



ARQUIVOS DE BIOLOGIA VEGETAL E MARINHA



ANDREA CHRISTINA GOMES DE AZEVEDO CUTRIM (ORG.)

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

REITOR

Walter Canales Santana

VICE-REITOR

Paulo Henrique Aragão Catunda

PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG

Marcelo Cheche Galves

PRÓ-REITORA DE EXTENSÃO E ASSUNTOS ESTUDANTIS – PROEXAE

Ilka Márcia Ribeiro de Souza Serra

PRÓ-REITORA DE GRADUAÇÃO – PROG

Mônica Piccolo Almeida Chaves

PRÓ-REITOR DE GESTÃO DE PESSOAS – PROGEP

José Rômulo Travassos da Silva

PRÓ-REITOR DE PLANEJAMENTO E ADMINISTRAÇÃO – PROPLAD

Thiago Cardoso Ferreira

PRÓ-REITORA DE INFRAESTRUTURA – PROINFRA

Maria Teresinha de Medeiros Coelho

ELABORAÇÃO:

Andrea Christina Gomes De Azevedo Cutrim (Org.)

DIAGRAMAÇÃO:

Marcos Adriano Gatinho Lopes

A772 Arquivos de biologia vegetal e marinha / organizadora Andrea Christina Gomes de Azevedo Cutrim. – São Luís: EDUEMA, 2025.

385 p: il. color.

Livro digital

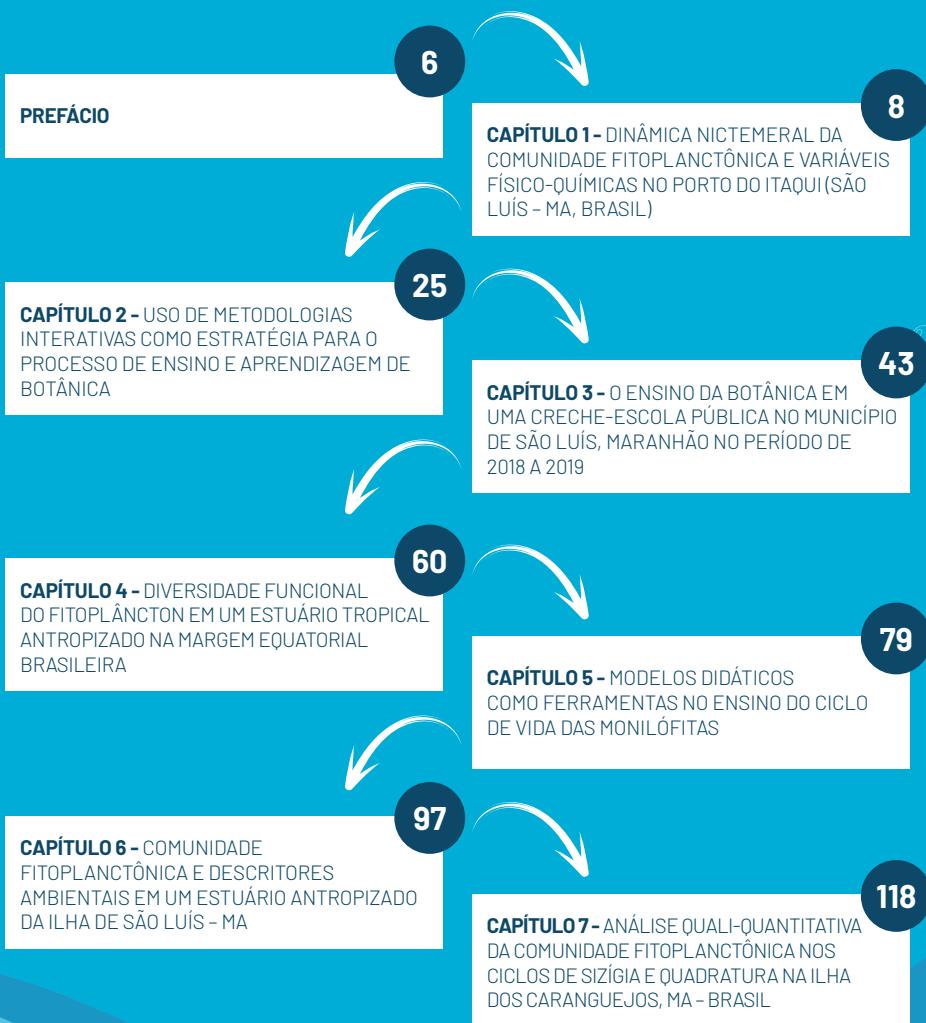
ISBN: 978-85-8227-665-5

1.Ciência. 2.Conhecimento. 3.Extensão. 4.Pesquisa.
I.Cutrim, Andrea Christina Gomes de Azevedo. II.Título

CDU: 57:001.891

Elaborado por Cássia Diniz – CRB 13/910

SUMÁRIO



**CAPÍTULO 8 - ENVOLVIMENTO DE
SABERES TRADICIONAIS E CIENTÍFICOS COM
PRÁTICAS PEDAGÓGICAS CRIATIVAS ALINHADAS
ÀS REALIDADES SOCIOCULTURAIS DAS ALDEIAS**

135

**CAPÍTULO 10 - TRILHANDO NA FORMAÇÃO
DA ILHA DE SÃO LUÍS - MA: ESTRATÉGIA
PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE
OCEANOGRÁFIA**

173

**CAPÍTULO 12 - EXPLORANDO O
ZOPLÂNTON COM UMA ABORDAGEM
INTERATIVA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA**

213

**CAPÍTULO 14 - QUANTIFICAÇÃO DO
CARBONO AZUL EM PNEUMATÓFOROS DE
MANGUEZAIOS DO GOLFÃO MARANHENSE:
INFLUÊNCIA SAZONAL E AMBIENTAL**

250

**CAPÍTULO 9 - FITOPLÂNTON NA ZONA DE
ARREBENTAÇÃO DAS PRAIAS DO LITORAL
NORTE DA ILHA DE SÃO LUÍS - MARANHÃO**

153

**CAPÍTULO 11 - COMUNIDADES DE
TÉRMITAS EM CUPINZEIROS FIXOS EM
ÁRVORES DE MANGUEZAL DA RAPOSA - MA**

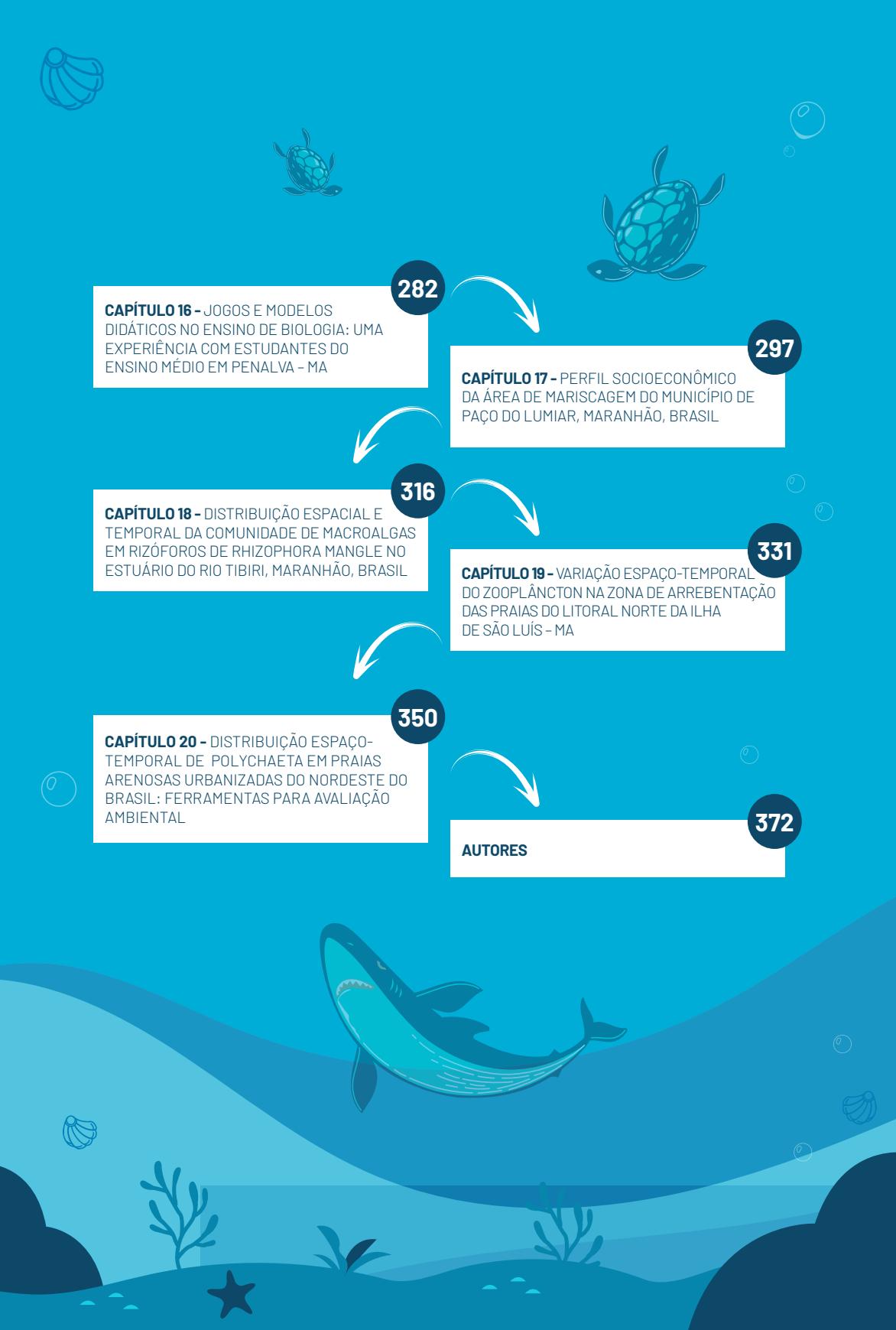
193

**CAPÍTULO 13 - UM MAR DE
POSSIBILIDADES: EXPERIÊNCIAS COM
RECURSOS DIDÁTICOS NA FORMAÇÃO
DOCENTE EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

233

**CAPÍTULO 15 - DIVERSIDADE
FITOPLANCTÔNICA DO ESTUÁRIO DO RIO
PACIÊNCIA, PAÇO DO LUMIAR – MA**

269



CAPÍTULO 16 - JOGOS E MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE BIOLOGIA: UMA EXPERIÊNCIA COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM PENALVA - MA

282

CAPÍTULO 17 - PERFIL SOCIOECONÔMICO DA ÁREA DE MARISCAGEM DO MUNICÍPIO DE PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO, BRASIL

297

CAPÍTULO 18 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE DE MACROALGAS EM RIZÓFOROS DE RHIZOPHORA MANGUE NO ESTUÁRIO DO RIO TIBIRI, MARANHÃO, BRASIL

316

CAPÍTULO 19 - VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ZOOPLÂNCTON NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO DAS PRAIAS DO LITORAL NORTE DA ILHA DE SÃO LUIS - MA

331

CAPÍTULO 20 - DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE POLYCHAETA EM PRAIAS ARENOSAS URBANIZADAS DO NORDESTE DO BRASIL: FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

350

AUTORES

372

PREFÁCIO

Com alegria e entusiasmo recebi o convite para prefaciar o livro Boletim - Arquivos de Biologia Vegetal e Marinha. A obra constitui-se como um livro digital, organizado pela Profa. Dra. Andrea Christina Gomes de Azevedo Cutrim - pesquisadora e líder do grupo de pesquisa que se vincula ao Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha do Departamento de Biologia da Universidade Estadual do Maranhão (LBVM / DBIO / UEMA).

O Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM) completou 25 anos de atuação na Universidade Estadual do Maranhão. Atua como espaço acadêmico de pesquisas, ensino e extensão no campo das Ciências Biológicas, mais especificamente com investigações em Biologia Vegetal e Biologia Marinha. Mas, preciso ressaltar que o espectro de atuação do LBVM se expandiu e hoje tem contribuído para o campo da licenciatura em Ciências Biológicas desenvolvendo pesquisas nas áreas do ensino de Ciências e de Biologia. Além disso, o LBVM realiza importantes ações de extensão universitária ampliando sua atuação junto à comunidade ludovicense ao desenvolver projetos em educação ambiental, conservação ambiental e trabalhos que permitem levar cidadania biológica a partir de práticas de ensino-aprendizagem que vinculam biologia, cidadania e responsabilidade ambiental e social.

Para materializar o trabalho acadêmico desenvolvido no LBVM, a professora Andrea Christina Gomes de Azevedo Cutrim organizou o e-book Boletim - Arquivos de Biologia Vegetal e Marinha que reúne vinte capítulos os quais tratam de resultados de pesquisas e extensão envolvendo investigações laboratoriais, trabalhos de campo e experiências educacionais cujos objetos de estudo enfocam biologia vegetal, biologia marinha, ensino de Ciências e ensino de Biologia.

Doze capítulos apresentam pesquisas de perspectivas biológico-ambientais cujas centralidades investigativas pontuam a seguir: Análises das dinâmicas nictemeral das comunidades fitoplanctônicas e variáveis físico-químicas no Porto do Itaqui em São Luís, Maranhão. Os referidos estudos têm contribuído para se repensar formas sustentáveis de manejo de organismos fitoplancônicos assim como a inserção de políticas públicas ambientais e de sustentabilidade visando a melhoria dos ambientes costeiros do estado do Maranhão; Diversidade funcional do fitoplâncton em estuário tropical antropizado na margem equatorial brasileira; Comunidade fitoplancônica e descritores ambientais em um estuário antropizado da ilha de São Luís; Análise quali-quantitativa da comunidade

fitoplanctônica nos ciclos de sizígia e quadratura na ilha dos caranguejos, Maranhão; Fitoplâncton na zona de arrebentação das praias do litoral norte da ilha de São Luís; Quantificação do carbono azul em pneumatóforos de manguezais do golfão maranhense; Diversidade fitoplanctônica do estuário do Rio Paciência, Paço do Lumiar; Distribuição espacial e temporal da comunidade de macroalgas em rizóforos de *Rhizophora mangle* no estuário do Rio Tibiri; Variação espaço temporal do zooplâncton na zona de arrebentação das praias do litoral norte da ilha de São Luís; Distribuição espaço-temporal de Polychaeta em praias arenosas urbanizadas do nordeste do Brasil; e Comunidades de térmitas em cupinzeiros fixos em árvores de manguezal da Raposa, Maranhão.

Oito capítulos são dedicados a discussões que problematizam o ensino de Ciências e de Biologia com enfoque no ensino de Botânica e temáticas socio-culturais com atravessamentos das ciências biológicas. As referidas investigações são experiências didático-pedagógicas desenvolvidas no LBVM trazendo como resultados as seguintes temáticas: A criação e uso de metodologias ativas interativas como estratégias para os ensinos e as aprendizagens de objetos da área da Botânica; Apresentação de uma experiência didática sobre botânica na educação infantil em uma creche-escola; Construção e uso de modelos didáticos para o ensino de Botânica; Envolvimento de saberes tradicionais e científicos com práticas pedagógicas criativas alinhadas às realidades socio-culturais das aldeias; Trilhando na formação da ilha de São Luís: estratégia pedagógica para o ensino de Oceanografia; Explorando o zooplâncton como uma abordagem interativa de divulgação científica; Um mar de possibilidades: experiências com recursos didáticos na formação docente em ciências biológicas; Jogos e modelos didáticos no ensino de Biologia: uma experiência com estudantes do ensino médio e Penalva, Maranhão; e Perfil socioeconômico da área de mariscagem do município de Paço do Lumiar.

O e-book Boletim – Arquivos de Biologia Vegetal e Marinha é didático, pedagógico e primoroso. Ensina sobre biologia técnica, mas também acerca da biologia educacional. Faz mais: transversaliza técnica biológica e didática da Biologia. Um resultado admirável. Uma materialidade didática que rever, reescreve e atualiza os campos da Biologia Vegetal, da Biologia Marinha e do Ensino de Ciências e de Biologia. Recomendo a leitura!

Prof. Dr. Jackson Ronie Sá-Silva

Departamento de Biologia – Universidade Estadual do Maranhão

CAPÍTULO 1 - DINÂMICA NICTEMERAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA E VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS NO PORTO DO ITAQUI (SÃO LUÍS - MA, BRASIL)

Ana Karoline Duarte dos Santos Sá¹

Taiza Pimentel Santos²

Andrea Christina Gomes de Azevedo-Cutrim³

Marco Valério Jansen Cutrim²

Quedyane Silva da Cruz²

Antonio Ronnilson Dias Carneiro Sá¹

Bruna Oliveira Ferreira¹

Francinara Santos Ferreira¹

Yago Bruno Silveira Nunes²

Lisana Furtado Cavalcante Lima⁴

¹Universidade Federal do Maranhão – UFMA

²Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

³Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

⁴Instituto Federal do Maranhão – IFMA (Campus Barreirinhas)

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as flutuações nictemerais da estrutura e dinâmica do fitoplâncton no Porto do Itaqui. As amostras foram coletadas levando durante o ciclo lunar e o ciclo diário das marés (25h). Foram verificados parâmetros hidrológicos como profundidade, salinidade, temperatura, transparência da água, velocidade e direção das correntes, climatológicos e biológicos, como biomassa fitoplânctonica e densidade. A pluviometria registrada para o mês de outubro foi de 0,0 mm de chuvas com baixa umidade do ar e velocidade dos ventos entre $4,7 \text{ m.s}^{-1}$ e $10,4 \text{ m.s}^{-1}$. A velocidade das correntes variou de 0,1 a $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ com orientação dos ventos noroeste-sudeste na quadratura e nordeste-sudoeste na sizígia. A profundidade variou de 25,6m na sizígia a 32,7m na quadratura, a salinidade entre 31 a 37 e a transparência da água entre 10cm (sizígia) a 50cm nos na quadratura. A temperatura da água foi constante. A biomassa fitoplânctonica esteve entre $0,34$ a $14,24 \text{ mg.m}^{-3}$ e a densidade entre 5.294 a 72.198 cél. L^{-1} . Os resultados obtidos evidenciaram a existência de um gradiente nictemeral fortemente influenciado pelos cenários de marés, quadratura e sizígia que pelo ciclo diário de marés.

Palavras-chaves: Estuário Tropical; Variação Diária; Fitoplâncton; Clorofila-A

1 INTRODUÇÃO

Os estuários são ecossistemas de transição altamente produtivos situados na interface entre os ambientes terrestre e marinho. Esses sistemas oferecem benefícios socioeconômicos significativamente elevados por unidade de área, quando comparados a outros ecossistemas naturais, desempenhando funções cruciais como áreas de berçário para espécies pesqueiras de valor comercial e promovendo o sequestro de carbono (Niekerk *et al.*, 2021).

Atuam como verdadeiros “hotspots” de produtividade primária e zonas-chave para a transformação de nutrientes (Douglas *et al.*, 2022). No entanto, esses “reatores costeiros” apresentam uma complexa dinâmica que os torna extremamente vulneráveis a perturbações ambientais induzidas pelas mudanças climáticas, especialmente à elevação do nível do mar. Esse processo reduz a penetração de luz nos fundos rasos, comprometendo diretamente os habitats bentônicos – componentes fundamentais para a alta produtividade estuarina (Song *et al.*, 2025) (Fig. 1).

Figura 1. Representação do ecossistema estuarino, uma zona de transição entre o ambiente terrestre e o ambiente marinho (Autor, 2025).



Nesse contexto, o fitoplâncton assume papel central. Além de compor a base da cadeia alimentar, é amplamente reconhecido como um bioindicador sensível e eficiente da qualidade da água. Devido ao seu rápido ciclo de vida e resposta imediata às alterações físico-químicas, a composição, abundância e diversidade do fitoplâncton são amplamente utilizadas para detectar processos como poluição, eutrofização e os impactos de atividades antrópicas de forma ágil e econômica (ladtem *et al.*, 2025).

No Brasil, a expansão acelerada e desordenada da ocupação da zona costeira nas últimas décadas tem intensificado os impactos sobre esses ambientes frágeis (Pardal *et al.*, 2024). No estado do Maranhão, a industrialização e a implantação de infraestrutura portuária no Golfão Maranhense têm gerado alterações significativas na circulação hidrodinâmica, no transporte de sedimentos, na descarga fluvial e na morfologia do fundo estuarino, além de potencial incremento na carga de contaminantes associados às atividades industriais (Cutrim *et al.*, 2025). O Porto do Itaqui, localizado nessa região, está inserido em uma área ambientalmente sensível, caracterizada por elevada produtividade biológica e alta prioridade para ações de proteção e contenção em caso de acidentes com hidrocarbonetos e outros poluentes perigosos (Andrade *et al.*, 2010).

Diante da relevância ecológica e da vulnerabilidade desse sistema, torna-se essencial compreender a estrutura e a dinâmica das comunidades fitoplanctônicas como ferramenta de apoio à gestão ambiental. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo investigar a dinâmica nictemeral da comunidade fitoplancônica e das variáveis físico-químicas da água no Porto do Itaqui, em São Luís (Maranhão, Brasil), com o intuito de compreender as variações temporais associadas ao ciclo nictemeral e suas possíveis relações com fatores ambientais e impactos antrópicos característicos de áreas portuárias estuarinas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

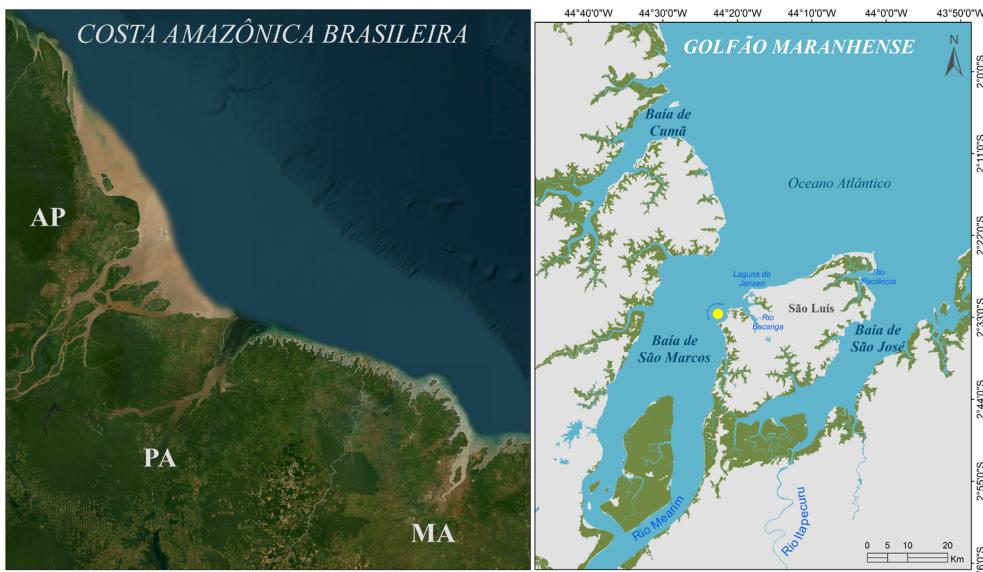


Fonte: Porto do Itaqui (2025)

2.1 ÁREA DE ESTUDO E AMOSTRAGEM

O Porto do Itaqui está localizado na baía de São Marcos, no município de São Luís (MA), sob as coordenadas geográficas de $02^{\circ}31'54''$ S e $44^{\circ}22'01''$ W, a 11 km do centro da cidade. Pertencente a Zona Costeira Maranhense está inserida na Zona Costeira Amazônica Brasileira que geograficamente situa-se entre a Ponta de Tubarão no Maranhão (4° S, 43° W) e o Cabo Orange no Amapá (5° N, 51° W) (Souza-Filho *et al.*, 2005). Essa região apresenta o maior corpo aquoso salgado do Maranhão, a baía de São Marcos, que comporta três importantes portos cargueiros. O Porto do Itaqui recebe influência de águas oriundas dos rios Anil e Bacanga e em conjunto com o Porto da VALE e Porto da ALUMAR forma o complexo portuário do Maranhão, transportando grande volume de cargas, incluindo combustível e minério. Em um ponto fixo ($02^{\circ}34'44''$ S e $44^{\circ}23'27''$ W) do Porto do Itaqui foram realizadas coletas nictemerais (25 h), considerando os diferentes cenários de maré conforme o ciclo lunar (quadratura - 20 e 21 de outubro de 2007; sizígia - 25 e 26 de outubro de 2007) e diário de maré (enchente - ENC, vazante - VAZ, pico de maré alta - PMA e pico de maré baixa - PMB) (Fig. 2).

Figura 2. Mapa da costa amazônica brasileira e do Golfão Maranhense, destacando o ponto de coleta no Porto do Itaqui (em amarelo), São Luís - MA.

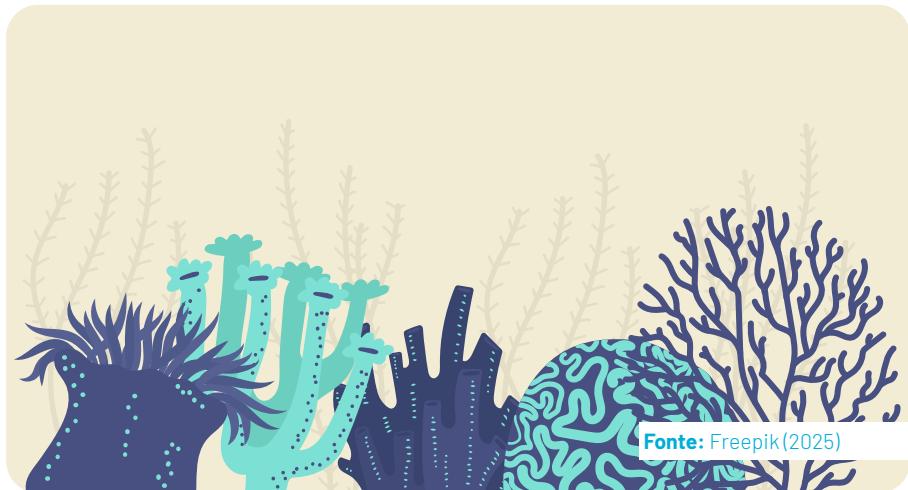


2.2 VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS E METEOROLÓGICAS

Os dados hidrológicos – temperatura, profundidade, velocidade e direção das correntes – foram registrados a cada hora com um perfilador acústico de corrente (ADCP, 600 kHz). A transparência da água foi avaliada com disco de Secchi (Tyler, 1968), a altura das marés obtida da Tábua de Marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN, 2007), e a salinidade determinada por refratômetro manual (ATAGO), utilizando o método de Winkler (Strickland & Parsons, 1972). Dados meteorológicos como precipitação total, velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa foram fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual do Maranhão (LabMet/UEMA), localizado em São Luís ($02^{\circ}35'S$, $44^{\circ}12'W$).

2.3 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA: CLOROFILA A E DENSIDADE CELULAR

Para a determinação da clorofila a, foram coletadas 27 amostras superficiais, armazenadas em frascos escuros e filtradas a vácuo com filtros de fibra de vidro (Whatman GF/C), previamente pesados. A quantificação incluiu filtração total (microfitoplâncton, $>20\text{ }\mu\text{m}$) e fracionada (nano/picofitoplâncton, $<20\text{ }\mu\text{m}$). Os filtros foram secos, armazenados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e submetidos à extração dos pigmentos por espectrofotometria conforme Parsons & Strickland (1963) e UNESCO (1966). As amostras para análise da densidade fitoplancônica seguiram o mesmo protocolo de coleta, sendo fixadas em lugol e transferidas para câmaras de sedimentação (2-25 mL), coradas com Rosa de Bengala. Após 24 h, foram analisadas ao microscópio invertido ZEISS (aumento até 400x), utilizando a técnica de campos iluminados dispostos em cruz.





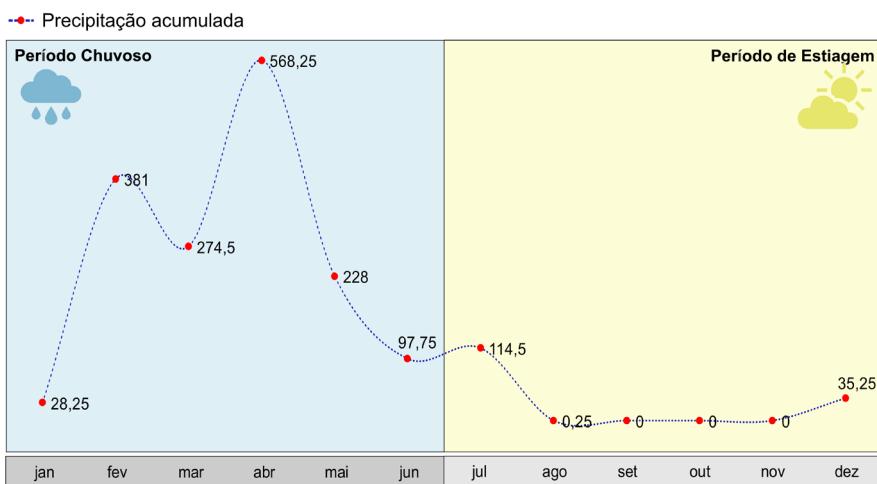
3 RESULTADOS

3.1 DINÂMICA NICTEMERAL DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

Os índices pluviométricos do ano de 2007 registraram o total de 1.727,75 mm com média de 143,97 mm ao mês, sendo o mês de outubro típico período de estiagem, com inexistência de precipitação pluviométrica (0,0mm), baixa umidade relativa do ar (73%) e significativa velocidade dos ventos com variações entre $4,7 \text{ m.s}^{-1}$ (20/10) e $10,4 \text{ m.s}^{-1}$ no dia 21/10 (Fig. 3).

Em relação aos parâmetros hidrológicos a velocidade das correntes variou de 0,1 a $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ com orientação dos ventos noroeste-sudeste na quadratura e nordeste-sudoeste na sizígia. Na quadratura a velocidade das correntes esteve entre $0,1 \text{ m.s}^{-1}$ no PMA (02:00h) e $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ na VAZ (05:00h) e ENC (12:00h). Já as marés de sizígia revelaram as maiores velocidades com variação de $0,1 \text{ m.s}^{-1}$ (PMB/12:00h) e $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ (ENC/15:00h). A altura das marés obteve valor mínimo de 0,1 m e máximo de 6,5 m, apresentando média geral de 3,56 m e amplitude de 6,4 m, sendo as menores e maiores marés decorrentes das marés de sizígia durante o PMB (00:00h) e PMA (06:00h) (Fig. 4a).

Figura 3. Distribuição mensal da precipitação acumulada (mm) no ano de 2007 na região de São Luís (MA), evidenciando o período chuvoso (janeiro a junho) e o período de estiagem (julho a dezembro).

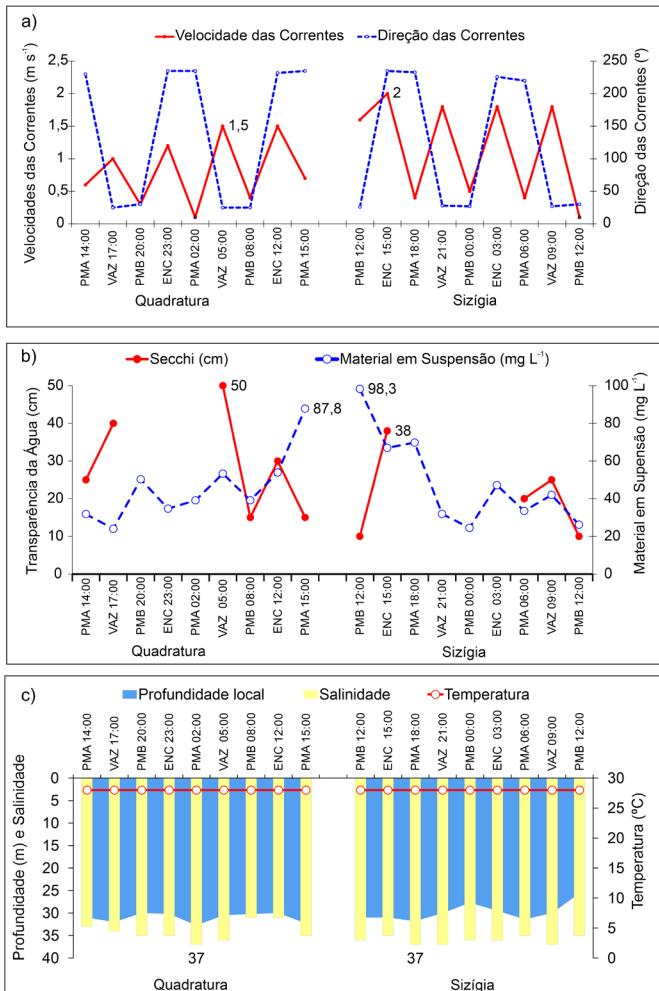


Durante o ciclo nictemeral no estuário do Porto do Itaqui, observou-se variação significativa nos parâmetros hidrológicos entre as marés de quadratura e sizígia. A velocidade das correntes (Fig. 4a) oscilou entre $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, sendo mais elevada durante as sizígias, especialmente na enchente (ENC/15:00h), o que coincide com mudanças na direção das correntes, que variaram entre aproximadamente 90° e 225° ao longo do período.

Quanto à transparência da água e ao material em suspensão (Fig. 4b), os menores valores de transparência foram registrados durante a sizígia (mínimo de 10 cm no PMB/12:00h), enquanto a quadratura apresentou valores mais altos (até 50 cm na VAZ/05:00h). O material em suspensão apresentou padrão inverso, com concentrações mais elevadas nas sizígias (até $98,3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e menores nas quadraturas ($24,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), indicando uma relação inversa entre turbidez e profundidade óptica.

A profundidade local variou entre cerca de 25,6 m e 32,7 m (Fig. 4c), com valores ligeiramente maiores durante a quadratura. A salinidade permaneceu relativamente alta e estável (em torno de 35-37), caracterizando o estuário como euhalino. A temperatura da água manteve-se constante em torno de 28 °C ao longo de todas as marés, refletindo a estabilidade térmica do ambiente no período seco.

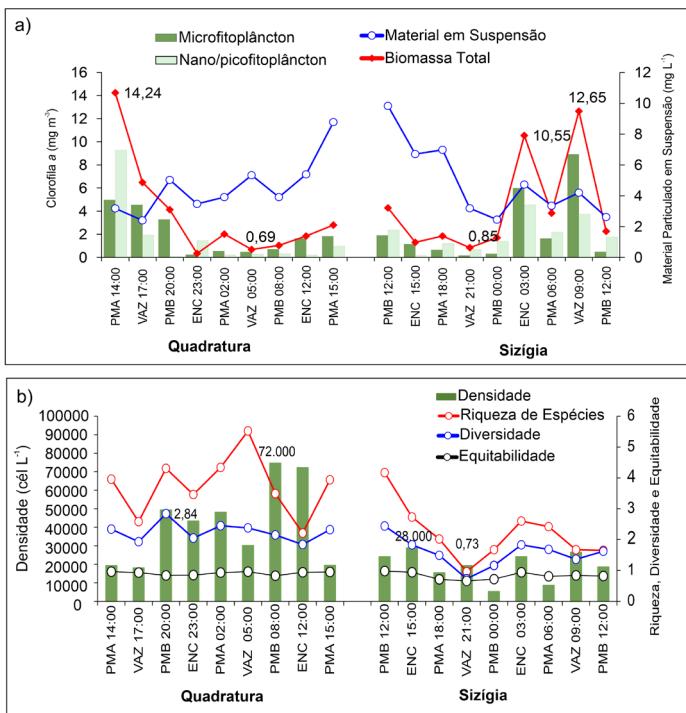
Figura 4. Variação nictemeral dos parâmetros hidrológicos no estuário do Porto do Itaqui (MA). (a) Velocidade e direção das correntes, (b) Transparência da água e concentração de material em suspensão e (c) Profundidade local, salinidade e temperatura da água.



3.2 VARIAÇÕES NICTEMERAIS DA BIOMASSA, DENSIDADE E DIVERSIDADE FITOPLANCTÔNICA

Durante o ciclo nictemeral, observou-se variação significativa nos valores de clorofila a, material em suspensão e na composição da biomassa fitoplânctonica entre os períodos de quadratura e sizígia (Fig. 5a). As maiores concentrações de clorofila a total foram registradas nas marés de quadratura, com destaque para PMA/14:00h (14,24 mg·m⁻³), seguida pela maré de sizígia VAZ/09:50h (12,65 mg·m⁻³). Em geral, a biomassa fitoplânctonica foi maior durante a quadratura, especialmente associada à dominância do microfitoplâncton, que respondeu por mais de 85% da biomassa em grande parte das amostras. Já nas sizígias, predominou o nano/picofitoplâncton, indicando uma mudança na estrutura da comunidade em função do regime de maré.

Figura 5. Variação nictemeral da comunidade fitoplânctonica durante marés de quadratura e sizígia no estuário do Porto do Itaqui (MA). (a) Concentração de clorofila a total, material em suspensão e biomassa fracionada (microfitoplâncton; >20 µm) e (nano/picofitoplâncton; <20 µm). (b) Densidade fitoplânctonica e índices ecológicos.



O material em suspensão apresentou padrão inversamente proporcional à transparência da água (não mostrada nesta figura), com valores elevados coincidindo com picos de clorofila a, sugerindo que a turbidez pode estar associada ao aporte de nutrientes em suspensão. Quanto à densidade fitoplanctônica (Fig. 5b), os maiores valores foram quantificados nas marés de quadratura, alcançando $72.000 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$ na ENC/12:00h. Nas marés de sizígia, os valores foram consideravelmente menores, com destaque para ENC/15:00h ($28.879 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$). Em relação aos índices ecológicos, a diversidade específica variou entre 0,73 e 2,38 bits·cél $^{-1}$, sendo os maiores valores também associados às marés de quadratura. A riqueza de espécies foi ligeiramente superior nesse mesmo período, enquanto a equitabilidade manteve-se elevada ($>0,95$) em ambos os regimes, indicando uma distribuição relativamente homogênea das espécies presentes.

4 DISCUSSÃO



Os dados obtidos no estuário do Porto do Itaqui em outubro de 2007 refletem condições típicas do período seco, com ausência de precipitação e baixa umidade, conforme o padrão climático da costa maranhense (Sá *et al.*, 2022). As altas velocidades do vento nesse período favoreceram a ressuspensão de sedimentos, aumentando o material particulado em suspensão (SPM), especialmente durante marés de sizígia, que também apresentaram transparência mínima da água (~10 cm), como observado por Cavalcanti-Lima *et al.* (2022) e Furtado *et al.* (2024).



A salinidade média elevada (35,05) classificou o sistema como euhalino, com variações discretas entre os regimes de maré, sendo maiores durante as sizígias – um padrão comum em estuários sob baixa descarga fluvial (Sá *et al.*, 2017). A temperatura da água (~28 °C) manteve-se constante, refletindo a estabilidade térmica promovida por mistura vertical eficiente, típica de estuários rasos e macromareais. Esse comportamento foi corroborado por Santos *et al.* (2025), que relataram homogeneidade térmica no Complexo Estuarino de São Marcos ao longo de todo o ano.

A produtividade fitoplânctonica, estimada por clorofila-a, foi maior nas quadraturas (0,69–14,24 mg·m⁻³), favorecida por maior transparência e incidência solar (Otsuka *et al.*, 2014). Nas sizígias, a elevada turbidez limitou a penetração luminosa e reduziu a produção primária, embora picos localizados de biomassa tenham sido registrados, possivelmente pela ressuspensão de nutrientes – um processo de fertilização natural típico de estuários tropicais (Gómes *et al.*, 2021; Statham, 2011).

A composição da comunidade também variou com o regime de maré: o microfitoplâncton (>20 µm) foi dominante nas quadraturas, com densidades de até 72.000 cél·L⁻¹ (Cavalcanti-Lima *et al.*, 2018), enquanto nano/picofitoplâncton (<20 µm) prevaleceram nas sizígias, associadas à menor luminosidade (Sá *et al.*, 2017). Embora os menores autotróficos geralmente dominem a produção primária estuarina, blooms de diatomáceas e cadeias algais explicam a dominância do microfitoplâncton em ambientes eutróficos com turbidez moderada (Cavalcanti-Lima *et al.*, 2018).

A diversidade específica foi maior nas quadraturas (Shannon até 2,38 bits·cél⁻¹), associada à menor turbulência, e a equitabilidade manteve-se alta (>0,95) em ambos os regimes. Por fim, a densidade fitoplancônica no estuário do Porto do Itaqui, mesmo nas marés de sizígia, manteve-se abaixo do limiar crítico de eutrofização (20 milhões cél·L⁻¹), indicando ausência de desequilíbrio trófico severo. Esse padrão é semelhante ao observado por Sá et al. (2022) no estuário do rio Itapecuru, onde, apesar da intrusão salina e da influência antrópica, as densidades também permaneceram controladas, evidenciando o papel regulador da hidrodinâmica e da turbidez em estuários tropicais de macromaré.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica nictemeral no estuário do Porto do Itaqui é fortemente influenciada pelos regimes de maré, afetando os parâmetros físico-químicos e a estrutura fitoplancônica. As marés de quadratura proporcionaram maior transparência e estabilidade ambiental, resultando em maiores concentrações de clorofila a, densidade fitoplancônica e diversidade de espécies, com predominância do microfitoplâncton. Já as marés de sizígia, caracterizadas por maior energia hidrodinâmica, apresentaram maior turbidez, menor biomassa e predomínio do nano/picofitoplâncton. Esses resultados evidenciam o papel central das marés na modulação da produtividade primária estuarina e reforçam a importância do monitoramento contínuo em áreas portuárias para compreender e preservar a dinâmica ecológica desses ecossistemas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. N. de; SZLAFSZTEIN, C. F.; FILHO, P. W. M. e S.; ARAÚJO, A. de R.; GOMES, M. K. T. A socioeconomic and natural vulnerability index for oil spills in an Amazonian harbor: A case study using GIS and remote sensing. *Journal of Environmental Management*, v. 91, n. 10, p. 1972–1980, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.04.016>.

CAVALCANTI, L. F. et al. Drivers of phytoplankton biomass and diversity in a macrotidal bay of the Amazon Mangrove Coast, a Ramsar site. *Ecohydrology & Hydrobiology*, v. 22, n. 3, p. 435–453, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2022.02.002>.

CAVALCANTI, L. F. et al. Structure of microphytoplankton community and environmental variables in a macrotidal estuarine complex, São Marcos Bay, Maranhão - Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 66, n. 3, p. 283–300, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1679-87592018021906603>.

DOUGLAS, E. et al. Estuaries as coastal reactors: importance of shallow seafloor habitats for primary productivity and nutrient transformation, and impacts of sea level rise. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, v. 56, p. 553–569, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/00288330.2022.2107027>.

FURTADO, J. A. et al. Multimetric trophic status and harmful algal species in a harbor area of the Amazon Macrotidal Mangrove Coast. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2024.10.002>.

GÓMES, V. J. C. et al. Suspended-sediment distribution patterns in tide-dominated estuaries on the Eastern Amazon Coast: Geomorphic controls of turbidity-maxima formation. *Water*, v. 13, n. 11, p. 1568, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13111568>.

IADTEM, N. et al. Application of dominant phytoplankton to assess water quality in small reservoirs. *Journal of Ecological Engineering*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/203312>.

NIEKERK, L. et al. Country-level ecosystems accounts for estuaries: South Africa's experience with a Transitional Realm. 2021.

OTSUKA, A. Y. et al. Condições ambientais do estuário do rio Bota-fogo (Itamaracá-Pernambuco-Brasil): clorofila a e algumas variáveis ambientais. *Tropical Oceanography*, v. 42, n. 3, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v42i3.5773>.

PARDAL, A.; CHRISTOFOLETTI, R.; MARTINEZ, A. Urbanisation on the coastline of the most populous and developed state of Brazil: the extent of coastal hardening and occupations in low-elevation zones. *Anthropocene Coasts*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44218-024-00048-8>.

SÁ, A. K. D. S. et al. Phytoplankton community dynamics in response to seawater intrusion in a tropical macrotidal river-estuary continuum. *Hydrobiologia*, v. 850, n. 20, p. 4351-4383, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04851-7>.

SÁ, A. K. D. S. et al. Spatial and seasonal variation of microphytoplankton community and the correlation with environmental parameters in a hypereutrophic tropical estuary - Maranhão - Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 65, n. 3, p. 356-372, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1679-87592017134406503>.

SANTOS, V. H. M. S. et al. Estuarine circulation in a tropical macrotidal estuary on the Amazon Coast: Relating thermohaline structure and suspended particulate matter concentration. *Estuaries and Coasts*, v. 48, n. 5, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12237-025-01562-9>.

SONG, Y. et al. Effects of riverine nutrient enrichment and sediment reduction on high primary productivity zone in the Yangtze River estuary: historical reconstruction and future perspective. *Frontiers in Marine Science*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1529744>.

SOUZA FILHO, P. W. M. et al. Zona Costeira Amazônica: O cenário regional e os indicadores bibliométricos em C&T. Bibliografia da Zona Costeira Amazônica. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/Universidade Federal do Pará/Petrobras, 2005. 401 p.

STATHAM, P. J. Nutrients in estuaries – An overview and the potential impacts of climate change. *The Science of the Total Environment*, v. 434, p. 213–227, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.088>.

STRICKLAND, J. D.; PARSONS, T. S. A practical handbook of sea water analysis. 2. ed. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, v. 167, p. 1–205, 1972.

TYLER, J. E. The Secchi disk. *Limnology and Oceanography*, v. 13, n. 1, p. 1–6, 1968.

UNESCO. Determination of photosynthetic pigments in sea water. Paris: UNESCO, 1966.

CAPÍTULO 2 - USO DE METODOLOGIAS INTERATIVAS COMO ESTRATÉGIA PARA O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE BOTÂNICA

Jalisson de Sousa Alves¹

Rayane Serra Rosas¹

Danielle Stephanie Campos Souza¹

Rayane dos Santos Castro¹

Raissa Nyra da Silva Batista²

Julia Isabelle dos Santos Freire³

Pedro Neto de Sousa Silva¹

Edvane Gomes de Almeida⁴

¹Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

²Instituto Federal do Maranhão - IFMA

³Centro Educacional Paulo Freire - CEPC

⁴Parque Ambiental da Alumar - ALUMAR



RESUMO

O ensino de Botânica ainda enfrenta resistência no ambiente escolar, muitas vezes por conta de abordagens tradicionais que dificultam a compreensão e desmotivam os estudantes. Este estudo teve como objetivo analisar o impacto de metodologias interativas no processo de ensino-aprendizagem de Botânica, buscar tornar os conteúdos mais acessíveis e dinâmicos. A pesquisa foi realizada com 50 estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental em uma escola pública de São Luís - MA, sendo aplicados questionários diagnósticos antes do desenvolvimento das ações (pré-teste) e após a efetivação das atividades (pós-teste), sendo proferidas palestras, exibição de vídeos pedagógicos, utilização de modelos didáticos e aplicação do "Bioquiz" por meio da plataforma Kahoot! Os dados obtidos indicaram avanços representativos na compreensão dos conteúdos abordados, visto que houve o reconhecimento do termo Botânica, aumentando de 47,2% para 97,3%. Além disso 94,2% dos estudantes reconheceram a importância de metodologias interativas, destacando o aumento do interesse e da facilidade de aprendizagem. As atividades propostas estimularam diferentes estilos de aprendizagem e promoveram interação entre os estudantes e os conteúdos, contribuindo para a construção de um conhecimento mais solidificado. Os resultados reforçam a importância de estratégias pedagógicas criativas e diversificadas no Ensino de Ciências, especialmente no que se refere à Botânica, como forma de superar as dificuldades históricas associadas à disciplina e favorecer uma formação mais crítica e ambientalmente consciente.

Palavras-chaves: Ciências; Educação Ambiental; Recursos Didáticos; Vegetais.



1 INTRODUÇÃO

As plantas desempenham um papel crucial na manutenção da vida e no equilíbrio dos ecossistemas do planeta, destacando-se, portanto, no ensino de Ciências e Biologia (Raven *et al.*, 2014). Dessa forma, configura-se como uma das maiores riquezas ambientais da humanidade (Barbosa; Gomes Filho, 2022), desempenhando um papel fundamental na preservação da vida no planeta, pois constituem a base da cadeia alimentar (Cabral; Pereira, 2015; Vieira; Corrêa, 2020).

A abordagem dos conceitos botânicos tem se tornado cada vez mais relevantes nos níveis Fundamental, Médio e Superior de ensino, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades essenciais à compreensão da importância do Reino Plantae na manutenção da vida (Ceccantini, 2006; Dias *et al.*, 2020).

Apesar de sua importância, o ensino de Botânica ainda enfrenta obstáculos expressivos, reduzindo o engajamento de estudantes e comprometendo a formação pedagógica de futuros docentes de Ciências e Biologia (Tatsch; Sepel, 2022). A percepção de que os conteúdos botânicos são excessivamente complexos e pouco conectados ao cotidiano dificulta a educação ambiental, limitando a sensibilização e o cuidado com as plantas (Ribeiro; Carvalho, 2017; Oliveira *et al.*, 2022).

No ensino da Botânica predominam estratégias pedagógicas baseadas em aulas expositivas, além da falta de infraestrutura das unidades de ensino (Silva; Ghilardi-Lopes, 2014; Cabral; Pereira, 2015). O uso de livros didáticos ocorre de maneira recorrente e, muitas vezes, o tema é explorada apenas de forma pontual, em da-

tas comemorativas como o Dia da Árvore, Semana do Meio Ambiente ou em Feiras de Ciências (Ceccantini, 2006; Oliveira *et al.*, 2023). Neste contexto Nicola e Paniz (2016), destacam a importância de renovar as metodologias de ensino de Botânica, de modo a favorecer uma maior aproximação dos estudantes com os trabalhos.

Nessa perspectiva, Perticarrariet *et al.* (2011) e Vieira e Corrêa (2020) enfatizam que práticas experimentais com abordagem investigativas favorecem a aprendizagem ativa, ao possibilitar que os estudantes estabeleçam relações entre os conteúdos biológicos e contextos reais. Uma prática recorrente é a utilização de recursos visuais como maquetes, simulações e representações tridimensionais, além de modelos didáticos, possibilitando a materialização de estruturas botânicas que nem são perceptíveis em modelos reais (Vieira; Corrêa, 2020; Rebouças *et al.*, 2021).

Os jogos didáticos têm se consolidado como recursos pedagógicos eficazes no processo de ensino-aprendizagem, especialmente por sua capacidade de tornar as aulas mais atrativas e participativas (Campos *et al.*, 2002; Miranda *et al.*, 2019). Aliado a isso, a incorporação de recursos audiovisuais configura-se como uma prática pedagógica promissora, capaz de engajar os estudantes de forma mais significativa, integrando as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), especialmente ao processo educativo (Cozendey *et al.*, 2005; Cabral; Pereira, 2015).

Diante da recorrente desmotivação dos estudantes em relação ao ensino de Botânica, é imprescindível investir em metodologias inovadoras que articulem teoria e prática, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e significativo (Silva *et al.*, 2024).

O presente estudo tem como objetivo analisar o potencial das metodologias interativas no processo de ensino-aprendizagem de Botânica, com foco na superação das dificuldades enfrentadas pelos estudantes e na promoção de um aprendizado mais solidificado, acessível e conectado à realidade.



2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho se baseia na pesquisa de intervenção com abordagem da pesquisa quantitativa e qualitativa, uma vez que os dados coletados foram analisados utilizando instrumentos subjetivos e de contabilização, através da observação e uso de questionários, conversas em grupos de discussão e audiovisual, sendo os resultados dispostos de forma descritiva (Gonsalves, 2007).

O projeto foi desenvolvido em uma escola pública municipal, situada no Bairro da Cidade Operária, na cidade de São Luís – MA, durante o período de agosto de 2023 a janeiro de 2024, tendo como público-alvo estudantes de turmas do 9º ano, vespertino do ensino fundamental, com idades entre 13 e 16 anos, totalizando 50 participantes.

Para que o primeiro questionário fosse aplicado em salas de aula, os estudantes tiveram acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), destacando o objetivo da pesquisa, metodologia empregada, do direito de não participar e de como os resultados seriam utilizados, tendo, em mãos, suas autorizações, concordando com a abordagem aplicada e com a divulgação dos resultados.

Foram utilizados questionários de pré-teste semiestruturados, com perguntas fechadas e abertas, como mecanismo de coleta de dados e análise do conhecimento prévio que os participantes possuíam ao longo de suas trajetórias escolares sobre a temática Botânica, o que facilitou a visão crítico-metodológica e nos fez pensar em alternativas pedagógicas a serem trabalhadas em sala de aula.

Dando continuidade às atividades, foi realizada uma palestra intitulada “Reino Vegetal e suas curiosidades”, na qual foram discutidos aspectos da anatomia vegetal e sua relevância ecológica. A exposição contou com o apoio de esquemas ilustrativos confecionados em cartolinhas, utilizados como recurso didático alternativo para facilitar a compreensão dos estudantes.

Em seguida, foram selecionados vídeos de caráter educativo relacionados à Botânica, com ênfase nas adaptações morfológicas das plantas e no processo de obtenção de alimento por meio da fotosíntese. A exibição do material audiovisual ocorreu nas turmas participantes, com o uso de data show, notebook e caixas de som, viabilizando uma abordagem prática e interativa dos conteúdos.

Após a exibição dos vídeos educativos, foi aplicada a atividade interativa, formato jogo virtual, com perguntas curtas e objetivas e três alternativas de respostas, na área da Botânica, denominado “Bioquiz”, utilizando a plataforma digital Kahoot!, com o intuito de revisar e consolidar os conteúdos abordados. Os estudantes participaram em equipes, acessando o quiz por meio de seus próprios dispositivos móveis (celulares e tablets), com auxílio de um código de acesso disponibilizado pelo mediador da atividade. As questões, previamente elaboradas com base nos temas, explorados

durante as palavras e os vídeos, foram projetadas em tempo real, via data show, com tempo limitado para respostas com a pontuação exibida automaticamente pela plataforma. Ao final da competição, o desempenho das equipes foi exibido em um ranking, e os primeiros colocados foram premiados simbolicamente como forma de incentivo.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS

De posse dos dados dos questionários pré e pós-teste, foi verificado que quando se perguntava aos alunos se tinham conhecimento do termo Botânica, antes do desenvolvimento do projeto, a maioria (52,8%) respondeu que não o conheciam, o que se faz refletir que a Botânica é uma área pouco conhecida entre o público escolar. Após a realização das etapas práticas do projeto, 97,3% dos estudantes responderam que passaram a conhecer o termo, mostrando a importância do desenvolvimento de aulas dinâmicas no ensino da Botânica.

Ao serem questionados sobre a afirmação de que todas as plantas produzem flores, frutos e sementes, 72,2% dos estudantes responderam corretamente que não, no pré-teste. No pós-teste, esse índice caiu para 95,5%, evidenciando um avanço expressivo na compreensão dos conteúdos. Por outro lado, a porcentagem de respostas equivocadas caiu de 27,8% no pré-teste para apenas 4,5% no pós-teste, indicando uma assimilação significativa das informações após a intervenção pedagógica.

Segundo Carneiro *et al.* (2016), o conhecimento prévio sobre os diferentes tipos de vegetais é influenciado pela relação que as sociedades estabelecem com as plantas. Esse conhecimento é construído através da interação com as plantas, que permite entender as características de cada espécie e sua importância para a vida no planeta

Esse avanço na compreensão conceitual também refletiu na valorização do ensino de Botânica. Quando questionados sobre a importância de se aprofundar esse conteúdo em sala de aula, 88,9% dos estudantes já demonstraram essa percepção no pré-teste. Após a realização das atividades pedagógicas, esse índice subiu para 97,3%, evidenciando não apenas uma maior sensibilização em relação ao tema, mas também o envolvimento efetivo dos participantes no processo, o que contribuiu significativamente para o êxito das práticas propostas.

Complementando as respostas objetivas sobre a importância do ensino de Botânica, os estudantes foram convidados a justificar suas percepções. As explicações evidenciaram uma compreensão mais ampla e crítica sobre a relevância desse conhecimento para a vida cotidiana e preservação. Para fins de análise, os argumentos foram agrupados em categorias temáticas, conforme sistematizado na Tabela 1.

Tabela 1. Justificativa sobre a importância do ensino da botânica nas salas de aula.

Definição/Categoria	Porcentagem (%)
Para obtenção de mais conhecimento sobre os vegetais	25
Para conscientizar as pessoas sobre o cuidado com a natureza	22
Para saber a importância das plantas para a vida das pessoas	19
Conhecimento acrescentado na aprendizagem	16
Porque se aprende como as plantas vivem	9
Não soube responder	9
Total	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Dias *et al.* (2020), aplicou uma questão semelhante à mencionada acima em seu trabalho, utilizando uma abordagem discursiva, onde os estudantes foram solicitados a definir a importância do ensino da Botânica, e pelo observado, a maioria descreveu que é importante para a compreensão da vida e diversidade de espécies, o que revelou a carência de um estudo sistemático e aprofundado sobre vegetais.

Ao serem questionados sobre a relevância do uso de metodologias diferenciadas em sala de aula, como as aplicadas no projeto, para a melhoria escolar, 94,2% dos estudantes reconheceram sua importância, enquanto apenas 6,8% demonstraram posição contrária. Dentre o que responderam positivamente, muitos manifestaram suas justificativas de forma espontânea, destacando aspectos como maior facilidade na compreensão dos conteúdos, aumento do interesse e incentivo à participação. Entre as justificativas, destacam-se:

“com metodologias diferentes, fica melhor e mais fácil o entendimento” (A1);

“assim o incentivo é maior do que ficar sempre na mesma coisa” (A2);

“porque aumentará o interesse dos alunos” (A3);

“porque o desempenho dos alunos aumenta” (A4);

“é necessário porque amplia nosso aprendizado” (A5).

Essas declarações reforçam o impacto positivo das metodologias ativas na aprendizagem e evidenciam o potencial dessas abordagens para tornar o processo educativo mais significativo. Vale ressaltar que os estudantes que discordaram da importância dessas estratégias optaram por não justificar suas respostas.

Rocha e Rodrigues (2018) destacam que os estudantes devem se sentir à vontade para expressar suas habilidades cognitivas enquanto absorvem e assimilam a realidade pedagógica e o conteúdo estudado na prática. Ao expressar suas capacidades cognitivas, os alunos são incentivados a buscar o conhecimento, explorando diversas fontes de aprendizado no cotidiano e indo além da sala de aula (Guedes *et al.*, 2024; Hachimoto, 2024).

3.2 REALIZAÇÃO DE PALESTRA INTERATIVA

A palestra interativa abordando o reino vegetal se mostrou fundamental para ampliação do entendimento dos estudantes acerca da diversidade e da importância das plantas nos ecossistemas. Abordando aspectos gerais até curiosidades sobre adaptações, usos medicinais e estratégias de sobrevivência, a atividade despertou o interesse dos estudantes e favoreceu uma abordagem mais contextualizada.

O uso de materiais didáticos ilustrativos, como cartolinhas e modelos didáticos, contribuíram para a visualização dos conteúdos, enquanto a participação ativa dos estudantes, por meio de perguntas e comentários enriquecedores, evidenciou o engajamento com o tema, conforme demonstrado na figura 1.

Figura 1. A-B. Palestra ministrada aos estudantes da escola pública municipal, São Luís – MA.

A



B



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Atualmente, a discussão sobre a importância de métodos inovadores no ensino de Botânica tem se afastado do campo puramente teórico, adotando uma abordagem mais prática (Corte *et al.*, 2018). Isso tem tornado as aulas mais atraentes e flexíveis, conforme observado por Oliveira *et al.* (2022).

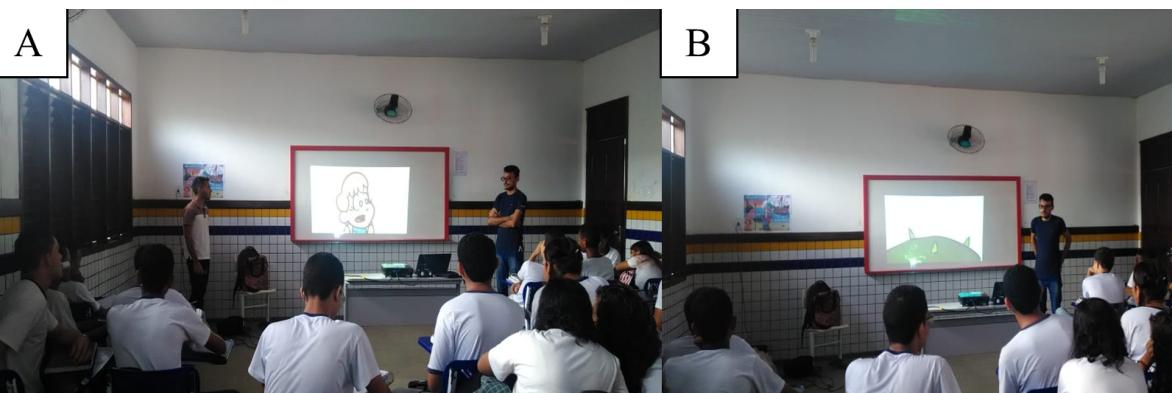


3.3 UTILIZAÇÃO DE VÍDEOS PEDAGÓGICOS

A exibição de vídeos didáticos sobre a diversidade vegetal revelou-se uma estratégia eficiente para tornar o ensino de Botânica mais acessível e estimulante. A linguagem visual facilitou a compreensão de conceitos complexos e despertou a curiosidade dos estudantes ao apresentar exemplos reais e curiosidades sobre as diferentes espécies vegetais.

Essa abordagem também promoveu maior participação em sala, com questionamentos e comentários que enriqueceram a discussão, bem como a receptividade dos alunos e o engajamento observado durante a atividade que reforçam a eficácia do recurso, como demonstrado na figura 2.

Figura 2. A-B. Registro dos estudantes durante a exibição dos vídeos pedagógicos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Segundo Paradella et al. (2020), o vídeo é um dos recursos audiovisuais mais populares no ambiente escolar e na sociedade em geral, tornando-se uma ferramenta indispensável na rotina de crianças e jovens.

Corrêa et al. (2016) ressaltam que os vídeos didáticos, como facilitadores da aprendizagem, permitem aos alunos vivenciar diversas sensações, conectando-se tanto com o mundo quanto com si mesmos.

3.4 DESENVOLVIMENTO DO “BIOQUIZ”

A aplicação do quiz interativo (Bioquiz), após a exibição de vídeos representou uma etapa significativa no processo de consolidação dos conteúdos abordados, uma vez que, revelou alto nível de participação e interatividade, com engajamento total dos estudantes, refletido no bom desempenho dos estudantes. Além de revisar os conteúdos de forma lúdica, o quiz também evidenciou a importância de se considerar diferentes estilos de aprendizagens, auditivo, visual e cinestésico, ao integrar estímulos variados, que favoreceram a compreensão e a retenção das informações (Figura 3).

Figura 2. A-B. Registro dos estudantes durante a aplicação do “Bioquiz”.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Nesse contexto, novas estratégias de ensino, como o “Bioquiz”, fazem uma grande diferença na assimilação de conteúdos complexos abordados em sala de aula. Atuando assim como uma metodologia ativa, colocando o estudante como protagonista de seu próprio aprendizado, e se mostra uma ferramenta eficiente no ensino de Botânica (Rocha; Rodrigues, 2018).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstraram que o uso de metodologias interativas no ensino de Botânica favoreceu significativamente a aprendizagem e o engajamento dos estudantes. Ao integrar estratégias como vídeos educativos, palestras, modelos didáticos e quiz, foi possível tornar os conteúdos mais acessíveis, dinâmicos e conectados à realidade dos estudantes.

Apesar dos desafios relacionados à complexidade da temática, os estudantes mostraram interesse e participação ativa quando expostos a práticas pedagógicas criativas. Dessa forma, conclui-se que a adoção de abordagens inovadoras é essencial para superar a resistência ao ensino de Botânica, promovendo uma formação mais significativa, reflexiva e ambientalmente consciente.



REFERÊNCIAS

BARBOSA, T. A.; GOMES FILHO, R. R. Biodiversidade e conservação da Caatinga: revisão sistemática. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 177-189, 2022. DOI: <https://doi.org/10.24221/jeap.7.4.2022.5228.177-189>

CABRAL, L. F. E.; PEREIRA, M. V. Produção de vídeos por estudantes do ensino médio a partir de uma visita ao jardim botânico do rio de janeiro para promoção do ensino de botânica. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 5, n.3, p. 129-143, set/dez, 2015. ISSN 2238-2380

CAMPOS, L.M.L.; BORTOLOTO, T.M.; FELÍCIO, A.K.C. A produção de jogos didáticos para o ensino de Ciências e Biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. **Cadernos do Núcleo de Ensino**, p.35-48. 2002.

CARNEIRO, Benedita S.; OLIVEIRA, Maria A. S.; MOREIRA, Raul-zito F. Educação Ambiental na Escola Pública. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 25-36, 2016. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2016.v11.1893>

CECCANTINI, G. Os tecidos vegetais têm três dimensões. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo. v. 29, n. 2. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000200015>

CORRÊA, Bruno J. S.; VIEIRA, Claudinei F.; ORIVES, Karina G. R.; FELIPPI, Marciele. Aprendendo botânica no ensino médio por meio de Atividades práticas. **Revista da SBEbio**, [S. I.], n. 9, p. 4314-4322, 2016.

CORTE, Viviana B.; SARAIVA, Fernanda G.; PERIN, Idalina T. de A. L. Modelos didáticos como estratégia investigativa e colaborativa para o ensino de Botânica. **Revista pedagógica**, Chapecó, v. 20, n. 44, p. 172-196, 2018. DOI: 10.22196/rp.v20i44.3871

COZENDEY, S. G.; ARAÚJO, C. P.; GOMES, A.F.; SOUZA, M. O. Uma experiência de desenvolvimento de vídeos didáticos para a apresentação de conceitos básicos de Física em escolas secundárias da região Norte-Fluminense. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 16., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...**São Paulo: SBF, 2005.

