

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE

**RELAÇÕES ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E ESTADO REDOX EM
OSTRAS NATIVAS DO GÊNERO *Crassostrea* NAS BAÍAS BABITONGA (SANTA
CATARINA) E DE GUARATUBA (PARANÁ)**

LANE DE SOUSA COUTINHO MUNIZ

Joinville – SC

2024

LANE DE SOUSA COUTINHO MUNIZ

**RELAÇÕES ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E ESTADO REDOX EM
OSTRAS NATIVAS DO GÊNERO *Crassostrea* NAS BAÍAS BABITONGA (SANTA
CATARINA) E DE GUARATUBA (PARANÁ)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, da Universidade da Região de Joinville (Univille), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente. Orientador: Prof. Dr. Luciano Lorenzi. Coorientadora: Prof.^a Dr^a. Daniela Delwing de Lima

Joinville – SC

2024

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

M966r Muniz, Lane de Sousa Coutinho
Relações entre as concentrações de metais e estado redox em ostras nativas do gênero *Crassostrea* nas baías Babitonga (Santa Catarina) e de Guaratuba (Paraná) / Lane de Sousa Coutinho Muniz; orientador Dr. Luciano Lorenzi; coorientadora Dra. Daniela Delwing de Lima. – Joinville: UNIVILLE, 2024.
63 f. : il.
Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente – Universidade da Região de Joinville)
1. Ostras - Contaminação. 2. Ostras – Criação – Brasil, Sul. 3. Estresse oxidativo. 4. Ecologia dos estuários. I. Lorenzi, Luciano (orient.). II. Lima, Daniela Delwing de (coorient.). III. Título.

CDD 594.4

Termo de Aprovação

“Relações entre as Concentrações de Metais e Estado Redox em Ostras Nativas do Gênero Crassostrea nas Baias Habitonga (Santa Catarina) e do Guaratuba (Paraná)”

por

Lara da Sousa Coutinho Muniz

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luciano Lorenzi
Orientador (UNIVILLE)

Prof. Dra. Daniela Delwing de Lima
Coorientadora (UNIVILLE)

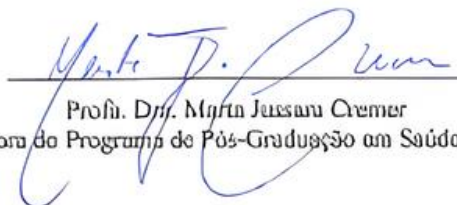
Prof. Dr. Adriano Weidner Cocciatori Marenzi
(UNIVALI)

Prof. Dr. Sebastian Michael Strawch
(UNIVILLE)

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente, área de concentração Saúde e Meio Ambiente e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente.



Prof. Dr. Luciano Lorenzi
Orientador (UNIVILLE)



Prof. Dra. Maria Jussara Cremer
Vice-Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente

Joinville, 02 de setembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, sem Ele nada seria possível. Agradeço à minha família, meus pais Francisca e Moacir (*in memoriam*), por todo o amor, exemplo de vida, cuidados e dedicação. Aos meus filhos, por todo o incentivo e apoio. Agradeço a todas as pessoas que ao longo da minha formação e caminhada acadêmica e profissional, me incentivaram e compartilharam comigo o amor pela Biologia e contribuíram para despertar em mim o desejo de aprender mais.

Meus agradecimentos ao meu orientador, professor Dr. Luciano Lorenzi, por todo o apoio, todas as orientações, e por ter sido prestativo todas as vezes que precisei e paciente com as minhas dificuldades. Agradeço imensamente à professora Dr^a Daniela Delwing, pela coorientação, todo o apoio, especialmente com as análises de estresse oxidativo.

Este foi um trabalho de muitas colaborações e de coração agradeço a todas as pessoas e equipes da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, que colaboraram com as análises, em especial à Bruna Reginato, Alessandra Gastaldi, Paula e Aline Scheller.

MUITO OBRIGADA!

RELAÇÕES ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E ESTADO REDOX EM OSTRAS NATIVAS DO GÊNERO *Crassostrea* NAS BAÍAS BABITONGA (SANTA CATARINA) E DE GUARATUBA (PARANÁ)

RESUMO

Introdução: As áreas estuarinas constituídas por manguezais, estão entre os ambientes mais ricos em diversidade biológica e genética, apresentam imensa importância socioeconômica e ambiental. Por outro lado, estão sujeitas à diversos impactos por ações naturais e antrópicas. **Objetivo:** Determinar as relações entre as características ambientais, as concentrações de metais e o estado redox em ostras nativas de mangue do gênero *Crassostrea* em dois pontos da Baía Babitonga (Iperoba (IP) e Lagoa do Saguçu (SG)) e em um ponto da Baía de Guaratuba, em inverno e verão. **Métodos:** O estudo é caracterizado como uma pesquisa de alcance descritivo e correlacional de abordagem quantitativa. A população amostral foi composta por *Crassostrea spp.*, moluscos bivalves, ostras nativas de mangue. Em cada um dos três pontos de coleta, foram selecionadas três subáreas, denominadas de réplicas A, B e C. As coletas foram feitas de forma manual, sendo retirados um total de oito indivíduos em cada subárea, totalizando 72 indivíduos em cada estação (inverno - INV e verão – VER) para as análises de estresse oxidativo e mais 18 espécimes (um total de 2 indivíduos em cada subárea réplica) em cada estação, para análise de metais nos tecidos. Todas as amostras foram armazenadas e transportadas em caixa térmica para posterior congelamento a - 20°C. Em laboratório foram tomadas as medidas biométricas de altura, comprimento e largura das conchas dos 144 exemplares de ostras e destinadas à análise de estresse oxidativo. **Resultados:** Quando comparadas às estações do ano (inverno e verão), as diferenças foram significativas para as variáveis temperatura, percentual de carbonato de cálcio, largura das ostras, concentrações dos metais níquel, cromo, chumbo e ferro nos sedimentos, sendo significativamente maiores durante o verão, enquanto a salinidade, o diâmetro médio dos grãos, TBA-RS, e as concentrações dos metais chumbo, cromo, alumínio e ferro nos tecidos das ostras, foram significativamente maiores no inverno. As variáveis proteínas carboniladas, potencial hidrogeniônico, percentual de matéria orgânica, seleção, assimetria, curtose, areia, silte, argila e os metais cobre, zinco, alumínio e manganês nos sedimentos e cobre, zinco, manganês e níquel nos tecidos das ostras, não apresentaram diferença significativa, considerando as estações do ano. Quando comparados os três pontos de coletas, o conteúdo total de proteínas carboniladas, apresentou-se maior no ponto 1 – Iperoba e a variável TBA-RS não apresentou diferença significativa entre os pontos. **Conclusões:** Neste estudo observou-se que maiores concentrações dos metais chumbo, cromo, alumínio e ferro nos tecidos das ostras, foram identificadas no inverno, com TBA-RS também aumentando nessa estação. Quando se comparam os pontos de amostragem, a concentração de cromo foi maior nas ostras de SG, mas as proteínas carboniladas aumentaram em IP, relacionadas com o aumento da concentração de cobre nos menores indivíduos do IP. Por outro lado, a maior concentração de cromo em SG está relacionada com os indivíduos maiores de SG. A presença dos metais pesados nos sedimentos dos três pontos estudados e nos tecidos das ostras nativas, além do aumento da salinidade, sugerem que estão relacionados a ocorrência do estresse oxidativo, com o aumento do TBA-RS durante o inverno e proteínas carboniladas no ponto 1 IP.

Palavras-Chaves: ostras de mangue; estado redox; metais; ambiente estuarino.

RELATIONS BETWEEN METAL CONCENTRATIONS AND REDOX STATE IN NATIVE OYSTERS OF THE GENUS *Crassostrea* IN BABITONGA (SANTA CATARINA) AND GUARATUBA BAYS (PARANÁ)

ABSTRACT

Introduction: Estuarine areas made up of mangroves are among the richest environments in biological and genetic diversity and have immense socioeconomic and environmental importance. On the other hand, they are subject to various impacts due to natural and anthropogenic actions. **Objective:** To determine the relationships between environmental characteristics, metal concentrations and redox state in native mangrove oysters of the genus *Crassostrea* at two points in Babitonga Bay (Iperoba (IP) and Lagoa do Saguçu (SG)) and at one point in Guaratuba Bay, in winter and summer. **Methods:** The study is characterized as descriptive and correlational research with a quantitative approach. The sample was composed of *Crassostrea spp.*, a native mangrove oyster. At each of the three collection points, three subareas were selected, called replicas A, B and C. Collections were carried out manually, with a total of eight individuals being removed from each subarea, totaling 72 individuals at each station (winter - INV and summer - VER) for oxidative stress analyzes and another 18 specimens (a total of 2 individuals in each subarea) in each season, for analysis of metals in tissues. All samples were stored and transported in a thermal box for later freezing at -20°C. In the laboratory, biometric measurements of the height, length and width of the shells of the 144 oyster specimens used for oxidative stress analysis were taken. **Results:** When compared to the seasons (winter and summer), the differences were significant for the variables temperature, percentage of calcium carbonate, oyster width, concentrations of the metals nickel, chromium, lead and iron in the sediments, being significantly higher during summer, while salinity, average grain diameter, TBA-RS, and concentrations of the metals lead, chromium, aluminum and iron in oyster tissues were significantly higher in winter. The variables carbonylated proteins, hydrogen potential, percentage of organic matter, selection, asymmetry, kurtosis, sand, silt, clay and the metals copper, zinc, aluminum and manganese in the sediments and copper, zinc, manganese and nickel in the oyster tissues, did not show a significant difference, considering the seasons. When comparing the three collection points, the total content of carbonylated proteins was higher at point 1 - Iperoba and the TBA-RS variable did not show a significant difference between the points. **Conclusions:** In this study it was observed that higher concentrations of the metals lead, chromium, aluminum and iron in oyster tissues were identified in winter, with TBA-RS also increasing in this season. When comparing sampling points, chromium concentration was higher in oysters from SG, but carbonyl proteins increased in IP, related to the increase in copper concentration in the smallest individuals from IP. On the other hand, the higher concentration of chromium in SG is related to larger SG individuals. The presence of heavy metals in the sediments of the three points studied and in the tissues of native oysters, in addition to the increase in salinity, suggests that they are related to the occurrence of oxidative stress, with the increase in TBA-RS during the winter and carbonylated proteins in point 1 IP.

Keywords: mangrove oysters; redox state; metals; estuarine environment.

RELACIONES ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE METALES Y EL ESTADO REDOX EN OSTRAS NATIVAS DEL GÉNERO *Crassostrea* EN LAS BAHÍAS DE BABITONGA (SANTA CATARINA) Y GUARATUBA (PARANÁ)

RESUMEN

Introducción: Las áreas estuarinas formadas por manglares se encuentran entre los ambientes más ricos en diversidad biológica y genética y tienen una inmensa importancia socioeconómica y ambiental. Por otro lado, están sujetos a diversos impactos por acciones naturales y antropogénicas. **Objetivo:** Determinar las relaciones entre las características ambientales, concentraciones de metales y estado redox en ostras nativas del género *Crassostrea* de manglar en dos puntos de la Bahía de Babitonga (Iperoba (IP) y Lagoa do Saguau (SG)) y en un punto de la Bahía de Guaratuba, en invierno y verano. **Métodos:** El estudio se caracteriza por ser una investigación descriptiva y correlacional con enfoque cuantitativo. La población de muestra estuvo compuesta por *Crassostrea spp.*, moluscos bivalvos y ostras nativas de manglar. En cada uno de los tres puntos de recolección se seleccionaron tres subáreas, denominadas réplicas A, B y C. Las colectas se realizaron de forma manual, extrayéndose un total de ocho individuos de cada subárea, totalizando 72 individuos en cada estación (invierno - INV y verano - VER) para análisis de estrés oxidativo y otros 18 ejemplares (un total de 2 individuos en cada subárea) en cada temporada, para análisis de metales en tejidos. Todas las muestras fueron almacenadas y transportadas en una caja térmica para su posterior congelación a -20°C. En el laboratorio, se tomaron medidas biométricas de la altura, longitud y ancho de las conchas de 144 especímenes de ostras que se utilizaron para análisis de estrés oxidativo. **Resultados:** Al comparar con las estaciones (invierno y verano), las diferencias fueron significativas para las variables temperatura, porcentaje de carbonato de calcio, ancho de ostra, concentraciones de los metales níquel, cromo, plomo y hierro en los sedimentos, siendo significativamente mayores durante el verano, mientras que la salinidad, el diámetro medio de grano, TBA-RS y las concentraciones de los metales plomo, cromo, aluminio y hierro en los tejidos de las ostras fueron significativamente mayores en invierno. Las variables proteínas carboniladas, potencial de hidrógeno, porcentaje de materia orgánica, selección, asimetría, curtosis, arena, limo, arcilla y los metales cobre, zinc, aluminio y manganeso en los sedimentos y cobre, zinc, manganeso y níquel en los tejidos de las ostras, no mostraron una diferencia significativa, considerando las estaciones. Al comparar los tres puntos de recolección, el contenido total de proteínas carboniladas fue mayor en el punto 1 - Iperoba y la variable TBA-RS no mostró diferencia significativa entre los puntos. **Conclusiones:** En este estudio se observó que en invierno se identificaron mayores concentraciones de los metales plomo, cromo, aluminio y hierro en los tejidos de las ostras, y TBA-RS también aumentó en esta temporada. Al comparar los puntos de muestreo, la concentración de cromo fue mayor en las ostras de SG, pero las proteínas carboniladas aumentaron en IP, relacionado con el aumento de la concentración de cobre en los individuos más pequeños de IP. Por otro lado, la mayor concentración de cromo en SG está relacionada con individuos de mayor tamaño en SG. La presencia de metales pesados en los sedimentos de los tres puntos estudiados y en los tejidos de ostras nativas, además del aumento de la salinidad, sugiere que están relacionados con la aparición de estrés oxidativo, con el aumento de TBA-RS durante la invierno y proteínas carboniladas en el punto 1 IP. **Palabras-clave:** ostras de manglar; estado redox; metales; ambiente estuarino

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo geral.....	14
2.2	Objetivos específicos.....	14
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1	Características gerais dos estuários e manguezais	15
3.2	Características gerais das ostras do gênero <i>Crassostrea</i>	16
3.3	Importância social e científica.....	17
3.4	Estresse Oxidativo	18
3.5	Sistema de defesa antioxidante.....	20
4.	MÉTODO.....	21
4.1	Áreas de estudo.....	21
4.1.1	Baía Babitonga	22
4.1.2	Baía de Guaratuba	25
4.2	Amostragens e Processamento das Amostras	26
4.3	Variáveis Ambientais - Água de percolação	28
4.4	Variáveis do Sedimento	28
4.5	Análise dos Parâmetros de Estresse Oxidativo	28
4.6	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBA-RS).....	29
4.7	Conteúdo Total de Proteínas Carboniladas.....	29
4.8	Análises das Concentrações de Metais	30
4.9	Análises dos dados.....	31
5.	RESULTADOS.....	32
5.1	Variáveis Ambientais.....	32
5.2	Biometria das ostras e estado redox	35
5.3	Metais	37
6.	DISCUSSÃO	39
7.	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICE	58
	ANEXO.....	64

1. INTRODUÇÃO

Os estuários são áreas de transição localizadas em regiões costeiras parcialmente fechadas, em que a água marinha se mistura com a água doce e nutrientes dos rios. O constante movimento das águas e das marés é importante por mobilizar o sedimento em suspensão, rico em nutrientes e matéria orgânica, disponibilizando-o aos organismos produtores e detritívoros. Isso torna os estuários e as áreas costeiras alagadiças nos ecossistemas mais produtivos do planeta (Miller, 2007).

As áreas estuarinas estão entre os ambientes mais ricos em diversidade biológica e genética, sendo considerados berços e habitats de muitas espécies, além de apresentarem uma imensa importância ambiental e socioeconômica (Eberhard, 2009; Sandilyan; Kathiresan, 2012).

Os ecossistemas estuarinos estão distribuídos em áreas costeiras que sofrem a influência de ações tanto naturais quanto antrópicas devido à carga diária de xenobióticos, agrotóxicos, microplásticos e metais provenientes dos resíduos industriais, dos processos de lixiviação e de compostos provenientes de resíduos sanitários urbanos. Tais compostos são recebidos pelas águas dos rios devido à falta de saneamento básico adequado (Sandilyan; Kathiresan, 2012).

