



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE CIÊNCIAS NATURAIS

REGIANE DOS SANTOS BRITO

**ANÁLISE DOS BANCOS NATURAIS DE OSTRAS DO MANGUE E DIVERSIDADE
DE FAUNA ASSOCIADA EM CURUÇÁ E SÃO JOÃO DA PONTA, PARÁ**

BRAGANÇA-PA

2024

REGIANE DOS SANTOS BRITO

**ANÁLISE DOS BANCOS NATURAIS DE OSTRAS DO MANGUE E DIVERSIDADE
DE FAUNA ASSOCIADA EM CURUÇÁ E SÃO JOÃO DA PONTA, PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Pará, Instituto de Estudos
Costeiros, Faculdade de Ciências Naturais, para
obtenção do Grau de Licenciada em Ciências
Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Colin Robert Beasley

BRAGANÇA

2024

REGIANE DOS SANTOS BRITO

**ANÁLISE DOS BANCOS NATURAIS DE OSTRAS DO MANGUE E DIVERSIDADE
DE FAUNA ASSOCIADA EM CURUÇÁ E SÃO JOÃO DA PONTA, PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal do
Pará, Instituto de Estudos Costeiros,
Faculdade de Ciências Naturais, para
obtenção do Grau de Licenciada em
Ciências Naturais.

Data da aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Colin Robert Beasley
IECOS, UFPA, Campus de Bragança

MsC. Mayra Nascimento

Rare do Brasil, Belém

Pro. Dr. Dioniso de Sousa Sampaio
IECOS, UFPA, campus de Bragança

DEDICATORIA

A minha família, em especial minha mãe, Dilcelene e ao meu querido e estimado filho, Theo, fontes das minhas inspirações e de toda a minha força.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente à Deus e Nossa Senhora, por terem me dado forças, sabedoria e discernimento para a conclusão deste trabalho e do curso. Em especial as minhas irmãs (Rafaelly e Vitória) pelo apoio e por cuidarem do meu garoto para que eu pudesse estudar. A Késsia pela indicação a este trabalho. Aos poucos amigos que fiz durante o curso, alguns pretendo levar para a vida. Aos meus amigos (Marcus, Vitor e Fernanda) que me apoiaram, me incentivaram a não desistir.

Um agradecimento especial, para as minhas queridas amigas que fiz no final do curso. Vanuzia e Paula, obrigada pelo apoio, obrigada por seres vocês, obrigada por tudo e por tanto. Obrigada ao meu orientador Prof. Dr. Colin Robert Beasley pela paciência, apoio e disponibilidade. Obrigada Prof. Dr. Adam Rick Bessa da Silva, por todo apoio, paciência, disponibilidade e por todo o carinho. Agradeço a todos que direta e indiretamente participaram deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho aborda a abundância de ostras do mangue (*Crassostrea gasar*) e a diversidade de fauna associada, sua importância ecológica, econômica e os efeitos das mudanças climáticas para o ecossistema. Tem como objetivo discutir a abundância de ostras do mangue e da fauna associada nos 11 bancos analisados, da Resex Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta, Pará considerando fatores com a diversidade de espécies e a relação entre as ostras e o ambiente.

O trabalho de amostragem foi realizado nos anos de 2021 e 2022, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Foram contabilizadas as ostras vivas, ostras mortas e as espécies de fauna associada, o que também inclui análises de densidade das populações de ostras, variações na abundância em diferentes estações do ano.

As ostras têm uma grande importância para o ecossistema, como o seu papel de filtragem da água, a formação de habitat para outras espécies e a sua importância econômica, já que movimentam as comunidades locais. No entanto, há também grandes impactos gerados pelas atividades humanas, como a degradação ambiental.

Palavras-chaves: Ostras; Resex Mãe Grande de Curuçá; Resex São João da Ponta; ecossistema, Bancos naturais de ostras.

ABSTRACT

This study addresses the abundance of mangrove oysters (*Crassostrea gasar*) and the diversity of associated fauna, their ecological and economic importance, and the effects of climate change on the ecosystem. Its objective is to discuss the abundance of mangrove oysters and associated fauna in the 11 banks analyzed, in the Mãe Grande de Curuçá RESEX and in the São João da Ponta RESEX, Pará, considering factors such as species diversity and the relationship between oysters and the environment.

The sampling work was carried out in 2021 and 2022, during the dry and rainy seasons, respectively. To count live oysters, dead oysters, and associated fauna species, which also includes analyses of oyster population density and variations in abundance in different seasons of the year.

Oysters are of great importance to the ecosystem, such as their role in filtering water, forming habitat for other species, and their economic importance, as they generate income for local communities. However, there are also major impacts generated by human activities, such as environmental degradation and the climate crisis.

Keywords: Oysters; Resex Mãe Grande de Curuçá; Resex São João da Ponta; ecosystem, natural oyster beds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Mapa do município e da sedede Curuçá.
..... 15
- Figura 2** - Mapa geral da região de Curuçá e São Caetano de Odivelas, Pará, mostrando os limites da RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta. (c) contribuidores OpenStreetMap.....16
- Figura 3** - Mapa de 11 bancos naturais de ostras localizadas entorno das RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta, Pará..... 16
- Figura 4** - Correlações Pearson para variáveis da biota para o período chuvoso de 2021, agregando os dados para todos os 11 bancos de ostras em Curuçá, Pará. As siglas são referente a Cac (Cacra), C.Dor (Caranguejo dorminhoco), Car (Caranguejo), Mex (Mexilhão), Sap (Sapequara) e Sir (Siri).
..... 20
- Figura 5** - Correlações Pearson para variáveis da biota para o período seco de 2021, agregando os dados para todos os 11 bancos de ostras em Curuçá, Pará. As siglas são referente a Cac (Cacra), C.Dor (Caranguejo dorminhoco), Car (Caranguejo), Mex (Mexilhão), Sap (Sapequara) e Sir (Siri).
.....20
- Figura 6** - Correlações Pearson para variáveis da biota para o período chuvoso de 2022, agregando os dados para todos os 11 bancos de ostras em Curuçá, Pará. As siglas são referente a Cac (Cacra), C.Dor (Caranguejo dorminhoco), Car (Caranguejo), Mex (Mexilhão), Sap (Sapequara) e Sir (Siri).
.....21
- Figura 7** - Correlações Pearson para variáveis da biota para o período seco de 2022, agregando os dados para todos os 11 bancos de ostras em Curuçá, Pará. As siglas são referente a Cac (Cacra), C.Dor (Caranguejo dorminhoco), Car (Caranguejo), Mex (Mexilhão), Sap (Sapequara) e Sir (Siri).
..... 22
- Figura 8** - Abundância de ostras vivas por banco, por período (Chuvoso, Seco) e Ano (2021, 2022), em Curuçá, Pará. Gráfico caixa com bigodes com mediana (linha horizontal) e outros quartis.....24
- Figura 9** - Número de táxons por banco, por período (Chuvoso, Seco) e Ano (2021, 2022), em Curuçá, Pará. Gráfico caixa com bigodes com mediana (linha horizontal) e outros quartis.....26
- Figura 10** - Abundância mediana de táxons amostrados em quadrados por banco, por período (Chuvoso, Seco) e Ano (2021, 2022), em Curuçá, Pará..... 26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA	13
3. OBJETIVOS	14
3.1 Objetivo Geral	14
3.2 Objetivos específicos.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1 Local de Estudo.....	14
4.2 Coletas (construção ou levantamento) de dados;.....	18
4.3 Descrição geral da amostragem.....	18
4.4 Amostragem de bancos pequenos, pouco extensos, retangulares	18
4.5 Amostragem de bancos maiores, moderadamente extensos, retangulares ou curvas.....	19
4.6 Amostragem de bancos grandes, muito extensos, longos e retangulares ou curvas.....	19
4.7 As variáveis medidas em cada ponto	20
4.8 Análise de dados	20
5. RESULTADOS	21
5.1 Correlações entre os grupos da fauna.....	21
5.2 Abundância de Ostras vivas.....	23
5.3 Diversidade	25
5.4 Abundância mediana de táxons	26
6. DISCUSSÃO	27
6.1 Abundância de Ostras.....	28
6.2 Diversidade da Fauna Associada	29
6.3 Impacto das Condições Ambientais.....	30
7. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes terrestre e marinho, distribuídos em regiões tropicais e subtropicais em todo mundo (PRITCHARD, 1967; MATIAS & SILVA, 2017). Esse ecossistema possui um extraordinário valor ecológico devido sua elevada produtividade, que contribui significativamente para a produtividade do ambiente costeiro (BEZERRA, 2015). São considerados os “berçários naturais” da vida marinha, tanto para as espécies típicas deste ambiente, como para outros organismos que, em algum momento da vida, migram para os manguezais em busca de alimento, e para reprodução e abrigo (SILVA *et al.*, 2007). Eles são particularmente predominantes nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, ocupando grande parte do litoral dos estados do Amapá, Pará e Maranhão, onde abrigam a maior extensão contínua de manguezais do mundo, representando cerca de 80% dos manguezais brasileiros (SOUZA-FILHO, 2005; VIRGULINO-JUNIOR *et al.*, 2020).

A fauna desses ecossistemas inclui crustáceos, moluscos e peixes, que estabelecem complexas relações tróficas e são essenciais para a biodiversidade. (SILVA *et al.*, 2018). Os manguezais também abrigam uma rica comunidade de bactérias e fungos que decompõem as folhas que caem das árvores, em como troncos e animais mortos, além de animais perfuradores de tronco como turus (SOUZA *et al.*, 2018).

A costa de manguezais do Estado do Pará ocupa uma área de 2.176 km², que se estende da Baía do Marajó a Baía de Gurupi (DILLENBURG *et al.*, 2009). Ao leste da desembocadura do Rio Amazonas configura-se por uma costa de submersão, extremamente recortada por muitas baías e estuários (litoral de Rias). Estas condições são favoráveis ao estabelecimento de manguezais, resultando em uma maior variabilidade estrutural e diversidade florística, onde a chuva sazonal desempenha um papel crucial sobre a salinidade das águas costeiras (DE LIMA, 2015).