DIAS, F. Y. E. de C.; OLIVEIRA, R. D. de; MENDES, R. M. de S.; PAN-TOJA, L. D. M.; BONILLA, O. H.; EDSON-CHAVES, B. O papel da Feira de Ciências como estratégia motivadora para o ensino de Botânica na educação básica. **Hoehnea**, São Paulo, v. 47, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-8906-55/2019>

GONSALVES, E. P. **Iniciação à Pesquisa Científica**. 4^a ed. Campinas - SP: Alínea, 2007.

GUEDES, Adenise A. de B.; LIMA, Joel C. M. de; SILVA, Josivaldo J. G.; FIGUEIREDO, Malena P. P. de; PEREIRA, Maria M. H. de F. A Utilização do Lúdico nas Aulas de Educação Física Escolar. **RC-MOS - Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, Brasil, v. 1, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.51473/rcmos.v1i1.2024.566>

HACHIMOTO, Angra L. Promovendo a oralidade através de atividades lúdicas no Ensino Fundamental. **Epitaya E-books**, [S. I.], v. 1, n. 61, p. 109-116, 2024. DOI: <https://doi.org/10.47879/ed.ep.2024288p109>

MIRANDA, J. C.; SOUZA, D. G. de; ARRUDA, K. M.; COSTA, R. C. Avaliação de um jogo didático para o ensino de Botânica. In: ENCONTRO REGIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA - RJ/ES, 9., 2019, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: UFRJ, 2019.

NICOLA, J. A.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de Ciências e Biologia. **Revista NEaD-Unesp**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 355-381, 2016.

OLIVEIRA, A. P. da S.; OLIVEIRA, E. T. C. C.; QUEIROZ; L. L. G. de; CRUZ, R. D. M. Principais desafios no ensino-aprendizagem de Botânica na visão de um grupo de professores da Educação Básica. **Revista Pedagógica**, [S. I.], v. 24, n. 1, p. 1-26, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22196/rp.v24i1.6566>

OLIVEIRA, P. F. de; LISBÔA, E. S.; KOZERA, C. A construção de uma sequência didática on-line sobre a reprodução e dispersão do Pinheiro-do-Paraná Araucaria Angustifolia (Bertol.) Kuntze.

Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio, [S. I.], v. 16, n. 1, p. 275-288, 2023. DOI: <https://doi.org/10.46667/renbio.v16i1.859>

PARADELLA, Anna M.; SANTOS, Bruna L.; PINTO, Débora S.; Pinese, JULIA S. O uso do vídeo como método de ensino e recurso didático. **Revista INOVAEDUC**, Campinas/SP, n.6, p.1-17, 2020.

PERTICARRARI, A. TRIGO, F. R. BARBIERI, M. R. A contribuição de atividades em espaços não formais para a aprendizagem de botânica de alunos do ensino básico. **Revista Ciência em Tela**, Rio de Janeiro, v. 4, n.1, p. 1-12, 2011.

RAVEN, P.H. et al. **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

REBOUÇAS, N. C.; RIBEIRO, R. DE T. M.; LOIOLA, M. I. B. Do jardim à sala de aula: metodologias para o ensino de Botânica na escola. **REnCiMa**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1-23, jan./mar. 2021. DOI: [10.26843/renxima.v12n1a24](https://doi.org/10.26843/renxima.v12n1a24)

RIBEIRO, J. M. M.; CARVALHO, M. A. S. Utilização de modelos didáticos no ensino de Botânica e suas implicações no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**, v.6, n.1, p.17-37, 2017.

ROCHA, Diego F. da; RODRIGUES, Marcello. da S. Jogo didático como facilitador para o ensino de Biologia no ensino médio. **Revista CIPPUS**, Canoas, RS, v.8, n.2, nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.18316/cippus.v6i2.4742>

SILVA, J. N.; GHILARDI-LOPES, N. P. Botânica no Ensino Fundamental: diagnósticos de dificuldades no ensino e da percepção e representação da biodiversidade vegetal por estudantes. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 2, p. 115-136, 2014.

SILVA, N. M. da; SOUSA, T. B. B. de; RAMOS, M. A. A prática docente e o diálogo entre saberes no ensino de Botânica. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. I.], v. 29, n. 1, p. 157-171, 2024. DOI: [10.22600/1518-8795.ienci2024v29n1p157](https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n1p157)

TATSCH, H. M.; SEPEL, L. M. N. Ensino de botânica em espaços não formais: percepções de alunos do ensino fundamental em uma aula de campo. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. I.], v. 11, n. 4, p. e48411427393, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27393>

VIEIRA, V. J. da C.; CORRÊA, M. J. P. O uso de recursos didáticos como alternativa no ensino de Botânica. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, [S. I.], v. 13, n. 2, p. 309-327, 2020. DOI: [10.46667/renbio.v13i2.290](https://doi.org/10.46667/renbio.v13i2.290)

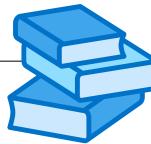
CAPÍTULO 3 - O ENSINO DA BOTÂNICA EM UMA CRECHE-ESCOLA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS, MARANHÃO NO PERÍODO DE 2018 A 2019

Raíssa Nyra da Silva Batista¹
Ana Virgínia Gomes de Oliveira²
Angélica Santos Lima¹
Cristiane Everton Santos da Silva²
Lídia Luane de Lucena Lisboa²
Rayan Rubens da Silva Alves³
Roberth dos Santos Bastos²
Sayonara Nascimento Garrêto²

¹Instituto Federal do Maranhão

²Universidade Estadual do Maranhão

³Universidade de São Paulo.



RESUMO

Os organismos do Reino *Plantae* possuem influência direta em diversos aspectos da vida humana, por isso torna-se necessário seu estudo e conservação. Todavia, o ensino da Botânica é pouco praticado em escolas primárias e carece de uma metodologia mais didática e instrumentos de ensino lúdicos para atrair e estimular a atenção, curiosidade e interesse dos estudantes. Dessa forma, esse trabalho teve como objetivos despertar o interesse das crianças pelas Ciências por meio do estudo das plantas, avaliar o conhecimento das crianças em relação às plantas, promover debates sobre a importância delas para a vida do homem, desenvolver respeito e consideração pelos seres vivos. O estudo foi realizado em uma creche-escola pública de São Luís, sendo trabalhado com 27 estudantes da Educação Infantil II, entre 4 e 5 anos. Foram avaliados seus conhecimentos prévios, seguido por apresentações interativas onde foram introduzidos a conceitos básicos da Botânica, através de mini-palestras, experimentos e oficinas. Um conhecimento básico pode ser observado entre as crianças com relação à natureza e importância das plantas. Durante as atividades notou-se que elas estavam bastante interessadas no assunto o que refletiu em suas respostas posteriores, sendo possível sensibilizar as crianças sobre o uso racional dos vegetais, cuidado com os seres vivos e benefícios do consumo de plantas, além de mostrar a importância da utilização do lúdico nas atividades feitas em sala de aula, ampliando na construção do conhecimento.

Palavras-chaves: Educação Infantil; Ensino; Meio Ambiente.



1 INTRODUÇÃO

As plantas são seres vivos fotossintetizantes e estão classificadas dentro do Reino Plantae e têm a capacidade de sintetizar compostos orgânicos utilizando a luz como fonte de energia (Pereto, 2023). De acordo com Silva *et al.* (2018), inúmeras espécies de plantas fazem parte do cotidiano das pessoas e todos têm uma relação direta ou indireta com elas, seja através de paisagismo, recreação, alimentação. Dessa forma, as pessoas desde a mais tenra idade, de maneira geral, já têm uma noção prévia do que sejam as plantas e algumas de suas partes.

Souza e Peixoto (2016) apontam que a Botânica, ciência que estuda os vegetais, enquanto área do conhecimento pode apresentar desafios didáticos como metodologia inadequada, materiais e instrumentos avaliativos ineficientes, mas se esses obstáculos forem ligados ao ambiente do aluno, aliando o científico ao popular, originará uma linguagem menos incompreensível e dessa forma permitirá que a barreira do desconhecido seja rompida e a curiosidade pelos vegetais seja impulsionada.

Nessa perspectiva, Venrando, Guimarães e Santos (2024) afirmam que a educação infantil é uma fase de grandes oportunidades para construir saberes contextualizados e intencionais, visto que, nesse momento a criança está explorando, brincando e vivenciando o mundo e tal comportamento deve ser valorizado e incentivado.

É necessário que desde a primeira infância as crianças sejam motivadas a entender a importância da natureza para a sociedade, suas características e como contribuir para a sua conservação, uma vez que, as plantas constituem a base da teia trófica terreste, assim é preciso estimular uma consciência ambiental na criança por meio de atividades lúdicas que proporcionem uma aprendizagem significativa sobre as plantas (Franco; Poletto, 2023).

Diante dos desafios no ensino da Botânica na Primeira Infância, como a falta de interesse por parte dos estudantes ou de recursos lúdicos que estimulem a curiosidade e observação da criança, esse trabalho teve como objetivos despertar o interesse das crianças pelas Ciências através do estudo das plantas, avaliar o conhecimento das crianças em relação às plantas, promover debates sobre a importância das plantas para a vida do homem e desenvolver respeito e consideração pelos seres vivos.

2 MATERIAL E MÉTODOS



2.1 LOCAL E PÚBLICO DO ESTUDO

Foi escolhida uma creche-escola pública situada no bairro da Cidade Operária, em São Luís – MA, ela foi selecionada por estar na área de abrangência da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). As visitas na escola foram definidas com a supervisão da diretora e da coordenadora pedagógica sendo partilhado um cronograma de atividades e encaminhado um termo de consentimento livre e esclarecido. O público trabalhado foram duas turmas da Educação Infantil II, sendo 15 (56%) do sexo masculino e 12 (44%) do feminino, totalizando 27 estudantes com a faixa etária entre 4 e 5 anos, com visitas quinzenais, durante o período de agosto de 2018 a maio de 2019.

2.2 APLICAÇÃO DO PRÉ-QUESTIONÁRIO

O pré-questionário foi elaborado com perguntas abertas, aplicado antes do início das atividades do projeto, de forma dialogada com a intenção de ponderar os conhecimentos prévios que cada criança tinha a respeito das plantas. Foram utilizados slides com figuras ilustrativas para auxiliar no entendimento das perguntas e gravador do aparelho celular para armazenar as respostas das crianças que posteriormente seriam organizadas em grupos de respostas. As perguntas contidas no questionário foram: quais as partes das plantas?, como as plantas nascem?, a importância das plantas, o uso dos vegetais no cotidiano e o cuidado com a natureza.



2.3 ESTUDO DAS SEMENTES

Foi feita uma palestra sobre a germinação, importância nutricional dos vegetais e depois foi mostrado fotos de sementes para as crianças. Em seguida, houve a exposição do vídeo sobre o conto de “João e o pé de feijão” para estimular a curiosidade das crianças sobre a temática exposta e ao final do vídeo foram feitas algumas perguntas. Além disso, foram apresentadas às crianças como aula prática, as sementes de feijão, milho, girassol e grãos de arroz para serem caracterizados em relação à forma, tamanho, cor e textura.

Na sequência, foi proposto o experimento da germinação do grão de feijão no algodão em copinhos descartáveis. Cada criança plantou e ficou responsável pela sua planta na escola, que foi regada, colocada e retirada diariamente do sol, com ajuda das professoras pelo período de 15 dias.

2.4 DIVERSIDADE DE CAULES E RAÍZES

Para demonstrar a diversidade florística foi feita uma mostra prática de flores, evidenciando suas características em relação à forma, tamanho cor e textura. Depois foram feitas algumas perguntas em relação às partes que constituíam as flores e foram mostradas fotos das mesmas para descobrirem o nome popular. As flores utilizadas foram: *Allamanda catartica* (Alamanda), *Rosa sp.* (Rosa), *Leucanthemum vulgare* (Margarida), *Hibiscus sp.* (Hibisco), *Tecoma stans* (Ipê mirim).

Em seguida, realizou-se uma dinâmica com o nome de frutos e suas respectivas árvores com a utilização de músicas e modelos didáticos de frutos pertencentes ao Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/UEMA). Além disso, foi feito um jogo da memória com frutos e suas respectivas árvores e depois as crianças desenharam suas flores e frutos favoritos.



2.5 PIQUENIQUE

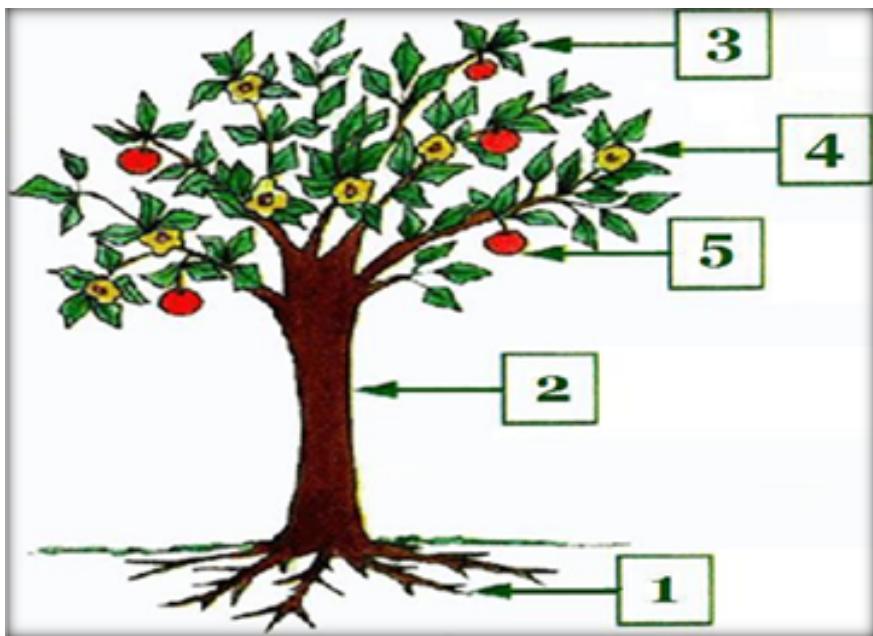
Para o encerramento do projeto foi feito um piquenique na área verde da escola, com oferecimento de sucos e salada com as frutas preferidas das crianças. Durante o encontro foram realizadas algumas dinâmicas como charadas, “Quiz” sobre vegetais e um jogo de identificação das plantas, com a utilização de modelos didáticos e músicas. Após as atividades educativas, aplicou-se o pós-questório de forma dialogada. Por fim, fez-se a entrega de mudas doadas pela Fazenda Escola da UEMA, sendo distribuídas *Alternanthera sp.* (apaga fogo), *Aloe vera* (babosa), *Asystasia sp.* (Asistásia) às crianças, professores e demais funcionários da escola.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PERCEPÇÃO DAS CRIANÇAS SOBRE AS PLANTAS

Das informações colhidas foi verificado que as crianças tinham um certo conhecimento sobre as partes das plantas, pois 74% souberam responder de forma clara as partes que constituem uma planta e 26% não souberam responder. Todavia, quando se pediu para identificar na imagem (Figura 1) cada parte da árvore, algumas confundiram as raízes (indicativo 1) com “pernas” e trocaram o termo “caule” (indicativo 2) por “tronco”, sendo este um tipo de caule.

Figura 1. Ilustração utilizada com as crianças para identificarem as partes das plantas



Fonte: Alcobia (2025).

A criança tem uma noção de mundo diferente da noção de mundo de um adulto, assim é importante que o professor use os conhecimentos prévios que os alunos possuem e apresente novos conteúdos e ao decorrer das aulas reforce informações que ainda não estão consolidadas, no caso das crianças essa mediação do conhecimento pode ser feita por meio da ludicidade e do ato de brincar (Zardini; Menezes, 2023).

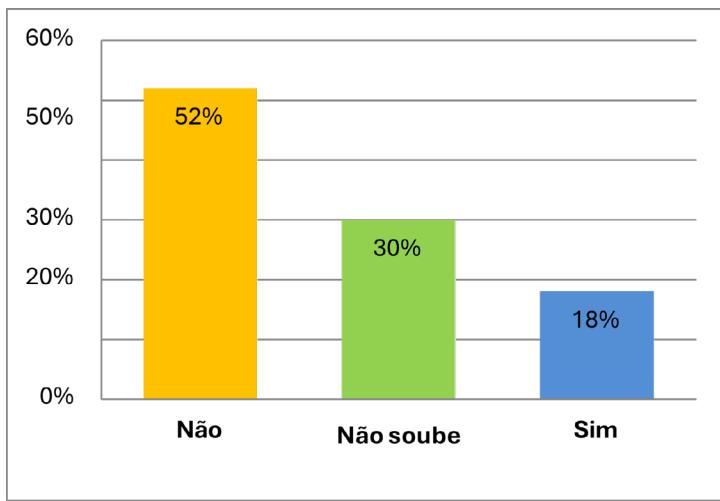
Sobre os recursos que uma planta necessita para sobreviver, as crianças informaram que os vegetais precisam apenas de água, quando questionadas mais uma vez falaram que as plantas necessitavam de sol e vento também.

Dessa maneira, as crianças mostraram ter conhecimento sobre como cuidar das plantas, assim é necessário que a escola continue incentivando as aulas de Botânica, pois a escola não é somente um espaço de socialização, é também um ambiente de troca de experiências, então quanto mais cedo as crianças tiverem contato com a natureza, mais fácil será criar uma consciência ambiental (Guennther; Ferreira; Santana, 2019).

Ao questionar sobre a importância dos vegetais para a vida do homem, algumas crianças responderam que eles são necessários apenas para alimentação. Porém, sabe-se que as plantas têm várias utilidades na vida do homem, desde a sua alimentação até ao ar puro que respira. Porém, as crianças têm seu jeito único de explicar determinados assuntos, mas que nem sempre corroboram com as explicações científicas (Cunha *et al.*, 2017).

Ao serem questionadas se os vegetais são seres vivos, 14 crianças destacaram que eles não possuíam vida, totalizando 52% e apenas 5 (18%) falaram que as plantas têm vida, como ilustra a figura 2.

Figura 2. Resposta das crianças sobre a existência de vida nos vegetais.



Fonte: Pinheiro (2019).

De acordo com Bielski (2020), o fato das plantas não possuírem sistema nervoso, serem autotróficas e não se movimentarem durante o processo de absorção de nutrientes, pode explicar a resposta negativa da maioria das crianças sobre a existência de vida nas plantas.

Com relação aos hábitos alimentares, 44% das crianças consomem com pouca frequência verduras, legumes e frutas, 37% disseram que incluem os mesmos na sua alimentação e apenas 19% não costumam comer frutas e legumes.

Dessa maneira, é importante que a família e a escola propiciem um ambiente que estimule hábitos alimentares saudáveis, pois uma alimentação inadequada pode trazer danos à saúde da criança e ela pode acabar desenvolvendo sobrepeso, obesidade e doenças crônicas relacionadas à má alimentação (Santos; Coelho; Silva, 2023).

3.2 AS SEMENTES E O PROCESSO DE GERMINAÇÃO

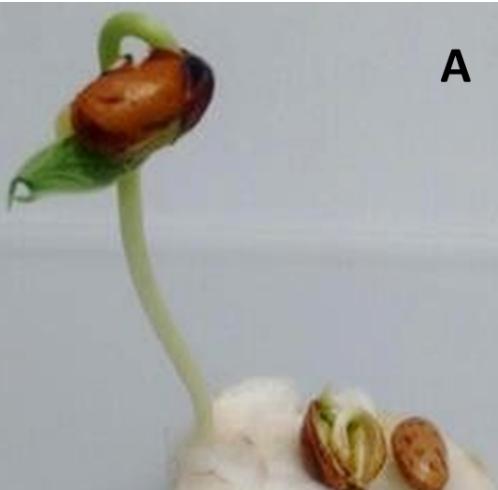
Quando as crianças foram questionadas sobre como nasce uma planta, algumas responderam de forma satisfatória, talvez pelo fato de terem trabalhado essa temática na escola. Dentre as que responderam de forma satisfatória, podemos destacar a seguinte afirmativa: “a gente faz um buraco no chão, depois joga a semente e pega um regador grande e molha a sementinha e espera ela ficar grande”.

Durante a atividade de reconhecimento de sementes por fotos, as sementes do milho, arroz, mamão e da melancia foram as mais rápidas de serem reconhecidas. Algumas crianças não sabiam o nome da semente do milho, mas ressaltaram que a pipoca era originada de tal semente.

Segundo Voltarelli e Lopes (2021) a experimentação, acertos e erros contribuem para que as crianças se familiarizem com a Ciência e construam conceitos sobre o mundo em que estão inseridas. De acordo com os mesmos autores, o processo de aprendizagem da criança acontece quando elas são incentivadas a dialogar e expressar sua opinião, pois é por meio dessa interação dialogada que o professor vai perceber as concepções e compreensões das crianças.

O experimento dos grãos de feijão no algodão umedecido é um dos mais difundidos nas aulas de Ciências. Assim, para motivar as crianças e despertar o interesse pelo assunto, foi realizada a germinação da semente do feijão, como visto na figura 3.

Figura 3. A. Feijão germinando no algodão umedecido. B. Aula expositiva sobre a germinação do feijão.



A



Fonte: Santos (2019).

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, as crianças juntamente com os professores cuidaram das sementes, e no decorrer dos dias perceberam que algumas não germinaram e outras conseguiram se desenvolver. Contudo, não foi possível plantá-las, pois em algumas cresceram fungos, que foram chamados de “bichos”.

Ao perguntar sobre o motivo de algumas sementes não germinarem, as crianças não conseguiram explicar, então foi falado que possivelmente a falta de água ou a pouca luminosidade poderiam ter afetado no processo. Para Costa e Almeida (2021) os experimentos científicos na educação infantil colaboram para a alfabetização científica das crianças e para o engajamento delas em sala de aula.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DE CAULES E RAÍZES

Em relação à aula ministrada sobre caules e raízes, as crianças foram bastante participativas e se envolveram intensamente na identificação dos materiais. Entretanto, não conseguiram identificar a “beterraba” como um tipo de raiz, mas sim como “batata” que é um tipo de caule. Dos materiais apresentados o que foi melhor identificado foi a cenoura tanto o nome vulgar como a parte da planta que ela constitui, como ilustra a tabela 1.

Tabela 1. Resultado da identificação dos materiais de caules e raízes apresentados.

ITENS AVALIADOS	RAIZ	CAULE
Beterraba	12 (44,5%)	15 (55,5%)
Cenoura	17 (63,0%)	10 (37,0%)
Cebola	09 (33,3%)	18 (66,7%)
Alho	14 (51,9%)	13 (48,1%)
Batata	11 (40,7%)	16 (59,3%)

Fonte: Batista(2019).

Na educação infantil as práticas pedagógicas de Ciências devem priorizar ações lúdicas e prazerosas que se distanciem do tradicionalismo, reconhecendo as crianças como protagonistas de seu processo de aprendizagem, promovendo situações que incentivem o pensamento crítico e que aproxime as crianças do objeto de estudo (Costa; Almeida, 2021).

3.4 ESTUDO DAS FLORES E FRUTOS

Durante a identificação do nome vulgar das flores foi possível observar que as crianças apresentaram um pouco de dificuldade, principalmente em relação a margarida que foi confundida com o

girassol. Dentre as flores mostradas as únicas que foram reconhecidas de acordo com seu nome popular foram a rosa e o girassol. Em relação às partes que constituem as flores, as crianças não conseguiram reconhecer as pétalas e as sépalas que foram chamadas de “folhas”, entretanto, essa informação é aceitável, visto que, esses termos são informações biológicas mais refinadas.

A dificuldade do reconhecimento pode estar relacionada também ao fato das crianças não terem aulas práticas. Pois as aulas práticas estimulam os estudantes no processo de fixação dos termos botânicos e estabelecem um diálogo entre a teoria e a prática, sendo a aula prática uma ferramenta essencial para a construção do pensamento científico (Bartzik; Zander, 2016).

Sobre os frutos, as crianças conseguiram identificar todos os modelos didáticos e ressaltaram que os frutos favoritos eram morango, laranja, manga, melancia e uva. Todavia, quando indagadas sobre o nome popular da árvore correspondente a cada fruto apresentando a elas, percebeu-se que algumas não sabiam o nome vulgar ou apenas adicionavam o sufixo “zeiro (a)” como no caso da maçã que a árvore foi chamada de “maçazeira”, e a do mamão de “mamozeiro”. Porém, após a explicação final e com o auxílio de músicas sobre o tema, e do jogo da memória as crianças ficaram bem atenciosas e suas dúvidas sobre os nomes puderam ser respondidas.

3.5 ANÁLISE DO PRÉ-QUESTIONÁRIO

Foram aplicados pós-questionários (figura 4) com as crianças de ambas as turmas de forma dialogada com o objetivo de saber a percepção das mesmas com relação às atividades desenvolvidas. No pós-questionário quando as crianças da creche foram interro-

gadas sobre a importância dos vegetais, elas afirmaram novamente a questão da alimentação, mas afirmaram também que alguns animais como os pássaros utilizam as árvores para se abrigar. No que se refere às partes das plantas, todas as crianças conseguiram identificá-las com o auxílio de jogos, modelos didáticos de frutos e flores e relatando ainda que as raízes não são "pernas" quando questionadas.

Figura 4. Aplicação do questionário no piquenique



Fonte: Azevedo (2019).

Sobre as plantas possuírem vida, algumas crianças ainda tinham a dúvida se as plantas são seres vivos, mas a grande maioria (67%) afirmou que a planta tem vida, pois ela consegue crescer e se desenvolver. De acordo com Lorenzato (2017), um conceito para ser aprendido deve ser repetido diversas vezes, mas respeitando o tempo do educando em aprender.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ensinar Botânica na pré-escola é algo motivador, pois as crianças se engajam em aprender e apresentam uma boa visão da área, mesmo em níveis básicos. Dessa maneira, foi possível ponderar os conhecimentos das crianças sobre as plantas e aproxima-las da ciência por meio das palestras e atividades realizadas com os vegetais.

Com a finalização desse projeto conseguiu-se sensibilizar as crianças sobre o uso racional dos vegetais, cuidado com os seres vivos e benefícios do consumo de plantas por meio das aulas práticas e teóricas ministradas e da utilização dos modelos didáticos que serviram como recurso de demonstração e explicação dos conteúdos de flor, fruto e semente. Também foi possível mostrar a importância das plantas para a vida do homem por meio dos diálogos e questionamentos em sala aula.

O estudo também mostrou a importância da utilização do lúdico nas atividades feitas em sala de aula, ajudando na construção e ampliação do conhecimento. Assim, outros profissionais da educação podem usar a mesma metodologia em sala de aula para despertar o interesse dos estudantes pela Botânica uma área considerada por muitos estudantes como desinteressante.

REFERÊNCIAS

ALCOBIA, V. Constituição da árvore. **Quizlet**, 2025. Disponível em: <https://quizlet.com/pt/451886964/constituicao-da-arvore-diagram/>. Acesso em: 27 jul. 2025.

BARTZIK, F.; ZANDER, L. D. A IMPORTÂNCIA DAS AULAS PRÁTICAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL. **@rquivo Brasileiro de Educação**, Belo Horizonte, v. 4, n. 8, p. 31-38, 2016.

BIELSKI, J. **Contato afetivo com as plantas na educação infantil como contribuição para superar a cegueira vegetal**. TCC (Especialização em Práticas Educacionais em Ciências e Pluralidade) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, p. 62. 2020.

COSTA, E. G.; ALMEIDA, A. C. P. C. **O ensino de ciências na educação infantil em uma abordagem CTS**: O que as pesquisas mostram. Anais do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campina Grande: Realize Editora, 2021.

CUNHA, M. B.; RITTER, O. M. S.; VOGHT, C. F. G.; SANTO, E.Z.; GRANDO, L. M.; LEITE, R. F. "Comquímica das crianças": um projeto de iniciação à ciência. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 8, n. 2, p.113-120, 2017.

FRANCO, F.; POLETTI, R. S. Ensino de Botânica nos anos iniciais da educação básica: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Diálogo e Interação**, v. 17, n. 1, p. 43-58, 2023.

GUENNTHER. M.; FERREIRA, M. L. S.; SANTANA, A. D. S. Brincando com os resíduos: reutilização e reciclagem na educação infantil. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v.14, n.1, p.101-110, 2019.

LORENZATO, S. **Educação infantil e percepção matemática**. São Paulo: Autores associados, 2017. 277p.

PERETO, S. C. A. S. **Botânica**: o incrível mundo das plantas. 1 ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 87p. 2023.

SANTOS, J.; COELHO, T. A.; SILVA, R. Fatores que interferem na formação do hábito alimentar saudável na infância: uma revisão bibliográfica. **Revista Científica do UBM**, n. 48, p. 80-94, 2023.

SILVA, J. P. S.; SANTOS, R. R.; OLIVEIRA, F. M. V. A.; FREIXO, A. A. "As plantas vão à mesa": Trabalhando o reino Plantae e a importância dos vegetais na alimentação humana. III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. **Anais...** Campina Grande, PB. 2018.

SOUZA, R. A. P.; PEIXOTO, K. F. A Botânica Na Escola: Composição Morfológica Florística do Lavrado Roraimense e sua utilização Como Material Didático. In: Congresso Nacional de Educação, 3, 2016, Natal. **Anais...** Natal: Realize, 2016.

VENERANDO, A.; GUIMARÃES, F. M. S.; SANTOS, F. S. Botânica na Educação Infantil: o trabalho sobre árvores com crianças em uma escola municipal em Campinas (São Paulo, Brasil). In: GONÇALVES, M. C. S.; COSTA, C. T. O. P.; OLIVEIRA, M. R. N. (orgs.).

Educação: Reflexões e Experiências. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2024. p. 280-292.

VOLTARELLI, M. A.; LOPES, E. A. M. Infância e Educação Científica: perspectivas para aprendizagem docente. **Educar em Revista**, v. 37, p. e75394, 2021.

ZARDINI, N.; MENEZES, R. Ludicidade e o desenvolvimento da criança na educação infantil. **ISCI Revista Científica**, v. 10, n. 10, p. 127 - 137, 2023.

CAPÍTULO 4 - DIVERSIDADE FUNCIONAL DO FITOPLÂNCTON EM UM ESTUÁRIO TROPICAL ANTROPIZADO NA MARGEM EQUATORIAL BRASILEIRA

Danielle Stephane Campos Souza¹
Andrea Christina Gomes de Azevedo-Cutrim¹
Marco Valério Jansen Cutrim²
Rayane Serra Rosas¹
Jálisson De Sousa Alves¹
Ana Karoline Duarte dos Santos Sá²
Christyélen Campos Souza¹
Thiago Ferreira Pinheiro²
Cristine Fernanda da Silva Costa¹

¹Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

²Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

RESUMO

Os estuários são ecossistemas altamente produtivos e dinâmicos, influenciados por fatores naturais e antrópicos. No estuário do rio Anil (ERA), a diversidade funcional (DF) do fitoplâncton foi analisada com base em traços morfológicos e ecológicos. O estudo teve como objetivo avaliar a diversidade funcional (FD) do fitoplâncton em um estuário tropical situado na margem equatorial brasileira, considerando a composição e estrutura funcional do fitoplâncton entre setores com diferentes níveis de eutrofização (SI e SII) e períodos sazonais (estiagem e chuvoso), a partir de amostras coletadas entre 2022 e 2023. Foram identificados 234 táxons, com predomínio de diatomáceas (Bacillariophyta), seguidas por cianobactérias, Myozoa, Chlorophyta e Charophyta. A maioria das espécies era autotrófica e pertencente ao microfitoplâncton ($>20 \mu\text{m}$), com destaque para estratégias morfológicas e tróficas variadas, incluindo formas coloniais, flageladas e mixotróficas. A presença de organismos mixotróficos indica estratégias de sobrevivência frente à competição por nutrientes. Os índices funcionais demonstraram maior DF no setor mais eutrofizado (SII), embora com baixa riqueza (FRic) e equitabilidade (FEve), indicando que as espécies dominantes possuem traços funcionais distintos, mas ocupam um espaço funcional restrito e pouco uniforme. A dispersão funcional (FDis) manteve-se alta ao

longo do estuário, refletindo uma comunidade adaptável, e a divergência funcional (FDiv) foi maior nos períodos secos, sinalizando variação nos traços das espécies dominantes. Os resultados evidenciam que a diversidade funcional do fitoplâncton é um indicador sensível das condições ecológicas locais, sendo essencial para compreender a resiliência e o funcionamento dos ecossistemas estuarinos frente a impactos ambientais. Assim, o estudo destaca a importância do monitoramento da comunidade fitoplancônica para subsidiar ações de gestão e conservação do ERA.

Palavras-chaves: Diatomáceas; Eutrofização; Traços funcionais.

1 INTRODUÇÃO

Os estuários figuram entre os ecossistemas mais produtivos do planeta, atuando como zonas de transição entre ambientes continentais e marinhos, onde processos hidrodinâmicos e biogeoquímicos promovem intensa ciclagem de matéria e energia (Jacquemot *et al.*, 2021). Na costa amazônica brasileira, os estuários apresentam regime macromareal semidiurno, em que a circulação e o transporte de sedimentos e nutrientes são amplamente modulados pelas oscilações das marés (Gomes *et al.*, 2021; Nunes *et al.*, 2023).



O fitoplâncton, por sua vez, constitui um dos principais componentes biológicos desses ambientes. Trata-se de um grupo diversificado de algas microscópicas fotossintetizantes que habitam preferencialmente a coluna d'água (Cunha *et al.*, 2019). Esses microrganismos formam a base da cadeia alimentar aquática e são essenciais na determinação da produtividade dos ecossistemas estuarinos (Henson *et al.*, 2021).

Nesses ambientes, o fitoplâncton constitui a base da cadeia trófica aquática, desempenhando papel essencial na produtividade primária e nos ciclos biogeoquímicos (Cunha *et al.*, 2019; Henson *et al.*, 2021). No entanto, sua estrutura e dinâmica são fortemente influenciadas por variáveis ambientais e perturbações antrópicas, incluindo mudanças climáticas, aumento da carga de nutrientes, alterações nos regimes hidrológicos e perda da sua diversidade (Dashkova *et al.*, 2022; Henson *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, a abordagem funcional tem ganhado destaque como ferramenta para compreender as respostas ecológicas do fitoplâncton a tais pressões. Diferentemente da abordagem taxonômica tradicional, a perspectiva funcional considera os traços morfológicos, fisiológicos e ecológicos das espécies, como tamanho celular, formação de colônias, motilidade e estratégias tróficas, fornecendo uma perspectiva mais aprofundada sobre os mecanismos que regulam a estrutura e o funcionamento das comunidades aquáticas (Zanon *et al.*, 2021).

A diversidade funcional (FD) do fitoplâncton, especialmente em estuários antropizados, é fundamental para a manutenção da resiliência e estabilidade ecológica. Ambientes sujeitos à eutrofização, poluição e alterações hidrológicas exigem comunidades capazes de se adaptar rapidamente às mudanças, mantendo processos como a produção primária e a reciclagem de nutrientes. Dessa forma, uma comunidade com maior riqueza e variação funcional tende a sustentar serviços ecossistêmicos mesmo sob estresse ambiental (Borics *et al.*, 2013; David *et al.*, 2020).

Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar a diversidade funcional do fitoplâncton em um estuário tropical situado na margem equatorial brasileira. A análise da composição funcional dessas comunidades pode fornecer subsídios para o diagnóstico ecológico do sistema, além de embasar estratégias de monitoramento e recuperação ambiental frente aos impactos crescentes sobre os ecossistemas estuarinos.

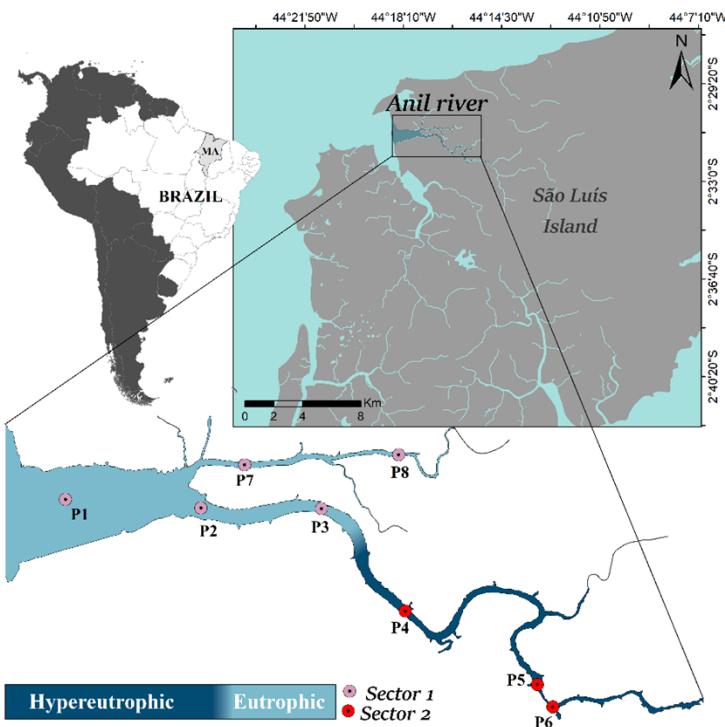


2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estuário do rio Anil (ERA) está localizado na costa norte do estado do Maranhão, ao longo da margem equatorial brasileira (Fig. 1). Trata-se de um sistema macromareal semidiurno, inserido em uma região de clima tropical úmido, com precipitação anual superior a 1.900 mm. A sazonalidade é marcada por um período chuvoso (janeiro a junho) e um período seco (julho a dezembro), com a variabilidade climática influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (INMET, <https://portal.inmet.gov.br/>).

Figura 1. Localização do estuário do rio Anil (ERA), no estado do Maranhão, Brasil.



Fonte: Souza (2025).

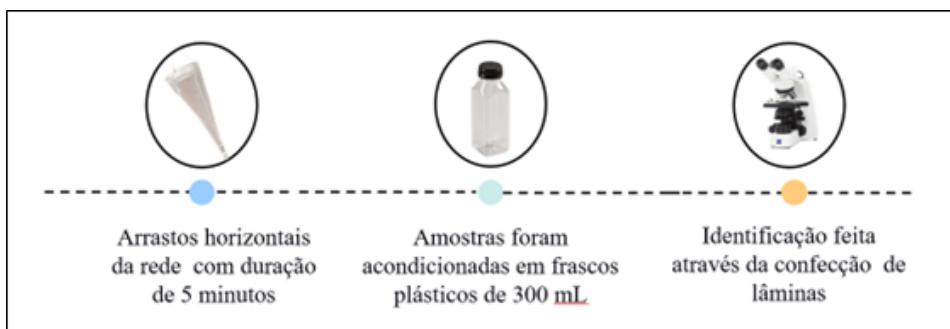
As amostragens foram realizadas entre 2022 e 2023 em oito estações ao longo do gradiente estuarino: P1 – Ponte Gov. José Sarney, P2 – Ponte Bandeira Tribuzzi, P3 – Av. Quarto Centenário/Liberdade, P4 – Av. Quarto Centenário/Hospital Sarah, P5 – Ponte do Ipase/Caratatua, P6 – Ponte do Ipase 2/Vila Palmeira, P7 – Igarapé do Vinhais e P8 – Sítio Santa Eulália.

Segundo Oliveira et al. (2024), os pontos P1, P2, P3, P7 e P8 pertencem ao Setor I (caracterizado como eutrófico), enquanto P4, P5 e P6 compõem o Setor II (classificado como hipereutrófico).

2.2 COMPOSIÇÃO E DENSIDADE DO FITOPLÂNCTON

A composição do fitoplâncton foi avaliada através de arrastos horizontais da superfície da coluna d'água com duração de cinco minutos, utilizando rede cônicas-cilíndricas com malha de 45 µm. Em laboratório, a identificação do fitoplâncton ocorreu através da confecção de lâminas analisadas com o auxílio do microscópio óptico Zeiss® e literatura recomendada (Fig. 2).

Figura 2. Materiais utilizados para análise qualitativa do fitoplâncton no ERA.



Fonte: Souza (2025).

Para a quantificação, foram coletadas amostras subsuperficiais em frascos plásticos de 300 mL. As amostras foram homogeneizadas, sedimentadas por 24 horas, coradas com Rosa de Bengala e analisadas em cubetas de 10 mL sob microscópio invertido (Zeiss® Axiovert 100), utilizando aumento de 400x. A contagem foi realizada conforme a técnica de Utermöhl (Ferrario et al., 1995), considerando no mínimo 100 campos. O cálculo da densidade celular seguiu a fórmula de Villafañe e Reid (1995).



2.3 TRAÇOS FUNCIONAIS

Os traços funcionais foram atribuídos com base em características morfológicas, fisiológicas e ecológicas das espécies (Litchman *et al.*, 2008; Litchman *et al.*, 2010). Os seguintes traços foram considerados: Morfológicos - tamanho celular (dimensão linear máxima - DLM), presença de vacúolos, tipo de organização (unicelular, colonial ou filamentosa), e formação de cadeias/filamentos Fisiológicos/Ecológicos - motilidade (presença de flagelo), toxicidade potencial (produção de toxinas), mixotrofia, presença de aerótopos, rafe e mucilagem. As microalgas $>20\text{ }\mu\text{m}$ foram chamadas de microfitoplâncton e as $<20\text{ }\mu\text{m}$ consideradas nanofitoplâncton.

2.4 ÍNDICES FUNCIONAIS

A diversidade funcional (DF) foi calculada com base em uma matriz mista contendo os traços funcionais (Tabela 1) e a densidade relativa das espécies. As distâncias funcionais entre espécies foram estimadas utilizando o índice de Gower (Pavoine *et al.*, 2009). As métricas de diversidade funcional foram: FRic (Riqueza Funcional): área ocupada no espaço de traços (Mason *et al.*, 2005); FDis (Dispersão Funcional): distância média das espécies ao centroíde funcional (Laliberté e Legendre, 2010); FEve (Uniformidade Funcional): uniformidade da distribuição dos traços (Mason *et al.*, 2005); FDiv (Divergência Funcional): distinção funcional entre espécies abundantes. As métricas foram estimadas via função “dbFD” do pacote FD no R (Laliberté e Legendre, 2010).

Tabela 1 - Matriz mista de características utilizada para medir a diversidade funcional do fitoplâncton.

Características	Escala
Aerótopos	Binário (presença/ausência)
Sílica	Binário (presença/ausência)
Rafe	Binário (presença/ausência)
Flagele	Binário (presença/ausência)
Vacuolos	Binário (presença/ausência)
Mucilagem	Binário (presença/ausência)
Toxicidade	Binário (presença/ausência)
Heterotrofia	Binário (presença/ausência)
Habilidade	Categórica (1 - unicelular, 2- colonial, 3- filamentosa)
Comprimento	Categórica (1- nanofitoplâncton < 20 µm, 2- microfitoplâncton >20 µm)
Ecologia	Categórica (1- água doce, 2- marinha, 3- estuarina)

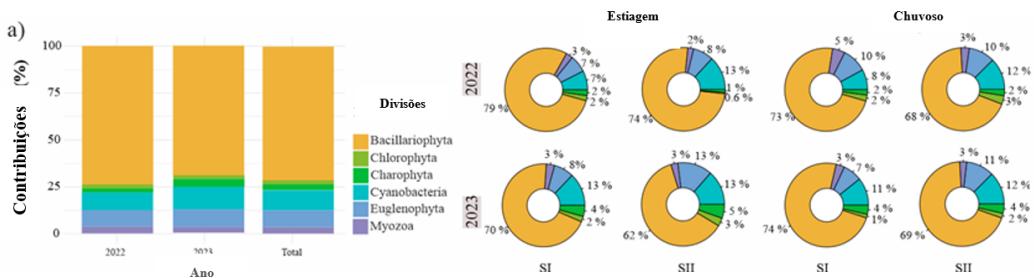
Fonte: Souza (2025).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA E TRAÇOS FUNCIONAIS DO FITO-PLÂNCTON NO ERA

A comunidade fitoplantônica da ERA foi composta por 234 táxons distribuídos em seis grupos taxonômicos, sendo as diatomáceas as mais representativas (57,69% das espécies), seguidas pelas cianobactérias (14%), Myozoa (8,5%), Chlorophyta (5,5%) e Charophyta (4%) (Fig. 3). Com relação à morfologia das diatomáceas, 67% das espécies eram céntricas, 33% penadas, 66% eram solitárias e 34% formavam cadeias (Fig. 4).

Figura 3. Distribuição das principais divisões do fitoplâncton em 2022 e 2023, destacando a variabilidade espacial (locais SI e SII) e sazonal (estiagem e chuvoso).

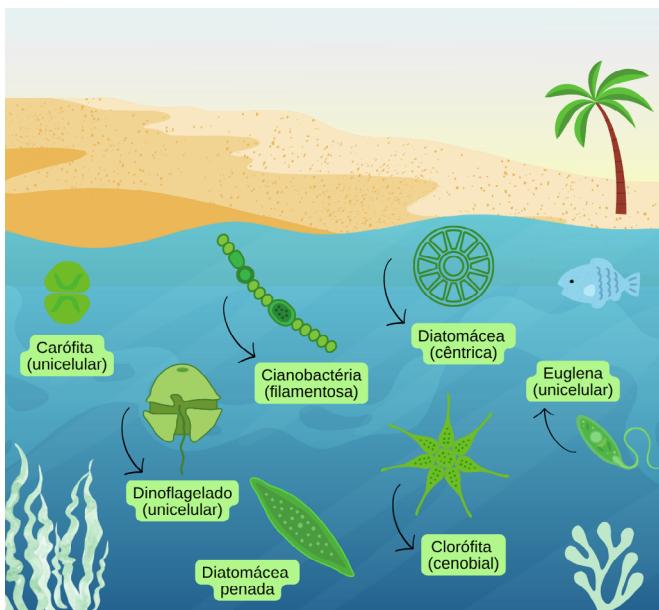


Fonte: Souza (2025).

As diatomáceas (Bacillariophyta) foram o grupo mais representativo, por serem típicas de ambientes estuarinos, apresentarem a maior abundância, com elevada diversidade de espécies e biomassa, sendo majoritariamente planctônicas (Evert; Eichhorn, 2014; Souza *et al.*, 2023). Já os dinoflagelados e as cianobactérias ocorrem preferencialmente em águas tropicais, onde desempenham um papel relevante na produção primária (Franceschini *et al.*, 2010; Cunha *et al.*, 2019).

As cianobactérias foram predominantemente filamentosas (60%), mas também incluíam formas unicelulares (24%) e coloniais (15%), sendo que 42% possuindo mucilagem. Para os grupos de euglenóficeas e Myozoa, os organismos observados eram unicelulares flagelados. As clorofíceas apresentaram formas de vida variadas, com 38% das espécies formando cenóbios, 31% coloniais e 31% unicelulares. As carofíceas foram representadas 100% por organismos unicelulares com vacúolos (Fig.4).

Figura 4. Representação da organização celular dos principais grupos fitoplânticos encontrados no ERA.



Fonte: Souza (2025).

Com relação às frações fitoplânticas, o microfitoplâncton ($>20\text{ }\mu\text{m}$) foi mais representativo na ERA (81%), enquanto o nanofitoplâncton ($<20\text{ }\mu\text{m}$) correspondeu a 20%. O grupo Myozoa foi composto exclusivamente por espécies microfitoplânticas (100%), seguido pelas diatomáceas (96%) e euglenofíceas (95%). O nanofitoplâncton foi mais abundante no grupo das cianobactérias, com 91% das espécies, seguido pelas clorofíceas, com 62%.

No setor SI, foram registrados 80% de microfitoplâncton e no SII esse valor foi de 73%. Sazonalmente, o SI apresentou valores mais elevados de nanofitoplâncton no período chuvoso do que na estiagem, com 19% e 14%, respectivamente, enquanto o microfitoplâncton representou 81% e 86% nesses mesmos períodos.



Os indivíduos microfitoplânctônicos são favorecidos pelo tamanho das células que beneficia a reprodução, proteção contra predadores e aquisição de recursos (Litchman; Klausmeier, 2008), por outro lado, as células menores (nanofitoplâncton) crescem mais rapidamente e não afundam tão facilmente (Lehtinen *et al.*, 2021). Mudanças relacionadas a sazonalidade e variáveis ambientais como luz, temperatura e nutrientes, influenciam nas mudanças de tamanho das espécies (Jakobsen *et al.*, 2015).

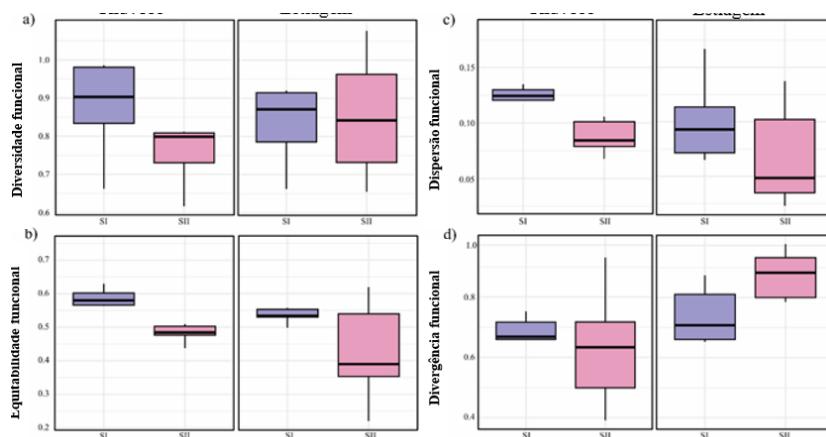
A distribuição do fitoplâncton de acordo com o modo de nutrição foi semelhante entre os setores, com predominância de espécies autotróficas, seguidas por organismos mixotróficos e, em menor proporção, heterotróficos. Os resultados do SI revelaram que 92% das espécies eram autotróficas, 6% mixotróficas e 2% heterotróficas.

Quanto a característica funcional de nutrição do fitoplâncton, os organismos autotróficos foram predominantes no estudo, principalmente pelas diatomáceas serem grupo mais abundante, típicas de ambientes estuarinos (Cunha *et al.*, 2019). O fitoplâncton apresenta diversas estratégias às quais podem utilizar autotrofia e fagotrofia em diferentes graus para o consumo de nutrientes (Cagle; Roelke, 2024). A presença de organismos mixotróficos no ambiente foi uma estratégia de sobrevivência do fitoplâncton, desenvolvida pela competição de alimento, assim os mixotróficos desempenham um papel importante na manutenção da teia trófica do ecossistema marinho (Chu; Moeller; Archibald, 2022).

3.2 DIVERSIDADE FUNCIONAL DO ERA

A diversidade funcional (FD) do fitoplâncton variou entre setores e períodos, com o menor valor no setor SII durante o período chuvoso (0,78) e o maior no setor SI também no período chuvoso (0,88) (Fig. 5a). A FD manteve-se relativamente constante ao longo do gradiente de salinidade, refletindo variações nas características funcionais das espécies.

Figura 5. Gráfico dos índices de diversidade funcional (FD) entre os períodos sazonais e os setores na ERA.



Fonte: Souza (2025).

Os índices de riqueza funcional (FRic) e equitabilidade funcional (FEEve) foram mais baixos no setor mais eutrofizado (SII). A FRic foi baixa em geral, especialmente a montante (SII) na estação chuvosa (0,009 a 0,01), sem diferenças significativas entre os setores, indicando estratégias funcionais similares entre as espécies. A divergência funcional (FDiv) foi alta no setor SII, variando de 0,63 (chuvo-so) a 0,84 (seco), indicando que as espécies dominantes possuem traços funcionais distintos.

Embora ambos os setores do estuário do rio Anil apresentem enriquecimento por nutrientes, a diversidade funcional (FD) é mais elevada no setor mais eutrofizado, indicando uma comunidade fitoplânctônica com maior adaptabilidade às variações ambientais e maior eficiência na utilização dos recursos disponíveis (Vallina *et al.*, 2017). No entanto, uma FD elevada também pode favorecer a ocorrência de florações fitoplânctônicas, o que compromete a transferência de energia para níveis tróficos superiores (Ye *et al.*, 2019).

Os baixos valores de FRic (riqueza funcional) observados ao longo do estuário estão associados à presença de características adaptativas semelhantes entre as espécies, refletindo resistência a distúrbios ambientais e favorecendo a resiliência do ecossistema frente às mudanças (da Costa Santana *et al.*, 2018).

Consequentemente, foram registrados baixos valores médios de equitabilidade funcional (FEve) ($<0,6$) no setor SII, tanto no período de estiagem quanto na chuvoso, em comparação ao setor menos eutrofizado (SI), onde foi observada maior equitabilidade (Fig. 3b). Por fim, a dispersão funcional (FDis) apresentou valores superiores a 1 ao longo de todo o estudo (Fig. 5c), e os valores baixos sugerem que as espécies estão mais agrupadas em torno do centróide funcional.

Valores mais elevados de equitabilidade funcional (FEve), quando comparados à FRic, indicam uma distribuição mais homogênea das características funcionais entre as espécies (Otero, Álvarez-Salgado, Bode, 2020). No ambiente hipertófico, observou-se um alto grau de divergência funcional (FDiv), o que pode promover a diferenciação de habitats, visto que as espécies mais abundan-

tes apresentam traços funcionais distintos e se posicionam mais afastadas do centróide funcional. Além disso, a FD é fortemente impactada pelas diatomáceas, devido à variedade de formas e adaptações que favorecem sua sobrevivência em ambientes com alta concentração de nutrientes (Maranón, Cermeno, Latasa, 2012; Oliveira *et al.*, 2022).



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da diversidade funcional do fitoplâncton no estuário do rio Anil evidenciou o predomínio de diatomáceas, com variações estruturais associadas à sazonalidade e aos gradientes tróficos entre os setores do estuário. No setor hipereutrófico, observou-se maior diversidade funcional, indicando elevada capacidade adaptativa das espécies às condições ambientais extremas, embora acompanhada por baixa riqueza e equitabilidade funcional – um possível sinal de dominância funcional e limitação de nicho.

Fatores ambientais como salinidade, nutrientes e temperatura foram determinantes na estrutura funcional da comunidade, favorecendo espécies com traços adaptativos, como mixotrofia e resistência a flutuações físico-químicas. A presença recorrente de organismos mixotróficos ressalta estratégias tróficas oportunistas sob condições de estresse ambiental.

Esses resultados confirmam o valor da abordagem funcional como ferramenta sensível para o diagnóstico de condições ecológicas em estuários impactados. A incorporação de métricas de diversidade funcional em programas de monitoramento pode aprimorar a

detecção de alterações ecológicas sutis e embasar estratégias de conservação voltadas à resiliência e sustentabilidade desses ecossistemas costeiros tropicais.



REFERÊNCIAS

CUNHA, M.G.S.; KOENING, M.L.; LEÇA, E.E.; OLIVEIRA, M.G.T. Biodiversidade da bacia Potiguar/RN: Fitoplâncton. Rio De Janeiro: Museu Nacional, 2019.

DA COSTA SANTANA, R. M.; DOLBETH, M.; DE LUCENA BARBOSA, J. E.; PATRÍCIO, J. Narrowing the gap: Phytoplankton functional diversity in two disturbed tropical estuaries. **Ecological Indicators**, v. 86, p. 81-93, 2018.

DASHKOVA, V.; MALASHENKOV, D. V.; BAISHULAKOVA, A.; DAVIDSON, T. A.; VOROBIEV, I. A.; JEPPESEN, E.; BARTENEVA, N. S. Changes in phytoplankton community composition and phytoplankton cell size in response to nitrogen availability depend on temperature. **Microorganisms**, v. 10, n. 7, p. 1322, 2022.

DAVID, V.; TORTAJADA, S.; SAVOYE, N.; BRERET, M.; LACHAUSÉE, N.; PHILIPPINE, O.; DUPUY, C. Impact of human activities on the spatio-seasonal dynamics of plankton diversity in drained marshes and consequences on eutrophication. **Water Research**, v. 170, p. 115287, 2020.

EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. RAVEN – **Biologia Vegetal**. 8 ed – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L.; REVIRS. B.; PRADO, J. F.; RÉZIG, S. H. **Algas uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

GOMES, V. J.; ASP, N. E.; SIEGLE, E.; GOMES, J. D.; SILVA, A. M.; OGSTON, A. S.; NITTROUER, C. A. Suspended-sediment distribution patterns in tide-dominated estuaries on the eastern Amazon coast: geomorphic controls of turbidity-maxima formation. **Water**, v. 13, n. 11, p. 1568, 2021.

HENSON, S. A.; CAEL, B. B.; ALLEN, S. R.; DUTKIEWICZ, S. Future phytoplankton Diversity in a changing climate. **Nature communications**, v. 12, n. 1, p. 5372, 2021.

JACQUEMOT, L., KALENITCHENKO, D.; MATTHES, L. C.; VIGNERON, A.; MUNDY, C. J.; TREMBLAY, J. E.; LOVEJOY, rotist communities along freshwater-marine transition zones in Hudson Bay (Canada). **Elem Sci Anth**, v. 9, n. 1, p. 00111, 2021.

LALIBERTÉ, Et.; LEGENDRE, P. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. **Ecology**, v. 91, n. 1, p. 299-305, 2010.

LITCHMAN, E.; KLAUSMEIER, C. A. Trait-based community ecology of phytoplankton. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, v. 39, n. 1, p. 615-639, 2008.

LITCHMAN, E.; DE TEZANOS PINTO, P.; KLAUSMEIER, C. A.; THOMAS, M. K.; YOSHIYAMA, K. Linking traits to species diversity and community structure in phytoplankton. **Hydrobiologia**, v. 653, n. 1, p. 15-28, 2010.

MARAÑÓN, E.; CERMENO, P.; LATASA, M.; TADONLÉKÉ, R. D. Temperature, resources, and phytoplankton size structure in the ocean. **Limnology and Oceanography**, v. 57, n. 5, p. 1266-1278, 2012.

Mason, N. W.; Mouillot, D.; Lee, W. G.; Wilson, J. B. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. **Oikos**, v. 111, n. 1, p. 112-118, 2005.

NUNES, M.; LEMLEY, D. A.; ADAMS, J. B. Benthic diatom diversity and eutrophication in temporarily closed estuaries. **Estuaries and Coasts**, v. 46, n. 8, p. 1987-2006, 2023.

OLIVEIRA, A. V. G. D.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G. D.; CUTRIM, M. V. J.; CRUZ, Q. S. D.; ROSAS, R. S.; SÁ, A. K. D. D. S. Assessment of the trophic status and water quality in an urbanised tropical estuary, Brazil. **Chemistry and Ecology**, v. 40, n. 10, p. 1075-1091, 2024.

OLIVEIRA, A. R. G.; ODEBRECHT, C.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Phytoplankton variation in an Amazon estuary with emphasis on the diatoms of the Order Eupodiscales. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 22, n. 1, p. 55-74, 2022.

OTERO, J.; ÁLVAREZ-SALGADO, X. A.; BODE, A. Phytoplankton diversity effect on ecosystem functioning in a coastal upwelling system. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, p. 592255, 2020.

PAVOINE, S.; VALLET, J.; DUFOUR, A. B.; GACHET, S.; DANIEL, H. On the challenge of treating various types of variables: application for improving the measurement of functional diversity. **Oikos**, v. 118, n. 3, p. 391-402, 2009.

SOUZA, D. S. C.; ALVES, J. de S.; SOUSA, R. N. ROSAS, R. S.; ARAÚ-JO, A. do C.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G. Composição da comunidade de planctônica e características ambientais do Rio Paciência, Brasil. In: LAS-CASAS, Flor Maria Guedes; RODRIGUES, João Gustavo Mendes; COSTA, Bianca dos Santos; SOUZA, Danielle Stephane Campos; FERREIRA, Fernando Marcelo Lemos; ALVES, Jalisson de Sousa (Org.). Inventário da Biodiversidade – Volume I. São Luís: Editora UEMA, 2023. Livro digital. ISBN: 978-85-8227-451-4, 2023.

VALLINA, S. M.; CERMENO, P.; DUTKIEWICZ, S.; LOREAU, M.; MONTOYA, J. M. Phytoplankton functional diversity increases ecosystem productivity and stability. **Ecological Modelling**, v. 361, p. 184-196, 2017.

VILLÉGER, S.; MASON, N. W.; MOUILLOT, D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2290-2301, 2008.

YE, L.; CHANG, C. W.; MATSUZAKI, S. I. S.; TAKAMURA, N.; WIDDICOMBE, C. E.; HSIEH, C. H. Functional diversity promotes phytoplankton resource use efficiency. **Journal of Ecology**, v. 107, n. 5, p. 2353-2363, 2019.

ZANON, F. M.; IATSKIU, P.; LEMKE, M. J.; VELHO, L. F. M.; RODRIGUES, L. C. Grupos funcionais fitoplanctônicos evidenciam diferenças ambientais em uma planície de inundação temperada. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 3, p. 648-661, 2021.

CAPÍTULO 5 - MODELOS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTAS NO ENSINO DO CICLO DE VIDA DAS MONILÓFITAS

Cristine Fernanda da Silva Costa¹
Danielle Stephane Campos Souza¹
Christyélen Campos Souza¹
Rayane Serra Rosas¹
Rayane dos Santos Castro¹
Thiago Ferreira Pinheiro¹
Raissa Nyra da Silva Batista²
Angélica Santos Lima²

¹Universidade Estadual do Maranhão

²Instituto Federal do Maranhão

RESUMO

O ensino de Botânica, especialmente no que se refere ao ciclo de vida das monilófitas, ainda enfrenta grandes desafios devido à complexidade dos conteúdos e à abordagem, excessivamente teórica nas salas de aula. Diante disso, este trabalho tece como objetivo elaborar e aplicar estratégias didáticas mais dinâmicas e interativas que favorecessem a compreensão desses conceitos por estudantes do ensino médio. Para isso, foram utilizados modelos didáticos manipulados, aplicação de quis e realização de oficinas de confecção de exsicatas, atividades desenvolvidas com 20 alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola pública de São Luís – MA. As ações incluíram uma palestra introdutória sobre o ciclo de vida das monilófitas com o apoio de modelos tridimensionais, seguidas de atividades práticas e lúdicas que possibilitam aos estudantes o contato direto com as estruturas biológicas e vegetais. Ao final das intervenções, um quis avaliativo permitiu verificar os níveis de compreensão dos conteúdos, revelando maior acerto nas questões de nível básico e certa dificuldade nos níveis médio e avançado, sinalizando a importância de metodologias complementares. Também foi realizada uma oficina de exsicatas, cujo resultado evidenciou o envolvimento ativo dos alunos e a apropriação do conteúdo trabalhado. Os relatos dos participantes demonstraram maior interesse e mo-



tivação com o uso dos recursos propostos. Os resultados confirmam a eficácia das metodologias ativas no ensino de Botânica, evidenciando o valor de estratégias que priorizem a participação discente, a contextualização do conteúdo e a integração entre teoria e prática. O trabalho contribui para o fortalecimento de práticas pedagógicas inovadoras que tornam o aprendizado mais acessível, significativo e alinhado às demandas da educação contemporânea.

Palavras-chaves: Botânica. Educação Ambiental. Ensino. Material didático.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de botânica tem sido marcado por diversos problemas, entre eles a falta de interesse não só dos alunos, mas também dos professores. Uma formação deficitária e péssimas condições de trabalho, levam alguns professores a se encontrarem limitados apenas aos conteúdos dos livros didáticos. Aprender botânica requer o entendimento de diversos conceitos isolados, sejam através de esquematizações ou imagens, e fazer uma aula mais interativa pode favorecer o resgate do ânimo dos docentes e discentes, uma vez que seria mais transparente e organizada a absorção do conteúdo trabalhado (França *et al.*, 2020).

Aprender em uma aula de Ciências não se resume apenas a memorizar conceitos, mas sim atender outros objetivos do aprender, como por exemplo, o entendimento de por que a ciência é feita e como o conhecimento científico está diretamente ligado a questões do cotidiano e da sociedade na qual estamos inseridos (Manzoni-De-Almeida *et al.*, 2019).

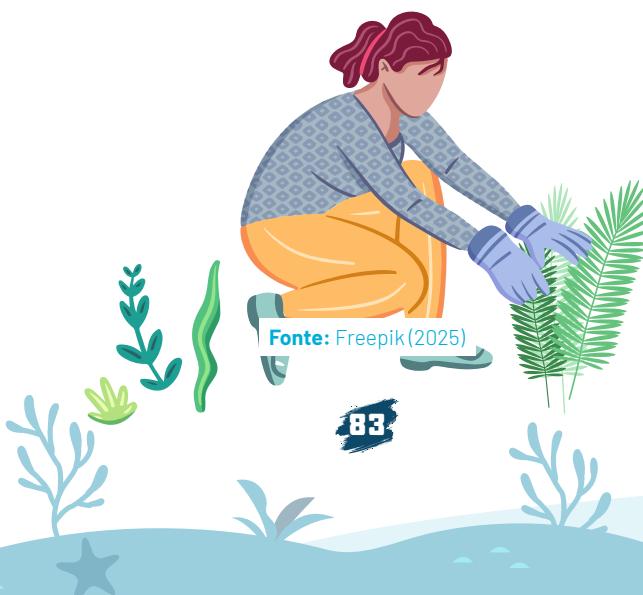
Dessa forma, o método tradicional de ensino não se torna satisfatório, pois o professor não abre espaço para indagações referentes ao assunto, dificultando a assimilação dos conteúdos. Sendo assim, apenas o professor será o detentor do saber, repassando conhecimentos variados e cheios de significado, que acabam confundindo os alunos e dificultando o processo de ensino e aprendizagem (Assem *et al.*, 2023).

O ciclo de vida das monilófitas é abordado em sala de aula, geralmente de maneira teórica, sendo repassado ao aluno de forma mecânica, o que muitas vezes não desperta o interesse do estudante. Segundo Cavalcante (2016), os conteúdos sobre monilófitas apresentam grande dificuldade durante o seu processo de ensino-aprendizagem, gerando pouco interesse e baixo rendimento escolar.

Ante o exposto, procurando soluções para deixar o ensino mais prazeroso tanto para alunos quanto para professores, verificou-se que a utilização de modelos didáticos, assim como o uso de exercícios lúdicos e de recursos metodológicos, podem ser a solução para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem dos educandos (Oliveria *et al.*, 2020).