Diversos estudos buscam estabelecer as relações entre variáveis ambientais e seus efeitos em moluscos bivalves. Os resultados indicam que as mudanças físico-químicas mais acentuadas que ocorrem no ambiente são fatores geradores de estado redox neste grupo taxonômico (Gosling, 2003). Neste contexto, as ostras nativas de mangue, representadas pelas espécies *Crassostrea brasiliiana* (também conhecida como *Crassostrea gasar*) e *Crassostrea rhizophorae*, formam as populações naturais mais abundantes do litoral do Brasil (Lazoski, 2004). Essas espécies filtradoras, sésseis, são utilizadas como indicadores ambientais para avaliar a exposição a elementos químicos, que podem afetar a qualidade de água e dos sedimentos e, conseqüentemente, a saúde da biota, incluindo os seres humanos (Santos; Boehs, 2023).

As áreas costeiras são expostas a uma variedade de contaminantes, incluindo metais pesados, resíduos agrícolas, industriais e domésticos, que chegam através dos rios ou por deposição atmosférica (Ahmad *et al.*, 2015). Os plásticos e microplásticos estão entre esses poluentes e podem ser encontrados em toda a

linha costeira, nos mares, de forma extensiva por todo o mundo. Por essa razão e por serem potencialmente prejudiciais à saúde humana e dos animais, representam junto com outros estressores, uma preocupante questão ambiental (Nobre; Silva; Moreno, 2022). Em sistemas biológicos, os microplásticos aumentam a desregulação da expressão genética necessária para o controle do estresse oxidativo em animais vertebrados e invertebrados marinhos (Alimba; Faggio, 2019).

Os metais e agroquímicos são alguns dos principais contaminantes aquáticos que podem desencadear desequilíbrio metabólico e, conseqüentemente, interferir no estado redox em organismos expostos (Borges *et al.*, 2022). Em estudos e monitoramento de áreas estuarinas, além de sedimentos, diversas espécies de moluscos bivalves, a exemplo das ostras do gênero *Crassostrea*, têm sido utilizadas como matrizes biológicas, para as análises de metais (Santos; Boehs, 2023).

Os estuários recebem diariamente o despejo de elementos químicos que podem impactar a qualidade da água, do sedimento e a saúde dos animais em ecossistemas costeiros (Azevedo *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2022; Santos; Boehs, 2023). Entre esses elementos, os metais não possuem caráter de biodegradação e sua presença nos ecossistemas aquáticos pode gerar a bioacumulação, que é o processo de absorção e acúmulo de substâncias nos organismos a partir do contato e exposição direta ao sedimento ou água, e progressivamente pela cadeia alimentar, indicando assimilação via alimentação (Voigt; Silva; Campos, 2016; Oliveira *et al.*, 2022). A bioacumulação em concentrações tóxicas é preocupante porque os pescados - entre os quais moluscos bivalves - são muito consumidos em todo o mundo como fonte de alimentação, e no corpo humano podem causar efeitos prejudiciais à saúde (Galvão *et al.*, 2009; Barros; Barbieri, 2012; Azevedo *et al.*, 2019; Latif, M. *et al.*; 2024).

O acúmulo de metais pesados no organismo propicia a geração de espécies reativas de oxigênio, e pode influenciar os mecanismos de defesa antioxidante (Halliwell; Gutteridge, 1990; Barbosa *et al.*, 2010). O processo de estresse oxidativo ocorre devido a um desequilíbrio entre compostos oxidantes e a capacidade do organismo de neutralizá-los por meio de mecanismos de defesa antioxidantes. Conseqüentemente, uma quantidade excessiva de radicais livres é gerada por causa de uma diminuição da velocidade de remoção desses radicais. Quando a instabilidade entre o sistema de defesa e as espécies reativas é propagada, ocorre o estresse oxidativo (Sies H., 1986; Barbosa *et al.*, 2010).

Evidencia-se, assim, a importância da abordagem das relações das características ambientais com as concentrações de metais e estado redox em ostras nativas de mangue, uma vez que esses organismos são indicadores da poluição em ecossistemas costeiros e ao mesmo tempo apresentam grande importância como recurso alimentar para o ser humano (Azevedo, *et al.*, 2019; Borges, *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2022). As ostras são coletadas dos bancos naturais por comunidades ribeirinhas extrativistas para fins de comercialização (Castilho-Westphal *et al.*, 2014). O cultivo comercial de espécies nativas no Brasil envolve principalmente *C. rhizophorae* e *C. brasiliiana* (*C. gasar*), sendo a produção da segunda mais difundido, por alcançar maior tamanho (Absher, 1989; Suplicy *et al.*, 2022).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar as relações entre as características ambientais, as concentrações de metais e o estado redox em ostras nativas de manguezal do gênero *Crassostrea* em dois pontos da Baía Babitonga e em um ponto da Baía de Guaratuba em inverno e verão.

2.2 Objetivos específicos

1. Mensurar as características físicas e químicas da água de percolação em cada ponto de coleta em inverno e verão;
2. Aferir a biometria das ostras nativas coletadas nos pontos em inverno e verão;
3. Determinar os diâmetros dos grãos e os percentuais de matéria orgânica e de carbonato de cálcio dos sedimentos dos pontos de amostragem;
4. Determinar o conteúdo total de proteínas carboniladas e dos níveis de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA-RS) nos pontos em inverno e verão;
5. Determinar as concentrações de cobre, níquel, cromo, chumbo, zinco, alumínio, ferro e manganês nos tecidos das ostras e no sedimento dos pontos de amostragem em inverno e verão;
6. Relacionar as variáveis da água e da composição do sedimento com as concentrações dos metais nos sedimentos e nos tecidos das ostras, o conteúdo total de proteínas carboniladas, os níveis de TBA-RS e as variáveis biométricas das ostras.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Características gerais dos estuários e manguezais

Do ponto de vista oceanográfico, Pritchard (1967) definiu os estuários como corpos d'água costeiros semiconfinados, onde ocorre a mistura de água doce, proveniente do continente, com água salgada dos oceanos. Os estuários são ambientes aquáticos de transição localizados nas zonas costeiras, onde as águas do mar e fluviais se misturam.

O movimento das águas e a influência das marés apresentam imensa importância e influência nesses ecossistemas pelo transporte e depósito de sedimentos ricos em nutrientes, provenientes de fontes tanto fluviais quanto de origem marinha. Estas características ambientais proporcionam uma maior produtividade e diversidade biológica para o estuário (Odum 1983; Ricklefs, 2003; Miller, 2007).

Os manguezais são ecossistemas litorâneos distribuídos ao longo dos estuários e apresentam grande importância ecológica, estando entre os ambientes que reúnem maior diversidade biológica e genética no mundo. Os manguezais são florestas perenes tolerantes à salinidade, que se encontram nas zonas entre marés de costas e estuários, se distribuindo desde regiões com clima tropical a latitudes subtropicais. As suas raízes ajudam a amenizar o fluxo das águas das marés, impedindo o impacto no solo e os processos de erosão. Funcionam como berçários, habitat natural e abrigo para diversas espécies. Grande número de organismos marinhos passa parte de suas vidas neste ecossistema ou são dependentes dele, sendo favorável à alimentação, nutrição e crescimento de muitas espécies (Eberhard, 2009; Sandilyan; Kathiresan, 2012).

No entanto, os manguezais estão entre os ambientes mais ameaçados do mundo devido às ações antrópicas, à intervenção ao longo do tempo e pelas mudanças climáticas em curso (Sandilyan; Kathiresan, 2012). Os estuários recebem contínuas descargas de elementos químicos, tais como metais pesados, que provém parcialmente de processos naturais de degradação rochosa, como por exemplo, por meio da lixiviação (Liu; Liu; Ken, 2020). Além disso, a ação humana também impacta os estuários, uma vez que recebem cargas diárias de diversos contaminantes, como

os metais e agroquímicos, os quais podem desencadear sérios desequilíbrios metabólicos e, conseqüentemente, estresse oxidativo (Borges *et al.*, 2022).

3.2 Características gerais das ostras do gênero *Crassostrea*

As ostras nativas de mangue pertencentes ao gênero *Crassostrea* (Sacco, 1897) são moluscos bivalves, da família *Ostreidae* (Rafinesque, 1815), que são animais filtradores, sésseis em suas fases de crescimento, comumente encontradas em raízes de árvores de mangue e em costões rochosos localizados no infralitoral e mesolitoral (Lazoski *et al.*, 2011). Possuem uma grande diversidade na morfologia de suas conchas, a qual está relacionada ao substrato onde encontram-se fixadas (Absher, 1989). Lazoski (2004), utilizando marcadores genéticos moleculares, identificou as espécies *C. brasiliiana* e *C. rhizophorae* como as populações naturais mais abundantes encontradas no litoral do Brasil.

Devido à similaridade entre as duas espécies de ostras do mangue, Rios (1994) considerou todas como sendo da espécie *C. rhizophorae*. Estudos posteriores (Ignácio *et al.*, 2000), utilizaram eletroforese de aloenzimas para comparar populações simpátricas e alopátricas de *C. rhizophorae* e *C. brasiliiana*, e identificaram que são espécies biológicas distintas. Lapègue *et al.* (2002), verificaram tratar-se de duas espécies endêmicas diferentes. Os altos níveis de divergências de sequências nucleares e mitocondriais entre as populações simpátricas de *C. rhizophorae* e *C. brasiliiana* indicam que são, de fato, espécies diferentes (Lazoski, 2004). Já *C. brasiliiana* e *C. gasar* apresentam a mesma sequência genética da subunidade 16S do RNA ribossomal, indicando que pertencem à mesma espécie, (Varela *et al.*, 2007), portanto, a *C. brasiliiana* também é conhecida como *C. gasar*. Em relação à identificação morfológica, são consideradas as características externas das conchas, como forma irregular em *C. brasiliiana* e alcance de maior tamanho, e forma lisa e côncava em *C. rhizophorae*, e menor tamanho, de acordo com o hábitat e substrato de fixação (Absher, 1989; Nascimento, 1991; Lazoski, 2004).

A identificação torna-se complexa para formas mais jovens e em distribuição parapátrica, ou seja, quando as populações da mesma espécie diferenciam -se e ocupam áreas contíguas, mas ecologicamente distintas (Scardua *et al.*, 2017). Por esta razão, as análises moleculares e genéticas são alternativas para a identificação

das ostras e têm contribuído com inúmeras pesquisas científicas por meio de informações constantes em bancos de dados biológicos e genéticos, como o GenBank – NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) (Pie *et al.*, 2006).

A ostra nativa *C. rhizophorae*, conhecida como “ostra branca”, é encontrada nas raízes da planta do mangue *Rhizophorae mangle* e apresenta distribuição desde o Caribe, na Ilha de Martinica - departamento ultramarino insular francês - ao longo do litoral brasileiro, até o Uruguai (Rios, 1994; Lapègue *et al.*, 2002). Já a ostra do mangue *C. brasiliiana*, habita a maior parte da costa brasileira (Lazoski, 2004), e é comumente encontrada formando aglomerados no ecossistema manguezal (Nascimento, 1991). Entre as espécies nativas, a *C. brasiliiana* apresenta características zootécnicas mais interessantes para o cultivo e um maior crescimento, sendo a espécie nativa mais produzida no Brasil (Suplicy, *et al.*, 2022).

C. brasiliiana (Lamarck, 1819) e *C. rhizophorae* (Guilding, 1828), popularmente denominadas “ostras-do-mangue”, são as mais utilizadas em monitoramentos ambientais, uma vez que estas espécies de ostras apresentam mecanismos de bioacumulação e biomagnificação, que são frequentemente utilizados com o objetivo de avaliar a presença de xenobióticos e os impactos das ações antrópicas nos manguezais, baías e ambientes estuarinos (Santos; Boehs, 2023)

Em um estudo de revisão baseado na morfoanatomia e taxonomia das espécies brasileiras de *Crassostrea*, Amaral e Simone (2014), identificaram *Crassostrea mangle*, como uma das espécies de ostras nativas.

3.3 Importância social e científica

O monitoramento ambiental desses ecossistemas com o uso de organismos bioindicadores têm grande importância científica, ambiental, e socioeconômica, considerando-se a preservação da biodiversidade, a saúde das espécies que vivem nesses ecossistemas e a qualidade da alimentação. Este fato justifica-se devido a muitos crustáceos, moluscos e invertebrados marinhos serem consumidos pelo ser humano (Borges *et al.*, 2022) e seu consumo é recomendável (Martino; Cruz, 2004).

As respostas ambientais a nível de populações ou comunidades são precedidas pelas alterações nos diversos níveis biológicos e podem ser eficientemente detectadas pelas análises utilizando-se os biomarcadores (Borges *et*

al., 2022). As ostras de mangue, *C. brasiliiana* e *C. rhizophorae*, são espécies sésseis, filtradoras, que podem bioacumular metais em seus tecidos, transferidos através do fitoplâncton, e por essas características são utilizadas em monitoramentos (Azevedo *et al.*, 2019; Santos; Boehs, 2023).

Embora o presente estudo tenha sido realizado com ostras de mangue coletadas em ambientes naturais, vale ressaltar que o cultivo das espécies de ostras nativas no Brasil, para a comercialização e consumo alimentar, declarada em 2022 foi de 173,89 toneladas conforme dados do Relatório Anual de Produção - RAP – 2022, Ministério da Pesca e Aquicultura. Sendo o estado de Santa Catarina o segundo maior produtor com 30,89 toneladas, seguido pelo Paraná com 11,00 toneladas. (Brasil – MPA, 2023). A ostreicultura, oferece vários benefícios nas interações entre o ser humano com o ambiente marinho costeiro, no sentido socioeconômico, socioecológico e para a preservação e restauração dos bancos naturais de moluscos bivalves (Guzenski, 2022).

Em relação à gestão dos ambientes costeiros, os biomarcadores para a identificação da presença metais nos organismos invertebrados marinhos podem ser usados como indicadores de qualidade ambiental (Voigt; Silva; Campos, 2016; Oliveira *et al.*, 2022; Santos; Boehs, 2023) Assim, permitem o desenvolvimento de estratégias de gestão mais eficazes para prevenir e mitigar os impactos de poluentes nos diversos ecossistemas marinhos e podem fornecer informações importantes sobre a segurança de produtos para consumo humano (Barros; Barbieri, 2012; Latif, M. *et al.*, 2024).

3.4 Estresse Oxidativo

O estresse oxidativo é a denominação dada ao estado bioquímico que ocorre devido ao excesso de radicais livres no meio intracelular, e simultaneamente, aos menores níveis de antioxidantes nesse meio. Em consequência, há estímulo de interações nocivas entre as biomoléculas presentes e as espécies reativas, como as Espécies Reativas de Oxigênio (ERO) e as Espécies Reativas de Nitrogênio (ERN), que são moléculas instáveis e altamente reativas, capazes de interagir e modificar outras moléculas (Barbosa *et al.*, 2010). Essas interações causam a peroxidação lipídica, danos às células, aos tecidos e ao organismo, que se encontram em estado de estresse oxidativo (Sies, 1986; Barbosa *et al.*, 2010).

Estudos com moluscos e peixes, indicam que a exposição a metais e agroquímicos pode levar ao aumento da produção de ERO, interferir no estado redox e causar danos aos tecidos dos organismos (Sene *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2022; Rodrigues; Smith, 2022).

Nos processos metabólicos e bioquímicos dos organismos ocorrem inúmeras reações de construção e desconstrução de biomoléculas, assim como a transformação de energia, na qual o oxigênio entra como um auxiliador na oxidação da matéria orgânica. A produção de ERO e outras espécies reativas, como ERN, faz parte do metabolismo e ocorre em diversas condições fisiológicas (Vasconcelos *et al.*, 2007). Sendo a formação de ERO pelos sistemas biológicos muitas vezes um subproduto de processos celulares normais, como a respiração mitocondrial e por meio da cadeia transportadora de elétrons, a principal geradora de radicais livres (Barbosa *et al.*, 2010).

As principais EROs são os radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$); superóxido (O_2^-) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que podem causar danos ao organismo, tais como a lipoperoxidação dos lipídios insaturados das membranas das células. Ainda, os radicais peroxila ($\text{RO}_2 \bullet$), alcoxila ($\text{RO}\bullet$); oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) e o ozônio O_3 podem causar lipoperoxidação (Vasconcelos *et al.*, 2007; Barbosa *et al.*, 2010; Prevedello; Comachio, 2021).

A hidroxila apresenta grande potencial reativo e extrema instabilidade, é um radical livre envolvido na produção de danos oxidativos e principal iniciador do processo de peroxidação lipídica, tendo como consequência a alteração das membranas celulares, na estrutura de proteínas, além de interferir na ocorrência de mutações no DNA. (Welch *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2010; Halliwell; Gutteridge, 2015).

