linear Generalizado (GLM) dos efeitos das variáveis ambientais na abundância de *L. acuta*.

|             | Estimativa | Erro Padrão | Erro Padrão Ajustado | Valor de Z | Pr(> z ) |
|-------------|------------|-------------|----------------------|------------|----------|
| (Intercept) | 12,43601   | 6,81588     | 6,85305              | 1,815      | 0,069575 |
| Areia       | -0,10246   | 0,06159     | 0,06229              | 1,645      | 0,099985 |
| Temperatura | -0,10764   | 0,031115    | 0,03150              | 3,417      | 0,00633  |
| MO          | 0,03268    | 0,02623     | 0,02653              | 1,232      | 0,217904 |
| Salinidade  | 0,02277    | 0,02005     | 0,02028              | 1,123      | 0,261458 |

Legenda: Std. Error – erro padrão; Adjusted SE – erro padrão ajustado.



**Figura 10:** Efeito da temperatura, porcentagem de areia, matéria orgânica e salinidade na abundância de *Laeonereis acuta*.

## 5. Discussão

A partir dos resultados obtidos no presente estudo, a lagoa de Piratininga denotou ausência de *Laeonereis acuta* ao longo dos 24 meses de coleta. Seixas e colaboradores (2018) relatam a ocorrência da espécie em pontos de coleta próximos ao realizado neste trabalho. No entanto, de acordo com o Comitê de Bacia da Baía de Guanabara, Subcomitê Itaipu – Piratininga (2024), o sistema lagunar Itaipu-Piratininga, principalmente a lagoa de Piratininga, sofre nos últimos anos com diversos eventos de mortandades de peixes na região. A lagoa de Piratininga enfrenta ao longo dos anos problemas relacionados a renovação de suas águas através do canal do Tíbau, que se encontra fechado devido ao assoreamento. Sendo assim, esta lagoa se destaca devido ao seu grau de confinamento, tendo menor renovação de água, que afetam diretamente em seus níveis de oxigenação e salinidade (CBH-BG, 2024). Grandes eventos de mortandade de peixes refletem um ecossistema eutrofizado e com elevada influência antrópica, bem como a elevada carga de efluentes, nutrientes e resíduos sólidos oriundos do descarte irregular de esgoto

doméstico, remoção de cobertura vegetal e estrangulamento na foz dos rios, alterando os níveis de matéria orgânica, oxigênio e temperatura, além de florações de cianobactérias do gênero *Pseudanabaena*, amplamente conhecida como produtora de toxinas e prejudicial a outros organismos aquáticos, como relata Garcia e colaboradores (2017), Comitê de Bacia da Baía de Guanabara, Subcomitê Itaipu – Piratininga (2024), Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro (2022).

Com relação a abundância, os resultados obtidos corroboram com estudos anteriores que indicam que *Laeonoreis acuta*, assim como outras espécies de nereidídeos, apresentam atividade reprodutiva sazonal marcante (Omena & Amaral, 2000; Martin & Bastida, 2006), Peixoto *et al.*, (2018) para *Perinereis anderssoni* em regiões tropicais; Abrantes *et al.*, (1999) e Gilet & Torresani (2000) para *Hediste diversicolor* em regiões temperadas. Tais estudos expõem que, em distintas populações de nereidídeos, o padrão reprodutivo está atrelado a variações proporcionadas pela sazonalidade, bem como a temperatura e o fotoperíodo, atuando diretamente nos períodos de desova e recrutamento, moldando a estrutura e dinâmica populacional. Sendo assim, é possível observar no presente estudo que as populações de *L. acuta* nas lagoas de Maricá, Guarapina, Jaconé e Saquarema, apresentaram picos de abundância nos mesmos períodos, tendo os maiores valores registrados durante o inverno e primavera, queda expressiva durante o verão e notável recuperação durante o outono. No que concerne ao declínio populacional registrado ao longo do verão no presente estudo, os resultados sugerem uma relação negativa entre temperatura e abundância, ao qual, quanto maior a temperatura, menor a abundância das populações. Além disso, Wilson (2000) ressalta que assim como outras espécies de nereidídeos, o declínio marcante observado nas populações de *L. acuta* possuem correlação com a semélparidade, evento onde os indivíduos participam apenas uma vez de eventos reprodutivos, sendo assim, o declínio marcante na abundância no presente estudo está relacionado ao pico de abundância em período anterior, estando o mesmo atrelado a dinâmica da espécie.