Muitos autores destacam a importância do uso de modelos didáticos no ensino, sendo fundamental no processo de ensino e aprendizagem. Corte *et al.* (2018) destaca que os modelos didáticos são ferramentas eficazes na conexão método-conteúdo, constituindo processos representacionais com a utilização de maquetes, imagens, etc., de forma a auxiliar os alunos a visualizar e compreender o conteúdo. Trabalhá-los de forma lúdica em sala de aula, partindo da aplicação de modelos didáticos pode proporcionar novas formas de à informação e de produção de novos conhecimentos, motivando o aluno a buscar novas maneiras de estudar os conteúdos programáticos, e dessa forma, colaborando para a melhoria da qualidade do ensino de biologia e botânica no brasil (Avelino *et al.*, 2019).

Pensando nisso, buscou-se propor estratégias de ensino que facilitassem ao máximo a compreensão e participação ativa dos alunos, assim como proporcionar momentos para um modo de ensino que era desconhecido aos mesmos. Com base no que foi exposto, o estudo teve o objetivo de elaborar e aplicar recursos didáticos que auxiliassem no entendimento da morfologia e do ciclo de vida das monilófitas. Procurando compreender e fixar o conteúdo através do uso de modelo didático e aplicação de um quiz.





2 METODOLOGIA

Este projeto foi realizado em uma escola pública, localizada em uma região periférica da cidade de São Luís - MA. O público-alvo foi composto por 20 estudantes da 2^a série do ensino médio. Foram propostas atividades com o uso de modelos didáticos sobre o ciclo de vida das monilófitas e oficina de exsicatas. Para o desenvolvimento do modelo foram utilizados livros da 2^a série do ensino médio, sendo usados materiais de baixo custo, em que o maior enfoque foi fazer um material na qual os alunos pudessem manusear para ter uma maior aproximação com o conteúdo.

2.1 MODELO DIDÁTICO SOBRE O CICLO DE VIDA DAS MONILÓFITAS

Inicialmente, fez-se o primeiro contato com a direção da escola para apresentar o projeto e agendar as visitas. No segundo momento, foi feito um debate com os alunos procurando extrair o que eles sabiam sobre a reprodução das plantas, por meio de perguntas orientadoras, buscando identificar concepções iniciais e lacunas cognitivas. Esse diagnóstico ajudou a configurar a introdução à Botânica, orientando o conteúdo, o nível de aprofundamento e possíveis abordagens para tornar o aprendizado mais significativo.

Depois dessa etapa, foi ministrada uma palestra sobre o ciclo de vida das monilófitas, apoiada por um modelo didático (figura 1A) que era feito com uma estrutura manipulável fixada com tiras de velcro, em que cada fase do ciclo de vida (esporângios, soros, gametófito, esporófito etc.) era removível, permitindo que os alunos manuseassem e visualizassem os elementos conforme exploravam o conteúdo.

Após a explicação do ciclo de vida das monilófitas utilizando o modelo didático, também foi feita a exposição de uma muda de samambaia para mostrar os soros (figura 1B) – órgão reprodutor da planta – possibilitando que os alunos tirassem suas dúvidas com a disposição das estruturas.

Ao final da atividade pedagógica foi realizado um quiz para avaliar a compreensão dos alunos sobre a morfologia e o ciclo de vida das monilófitas. Com o objetivo de estimular a cooperação e o engajamento, a turma foi dividida em quatro grupos, em que cada grupo tinha placas com as letras A, B, C e D das cores azul, vermelho, amarelo e roxo para ajudar na identificação das equipes.

O quiz consistiu em dez perguntas categorizadas por nível de dificuldade: quatro de nível fácil, três de dificuldade média e três questões difíceis. As perguntas de nível fácil visavam confirmar o reconhecimento de estruturas básicas (por exemplo: “Onde se encontra os soros na samambaia?”), enquanto as de nível médio buscavam avaliar o entendimento do ciclo (como “Qual parte do ciclo libera esporos?”). Já as três questões difíceis exigiam análise mais profunda e aplicação de conceitos, relacionadas a etapas específicas e suas interações (por exemplo: “Explique a função da fase gametofítica no ciclo reprodutivo das monilófitas e sua relevância ecológica”).

2.1 OFICINA DE PRODUÇÃO DE EXSICATAS

Após a aplicação do quiz, foi realizada uma palestra introdutória sobre Herbário, afim de explicar aos alunos o conceito e as etapas no processo de construção das exsicatas, bem como sua importância no estudo, pesquisa e conservação das florestas e matas de todo o mundo.

Posteriormente foram realizadas as oficinas com as turmas selecionadas. Os alunos foram divididos em grupos e, com o auxílio de materiais previamente disponibilizados – como colas, cartolinhas, tesouras, canetas e espécimes de vegetais já secos – confeccionaram as exsiccatas de monilófitas (samambaias e afins), utilizando as informações recebidas durante a palestra.

Após a atividade cada aluno recebeu uma folha em branco para registrar, por escrito, a relevância da oficina em sua trajetória escolar. As exsiccatas prontas foram levadas ao Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha, no qual possui as condições adequadas para a conservação do material, constituindo assim um mini herbário com fins pedagógicos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

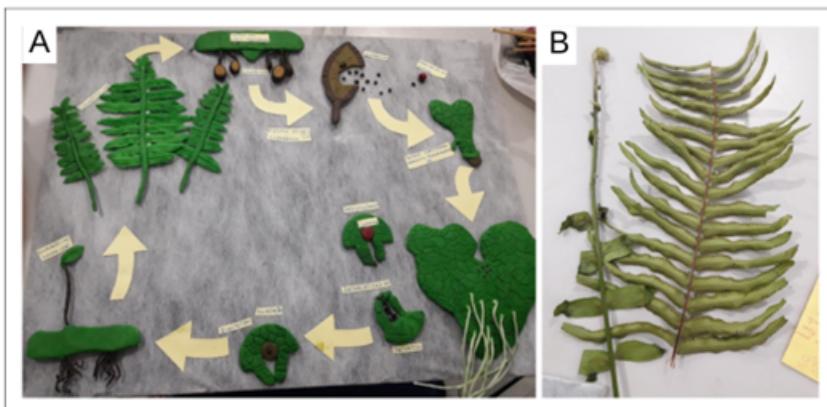
3.1 MODELO DIDÁTICO SOBRE O CICLO DE VIDA DAS MONILÓFITAS

A proposta metodológica adotada neste estudo, que envolveu o uso de modelos didáticos e atividades práticas, demonstrou eficácia no ensino do ciclo de vida das monilófitas, corroborando achados de Gutiérrez *et al.* (2023), que destacam o estudo como um processo mais dinâmico através de modelos tridimensionais que auxiliam na visualização e compreensão de conteúdos abstratos, facilitando a relação entre o todo e suas partes.

A utilização do modelo didático permitiu aos alunos uma interação direta com as estruturas biológicas, promovendo uma aprendizagem ativa e significativa. Ao manusearem as estruturas presentes no modelo (figura 1), os alunos puderam relacionar diretamente as etapas descritas na palestra com a representação visual e tátil dos componentes biológicos. Esse processo não apenas reforçou o aprendizado conceitual, mas também promoveu a investigação ativa, incentivando questionamentos e discussões baseadas na observação direta das peças.

Essa abordagem está diretamente relacionada a proposta de Carvalho *et al.* (2021), que defendem o uso de materiais pedagógicos diferenciados para valorizar a participação ativa dos estudantes, distanciando-se das metodologias tradicionais centradas no livro didático e demonstram que a produção de modelos com materiais acessíveis e a incorporação de práticas lúdicas tornam o ensino de Biologia mais significativo, colaborativo e dinâmico, especialmente na educação básica.

Figura 1: (A) Modelo didático sobre o ciclo de vida das monilófitas; (B) Muda de samambaia com soros

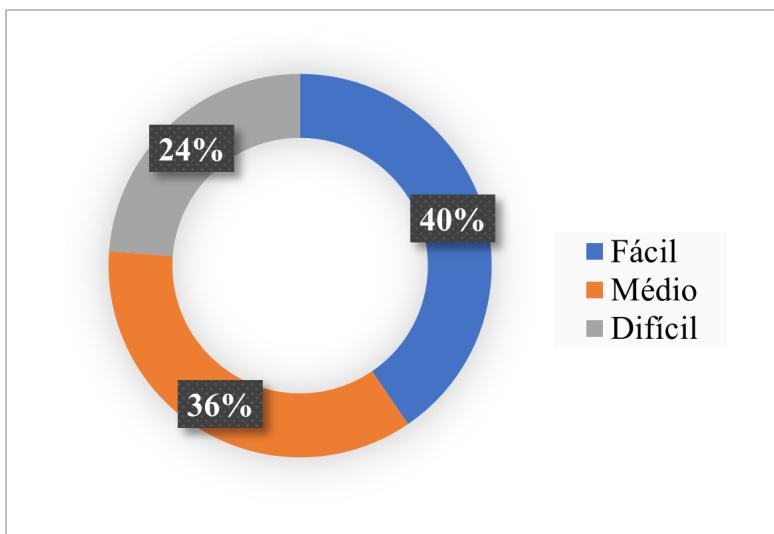


Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados obtidos no quiz aplicado ao final da atividade indicam que, embora os alunos tenham demonstrado maior facilidade nas questões de grau fácil (com 40% de acertos), houve uma progressiva dificuldade nas questões de grau médio (com 36% de acertos) e difícil (com 24% de acertos).

Esse padrão sugere que, embora o uso de modelos didáticos tenha facilitado a compreensão de conceitos básicos, há necessidade de estratégias adicionais para aprofundar o entendimento dos aspectos mais complexos do ciclo de vida das monilófitas (gráfico 1). Vale ressaltar que à medida que eram respondidas as perguntas foram também explicadas cada alternativa, como certa ou errada, para que não restassem dúvidas sobre o assunto.

Gráfico 1: Nível de acerto dos alunos no quiz sobre reprodução das monilófitas





É relevante destacar que, após a aplicação do quiz, os alunos relataram uma maior facilidade na compreensão do ciclo de vida das monilófitas, atribuindo essa melhoria ao uso dos recursos didáticos, que tornaram a aula mais dinâmica e envolvente. Esse feedback positivo reforça a importância de metodologias ativas e recursos pedagógicos inovadores no processo de ensino e aprendizagem, conforme apontado por Carvalho e Oliveira (2021).

Sabendo disso, essas ferramentas são a base de disciplinas como botânica, que tem grande potencial para estimular a curiosidade, imaginação e interesse dos alunos. Souza *et al.* (2021) evidenciam que as aulas de biologia não só apresentam tópicos complexos, mas também apresentam características específicas e simples, exigindo que os professores transmitam os conceitos, trabalhem mais a utilização de exemplos, mas usando recursos dinâmicos, onde os alunos possam vivenciar o processo de ensino com mais facilidade, maximizando assim o nível de interatividade da aula.

Além disso, nossa proposta encontra forte correspondência com os resultados de Vítorio *et al.* (2021), que demonstram que a construção de modelos com materiais de baixo custo, combinada com práticas lúdicas, estimula o engajamento, a colaboração e o ensino significativo na Educação Básica. A adoção de um modelo didático manipulável combinado com o quiz em equipe reforçou esses elementos, evidenciando o potencial da modelagem aliada à ludicidade como estratégia eficaz no ensino de Biologia.

Em síntese, a combinação de modelos didáticos interativos e atividades práticas promoveu uma aprendizagem mais dinâmica e significativa, facilitando a visualização e compreensão de conteúdos, estimulando a participação ativa e a cooperação entre os alunos. No entanto, torna-se essencial avançar com estratégias complementares que permitam assegurar uma compreensão mais profunda e duradoura dos conteúdos mais complexos.



3.2 OFICINA DE EXSICATAS

Como resultado da atividade em sala, observou-se que a confecção de exsicatas de monilófitas contribuiu significativamente para o engajamento dos alunos no estudo do ciclo de vida dessas plantas. A prática despertou interesse imediato, promovendo uma aprendizagem ativa, colaborativa e centrada na observação direta das estruturas vegetais. O interesse e o engajamento dos estudantes observados ao longo do processo confirmam o que já vem sendo discutido na literatura sobre o papel das práticas experimentais na construção do conhecimento científico escolar (Carvalho, 2024; Maia & Mororo, 2023). Apesar do conhecimento inicial reduzido sobre o tema, os estudantes demonstraram entusiasmo e comprometimento ao longo de todo o processo, o que se refletiu na assimilação dos conteúdos e na qualidade das exsicatas produzidas.

Cada grupo foi capaz de apresentar com clareza as etapas da confecção, relacionando-as aos estágios do ciclo reprodutivo dessas plantas, o que evidenciou não apenas o domínio progressivo do assunto, mas também a eficácia da abordagem prática no ensino de Botânica (figura 2). Isso corrobora as reflexões de Winamo *et al.*

(2020), que defendem que a aprendizagem em Ciências é mais eficaz quando os conteúdos são apresentados de forma integrada à realidade dos alunos, valorizando o fazer científico. A atividade reforçou, assim, o potencial pedagógico de metodologias inovadoras e contextualizadas, especialmente na valorização de temas muitas vezes negligenciados no currículo escolar.

Figura 2. Estudantes realizando a confecção de exsicatas em sala de aula



Fonte: Autoria própria (2019).

Outro ponto relevante é o reconhecimento da Botânica como um campo muitas vezes marginalizado no ensino básico, o que reforça a importância de propostas didáticas que despertem curiosidade e valorizem a diversidade vegetal (Soares-Silva *et al.*, 2022). A atividade aqui relatada aponta para a necessidade de repensar o ensino de Botânica, não apenas em termos de conteúdos, mas também de estratégias pedagógicas que estimulem o protagonismo dos alunos e o trabalho colaborativo.

Para Ursi *et al* (2018), o manuseio e confecção de exsicatas como ferramenta de apoio didático durante as aulas de botânica, desperta uma grande motivação e o real interesse dos alunos pelo assunto, gerando uma relação de extrema importância entre os estudantes e o meio ambiente, tornando-as participantes ativos e empenhados na aquisição de conhecimentos e consequentemente na preservação da natureza.

Dessa forma, a prática com exsicatas não só proporcionou um ambiente de aprendizagem mais dinâmico, como também se mostrou eficaz na consolidação dos conteúdos, sendo uma alternativa viável e enriquecedora ao ensino tradicional. Isso reforça o papel das atividades práticas como mediadoras no processo de ensino-aprendizagem, aproximando os estudantes da ciência de forma concreta, participativa e crítica.

4 CONCLUSÃO

A utilização do modelo didático demonstrou ser uma estratégia eficaz para promover a aprendizagem significativa de conceitos biológicos complexos. A manipulação das estruturas permitiu aos alunos estabelecer uma clara conexão entre teoria e prática, potencializando a compreensão do ciclo de vida das monilófitas. Embora os alunos tenham mostrado bom desempenho nas questões de nível básico, ainda enfrentam desafios em relação às perguntas de dificuldade média e alta.

A oficina de exsicatas, por sua vez, revelou-se um diferencial no processo de ensino-aprendizagem. Consolidando os conhecimentos trabalhos, como também favoreceu o desenvolvimento de habilidades práticas, o trabalho em grupo e o protagonismo estudantil.

Esses resultados sugerem a importância de complementar essa abordagem com estratégias adicionais que estimulem a reflexão aprofundada e a consolidação dos conteúdos mais complexos. Nesse contexto, o modelo de monilófitas aliado ao quiz e mediação docente, ofereceu um ambiente inclusivo, sensorial e altamente interativo, favorecendo o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem. Dessa maneira, o ensino do ciclo de vida das monilófitas tornou-se mais compreensível.

REFERÊNCIAS

- AMABIS, J. M. **Biologia das células**. 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.
- ARRAIS, M.M.G.; SOUSA, G.M.; MARSUA, M.L.A. **O ensino de botânica: Investigando dificuldades na prática docente**. Revista da SBEBio, n.7, p.545-548, 2014.
- ASSEM, H. D., NARTEY, L., APPIAH, E., & AIDOO, J. K. A review of students' academic performance in physics: Attitude, instructional methods, misconceptions and teachers qualification. **European Journal of Education and Pedagogy**, v. 4, n. 1, p. 84-92, 2023.
- AVELINO, F. M.; AVELINO, C. M.; SILVA, L. C. M.; FERREIRA, J. C. M.; LIMA, M. M. O. Jogo didático como proposta no ensino de botânica: desenvolvendo metodologia inovadora com alunos de uma escola estadual de Floriano (PI). **International Journal**, v.2, n.3, p.1-113, 2019.

BRANCO, S. A., ET AL. **Herbário UNO: ações para aproximar o conhecimento científico e a comunidade.** UnisantaBioScience, v.6, n.5, p. 116-515, 2017.

CARVALHO, A. M. P. Experimental Practices in the Process of Scientific Enculturation. Em: [S. I.]: **Springer International Publishing**. p. 59-70, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-50004-6_4

CARVALHO, P. N. A.; FREITAS, C. F.; PINHEIRO, E. C. J.; QUEIROZ, M. B.; SILVA, N. C.; ARAUJO, M. F. F. Ensino de biologia na educação básica: produção de modelos didáticos e uso de práticas lúdicas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. 1-15, 2021.

CARVALHO, C. L. L.; OLIVEIRA, D. B. O uso de modelos didáticos no ensino e aprendizagem de citologia. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.2, p.14765-14768, 2021.

CAVALCANTE, F. S. O ensino-aprendizagem de pteridófitas por meio da aula prática em uma escola pública no município de Porto Velho - RO. **South American**, v.3, n.2, p.10-15, 2016.

CORTE, V. B.; SARAIVA, F. G. PERIN, I. T. A. L; Modelos didáticos como estratégia colaborativa para o ensino da botânica. **Revista pedagógica**, v.20, n.44, p.172-196, 2018.

FRANÇA, D. S.; CAVALCANTI, M. L. F.; GEGLIO, P. C. Avaliação dos conteúdos de botânica abordados em livros didáticos de biologia. **Open Minds International Journal**, v.1, n.2, p. 36-57, 2020.

GUTIÉRREZ, R. R.; RODRÍGUEZ, M. C. H.; SOLANO, R. N. Um modelo didático para biologia. **Bio-grafia**, v.16, n.31, p. 1-21, 2023.

MAIA, S. C.; MORORO, M. N. F. The use of experimentation as a pedagogical tool in science teaching in high school. **Interciencia**, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.59671/0rk4>

MANZONI-DE-ALMEIDA, D.; PSCHEIDT, A. C.; COELHO, C. B. Inovação em ensino de biologia: o desenvolvimento de uma sequência didática de ensino por investigação utilizando modelos sintéticos de vegetais para as aulas de botânica. **INOVAE – Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v.7, n.1, p.79-93, 2019.

MATYAK, C.F. **O trabalho com plantas medicinais com alunos de 7º ano**. Artigo do PDE. SEED, PR. 2012.

OLIVEIRA, A. R.; TÁLISSON; B. A.; OLIVEIRA, C. R.; SILVA, J. C.; CARVALHO, J. B.; A Utilização do Jogo Didático “Dominó Vegetal” Como Instrumento Alternativo para o Ensino de Briófitas e Pteridófitas na Disciplina de Ciências (Relato de Experiência). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 54327-54336, 2020.

SOARES-SILVA, J. P.; DA PONTE, M. L.; SILVEIRA, D. S. Práticas de ensino de botânica com enfoque em taxonomia e sistemática filogenética. **Terra didática**, [s. l.], v. 18, p.1-9, 2022.

SOUZA, I. R.; GONÇALVES, N. M. N.; PACHECO, A. C. L.; ABREU, M. C. Modelos didáticos no ensino de Botânica. **Research, Society and Development**, v.10, n.5, p.1-13, 2021.

URSI, S.; BARBOSA, P. P.; SANO, P. T.; BERCHEZ, F. A. S. Ensino de Botânica: conhecimento e encantamento na educação científica. **Estudos Avançados**, n.32, v.94, p.7-24, 2018.

VITÓRIO, S. V.; PORTO, K. S.; BORGHI, I. S. M. A ludicidade como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências na educação de jovens e adultos em uma escola do campo. **Revista Educação e Linguagens**, v.10, n.20, p.137-162, 2021.

WINARNO, N.; RUSDIANA, D.; RIANDI, R.; SUSILOWATI, E.; AFI-FAH, R. M. A. Implementation of integrated science curriculum: a critical review of the literature. **Journal for the Education of Gifted**, n.8, v.2, p.795-817, 2020.

CAPÍTULO 6 - COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA E DESCRIPTORES AMBIENTAIS EM UM ESTUÁRIO ANTROPIZADO DA ILHA DE SÃO LUÍS - MA

Ana Virgínia Gomes de Oliveira¹
Andrea Christina Gomes de Azevedo-Cutrim¹
Raissa Nyra da Silva Batista²
Roberto dos Santos Bastos¹
Gabrielle Diniz Silva¹
Maria Clara Cabral Corrêa¹
Angélica Santos Lima²
Rayan Rubens da Silva Alves³
Sayonara Nascimento Garrêto¹

¹Universidade Estadual do Maranhão

²Instituto Federal do Maranhão

³Universidade de São Paulo.

RESUMO

Por ser uma área predominantemente urbanizada e de grande importância socioeconômica, o estuário do rio Anil (ERA) sofre com a contínua ação antrópica, o que intensifica o processo de eutrofização. A comunidade fitoplânctonica, por apresentar alta sensibilidade às alterações físicas e químicas da água, foi analisada em conjunto com as variáveis ambientais. Assim, este estudo objetivou caracterizar o fitoplâncton e as variáveis físico-químicas ao longo do ERA. Quatro campanhas foram realizadas entre 2022-2023, em oito pontos amostrais agrupados em três setores (S1, S2 e S3) de acordo com o Índice Trófico TRIX. Os dados físicos e químicos da água foram obtidos através de sonda multiparamétrica, refratômetro e disco de Secchi. Para os dados biológicos foi utilizada a rede de fitoplâncton. Foram feitas análises de biomassa (clorofila-a) e densidade fitoplânctonica, além de análises de índices ecológicos e IndVal. Os resultados mostraram predominância de diatomáceas em todos os setores. A floração pontual de *Coscinodiscus centralis* na estiagem reduziu o índice de diversidade em S2. A biomassa e a densidade registraram maiores valores durante a estiagem, acompanhando a maior disponibilidade de luz nesse período. Na razão NID:PID, o ERA foi predominantemente limitado por fósforo. Dez espécies indicadoras foram registradas, principalmente em S2, destacando-se *Cos-*

cinodiscus oculus-iridis e Ulnaria ulna. Diante disso, compreender a ecologia do fitoplâncton e a sua relação com as condições ambientais, incluindo o estado trófico, é fundamental para apoiar o manejo desses ecossistemas.

Palavras-chaves: Coscinodiscus centralis; Diatomáceas; Eutrofização; Fitoplâncton indicador

1 INTRODUÇÃO

Os atributos físicos, químicos e biológicos dos ecossistemas marinhos costeiros são únicos em comparação com os dos sistemas de água doce (Li *et al.*, 2023). Um exemplo desses ecossistemas são os estuários, zonas de transição entre os ambientes marinho e de água doce que apresentam uma variação dos gradientes ambientais e espaciais, o que os torna um ambiente dinâmico e complexo (Azhikodan; Yokoyama, 2015). Os principais impactos observados em estuários tropicais envolvem as descargas de esgoto doméstico, águas residuais industriais e escoamento de fertilizantes agrícolas, trazendo sérias consequências, como a eutrofização (Pei *et al.*, 2019).

A eutrofização pode desencadear o desenvolvimento do fitoplâncton (Becker *et al.*, 2010), organismos que constituem a base da teia trófica sendo os principais responsáveis pela alta produtividade em ambientes estuarinos (Grego *et al.*, 2016). O fitoplâncton apresenta uma ampla gama de características morfológicas e fisiológicas, podendo reagir rapidamente às mudanças climáticas, físicas e químicas, sendo considerado um indicador biológico eficiente para avaliação de alterações nos meios aquáticos (Trindade *et al.*, 2021).

O estuário do rio Anil (ERA) está localizado a noroeste da ilha de São Luís e apresenta extensão de 13,08 km (Alcântara *et al.*, 2004). Por estar em uma área predominantemente urbana (Cruz; Ribeiro; Pereira, 2020), o ERA é continuamente influenciado por atividades antrópicas, com cargas acentuadas de efluentes domésticos, comprometendo a qualidade da água. Devido a lacuna no conhecimento do atual estado ecológico e trófico dos estuários de macromarés na Margem Equatorial Brasileira, este estudo objetivou (I) caracterizar a comunidade fitoplancônica ao longo do estuário do rio Anil - MA; (II) mensurar as variáveis físicas e químicas da água e nutrientes; (III) mensurar a densidade e a biomassa da comunidade fitoplancônica, e (IV) determinar as espécies fitoplancônicas indicadoras da área de estudo.

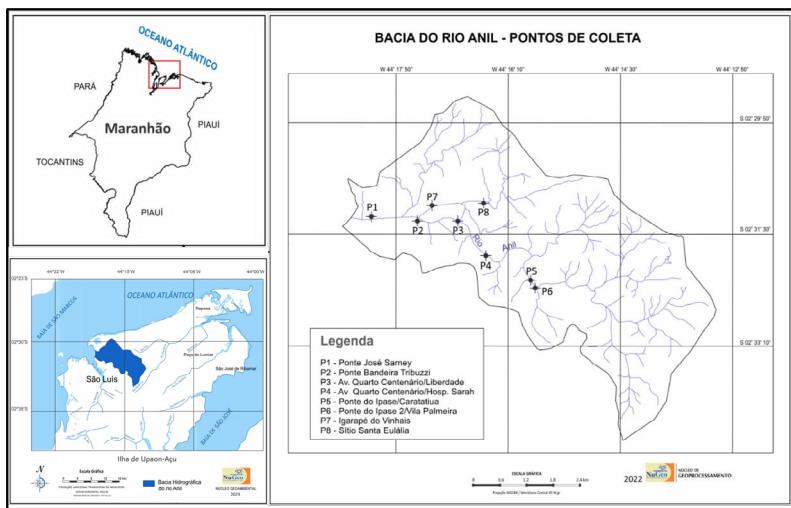
2 MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Anil localiza-se no noroeste da ilha de São Luís, Maranhão, tendo como principal corpo hídrico o rio Anil. O estuário do rio Anil (ERA) (02°29'14"S - 02°39'47"S e 44°12'55"W - 44°19'15"W) localiza-se na parte ocidental da ilha de São Luís, em



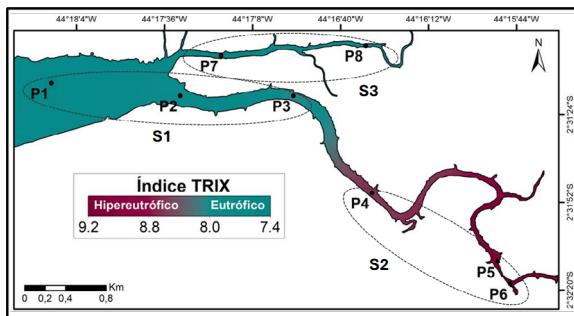
uma área de 40,94 km² (Figura 1), sendo atualmente o estuário mais urbanizado de São Luís, resultante do seu processo histórico de ocupação. O ERA apresenta vários problemas socioambientais, como assoreamento do rio principal e seus afluentes, poluição por efluentes domésticos e falta de saneamento básico (Santos; Marins; Dias, 2019). De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2022), o ciclo sazonal da região é bem definido: um período chuvoso de janeiro a junho e um período de estiagem de julho a dezembro.

Figura 1. Localização do estuário do rio Anil, São Luís, MA.



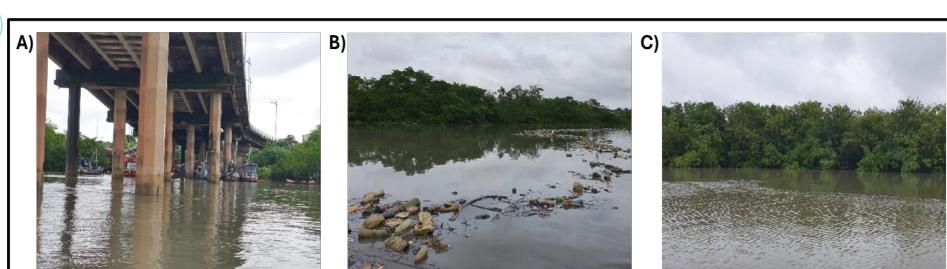
Quatro campanhas foram realizadas em 2022-2023, referentes ao período chuvoso e estiagem, em marés de sizígia durante a vazante. Os oito pontos amostrais foram agrupados em setores (S1, S2 e S3) baseado no Índice Trófico (TRIX), de acordo com Oliveira *et al.* (2024) (Fig. 2).

Figura 2. Pontos amostrais agrupados em setores no ERA, de acordo com o TRIX.



Os setores S1 (P1, P2 e P3) e S2 (P4, P5 e P6) estão localizados no percurso principal do rio Anil, onde foram observados tensores ambientais, como atividades pesqueiras e presença de moradias irregulares. O S1 localiza-se próximo à foz do rio Anil, com grande influência de águas oceânicas costeiras. O S2, próximo à montante do estuário, recebe maior influência de aporte limnético e menor influência das correntes de água, o que contribui para o acúmulo de lixo. No S3(P7 e P8) foi possível observar maior quantidade de vegetação de mangue pelas margens e pouca quantidade de lixo (Fig. 3).

Figura 3. Setores S1(A), S2(B) e S3(C) estudados no estuário do rio Anil.



Fonte: Oliveira et al. (2024).

As amostras de água para análise das variáveis físicas e químicas foram coletadas na sub-superfície da água. Para temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD) e sólidos totais dissolvidos (STD) foi utilizada a sonda multiparamétrica marca Hanna. Para a salinidade e transparência da água foram utilizados o refratômetro e o disco de Secchi. Os nutrientes nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), íon amônio (NH_4^+), silicato (SiO_2^-), fosfato (PO_4^{3-}), nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) foram analisados conforme a metodologia de Strickland e Parsons (1972) e Grasshoff, Kremling e Ehrardt (1999). Para as limitações estequiométricas foram utilizadas as razões de Redfield (1958). Para o estudo qualitativo da comunidade fitoplanctônica, arrastos horizontais na superfície da água foram realizados com uma rede de plâncton cônico-cilíndrica com $45\text{ }\mu\text{m}$ de abertura de malha.

A biomassa fitoplanctônica foi quantificada por meio da concentração de clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$) e determinada através do método espectrofotométrico, conforme Strickland e Parsons (1972). Para a determinação da densidade fitoplanctônica (cels L^{-1}) foi utilizado o método de Utermöhl (1958). O valor de densidade de espécies igual ou superior a 1×10^6 cels L^{-1} foi considerado floração (Livingston, 2007). Os índices ecológicos aplicados foram diversidade de Shannon (H') (Shannon, 1948), equitabilidade (J) (Pielou, 1966); riqueza (S) (Margalef, 1958) e dominância (D). A PERMANOVA foi realizada para determinar as diferenças significativas nos dados físico-químicos entre os períodos sazonais e os pontos amostrais. A análise de espécies indicadoras (IndVal) foi realizada para identificar as espécies-chave ao longo do estuário do rio Anil, conforme Dufrêne e Legendre (1997). Espécies com $\text{IndVal} > 20\%$ e $p < 0,05$ foram consideradas como potenciais indicadoras neste estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados da PERMANOVA mostraram diferenças espaciais e sazonais significativas ($p < 0,05$)(Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) das variáveis físico-químicas e nutrientes, considerando a distribuição sazonal e espacial como fatores.

	df	SS	MS	F	p
Sazonal	1	65441,1	65441	4,2681	0,015
Espacial	2	137535,0	68768	4,4851	0,003
Interação	2	33052,2	16526	1,0778	0,365
Residual	26	398647,0	15333		
Total	31	6,3468E05			

Nota: Valores significativos estão em negrito ($p < 0,05$). df: Grau de liberdade; SS: Soma dos quadrados; MS: Quadrado médio.

Sazonalmente, os valores médios de salinidade e transparência da água no ERA foram menores durante o período chuvoso (Tabela 2), justificado pelo maior aporte de água recebido pelos estuários (Rodrigues; Cutrim, 2010). Espacialmente, S3 apresentou maior valor médio para a transparência de água ($54,87 \pm 7,07$ cm)(Fig. 4). A transparência e a salinidade apresentaram menores médias em S2 (Fig. 4-A e 4-B), ($31,16 \pm 4,04$ cm e $19,66 \pm 5,50$, respectivamente), pois trata-se de um local onde há maior carreamento de sedimentos e aporte limnético. A salinidade atua como barreira ecológica e reguladora da distribuição das espécies (Cavalcanti et al., 2018). O OD não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$), com maiores

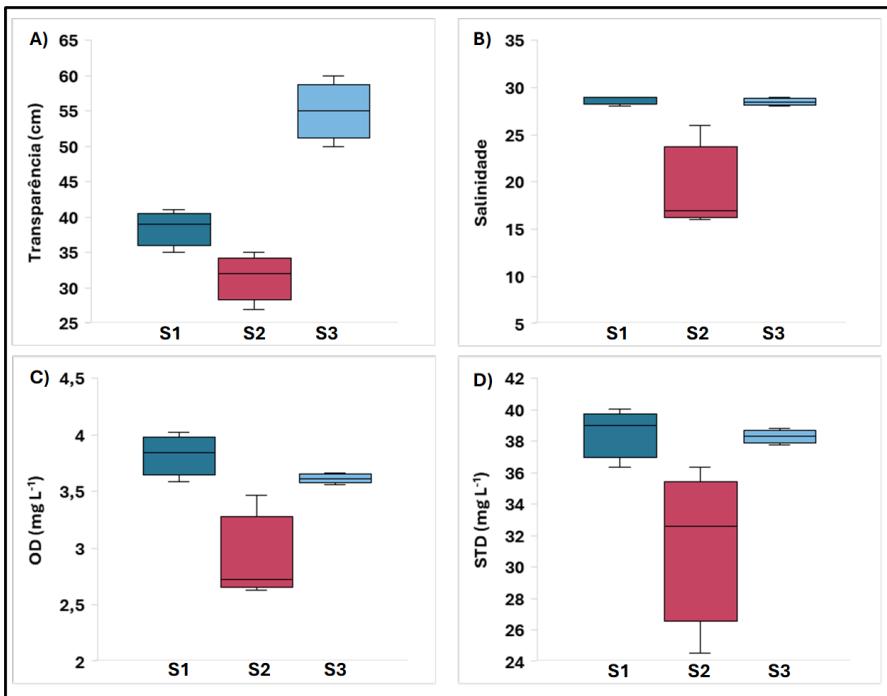
valores na estiagem (Tab. 2). De acordo com Machado *et al.* (2022), o hidrodinamismo e a variação diária das marés nos estuários aumentam as concentrações de OD nas águas marinhas. S1 obteve maior média para este parâmetro ($3,81 \pm 0,21$ mg L⁻¹) (Fig. 4-C).

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis ambientais e valor de p para as análises espaciais e sazonais no estuário do rio Anil, São Luís, MA.

Variáveis	Chuvoso			Estiagem			Valor de p	
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	Espacial	Sazonal
Transparência (cm)	36,00 ± 5,21	28,83 ± 15,09	44,00 ± 17,51	40,33 ± 12,58	33,50 ± 8,36	65,75 ± 11,98	0,0014^a	0,1121 ^a
Salinidade	25,16 ± 6,49	15,16 ± 7,13	24,50 ± 7,68	31,83 ± 1,32	24,16 ± 4,75	32,25 ± 1,25	0,0088^a	0,0025^b
OD (mg L ⁻¹)	3,41 ± 1,87	2,88 ± 1,27	3,45 ± 1,99	4,22 ± 2,81	3,00 ± 1,52	3,78 ± 2,63	0,9096 ^b	0,9399 ^b
Temperatura (°C)	29,90 ± 0,19	29,84 ± 0,51	30,13 ± 0,10	29,78 ± 0,29	29,68 ± 1,10	30,27 ± 0,52	0,1100 ^b	0,7195 ^a
pH	7,44 ± 0,24	7,15 ± 0,15	7,35 ± 0,27	7,82 ± 0,03	7,38 ± 0,22	7,84 ± 0,08	0,0042^a	0,0004^a
STD (mg L ⁻¹)	31,65 ± 17,52	20,56 ± 14,40	30,12 ± 17,94	45,22 ± 4,42	41,76 ± 13,06	46,46 ± 2,55	0,3897 ^a	0,0115^b
Nitrato (µg L ⁻¹)	691,89 ± 401,99	523,33 ± 216,46	356,77 ± 107,86	688,45 ± 185,84	866,48 ± 162,74	554,75 ± 182,12	0,0954 ^a	0,0621 ^a
Nitrito (µg L ⁻¹)	60,38 ± 55,03	146,01 ± 65,68	72,27 ± 30,18	44,76 ± 32,92	208,90 ± 42,29	60,45 ± 65,34	0,0002^b	0,9099 ^b
Amônio (µg L ⁻¹)	2134,44 ± 2486,07	2667,63 ± 1886,05	483,27 ± 207,69	200,85 ± 147,90	2809,37 ± 1551,41	303,97 ± 339,48	0,0023^b	0,0922 ^a
Silicato (µg L ⁻¹)	9003,22 ± 1359,11	15052,92 ± 5543,70	8323,16 ± 601,57	5749,31 ± 2958,45	7941,80 ± 3855,70	6471,75 ± 4557,77	0,1893 ^a	0,0020^a
Fosfato (µg L ⁻¹)	64,62 ± 18,31	179,16 ± 133,48	68,49 ± 18,88	54,95 ± 18,00	280,74 ± 249,37	68,20 ± 18,41	0,0005^b	0,7933 ^a
PT (µg L ⁻¹)	48,77 ± 9,70	88,97 ± 60,77	41,45 ± 16,74	65,87 ± 20,50	184,69 ± 83,59	49,40 ± 26,59	0,0017^b	0,0620 ^b
NT (µg L ⁻¹)	955,82 ± 418,31	1369,20 ± 1080,78	1648,16 ± 1183,86	1725,32 ± 703,21	2147,38 ± 828,40	2123,56 ± 571,16	0,5307 ^a	0,0070^a
NID (µg L ⁻¹)	2886,72 ± 2847,46	3336,98 ± 1840,48	912,33 ± 296,67	934,06 ± 232,79	3884,76 ± 1588,18	919,17 ± 550,88	0,0016^b	0,5401 ^a
PID (µg L ⁻¹)	64,62 ± 18,31	179,16 ± 133,48	68,49 ± 18,88	54,95 ± 18,00	280,74 ± 249,37	68,20 ± 18,41	0,0005^b	0,7933 ^a
SID (µg L ⁻¹)	9003,22 ± 1359,11	15052,92 ± 5543,70	8323,16 ± 601,57	5749,31 ± 2958,45	7941,80 ± 3855,70	6471,75 ± 4557,77	0,1893 ^a	0,0020^a
NID:PID	49,04 ± 53,08	21,29 ± 8,08	13,97 ± 6,58	19,24 ± 9,30	19,23 ± 8,28	13,92 ± 7,19	0,1888 ^b	0,1914 ^b
NID:SID	0,34 ± 0,36	0,21 ± 0,06	0,10 ± 0,03	0,22 ± 0,20	0,64 ± 0,44	0,28 ± 0,37	0,2154 ^a	0,1591 ^b
SID:PID	147,04 ± 38,77	110,30 ± 47,63	130,05 ± 44,49	110,99 ± 53,43	47,46 ± 41,58	98,43 ± 60,04	0,0661 ^a	0,0168^a
Clorofila-a (µg L ⁻¹)	15,62 ± 8,67	19,71 ± 12,99	14,51 ± 12,70	34,44 ± 25,46	109,16 ± 42,67	33,45 ± 26,81	0,1171 ^b	0,0015^b

Nota: Valores significativos em negrito ($p < 0,05$). aANOVA; bKruskal-Wallis. OD: Oxigênio dissolvido; STD: Sólidos totais dissolvidos; NT: Nitrogênio total; PT: Fósforo total; NID: Nitrogênio inorgânico dissolvido; PID: Fósforo inorgânico dissolvido; SID: Silicato inorgânico dissolvido.

Figura 4. Distribuição espacial das variáveis hidrológicas no estuário do rio Anil.



Sazonalmente, as concentrações de STD foram maiores na estiagem (Tab. 2). De acordo com Santos et al. (2020), as marés desempenham um papel importante na dinâmica das concentrações de STD, pois, seus movimentos ressuspensos os sedimentos finos, aumentando as concentrações de STD na coluna d'água.

No período chuvoso, as cargas de silicato e amônio registraram maiores médias (Tab. 2). Segundo Santos *et al.* (2023), as concentrações de silicato tendem a diminuir durante a estiagem, devido aos processos de lixiviação dos solos e dos processos erosivos que ocorrem na bacia de drenagem durante o período chuvoso. Os compostos de fosfato, nitrato, nitrito, PT e NT tiveram maiores concentrações na estiagem. As baixas concentrações de nitrato são resultantes da baixa taxa de regeneração ou de formação desse composto, sendo geralmente menor do que a assimilação pelos produtores primários. Um dos fatores que contribui para as menores concentrações de nitrito é a salinidade, já que favorece a solubilidade de OD (Santoro; Enrich-Prast, 2009), enquanto a presença de fosfato e PT está associada ao aporte de água fluvial e ao despejo de efluentes domésticos e industriais. Para a variação sazonal da razão de Redfield, a relação SID:PID apresentou maiores valores no período chuvoso (Tab. 2), sendo maiores do que 16 em 97% das amostras, indicando que o silicato não foi um fator limitante. O nitrogênio é normalmente o nutriente limitante em ambientes marinhos, enquanto, em regiões costeiras como os estuários, o fósforo é limitante (Sin *et al.*, 2015).

3.2 ANÁLISE DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

Um total de 264 táxons de fitoplâncton pertencentes a seis divisões foram identificados ao longo do estuário do rio Anil. De acordo com Queiroz *et al.* (2022), a diversidade do fitoplâncton é típica de ambientes estuarinos tropicais.

O grupo Bacillariophyta contribuiu com 62,50% da composição fitoplanctônica total e foi predominante nos três setores (Fig. 5 e 6).

Figura 5. Contribuições total (A) e setorial (B) das divisões taxonômicas na composição fitoplanctônica no estuário do rio Anil.

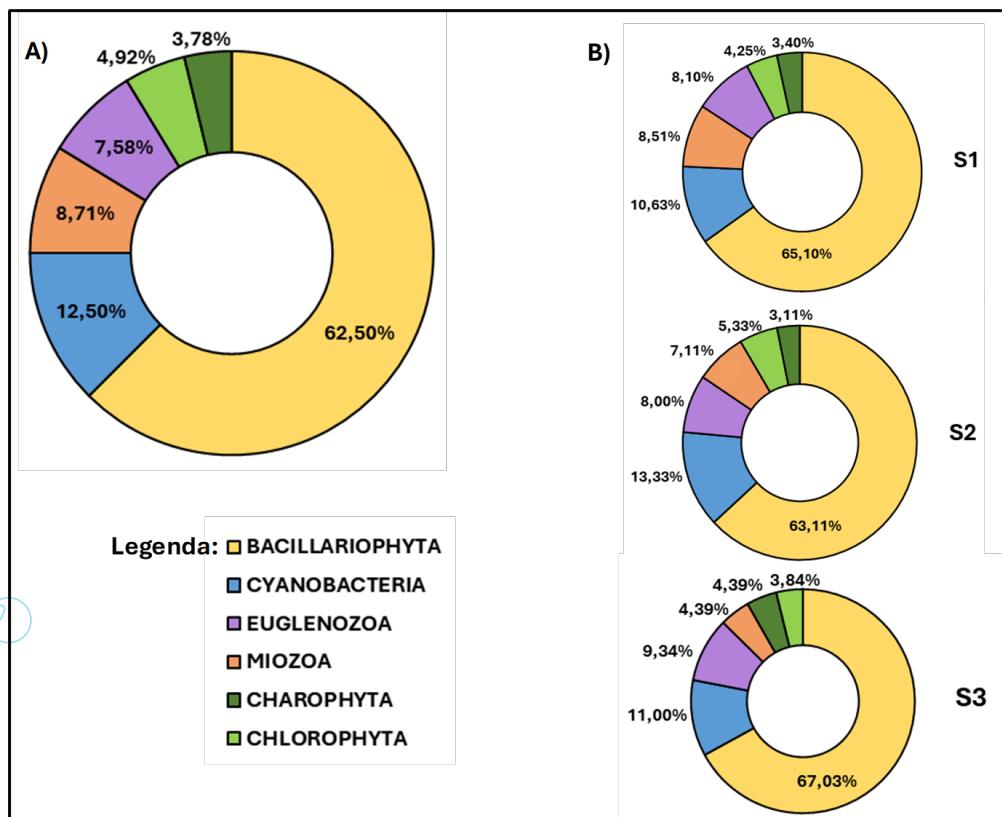
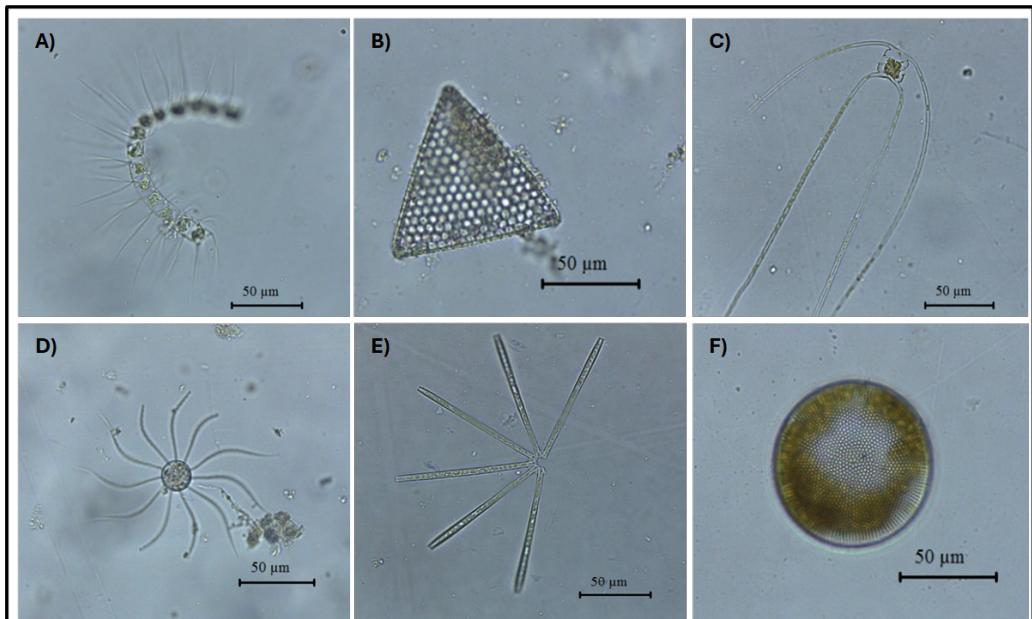


Figura 6. Exemplos de diatomáceas registradas no estuário do rio Anil. A) *Chaetoceros curisetus*; B) *Triceratium favus*; C) *Chaetoceros peruvianus*; D) *Bacteriastrum hyalinum*; E) *Thalassionema frauenfeldii*; F) *Coscinodiscus sp.*



As diatomáceas são consideradas o grupo do fitoplâncton mais importante e comum às áreas costeiras e estuarinas (Matos *et al.*, 2011), devido à sua capacidade de tolerar grandes variações de salinidade e turbidez, característica típica das regiões costeiras do Maranhão. Cianobactérias e clorófitas apresentaram preferência pelo setor de menor salinidade (Fig. 5). Em grandes quantidades, as cianobactérias podem promover florações tóxicas, alterando a qualidade da água (Chorus; Bartram, 1999).

Sazonalmente, as concentrações de clorofila-a registraram diferenças significativas, com maiores valores na estiagem. Não foram observadas diferenças espaciais significativas, com maiores concentrações de clorofila-a em S2 (Tab. 2). De acordo com Meng et al. (2017), o pico de clorofila-a é provavelmente estimulado pelo enriquecimento de nutrientes na coluna d'água. A densidade fitoplânctônica registrou concentrações médias maiores na estiagem. A maior densidade fitoplânctônica foi registrada em S2, com uma floração da diatomácea *Coscinodiscus centralis* ($1,07 \times 10^6$ cels L⁻¹) durante a estiagem, o que contribuiu para a redução da diversidade de Shannon neste setor. Pereira et al. (2010) classificam essa espécie como estratégica, sendo observada principalmente em períodos secos e em locais eutrofizados.

Os índices ecológicos foram maiores durante o período chuvoso, exceto o índice de dominância. Baixa diversidade foi registrada, principalmente em S2, devido à floração de *C. centralis*. Dos táxons identificados, dez espécies foram selecionadas como indicadoras (Tab. 3). O S1 apresentou *Cosmarium phaseolus* e *Cyclotella stylorum* como espécies indicadoras. As espécies *Tabularia tabulata* e *Euglena sp.* foram indicadoras em S3. O florescimento de euglenas depende, principalmente, da carga de poluição orgânica e da concentração de nutrientes, características de águas eutrofizadas (Radwan et al., 2018). O S2 apresentou o maior número de espécies indicadoras, onde as diatomáceas *Coscinodiscus oculus-iridis* e *Ulnaria ulna* registraram maiores valores indicadores (Tab. 3). A *C. oculus-iridis* possui ampla distribuição em águas costeiras e estuários, onde é indicadora de águas poluídas e ricas em nutrientes (Verlecar et al., 2006).

Tabela 3. Valores indicadores (IndVal), densidade fitoplanctônica e ecologia no estuário do rio Anil.

SETORES	Espécies indicadoras	IndVal (%)	Valor de <i>p</i>	Grupo taxonômico	Densidade ($\times 10^3$ cels L $^{-1}$)	Ecologia
S1	<i>Cosmarium phaseolus</i>	36,88	0,005	Charophyta	28,76	Dulcícola
	<i>Cyclotella stylorum</i>	36,39	0,007	Bacillariophyta	42,98	Marinha
S2	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	55,61	0,004	Bacillariophyta	567,05	Marinha
	<i>Ulnaria ulna</i>	52,24	0,030	Bacillariophyta	742,16	Dulcícola
	<i>Euglena gracilis</i>	31,11	0,010	Euglenozoa	36,09	Dulcícola
	<i>Navicula</i> sp.	29,62	0,010	Bacillariophyta	47,39	Dulcícola
	<i>Pseudanabaena minima</i>	25,00	0,040	Cyanobacteria	19,02	Dulcícola
	<i>Pseudanabaena</i> sp.	21,87	0,040	Cyanobacteria	18,87	Dulcícola
S3	<i>Tabularia tabulata</i>	37,33	0,020	Bacillariophyta	48,97	Salobra
	<i>Euglena</i> sp.	25,00	0,040	Euglenozoa	18,41	Dulcícola

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação dos dados físicos e químicos e o gradiente espacial constituem elementos-chave para a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplantônica, além de selecionarem espécies indicadoras em cada setor. A alta carga de nutrientes de origem antrópica contribui para o aumento do índice trófico, reduzindo a qualidade da água e causando a morte da biota nos estuários. Dessa forma, este estudo evidencia a dinâmica do fitoplâncton e suas respostas às variações ambientais diante dos impactos causados no ERA, auxiliando no monitoramento e na conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais.



AGRADECIMENTOS

À UEMA, À FAPEMA, AO LBVM, AO PPGECB E AOS VOLUNTÁRIOS DESTE PROJETO.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. H.; MOCHEL, F. R.; AMORIM, A. J. E.; THEVAND, A. Modelagem da profundidade Secchi e da concentração de clorofila a no estuário do rio Anil, São Luís - MA. **Caminhos de Geografia**, v. 5, n. 13, p. 19-40, 2004. Doi: 10.14393/RCG51315350.

AZHIKODAN, G.; YOKOYAMA, K. Temporal and spatial variation of mixing and movement of suspended sediment in the macrotidal Chikugo River Estuary. **Journal of Coastal Research**, v. 31, n. 3, p. 680-689, 2015. Doi: 10.2112/JCOASTRES-D-14-00097.1.

BECKER, V.; IHARA, P. M.; YUNES, J. S.; HUSZAR, V. L. M. Occurrence of anatoxin-a(s) during a bloom of *Anabaena crassa* in a water-supply reservoir in southern Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v. 22, p. 235-241, 2010. Doi: 10.1007/s10811-009-9451-8.

CAVALCANTI, L. F.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G.; OLIVEIRA, A. L. L.; FURTADO, J. A.; ARAÚJO, B. O.; SÁ, A. K. D. S.; FERREIRA, F. S.; SANTOS, N. G. R.; DIAS, F. J. S.; CUTRIM, M. V. J. Structure of microphytoplankton Community and environmental variables in a macrotidal estuarine complex, São Marcos Bay, Maranhão-Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 66, n. 3, p. 283-300, 2018. Doi: 10.1590/S1679-87592018021906603.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic Cyanobacteria in Water**: A Guide To their Public Health Consequences. Monitoring and Management, Routledge, London, UK, 416p, 1999.

CRUZ, W. L.; RIBEIRO, D. Q.; PEREIRA, E. D. Conflitos de uso e ocupação em Áreas de Preservação Permanente na bacia do rio Anil - São Luís, MA. **Revista Geonorte**, v. 11, n. 37, p. 229-247, 2020. Doi: 10.21170/geonorte.2020.V.11.N.37.229.247.

DUFRÊNE, M., LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997. Doi: 10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAIST]2.0.CO;2.

GAMMAL, M. A. M.; NAGEEB, M.; AL-SABEB, S. Phytoplankton abundance in relation to the quality of the coastal water - Arabian Gulf, Saudi Arabia. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 43, n. 4, p. 275-282, 2017. Doi: 10.1016/j.ejar.2017.10.004.

GRASSHOFF, K.; KREMLING, K.; EHRDARDTT, M. **Methods of seawater analysis**. Wiley-VCH. 3. Completely rev. and extended ed. Weinheim; New York; Chicester; Brisbane; Singapore; Toronto, 600p, 1999.

GREGO, C. K. S.; FEITOSA, F. A. N.; HONORATO DA SILVA, M.; FLORES-MONTES, M. J. Distribuição espacial e sazonal da clorofila a fitoplancônica e hidrologia do estuário do rio Timbó (Paulista-PE). **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 2, p. 181-199, 2016. Doi: 10.5914/tropcean.v32i2.8025.

INMET. **Histórico de precipitação para São Luís, Maranhão, Brasil**, 2022. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br>.

LI, Y.; LU, Q.; YANG, J.; XING, Y.; LING, W.; LIU, K.; YANG, Q.; MA, H.; PEI, Z.; WU, T.; GUO, H.; GAO, Z.; ZHAO, L.; SUN, J.; YANG, F.; TANG, X.; LI, X.; ZHAO, D. The fate of microplastic pollution in the Changjiang River estuary: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 425, 138970, 2023. Doi: 10.1016/j.jclepro.2023.138970.

LIVINGSTON, R. J. Phytoplankton bloom effects on a Gulf Estuary: Water quality changes and biological response. **Ecological Applications**, v. 17, n. 5, p. 110-128, 2007. Doi: 10.1890/05-0769.1.

MACHADO, A. M. B.; ESCRIQUE, S. A.; LIMA, L. G.; PARISE, C. K.; SOARES, L. S.; AZEVEDO, J. W. J.; SILVA, M. H. L.; CASTRO, A. C. L. Distribution of physical and chemical variables in the water column and characterization of the bottom sediment in a macrotidal estuary on the Amazon coast of the state of Maranhão, Brazil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 17, n. 1, p. 1-20, 2022. Doi: 10.4136/ambi-agua.2798.

MARGALEF, R. Information Theory in Ecology. **General Systems**, v. 3, p. 36-71, 1958.

MATOS, J. B.; SODRÉ, D. K. L.; COSTA, K. G.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Spatial and temporal variation in the composition and biomass of phytoplankton in an Amazonian estuary. **Journal of Coastal Research**, p. 1525-1529, 2011.

MENG, P. J.; TEW, K. S.; HSIEH, H. Y.; CHEN, C. C. Relationship between magnitude of phytoplankton blooms and rainfall in a hyper-eutrophic lagoon: A continuous monitoring approach. **Marine Pollution Bulletin**, v. 124, n. 2, p. 897–902, 2017. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.12.040.

OLIVEIRA, A. V. G.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G.; CUTRIM, M. V. J.; CRUZ, Q. S.; ROSAS, R. S.; SÁ, A. K. D. S. Assessment of the trophic status and water quality in an urbanised tropical estuary, Brazil. **Chemistry and Ecology**, v. 40, n. 10, p. 1075–1091, 2024. Doi: 10.1080/02757540.2024.2396839.

PEI, S.; LAWS, E. A.; ZHU, Y.; ZHANG, H.; YE, S.; YUAN, H.; DING, X. Nutrient dynamics and their interaction with phytoplankton growth during autumn in Liaodong Bay, China. **Continental Shelf Research**, v. 186, p. 34–47, 2019. Doi: 10.1016/j.csr.2019.07.012.

PEREIRA, L. C. C.; MONTEIRO, M. C.; GUIMARÃES, D. O.; MATOS, J. B.; COSTA, R. M. Seasonal effects of wastewater to the water quality of the Caeté river estuary, Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 2, p. 467–478, 2010. Doi: 10.1590/S0001-37652010000200022.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of Theoretical Biology**, v. 13, p. 131–144, 1966.

QUEIROZ, J. B. M.; OLIVEIRA, A. R. G.; COSTA, K. G.; BRITO, E. P.; SANTOS-FERNANDES, F. D.; NUNES, Z. M. P.; KOENING, M. L.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Phytoplankton of the shipping sector of São Marcos Bay (Amazon Coast): A potential risk area the establishment of non-indigenous species. **Regional Studies in Marine Science**, v. 49, p. 102–121, 2022. Doi: 10.1016/j.rsma.2021.102121.

RADWAN, A. A. M.; TAYEL, F. T.; MORSY, A. M. H.; ABDELMONEIM, M. A.; BASIONY, A. I. Monitoring of Water Pollution and Eutrophication using Phytoplankton as Bioindicator in Burullus Lake, Egypt. **Journal of Environmental Sciences**, v. 47, n. 1-2, p. 63-74, 2018. Doi: 10.21608/joese.2018.149483.

REDFIELD, A. C. The biological control of chemical factors in the environment. **American Scientist**, v. 46, n. 3, p. 230-221, 1958.

RODRIGUES, E. I.; CUTRIM, M. V. J. Relações entre as variáveis físicas, químicas e fitoplanctônicas de três áreas estuarinas da costa Norte do Brasil-São José de Ribamar, Cedral e Cajapió, MA. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 43, n. 2, p. 45-54, 2010. Doi: 10.32360/acmar.v43i2.5994.

SANTORO, A. L.; ENRICH-PRAST, A. Salinity control of nitrification in saline shallow coastal lagoons. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 21, n. 2, p. 263-267, 2009.

SANTOS, R. M.; SOUSA, P. H. C.; VARELA, A. W. P.; PAMPLONA, F. C.; SANTOS, M. L. S. Variação espaço-temporal de nutrientes inorgânicos dissolvidos e clorofila a em um estuário amazônico tropical no norte do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, 2023. Doi: 10.1590/S1413-415220200408.

SANTOS, T. T. L.; MARINS, R. V.; DIAS, F. J. S. Carbon influence on metal distribution in sediment of Amazonian macrotidal estuaries of northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 9, p. 1-16, 2019. Doi: 10.1007/s10661-019-7626-6.

SANTOS, T. T. L.; SEREJO, J. H. F.; LIMA, H. P.; ESCHRIQUE, S. A. Dissolved nutrient fluxes in macrotidal estuary in the Amazonian region, Brazil. **Tropical Oceanography**, v. 48, n. 1, p. 1-19, 2020. Doi: 10.5914/tropocean.v48i1.247360.

SHANNON, C. E. A mathematical Theory of communication. **The Bell System Technical Journal**, v. 27, n. 3, p. 379-423, 1948.

SIN, Y.; LEE, E.; LEE, Y.; SHIN, K. H. The river-estuarine continuum of nutrientes and phytoplankton communities in an estuary physically divided by a sea dike. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 163, p. 279-289, 2015. Doi: 10.1016/j.ecss.2014.12.028.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 167, n. 2, p. 1-205, 1972.

TRINDADE, R. M. L.; RIBEIRO, A. K. N.; NABOUT, J. C.; BORTOLINI, J. C. The global scientific literature on applications and trends in the use of functional morphological groups in phytoplankton studies. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 33, 2021. Doi: 10.1590/S2179-975X7220.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton: methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 9, p. 1-38, 1958.

VERLECAR, X. N.; DESAI, S. R.; SARKAR, A.; DALAL, S. G. Biological indicators in relation to coastal pollution along Karnataka coast, India. **Water Research**, v. 40, n. 17, p. 3304-3312, 2006. Doi: 10.1016/j.

CAPÍTULO 7 - ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NOS CICLOS DE SIZÍGIA E QUADRATURA NA ILHA DOS CARANGUEJOS, MA - BRASIL

Francinara Santos Ferreira¹
Nágela Gardênia Rodrigues dos Santos¹
Ana Karoline Duarte dos Santos Sá¹
Lisana Furtado Cavalcanti Lima³
Yago Bruno Silveira Nunes²
Quedyane Silva da Cruz²
Marco Valério Jansen Cutrim¹

¹Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

²Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

³Instituto Federal do Maranhão (IFMA).

RESUMO

A ilha dos Caranguejos está situada na baía de São Marcos, próximo à região portuária de São Luís. Com intuito de conhecer o fitoplâncton, foram analisadas amostras coletadas de seis em seis horas, em picos de marés altas (PMA) e baixas (PMB) num ciclo nictemeral de 25 horas, nos períodos de sizígia (27 e 28/10/07) e quadratura (01 e 02/11/07). As amostras qualitativas foram coletadas com rede de fitoplâncton com malha 64 μm e quantitativas com garrafas de Niskin. Para a análise da clorofila a, utilizaram-se duas réplicas de clorofila a total e uma fracionada. Foram identificados 75 táxons, destacando-se como espécies muito freqüentes nos períodos de sizígia e quadratura: *Actinopytchus senarius*, *Caloneis permagna*, *Odontella regia*, *Gyrosigma balticum*, *Surirella febrigelrii*, *Triceratium favus*. A densidade fitoplanctônica variou entre 52.945 cels.L⁻¹ a 21.659 cels.L⁻¹ predominando a fração do nanofitoplâncton. A clorofila a fitoplanctônica apresentou variação total de 0,26 mg.m⁻³ a 43,51 mg.m⁻³, enquanto que, na fracionada foi de 0,01 mg.m⁻³ a 8,76 mg.m⁻³, onde os menores valores estiveram relacionados com PMA e os maiores com PMB. A diversidade específica variou de baixa a média diversidade. As amostras foram consideradas homogêneas e com média riqueza, para ambos os períodos. Observou-se que a área estudada apresenta algum impacto negativo, devido a presença de

espécies, como *Pseudo-nitzschia pungens* e *Oscillatoria* sp., confirmando a necessidade de monitoramento permanente de seu estuário.

Palavras-chaves: Clorofila a; Densidade; Estuário; Fitoplâncton.



1 INTRODUÇÃO

Os estuários são ambientes aquáticos bastante complexos que vêm sofrendo grandes alterações nos seus parâmetros hidrológicos e biológicos devido a diversos impactos, tais como aterros, degradação e poluição. O que vêm causando uma diminuição da biodiversidade e, consequentemente, de seus recursos alimentícios.

Esses impactos têm causado grandes consequências tanto para a biota local como para o ser humano (Sá *et al.* 2021).

Estes locais são considerados importantes do ponto de vista econômico e ecológico, devido à alta produtividade primária gerada pela presença da comunidade fitoplânctônica e a grande disponibilidade de sais nutrientes, além de servirem como área de alimentação, berçário, habitat, refúgio e reprodução de várias espécies, de forma que, contribuem decisivamente na fertilidade dos ecossistemas aquáticos adjacentes (Cavalcanti *et al.*, 2018).



Este trabalho propôs o levantamento da comunidade fitoplânctonica no canal leste da Unidade de Conservação (UC) da ilha dos Caranguejos – MA, em diferentes ciclos de marés para o fitoplâncton, trata-se de um estudo pioneiro para o Estado do Maranhão, cuja finalidade foi analisar a estrutura e determinar a variação espacial e temporal do fitoplâncton em dois períodos de maré (pico de maré alta (PMA) e pico de maré baixa (PMB)) e dois cenários de maré (sizígia e quadratura). Com o objetivo de conhecer a dinâmica da comunidade fitoplânctonica com fins de monitoramento e conservação da Zona Costeira Amazônica sujeita a impactos ambientais, e a carência de estudos é que justificam a realização deste trabalho.

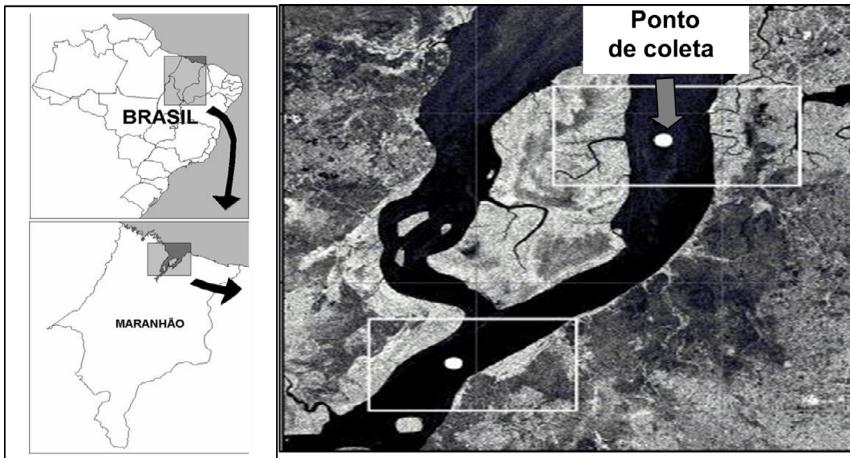
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE COLETA

A ilha dos Caranguejos (Figura 1) localiza-se ao norte da plataforma continental brasileira numa área de médio estuário que recebe águas do rio Mearim, onde se registram as maiores amplitudes de maré, chegando a atingir 7,5 m no litoral maranhense (Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão, 2003). A cobertura vegetal predominante da ilha é de manguezais, composto principalmente de *Rhizophora mangle*. Esta vegetação tolera uma maior influência das marés, maior teor de sal, de matéria orgânica e um substrato menos consistente de partículas finas (Carvalho-Neta e Castro, 2006).



