



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

JANAILMA DA SILVA RAMOS

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DO FITOPLÂNCTON NO ESTUÁRIO
EMBORAÍ VELHO, AUGUSTO CORRÊA (PARÁ, BRASIL)

BRAGANÇA – PA

2026

JANAILMA DA SILVA RAMOS

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DO FITOPLÂNCTON NO ESTUÁRIO
EMBORAÍ VELHO, AUGUSTO CORRÊA (PARÁ, BRASIL)

Trabalho de Conclusão apresentado à Faculdade de Ciências Naturais, do Instituto de Estudos Costeiros, da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Naturais.

Orientador: Prof^o. Dr. Rauquীরio M. da Costa – UFPA-Campus de Bragança

Coorientador: MSc. João Victor de M. S. Pinheiro – UFPA-Campus de Bragança

BRAGANÇA-PA
2026

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

R175d Ramos, Janailma da Silva.
Distribuição espacial e temporal do fitoplâncton no estuário
Emboráí Velho, Augusto Corrêa (Pará, Brasil) / Janailma da Silva
Ramos. — 2026.
36 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Rauquirio Andre Albuquerque Marinho
da Costa

Coorientador(a): Prof. Me. João Victor de Moraes Souza
Pinheiro

Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Bragança, Faculdade de Ciências
Naturais, Bragança, 2026.

1. Estuários. 2. Nutrientes. 3. Biomassa. 4. Produtividade.
I. Título.

CDD 550.727

JANAILMA DA SILVA RAMOS

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DO FITOPLÂNCTON NO ESTUÁRIO
EMBORAÍ VELHO, AUGUSTO CORRÊA (PARÁ, BRASIL)

Trabalho de Conclusão apresentado à
Faculdade de Ciências Naturais, do Instituto de
Estudos Costeiros, da Universidade Federal do
Pará, como requisito para obtenção do grau de
Licenciada em Ciências Naturais.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rauquীরio Marinho da Costa
Universidade Federal do Pará-UFPA

Dr. Farley Darlan dos Santos Fernandes
Universidade Federal do Pará-UFPA

MSc. Elton Alex Correa da Silva
Universidade Federal do Pará-UFPA

BRAGANÇA-PA
2026

DEDICATÓRIA

“Dedico aos meus pais, que foram os ventos que me impulsionaram no voo para chegar até aqui.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me iluminar ao longo da minha vida e por todas as oportunidades que me fez alcançar até aqui.

Ao laboratório de Plâncton e Cultivo de Microalgas (LPCM).

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Rauquীরio Marinho da Costa, pela orientação e apoio para a realização desse trabalho.

Ao meu Coorientador João Victor, pela paciência e por tudo que me ensinou ao longo do tempo em laboratório.

Agradeço a todas as pessoas que me apoiaram ao longo desses 4 anos de graduação.

Agradeço a minha mãe, Marleny, e ao meu pai Luis Antônio, pela força, pelos conselhos e compreensão. Sem vocês eu não teria conseguido, porque mesmo quando não tinha nada para vocês, nunca deixaram que faltasse nada para mim e por terem me ensinado a nunca desistir dos meus sonhos, mesmo quando tudo estivesse difícil. Agradeço a minha irmã Jecileny, por sempre me incentivar e apoiar para que eu continuasse correndo atrás dos meus sonhos, a minha irmã Elieny por todo apoio, e a minha irmã Valdileny, que sempre me incentivou e ajudou ao longo dos meus estudos.

Ao meu parceiro de vida, Moisés Luz, por sempre me incentivar mesmo quando o cansaço e o desânimo chegavam, obrigado por me ajudar a chegar até aqui! Ao meu pequeno João Lucas, meu maior incentivo de vida. Agradeço à Raimunda Luz e à Luciene Luz por todo suporte que me deram para que eu pudesse concluir a graduação.

Aos meus amigos de caminhada, que fizeram o processo se tornar mais leve, e a todos, que de alguma forma contribuíram para a minha caminhada acadêmica.

EPÍGRAFE

“Nada na vida deve ser temido, somente compreendido...”

(Marie Curie)

RESUMO

Este estudo objetivou determinar a dinâmica espacial e temporal da biomassa e composição florística planctônica, assim como as inter-relações desta comunidade com as variáveis hidrológicas do estuário Emboraí Velho. Amostragens foram realizadas simultaneamente em ciclos nictimerais de 25 horas, durante marés de sizígia, em duas estações fixas (E1 e E2), no mês de abril (período chuvoso) e dezembro (período seco) de 2019. Os dados de temperatura, salinidade e turbidez foram obtidos a partir de CTDs. O pH, oxigênio dissolvido (OD) e nutrientes dissolvidos (nitrito, nitrato, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total e silicato) foram obtidos a partir da análise de amostras d'água coletadas com garrafas oceanográficas de Niskin. O fitoplâncton foi coletado através de redes cônicas de plâncton (malha de 64 μm). Amostras destinadas ao estudo quantitativo foram obtidas a partir de garrafas oceanográficas de Niskin. Foi constatada uma evidente variação sazonal da precipitação, com período chuvoso e seco bem definidos, conforme evidenciado pela média histórica dos últimos 20 anos anteriores. A temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, nitrato, ortofosfato, nitrogênio total e silicato apresentaram padrões de distribuição sazonais, desde variações mais sutis, como observado para a temperatura, até variações mais destacadas, como constatado para a salinidade. A clorofila-a, indicadora de biomassa fitoplanctônica, não apresentou variação significativa em sua distribuição espacial e sazonal. Foram identificados 158 táxons fitoplanctônicos, com destaque para o filo Bacillariophyta (91%). A densidade total variou entre $213.981 \pm 141.005 \times 10^3$ céls. L^{-1} na estação E2, em abril (período chuvoso), e $2.265.417 \pm 1.097.851 \times 10^3$ céls. L^{-1} na estação E2, em dezembro (período seco). A espécie de maior destaque, *Cymatosira belgica*, variou de $177.054 \pm 81.785 \times 10^3$ céls. L^{-1} na estação E1, em abril (período chuvoso), a $2.053.375 \pm 1.027.941 \times 10^3$ céls. L^{-1} na estação E2, em dezembro (período seco). Os dois primeiros eixos da ACC explicaram 27,9% da variação dos dados. Das 13 variáveis testadas, apenas três foram significativas. A análise integrada das variáveis abióticas e biológicas evidenciou como fatores hidrológicos, sobretudo a precipitação pluviométrica, regulam as variações do sistema, incluindo a salinidade e nutrientes dissolvidos (nitrito, nitrogênio total e ortofosfato), refletindo diretamente sobre o metabolismo, desenvolvimento e ecologia do fitoplâncton.

Palavras-chave: estuários, nutrientes, biomassa, produtividade.

ABSTRACT

This study aimed to determine the spatial and temporal dynamics of biomass and planktonic floristic composition, as well as the interrelationships of this community with the hydrological variables of the Emboraí Velho estuary. Sampling was carried out simultaneously in 25-hour nycthemeral cycles during spring tides at two fixed stations (E1 and E2) in April (rainy season) and December (dry season) of 2019. Temperature, salinity, and turbidity data were obtained using CTDs. pH, dissolved oxygen (DO), and dissolved nutrients (nitrite, nitrate, total nitrogen, orthophosphate, total phosphorus, and silicate) were obtained from water samples collected with Niskin oceanographic bottles. Phytoplankton was collected using conical plankton nets (64 μm mesh). Samples intended for quantitative analysis were obtained from Niskin bottles. A broad seasonal pattern of precipitation was observed, with well-defined rainy and dry periods, as evidenced by the historical average of the previous 20 years. Temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, nitrate, orthophosphate, total nitrogen, and silicate exhibited seasonal distribution patterns, ranging from subtle variations, as observed for temperature, to more abrupt changes, as recorded for salinity. Chlorophyll-a, which indicates phytoplankton biomass, didn't show any significant changes in its spatial or seasonal distribution. A total of 158 phytoplankton taxa were identified, with the phylum Bacillariophyta accounting for 91%. Total density ranged from $213,981 \pm 141,005 \times 10^{-3}$ cells L^{-1} at station E2 in April (rainy season) to $2,265,417 \pm 1,097,851 \times 10^{-3}$ cells L^{-1} at station E2 in December (dry season). The most prominent species, *Cymatosira belgica*, ranged from $177,054 \pm 81,785 \times 10^{-3}$ cells L^{-1} at station E1 in April (rainy season) to $2,053,375 \pm 1,027,941 \times 10^{-3}$ cells L^{-1} at station E2 in December (dry season). The first two ACC axes explained 27.9% of the data variation. Of the 13 variables tested, only three were significant. The integrated analysis of abiotic and biotic variables demonstrated how hydrological factors—especially rainfall—regulate system variations, including salinity and dissolved nutrients (nitrite, total nitrogen, and orthophosphate), directly influencing the metabolism, development, and ecology of phytoplankton.

Keywords: estuaries, nutrients, biomass, productivity.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	10
2.OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3.BREVE REVISÃO DA LITERATURA.....	12
4.MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 Área de Estudo.....	14
4.2 Precipitação Pluviométrica	15
4.3 Amostragem em Campo	15
4.4 Análises em Laboratório.....	16
4.5 Análises Estatísticas.....	17
5.RESULTADOS.....	18
5.1 Dados Pluviométricos e Hidrológicos	18
5.2 Concentrações de Clorofila-a.....	22
5.3 Composição Florística Planctônica.....	22
5.4 Frequência de ocorrência e Abundância relativa	26
5.5 Densidade Fitoplanctônica.....	27
5.6 Análise de Correspondência Canônica (ACC)	28
6.DISSCUSSÃO	29
7.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
8. REFERÊNCIAS	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo: (A) Brasil; (B) município de Augusto Corrêa e (C) localização do estuário Emboraí Velho e das estações de amostragem (E1 e E2). Fonte: Pinheiro (2024)	15
Figura 2. Figura 2. Médias históricas mensais de precipitação (1998-2018) e precipitação mensal de 2019, para a área de estudo (Fonte: INMET-PA). As setas indicam os meses de estudo.....	19
Figura 3. Valores médios e desvio padrão das variáveis hidrológicas obtidas a partir de amostragens realizadas no estuário Emboraí Velho, nas duas estações de amostragem, durante o período chuvoso e seco de 2019 (observar meses). Em a , temperatura e salinidade; b , oxigênio dissolvido (OD) e pH; c , nitrito e nitrato; em d , ortofosfato e silicato; em e , Nitrogênio Total, Fósforo total e turbidez. Notar diferenças de escala.....	20
Figura 4. Concentrações médias e desvios padrão das concentrações de clorofila-a no estuário Emboraí Velho, nas duas estações de amostragem e meses de estudo.....	21
Figura 5. Distribuição das categorias de frequência de ocorrência utilizadas durante o estudo no estuário Emboraí Velho.....	26
Figura 6. Valores médios (\pm D.P) das densidades do fitoplâncton total e de <i>Cymatosira belgica</i> , por estação de amostragem.....	27
Figura 7. Diagrama da análise de correspondência canônica, destacando os padrões de distribuição e suas correlações existentes entre as variáveis ambientais e biológicas. Ambientais = Silicato, Temperatura, Salinidade. Espécies = Dera: <i>D. crabro</i> , Nlor: <i>N. lorenziana</i> , Oaur: <i>O. aurita</i> , Rset: <i>R. setigera</i> , Scos: <i>S. costatum</i> , Tsub: <i>T. subtilis</i> , Tcoc: <i>T. cocconeiformis</i> , Nsig: <i>N. sigma</i> , Aneb: <i>A. nebulosos</i> , Nfas: <i>N. fasciculata</i> , Nfil: <i>N. filiformes</i> , Rgib: <i>R. gibberula</i> , Gbal: <i>G. balticum</i>	28