Cabe destacar que, diferente dos padrões observados ao longo do estudo para as lagoas supracitadas, a lagoa de Itaipu apresentou uma crescente na abundância durante o verão, se estendendo até o outono. Este resultado pode estar relacionado com o ponto de coleta, inserido no canal de ligação com o mar. O canal de Itaipu, sofre constantemente com o assoreamento através de correntes marinhas, proporcionando confinamentos temporários a lagoa. Sendo assim, ressalta-

se que durante o estudo, o ponto de coleta apresentou baixa lâmina d'água e exposição total do sedimento devido ao fechamento do canal, o que pode ter influenciado no período de reprodução nesta lagoa. Com isto, este resultado ressalta a condição de *L. acuta* como espécie eurialina e com elevada plasticidade ecológica. Com relação ao efeito das variáveis ambientais sobre a dinâmica populacional de *L. acuta*, o presente estudo corrobora com o observado em Martin & Bastida (2006), indicando que as variáveis ambientais como salinidade, granulometria e matéria orgânica não exercem influência notável na estruturação populacional da espécie.

No que tange ao tamanho dos indivíduos, observa-se uma relação positiva entre temperatura e tamanho dos indivíduos, evidenciando a influência deste parâmetro nas diferentes populações, haja vista que, o efeito da temperatura pode ser observado em diferentes espécies de poliquetas (MENARD *et al.*, 1989; SARDA & MARTIN, 1992; OMENA & AMARAL, 2000; MARTIN & BASTIDA, 2006). Neste âmbito, destaca-se que o tamanho dos indivíduos apresentou relação com a porcentagem de areia, tendo uma diferenciação espacial marcante entre as lagoas. Apesar da matéria orgânica total não ter apresentado relação significativa com o tamanho dos indivíduos, Omena & Amaral (1997) relatam que, ambientes que apresentam grãos de areia mais finos estão comumente relacionados com maior matéria orgânica, ao qual, o conteúdo orgânico do sedimento exerce maior influência quando comparado ao tamanho do grão, haja vista que, *L. acuta* apresenta hábito alimentar detritívoro. Destaca-se também que, as coletas ao longo do estudo foram realizadas na margem das lagoas, o que pode ter influenciado nos níveis de matéria orgânica mensurados.

Com relação ao *trade-off*, Saborido-Rey & Kjesbu (2005) ressaltam que o investimento energético entre crescimento e reprodução, definem o *fitness* e as estratégias das histórias de vida das populações. No presente estudo, a lagoa de Guarapina apresentou maior abundância ao longo dos anos estudados, no entanto, apresentando maior abundância e indivíduos durante o primeiro ano. Este resultado indica que a população de *L. acuta* inserida na lagoa de Guarapina, ao longo do segundo ano de estudo, destinou um maior investimento energético a reprodução, enquanto a população do primeiro ano teve um maior investimento energético para o crescimento. Este padrão também é observado na lagoa de Maricá, com baixa variação nos valores de abundância ao longo do período estudado, apresentando indivíduos maiores ao longo das estações, sugerindo populações mais longevas e

evidenciando histórias de vidas distintas em diferentes populações inseridas no mesmo sistema lagunar.

## **6. Conclusão**

Com relação entre a similaridade das lagoas a partir da estruturação das variáveis ambientais, nota-se que a lagoa de Piratininga apresenta menor similaridade com as demais lagoas, independente do período estudado. Ainda neste contexto, as demais lagoas apresentaram similaridade quanto a composição sedimentológica, com seu fundo sendo composto majoritariamente por areia ao longo dos anos de estudo.

As lagoas de Guarapina, Jaconé e Maricá apresentaram maior abundância, enquanto as lagoas de Piratininga, Itaipu e Saquarema tiveram a menor abundância. Contudo, as lagoas de Maricá e Itaipu apresentaram os maiores indivíduos.