Figura 1. Ponto fixo de amostragem na ilha dos Caranguejos, MA – Brasil.



2.2. AMOSTRAGEM

Para as amostragens foi selecionado um ponto fixo de coleta em águas estuarinas no canal leste da Unidade de Conservação da ilha dos Caranguejos, localizado na latitude 02°50'27,4"S e longitude 44°25'03,3"W, onde foram avaliados dois cenários de maré (sizígia e quadratura), sendo coletadas cinco amostras para cada cenário, utilizando os picos de maré alta(PMA) e baixa(PMB), com coletas de 6 em 6 horas durante um período de 25 horas, totalizando 10 amostragens. O cenário de maré de sizígia foi denominado UC1, com coleta realizada em 27 e 28/10/2007 e o cenário de maré de quadratura foi nomeado UC2 com amostragens em 01 a 02/11/2007 a bordo do navio rebocador Inter I.

2.3 PARÂMETROS BIÓTICOS

2.3.1 Análise qualitativa do fitoplâncton

Foram coletadas amostras do fitoplâncton através de arrastos horizontais na superfície da água, com redes de plâncton cônico-cilíndricas com 30 cm de diâmetro de boca, 1 m de comprimento e abertura de malha de 64 μm , por 3 minutos. As coletas foram feitas a bordo do rebocador Inter I em marcha vigorosa realizando movimentos circulares de modo a capturar um elevado número de organismos e prevenir o entupimento da rede. As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 300 mL, devidamente etiquetados e fixadas com formalina a 4% para o estudo do fitoplâncton.

O estudo do material coletado se deu por meio da análise entre lâmina e lamínula (onde foi analisada 10 lâminas de cada amostra) utilizando-se um microscópio binocular (Zeiss Axioscop 40). Para o reconhecimento das espécies de difícil identificação foram preparadas três lâminas permanentes (por amostra coletada) montadas com resina Entellan (MERCK, $\text{ir}=1,49-1,50$) e analisadas com fotomicroscópio óptico equipado com câmara-clara (Zeiss Axioscop 40) e câmera digital (Zeiss Canon A640), segundo o método descrito por Muller-Melchers e Ferrando (1956).

O enquadramento taxonômico seguindo-se a bibliografia especializada. Para as Bacillariophyta através de Round et al, (1992) e Halse e Syvertsen (1997), Euglenophyta conforme Chretiennot-Dinet *et al.*, (1990), Chlorophyta segundo Bourrelly (1972), Cyanophyta através de Anagnostidis e Komárek, (1988;1990) e Dinophyta por Tomas (1997).

2.3.2 DENSIDADE DO FITOPLÂNCTON

As amostras para os estudos quantitativos foram coletadas com o auxílio de garrafas oceanográficas de Ninskin, com capacidade de 2,5 L, para o estudo da densidade fitoplânctônica, sendo as amostras imediatamente fixadas com solução de lugol, e acondicionadas em frascos de polietileno de 300 mL devidamente etiquetados e posteriormente transportadas para o Laboratório de Botânica Aquática da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Para a determinação da densidade fitoplânctônica (número de células L⁻¹) as amostras foram homogeneizadas, colocadas em câmara de sedimentação de 5 a 10 mL, onde foi adicionado o corante rosa de bengala para distinguir as células vivas dos detritos de sedimentos por 24h, seguindo método de Thronsen (1978). E as contagem realizadas em invertoscópio (Zeiss Axiovert 100) segundo método de Ültermohl (Ferrario et al., 1995).

2.4 CLOROFILA A

As amostras de clorofila a foram coletadas na superfície da água com o auxílio de uma garrafa de Niskin, em seguida transferidas para um recipiente de polietileno de 1L, cuja filtração realizada ainda em campo, auxiliada por uma bomba vácuo da Marca Millipore. Para cada ponto de coleta obtida duas amostras totais e uma fractionada em filtro de fibra de vidro Whatman (0,48 de porosidade e 47mm de diâmetro), com volume variando de 25 a 100 mL, finalizada a filtragem os filtros foram imediatamente congelados.

As análises da biomassa fitoplânctônica por meio da clorofila a (mg.m⁻³), foi realizada pelo método espectrofotométrico descrito por Parsons e Strickland (1963) e pela UNESCO (1966).

Após a tabulação dos resultados, aplicou-se o tratamento numérico, os índices de Diversidade (H') e Equitabilidade (E), segundo Shannon (1948) e a Riqueza a partir de Margalef (1983) para obtenção dos dados ecológicos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO



3.1 COMPOSIÇÃO FITOPLANCTÔNICA

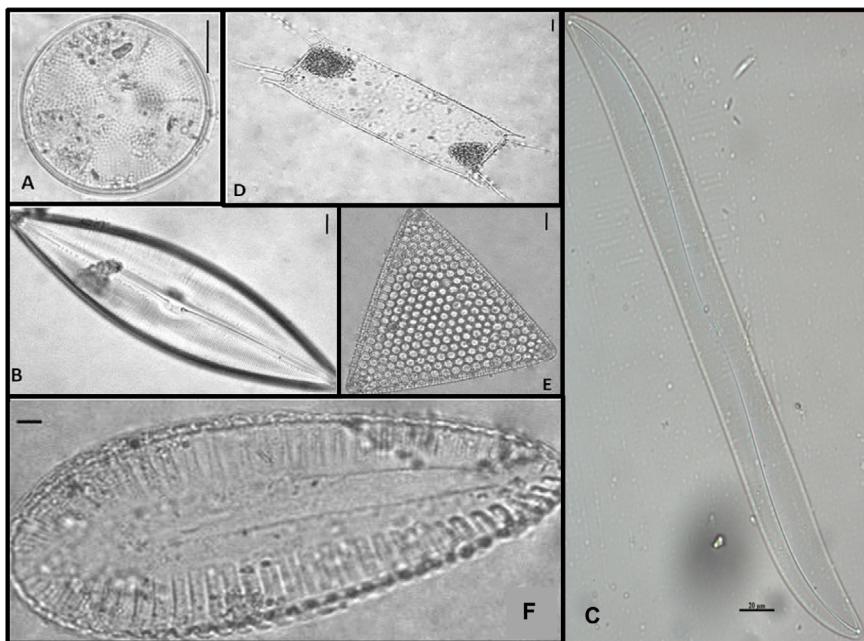
Na ilha dos Caranguejos foram identificados 75 táxons distribuídos em três divisões (Bacillariophyta com 97,3%, Dinophyta, com 1,3% e Cyanophyta, com 1,3%), cinco classes, seis subclasses, 18 ordens, 28 famílias, 40 gêneros e quatro variedades. Diferentemente de UCI, em UC2 o fitoplâncton apresentou-se constituído exclusivamente de diatomáceas, visto que, na quadratura as marés possuem uma menor variação de amplitude e isso contribui para uma menor diversidade.

No grupo das diatomáceas, as famílias que representaram um maior número de espécies foram Coscinodiscaceae (6), Triceraticeae (8) e Bacillariaceae (11). A riqueza taxonômica oscilou de 27 táxons em PMB (18:55) na quadratura a 43 táxons em PMA (07:30) na sizígia. Pode-se observar que a maior diversidade de táxons ocorreu nos picos de maré alta e a menor diversidade taxonômica nos picos de maré baixa.

Comparando-se sizígia e quadratura, seis espécies muito frequentes ocorreram em 100% das amostras nos dois os cenários: *Actinnoptychus senarius*, *Caloneis permagna*, *Odontella regia*, *Gyrosigma balticum*, *Surirella febrigelrii*, *Triceratium favus* (Figura 2).

Estas microalgas contribuíram com 8,3% para o fitoplâncton local identificado. Evidenciando claramente a predominância das diatomáceas nas águas estuarinas da ilha e dos Caranguejos. Os demais grupos de microalgas constituíram os componentes de menor representatividade, no entanto são de grande relevância para a diversidade da fitoflora local. O que confirma sua grande representatividade no fitoplâncton costeiro em águas tropicais, por tolerarem grandes variações no conteúdo de sais dissolvidos (Cavalcanti et al, 2018; Sá et al, 2021).

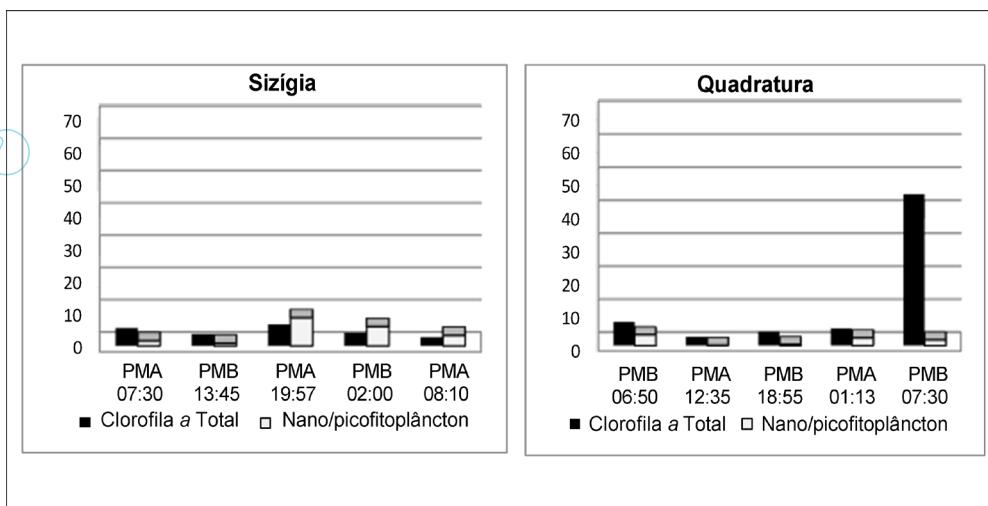
Figura 2. Escala em 10 e 20 μm : A- *Actinptychus senarius*, B- *Caloneis permagna*, C - *Gyrosigma balticum*, D - *Odontella regia*, E - *Triceratium favus*, F - *Suriella febrigelrii*.



3.2 CLOROFILA A

A clorofila a total na sizígia, variou de $0,26 \text{ mg.m}^{-3}$ a $4,18 \text{ mg.m}^{-3}$ ambos em PMA (08:10 e 19:57) e na quadratura, a mesma alcançou o valor mínimo de $0,31 \text{ mg.m}^{-3}$ em PMA (12:35) e um valor máximo de $43,51 \text{ mg.m}^{-3}$ em PMB (07:30), destacando por ser um valor muito alto em relação aos outros que foram verificados. Observou-se que os valores aferidos na quadratura foram mais elevados do que na sizígia. Para a clorofila a fracionada, verificou-se que na sizígia, o valor mínimo foi de $0,88 \text{ mg.m}^{-3}$ em PMB (13:45) e o valor máximo de $8,76 \text{ mg.m}^{-3}$ em PMA (19:57). Já na quadratura os valores da clorofila a variaram de $0,01 \text{ mg.m}^{-3}$ em PMA (12:35) a $3,25 \text{ mg.m}^{-3}$ em PMB (06:50) (Figura 3).

Figura 3. Variação da biomassa fitoplanctônica total (mg.m^{-3}) e fracionada (mg.m^{-3}) registradas na ilha dos Caranguejos, Ma - Brasil.



A área estudada apresentou variabilidade espacial e sazonal bastante produtiva, assemelhando-se a outros sistemas estuarinos na região da Baía de São Marcos (Sá *et al*, 2021). Com relação à altura de maré, os teores de clorofila a estiveram ligeiramente mais elevados durante o pico de maré alta, como também foi observado no estuário do rio Cocó (Moreira, 1994).

Acompanhar a variação da clorofila a torna importante por disponibilizar informações sobre o estado fisiológico do fitoplâncton e indiretamente da composição taxonômica de uma população algal (Silva *et al*, 2009). Além de mensurar a produção biológica do ecossistema e que permitam conduzir investigações e prever problemas ecológicos. Este parâmetro pode indicar a eutrofização acelerada e a alteração da água (Edwards *et al*, 2003). Tornando-se necessário devido à proximidade da área em estudo com o complexo portuário do Itaqui.

3.3 DENSIDADE FITOPLÂNTONICA

A densidade fitoplânctonica, apresentou uma variação de 21.659 cel. L^{-1} em PMB (02:00) a 52.945 cel. L^{-1} em PMA (19:57) na sizigia, demonstrando que os maiores valores de densidade estão relacionados com os PMA. Na quadratura, observou-se os valores menores com mínimo de 31.286 cel. L^{-1} em PMA (12:35) e máximo de 38.506 cel. L^{-1} em PMB (06:50), apresentando uma discreta variação.

No estuário estudado, a diversidade específica não foi considerada alta, pois os valores registrados estiveram bem abaixo de 3,0 bit. cel $^{-1}$, podendo ser considerada mediana para ambientes estuarinos como mostrado na classificação de Valentin *et al.* (2000). Esta comunidade fitoplânctônica ainda apresentou uma distribuição rela-

tivamente uniforme de todas as espécies dentro de cada amostra, não existindo nenhuma espécie que se destaque sobre as demais.

3.4 ÍNDICES ECOLÓGICOS

Para os índices ecológicos, a diversidade específica (Shannon-H') durante a sizígia variou de 1,75 bits.cel⁻¹ em PMA (02:00) a 2,15 bits.cel⁻¹, enquanto que, na quadratura, esta variou de 1,23 bits.cel⁻¹ em PMA (01:13) a 2,08 bits.cel⁻¹ em PMB (06:50), apresentando uma variação de baixa média. Comparando-se com os valores de equitabilidade (E), a variação foi de 0,85 em PMA (19:57) a 0,97 em PMB (02:00) na sizígia, como o grau de equitabilidade próximo a 1, onde 100% das amostras neste período demonstraram valores acima de 0,5. Na quadratura, foi registrada uma variação de 0,48 em PMA (01:13) com máximo de 0,93 em PMB (13:35) variando de baixa a elevada. Quanto a riqueza, na sizígia os valores obtidos foram mínimos em PMB (02:00) com 2,55 e máximo de 3,40 em PMA (08:00). Na quadratura, essa variação foi de 2,72 em PMA (12:35) a 4,43 também em PMA (01:13). Devido a grande quantidade de matéria orgânica presente nas amostras, a coleta de PMB (07:30) extraviou-se, ficando esta sem análise para os índices citados acima.

Quanto aos valores de equitabilidade, estes refletiram uma comunidade em equilíbrio, devido a área sofrer pouca intervenção humana direta. Mas, apesar do fitoplâncton indicar uma elevada uniformidade, os índices de diversidade específica não demonstraram grande riqueza, que seriam constatadas com valores acima de 5,0 (Valentin *et al*, 1991).

Para os ambientes maranhenses já estudados acerca da diversidade, a ilha dos Caranguejos apresentou valores próximos aos encontrados em São de José de Ribamar (Rodrigues e Cutrim, 2010), onde se observou que no fim do período de estiagem os dados ecológicos apresentaram maiores valores, ocasionados pela maior penetração de luz na camada superficial da coluna d'água, assim como a menor variação dos fatores abióticos de uma forma geral.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos elementos apresentados, para uma melhor avaliação da ilha dos Caranguejos e prever alterações ambientais, é necessário considerar os ciclos solares de equinócios e solstícios, além dos períodos sazonais, já que o fitoplâncton pode sofrer variações tanto espaciais quanto sazonais.

O fitoplâncton da área foi representado por 75 táxons, número que comparado a outros trabalhos realizados no litoral maranhense é considerado baixo, no entanto, em se tratando de coleta noturna pode ser considerado elevado. As diatomáceas predominaram na sizígia e na quadratura, com alta adaptação às condições ambientais verificadas no local de estudo.

A presença de *Pseudo-nitzschia pungens* que é indicadora de ambientes poluídos e *Oscillatoria* sp. (Fig. 4), espécie altamente tóxica demonstra que a área apresenta algum tipo de impacto provocado pela ação antrópica, podendo ser ocasionada pela proximidade com o complexo portuário da Baía de São Marcos.

Figura 4. Representação da avaliação da comunidade fitoplânctonica na Ilha dos Caranguejos, Ma – Brasil.



Apesar dos dados de clorofila a, densidade e índices ecológicos se encontrarem na média de outros trabalhos é importante que se realize um monitoramento permanente do estuário da ilha dos Caranguejos para que aprofundemos conhecimento adquirido acerca da variação nictemeral do fitoplâncton para a identificação dos grupos taxonômicos e mudanças sazonais que possam ocorrer devido às variações sazonais características da região.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pela concessão de bolsa de iniciação científica BIC/UEMA. Ao projeto “Potenciais Impactos Ambientais do Transporte de Petróleo e Derivados na Zona Costeira Amazônica - PIATAM Mar”, financiado pela Petrobrás. Aos laboratórios de Biologia Aquática e Estudos Parasitológicos e bioquímicos da UEMA e ao Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal do Maranhão (LabHidro/UFMA).

REFERÊNCIAS

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. Modern Approach to the classification system of Cyanophyta, 3: Oscillatoriales. **Algological Studies**. v.80, n. 1-4, p. 327-472. 1988.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK. Modern Approach to the classification system of Cyanophyta, 5: Stigonematales. **Algological Studies**. v. 59, p. 1-73. 1990.

BOURRELLY, P. 1972. Les Algues D'eau Douce - Initiation à La Systématique. Tome I: Les Algues Vertes. **Éditions M. Boubée & Cia**. Paris. 572p.

CARVALHO-NETA, R. F. & CASTRO, A. C. L. de. Exploração artesanal dos recursos pesqueiros na ilha dos Caranguejos - MA. **Revista Uniceuma (Perspectivas)**. vol.14, Ano 2- jan a jul. 2006.

CAVALCANTI, L. F.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G.; OLIVEIRA, A. L. L.; FURTADO, J. A.; ARAÚJO, B. de O.; SÁ, A. K. D. S.; FERREIRA, F. S.; SANTOS, N. G. R.; DIAS, F. J. S.; CUTRIM, M. V. J. Structure of microphytoplankton community and environmental variables in a macrotidal estuarine complex, São Marcos Bay, Mara-nhão. **Brazilian Journal of Oceanography**, 66(3):283-300; 2018.

CHRETIÉNNOT-DINNET, M. J.; BILARD, C.; SOURNIA, A. Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglenophycées, Eustigmato-phycées, Prasinophycées, Prymnesiophycées, Rhodophycées et Tribophycées In: SOURNIA, A (Dir.). **Atlas du phytoplankton Marin**. Paris: Editions Du Centre National de Recherche Scientifique, 1990. v.3, 261p.

EDWARDS, V. R.; TETT, P.; JONES, K. J. Changes in the yield of chlorophyll a from dissolved available inorganic nitrogen after an enrichment event - applications for predicting eutrophication in coastal waters. **Continental Shelf Research**. p. 1-15. 2003.

FERRARIO, M.; SARS, E.; SALA, S. Metodología básica para el estudio de fitoplancton con especial referencia a las diatomáceas. In: ALVEAR, K.; FERRARIO, M. E.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; SARS, E. (Eds). **Manual de métodos ficológicos**. Chile: Universidad de Concepción, 1995. P. 1-24.

HASLE, G. R.; SYVERTSEN, E. E. Marine diatoms. In: TOMAS, Carmelo R. (Ed.) **Identifying marine diatoms and dinoflagellates**. San Diego: Academic, 1997. P.596.

MARGALEF, R. **Ecología**. 7^a ed. Barcelona: Ediciones Omega, 951 p. 1991.

MARGALEF, R. **La diversidade**. In: Ecología. Barcelona: Omega, cap. 11, p. 359-382, 1983.

MOREIRA, M. O. P. **Produção fitoplânctonica em um ecossistema estuarino tropical Estuário do rio Cocó, Fortaleza, Ceará** Recife, 348f. Dissertação (Mes-trado) Universidade Federal de Pernambuco. Centro Tecnológico e Geociências. Departamento de Oceanografia. Programa de Pós-graduação em Oceanografia. 1994.

MÜLLER-MELCHERS, F. C. & FERRANDO, H. J. Técnicas para o estudo de lâs dia-tomeas. Boletim do Instituto Oceanográfico Universidade de São Paulo, São Paulo, v.7, n. 1-2, p. 151-160. 1956.

PARSONS, T. R.; STRICKLAND, J. D. H. Discussion of spectrophotometric determination of marine plankton pigments, with revised equations of absorption by chlorophyll a and carotenoids. **Journal of Marine Research**, New Haven, v. 21, p. 155-163. 1963.

RODRIGUES, E. I.; CUTRIM, M. V. J. Relações entre as variáveis físicas, químicas e fitoplâncticas de três áreas estuarinas da costa norte do Brasil - São José de Ribamar, Cedral e Cajapió, MA. **Arquivos Ciências do Mar**, 43, 45-54. 2010.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. **The diatoms: biology and morphology of the genera**. New York. Cambridge University Press. 747p. 1992.

SÁ, A. K. D. S.; CUTRIM, M. V. J.; COSTA, D. S.; CAVALCANTI, L. F.; OLIVEIRA, A. L. L.; SEREJO, J. H. F. Algal blooms and trophic state in a tropical estuary blocked by a dam (northeastern Brazil). **Ocean and Coastal Research**, v69:e21009, 2021.

SHANNON, C. E. A Mathematical Theory of Communication. **Bulletin of System technology Journal**. v. 27, p. 379-423, 1948.

SILVA, M. H.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; PASSAVANTE, J. Z. de O.; GREGO, C. K. S.; MUNIZ, K. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. **Acta botânica brasílica** 23(2): 355-368. 2009.

THRONDSEN, J. Preservation and storage: monographs on oceanographic methodology. In: SOURNIA, A. (Ed.) 6. **Phytoplakton manual**. Norwich: UNESCO, 1978. P.69-74.

TOMAS, C. R. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. **Academic Press**. N.598. Copyright San Diego. California. 1997. 858p.

UEHLINGER, V. Étudestatistique dès méthodes de dénombrement planctonique. **Archives Des Sciences**, 17(2):121-123 p.1964.

UNESCO. Determination of photosynthetic pigments in sea waters. Report of SCOR/UNESCO working group 17 with meat from 4 to 6 June 1964. (**Monograph on Oceanology Methodology**), Paris, UNESCO. 1966.

UNESCO. **International oceanographic tables**. Wormley. V.2, 1973. 141p.

UTERMOHL, H. **Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-Methodik**. Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie, v.9, p. 1- 38.1958.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica – Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro. Interciênciia. 117p. 2000.

VALENTIN, J. L. et al. Diversidade específica para análise das sucessões fitoplantônicas. Aplicações ao ecossistema de ressurgência de Cabo Frio (RJ). **Nerítica**. Pontal do Sul: v. 6, n. 1/2, p. 7-26.1991.

ZONEAMENTO COSTEIRO DO ESTADO DO MARANHÃO. São Luís: Fundação Sousândrade de apoio do desenvolvimento da Universidade do Maranhão/ Departamento de Oceanografia e Limnologia - DEOLI / **Laboratório de Hidrologia - LA-BOHIDRO / Núcleo Geobioambiental - UEMA**.2003.

CAPÍTULO 8 - ENVOLVIMENTO DE SABERES TRADICIONAIS E CIENTÍFICOS COM PRÁTICAS PEDAGÓGICAS CRIATIVAS ALINHADAS ÀS REALIDADES SOCIOCULTURAIS DAS ALDEIAS

Jalisson de Sousa Alves¹

Andrea Christina Gomes de Azevedo Cutrim¹

Rayane Serra Rosas¹

Danielle Stephane Campos Souza¹

Suellen Pinheiro Ribeiro²

Thiago Ferreira Pinheiro²

Luísa Larissa Moraes e Moraes³

Pedro Neto de Sousa Silva¹

¹Universidade Estadual do Maranhão - UEMA.

² Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

³ Escola Vida Educação Infantil.

RESUMO

O Brasil abriga ampla diversidade étnica e linguística indígena, cuja valorização demanda práticas educativas interculturais. Neste contexto, metodologias ativas despontam como estratégias eficazes para integrar saberes tradicionais e científicos. Esse trabalho teve como objetivo de envolver saberes tradicionais e científicos com práticas pedagógicas criativas alinhadas às realidades socioculturais das aldeias. A metodologia abrangeu atividades diversificadas, como palestras com temática ambiental, oficinas de montagem de histórias e mapas mentais, além de aulas de campo em instituições de referência como o Ecoponto, Herbário e Laboratório de Biologia e Marinha (LBVM/UEMA). Os resultados demonstraram que a combinação de metodologias ativas com conteúdo de cunho ambiental promoveu engajamento, senso crítico e reconhecimento da identidade cultural entre os professores indígenas. As atividades demonstraram incentivaram a construção de saberes a partir das vivências locais, o resgate de memórias ancestrais e a articulação entre Ciência e Cultura. O projeto contribuiu para o fortalecimento da educação intercultural e evidenciou o potencial transformador de práticas pedagógicas que respeitam a diversidade e promovem o diálogo entre conhecimentos distintos.

Palavras-chaves: Aprendizagem; Conhecimentos Tradicionais; Cultura.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil abriga aproximadamente 1.693.535 indígenas, o que representa 0,83% da população brasileira (Gohn, 2024; Pinto *et al.*, 2025). Essa população está distribuída em 278 povos distintos, cada um com características próprias, evidenciadas por uma ampla diversidade linguística, cultural e por sistemas de crenças e costumes que refletem na riqueza e pluralidade dos povos originários brasileiros (Pinto *et al.*, 2025).

O Brasil é um dos países com maior diversidade linguística indígena, abrigando atualmente 202 línguas faladas em diferentes regiões do território nacional, no entanto, a maioria desses idiomas encontra-se em risco de extinção, em grande parte devido a imposição da língua portuguesa, o que contribuiu para a marginalização das línguas originárias (Eberhard *et al.*, 2025; Frazão *et al.*, 2025). Idiomas como o Tupi, Jê e Krikati, entre muitas outras, desempenham papel central na construção e preservação da identidade dos povos indígenas (Rodrigues; Cabral, 2007; Frazão *et al.*, 2025).

Ao se analisar a cultura e o modo de vida dos povos indígenas, destaca-se a profundidade de um extenso repertório de saberes tradicionais acumulados ao longo das gerações, resultado de uma relação histórica e contínua com o meio natural (Diegues, 2019). O contato direto e contínuo com os elementos naturais permitiu a esses povos não apenas compreender os processos ecológicos, mas também desenvolver práticas sustentáveis de manejo e preservação ambiental nas atividades cotidianas, sendo transmitido esses saberes ao longo das gerações (Borolla *et al.*, 2024).

No contexto atual, observa-se um avanço significativo na valorização dos saberes indígenas dentro das políticas públicas brasileiras, especialmente com a criação da Comissão Nacional de Educação Escolar Indígena (CNEEI), instituída pela Portaria nº 995/2023 do Ministério da Educação (MEC). No âmbito internacional, destaca-se a iniciativa da Unesco, que promulgou a Década Internacional das Línguas Indígenas (2022-2032), delineando as principais medidas a serem seguidas pelas instâncias governamentais em nível mundial (Vieira; Santos, 2025).

A presença de estudantes indígenas no Ensino Superior brasileiro tem evidenciado a relevância da diversidade cultural e da convivência entre diferentes formas de conhecimento, proporcionando importantes aprendizados, ao mesmo tempo em que releva obstáculos e complexidades associados à vivência multicultural no ambiente universitário (Ames; Almeida, 2021; Costa; Oliveira, 2024). Entre os principais desafios recorrentes estão as limitações socioeconômicas, insegurança alimentar e acesso limitado aos materiais didáticos, o que reflete nas barreiras pedagógicas, decorrentes da rigidez dos currículos e pouca referência às especificidades culturais, dificultando o uso de metodologias mais inclusiva e contextualizadas (Costa; Oliveira, 2024).

Diante desse cenário, a escolha das metodologias pedagógicas utilizadas no processo formativo revela-se determinante para o desempenho acadêmico de estudantes indígenas, revelando o papel relevante assumido pelas metodologias ativas no favorecimento do protagonismo discente (Gabriel; Silva, 2025). Essas estratégias contribuem de forma expressiva para o fortalecimento da aprendizagem e para o desenvolvimento integral da formação desses alunos (Marin *et al.*, 2010; Costa; Oliveira, 2024).

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo promover o diálogo entre saberes tradicionais e científicos por meio de práticas pedagógicas criativas, concebidas de forma a respeitar e refletir as realidades socioculturais vivenciadas nas aldeias indígenas maranhenses. A partir da utilização de metodologias ativas, buscou-se fortalecer a formação de professores indígenas, ampliando seu repertório didático com estratégias que valorizem a interculturalidade, a ancestralidade e a construção coletiva do conhecimento em contextos educativos próprios e culturalmente situados.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO PÚBLICO ALVO

Este estudo foi conduzido no âmbito do Curso de Licenciatura Intercultural para a Educação Básica Indígena (LIEBI), ofertado pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), junto à turma de Ciências da Natureza. O público alvo envolveu 15 professores indígenas das etnias Gavião, Canela, Guajajara e Krikati, provenientes de diferentes aldeias maranhenses que se deslocaram à cidade de São Luís/MA para realização do curso. As aulas foram realizadas no Oásis, localizado no bairro Aurora, na cidade de São Luís, onde os docentes permaneceram hospedados com suporte logístico integral oferecido pela Universidade, incluindo translado, alimentação e moradia temporária.

Visando assegurar o rigor ético da pesquisa e o respeito aos direitos dos participantes, foi compartilhado o termo de consentimento

livre e esclarecido (TCLE), destacando o objetivo da pesquisa, metodologia utilizada, do direito de não participar e tratamento dos resultados, tendo autorização dos mesmos para fins de divulgação.

2.2 REALIZAÇÃO DE PALESTRAS INTRODUTÓRIAS

Com o intuito de aprofundar o conhecimento dos professores indígenas em temáticas ambientais e ampliar sua formação crítica foram ministradas três palestras: 1) biodiversidade e conservação biológica brasileira, associada a abordagem da biogeografia, enfatizando a distribuição das espécies e os padrões de endemismo, preparando os estudantes para ações pedagógicas integradas; 2) crimes ambientais, destacando os efeitos das ações antrópicas sobre a fauna e flora e a 3) a importância da legislação ambiental brasileira na proteção dos recursos naturais.

3.2 MONTAGEM DE HISTÓRIA

Para incentivar a reflexão sobre o papel dos povos indígenas na sociedade contemporânea foram apresentadas imagens que retratavam tanto o modo de vida tradicional, sob a ótica da sociedade não-indígena, quanto sua inserção no contexto tecnológico atual. A partir desse diálogo, os participantes foram convidados a construir, com base em sua própria perspectiva, uma representação visual como uma forma de linha do tempo, ilustrando a trajetória histórica dos povos indígenas no Brasil. Utilizando recortes de materiais didáticos inutilizados (livros e revistas antigos) e diferentes formas expressivas, como poemas, paródias e textos informativos, buscando valorizar a identidade cultural e o protagonismo indígena na construção de sua própria narrativa histórica.



2.3 CONSTRUÇÃO DE MAPAS MENTAIS

Dando continuidade às reflexões propostas foi realizada uma dinâmica com exibição de imagens de indígenas em diversas atividades diárias, que iam desde práticas tradicionais, como rituais, corrida de tora e uso de arco e flecha, até expressões mais recentes, como uso de tecnologias e a realização de torneios esportivos. Após a observação das imagens, os professores indígenas foram convidados a construir mapas mentais, representando, por meio de desenhos e esquemas em papel A4, como se percebiam em seu território, suas rotinas e o ambiente em que viviam. A proposta visou integrar os conhecimentos da biogeografia à valorização da identidade cultural e territorial dos participantes, fortalecendo a relação entre saber científico e vivência comunitária.

2.4 AULAS DE CAMPO: ECOPONTO, HERBÁRIO E LABORATÓRIO

Para enriquecer o processo de aprendizagem, foi realizada uma aula de campo com os professores indígenas, envolvendo a visita a três espaços voltados à Educação Ambiental, e à conservação da biodiversidade. O percurso incluiu o Ecoponto, onde conheceram práticas de coleta seletiva, o Herbário Rocha Mochel (UEMA), responsável pela catalogação de espécies vegetais, e o Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/UEMA), em que tiveram contato com equipamentos e metodologias científicas. A atividade promoveu a integração entre teoria e prática, fortalecendo a formação docente com base em experiências concretas.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 REALIZAÇÃO DAS PALESTRAS

As palestras cumpriram um papel essencial na sensibilização dos professores indígenas e na introdução dos conteúdos ambientais sistematizados que serviram de base para as atividades práticas. Ao promover a integração entre saberes tradicionais e científicos, esses momentos teóricos possibilitaram uma troca significativa de conhecimentos e ampliaram a percepção cultural sobre o ambiente. Além disso, ao antecederem as ações do projeto, contribuíram para a construção de uma base conceitual sólida e um troca mútua de conhecimentos, despertando o interesse e motivando a participação ativa dos envolvidos.

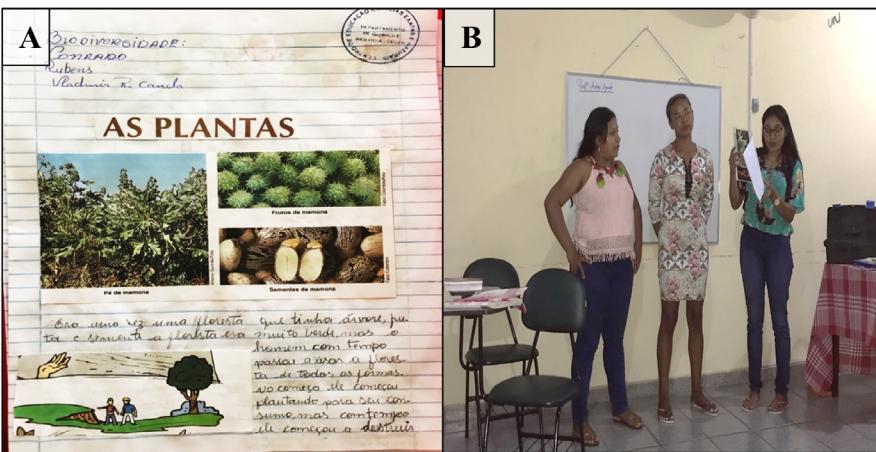
Santos *et al.* (2020) refletem sobre essa ferramenta didática usada para desenvolver o trabalho na abordagem de temas sensíveis, verificando uma grande aceitação por parte dos participantes e interessados no assunto, o que remete a ampla influência que o repasse de informações através da verbalização ainda tem intensamente sobre os estudantes, o que pode minimizar as dificuldades de diálogos entre as pessoas, seja dentro ou fora do ambiente escolar.

4.2 MONTAGEM DE HISTÓRIAS

Durante a atividade de montagem de narrativas sobre a presença indígena no Brasil, os professores indígenas demonstraram preocupação ao utilizarem livros antigos, previamente separados para recorte, devido à escassez de materiais didáticos em suas aldeias. Mesmo cientes de que os livros estavam fora de circulação e já inutilizados para o uso formal muitos expressaram o desejo de levá-los consigo, justificando que “depois que terminarmos a atividade, poderíamos ficar com os livros?”, e mesmo com a explicação de que os livros estavam muitos velhos, expressaram “é melhor termos esses velhos do que nenhum”, completando “não temos nem escolas físicas, nem carteiras, muito menos livros”, revelando a precariedade das condições educacionais em suas comunidades.

Mesmo tendo cuidado com os livros já sem uso, os indígenas realizaram a atividade, e ao contrário das imagens idealizadas apresentadas nos livros, que reproduzem estereótipos históricos impostos pela ótica não indígena, os professores priorizaram símbolos que dialogavam com suas vivências reais, na forma como se identificam no cotidiano nas comunidades, não se identificando com as imagens mostradas nos livros didáticos, tendo ainda participantes apresentando contrapontos visuais entre ambientes preservados e degradados, promovendo reflexões sobre conservação ambiental, sustentabilidade e resistência cultural. As produções foram apresentadas em diferentes formatos, como poemas, paródias e informativos visuais, destacando a valorização da floresta, da fauna e da cultura ecológica dos povos indígenas (Figura 1).

Figura 1. A-B. Montagens e apresentação de histórias dos professores indígenas. Szlachta Júnior e Ramos (2021) ressaltam que o uso de imagens como recurso pe



Fonte: Arquivos LBVM (2019).

dagógico tem se intensificado no ambiente escolar, favorecendo a interação e a compreensão contextualizada do conteúdo. Além disso, Marcolino (2025) enfatiza que a curadoria docente no uso de imagens contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes no ensino.

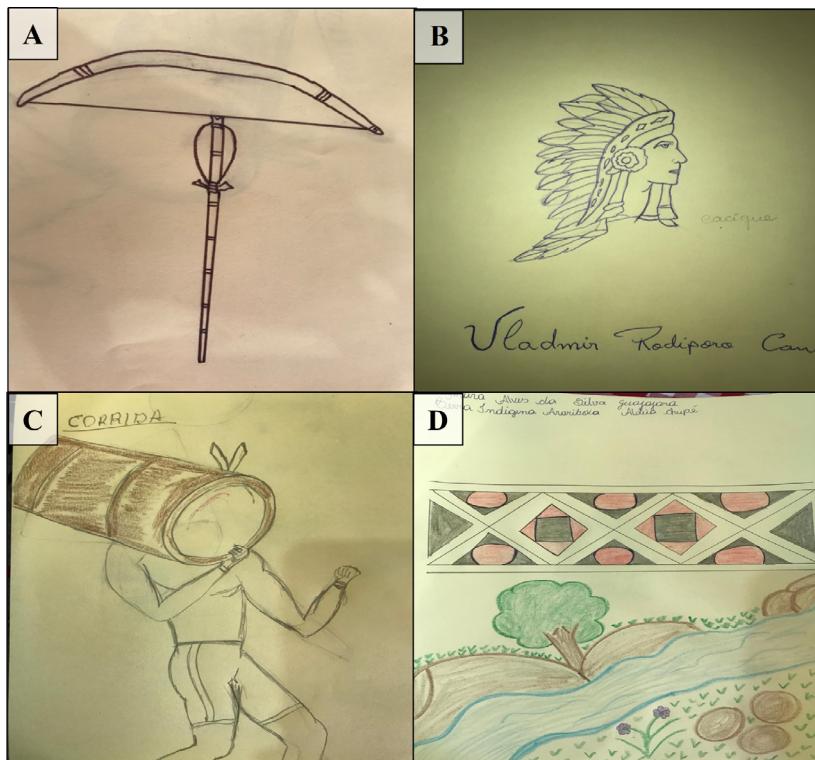
4.3 CONSTRUÇÃO DOS DESENHOS

A partir da proposta de construção de mapas mentais, compreendidos como esquemas visuais que organizam ideias e facilitam associações entre informações, permitiu aos professores indígenas representar suas percepções sobre o cotidiano nas aldeias, articulando memórias, vivências e identidade cultural. Utilizando desenhos, eles retrataram atividades tradicionais como a confecção de artesanatos, pesca, corrida de toras, uso de arco e flecha, elaboração de cocares e a liderança do cacique, reforçando o vínculo com os saberes ancestrais (Figura 2).



Ao mesmo tempo, os mapas também revelaram uma profunda integração crescente com a sociedade contemporânea atual, incluindo imagens de indígenas atuando como professores e utilizando tecnologias, como celulares com acesso à internet. Após a atividade, os materiais foram entregues aos participantes, possibilitando seu uso nas práticas pedagógicas desenvolvidas nas aldeias, contribuindo para valorizar a identidade indígena em sua diversidade e em constante transformação.

Figura 2. A-B. Mapas mentais produzidos pelos professores indígenas.



Fonte: Arquivos LBVM (2019).

Vidal *et al.* (2025) destacam que os mapas mentais funcionam como filtros cognitivos que redirecionam pensamentos dispersos durante a aprendizagem, promovendo a sistematização das informações e possibilitando a criação de novas ideias e a integração coordenada de conceitos e representações visuais. Rosa e Maio (2020) explanam ainda que os mapas mentais surgem como uma ferramenta capaz de transformar o ensino nas diversas áreas do conhecimento, permitindo que os estudantes possam desvendar a realidade que os cercam.

Dessa forma, os autores recomendam sua utilização em sala de aula, através da comprovação da eficiência da prática no trabalho desenvolvido com estudantes do ensino médio na ótica ambiental, evidenciando a questão abordada na visão dos próprios educandos e como eles percebem essa realidade a sua volta, observada também nos trabalhos de Mesquita e Santos (2020) com estudantes de escolas indígenas com destaque para a vegetação e a cultura local.

4.4 AULAS DE CAMPO: ECOPONTO; HERBÁRIO E LABORATÓRIO

As visitas realizadas ao Ecoponto, ao Herbário Rosa Mochel e ao Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/UEMA) proporcionaram aos professores indígenas experiências práticas fundamentais para a formação ambiental e científica. No Ecoponto, os participantes reconheceram o funcionamento da coleta seletiva, se mostrando interessados com a estrutura urbana de reciclagem, reconhecendo a importância de aplicar práticas sustentáveis mesmo em contextos com baixa geração de resíduos, com as aldeias. Nesse sentido, muito tem se falado em reduzir a quanti-



dade de lixo produzido, reutilizar o que ainda pode ser usado, reciclar o que já foi descartado e recusar materiais que não serão utilizados e potencialmente descartados no ambiente (Gonçalves *et al.*, 2020).

No LBVM, observaram coleções biológicas e modelos didáticos relacionados à Botânica e Biologia Marinha, compreendendo processos científicos que podem ser adaptados ao ensino nas comunidades. Já no Herbário, ao conhecerem as etapas de coleta, secagem e montagem de exsicatas, os professores relacionam o conhecimento científico às plantas presentes em suas aldeias, percebendo que a Ciência também pode ser construída a partir de saberes locais e com recursos disponíveis em seu território. As três experiências fortaleceram o diálogo entre o conhecimento tradicional e acadêmico, ampliando o repertório pedagógico dos participantes (Figura 3).

Em busca de uma aprendizagem significativa, Silva e Costa (2023) ressaltam que metodologias com abordagem prática contribuem para o aumento do interesse dos estudantes, pois aproximam o conteúdo teórico da realidade vivenciada, favorecendo o engajamento, a criatividade e a construção ativa do conhecimento em ambientes de ensino mais dinâmicos e atrativos.

Figura 3. A-B. Visita dos professores indígenas ao ecoponto. C-D. Visita dos professores indígenas ao LBVMUEMA. E-F. Visita dos professores indígenas ao herbário Rosa Mochel.



Fonte: Arquivos LBVM (2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho evidenciou o impacto positivo da utilização de metodologias criativas no processo formativo de professores indígenas maranhenses, promovendo uma educação ambiental intercultural mais próxima das realidades socioculturais dos participantes. Possibilitando assim, o fortalecimento do vínculo entre saberes tradicionais e científicos, ao mesmo tempo em que valorizaram a identidade, a autonomia e o protagonismo dos docentes em formação, bem como a preservação ambiental, o respeito à diversidade e a valorização dos povos originários enquanto agentes ativos na construção de saberes.

REFERÊNCIAS

AMES, V. D. B; ALMEIDA, M. L. Indígenas e ensino superior: as experiências universitárias dos estudantes Kaingang na UFRGS. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 23, n. 56, jan-abr 2021, p. 244-275. DOI: <https://doi.org/10.1590/15174522-98065>

BOROLLA, F. V.; RAHMAYANTI, H.; HIDAYAT, O. S.; ABDULLAH, K. H. Indigenous Knowledge and Sustainable Resource Management - A Bibliometric Review. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 88-103, 2024. DOI: 10.21664/2238-8869.2024v13i4.

COSTA, S. L. M.; OLIVEIRA, P. C. de. Metodologias ativas de ensino em ciências agrárias: trazendo o território indígena para dentro da sala de aula. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. I.], v. 16, n. 6, p. e4490, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n6-090.

DIEGUES, A. C. Conhecimentos, práticas tradicionais e a etno-conservação da natureza. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Paraná, v. 50, p. 116-126, abr., 2019. DOI: 10.5380/dma.v50i0.66617. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/66617>. Acesso em: 24 jan. 2025.

EBERHARD, D. M.; SIMONS, G. F.; FENNIG, C. D. **Ethnologue: Languages of the world** (28^a ed.). Dallas, TX: SIL International, 2025.

FRAZÃO, G. E. C.; AQUINO, N. R. M.; SA, V. S. de. Desenvolvimento de um Protótipo de Aplicativo para Preservação Linguística da Comunidade Indígena Krikati: uma abordagem design science research. In: Workshop sobre as implicações da computação na sociedade (WICS), 6, 2025, Maceió/AL. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, p. 198-207, 2025. ISSN 2763-8707. DOI: <https://doi.org/10.5753/wics.2025.7949>.

GABRIEL, V. A.; SILVA, E. da. Povos indígenas: educação para o desenvolvimento regional por meio da cultura dos jogos. **Revista Educação e Saber - REdeS**, [S. I.], v. 2, n. anais, p. 657-667, 2025. DOI: 10.24302/redes.v2ianais.5162.

GOHN, M. G. O Movimento dos Povos Originários Indígenas no Brasil: história das lutas e confrontos no campo dos direitos. **Revista Brasileira de Sociologia** - RBS, [S. I.], v. 12, p. e-rbs.986, 2024. DOI: 10.20336/rbs.986.

GONÇALVES, C. DA S.; NAZARI, M. T.; DA PAZ, M. F.; LEANDRO, D.; CORRÊA, ÉRICO K.; CORRÊA, L. B. Mapeamento de fontes geradoras de resíduos de serviços de saúde através da utilização de SIG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia/MG, v. 32, p. 17-27, 13 jan. 2020.

MARCOLINO, S. de O. A curadoria e o uso de imagens no desenvolvimento do pensamento crítico no ensino de Ciências Humanas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO SESI-SP, II, 2025, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: SESI-SP, 2025.

MARIN, M. J. S.; LIMA, E. F. G.; PAVIOTTI, A. B.; MATSUYAMA, D. T.; SILVA, L. K. D. da; GONZALEZ, C.; DRUZIAN, S.; MÉRCIA ILIAS, M. Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das metodologias ativas de aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 13-20, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-55022010000100003>

MESQUITA, G. M.; SANTOS, E. T. dos. Construção de mapas mentais no ensino de Geografia: representação do espaço vivido no contexto indígena. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, Campinas, v. 10, n. 19, p. 402-423, Jan./Jun. 2020.

PINTO, J. T.; PINTO, B. C. de M.; MOREIRA, C. C. S. O processo de construção histórica da representação dos povos indígenas no Brasil. **Aracê**, [S. I.], v. 7, n. 5, p. 26849-26871, 2025. DOI: [10.56238/arev7n5-339](https://doi.org/10.56238/arev7n5-339).

ROSA, P. da S.; MAIO, A. C. D. Mapas mentais e educação ambiental: experiência com estudantes do ensino médio. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 160-181, 2020.

SANTOS, B. S. S.; SILVEIRA, V. L. L.; DE DEUS, J. A. O ensino de Biologia na perspectiva da inovação: reflexões e proposições para os anos finais da educação. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, Brasil, v. 6, n. Ed. especial, p. e105320, 2020.

SILVA, M. E.; COSTA, T. H. da. A importância das metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem: uma abordagem prática e inovadora. **Revista Educação e Humanidades**, v. 8, n. 2, p. 155-169, 2023.

SZLACHTA JÚNIOR, João Carlos; RAMOS, Viviane Alves. A utilização de imagens no ensino de História e sua contribuição para a construção do conhecimento. **Revista Eletrônica de Educação da Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia, v. 17, n. 2, p. 234-249, 2021.

VIDAL, M. R.; Felipe, A. B.; Nascimento, B. L. F. do; Figueira, J. M.; Alcântara, K. R. C.; Silva, L. de A.; Reis, L. R. M. dos; Nascimento, M. G. do; Santos, N. O.; Santos, T. D. dos; Silva, W. M. da. Mind maps in education: use and contributions to the teaching and learning process. **Remunom**, v. 7, n. 1, p. 1-29, 2025. DOI: 10.61164/rmn. v7i1.3802.

VIEIRA, A. C. P.; SANTOS, R. N. dos. Década Internacional das Línguas Indígenas e o Plano de Ação Global: por uma ecologia das línguas do Brasil. **Revista Crátilo**, v. 18, n. 1, jan./jun. 2025. ISSN: 1984-0705

CAPÍTULO 9 - FITOPLÂNCTON NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO DAS PRAIAS DO LITORAL NORTE DA ILHA DE SÃO LUÍS - MARANHÃO

Fernanda Ferreira de Oliveira Miranda¹
Lisana Furtado Cavalcanti Lima²
Mariana Marques Farias¹
Ana Karoline Duarte dos Santos Sá³
Francinara Santos Ferreira³
Iolanda Karoline Barros dos Santos Rocha⁴
Mauricio Santos da Silva⁵

¹Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

²Instituto Federal do Maranhão (IFMA) – Campus Barreirinhas

³Universidade Federal do Maranhão – UFMA

⁴SEMED- Capinzal do Norte –MA;

⁵SEDUC- São Luís

RESUMO

As praias abrigam grande variedade de organismos terrestres e aquáticos e assim contribuem de forma expressiva com relação à biodiversidade local. Este ecossistema desempenha papel importante de proteção da linha de costa, onde ocorrem fenômenos naturais de avanços e recuos do mar. O ambiente de praias destaca-se por obter grande influência de hipermarés, no qual abriga o microfitoplâncton que é o principal produtor primário dos ambientes costeiros. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a composição e distribuição do fitoplâncton na zona de arrebatamento das praias da porção norte da Ilha de São Luís, MA. Foram realizadas seis campanhas distribuídas nos períodos chuvoso e estiagem em sete pontos ao longo da porção norte da Ilha de São Luís durante marés de sizígia. Foram identificados 117 táxons distribuídos em quatro divisões com o grupo mais representativo das diatomáceas. As concentrações de clorofila a foram mais expressivas durante o período chuvoso. Em relação à densidade do microfitoplâncton, o gênero *Navicula* destacou-se como dominante. As praias de São Marcos e Araçagy apresentaram maior diversidade e riqueza e a Praia da Ponta D'Areia mostrou-se com a equitabilidade mais heterogênea de todos os pontos. Táxons bioindicadores de eutrofização e poluição foram identificados, como *Trichodesmium thiebautii* e *Skeletonema costatum*, sugerindo degradação ambiental em áreas específicas. Estes resultados apontam para a necessidade de monitoramento ambiental contínuo e gestão costeira mais eficiente, com foco na conservação da qualidade da água.

Palavras-chaves: Comunidade Fitoplancônica, Costa Maranhense, Praias, Biodiversidade.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são ecossistemas que se desenvolveram independente de outros ambientes, as quais abrigam grande diversidade biológica de organismos que podem ser encontrados das mais diversas formas de vida e esses ecossistemas apresentam alto grau de sensibilidade ambiental (Cutrim *et al.*, 2024; Poletto e Batista, 2008).

A região litoral da ilha do Maranhão é ampla e tem destaque devido as suas características ambientais, biológicas e geológicas. Além de contar com uma área extensa de manguezais que corresponde a mais de 40% das florestas de mangue do Brasil (Souza Filho, 2005), contribuindo positivamente com a biodiversidade local.

Em zonas de arrebentação de praias arenosas é notável a alta energia em que se encontram os produtores primários onde está inserido o fitoplâncton, os quais constituem o suprimento alimentar de vários consumidores da base da teia trófica dos ecossistemas marinhos (Sweet *et al.*, 2022; Sousa *et al.*, 2009).

As microalgas são bem diversificadas pelo tamanho, forma e ornamentações, sendo que algumas espécies possuem a capacidade de produzirem substâncias tóxicas que podem ser acumuladas e transportadas ao longo da teia trófica afetando peixes, aves, mamíferos e humanos (Reboleira, 2004). Além disso, os organismos planctônicos são excelentes bioindicadores das condições ambientais e da saúde do meio aquático, pois são sensíveis às mudanças na qualidade da água e respondem a alterações dos níveis de oxigênio dissolvido, nutrientes, contaminantes tóxicos e à predação (Cavalcanti-Lima *et al.*, 2023).

O aumento da densidade demográfica da região costeira que usufrui do ambiente litoral aliado aos que utilizam os recursos disponíveis das praias provocam pressões antrópicas que merecem ser monitoradas para a manutenção da qualidade de vida (Ferreira, 2007). Assim, as microalgas são de extrema importância para os ecossistemas aquáticos, e mudanças nesse ambiente podem provocar alterações severas na sua composição e estrutura, podendo ocasionar modificações profundas em todos os demais níveis tróficos (Bastos *et al.*, 2004).

Embora sejam de grande valia o conhecimento dos padrões espaciais e temporais da composição e da biomassa fitoplânctonica de ambientes costeiros, estudos na zona de arrebentação de praias arenosas, em especial, na costa do estado do Maranhão ainda são ainda incipientes. Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar a composição e distribuição do fitoplâncton na zona de arrebentação das praias do litoral norte da ilha de São Luís.

MATERIAL E MÉTODOS

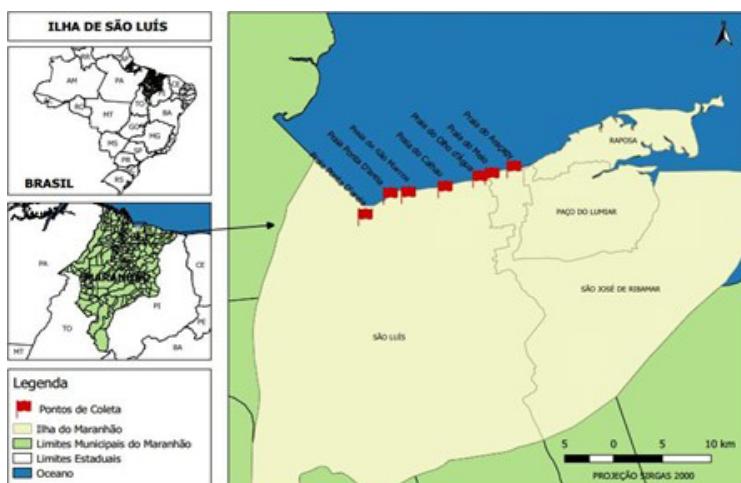
2.1 ÁREA DE ESTUDO

As coletas do fitoplâncton foram feitas na porção Norte da Ilha de São Luís - MA, em sete pontos, conforme a figura 1. A escolha dos pontos considerou critérios ambientais e o grau de urbanização da orla, georeferenciados com auxílio de GPS (GARMIN), sendo P1 ($02^{\circ} 30' 29''$ S e $44^{\circ} 19' 10''$ W) à esquerda do Espigão Costeiro - Praia



da Ponta D'Areia, P2 ($02^{\circ} 29' 53''$ S e $44^{\circ} 18' 43''$ W) à esquerda da Praça do Sol - Praia da Ponta D'Areia, P3 ($02^{\circ} 29' 28''$ S e $44^{\circ} 17' 27''$ W) em frente à Barraca da Marcela - Praia de São Marcos, P4 ($02^{\circ} 29' 53''$ S e $44^{\circ} 15' 20''$ W) em frente à Pousada Tambaú - Praia do Ca- lhau, P5 ($02^{\circ} 28' 60''$ S e $44^{\circ} 13' 55''$ W) à direita do posto salva vidas - Praia do Olho D'Água, P6 ($02^{\circ} 28' 19''$ S e $44^{\circ} 12' 60''$ W) em frente ao Bar do Capiau - Praia do Meio e P7 ($02^{\circ} 27' 59''$ S e $44^{\circ} 11' 49''$ W) em frente ao Bar e Restaurante Novo Point - Praia do Araçagy.

Figura 1. Localização dos pontos de coleta ao longo da porção norte da ilha de São Luís – MA



2.2 PARÂMETROS ABIÓTICOS

Para a aferição da salinidade, pH, temperatura e turbidez foi realizada em amostragens da água circundante, durante a maré vazante respectivamente com a utilização de refratômetro, pHmetro, termômetro, e para mensurar a turbidez foram coletadas amostras de água do mar em frascos de 100 mL e verificada através do turbidímetro.

2.3 IDENTIFICAÇÃO E CONTAGEM DO FITOPLÂNCTON

Foram realizadas seis campanhas mensais no período de estiagem (set./15 a nov./15) e no período chuvoso (mar./16 a maio/16), as coletas foram realizadas através de arrastos horizontais de sub-superfície com duração de 10 minutos, utilizando-se rede de plâncton cônico-cilíndricas com malha de abertura de 45 µm, as amostras foram acondicionadas e posteriormente fixadas em formalina a 4%.

Para identificação taxonômica, utilizou-se microscópio óptico Zeiss, com aumento de 400x, aliado a fotomicroscopia e técnicas de literatura especializada. A identificação das espécies levou em consideração características morfológicas externas (forma, simetria, ornamentação, presença de flagelos e cloroplastos), permitindo a classificação até o menor nível taxonômico possível.

2.4 DENSIDADE E BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA

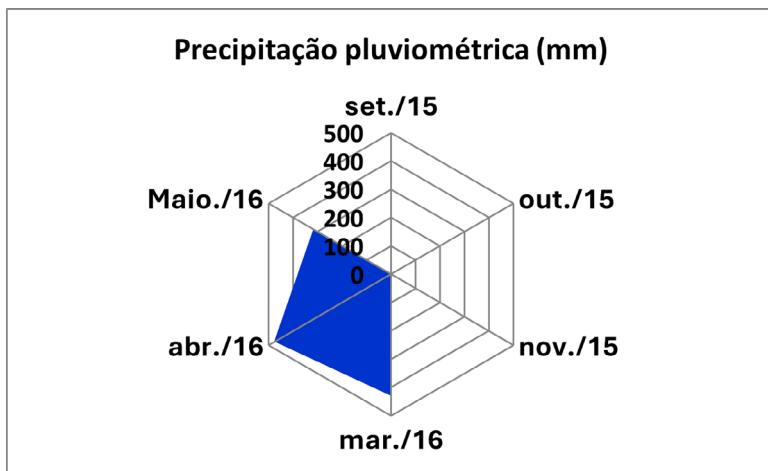
A densidade fitoplanctônica foi determinada por sedimentação de amostras em câmaras de 10 mL por 24 horas e contagem em microscópio invertido (Zeiss Axivert 40 CFL), conforme o método de Utermöhl (1958), utilizando contagem mínima de 100 campos e aplicação da fórmula de Villafláe e Reid (1995). A biomassa (clorofila a) foi quantificada por espectrofotometria (Spectronic 200) após filtração a vácuo em filtros de fibra de vidro GF/C. Para separação das frações de microfitoplâncton (>20 µm) e nano/picofitoplâncton (<20 µm), foi empregada filtração com malha de 20 µm. A extração dos pigmentos seguiu Parsons e Strickland (1963).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PARÂMETROS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS

Os dados de precipitação pluviométrica obtidos para o período de estudo fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) seguiram a média histórica com média anual de 2290.2 mm baseada nos últimos 30 anos. A distribuição dos dados representou um ciclo sazonal típico da região com maiores precipitações entre janeiro a junho (período chuvoso) e menores registros entre agosto e dezembro (estiagem) (Figura 2). O mês de abril de 2016 foi caracterizado com maior precipitação (475,9 mm).

Figura 2. Precipitação pluviométrica registrada para os meses de coleta durante os anos de 2015 e 2016.



A distribuição dos dados hidrológicos acompanhou a variação sazonal regida pela precipitação local. A salinidade da água na zona de arrebentação das praias da área da porção norte da ilha apresentou valor mínimo foi de 25 no período chuvoso e máximo de 35 no período de estiagem (Figura 3A). Espacialmente, a salinidade

na Praia do Meio (P6) registrou maiores valores sendo esse cenário ocasionado pela variação de maré e déficit hídrico, em contrapartida as praias da Praia da Ponta D'Areia (P2), São Marcos (P3) e Araçagy (P7) apresentaram valores menores de salinidade devido a contribuição das chuvas e dos rios Bacanga, Anil e Pimenta.

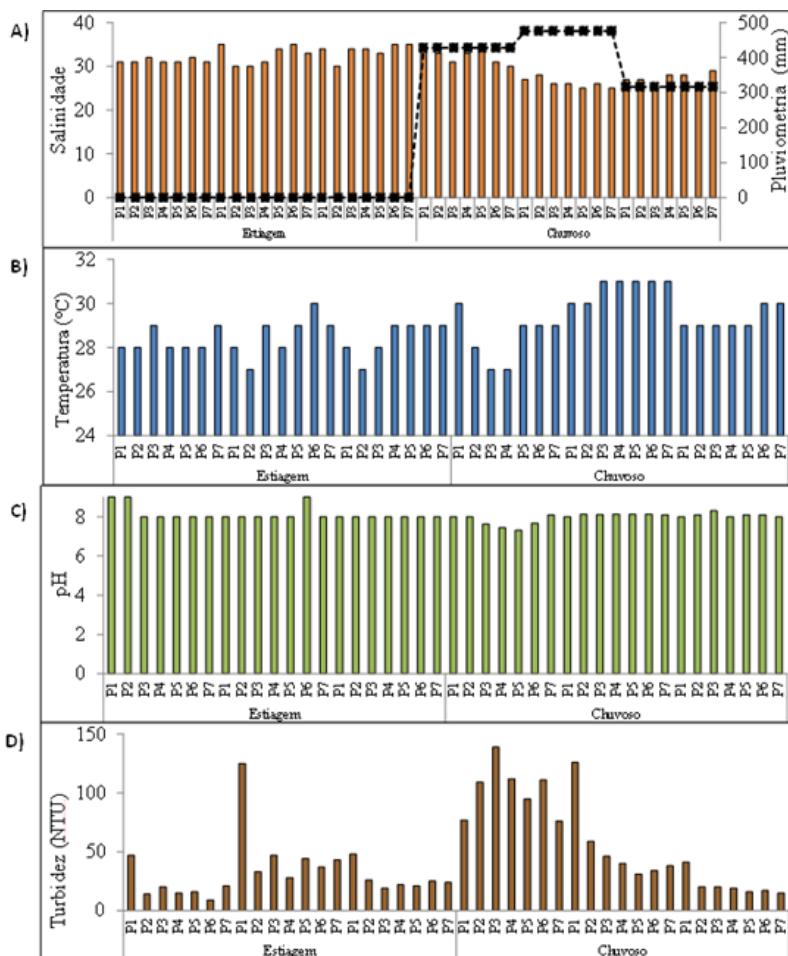
A pluviosidade confirma forte influência no ambiente costeiro principalmente através da redução da salinidade no período de maiores índices de precipitação. As variações na salinidade atuam de diferentes maneiras na ecologia do ambiente (Leão, 2004), sendo fortemente influenciada pela descarga fluvial, dinâmica de marés e pela circulação dos ventos que atua direta ou indiretamente sobre a superfície da água (Sá *et al.*, 2022).

A variação da temperatura superficial oscilou entre os pontos amostrais, com menor valor de 27 °C (out./15 no P2, nov./15 P2, mar./16 P3 e P4) tanto no período de estiagem e chuvoso e máximo de 31°C (abr./16 nos P3 e P4) somente no período chuvoso (Figura 3B).

A temperatura da água constitui um importante parâmetro na dinâmica das comunidades aquáticas, pois é notável sua relação com a salinidade podendo se tornar uma variável determinante na distribuição dos organismos (Feitosa *et al.*, 2014).

Os valores encontrados para temperatura foram próximos aos observados no trabalho de Matos *et al.* (2012) ao realizar a caracterização quali-quantitativa do fitoplâncton da zona de arrebentação de uma praia amazônica, apresentando temperaturas de 27,9 °C para o mês de setembro a 28,6 °C em novembro que corrobora com valores registrados em São Luís.

Figura 3. Distribuição sazonal e espacial dos dados hidrológicos na zona de arre-bentação das praias de São Luís, MA.



O pH caracterizou-se como alcalino, com oscilação entre 8 e 9 (Figura 3C). Os dados de pH sugerem alta atividade fotossintética no local de estudo por apresentar geralmente valores alcalinos acompanhados de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido (Matos, 2012).

Na zona de arrebentação os valores de turbidez apresentaram variação sazonal com menor valor em setembro de 2016 (9 NTU) e maior valor em março do mesmo ano (139 NTU) (Figura 3D). O Espi-
gão Costeiro (P1) apresenta-se espacialmente com maiores valo-
res para turbidez, enquanto a Praia do Meio (P6) foi destacada com
menor valor de turbidez.

As variações no regime pluviométrico e movimento gerado pelas ondas e marés exercem alterações na dinâmica das zonas costei-
ras como a redução da transparência da água provocada durante os meses de maior pluviosidade (Ferreira, 2007). Tais alterações são responsáveis por acarretarem um aporte mais intenso de rios, car-
reando maior quantidade de material em suspensão, assim como nutrientes que favorecem o desenvolvimento do fitoplâncton princi-
palmente durante o início do período chuvoso (Cavalcanti *et al.*, 2018).

3.2 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

A comunidade fitoplancônica da zona de arrebentação das praias da porção norte da Ilha, representou 117 táxons genéricos e infra-
genéricos, distribuídos em quatro divisões: Bacillariophyta (89%),
Dynophyta (9%), Euglenophyta (1%) e Chlorophyta (1%).

Bacillariophyta (diatomáceas) foi o grupo com maior repre-
sentatividade da comunidade fitoplancônica correspondendo a 104 táxons (89%), estando representada por Bacillariaceae,
Chaetoceroceae, Fragilarioceae, Naviculaceae, Rhizosolenia-
ceae e Triceratiaceae. A família com maior número de táxons
foi a Chaetoceroceae com 21 táxons.

As diatomáceas são os principais componentes da flora ficológica (Ferreira, 2007). As diatomáceas têm sido utilizadas como modelos na avaliação da qualidade de água, se solidificando como bioindicador ambiental (Silva et al., 2010), sobretudo por conseguirem obter informações sobre as condições ecológicas, e por atribuir respostas rápidas às variações ambientais, sendo eficaz como modelos de qualidade da água (Cardoso et al., 2013).