1. INTRODUÇÃO

Os estuários são considerados ecossistemas de interseção entre o continente e o oceano, sendo locais onde ocorre a mistura da água salgada do mar com a água doce dos rios (Miranda et al., 2002). Estes ambientes possuem grande importância para as regiões costeiras, pois apresentam elevada disponibilidade de nutrientes e minerais, o que os torna um dos ecossistemas mais produtivos do mundo, uma vez que possibilita elevada produtividade primária e secundária (Oliveira et al. 2022). Os nutrientes e minerais presentes nestes ecossistemas são essenciais ao ciclo de vida de diversos organismos aquáticos, vertebrados e invertebrados (Rocha et al. 2015), como por exemplo, o microfitoplâncton, pequenos copépodos e peixes marinhos.

Os ecossistemas estuarinos possuem importância econômica significativa, pois são utilizados como vias de acesso ao interior do continente para atividades portuárias (Pereira et al., 2010). Por sua localização e natureza, são muito utilizados pelo homem como locais de abrigo e sustento (Neto et al., 2019). Alguns destes ambientes dispõem de cultivos instalados que possibilitam a comercialização de espécimes, como moluscos, crustáceos e peixes, os quais constituem fonte de renda e subsistência para inúmeras comunidades que habitam suas adjacências (Grego et al., 2009).

Os estuários apresentam, em geral, elevados níveis de produtividade primária e secundária (Magalhaes et al., 2018). Esta produtividade influencia diretamente a composição e a dinâmica de comunidades biológicas, sendo de essencial importância o entendimento sobre os fenômenos que ocorrem nestes ambientes. Em se tratando de produção primária, o fitoplâncton estuarino contribui diretamente para o fluxo de carbono orgânico e outros minerais em ambientes pelágicos (Oliveira et al., 2022).

A comunidade fitoplanctônica é composta por microalgas fotossintetizantes unicelulares ou coloniais, que constituem a base das redes trófica aquáticas, fornecendo material orgânico para os níveis tróficos superiores. As microalgas utilizam material inorgânico, como nutrientes dissolvidos (nitrogenados, fosfatados, etc.) e a luz disponível, para a geração de matéria orgânica por meio da fotossíntese (Lubiana, 2014; Carvalho et al., 2023). Neste processo, utilizando-se de pigmentos como a clorofila-a e outros pigmentos acessórios, as microalgas tornam-se capazes de converter gás carbônico e energia luminosa em glicose, celulose e amido.

Na região amazônica há o registro de um amplo espectro de microalgas planctônicas, e entre os grupos de microalgas mais registrados nestes estuários, diversos autores indicam o predomínio dos filos Bacillariophyta, Miozoa, Chlorophyta, Charophyta, Cyanobacteria

(procariontes), Haptophyta, Euglenophyta e Cryptophyta (Neto et al., 2023; Lourenço, 2016). Além de atuarem como indicadores biológicos, alguns táxons produzem substâncias tóxicas que afetam comunidades aquáticas, principalmente aquelas formadas por filtradores, bem como o ser humano, de forma indireta. Algumas dessas toxinas são: microcistinas, homonoatoxina-a e nodularinas. Compostos tóxicos produzidos por cianobactérias que geralmente constituem metabólitos secundários (Costa, 2011).

Alterações ocorridas nos ecossistemas aquáticos, sejam elas naturais ou antrópicas, locais ou em grande escala, geralmente impactam diretamente a dinâmica das microalgas, caracterizando-as como excelentes bioindicadores ambientais (Grego et al., 2009). Conhecer os componentes, a ocorrência e a relação destes organismos com os processos físico-químicos locais são imprescindíveis para melhor compressão da dinâmica ambiental e para geração de informações que possam subsidiar as ações de gerenciamento costeiro (Silveira Junior et al., 2015).

Uma vez que as microalgas fitoplanctônicas integram a base das relações tróficas estuarinas, informações acerca de sua dinâmica de composição, densidade e biomassa constituem ferramentas indispensáveis na avaliação das condições ecológicas locais e do nível potencial de produtividade biológica. O conhecimento sobre a dinâmica desta comunidade, assim como dos parâmetros ambientais no estuário Emboraí Velho, pode servir como métrica para a avaliação da qualidade ambiental local e de outros ecossistemas semelhantes na costa amazônica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar a variação espacial e temporal da composição florística e biomassa fitoplanctônica, assim como entender as inter-relações desta comunidade com as variáveis hidrológicas do estuário Emboraí Velho, situado na comunidade de Nova Olinda, município de Augusto Corrêa, estado do Pará.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os índices pluviométricos e a dinâmica das variáveis hidrológicas (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, turbidez e nutrientes dissolvidos—nitrito, nitrato, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total e silicato);

- Avaliar composição florística e a densidade fitoplanctônica, além de outros atributos ecológicos, como frequência de ocorrência e abundância relativa dos principais táxons identificados;
- Determinar espacial, e temporalmente a biomassa fitoplanctônica (através dos níveis de clorofila-a) no estuário Emboraí Velho, em diferentes estações de amostragem e períodos sazonais;
- Avaliar os efeitos da precipitação e das variáveis hidrológicas sobre as oscilações espaciais da composição e da biomassa e fitoplanctônica no estuário Emboraí Velho.

3. BREVE REVISÃO DA LITERATURA

O microfitoplâncton representa uma parcela importante dos produtores primários em ambientes aquáticos. É composto por uma comunidade heterogênea de microrganismos fotossinteticamente ativos, organismos que requerem condições físicas e químicas adequadas para se desenvolverem e se reproduzirem (Monteiro et al., 2009). Em estudos realizados sobre essa comunidade no estado do Pará (Norte do Brasil), constatou-se que o microfitoplâncton do rio Guamá apresenta uma flora composta por 85 táxons de microalgas, com predomínio do grupo das diatomáceas (Bacillariophyta), o qual representou 75% de toda a composição, seguidas pelas clorofíceas (20%), cianofíceas (4%) e dinoflagelados (1%). Ainda no estado do Pará, entre os táxons mais frequentes e dominantes no trecho entre os municípios de Belém e São Miguel do Guamá, destacam-se espécies como *Aulacoseira granulata* Ehrenberg, *Polymixus coronalis* L.W. Bail (indicadora de águas salobras), *Surirella guatimalensis* Ehrenberg e *Oscillatoria* sp. A densidade desses organismos é marcadamente heterogênea, com maiores concentrações ocorrendo em áreas mais sinuosas do rio, que favorecem o florescimento do fitoplâncton (Monteiro et al., 2009).

Müller-Melchers (1955), em seu estudo realizado na foz do rio Amazonas, analisou amostras de fitoplâncton e identificou uma grande variedade de espécimes nesse ambiente. Constatou as diatomáceas como grupo dominante, evidenciando a grande importância ecológica desses organismos para os ambientes aquáticos costeiros. Diatomáceas como *Coscinodiscus concinnus* Smith, *Coscinodiscus oculus-iridis* Ehrenberg e *Ditylum brightwellii* Grunow (cêntricas), e *Nitzschia pugens* var. *atlantica* Cleve (penada) foram comumente identificadas. O autor enfatiza que a elevada diversidade fitoplanctônica observada na foz do rio Amazonas está relacionada às condições ambientais características da região, como a grande

disponibilidade de nutrientes transportados pelas águas do rio, o que favorece o desenvolvimento e a distribuição dessas microalgas.

Sousa et al. (2009) observaram que a Ilha Canela apresenta características típicas de ambientes costeiros, especialmente em razão da forte influência das águas marinhas sobre essa região. Essa influência contribui para a formação de condições físico-químicas favoráveis ao desenvolvimento de microalgas características e adaptadas a ecossistemas costeiros e estuarinos.

Os autores destacam ainda que a elevada produtividade fitoplanctônica da área está provavelmente associada ao aporte de nutrientes transportados pelas águas do estuário Taperaçu e do rio Caeté, localizados nas adjacências da ilha. Esses estuários desempenham um papel fundamental no enriquecimento das águas, fornecendo substâncias essenciais, como nitrogênio e fósforo, que estimulam o crescimento e a reprodução dos organismos fitoplanctônicos. Dessa forma, a interação entre a influência marinha e o aporte fluvial favorece o equilíbrio ecológico e a elevada produtividade biológica observada na região.

Paiva et al. (2006) destacaram que a composição específica do microfitoplâncton da Baía do Guajará evidenciou as diatomáceas como o maior e mais representativo grupo fitoplanctônico, correspondendo a 56,2% dos organismos identificados na área de estudo. Esse resultado demonstra a grande importância ecológica desse grupo no ecossistema estuarino da Baía do Guajará.

Os autores ressaltam ainda que os gêneros com maior representatividade foram *Coscinodiscus*, *Surirella*, *Actinocyclus*, *Biddulphia*, *Actinocyclus*, *Triceratium*, *Bacteriastrum*, *Cyclotella*, *Eunotia*, *Melosira*, *Pinnularia* e *Rhaphoneis*. A elevada diversidade de gêneros indica a capacidade de adaptação das diatomáceas às condições ambientais da região, principalmente em ambientes sujeitos à influência estuarina, onde ocorrem constantes variações de salinidade, nutrientes e matéria orgânica.

Além disso, o predomínio das diatomáceas pode estar associado à elevada disponibilidade de nutrientes transportados pelos rios e pela dinâmica das marés, fatores que favorecem o crescimento desses microrganismos.