No ser humano, a produção excessiva de ERO e o consequente estresse oxidativo (Ling; Kuo, 2018) podem estar relacionados a diversas doenças, eventos cardiovasculares, patogênese da aterosclerose e complicações relacionadas ao início e à progressão da doença renal crônica, incluindo a ocorrência de proteinúria, hipertensão arterial e diabetes mellitus (Halliwell *et al.*, 1995; Pagano *et al.*, 1998; Vasconcelos *et al.*, 2007).

3.5 Sistema de defesa antioxidante

Existem diversos mecanismos desenvolvidos pelos sistemas biológicos para modular o estresse oxidativo, o que envolve um equilíbrio entre os mecanismos de geração de estresse e os mecanismos de defesa antioxidante, a fim de manter um equilíbrio entre a produção e a neutralização de ERO. A manutenção deste equilíbrio é essencial para o funcionamento adequado das funções celulares e da saúde e as interrupções nesse equilíbrio podem levar ao estresse oxidativo e ao desenvolvimento de diversas doenças (Silva; Ferrari, 2011).

Os sistemas internos de defesa antioxidante presentes no organismo trabalham em conjunto, através do sistema de defesa antioxidante, que atua na inibição e redução de danos causados pela ação deletéria dos radicais livres, ou das espécies reativas não-radicaais (Barbosa *et al.*, 2010).

O sistema de defesa enzimático inclui as enzimas catalase (CAT), glutational peroxidase (GPx) e a superóxido dismutase (SOD). A CAT realiza a degradação do peróxido de hidrogênio, molécula formada naturalmente nos seres vivos durante o metabolismo oxidativo. A GPx fornece elétrons para as espécies reativas, enquanto a enzima SOD combate o superóxido (Barbosa *et al.*, 2010).

O sistema exógeno funciona com a participação de antioxidantes não enzimáticos, de origem exógena provindos da dieta, como as vitaminas C, E, e A, bem como, carotenoides, flavonoides, selênio e zinco que eliminam ERO diretamente e previnem danos oxidativos (Fraunberger *et al.*, 2015; Prevedello; Comachio, 2021). Os micronutrientes como o cobre, zinco, magnésio e selênio são necessários para que o sistema funcione, sendo cofatores das enzimas antioxidantes SOD-Cu/Zn (superóxido dismutase – cobre/zinco), SOD-Mn (superóxido dismutase – manganês) e GPx (glutational peroxidase – selênio) (Vincent; Innes; Vincent, 2007).

Compostos vitamínicos com potenciais antioxidantes, como a vitamina E, atuam na proteção contra a peroxidação dos ácidos graxos insaturados da membrana celular e convertem as ERO em formas menos reativas. A vitamina C potencializa a ação antioxidante da vitamina E e do selênio, inibindo a produção de espécies reativas (Rodrigo; Guichard; Charles, 2007).

4. MÉTODO

O presente estudo é caracterizado como uma pesquisa de alcance descritivo e correlacional de abordagem quantitativa. A população de estudo foi composta por moluscos bivalves, ostras nativas de mangue do gênero *Crassostrea*, coletadas em dois pontos da Baía Babitonga e em um ponto da Baía de Guaratuba no período do inverno, nos meses de julho, agosto e setembro de 2022, e durante o verão, nos meses de fevereiro e março de 2023.

Para ter acesso ao mangue e realizar as coletas, a altura da maré deveria estar preferencialmente zero ou negativa. Nos três pontos mencionados e cada subárea (A, B, C), foi aferida a temperatura do sedimento, as ostras foram coletadas manualmente, e recolhidas as amostras de sedimento e da água de percolação. As amostras foram armazenadas em recipientes plásticos estéreis e transportados em caixa térmica, para posterior análise.

Foram escolhidas três áreas de manguezal, com o objetivo de determinar as relações entre as características ambientais, as concentrações de metais e o estado redox nos organismos coletados nos três pontos, nas duas estações.

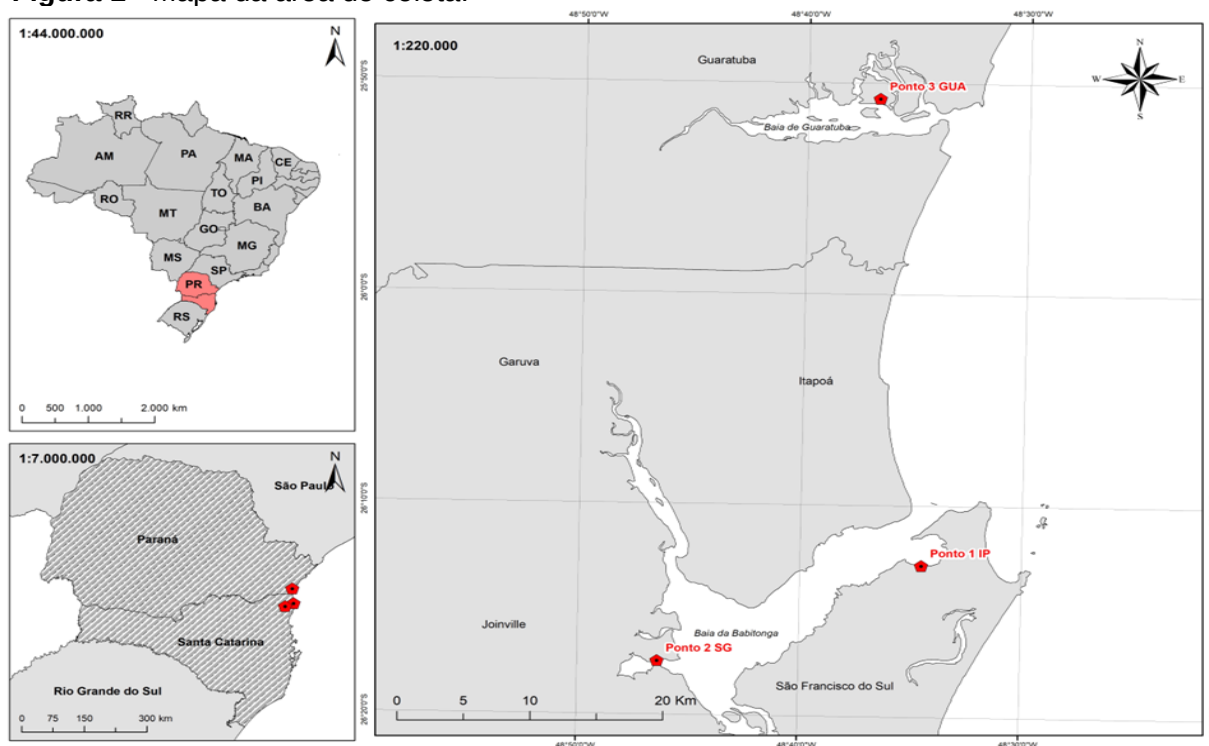
4.1 Áreas de estudo

As áreas de estudo são regiões costeiras estuarinas, no litoral sul do Brasil. A Baía Babitonga, localizada no norte de Santa Catarina (fig. 1), corresponde a uma das áreas de estudo do presente trabalho, sendo os pontos de coletas: ponto 1 - Iperoba, em São Francisco do Sul, e ponto 2 - Lagoa de Saguauçu, em Joinville. Caracteriza-se por ser o maior complexo estuarino e apresentar a maior área de manguezal do Estado. A bacia hidrográfica da Baía Babitonga, drena terrenos dos municípios de Joinville, Garuva, São Francisco do Sul, Araquari e Balneário Barra do Sul (Vieira *et al.*, 2008).

O ponto 3 de coleta localizado na Baía de Guaratuba (figura 1), no litoral sul paranaense. Este estuário tem uma extensão leste-oeste de 15 km, cercado por manguezais e pântanos. A baía faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaratuba, que engloba todo o município de Guaratuba e diversos municípios em seu entorno (Castilho-Westphal *et al.*, 2014).

As áreas de estudo foram escolhidas considerando-se a localização geográfica das duas baías, a influência antrópica nos ambientes e a preservação. Sendo o ponto 1 IP ($26^{\circ}12'50''$ S $48^{\circ}34'32''$ W) em região isolada, de manguezais preservados, localizada a cerca de 7km da desembocadura da baía, por esta razão recebe maior influência marinha. O ponto 2 SG ($26^{\circ}17'28''$ S $48^{\circ}46'22''$ W) localizado em área mais interna da baía, há aproximadamente 22 km da desembocadura, reúne maior urbanização e influência antrópica, e mangue menos preservado. O ponto 3 GUA ($25^{\circ}50'45''$ S $48^{\circ}36'46''$ W) caracteriza-se por ser uma área mais interna da Baía de Guaratuba, isolada, de manguezais preservados, por esta última característica, apresentando maior similaridade ao IP.

Figura 1 - Mapa da área de coleta.



Fonte: autora

4.1.1 Baía Babitonga

A Baía Babitonga (figura 1) está entre as latitudes $26^{\circ} 07'$ e $26^{\circ} 27'$ S e $48^{\circ}28'$ e $48^{\circ}50'$ O', sendo o maior complexo estuarino e de manguezais do estado. Esta baía tem sido ocupada desde o início do processo de colonização da região e em consequência das ações antrópicas. A ocupação urbana contribuiu para o crescimento de diversos municípios nas proximidades da baía, que a partir da

instalação e alta concentração de indústrias do setor metalmecânico, do uso de defensivos agrícolas, emissão de diversos poluentes domésticos e industriais, vêm afetando a qualidade da água da região. Dois exemplos de poluentes domésticos e industriais são o coprostanol e alquilbenzenos, os quais são encontrados nas fezes humanas e em detergentes de louça, respectivamente (Adão, 2016; Kilca *et al.*, 2019; Vieira *et al.*, 2008; Engel *et al.*, 2017).

Além da expansão das áreas urbanas no entorno da Baía, a construção do aterro da BR-280 que promoveu o fechamento do Canal do Linguado (na década de 1930), ocasionou a interrupção da hidrodinâmica no interior da baía da Babitonga (Cremer, 2006; Kilca *et al.*, 2019; Gerhardinger *et al.*, 2021).

A região costeira de Joinville é a área com maior influência de poluição, em decorrência da densidade demográfica, da limitada rede de tratamento de efluentes e da expressiva atividade industrial (Gerhardinger *et al.*, 2021). Algumas das atividades econômicas que este sistema costeiro sustenta são a pesca, as atividades portuárias, o cultivo de organismos marinhos e a ostreicultura (Vieira *et al.*, 2008).

Figura 2 - Ponto 1 IP - Iperoba - Baía Babitonga. Raízes respiratórias ou pneumatóforos do mangue e aglomerados de ostras.



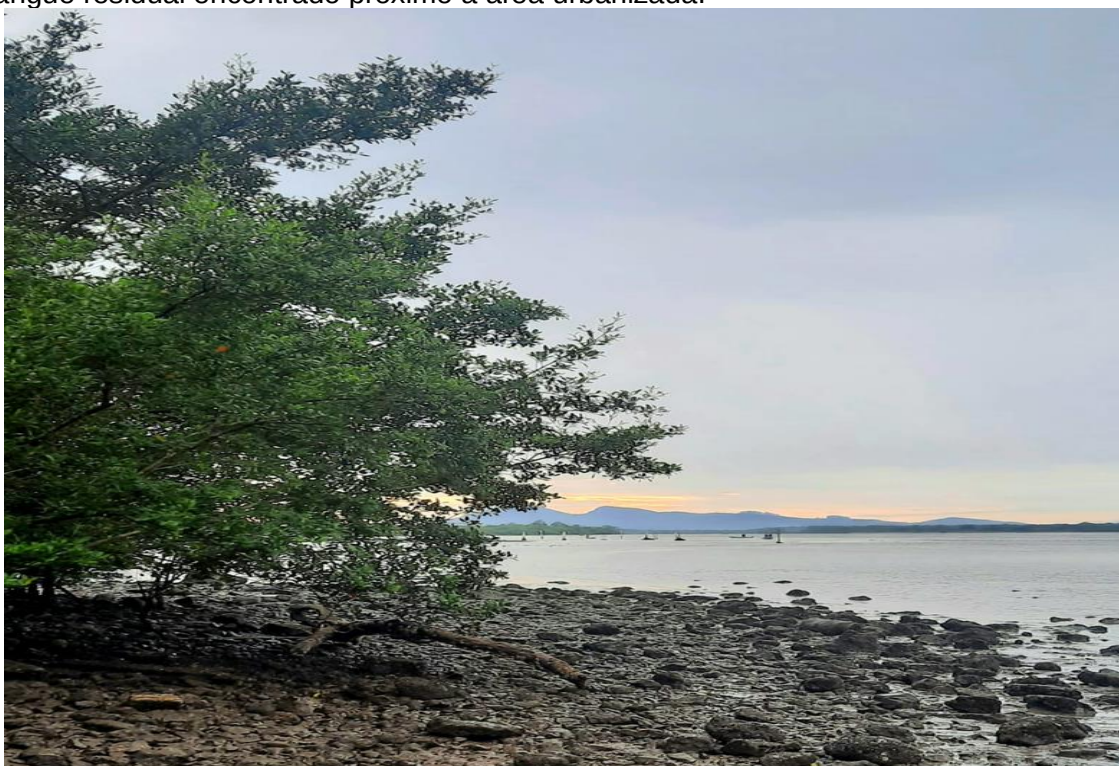
Fonte: acervo pessoal.

Figura 3 - Raízes entrelaçadas do manguezal e aglomerados de ostras.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 4 - Baía Babitonga. Lagoa do Saguaçu. Área de estudo. Na imagem, observa-se mangue residual encontrado próximo a área urbanizada.



Fonte: Acervo pessoal.

Neste ponto não foi encontrada quantidade mínima significativa de ostras próximas as raízes do mangue, estando estas mais afastadas, fixas sobre as

pedras. No inverno foi observado que havia uma população maior de ostras, sugerindo se tratar de área bastante impactada pela ação antrópica sazonal, por meio de pesca e coletas.

Figura 5 - Baía Babitonga. Lagoa do Saguaçu. Área de estudo. Na imagem, observa-se sedimento lodoso em que as ostras estavam fixadas sobre as pedras.



Fonte: Acervo pessoal.

4.1.2 Baía de Guaratuba

A Baía de Guaratuba (Figura 1) está entre as latitudes 25° 38' e 25° 52'S e 48° 34' e 48° 42' O, sendo margeada pela vegetação rasteira do tipo restinga e manguezais. A baía está inserida em uma área de proteção ambiental, mas vem sofrendo com diversas ações antrópicas com o crescimento urbano e o aumento da densidade demográfica dos municípios localizados em seu entorno, como por exemplo Guaratuba, Tijucas do Sul, Matinhos, Paranaguá, São José dos Pinhais e Morretes. É uma área que apresenta rica biodiversidade e tem sido explorada pela pesca extrativista, coleta de moluscos de bancos naturais e cultivo de bivalves (Lehmkuhl *et al.*, 2010).

É uma região que está submetida aos impactos físicos, químicos e pela atividade humana, como por exemplo, o lançamento de efluentes de origem urbana,

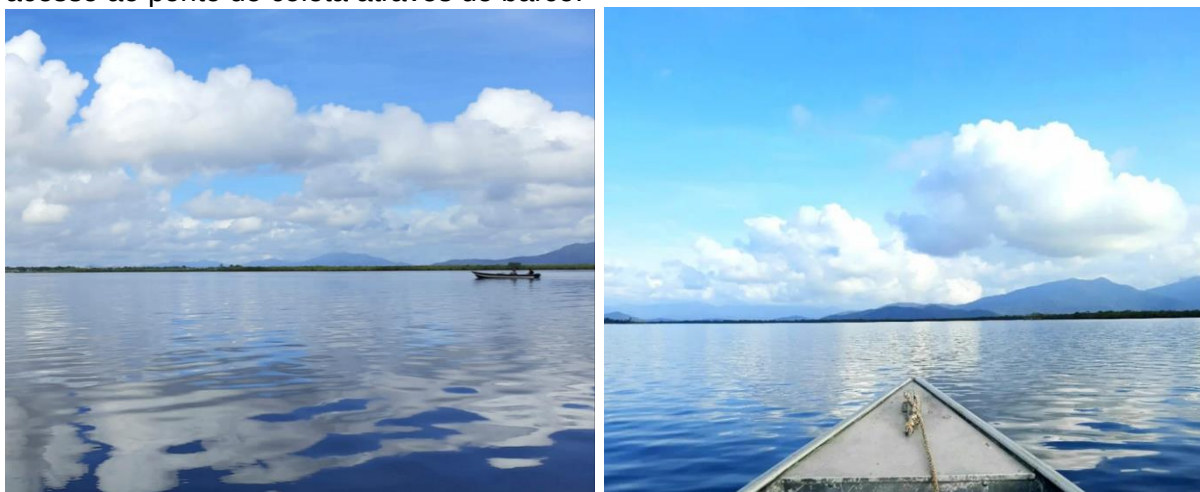
bem como de fertilizantes, produtos químicos dos cultivos agrícolas da banana, do arroz e de ostras (Chaves; Freire, 2012).