Dinophyta (dinoflagelados) foi representado por 11 táxons distribuídos em uma classe Dinophyceae e duas ordens Oscillatoriiales e Perininales. Em zona de arrebentação, os dinoflagelados encontram-se associados à baixa energia de ondas e a altos valores de intensidade luminosa na coluna da água (Cunha et al., 2013).

3.3 BIOMASSA (CLOROFILA A) E DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA

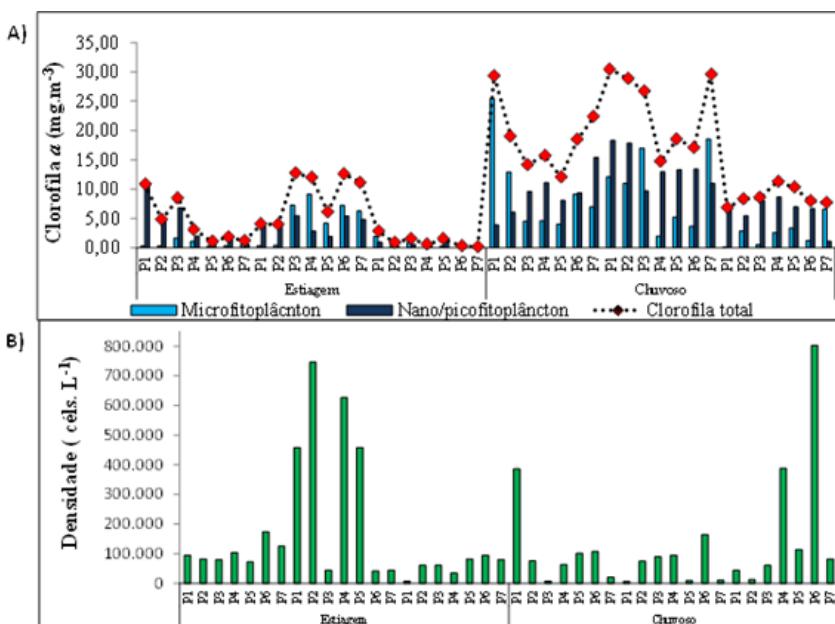
As concentrações de clorofila a foram mais expressivas durante o período chuvoso com média de 17,04 mg.mm⁻³ (Figura 4A), isso pode ser devido ao maior aporte de matéria orgânica continental. O ponto que obteve maior contribuição de clorofila foi o Espigão Costeiro (P1), podendo ser justificado pela presença da desembocadura do rio Anil e consequentemente intensa atividade fotossintética.

Com relação à biomassa fracionada, identificou-se maior contribuição do microfitoplâncton em relação ao nano/picofitoplâncton. O aumento da biomassa fitoplactônica está diretamente relacionado com a precipitação pluviométrica, pois o movimento gerado pelas ondas e marés provoca considerável elevação no material em suspensão nas águas, diminuindo a zona fótica, dessa forma, impedindo o desenvolvimento do fitoplâncton (Barreto, 2003).

Em trabalho pretérito de Azevedo e Cutrim (2008) realizado na ilha de São Luís nas praias de Ponta D'Areia, São Marcos, Calhau, Cao-Iho, Olho D'Água, Araçagy e Panaquatira, foram observados variações sazonais de clorofila a similares aos resultados encontrados neste estudo com concentrações variando de 5,00 mg·⁻³ a 18,00 mg·⁻³ no período chuvoso.

A densidade fitoplancônica variou de 5.294 céls.L⁻¹(abr./16 no P1) a 802.206 céls.L⁻¹(maio/16 no P6). Sazonalmente, o período chuvoso apresentou os maiores valores de densidade com variação entre 5.294 a 802.206 céls.L⁻¹(Figura 4B). Na Praia do Meio (P6) foi obtida menor contribuição do microfitoplâncton, sendo observado o registro da participação expressiva do grupo das Bacillario-phyta em relação aos demais grupos.

Figura 4. Variação espacial e temporal da clorofila a e densidade fitoplactônica na zona de arrebentação das praias da porção norte de São Luís - MA.





Alguns autores sugerem que o acúmulo de diatomáceas na zona de arrebentação seria uma das principais fontes de carbono e a razão da elevada diversidade e densidade de fauna de invertebrados nas praias (Piedras, 2012).

Os gêneros que ocorreram em maior quantidade para o período de estiagem foram *Navicula*, *Synedra* e *Nitzschia*, enquanto que no período chuvoso os mais representativos foram *Navicula*, *Synedra* e *Trieres*. A Praia do Meio destacou-se com maior densidade de microalgas. E para dominância foi constatado que os gêneros de *Navicula* sp. e *Synedra* sp. foram sazonalmente mais dominantes para o litoral norte.

A diversidade específica entre os pontos amostrais, variou de 0,60 bits.cel-1 (maio/16 P4) e maior de 3,99 bits.cel-1 em abr./16 (P2), caracterizando de maneira geral as praias com diversidade média (Gráfico 11). Em relação a maior riqueza, a Praia do Araçagy (P4) destacou-se com maiores registros. E para equitabilidade a Praia de São Marcos (P3) foi representada como melhor distribuição das espécies, mostrando maior homogeneidade. Segundo Coutinho et al. (2001), a diversidade dos microrganismos é tão vasta quanto desconhecida e esta pode ser medida através de índices como o de Shannon- Weaver permite caracterizar a estrutura de uma comunidade, pois fornece a contribuição quantitativa de cada uma das espécies.



3.4 ALGAS BIOINDICADORAS

A presença de determinados organismos está estritamente associada às condições ambientais específicas e que a avaliação dessas condições por meio de bioindicadores deverá tornar-se um procedimento fundamental de proteção dos ecossistemas aquáticos.

Os impactos antropogênicos podem corroborar para a identificação de espécies bioindicadoras. Assim neste estudo os gêneros encontrados com mais frequência em amostras de rede foram: *Synedra* (Praias do Calhau – P4 e do Olho D’Água – P5), *Pseudo-nitzschia* (Espigão Costeiro – P1 e Praia do Meio – P6) e *Skeletonema costatum* (Praias do Calhau – P4 e do Meio – P6) e algas indicadoras de áreas poluídas como é o caso do *Trichodesmium thiebautii* (Espigão Costeiro – P1 e Praia de São Marcos – P3).

Florações do gênero *Trichodesmium* podem afetar as propriedades físicas e químicas da água de superfície (Monteiro e Eskinazi-Leça, 2007), podendo produzir toxinas que causam impactos ecológicos e à saúde humana. Entre as diatomáceas identificadas, atividades humanas têm sido colaboradoras com mudanças na composição e densidade do fitoplâncton, cujas análises revelaram a presença de indicadores de águas eutrofizadas, evidencian- do um possível comprometimento da sanidade ambiental relacionado ao período de maior exploração turística e recreativa



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação sobre a comunidade fitoplânctonica na zona de arrebentação das praias do litoral norte da Ilha de São Luís revelou um ecossistema biologicamente ativo, com predominância de diatomáceas e elevada riqueza taxonômica. A dinâmica da zona de arrebentação das praias da Ilha de São Luís é influenciada pela sazonalidade pluviométrica, que afeta diretamente os parâmetros hidrológicos e a estrutura da comunidade fitoplânctonica. A predominância de diatomáceas e a presença de espécies bioindicadoras de poluição revelam impactos ambientais associados à atividade antrópica. Esses resultados apontam para a necessidade de monitoramento contínuo e gestão costeira mais eficiente, com foco na conservação da qualidade da água.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A. C. G; FEITOSA, F. A. N; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplânctonica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Campus Pampulha – UFMG, Minas Gerais, v. 22, n. 3, p. 870-877, jan. 2008.

BARRETO, A.A.V. **Fitoplâncton das praias de casa caiada e rio doce (Olinda, Pernambuco, Brasil): biomassa e ecologia.** 2003. 108p. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal -RN.

BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Variabilidade espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica e hidrologia no estuário do Rio Una (Pernambuco - Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 33, n. 1, p. 1-18, 2004.

CARDOSO, A. S.; FILHO, M. P. S.; ALVES, A. E.; ROCHA, C. M. C.; CUNHA, M. C. C. Fitoplâncton como bioindicador de eventos extremos na bacia do rio Una, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.4, p.697-710, 2013.

CAVALCANTI-LIMA, L. F., CUTRIM, M. V. J., FEITOSA, F. A. D. N., FLORES-MONTES, M., DIAS, F. J. S., SÁ, A. K. D. D. S., SANTOS, T. P., CRUZ, Q. S., & LOURENÇO, C. B. Effects of climate, spatial and hydrological processes on shaping phytoplankton community structure and -diversity in an estuary-ocean continuum (Amazon continental shelf, Brazil). *Journal of Sea Research*, 193, 102384, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102384>

CAVALCANTI, L. F. et al. Structure of microphytoplankton community and environmental variables in a macrotidal estuarine complex, São Marcos Bay, Maranhão - Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 66, n. 3, p. 283-300, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1679-87592018021906603>.

CUNHA, M. C. C.; JUNIOR, A. M. M.; CARDOSO, A. S.; ROCHA, C. M. C.; ALVES, A. E. Estrutura das populações fitoplanctônicas e microflora epífita em zona de arrebentação no litoral do estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.5, p. 1449 – 1462, 2013.

CUTRIM, M. V. J., CRUZ, Q. S. D., COSTA, D. D. S., OLIVEIRA, A. L. L., SÁ, A. K. D. D. S., CAVALCANTI, L. F., AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G. D., SANTOS, T. P. Influence of river tide dynamics on phytoplankton variability and its ecological implications in three Brazilian tropical estuaries (Delta do Parnaíba Environmental Protection Area). **Chemistry and Ecology**, 40(7), 769-795, 2024.

COUTINHO, H. L. C.; OLIVEIRA, V. M.; MANFIO, G. P. Diversidade Microbiana em Amostras Ambientais . In: Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais. Irene Garay e Bráulio Dias (orgs.), Petrópolis: Editora Vozes, 2001, p.215- 29.

FEITOSA, F. A. N. MONTES, M. J. F. MELO, D. C. M. SANTANA, J. R. SILVA, L. M. L. FILHO, L. M. S. J. Condições ambientais do estuário do rio timbó (Pernambuco- Brasil): biomassa fitoplânctonica e algumas variáveis ambientais. **Tropical Oceanography**. 32 n.2 p.143-158, 2014.

FERREIRA. L.C. **O Fitoplâncton na Zona de Arrebentação de Praias Urbanas da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil.** 2007. 147p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) -Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE.

LEÃO, B. M. **Biomassa, Taxonomia e Ecologia do Fitoplâncton do Estuário do Rio Igarassu (Pernambuco, Brasil).** 2004. 71p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) -Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE.

MATOS, J. B; SILVA, N. I. S; PERREIRA, L. C. C; COSTA, R. M. Caracterização quali-quantitativa do fitoplâncton da zona de arrebentação de uma praia amazônica. **Acta Botanica Brasilica**, Campus Pampulha – UFMG, Minas Gerais, v 26, n 4, p 979- 990, ago. 2012.

MELO, A. F.; KOENING, M. S.; SOUTO, J.; TRAVASSOS, R. S.; SILVA, A. C. Microfitoplâncton de Águas Costeiras Adjacentes ao Porto do Recife (Pe-Brasil). **Tropical Oceanography**. Recife, v. 42, n. especial, p. 80-94, 2014.

MONTEIRO, J.J.F.; E. ESKINAZI-LEÇA. Distribuição Quantitativa de Populações de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (CYANOPHYTA) em Trecho da Plataforma Continental de Pernambuco, Brasil. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, 2007. **Anais...** Caxambu – MG, 2007. Disponível em: < <http://www.seb-ecologia.org.br/viiiceb/pdf/1716.pdf> >. Acesso em: 20 dez. 2016.

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

PIEDRAS, F.R. **Variabilidade especial e temporal do fitoplâncton na zona de arrebentação da praia do Cassino (RS, Brasil): Relação com os depósitos de lama e oxigênio dissolvido**. 2012.

80p. Tese (Doutorado em Oceanografia biológica) – Universidade Federal do Rio Grande – Rio Grande – RN.

POLETTI, C.R.B. BATISTA, G.T. Sensibilidade ambiental das ilhas costeiras de Ubatuba, SP, Brasil. **Ambi-Água**. v. 3 n. 2 p. 106-121. Abr. 2008.

REBOLEIRA, A. S. P. R. Microalgas Tóxicas - Perigo Efetivo para a Saúde Pública. **Jornadas do Mar**, p. 307-310. 2004.

SÁ, A. K. D. S. et al. Phytoplankton community dynamics in response to seawater intrusion in a tropical macrotidal river-estuary continuum. **Hydrobiologia**, v. 850, n. 20, p. 4351-4383, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04851-7>.

SILVA, J. G.; TORGAN, L. C.; CARDOSO, L. S. Diatomáceas (Bacillariophyceae) em marismas no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasiliensis**. v. 24, n.4, p. 935-947, 2010.

SOUZA FILHO, P.W.M. 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, jul. 2005.

SOUSA, L. B. COSTA.; V. B. PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R.M. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela a (Bragança, Pará, Brasil). **Acta Botânica Brasiliensis**, Campus Pampulha - UFMG, Minas Gerais, v, 23 n, 4, out. 2009.

SWEET, J.A., BARGU, S., MORRISON, W.L., PARSONS, M., PATHARE, M.G., ROBERTS, B.J., SONIAT, T.M., STAUFFER, B.A. Phytoplankton dynamics in Louisiana estuaries: building a baseline to understand current and future change. **Mar. Pollut. Bull.** 175, 113344, 2022.

VILLAFAÑE, V. E.; REID, F. M. H. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. In: ALVEAR, K.; FERRARIO, M. E.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; SARS, E. (Ed.) **Manual de métodos ficológicos**. Chile Universidad de Concepción, p.169-185, 1995.

CAPÍTULO 10 - TRILHANDO NA FORMAÇÃO DA ILHA DE SÃO LUÍS - MA: ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE OCEANOGRAFIA

Suellen Pinheiro Ribeiro¹
Ítalo Cristian da Silva de Oliveira²
Luiz Ivan Dutra da Cruz³

¹Universidade Federal do Maranhão - UFMA
²Universidade de São Paulo - USP
³Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

RESUMO

Este estudo apresentou a elaboração e execução de um jogo didático voltado para o ensino de Oceanografia, com foco na formação geológica, ambiental e sociocultural da Ilha de São Luís – Maranhão. A proposta visou contextualizar os conteúdos científicos por meio de estratégia metodológica ativa, proporcionando a aprendizagem e o engajamento dos estudantes, além de fortalecer a identidade local e científica. O jogo foi desenvolvido a partir de materiais acessíveis e de baixo custo, possibilitando sua reprodução em diferentes contextos escolares. A proposta foi executada com estudantes dos Cursos de Ciências Biológicas Licenciatura e Bacharelado - UEMA, durante a disciplina de Oceanografia. Para avaliar a proposta, foram consideradas análises da estrutura, concepção e construção do jogo, assim como a sua aplicabilidade e contextualização do objetivo que o jogo tinha. Os resultados indicaram que o uso do jogo promoveu maior interesse e motivação entre os participantes, além disso, facilitou a assimilação dos conceitos relacionados à constituição da ilha e seus ecossistemas costeiros. A atividade favoreceu a comunicação, o pensamento crítico e a aprendizagem colaborativa, superando limitações das aulas tradicionais, predominantemente expositivas. Além disso, o recurso didático demonstrou ser uma ferramenta eficiente e viável para a implementação de metodologias ativas em ambientes educacionais com recursos limitados. A ludici-

dade aliada à contextualização territorial revelou-se fundamental para estimular competências cognitivas, promovendo uma educação científica mais crítica e inclusiva. Este estudo contribui para o avanço das práticas pedagógicas na Oceanografia, evidenciando o potencial dos jogos didáticos como instrumentos que articulam conhecimento científico e realidade local. Destaca-se a importância da continuidade das avaliações em diferentes contextos escolares para ampliar a aplicabilidade e aperfeiçoamento da proposta.

Palavras-chaves: Educação; Metodologia ativa; Jogos didáticos; Zona costeira.

1 INTRODUÇÃO

A educação é fundamental para o desenvolvimento humano e social. À medida que as metodologias educacionais vão se renovando, os métodos de ensino crescem com maior rendimento dos educandos. Diante disso, o ensino de Ciências tem passado por transformações em sala de aula, impulsionadas pelo avanço dessas tecnologias ativas (Benassi; Ferreira; Strieder, 2019). Torna-se necessário repensar estratégias pedagógicas que promovam a aprendizagem e despertem o interesse dos discentes, especialmente para temáticas complexas e interdisciplinares.

As metodologias ativas de aprendizagem têm se destacado nesse contexto por possibilitarem a centralidade do estudante no processo de ensino-aprendizagem, promovendo a autonomia, o pensamento crítico e o protagonismo educacional (Lovato et al., 2018; Cabral et al., 2023). Essas metodologias se mostram particularmente eficazes no ensino de Ciências e Biologia, ao possibilitarem a construção do conhecimento a partir da vivência prática e da contextualização (Borsekowsky et al., 2021).

Dentre os recursos metodológicos com elevado potencial de engajamento no ensino de Ciências, os jogos didáticos se destacam por contribuírem para a motivação dos estudantes, o desenvolvimento do raciocínio lógico, a socialização e o aprimoramento de habilidades cognitivas e socioemocionais (Almeida; Prochnow; Lopes, 2016). No entanto, é fundamental ressaltar que jogos devem ser utilizados como ferramentas pedagógicas complementares, com o objetivo de reforçar conteúdos previamente trabalhados em sala de aula, e não como única fonte de ensino (Cheng et al., 2017).

Segundo Souza, Araújo e Gontijo (2024), os jogos de tabuleiro surgem como uma alternativa envolvente e acessível para enriquecer o processo educacional, pois promovem o engajamento dos estudantes, facilitam a aplicação prática de conceitos, desenvolvem habilidades cognitivas como raciocínio lógico e resolução de problemas, estimulam a interação social e a personalização do ensino, permitem uma avaliação formativa, são de fácil implementação, abrangem diversos temas, favorecem a memorização e oferecem versatilidade pedagógica ao se adaptarem a diferentes momentos do processo de aprendizagem.

Entretanto, apesar dos avanços conceituais, ainda existem desafios a serem superados na implementação de metodologias ativas, sobretudo relacionados à resistência de parte do corpo docente, à escassez de formação continuada e à predominância de métodos tradicionais (Soares *et al.*, 2023). Superar essas barreiras demanda articulação entre políticas públicas de formação docente e práticas pedagógicas inovadoras.

Nesse sentido, a contextualização dos conteúdos a partir da realidade local surge como estratégia eficaz para conectar ciência e cotidiano. A cidade de São Luís – MA, conhecida como “Ilha do Amor” ou “Ilha de Upoan-Açu”, apresenta rica diversidade ambiental, geológica, histórica e sociocultural, configurando-se como excelente recorte para propostas didáticas contextualizadas. Única capital brasileira fundada por franceses e também ocupada por holandeses antes da colonização portuguesa, reúne patrimônio histórico e cultural reconhecido nacional e internacionalmente (Oliveira, 2024; Silva, 2025). Localiza-se ao norte do Maranhão, entre as coordenadas 02°23'00" e 02°47'00" S e 44°00'29" e 44°24'29" W, limitada pelo Oceano Atlântico e pelo Estreito dos Mosquitos. Sua formação resulta de processos erosivos fluviais e marinhos que a separaram do continente. Inserida no Golfão Maranhense, abriga as baías de São Marcos e São José e extensos ecossistemas costeiros, como manguezais, praias, estuários e restingas (Silva; Farias-Filho, 2019).

Portanto, sua formação pode ser analisada a partir dos cinco eixos da Oceanografia, oferecendo uma compreensão integrada dos processos ambientais: a Oceanografia geológica explica a análise de sedimentos, geomorfologia, geofísica e geoquímica marinha; a física analisa marés, ondas e correntes que moldam a

linha de costa; a química investiga propriedades químicas da água, como salinidade, temperatura e os micro e macronutrientes, que influenciam no ecossistema; a biológica estuda os organismos e suas interações com o meio marinho e, por fim, a socioambiental discute os impactos antrópicos e a importância do uso sustentável do território.

A abordagem da formação geológica e das dinâmicas naturais da Ilha de São Luís no ambiente escolar configura-se como uma estratégia pedagógica relevante para integrar os conteúdos científicos à realidade socioterritorial dos estudantes. Essa articulação favorece a construção de uma aprendizagem, ao mesmo tempo em que contribui para o fortalecimento da identidade local e para a valorização do pertencimento. Sendo assim, promove a alfabetização científica e a sensibilização ecológica, estimulando a compreensão crítica.

Além de seu potencial didático, essa proposta dialoga com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), como o ODS 4 (Educação de Qualidade), ao promover práticas inclusivas e inovadoras; o ODS 13 (Ação contra a mudança do clima), ao refletir sobre os impactos ambientais em zonas costeiras; o ODS 14 (Vida na Água), ao abordar ecossistemas marinhos-costeiros; e o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), ao considerar o ordenamento urbano e os desafios socioambientais do território (ONU BRASIL, 2015).

Este trabalho teve como objetivo apresentar o desenvolvimento e aplicabilidade de um jogo didático de tabuleiro como estratégia metodológica para o ensino de Oceanografia, abordando a constituição geológica, ambiental e sociocultural da Ilha de São Luís - MA. A proposta visa facilitar a fixação de conteúdos de forma dinâmica e contextualizada, promovendo um ambiente de ensino-aprendizagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O jogo didático intitulado “Trilhando na formação da Ilha de São Luís – MA” foi desenvolvido a partir da adaptação de um modelo clássico de jogo de tabuleiro, amplamente utilizado como recurso pedagógico no ensino formal. Sua estrutura inicial foi desenvolvida no âmbito da disciplina de Oceanografia, ofertada no segundo semestre de 2020 no curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e tendo como materiais de apoio os arquivos educativos produzidos pelo Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/UEMA). Para realizar o jogo, adicionamos informações metodológicas e conceituais, incorporando uma abordagem interdisciplinar que contempla aspectos geológicos, oceanográficos, biológicos e culturais relacionados à formação e à dinâmica costeira da Ilha de São Luís.

O kit didático foi construído utilizando materiais de fácil acesso e baixo custo, tais como folhas A4, papel cartão, cola e tesoura, visando à viabilidade de reprodução em ambientes escolares com recursos limitados. A elaboração visual do tabuleiro e o design gráfico das cartas foram desenvolvidos com o auxílio da plataforma digital Canva, o que conferiu ao produto um aspecto atrativo e funcional. O jogo final é composto por um tabuleiro com doze casas temáticas (Figura 1), que representa a lenda da serpente encantada, uma das principais histórias populares da Ilha de São Luís.

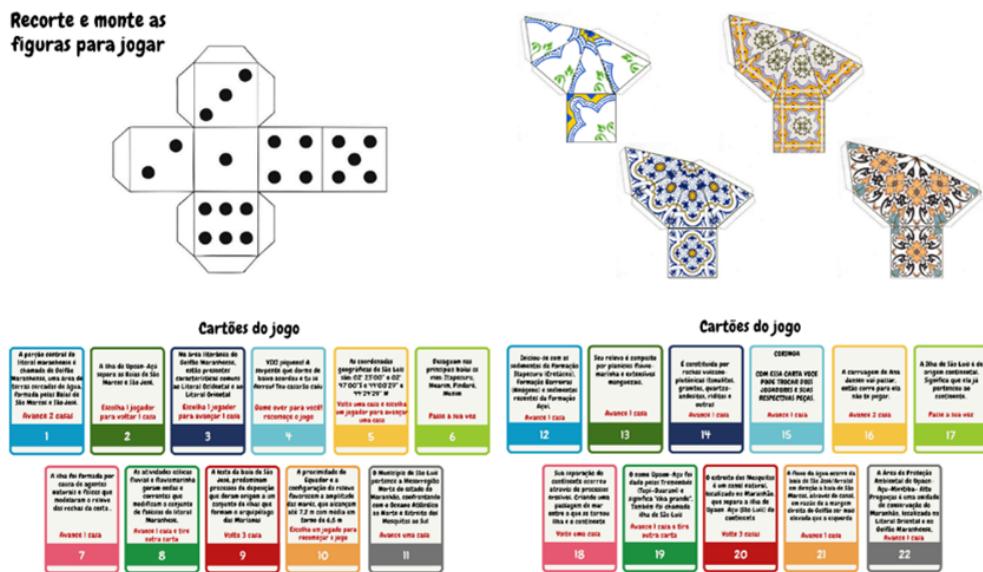
Figura 1 - Jogo de tabuleiro intitulado “Trilhando na formação da Ilha de São Luís – MA”.



Fonte: Autoria própria (2021).

Quatro peões foram criados, representando os azulejos ludovicenses – símbolo da identidade cultural local – um dado de seis faces e vinte e duas cartas ilustradas, contendo descrições objetivas que abordam conteúdos relacionados à formação geológica, oceanográfica, biológica e sociocultural da Ilha de São Luís (Figura 2). Essa configuração permite ao jogo integrar múltiplas dimensões do conhecimento científico, promovendo uma aprendizagem lúdica e interdisciplinar.

Figura 2 – Itens e cartas utilizadas no jogo didático “Trilhando na formação da Ilha de São Luís – MA”.



Fonte: Autoria própria (2021).

Para dar início à atividade, cada participante devia lançar o dado, sendo estabelecida a ordem de jogadas em sequência decrescente, a partir daquele que obteve o maior valor numérico (seis). Ao longo do jogo, sempre que o jogador alcançar uma casa de "sorte" ou "revés", será necessário retirar uma carta do respectivo monte e realizar a leitura em voz alta para os demais integrantes do grupo, seguindo as instruções indicadas na carta. Tais comandos podem interferir no andamento do percurso, promovendo ganhos ou retrocessos, o que contribui para o dinamismo da atividade. A partida é concluída quando um dos quatro participantes atinge a última casa do tabuleiro, completando todo o percurso proposto. Este jogador é então declarado vencedor da trilha.



O jogo foi executado de forma experimental com um grupo de estudantes do curso de Ciências Biológicas – Licenciatura e Bacharelado, durante as atividades da disciplina de Oceanografia. A sessão de aplicação teve duração aproximada de 50 minutos. No primeiro momento, realizou-se a distribuição dos kits didáticos, acompanhada da explanação detalhada das regras e da dinâmica do jogo, de modo a garantir a compreensão prévia por parte dos(as) participantes quanto ao seu funcionamento e objetivos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudantes apresentaram elevado interesse durante a dinâmica do jogo, evidenciando engajamento com a atividade proposta. Além disso, demonstraram domínio consistente dos conteúdos abordados, o que indica a eficácia do recurso lúdico na facilitação da aprendizagem (Figura 3). A utilização de jogos didáticos pode contribuir na assimilação do conhecimento por estabelecer metas claras no processo educacional, promovendo um ambiente de aprendizado prazeroso que favorece a absorção e a incorporação efetiva do conhecimento pelos discentes (Skilbeck, 2017).

Figura 3 - Estudantes participando da aplicação do jogo didático.



Fonte: Autoria própria(2021).

Com a construção e execução da proposta, os alunos puderam conciliar as informações que foram apresentadas nas aulas de Oceanografia, podendo discutir sobre o tema. O processo de ensino e aprendizagem que acentua a curiosidade e a vontade de aprender é o que torna o ensino prazeroso tanto para os discentes como para os docentes, sendo a base da aprendizagem o acordar para o saber científico (Silva, 2021).

Apesar de São Luís se destacar por sua posição marítima, industrial e portuária, não foi identificado nenhum jogo educativo que abordasse a geomorfologia da ilha sob os princípios da oceanografia. Assim, esta proposta é inédita, pois não há registros de trabalhos acadêmicos ou pedagógicos que integrem, de forma abrangente, o patrimônio cultural, a geologia, a oceanografia, a biologia e os serviços ecossistêmicos do território. Essa lacuna reforça a relevância e o potencial inovador da iniciativa, que busca valorizar o conhecimento local e promover uma aprendizagem interdisciplinar e contextualizada, evidenciando a interdependência entre natureza, cultura e identidade territorial.

Durante a realização do jogo, observou-se maior interação entre os participantes, bem como uma expressão coletiva espontânea, evidenciando o engajamento proporcionado pela dinâmica lúdica. Ventura et al. (2016) corroboram que o emprego de jogos como ferramentas didáticas promove um ambiente de aprendizagem mais prazeroso, o que contribui para a maior assimilação e aproveitamento dos conteúdos abordados. Contudo, é fundamental ressaltar que os jogos didáticos devem ser utilizados como instrumentos complementares, destinados ao reforço e à consolidação de conteúdos previamente trabalhados, não devendo ser adotados como única fonte de transmissão do conhecimento.

As práticas pedagógicas no ensino de Ciências demandam abordagens que transcendam o mero repasse expositivo de conteúdos teóricos, uma vez que as aulas práticas conseguem contribuir de forma significativa para os alunos (Silva; Ferreira; Souza, 2021). A incorporação de representações visuais, maquetes e atividades de campo emerge como estratégia fundamental para a concretização de conceitos abstratos complexos, tais como os processos dinâmicos dos ecossistemas costeiros e as intrincadas interrelações entre os organismos que os compõem (Sampaio, 2022; Oliveira *et al.*, 2024). Essas ferramentas propiciam uma aproximação mais tangível da realidade ambiental local, fomentando a construção do conhecimento por meio da observação direta e da experiência sensorial.

A contextualização do ensino, ao estabelecer uma conexão direta com a realidade local dos estudantes, não apenas intensifica seu engajamento e interesse, mas também amplia a compreensão crítica em seu cotidiano e o papel ativo da humanidade nas relações de interdependência com o meio ambiente natural (Silva; Brandão, 2020). Da mesma forma que, essa abordagem contribui para a formação de sujeitos conscientes de sua responsabilidade socioambiental, capazes de articular saberes científicos a experiências concretas.

Nesse panorama, as metodologias ativas assumem relevância ímpar ao proporcionar um ambiente de aprendizagem dinâmico, que promove a interação, o protagonismo discente e a superação da dicotomia entre teoria e prática, que ainda permeia o ensino convencional (Lima *et al.*, 2022). A integração de iniciativas práticas, como as aulas de campo na Ilha de São Luís, aliadas a recursos tec-

nológicos avançados – em especial a realidade aumentada –, configura-se como uma proposta inovadora que potencializa a imersão dos estudantes em experiências educativas enriquecedoras e multisensoriais (Macêdo *et al.*, 2023).

Essas práticas pedagógicas não só ampliam a motivação e o interesse dos educandos, mas também favorecem a solidificação do conhecimento científico ao promover a aprendizagem colaborativa, o diálogo interdisciplinar e a interação com o meio comunitário (Dantas; Ferreira; Sobrinho, 2022). Tal sinergia entre tecnologia, experiência empírica e vivência social permite uma apropriação mais profunda e contextualizada dos conteúdos para o desenvolvimento de competências cognitivas, afetivas e socioambientais.

Ademais, a elaboração de jogos e atividades lúdicas tem o potencial de incrementar o interesse e a participação dos estudantes, favorecendo uma aprendizagem cooperativa fundamental para seu desenvolvimento acadêmico e social (Apolinário *et al.*, 2024). Entretanto, a implementação dessas metodologias enfrenta desafios, conforme evidenciado por estudos que apontam para a resistência de parte do corpo docente em adotar abordagens inovadoras, motivada pela insuficiência de formação pedagógica continuada e pela preferência por métodos tradicionais de ensino (Soares *et al.*, 2023).

Nesse contexto, promover um diálogo construtivo entre as demandas formativas dos educadores e a incorporação das metodologias ativas é crucial para o estabelecimento de ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e enriquecedores. Tal integração potencializa a qualidade da educação em Ciências, contribuindo para a formação de sujeitos críticos, reflexivos e ambientalmente conscientes, aptos a interagir de maneira ética e responsável com o meio que os circunda (Alves; Da Silva; Dos Reis, 2020; Paiva *et al.*, 2022).

Assim, o ensino de Oceanografia se fortalece ao integrar os avanços tecnológicos às práticas pedagógicas presenciais, promovendo uma formação mais dinâmica, contextualizada e acessível. Tal abordagem contribui não apenas para a ampliação do repertório científico dos estudantes, mas também para o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia intelectual. Ao articular teoria, prática e inovação, fomenta-se a construção de valores éticos, ambientais e sociais. Com isso, a educação científica assume um papel fundamental na formação de sujeitos engajados e conscientes, preparados para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos de maneira responsável e sustentável (Costa, 2024).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A temática relacionada à formação geológica, ambiental e socio-cultural da Ilha de São Luís – MA, quando abordada de forma contextualizada por meio de recursos didáticos lúdicos, demonstra elevado potencial para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem em Oceanografia. Ao aproximar os conteúdos escolares da realidade vivida pelos(as) estudantes, promove-se uma maior identificação com o objeto de estudo, contribuindo para o fortalecimento da identidade local e para o desenvolvimento da alfabetização científica crítica.

Observou-se que a utilização de metodologias ativas, como o jogo didático “Trilhando na Formação da Ilha de São Luís”, favorece a participação discente, amplia o interesse pelos conteúdos e possibilita uma aprendizagem mais significativa e colaborativa. Tal abordagem evidencia-se como alternativa eficaz frente à predominância de práticas pedagógicas expositivas, muitas vezes percebidas como monótonas e desestimulantes pelos(as) estudantes.

Além de seu potencial pedagógico, o jogo proposto apresenta-se como uma ferramenta de baixo custo e fácil replicabilidade, características que o tornam viável em contextos escolares com recursos limitados. A ludicidade, frequentemente subutilizada na prática docente devido a fatores como escassez de tempo, materiais ou formação específica, revela-se neste estudo como um componente relevante para dinamizar o ambiente educativo e estimular competências cognitivas, afetivas e sociais.

Ressalta-se a necessidade de aplicação contínua e avaliação sistemática da proposta em diferentes contextos escolares, de modo a validar sua eficácia, identificar possíveis limitações e propor melhorias. A testagem em sala de aula é imprescindível para assegurar a funcionalidade do recurso e sua integração ao planejamento pedagógico.

Dessa forma, conclui-se que a adoção de metodologias lúdicas e territorialidades, como o jogo de tabuleiro, pode contribuir de maneira notável para a renovação das práticas educativas, promovendo uma formação mais crítica, contextualizada e alinhada aos princípios da educação científica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. M. M.; PROCHNOW, T. R.; LOPES, P. T. C. O uso do lúdico no ensino de ciências: jogo didático sobre a química atmosférica. **Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias.** v. 11, n. 2, p. 228-239, 2016.

ALVES, J. F.; DA SILVA, L. B.; DOS REIS, D. Reflexões sobre metodologias do ensino de Biologia. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e850985951-e850985951, 2020.

APOLINÁRIO, C. D. M.; MORAES, R. D. P. G.; DE SOUZA, E. G. A.; DE OLIVEIRA, M. G. M.; DE SOUZA, M. A. Produção de jogos para o ensino e aprendizagem de temas de biologia para o ensino médio em uma escola pública da cidade de Manaus, AM. **Revista Foco**, v. 17, n. 3, p. e4568-e4568, 2024.

BENASSI, C. B. P.; FERREIRA, M. G.; STRIEDER, D. M. A CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS NO OLHAR DE ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA DA REDE ESTADUAL DE CASCAVEL-PR. IN: Anais do 2º Congresso Internacional de Educação. 2019. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/novo/pg/congressoeducacao/arquivos/2019/A-CIENCIA-E-O-ENSINO-DE-CIENCIAS-NO-OLHAR-DE-ESTUDANTES-DA-EDUCACAO-BASICA-DA-REDE-ESTADUAL-DE-CASCAVEL-PR-2.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2025.

BORSEKOWSKY, A. R.; KESKE, C.; PREIS, F. L. B.; KETZER, F.; NONENMACHER, S. E. B. Aprendizagem significativa: transformando a sala de aula em laboratório para o ensino de ciências. **Revista Insignare Scientia**, v. 4, n. 2, 2021.

CABRAL, S. D. O.; GONÇALVES, D. D. C.; DIAN, V. S.; VIANA, N. B.; VOLPI, T. D. A. Metodologia da problematização e aprendizagem significativa no ensino. IN: Anais do XXVII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XXIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e XIII Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba - 2023. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2023/anais/arquivos/RE_0930_0696_02.pdf. Acesso em: 06 jul. 2025.

CHENG, M. T.; ROSENHECK, L.; LIN, C. Y.; KLOPFER, E. Analyzing gameplay data to inform feedback loops in The Radix Endeavor. **Computers & Education**, v. 111, p. 60-73, 2017.

COSTA, E. D. R. D. Meio ambiente e sustentabilidade dentro da grade curricular de ensino fundamental. **Monografia**. Curso de Licenciatura em Geografia - Universidade Federal de Ouro Preto. 2024. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/7347/3/MONOGRAFIA_MeioAmbienteSustentabilidade.pdf. Acesso em: 28 jul. 2025.

DANTAS, A. B. A.; FERREIRA, J. D. S. A.; SOBRINHO, F. D. A. D. Bio evolution: jogo de tabuleiro no ensino de evolução em aulas virtuais. **International Journal Education And Teaching**, v. 5, n. 1, p. 72-92, 2022. Disponível em: <https://ijet-pdvl.instituoidv.org/index.php/pdvl/article/view/59>. Acesso em: 06 jul. 2025.

LIMA, J. F.; RIBEIRO, F. P. R. D. A.; SILVA, M. S. Sala de Aula Invertida no Ensino de Biologia: avanços e perspectivas. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, p. 1084-1102, 2022.

LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; LORETO, E. L. D. S. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 2, 2018.

MACÊDO, V. F.; SILVA, J. C. S.; DE VASCONCELOS, G. M. C.; RODRIGUES, R. L.; DE OLIVEIRA, D. G. Aceitação da adoção de Realidade Aumentada no ensino de Biologia. **RENOTE**, v. 20, n. 2, p. 186-195, 2022.

OLIVEIRA, A. S. F. Direito à cidade e ao lazer no centro histórico de São Luís do Maranhão. 2024. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em História - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

OLIVEIRA, D. N. D.; PAIXÃO, A. C. D. C.; BRITO, W. R. D. O. O estudo das células no ensino médio: desafios e possibilidades. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 14, p. e14949-e14949, 2024.

ONU BRASIL (Organização das Nações Unidas Brasil). 2015. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 13 jul. 2025.

PAIVA, A. P.; SILVA, A. L.; DE PAIVA, L. F. R. Ensino híbrido e metodologias ativas de aprendizagem com o uso das tecnologias digitais da informação e comunicação: a retomada de um embasamento conceitual e as perspectivas para a educação superior. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, pág. e146111434615-e146111434615, 2022.

SAMPAIO, A. P. D. D. S. Abordagem temática para o ensino de biologia: o rio Formate como espaço para abordar botânica e ecologia. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação Profissional em Educação em Ciências e Matemática - Instituto Federal do Espírito Santo, 2021.

SILVA E. E.; BRANDÃO, W. A. P. L. N. T. D. M. A importância do ensino de Biologia para o cotidiano dos alunos: a compreensão cotidiana do coronavírus. **Trabalho de Conclusão de curso.** Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26839/1/ensinobiologiacotidianoalunos.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SILVA, E. F. D.; FERREIRA, R. N. C.; SOUZA, E. D. J. Aulas práticas de ciências naturais: o uso do laboratório e a formação docente. **Educação: Teoria e Prática**, v. 31, n. 64, 2021. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1981-81062021000100121&script=sci_arttext. Acesso em: 27 jul. 2025.

SILVA, J. S.; FARIAS-FILHO, S. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). **Ra'e Ga**, v. 46, n. 1, 2019.

SILVA, Y. B. L. D. CASARÕES, TOADAS E AZULEJOS: a educação patrimonial em escolas da rede municipal de ensino de São Luís, MA. 2025. 417 f. **Tese.** Programa de Pós-graduação em Educação - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

SKILBECK, A. Dewey on seriousness, playfulness and the role of the teacher. **Education Sciences**, v. 7, n. 1, p. 16, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci7010016>. Acessado em: 22 jul. de 2025.

SOARES, L.; REIS, P.; BICHARA, C.; PAULA, M.; PONTES, A. A importância da utilização de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem de Biologia e Química. **Scientia Naturalis**, v. 5, n. 2, 2023.

SOUZA, M. E. L.; ARAÚJO, J. D. S.; GONTIJO, P. R. RELATO DE EXPERIÊNCIA DE LICENCIANDOS DA FÍSICA: o potencial do jogo de tabuleiro no ensino de Física. **Pedagogia em Ação**, v. 23, n. 2, p. 154-162, 2024.

VENTURA, J. P.; RAMANHOLE, S. K. S.; MOULIN, M. M. A importância do uso de jogos didáticos como método facilitador de aprendizagem. **UNIVAP**, São José dos Campos, v. 22, n. 40, p. 213-218, 2016.

CAPÍTULO 11 - COMUNIDADES DE TÉRMITAS EM CUPINZEIROS FIXOS EM ÁRVORES DE MANGUEZAL DA RAPOSA - MA

Thiago Ferreira Pinheiro¹

Davi Viegas Melo²

Andrea Christina Gomes de Azevedo Cutrim³

Abilene Espindola Correia³

Marcos Felipe Silva Duarte³

Rayane Serra Rosas³

Juliana de Meneses Ferreira³

Danielle Stephane Campos Souza³

¹Universidade Federal do Maranhão - UFMA

²UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG

³Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

RESUMO

A zona costeira do Maranhão abriga extensos manguezais, fundamentais para a biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Apesar da presença abundante de térmitas, há poucos estudos sobre sua diversidade e função ecológica na região. Esses insetos atuam na decomposição e ciclagem de nutrientes. O trabalho objetivou identificar e quantificar térmitas associados a ninhos arborícolas, caracterizar as árvores que servem de substrato e analisar a variação espacial e temporal das colônias. O estudo foi conduzido em 2019 no manguezal do Seco-Raposa (MA), durante os períodos chuvoso e seco. Aplicou-se a metodologia de transectos. Os térmitas foram coletados com quadrante padronizado, armazenados e identificados. No laboratório, os indivíduos foram triados, contados e identificados taxonomicamente. A análise foi realizada no software R. Aplicou-se a correlação de Pearson e o teste t de Student para comparar o número de indivíduos entre as estações. Foram registradas 15 árvores, que favoreceram a instalação de 16 ninhos. Os ninhos variaram em forma e coloração, com médias de 2,12 m de altura, 0,72 m de largura e 0,58 m de comprimento. Foram coletados 23.918 térmitas, predominando os soldados. A maior abundância ocorreu no período chuvoso. O teste t indicou diferença significativa entre os períodos sazonais ($p = 0,01$), reforçando a influência da umidade. As correlações de Pearson não mostraram relação entre DAP ou altura das

árvores e o número de térmitas, possivelmente devido à natureza do manguezal e à perturbação causada pela coleta. A espécie *Nasutitermes similis* foi a única registrada, com predominância de soldados. A maior abundância ocorreu no período chuvoso, especialmente em áreas próximas à terra firme. Os ninhos estavam majoritariamente em *Rhizophora mangle* e não houve correlação entre DAP, altura das árvores e número de térmitas.

Palavras-chaves: Botânica; Cupim; Mangue Seco.

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira do Maranhão é considerada um patrimônio de grande valor ecológico, socioeconômico e cultural (Bezerra, 2008). Embora esteja politicamente inserido na região Nordeste, o estado apresenta, especialmente a partir do Golfão Maranhense, características ambientais típicas da Amazônia Legal, como extensos estuários e reentrâncias litorâneas, semelhantes às dos estados do Pará e Amapá (Mochel, 2011).



A costa amazônica favorece o desenvolvimento de ecossistemas estuarinos, como os manguezais. O Brasil possui a segunda maior extensão de manguezais do planeta, atrás apenas da Indonésia, sendo que Maranhão, Pará e Amapá compõem o maior cinturão contínuo desse ecossistema no mundo (Souza Filho, 2005; Mochel, 2011). No entanto, estima-se que aproximadamente 25% dos manguezais brasileiros tenham sido degradados desde o início do século XX (ICMBio, 2018; Souza Filho *et al.* 2019).

Manguezais são ambientes de transição entre os meios terrestre e marinho, desenvolvendo-se em regiões tropicais, onde ocorre o encontro entre águas doces e salgadas. Esses ecossistemas são fundamentais para a manutenção da biodiversidade costeira, atuando como berçários naturais para diversas espécies aquáticas e fornecendo alimento e abrigo para organismos endêmicos e migratórios (Nunes e Mendonça, 2013).

Dentre as comunidades que habitam os ambientes de manguezal, também se destacam os cupins ou térmitas (Insecta: Isoptera), insetos sociais que vivem organizados em colônias compostas por indivíduos interdependentes, distribuídos em castas com funções distintas, como operários, soldados, rei e rainha (Peña, 2021). Esses insetos estão distribuídos em nove famílias, das quais apenas quatro ocorrem no Brasil: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae (Constantino, 2019).

A estrutura social dos térmitas é altamente desenvolvida, sendo considerada eussocial. As castas apresentam morfologia e fisiologia especializadas, com divisão de trabalho bem definida e sobreposição de gerações (Chouvenc e Su, 2022). Os operários, em especial, desempenham tarefas fundamentais como forrageamento, cuidado da prole, manutenção do ninho e alimentação das demais castas. Os soldados, por sua vez, são responsáveis pela defesa da colônia, enquanto os reprodutores asseguram sua perpetuação (Medeiros, 2004).

Os térmitas constroem ninhos que funcionam como moradas isoladas do meio externo, garantindo controle térmico e hídrico ideais para a colônia. Esses ninhos podem ser classificados quanto à sua localização como hipógeos (subterrâneos), epígeos (no solo) ou arborícolas (em troncos e galhos de árvores), sendo estes últimos os de interesse neste estudo (Menezes et al. 2007). As estruturas são ricas em matéria vegetal e nutrientes, e suas paredes são formadas por uma mistura de fezes, saliva e solo, resultando em uma textura resistente (Castro Júnior, 2002).

Do ponto de vista ecológico, os cupins exercem papéis fundamentais nos ecossistemas naturais. São considerados “engenheiros do ecossistema” por sua capacidade de alterar a estrutura do solo, facilitar a decomposição de matéria orgânica e influenciar a disponibilidade de recursos para outras espécies (Cornelius et al., 2023). Participam da ciclagem de nutrientes, atuam como trituradores e mineralizadores de material celulósico e são uma importante fonte alimentar para diversos organismos (Bandeira e Vasconcellos, 2002).

Apesar da relevância ecológica dos térmitas, o conhecimento sobre sua diversidade e função nos ecossistemas ainda é limitado em algumas regiões brasileiras, como o Nordeste, onde há escassez de estudos sobre a termitofauna. Trabalhos pioneiros datam da década de 1990 e, até hoje, concentram-se majoritariamente em descrições taxonômicas, sendo ainda raras as abordagens ecológicas mais amplas (Silva *et al.*, 2007). Esse panorama evidencia a necessidade de ampliar o conhecimento sobre as comunidades de térmitas em ecossistemas costeiros, especialmente em manguezais, como os da região da Raposa – MA.

Diante do exposto, reconhece-se que os manguezais maranhenses prestam serviços ecológicos relevantes à biodiversidade, com implicações sociais, econômicas e culturais. Apesar da expressiva ocorrência de térmitas nesse ecossistema, observa-se uma escassez de estudos voltados à sua diversidade, ecologia e interações com o ambiente. Essa lacuna evidencia a necessidade de ampliar o conhecimento sobre o grupo, especialmente quanto ao papel ecológico que desempenham e à relação com os elementos arbóreos que servem de substrato para a construção de ninhos arborícolas, mesmo sob condições ambientais adversas.

O presente estudo tem por finalidade determinar a composição ecológica e taxonômica de térmitas associados a cupinzeiros fixos em árvores de manguezal no município de Raposa, estado do Maranhão. Para tanto, propõe-se a identificação e quantificação dos espécimes coletados, a caracterização das espécies arbóreas que servem de substrato aos ninhos arborícolas. Adicionalmente, busca-se verificar a variação espacial e temporal das populações de térmitas ao longo do período amostral. Contribuindo para o aprofundamento do conhecimento sobre a diversidade e distribuição da termitofauna em ecossistemas costeiros maranhenses, ainda pouco investigados sob essa abordagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ETAPA DE CAMPO

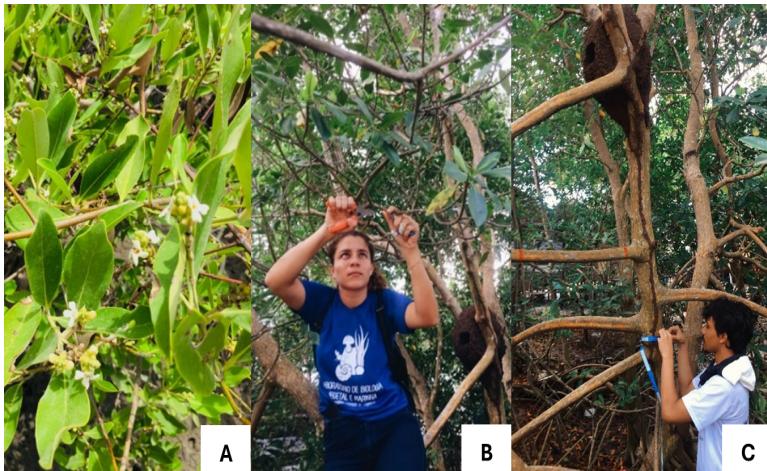
O município de Raposa MA, situado a 28 km do centro de São Luís (02°25'22" S, 44°05'21" W), ocupa 79,8 km² e abriga aproximadamente 32.054 habitantes (IBGE 2024). Limita-se ao norte com o oceano Atlântico; ao sul, com Paço do Lumiar e São José de Ribamar; a leste, com a ilha de Curupu e a baía de São Marcos; e a oeste, com São Luís (Ferreira 2014).

O estudo foi conduzido em 2019 na área de vegetação do Mangue Seco-Raposa, por meio de duas coletas (chuvelha e estiagem), sendo aplicada a metodologia de transectos adaptada de De Souza e Brown (1994), Eggleton *et al.*, (1995, 1997) e Jones (2000). Em cada parcela estabeleceram-se dois transectos paralelos à linha de costa, distantes 15 m entre si, medindo 100 × 15 m e subdivididos em quatro seções de 25 × 15 m. O transecto mais externo ficou próximo à linha d'água; o interno, mais próximo à terra firme.

A vegetação do manguezal da Raposa é composta predominantemente por *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho) e *Avicennia sp.* (mangue-siriba ou siriúba), nas quais foram observados ninhos de térmitas fixados em troncos e galhos dessas espécies características. Para a caracterização do substrato vegetal e identificação das árvores, adotou-se a metodologia descrita no Manual de Procedimentos para Herbários da Universidade Federal de Pernambuco (Peixoto e Maia, 2013).

Em cada árvore que apresentava ninhos arborícolas, foram coletados cinco ramos férteis contendo estruturas reprodutivas (flores e/ou frutos), com o auxílio de tesoura de poda. Durante a coleta (Figura 1), foram registrados dados como coordenadas geográficas, altura estimada da árvore, diâmetro à altura do peito (DAP), características morfológicas da planta, além de informações relevantes do ambiente. As amostras vegetais foram herborizadas conforme os protocolos clássicos, desde a coleta até a montagem das exsicatas.

Figura 1– Procedimento de coleta do material botânico: A – Ramo de *Avicennia germinans*; B – Remoção dos ramos; C – Aferição do DAP.



Fonte: Autoria Própria(2019)

2.2 COLETA DOS TÉRMITAS

As coletas foram realizadas em ninhos de térmitas arborícolas encontrados em cada seção amostrada, por meio do método invasivo de coleta, utilizando um quadrante de alumínio de 6 cm de comprimento por 6 cm de largura e 3 cm de profundidade. Este quadrante foi aplicado nos ninhos, removendo vários espécimes de cada casta, os quais foram armazenados em potes plásticos contendo álcool a 70%, devidamente etiquetados com o número do transecto, parcela, número da árvore e do número da coleta.

Dos cupinzeiros encontrados, foram verificadas as seguintes informações: medidas de altura e largura e sua distância em relação ao solo, e medidas da elipse, quando o formato dos ninhos era esférico. Os térmitas coletados foram transportados para o Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha - LBVM/UEMA, Campus Paulo VI, onde passaram pelo processo de triagem e identificação.

2.3 ETAPA LABORATORIAL

No LBVM, o conteúdo dos frascos de coleta foi transferido para bêqueres de 2 L, incluindo fragmentos do ninho e o álcool de preservação. O solvente foi descartado em recipientes próprios para resíduos orgânicos do CCB e substituído por água; a menor densidade dos térmitas facilitou sua flotação e coleta com peneira fina. Após triagens sucessivas e catação manual, os insetos foram acondicionados em tubos com álcool 70 %, etiquetados com transecto, parcela, árvore e período de coleta. A contagem e separação em castas (soldados, operários, ninfas) foram realizadas sob estereomicroscópio ZEISS; os dados foram registrados em planilhas Excel para posterior análise.

A identificação taxonômica ocorreu no Laboratório de Artrópodes e Microbiologia de Solos (UEMA) segundo o Manual de Coleta e Identificação de Cupins (UNB 2009). Atribuíram-se família, gênero e, quando possível, espécie com base nas chaves de Constantino (1999, 2002) e na coleção on line do Laboratório de Termitologia da UnB. Os exemplares, mantidos em álcool 70 % em placas de Petri, foram examinados em microscópio estereoscópico (até 60×) e comparados com material de referência da Coleção de Invertebrados do Solo do Maranhão (CISMA), assegurando a determinação ao menor táxon viável.

2.4 TRATAMENTO NUMÉRICO E ESTATÍSTICO DOS DADOS

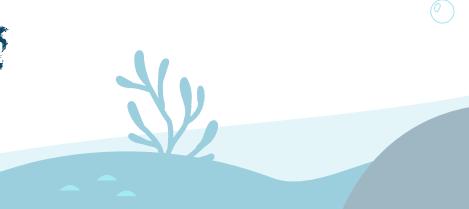
Para a análise estatística dos dados, utilizou-se o software R. Inicialmente, aplicou-se o teste de correlação de Pearson com o objetivo de verificar possíveis relações entre a circunferência à altura do peito (DAP) e as estimativas de altura das árvores com o número total de térmitas coletados, visando avaliar a suscetibilidade das espécies arbóreas do Mangue Seco à nidificação por térmitas.

Além disso, foi realizado o teste t de Student para comparação entre os períodos amostrais (estações chuvosa e seca), buscando identificar diferenças significativas na abundância de térmitas entre as duas estações. Também foi aplicada a estatística descritiva, com o intuito de caracterizar e resumir as variáveis amostradas, sem a utilização de testes inferenciais nesta etapa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VEGETAÇÃO E ANÁLISE DOS TERMITEIROS ARBORÍCOLAS

Foram registradas 15 árvores nos oito quadrantes amostrados. No Transecto 1, situado próximo à linha de maré, seis indivíduos apresentaram cupinzeiros, enquanto no Transecto 2, nove árvores continham cupinzeiros. A composição florística foi dominada por *Rhizophora mangle* (80 %, n = 12) e, em menor proporção, por *Avicennia germinans* (13 %, n = 2), corroborando descrições de Mochel (2001) e Silva e Corrêa Neto (2020) para manguezais do norte do país. Os rizóforos de *R. mangle* fornecem suporte estrutural e corre-



dores de forrageio, favorecendo a instalação de ninhos arborícolas (Vane et al., 2013). A baixa diversidade arbórea do manguezal, aliada à abundância de recursos lenhosos, sustenta elevada densidade de térmitas (Santos et al., 2013).

Foram registrados 16 cupinzeiros fixados em 15 árvores. As estruturas apresentaram morfologias diversas (ovoides, esféricas, retangulares ou irregulares) e coloração pardo escura a partir de material cartonado, conforme descrito por Milano e Fontes (2002). Do total, seis ninhos ocorreram no Transecto 1 e dez no Transecto 2.

Os ninhos mediram, em média, 2,12 m de altura em relação ao solo, com amplitude de 0,55 a 4,15 m; os extremos ocorreram no Transecto 1. A largura obteve média de 0,72 m e o comprimento com 0,58 m, sendo os maiores valores registrados no Transecto 2, onde o diâmetro das árvores também foi superior. O único indivíduo com dois ninhos simultâneos encontrava-se nesse transecto.

3.2 ESTRUTURA POPULACIONAL, VARIAÇÃO SAZONAL E OCUPAÇÃO

Após triagem e separação por castas contabilizaram-se 23.918 térmitas, equivalentes a 854 indivíduos por ninho, sendo fortemente dominada por soldados (95,6 %), enquanto operários (2,1 %) e ninfas (2,3 %) foram escassos. O predomínio de soldados diverge do padrão usual de maior representatividade de operários (Medeiros 2004) e provavelmente reflete a coleta pouco invasiva (profundidade de 3 cm), restrita às regiões externas dos ninhos, setor habitualmente defendido por soldados.

Todas as colônias arborícolas coletadas pertenciam a um único táxon, *Nasutitermes similis* Emerson, 1935 (Termitidae: Nasutitermitinae). A baixa diversidade observada reflete a uniformidade florística do manguezal. A identificação exigiu análise detalhada de caracteres morfoanatômicos (cápsula céfálica, tubo frontal, mandíbulas vestigiais e conformação intestinal), seguida de comparação com 32 morfoespécies e 10 espécies de referência do acervo do Laboratório de Artrópodes e Microbiologia de Solos (UEMA). A constatação de *N. similis* (Figura 2) como espécie dominante reforça a afinidade do gênero por troncos e galhos de mangue e evidencia a importância desse ecossistema para a nidificação de térmitas arborícolas.

Figura 2 - Dispersão de cupins após aplicação do quadrante em ninho.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Na estação chuvosa registrou-se o maior contingente de térmitas em praticamente todos os cupinzeiros, especialmente no Transepto 2; no período seco, os valores mais altos transferiram-se para o Transepto 1. Dois ninhos (árvores 11 e 13) estavam totalmente descolonizados, exibindo paredes claras e friáveis, indícios de abandono recente.

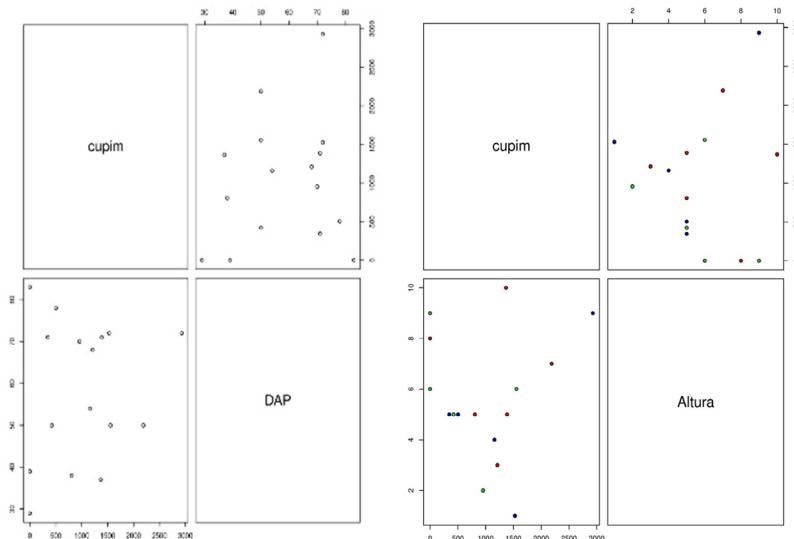
3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

A análise descritiva revelou forte variabilidade nas dimensões dos cupinzeiros: alturas entre 0,55 e 4,15 m ($\bar{x} = 2,12$ m), larguras de 0,17 a 1,30 m ($\bar{x} = 0,72$ m) e comprimentos de 0,27 a 1,62 m ($\bar{x} = 0,58$ m). Os desvios padrão de largura e comprimento foram relativamente baixos, indicando dispersão moderada em torno das respectivas médias, enquanto a altura exibiu maior heterogeneidade.

Para avaliar a influência da sazonalidade, aplicou-se o teste t de Student às abundâncias de térmitas por ninho. As médias diferiram entre a estação chuvosa e a de estiagem ($t = 2,92$; $df = 12$; $p = 0,01$), com acréscimo de 53,7 % no período chuvoso. A maior densidade hídrica nesse intervalo pode favorecer condições microclimáticas propícias à manutenção das colônias.

A correlação de Pearson indicou ausência de relação entre o DAP das árvores e o número de térmitas ($r \approx 0$; $p > 0,05$), bem como entre a altura das árvores e a abundância de indivíduos (Figura 3). A dispersão aleatória dos pontos confirma que troncos mais espessos ou elevados não sustentaram populações maiores nos manguezais estudados.

Figura 3 - Correlação de Pearson. A- DAP e o quantitativo total de térmitas; B- Alturas estimadas das árvores o quantitativo total de térmitas.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A discrepância entre estes resultados e estudos realizados em florestas úmidas ou galerias (Huber et al. 2017; Polatto e Alves Júnior 2009), que reportam correlação positiva entre DAP e infestação, pode estar associada a diferenças microambientais e ao estresse imposto pela remoção de biomassa na primeira coleta. Térmitas são altamente sensíveis a variações de umidade (Brazolin, 2009), e perturbações nas paredes externas podem desestabilizar o microclima interno do ninho, reduzindo a densidade de operários nas campanhas subsequentes (Rheault et al., 2003).

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que todos os espécimes de térmitas coletados pertencem à espécie *Nasutitermes similis*, sendo a casta dos soldados a mais abundante em comparação aos operários e ninfas. A maior concentração de indivíduos foi registrada no período chuvoso, especialmente nas áreas mais próximas à terra firme, as quais também apresentaram as maiores dimensões de cupinzeiros.

As árvores que serviram de substrato para os ninhos foram majoritariamente da espécie *Rhizophora mangle*, não sendo observado correlação entre o DAP ou a altura das árvores e a abundância de térmitas. A metodologia adotada para amostragem em ninhos arborícolas demonstrou-se eficiente, permitindo a coleta de uma quantidade expressiva de indivíduos em uma área relativamente restrita do manguezal da Raposa - MA, contribuindo de forma relevante para o conhecimento da termitofauna em ecossistemas costeiros do Maranhão.

AGRADECIMENTOS

Aos demais pesquisadores que colaboraram com o desenvolvimento da pesquisa, Mauricio Santos, ao Breno Campelo, Stephanía Triana, Pedro Balluz, Tomáz Ferreira, Diego Henrique, Pamella Karine, Simara Sá, Valdecir Jr, Ione Gomes, Luciana Belfort. De forma especial, presto uma homenagem em memória ao professor doutor José Ribamar, que contribuiu de maneira valiosa para o aperfeiçoamento deste estudo. Sua presença, seu compromisso com a formação acadêmica e seu carinho pelos alunos seguirão vivos na memória e nos corações de todos que fazem parte do CCB/UEMA.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, A. G.; VASCONCELLOS, A. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in Northeastern Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, [s.l.], v.39, p.429- 439, 2002.

BEZERRA, D.S. **O ecossistema manguezal em meio urbano no contexto das políticas públicas de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Anil, São Luís, Maranhão**. Dissertação (Mestrado de Saúde e Ambiente). Universidade Federal do Maranhão. São Luís. 2008.

BRAZOLIN, S. **Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP**. 2009. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CASTRO JÚNIOR, P.R. **Dinâmica da água em campos de Murundus do planalto dos Parecis**. 2002. 193f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, SP, 2002.

CHOUVENC, T.; SU, N. Eusociality and the transition from biparental to alloparental care in termites. **Functional Ecology**, [S. I.], v. 36, n. 2, p. 381-393, 2022.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 40, n. 25, p. 387- 448, 1999.

CONSTANTINO, R. Catalog f the living termites of the New World (Insect: Isoptera). Arquivos de Zoologia, [s.l.], v.35, p.135-260, 1998.

CONSTANTINO, R. **On-line Termites Database**. Disponível em: <http://164.41.140.9/catal/stat.php?region=ALL>. Acesso: 22.12.2019.

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology**, [s.l.], v. 126, p.355-365, 2002.

CONSTANTINO, R.; CANCELLO, ELIANA MARQUES. Cupins (Insecta, Isóptera) da Amazônia brasileira: distribuição geográfica e esforço de coleta. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 3, p. 401-13, 1993.

COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle**. 1. ed. Rio Claro-SP: Divisa. 128 p. 2002.

CORNELIUS, J. et al. Global engineering effects of soil invertebrates on ecosystem functions: meta-analysis including termites. **Global Ecology and Biogeography**, 2023.

DE SOUZA, O.F. & BROWN, V.K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termitecommunities. **Journal of Tropical Ecology**, [s.l.], v. 10, p. 197-206, 1994.

EGGLETON, P. et al. The species richness (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, [s.l.], v.11, p.85-98, 1995.

EGGLETON, P.; HOMATHEVI, R.; JEEVA, D.; JONES, D. T.; DAVIES, R. G.; MARYATI, M. The species richness and composition of termites (Isoptera) in primary and regenerating lowland dipterocarp forest in Sabah east Malaysia. **Ecotropica**, [s.l.], v. 3, p. 119-128, 1997.

FERREIRA, I. de S.; CUTRIM, M. V. M.; WATANABE, I. S.; MENDONÇA, E. M. C. O Município de Raposa - MA: do abandono ambiental as perspectivas de crescimento econômico e turístico. VII Congresso Brasileiro de Geógrafos. **Anais do VII CBG** - ISBN: 978-85-98539-04-1. Vitória/ES. 10 a 16 de agosto 2014.

ICMBIO. Atlas dos manguezais do Brasil biodiversidade. Brasília: **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**, 2018.

JONES, D. T. Termite assemblages in two distinct montane forest types at 1000 m elevation in the Maliau Basin, Sabah. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 16, p. 271-286, 2000.

HUBER, F.; SAMPAIO C.; TAVARES, F.; VAZQUEZ, D. **Levantamento e identificação de cupins no Parque Natural Municipal do Curió, Paracambi, RJ.** 6º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade 2017 (Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro - FAETERJ/FAETEC), Paracambi, RJ. 2017.