Matos et al. (2012) descrevem a comunidade fitoplanctônica da praia da Princesa como um sistema altamente dinâmico e diverso, composto por 98 táxons e um nítido predomínio das diatomáceas, seguidas por dinoflagelados e cianofíceas. A estrutura dessa comunidade responde diretamente à sazonalidade, apresentando maiores valores de densidade e biomassa durante o período chuvoso, quando o maior aporte fluvial e a lavagem dos manguezais enriquecem a água com nutrientes. Espécies como *Dimeregrama minor* (Gregory) Ralfs e

Coscinodiscus perforatus Ehrenberg destacam-se na estrutura populacional, enquanto variáveis ambientais como salinidade e turbidez atuam como os principais controladores da distribuição e abundância desses organismos planctônicos no litoral amazônico.

Lopes Reis (2019), em estudo realizado na praia do Chapéu Virado, em Belém do Pará, identificou uma comunidade fitoplanctônica composta principalmente pelos filos Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta e Cyanobacteria. Em seu estudo, o filo Bacillariophyta apresentou-se como o grupo dominante da região. A partir dos estudos mencionados, pode-se evidenciar a importância das diatomáceas como um filo de grande riqueza taxonômica e contribuição para a produtividade nos ambientes costeiros amazônicos.

No trabalho realizado por Fernandes et al. (2016), na zona costeira da Amazônia brasileira, foi avaliada a composição do microfitoplâncton no Furo da Ostra, localizado no estuário do Caeté, e destacou-se as diatomáceas como o grupo taxonômico de maior riqueza desse ecossistema. Foram identificadas cerca de 89 espécies, das quais 2,25% foram dinoflagelados, 3,37% cianofíceas e 94,38% representadas pelas diatomáceas, evidenciando a expressiva dominância desse grupo na comunidade fitoplanctônica local.

Diversos trabalhos sobre fitoplâncton no estado do Pará já foram desenvolvidos; no entanto, ainda há necessidade de ampliar as pesquisas relacionadas à comunidade fitoplanctônica, especialmente no que se refere à compreensão da ecologia dessas espécies em ambientes aquáticos amazônicos. Estudos voltados para os aspectos de composição, diversidade, riqueza, densidade, distribuição espacial e temporal, bem como as interações ecológicas entre os organismos fitoplanctônicos, são fundamentais para o entendimento da dinâmica dos ecossistemas costeiros e estuarinos da região.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O estuário Emboraí Velho está localizado na porção leste da costa amazônica, na comunidade de Nova Olinda, no município de Augusto Correa (Pará, Brasil). Está inserido na microrregião bragantina (01°01'45" S e 46°38'57" W), distante da capital Belém cerca de 228 km (Figura 1). É considerado um estuário bem misturado, pouco profundo (máxima de 5 m), com elevada energia hidrodinâmica (Carvalho et al., 2023). Neste estuário, encontra-se um dos maiores centros de ostreicultura do estado do Pará (*Crassostrea gasar* Adanson, 1757), o qual apresenta grande importância econômica para as comunidades locais.

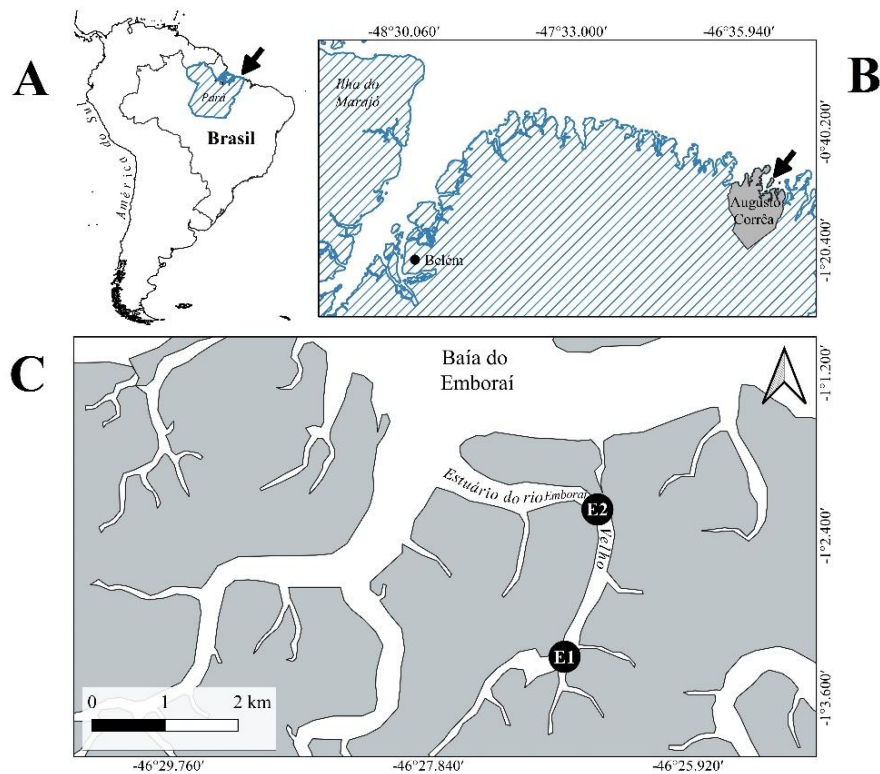


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo: (A) Brasil; (B) município de Augusto Corrêa e (C) localização do estuário Emborai Velho e das estações de amostragem (E1 e E2). Fonte: Pinheiro (2024).

4.2 Precipitação Pluviométrica

Dados de precipitação foram obtidos a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através da estação meteorológica situada no município de Tracuateua, à cerca de 50 km de distância da área de estudo.

4.3 Amostragem em Campo

Coletas foram realizadas simultaneamente em ciclos nictemerais de 25 horas, durante marés de sizígia, em duas estações fixas (E1 e E2; Figura 1), no mês de abril (período chuvoso) e dezembro (período seco) de 2019. CTD's foram fundeados em cada estação de amostragem para obtenção dos dados de temperatura, salinidade e turbidez, com medições automáticas a cada 10 minutos. Ao fim das coletas, em laboratório, os dados foram extraídos dos equipamentos e devidamente processados.

Para obtenção dos dados de pH, oxigênio dissolvido (OD) e nutrientes dissolvidos (nitrito, nitrato, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total e silicato), amostras de água foram

coletadas na subsuperfície da coluna d'água (aproximadamente 1m) com garrafas oceanográficas de Niskin (GO 1010-1.2 – 2,5L). Parte do conteúdo destas garrafas foi transferido para recipientes plásticos de 600 ml, devidamente etiquetados, e encaminhados ao Laboratório de Oceanografia Costeira e Estuarina (LOCE) para posteriores análises.

Garrafas oceanográficas também foram utilizadas para obtenção de amostras destinadas à avaliação dos níveis de clorofila-a, esta última utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica.

As amostras de água destinadas ao estudo qualitativo do fitoplâncton foram coletadas através de redes cônicas de plâncton com 64 μm de abertura de malha e 60 cm de diâmetro de boca. Estas amostras foram depositadas em recipientes plásticos de 600 ml e fixadas com formol à 4% de concentração final, neutralizado com tetraborato de sódio. Amostras destinadas ao estudo quantitativo foram obtidas a partir de garrafas oceanográficas de Niskin e armazenadas em recipientes plásticos de 600 ml, e fixados com lugol para conservação dos organismos (proporção 1:100ml). As amostras foram devidamente etiquetadas e posteriormente transportadas ao Laboratório de Plâncton e Cultivo de Microalgas (LPCM) da Universidade Federal do Pará (campus de Bragança) para realização das análises microscópicas.

4.4 Análises em Laboratório

Em laboratório, o pH foi analisado por meio de um pHmetro eletrônico (PHS-3BS), enquanto o oxigênio dissolvido foi determinado pelo método de Winkler (1888), modificado por Grasshoff et al. (1983). As amostras de água foram filtradas a vácuo utilizando filtros de fibra de vidro (Whatman GF/F, 0,7 μm , 47 mm), sendo a água filtrada posteriormente congelada para análises subsequentes. A partir dessas análises, as concentrações de nutrientes dissolvidos foram determinadas por métodos espectrofotométricos, conforme Strickland & Parsons (1972) para nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), e Grasshoff et al. (1983) para ortofosfato (PO_4^{3-}) e silicato (SiO_4^{4-}). As concentrações de nitrogênio total e fósforo total também foram obtidas por espectrofotometria.

Para a determinação das concentrações de clorofila-a foram filtrados 300 ml de água com auxílio de uma bomba de vácuo e filtros de fibra de vidro similares aos referidos anteriormente. Após a filtração, os filtros foram armazenados em envelopes de folha de alumínio, etiquetados e acondicionados em freezer para posterior análise. As concentrações

de clorofila-a foram determinadas espectrofotometricamente seguindo a metodologia de Parsons & Strickland (1963) e UNESCO (1966).

Conjuntos de lâminas-lamínulas foram preparados para cada amostra para análise qualitativa das microalgas. Após as montagens, as lâminas foram analisadas em microscópio óptico binocular (Axioscop 40 – Carl Zeiss), e os organismos foram classificados até o menor nível taxonômico possível.

Para a análise quantitativa das microalgas, as amostras foram submetidas ao método de sedimentação de Utermöhl (1958), sendo adicionadas a câmaras de sedimentação (volume final variando de 2 a 7 ml dependendo das condições da amostra) e coradas com Rosa de Bengala, segundo método descrito por Thröndsen (1978). Após período mínimo de 8 horas de sedimentação (Lund, 1958), as amostras foram analisadas em invertoscópio (Axio Observer.A1 – Carl Zeiss), sendo contados os organismos presentes na área total da cubeta.

Literaturas específicas foram utilizadas na identificação e classificação dos organismos: Cupp (1943), Round et al. (1990) e Hasle & Syvertsen (1997 *apud* Tomas, 1997) para Bracillariophyta; Steindinger & Tangen (1997, *apud* Tomas, 1997) para Dinoflagellata; Bourrelly (1972) para Chlorophyta e Charophyta; e Desikachary (1959) e Agnostidis & Komárek (1988) para Cyanobacteria. Os nomes científicos e enquadramentos ecológicos foram definidos conforme Moreira-Filho et al. (1999) e Valente-Moreira et al. (1994), entre outras literaturas da área, e confirmados junto ao banco de dados internacional do ALGAEBASE (Guiry & Guiry, 2026 - www.algaebase.org).