Os bancos naturais de ostras apresentam ecossistemas diversificados e complexos, abrigando uma rica biodiversidade. Esses ambientes proporcionam habitat para várias espécies de moluscos, crustáceos, peixes e aves marinhas (Melo,

2003). As ostras, como espécie-chave, desempenham papel fundamental na filtragem da água, contribuindo para a manutenção da qualidade do ambiente (Rocha & Farrapeira, 2015). Além disso, os bancos de ostras oferecem proteção contra a erosão costeira e fornecem substrato para algas, esponjas e outros organismos (Diegues, 2003). Estudos demonstram que esses ecossistemas também suportam uma grande variedade de espécies de invertebrados, como mexilhões, lagostas e caranguejos (IBAMA, 2019).

Em ambientes de manguezais as ostras são importantes recursos pesqueiros para as comunidades costeiras (WALTER; WILKINSON; SILVA, 2012) e a ostreicultura se bem implantada e regulamentada pode reduzir os impactos causados pelo extrativismo nas populações naturais (DE LIMA, 2015). A ostreicultura é uma atividade promissora que apresenta uma produção mundial de 4.742.000 t/ano, sendo a *Crassostrea gigas* a espécie mais produzida que corresponde a 608.000t/ano (ANTONIO et al., 2019).

Estudos evidenciam que as condições do ambiente influenciam fortemente no crescimento, desenvolvimento e sobrevivência destes bivalves em diferentes períodos do ano, podemos classificar essas condições conforme a salinidade da água, pH e presença de outros microrganismos. (SAMPAIO, 2017). Dentre os fatores, a salinidade, a influência das marés, assim como pelos períodos chuvoso e seco do ano, podem causar alterações nas populações de ostras e na sua fauna associada. Em regiões costeiras e estuarinas, a variação da salinidade ocasionada pela entrada de rios, pela precipitação e pelo escoamento superficial de água doce, é provavelmente o fator limitante mais importante na distribuição e respostas fisiológicas das ostras (PAIXÃO et al., 2012), que requerem condições ambientais distintas para cada estágio de desenvolvimento (VILANOVA & CHAVES, 1988).

Ao avaliar os impactos ambientais sobre as populações de ostras do gênero *Crassostrea* na região amazônica, diversos estudos têm destacado fatores como a presença de microplásticos, contaminação bacteriana e anomalias climáticas, incluindo o fenômeno El Niño (SONIAT et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2018). Esses elementos são cruciais para a ecologia das ostras, influenciando desde o crescimento e a reprodução até a microflora associada. Por exemplo, pesquisas indicam que a ingestão de microplásticos pode comprometer a saúde das ostras e o equilíbrio

ecológico local (NOBRE, 2022). Além disso, a variabilidade climática afeta significativamente a disponibilidade de larvas e a sustentabilidade das populações de ostras (CAVALEIRO et al., 2013).

No Estado do Pará, os sistemas de cultivo de ostras utilizados são: *long-line*, que são sistemas suspensos com lanternas mais indicados para áreas profundas, e mesa fixa, que são sistemas fixos com travesseiros mais indicados para áreas com grandes variações nos níveis de maré. Também, têm as balsas, que são conjuntos de boias com armações de madeira. Os municípios envolvidos com a produção de ostras são Augusto Corrêa, Curuçá, Maracanã, Salinópolis e São Caetano de Odivelas (HOSHINO, 2009).

Os estudos sobre os fatores físico-químicos da água, de avaliação do crescimento de ostras a montantes e a jusante de rios, com maior ou menor influência da água do mar podem contribuir para melhorar o desempenho de cultivos. A interação entre temperatura e salinidade pode descrever o habitat potencial para esses animais (DE LIMA, 2015). A temperatura atua no metabolismo, podendo exercer um efeito significativo no desenvolvimento e na sobrevivência de ostras (SANTANA, 2018). Esses efeitos de temperatura são importantes no cenário atual de aquecimento global.

O movimento das águas também vem sendo reconhecido como um importante fenômeno, pois as correntes podem favorecer a dispersão das larvas em seus diferentes estágios, o processo de filtração, a disponibilidade e qualidade de alimento. Além disso, a temperatura e as condições fisiológicas do animal influenciam na variação da velocidade desta filtração e, conseqüentemente, no consumo e assimilação de partículas, sendo que o fitoplâncton é considerado a melhor fonte de carbono para a nutrição e crescimento destes organismos (DAME & ALLEN, 1996). O crescimento por sua vez é influenciado por fatores como a densidade de estocagem, salinidade, temperatura e disponibilidade de alimento (PEREIRA et al., 2006). Ostras em ambientes de cultivo podem apresentar taxas de crescimento maiores do que em ambientes naturais em função das técnicas de manejo e seleção de sementes para a engorda (DE LIMA, 2015). No entanto, o sistema de cultivo tem que ser adequado para as características do ambiente a fim de garantir uma maior produtividade (LODEIROS et al., 2002).

2. JUSTIFICATIVA

A pesquisa faz parte de um projeto em parceria da Universidade Federal do Pará (UFPA) com a associação RARE Brasil (<https://rare.org/program/pesca-para-sempre-no-brasil/>) que visa determinar indicadores de sustentabilidade para o melhor manejo dos bancos. Isso inclui avaliar mudanças na abundância de ostras e sua fauna associada em 11 bancos de ostras em Curuçá entre os anos de 2021 e 2022 em relação à estação chuvosa e seca. O resultado da pesquisa pode contribuir para a conservação e manejo adequado dos bancos de ostra no manguezal dessa região.

Os manguezais do Brasil, desempenham um papel essencial na manutenção da biodiversidade e na produtividade dos ambientes costeiros, especialmente na região Norte, proporcionando abrigo e alimento para organismos marinhos em diferentes fases de vida.

Dentre as espécies que dependem dos manguezais, as ostras do gênero *Crassostrea* têm se destacado não apenas como parte vital da biodiversidade local, mas também como recursos pesqueiros de grande valor econômico para as comunidades costeiras. A ostreicultura, quando bem implementada, surge como uma alternativa sustentável ao extrativismo, contribuindo para a preservação das populações naturais. Contudo, a produção de ostras é altamente influenciada pelas condições ambientais, como salinidade, temperatura, e a presença de contaminantes, como microplásticos e bactérias patogênicas. Tais fatores são exacerbados por anomalias climáticas, como o fenômeno El Niño e o aquecimento global, que podem alterar drasticamente as condições dos habitats dessas ostras.

Considerando o cenário descrito, este trabalho se propõe a investigar as populações de ostras e sua fauna associada em 11 bancos naturais em Curuçá e São João da Ponta, no estado do Pará, avaliando a associação com períodos chuvoso e seco de 2021 e 2022. A relevância deste estudo está na possibilidade de aprimorar as práticas de ostreicultura na região, contribuindo para a sustentabilidade do setor e para a conservação dos manguezais, ecossistemas de inestimável valor ecológico e econômico.

Os bancos naturais de ostras no Nordeste Paraense desempenham um papel crucial na cadeia alimentar marinha, servindo como fonte de alimento para diversas espécies. Além disso, esses ecossistemas são fundamentais para a economia local, pois fornecem ostras adultas para o mercado, gerando renda para dezenas de famílias

de pescadores artesanais (Rocha & Farrapeira, 2015; Diegues, 2003). Estudos indicam que esses bancos são responsáveis por abastecer cerca de 70% da demanda de ostras da região (IBAMA, 2019) . A pesca artesanal de ostras também contribui significativamente para a segurança alimentar e econômica das comunidades costeiras (Melo, 2003; MMA, 2018) incluindo pelo menos 80 famílias no nordeste paraense (Sampaio *et al.*, 2019).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os dados coletados pela equipe da RARE de abundância de ostras e da fauna associada nos 11 bancos naturais de ostras, durante o período chuvoso e seco de 2021 e 2022 visando quantificar mudanças sazonais nesses parâmetros ao longo do ano.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar mudanças na abundância de ostras e sua fauna associada em 11 bancos de ostras em Curuçá entre os anos de 2021 e 2022 nos períodos chuvoso e seco;
- Quantificar as mudanças na diversidade e composição de fauna associada;
- Discutir as mudanças em abundância e diversidade no contexto de variação ambiental.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa deste trabalho foi realizada nos anos de 2021 e 2022, dividida em quatro períodos, seco de 2021, chuvoso de 2021, período seco de 2022 e chuvoso de 2022. Um total de 11 bancos foram analisados com variações de 1 a 25 pontos amostrais em cada.