Figura 6 - Ponto 3 – GUA, localizado na APA – Área de Preservação Ambiental, na Baía de Guaratuba. Observa-se na imagem vasta região de manguezais preservados, como na maior parte da Baía. Ilha margeada por vegetação de restinga.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 7 - À esquerda, e figura 8 à direita, ambas na Baía de Guaratuba, ponto 3 – GUA. Na figura à esquerda observa-se a pesca artesanal, prática comum na região. Registro do acesso ao ponto de coleta através de barco.



Fonte: acervo pessoal.

4.2 Amostragens e Processamento das Amostras

As coletas das amostras de ostras nativas de mangue do gênero *Crassostrea* foram realizadas no inverno, entre os meses de julho, agosto e setembro de 2022, e no verão, durante os meses de fevereiro e março de 2023. Em cada um dos três

pontos de coleta, foram selecionadas três subáreas, denominadas de réplicas A, B e C. As coletas foram feitas de forma manual, sendo retirados um total de oito indivíduos em cada subárea, haja visto que foram três pontos de amostragem, totalizando 72 indivíduos em cada estação (inverno - INV e verão - VER) para as análises de TBA-RS e Proteínas Carboniladas.

As amostras foram selecionadas e coletadas em ambiente natural de cada manguezal, nos pontos (IP, SG, GUA) e subáreas (A, B, C), considerando-se a semelhança anatômica dos indivíduos, os substratos onde encontravam-se fixadas, a preservação de cada organismo, coloração, tamanho, conchas integras e fechadas.

Para as análises de metais foram coletados seis exemplares de ostras por ponto amostral, com dois exemplares por réplicas A, B e C, com 18 exemplares, no inverno e 18 no verão. Todas as amostras foram armazenadas e transportadas em caixa térmica para posterior congelamento a - 20°C. Cada indivíduo foi devidamente higienizado em seguida foi dissecado em ambiente estéril, com bisturi de aço inoxidável, para a extração de tecidos - músculo adutor e brânquias - e preparação das amostras para as análises de estresse oxidativo e de metais.

Em laboratório foram tomadas as medidas biométricas de altura, comprimento e largura das conchas dos 144 exemplares de ostras destinadas à análise de estresse oxidativo.

O ponto 1 IP é um ambiente de manguezal em região do mesolitoral, bem preservado devido ao isolamento e menor acesso à área, margeada por vegetação rasteira de restinga. As ostras de mangue foram coletadas de substratos diversos, como telhas, rochas, e também aquelas que cresciam umas sobre as outras. No ponto 2 SG, as ostras foram coletadas de uma área que reúne urbanização e maior densidade demográfica, com mangue menos preservado. Neste ponto as ostras de até 13 cm encontravam-se incrustadas sobre rochas, que permanecem a maior parte do tempo submersas, sendo necessário que a maré estivesse baixa, próxima a zero ou negativa para ter acesso ao local.

No ponto 3 GUA, as ostras foram coletadas em área isolada e bastante preservada, com acesso ao manguezal, sendo possível somente através de barco. Os espécimes foram coletados nas raízes do mangue, a maioria estava em contato direto com o sedimento lodoso, todas muito conservadas e desenvolvidas.

4.3 Variáveis Ambientais - Água de percolação

Amostras da água de percolação – encontradas acumuladas sobre alguns pontos do sedimento, com a maré zero ou negativa - foram coletadas por ponto amostral, nas réplicas A, B e C, as quais foram armazenadas em recipientes plásticos estéreis e transportadas em caixa térmica. O pH e a salinidade foram mensurados em laboratório, com um aparelho multiparâmetros da marca HANNA Hi 9828.

4.4 Variáveis do Sedimento

A temperatura do sedimento foi aferida em cada ponto com um termômetro da marca INCOTERM, modelo 5135, sendo necessário que a maré estivesse zero ou negativa. Para a caracterização granulométrica, em cada ponto foram coletadas três amostras de sedimento, com a retirada de uma amostra por subárea (A, B e C), no inverno e no verão, sendo armazenadas em potes plásticos de 300 mL e congeladas. No laboratório, as amostras foram desidratadas e posteriormente foram determinadas as porcentagens de carbonato de cálcio (CaCO_3) presente no sedimento, e as porcentagens de matéria orgânica (% M.O.) pelo método de combustão (Dean, 1974). Posteriormente, o sedimento foi peneirado para determinar os diâmetros dos grãos de fração arenosa (Suguio, 1973) e realizada a pipetagem para determinar as frações de silte e argila (Galehouse, 1971). Para a classificação do diâmetro médio, assimetria, seleção e curtose das amostras de sedimento de cada ponto de amostragem foi utilizado o software Sysgran 3.0 (Camargo, 2006).

4.5 Análise dos Parâmetros de Estresse Oxidativo

As análises de carbonilação proteica e peroxidação lipídica foram realizadas em 144 amostras de tecido das ostras nativas, que foram coletadas no inverno e no verão. As amostras dos tecidos foram armazenadas em recipientes contendo gelo e solução-tampão salina. Foi realizado o preparo do homogeneizado (10%) (p/v) em tampão fosfato de sódio 20 mM com KCl 140 mM, pH 7,4 e centrifugado para remoção dos resíduos. A parte contendo o sobrenadante foi armazenada e

congelada em freezer a -80°C . Posteriormente, o conteúdo total de proteínas carboniladas e as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA-RS) foram determinados (Delwing de Lima *et al.*, 2017).

4.6 Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBA-RS)

Os níveis de TBARS foram determinados de acordo com o método descrito por Ohkawa, Ohishi e Yagi (1979). A metodologia mede a quantidade de malondialdeído (MDA), produto final da lipoperoxidação, gerado, principalmente, por radicais livres hidroxila. O homogenato das amostras de ostras foi misturado com ácido tricloroacético a 20% e 0,8% de ácido tiobarbitúrico e aquecido em banho de água fervente durante 60 minutos. O teor de TBA-RS foi determinado por absorvância em 535 nm. Uma curva de calibração foi obtida utilizando 1,1,3,3-tetrametoxipropano como o precursor de MDA, sendo que cada ponto da curva foi submetido ao mesmo tratamento que o das amostras. Os resultados foram expressos em nmol de MDA por mg de proteína.

4.7 Conteúdo Total de Proteínas Carboniladas

O método proposto por Reznick e Packer (1994) foi utilizado para se obter o teor de carbonilas, baseado na reação de carbonilação de proteínas com dinitrofenilhidrazina formando dinitrofenilhidrazona, um composto amarelo, medido fotometricamente a 370 nm. Nessa metodologia, 200 μL do homogenato foram adicionados a tubos de plástico contendo 400 μL de dinitrofenilhidrazina 10 mM (preparado em HCl 2 M). As amostras foram acondicionadas sem exposição à luz durante 1 hora e agitadas em vórtex a cada 15 minutos. Posteriormente, 500 μL de ácido tricloroacético a 20% foram adicionados a cada tubo. A mistura foi submetida ao vórtex e centrifugada a 14.000 xg durante 3 minutos e o sobrenadante obtido foi descartado. O sedimento restante foi lavado com uma solução de 1 mL de etanol/acetato de etila (1:1 v/v), agitado e centrifugado a 14.000 xg durante 3 min. O sobrenadante foi descartado e o sedimento ressuspense em solução de 600 μL de guanidina 6 M (preparado numa solução de fosfato de potássio 20 mM, pH 2,3), antes de agitação em vórtex e incubada a 60°C durante 15 minutos. As amostras, então, foram centrifugadas pela última vez a 14.000 xg durante 3 minutos e o

sobrenadante usado para medir a absorbância a 370 nm numa cubeta de quartzo utilizando o espectrofotômetro. Os resultados foram quantificados como conteúdo total de proteínas carboniladas (nmol/mg de proteína).

4.8 Análises das Concentrações de Metais

Para a extração dos metais, nos sedimentos e nos tecidos das ostras, das amostras coletadas em cada um dos pontos de amostragem (Iperoba: IP, Lagoa do Saguaçu: SG e Guaratuba: GUA, nas réplicas A, B e C e no inverno e no verão), foi utilizado o método baseado no US EPA 3050B da Agência de Proteção Ambiental dos EUA, aplicável para a extração/dissolução com ácido em amostras de solo, sedimentos e tecidos. Foram analisados os metais Cu (cobre), Ni (níquel), Cr (cromo), Pb (chumbo), Zn (zinco), Al (alumínio), Fe (ferro), Mn (manganês); utilizou-se em média 2 g de material das amostras que foram transferidas para um recipiente para serem digeridas por 10 mL de HNO₃ concentrado, em bloco digestor aberto, pelo tempo de 10 minutos, à temperatura média de 95°C em refluxo, por 10 a 15 minutos evitando a ebulição. Após deixar a amostra esfriar, foi acrescentado 5 ml HNO₃ concentrado, e colocada sob refluxo por 30 minutos com o recipiente tampado. Depois de esfriar foi aquecida por 1 hora a 95°C± 5°C. Depois de esfriada foi adicionado 2 ml de H₂O (destilada) e 3 ml de H₂O₂. Foi acrescentado 1 ml de H₂O₂ em alíquotas para diminuir a efervescência. A amostra foi aquecida nos digestores com H₂O₂ até que o volume fosse reduzido para cerca de 5 ml em uma temperatura de 95°C± 5°C sem ferver, pelo tempo de 2 horas. Foi acrescentado 10 ml de HCl concentrado e colocado em aquecimento e refluxo à 95°C por 15 minutos. As amostras digeridas foram transferidas para frascos de vidros devidamente calibrados, para diluição com água destilada até o volume de 100 mL. Posteriormente passaram por uma filtragem em papel quantitativo acoplado a um funil de vidro, os resíduos descartados e o sobrenadante, sendo acondicionadas em recipientes de teflon e armazenadas até o processo de leitura das concentrações de metais (mg/kg) por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) (Avio 200- Perkin Elmer) (Campos *et al.*, 2005; Santos, 2013).

4.9 Análises dos dados

Para as análises numéricas dos valores das concentrações dos metais níquel, cromo, ferro, manganês, alumínio, cobre, chumbo e zinco nos tecidos das ostras (36 indivíduos) e sedimentos (18 amostras), dos conteúdos de proteínas carboniladas e níveis de TBA-RS (144 indivíduos); salinidade, e pH da água de percolação (18 amostras), biometria das ostras (144 indivíduos), dos percentuais de matéria orgânica, carbonato de cálcio, areia, silte e argila e das variáveis granulométricas diâmetro médio, seleção dos grãos, assimetria e curtose e temperatura do sedimento (18 amostras), foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Em seguida foram realizados os testes de comparação entre as estações (inverno: INV e verão: VER) pelo teste-t paramétrico e não paramétrico do teste de Mann-Whitney U (Underwood, 1997; Vieira, 2010), sendo significativas as diferenças com p -valor < 0.05 . Para comparar essas variáveis entre os pontos de amostragem (**Iperoba: IP, Lagoa do Saguaçu: SG e Guaratuba: GUA**), foram aplicadas as Análises de Variância (ANOVAs) paramétricas e não paramétricas de Kruskal-Wallis e para as diferenças significativas (p -valor $< 0,05$) foram realizados testes *a posteriori* de Tukey HSD e não paramétrico de Comparações Múltiplas (Underwood, 1997; Vieira, 2010).

5. RESULTADOS

5.1 Variáveis Ambientais

Quando comparadas as estações do ano (inverno e verão), as diferenças foram significativamente maiores no verão para as variáveis temperatura (INV = 16,06°C e VER = 21,72°C), percentual de carbonato de cálcio e as concentrações de níquel, cromo, chumbo e ferro nos sedimentos (Tabela 1). A salinidade (INV = 23,01 PSU e VER = 13,38 PSU) e os diâmetros médios dos grãos do sedimento (INV = ϕ 3,59 e VER = ϕ 2,58) foram significativamente maiores no inverno (Tabela 1). Para as comparações de pH (INV = 7,16 e VER = 6,84), percentual de matéria orgânica, seleção dos grãos, assimetria, curtose, percentuais de areia, silte, argila e as concentrações de cobre, zinco, alumínio e manganês no sedimento as diferenças não foram significativas.

Tabela 1. Resultados das comparações das variáveis ambientais entre inverno (INV) e verão (VER) das variáveis temperatura, percentual de carbonato de cálcio (%CaCO₃), sedimentos de níquel (Ni), cromo (Cr), chumbo (Pb), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), alumínio (Al), manganês (Mn), salinidade, diâmetro médio (ϕ), potencial hidrogeniônico (pH), percentual de matéria orgânica (% M.O.), seleção dos grãos, assimetria, curtose e percentuais de areia, silte e argila. d.p.: desvio padrão. T: teste t. U: teste t de Mann Witney. *diferenças significativas (p -valor < 0,05). ns: diferenças não significativas.

Variáveis	ESTAÇÃO				Comparações
	Média (desvio padrão)				
	Inverno Média (dp)	Verão Média (dp)	t- valor (<i>p</i> - valor gl = 16)	u-valor (<i>p</i> - valor)	
Temperatura (°C)	16,06 (0,81)	21,72 (0,56)	-17,24 (0,00)*	-	VER > INV
% CaCO ₃	9,10 (4,87)	19,88 (10,89)	-2,71 (0,02) *	-	VER > INV
Ni (mg/kg)	3,52 (1,78)	11,19 (3,74)	-5,56 (0,00) *	-	VER > INV
Cr (mg/kg)	8,83 (6,04)	25,85 (11,22)	-4,01 (0,00) *	-	VER > INV
Pb (mg/kg)	0,12 (0,37)	10,71 (3,94)	-8,03 (0,00) *	-	VER > INV
Fe (mg/kg)	6682,78 (2705,10)	16572,24 (5068,72)	-5,16 (0,00) *	-	VER > INV
Salinidade (PSU)	23,01 (7,33)	13,38 (5,97)	3,05 (0,01) *	-	INV > VER
Diâmetro médio (φ)	3,59 (0,88)	2,58 (0,62)	2,81 (0,01) *	-	INV > VER

pH	7,16 (0,49)	6,84 (0,25)	1,72 (0,10)	-	ns
% M.O.	16,76 (11,32)	19,57 (8,59)	-0,59 (0,56)	-	ns
Seleção	1,66 (0,59)	1,70 (0,29)	-0,19 (0,8)	-	ns
Assimetria	0,04 (0,14)	0,04 (0,18)	0,05 (0,96)	-	ns
Curtose	1,90 (1,30)	1,06 (0,39)	1,86 (0,08)	-	ns
% Areia	68,98 (21,18)	82,88 (6,71)	-1,88 (0,08)	-	ns
% Silte	28,12 (18,31)	15,96 (6,65)	1,87 (0,08)	-	ns
Cu (mg/kg)	4,17 (2,91)	4,63 (1,86)	-0,40 (0,70)	-	ns
Zn (mg/kg)	47,23 (39,42)	78,08 (49,78)	-1,46 (0,16)	-	ns
Al (mg/kg)	7735,04 (3782,36)	5492,51 (5068,72)	1,58 (0,13)	-	ns
Mn (mg/kg)	81,11 (50,41)	116,69 (56,26)	-1,41 (0,18)	-	ns
% Argila	2,90 (3,74)	1,16 (0,45)	-	24,00 (0,16)	ns

Quando comparados os valores das variáveis ambientais entre os pontos de coleta, os valores foram significativamente maiores em SG para as concentrações de manganês (159,3 mg/kg) e cobre (7,12 mg/kg), sendo iguais em IP (Mn = 72,89 mg/kg e Cu = 3,73 mg/kg) e GUA (Mn = 64,52 mg/kg e Cu = 2,36 mg/kg). As concentrações de zinco em SG (120,52 mg/kg) e IP (36,49 mg/kg) foram significativamente maiores que GUA (30,96 mg/kg). As concentrações de alumínio foram maiores em SG (9.206,95 mg/kg) quando comparados a GUA (5.136,96 mg/kg), a salinidade foi maior em IP (25,78 PSU) que GUA (12,11 PSU) e a concentração de cromo foi maior em SG (27,75 mg/kg) que IP (11,60 mg/kg) (Tabela 2). Os valores das variáveis temperatura, pH, percentual de matéria orgânica, o percentual de CaCO₃, diâmetro médio dos grãos, seleção dos grãos, assimetria, curtose, percentuais de areia, silte e argila e as concentrações de níquel, chumbo e ferro não foram significativamente diferentes na comparação entre os pontos de amostragem (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados das comparações entre os pontos Iperoba (IP), Saguçu (SG) e Guaratuba (GUA) das variáveis de temperatura, percentual de carbonato de cálcio (%CaCO₃), sedimentos de níquel (Ni), cromo (Cr), chumbo (Pb), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), alumínio (Al), manganês (Mn), salinidade, média, potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (% M.O.), seleção, assimetria, curtose e percentuais de areia, silte e argila. d.p.: desvio padrão. F: ANOVA paramétrica. H: teste de Kruskal-Wallis. *diferenças significativas (p -valor < 0,05). ns: diferenças não significativas.