As maiores abundâncias foram registradas durante os meses de inverno e primavera, não obstante, os meses de verão e outono foram caracterizados por indivíduos maiores.

O tamanho dos indivíduos apresentou relação com a porcentagem de areia no sedimento (espacial) e temperatura (temporal), enquanto a abundância das populações se relacionou somente com a temperatura.

## 7. Referências bibliográficas

ABRANTES A. *et al.* (1999). Ecology of the polychaete *Nereis diversicolor* in the Canal de Mira (Ria de Aveiro, Portugal): Population dynamics, production and oogenic cycle. *Acta Oecologica*, 20(4): 267–283.

AMARAL, A.C.Z. *et al.* (1994). Contribution of the polychaetous annelids to the diet of some Brazilian fishes. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle. Série A, Zoologie*, 162: 331– 337.

AMARAL, A.C.Z. *et al.* (2005) Manual de identificação dos Invertebrados Marinhos da Região Sudeste-Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 288 p.

AMARAL, A.C.Z. *et al.* (2013). Catálogo das espécies de Annelida Polychaeta do Brasil. 183 pp.

BARNES, P.B. *et al.* (2013). Biodiversity in saline coastal lagoons: patterns of distribution and human impacts on sponge and ascidian assemblages. *Diversity and Distributions*, 19(11):1-13.

BASTOS, R. S. (2023) Pesca, Patrimônio e Resistência: a importância das tradições e cultura da comunidade de pescadores artesanais de Itaipu à defesa de seu território. Encontro Regional de Ensino de Geografia, Fortaleza, Ceará. Acessado em 29 de outubro de 2024. Disponível em <[https://www.falaprofessor2023.agb.org.br/resources/anais/9/fp2023/1691175940\\_A\\_RQUIVO\\_7ede9b7cb8f80fff181f3afc739f5521.pdf](https://www.falaprofessor2023.agb.org.br/resources/anais/9/fp2023/1691175940_A_RQUIVO_7ede9b7cb8f80fff181f3afc739f5521.pdf)>.

BATES D. *et al.* (2015). Ajuste de modelos lineares de efeitos mistos usando lme4. *Journal of Statistical Software*, **67** (1), 1–48.

BATÓN K (2024). MuMIn: Inferência Multimodelo. Pacote R versão 1.48.4.

BIDEGAIN, P. (2005). Plano das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos e do rio São João. Rio de Janeiro: Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos, Rio São João e Zona Costeira.

BILTON, D.T. *et al.* (2002) Dispersal, genetic differentiation and speciation in estuarine organisms. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 55:937-952.

CBH-BG – COMITÊ DE BACIA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA E SISTEMAS LAGUNARES DE MARICÁ E JACAREPAGUÁ. (2022). Subcomitê Maricá-Guarapina. Acessado em 29 de outubro de 2024. Disponível em: <[38](https://comitebaiadeguanabara.org.br/subcomite-marica/#:~:text=O%20Sistema%20Lagunar%20de%20Maric%C3%A1,agr%C3%ADcolas%20s%C3%A3o%20outras%20fortes%20atividades.&text=E%20por%20essas%20caracter%C3%ADsticas%2C%20a%C3%A7%C3%B5es,a%20demanda%20por%20mais%20%C3%A1gua.></a>>.</p></div><div data-bbox=)

CBH-BG – COMITÊ DE BACIA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA. (2022). Mortandade de peixes afeta sistema lagunar da Baía de Guanabara, principalmente em Piratininga. Acessado em 25 de janeiro de 2025. Disponível em: < <https://comitebaiadeguanabara.org.br/boletim/redebaia/clip/05/materia1.php>>

CBH-LSJ - COMITÊ DE BACIA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS LAGOS E SÃO JOÃO (2021). Relatório de Monitoramento da água superficial nas lagunas de Saquarema e Jaconé Região hidrográfica VI do Estado do Rio de Janeiro. Acessado em 29 de outubro de 2024. Disponível em: < [https://cbhlagossaojoao.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Rel\\_Lagoas\\_Saquarema\\_\\_Jacone\\_\\_2021.pdf](https://cbhlagossaojoao.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Rel_Lagoas_Saquarema__Jacone__2021.pdf)>.