PEIXOTO, A. L.; MAIA, L. C. Manual de Procedimentos para herbários. INCT-Herbário virtual para a Flora e os Fungos. **Editora Universitária UFPE**, Recife, 2013.

PEÑA, J. et al. Gene duplication and caste biased expression in *Reticulitermes speratus*. **PNAS**, v. 118, 2021.

POLATTO, L. P.; ALVES-JUNIOR, V. V. Distribuição e Densidade de Nasutitermes sp. (Isoptera: Termitidae) em Mata Ribeirinha do Rio Miranda, Pantanal Sul-Matogrossense, Brasil. **EntomoBrasilis**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 27-30, apr. 2009.

MEDEIROS, M. B. DE. Metabolismo da celulose em Isoptera. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, [s. l.], n.33, 2004.

MENEZES, E. B.; AQUINO, A. M.; MENEZES, E. L. A.; CORREIA, M. E. F.; SOUZA, J. H.; SOUZA, R. M. Térmitas: taxonomia, biologia, ecologia e sua importância nos sistemas agropecuários. **Embrapa Agrobiologia**. 53p. 2007.

MOCHEL, F. R. Manguezais amazônicos: status para a conservação e a sustentabilidade na zona costeira maranhense. In: **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação**. Organizado por Marlúcia Bonifácio Martins; Tadeu Gomes de Oliveira – Belém: MPEG, 2011.

NUNES, J.L.S., Mendonça M. A. Biodiversidade marinha da Ilha do Maranhão/ (orgs.). – São Luís: **EDUFMA**, 2013.

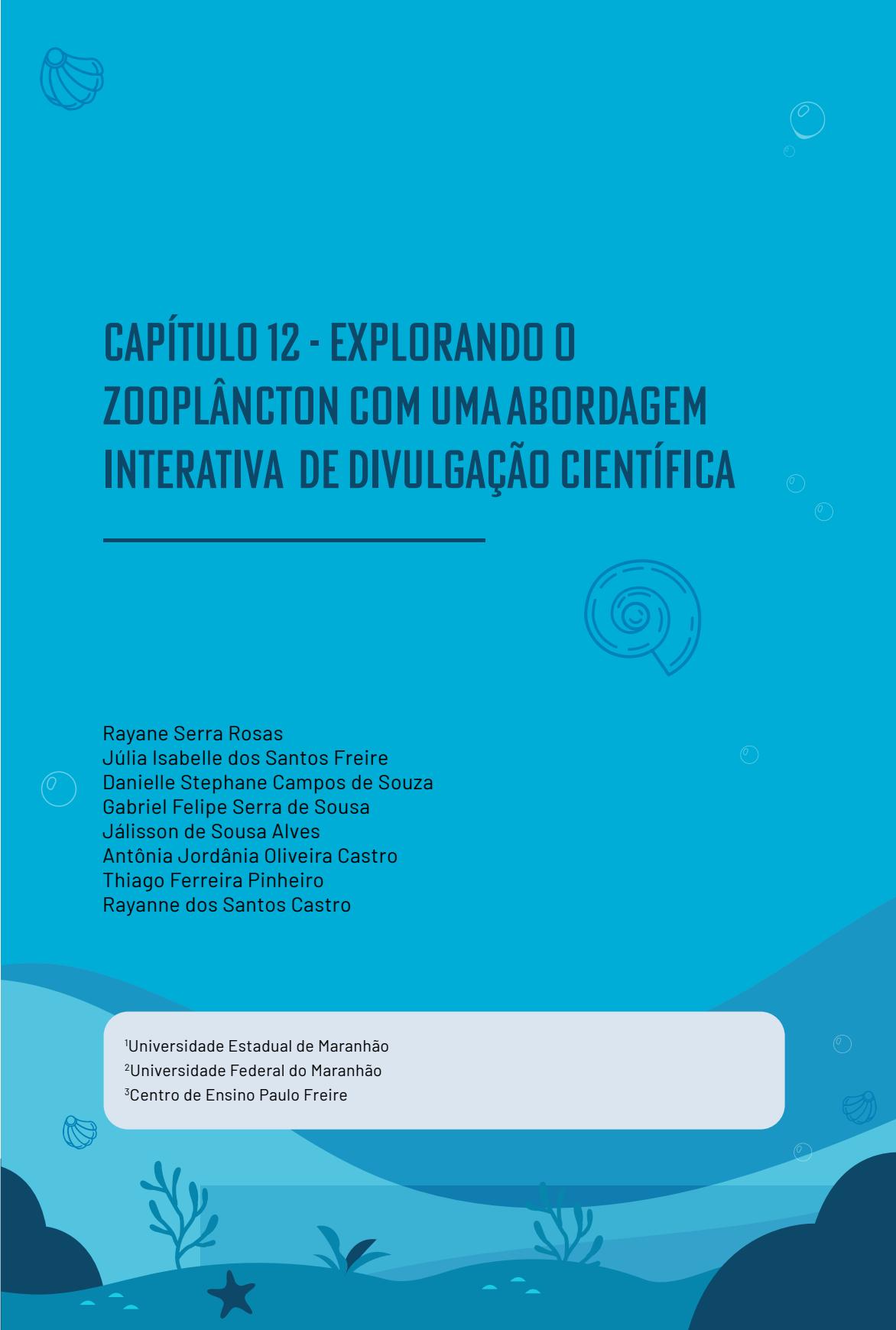
RHEAULT, H., P. DRAPEAU, Y. BERGERON & P.A. ESSEEN. Edge effects on epiphytic lichen in managed black spruce forest of eastern North America. **Canadian Journal of Forest Research**, [s.l.], v. 33, p. 23-32, 2003.

SILVA, I. R; MENDONÇA, E. S. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, p.275-374. 2007.

SILVA, A. C. B.; CORRÊA-NETO, J. J. Riqueza e composição de Térmitas (Blattodea, Isoptera) em manguezais do litoral amazônico. **Entomological Communications**, [S. I.], v. 2, p. ec02037, 2020.

SOUZA F.; DINIZ, C.; CORTINHAS, L.; NERINO, G.; RODRIGUES, J.; SADECK, L.; ADAMI, M.; P.W.; M. Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. **Remote Sensing**. 11. 808. 2019.

VANE, C. H.; KIM, A. W.; MOSSS-HAYES, V.; SNAPE, C. E.; et al. Degradation of mangrove tissues by arboreal termites (Nasutitermes acajutlae) e seu papel no ciclo de carbono em manguezal de Porto Rico. **Geosciences Faculty Publications**, 2013.



CAPÍTULO 12 - EXPLORANDO O ZOOPLÂNCTON COM UMA ABORDAGEM INTERATIVA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Rayane Serra Rosas

Júlia Isabelle dos Santos Freire

Danielle Stephane Campos de Souza

Gabriel Felipe Serra de Sousa

Jálisson de Sousa Alves

Antônia Jordânia Oliveira Castro

Thiago Ferreira Pinheiro

Rayanne dos Santos Castro

¹Universidade Estadual de Maranhão

²Universidade Federal do Maranhão

³Centro de Ensino Paulo Freire

RESUMO

O zooplâncton é formado por um conjunto de organismos, geralmente microscópicos, que se movimentam ao sabor das massas d'água, no qual representam a fase inicial ou a vida inteira de um animal. Estes exercem um importante papel na ecologia aquática, dessa forma, vem desencadeando ações e valores que podem contribuir para atitudes reflexivas e práticas de conservação e preservação desses organismos. O referido trabalho teve como objetivo analisar o conhecimento de alunos ingressantes no curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA acerca da existência e importância ecológica da comunidade de zooplâncton. Como metodologia foi aplicado um questionário prévio semiestruturado, posteriormente foram desenvolvidas palestras em várias exposições e mostras científicas com os recursos e modelos didáticos desses organismos, além da preparação de lâminas para facilitar o entendimento dos alunos acerca da biodiversidade e importância da microfauna marinha. Através dos resultados obtidos pelo questionário foi constatado que 86,37% dos ingressantes no curso de Ciências Biológicas da UEMA viram este assunto na escola durante seu ensino médio, porém 63,65% dos entrevistados afirmaram que o zooplâncton é um conjunto de organismos aquáticos e fotossintetizantes sendo que são heterótrofos, respostas como essa confirma que esses animais apesar de toda sua importância ecológica.



ca e econômica, não é um conteúdo bem fixado em sala de aula e que os alunos se mostraram interessados na temática durante as práticas realizadas. Popularizar e divulgar resultados de pesquisas científicas, torna-se uma alternativa para difundir e aproximar o conhecimento da sociedade sobre a comunidade de zooplâncton.

Palavras-chaves: Educação Ambiental; Exposição científica; Invertebrados Planctônicos.



1 INTRODUÇÃO

O zooplâncton é formado por um conjunto de organismos, geralmente microscópicos, que se movimentam ao sabor das massas d'água, no qual representam a fase inicial ou a vida inteira de um animal (Dos Santos *et al.*, 2025). Estes exercem um importante papel na ecologia aquática, dessa forma, vem desencadeando ações e valores que podem contribuir para atitudes reflexivas e práticas de conservação e preservação desses organismos (Durán, 2024).

Pois, os organismos do zooplâncton exercem uma função chave nos ecossistemas aquáticos, servem como fase inicial do ciclo de vida de diversos organismos economicamente importantes, como peixes, mariscos e crustáceos, o que impacta diretamente na produtividade e sustentabilidade das teias alimentares aquáticas e, consequentemente, as comunidades pesqueiras (Rosas *et al.*, 2025).

Além disso, a comunidade de zooplâncton é altamente sensível às pressões antrópicas, como poluição, eutrofização e mudanças de temperatura e salinidade causadas pelas alterações climáticas, essas perturbações ambientais podem afetar sua abundância, diversidade e composição, comprometendo tanto a saúde dos ecossistemas quanto o rendimento das atividades econômicas associadas a esses organismos (Rosas *et al.*, 2024).

A crescente degradação ambiental dos ecossistemas aquáticos e a perda da biodiversidade exigem o fortalecimento de ações educativas à conservação ambiental, exigindo ações de educação ambiental como uma ferramenta estratégica para a formação de um senso crítico e transformador, sobretudo entre os jovens em fase escolar.

Dessa forma, a Educação Ambiental (EA) surge como uma prática política orientada à transformação social, promovendo a ressignificação de valores, comportamentos e saberes, com enfoque no cuidado ao meio ambiente, tratando-se de um processo formativo que visão a ação emancipadora em prol do equilíbrio socioambiental aliado ao processo de ensino-aprendizagem em múltipla escala (Cubra, 2010; Marques *et al.*, 2022).

A inserção da Educação Ambiental (EA) no espaço escolar constitui uma estratégia fundamental para promover práticas pedagógicas transformadoras e aprofundar os processos formativos, por meio da integração curricular das experiências cotidianas dos estudantes, participando de forma ativa e reflexiva na interpretação das questões socioambientais e autoconhecimento (França; Guimarães, 2014; Marques *et al.*, 2022). Nesse cenário, o ambiente escolar revela-se com um território propício à construção de metodologias interdisciplinares ativas que sustentam uma perspectiva crítica da Educação Ambiental (Marques *et al.*, 2022; Speckhahn; Chueiri, 2024).

A adoção de metodologias ativas no contexto educacional não apenas favorece a centralidade do estudante no processo de aprendizagem, mas estimula o desenvolvimento de competências vitais, como autonomia, pensamento crítico e senso de responsabilidade (Speckhahn; Chueiri, 2024). Paralelamente, destaca-se as práticas pedagógicas que utilizam modelos didáticos como ferramentas didático-pedagógicas relevantes, especialmente na prática de Educação Ambiental, favorecendo a visualização, compreensão e manipulação concreta dos temas abordados (Lemos-júnior *et al.*, 2023).

O uso de estratégias lúdicas no ensino de Ciências de modo geral constitui uma ferramenta de cunho pedagógico significativo, capaz de promover o desenvolvimento integral tanto dos estudantes quanto dos professores durante o processo de ensino-aprendizagem, tornando os conteúdos mais acessíveis e envolventes (Santos; Pereira, 2022; Lima *et al.*, 2025). Nesse contexto, as ati-

vidades experimentais, práticas envolvendo o ambiente natural e a inclusão de recursos visuais propiciam experiências concretas que facilitam a assimilação de conceitos teóricos, além de fortalecer os laços com a natureza (Rodrigues; Santos, 2022; Gomes; Costa. 2023; Lima *et al.*, 2025).

Dessa forma, o presente estudo buscou promover a sensibilização de estudantes de educação básica quanto à importância ecológica do zooplâncton marinho, por meio de ações de extensão universitária com enfoque em atividades didático-pedagógicas interativas.



2. MATERIAL E MÉTODOS

A presente investigação utiliza uma metodologia de caráter intervencional, com abordagem mista que contempla tanto aspectos quantitativos. A análise dos dados obtidos envolveu o uso de ferramentas numéricas e interpretativas, empregando observação direta.

O projeto foi desenvolvido no âmbito da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), tanto na realização de mostras acadêmicas quanto em exposições e palestras em locais informais. A metodologia adotada foi estruturada em três etapas principais: aplicação de questionários, coleta de organismos zooplânctônicos, confecção de material didático e realização de palestras e exposições científicas.

Para a aplicação de questionários inicial, os estudantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), sendo informados sobre os objetivos da pesquisa, metodologia e direitos de uso de dados. Com as autorizações, foi aplicado o questionário estruturado com perguntas fechadas, visando identificar o conhecimento prévio sobre a Biologia do Zooplâncton, possibilitando reflexões sobre o percurso formativo dos alunos e orientação das propostas pedagógicas para o ensino desses organismos.

A coleta de zooplâncton foi realizada em corpos d'água costeiros da região, com uso de redes de plâncton de malha de 120µm. As amostras foram armazenadas em frascos de vidro contendo formol a 4% e posteriormente utilizados para a confecção de lâminas temporárias. Essas lâminas permitiram a visualização dos organismos ao microscópio óptico durante as palestras, aulas práticas e exposições.

Além das lâminas, foram confeccionados modelos didáticos tridimensionais com biscuit, cabos de vassouras, palitos de churrasco e aramos, com representantes de organismos do zooplâncton, a fim de facilitar a compreensão morfológica por parte dos estudantes. As ações de extensão envolveram palestras expositivas, oficinas educativas e mostras científicas, com a participação ativa de estudantes, professores e extensionistas da Universidade.

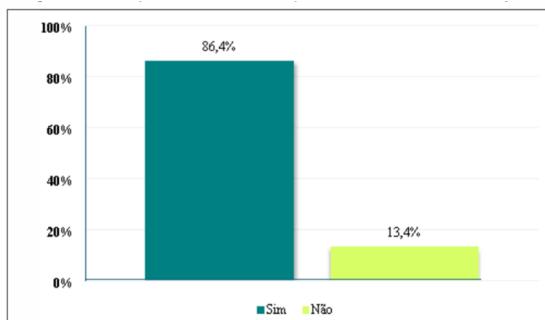
Durante as atividades, foram aplicados questionários a fim de apurar os conhecimentos prévios dos estudantes, que permitiram a coleta de impressões e percepções dos participantes quanto à importância do zooplâncton e a conservação dos ambientes marinhos antes das ações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apurados nos questionários revelaram que apesar dos estudantes saberem da existência e importância do zooplâncton, muitos os confundem com o grupo das microalgas (fitoplâncton), indicando uma lacuna conceitual que é comum nos processos de aprendizagem de temas complexos em ecologia aquática, como pode ser observado nas figuras abaixo. Tal dificuldade está relacionada à similaridade dos ambientes em que esses grupos são encontrados e à necessidade de um ensino que enfatize suas características distintas, como o zooplâncton ser heterotrófico e o fitoplâncton, fotossintetizante.

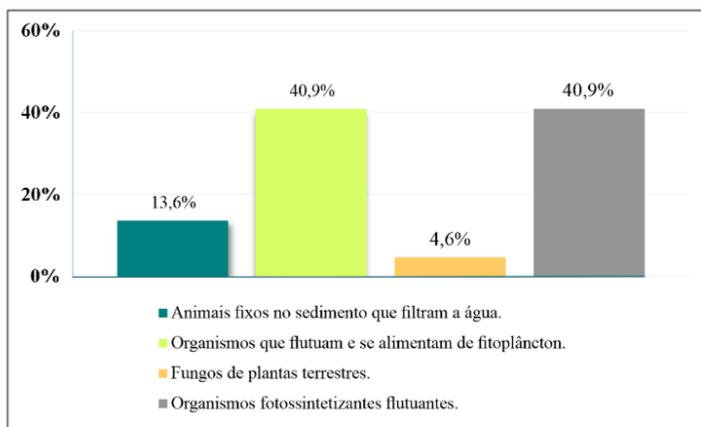
A educação ambiental que envolva ecologia aquática nas escolas é fundamental para formar cidadãos conscientes e responsáveis diante dos desafios ambientais contemporâneos. Ao abordar os ecossistemas aquáticos, como rios, lagos e oceanos e seus componentes - incluindo organismos como o zooplâncton -, a escola promove a compreensão das inter-relações entre os seres vivos e o ambiente, essenciais para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Barreto, 2025).

Figura 1 - Você já ouviu falar de zooplâncton nas aulas de biologia?



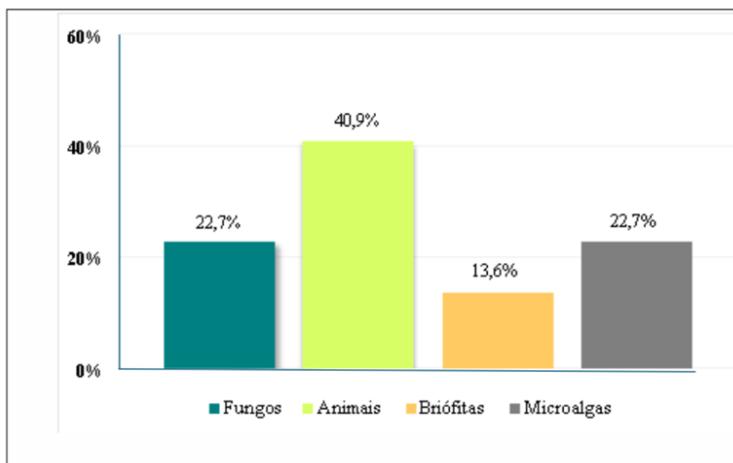
Fonte: Elaboração própria (2025)

Figura 2 - De acordo com seu entendimento, o que é zooplâncton?



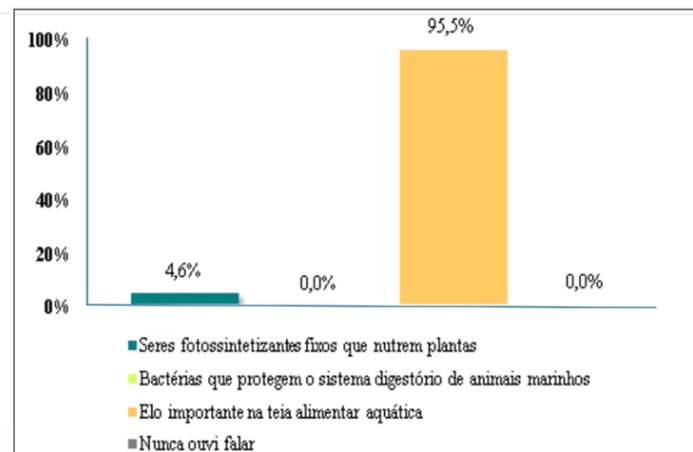
Fonte: Elaboração própria(2025)

Figura 3 - De acordo com seus conhecimentos prévios, o zooplâncton pode pertencer a qual grupo de seres vivos?



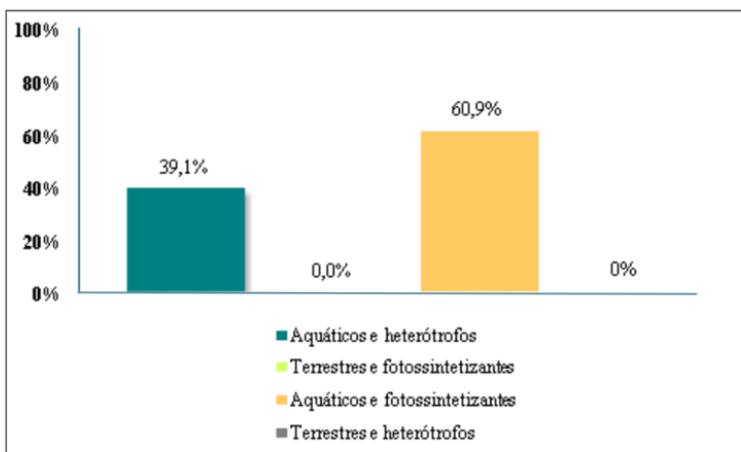
Fonte: Elaboração própria(2025)

Figura 4 - Qual a importância do zooplâncton?



Fonte: Elaboração própria (2025)

Figura 5 - O zooplâncton é um conjunto de organismos...



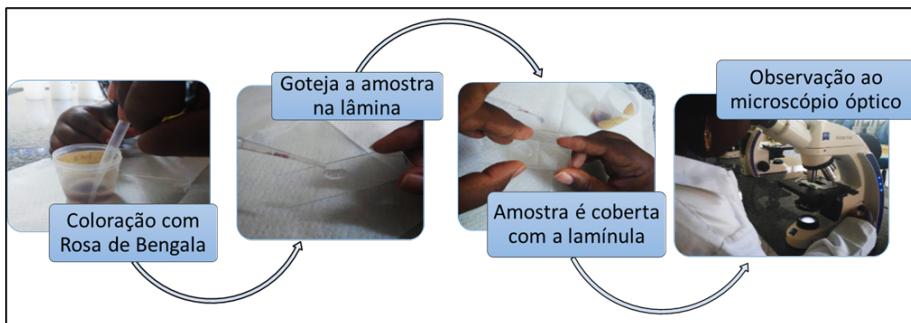
Fonte: Elaboração própria (2025)



A utilização de lâminas temporárias são uma ferramenta importante para divulgar o conhecimento sobre organismos microscópicos de forma acessível a estudantes e à comunidade (Figura 6). Elas permitem a observação direta desses seres, facilitando a compreensão da sua diversidade e papel ecológico. Além disso, por ser uma técnica simples e econômica, o preparo das lâminas pode ser realizado em escolas e eventos ao ar livre, despertando o interesse e a curiosidade sobre o mundo microbiano. Essa prática contribui para a conscientização da preservação dos ecossistemas aquáticos e a qualidade ambiental.

Conforme relatado por iniciativas em educação básica, o preparo e a observação de lâminas temporárias enriquecem o processo de aprendizagem ao proporcionar uma experiência sensorial e investigativa direta, fundamental para a fixação dos conceitos (Pereira et al., 2023). Além disso, a incorporação de técnicas viáveis e econômicas de confecção de lâminas temporárias pode superar barreiras estruturais que limitam o uso de equipamentos sofisticados, ampliando o acesso ao ensino prático nas mais diversas realidades escolares (Conceição; Silva, 2022). Essa ligação entre prática e teoria fomenta uma educação ambiental que sensibiliza para a importância dos microrganismos nos ciclos naturais, fortalecendo o papel da escola e dos espaços de ciência na formação de uma comunidade científica crítica e ambientalmente responsável (Santos et al., 2021).

Figura 6 - Etapas de preparação das lâminas temporárias para a observação de representantes da comunidade de zooplâncton nas amostras coletadas.



Fonte: Elaboração própria (2025)

A confecção e utilização de modelos didáticos surgiu como uma alternativa para levar o conhecimento sobre os organismos aquáticos a ambientes onde não era possível utilizar equipamentos como microscópios e lupas. Esses modelos foram elaborados de forma a permitir que os participantes visualizassem a morfologia dos organismos, compreendendo suas estruturas e as funções específicas de cada parte.

No contexto da ecologia aquática, atividades práticas com modelos didáticos permitem que os alunos estabeleçam conexões concretas entre teoria e realidade ambiental, potencializando a curiosidade e a reflexão crítica (Figueira *et al.*, 2024). A percepção ampliada do papel crucial dos ecossistemas aquáticos para a sustentabilidade global reforça a relevância de incluir tais metodologias no currículo escolar, incentivando atitudes de preservação no cotidiano dos estudantes (Carvalho *et al.*, 2021).

Além disso, os materiais utilizados – como cabos de vassouras, arames e palitos de churrasco – foram escolhidos por serem recicláveis, integrando uma abordagem educacional sobre a reutilização de materiais. Essa estratégia também possibilitou a inclusão do tema da poluição das águas, destacando a importância da conservação dos ecossistemas aquáticos para a manutenção da vida e o equilíbrio ambiental.

A confecção de modelos didáticos por meio do uso de materiais recicláveis é uma medida pedagógica inovadora que enfrentam barreiras estruturais e, simultaneamente, impactam positivamente na percepção ambiental dos alunos, essas práticas estão alinhadas às diretrizes contemporâneas de educação ambiental e ciências, que recomendam metodologias ativas e inclusivas para promover um aprendizado efetivo e um engajamento crítico em temas socioambientais (Marin; Silva, 2021; Morais, 2023).

A divulgação científica por meio das palestras e exposições, foi possível observar a curiosidade despertada pela visualização direta desses organismos por meio de lâminas e modelos. As perguntas levantadas pelos estudantes demonstraram o interesse gerado e a construção de um novo olhar sobre o ambiente marinho. Estudos recentes destacam que o ensino de Ciências Ambientais e Biologia ganha substancialmente em eficácia quando aborda o uso de recursos visuais e práticos, como lâminas microscópicas e modelos didáticos tridimensionais que facilitam a visualização direta e instigam a curiosidade dos estudantes (Gianotto; Araujo, 2012).

A inserção de recursos visuais, como microscopia e modelos didáticos, contribui significativamente para o processo de ensino-aprendizagem, permitindo a associação entre teoria e prática (Fi-

gura 7). Essa abordagem está alinhada com propostas pedagógicas baseadas na aprendizagem significativa, nas quais os conteúdos ganham relevância ao se relacionarem com a realidade dos alunos.

Figura 7. A e B – Exposição no Clean Up Day realizado na praia do Caolho, São Luís-MA; C e D – Mostras científicas realizadas no Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha(LBVM/UEMA); E F – Recepção de calouros do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão.



Fonte: Elaboração própria (2025)

O contato direto com o material biológico despertou o senso de responsabilidade ambiental, culminando em sugestões dos próprios estudantes sobre formas de preservar a vida marinha e os ambientes aquáticos. A valorização do zooplâncton como elo vital da cadeia alimentar permitiu discussões sobre temas como poluição, pesca predatória e mudanças climáticas.

A experiência evidenciou que a extensão universitária, ao promover a interdisciplinaridade e o diálogo com a sociedade, cumpre um papel essencial na democratização do conhecimento científico. Os resultados apontam para a efetividade da metodologia adotada, reforçando a importância do uso de ferramentas didáticas na popularização da ciência, conforme discutido por autores como Esteves (2011) e Santos *et al.* (2018), que defendem a inserção de práticas pedagógicas contextualizadas no ensino de ciências.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de ferramentas didático-pedagógicas associadas à educação ambiental mostrou-se eficaz na promoção do conhecimento científico acerca do zooplâncton entre alunos da educação básica.

A utilização de lâminas temporárias e modelos tridimensionais favoreceu a visualização e a compreensão desses organismos, tradicionalmente negligenciados no ensino formal. Aliado a isso, as atividades extensionistas contribuíram para despertar o interesse dos estudantes pela ciência, estimulando a reflexão crítica sobre a conservação marinha e fortaleceram os vínculos entre os universitários e comunidade escolar.

O papel da divulgação científica por meio de palestras, mostras e exposições auxilia no processo de educação ambiental e o torna eficaz para que os estudantes e a comunidade em geral possam ter conhecimento da importância ecológica e econômica da comunidade de zooplâncton e trabalhar para a preservação destes organismos nos ecossistemas aquáticos.

Por meio deste trabalho, foi visível a transformação na percepção dos estudantes, que passaram a reconhecer a importância do zooplâncton para o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos. Tendo a experiência como reforço no papel da extensão universitária como instrumento de diálogo, inclusão e formação cidadã, apontando para a necessidade de continuidade e ampliação de ações semelhantes, que aliam o saber científico ao compromisso social.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), ao Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM) e a todos os estudantes que visitaram as ações e mostras científicas. Agradecimentos especiais aos extensionistas e biólogos envolvidos que contribuíram ativamente na execução das atividades.

REFERÊNCIAS

BARRETO, Edna Aparecida Firmiano. **Educação ambiental crítica na educação básica: um olhar para os recursos hídricos no município de Campo Mourão, Paraná.** 2025. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CARVALHO, A. B. et al. Uso de recursos visuais no ensino de ecologia aquática: um estudo com estudantes do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Educação Científica**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 123-138, 2021.

CONCEIÇÃO, D. F.; SILVA, L. R. Oficina de confecção de lâminas temporárias: recurso acessível para o ensino de biologia. **Cadernos de Ensino de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 161-174, 2022.

CUBRA, A. M. Educação Ambiental nas Escolas. **Revista ECCOM**, v. 1, n. 2, jul./dez. 2010

Dos Santos, N.G., Chiarelli, L.J., Morari, P.H.R. et al. How land use affects freshwater zooplankton communities: a global overview. **Hydrobiologia**. 852, 2555-2580 (2025).

DURÁN, Carolina Leite Guimarães. **Esclarecendo os papéis relativos de estressores antropogênicos na configuração da diversidade taxonômica e funcional do zooplâncton: uma abordagem experimental.** 89 f. Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)—Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, Maringá, PR, 2024.

FIGUEIRA, M. M. et al. Estratégias lúdicas no ensino de biodiversidade aquática: avaliação do impacto na percepção dos estudantes. **Educação em Ciências**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 45-60, 2024.

FRANÇA, P. A. R. de; GUIMARÃES, M. da G. V. A educação ambiental nas Escolas Municipais de Manaus (AM): um estudo de caso a partir da percepção dos discentes. **Revista Monografias Ambientais**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 3128-3138, 2014. DOI: 10.5902/2236130812020.

GIANOTTO, D. E. P.; ARAUJO, M. A. L. (2012). **Recursos didáticos alternativos e sua utilização no ensino de Ciências**. In: GIANOTTO, Dulcinéia Ester Pagani 7342 (Org.) Formação docente e instrumentalização para o ensino de ciências. Formação de professores em Ciências Biológicas – EAD. Maringá: EDUEM.

GOMES, P. R.; COSTA, S. T. O potencial dos recursos audiovisuais e multimídia no ensino de astronomia e na motivação de estudantes do ensino fundamental. **Revista Educação e Novas Tecnologias**, v. 16, n. 1, p. 77-92, 2023.

GOMES, R. F.; SILVA, T. M.; MARTINS, L. R. Materiais recicláveis como recurso pedagógico na educação ambiental: uma análise crítica. **Cadernos de Educação Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 75-89, 2022.

LEMOS JÚNIOR, C. B., REIS, M. J.; OLIVEIRA, J. M. de. A utilização de modelos tridimensionais como instrumento de aprendizagem em educação ambiental. **Revista ELO - Diálogos Em Extensão**, v. 12, p. 1-8, 2023. <https://doi.org/10.21284/elo.v12i.16578>

LIMA, A. D. F.; CARDOSO, N. A.; OLIVEIRA, V. R. de; MARQUES, R. C. P.; OLÍMPIO, E. W. D.; LEANDRO, J. R. da S.; MENDES, F. S. L.; DE LIMA, M. G. P. de; MOURA, T. S. S. Ciência divertida em ação: Experimentos inclusivos para exploradores do ensino fundamental. **Revista ARACÊ**, [S. l.], v. 7, pág. 39080-39094, 2025. DOI: 10.56238/arev7n7-223 .

MARIN, D.; SILVA, F. **Metodologias ativas no ensino de ciências: modelos 3D para ecologia em ambientes escolares**. Anais do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2021.

MARQUES, W. R. A.; RIOS, D. L.; ALVES, K. dos S. A PERCEPÇÃO AMBIENTAL NA APLICAÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ESCOLAS. **Revbea**, São Paulo, V. 17, No 2: 527-545, 2022.

MORAIS, A. C. **O uso de modelos tridimensionais no ensino de ecossistemas aquáticos: impactos no engajamento e aprendizagem**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2023.

PEREIRA, M. A. et al. Ensino de microbiologia na educação básica: desafios e estratégias práticas. **Revista Brasileira de Educação Científica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 45-58, 2023.

RODRIGUES, M. F.; SANTOS, A. G. A experimentação no ensino de ciências: uma ponte entre o abstrato e o concreto para a aprendizagem significativa. **Revista Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 78-90, 2022.

ROSAS, Rayane Serra, Azevedo-Cutrim, A. C. G., Cutrim, M. V. J., da Cruz, Q. S., Souza, D. S. C., dos Santos Sá, A. K. D., ... & Santos, T. P. Spatial heterogeneity of zooplankton community in an eutrophicated tropical estuary. **Aquatic Sciences**, v. 86, n. 4, p. 102, 2024.

ROSAS, Rayane Serra, OLIVEIRA, Ana Virginia Gomes de, AZEVEDO-CUTRIM, Andrea Christina Gomes de, SOUZA, Danielle Stephane Campos, PEREIRA, Karolina Cristine Sousa, CUTRIM, Marco Valério Jansen Cutrim, CASTRO, Rayanne dos Santos.

Composição e distribuição do plâncton no estuário de rio Anil, São Luís – MA. In: JESUS, Wanda Batisita de (org.). Monitoramento ambiental: metodologias e estudos de casos. 3^a Ed. São Luís: i-EDUCAM, 2025, p. 58-72.

SANTOS, F. T.; ALMEIDA, P. S.; MENDES, C. R. Metodologias práticas na educação ambiental: o papel dos microrganismos na sensibilização ecológica. **Educação e Pesquisa Ambiental**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 89-103, 2021.

SANTOS, R. L.; PEREIRA, M. J. O lúdico na formação inicial de professores de biologia: contribuições para a prática docente e o engajamento estudantil. **Revista Brasileira de Ensino de Biologia**, v. 15, n. 2, p. 187-201, 2022.

SPECKHAHN, I.; CHUEIRI, D. M. A. EDUCAÇÃO AMBIENTAL ATRAVÉS DE METODOLOGIAS ATIVAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Revista Valore**, [S. I.], v. 9, p. e-9024, 2024.

CAPÍTULO 13 - UM MAR DE POSSIBILIDADES: EXPERIÊNCIAS COM RECURSOS DIDÁTICOS NA FORMAÇÃO DOCENTE EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Yuri Jorge Almeida da Silva¹
Isabel Cristina Vieira Corrêa²
Celiane Gonçalves da Silva³

¹Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES)

²Faculdade EDUFOR

³Secretaria Municipal de Educação de São Luís

RESUMO

Este capítulo relata uma experiência formativa no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão (Uema), por meio do projeto “Recursos didático-pedagógicos para o estudo da Biologia Marinha”, desenvolvido pelo Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/Uema). O objetivo foi desenvolver, aplicar e avaliar modelos didáticos tridimensionais confeccionados com materiais alternativos e de baixo custo, com vistas à facilitação do ensino de conteúdos considerados complexos e à promoção de uma aprendizagem significativa. A metodologia adotada envolveu quatro etapas: levantamento bibliográfico, seleção de materiais sustentáveis, confecção dos modelos e aplicação em contextos formais e não formais de ensino. Os modelos representavam organismos marinhos pouco abordados em ambiente escolar, como poríferos, cnidários e equinodermos, e foram utilizados em exposições e oficinas educativas que alcançaram aproximadamente 600 participantes, entre estudantes, professores e membros da comunidade. Como produto complementar, foi elaborada uma cartilha didática com tutoriais para replicação dos modelos, distribuída gratuitamente, com o intuito de ampliar o alcance da iniciativa. Os resultados evidenciam que a utilização de recursos didáticos acessíveis estimula o interesse dos alunos, facilita a visualização de estruturas biológicas e contribui para o desenvolvimento de práticas peda-

gógicas inovadoras. A participação ativa dos licenciandos em todas as etapas do projeto contribuiu significativamente para a articulação entre teoria e prática, promovendo a formação de professores mais críticos, criativos e preparados para enfrentar os desafios da educação científica. Conclui-se, então, que o uso planejado de recursos didáticos, aliado a metodologias ativas e ao engajamento docente, é fundamental para tornar o ensino de Biologia mais dinâmico, acessível, inclusivo e transformador.

Palavras-chaves: Biologia Marinha; Formação docente; Ensino; Recursos Didáticos.

1 INTRODUÇÃO

Durante a trajetória formativa no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Uema, uma das aprendizagens mais significativas para o futuro educador foi compreender o papel dos recursos didáticos no processo de ensino-aprendizagem. Embora, inicialmente, o termo “tecnologias educacionais” parecesse técnico e distante, aos poucos ele adquiriu um significado concreto por meio das experiências vivenciadas em sala de aula, nas disciplinas pedagógicas e nos estágios supervisionados.

Foi nesse cenário que nasceu o projeto “Recursos didático-pedagógicos para o estudo da Biologia Marinha”, desenvolvido no Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/Uema). Esse projeto representou um divisor de águas em nossa formação docente, pois não se tratava apenas de aprender técnicas de ensino, mas de vivenciar a potência dos recursos didáticos como ferramenta de transformação educativa.

A partir das leituras e das experiências práticas, especialmente as fundamentadas no referencial de Borges (2000), Freitas (2007) e Souza (2007), compreendemos que os recursos didáticos englobam todos os materiais utilizados pelo professor para auxiliar o aprendizado, desde os mais simples até os mais tecnológicos. Contudo, o ponto mais transformador foi entender que, para que tais recursos tenham eficácia, não basta apenas os utilizar: é fundamental saber por quê, como e quando os usar. A escolha e a aplicação adequadas garantem o potencial desse material para estimular a participação ativa dos alunos, incentivando-os a pensar criticamente e a relacionar o conteúdo com a realidade ao seu redor.

Ao analisarmos mais a fundo, percebemos também que o uso de recursos em sala não é algo novo. No entanto, as transformações sociais e pedagógicas ao longo da história trouxeram novos significados para essa prática. Nos séculos XVI e XVII, por exemplo, quando a criança era vista como um “pequeno adulto”, os materiais didáticos tinham função meramente expositiva. Foi com a emergência de novos pensadores, como Comenius (2011) e Rousseau (2022), que surgiu a concepção de uma educação mais dinâmica, centrada no aluno. Para o futuro professor, conhecer esse percurso histórico é fundamental para compreender a importância de tornar a aula mais interativa, criativa e significativa.

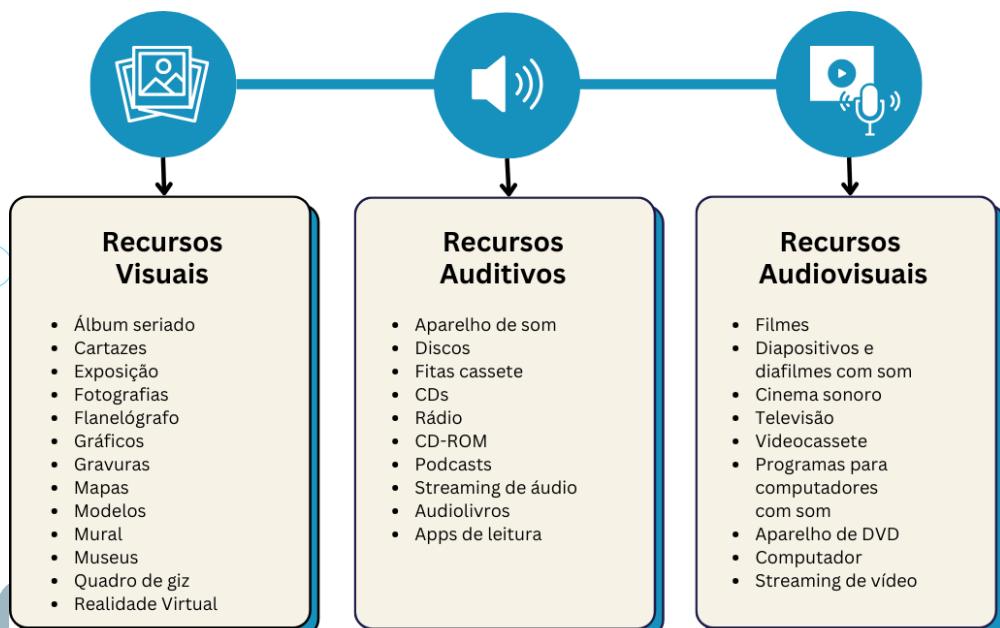


Existe uma ampla variedade de recursos didáticos que podem ser utilizados em sala de aula para contribuir com o processo de ensino-aprendizagem. Um exemplo clássico, normalmente presente nos anos iniciais da educação básica, é o uso de materiais simples, como grãos de feijão ou palitos, tradicionalmente empregados por professoras, carinhosamente chamados de “tias”, para introduzir conceitos matemáticos. Além desses, também são comuns gravuras, cartazes e, mais recentemente, equipamentos sofisticados, como projetores multimídia.



Essas Tecnologias Educacionais são organizadas em categorias que auxiliam o professor na escolha do recurso mais adequado para cada situação de ensino. A classificação dos recursos didáticos considera o tipo de estímulo sensorial que são proporcionados aos estudantes, dividindo-os em: visuais, auditivos e audiovisuais, como podemos observar na figura 1 a seguir.

Figura 1 - Classificação dos recursos audiovisuais



Fonte: adaptado de Freitas (2007, p. 22).



Os modelos didáticos, por sua vez, constituem recursos visuais de grande importância para o processo educativo. Segundo diversos autores, eles podem ser definidos como representações simplificadas ou tridimensionais de seres vivos, objetos ou conceitos. Funcionam como sistemas figurativos que traduzem a realidade de maneira esquemática e concreta, facilitando a compreensão dos conteúdos por parte dos alunos.

Ao materializar ideias, imagens ou estruturas abstratas, os modelos tornam os conceitos mais acessíveis e assimiláveis. Eles podem variar em tamanho em relação ao objeto original, sendo fiéis, ampliados ou reduzidos, e apresentam diversas formas: seccionados, desmontáveis, sólidos, animados ou simulados. Alguns modelos também podem envolver múltiplos sentidos, como olfato, tato evisão (Leite *et al.*, 2003).

Esses recursos auxiliam na representação de sistemas e fenômenos complexos por meio de estruturas explicativas que dialogam com a realidade. Dessa forma, estimulam a curiosidade e o pensamento crítico, favorecem debates e tornam as aulas mais dinâmicas e interativas (Justina; Ferla, 2006).

Sant'Anna e Sant'Anna (2004) apontam que, em contextos onde o ambiente escolar é desafiador ou desmotivador, o uso de recursos, como os modelos didáticos, pode transformar a sala de aula em um espaço mais atrativo e colaborativo. Pois, eles promovem a interação entre alunos e professores, podendo ser utilizados como ponto de partida para investigações, testes e atividades criativas.



Embora haja investimentos em infraestrutura educacional, a criatividade de educadores e estudantes continua sendo um dos fatores mais decisivos para a aprendizagem, especialmente em disciplinas que envolvem conceitos abstratos, como Ciências. Muitas escolas enfrentam limitações técnicas e de recursos, o que reforça a importância de estratégias alternativas.

Além da educação formal, esses materiais também podem ser aplicados em ações comunitárias que abordam temas de interesse social. Em projetos ambientais, por exemplo, a confecção de modelos de espécies locais pode promover o conhecimento da biodiversidade e incentivar sua preservação.

Diante disso, nosso objetivo é apresentar as experiências vivenciadas durante a formação docente, com ênfase na utilização de recursos didáticos voltados ao ensino de Biologia Marinha. O foco recai sobre a aplicação prática desses recursos em ambientes formais e não-formais de ensino, analisando como eles contribuem para a aprendizagem de conteúdos frequentemente considerados complexos ou abstratos.

2 METODOLOGIA

O projeto desenvolvido e realizado no Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/Uema) seguiu um método estruturado em quatro etapas principais, sendo elas: (1) levantamento bibliográfico; (2) seleção de materiais; (3) confecção dos modelos didáticos; e (4) aplicação prática.

A primeira etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica em livros, artigos científicos e trabalhos acadêmicos. Essa investigação teve como objetivos identificar conteúdos e temas passíveis de serem trabalhados por meio de modelos didáticos, além de reunir exemplos de experiências semelhantes já desenvolvidas por outros autores. Buscou-se, ainda, compreender a aplicabilidade pedagógica desses recursos no ensino de conteúdos considerados complexos, contribuindo, assim, para fundamentar teoricamente a proposta do trabalho e orientar as etapas subsequentes.

Na segunda etapa, procedeu-se à seleção dos materiais a serem utilizados na confecção dos modelos didáticos. Para essa escolha, foram considerados critérios como baixo custo, fácil acesso, possibilidade de reutilização ou reciclagem, boa resistência, durabilidade e segurança no manuseio e montagem. Optou-se por materiais simples e sustentáveis, frequentemente descartados, mas de fácil obtenção, como jornal, papelão, toucas de TNT, balões e palitos de petisco. Esses itens mostraram-se viáveis tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, além de adequados às necessidades pedagógicas do projeto.

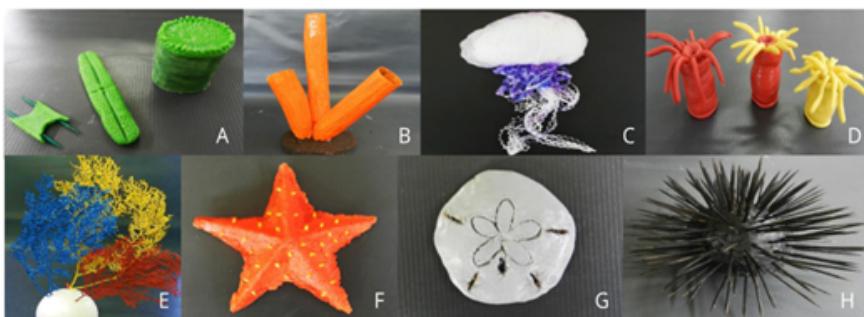
A terceira etapa, por sua vez, consistiu na produção dos modelos, utilizando como base referências visuais extraídas de livros didáticos, imagens da internet e observações realizadas ao microscópio óptico. Durante a confecção, foram empregadas cores de forma ilustrativa, com o intuito de destacar estruturas específicas e facilitar a compreensão visual, ainda que não representem fielmente a coloração real dos organismos.

Por fim, como quarta e última etapa, foi realizada a aplicação prática dos modelos didáticos desenvolvidos, com o objetivo de testá-los em situações reais de ensino, avaliar sua eficácia pedagógica e promover uma discussão crítica sobre seus resultados, limitações e possibilidades de aprimoramento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de materiais didáticos, como modelos tridimensionais confeccionados de maneira alternativa (Figura 2), revelou-se uma solução eficaz para tornar as explicações sobre os assuntos mais atrativos. Esses modelos possibilitaram aos estudantes uma análise detalhada de estruturas morfológicas essenciais para a identificação de diversos organismos marinhos. A tridimensionalidade dos recursos contribuiu para despertar o interesse dos alunos pelo conteúdo abordado, ao mesmo tempo em que estimulou a criatividade e promoveu o aprendizado ativo em sala de aula.

Figura 2 – Modelos confeccionados representando os organismos marinhos: (A) microalgas; (B) esponjas; (C) caravela-portuguesa; (D) anêmona; (E) corais; (F) estrela-do-mar; (G) bolacha-da-praia; (H) ouriço-do-mar.



Fonte: Acervo do Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (2016).

Durante o processo de elaboração, priorizou-se a representação de animais marinhos de difícil visualização e pouco conhecidos pelos alunos, especialmente aqueles pertencentes aos filos Porifera, Cnidaria e Echinodermata, grupos geralmente ausentes nos modelos didáticos disponíveis no mercado. A confecção dos modelos foi realizada com materiais acessíveis e de baixo custo, como jornais, balões, toucas de TNT, palitos de petisco e biscuit. Esses materiais demonstraram boa durabilidade e adequação ao manuseio, o que reforça a viabilidade de seu uso em atividades práticas, sem risco de danos físicos às peças.

O dimensionamento dos modelos também foi criteriosamente planejado: optou-se por tamanhos médios, que facilitam o manuseio e permitem a observação de detalhes anatômicos relevantes, sem comprometer a compreensão da estrutura representada.

As exposições realizadas ao longo do projeto tiveram como principal objetivo a popularização do conhecimento científico sobre organismos marinhos, alcançando diferentes públicos em eventos regionais, com a participação de aproximadamente 600 visitantes.

As ações contemplaram professores, estudantes e membros da comunidade em geral. Entre as atividades, destacou-se a visita de alunos do ensino médio ao LBVM/Uema, onde os estudantes puderam interagir com os modelos, fazer perguntas aos monitores e observar organismos reais ao microscópio óptico, com ênfase na visualização de microalgas (Figura 3).

Figura 3 - Exposições com alunos de escolas de localidades próximas à Uema



Fonte: Acervo do Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (2016).

Essas interações mostraram-se valiosas para aproximar ciência e sociedade, atuando como um canal de mediação entre o saber acadêmico e a realidade escolar. A presença dos estudantes em ambientes universitários e científicos contribuiu para o fortalecimento do elo entre teoria e prática, aspecto indispensável na construção do conhecimento (Pizarro, 2007; Schwenck, 2011).

Outra atividade de destaque ocorreu durante o Dia Mundial do Meio Ambiente, quando os modelos foram expostos em espaço aberto ao público, na Área de Proteção Ambiental (APA) do Itapiracó, em São Luís – MA (Figura 4). Crianças, jovens, adultos e idosos participaram das ações, demonstrando grande interesse pelas cores e formas dos modelos expostos.

Figura 4 – Exposição no Dia Mundial do Meio Ambiente, na APA do Itapiracó, São Luís – MA.



Fonte: Acervo do Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (2016).

As estratégias lúdicas utilizadas nas exposições, incluindo jogos, oficinas e demonstrações práticas, tornaram o aprendizado mais acessível e atraente. Além disso, possibilitaram que diferentes faixas etárias tivessem acesso aos conteúdos científicos, contribuindo significativamente para a promoção da educação não formal. Nessas ocasiões, foi possível dialogar com a comunidade sobre temas como a importância ecológica dos organismos marinhos e a necessidade de sua preservação. Os modelos foram expostos em conjunto com exemplares reais, graças à parceria com o projeto “Praias de São Luís”, que disponibilizou sua coleção didática oriunda de coletas sustentáveis, voltadas à formação de acervo permanente.

Como desdobramento das atividades desenvolvidas, foi elaborada uma cartilha didática contendo tutoriais com instruções passo a passo para a confecção dos principais modelos produzidos (Figura 5). Essa cartilha tem como objetivo incentivar a replicação dos modelos por professores e estudantes, promovendo o desenvolvimento de coleções didáticas próprias (Rabelo; Gutjahr; Harada, 2015). Escrito em linguagem acessível, o material contempla públicos de diferentes idades e níveis de escolaridade, ampliando ainda mais seu alcance.

Figura 5 – Cartilha produzida durante o projeto



Fonte: Revista Ciência Hoje das Crianças (2016).

Cada modelo apresentado na cartilha é acompanhado por fotografias ilustrativas do processo de confecção e do produto final, além da lista de materiais necessários. As cartilhas foram distribuídas gratuitamente durante as exposições e oficinas, especialmente entre professores da rede básica de ensino, reconhecendo seu papel central como mediadores do conhecimento. Dessa forma, a cartilha configura-se como uma ferramenta de apoio à prática pedagógica, incentivando a multiplicação de ideias e a adoção de metodologias ativas em sala de aula.

As ações desenvolvidas ao longo do projeto evidenciam a importância do uso de recursos didáticos alternativos e acessíveis na formação de professores de Biologia. Ao participarem da produção, aplicação e mediação do conhecimento científico junto a diferentes públicos, os futuros docentes vivenciam experiências que favorecem o desenvolvimento de competências essenciais para o ensino da Ciência de forma crítica, criativa e contextualizada. A articulação entre teoria e prática, promovida por meio da confecção de modelos, exposições interativas e construção coletiva de materiais pedagógicos, representa uma contribuição concreta para a formação de professores mais comprometidos com a educação científica de qualidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência vivenciada durante o projeto evidenciou, de forma prática, o papel transformador dos recursos didáticos na formação docente em Ciências Biológicas. Ao longo do percurso formativo no curso de Licenciatura da Uema, tornou-se evidente que a construção do saber não se dá apenas por meio da teoria, mas também, e principalmente, por meio de experiências que integram criatividade, reflexão crítica e aplicabilidade pedagógica.

A elaboração e utilização de modelos tridimensionais alternativos mostraram-se estratégias eficazes para tornar conteúdos complexos mais acessíveis e atrativos. A possibilidade de tocar, observar e manipular representações físicas de organismos marinhos proporcionou aos estudantes uma experiência mais concreta e significativa do conhecimento científico. Mais do que simples ilustrações de conteúdos, esses modelos funcionam como instrumentos de mediação entre o saber acadêmico e a realidade dos alunos, promovendo o pensamento crítico e ampliando a curiosidade científica.



As exposições e atividades realizadas em ambientes formais e não formais, como escolas e eventos comunitários, permitiram que a educação científica extrapolasse os muros da universidade e dialogasse com diversos públicos. Essa aproximação com a comunidade contribuiu para democratizar o acesso ao conhecimento, sensibilizar sobre questões ambientais e reforçar o papel social da ciência. É importante destacar que os recursos didáticos, por si só, não garantem o sucesso do processo de ensino-aprendizagem. Eles devem ser compreendidos como ferramentas que auxiliam o professor na mediação do conhecimento, e não como substitutos de sua atuação. A presença e a intencionalidade do educador são fundamentais para que esses recursos cumpram, de fato, sua função pedagógica. Por isso, é indispensável que o professor esteja preparado para selecionar, adaptar e aplicar cada recurso de maneira estratégica, considerando os objetivos da aula, o perfil dos alunos e o contexto educacional.

Diante do exposto, reafirma-se a importância de projetos que incentivem a articulação entre teoria e prática na formação de docentes em Ciências Biológicas. Iniciativas como essa contribuem para o fortalecimento de uma educação científica mais inclusiva, crítica e comprometida com os desafios contemporâneos. Uma formação docente que valoriza a experimentação, a construção coletiva e o uso criativo de recursos didáticos é, sem dúvida, um caminho promissor para o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras e transformadoras.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/Uema), sob a coordenação da professora Dra. Andrea Azevedo, pela valiosa contribuição na formação acadêmica, bem como pelo apoio e orientação nos campos de ensino e de pesquisa. Expressamos também nossa gratidão pela confiança depositada no desenvolvimento deste projeto.



REFERÊNCIAS

BORGES, G. L. A. B. **Formação de professores de biologia, material didático e conhecimento escolar.** 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2000.

COMENIUS, J. A. **Didática magna.** 4. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

ROUSSEAU, J. J. **Emílio, ou da educação.** Edição especial. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2022.

FREITAS, O. **Equipamentos e materiais didáticos.** Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. **A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética – Exemplo de representação de compacção do DNA eucarioto.** Revista Arquivos do Mudi, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

PIZARRO, I. C. Exposições temporárias e itinerantes. In: REUNIÓN DE LA RED DE POPULARIZACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – RED POP – UNESCO, 10., 2007, San José. **Livro de Resumos...** San José, Costa Rica: RED POP – UNESCO, 2007.

RABELO, R. C., GUTJAHR, A. L. N., HARADA, A. Y. Metodologia do processo de elaboração da cartilha educativa “O papel das formigas na natureza”. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2769-2777. 2015.

SANT' ANNA, I. M.; SANT' ANNA, V. M. **Recursos educacionais para o ensino:** Quando e por quê? Petrópolis: Vozes, 2004.

SCHWENCK, B. **Ciência Móvel:** a mediação informacional nas exposições de um museu itinerante. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SOUZA, S. E. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. **Revista Arquivos do Mudi**, Maringá, n. 11, p. 110-114, 2007.

CAPÍTULO 14 - QUANTIFICAÇÃO DO CARBONO AZUL EM PNEUMATÓFOROS DE MANGUEZAIOS DO GOLFÃO MARANHENSE: INFLUÊNCIA SAZONAL E AMBIENTAL

Thiago Ferreira Pinheiro¹

Bruno de Souza Barreto¹

Andrea Christina Gomes de Azevedo-Cutrim²

Danielle Stephane Campos Souza²

Kênia Simone Camargo Figueiredo²

Rick José de Melo Paixão²

Rayane Serra Rosas²

Suellen Pinheiro Ribeiro²

João Pedro de Oliveira do Nascimento²

¹Universidade Federal do Maranhão – UFMA

²Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

RESUMO

Os manguezais são ecossistemas ricos em biodiversidade e importantes reservatórios de carbono azul. Entre suas estruturas, os pneumatóforos se destacam pelo papel no sequestro de carbono e nas interações com o ambiente. Este estudo tem como objetivo quantificar os estoques de carbono azul nos pneumatóforos e analisar suas variações nos manguezais do Golfão Maranhense, verificando como esses estoques são influenciados por propriedades físico-químicas da água, bem como pelas variações sazonais entre os períodos seco e chuvoso. O estudo foi realizado em três manguezais do Golfão Maranhense, localizados nos municípios de São Luís (Praia da Guia – PG, Praia do Amapá na ilha de Tauá-Mirim – PA) e Raposa (Praia do Mangue Seco – PM). As coletas ocorreram em dois períodos sazonais (seca e chuvas), com amostras de pneumatóforos retiradas ao longo de transectos de 100 m, em parcelas de 0,25 m². A biomassa seca foi obtida por secagem em estufa e o teor de carbono foi estimado utilizando o fator de conversão de 0,39. Amostras de água foram coletadas durante a vazante para análise de nutrientes e parâmetros físico-químicos. No laboratório, os pneumatóforos foram higienizados, medidos e pesados para determinação da biomassa e do carbono armazenado. Para análise estatística, utilizou-se PCA para identificar a influência de variáveis ambientais sobre os teores de carbono, e ANOVA aninhada para avaliar o efeito da

sazonalidade. A análise dos pneumatóforos revelou diferenças morfológicas entre os manguezais: em PM, eram mais longos e delgados; em PA, mais espessos e ramificados, com maior cobertura de algas; e em PG, menores e frágeis, sugerindo estresse ambiental. A biomassa total úmida foi de 13,20 kg, com redução de 64,42% após secagem. PA apresentou a maior biomassa na estiagem e os maiores teores de carbono, especialmente no período chuvoso, indicando bom estado de conservação e alto potencial de sequestro de carbono. A PCA evidenciou influência da sazonalidade sobre os parâmetros da água, com variações distintas entre os pontos, mas sem separação clara entre os manguezais.

Palavras-chaves: Biomassa Vegetal; Ecossistemas Costeiros; Estoque de Varbono.

1 INTRODUÇÃO

O manguezal é um ambiente de transição entre o meio terrestre e marinho, em regiões tropicais e subtropicais, ocupando a faixa situada entre as marés alta e baixa, estando sujeito a este regime que o afeta diretamente (Polizio Junior, 2014). São chamados de “berçários” naturais visto que organismos endêmicos e migratórios encontram nesse ecossistema condições favoráveis para o seu desenvolvimento. Fornecem uma alimentação energética as várias espécies que ali habitam devido ao acúmulo de material orgânico que é colonizado por microrganismos de compostores (Nunes e Mendonça, 2013).

O ecossistema manguezal é um dos mais ricos em carbono nos trópicos, com o carbono ciclado nesses ambientes sendo conhecido como carbono azul (Chen *et al.* 2017). Esse sistema, como um todo, se destaca como um exímio estocador e sequestrador de carbono, com dados indicando taxas de 22,8 milhões de toneladas de carbono sequestradas anualmente (Giri *et al.*, 2011). O alto grau de acumulação de sedimentos faz com que até mesmo a biomassa dos solos subterrâneos apresente índices de carbono superiores aos encontrados nos solos de outras florestas (ICMBio, 2018).

Entre as diversas adaptações dessas espécies de mangue, destacam-se os pneumatóforos, raízes especializadas que se projetam verticalmente acima da superfície do solo, permitindo a troca gássica em ambientes anóxicos. Essas estruturas são características das espécies do gênero *Avicennia*, cujas raízes horizontais subterrâneas dão origem aos pneumatóforos. Além de seu papel fundamental na respiração da planta, essas estruturas contribuem para o armazenamento de carbono nos manguezais, integrando a biomassa radicular desses ecossistemas (Naidoo *et al.*, 2011).

Adicionalmente, os pneumatóforos desempenham uma função ecológica essencial ao atuarem como substrato para a colonização de diversos organismos aquáticos. Suas superfícies irregulares e constantemente umedecidas favorecem o estabelecimento de variadas formas de vida, incluindo microalgas e macroalgas, que encontram nessas estruturas um ambiente propício à fixação e ao desenvolvimento. A presença dessas algas contribui diretamente para a produtividade primária do ecossistema, além de estabelecer importantes relações tróficas com outros organismos aquáticos (Madi, 2015).

Nesse cenário, o carbono azul revela um elevado potencial, especialmente considerando que os manguezais podem armazenar até dez vezes mais carbono do que as florestas terrestres. No Brasil, estima-se que esses ecossistemas concentrem aproximadamente 1,9 bilhão de toneladas de CO₂, o que corresponde a um valor estimado entre R\$ 46,11 bilhões e R\$ 1,007 trilhão em créditos de carbono (Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, 2024; De Assis *et al.*, 2025).

Desta maneira, esse trabalho tem como objetivo analisar as variações do carbono azul estocado nos pneumatóforos dos manguezais do Golfão Maranhense, verificando como esses estoques são influenciados por propriedades físico-químicas da água, bem como pelas variações sazonais entre os períodos seco e chuvoso. Para isso, serão quantificados os teores de carbono presentes nas estruturas das raízes e analisadas as possíveis relações com os fatores ambientais locais, buscando compreender como a sazonalidade e os gradientes ambientais regulam a estocagem de carbono azul nesses órgãos vegetativos especializados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

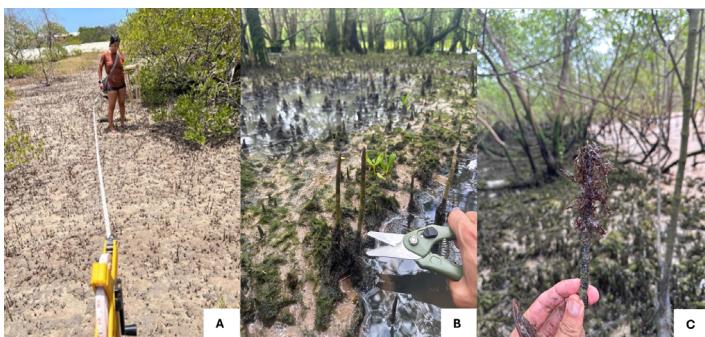
O presente estudo foi conduzido em três manguezais do Golfão Maranhense, sendo dois deles situados no município de São Luís e um no município de Raposa, todos no estado do Maranhão. O manguezal PG localiza-se na Praia da Guia (02°31' 54"S, 44°19' 47"W), o manguezal PA localiza-se Praia do Amapá na ilha de Tauá-Mirim (02°43'14"S e 44°23'30"W) ambos em São Luís. E o último manguezal,

PM, localiza-se na Praia do Mangue Seco ($02^{\circ}27' 17''S$, $44^{\circ}09' 47''W$) e está situado no município da Raposa. Os manguezais foram selecionados com base em suas distintas características geográficas, na considerável distância entre si e, principalmente, nas variações nos níveis de salinidade observadas.

2.2 ETAPA DE CAMPO

Foram realizadas duas campanhas de coleta nos manguezais PM, PG e PA, nos períodos de estiagem (novembro de 2024) e chuvas (fevereiro de 2025). Em cada manguezal, estabeleceu-se um transecto de 100 metros paralelo à linha de costa, com quatro pontos amostrais distribuídos a cada 33 metros (Figura 1). Em cada ponto, os pneumatóforos foram coletados em áreas de $0,25\text{ m}^2$, subdivididas em microparcelas de $0,0625\text{ m}^2$, onde as raízes foram cuidadosamente removidas do solo utilizando tesouras de poda. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, seguindo método adaptado de Cordeiro-Marino (1978), garantindo a integridade dos espécimes para as análises subsequentes.

Figura 1. Metodologia em campo. A – Demarcação dos transectos; B – Coleta dos pneumatóforos; C – Pneumatóforo coletado com macroalga aderida.



Fonte: Autoria Própria (2025)

A estimativa do teor de carbono nos pneumatóforos seguiu a metodologia de Howard *et al.*, (2014), baseada na determinação da biomassa seca em microparcelas. Após a secagem e pesagem das amostras, os valores foram extrapolados para metro quadrado e multiplicados por um fator de conversão de 0,39, obtendo-se assim a quantidade de carbono por área ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$). Amostras subsuperficiais de água foram coletadas *in situ* nos três manguezais durante a vazante, armazenadas em frascos de polipropileno de 500 mL para análise de nutrientes. Paralelamente, parâmetros físico-químicos foram medidos com um multiparâmetro portátil (modelo AKLA13803), e a salinidade foi determinada com refratômetro manual. Todos os procedimentos seguiram protocolos descritos por Grasshoff *et al.*, (1983).

2.3 ETAPA LABORATORIAL

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), onde foram armazenadas em freezer, visando preservar suas características naturais. Os pneumatóforos coletados passaram inicialmente por lavagem com água destilada para remoção dos sedimentos aderidos. Em seguida, foram realizadas medições de comprimento e das circunferências nas regiões da base, do meio e da extremidade, com o propósito de estimar a área dessas estruturas (Figura 2). Após as medições, os pneumatóforos foram acondicionados em recipientes plásticos para dar início ao processo de limpeza e raspagem das macroalgas aderidas. Essa remoção foi feita manualmente, assegurando a higienização completa das estruturas para as análises posteriores.

Figura 2. Tratamento das macroalgas. A – Medição dos pneumatóforos; B – Macroalgas removidas dos pneumatóforos; C – Macroalgas separadas por pontos.