Após a identificação e contagem dos organismos, a frequência de ocorrência foi calculada e as espécies foram classificadas segundo as categorias adotadas por Matteucci & Colma (1982): muito frequentes $>70\%$; frequentes $\leq 70\%$ e $>40\%$; pouco frequentes $\leq 40\%$ e > 10 e esporádicas $\leq 10\%$. A abundância relativa também foi calculada, e os organismos classificados segundo os critérios adotados por Koenig & Lira (2005): dominantes $>50\%$; abundantes $\leq 50\%$ e $>30\%$; pouco abundantes $\leq 30\%$ e $>10\%$ e raros $\leq 10\%$.

4.5 Análises Estatísticas

As variáveis hidrológicas e biológicas foram submetidas a testes estatísticos para determinação da normalidade e a homogeneidade das variâncias, através dos testes de Lilliefors e Levene, respectivamente, com auxílio do programa STATISTICA 6.0 (StatSoft, 2001). Quando não normais, os dados foram transformados utilizando-se log

($x+1$) para a obtenção de distribuições próximas da normalidade.

A análise de variância (ANOVA – um critério) foi aplicada para comparar a variabilidade dos fatores entre as estações de amostragem e períodos sazonais, utilizando-se o nível de significância de 5%. Porém, quando as variâncias foram heterogêneas, o teste não-paramétrico de Mann-Whitney (U) foi aplicado (Zar, 1999).

Por fim, os dados foram submetidos a uma análise de correspondência canônica (ACC), com o objetivo de identificar quais as variáveis que mais influenciaram as densidades registradas nos táxons fitoplanctônicos, durante o período de estudo. O teste de Monte Carlo foi aplicado à ACC para determinar o nível de significância das variáveis explicativas e suas relações com os organismos fitoplanctônicos, sendo realizadas 9.999 permutações irrestritas. Para a visualização dos resultados, foram representadas apenas as espécies com maior contribuição para a ordenação, selecionadas a partir do percentil 60 da magnitude dos escores nos dois primeiros eixos canônicos. Os diagramas de ordenação foram construídos utilizando o pacote ggplot2. A análise foi realizada no software R versão 4.5.2 (R Core Team, 2025) utilizando os pacotes vegan e ggplot2.

5. RESULTADOS

5.1 Dados Pluviométricos e Hidrológicos

A precipitação dos últimos 20 anos (1998-2018) apresentou um total de 2317,3 mm, apresentou valores mais elevados durante os seis primeiros meses, com destaque para os meses de março, com média de 441,4 mm, e abril, com valor médio de 404,3 mm, correspondentes ao período chuvoso.

Em 2019, ano de estudo, a precipitação total foi de 3511,8 mm. Os níveis pluviométricos mais elevados se concentraram no primeiro semestre do ano (janeiro a junho de 2019), compreendendo o período chuvoso na região, com total acumulado de 3127,0 mm, diante dos 384,8 mm registrados para o período seco, de julho a dezembro (Figura 2).

Durante os meses de estudo, a precipitação variou de 47,4 mm em dezembro a 623,2 mm em abril (Figura 2).

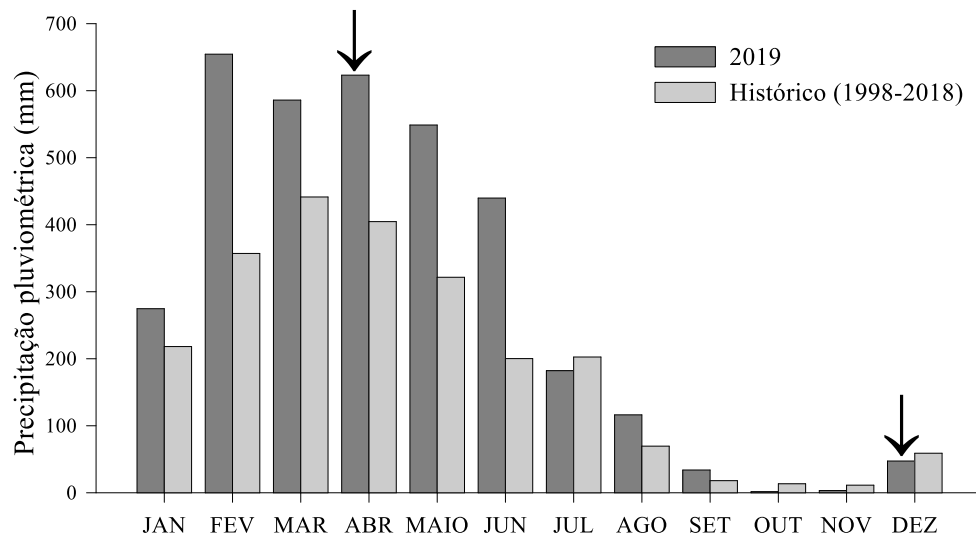


Figura 2. Médias históricas mensais de precipitação (1998-2018) e precipitação mensal de 2019, para a área de estudo (Fonte: INMET-PA). As setas indicam os meses de estudo.

Durante o estudo, a temperatura da água apresentou variação sazonal significativa, com valores oscilando entre $27,59 \pm 0,13$ °C, no período chuvoso (abril/E2), e $29,06 \pm 0,16$ °C, no período seco (dezembro/E2), sendo este último valor significativamente mais elevado ($F = 740$; $p < 0,05$). A salinidade também variou significativamente ($U = 0,000$; $p < 0,00$), oscilando de $3,38 \pm 0,35$, no período chuvoso (abril/E2), a $31,95 \pm 2,58$, no período seco (dezembro/E2) (Figura 3a).

As concentrações de oxigênio dissolvido variaram de $1,97 \pm 0,64$ mg. L⁻¹, no período seco (dezembro/E2), a $3,12 \pm 0,34$ mg. L⁻¹, no período chuvoso (abril/ E1), com variação sazonal significativa ($U = 41,500$; $p < 0,00$). O pH da água variou de $7,20 \pm 0,8$, no período chuvoso (abril/E1), a $7,56 \pm 0,19$, no período seco (dezembro/ E1) ($U = 0,000$; $p < 0,00$), mantendo-se levemente alcalino durante todo o estudo (Figura 3b).

Quanto aos nutrientes dissolvidos, as concentrações de nitrito variaram de $0,39 \pm 0,16$ μmol.L⁻¹, no período chuvoso (abril/E2), a $0,90 \pm 0,61$ μmol.L⁻¹, no período seco (dezembro/E2). Por sua vez, as concentrações de nitrato oscilaram entre $2,99 \pm 0,82$ μmol.L⁻¹, no período seco (dezembro/E1), e $14,43 \pm 2,97$ μmol.L⁻¹, no período chuvoso (abril/E1) ($U = 5,125$; $p < 0,00$) (Figura 3c).

O ortofosfato variou de $0,44 \pm 0,12$ μmol.L⁻¹, no período chuvoso (abril/E2), a $0,86 \pm 0,33$ mol.L⁻¹, no período seco (dezembro/E1) ($U = - 3,7333$; $p < 0,00$) (Figura 3d).

A maior variação média nas concentrações de fósforo total ocorreu no mês de dezembro (período seco), com valores oscilando entre $0,86 \pm 0,31$ μmol.L⁻¹, na estação E2, e $1,28 \pm 0,38$ μmol.L⁻¹, na estação E1 (Figura 3d).

O nitrogênio total apresentou variação sazonal ($F = 25,680$; $p < 0,00$) e espacial ($U = 88,0000$; $p < 0,00$) significativas, com valores oscilando entre $15,31 \pm 6,89 \mu\text{mol.L}^{-1}$, no mês de abril (E2), e $60,85 \pm 14,85 \mu\text{mol.L}^{-1}$, no mês de dezembro (E2). As concentrações de silicato variaram de $11,18 \pm 3,64 \mu\text{mol.L}^{-1}$, no período chuvoso (abril/E1) a $46,32 \pm 27,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$, no período seco (dezembro/E1) ($U = 2,277$; $p < 0,00$) (Figura 3e). A turbidez oscilou entre $41,48 \pm 18,88 \text{ UNT}$, no período seco (dezembro/E1) e $134,58 \pm 80,00 \text{ UNT}$, no período chuvoso (abril/E2) (Figura 3f).