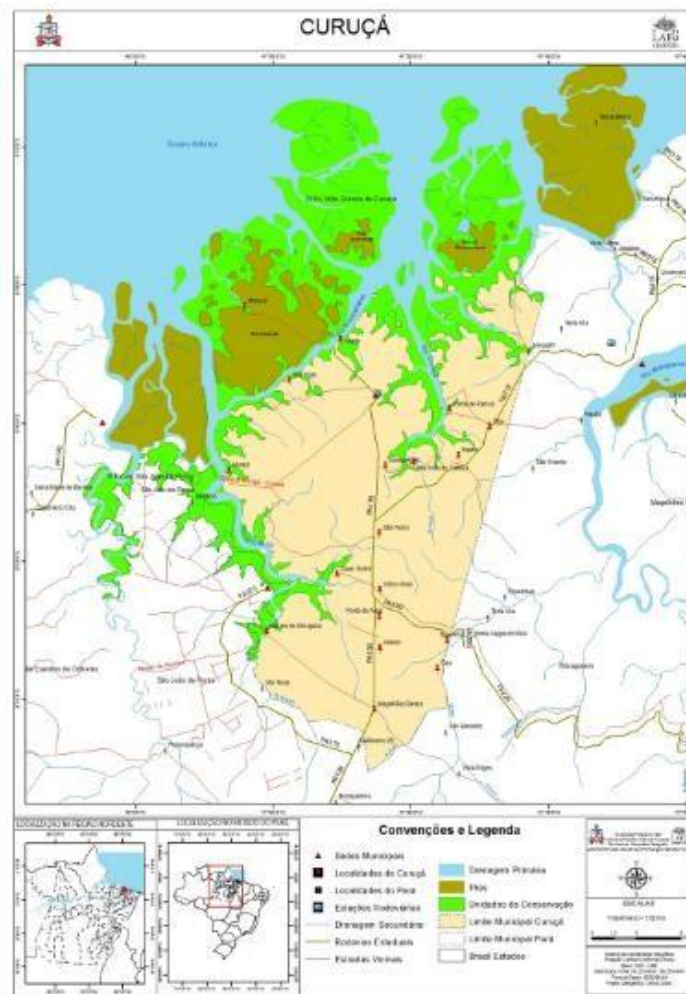
4.1 Local de Estudo

A área de estudo está localizada em unidade de conservação da natureza do grupo de uso sustentável da categoria Reserva Extrativista Marinha (RESEX). De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC – Lei 9985/2000) estas são áreas de domínio público com uso concedido às populações extrativistas tradicionais com objetivo de assegurar o uso sustentável dos recursos naturais. A área está localizada no entorno da RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta ambas criadas em 2002, pertencente à região hidrográfica Costa Atlântica Nordeste do Estado do Pará (Lei Estadual nº6381/2001). A região é uma área de uso comum entre as

Reservas Extrativistas de São João da Ponta e Mãe Grande de Curuçá, pertencentes aos municípios de São João da Ponta e Curuçá na microrregião do salgado paraense. Essa região, a leste da desembocadura do Rio Amazonas, configura-se por uma costa de submersão, extremamente recortada por muitas baías e estuários, sendo um litoral de rias (DE LIMA, 2015). A dinâmica hidrológica do estuário Amazônico é determinada pela interface rio-oceano onde as macromarés influencia na salinidade, ocasionando uma estratificação leve durante as marés de quadratura (lua quarto crescente e minguante) e estratificação forte durante as marés grandes (luas cheia e nova), e pela sazonalidade, onde as descargas máximas dos rios ocorrem na estação chuvosa de janeiro a julho, e as mínimas na estação seca de agosto a dezembro (DILLENBURG *et al.*, 2009).

O clima quente e úmido é regulado pelas mudanças sazonais na posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e linhas de instabilidade (DILLENBURG *et al.*, 2009), que são responsáveis pela formação de chuvas próximo a costa litorânea (FISCH *et al.*, 1998) sendo os meses de janeiro a julho os mais chuvosos e agosto a dezembro os mais secos (MORAES *et al.*, 2005). Por ser uma região de convergência dos ventos alísios as precipitações pluviométricas são superiores a 2000 mm anuais (TESSLER e GOYA, 2005; DILLENBURG *et al.*, 2009) e a temperatura média de 26 °C aumenta continuamente de fevereiro a outubro, e decorre de novembro a janeiro (MORAES *et al.*, 2005).

Figura 1: Mapa do município e da sede de Curuçá.



Fonte: Carlos Castro. Disponível em <http://geppam.blogspot.com/p/curuca.html>.

Figura 2: Mapa geral da região de Curuçá e São Caetano de Odivelas, Pará, mostrando os limites da RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta. (c) contribuidores OpenStreetMap.



Figura 3: Mapa de 11 bancos naturais de ostras localizadas entorno das RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta, Pará.



Fonte: Da Silva Fernandes.

4.2 Coletas de dados;

A coleta de dados foi feita pela equipe RARE e envolveu a obtenção de informações sobre as ostras pertencentes nos estuários do entorno da RESEX MÃE GRANDE de Curuçá e RESEX São João da Ponta. As coletas sempre eram realizadas nas marés de sizígia através destes foram também amostrados os bancos para a fauna associada e identificados até o menor nível taxonômico possível das diferentes espécies e a sua diversidade.

4.3 Descrição geral da amostragem

A unidade básica de amostragem é o ponto. Pontos foram delimitados por um quadrado de 1 m² (um metro quadrado) tendo sido selecionados aleatoriamente com antecedência, e posteriormente amostrados e referenciados em cada banco natural. Uma amostragem simples aleatória foi realizada em bancos menores e uma amostragem estratificada foi realizada nos bancos maiores para garantir cobertura adequada e representativa. Os quadrados eram posicionados aleatoriamente. Amostragens foram realizadas tanto no período chuvoso quanto no período seco. Baseado na área e no formato dos bancos, e para ter uma amostragem representativa de cada banco, foram adotados diferentes programas de amostragem, descritos a seguir.

4.4 Amostragem de bancos pequenos, pouco extensos, retangulares

Amostragem simples aleatória com 20 pontos em cada banco usando uma trena, corda marcada ou similar de até 100 m ao longo de cada dimensão do banco retangular, localizar de 10 a 15 pontos pelas coordenadas em metros, ou idealmente em coordenadas GPS, previamente sorteadas.

Tabela 1: Área dos bancos naturais de ostras localizados na região do entorno da RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta.

Banco	Área (m²)
Aquavila	3.476,5
Áries	5.134,9 ²
Tio Oscar	10.477,7

4.5 Amostragem de bancos maiores, moderadamente extensos, retangulares ou curvas

A amostragem foi estratificada aleatoriamente com o banco dividido em 03 a 04 estratos (setores) equidistantes e $n = 05$ pontos em cada estrato. A área desses estratos foi baseada na área média dos bancos menores acima da análise de fotos de satélite. Foi realizada uma amostragem de estratos na qual o número sorteado dependeu do tempo disponível e tamanho da equipe.

Tabela 2: Área dos bancos naturais de ostras localizados na região do entorno da RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta.

Banco	Área (m²)	Tipo de amostragem estratificada
Romana	15.342,6	4 estratos.
Pinheiro	21.796,5	2 estratos.
Maraua	22.382,3	3 estratos.
Água Boa	24.560,6	3 estratos.
Lauro Sodré	29.388,0	3 estratos.

4.6 Amostragem de bancos grandes, muito extensos, longos e retangulares ou curvas

A amostragem foi estratificada aleatória com 08 a 10 estratos (setores) equidistantes e $n = 05$ em cada.

Tabela 3: Área dos bancos naturais de ostras localizados na região do entorno da RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESSEX São João da Ponta.

Banco	Área (m²)	Tipo de amostragem estratificada
Jacarequara	39.477,6 m ²	03 de 08 estratos
Goiabal	39.477,6 m ²	03 de 08 estratos
Terra Amarela	73.613,7 m ²	03 de 10 estratos

4.7 As variáveis medidas em cada ponto

Em cada ponto de um metro quadrado, foram realizadas as seguintes observações:

- Densidade de ostras vivos (números por m²);
- Densidade de ostras mortos (valvas vazias) (números por m²);
- Densidade (número de indivíduos ou colônias) de cada uma de fauna associada (grupos taxonômicos informais, tais como mexilhões, cracas, anêmonas, esponjas etc.).

4.8 Análise de dados

Foram calculados os números médios de ostras vivas e de táxons associados por banco, por período e ano, mais as estimativas robustas do intervalo de confiança 95% através do procedimento de *bootstrap*, e os valores apresentados em gráficos pontos e barra de erro.

Foram apresentadas em gráficos caixa com bigodes às densidades de ostras vivas e de táxons associados por banco, por período e ano. Foi calculado o número de táxons em cada ponto usando a função *specnumber* do pacote *vegan* e apresentados por banco, período e ano em gráficos caixa com bigodes.

Foi realizada uma análise de correlação entre todas as variáveis de densidade da fauna, incluindo ostras mortas, vivas e todos os membros da fauna associada. Nesta análise, foram mesclados os dados dos pontos dos 11 bancos, mas os dados foram separados por período e ano. Dos resultados, foram destacadas as relações entre as variáveis com as associações positivas ou negativas mais fortes usando gráficos de blocos para cada combinação de período e ano.

Foram ajustados dois modelos lineares mistos (estimados usando RE verossimilhança máxima e um otimizador *nloptwrap*) para prever: 1) a abundância de ostras vivas e 2) o número de táxons de fauna associada, em relação dois fatores fixos Ano e Período e com um fator aleatório subamostras (réplicas) em Áreas de Bancos. Os parâmetros padronizados foram obtidos pelo ajuste do modelo em uma versão

padronizada do conjunto de dados. Os intervalos de confiança (ICs) de 95% e os valores p foram calculados usando uma aproximação da distribuição z de Wald.

5. RESULTADOS

5.1 Correlações entre os grupos da fauna

No período chuvoso de 2021, as correlações que foram significativas foram de fracas a moderadas e positivas. Estas correlações foram entre abundâncias de ostra morta e craca e ostra viva e craca, ostra morta e ostra viva, ostra viva e mexilhões e entre caranguejo dorminhoco e maraquanaim. A maioria das correlações foram não significativas e muito fracas (Figura 4).