Variáveis	ÁREAS					Comparações
	Média (desvio padrão)			F- valor (p-valor gl= 15)	H-valor (p-valor)	
	Iperoba Média (dp)	Saguaçu Média (dp)	Guaratuba Média (dp)			
Mn (mg/kg)	72,89 (29,52)	159,30 (41,06)	64,52 (33,22)	13,5 (0,00)*	-	SG IP GUA
Cu (mg/kg)	3,73 (1,51)	7,12 (0,58)	2,36 (1,51)	21,9 (0,00)*	-	SG IP GUA
Zn (mg/kg)	36,49 (11,28)	120,52 (25,87)	30,96 (21,58)	35,9 (0,00)*	-	SG IP GUA
Al (mg/kg)	5497,42 (3677,56)	9206,95 (2388,03)	5136,96 (1402,86)	4,3 (0,03)*	-	SG IP GUA
Cr (mg/kg)	11,60 (5,39)	27,75 (13,12)	12,67 (11,11)	4,5 (0,03)*	-	SG GUA IP
Salinidade (PSU)	25,78 (7,74)	16,70 (3,29)	12,11 (6,29)	7,9 (0,00)*	-	IP SG GUA
Temp. (°C)	18,08 (3,20)	19,08 (3,38)	19,50 (2,74)	0,3 (0,73)	-	ns
pH	7,24 (0,60)	6,70 (0,22)	6,77 (0,19)	2,3 (0,14)	-	ns
% M.O.	19,14 (13,75)	14,64 (6,23)	20,71 (8,85)	0,6 (0,57)	-	ns
% CaCO ₃	8,02 (4,01)	18,98 (7,41)	16,48 (13,49)	2,3 (0,13)	-	ns
Diâmetro médio (φ)	2,71 (0,97)	3,70 (,097)	2,85 (0,44)	2,5 (0,12)	-	ns
Seleção	1,78 (0,24)	1,78 (0,50)	1,47 (0,55)	0,9 (0,42)	-	ns
Assimetria	0,04 (0,22)	0,02 (0,15)	0,09 (0,07)	0,8 (0,47)	-	ns
Curtose	1,02 (0,24)	1,28 (0,37)	2,115 (1,60)	2,3 (0,14)	-	ns
% Areia	79,00 (17,32)	65,60 (20,68)	83,19 (5,79)	2,0 (0,17)	-	ns

% Silte	19,28 (16,10)	31,07 (17,14)	15,77 (5,78)	2,0 (0,17)	-	ns
% Argila	1,72 (1,290)	3,33 (4,50)	1,04 (0,34)	-	3,3 (0,19)	ns
Ni (mg/kg)	5,79 (3,15)	10,43 (5,59)	5,85 (4,72)	2,0 (0,17)	-	ns
Pb (mg/kg)	3,40 (3,51)	7,58 (8,34)	5,28 (5,80)	0,7 (0,52)	-	ns
Fe (mg/kg)	8759,77 (3546,68)	14284,30 (5410,13)	11838,47 (8977,51)	1,1 (0,35)	-	ns

5.2 Biometria das ostras e estado redox

Quando comparadas as estações do ano, as variáveis largura, TBA-RS, altura, comprimento, e conteúdo total de proteínas carboniladas, a diferença foi significativamente maior no verão para a variável largura das conchas das ostras (VER = 2,46 cm > INV = 2,19 cm), e significativamente maior no inverno para a variável TBA-RS (INV = 8,02 nmol de MDA/mg de proteína e VER = 2,79 nmol de MDA/mg de proteína) (tabela 3). As variáveis altura (INV = 6,21 e VER = 6,18), comprimento das conchas (INV = 4,24 e VER = 4,50) e conteúdo total de proteínas carboniladas (ProtCarb) (INV = 6,14 e VER = 6,26) não apresentaram diferenças significativas na comparação entre as duas estações.

Tabela 3. Resultados das comparações entre inverno (INV) e verão (VER) das variáveis altura, comprimento, largura, TBA-RS e ProtCarb. d.p.: desvio padrão. T: teste t. U: teste t de Mann Whitney. *diferenças significativas (p-valor < 0,05). ns: diferenças não significativas.

Variáveis	ESTAÇÃO		t- valor	u-valor (p-valor gl = 142)	Comparações
	Média (desvio padrão)				
	Inverno Média (dp)	Verão Média (dp)			
Altura (cm)	6,21 (2,23)	6,18 (1,93)	-	2518,00 (0,77)	ns
Comprimento (cm)	4,24 (1,53)	4,50 (1,40)	-	2314,50 (0,27)	ns
Largura (cm)	2,19 (0,65)	2,46 (0,63)	-	1960,50 (0,01)	VER > INV

TBA-RS (nmol de MDA/mg de proteína)	8,02 (3,25)	2,79 (0,77)	-	221,50 (0,000)	INV > VER
ProtCarb (nmol de MDA/mg de proteína)	6,14 (2,87)	6,26 (1,82)	-0,28 (0,78)	-	ns

Quando comparados os valores das variáveis entre os pontos de coleta, as diferenças foram significativamente maiores no ponto SG para as variáveis comprimento (5,61 cm), largura (2,65 cm) e altura (7,50 cm), seguidos do ponto GUA (comprimento 4,51cm, largura 2,30 cm e altura 6,64 cm), no ponto IP, as três variáveis apresentaram menores valores (comprimento = 2,99 cm, largura = 2,02 cm e altura 4,45 cm) , porém para a variável conteúdo total de proteínas carboniladas, marcador de estresse oxidativo, este ponto apresentou o maior valor (IP = 8,62 nmol de MDA/mg de proteína), em relação aos outros pontos (GUA = 5,75 e SG = 4,22 nmol de MDA/mg de proteína). Os valores de TBA-RS não foram significativamente diferentes entre os pontos de amostragem (IP = SG = e GUA) (tabela 4).

Tabela 4. Resultados das comparações entre os pontos Iperoba (IP), Saguçu (SG) e Guaratuba (GUA) das variáveis: comprimento, largura, altura, TBA-RS e ProtCarb. d.p.: desvio padrão. F: ANOVA paramétrica. H: teste de Kruskal-Wallis. *diferenças significativas (p -valor < 0,05). ns: diferenças não significativas.

ÁREAS						
Variáveis	Média (desvio padrão)					Comparações
	Iperoba Média (dp)	Saguçu Média (dp)	Guaratuba Média (dp)	F- valor (p -valor)	H-valor (p -valor gl = 141)	
Comprimento (cm)	2,99 (0,79)	5,61 (1,24)	4,51 (0,93)	-	82,03 (0,00)	SG GUA IP
Largura (cm)	2,02 (0,44)	2,65 (0,69)	2,30 (0,64)	-	22,99 (0,00)	SG GUA IP
Altura (cm)	4,45 (1,11)	7,50 (2,11)	6,64 (1,55)	-	66,73 (0,00)	SG GUA IP
ProtCarb (nmol de MDA/mg de proteína)	8,62 (1,95)	4,22 (1,08)	5,75 (1,51)	99,16 (0,00)	-	IP GUA SG

TBA- RS (nmol de MDA/mg de proteína)	3,83 (0,99)	6,39 (4,27)	6,00 (3,84)	-	0,75 (0,69)	ns
---	----------------	----------------	----------------	---	----------------	----

5.3 Metais

Quando comparadas as estações do ano, as concentrações de chumbo (INV = 0,48 > VER = 0,27), cromo (INV = 0,25 > VER = 0,04), alumínio (INV = 501,72 > VER = 42,24) e ferro (INV = 944,07 > VER = 118,37) nos tecidos das ostras foram significativamente maiores no inverno (tabela 5). As diferenças das concentrações de cobre (INV = 18,93 e VER = 12,96), zinco (INV = 3011,40 e VER = 3283,53), manganês (INV = 7,48 e VER = 7,63) e níquel (INV = 0,02 e VER = 0) nos tecidos das ostras nas duas estações, não foram significativas (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados das comparações entre inverno (INV) e verão (VER) das variáveis de concentração de metais de chumbo (Pb), cromo (Cr), alumínio (Al), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e níquel (Ni) nos tecidos das ostras. d.p.: desvio padrão. T: teste t. U: teste t de Mann Whitney. *diferenças significativas (p -valor < 0,05). ns: diferenças não significativas.

Variáveis	ESTAÇÃO				Comparações
	Média (desvio padrão)		t- valor (p-valor gl = 33)	u-valor (p-valor)	
	Inverno Média (dp)	Verão Média (dp)			
Pb (mg/kg)	0,48 (0,23)	0,27 (0,13)	3,39 (0, 00) *	-	INV > VER
Cr (mg/kg)	0,25 (0,45)	0,04 (0,12)	-	90,00 (0,04) *	INV > VER
Al (mg/kg)	501,72 (305,53)	42,24 (23,28)	-	0,00 (0,00) *	INV > VER
Fe (mg/kg)	944,07 (496,15)	118,37 (39,72)	-	0,00 (0,00) *	INV > VER
Cu (mg/kg)	18,93 (12,95)	12,96 (6,36)	1,75 (0,09)	-	ns
Zn (mg/kg)	3011,40 (1545,79)	3283,53 (1570,59)	-0,52 (0,61)	-	ns
Mn (mg/kg)	7,48 (5,64)	7,63 (2,70)	-0,10 (0,92)	-	ns
Ni (mg/kg)	0,02 (0,06)	0 (0)	-	135,00 (0,56)	ns

Quando comparados os pontos de coleta, a concentração de cromo foi significativamente maior em SG (0,25 mg/kg) que IP (0,14 mg/kg) e GUA (0,03 mg/kg). A concentração de cobre em IP (22,70 mg/kg) semelhante a SG (15,96 mg/kg) mas significativamente maior que GUA (8,29 mg/kg) (Tabela 6). As concentrações de cobre eram semelhantes entre IP e SG e entre SG e GUA, mas significativamente diferente entre IP e GUA. As concentrações de metais de níquel, chumbo, zinco, alumínio, ferro e manganês nos tecidos das ostras entre os pontos de amostragem não apresentaram diferenças significativas (Tabela 6).

Tabela 6. Resultados das comparações entre os pontos Iperoba (IP), Saguauçu (SG) e Guaratuba (GUA) das variáveis de concentração de metais de cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb), zinco (Zn), alumínio (Al), ferro (Fe) e manganês (Mn) nos tecidos das ostras. d.p.: desvio padrão. F: ANOVA paramétrica. H: teste de Kruskal-Wallis. *diferenças significativas (p -valor < 0,05). ns: diferenças não significativas.

Variáveis	ÁREAS					
	Média (desvio padrão)			F- valor (p -valor gl= 32)	H-valor (p - valor)	Comparações
	Iperoba Média (dp)	Saguauçu Média (dp)	Guaratuba Média (dp)			
Cr (mg/kg)	0,14 (0,50)	0,25 (0,28)	0,03 (0,04)	-	15,70 (0,00)*	SG GUA IP
Cu (mg/kg)	22,70 (4,25)	15,96 (14,16)	8,29 (2,99)	7,65 (0,00)*	-	IP SG GUA
Ni (mg/kg)	0,01 (0,03)	0,02 (0,07)	0 (0)	-	0,95 (0,62)	ns
Pb (mg/kg)	0,41 (0,25)	0,40 (0,19)	0,31 (0,17)	0,85 (0,44)	-	ns
Zn (mg/kg)	2412,60 (782,90)	3737,20 (1867,80)	3318,17 (1572,25)	2,51 (0,10)	-	ns
Al (mg/kg)	387,42 (409,62)	280,80 (297,52)	115,53 (100,30)	-	1,64 (0,44)	ns
Fe (mg/kg)	692,98 (759,12)	481,66 (447,86)	371,30 (275,83)	-	0,07 (0,97)	ns
Mn (mg/kg)	9,90 (5,35)	6,67 (3,16)	5,96 (3,21)	3,15 (0,06)	-	ns

6. DISCUSSÃO

Os estuários e manguezais recebem diariamente o influxo de novos elementos, como os metais pesados, que chegam por meio das águas fluviais. Esse fenômeno é resultado parcial de processos naturais como a lixiviação do local de origem, o transporte pelas águas dos rios e a sedimentação nos ambientes estuarinos (Liu; Liu; Ken, 2020; Santos; Boehs, 2023). Além dos contaminantes de origem antrópica que, à parte dos metais pesados, incluem também resíduos agrícolas, industriais e domésticos, que chegam através dos rios ou por deposição atmosférica (Ahmad *et al.*, 2015). De acordo com Mello, Kohls e Oliveira (2015) e com dados do CHBB – Comitê Hidrológico da Baía Babitonga (2023), o verão é a estação mais chuvosa na Baía Babitonga, o que sugere o transporte desses elementos químicos, e adsorção nos sedimentos.

De acordo com Eberhard (2009) o ecossistema Babitonga se destaca, entre outros fatores, pela importante função de retenção de nutrientes e, por tratar-se de ambiente favorável à reprodução, crescimento e alimentação para muitas espécies. A concentração de organismos produtores na Baía torna o ambiente estuarino favorável aos demais níveis tróficos, e apresenta forte relação com o pH, a temperatura, e regime de chuvas. (Camacho; Souza-Conceição, 2007; Gerhardinger *et. al.*, 2021).

Neste trabalho entre as variáveis ambientais, verificou-se que a variável salinidade da água de percolação, apresentou um valor maior no inverno 23,01 (7,33) (PSU) do que no verão 13,38 (5,97) (PSU), e de acordo a literatura, isso está relacionado a diminuição do índice pluviométrico durante o inverno. A precipitação média anual na Baía Babitonga varia de 1.900 mm e 2.100 mm, sendo o verão a estação mais chuvosa (600-900 mm), e o inverno, a estação mais seca (300-400 mm) (Koehntopp *et. al.*, 2021; Lorenzi *et. al.*, 2021). A baía de Guaratuba por sua proximidade geográfica, apresenta características pluviométricas semelhantes. O período mais chuvoso corresponde ao verão, e o mais seco ocorre no inverno (Barros Jr., 1997; Lana *et al.*, 2001).

Os fluxos hidrodinâmicos das marés e a localização geográfica, distância da desembocadura, são muito importantes para os processos de movimentação e sedimentação de acordo com a tamanho das partículas (Vieira *et al.*, 2008; Li *et al.*,

2019). Entre as duas estações, a comparação da variável diâmetro médio (ϕ) dos grãos de sedimentos apresentou diferença significativa, sendo maior durante o inverno ϕ 3,59 ϕ 2,58 menor durante o verão. Resultado que parece estar associado ao índice pluviométrico, às variações sazonais e a energia hidrodinâmica das marés.

A salinidade outra importante variável ambiental, está entre os fatores que influenciam a produção primária nos ecossistemas aquáticos (Masutti, 1999). As ostras de mangue são resistentes à salinidade e capazes de viver em ambientes com intensa oscilação, característica que permite a ampla distribuição das espécies, desde ambientes marinhos até estuários com baixa salinidade (Barnes; Calow; Olive, 1995). A espécie *C. rhizophorae*, é adaptada a sobreviver a exposições extremas de salinidade, entre 0‰ durante as marés baixas a 40‰ durante as marés cheias, entretanto, a faixa de seu habitat é entre 7,2‰ e 28,8‰ (Costa, 1975) e de acordo com Wakamatsu (1973), a *C. brasiliiana* pode sobreviver a salinidades entre 8‰ e 34‰.

A temperatura influencia em vários processos biológicos, físicos e químicos. Neste trabalho ao compararmos as duas estações os valores da variável temperatura do sedimento foi 16,06 °C no inverno e 21,72 °C no verão, as variáveis: percentual de carbonato de cálcio, concentrações dos metais níquel (Ni), cromo (Cr), chumbo (Pb) e ferro (Fe), apresentaram valores maiores no verão e a salinidade (PSU) e o diâmetro médio dos grãos (ϕ) valores maiores no inverno, o que pode estar relacionado ao maior índice pluviométrico e dinâmica do ambiente (Barros, 1997; Gerhardinger *et. al.*, 2021; Koehntopp *et. al.*, 2021; Lorenzi *et. al.*, 2021).