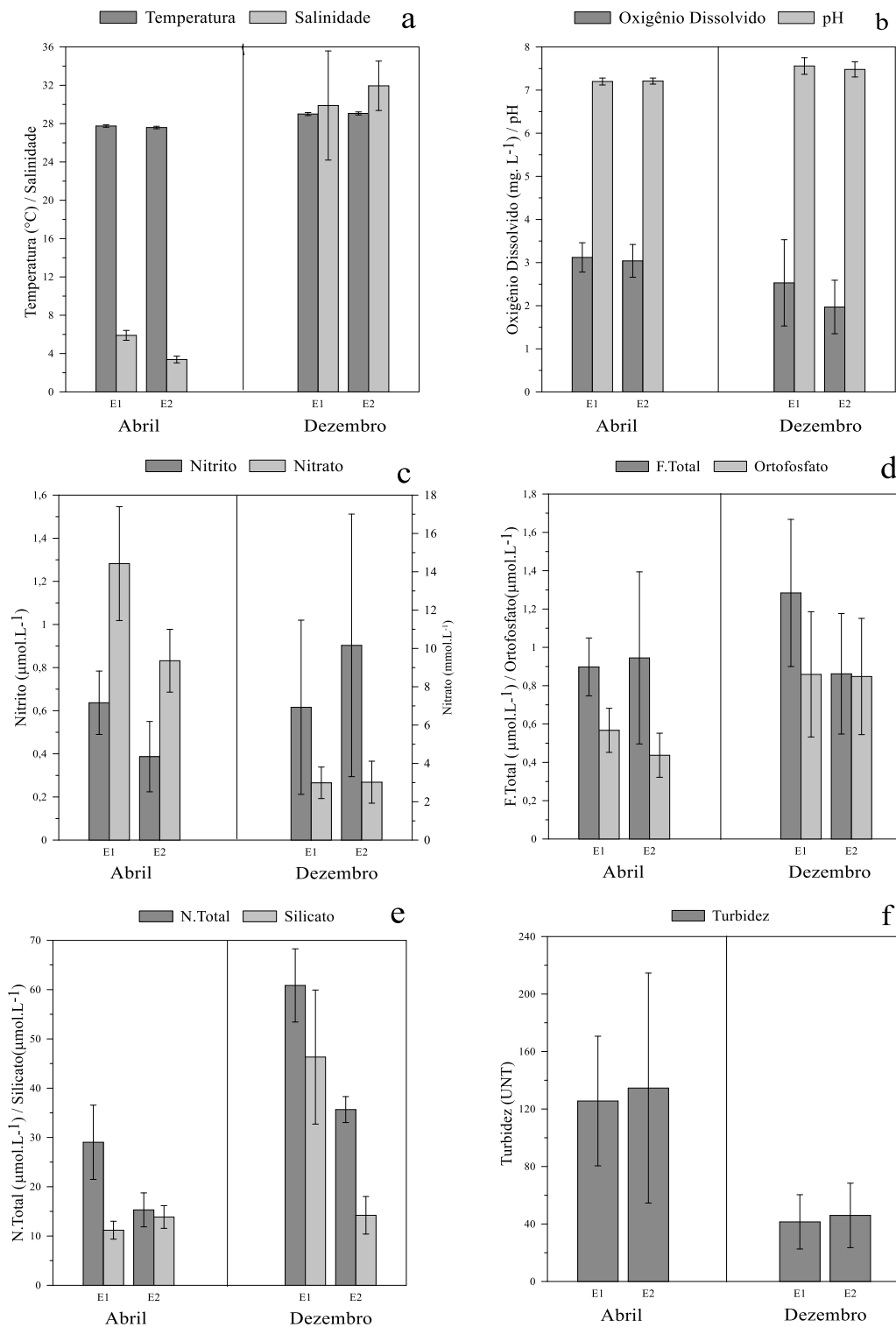


Figura 3. Valores médios e desvio padrão das variáveis hidrológicas obtidas a partir de amostragens realizadas no estuário Emboraí Velho, nas duas estações de amostragem, durante o período chuvoso e seco de 2019 (observar meses). Em **a**, temperatura e salinidade; **b**, oxigênio dissolvido (OD) e pH; **c**, nitrito e nitrato; em **d**, ortofosfato e silicato; em **e**, Nitrogênio Total, Fósforo total; e em **f**, turbidez. Notar diferenças de escala.

5.2 Concentrações de Clorofila-a

A clorofila-a, indicadora de biomassa fitoplanctônica, não apresentou variação significativa em sua distribuição espacial e sazonal. De todas as formas, a maior variação registrada para esta variável ocorreu no mês de abril, sendo o menor valor médio registrado na estação E2 ($7,00 \pm 4,12 \text{ mg.m}^{-3}$) e o maior valor médio registrado na estação E1 deste mês ($12,24 \pm 4,85 \text{ mg.m}^{-3}$) (Figura 4).

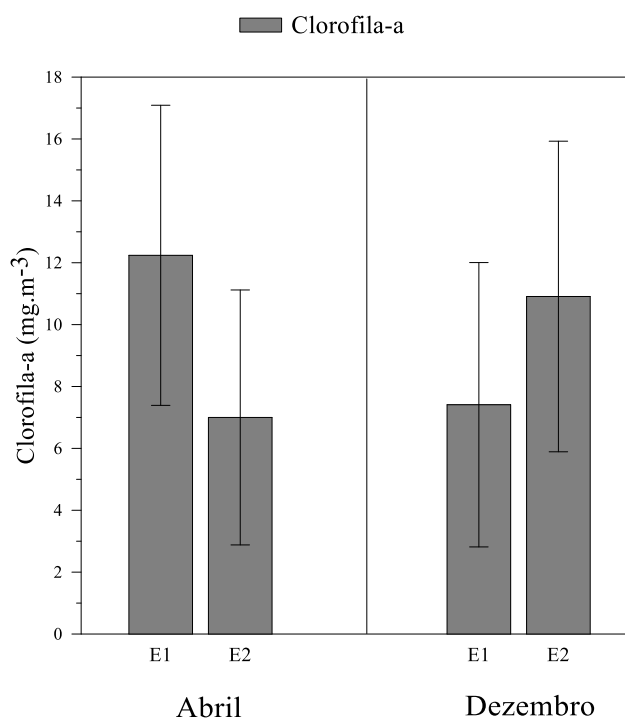


Figura 4. Concentrações médias e desvios padrão das concentrações de clorofila-a no estuário Emboraí Velho, nas duas estações de amostragem durante o período de estudo.

5.3 Composição Florística Planctônica

Foram identificados 158 táxons fitoplanctônicos, entre espécies e morfoespécies (Tabela 1, apêndice), pertencentes aos filos Bacillariophyta (91%), Dinoflagellata (7%), Euglenozoa (1%), Cyanobacteria e Chlorophyta (1%). Os gêneros *Thalassiosira*, *Coscinodiscus* e *Nitzschia* foram os que apresentaram maior número de táxons, com 6, 7 e 12 táxons, respectivamente.

Tabela 1. Composição florística, taxonomia e ecologia das microalgas planctônicas no estuário Emborai Velho, ao longo das estações de amostragem (E1 e E2) e períodos sazonais analisados.

TÁXON	Ecologia	TÁXON	Ecologia
Filo Heterokontophyta		<i>Gyrosigma</i> sp. 4	
Filo Heterokontophyta		<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	M.L
Classe Bacillariophyceae		<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) G. & H.	M.L
Ordem Mastogloiales		<i>Navicula delicatula</i> Cleve	
Família Mastogloiaceae		<i>Navicula</i> sp.	
<i>Mastogloia</i> sp.		<i>Navicula</i> sp. 2	
<i>Mastogloia</i> sp. 2		<i>Navicula</i> sp. 3	
Família Achnantheaceae		Família Pleurosigmaaceae	
<i>Achnanthes brevipes</i>		<i>Pleurosigma</i> sp.	
<i>Achnanthes</i> sp.		<i>Pleurosigma</i> sp. 2	
Ordem Cocconeidales		<i>Pleurosigma</i> sp. 3	
Família Cocconeidaceae		<i>Pleurosigma</i> sp. 4	
<i>Campyloneis</i> sp.		<i>Pleurosigma</i> sp. 5	
<i>Cocconeis</i> sp.		<i>Pleurosigma formosum</i> Smith	M.L
Ordem Thalassiophysales		<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs	M.L
Família Catenulaceae		Família Plagiotropidaceae	
<i>Amphora</i> sp.		<i>Plagiotropis</i> sp.	
Ordem Naviculales		<i>Meuniera membranacea</i> Cleve	
Família Amphipleuraceae		Família Pinnulariaceae	
<i>Amphiprora alata</i>		<i>Pinnularia</i> sp.	
<i>Amphiprora</i> sp.		Ordem Plagiogrammales	
<i>Amphiprora</i> sp. 2		Família Plagiogrammaaceae	
<i>Frickea</i> sp.		<i>Plagiogramma</i> sp.	
Família Berkeleyaceae		<i>Plagiogramma vanheurckii</i> Grunow	M.L
<i>Climaconeis</i> sp.		Ordem Lyrellales	
Família Diploneidaceae		Família Lyrellaceae	
<i>Diploneis</i> sp.		<i>Lyrella</i> sp.	
<i>Diploneis</i> sp. 2		Ordem Rhopalodiales	
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	M.L	Família Rhopalodiaceae	
<i>Diploneis fascillans</i>	M.L	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) Müller	D.L
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	M.L	Ordem Fragilariales	
Família Naviculaceae		Família Fragilariaceae	
<i>Caloneis</i> sp.		<i>Synedra</i> sp.	
<i>Caloneis permagna</i> (Bailey) Cleve	M.L	<i>Synedra</i> sp. 2	
<i>Gyrosigma</i> sp.		<i>Fragilaria fasciculata</i>	
<i>Gyrosigma</i> sp. 2		Ordem Rhaphoneidales	
<i>Gyrosigma</i> sp. 3		Família Asterionellopsidaceae	

Legenda: D = dulcícola; L = litoralis; M = marinha; N = nerítica; O = oceânica; P = planctônica

Continuação

TÁXON	Ecologia	TÁXON	Ecologia
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	M.P.N.O	Ordem Surirellales	
<i>Bleakeleya</i> sp.		Família Auriculaceae	
Ordem Bacillariales		<i>Auricula dubia</i> Peragallo & Paragallo	M.L
Família Bacillariaceae		Família Entomoneidaceae	
<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Marsson	M.L	<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	M.L
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) R. & L.	M.L	Família Surirellaceae	
<i>Fragilariopsis</i> sp.		<i>Campylodiscus</i> sp.	
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	D	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	
<i>Nitzschia</i> sp.		<i>Tryblioptychus cocconeiformis</i> (Grunow) H.	M.L
<i>Nitzschia</i> sp. 2		Ordem Cymatosirales	
<i>Nitzschia</i> sp. 3		Família Cymatosiraceae	
<i>Nitzschia fasciolata</i>	D	<i>Campylosira cymbelliformis</i> Grunow	M.L
<i>Nitzschia longa</i> Grunow	M.L	<i>Cymatosira lorenziana</i> Grunow	M.L
<i>Nitzschia filiformis</i> (Smith) Van Heurck 1896	M.L	<i>Cymatosira belgica</i> Grunow	M.L
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	M.P	Ordem Eupodiscales	
<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow	D.L	Família Eupodisceae	
<i>Nitzschia obtusa</i> Smith	M.L	<i>Cerataulus smithii</i> Ralfs	M.L
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith	M.L	<i>Zygoceros rhombus</i> Ehrenberg	M.L
<i>Nitzschia insignis</i>		Família Odontellaceae	
<i>Nitzschia rigida</i>	M.L	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	M.L
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.		<i>Hobaniella longicuris</i> (Greville) S. & W.	M.P.N
<i>Pseudo-nitzschia pugnens</i>		Família Parodontellaceae	
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>		<i>Trieres mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	M.P
<i>Psammodictyon panduriforme</i> (Gregory) Mann	M.L	<i>Trieres regia</i> (Schultze) Ashworth & Theriot	M.P.N
<i>Tryblionella</i> sp.		<i>Trieres chinensis</i> (Greville) Grunow	M.P
<i>Tryblionella compressa</i>		Ordem Rhopalodiales	
<i>Tryblionella granulata</i> (Grunow) Mann	M.L	Família Rhopalodiaceae	
Ordem Chaetocerotales		<i>Epithemia</i> sp.	
Família Chaetocerotaceae		Ordem Thalassionematales	
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve	M.P.O	Família Thalassionemataceae	
<i>Chaetoceros</i> sp.		<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) T. & P.	M.P.N.O
<i>Chaetoceros aequatorialis</i> Cleve	M.L	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) M.	M.P.N.O
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	M.P.N	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow	M.P.N.O
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	M.P.O	Classe Mediophyceae	
Ordem Biddulphiales		Ordem Hemiaulales	
Família Bellerocheaceae		Família Hemiaulaceae	
<i>Bellerochea horologicalis</i> Stosch	M.P.N		