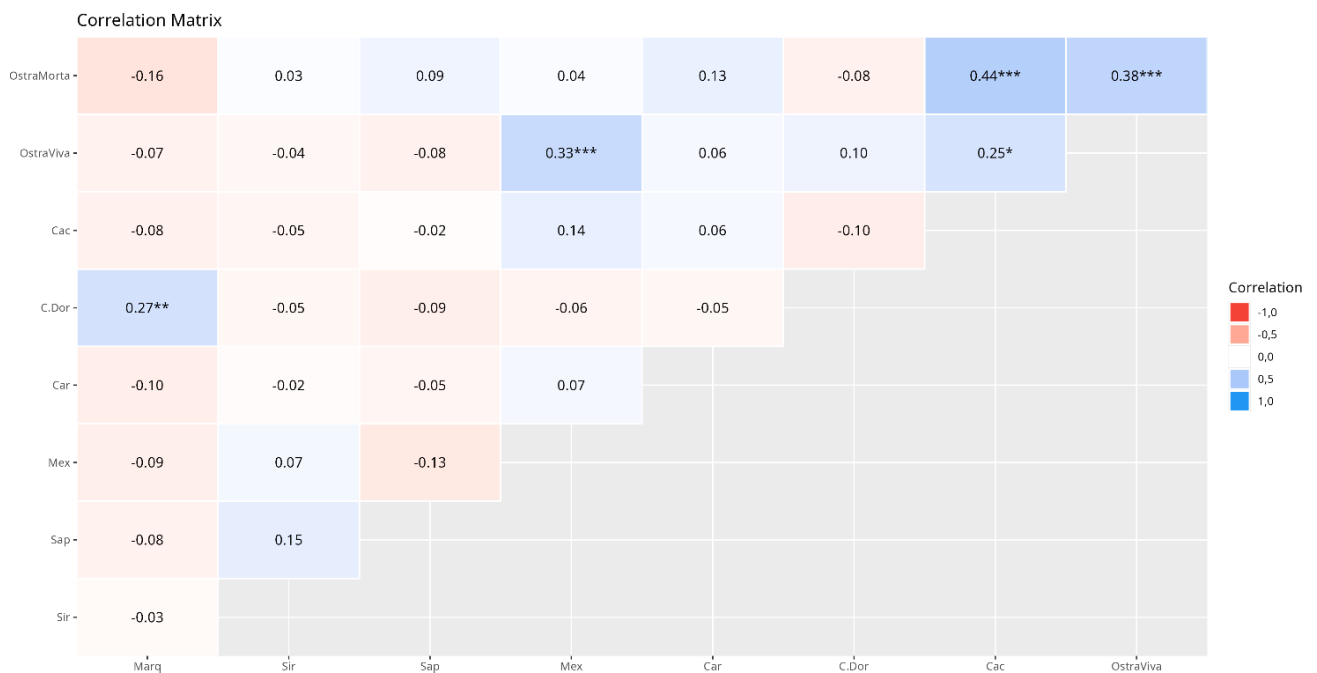


Figura 4: Correlações Pearson para variáveis da biota para o período chuvoso de 2021, agregando os dados para todos os 11 bancos de ostras em Curuçá, Pará. As siglas são referente a Cac (Cacra), C.Dor (Caranguejo dorminhoco), Car (Caranguejo), Mex (Mexilhão), Sap (Sapequara) e Sir (Siri).

No período seco de 2021, as correlações que foram significativas foram fracas a moderadas e positivas e ocorreram entre ostra morta e ostra viva, ostra morta e craca, ostra viva e mexilhões e ostra morta e mexilhões. Da mesma forma, as demais correlações foram não significativas (Figura 5).

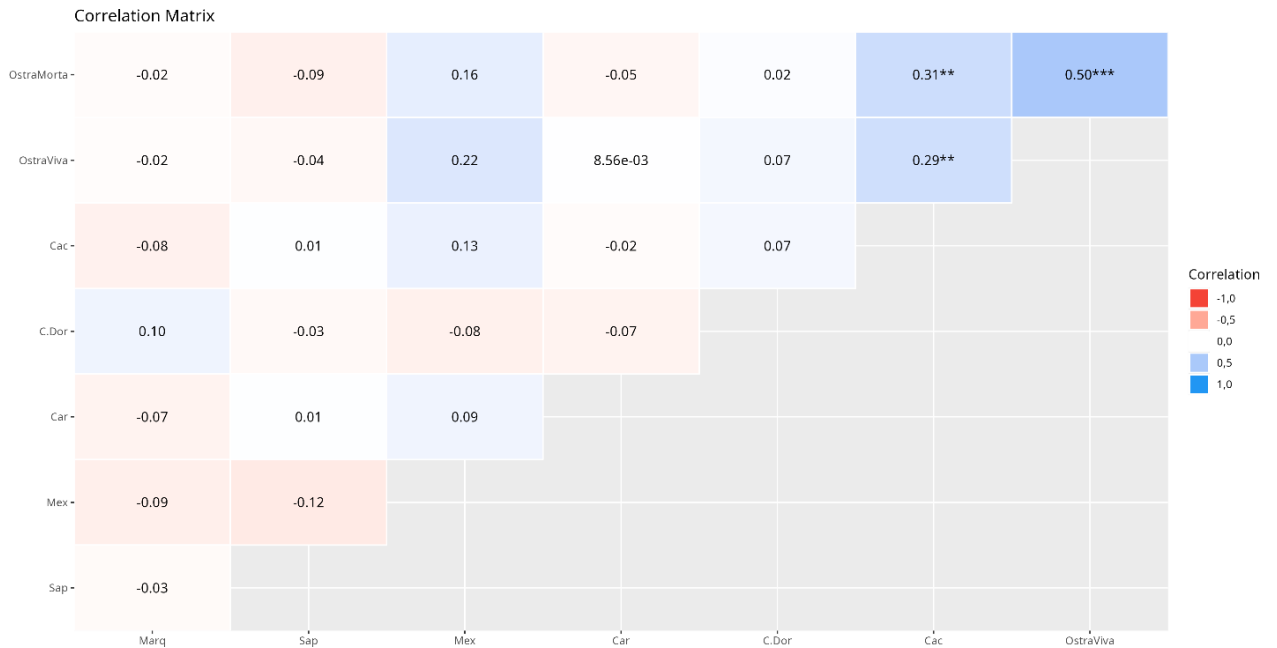


Figura 5: Correlações Pearson para variáveis da biota para o período seco de 2021, agregando os dados para todos os 11 bancos de ostras em Curuçá, Pará. As siglas são referente a Cac (Cacra), C.Dor (Caranguejo dorminhoco), Car (Caranguejo), Mex (Mexilhão), Sap (Sapequara) e Sir (Siri).

No período chuvoso de 2022, as correlações que foram significativas foram de fracas a moderadas e positivas. Estas correlações foram entre ostra morta e mexilhões, ostra morta e ostra viva, ostra viva e caranguejo, ostra viva e caranguejo dorminhoco. A maioria das correlações não foram significativas e/ou muito fracas (Figura 6).

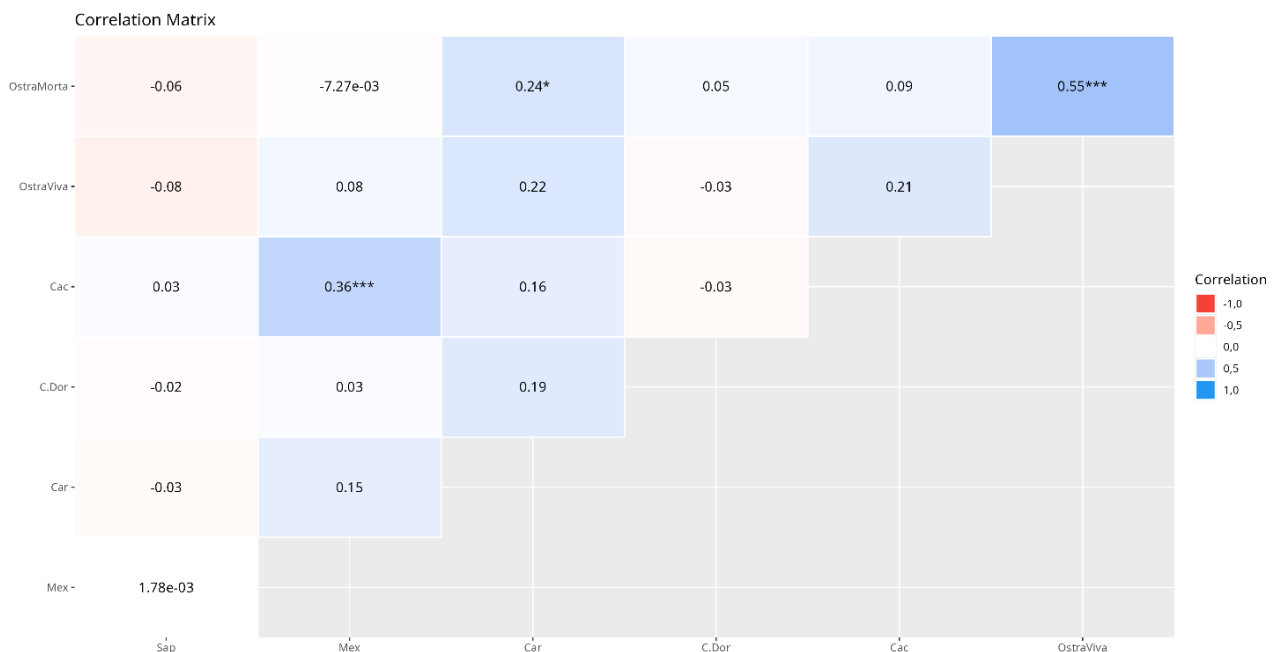


Figura 6: Correlações Pearson para variáveis da biota para o período chuvoso de 2022, agregando os dados para todos os 11 bancos de ostras em Curuçá, Pará. As siglas são referente a Cac (Cacra), C.Dor (Caranguejo dorminhoco), Car (Caranguejo), Mex (Mexilhão), Sap (Sapequara) e Sir (Siri).

No período seco 2022, as correlações que foram significativas foram de fracas a moderadas e positivas foram entre ostra viva e ostra morta, craca e mexilhões, ostra viva e caranguejo, ostra viva e craca. Estas correlações não foram significativas e/ou muito fracas (Figura 7).