A salinidade é um dos fatores que favorecem floculação de partículas (Gallo, 2014), aliada à hidrodinâmica das áreas de planícies de marés mais calmas, e sedimentos compostos por partículas finas, (como argila e silte) contribuem para a ocorrência de processos de adsorção e complexação de metais (Tansel; Rafiudin, 2016). A deposição das partículas finas e grossas nos solos de manguezais, podem se diferenciar ao longo das costas e de acordo com o perfil da margem variam em frequências e energia sobre os materiais, de forma regular promovendo um constante transporte (Souza-Júnior *et al.*, 2007). No entanto, diversas pesquisas que abordam as variáveis granulométricas, relatam o predomínio de grãos finos de argilas e silte nos ambientes que margeiam as baías e a capacidade que apresentam de favorecer os processos geoquímicos de adsorção de metais em sedimentos (Vieira *et al*, 2008; Santos, 2013; Benedetti, 2023).

Neste presente estudo, em relação às concentrações dos metais nos sedimentos, comparando-se os três pontos de coleta, foram aplicadas as Análises de Variância (ANOVAs) paramétricas e não paramétricas e verificou-se que as concentrações dos metais manganês e cobre foram maiores nos pontos SG e IP. As concentrações de zinco foram significativamente maiores no IP e SG do que em GUA. A concentração de alumínio foi significativamente maior no SG e IP quando comparada a GUA, enquanto a concentração de cromo foi significativamente maior em SG e GUA.

A diferença significativa das concentrações dos metais níquel (Ni), cromo (Cr), chumbo (Pb) e ferro (Fe) nos sedimentos, apresentando-se maior no verão, pode estar relacionada ao maior índice pluviométrico e ao aumento do volume das águas fluviais na estação. Esses fatores facilitam o transporte dos metais através das bacias hidrográficas, onde são mobilizados por erosão e podem ser dissolvidos ou assimilados em partículas suspensas. Quando essas águas fluviais chegam aos ambientes aquáticos costeiros, os metais se depositam nos sedimentos, resultando nas concentrações mais elevadas observadas durante essa estação. (Ahmad *et al.*, 2015; Liu; Liu; Ken, 2020; Santos; Boehs, 2023)

Vieira *et al.* (2008) avaliaram a dinâmica dos processos deposicionais na Babitonga, e concluíram que os dados sedimentológicos referentes à granulometria, revelaram-se bons indicadores dos ambientes de deposição. Avaliam ainda que os parâmetros físico-químicos da coluna da água da baía podem oferecer um detalhamento dos processos de transporte e circulação neste ambiente, sobretudo em estudos relacionados à fenômenos sazonais.

Muitas pesquisas evidenciam que a Baía Babitonga apresenta um longo histórico de contaminação por metais que ocorre por vários fatores antrópicos, proximidade de muitos municípios, mas principalmente por Joinville, com o despejo de efluentes não tratados e seu parque industrial do setor metalmeccânico (Cremer, 2006; Vieira *et al.*, 2008; Kilca *et al.*, 2019; Gerhardinger *et al.*, 2021).

Um estudo de SOUZA (2016) identificou a presença dos metais cobre (Cu) e zinco (Zn) em valores máximos, na Lagoa do Saguacu, em local próximo ao ponto 2 SG, do presente trabalho. Em mesma pesquisa de Souza (2016) foi identificado altos valores dos metais níquel (Ni) e cromo (Cr), próximo a desembocadura de um canal artificial de drenagem da região nordeste da cidade de Joinville.

Todas as propriedades que interferem na mobilidade dos metais em um ambiente estuarino, como a Baía Babitonga e Baía de Guaratuba, possuem um caráter não conservativo, como a temperatura, salinidade, potencial redox, características químicas da água, variam no decorrer do tempo e podem reter novos elementos, que chegam ao ambiente por várias vias antrópicas ou naturais. (Libes, 2009; Benedetti, 2023).

Reginatto *et al.*, (2023) observaram também altas concentrações de metais pesados, como alumínio, níquel, cromo e zinco, em pontos amostrais do Rio Cachoeira, onde a influência de áreas urbanas e industriais resultou em parâmetros de qualidade ambiental comprometidos. A bacia do Rio Cachoeira desagua na Baía da Babitonga. Assim como no presente estudo, os autores relataram que a contaminação por metais pesados está relacionada ao aumento da acumulação nos sedimentos e aos impactos na biodiversidade local. A presença elevada de alumínio, em particular, foi associada a dejetos de esgoto em áreas residenciais, o que sugere que a proximidade de áreas urbanizadas, além de contribuir para a contaminação por metais, também impacta a composição da fauna bentônica.

Os resultados da presença de metais nos sedimentos e tecidos das ostras, nas duas estações e comparando-se os três pontos, foram comparados com os limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira, baseado na resolução CONAMA n° 420/2009 (Tabela 7).

Tabela 7- Valores de referência de qualidade, e prevenção de limites de metais no solo (mg.kg⁻¹) de peso seco e para a água. Resolução CONAMA n° 420/2009

Metais	Referência de Qualidade	Referência Prevenção	Ponto 1 IP	Ponto 2 SG	Ponto 3 GUA
Cu (cobre) (mg/kg)	93,84*** 146,92****	60	3,73	7,12	2,36
Ni (níquel) (mg/kg)	30	30	5,79	10,43	5,85
Cr (cromo) (mg/kg)	47,68	75	11,60	27,75	12,47
Pb (chumbo) (mg/kg)	16,08	72	3,40	7,58	5,28
Zn (zinco) (mg/kg)	55,6*** 78,1****	300	36,49	120,52	30,96
Al (alumínio) (mg/kg)	**	**	5497,42	9206,95	5136,96
Fe (ferro) (mg/kg)	**	**	8759,77	14284,30	11838,47
Mn (manganês) (mg/kg)	**	**	72,89	159,30	64,52

Nota. ** Valores não estabelecidos. *** VRQ aplicável a solos com teores de argila inferiores a 590 g.kg⁻¹ (59%). **** VRQ aplicável a solos com teores de argila iguais ou superiores a 590 g.kg⁻¹.

Os metais são contaminantes químicos cumulativos, entram no organismo como ocorre com as ostras pelo contato direto, exposição progressiva e quando a sua taxa de eliminação é menor que a quantidade absorvida, ocorre o processo de bioacumulação e a transferência desses poluentes através da cadeia trófica e pode causar danos à biota (Voigt; Silva; Campos, 2016).

Muitos organismos aquáticos acumulam espécies de metais ao longo da vida e armazenam esses contaminantes em seu organismo, consequentemente as concentrações desses elementos químicos no organismo, tornam-se superiores às do ambiente (Zagatto; Bertoletti, 2008). Diversos estudos com moluscos e peixes mostram que a exposição crônica aos metais, pode levar ao aumento da produção de espécies reativas de oxigênio e interferir no estado redox, causando danos aos tecidos. Essas pesquisas podem colaborar para comparar e identificar as fontes geradoras dos metais estudados e os fatores que estão contribuindo para a bioconcentração e o estresse oxidativo nos organismos das ostras (Sene *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2022 Rodrigues; Smith, 2022).

O acúmulo de metais pesados no organismo propicia a geração de ERO - espécies reativas de oxigênio que pode influenciar os mecanismos de defesa antioxidante, podendo gerar estresse oxidativo. A bioacumulação de metais ocorre com moluscos bivalves, como verificado na presente pesquisa e de acordo com a literatura, identificado em diversos trabalhos que utilizaram as ostras como bioindicadores (Halliwell; Gutteridge, 1990; Barbosa *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2022; Santos; Boehs, 2023).

Entre as ERO, a hidroxila apresenta grande potencial reativo e extrema instabilidade, é um radical livre envolvido na produção de danos oxidativos e principal iniciador do processo de peroxidação lipídica, tendo como consequência a alteração das membranas celulares, na estrutura de proteínas, além de interferir na ocorrência de mutações no DNA. (Welch *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2010; Halliwell; Gutteridge, 2015).

Nesta pesquisa, observou-se que as concentrações de cobre nos sedimentos e nos tecidos das ostras nativas, especialmente nos pontos 1 (IP) e 2 (SG) da Baía Babitonga. A presença desses metais pode estar associada ao estresse oxidativo e

essa relação é evidenciada pelo aumento dos níveis de TBA-RS no inverno e das proteínas carboniladas no ponto IP.

Quando comparados os três pontos para as variáveis relacionadas ao tamanho das ostras, como comprimento, largura e altura, apresentaram diferenças significativamente maiores no ponto SG. Em relação a biometria, deve-se considerar que as ostras do SG apresentam características morfológicas, cor das conchas, tamanho médio maior de até 13 cm, e por crescerem sobre as rochas, que a caracterizam com a espécie *C. brasiliana*. E as ostras do IP e GUA, apresentam características de *C. rhizophorae*.

Para a variável conteúdo total de proteínas carboniladas, o ponto Iperoba (IP) apresentou uma diferença significativamente maior, o que pode estar relacionado à presença do cobre que apresentou resultado significativamente maior neste ponto, outras questões devem ser consideradas como a maior salinidade e a possível interação com outros metais.

Para a variável largura das conchas, a diferença foi significativamente maior no verão. As variáveis altura, comprimento, e conteúdo total de proteínas carboniladas não apresentaram diferenças significativas entre as duas estações.

Neste estudo observou-se que maiores concentrações dos metais chumbo, cromo, alumínio e ferro nos tecidos das ostras, foram identificadas no inverno, com TBA-RS também aumentando nessa estação. Quando se comparam os pontos de amostragem, a concentração de Cromo foi maior nas ostras de SG, mas as proteínas carboniladas aumentaram em IP, relacionadas com o aumento da concentração de Cobre nos menores indivíduos do IP. Por outro lado, a maior concentração de Cromo em SG pode estar relacionado com os indivíduos maiores neste ponto.

Em nota técnica da ANVISA (2019), são apresentadas inúmeras funções biológicas dos metais, o cobre como constituinte de enzimas importantes no metabolismo humano, como a superóxido dismutase, envolvida no controle de radicais livres; o cromo, essencial para o metabolismo da glicose; o ferro como componente da hemoglobina, sendo responsável pelo transporte de oxigênio no sangue e reserva desse elemento nos músculos; o zinco, encontrado em ostras, é importante para todos os tecidos, principalmente em ossos, músculos e pele, atua no sistema imunológico. Porém, a carência ou excesso desses metais pode causar sérios danos ao organismo.

7. CONCLUSÃO

Neste estudo observou-se que maiores concentrações dos metais Chumbo, Cromo, Alumínio e Ferro nos tecidos das ostras, foram identificadas no inverno, com TBA-RS também aumentando nessa estação.

Quando se comparam os pontos de amostragem, a concentração de Cromo foi maior nas ostras de SG, mas as proteínas carboniladas aumentaram em IP, relacionadas com o aumento da concentração de Cobre nos menores indivíduos do IP. Por outro lado, a maior concentração de Cromo em SG pode estar relacionada com os indivíduos maiores de SG.

A presença dos metais pesados nos sedimentos dos três pontos estudados e nos tecidos das ostras nativas, além do aumento da salinidade, sugerem que estão relacionados a ocorrência do estresse oxidativo, com o aumento do TBA-RS durante o inverno e Proteínas Carboniladas no ponto 1 IP.

Pesquisas com outras espécies de moluscos, sedimentos e variáveis ambientais nas áreas de coletas, podem contribuir para comparar e identificar as fontes geradoras dos metais estudados e os fatores que estão contribuindo para a bioconcentração e o estresse oxidativo nos organismos.

Um outro aspecto muito importante observado nesta pesquisa é a falta de legislação brasileira específica que estabeleça claramente os limites de concentrações de metais pesados para os diferentes tipos de pescados, o que mostra a necessidade de estudos para estabelecimento de valores.

REFERÊNCIAS

ABSHER, Theresinha Monteiro. **Populações naturais de ostras do genero *Crassostrea* do litoral do Paraná - desenvolvimento larval, recrutamento e crescimento**. 1989. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

ADÃO, Nilton Manoel Lacerda. **Proposta de um Sistema de Indicadores de Qualidade Ambiental Urbana para Metrôpoles Costeiras (SIMEC): aplicação nas Regiões Metropolitanas de Recife – PE, Rio de Janeiro –RJ e na Região de Joinville-SC**. Itajaí. 2016. 118 p. Tese (Doutorado) – PPG Ciência e Tecnologia Ambiental, CTT-Mar, UNIVALI). 2016.

AHMAD, Faridahanim; AZMAN, Shamila; SAID, Mohd Ismid Mohd; BALOO, Lavania. **Biomonitoring of metal contamination in estuarine ecosystem using seagrass**. *Journal Of Environmental Health Science And Engineering*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 1-4, 12 maio 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s40201-015-0198-7>.

ALBERTS, B.; BRAY. D.; LEWIS. J.; RALF. M.; ROBERTS. K.; WATSON. J. D.; **Biologia Molecular da Célula**. 3ª Edição. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

ALIMBA, Chibuisi Gideon; FAGGIO, Caterina. **Microplastics in the marine environment: current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile**. *Environmental Toxicology And Pharmacology*, [S.L.], v. 68, p. 61-74, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2019.03.001>.

AMARAL, Vanessa Simão do; SIMONE, Luiz Ricardo L. **Revision of genus *Crassostrea* (Bivalvia: ostreidae) of brazil**. *Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom*, [S.L.], v. 94, n. 4, p. 811-836, 19 fev. 2014. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0025315414000058>.

AZEVEDO, Joaquim Alexandre Moreira; BARROS, Alexandre Bomfim; MIRANDA, Paulo Rogério Barbosa de; COSTA, João Gomes da; NASCIMENTO, Velber Xavier. **Biomonitoring of Heavy Metals (Fe, Zn, Cu, Mn, Cd and Cr) in Oysters: crassostrea rhizophorae of mangrove areas of alagoas (brazil)**. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, [S.L.], v. 62, p. 1-11, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2019180211>.

BANDEIRA, Dione da Rocha; ALVES, Maria Cristina; ALMEIDA, Graciele Tules de; SÁ, Júlio Cesar de; FERREIRA, Jéssica; VIEIRA, Celso Voos; AMARAL, Vitor Marilone Cidral da Costa do; BARTZ, Magda Carrion; MELO JUNIOR, João Carlos Ferreira de. **Resultados preliminares da pesquisa no sambaqui sob rocha Casa de Pedra, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brasil**. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 207-225, abr. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222018000100012>.

BENEDETTI, Beatriz. **Geoquímica de metais e outros elementos em sedimentos da Baía da Babitonga (SC): uma caracterização ambiental**. 2023. Dissertação

(Mestrado em Oceanografia Química) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. doi:10.11606/D.21.2023.tde-18102023-180027. Acesso em: 01 nov. 2024.

BARBOSA, Kiriague Barra Ferreira; COSTA, Neuza Maria Brunoro; ALFENAS, Rita de Cássia Gonçalves; PAULA, Sérgio Oliveira de; MINIM, Valéria Paula Rodrigues; BRESSAN, Josefina. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 629-643, ago. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-52732010000400013>.

BARNES R.S.K., CALOW P., OLIVE R.J.W. **Os invertebrados: uma nova síntese**. Atheneu, São Paulo. 1995.

BARROS, Danielle; BARBIERI, Edison. Análise da ocorrência de metais: Ni, Zn, Cu, Pb e Cd em ostras (*crassostrea brasiliana*) e sedimentos coletados no estuário de Cananeia-SP (Brasil). **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 635-642, jan. 2012.

BARROS JR., F. C. R. **A macrofauna bentônica em praias arenosas dos arredores da Baía de Guaratuba (PR), Brasil**. São Paulo. 1997 70 f. Dissertação (Mestrado em Biociências), Universidade de São Paulo. 1997

BEBIANNO, M.J.; BIGNELL, J.P.; DONDERO, F.; HWANG, J.S. Ecotoxicologia de invertebrados aquáticos e estresse oxidativo: uma revisão. **Pesquisa Ambiental Marinha**, v.143, 2019, p.181-191.

BORGES, A. C. P.; PIASSÃO, J. F. G.; ALBANI, S. M.; ALBERTONI, E. F.; MARTINS, M. C.; CANSIAN, R. L.; VALDUGA, A. T.; HEPP, L. U.; MIELNICZKI-PEREIRA, A. A.. Multiple metals and agricultural use affects oxidative stress biomarkers in freshwater *Aegla* crabs. **Brazilian Journal Of Biology**, [S.L.], v. 82, 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.230147>.