CRUZ C.B. *et al.* (1996). Impacto ambientais no Sistema Lagunar de Maricá-Guarapina. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 137-141.

CRUZ, A. C. (2010). Análise de intervenções no Sistema Lagunar de Maricá-RJ com auxílio de modelagem hidrodinâmica ambiental. UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro

DIAS, G. T. M; FERRAZ, C. B. (2004). SAG - Sistema de Análise Granulométrica. Manual do Usuário. Publicação interna Dept. Geologia-Lagemar/UFF. Disponível em: <http://www.igeo.uff.br>.

EMUSA – Empresa Municipal de Moradia, Urbanização e Saneamento. (2024). Estabilização estrutural do túnel do Tibal – Piratininga – Região Oceânica de Niterói. 9 p. Acessado em 29 de outubro de 2024. Disponível em: < <https://emusa.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/2024/10/RELATORIO-FOTOGRAFICO-4.pdf>>.

ENRICH-PRAST, A. *et al.* (2004). Lagoas costeiras da Restinga de Jurubatiba: descrição de suas variáveis B2limnológicas. In: Rocha, C. F. D.; Esteves, F. A. & Scarano, F. R. (Eds), Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação, São Carlos: RiMa Editora, 01, 1-9.

EZARD, T.H.G. *et al.* (2009) Eco-evolutionary dynamics: disentangling phenotypic, environmental and population fluctuations. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364:1491-1498.

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

FOX J; WEISBERG S. (2019). Um companheiro R para regressão aplicada. 3ª edição. Sage, Thousand Oaks CA.

GARCIA A. N. *et al.* (2017). Perda de toxicidade de *Pseudanabaena galeata* em cultura. Hoehnea 44(2): 269-276.

GILLET P; TORRESANI S. (2003). Estrutura da população e produção secundária de *Hediste diversicolor* (OF Müller, 1776), (Polychaeta, Nereidae) no estuário do Loire, Costa Atlântica, França. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 56(3-4), 621–628.

GRADISTAT V8 – BLOTT, S. J. A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Granulômetro a Laser Malvern Hidro 2000 UM. 2010.

GUIMARÃES F.B.F. *et al.* (2019). Projeto Baías do Brasil - Sistema Laguna Maricá-Guarapina – Rio de Janeiro. Relatório descritivo. Programa COPPE. Acessado em 29 de outubro de 2024. Disponível em: <  
[https://www.baiasdobrasil.coppe.ufrj.br/assets/relatorios/rel\\_sistema\\_lagunar\\_marica\\_guarapina.html#Figura1](https://www.baiasdobrasil.coppe.ufrj.br/assets/relatorios/rel_sistema_lagunar_marica_guarapina.html#Figura1)>.

HUTCHINGS, P. (1990). Reproductive strategies in polychaetes." *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*

HUTCHINGS, P. (1998) Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodivers. Conser.* 7,1133–1145.

IANNOT, M. A. *et al.* 2008) *Nassarius corniculus* (Olivi, 1762) (Caenogastropoda: Nassariidae): a model of environmental complexity of Italian brackish and marine habitats. *Marine Ecology*, 30:106-115.

KJERFV, B. *et al.* (1996) Hydrology and salt balance in a large, hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 42:701-725.

KNOPPERS, B. *et al.* (1991). Trophic state and water turn- over time in six choked coastal lagoons in Brazil. *Biogeochemistry*, 14:149-166.

LOWE, W.H. *et al.* (2017). Population genetics and demography unite ecology and Evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 32:141- 152.

LÜDECKE D (2018). *ggeffects*: Crie quadros de dados organizados de efeitos marginais para 'ggplot' a partir de saídas de modelo. Pacote R versão 0.3.1.

MACH J.S.O; LONGO O.C.(1998). Considerações sobre a gestão ambiental – impacto da construção civil: um estudo de caso do sistema lagunar Piratininga-Itaipú. In: Encontro Macional de Engenharia de Produção/Congresso Internacional de Engenharia Industrial – ENEGEP, 1998; Niterói. Anais... Niterói: Meio digital.