Legenda: D = dulcícola; L = litoralis; M = marinha; N = nerítica; O = oceânica; P = planctônica

Continuação

TÁXON	Ecologia	TÁXON	Ecologia
<i>Cerataulina</i> sp.		Família Hemidiscaceae	
Ordem Lithodesmiales		<i>Actinocyclus</i> sp.	
Família Lithodesmiaceae		<i>Actinocyclus curvatulus</i> Janisch	M.L
<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow	M.P.N	<i>Actinocyclus nebulosus</i> Peragallo	M.L
<i>Ditylum sol</i> (Schmidt) Cleve	M.L	Família Heliapeltaceae	
<i>Lithodesmium undulatus</i>		<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	M.L
<i>Lithodesmium</i> sp.		Família Coscinodiscaceae	
Ordem Stephanodiscales		<i>Coscinodiscus</i> sp.	
Família Stephanodiscaceae		<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	M.P.N.O
<i>Cyclotella</i> sp.		<i>Coscinodiscus concinnus</i> Smith	M.P.N.O
<i>Cyclotella litoralis</i> Lange & Syvertsen	M.D	<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville) Ostenfeld	M.P.N
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	D.L	<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg	
Ordem Probosciales		<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg	M.P.N.O
Família Probosciaceae		<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	M.P.N
<i>Proboscia alata</i>		<i>Cymatodiscus planetophorus</i> Hendey	M.L
Ordem Hemiaulales		Ordem Corethrales	
Família Hemiaulaceae		Família Corethraceae	
<i>Hemiaulus</i> sp.		<i>Corethron criophilum</i> Castracane	M.L
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	M.P.N	<i>Corethron histrix</i> Hensen	M.P.O
Ordem Thalassiosirales		Ordem Rhizosoleniales	
Família Skeletonemataceae		Família Rhizosoleniaceae	
<i>Skeletonema</i> sp.		<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo	M.P.N.O
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	M.P.N.O	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle	
<i>Skeletonema tropicum</i> Cleve	M.P.O	<i>Guinardia delicatula</i> Cleve (Hasle)	
Família Thalassiosiraceae		<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	M.L	Ordem Melosirales	
<i>Thalassiosira lineata</i> Jousé	M.L	Família Melosiraceae	
<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenfeld) Gran	M.P.O	<i>Melosira moniliformis</i> (Müller) Agardh	
<i>Thalassiosira bulbosa</i> Syvertsen		<i>Melosira nummuloides</i> Agardh	
<i>Thalassiosira</i> sp.		Ordem Paraliales	
<i>Thalassiosira</i> sp. 2		Família Paraliaceae	
Ordem Anaulales		<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	
Família Anaulaceae		Ordem Triceratiales	
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	M.L	Família Triceratiaceae	
Classe Coscinodiscophyceae		<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	
Ordem Coscinodiscales		Classe Dictyochophyceae	

Legenda: D = dulcícola; L = litoralis; M = marinha; N = nerítica; O = oceânica; P = planctônica

Continuação

TÁXON	Ecologia	TÁXON	Ecologia
Ordem naviculales		Família Gymnodiniaceae	
Família Berkeleyaceae		<i>Gymnodinium</i> sp.	
<i>Gomphocaloneis</i> sp.		<i>Gymnodinium</i> sp. 2	
Ordem Dictyochales		Família Gyrodiniaceae	
Família Dictyochaceae		<i>Gyrodinium</i> sp.	
<i>Dictyocha fibula</i>		Filo Cyanobacteria	
Filo Dinoflagellata		Classe Cyanophyceae	
Classe Dinophyceae		Ordem Oscillatoriales	
Ordem Gonyaulacales		Família Oscillatoriaceae	
Família Pyrocystaceae		<i>Oscillatoria</i> sp.	
<i>Alexandrium</i> sp.		Ordem Nostocales	
Família Ceratiaceae		Família Nostocaceae	
<i>Tripus fusus</i> (Ehrenberg)		<i>Nostoc</i> sp.	
<i>Tripus furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	M.L	Filo Euglenozoa	
Família Ostreopsidaceae		Classe Euglenophyceae	
<i>Ostreopsis</i> sp.		Ordem Euglenida	
Ordem Peridineales		Família Euglenidae	
Família Protoperidiniaceae		<i>Euglena</i> sp.	
<i>Protoperidinium</i> sp.		Filo Chlorophyta	
<i>Protoperidinium pentagono</i>		Classe Chlorophyceae	
<i>Prorocentrum</i> sp.		Ordem Sphaeropleales	
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	M.L	Família Scenedesmaceae	
Ordem Gymnodiniales		<i>Scenedesmius</i> sp.	

Legenda: D = dulcícola; L = litoralis; M = marinha; N = nerítica; O = oceânica; P = planctônica

5.4 Frequência de ocorrência e Abundância relativa

A maioria dos organismos identificados apresentou baixa frequência de ocorrência, sendo, portanto, enquadrados como pouco frequentes. Esta categoria apresentou valores de 50,5% na estação E2, no mês de abril (período chuvoso) a 69,6%, na estação E1 no mês de dezembro (período seco). Os demais organismos foram enquadrados como muito frequentes, com valores entre 21,6% (E2 de dezembro/seco) e 30,2% (E1 de abril/chuvoso), e frequentes, com valores de 19,8% (E2 de dezembro/seco) e 23% (E2 de abril/chuvoso). Não foram constatados organismos classificados como “esporádicos” durante o estudo (Figura 5).

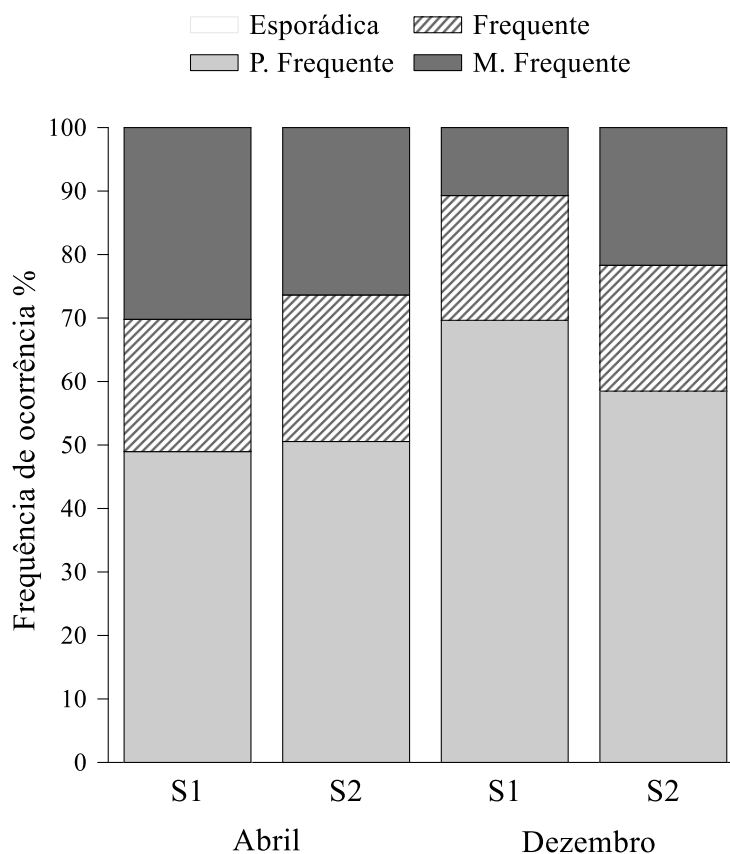


Figura 5. Distribuição das categorias de frequência de ocorrência utilizadas durante o estudo no estuário Emboraí Velho.

Entre as categorias de abundância relativa, apenas organismos dominantes e raros foram constatados durante o estudo. Considerando todas as amostras, mais de 98% dos organismos foram classificados como raros durante os meses de abril e dezembro, enquanto menos de 2% dos organismos foram enquadrados como dominantes. A espécie *Cymatosira belgica* foi a que mais contribuiu para a formação da categoria de organismos dominantes, pois apresentou elevada abundância e frequência de ocorrência. Um outro organismo que apresentou elevada frequência, aparecendo em todas as amostras analisadas foi a espécie *Paralia sulcata*, com frequência elevada em comparação com outros táxons.

5.5 Densidade Fitoplanctônica

A densidade fitoplanctônica total apresentou valores médios variando entre $213.981 \pm 141.005 \times 10^3$ céls. L^{-1} na estação E2, em abril (período seco), a $2.265,417 \pm 1.097,851 \times 10^3$ céls. L^{-1} na estação E2, em dezembro (período seco). A densidade do táxon *Cymatosira belgica* variou de $177,054 \pm 81,785 \times 10^3$ céls. L^{-1} na estação E1, em abril (período chuvoso)

a $2.053,375 \pm 1.027,941 \times 10^3$ céls. L^{-1} na estação E2, em dezembro (período seco) (Figura 6).

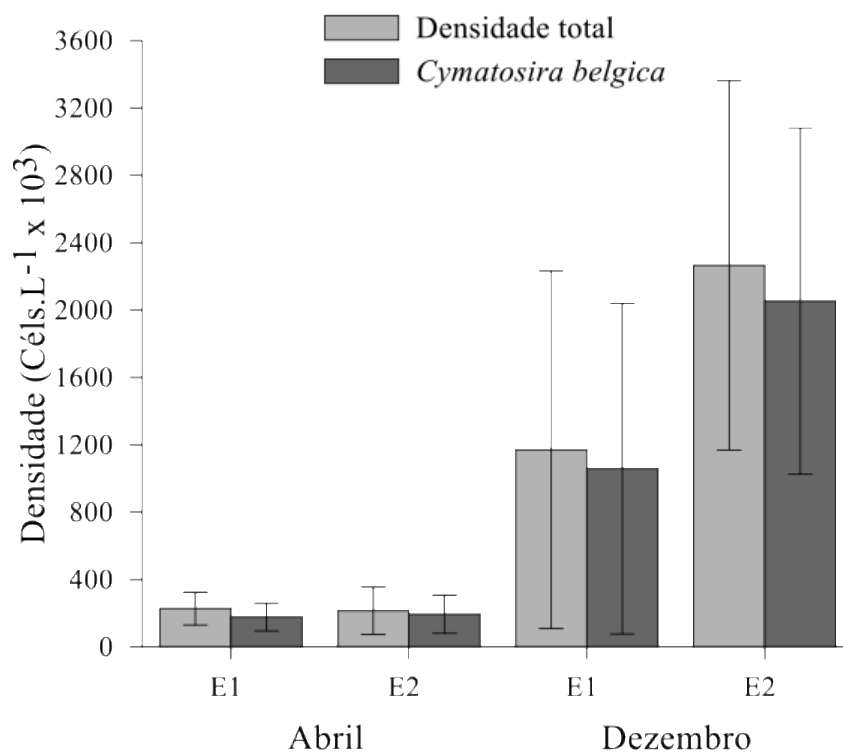


Figura 6. Valores médios (\pm D.P) das densidades do fitoplâncton total e de *Cymatosira belgica*, por estação de amostragem.