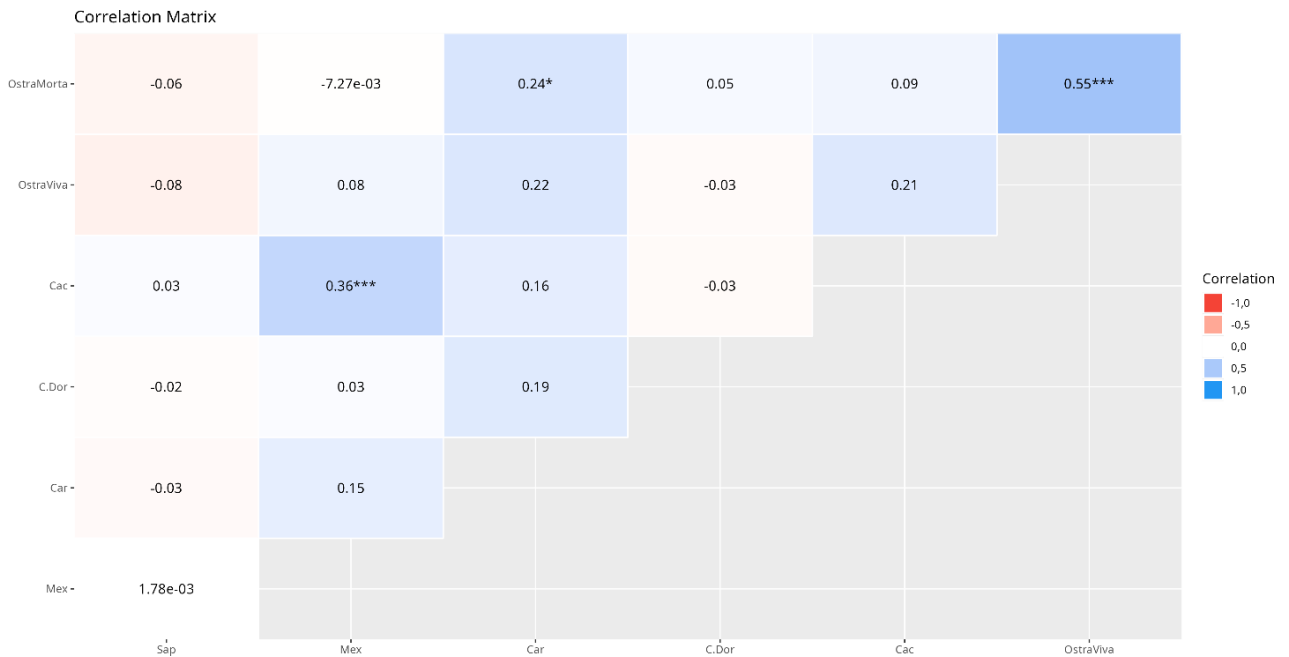


Figura 7: Correlações Pearson para variáveis da biota para o período seco de 2022, agregando os dados para todos os 11 bancos de ostras em Curuçá, Pará. As siglas são referente a Cac (Cacra), C.Dor (Caranguejo dorminhoco), Car (Caranguejo), Mex (Mexilhão), Sap (Sapequara) e Sir (Siri).

5.2 Abundância de Ostras vivas

Houve uma diferença na abundância de ostras vivas entre os anos de 2021 e 2022, quando ocorreu uma diminuição de ostras vivas. Esta redução em abundância foi principalmente no de Aires, Goiabal e Tio Oscar que são bancos menos salinos, onde nota-se uma queda marcante no número de ostras vivas. Em outros bancos as reduções não eram tão grandes e a abundância de ostras vivas se manteve relativamente constante em Aquavila, Água Boa e Pinheiro (Figura 8). O resultado da modelagem da abundância em relação Ano (2021 e 2022) e Período (Chuvoso e Seco) é descrito a seguir.

O poder explicativo total do modelo de abundância de ostras **Abundância de Ostras Vivas ~ Ano * Período + (1 | Subamostra:Área:Banco)** é moderado com R^2 condicional = 0,26. A parte relacionada com os efeitos fixos, Ano e Período, o R^2

marginal é 0,10. O intercepto do modelo, correspondente a Ano = 0, Período = Chuvoso, é de 23.419,8 (IC 95% [16.422,4 a 30.417,1], $t(678) = 6,57$, $p < 0,001$).

Dentro desse modelo:

O efeito de Ano é estatisticamente significativo e negativo (beta = -11,57, IC 95% [-15,03 a -8,11], $t(678) = -6,56$, $p < 0,001$; Beta padronizado = -0,30, IC 95% [-0,40 a -0,21]).

O efeito do Período é estatisticamente não significativo e negativo (beta = -5677,6, IC 95% [-15723,5 a 4368,2], $t(678) = -1,11$, $p = 0,268$; Beta padronizado = -0,30, IC 95% [-0,43 a -0,17]).

O efeito de Ano \times Período é estatisticamente não significativo e positivo (beta = 2.81, IC 95% [-2.16, 7.78], $t(678) = 1.11$, $p = 0.268$; Beta padronizado = 0.07, CI 95% [-0.06, 0.20]).

Ou seja, Ano teve um efeito importante e negativo; a abundância de ostras vivas diminuiu entre 2021 e 2022 em ambos os períodos e pela mesma magnitude (Tabela 4) indicado pela falta de interação Ano \times Período. O efeito de Período foi desprezível; a mudança na abundância de ostras entre o período chuvoso e seco, embora diminuiu, não é considerada importante.

Tabela 4: Estatísticas descritivas quantificando a variação em abundância de Ostras vivas nos bancos de Curuçá, Pará entre o período chuvoso de 2021 ao período seco de 2022.

Período	Ano	n	Média	Desvio padrão	Mediana	DMA	Mínimo	Máximo
Chuvoso	2021	177	31,0	22,8	25	20,7	0	120
Seco	2021	153	24,3	20,5	20	17,8	0	123
Chuvoso	2022	173	19,8	14,5	19	16,3	0	62
Seco	2022	181	15,3	12,9	15	14,8	0	68

DMA Diferença Mediana Absoluta

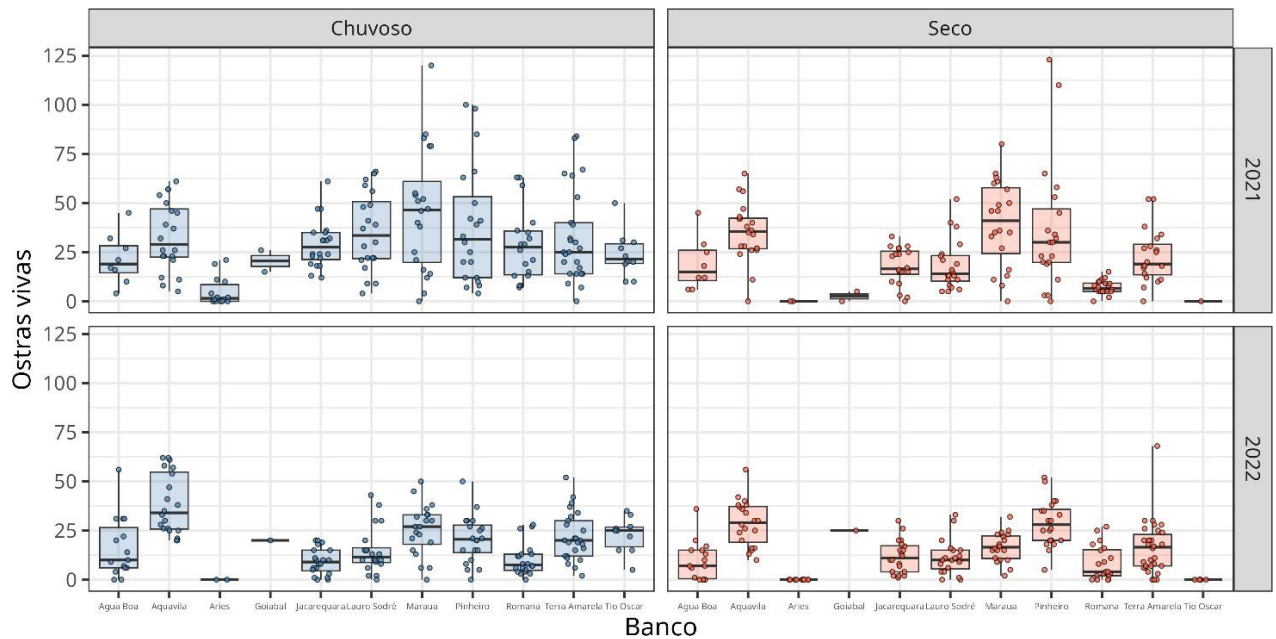


Figura 8: Abundância de ostras vivas por banco, por período (Chuvoso, Seco) e Ano (2021, 2022), em Curuçá, Pará. Gráfico caixa com bigodes com mediana (linha horizontal) e os outros quartis.

5.3 Diversidade

Em termos de diversidade de táxons, a maioria dos bancos foi similar, com uma tendência de maiores valores no período chuvoso (Figura 9). Alguns bancos como Aires e Goiabal sofreram reduções grandes em diversidade entre o período chuvoso e o seco de 2021. Em geral, a diversidade foi maior em 2021, e diminuiu na maioria dos bancos em 2022. O resultado da modelagem da abundância em relação Ano (2021 e 2022) e Período (Chuvoso e Seco) é descrito a seguir.

O poder explicativo total do modelo de diversidade de táxons **Número de grupos de Fauna Associada** \sim **Ano * Período + (1 | Subamostra:Área:Banco)** é moderado com R^2 condicional = 0,18. A parte relacionada aos efeitos fixos, Ano e Período, o R^2 marginal é 0,11. O intercepto do modelo, correspondente a Ano = 0, Período = Chuvoso, é de 1.998,1 (IC 95% [1.423,9 a 2.572,2], $t(678) = 6,83$, $p < 0,001$).