MARTIN L. *et al.* (2003). Fluctuating holocene sea levels in eastern and southeastern Brazil: evidence from multiple fossil and geometric indicators. *Journal of Coastal Research*, 19(1):101-124.

MARTIN, J.P; BASTIDA, R. (2006). Population structure, growth and production of *Laeonereis culveri* (Nereididae: Polychaeta) in tidal flats of Río de la Plata estuary, Argentina. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86:235-244.

MARTIN, L; DOMINGUEZ, J.M.L. (1994). Geological history of coastal lagoons. in: KJERFV, B. (ed.). *Coastal Lagoon Process*. Elsvier, Amsterdam, p. 41-68.



MAZURKIEWICZ, M. (1975). Larval development and habitats of *Laeonereis culveri* (Webster) (Polychaeta: Nereididae). *The Biological Bulletin*, 149, 186-204.

MENARD F. *et al.* (1989). Population dynamics and secondary production of *Owenia fusiformis* delle Chiaje (Polychaeta) from the Bay of Seine (eastern English Channel). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 133, 151 - 167.

MENDES C. L. T; SOARES-GOMES A. (2011). Macrobenthic community structure in a Brazilian choked lagoon system under environmental stress. *Zoologia*, 28(3):365- 378.

MENDES C.L.T; SOARES-GOMES, A. (2013). First signs of changes to a tropical Lagoon system in the southeastern Brazilian coastline. *Journal of Coastal Conservation*, 17:11-23.

MEYER, K., *et al.* (2013). Bioturbation by polychaetes: effects on sediment dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. (2024). MPRJ notifica Município de Niterói e INEA para que adotem medidas de gestão e controle para a preservação e recuperação da Lagoa de Piratininga. Disponível em < <https://www.mprj.mp.br/web/guest/visualizar?noticiald=112315>>.

NETO S.A. Lagoas costeiras da área de proteção ambiental da Baleia-Franca. 2018. Disponível em: [https://www.gov.br/icmbio/ptbr/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/apa-da-baleia-franca/arquivos/5\\_lagoas\\_costeiras\\_apa\\_da\\_baleia\\_franca.pdf](https://www.gov.br/icmbio/ptbr/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/apa-da-baleia-franca/arquivos/5_lagoas_costeiras_apa_da_baleia_franca.pdf).

OKSANEN F. J. *et al.* (2017) *Vegan: Pacote de Ecologia Comunitária*. Pacote R Versão 2.4-3.

OLIVEIRA, M.L.P. (2013). Análise da Hidrodinâmica do Sistema Lagunar de Saquarema frente as projeções de aumento do nível do mar. Dissertação de mestrado (Pós graduação em Engenharia Oceânica), 115 f. UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, V. M. (2009). Variabilidade morfológica de *Laeonereis* (Hartman, 1945) (Polychaeta: Nereididae) ao longo do atlântico Ocidental. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, 58p.

OMENA, E.P; AMARAL, A.C.Z. (2000). Population dynamics and secondary production of *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) (Nereididae: Polychaeta). *Bulletin of Marine Science*. Sci.67, 421-431.

ORENSANZ J.M; GIANUCA N.M. (1974). Contribuição ao conhecimento dos anelídeos poliquetas do Rio Grande do Sul, Brasil. I. Lista sistemática preliminar e descrição de três novas espécies. *Comum. Mus. Cienc. FURG*, Porto Alegre, v. 4, p. 1-37.