BRASIL. ANVISA - 0596655 - Nota Técnica. 2019. <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/arquivos-noticias-anvisa/1850json-file-1>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). RESOLUÇÃO CONAMA, nº 420/2009

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim da Aquicultura em Águas da União – 2022**. Relatório Anual de Produção – RAP 2022. Ministério da Pesca e Aquicultura. 1ª edição. Brasília – DF. Out. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/aquicultura/boletim-da-aquicultura-em-aguas-da-uniao-2013-2022-site_compressed.pdf

CAMACHO, Franciele Pereira; SOUZA-CONCEIÇÃO, José Maria. **Distribuição espaço-temporal clorofila A e das variáveis ambientais em praias estuarinas da ilha de São Francisco do Sul**. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 15, n. 2, p. 9-16, 2007.

CAMARGO, M. G. **SYSGRAN: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento**. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n. 2, p. 371-378, 2006

CAMPOS, Mari Lucia; SILVA, Francisco Nildo da; FURTINI NETO, Antônio Eduardo; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães; MARQUES, João José; ANTUNES, Alessandra Silveira. **Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 361-367, abr. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2005000400007>.

CASTILHO-WESTPHAL, G. G.; DAL PONT, G.; HORODESKY, A.; OSTRENSKY, A. **Comunidades ribeirinhas extrativistas e a exploração de bancos de ostras do mangue *Crassostrea* sp., na baía de Guaratuba - Paraná, litoral sul do Brasil**. *Bioscience Journal*, Uberlândia, MG, v. 30, p. 912–923, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/19562>. Acesso em: 21 jul. 2024.

CHAVES, Paulo de Tarso; FREIRE, Kátia Meirelles Felizola. **A pesca esportiva e o pesque-e-solte: pesquisas recentes e recomendações para estudos no Brasil**. *Bioikos – Título não-corrente*, [S. l.], v. 26, n. 1, 2012.

CHBB - Comitê Hidrológico da Baía Babitonga. Relatório sobre a distribuição temporal da precipitação pluviométrica. 2023

CHENG, W.; YEH, S.H.; WANG, C.S.; CHEN, J.C. **Osmotic and ionic changes in Taiwan abalone *Haliotis diversicolor supertexta* at different salinity levels**. *Aquaculture*, Amsterdam, v.203, p.349-357, 2002.

COSTA, A. F. **Fisioecologia da ostra-de-mangue de Pernambuco, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828)**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências (Biologia), Universidade de São Paulo, 75 p. 1975.

CRUZ, C. A. **VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO, CHUMBO E MERCÚRIO EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DE UMA ÁREA PORTUÁRIA NA BAIÁ BABITONGA, SANTA CATARINA**. Tese de doutorado em Saúde e Meio Ambiente, UNIVILLE. Joinville, 2022.

CRUZ, C.A.; LORENZI, L.; VIEIRA, C.V. **Variação geoespacial da concentração de chumbo em sedimentos superficiais em áreas adjacentes ao porto de um estuário subtropical**. In: João Carlos Ferreira de Melo Júnior; Luciano Lorenzi. (Org.). **Qualidade ambiental de praias urbanas: subsídios para o desenvolvimento sustentável**. Joinville: Editora UNIVILLE, v. 1, p. 113-128, 2021.

CREMER, M. J., MORALES, P.R.D., OLIVEIRA, T. M. N. **Diagnóstico ambiental da Baía Babitonga**. Editora UNIVILLE e IBAMA: Joinville. 2006

DEAN, R.G.. **COMPATIBILITY OF BORROW MATERIAL FOR BEACH FILLS**. *Coastal Engineering Proceedings*, [S.L.], n. 14, p. 77, 29 jan. 1974. Coastal Engineering Research Council. <http://dx.doi.org/10.9753/icce.v14.77>.

DELWING-DE LIMA, Daniela; HENNRICH, Silmara Brietzig; MAGRO, Débora Delwing-Dal; AURÉLIO, Juliana Gruenwaldt Maia; SERPA, Ana Paula; AUGUSTO, Thierry Waltrich; PEREIRA, Nariana Regina. **The effect of d-galactose induced oxidative stress on in vitro redox homeostasis in rat plasma and erythrocytes.** *Biomedicine & Pharmacotherapy*, [S.L.], v. 86, n. 1, p. 686-693, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2016.12.011>.

EBERHARD, A. **A propagação de “zonas mortas” no sul do Brasil.** Fundação Avina. 2009, 199p.

ENGEL, Fernanda; BÖHM, Renata Falck Storch; SILVEIRA, Milena dos Santos; DELL'AGNOLO, Ellen Cristina; POLETTE, Marcus. **O Canal do Linguado da Baía da Babitonga/SC: uma retrospectiva através da história e considerações sobre uma possível reabertura.** *Geosul*, [S.L.], v. 32, n. 65, p. 87-101, 24 nov. 2017. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2017v32n65p87>.

FAO/WHO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** World Health Organization. JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE. (2010).

FERREIRA, L. C.; ALMEIDA, T. S.; de CARVALHO, R. F.; da SILVA, T. A. **Biomarcadores de estresse oxidativo em invertebrados marinhos como ferramentas para avaliação da qualidade ambiental: uma revisão.** *Boletim de Poluição Marinha*, v.157, 2020.

FRAUNBERGER, Erik A.; SCOLA, Gustavo; LALIBERTÉ, Victoria L. M.; DUONG, Angela; ANDREAZZA, Ana C. **Redox Modulations, Antioxidants, and Neuropsychiatric Disorders.** *Oxidative Medicine And Cellular Longevity*, [S.L.], v. 2016, n. 1, 10 nov. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4729192>.

GALEHOUSE, J.S. Sedimentation analysis. *In*: Carver, R. (Ed.). **Procedures in Sedimentary Petrology.** Wiley– Interscience, London, 1971, pp. 69-94.

GALLO, L.C.S.F. **Dinâmica da flocculação de sedimentos finos no estuário do Rio Amazonas.** 2014. Tese (Doutorado). Pós-graduação em Engenharia Oceânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 2014

GALVÃO, Petrus Magnus Amaral; REBELO, Mauro de Freitas; TORRES, João Paulo Machado; GUIMARÃES, Jean Remy Davée; MALM, Olaf. Bioacumulação de metais pesados em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. **Brazilian Journal Of Aquatic Science And Technology**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 59, 18 fev. 2010. Editora UNIVALI. <http://dx.doi.org/10.14210/bjast.v13n2.p59-66>.

GARCÍA-ONETTI, J., SCHERER, M.E.G., BARRAGÁN, J.M. Integrated and ecosystemic approaches for bridging the gap between environmental management and port management. **Journal of Environmental Management**, v.206, 615–624. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.004>

GERHARDINGER, Leopoldo Cavaleri; HERBST, Dannieli Firme; CARVALHO, Fabiano Grecco de; FREITAS, Rodrigo Rodrigues; VILA-NOVA, Daniele; CUNHA, Suelen; CREMER, Marta Jussara; PFUETZENREUTER, Alessandra; HAAK, Letícia. Diagnóstico socioambiental do Ecossistema Babitonga. **Revista Cepsul - Biodiversidade e Conservação Marinha**, [S.L.], v. 10, 18 mar. 2021. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICBBio. <http://dx.doi.org/10.37002/revistacepsul.vol10.830e2021002>.

GOSLING, E. **Bivalve molluscs**: biology, ecology and culture. 1^a ed. Oxford: Fishing News Books. 2003. 443p.

GUILDING, L. (1828). Observações sobre a zoologia das ilhas do Caribe. **O Jornal Zoológico**. 3: 527-544., disponível online em <https://www.biodiversitylibrary.org/page/27486053>

GUZENSKI, J. A IMPORTÂNCIA DAS OSTRAS NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS. In: SUPPLY, F. M. (Org.). **Manual do cultivo de ostras**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 206. ISBN 978-65-990745-6-1

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M.C. Reactive species in disease: friends or foes? In: HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M.C. **Free Radicals in Biology and Medicine**. 5^a ed. Oxford University Press. 2015.

HALLIWELL, Barry; GUTTERIDGE, John M.C. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. **Methods In Enzymology**, [S.L.], p. 1-85, 1990. Elsevier. [http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86093-b](http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879(90)86093-b).

HALLIWELL, Barry; MURCIA, M. Antonia; CHIRICO, Susanna; ARUOMA, Okezie I. Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what they do and how they work. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, [S.L.], v. 35, n. 1-2, p. 7-20, jan. 1995. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10408399509527682>.

IGNACIO, B. L.; ABSHER, T. M.; LAZOSKI, C.; SOLÉ-CAVA, A. M.. Genetic evidence of the presence of two species of Crassostrea (Bivalvia: ostreidae) on the coast of Brazil. **Marine Biology**, [S.L.], v. 136, n. 6, p. 987-991, 17 jul. 2000. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s002270000252>.

IMA INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA PORTARIA Nº 045/2021.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc**. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Washington (DC): National Academies Press (US, 2001)

KILCA, Ricardo Vargas; MELO JUNIOR, João Carlos Ferreira; ESEMANN-QUADROS, Karin; LARCHER, Letícia; PFUETZENREUTER, Alessandra. Os manguezais e marismas da Baía Babitonga: uma síntese. **Revista Cepsul - Biodiversidade e Conservação Marinha**, [S.L.], v. 8, 14 jan. 2019. Instituto Chico

Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICBBio.
<http://dx.doi.org/10.37002/revistacepsul.vol8.682eb2019002>.

KOEHNTOPP, P.I.; DE MELLO, Y.R.; MAGNA, D.J.; SIMM, M.; BALDO, W.; VIEIRA, C.V. Caracterização climatológica na Baía Babitonga-parâmetros climáticos e meteorológicos-pluviosidade, temperatura e ventos. **Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha**, 10, 2021.
<https://doi.org/10.37002/revistacepsul.vol10.683eb2021002>

LAMARCK, J. B. P. Huitre (Ostrea). *In: Histoire naturelle des animaux sans vertebres, presentant les caracteres generaux et particuliers de ces animaux*. Vol. 6. Verdiere, Paris, 1819, p. 200-220.

LANA, P.C., E. MARONE, R.M. LOPES, MACHADO, E.C. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay. *In: SEELIGER, U.; KJERFVE, B. Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Berlin: Springer Verlag, 2001. v. 144, p. 132-145.

LAPÈGUE, S.; BOUTET, I.; LEITÃO, A.; HEURTEBISE, S.; GARCIA, P.; THIRIOT-QUIÉVREUX, C.; BOUDRY, P.. Trans-Atlantic Distribution of a Mangrove Oyster Species Revealed by 16S mtDNA and Karyological Analyses. **The Biological Bulletin**, [S.L.], v. 202, n. 3, p. 232-242, jun. 2002. University of Chicago Press.
<http://dx.doi.org/10.2307/1543473>.

LATIF, M.; ZAHOR, M.; MUHAMMAD, A.; NAZ, S.; KAMRAN, A. W.; ULLAH, R.; SHAH, A. B.; ALMEER, R.; SAYED, A.. Bioaccumulation of lead in different organs of Ctenopharyngodon Idella (grass fish) and Tor putitora (Mahseer) fish. **Brazilian Journal Of Biology**, [S.L.], v. 84, 2024. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.260355>.

LAWS, E. A. **Aquatic pollution**: an introductory text. 2a ed., Wiley: New York, 1993.

LAZOSKI, C. **Sistemática molecular e genética populacional de ostras brasileiras** (Crassostrea spp.). 2004. 150 p. Tese (Doutorado em Genética) / Cristiano Lazoski. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, 2004.

LAZOSKI, C.; GUSMÃO, J.; BOUDRY, P.; SOLÉ-CAVA, A.M. Phylogeny and phylogeography of commercially important Atlantic oyster species: evolutionary history, limited genetic connectivity and isolation by distance. **Marine Ecology Progress Series**, Hamburg, v.426, p.197-212, 2011.

LEGAT, J. F. A.; PUCHNICK-LEGAT, A.; SÜHNEL, S.; PEREIRA, A. L. M.; MAGALHÃES, A. R. M.; DE MELO, C. M. R. Reproductive cycle of the mangrove oyster, *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), in tropical and temperate climates. **Aquaculture Research**, vol. 52, no. 3, p. 991–1000, 2020.
<https://doi.org/10.1111/are.14954>

LEHMKUHL, Elton Augusto; TREMARIN, Priscila Izabel; MOREIRA-FILHO, Hermes; LUDWIG, Thelma Alvim Veiga. Thalassiosirales (Diatomeae) da baía de Guaratuba,

Estado do Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 313-324, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1676-06032010000200033>.

LI, Lei; JIANG, Mei; LIU, Yong; SHEN, Xinqiang. Heavy metals inter-annual variability and distribution in the Yangtze River estuary sediment, China. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 141, n. 1, p. 514-520, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.008>.

LING. X.C.; KUO. K.L. Oxidative stress in chronic kidney disease. **Ren Replacement Therapy**. v.4, n.53, dez. 2018.

LIU, Wen-Cheng; LIU, Hong-Ming; KEN, Poi-Jiu. Investigating the contaminant transport of heavy metals in estuarine waters. **Environmental Monitoring And Assessment**, [S.L.], v. 192, n. 1, 10 dez. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-019-8012-0>.

LIBES, Susan M. **Introduction to Marine Biogeochemistry**. 2^a edition. Academic Press, 928pp. 2009.

LORENZI, Luciano; REGINATO, Bruna C.; MAYER, Devon G.; GENTIL, Eduardo; PEZZIN, Ana Paula Testa; SILVEIRA, Victória Fonseca; DANTAS, David V.. Spatio-seasonal microplastics distribution along a shallow coastal lagoon ecocline within a marine conservation unit. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 170, p. 112644, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112644>.

LUTZ, E.; THOMPSON, M. I. **Hot block digestion of soil, sediment, waste and tissue samples for total recoverable metals**. Revision, 01 mar. 2012

MARTINO, Ricardo Cavalcanti; CRUZ, Gracinda Maria da. Proximate composition and fatty acid content of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* along the year seasons. **Brazilian Archives Of Biology And Technology**, [S.L.], v. 47, n. 6, p. 955-960, nov. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-89132004000600015>.

MASUTTI M. B. **“O MANGUEZAL DO ITACORUBI COMO BARREIRA BIOGEOQUÍMICA: ESTUDO DE CASO”** Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina. Mestrado em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 1999.

MAYER D. G. **VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA CONTAMINAÇÃO POR DETRITOS PLÁSTICOS E METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS ESTUARINOS EM UMA ÁREA PORTUÁRIA DA BAÍA BABITONGA, SANTA CATARINA**. Dissertação. Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. UDESC. Florianópolis, 2023.

DE MELLO, Yara; KOHLS, Werner; OLIVEIRA, Therezinha Maria Novaes de. ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO MENSAL PROVÁVEL PARA O MUNICÍPIO DE JOINVILLE (SC) E REGIÃO. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 17, 2021. DOI: 10.5380/abclima.v17i0.42975.

MERCOSUL/GMC/RES. Nº 12/11 REGULAMENTO TÉCNICO MERCOSUL SOBRE LIMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES INORGÂNICOS EM ALIMENTOS.

MILLER, G. Tyler., **Ciência Ambiental**. Tradução da 11ª Edição Norte-Americana. São Paulo: Thomson Learning, 2007, p.103.

NASCIMENTO, I. A. *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) and *C. brasiliiana* (Lamarck) in South and Central America. In: MENZEL, RW (ed). **Estuarine and marine bivalve mollusk culture**. CRC Press, Boston, 1991, p.125-134.

NOBRE, C. R., SILVA, L. F., MORENO, B. B. Microplásticos em ecossistemas costeiros e marinhos: comportamentos e impactos a biota. In: POMPEO, M., BORGES, B. R., PAIVA, T. C. B. (org). **Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções**. São Paulo: Instituto de Biociências da USP, 2022, p.28-42. Disponível em: https://ecologia.ib.usp.br/portal/microplastico/livro_todo.pdf. Acesso em: 16 jul. 2024.

ODUM, E.P. **Ecologia**. 1ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 834p. 1983.

OHKAWA, Hiroshi; OHISHI, Nobuko; YAGI, Kunio. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. **Analytical Biochemistry**, [S.L.], v. 95, n. 2, p. 351-358, jun. 1979. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(79\)90738-3](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3).