Dentro desse modelo:

O efeito de Ano é estatisticamente significativo e negativo (beta = -0,99, IC 95% [-1,27 a -0,70], $t(678) = -6,82$, $p < 0,001$; Beta padronizada = -0,33, IC 95% [-0,43 a 0,24]);

O efeito do Período é estatisticamente não significativo e negativo (beta = -487,57, IC 95% [-1311,4 a 336,2], $t(678) = -1,16$, $p = 0,25$; Beta padronizado = -0,31, IC 95% CI [-0,45 a -0,17]);

O efeito de Ano x Período é estatisticamente não significativo e positivo (beta = 0,24, IC 95% [-0,17 a 0,65], $t(678) = 1,16$, $p = 0,25$; Beta padronizado = 0,08, IC 95% [-0,06 a 0,22]). Ou seja, Ano teve um efeito importante e negativo; a diversidade da fauna associada com as ostras diminuiu entre 2021 e 2022 em ambos os períodos e pela mesma magnitude (Tabela 5) indicado pela falta de interação Ano x Período. O efeito de Período foi desprezível; a mudança na diversidade da fauna associada com as ostras entre os períodos chuvoso e seco, embora diminuiu, especialmente em alguns dos bancos, não é considerada importante.

Tabela 5: Estatísticas descritivas quantificando a variação em diversidade de táxons de fauna associada com ostras nos bancos de Curuçá, Pará entre o período chuvoso de 2021 ao período seco de 2022.

Período	Ano	n	Média	Desvio padrão	Mediana	DMA	Mínimo	Máximo
Chuvoso	2021	177	4,9	1,4	5	1,5	2	8
Seco	2021	153	4,3	1,4	4	1,5	1	8
Chuvoso	2022	173	3,9	1,5	4	1,5	1	9
Seco	2022	181	3,5	1,3	3	1,5	1	7

DMA Diferença Mediana Absoluta

5.4 Abundância mediana de táxons

No período chuvoso e seco de 2022, houve diminuições significativas de ostras vivas e ostras mortas, destaca-se os bancos Aires e Tio Oscar a falta de ostras vivas e mortas e o aumento de algas (Figure 10). Nos bancos Lauro Sodré, Maraua, Pinheiro e Romana, a densidade mediana os números de táxons se mantiveram basicamente os mesmos no período chuvoso e seco de 2021 (Figure 10). Algas tendem a dominar em muitos bancos nos períodos secos.

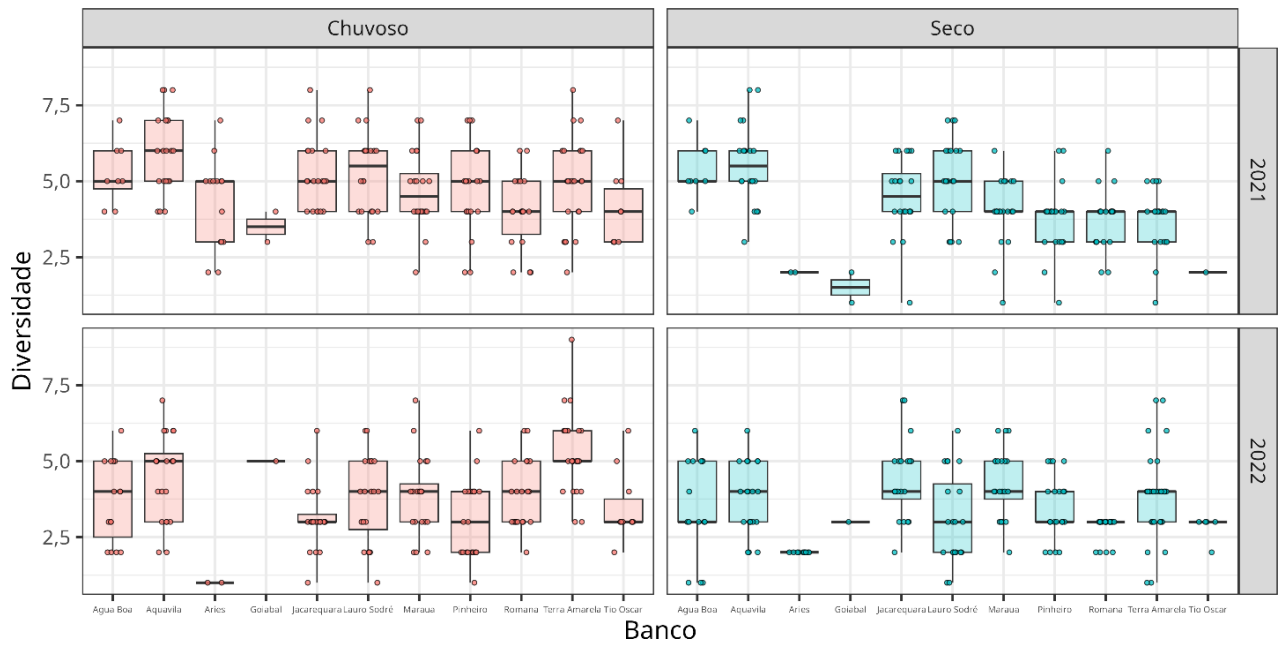


Figura 9: Número de táxons por banco, por período (Chuvoso, Seco) e Ano (2021, 2022), em Curuçá, Pará. Gráfico caixa com bigodes com mediana (linha horizontal) e os outros quartis.



Figura 10: Abundância mediana de táxons amostrados em quadrados por banco, por período (Chuvoso, Seco) e Ano (2021, 2022), em Curuçá, Pará.

6. DISCUSSÃO

No Brasil, a aqüicultura é responsável por aproximadamente 579 mil toneladas de pescado, sendo 89% peixes, 7,6% crustáceos, 2,4% moluscos bivalves e 1% outros animais aquáticos (IBGE, 2018). Na Amazônia, o estado do Pará é considerado

o principal produtor de ostras, sendo a espécie *Crassostrea gasar* a que melhor se adaptou as condições ambientais da região. Os municípios de Curuçá, Maracanã, Augusto Corrêa, São Caetano de Odivelas e Salinópolis destacam-se nesse contexto (FUNO et al., 2019; SAMPAIO et al., 2019). O extrativismo e o cultivo de ostras na região de Curuçá e no Pará são atividades econômicas fundamentais, baseadas nos bancos naturais de ostras, que servem como fonte de matéria-prima tanto para o extrativismo quanto para os viveiros (DE ALCÂNTARA, 2021).

Os resultados do presente estudo mostram variações significativas na abundância de ostras e na diversidade da fauna associada nos bancos de ostras da RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta especialmente entre os anos de 2021 e 2022. Efeitos sazonais embora ocorrem mudanças entre as estações do ano, estas são de magnitude e efeito menor que as mudanças entre anos. As variações são influenciadas por fatores ambientais, como salinidade e temperatura, e destacam a importância de estratégias de manejo que considerem essas condições sazonais. Estudos recentes apontam para uma diminuição desses bancos naturais, possivelmente devido a fatores como variações de temperatura, salinidade, poluição e sobreexploração, o que ameaça a sustentabilidade dessas práticas (NOGUEIRA, 2012).

Mais recentemente, mudanças na temperatura, salinidade e pH do oceano ocorrem entre anos devido a maior concentração de CO₂ de origem antropogênica na atmosfera e à maior absorção de energia térmica retida na atmosfera pelo oceano. Vários estudos experimentais com ostras *Crassostrea gasar* apontam para alta mortalidade e baixo desenvolvimento animal em baixos níveis de salinidade (DE LIMA, 2015) ou durante a estação chuvosa. As ostras do gênero *Crassostrea* apresentam melhor desenvolvimento e sobrevivência em faixas de salinidade de 15–25 em condições experimentais e tolerância de 10–40 em estuários do Pará (FUNO et al., 2015, SAMPAIO et al., 2020). As mudanças de salinidade no ambiente afetam diretamente a taxa de funcionamento metabólico dos organismos, incluindo os custos relacionados à regulação osmótica, que é energeticamente dispendiosa (BEGON & TOWNSEND, 2023).

6.1 Abundância de Ostras

A abundância de ostras vivas diminuiu significativamente entre 2021 e 2022, especialmente durante o período chuvoso de 2022, com quedas mais acentuadas nos

bancos de Aires, Goiabal e Tio Oscar. Em outros bancos, como Aquavila, Água Boa e Pinheiro, a abundância de ostras vivas permaneceu relativamente constante. Essa redução pode ser atribuída às variações de salinidade, que afetam o metabolismo das ostras e aumentam os custos de regulação osmótica. Estudos anteriores também relataram que baixos níveis de salinidade e períodos chuvosos aumentam a mortalidade e diminuem o desenvolvimento das ostras (FUNO *et al.*, 2015; IVANINA *et al.*, 2020).

6.2 Diversidade da Fauna Associada

Os bancos de ostras são formações naturais ou artificiais em ambientes costeiros, geralmente em estuários, onde se encontram grandes concentrações de ostras, principalmente do gênero *Crassostrea* (ZU ERMGASSEN *et al.*, 2013). Esses bancos têm um papel ecológico significativo, pois aumentam a complexidade do habitat, proporcionando espaço, refúgio e proteção para uma grande variedade de organismos aquáticos, incluindo invertebrados e peixes (ZU ERMGASSEN *et al.*, 2013).

A formação desses bancos ocorre quando as larvas de ostras, chamadas de *veliger*, se fixam em substratos duros, como rochas, conchas antigas ou estruturas artificiais (DE LIMA, 2015). A partir dessa fixação, as ostras crescem e se multiplicam, criando agregados que, ao longo do tempo, formam bancos extensos (GRABOWSKI *et al.*, 2012). Esses bancos são mais comuns em áreas intertidais, onde as variações de salinidade e temperatura são constantes, e as ostras podem prosperar devido à sua capacidade de filtrar grandes volumes de água, alimentando-se de fitoplâncton e outros materiais em suspensão (GUTIÉRREZ *et al.*, 2003; ZU ERMGASSEN *et al.*, 2020).