Fonte: Autoria Própria (2025)

Os pneumatóforos foram inicialmente pesados em balança analítica de precisão (Shimadzu, modelo ATY224R) para determinação da massa úmida. Em seguida, foram submetidos à secagem em estufa a 80 °C por aproximadamente cinco dias, até atingirem massa constante. Após esse processo, as amostras foram novamente pesadas para obtenção da massa seca. Com base nesse valor, a biomassa foi quantificada, permitindo estimar o conteúdo de carbono armazenado nos pneumatóforos por meio da aplicação de um fator de conversão de 39% sobre a massa seca, conforme metodologia proposta por Howard *et al.*, (2014).

Os dados de biomassa total dos pneumatóforos (kg), foram calculados com base na média de massa seca multiplicada pelo número total de pneumatóforos, revelando variações expressivas entre



os três manguezais e entre os períodos sazonais. Os nutrientes das amostras de água coletadas, foram determinados por meio do método de Espectrofometria molecular UV-VIS. O método utilizado para a análise de ortofosfato e fósforo, seguiu as diretrizes estabelecidas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2018). Especificamente empregando o Método 4500-P, que define as etapas e procedimentos para a determinação desse parâmetro na água.

2.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

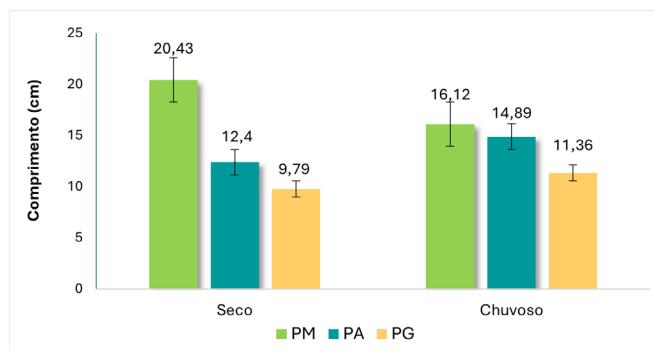
Para avaliar a variabilidade dos estoques de carbono azul nos pneumatóforos, foram utilizadas análises estatísticas multivariadas e univariadas. Modelos lineares relacionaram os teores de carbono aos eixos da Análise de Componentes Principais (PCA), com base nas variáveis físico-químicas da água, visando identificar a influência de fatores ambientais. Já a Análise de Variância Aninhada permitiu verificar os efeitos da sazonalidade, controlando a variação entre os manguezais. Essa abordagem conjunta possibilitou compreender como gradientes ambientais e períodos sazonais influenciam a estocagem de carbono, reforçando o papel dos pneumatóforos como importantes reservatórios em ecossistemas costeiros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise morfológica dos pneumatóforos evidenciou variações estruturais e dimensionais entre os três manguezais estudados. Os pneumatóforos do PM apresentam os maiores comprimentos médio (Figura 3). Além do maior porte, esses pneumatóforos eram visualmente mais limpos, com baixa incidência de macroalgas aderidas e menor espessura, além de apresentarem menor complexidade estrutural, com poucas ramificações visíveis.

Esse ambiente, dentre os estudados, é o mais exposto, com vegetação mais espaçada, com solo relativamente consolidado e maior entrada de luz, além de ser o detentor dos maiores valores de salinidade, o que pode limitar a diversidade de macroalgas associadas as essas raízes (Cunha; Costa, 2002).

Figura 3: Tamanhos médios dos pneumatóforos (cm) dos manguezais por período.



Fonte: Autoria Própria (2025)

Os pneumatóforos de PA, apesar de menores, apresentaram morfologia mais complexa, com maior espessura, ramificações laterais, protuberâncias nas extremidades e densa cobertura de macroalgas, indicando adaptação a solos úmidos e pouco consolidados, em um ambiente mais estável e sombreado, com menor interferência antrópica. Em contraste, em PG, registraram-se os menores valores médios de altura e estrutura mais herbácea e delgada, especialmente na transição, possivelmente devido à compactação do solo e à forte presença de impactos humanos, como resíduos e construções, que limitam seu desenvolvimento.

Os pneumatóforos observados apresentam morfologia predominantemente cilíndrica, com comprimento e espessura variáveis, sendo em sua maioria finos, mas com alguns exemplares mais robustos. Suas superfícies são rugosas, irregulares e comumente recobertas por sedimentos e fragmentos de matéria orgânica. A coloração varia entre marrom escuro e esverdeado, e suas extremidades podem ser rombudas ou afiladas. Também se observa variação no grau de curvatura, com raízes retas ou levemente torcidas. Essas características refletem adaptações morfológicas à sobrevivência em solos lodosos e mal drenados, típicos dos manguezais.

3.1 BIOMASSA E TAXAS DE CARBONO DOS PNEUMATÓFOROS

Amostrando um total de 2.400 pneumatóforos, obteve-se o peso total de 13,20 kg. Após o processo de secagem, observou-se uma taxa média de redução de massa de 64,42%. Durante a estiagem, o manguezal de PA apresentou os maiores valores tanto de massa

úmida quanto de massa seca, conforme a Tabela 1. Por outro lado, PG, que apresenta o local com maior grau de contaminação entre os três manguezais analisados, apresentou os menores valores de massa seca e úmida nos dois períodos avaliados.

Tabela 1. Média dos pesos dos pneumatóforos (kg) nos manguezais durante os períodos.

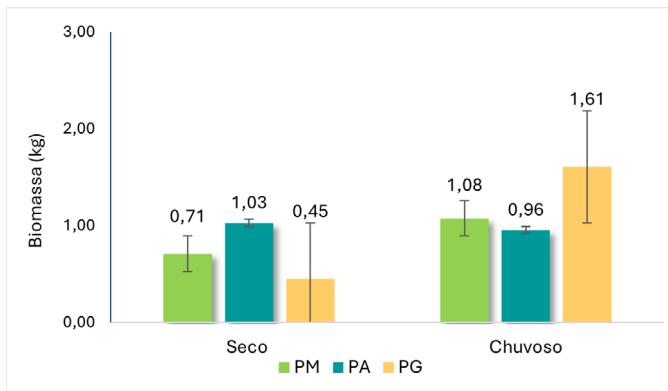
Manguezal	Seco		Chuvoso	
	Massa Úmida	Massa Seca	Massa Úmida	Massa Seca
PM	1,69	0,71	2,46	1,07
PA	3,27	1,02	3,23	0,95
PG	1,32	0,45	1,22	0,39

Fonte: Autoria Própria(2025)

No período chuvoso, observou-se um aumento no peso úmido e seco em PM, sugerindo um estímulo positivo à biomassa em função da maior disponibilidade de água e nutrientes. Em PA, o peso úmido permaneceu elevado, mas a massa seca apresentou leve queda, o que pode estar relacionado a uma maior retenção de umidade nos tecidos ou a alterações na densidade da matéria seca. Já em PG, os valores se mantiveram baixos, demonstrando pouca resposta sazonal e possível comprometimento da capacidade produtiva do ecossistema.

Durante a estiagem, a maior biomassa foi registrada em PA (Figura 4), seguida por PM e PG consecutivamente. Esse padrão sugere que nesse período, as condições ambientais em PA foram mais favoráveis ao desenvolvimento ou acúmulo de biomassa nos pneumatóforos, possivelmente por fatores como maior aporte de nutrientes, menor estresse salino ou diferenças na densidade de indivíduos (Jesus, 2022).

Figura 4: Biomassa total dos pneumatóforos (kg) dos manguezais por estação.

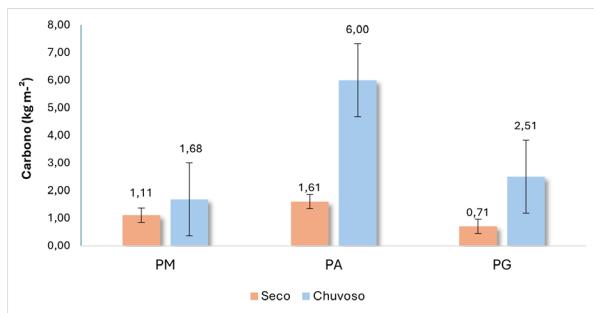


Fonte: Autoria Própria (2025)

Já no período de transição, observa-se uma inversão no padrão, onde PG apresenta o maior valor de biomassa, enquanto PA e PM mostram valores mais próximos entre si. No geral, os dados indicam que a biomassa dos pneumatóforos varia não apenas entre os locais, refletindo características ambientais e ecológicas específicas de cada sítio, mas também entre os períodos, demonstrando uma sensível resposta às condições sazonais (Rodrigues, 2020).

Nos dados analisados, os pneumatóforos do PA apresentam valores de carbono expressivamente superiores aos dos outros manguezais, além de apresentar um aumento de cerca de 273% do período de estiagem para o de transição ao período chuvoso (Figura 5). Dessa forma, o local PA configura-se como uma área com maior potencial para o sequestro de carbono por meio da biomassa de suas raízes respiratórias, possivelmente relacionada ao seu melhor estado de conservação, menor impacto antrópico e maior integridade ecológica.

Figura 5. Taxas de carbono dos pneumatóforos (kg m^{-2}) dos manguezais por estação.

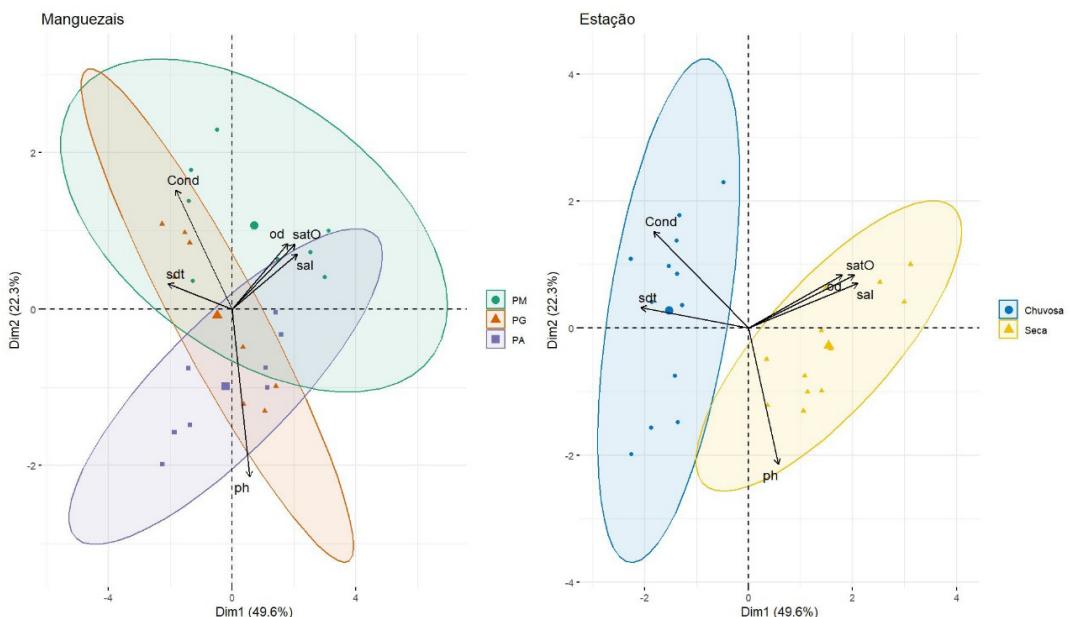


Fonte: Autoria Própria (2025)

Esse salto expressivo em PA reforça a ideia de que ambientes conservados são mais responsivos às variações sazonais e possuem maior capacidade de sequestrar carbono (Andrade, 2023). Já PG, embora tenha apresentado um aumento considerável, partiu de uma base significativamente mais baixa, o que pode estar associado a condições mais degradadas, como maior poluição, compactação do solo e alterações hidrossedimentológicas que comprometem a saúde do sistema radicular.

A Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 6) revelou que os dois primeiros eixos explicam cerca de 72% da variação dos dados, com o eixo 1 associado à maioria das variáveis físico-químicas (exceto pH) e o eixo 2 definido principalmente pelo pH. Observou-se que PM apresenta maior variação geral, PG é influenciado pela condutividade elétrica e, em PA, a salinidade e o oxigênio dissolvido se destacam. As propriedades da água variam com a sazonalidade, sendo melhores na estação seca, com maior oxigenação e menos sólidos dissolvidos, evidenciando a sensibilidade dos ambientes aquáticos à precipitação, embora não se observe um padrão claro de separação entre os locais amostrados.

Figura 6. PCA aplicada aos parâmetros físico-químicos da água (local/estações).



Fonte: Autoria Própria (2025)

4 CONCLUSÃO

O estudo evidenciou que os estoques de carbono azul nos pneumatóforos dos manguezais do Golfão Maranhense variam de acordo com as características ambientais locais e a sazonalidade. O manguezal de PA se destacou com maior biomassa e teor de carbono, especialmente no período de transição, refletindo melhores condições ecológicas e menor impacto antrópico. Em contraste, PG apresentou menor biomassa e acúmulo de carbono, possivelmente devido à degradação ambiental.

As análises estatísticas mostraram que fatores como salinidade, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica influenciam diretamente os estoques de carbono. Também ficou evidente que a qualidade da água se altera entre os períodos seco e chuvoso, afetando o desenvolvimento das raízes. Assim, conclui-se que manguezais mais conservados possuem maior capacidade de sequestro de carbono, reforçando sua importância ecológica e a necessidade de preservação desses ambientes.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores e parceiros que colaboraram com o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. H. **Avaliação do potencial de sequestro e estoque de carbono em diferentes cenários de gerenciamento de uso e ocupação do solo em manguezais na Baixada Santista.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas com habilitação em Gerenciamento Costeiro) – Instituto de Biociências do Campus do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2023.

CHEN, B., XIAO, X., LI, X., PAN, L., DOUGHTY, R., MA, J., DONG, J., QIN, Y., ZHAO, B., WU, Z., SUN, R., LAN, G., XIE, G., CLINTON, N. E GIRI, C. A mangrove forest map of China in 2015: Analysis of time series Landsat 7/8 and Sentinel-1A imagery in Google Earth Engine. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Vol. 131: 104-120. 2017.

CORDEIRO-MARINO, M. Rodofíceas bentônicas marinhas do Estado de Santa Catarina. Secretaria de estado dos negócios da agricultura coordenadoria da pesquisa de recursos naturais. Instituto de Botânica. Arquivos de Botânica do Estado de São Paulo - Série criptogâmica. **Rickia**, 7: 1- 243. 1978.

CUNHA, SIMONE & NASCIMENTO, J. & ZACHARJASIEWICZ, G. & CRESTANI, DANIEL & MAFRA, L. & PAZETO, F. & SANT'ANNA, F. & COSTA, CÉSAR. Distribuição e biomassa de macroalgas em um manguezal da baía da Babitonga, sc: resultados preliminares. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**. 3. 1. 10.14210/bjast. v3n1.p1-15. 2010.

DE ASSIS, CAROLINA. Carbono Azul Nos Manguezais Do Brasil. **Stanford Social Innovation Review Brasil**, São Paulo, v. 3, n. 11, p. 28-37, mar. 2025.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA; PROJETO CAZUL. **Oceano sem Mistérios: Carbono Azul dos Manguezais. Relatório, 2024.**

GIRI, C., OCHIENG, E., TIESZEN, L.L., ZHU, Z., SINGH, A., LOVELAND, T., MASEK, J. E DUKE, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography** Vol. 20: 154– 159. 2011.

GRASSHOFF, K.; KREMLING, K.; EHRDARDTT, M. Methods of seawater analysis. Wiley-VCH. 3. Completely rev. and extended ed. Weinheim; **New York**; Chicester; Brisbane; Singapore; Toronto, 600p, 1999.

ICMBIO. Atlas dos manguezais do Brasil biodiversidade. Brasília: **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**, 2018.

JESUS, ERYKLYS VIDAL MEIRELES DE. **Efeitos da salinidade nos investimentos em carbono e assimetria flutuante em duas espécies de plantas de manguezal**. 2022. 29 f. Trabalho de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2025.

POLÍZIO JUNIOR, VLADIMIR. Novo Código Florestal. 2. ed. São Paulo: **Rideel**, p. 9546. 2014.

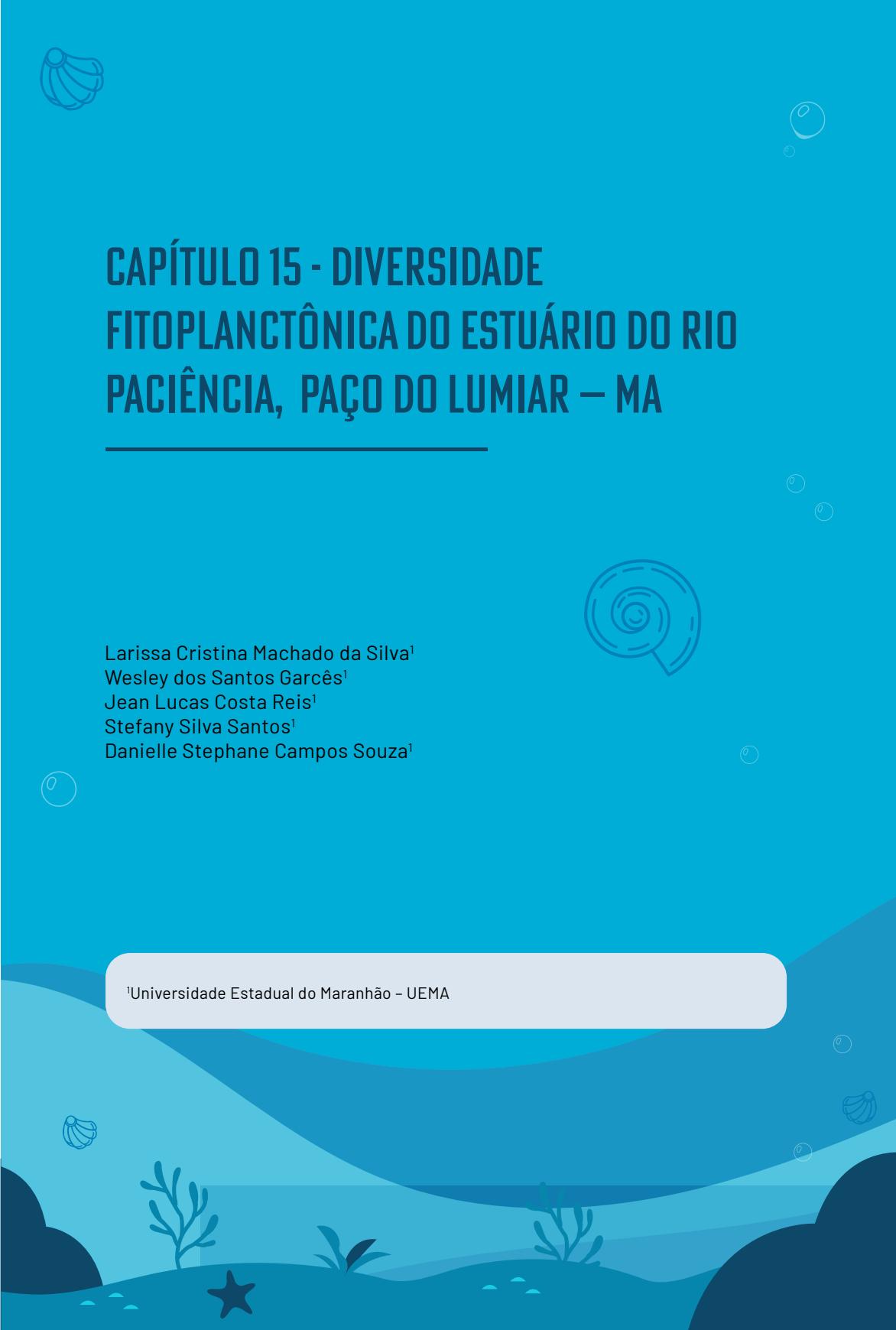
PEIXOTO, ARIANA LUNA; MAIA, LEONOR COSTA. Manual de Procedimentos para herbários. INCT-Herbário virtual para a Flora e os Fungos. **Editora Universitária UFPE**, Recife, 2013.

MADI, A.P. L. M., BOEGER, M.R. T., & Reissmann, C. Composição química do solo e das folhas e eficiência do uso de nutrientes por espécies de manguezal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 19(5), 433-438. 2015.

NAIDOO, G., HIRALAL, O., & NAIDOO, Y. Hypersalinity effects on leaf ultrastructure and physiology in the mangrove *Avicennia marina*. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, 206, 814-820. 2011.

NUNES, J.L.S., MENDONÇA M.A. Biodiversidade marinha da Ilha do Maranhão / (orgs.). - São Luís: **EDUFMA**, 2013.

RODRIGUES, VANESSA NEGRÃO. **Respostas ecofisiológicas de mudas de manguezal a um gradiente de salinidade e desenvolvimento de sensor de baixo custo para mensuração de salinidade do solo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Botânica Tropical) - Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2020.



CAPÍTULO 15 - DIVERSIDADE FITOPLANCTÔNICA DO ESTUÁRIO DO RIO PACIÊNCIA, PAÇO DO LUMIAR – MA

Larissa Cristina Machado da Silva¹
Wesley dos Santos Garcês¹
Jean Lucas Costa Reis¹
Stefany Silva Santos¹
Danielle Stephane Campos Souza¹

¹Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

RESUMO

Este estudo analisou a diversidade e dinâmica do fitoplâncton no estuário do rio Paciência, localizado em Paço do Lumiar, Maranhão, como parte de uma abordagem para compreender a qualidade ambiental em ecossistemas estuarinos. Este trabalho objetivou avaliar a diversidade fitoplânctônica do estuário do rio Paciência, em Paço do Lumiar – MA. A pesquisa incluiu quatro campanhas de coleta durante os períodos de estiagem e chuvoso em três pontos amostrais distintos, com o uso de redes de plâncton e coleta direta de água para análise qualitativa, quantitativa e espectrofotométrica da clorofila-a. Foram identificadas 104 espécies de fitoplâncton distribuídas em seis classes, com predominância do filo Bacillariophyta (diatomáceas) ao longo das campanhas. Durante a estiagem, 61 espécies foram registradas, e no período chuvoso, 89 microalgas, com destaque para o surgimento das criptófitas, associadas a maior disponibilidade de nutrientes. A clorofila-a apresentou variações compatíveis com as alterações sazonais, oscilando entre estiagem e chuvoso, reforçando sua utilidade como indicador de biomassa e possíveis processos de eutrofização. Os resultados confirmam a variação do fitoplâncton aos períodos sazonais e evidenciam a importância do monitoramento contínuo desses organismos para a gestão e conservação de ecossistemas costeiros impactados por fatores naturais e antrópicos.

Palavras-chaves: Ecossistemas costeiros; Diatomáceas; Sazonalidade.

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas estuarinos são sistemas aquáticos costeiros que estabelecem uma conexão entre águas continentais e oceânicas, onde atuam como zonas de transição, configurando uma combinação de água doce e salgada (salobra) (Pachêco *et al.*, 2024). Essa interface ecológica promove condições ambientais únicas favorecendo uma elevada biodiversidade e alta produtividade biológica. Além disso, os estuários exercem um papel crucial na manutenção das teias tróficas, na abundância de recursos, no desenvolvimento e interação de espécies estuarinas e desempenham um papel econômico significativo para as comunidades ribeirinhas que dependem dessas áreas (Corrêa, 2024).

Entre os organismos fundamentais nesses ambientes, destaca-se as microalgas. Elas fazem parte do grupo do fitoplâncton, organismos microscópicos que realizam fotossíntese e constituem a base das cadeias tróficas aquáticas (Chin *et al.*, 2022). Além disso são responsáveis por uma parte representativa da produção primária dos estuários, as microalgas contribuem para o equilíbrio dos ambientes aquáticos, influenciando diretamente na qualidade hídrica e nos ciclos biogeoquímicos locais (Santos, 2023). Os organismos fitoplanctônicos são reconhecidos como bioindicadores sensíveis às alterações ambientais, refletindo diretamente a qualidade e a integridade dos ecossistemas aquáticos (Martins, 2022).

Nesse contexto, este trabalho buscou avaliar a diversidade fitoplanctônica do estuário do rio Paciência, em Paço do Lumiar, Maranhão, com o intuito de compreender a dinâmica fitoplanctônica nos



diferentes períodos sazonais e pontos amostrais, sendo realizada a análise qualitativa da comunidade fitoplanctônica, com identificação dos grupos taxonômicos em nível genérico e específico, além da avaliação dos teores de clorofila-a.

2 MATERIAL E MÉTODOS

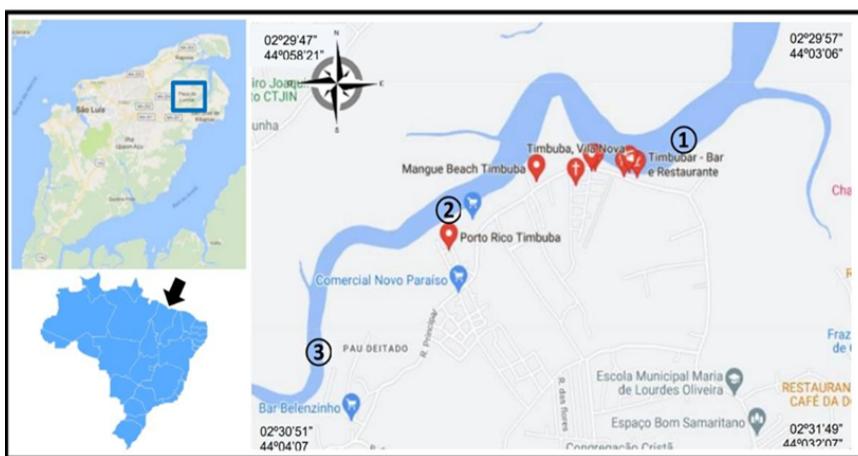
2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estuário do rio Paciência situa-se na porção oriental da Ilha de São Luís, no estado do Maranhão, abrangendo uma área aproximada de 5 km². Seu perímetro estende-se por cerca de 58 km, com comprimento linear de 11 km, de acordo com a descrição de (Santos *et al.*, 2023). Trata-se de um ambiente estuarino sujeito à influência de macromarés semi-diurnas, com intervalos médios de 6 horas e amplitude média de 4,6 metros, podendo atingir até 7,2 metros durante marés de sizígia (Pachêco, 2024).

As coletas de material biológico foram realizadas em quatro campanhas durante a maré vazante, sendo duas no período de estiagem (PE) e duas no período chuvoso (PC), nos locais denominados Porto do Timbuba (P1) (S 02°31'5.9484" W 44°04' 09"), Porto Rico (P2) (S 02°31'16" W 44°04'46") e Pau Deitado (P3) (S 02°31'45" W 44°05' 08"), cujas coordenadas geográficas estão representadas na Figura 1.



Figura 1: Localização do estuário do rio Paciência, sudeste da ilha de São Luís, Paço do Lumiar - MA.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2024.

2.2 COLETA E IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAL BIOLÓGICO

A análise qualitativa do fitoplâncton foi conduzida por meio de coletas realizadas na subsuperfície da coluna d'água, utilizando redes de plâncton do tipo cônico-cilíndricas, com malha de 45 µm e comprimento de 100 cm. Os arrastos tiveram duração de 10 minutos e foram realizados durante marés de sizígia, na vazante, visando garantir maior representatividade das comunidades planctônicas (Figura 2). O material coletado foi acondicionado em frascos com volume de 200 mL, fixado com solução de formalina a 4% para preservação celular e devidamente rotulado com as informações da coleta. Posteriormente foram transportadas ao Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/UEMA), onde foram submetidas a análise qualitativa seguindo protocolos padronizados para identificação do fitoplâncton.

Figura 2: Rede cônico-cilíndrica utilizada para a coleta do fitoplâncton.



Fonte: Autoria Própria, 2023.

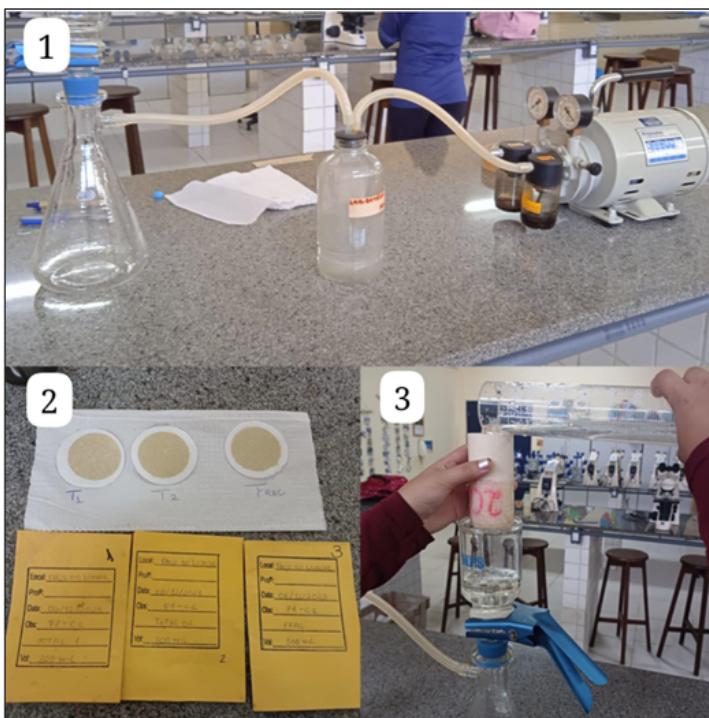


2.3 AFERIÇÃO DA CLOROFILA A

Para a quantificação de clorofila-a, a metodologia empregada envolveu a coleta de 1 litro de água que foi subsequentemente filtrado utilizando uma bomba de sucção a vácuo. Após a coleta, a amostra foi imediatamente filtrada, em laboratório (Figura 3). Para isso, empregou-se um sistema de filtração de Millipore e filtros de fibra de vidro Whatman GF/C, que possuem porosidade de $0,48 \mu\text{m}$ e diâmetro de 47 mm.

O processamento das amostras ocorreu em duas etapas distintas: a água coletada foi primeiramente filtrada para a obtenção da clorofila total e em seguida, a amostra não filtrada passou por um procedimento adicional, utilizando um copo com tela de 20 µm. Este estágio teve como objetivo principal a separação das diferentes frações da comunidade do fitoplâncton. Microrganismos com tamanho superior a 20 µm foram classificados como microfitoplâncton, enquanto aqueles com tamanho inferior a 20 µm foram designados como nanofitoplâncton.

Figura 3. Bomba de sucção a vácuo (1), Filtros com amostras filtradas de réplicas totais e fracionadas (2) e extração dos pigmentos clorofílicos (3).



Fonte: Autoria Própria, 2023.

Imediatamente após a extração e filtração da clorofila, as amostras foram dispostas sobre papel absorvente para secagem. Posteriormente, foram cuidadosamente envolvidas em papel alumínio e acondicionadas em envelopes de papel pardo, devidamente identificados. Para garantir a preservação e proteção contra a luz, as amostras foram armazenadas em um freezer a uma temperatura média de -18°C até o momento da análise e a concentração da clorofila-a foi calculada posteriormente. A extração dos pigmentos clorofílianios foi conduzida por espectrofotometria, conforme o método descrito pela UNESCO em 1966 e detalhado por Parsons e Strickland (1963).

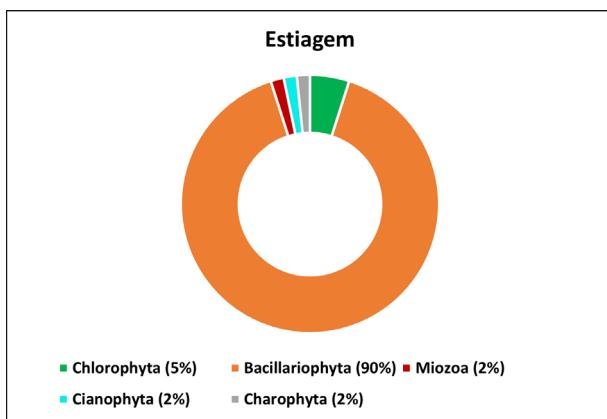
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FATORES BIÓTICOS

3.1.1 Composição fitoplancônica

A partir da análise das amostras de rede, foi identificada uma diversidade de 104 táxons compondo a comunidade fitoplancônica do estuário do rio Paciência, distribuída em seis classes: Bacillariophyta, Cianophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cryptophyta e Miozoa. Durante o período de estiagem foram identificadas 61 espécies integrantes da comunidade fitoplancônica. Observa-se que, nesse intervalo sazonal, há uma expressiva predominância das diatomáceas (Bacillariophyta), representando 90% do total de espécies registradas (Figura 4).

Figura 4. Distribuição percentual dos táxons identificados na estiagem, Paço do Lumiar - MA.

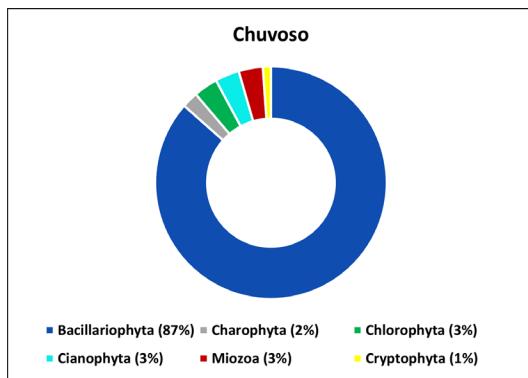


Fonte: autoria própria, 2024.

Conforme Cavalcanti *et al.* (2018), a dominância da divisão Bacillariophyta em ecossistemas costeiros está relacionada à sua capacidade de adaptação a ambientes eurais e à sua afinidade por áreas com alta concentração de nutrientes, como os ecossistemas estuarinos. Essa predominância se contrapõe à menor representatividade de outras divisões, como Cianophyta, Charophyta e Chlorophyta, nesses mesmos ambientes.

No período chuvoso, foram identificadas 89 espécies de fitoplâncton, com as diatomáceas mantendo-se como o grupo dominante, representando 87% dos táxons registrados. No entanto, observa-se o surgimento de um novo grupo, as criptófitas (Cryptophyta), conforme ilustrado na Figura 5. As criptófitas exercem um papel essencial na alimentação de produtores secundários em ecossistemas marinhos e de água doce, destacando-se pelas elevadas concentrações e pela qualidade dos perfis de ácidos graxos, esteróis e aminoácidos que apresentam (Peltomaa *et al.*, 2018).

Figura 5. Distribuição percentual dos táxons identificados no chuvoso, Paço do Lumiar - MA.



Fonte: autoria própria, 2024.

Durante a análise comparativa entre os períodos de estiagem e chuvoso foram identificadas 53 espécies de fitoplâncton presentes em ambos os períodos. Essas espécies evidenciam uma maior tolerância às variações sazonais, podendo ser consideradas potenciais indicadoras de estabilidade ecológica no ambiente analisado.

Figura 6. Algas identificados e comumente encontradas no estuário do rio Paciência, Paço do Lumiar - MA.

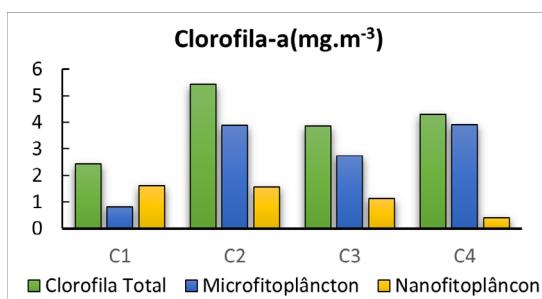


Fonte: autoria própria, 2025.

5. CLOROFILA A

A concentração de clorofila-a apresentou uma variação total de $2,43 \text{ mg.m}^{-3}$ durante a campanha um (C1). Na campanha dois (C2), essa variação totalizou $5,43 \text{ mg.m}^{-3}$. Já na campanha três (C3), foi registrada uma variação de $3,85 \text{ mg.m}^{-3}$. Por fim, na campanha quatro (C4), observou-se uma variação total de $4,31 \text{ mg.m}^{-3}$, conforme observado na figura 7.

Figura 7. Variação sazonal e espacial da clorofila-a no Estuário do Rio Paciência, Paço do Lumiar - MA.



Fonte: autoria própria, 2024.

1. A quantificação da biomassa fitoplancônica por meio da clorofila-a é amplamente reconhecida como um dos métodos mais eficazes e precisos para a avaliação da comunidade fitoplancônica (Santos-Fernandes *et al.*, 1998). De acordo com Esteves (1998), a clorofila-a é o pigmento de maior importância ecológica, correspondendo, em média, a cerca de 1% a 2% do peso seco do material orgânico das algas planctônicas.

A clorofila-a é utilizada como um indicador eficiente da qualidade da água, uma vez que níveis elevados desse pigmento podem estar associados à eutrofização, causada pelo excesso de nutrientes provenientes de atividades antrópicas, como o despejo de esgoto doméstico e o uso intensivo de fertilizantes agrícolas (Amorim et al., 2010). A análise de sua concentração ao longo do tempo também possibilita o acompanhamento das variações sazonais na composição e abundância do fitoplâncton, sendo útil na detecção de impactos ambientais, como alterações climáticas, poluição ou intervenções antrópicas (Santos-Fernandes et al., 1998)



REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, L. F. et al. Dinâmica espaço-temporal do fitoplâncton em um estuário tropical do nordeste brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 2, p. 129-143, 2018.

CHIN, T.; BEECRAFT, L.; WETZ, M. S. **Phytoplankton biomass and community composition in three Texas estuaries differing in freshwater inflow regime**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 277, p. 108059, 2022.

Corrêa, M. C. C. et al. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM ÁREA ANTROPIZADA NO ESTUÁRIO DO RIO ANIL, **SÃO LUÍS - MA**. Bol. Lab. Hidrobiol. 2024, 33.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciênciа, 1998.

LOPES, J. R. et al. **Bacias Hidrográficas e Climatologia no Maranhão**. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

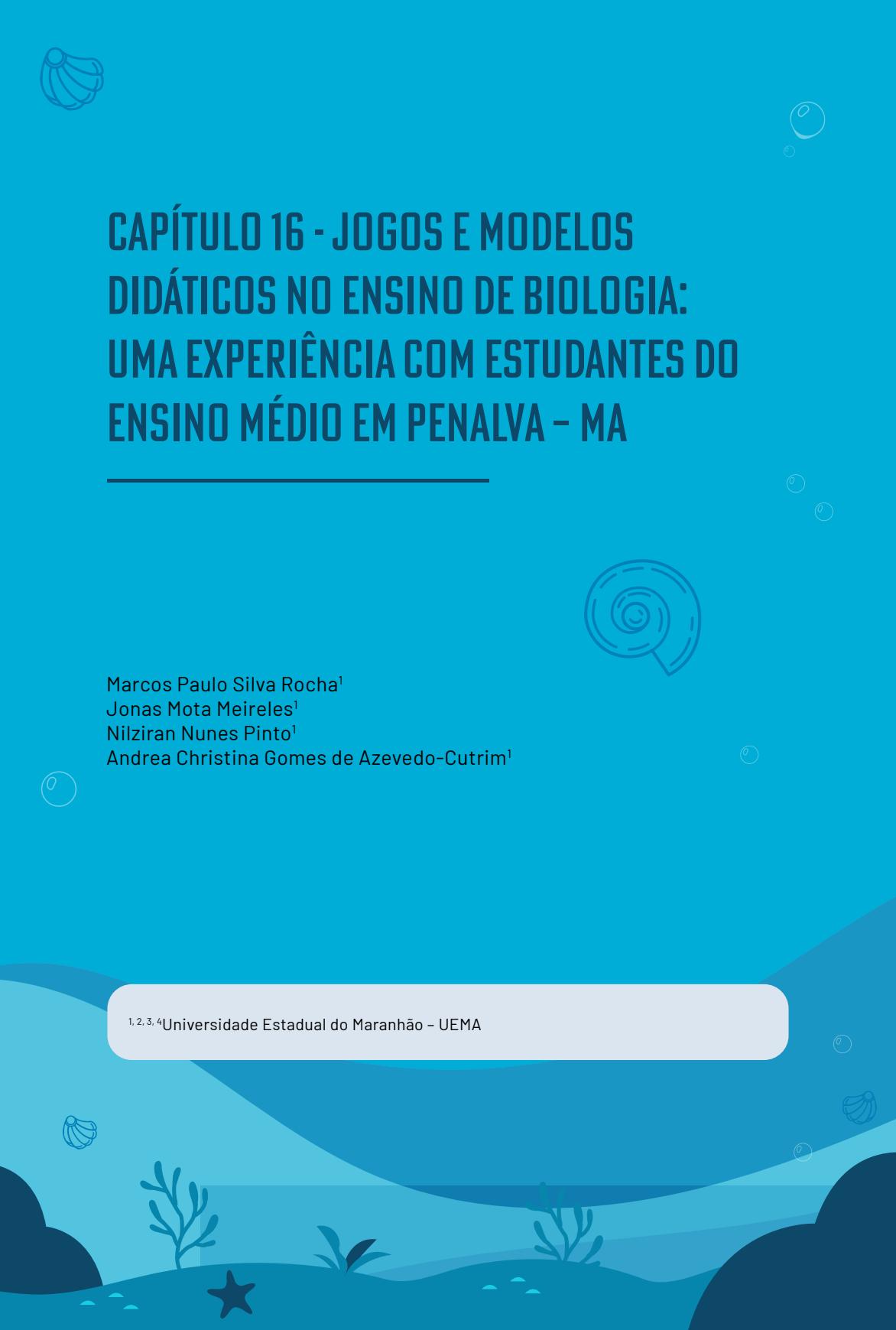
PACHÊCO, D. H. F. et al. Caracterização da comunidade de larvas de peixes sob a influência da sazonalidade do sistema estuarino do Rio Paciência - Maranhão, Brasil. **REVISTA DELOS**, v. 17, n. 59, p. e2000-e2000, 2024.

PELTOMAA, E.; HÄRKÖNEN, P.; TAIPALE, S. J. Phytoplankton nutrient composition and the quality of food for zooplankton. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1-16, 2018.

SANTOS, M. L. C. dos. et al. Avaliação do estado trófico e da comunidade fitoplancônica no estuário do Rio Potengi, **Natal/RN**. 2023.

SANTOS, R. M. et al. Variação espaço-temporal de nutrientes inorgânicos dissolvidos e clorofila a em um estuário amazônico tropical no norte do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, p. e20200408, 2023.

MARTINS, V. H. Caracterização de microalgas cultivadas em escala massiva. 2022. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, **Natal**, 2022.



CAPÍTULO 16 - JOGOS E MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE BIOLOGIA: UMA EXPERIÊNCIA COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM PENALVA – MA

Marcos Paulo Silva Rocha¹
Jonas Mota Meireles¹
Nilziran Nunes Pinto¹
Andrea Christina Gomes de Azevedo-Cutrim¹

^{1,2,3,4}Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

RESUMO

A globalização exige da humanidade uma evolução constante de tal modo que a escola precisa estar dentro desse contexto, ressignificando e dinamizando o processo de ensino-aprendizagem, necessita sobretudo inovar na forma de ensinar, adotando metodologias ativas e recursos didáticos-pedagógicos que promovam a criatividade, e a consolidação dos conhecimentos. Sendo assim, esta proposta tem por objetivo utilizar jogos e modelos didáticos de Biologia, no Ensino Médio, com o intuito de melhorar a assimilação dos conteúdos. Para a fundamentação teórica desta pesquisa recorreu-se aos estudos que discorrem sobre a aplicação de jogos e modelos didáticos no ensino de Biologia e a importância destes para a aprendizagem significativa. A metodologia de estudo teve como público-alvo estudantes de duas turmas de terceira série do Ensino Médio da escola Centro de Ensino Dr. José Joaquim Marques, situada no Centro da cidade Penalva - MA. Contou com a aplicação de questionários pré e pós testes para identificar as principais dificuldades. Posteriormente foram confeccionados e aplicados cinco jogos e 15 modelos didáticos por meio de oficinas didáticas com explanação e prática metodológica, na qual os estudantes tiveram a oportunidade de interagir, manipular, consolidar e associar teoria e prática. Durante esta aplicação, verificou-se que os estudantes mostraram-se motivados, interessados em aprender e a compreender tópicos do conteúdo, conectaram aspectos da teoria à prática, revisaram os conhecimentos, consolidando-os e ampliando-os. Nos questionários pós testes constatou-se que

estes recursos didáticos-pedagógicos facilitaram a aprendizagem de conteúdos com alto grau de abstração, outrora evidenciou-se que as dificuldades em alguns assuntos dentro da área de Genética, por exemplo, são bastante recorrentes.

Palavras-chaves: Educação; Metodologias ativas; Recursos didático-pedagógicos.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Biologia deve atender a dinamicidade do currículo, uma vez que este quando é pautado somente em aulas expositivas, em que os estudantes recebem conteúdo sem nenhuma problematização e seguido por exercícios teóricos de sistematização e memorização é pouco proveitoso, só legitima os pressupostos da pedagogia tradicional. Os jogos são atividades lúdicas que mediadas por professores tornam-se ferramentas educativas que proporcionam um ambiente competitivo com uma maior interação entre os sujeitos da aprendizagem, contribuindo para uma educação que prima pela formação intelectual e social do indivíduo, estreitando as relações entre estudantes, professores e demais atores da escola. Para Cembranel et al. (2019), a ludicidade proporciona o fortalecimento

cognitivo, estimula a cooperação entre os jogadores, favorecendo a aprendizagem. Logo, o uso de jogos e modelos didáticos apresenta-se como uma estratégia metodológica eficaz e transformadora, permitindo a construção ativa do conhecimento através da ludicidade, da interação e da visualização concreta de conceitos muitas vezes abstratos. Neste sentido, este trabalho teve como objetivos produzir e utilizar jogos e modelos didáticos de Biologia, no Ensino Médio, com o intuito de melhorar a assimilação dos conteúdos, em uma escola pública do Município de Penalva – MA.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido com 55 estudantes da 3^a série do Ensino Médio, turno vespertino de uma escola estadual no Município de Penalva – MA. Foram confeccionados pelos autores formulários pré-teste para coletar dados sobre as maiores dificuldades dos estudantes em relação a disciplina de Biologia, nas temáticas de Citologia, Embriologia, Genética e Fisiologia Humana e pós-teste para verificar se os objetivos propostos foram alcançados. A construção de modelos didáticos das células e suas organelas totalizaram 15 unidades e cinco jogos educativos com os devidos manuais. A aplicação foi realizada através de aulas expositivas dialogadas com utilização de slides e oficinas distribuídas em 24 dias e 8 horas-aulas. O projeto foi apresentado à direção da Escola e ao professor titular de Biologia. Uma vez obtida a aprovação, questionários foram aplicados aos estudantes para identificar as principais dificuldades que enfrentavam nas áreas de Citologia, Embriologia, Fisiologia Humana e Genética.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A proposta pedagógica teve uma abordagem detalhada sobre várias estratégias educacionais utilizadas no ensino de Biologia, com ênfase no contexto do Ensino Médio. Diversos métodos foram explorados para tornar o processo de aprendizagem mais eficaz e envolvente. Foram utilizados questionários pré-testes como ferramenta para avaliar as dificuldades dos estudantes em diferentes áreas da Biologia, como Citologia, Embriologia, Fisiologia e Genética. Esses questionários permitiram uma compreensão mais clara dos pontos problemáticos, permitindo que os educadores ajustem suas abordagens.

Dentre os recursos aplicados, destacam-se jogos como o “Bingo do Sistema Digestório”, o “Baralho Celular”, o “Baralho Embriológico”, o “Bingo das Ervilhas” e o “Citocarteado”. Cada um desses jogos foi pensado para trabalhar conteúdos específicos e de difícil assimilação, como Citologia, Genética e Fisiologia Humana. Os modelos didáticos, por sua vez, permitiram a visualização tátil e concreta de organelas celulares, tipos de células, moléculas de DNA e RNA, entre outros. A manipulação direta dos modelos facilitou a compreensão e fortaleceu os vínculos entre teoria e prática.

Sobre Citologia, ressalta-se as dificuldades que os alunos enfrentam ao aprender sobre as estruturas celulares e suas funções. Segundo Sales (2010), isso é devido à sua natureza abstrata e desconexão com o cotidiano dos estudantes, nesse sentido os modelos didáticos são introduzidos como uma estratégia eficaz para visualizar e compreender melhor essas estruturas complexas, incentivando uma abordagem prática e estimulante do conteúdo (Figura 1).

Figura 1- Modelos didáticos de organelas das células animais e vegetais, confecionados.



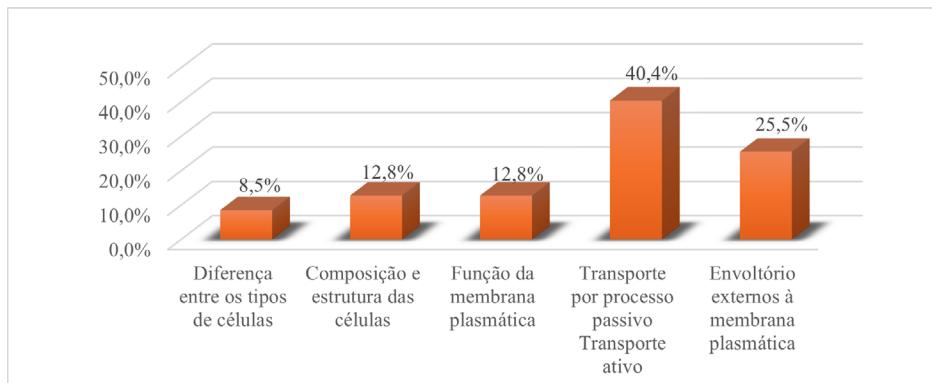
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Para Lucas (2019), “Citologia é um tema desafiador para os estudantes e professores. A aprendizagem não se resume em boas notas, mas na compreensão e percepção das características e funções das estruturas que compõem a célula”. De acordo com a autora, os recursos didáticos facilitam e estimulam a aprendizagem, é essencial para despertar o interesse com aulas produtivas e dinâmicas construindo novos saberes, favorece a participação coletiva, socialização de ideias, e interação entre professores e estudantes.

Entretanto, esses recursos didáticos só têm influência sobre o processo ensino aprendizagem se for a base operacional da aula e do desenvolvimento da prática docente, sendo válido ou não sua utilização, considerando as formas de aprender individual e influências do currículo real que permeia a aula (Eichner *et al.*, 2019).

Sobre o conteúdo de Citologia os dados dos pós-testes revelaram um aumento no número de estudantes que dizem agora ter dificuldades de entender o transporte passivo e ativo que passou de pouco mais de 20% no pré-teste para 40,4%. Os que afirmavam encontrar dificuldades em entender os envoltórios externos à membrana plasmática caiu para 25,5 % (Figura 2).

Figura 2. Principais dificuldades observadas com os estudantes em Citologia, em uma escola do Ensino Médio em Penalva – MA.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Segundo Sereia (2011), atividades experimentais permitem a aproximação do conhecimento científico, tornando o estudante participante, possibilitando a construção de hipóteses e resolução de problemas e fazendo com que o conteúdo se relacione ao contexto social deste.

A proposta apresentou de forma detalhada a aplicação de metodologias educacionais inovadoras para o ensino de tópicos desafiadores na área de Biologia, especificamente em Embriologia, Genética e Biologia Celular. Três estratégias principais foram adotadas: "Baralho Embriológico", "Bingo das Ervilhas" e "Jogo do Citocarteado". O objetivo era não apenas transmitir informações, mas também engajar os estudantes, tornar o processo de aprendizado mais agradável e eficaz, e proporcionar uma compreensão mais profunda dos conceitos abordados. O trabalho reconheceu e abordou as dificuldades enfrentadas pelos alunos ao lidar com temas complexos e abstratos, como a visualização de estruturas embrionárias. Essas dificuldades foram relacionadas à falta de recursos interativos, à abordagem esquemática tradicional e à ausência de conexão com situações do cotidiano dos alunos. De acordo com Mello (2009) e Souza et al. (2020), o ensino de Biologia nas escolas brasileiras está restrito as aulas teóricas, sendo o recurso didático mais utilizado o quadro negro ou branco, com desenhos ou esquemas.

Os jogos ajudam descaracterizar o contexto tradicional de escola, como consequência fatores como cooperação, a socialização e o desenvolvimento das relações afetivas são potencializados, fornece aos estudantes um ambiente agradável, motivador, planejado, enriquecedor e que possibilita a aprendizagem (Pedroso, 2009).

Observava-se que à medida que o jogo ia se desenvolvendo os estudantes iam se soltando e interagindo mais com seus colegas de equipe, tornando o processo de aprendizagem prazeroso e significativo. Os jogos se destacam por permitir aos estudantes memorizarem fatos e conceitos, além de atuarem estrategicamente (Krasilchik, 2008). Desta maneira, os jogos motivam a aprendizagem e são componentes fundamentais na complementação do processo de ensino-aprendizagem.

Mesmo com todo o avanço de modo geral da turma, percebeu-se que alguns estudantes ainda apresentavam dúvidas em situações triviais como diferenciar termos como genótipo, fenótipo e alelos. Nesse momento fez-se uma pausa na aplicação do jogo e retomou-se alguns conceitos que haviam sido trabalhados nos slides, mas que de alguma forma esses estudantes não conseguiram entender claramente.

O foco de toda e quaisquer atividades didáticas é sempre o aprendizado do aluno, todo jogo bem formulado e direcionado tem uma finalidade educativa e auxilia na interação do estudante com o mundo ao redor (Gouveia 2008). Diante disso, quando situações como estas acontecessem é fundamental a intervenção do professor para que não reste dúvida no estudante.

Com o fim das dúvidas, o jogo foi retomado e a atividade durou aproximadamente 65 minutos, na qual três dos dez grupos conseguiram preencher suas cartelas primeiro. No entanto pode-se dizer que todas as equipes foram vencedoras, tendo em vista, que o objetivo era o aprendizado de cada estudante.

Constatou-se que o jogo se mostrou útil e eficaz na revisão dos conhecimentos. Os estudantes mostraram-se motivados, interessados em aprender e a compreender alguns tópicos do conteúdo, estimulando o interesse pelo aprendizado e conectando teoria à prática. Isto pode ser comprovado em várias situações, em que alguns estudantes apresentavam dúvidas na hora do jogo, sendo estas esclarecidas prontamente e certamente estes jamais confrontariam suas dúvidas em um modelo tradicional de aula.





Sobre a temática Genética, percebeu-se queda de mais de 50% no número de estudantes que afirmavam encontrar dificuldades em entender a 1^a Lei de Mendel, dados similares com relação ao conteúdo de alelos múltiplos, assim como em抗ígenos e anticorpos que afirmaram continuar a ter dificuldades na aquisição destes conhecimentos. Nos demais conteúdos relacionados ao tema, os dados sinalizaram positivamente para o objetivo da proposta, entretanto, os resultados obtidos evidenciaram a complexidade dos conteúdos intrínsecos à Genética, com a necessidade de trabalhar técnicas e metodologias assim como materiais e laboratórios para práticas educativas que aproximem o estudante da Genética, promovendo a superação das dificuldades de aprendizagem.

Encontra-se na literatura uma série de dificuldades quanto ao ensino de Genética, como a falta de recursos, de ambiente adequado, de livro didático, de carga horária e de interesse dos estudantes, além da presença de cálculos matemáticos que tornam o processo de aprendizagem mais complexo (Filho; Alle; Leme, 2018). Estes problemas suscitam a necessidade de se buscar estratégias que tornem o ensino desta área mais efetivo.

Vários jogos têm sido criados e aplicados com o objetivo de tornar a Genética mais atrativa aos estudantes. Cita-se, por exemplo, o “dominó gênico”, com genótipos associados à sua face (Leite et al., 2014). Com a utilização da atividade, os professores relataram motivação, interesse e compreensão através das respostas corretas atribuídas ao jogo.

Outros trabalhos aplicaram jogos didáticos e analisaram se estes surtiam efeito na aquisição do conhecimento. O jogo “Na trilha da divisão celular”, de Martins e Braga (2015), o conteúdo da Genética é abordado por meio da divisão celular, aplicando-se semelhante a este trabalho um questionário pré e pós-testes. Os autores relataram um aumento médio de 16,7% no desempenho dos estudantes das diferentes turmas após a aplicação do jogo. Esses resultados reiteram a importância da aplicabilidade de questionários para avaliar se os objetivos foram alcançados por meio das metodologias escolhidas.

Os resultados observados nos questionários pós-testes vão ao encontro do estudo de Sousa et al. (2016) que apontam que as dificuldades no aprendizado de Genética podem estar relacionadas ao déficit na formação dos estudantes em matemática, visto que são utilizados cálculos de probabilidade no contexto dos cruzamentos genéticos, ou seja, o conhecimento interdisciplinar é de fundamental importância para a superação desses déficits.

Para enfrentar esses desafios, as metodologias ativas foram empregadas de forma estratégica. Os jogos foram destacados como ferramentas eficazes para atrair a atenção dos estudantes, promover a interação entre eles e estimular a cooperação. Segundo Fontoura (2020), o ambiente lúdico cria uma atmosfera de aprendizado mais descontraída e acolhedora, o que contribuiu para a motivação e o engajamento dos estudantes. Houve uma melhoria significativa nas respostas dos alunos em áreas que inicialmente representavam dificuldades para eles, indicando que as metodologias ativas realmente auxiliaram na compreensão e retenção do conteúdo.

Os resultados apontaram para uma melhora significativa na assimilação dos conteúdos trabalhados. Os estudantes demonstraram maior interesse, participação e motivação ao longo das oficinas. Conceitos antes considerados complexos passaram a ser compreendidos com maior facilidade. Além disso, observou-se uma intensificação da interação entre pares e entre estudantes e professores, tornando o ambiente de aprendizagem mais dinâmico e colaborativo. O uso dos jogos também favoreceu o desenvolvimento de competências como o raciocínio lógico, a argumentação e a resolução de problemas.

A abordagem construtivista de Piaget e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel fundamentam a proposta de integrar jogos e modelos didáticos às aulas de Biologia. A primeira reconhece o papel ativo do estudante na construção do saber por meio da interação com o meio, enquanto a segunda destaca a importância de relacionar novos conteúdos com conhecimentos prévios. Além disso, autores como Krasilchik (2019) e Lucchini (2009) enfatizam a alfabetização científica como elemento central no desenvolvimento do pensamento crítico e na capacidade de tomada de decisões no cotidiano.

4 CONCLUSÃO

O uso de modelos didáticos e jogos educativos no ensino de Biologia para a 3^a série do Ensino Médio demonstrou ser altamente benéfico. Essas abordagens lúdicas permitiram uma aprendizagem mais interativa e envolvente, aproximando os alunos dos conceitos biológicos. Os modelos didáticos proporcionaram uma



representação visual das estruturas biológicas, reduzindo a distância entre o conteúdo e a realidade dos estudantes, enquanto os jogos pedagógicos expandiram o ensino de forma competitiva e prazerosa. Os alunos se tornaram ativos em sua própria educação, formulando perguntas e respostas, embora com a necessidade de orientação do professor. A metodologia com jogos exigiu planejamento cuidadoso e ajustes, destacando a importância da prática pedagógica.

REFERÊNCIAS

CEMBRANEL, A. S.; FRANCISCHETT, M. N.; RODRIGUES, C. R. Educação Ambiental com estudantes e famílias na gestão dos resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 14, n. 1, p. 171-185, 2019.

EICHNER Scapin Ânthoni *et. at.* **Contribuições da utilização de recursos didáticos na aprendizagem de estudantes do ensino Médio Eixo: Educação Inovadora e Transformadora.** Disponível em: <https://www.ufsm.br>. Acesso em: 15 jan. 2023.

FILHO, R. dos Santos; ALLE L. Furtado Alle; LEME D. Morais. **Diagnosticando dificuldades no processo de ensino aprendizagem de genética nas escolas e universidades.** Departamento de Genética, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018>. Acesso em: 15 mar. 2023.

FONTOURA, T. R. Jogo em aula: recurso que permite repensar as relações ensino aprendizagem. **Revista do Professor**. Belo Horizonte, v. 19, p. 9 -15. 2004.

GOUVEIA, S. C. G. C. (2008). **O jogo digit@l: Um estudo de caso com clãs do Funchal e do Faial**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pedagogia do E-learning, Universidade Aberta, Lisboa.

KRASILCHIK, M. **Práticas de ensino de Biologia**. 4 ed. rev. e ampl. 6^a reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2019, 200 p.

LEITE, L. M.; FERRO, A. R.; SAMPAIO, L. F.; CAPARROZ, R. **Dominó gênico: interagindo para compreender a interação gênica**. Genética na escola, v. 9, n. 1, p. 30- 37, 2014. Disponível em : https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2017/TRABALHO_EV073_MD1_SA19_ID3841_12072017132455.pdf. Acesso em: 16 mar. 2023.

LUCAS, Yanna Oliveira Simões. **O uso de modelos didáticos como ferramenta alternativa para o Ensino de Biologia celular no ensino fundamental** / Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Licenciatura Ciências Natural, Universidade Federal Fluminense - Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior. 2019. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/24978>. Acesso em: 13 jan. 2023.

LUCCHINI, L.M. **Ecorrecação: Uma proposta metodológica lúdica de ensino de Ciências Naturais**. Dissertação de Mestrado em Educação. Centro Universitário La Salle, Canoas, 2009

MARTINS, I. C. P.; BRAGA, P. E. T. **Jogo didático como estratégia para o Ensino de divisão celular.** Ciências Biológicas. Sobral, v. 16, n. 02, p. 1-21, 2015.

MELLO, J. M. Análise das condições didático pedagógico do ensino de Embriologia Humana no Ensino Fundamental e Médio. **Arquivos do MUDI**, Maringá, v.13, n. 1/2/3, 2009.

PEDROSO, Carla. **Jogos didáticos no ensino de biologia: uma proposta metodológica baseada em módulo didático.** Santa Maria, 2009. Disponível em: http://www.isad.br/eventos/educere/educe-re2009/anais/pdf/2944_1408.pdf. Acesso em: 02 jan. 2023.

SALES, M. D.; DA SILVA, F. P. **Uso de atividades experimentais como estratégias de ensino de ciências.** Encontro de Ensino, Pesquisa e extensão da Faculdade SENAC, 2010. Disponível em: http://www.pe.senac.br/ascom/faculdade/Anais_EncPesqExt/IV/anais/poster/017_2_010_poster.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

SEREIA, Diesse Aparecida de Oliveira, PIRANHA, Michele Marques. Aulas práticas investigativas: **Uma experiência no ensino fundamental para formação de estudantes participativos.** Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Ciencias/Artigos/aulas_prat_investig.pdf. Acesso em: 16 mar. 2023.

SOUZA, E. S.; JUNIOR, F. H. N.; CAVALCANTE, C. A. M.; HOLANDA, D. A. S. A genética em sala de aula: uma análise das percepções e metodologias empregadas por professores das escolas públicas estaduais de Jaguaribe Ceará. **Conex. Cien. e Tecnol.**, v. 10, n. 4, p. 16-24, 2016. Disponível em: <http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1106>, Acesso em: 17 mar. 2023.

CAPÍTULO 17 - PERFIL SOCIOECONÔMICO DA ÁREA DE MARISCAGEM DO MUNICÍPIO DE PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO, BRASIL

Kênia Simone Camargo Figueiredo¹
Andrea Christina Gomes de Azevedo-Cutrim¹
Rayanne dos Santos Castro¹
Antônia Jordânia Oliveira Castro¹
Rick José de Melo Paixão¹
Maria Clara Cabral Corrêa¹
Jéssica Sousa Ramos¹

¹Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

RESUMO

A mariscagem é uma prática tradicional presente em diversas regiões costeiras do Brasil, exercida majoritariamente por comunidades em situação de vulnerabilidade social. Apesar de sua importância socioeconômica a atividade ainda carece de reconhecimento formal e visibilidade nas políticas públicas. Este estudo teve como objetivo traçar o perfil socioeconômico dos marisqueiros e marisqueiras do município de Paço do Lumiar, no estado do Maranhão, analisando suas condições de vida, inserção social e os desafios enfrentados no exercício da atividade. A pesquisa adotou abordagem quantitativa com aplicação de entrevistas semiestruturadas em três bairros: Timbuba, Pau-Deitado e Mojó. Os dados foram tabulados e analisados por meio de estatística descritiva, permitindo identificar padrões e desigualdades dentro das comunidades investigadas. Os resultados apontam para uma realidade marcada por baixa escolaridade, ausência de apoio institucional e dependência econômica exclusiva da mariscagem, atividade caracterizada por esforço físico intenso e retorno financeiro limitado. Além disso, os entrevistados relataram não serem representados pela colônia de pescadores da região, uma vez que a categoria “marisqueiro” não é formalmente reconhecida, o que inviabiliza o acesso a direitos previdenciários e programas sociais. Diante disso, a comunidade vem se mobilizando pela criação de uma cooperativa e pelo reconhecimento legal da mariscagem como categoria profissional distinta. Este trabalho contribui para preencher lacunas de dados sobre uma atividade historicamente invi-



sibilizada, além de reforçar a urgência de políticas públicas que reconheçam o papel das comunidades marisqueiras na conservação ambiental, na segurança alimentar e na construção de práticas sustentáveis nos territórios costeiros. Ao revelar os desafios e as potencialidades desse grupo, os resultados ampliam o debate sobre justiça social e inclusão produtiva no contexto das populações tradicionais.

Palavras-chaves: Economia marisqueira; Ecossistemas costeiros; Pescado;

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a coleta de mariscos é uma prática tradicional que ocorre em ambientes costeiros e é predominantemente realizada por comunidades locais que utilizam técnicas artesanais para extrair esses recursos do meio natural. A coleta é uma atividade que envolve o uso de ferramentas simples e é muitas vezes caracterizada por práticas que remontam a tradições ancestrais (Nordi, 1992; Bezerril, 2012).



A continuidade das atividades extrativistas em comunidades tradicionais, como a mariscagem, está diretamente associada à necessidade de garantir a subsistência dessas populações e à transmissão intergeracional de saberes locais. Esse contexto reforça a importância de compreender o perfil socioeconômico dessas comunidades, uma vez que, de acordo com Jesus (2023), as suas práticas produtivas estão profundamente enraizadas nas dinâmicas culturais e nas condições de vulnerabilidade social que enfrentam.