5.6 Análise de Correspondência Canônica (ACC)

A análise de correspondência canônica evidenciou padrões de distribuição das variáveis ambientais ao longo do período de estudo, bem como as relações com os táxons fitoplanctônicos de maior densidade.

O eixo 1 explicou 22,2% e o eixo 2 5,7% de variância dos dados. Das 11 variáveis testadas (Temperatura, Salinidade, pH, Oxigênio dissolvido, Nitrito, Nitrato, F. Total, N. Total, Ortofosfato, Silicato e Turbidez), apenas 3 foram consideradas significativas.

A partir dessa análise foi observado a diferença existente entre os dois meses de estudo, evidenciando os períodos sazonais (chuvoso/seco). As amostras do período seco, representadas principalmente no quadrante direito do diagrama, apresentou maior influência de variáveis como temperatura, salinidade e silicato. Além das variáveis ambientais, foram observadas as maiores densidades dos táxons identificados, o que indica a relação destes com a elevada temperatura do ambiente durante o período seco. O período

chuvoso, representado principalmente no quadrante esquerdo do diagrama, apresentou densidades inferiores às observada no período seco.

As espécies *Thalassiosira subtilis* e *Skeletonema costatum* apresentaram uma correlação positiva com as variáveis analisadas. *Tryblioptychus cocconeiformis* apresentou relação positiva com a temperatura, enquanto *Nitzschia lorenziana* apresentou uma maior correlação com as concentrações de silicato (Figura 7).

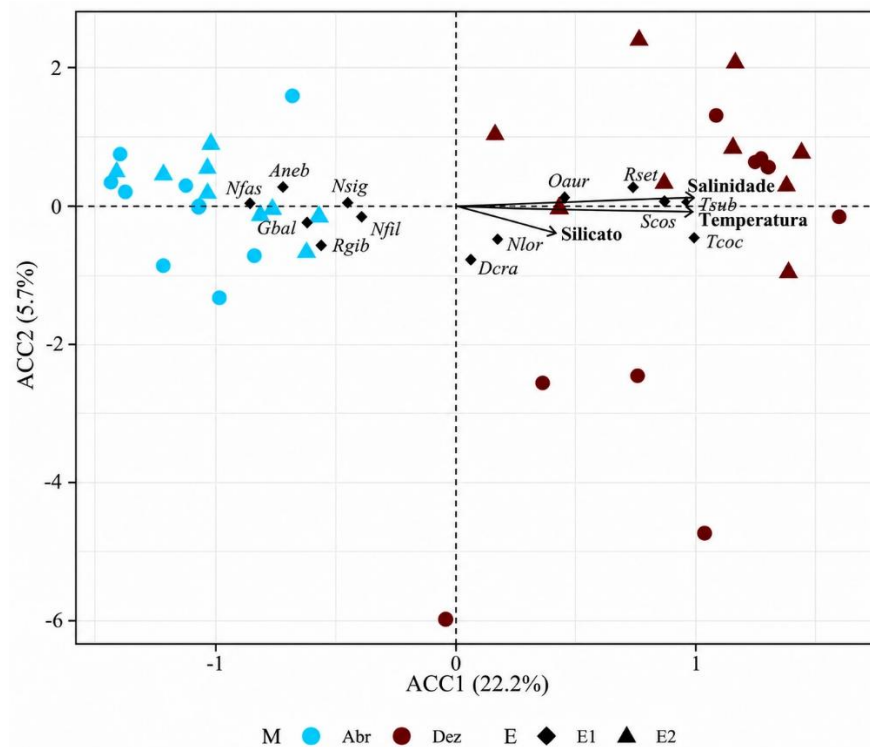


Figura 7. Diagrama da análise de correspondência canônica, destacando os padrões de distribuição e suas correlações existentes entre as variáveis ambientais e biológicas. Ambientais = Silicato, Temperatura, Salinidade. Espécies = Dera: *D. crabro*, Nlor: *N. lorenziana*, Oaur: *O. aurita*, Rset: *R. setigera*, Scos: *S. costatum*, Tsub: *T. subtilis*, Tcoc: *T. cocconeiformis*, Nsig: *N. sigma*, Aneb: *A. nebulosus*, Nfas: *N. fasciculata*, Nfil: *N. filiformes*, Rgib: *R. gibberula*, Gbal: *G. balticum*.

6. DISCUSSÃO

As variações ambientais nos estuários de regiões tropicais estão geralmente associadas a fatores climatológicos como a precipitação (Azevedo et al., 2008). A precipitação constitui a principal variável física responsável por influenciar significativamente as mudanças ambientais. Segundo Carvalho et al. (2023), quando ocorre o decréscimo nos níveis de precipitação (período seco) tende-se a observar maior influência

das águas marinhas, tornando o estuário Emboraí Velho um ambiente mais salino e de menor turbidez.

De forma geral, constatou-se para a área de estudo uma forte variação sazonal da precipitação, como também observado por Carvalho et al. (2023), no referido estuário Emboraí, no estado do Pará, e por Aquino et al. (2012), no rio dos Passos, no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

A temperatura apresentou variação sazonal e apresentou-se relativamente homogênea durante os meses de estudo, condição típica dos ambientes costeiros amazônicos (Costa et al., 2013).

Ainda segundo Carvalho et al. (2023), as variáveis hidrológicas influenciam significativamente a composição e dinâmica de distribuição das microalgas planctônicas. Os baixos valores de salinidade observados durante o período chuvoso se deveram à ação direta da precipitação, bem como à elevada descarga fluvial e à consequente drenagem continental, responsáveis pela diluição da água estuarina em períodos de elevada pluviosidade (Sousa et al., 2013; Barros et al., 2019). Por outro lado, em períodos de estiagem, a baixa disponibilidade de água doce, elevada radiação solar, bem como o aumento nos processos de evaporação, aumenta consideravelmente os níveis de sais dissolvidos nas águas estuarinas, tornando-as mais salinas (Reis et al., 2020).

As concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram variações sazonais significativas. Este fato pode ser atribuído em grande parte aos fortes ventos e a hidrodinâmica local, os quais variam ao longo de períodos específicos do ano, porém exercendo grande influência nas trocas gasosas entre a atmosfera e a água (Carvalho et al., 2023). As concentrações de OD podem estar relacionadas, ainda, ao processo fotossintético realizado pelas microalgas planctônicas (Barros et al., 2019), as quais liberam como subproduto de reações bioquímicas, oxigênio molecular. O pH do estuário variou de levemente ácido à levemente alcalino, com diferenças sazonais significativas. Valores mais elevados de pH durante o período seco sugerem um aumento da influência marinha sobre as águas do estuário, uma vez que as águas marinhas são geralmente alcalinas (Reis et al., 2020; Carvalho et al., 2023).

Valores mais elevados de turbidez durante o período chuvoso (como observado no presente estudo, durante o mês de abril) podem estar relacionados às chuvas e ao transporte de material particulado e dissolvido dos solos adjacentes para dentro dos estuários, o que aumenta a quantidade de partículas em suspensão disponíveis na água. Este processo, além de tornar a água mais turva, possibilita a permanência de espécies epibênticas e

ticoplanctônicas, como *Cymatosira belgica*, em suspensão na coluna d'água (Reis et al., 2020).

Foram constatadas diferenças sazonais significativas para as concentrações de ortofosfato, com valores um pouco mais elevados durante o período seco, fato este também observado por Carvalho et al. (2023). Os valores de silicato se mantiveram elevados durante o período chuvoso no estuário. Segundo Carvalho et al. (2023), as elevadas concentrações de silicato no estuário durante o período chuvoso, decorrem da intensa lixiviação dos sedimentos nas margens do estuário e do manguezal durante o período chuvoso.

As concentrações médias de nitrogênio total apresentaram variações sazonais significativas, com tendência de distribuição relativamente semelhante às concentrações de clorofila-a, como descrito por Carvalho et al. (2023), em estudos anteriores realizados no estuário Emboraí Velho. Segundo Aquino et al. (2012), a concentração de clorofila-a tem sido amplamente utilizada como um indicador de biomassa fitoplanctônica. Embora elevadas concentrações de clorofila-a possam ocorrer em períodos de maior pluviometria, como observado no presente estudo, normalmente valores mais elevados estão associados aos períodos de estiagem, quando condições de iluminação são mais favoráveis (Aquino et al., 2012).

Com exceção do nitrogênio total todas as outras variáveis ambientais não apresentaram variações espaciais significativas, o que pode estar relacionado ao fato de que o estuário Emboraí Velho é relativamente pouco extenso medindo menos de 5 km. Este estuário apresenta também águas homogêneas e bem misturadas, devido principalmente à influência exercida pelas marés (Sousa et al., 2013).

Entre os filos fitoplanctônicos registrados, as diatomáceas apresentaram o maior destaque, sendo a espécie *Cymatosira belgica* Grunow predominante. A predominância dessa espécie provavelmente contribuiu de forma significativa para os valores de clorofila-a observados, como também foi observado por Reis (2020), no Estuário do rio Curuperé, em Curuçá. Segundo Oliveira et al. (2022), a dominância dessas espécies está ligada as variações climáticas, bem como a disponibilidade de nutrientes dissolvidos na água, fator este que é fundamental para a reprodução e crescimento dos organismos fitoplanctônicos de forma geral.

As diatomáceas foram as que apresentaram maior riqueza taxonômica e maior abundância de organismos, assim como foram observados por (Carvalho et al., 2023; Paiva et al., 2006). A composição específica das diatomáceas esteve definida pela presença da

espécie *Cymatosira belgica*, com registros em todos os períodos sazonais e com maior abundância durante todo o período de estudo.