Além de seu papel na formação de habitat, esses bancos não são apenas aglomerados de ostras; eles criam habitats complexos que suportam uma grande diversidade de organismos. Moluscos, como *Brachidontes exustus* e outros mitilídeos (mexilhões da Classe Bivalvia, Família Mytilidae) utilizam os bancos de ostras como substrato para fixação e crescimento, enquanto diversos gastrópodes, crustáceos e peixes encontram nesses bancos abrigo e áreas de alimentação. A biodiversidade associada aos bancos de ostras é significativa, especialmente em estuários brasileiros, onde estudos têm demonstrado a presença de uma rica malacofauna e outros invertebrados que dependem desses bancos para completar seus ciclos de vida (DA CUNHA LANA & BERNARDINO, 2018).

Neste estudo, a diversidade de táxons associados às ostras foi maior durante o período chuvoso de 2021, mas mostrou uma tendência de redução em 2022. Bancos como Aires e Goiabal sofreram grandes reduções na diversidade entre os períodos chuvoso e seco de 2021, enquanto bancos como Jacarequara e Lauro Sodré mantiveram maiores valores de diversidade durante os períodos chuvosos, demonstrando resiliência às variações sazonais.

Recentemente, tem-se observado um aumento na abundância de algas em áreas costeiras, inclusive nas áreas onde este estudo foi realizado que pode ser atribuído a diversos fatores, como a eutrofização—um processo provocado pelo excesso de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, na água, muitas vezes devido ao escoamento agrícola e ao despejo de esgoto (CLOERN *et al.*, 2016; PAERL *et al.*, 2018). Esse aumento de nutrientes favorece o crescimento excessivo de algas, que pode ter efeitos tanto positivos quanto negativos nas ostras (GLIBERT *et al.*, 2014). Por um lado, algumas espécies de algas podem fornecer sombra e abrigo adicional, além de contribuir para a complexidade estrutural do habitat dos bancos de ostras (GRIFFITH & GOBLER, 2020). Por outro lado, o crescimento excessivo de algas, particularmente de macroalgas e microalgas, pode competir com as ostras por espaço e recursos, além de causar problemas como a hipoxia (baixo nível de oxigênio) quando essas algas morrem e se decompõem (GLIBERT, 2020). A hipoxia pode levar à mortalidade em massa de ostras e outros organismos aquáticos, prejudicando a saúde geral dos bancos de ostras (HOWARTH *et al.*, 2011).

6.3 Impacto das Condições Ambientais

As condições ambientais, especialmente a variação na salinidade e a influência das marés, têm um impacto direto na abundância e diversidade das ostras e da fauna associada. Os períodos secos especialmente em regiões costeiras, há um aumento na salinidade devido à evaporação e um potencial de diminuição na disponibilidade da água doce, podendo levar a diminuição na abundância, redução na diversidade e alteração do funcionamento do ecossistema. Os períodos secos, sendo cada vez mais quentes devido aos efeitos da crise do clima e as emissões antropogênicas de gases que causam aquecimento global, podem ter um impacto significativo nos bancos de ostras devido a alterações na salinidade e temperatura da água. No período de 2013-2014, a variação na salinidade média associada com bancos de ostras em Curuçá-

PA foi de até menos de 5 no chuvoso até mais de 20 no seco (PINTO *et al.*, 2019; SAMPAIO *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2023).

Durante o período seco, a redução na entrada de água doce pode aumentar a salinidade a níveis que excedem a tolerância das ostras, enquanto temperaturas elevadas podem acelerar o metabolismo desses organismos, resultando em maior suscetibilidade a doenças e aumento da mortalidade. Esses fatores combinados contribuem para a diminuição da quantidade de ostras vivas e na diversidade da fauna associada. Estudos demonstram que, em condições de alta salinidade, combinadas com altas temperaturas, as taxas de mortalidade das ostras podem aumentar drasticamente, especialmente em certas classes de tamanho, como demonstrado em experimentos conduzidos em ambientes controlados e no campo (NOGUEIRA, 2012; NOGUEIRA *et al.*, 2016). Isso é consistente com estudos que mostram que a variação da salinidade, causada pela entrada de água doce e pela precipitação, é um dos fatores limitantes mais importantes na distribuição e respostas fisiológicas das ostras (GOSLING, 2003; PAIXÃO *et al.*, 2013; SANTERRE *et al.*, 2013). Os anos 2023 e 2024 foram os mais quentes em relação a temperatura da água (Climate Reanalyzer, 2024: https://climatereanalyzer.org/clim/sst_daily/).

Comparações com resultados deste estudo com a literatura, observamos que outros estudos também destacam a importância das condições ambientais na dinâmica das populações de ostras. Por exemplo, Cotter *et al.*, 2010 discutem como a temperatura pode influenciar significativamente o desenvolvimento e a sobrevivência das ostras. Além disso, a movimentação das águas e a disponibilidade de alimento, especialmente fitoplâncton, são cruciais para o crescimento e a nutrição das ostras (DAME, 1996; PEREIRA *et al.*, 2001).

7. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a complexidade da dinâmica populacional das ostras e da diversidade da fauna associada na Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçáe da RESEX São João da Ponta. A pesquisa forneceu uma visão abrangente sobre o tema, destacando a importância da conservação.

As variações interanuais nas condições ambientais tiveram um impacto significativo nas populações de ostras, superando as variações sazonais. Essa influência está relacionada às mudanças climáticas globais, afetando temperatura,

salinidade e padrões oceânicos. A adaptação de estratégias de manejo é crucial para mitigar impactos negativos. Isso inclui monitoramento contínuo das condições ambientais e populacionais, implementação de práticas sustentáveis e desenvolvimento de planos de adaptação às mudanças climáticas.

A conservação dos bancos de ostras é fundamental para manter biodiversidade marinha, garantir sustentabilidade da pesca artesanal, proteger economia local e preservar patrimônio cultural. Além disso, esses ecossistemas desempenham papel crucial na regulação do ciclo de nutrientes e proteção contra erosão costeira.

Portanto, é essencial continuar os estudos e monitoramento para aprofundar compreensão das dinâmicas populacionais, desenvolver estratégias eficazes de manejo e proteger ambiente e comunidade. Isso garantirá a sustentabilidade dos bancos de ostras na RESEX Mãe Grande de Curuçá e da RESEX São João da Ponta.

REFERÊNCIAS

ANTONIO, Icaro *et al.* **Reproductive cycle of the mangrove oyster, *Crassostrea, rhizophorae* (Bivalvia: Ostreidae) cultured in a macrotidal high-salinity zone on the Amazon mangrove coast of Brazil.** *ACTA AMAZONICA*. 2021, vol 51, nriSm. 2, p. 113-121. 2021.

ANTONIO, Ícaro Gomes *et al.* **Produção de Ostra Nativa em Primeira Cruz–MA.** *Revista Práticas Em Extensão*, v. 3, n. 1, p. 27-41, 2019.

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas.** Artmed editora, 2023.

BEZERRA, Walderly. **Microbioma de sedimentos de manguezais brasileiros e seu potencial biotecnológico.** 2015.

BUSH, Simon. *et al.* **Emerging trends in aquaculture value chain research.** *Aquaculture*, v. 498, p. 428-434, 2019.

CAVALEIRO, Nathalia Pereira *et al.* **Ecologia molecular de ostras (*Crassostrea* spp.) do Atlântico Tropical.** 2013.

CHAGAS, Rafael *et al.* **Composition of the biofouling community associated with oyster culture in an Amazon estuary, Pará State, North Brazil.** *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, v. 53, n. 1, p. 9-17, 2018.

CHAGAS, Rafael *et al.* **Análise biomorfométrica da ostra-do-mangue cultivada no litoral amazônico.** *Scientia Plena*, v. 15, n. 10, 2019.

CHAGAS, Rafael *et al.* **Growth Performance of the Mangrove Oyster Cultivated on the Amazon Coast.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 64, p. e21190650, 2021.

CHAGAS, Rafael *et al.* **Synergy between Seasonality and Climatic Anomaly and their Effects on the Growth of Oysters Cultivated in the Amazon Coast.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 67, p. e24230118, 2024.

CHECON, Helio *et al.* **Macro-and Meiofaunal Communities in Brazilian Mangroves and Salt Marshes.** In: *Brazilian Mangroves and Salt Marshes*. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 155-178.

CLOERN, James *et al.* **Human activities and climate variability drive fast-paced change across the world's estuarine–coastal ecosystems.** *Global change biology*, v. 22, n. 2, p. 513-529, 2016.

CONCEIÇÃO, Marcos *et al.* **Amazonia seasons have an influence in the composition of bacterial gut microbiota of mangrove oysters (*Crassostrea gasar*).** *Frontiers in Genetics*, v. 11, p. 602608, 2021.

COTTER, Elizabeth *et al.* **Summer mortality of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in the Irish Sea: the influence of growth, biochemistry and gametogenesis.** *Aquaculture*, v. 303, n. 1-4, p. 8-21, 2010.

DA CUNHA, Paulo; BERNARDINO, Angelo. (Ed.). **Brazilian estuaries: a benthic perspective.** Springer, 2018.

DAME, R; ALLEN, D. **Between estuaries and the sea.** *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 200, n. 1-2, p. 169-185, 1996.

DAVIES, Ian. *et al.* **Governance of marine aquaculture: pitfalls, potential, and pathways forward.** *Marine Policy*, v. 104, p. 29-36, 2019.

DA CUNHA LANA, Paulo; BERNARDINO, Angelo (Ed.). **Brazilian estuaries: a benthic perspective.** Springer, 2018.

DE ALCÂNTARA, Aline *et al.* **PESCA E AQUICULTURA.** 2021.

DE LIMA, Maria. **Biologia Reprodutiva, Crescimento Cultivo da Ostra-do-Mangue *Crassostrea gasar* Adanson (1757) (MOLLUSCA: BIVALVIA) em manguezais da Costa Amazônica (Curuçá e São Caetano de Odivelas), Brasil.** 2015. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ.

DIEGUES, C. (2003). **Ecosistemas costeiros do Brasil.** Editora Universidade de São Paulo.

DILLENBURG, Sérgio *et al.* **The subsiding macrotidal barrier estuarine system of the eastern Amazon coast, Northern Brazil. Geology and geomorphology of Holocene coastal barriers of Brazil,** p. 347-375, 2009.