- PALOMO, G. *et al.* (2003). Does the presence of the SW atlantic burrowing crab *Chasmagnathus granulatus* Dana affect predator – prey interactions between shorebirds and polychaetes?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 290, p. 211- 228.
- PAMPLIN P.A.Z. *et al.* (2007). New record of *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) (Nereididae: Polychaeta) in Northeast coast of Brazil. *Biota Neotropica* v7 (n3).
- PATIL I. *et al.* (2022). Datawizard: Um pacote R para fácil preparação de dados e transformações estatísticas. *Journal of Open Source Software*. **7** (78), 4684.
- PEIXOTO A.J.M. *et al.* (2018). Population structure and dynamics of *Perinereis anderssoni* (Polychaeta: Nereididae) in a subtropical Atlantic Beach Pan-American *Journal of Aquatic Sciences*. 13(3): 188-199.
- PÉREZ J.A.A. *et al.* (2024). A Zona Costeira e Marinha de Santa Catarina Diante dos Cenários de Mudanças Climáticas: prioridades para a geração de subsídios científicos. *Braz. J. Aquat. Ciência. Tecnologia*. 27 (2) 013-029.
- PÉREZ, M., *et al.* (2011). Impacts of human activities on marine biodiversity: a review. *Marine Pollution Bulletin*.
- PÉREZ-RUZAFÁ, A. *et al.* (2005) Spatial and temporal variations of hydrological conditions, nutrients and chlorophyll a in a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, Spain). *Hydrobiologia*, 550:11–27.
- REIS, R.C.S. *et al.* (2023). Influência do Túnel do Tibau na renovação de massas d'água do Sistema Lagunar Piratininga – Itaipu, RJ. XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- SABORIDO-Rey, F; MACCHI, G. J. (2021). 'Introdução'. *Ecologia Reprodutiva e Pescarias no Contexto Ibero-Americano. Rede Ibero-Americana de Investigação para o Uso Sustentável dos Recursos Pesqueiros (RED INVIPESCA)*. 31 de dezembro de 2021. 6-31.
- SACCHERI, I; HANSKI, I. (2006). Natural selection and population dynamics. *Trends in Ecology & Evolution*, 21:341-347.
- SAMPIERI, B.R. *et al.* (2021). Molecular diversity within the genus *Laeonereis* (Annelida, Nereididae) along the west Atlantic coast: paving the way for integrative taxonomy. *PeerJ*, 9:1-22.
- SANFORD, E; KELLY, M.W. (2011). Local adaptation in marine invertebrates. *Annual Reviews of Marine Science*, 3:509-535.
- SANTOS, P.J.P. *et al.* (2003) Reproductive cycle of the polychaete *Laeonereis acuta* on a tropical intertidal sandy beach. *Journal of Coastal Research*, 35, 378 – 384.

SANTOS, P.J.P. *et al.* (2003). Environmental control of the reproductive cycle of *Laeonereis acuta* (Annelida; Polychaeta) on a tropical intertidal sandy beach. *Journal of Coastal Research*, pp.378-384.

SANTOS, P.J.P. *et al.* (2003). Reproductive cycle of the polychaete *Laeonereis acuta* on a tropical intertidal sandy beach. *Journal of Coastal Research*, 35, 378 – 384.

SARDA, R; MARTIN| G. S. (1992). *Streptosyllis verrili* (Moore, 1907) new combination, life cycle, population dynamics and production from a salt marsh in southern New England. *Bulletin of Marine Science*, 51, 407 - 419.

SEIXAS *et al.* (2018). Comparative population genetics and demographic history of two polychaete species suggest that coastal lagoon populations evolve under alternate regimes of gene flow. *Marine Biology*, v. 165, p. 179.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentology Petrology*, 24 (3):151- 158. 1954

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. Editora E. Blüncher/EDUSP, São Paulo. 317p. 1973

SUZUKI, M.S, *et al.* (1998). Effects of sand bar openings on some limnological variables in a hypertrophic tropical coastal lagoon of Brazil. *Hydrobiologia*, 368:111-122.

TCE-RJ - TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. (2008). *Estudos socioeconômicos dos municípios do Estado do Rio de janeiro*. Saquarema.76 p.

WEIS, W.A. (2017). *Ecologia de Laeonereis acuta*. 2017. 95f. Tese (Doutorado em Ecologia)- Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

WENTWORTH, C. K. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, Vol. 30, no. 5, 377-392. 1922

WILSON R. S. (2000). Family Nereididae. In: Beesley PL, Ross GJB, Glasby CJ (Eds.). *Polychaetes & Allies: The Southern Synthesis*. Fauna of Australia. Vol. 4A Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura & Sipuncula. CSIRO Publishing, Melbourne, pp. 138–141.

ZEDLER, J. B. Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale. *Frontiers in the Ecology and the Environment*, v. 1, n. 2, p. 65 72, 2003.