Os valores de densidade dos organismos fitoplanctônicos foram maiores durante o período seco, o que indica que os organismos também foram influenciados pela pluviometria como descrito por Matos et al. (2016) em estudos realizados na praia de Ajuruteua. A espécie *Cymatosira belgica* foi a que mais contribuiu para as elevadas densidades observadas no estuário estudado.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu compreender de forma consistente as características ambientais e, em especial, a dinâmica fitoplanctônica do estuário amazônico Emboraí Velho. A análise integrada das variáveis abióticas e biológicas evidenciou como fatores hidrológicos, sobretudo a precipitação pluviométrica, regulam as variações do sistema, incluindo a salinidade e nutrientes dissolvidos, nitrito, nitrogênio total e ortofosfato, fundamentais ao metabolismo e ao desenvolvimento do fitoplâncton.

Os resultados demonstraram que o estuário apresenta elevada diversidade fitoplanctônica, ainda que com poucas espécies dominantes. Entre elas, destacou-se *Cymatosira belgica*, cuja forte adaptação às condições ambientais locais a posiciona como componente central da comunidade. Sua presença expressiva contribuiu diretamente para os valores observados de clorofila-a, reforçando seu papel na sustentação da produção primária do ecossistema.

De forma geral, pode-se afirmar que a dinâmica ambiental do Emboraí Velho exerce uma forte influência sobre a estrutura e o funcionamento da comunidade fitoplanctônica, local, constituindo um elemento fundamental para ampliar a compreensão ecológica do estuário

8. REFERÊNCIAS

- ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. *Archive of Hydrobiology, Supplement, Algological Studies*, v. 80, n. 1–4, p. 327–472, 1988.
- AQUINO, E. P. Biomassa fitoplancônica e fatores ambientais em um estuário tropical do Brasil. *Tropical Oceanography*, vol. 40, n. 1, p. 17-28, 2012.
- AZEVEDO, A. C. G. et al. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplancônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, vol. 22, n. 3, p. 870-877, 2008.
- BARROS, F.A.L; ANDRADE, M.P; SILVA, T.R.C; PEREIRA, L.C.C C; COSTA, R.M. Composição e mudanças espaciais e temporais da diversidade e densidade do mesozooplâncton em um estuário amazônico (Emboráí Velho, Pará, Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Ciências Naturais*, Belém, v. 14, n. 3, p. 307–330, set./dez. 2019.
- BOURRELLY, P. Les algues d'eau douce: initiation à la systématique. p. 521, 1972.
- CARVALHO NETO, F.C.M; COSTA, A.L.B; SILVA, B.R.P; QUEIROZ, J.B.M; OLIVEIRA, A.R.G; PINHEIRO, J.V.M.S; PEREIRA, L.C.C; COSTA, R.M. Fitoplâncton do estuário do Emboráí Velho (Nova Olinda–PA). *Observatório de la Economía Latinoamericana*, Curitiba, v. 21, n. 6, p. 5492–5519, 2023.
- COSTA, K.G; AZEVEDO, S.S; PEREIRA, L.C.C; COSTA, R.M. Variabilidade temporal do zooplâncton no sistema estuarino do rio Paracauari (Ilha do Marajó, Pará). *Tropical Oceanography*, Recife, v. 46, n. 1, p. 53–69, 2018.
- COSTA, M. S. R. Cianobactérias marinhas: toxicidade face a fitoplâncton e invertebrados marinhos; toxicidade face a bactérias; citotoxicidade em linhagens celulares tumorais e normais humanas. 2011.
- COSTA, R.M; MATOS, J.B; PINTO, K.S.T; PEREIRA, L.C.C. Phytoplankton of a dynamic Amazon sandy beach. *Journal of Coastal Research*, Coconut Creek, Special Issue, n. 65, p. 1751–1757, 2013.
- CUPP, E. E. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, v. 5, n. 1, p. 1–238, 1943.
- DESIKACHARY, T. S. Cyanophyta. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research, 1959.
- FERNANDES, F.D.S; BARROS, F.A.L; PEREIRA, L.C.C; COSTA, R.M. Mesozooplâncton do estuário do rio Emboráí Velho, Norte do Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Naturais*, Belém, v. 18, n. 2, e20230029, 2023.
- FERNANDES, M. E. B. et al. Os manguezais da costa norte brasileira. v. 3. Belém: LAMA, 2016.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. *Methods of Seawater Analysis*. Weinheim: Verlag Chemie, 1983.

GREGO, C.K.S., FEITOSA, F.A.N., SILVA, M.H., CUNHA, M. G.G.S., NASCIMENTO-FILHO, G.A. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. *Atlântica*, v. 31, n. 2, p. 183–198, 2009.

HASLE, G. R.; SYVERTSEN, E. E. Marine diatoms. In: TOMAS, C. R. (ed.). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. San Diego: Academic Press, 1997. p. 5–385.

LOURENÇO, C. B. O fitoplâncton na Zona Costeira Amazônica Brasileira: Biodiversidade, distribuição e estrutura no continuum estuário-oceano. 2016. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

LUBIANA, K. M. F. Microalgas: ecologia, biodiversidade e importância. IV Botânica no Inverno, 2014.

LUND, J. W. D. et al. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical bases of estimations by counting. *Hydrobiologia*, v. 11, n. 2, p. 143-170, 1958.

MAGALHÃES, A.; PEREIRA, L. C.; COSTA, R. M. Relationships between copepod community structure, rainfall regimes, and hydrological variables in a tropical mangrove estuary (Amazon coast, Brazil). *Helgoland Marine Research*, v. 69, p. 123–136, 2015.

MATOS, J.B; OLIVEIRA, S.M.O; PEREIRA, L.C.C; COSTA, R.M. Structure and temporal variation of the phytoplankton of a macrotidal beach from the Amazon coastal zone. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 88, n. 3, p. 1325–1339, 2016.

MATOS, J.B; PEREIRA, L.C.C; COSTA, R.M. Caracterização quali-quantitativa do fitoplâncton da zona de arrebentação de uma praia amazônica. *Acta Botanica Brasilica*, Brasília, v. 26, n. 4, p. 979–990, 2012.

MIRANDA, L.B; CASTRO FILHO, B.M; KJERFVE, Bjorn. Princípios de oceanografia física de estuários. São Paulo: Edusp. 2002

MONTEIRO, M. D.R; MELO, N.F; PAIVA, R.S; PEREIRA, L.C.C. Composição e distribuição do microfitoplâncton do rio Guamá entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Naturais*, Belém, v. 4, n. 3, p. 341–351, 2009.

MOREIRA FILHO, H.; ESKINAZI-LEÇA, E.; VALENTE-MOREIRA, I. M.; CUNHA, J. A. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas marinhas e estuarinas do Nordeste e Norte do Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da UFPE*, v. 27, n. 1, p. 55–90, 1999.

MÜLLER-MELCHERS, F. C. Plankton diatoms of the “Toko-Marú” voyage (Brazil Coast). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 8, n. 1–2, p. 111–138, 1957.

NETO, J. M. Estuários. In: Rios de Portugal: comunidades, processos e alterações. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2019. p. 381–421.

OLIVEIRA, A.R.G; QUEIROZ, J.B.M; PARDAL, E.C; PEREIRA, L.C.C; COSTA, R.M. How does the phytoplankton community respond to the effects of La Niña and post-drought events in a tide-dominated Amazon estuary? *Aquatic Sciences*, Cham, v. 85, n. 1, art. 9, 2023.

OLIVEIRA, I. M. C. Relatório Técnico-Científico Final PIBIC/CNPq: Fitoplâncton da área de ostras de Nova Olinda (Pará, Brasil). Bragança: UFPA, 2022.

PAIVA, R.S; ESKINAZI-LEÇA, E; PASSAVANTE, J.Z.O; SILVA-CUNHA, Maria.G.G; MELO, N.F. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará, Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Naturais*, Belém, v. 1, n. 2, p. 133–146, 2006.

PARSONS, T. R.; STRICKLAND, J. D. H. Discussion of spectrophotometric determination of marine plankton pigments with revised equations for chlorophyll a and carotenoids. *Journal of Marine Research*, v. 21, n. 3, p. 155–163, 1963.

PEREIRA, M.D; SIEGLE, E; MIRANDA, L.B; SCHEEDE, L. Hidrodinâmica e transporte de material particulado em suspensão sazonal em um estuário dominado por maré: estuário de Caravelas (BA). *Revista Brasileira de Geofísica*, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 427–444, 2010.

REIS, F.N; BELÚCIO, L.F; PAMPLONA, F.C; REIS, L.T.L; VEIGA, G.D; MELO, N.F.A.C. Microphytoplankton dynamics in Curuperé Estuary at the Amazonian mangrove ecosystem. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 46, n. 1, e513, 2020.

REIS, L. T. *Assembleias fitoplanctônicas em uma praia estuarina amazônica (Chapéu Virado, Belém, PA): variações nictemerais*. 2019. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

ROCHA, A. S. Caracterização física do estuário do rio Mojuim em São Caetano de Odvelas–PA. 2015. 44 f. Dissertação (Mestrado).

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. G. *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. New York: Cambridge University Press, 1990.

SILVEIRA JÚNIOR, A. M.; FAUSTINO, S. M. M.; CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A. *Estudos fitoplanctônicos no Brasil e sua influência no contexto amazônico e local*. 2015.

SOUSA, E.B; COSTA, R.M; PEREIRA, L.C.C. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). *Acta Botanica Brasílica*, Brasília, v. 23, n. 4, p. 1084–1095, 2009.

SOUSA, J. A.; CUNHA, K. N.; NUNES, Z. M. P. Influence of seasonal factors on the quality of a tidal creek on the Amazon coast of Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. 65, p. 129–134, 2013.

STEIDINGER, K. A.; TANGEN, K. Dinoflagellates. In: TOMAS, C. R. (ed.). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. San Diego: Academic Press, 1997. p. 387–598.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A. *The Practical Handbook of Seawater Analysis*. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972.

THRONDSSEN, J. Preservation and storage: monographs on oceanographic methodology. In: SOURNIA, A. (Ed.). *Plankton Manual*, Paris: UNESCO, p. 69-74, 1978.

UNESCO. *Monograph on Oceanographic Methodology: Determination of Photosynthetic Pigments in Sea Water*. 1966.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie*, v. 9, p. 38, 1958.

VALENTE-MOREIRA, I. M.; MOREIRA FILHO, H.; CUNHA, J. A. Diatomáceas em biótopo de manguezal do rio Perequê, Pontal do Sul, Paranaguá, Paraná, Brasil. *Acta Biologica Paranaense*, v. 23, p. 55–72, 1994.

WINKLER, L. W. Die bestmmung dès im wasser gelösten sauerstoffs und die löslichkeit des sauerstoffs im wasser. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, v. 21, n. 1, p. 28 43, 1888.

ZAR, J. H. *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1999