OLIVEIRA, Josevania de; ANDRADE, Edilma de Jesus; MELO E SOUZA, Rosemeri; COSTA, Diógenes Félix da Silva. Bioconcentração de Metais (cu, fe, zn, mn e pb) em *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) Nativa do Manguezal do Rio Vaza-Barris, Sergipe, Brasil. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 183–199, 2022. DOI: 10.21664/2238-8869.2022v11i2.p183-199. Disponível em: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/6220>. Acesso em: 16 jul. 2024.

OLIVEIRA, Stener Camargo de; WAGNER, Caroline; HERMAN, Emile da Costa; ROSA, Rafael Batista da; PERTILLE, Debora Caroline; VIVIAN, Francieli Trindade. AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA DOS EFEITOS DO COBRE NA ESPÉCIE *Carassius auratus*. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 260, 27 abr. 2018. Anima Educação. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018260-275>.

PAGANO, G.; KORKINA, G.; BRUNK, U. T.; CHESSA, L.; DEGAN, P.; PRINCIPE, D. D; KELLY, F. J.; MALORNI, W.; PALLARDÓ, F.; PASQUIER, C.; SCOVASSI, I.; ZATERRALLE, A.; FRANCESCHI, C. Congenital disorders sharing oxidative stress and cancer proneness as phenotypic hallmarks: prospects for joint research in pharmacology. **Medical Hypotheses**, [S.L.], v. 51, n. 3, p. 253-266, set. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0306-9877\(98\)90084-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0306-9877(98)90084-6).

PIE, Marcio R; RIBEIRO, Raphael O; A BOEGER, Walter; OSTRENSKY, Antonio; FALLEIROS, Renan M; ANGELO, Leandro. A simple PCR-RFLP method for the discrimination of native and introduced oyster species (*Crassostrea brasiliiana*, *C. rhizophorae* and *C. gigas*; Bivalvia: ostreidae) cultured in southern brazil. **Aquaculture Research**, [S.L.], v. 37, n. 15, p. 1598-1600, nov. 2006. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01591.x>.

PINHEIRO, L.; CREMER, M. Sistema pesqueiro da Baía da Babitonga, litoral norte de Santa Catarina: uma abordagem etnoecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 8, p. 59, 2003.

PREVEDELLO, M. T.; COMACHIO, G. Antioxidantes e sua relação com os radicais livres, e Doenças Crônicas Não Transmissíveis: uma revisão de literatura / Antioxidants and their relationship with free radicals, and Chronic Non communicable Diseases: a literature review. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 55244–55285, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n6-096. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/30840>. Acesso em: 19 maio 2024.

PRITCHARD, D. W.; What is an Estuary: Physical Viewpoint. In: LAUFF, G.H. (ed.) **Estuaries**. American Association for the Advancement of Science, Publication 83, Washington D.C., p 3-5. 1967.

RAFINESQUE. 1815 In: National Museum of Natural History, Smithsonian Institution 2023. **Integrated Taxonomic Information System (ITIS)**. Checklist dataset <https://doi.org/10.5066/f7kh0kbk> accessed via GBIF.org 16-07 2024

RAMOS, S. V. C. **Avaliação da concentração de metais traço em ostra de mangue (*Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828), sururu (*Mytella charruana* D Orbigny, 1846) e sedimentos superficiais no estuário do Rio Formoso, Pernambuco**. Dissertação (Mestrado), UFPE- Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós- Graduação em Oceanografia, 201.

REGINATO, Bruna Conte *et al.* Análise de Metais Pesados pelo Método de Biomonitoramento no Rio Cachoeira, Região Nordeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 310–324, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.1.p310-324.

REZNICK, Abraham Z.; PACKER, Lester. [38] Oxidative damage to proteins: spectrophotometric method for carbonyl assay. **Methods In Enzymology**, [S.L.], p. 357-363, 1994. Elsevier. [http://dx.doi.org/10.1016/s0076-6879\(94\)33041-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0076-6879(94)33041-7).

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. 5º ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2003. 501p.

RIOS, E. C. **Seashells of Brazil**. Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 1994.

ROCHA, T. L.; de MELO, R. A.; SILVA, M. A. da. Biomarcadores de estresse oxidativo em invertebrados marinhos como ferramentas potenciais para biomonitoramento da qualidade ambiental. **Pesquisa Ambiental Marinha**, v.163, 2021.

RODRIGO, Ramón; GUICHARD, Cristián; CHARLES, Roberto. Clinical pharmacology and therapeutic use of antioxidant vitamins. **Fundamental & Clinical**

Pharmacology, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 111-127, 19 jan. 2007. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-8206.2006.00466.x>.

RODRIGUES, Karla Fernanda Sanches; SMITH, Welber Senteio. Assessment of potentially toxic metals in water, sediment, and the tissues of seven important fish species from neotropical brazilian river. **Neotropical Ichthyology**, [S.L.], v. 20, n. 4, 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0155>.

SACCO, Federico. I molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria. Parte XVIII. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata R. Università di Torino**, v. 12, 1897, p.99-102.

SACCO, F. *Crassostrea*. ITIS - Integrated Taxonomic Information System. Taxonomic Serial No.: 79867. 1897. Disponível em: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=79867 Acesso em: 17 jul. 2024.

SANDILYAN, S.; KATHIRESAN, K.. **Mangrove conservation: a global perspective. Biodiversity And Conservation**, [S.L.], v. 21, n. 14, p. 3523-3542, 27 out. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-012-0388-x>.

SANTOS, G. B. M.; BOEHS, G.; **Chemical elements in sediments and in bivalve mollusks from estuarine regions in the south of Bahia State, northeast Brazil. Brazilian Journal of Biology**, vol. 83, 2023.

SANTOS, L. M. M. **DETERMINAÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS PROVENIENTES DE MANGUEZAIS DA ILHA DE ITAPARICA E DO RIO PASSA VACA**. 96 p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente), Universidade Federal da Bahia – Salvador – BA, 2013.

SANTOS, M. M.; EIRÓ, M. L.; BEBIANNO, S. S; LOPES, M. J. **Antioxidant and detoxification mechanisms in marine bivalves in a changing environment. Aquatic Toxicology**, v.224, 2020.

SCARDUA, M.P.; VIANNA, R. T.; DUARTE, S.S.; FARIAS, N.D.; CORREIA, M.L.D.; SANTOS, H.T.A.; DA SILVA, P.M. **Growth, mortality and susceptibility of oyster *Crassostrea* spp. to *Perkinsus* spp. infection during on growing in northeast Brazil. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v.26, n.4, p.401-410, 2017.

SENE, A. M.; ROSA, D. M, GUTIERRE, S. M. M, POMPEU, P. S.; **Freshwater mollusks as proxies for assessing agrochemicals hazards in Volta Grande Reservoir, Brazil. Revista Ambiente & Água**, v. 16, n. 3, p. e2681, 2021.

SIES. H.; **Biochemistry of oxidative stress**. Angewandte Chemie International Ed Engl. v. 25:1058- 71. 1986. <https://doi.org/10.1002/anie.198610581>

SiBBr - SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE BIODIVERSIDADE BRASILEIRA, 2023. Disponível em: <https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/253391>. Acesso em: 27/07/2023

SILVA, Wallison Junio Martins da; FERRARI, Carlos Kusano Bucalen. Metabolismo mitocondrial, radicais livres e envelhecimento. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 441-451, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1809-98232011000300005>.

SOUZA, F. M. **Efeitos da contaminação por metais na macrofauna bêntica de ambientes estuarinos**. Tese (Doutorado em Sistemas Costeiros e Oceânicos), Universidade Federal do Paraná. 2016.

SOUZA-JÚNIOR, Valdomiro Severino de; VIDAL-TORRADO, Pablo; TESSLER, Moysés Gonzalez; PESSEDA, Luiz Carlos Ruiz; FERREIRA, Tiago Osório; OTERO, Xose Luiz; MACÍAS, Felipe. Evolução quaternária, distribuição de partículas nos solos e ambientes de sedimentação em manguezais do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 753-769, ago. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832007000400016>.

SOUZA, R.V. de; GARBOSSA, L.H.P.; CAMPOS, C.J.A.; VIANNA, L.F. de N.; VANZ, A.; RUPP, G.s.. Metals and pesticides in commercial bivalve mollusc production areas in the North and South Bays, Santa Catarina (Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 105, n. 1, p. 377-384, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.024>.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher.1973.

SUPLICY, F. M. (Org.). **Manual do cultivo de ostras**. Florianópolis: Epagri, 2022.

SUPLICY, F. M.; MELO, C. M. R; SUHNEL, S. ESPÉCIES DE OSTRAS CULTIVADAS. In: SUPLICY, F. M. (Org.). **Manual do cultivo de ostras**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 32. ISBN 978-65-990745-6-1

TANSEL, Berrin; RAFIUDDIN, Syed. Heavy metal content in relation to particle size and organic content of surficial sediments in Miami River and transport potential. **International Journal Of Sediment Research**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 324-329, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijsrc.2016.05.004>.

TURECK, C. R.; OLIVEIRA, T. M. N.; CREMER, M. J.; BREITER, R.; NEESSE, T.; TORRENS, B. M. O.; MARCUCCI, A.; AMARAL, E. B. Avaliação do crescimento em *Crassostrea gigas* (molusca, bivalve) cultivada na baía da Babitonga, litoral norte do Estado de Santa Catarina. **Revista da Univille**, 9 (edição especial), 2004, p.17-26.

USEPA 3050B - **DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES, AND SOILS**. Agência de Proteção Ambiental dos EUA. ACID <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf>

UNDERWOOD, A. J. **Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance**. Cambridge University Press, 1997

VARELA, E.S.; BEASLEY, C.R.; SCHNEIDER, H.; MARQUES – SILVA, N.S & TAGLIARO, C.H. **Molecular phylogeny of mangrove oysters (Crassostrea) from Brazil.** *Journal of Molluscan Studies*, v. 73, 2007, p. 1- 6

VASCONCELOS, Sandra Mary Lima; GOULART, Marília Oliveira Fonseca; MOURA, José Benedito de França; MANFREDINI, Vanusa; BENFATO, Mara da Silveira; KUBOTA, Lauro Tatsuo. **Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação.** *Química Nova*, [S.L.], v. 30, n. 5, p. 1323-1338, out. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422007000500046>.

VIEIRA, Celso Vãos; HORN FILHO, Norberto Olmiro; BONETTI, Carla van Der Haagen Custodio; BONETTI, Jarbas. **CARACTERIZAÇÃO MORFOSEDIMENTAR E SETORIZAÇÃO DO COMPLEXO ESTUARINO DA BAÍA DA BABITONGA/SC.** *Boletim Paranaense de Geociências*, [S.L.], v. 62, n. 1, p. 19-4, 31 dez. 2008. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v62i0.12783>.

VIEIRA, S. **Bioestatística: tópicos avançados.** 3a edição. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2010.

VINCENT, Heather K.; INNES, Kim E.; VINCENT, Kevin R. **Oxidative stress and potential interventions to reduce oxidative stress in overweight and obesity.** *Diabetes, Obesity And Metabolism*, [S.L.], v. 9, n. 6, p. 813-839, 23 jan. 2007. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1463-1326.2007.00692.x>.

VOIGT, Carmen Lúcia; SILVA, Cleber Pinto da; CAMPOS, Sandro Xavier de. **ASSESSMENT OF BIOACCUMULATION OF METALS IN Cyprinus carpio BY INTERACTION WITH SEDIMENT AND WATER IN A RESERVOIR.** *Química Nova*, [S.L.], 2016. GN1 Sistemas e Publicacoes Ltd.. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160014>.

WAKAMATSU, T. **A ostra de Cananéia e seu cultivo.** Editora USP/SUDELPA, 141 p., São Paulo, 1973.

WELCH, K. D., DAVIS, T. Z., VAN EDEN, M. E., AUST, S. D. **Deleterious iron-mediated oxidation of biomolecules.** *Free radical biology & medicine*, vol. 32(7), 577–83. 2002.

WORMS - World Register of Marine Species, 2023. Disponível em: <https://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=420777>. Acesso em: 27 jul. 2023

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações: RiMa.** [S.l.], p. 55 – 87. 2008.

APÊNDICE

Figura 8 - Ponto 1 – IP. Vegetação restinga e raízes respiratórias do mangue, em área isolada e preservada, porém com resquícios de construções, no Iperoba.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 9 - Ponto 1 – IP. Manguezal do Iperoba.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 10 - Baía de Guaratuba. Ponto 3 - Braço Seco. Área de estudo. Na imagem, observa-se o mangue com a maré alta. Os manguezais da baía de Guaratuba são muito bem preservados e margeiam a maioria das ilhas.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 11 - Baía de Guaratuba. Ponto 3 - Braço Seco. Área de estudo. Na imagem, observa-se o mangue com as raízes expostas na maré baixa. Deste local bem preservado e isolado, foram coletadas as amostras de ostras, sedimentos e água de percolação.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 12 - Ostras coleta do ponto 1 **IP** - Iperoba no inverno. Na imagem, observa-se ostras aglomeradas, uma espécie fixa em outra, característica mais comum neste ponto



Fonte: acervo pessoal.

Figura 13 - Ostra coletada no ponto 2 **SG** - Lagoa do Saguáçu no inverno. Os indivíduos deste ponto em média apresentaram maior tamanho.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 14 - Ostra coletada no ponto **2 SG - Lagoa do Saguau**. Os indivíduos deste ponto em média apresentaram maior tamanho, a ostra da foto apresentava aproximadamente 13 cm.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 15 - Ostra coletada no **ponto 3 GUA**, em Guaratuba no verão.



Fonte: acervo pessoal.

Figura 16 - Ponto 2 – SG, Lagoa do Saguáçu no inverno. Na imagem observam-se rochas com marcas brancas, onde, encontravam-se fixadas as ostras coletadas. Ao fundo, pescadores em um pequeno barco. A pesca artesanal é uma prática neste ponto.



Fonte: acervo pessoal.

Fig. 17 - Baía de Guaratuba, navegação.



Fig. 18 - Baía Babitonga, pesca e lazer.

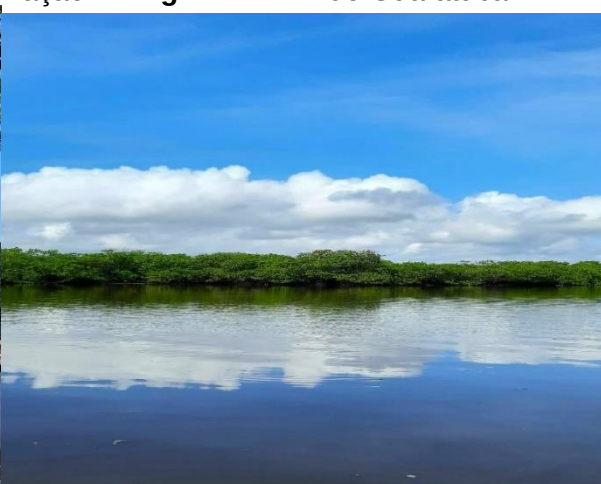


Fig. 19 - Baía de Guaratuba lazer e navegação. **Fig.20** - Baía Babitonga, Saguçu, pesca.



Fig. 21 - Baía de Guaratuba. Turismo, urbanização.

Fig. 22 - APA de Guaratuba.



Figuras 17 à 22. Papel sócio-ecológico da Baía Babitonga e Baía de Guaratuba, que alcançam uma importância muito além de seu papel biológico em seus ecossistemas, como locais de diversas interações do ser humano e o meio ambiente, que permeiam a história, a cultura, o lazer, a pesca artesanal, a prática de esportes, o turismo, atividades econômicas entre outras.

ANEXO

Termo de Autorização para Publicação de Teses e Dissertações

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) a disponibilizar em ambiente digital institucional, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/IBICT) e/ou outras bases de dados científicas, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data 25/11/2024.

1. Identificação do material bibliográfico: () Tese (X) Dissertação () Trabalho de Conclusão

2. Identificação da Tese ou Dissertação:
 Autora: **Lane de Sousa Coutinho Muniz**

Orientador: Prof. Dr. Luciano Lorenzi. Coorientadora: Profa. Dra. Daniela Delwing de Lima.

Data de Defesa: 02/09/2024

Título: **"Relações entre as concentrações de metais e estado redox em ostras nativas do gênero *Crassostrea* nas Baías Babitonga (Santa Catarina) e de Guaratuba (Paraná)"**

Instituição de Defesa: Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE

3. Informação de acesso ao documento:

Pode ser liberado para publicação integral (X) Sim () Não

Havendo concordância com a publicação eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese, dissertação ou relatório técnico.

Lane de Sousa Coutinho Muniz

Assinatura da autora

Joinville, SC, 25/11/2024

Local/Data