- FAO, FAOSTAT *et al.* **Food and agriculture organization of the United Nations**. Rome, URL: <http://faostat.fao.org>, p. 403-403, 2018.
- FISCH, Gilberto; MARENGO, José; NOBRE, Carlos. **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia**. Acta amazônica, v. 28, n. 2, p. 101-101, 1998.
- FUNO, IC *et al.* **Influence of salinity on survival and growth of Crassostrea gasar**. 2015.
- FUNO, Izabel *et al.* **Recruitment of oyster in artificial collectors on the Amazon macrotidal mangrove coast**. Ciência Rural, v. 49, n. 3, p. e20180482, 2019.
- GOSLING, Elizabeth. **Bivalve molluscs: biology, ecology and culture**. John Wiley & Sons, 2008.
- GLIBERT, Patricia *et al.* **The Haber Bosch–harmful algal bloom (HB–HAB) link**. Environmental Research Letters, v. 9, n. 10, p. 105001, 2014.
- GLIBERT, Patricia. **Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change**. Harmful algae, v. 91, p. 101583, 2020.
- GUTIÉRREZ, Jorge *et al.* **Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats**. Oikos, v. 101, n. 1, p. 79-90, 2003.
- GRABOWSKI, Jonathan *et al.* **Economic valuation of ecosystem services provided by oyster reefs**. Bioscience, v. 62, n. 10, p. 900-909, 2012.
- GRIFFITH, Andrew; GOBLER, Christopher. **Harmful algal blooms: A climate change co-stressor in marine and freshwater ecosystems**. Harmful Algae, v. 91, p. 101590, 2020.
- HOSHINO, Priscila *et al.* **Avaliação e comparação de projetos comunitários de ostreicultura localizados no nordeste paraense**. 2009.
- HOWARTH, Robert *et al.* **Coupled biogeochemical cycles: eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems**. Frontiers in Ecology and the Environment, v. 9, n. 1, p. 18-26, 2011.
- IBAMA (2019). **Plano de Manejo da Reserva Extrativista Marinha do Estado do Pará**.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Agropecuária-Aquicultura 2018**. Acessado em: 27 de julho de 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/18/16459>.

IVANINA, Anna *et al.* **Effects of seawater salinity and pH on cellular metabolism and enzyme activities in biomineralizing tissues of marine bivalves**. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 248, p. 110748, 2020.

LODEIROS, César *et al.* **Growth and survival of the pearl oyster *Pinctada imbricata* (Röding 1758) in suspended and bottom culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela**. *Aquaculture international*, v. 10, p. 327-338, 2002.

MATIAS, Lidiane; SILVA, Milena. **Monitoramento e análise da vegetação de manguezal no litoral sul de Alagoas**. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, p. 312-319, 2017.

MELO, S. (2003). **Moluscos marinhos do Brasil**. Editora Universidade de São Paulo.

MORAES, Bergson Cavalcanti de *et al.* **Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará**. *Acta amazonica*, v. 35, p. 207-214, 2005.

NOGUEIRA, Liana. **As marisqueiras de Icapuí: saberes e práticas na pesca de moluscos**. 2012.

NOBRE, Caio. **Avaliação dos efeitos biológicos da interação microplástico, triclosan e 17 α etinil-estradiol em espécies estuarinas tropicais: Uma abordagem ecotoxicológica**. 2022.

NOGUEIRA, Liana. **As marisqueiras de Icapuí: saberes e práticas na pesca de moluscos**. 2012.

NOGUEIRA, Diego *et al.* **Efeitos do fenantreno e alquilbenzenos lineares no desenvolvimento larval e genes em ostra do Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1789)**. 2016.

OLIVEIRA, Jacicleide. **Estrutura da comunidade de moluscos associados a bancos de ostras em um estuário hipersalino**. 2014. 54f. Monografia (Licenciatura Plena em Ciências Biológicas)-Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2014.

OLIVEIRA, Luiz *et al.* **Influence of the proximity to the ocean and seasonality on the growth performance of farmed mangrove oysters (*Crassostrea gasar*) in tropical environments**. *Aquaculture*, v. 495, p. 661-667, 2018.

PAERL, Hans *et al.* **Two decades of tropical cyclone impacts on North Carolina's estuarine carbon, nutrient and phytoplankton dynamics: implications for biogeochemical cycling and water quality in a stormier world**. *Biogeochemistry*, v. 141, p. 307-332, 2018.

PAIXÃO, Leonardo *et al.* **Effects of salinity and rainfall on the reproductive biology of the mangrove oyster (*Crassostrea gasar*): Implications for the collection of broodstock oysters**. *Aquaculture*, v. 380, p. 6-12, 2013.

PANTOJA, Juliana *et al.* **Salinity and rainfall as inducers of cell proliferation and apoptosis in mangrove oyster *Crassostrea gasar* spermatogenesis**. *Regional Studies in Marine Science*, v. 39, p. 101411, 2020.

PANTOJA, Juliana *et al.* **First register of microplastic contamination in oysters (*Crassostrea gasar*) farmed in Amazonian estuaries**. *Marine Pollution Bulletin*, v. 201, p. 116182, 2024.

PEREIRA, Orlando *et al.* **Crescimento da ostra *Crassostrea brasiliana* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na região estuarino-lagunar de Cananéia-SP (25°S, 48°W)**. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 27, n. 2, p. 163-174, 2001.

PEREIRA, Murilo *et al.* **Qualidade microbiológica de ostras (*Crassostrea gigas*) produzidas e comercializadas na região litorânea de Florianópolis-Brazil**. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 37, p. 159-163, 2006.

PINTO, Anne *et al.* **Composição centesimal de ostras (*Crassostrea gasar*) cultivadas na Amazônia Brasileira**. 2019.

PRITCHARD, Donald W. **What is an estuary: physical viewpoint**. 1967.

Rocha, R. & Farrapeira, C. (2015). **Biodiversidade marinha da costa brasileira**. Editora Universidade Federal do Paraná.

SANTANA, Jildimara. **Avaliação da bioacumulação de metais tóxicos em ostras, em condições simuladas do descarte da água produzida no mar**. 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

SAMPAIO, Dioniso *et al.* **Ostreicultura no nordeste paraense: estado atual e perspectivas futuras**. 2017.

SAMPAIO, Dioniso *et al.* **Oyster culture on the Amazon mangrove coast: asymmetries and advances in an emerging sector**. *Reviews in Aquaculture*, v. 11, n. 1, p. 88-104, 2019.

SAMPAIO, Dioniso *et al.* **Variation in environmental characteristics of waters among Amazon coast oyster culture units**. *Acta Amazonica*, v. 50, n. 4, p. 295-304, 2020.

SANTERRE, Christelle *et al.* **Oyster sex determination is influenced by temperature—first clues in spat during first gonadic differentiation and gametogenesis**. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 165, n. 1, p. 61-69, 2013.

SILVA, Rosana *et al.* **Análise dos efeitos sócio-ambientais da carcinicultura marinha no município de Barra de Santo Antônio, estado de Alagoas**. 2007.

SILVA, Osnan *et al.* **Effect of environmental factors on microbiological quality of oyster farming in Amazon estuaries**. *Aquaculture Reports*, v. 18, p. 100437, 2020.

SILVA, Ariane *et al.* **Impacts of Inherited Morphology and Offshore Suspended-Sediment Load in an Amazon Estuary**. *Estuaries and Coasts*, v. 46, n. 7, p. 1709-1722, 2023.

DA SILVA FERNANDES, Willian; DO CANTO, Otávio. **CARTOGRAFIA PARTICIPATIVO DOS BANCOS DE OSTRA EM RESERVAS EXTRATIVISTAS NO ESTUÁRIO DO RIO MOCAJUBA**.

SONIAT, Thomas *et al.* **Understanding the success and failure of oyster populations: periodicities of *Perkinsus marinus*, and oyster recruitment, mortality, and size**. *Journal of Shellfish Research*, v. 31, n. 3, p. 635-646, 2012.

DE SOUSA, Claudio *et al.* **Qualidade microbiológica de ostras e de águas em manguezais de macromaré da costa amazônica (ilha de São Luís, MA), Brasil.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 28, p. e20220051, 2023.

SOUZA, Caroline *et al.* **Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica.** Educação Ambiental sobre Manguezais. São Vicente: Unesp, p. 16-56, 2018.

SOUZA FILHO, Pedro Walfir. **Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos.** Revista Brasileira de Geofísica, v. 23, p. 427-435, 2005.

TESSLER, Moysés; GOYA, Samara. **Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro.** Revista do Departamento de Geografia, v. 17, p. 11-23, 2005.

VILANOVA, M; CHAVES, E. **Contribuição para o conhecimento da viabilidade do cultivo de ostra-do-mangue, *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828, Mollusca: Bivalvia), no estuário do rio Ceará, Ceará, Brasil.** Arquivos de Ciências do Mar, v. 27, n. 2, p. 111-125, 1988.

VILHENA, Maria *et al.* **Trace elements and $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ isotopes in sediments, phytoplankton and oysters as indicators of anthropogenic activities in estuaries in the Brazilian Amazon.** Regional Studies in Marine Science, v. 41, p. 101618, 2021.

WALTER, Tatiana; WILKINSON, John; SILVA, P. de A. **A análise da cadeia produtiva dos catados como subsídio à gestão costeira: as ameaças ao trabalho das mulheres nos manguezais e estuários no Brasil.** Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management, v. 12, n. 4, p. 483-497, 2012.

ZU ERMGASSEN, Philine *et al.* **Quantifying the loss of a marine ecosystem service: filtration by the eastern oyster in US estuaries.** Estuaries and coasts, v. 36, p. 36-43, 2013.

ZU ERMGASSEN, Philine *et al.* **The benefits of bivalve reef restoration: A global synthesis of underrepresented species.** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 30, n. 11, p. 2050-2065, 2020.