Verifica-se que com o processo de industrialização de atividades artesanais, como a pesca e a mariscagem, há a progressiva perda dos saberes tradicionais. Essa transformação impacta não só as práticas culturais dessas comunidades, mas também os recursos naturais, comprometendo a sustentabilidade dessas atividades e o modo de vida de quem delas depende (Jesus; Prost, 2011).

Nesse contexto de perda progressiva dos conhecimentos tradicionais, torna-se ainda mais relevante valorizar o Conhecimento Ecológico Local, entendido como uma fonte rica e detalhada de informações construídas a partir da convivência direta com o ambiente natural (Araújo, 2020). Esse saber, transmitido entre gerações, expressa as particularidades ecológicas, sociais e culturais de cada território, influenciando diretamente as estratégias de manejo dos recursos naturais.

No caso das comunidades artesanais, torna-se essencial conhecer seus perfis social, econômico e cultural, bem como a trajetória de desenvolvimento dessas populações, uma vez que essas informações são determinantes para a elaboração de políticas públicas eficazes e para uma gestão pesqueira mais sensível às realidades locais (Barreto; Barreto; Freitas, 2013).

A exemplo de política pública de inclusão, há o Segurado Especial, que se trata de uma categoria de contribuinte da Previdência Social prevista na Lei nº 8.213/1991 (Lei de Benefícios), destinada a trabalhadores do meio rural que exercem suas atividades individualmente ou em regime de economia familiar, sem vínculo empregatício formal (Brasil, 1991).

Para que os pescadores artesanais e marisqueiras sejam classificados como Seguridade Especial, a Previdência Social exige documentos comprobatórios, como recolhimento de impostos ou notas fiscais dos produtos comercializados, além da filiação à colônia de pescadores. Contudo, tais exigências criam, na verdade, uma barreira de exclusão, impedindo que esses trabalhadores tenham acesso aos benefícios (Fischer; Moreno; Rotenberg, 2013; Bastos et al., 2023). Nesse sentido, políticas públicas como o Segurado Especial revelam como a ausência de dados objetivos sobre essas comunidades pode dificultar o acesso a direitos básicos e perpetuar situações de exclusão.

Para além das dificuldades de reconhecimento legal da atividade de mariscagem, existem barreiras sanitárias e ambientais na região, as quais levam a desvalorização do trabalho. Segundo Pereira et al., (2017) houve uma redução na atividade de mariscagem na região da grande Ilha do Maranhão, a qual comporta o município de Paço do Lumiar, sendo os principais problemas citados a falta de saneamento básico, o lançamento de esgoto doméstico, desmatamento dos manguezais e o despejo de lixo, os quais foram destacados como responsáveis pela redução do estoque de moluscos em várias localidades.



A ausência de dados oficiais e diagnósticos atualizados sobre a realidade socioeconômica local dificulta a construção de políticas públicas eficazes, além de limitar o desenvolvimento de projetos de extensão, pesquisa e ações promovidas por organizações não governamentais. Essa lacuna contribui para a desvalorização dos saberes tradicionais e para a exclusão social das comunidades envolvidas.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo traçar o perfil socioeconômico da área de mariscagem do município de Paço do Lumiar, no estado do Maranhão, contribuindo com informações que subsidiem ações de reconhecimento, valorização e inclusão dessas populações.

2 MATERIAL E MÉTODOS

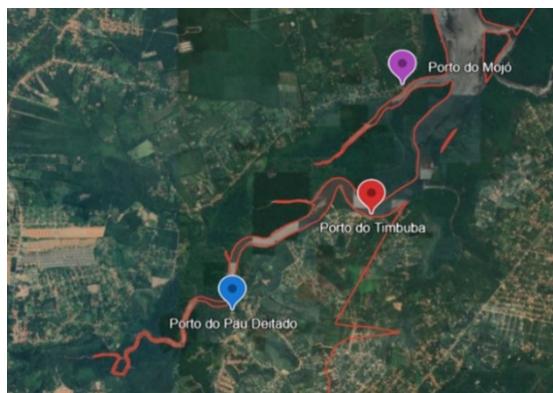


2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo comporta dados obtidos do município de Paço do Lumiar, na região que compreende as margens de um dos afluentes do rio Paciência, mais precisamente, os bairros de Timuba ($2^{\circ}31'17"S$ $44^{\circ}03'56"W$), Pau-Deitado ($2^{\circ}31'36"S$ $44^{\circ}04'54"W$) e Mojó ($2^{\circ}30'14"S$ $44^{\circ}03'57"W$), conforme exemplificado na figura 1 a seguir.



Figura 1. Pontos amostrais referentes aos bairros de Timbuba, Pau Deitado e Mojó, em Paço do Lumiar – MA.



Fonte: Google Earth (adaptado pelos autores), 2025.

A escolha desta área de estudo justifica-se pelo fato de concentrar a principal região de atividade extrativista e de abastecimento de mariscos do município de Paço do Lumiar. Os bairros de Timbuba, Pau-Deitado e Mojó possuem tradição consolidada na mariscação, sendo referência local no fornecimento de moluscos tanto para consumo interno quanto para a comercialização em feiras e mercados da região metropolitana de São Luís.

2.2 TIPO DE ESTUDO E ABORDAGEM

Este estudo adotou uma abordagem quantitativa, voltada à obtenção de dados numéricos e objetivos que permitam a generalização dos resultados com base em uma amostra representativa da população (Zanella, 2011). Para a análise dos dados, foi empregada a metodologia descritiva, utilizando técnicas de Estatística Descritiva com o intuito de organizar, resumir e interpretar as principais características observadas, além de permitir comparações entre os diferentes grupos analisados (Reis; Reis, 2002).

2.3 INSTRUMENTO E PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas aplicadas entre os meses de outubro de 2023 e agosto de 2025. As entrevistas seguiram o formato de questionário semiestruturado, com base em um roteiro pré-elaborado, mas com flexibilidade para acompanhar os relatos e experiências dos entrevistados (Lakatos; Marconi, 2007). Essa abordagem permitiu capturar informações tanto objetivas quanto subjetivas, preservando a espontaneidade das respostas (Figura 2).

Figura 2. Registros das entrevistas realizadas com os marisqueiros, em Paço do Lumiar – MA. (A) Timbuba, (B) Pau Deitado e (C) Mojó.



Fonte: Autores, 2024 - 2025.

Para Guazi (2021), a adoção de entrevistas e, mais especificamente, de entrevistas semiestruturadas pode se apresentar como uma decisão metodológica adequada para a resolução de uma variedade de problemas e perguntas em ciência. Ainda segundo a autora e em consonância com Taquett e Borges (2021), as entrevistas são utilizadas tanto como estratégia metodológica única quanto como estratégia de apoio e são frequentemente empregadas para identificar sentimentos, pensamentos, opiniões, crenças, valores, percepções e atitudes dos entrevistados em relação a diversos fenômenos.



Os questionários foram estruturados em quatro eixos temáticos: (i) perfil socioeconômico dos entrevistados, contemplando informações sobre gênero, idade, escolaridade, renda proveniente da mariscagem e outras fontes de subsistência; (ii) caracterização da atividade de extração de moluscos bivalves, incluindo os equipamentos utilizados, métodos de captura e destino final do produto; (iii) conhecimentos tradicionais relacionados aos bancos naturais desses organismos, com ênfase na percepção sobre sazonalidade e manejo; e (iv) aspectos gerais da cadeia produtiva, desde a coleta até a comercialização.

Segundo Gil (2008), a entrevista é uma técnica valiosa para investigar o comportamento e a subjetividade humana. Por meio dela, é possível coletar dados sobre as ações das pessoas, os motivos que as levam a agir de determinada forma, suas emoções e as circunstâncias que as influenciam, além de identificar tendências comportamentais.

Para alcançar os participantes, foi adotada a técnica de amostragem por "bola de neve", na qual os próprios entrevistados indicam outras pessoas com o mesmo perfil, ampliando o alcance da pesquisa e facilitando o contato com a população-alvo (De Jesus et al., 2024). A aplicação das entrevistas foi precedida pela assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em conformidade com os princípios éticos da pesquisa com seres humanos, com o projeto cadastrado na Plataforma Brasil sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética nº 88658125.6.0000.5554.



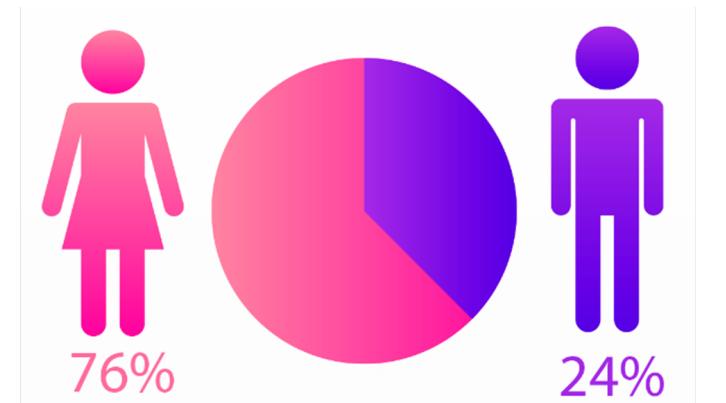
2.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

A tabulação das respostas foi realizada por meio do software Microsoft Excel, com organização das informações por variável investigada. As questões de natureza objetiva foram analisadas por meio do cálculo de frequências relativas (porcentagens), especialmente aquelas relacionadas a aspectos monetários, como o recebimento de auxílios governamentais ou respostas binárias (sim/não). Já as variáveis numéricas, como idade, número de moradores por domicílio e número de contribuintes familiares, foram analisadas com base em medidas de tendência central, em especial a média aritmética. Esse tratamento permitiu identificar padrões e propor comparações entre os diferentes grupos entrevistados, de forma a subsidiar a análise socioeconômica proposta pelo estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de estudo obteve-se 50 entrevistados, e os resultados demonstram que o sexo predominante é o feminino, compondo 76% das respostas obtidas (Figura 3), isso pode ser explicado tendo em vista que a mariscagem é tida como uma atividade feminina por exercer “menos” esforço que a pesca de peixes, por exemplo, que fica a cargo dos homens (Aick, 2021).

Figura 3. Resultados das entrevistas, quanto ao sexo, dos marisqueiros entrevistados em Paço do Lumiar - MA.



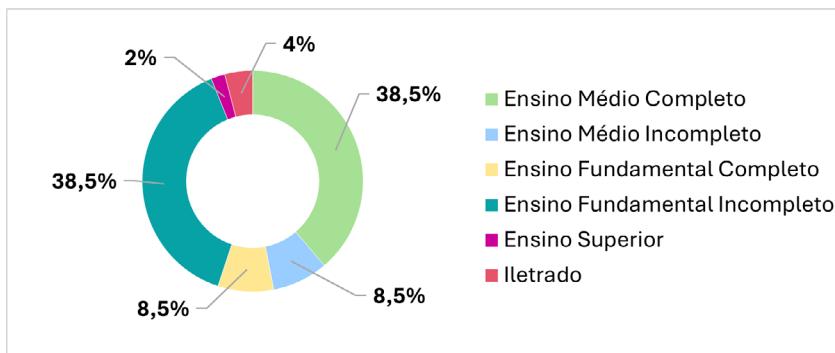
Fonte: Autores, 2024 - 2025.

Para Oliveira, De Castilho e Eldeir (2016), as mulheres assumem que a adesão a tarefa está atrelada ao fato de que, naturalmente, os homens da casa/família são responsáveis pela pesca artesanal, enquanto elas mariscam. Isto se deve também as maneiras através das quais se realiza o aproveitamento integral do produto, seja em tortas, farofas ou saladas; uma vez que são as mulheres as responsáveis por cozinhar em seus lares, a tarefa de coletar, tratar e preparar o alimento se torna sua responsabilidade.

A idade média das entrevistadas foi de 46 anos, com variação entre 19 e 72 anos. No que se refere à escolaridade, os dados revelam um cenário paradoxal: tanto o Ensino Médio Completo quanto o Ensino Fundamental Incompleto apresentaram a mesma porcentagem entre os participantes, correspondendo a 38,5% cada. Esse equilíbrio evidencia uma realidade contraditória, na qual parte das marisqueiras conseguiu concluir a educação básica, enquanto outra parcela significativa teve sua trajetória escolar interrompida precocemente.

Esse contraste reforça as desigualdades de acesso à educação formal enfrentadas por populações tradicionais e evidencia como as condições socioeconômicas ainda limitam o pleno exercício do direito à escolarização. Maiores detalhes sobre a escolaridade das participantes podem ser observados na Figura 4.

Figura 4. Nível de escolaridade dos marisqueiros entrevistados em Paço do Lumiar - MA.



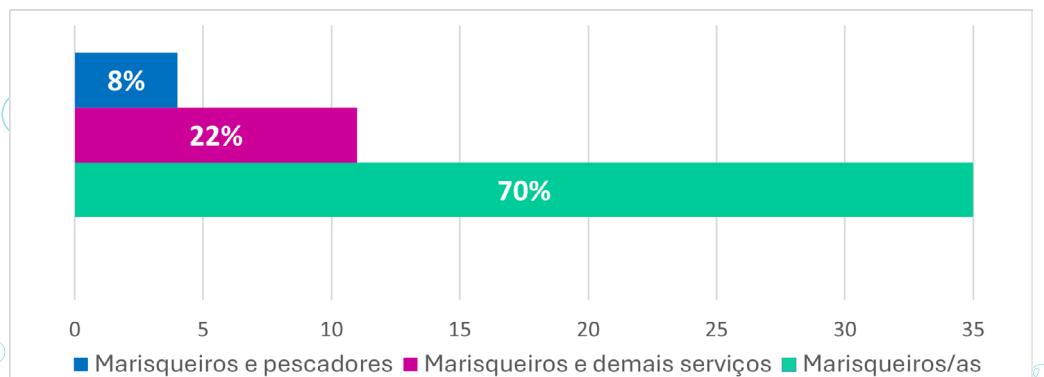
Fonte: Autores, 2025.

Esse cenário reflete uma realidade comum às regiões em que o extrativismo é a principal fonte de renda em que há uma forte incidência de baixa escolaridade, em grande parte devido à localização dessas comunidades em áreas periféricas, rurais ou economicamente marginalizadas. Nesses territórios, o acesso pleno à educação básica, especialmente ao ensino médio, ainda é limitado, impactando diretamente a trajetória escolar das populações tradicionais. Estudos apontam que catadores e catadoras de moluscos, como os marisqueiros do Nordeste brasileiro, muitas vezes são invisibilizados inclusive dentro da própria categoria de pescadores artesanais, enfrentando condições de pobreza extrema e exclusão social (De Oliveira; Andrade; Melo e Souza, 2020 apud Nishida, 2000).

No caso das comunidades marisqueiras situadas às margens do Rio Paciência, os relatos evidenciam uma realidade marcada por interrupções na trajetória escolar, especialmente entre aqueles que começaram a estudar, mas precisaram deixar os estudos ainda na infância ou adolescência para ajudar no sustento da família. Muitos desses indivíduos passaram a integrar o grupo de marisqueiros locais, incorporando desde cedo a atividade como principal meio de subsistência.

Essa inserção precoce no trabalho, somada à ausência de políticas públicas efetivas de permanência escolar, tornou inviável a conciliação entre a rotina da mariscagem e os estudos, contribuindo para o afastamento progressivo do ambiente educacional. Em relação a fonte de renda, um percentual de 70% dos participantes das entrevistas possui a mariscagem como profissão, 8% possuem a mariscagem e a pesca como fonte de renda e 22% dos entrevistados, além de mariscar desenvolvem outros serviços como forma de complementar a renda (Figura 5).

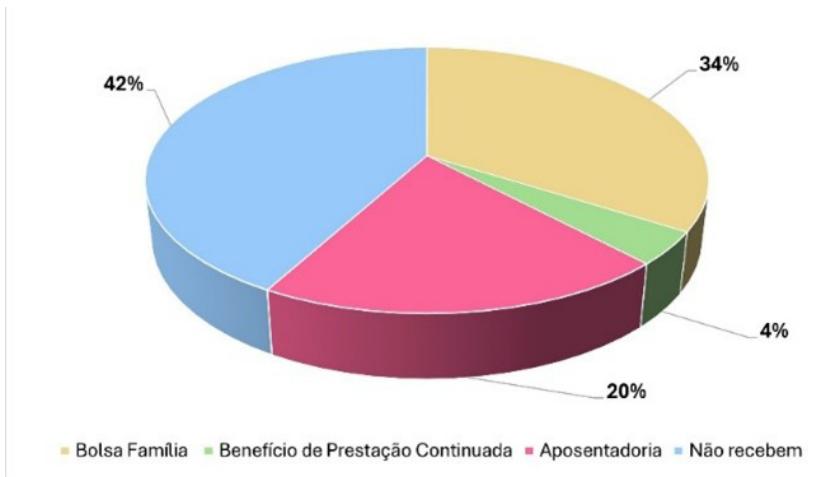
Figura 5 – Profissões dos marisqueiros entrevistados em Paço do Lumiar - MA.



Fonte: Autores, 2025.

Dentre os entrevistados que têm a mariscagem como principal atividade profissional, apenas uma parte afirmou receber algum tipo de auxílio do Governo Federal, como o Bolsa Família ou a aposentadoria. No entanto, a maioria relatou depender exclusivamente da coleta e comercialização de mariscos para garantir o sustento próprio e de seus familiares, o que evidencia o alto grau de vulnerabilidade econômica do grupo, como demonstrado na figura 6.

Figura 6 – Percentil dos marisqueiros de Paço do Lumiar que possuem apoio do Governo Federal.



Fonte: Autores, 2025.

Essa precarização é agravada por entraves institucionais. Diversos marisqueiros relataram não se sentirem representados pela colônia de pescadores da região, uma vez que a categoria "marisqueiro" não é formalmente reconhecida em sua estrutura. Em geral, esses trabalhadores são agrupados sob a classificação genérica de "pescadores artesanais", o que acaba apagando as especificidades da mariscagem enquanto atividade produtiva, e com-

promete a produção de dados desagregados sobre o grupo. Essa ausência de reconhecimento dificulta o acesso a políticas públicas específicas e impede que marisqueiras e marisqueiros sejam adequadamente contemplados por programas sociais e previdenciários (Martínez, 2019; De Oliveira; Andrade; Melo e Souza, 2020). A exigência de documentação comprobatória, como filiação a colônias, notas fiscais de venda e registros de contribuição, para acessar benefícios como o de Segurado Especial, acaba por excluir grande parte desses trabalhadores, que atuam informalmente e não possuem os meios para atender às exigências legais (Fischer, 2013; Bastos *et al.*, 2023). Diante desse cenário de invisibilidade institucional, a comunidade tem buscado se organizar coletivamente, reivindicando tanto o reconhecimento legal da mariscagem como categoria profissional distinta quanto a criação de uma cooperativa própria. Essa iniciativa visa fortalecer a autonomia política e produtiva do grupo, assegurar seus direitos e valorizar os saberes tradicionais que sustentam a atividade.

Os resultados das entrevistas em Paço do Lumiar refletem uma realidade recorrente em outras regiões costeiras do Brasil, onde a mariscagem é praticada por populações em situação de vulnerabilidade social, com acesso limitado a serviços públicos e políticas de apoio (Jesus; Prost, 2011).

As marisqueiras enfrentam jornadas exaustivas em condições adversas para obter um produto de baixo valor comercial, agravado pela falta de incentivo à formalização e pela invisibilidade da atividade. Assim como em outros contextos, os dados indicam que, apesar da relevância sociocultural e alimentar da mariscagem, seus praticantes ainda lutam por reconhecimento institucional e melhores condições de trabalho.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As entrevistas realizadas com os marisqueiros de Paço do Lumiar evidenciam que a mariscagem é mais do que uma atividade econômica, trata-se de um modo de vida profundamente ligado ao território, aos saberes tradicionais e à identidade comunitária. No entanto, o grupo enfrenta condições sociais precárias, baixa escolaridade, e forte dependência de uma renda instável, além de dificuldades para acessar políticas públicas específicas.

A exclusão institucional também se manifesta na ausência de reconhecimento formal da categoria, o que compromete o acesso a direitos previdenciários e invisibiliza a mariscagem nas estatísticas oficiais. Essa falta de reconhecimento impede o acesso a direitos previdenciários e programas sociais voltados ao trabalho artesanal, além de dificultar a coleta de dados desagregados sobre o grupo. Como resposta, a comunidade tem se mobilizado pela criação de uma cooperativa e pelo reconhecimento legal da mariscagem como categoria profissional, evidenciando a urgência de políticas públicas que promovam justiça social, valorizem saberes tradicionais e garantam condições dignas para a continuidade da atividade.



REFERÊNCIAS

- AICK, A. de S. O trabalho das marisqueiras e suas implicações no desenvolvimento local no município de São José de Ribamar - MA. 2021. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Socioespacial e Regional) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021.

ARAÚJO, L. M. S. de. A atividade de mariscagem na comunidade pesqueira de Chaval, Ceará, Nordeste do Brasil. 2020. 147 f. **Tese (Doutorado Ciências Marinhas Tropicais)** - Instituto de Ciências do Mar - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: 2020_tese_lmsaraujo.pdf

BARRETO, L. M.; BARRETO, N. S. E.; FREITAS, A. PERFIL SOCIO-ECONÔMICO E DE PESCA DE MARISQUEIRAS NO MUNICÍPIO DE MARAGOGIPE, BAHIA, BRASIL. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca (XVIII CONBEP), 2013, Paulo Afonso, BA.

Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca (XVIII CONBEP), 2013.

BASTOS, M. L. A. et al. Benefícios previdenciários de pescadores artesanais e marisqueiras em comunidade quilombola no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 48, p. e9, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbsso/a/R3m-TfHRjSWSKBdqzyM59qzx/>

BEZERRIL, G. Trabalho no mangue: os saberes e a busca por valorização das marisqueiras de Fortim - Ceará. *Cadernos do LEME, Campina Grande*, v.4, n.1, p.5-33, 2012.

BRASIL (Federação) **Lei Federal Nº 8.213 de 24 de julho de 1991**. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil, Brasília, 24 de julho de 1991.

DE JESUS, P. P. et al. Traditional knowledge and socioeconomic aspects of small-scale bivalve fishing on the Amazon coast: A case study of Iphigenia brasiliensis on the Island of Maranhão. **Marine Policy**, v. 163, p. 106076, 2024.

FISCHER F.M.; MORENO C.R.C.; ROTENBERG L. Trabalho em turnos e noturno: impactos sobre o bem-estar e saúde dos trabalhadores. **Possíveis intervenções. Patologia do trabalho**. vol. 1. Tradução. São Paulo: Atheneu, 2013.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6^a ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUAZI, T. S. Diretrizes para o uso de entrevistas semiestruturadas em investigações científicas. **Revista Educação, Pesquisa e Inclusão**, v. 2, 2021.

JESUS, L. L. de. SABERES E PRÁTICAS ALIMENTARES DE MARISQUEIRAS DA ILHA DE ITAPARICA/BA E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE. 2023. 108 f. **Dissertação (Saúde, Ambiente e Trabalho)** - Faculdade de Medicina, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2023. Disponível em: DISSERTAÇÃO LAÍS LIMA.pdf

JESUS, R. S.; PROST, C. Importância da atividade artesanal de mariscagem para as populações nos municípios de Madre de Deus e Saubara, Bahia. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n.30, p.123-137, 2011.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MARTÍNEZ, S. A. et al., Mulheres na atividade pesqueira no Brasil. **Campos dos Goytacazes: EDUENF**, 2019.

NORDI, N. Os catadores de caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) da região de Várzea Nova (PB): Uma abordagem ecológica e social.

Tese de doutorado, UFSCar. São Carlos. 107 p. 1992.

OLIVEIRA, B. M. C.; DE CASTILHO, C. J. M.; EL DEIR, S. G. Por uma gestão ambiental integrada na mariscagem pernambucana.

Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais, v. 5, n. 1, p. 160-183, 2016.

OLIVEIRA, J. de; ANDRADE, E. de J.; MELO E SOUZA, R. Aspectos Socioeconômicos da Mariscagem para as Comunidades Mem de Sá e Tinhareté, Rio Vaza-Barris, Sergipe. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 9, n. 1, p. 380-403, 2020.

PEREIRA, T. de J. F. et al. Extrativismo de mariscos na ilha do Maranhão (MA): implicações ecológicas e socioeconômicas. **Revista de Políticas Públicas**, v. 21, n. 2, p. 831-853, 2017.

REIS, E. A.; REIS, I. A. Análise descritiva de dados. **Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG**, v. 1, 2002. Disponível em: www.est.ufmg.br

TAQUETTE, S. R.; BORGES, L. **Pesquisa qualitativa para todos**. Editora Vozes, 2021.

CAPÍTULO 18 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE DE MACROALGAS EM RIZÓFOROS DE RHIZOPHORA MANGLE NO ESTUÁRIO DO RIO TIBIRI, MARANHÃO, BRASIL

¹Leonardo Rodrigues Dutra

²Larissa Cristina Machado da Silva

³Izahelen Barbosa de Oliveira

⁴Daniel Santos Lemos

⁵Thiago Ferreira Pinheiro

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

RESUMO

Os rizóforos de *Rhizophora mangle* em manguezais fornecem um substrato vital para comunidades de macroalgas, que atuam como bioindicadores da saúde do ecossistema. Este estudo investigou a composição, biomassa e distribuição espaço-temporal da comunidade ficológica em rizóforos no estuário do rio Tibiri, Maranhão, Brasil, correlacionando os padrões biológicos com variáveis ambientais. Coletas sazonais (estiagem, transição e chuvoso) foram realizadas em dois pontos com diferentes influências antrópicas. Foram identificadas cinco espécies, com forte domínio de *Rhodophyta* (quatro espécies), formando a associação "*Bostrychietum*", característica de manguezais. *Bostrychia radicans*, *B. calliptera* e *Catenella caespitosa* foram as espécies mais frequentes. A biomassa total, dominada pelo complexo *Bostrychia*, foi significativamente maior no período chuvoso, um padrão associado à maior transparência da água, que superou a menor disponibilidade de nutrientes como fator limitante. A distribuição vertical revelou a alta plasticidade de *Bostrychia*, que colonizou todas as porções dos rizóforos, enquanto outras espécies se restrinham a zonas de maior irradiância. A análise multivariada confirmou que a pluviometria, transparência e amônia se correlacionaram positivamente com a biomassa, enquanto salinidade e temperatura mostraram correlação negativa. O estudo evidencia a modulação sazonal da comunidade ficológica e a resiliência das espécies de *Bostrychia* em um estuário tropical sob influência de macromarés.

Palavras-chaves: Algas epífitas; Ficologia; Manguezal.



1 INTRODUÇÃO

As zonas costeiras abrigam uma notável diversidade de ecossistemas, dentre os quais os manguezais se destacam como um dos mais produtivos e complexos do planeta. Esses ambientes de transição entre a terra e o mar, típicos de regiões tropicais e subtropicais, desempenham funções ecológicas vitais, como ciclagem de nutrientes, proteção da linha de costa, e servem como berçário e refúgio para uma vasta gama de espécies (Schaeffer-Novelli, 1995; Diniz *et al.*, 2019).

A estrutura arbórea dos manguezais, notadamente as raízes escoras (rizóforos) de *Rhizophora mangle* L., oferece um substrato consolidado para a fixação de organismos sésseis, incluindo uma comunidade específica de macroalgas. Essas algas são produtoras primárias essenciais na teia trófica estuarina e atuam como importantes bioindicadores da qualidade ambiental, respondendo a alterações nas condições físico-químicas da água e à presença de poluentes (Matos; Oliveira, 1999; Fontes *et al.*, 2007).

A comunidade de macroalgas epífitas em manguezais é frequentemente dominada por um conjunto de espécies de algas vermelhas (*Rhodophyta*) tolerantes ao estresse, conhecido como associação “*Bostrychietum*”, em referência ao gênero dominante *Bostrychia* (Freitas, 2018). A distribuição vertical e a abundância dessas algas ao longo dos rizóforos são influenciadas por um forte gradiente ambiental, incluindo variações de emersão, luz, salinidade e disponibilidade de nutrientes (Melville; Pulkownik, 2007).

A costa do estado do Maranhão, no norte do Brasil, concentra cerca de 50% dos manguezais do país, sendo uma área de grande relevância ecológica e socioeconômica. Contudo, apesar de sua importância, os estudos sobre a ecologia de comunidades de macroalgas nestes ecossistemas ainda são pontuais (Corrêa, 2018). A Ilha de São Luís, inserida no Golfão Maranhense, abriga extensas áreas de mangue que sofrem intensa pressão antrópica devido à expansão urbana e atividades portuárias.

Nesse contexto, este estudo buscou investigar a comunidade de macroalgas em rizóforos de *R. mangle* no estuário do rio Tibiri, um sistema sob influência de atividades pesqueiras e urbanas na Ilha de São Luís. O objetivo foi caracterizar a composição florística, a biomassa e a distribuição espacial (vertical no rizóforo) e temporal (sazonal) dessa comunidade, correlacionando os padrões biológicos com as variáveis ambientais locais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

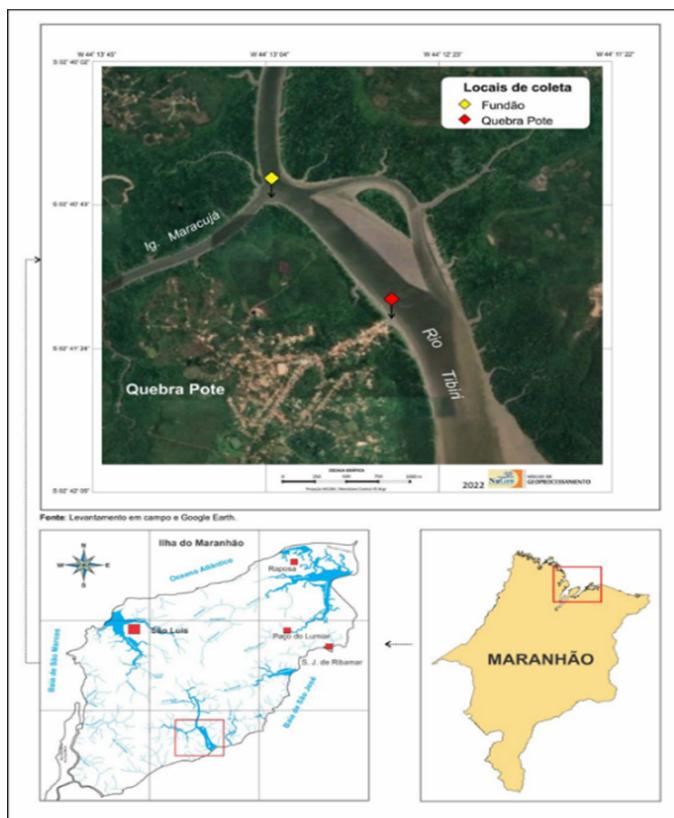
2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no manguezal do estuário do rio Tibiri, localizado na porção sudeste da Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil, que integra o Complexo Estuarino de São José (CESJ). A região é caracterizada por um regime de macromarés semidiurnas e por uma sazonalidade climática bem definida, com um período chuvoso (janeiro a junho) e um de estiagem (agosto a dezembro).



Foram estabelecidos dois pontos amostrais (Figura 1): o Ponto 1 (QP1 – Porto de Quebra Pote; $02^{\circ}41' 20''$ S e $44^{\circ}12' 37''$ W), localizado próximo ao desembarque do rio, caracterizado por intensa atividade pesqueira e maior influência antrópica; e o Ponto 2 (QP2 – Fundão; $02^{\circ}40' 92''$ S e $44^{\circ}21' 91''$ W), situado em uma área mais a montante e com vegetação de mangue mais preservada (Figura 2).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo e dos pontos amostrais (QP1 e QP2) no estuário do rio Tibiri, Ilha de São Luís, Maranhão.



Fonte: Própria autoria (2022).

2.2 COLETA DE DADOS E PROCESSAMENTO AMOSTRAL

As coletas foram realizadas durante a maré baixa de sizígia em três campanhas que representaram os períodos sazonais: estiagem (outubro de 2020), transição (janeiro de 2021) e chuvoso (abril de 2021). Em cada ponto e campanha, foram mensurados *in situ* os parâmetros abióticos da água: salinidade (refratômetro), temperatura, pH e oxigênio dissolvido (OD) (sonda multiparâmetro Hanna), e transparência (Disco de Secchi). Amostras de água foram coletadas para análise de nutrientes (amônia, nitrito, nitrato, fosfato e silicato) em laboratório, seguindo as metodologias de Grasshoff *et al.* (1983) e Strickland e Parsons (1972).

Para a análise da comunidade ficológica, foram coletados aleatoriamente três rizóforos de *Rhizophora mangle* em cada ponto amostral. Em laboratório, cada rizóforo foi dividido em três porções de igual comprimento: inferior (PI), medial (PM) e superior (PS). As macroalgas de cada porção foram cuidadosamente raspadas com auxílio de espátula, lavadas com água destilada, triadas e identificadas com base em literatura especializada (Cordeiro-Marino, 1984).

Para a determinação da biomassa (peso seco), as amostras de cada espécie/porção foram secas em estufa a 60 °C por 48 h, até atingirem peso constante, sendo pesadas em balança analítica (precisão de 0,0001 g). A biomassa foi expressa em g/cm², calculada pela divisão do peso seco pela área de superfície de cada porção do rizóforo. A frequência de ocorrência (F.O.) das espécies foi calculada com base na sua presença nos rizóforos amostrados.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificar a relação entre as variáveis bióticas (biomassa total) e abióticas, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP). A Análise de Variância (ANOVA) foi utilizada para testar as diferenças na biomassa entre os períodos sazonais, pontos amostrais e porções do rizóforo.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VARIAÇÕES AMBIENTAIS

Os parâmetros ambientais exibiram variações sazonais esperadas para um estuário tropical. A salinidade apresentou os maiores valores na estiagem (média de 32) e os menores no período chuvoso (média de 20), refletindo o aumento do aporte fluvial. De forma inversa, a transparência da água foi notavelmente maior no período chuvoso (média de 45 cm) em comparação com a estiagem (média de 28 cm), o que pode estar relacionado a condições hidrodinâmicas específicas durante a coleta, favorecendo a sedimentação de partículas. O pH manteve-se ligeiramente alcalino (7,6–7,8) e a temperatura da água foi mais baixa no período chuvoso (24°C), conforme apresentado na Tabela 1.

A concentração de nutrientes variou sazonalmente, com picos de amônia no período chuvoso, associados ao escoamento continental, enquanto fosfato e nitrato foram maiores na estiagem, possivelmente devido à menor diluição. Esses padrões são consistentes com outros estudos em estuários da região (Nascimento et al., 2020; Cavalcanti et al., 2022).

Tabela 1 - Análise dos nutrientes, coletados durante os períodos de estiagem (PE), transição (PT) e chuvoso (PC), no estuário do rio Tibiri, São Luís - MA.

Períodos Sazonais	Pontos amostrais	NH ₃ (mg. L ⁻¹)	NO ⁻² (mg. L ⁻¹)	NO ⁻³ (mg. L ⁻¹)	NT (mg. LN ⁻¹)	PO ₄ ⁻⁴ (mg. L ⁻¹)	PT (mg. LP ⁻¹)	SiO ₄ (mg. L ⁻¹)
PE	QP1	10,66	0,25	1,82	68,13	1,20	1,92	106,80
	QP2	7,99	0,24	9,31	60,34	0,72	2,22	77,42
PT	QP1	8,49	0,27	11,29	57,60	0,56	1,58	71,26
	QP2	6,66	0,38	7,82	58,47	0,86	1,72	86,95
PC	QP1	26,72	0,15	0,62	56,26	0,55	1,26	102,56
	QP2	13,57	0,35	1,37	51,68	0,35	1,65	140,81

Fonte: Própria autoria (2022).

3.2 COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE MACROALGAS

Foram identificadas cinco espécies de macroalgas: quatro Rhodophyta (*Bostrychia radicans* Montagne, *Bostrychia calliptera* Montagne, *Catenella caespitosa* (Withering) L.M.Irvine e *Caloglossa leprieurii* (Montagne) G.Martens) e uma Chlorophyta (*Rhizoclonium riparium* (Roth) Kutz. ex Harv.). A comunidade foi amplamente dominada pelas rodofíceas, o que é uma característica marcante da flora ficológica de manguezais em todo o mundo (Zucarello *et al.*, 2001).

As espécies do gênero *Bostrychia* e *C. caespitosa* foram consideradas muito frequentes, ocorrendo em 94,4%, 88,9% e 88,9% dos rizóforos analisados, respectivamente (Tabela 2). Essa tríade de espécies constitui o núcleo da associação “*Bostrychietum*”, indicando uma comunidade bem estabelecida e adaptada às condições de estresse do ambiente entremarés do mangue. Em contraste, *R. riparium* foi rara, ocorrendo em apenas 22,2% das amostras, um padrão também observado em outros manguezais brasileiros (FONTES *et al.*, 2017).

Tabela 2 – Frequência de Ocorrência (F.O.) das espécies de macroalgas em rizóforos de R. mangle no estuário do rio Tibiri, com base na presença (*) ou ausência (-) nos pontos (QP1, QP2) e períodos de coleta (PE: Estiagem; PT: Transição, PC: Chuvoso).

TÁXONS	PE		PT		PC		F.O
	QP1	QP2	QP1	QP2	QP1	QP2	
<i>Bostrychia radicans</i> (Montagne) Montagne	*	*	*	*	*	*	94,4%MF
<i>Bostrychia calliptera</i> (Montagne) Montagne	*	*	*	*	*	*	88,9%MF
<i>Caloglossa leprieurii</i> (Montagne) G.Martens	*	-	*	-	*	-	66,7%F
<i>Catenella caespitosa</i> (Withering) L.M.Irvine	*	*	*	*	*	*	88,9%MF
<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Kutz. ex Harv.	-	-	*	-	*	-	22,2%R

Fonte: Própria autoria (2022).

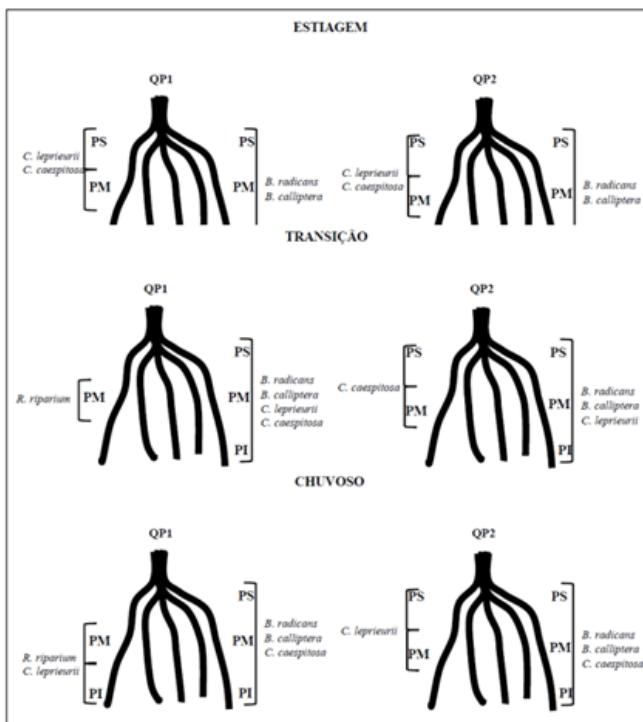
3.3 BIOMASSA E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL

O complexo *Bostrychia* (agrupando *B. radicans* e *B. Calliptera* devido à dificuldade de separação na biomassa) foi responsável pela maior parte da biomassa total ($0,207 \text{ g/cm}^2$), seguido por *C. caespitosa* ($0,061 \text{ g/cm}^2$) e *C. leprieurii* ($0,009 \text{ g/cm}^2$), sendo também visualizado nos estudos de Mendonça (2016) e Fontes *et al.* (2017).

A biomassa total foi significativamente maior durante o período chuvoso em comparação com os períodos de transição e estiagem. Este resultado, a princípio contraintuitivo, pode ser explicado pela maior transparência da água registrada durante a campanha chuvosa, que teria aumentado a disponibilidade de luz para a fotossíntese e, consequentemente, o crescimento algal. Esse resultado também foi observado por Cavalcanti *et al.*, (2022), que constatou que com a maior disponibilidade de luz e menor salinidade aumentava o número de células e biomassa do fitoplâncton.

A distribuição vertical das macroalgas ao longo dos rizóforos revelou padrões de zonação distintos (Figura 2). As espécies do gênero *Bostrychia* foram encontradas em todas as três porções (inferior, medial e superior) e em todos os períodos sazonais, demonstrando uma notável plasticidade e capacidade de tolerar uma ampla gama de condições de luz e tempo de emersão. Em contraste, *C. Caespitosa* e *C. Leprieurii* ocorreram predominantemente nas porções medial e superior, que recebem maior irradiância. *R. riparium*, quando presente, restringiu-se às porções medial e inferior, indicando menor tolerância à dessecação ou alta luminosidade.

Figura 2 – Esquema da distribuição vertical das espécies de macroalgas nas porções superior (PS), medial (PM) e inferior (PI) dos rizóforos nos pontos amostrais (QP1 e QP2) durante os períodos de estiagem, transição e chuvoso.

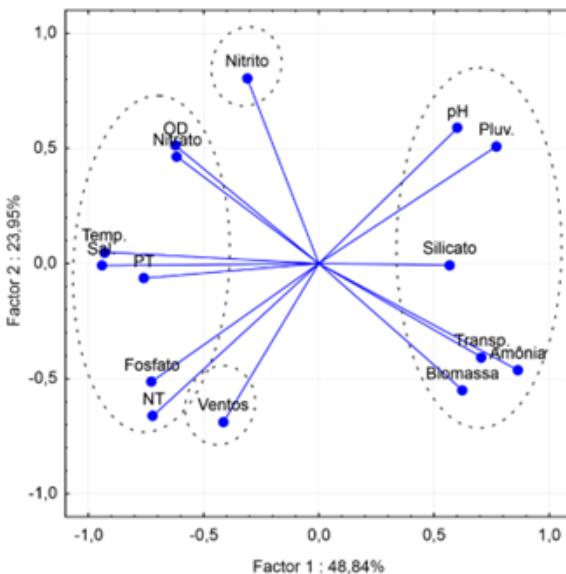


Fonte: Própria autoria (2022).

3.4 RELAÇÃO ENTRE A COMUNIDADE E AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

A Análise de Componentes Principais (ACP) explicou 72,79% da variação total dos dados nos dois primeiros eixos. O eixo 1 (48,84%) e o eixo 2 (23,95%) revelaram as principais relações entre as variáveis (Figura 3).

Figura 3 – Projeção bidimensional da Análise de Componentes Principais (ACP) para as variáveis bióticas (Biomassa) e abióticas no estuário do rio Tibiri.



Fonte: Própria autoria (2022).

A análise evidenciou um grupo de correlação positiva entre a biomassa algal, a pluviometria, a transparência da água, o pH e a amônia. A relação direta com a amônia, em particular, pode ser explicada pelo fato de que a elevação deste nutriente indica um forte aporte de matéria orgânica no ecossistema, conforme já documentado para a região (Azevedo; Feitosa; Koenig, 2008), atuando como um fator fertilizante.

Em oposição, um segundo grupo de variáveis (incluindo salinidade, temperatura, fosfato, nitrato total e oxigênio dissolvido) demonstrou uma relação inversamente proporcional com a biomassa. Isso indica que, à medida que essas variáveis aumentam, especialmente durante o período de estiagem, elas podem impor um estresse fisiológico que limita o crescimento algal.

Adicionalmente, os resultados aqui apresentados divergem dos encontrados por Carvalho (2018) em outro estuário da mesma baía, onde foi observada uma relação direta entre a temperatura da água com amônia e nitrogênio, e uma relação inversa com o pH. Essa diferença entre estudos em áreas próximas destaca como as dinâmicas e características hidroquímicas locais podem gerar respostas ecológicas distintas, reforçando a complexidade dos sistemas estuarinos.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comunidade de macroalgas associada aos rizóforos de *Rhizophora mangle* no estuário do rio Tibiri é dominada por espécies do filo Rhodophyta, compondo uma associação “Bostrychietum” típica de manguezais, o que sugere um ecossistema funcionalmente estruturado.

A biomassa e a distribuição das macroalgas são fortemente moduladas pela sazonalidade, com a transparência da água emergindo como um fator limitante chave para o crescimento algal, sobrepondo-se em importância à disponibilidade de nutrientes em determinados períodos.

As espécies *Bostrychia radicans* e *Bostrychia calliptera* demonstraram alta plasticidade ecológica, sendo capazes de colonizar toda a extensão vertical dos rizóforos, independentemente do período sazonal, o que as consolida como as espécies mais bem-sucedidas e resilientes neste ambiente.

Este estudo contribui para o conhecimento da ecologia ficológica em manguezais da costa norte do Brasil e reforça a importância de considerar as interações complexas entre fatores bióticos e abióticos em múltiplas escalas espaciais e temporais. Sugere-se para pesquisas futuras o monitoramento a longo prazo para validar os padrões sazonais aqui encontrados, bem como investigações sobre os efeitos de poluentes específicos na estrutura e fisiologia desta comunidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM-UEMA) pelo suporte e estrutura durante a pesquisa, bem como a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA pela bolsa de iniciação científica que proporcionou realizar esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. C. G. de; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, p. 870-877, 2008.

CARVALHO, R. C. Q. **Descritores ambientais da qualidade da água e comunidade fitoplancônica da baía de São José, Maranhão – Brasil.** 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado Oceanografia). Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2018.

CAVALCANTI, L. F. et al. Drivers of phytoplankton biomass and diversity in a macrotidal bay of the Amazon Mangrove Coast, a Ramsar site. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 22, n. 2, p. 251-262, 2022.

CORDEIRO-MARINO, M.; YAMAGUISHI-TOMITA, N.; GUIMARÃES, S. M. P. B. Algas. 1.3. Algas marinhas bentônicas. In: FIDALGO, O.; BONONI, V. L. R. (coords.). **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1984. Manual nº 4, p. 1-62.

CORRÊA, J. J. M. **Distribuição espaço-temporal de macroalgas associadas a pneumatóforos em um manguezal da costa norte do Brasil.** 2018. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

DINIZ, C. et al. Brazilian mangrove status: three decades of satellite data analysis. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, p. 808, 2019.

FONTES, K. A. A.; LISBOA, A. T.; CASTRO, R. D. S. Macroalgas aderidas em pneumatóforos de *Avicennia germinans* (L.) Stearn na praia de Boa Viagem, São José de Ribamar-Maranhão. **Acta tecnológica**, v. 11, n. 1, p. 33-45, 2017.

FONTES, K. A. A.; PEREIRA, S. M. B.; ZICKEL, C. S. Macroalgas do "Bostrychietum" aderido em pneumatóforos de duas áreas de manguezal do Estado de Pernambuco. **Iheringia - Série Botânica**, v. 62, p. 31-38, 2007.

FREITAS, F. R. de. **Riqueza e cobertura espaço-temporal de macroalgas e cianobactérias em manguezais do complexo estuarino de Paranaguá – PR**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de São Carlos, 2018.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. 2. ed. New York: Verlag Chemie, 1983.

MATOS, C. H. C.; OLIVEIRA, C. R. F. Macroalgas marinhas bentônicas na praia de Candeias, Jaboatão dos Guararapes - PE. In: CONGRESSO NORDESTINO DE ECOLOGIA, 8., 1999, Recife. **Resumos**... Recife, 1999. p. 104-105.

MELVILLE, F.; PULKOWNIK, A. Seasonal and spatial variation in the distribution of macroalgae in the Clyde River, Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 71, p. 683-690, 2007.

MENDONÇA, Inara Regina Wengratt. **Variação espacial da biomassa e composição do *Bostrychietum* em um estuário subtropical**. Monografia (Curso de Oceanografia). Universidade Federal do Paraná. 2016.

NASCIMENTO, J. E. F. do et al. Variação sazonal de parâmetros físico-químicos na porção estuarina do município de Raposa-MA. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 257-271, 2020.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64 p.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. Bulletin Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, v. 167, n. 2, p. 1-205, 1972.

ZUCARELLO, C. G. et al. Population structure and physiological differentiation of haplotypes of *Caloglossa leprieurii* (Rhodophyta) in a mangrove intertidal zone. **Journal of Phycology**, v. 37, n. 2, p. 227-235, 2001.

CAPÍTULO 19 - VARIAÇÃO ESPAÇO- TEMPORAL DO ZOOPLÂNCTON NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO DAS PRAIAS DO LITORAL NORTE DA ILHA DE SÃO LUÍS - MA

Yago Bruno Silveira Nunes¹
Ana Karoline Duarte dos Santos Sá²
Quedyane Silva da Cruz²
Bruna Oliveira Ferreira²
Taiza Pimentel Santos²
Marco Valério Janssen Cutrim²
Francinara Santos Ferreira²

¹Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

²Universidade Federal do Maranhão - UFMA

RESUMO

O presente trabalho visa indicar a composição dos grupos zooplânctônicos presentes nas praias de São Luís, Maranhão. As amostragens foram realizadas em seis campanhas sendo os meses de setembro, outubro e novembro/2015 e março, abril e maio/16, em sete pontos fixos. Considerando o ciclo lunar (sizígia) e o ciclo diário de maré (vazante). Os arrastos foram realizados com rede de plâncton (malha 120µm), nas praias perfazendo uma extensão com pontos de coleta que engloba desde o Espigão Costeiro até a praia do Araçagy. Após a coleta, as amostras foram fixadas em formol a 4%. A identificação foi realizada em uma alíquota de 10 ml do material coletado, em uma diluição em 50 ml de água destilada. Utilizando lupa e microscópio e obras literárias. Os índices ecológicos das praias, é possível perceber que não existe diferença significativa espacial e sazonal entre as comunidades zooplânctônicas. Dessa forma, sugerindo que a área de arrebentação deste estudo, são ecossistemas com grande abundância, composição e variedade de espécies, apresentando-se favorável ao desenvolvimento e permanência de todos os grupos zooplânctônicos, devido também aos parâmetros hidrológicos que se mostraram bem definidos nas praias.

Palavras-chaves: Zooplâncton, Praias, Sazonalidade, Índices Ecológicos.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui em sua zona costeira grande diversidade marinha (Isaac; Ferrari, 2016). Com isso, as praias arenosas possuem grande importância para essa diversidade de organismos e para determinar as mudanças ambientais (Nel *et al.*, 2014). Esses ambientes são considerados ecossistemas costeiros dinâmicos que exigem espaço para responder às mudanças ambientais promovidas pelas pressões naturais ou antropogênicas (Marshall *et al.*, 2014). As praias arenosas oceânicas, apesar de ocuparem uma estreita porção da superfície geral do planeta, abrangem a maior parcela da região costeira mundial assumindo uma importância socioeconômica e ambiental (Brown; Mclachlan, 1990).

Delimitada entre o externo da quebra das ondas e a linha de praia (Mclachlan *et al.*, 1989; Eskinazi-Sant'Anna, 2000; Brown; Mclachlan, 1990), a zona de arrebentação recebe a ação direta das ondulações geradas no oceano, sendo essa uma de suas importantes funções, pois é onde ocorrem a quebra das ondas incidentes e a dissipação de sua energia sobre a praia (Araújo; Ribeiro, 2008; Schwamborn *et al.*, 2001; Hoefel, 1995). Essa situação, disponibiliza matéria orgânica para coluna d'água permitindo uma maior decomposição bacteriana e o reaproveitamento dos nutrientes pelo fitoplâncton (Melo *et al.*, 2002; Rörig *et al.*, 1997), o que gera um ciclo em cadeia que promoverá o desenvolvimento de organismos zooplânctônicos e, consequentemente, da fauna em geral (Mclachlan *et al.*, 1981; Mclachlan; Erasmus, 1983). Segundo Azevedo-Cutrim *et al.* (2008) e Gama *et al.* (2011), os regimes de chuvosos em ecossistemas costeiros, contribuem para a produção primária fitoplânctônica e, com isso, afetam os outros níveis tróficos, onde a captura de organismos maiores,



como os peixes, relaciona um conjunto de fatores ecológicos, principalmente com relação ao desenvolvimento do corpo dos animais, o grau e a natureza da exploração das capturas (Nunes *et al.*, 2013). No litoral brasileiro, apesar das praias arenosas serem consideradas um dos ambientes de maior extensão, estudos que buscam entender o comportamento da comunidade zooplânctônica de zonas de arrebentação ainda são muito escassos ao contrário de outras regiões do mundo como África do Sul, Bélgica e Estados Unidos (McLachlan; Brown, 2006). No litoral maranhense, assim como em outros lugares do estado, existe um déficit de trabalhos com a utilização das comunidades zooplânctônicas na zona de arrebentação, por exemplo a cidade de São Luís, sua capital. Portanto, levando em consideração as lacunas no conhecimento existente e a importância do zooplâncton em áreas rasas de alta turbulência, este estudo busca documentar a comunidade zooplânctônica, de praias arenosas expostas localizadas no litoral maranhense.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA E COLETA DOS DADOS ABIÓTICOS E BIÓTICO

As coletas do zooplâncton foram realizadas na zona de arrebentação da porção litorânea ao norte da Ilha de São Luís - MA em sete pontos (Fig.1) durante os períodos sazonais: estiagem (setembro, outubro e novembro de 2015) e chuvoso (março, abril e maio de 2016) em maré vazante.

Figura 1. Mapa dos pontos amostrais da porção norte da Ilha de São Luís - MA.



Os pontos 01 e 02 estão localizados na praia da Ponta D'Areia ($02^{\circ} 30' 29''$ S e $44^{\circ} 19' 10''$ W), P02 ($02^{\circ} 29' 53''$ S e $44^{\circ} 18' 43''$ W), P03 - São Marcos ($02^{\circ} 29' 28''$ S e $44^{\circ} 17' 27''$ W), P04 - Calhau ($02^{\circ} 29' 53''$ S e $44^{\circ} 15' 20''$ W), P05 - Caolho ($02^{\circ} 28' 60''$ S e $44^{\circ} 13' 55''$ W), P06 - Praia do Meio ($02^{\circ} 28' 19''$ S e $44^{\circ} 12' 60''$ W) e o P07 - Araçagi ($02^{\circ} 27' 59''$ S e $44^{\circ} 11' 49''$ W). Vale ressaltar que nos dois últimos pontos, P06 e P07 a presença de muitas casas e bares a margem da praia com pontos de lançamento de esgotos domésticos/ou in natura.

As coletas foram realizadas através de arrastos na sub-superfície da coluna d'água com duração de 10 minutos, utilizando-se redes de plâncton cônico-cilíndricas com malha de abertura de 120 μm , sempre no sentido contrário a corrente de deriva para evitar evasão e fixação imediata com formalina a 4% neutralizada. Ao mesmo tempo foram obtidos dados de pH, temperatura e salinidade com uso de



uma sonda multiparamétrica Hanna. Para cada amostra foi retirada uma alíquota de 10ml para a contagem dos indivíduos na placa de Bogorov e, posteriormente, foram levados para o microscópio estereoscópico binocular. Com relação ao enquadramento taxonômico utilizaram-se os sistemas de classificação descritos por Bonecker (2006), Boltovskoy (1999) e Bradford-Grieve et al. (1999).

2.2 ANÁLISE DOS DADOS NUMÉRICOS E ESTATÍSTICOS

A estrutura da comunidade zooplânctônica foi analisada por meio de índices ecológicos clássicos. A diversidade foi estimada pelo índice de Shannon-Wiener (H'), que considera a proporção de indivíduos por espécie. A abundância relativa foi calculada conforme Hasle (1978), e a dominância, pelo índice de Simpson (1949), que avalia a representatividade de cada grupo em relação ao total de espécies. A riqueza específica seguiu Margalef (1958), considerando a razão entre o número de espécies e o total de indivíduos amostrados. Além disso, a equitabilidade, que mede a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies, foi calculada pelo índice de Pielou (1966), com base no valor de H' . A constância das espécies foi determinada conforme Dajoz (1983), classificando os táxons como constantes, acessórios ou acidentais, a partir da frequência de ocorrência nas amostras. Com relação aos dados estatísticos foi realizado uma Anova com o objetivo de obter a significância das análises usando dois fatores (two way), com um p de significância menor que 0.05.

3 RESULTADOS

3.1 PARÂMETROS ABIÓTICOS

A Tabela 1 apresenta os valores dos dados abióticos e bióticos obtidos no período estudado. A temperatura da água durante o período de estiagem registrou média de $28,43 \pm 0,75$ °C e no período chuvoso média de $29,48$ °C $\pm 1,21$. O pH na estiagem apresentou média de $8,69 \pm 0,16$ e no período chuvoso $8,03 \pm 0,22$. A turbidez no período de estiagem registrou média de $32,57 \pm 24,35$ NTU, já para o período de chuva a média registrada foi de $59,10 \pm 41,05$ (Tab. 1). Segundo o teste da ANOVA, as variáveis pH, temperatura, secchi e turbidez apresentaram diferença significativa entre os períodos sazonais, entretanto não houve diferença significativa espacial das variáveis ambientais entre os sete pontos analisados.

Tabela 1 – Resultados abióticos e bióticos obtidos nas praias do litoral norte de São Luís – MA, durante o período de 2015 a 2016.

Parâmetros	Estiagem				Chuvoso			
	Min	Max	Média	Desvio	Min	Max	Média	Desvio
Salinidade	30	35	32,48	1,83	25	34	28,48	3,09
pH	8,48	9,08	8,69	0,16	7,45	8,4	8,03	0,22
Temperatura (°C)	27	30	28,43	0,75	27	31	29,48	1,21
Turbidez	9	125	32,57	24,35	15	139	59,10	41,05
Abundância	1	533	175,10	150,46	8	473	177	130,46
Dominância	0,16	0,63	0,29	0,13	0,20	0,57	0,31	0,10
Diversidade	0,56	2,04	1,43	0,48	0,98	1,84	1,52	0,25
Riqueza	0,30	2,62	1,51	0,63	1,04	2,30	1,80	0,36
Equitabilidade	0,48	0,92	0,70	0,19	0,45	0,93	0,69	0,13

3.2 PARÂMETROS BIOLÓGICOS

A comunidade zooplânctônica esteve representada por 79 táxons, distribuídos em 10 filos, 14 classes, 14 ordens, 13 famílias, 7 gêneros e 10 espécies (Tab. 2). De acordo com o índice de constância, a co-

munidade zooplânctônica é constituída de 76,09% dos organismos enquadrados na categoria accidental, seguida de 13,04% de constantes e por fim, 10,87% foram determinados acessórios.

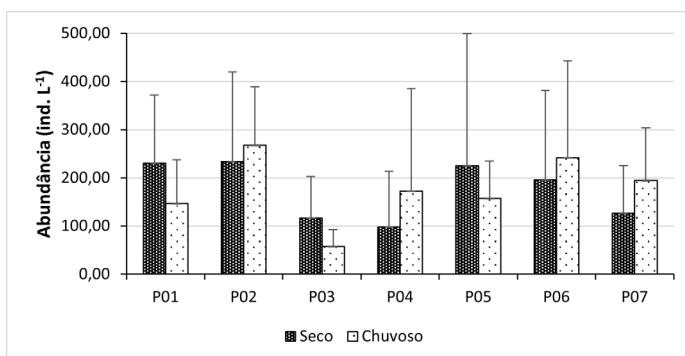
Tabela 2 – Sinopse taxonômica do zooplâncton ao longo das praias de São Luís – MA.

FORAMINIFERA	Ordem Cyclopoida Família Oithonidae <i>Oithona similis</i> Claus, 1863 <i>Oithona</i> sp.
Classe Globothalamea	
Ordem Rotaliida	
Família Rotaliidae	
<i>Ammonia beccarii</i> Linnaeus, 1758	
<i>Ammonia</i> sp.	
Classe Textulariina	
Ordem Textulariidae	
Família Textulariinae	
<i>Textularia gramen</i> D'Orbigny, 1846	
Ordem Globigerinidae	
Família Globigerina	
CNIDARIA	
Classe Hydrozoa	
Ordem Trachymedusae	
Ordem Anthoathecata	
Classe Hydromedusa	
MOLLUSCA	
Classe Gastropoda (veliger)	
Classe Bivalvia (Veliger)	
ANNELIDA	
Classe Polychaeta	
ARTHROPODA	
Classe Ostracoda	
Classe Maxillopoda	
Subclasse Copepoda	
Ordem Calanoida	
Família Acartidae	
<i>Acartia lilljeborgi</i> Giesbrecht, 1892	
<i>Acartia tonsa</i> Giesbrecht, 1892	
Família Pontellidae	
<i>Pontellopsis brevis</i> Giesbrecht, 1889	
Família Centropagidae	
<i>Centropages velificatus</i> Oliveira, 1947	
Família Paracalanidae	
<i>Paracalanus</i> sp.	
Família Temoridae	
<i>Temora turbinata</i> Dana, 1849	
<i>Temora</i> sp.	
RADIOLARIA	
CILIOPHORA	
Classe Spirotrichea	
Ordem Tintinnida	
CHAETOGNATHA	
Classe Sagittoidea	
Ordem Aphragmophora	
Família Sagittidae	
<i>Sagitta</i> sp.	
ECHYNODERMATA	
Classe Ophiuroidea	
Classe Echinoidea	
CHORDATA	
Classe Appendicularia	
Ordem Copelata	
Família Oikopleuridae	
<i>Oikopleura</i> sp.	

3.3 ÍNDICES ECOLÓGICOS DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

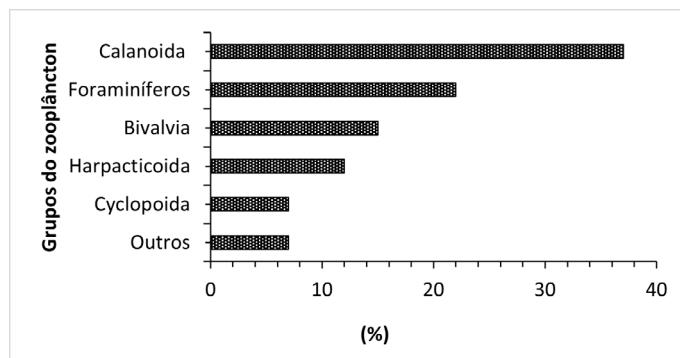
A abundância relativa dos grupos zooplânctônicos durante o período de estiagem registrou valor médio de $175,10 \pm 150,46$ ind. L^{-1} enquanto no período chuvoso foi de $177 \pm 130,46$ ind. L^{-1} (Tab. 2). Espacialmente, P02 registrou os maiores valores tanto no período de estiagem como de chuvoso, 234 ± 185 ind. L^{-1} e 268 ± 121 ind. L^{-1} , respectivamente. Os menores valores foram registrados em P04 no período de estiagem com $97,67 \pm 213$ ind. L^{-1} e em P03 para chuvoso com 58 ± 35 ind. L^{-1} (Fig. 2).

Figura 2. Abundância relativa dos grupos do zooplâncton identificados por ponto amostral e sazonalidade, registrados durante o período de 2015 a 2016.



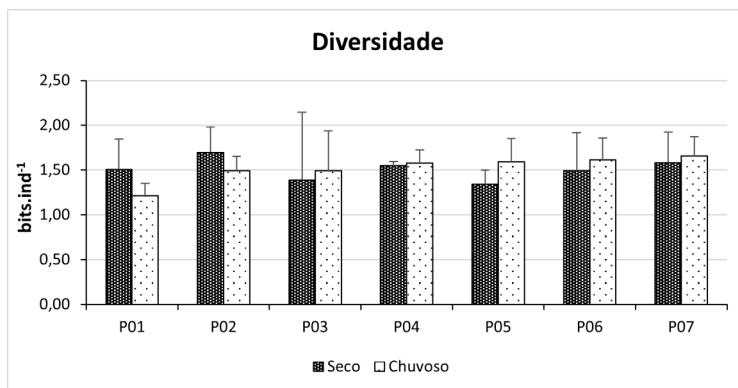
De acordo com o índice de dominância, os Copépodos da Ordem Calanoida foram os mais constantes com 37%, seguido dos Foraminíferos 22% e bivalves com representatividade de 15% (Fig. 3). Em termos sazonais, a dominância obteve variação de 0,01 a 0,63 tendo média de $0,29 \pm 0,13$ bits.ind $^{-1}$ durante a estiagem, e variação de 0,20 a 0,57 com média de $0,31 \pm 0,10$ bits.ind $^{-1}$ no período chuvoso (Tab.2).

Figura 3. Índice de dominância do zooplâncton identificados nas praias do litoral norte de São Luís – MA, durante o período de 2015 a 2016.



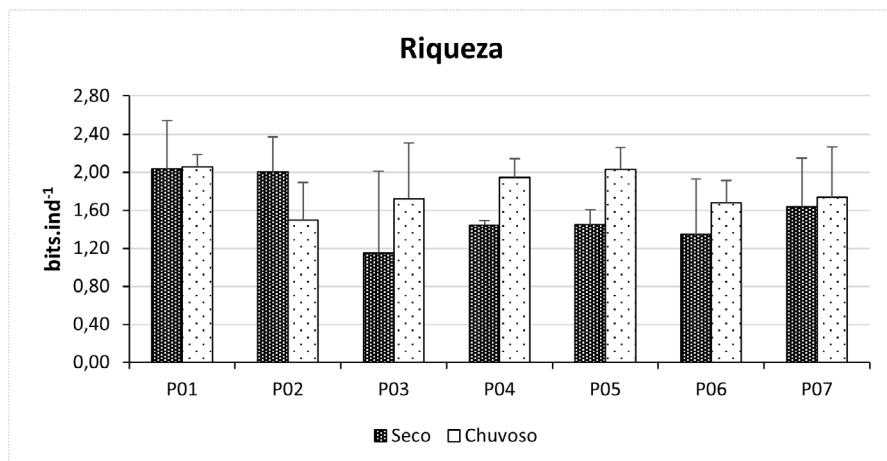
A diversidade dos grupos por período sazonal, teve valores máximos de 2,04 e mínimo de 0,01, obtendo assim, média de $1,43 \pm 0,48$ bits. ind⁻¹ para o período de estiagem. Para o período chuvoso, valor mínimo de 0,98 e máximo de 1,84 com média $1,52 \pm 0,25$ bits. ind⁻¹ (Tab.2). O ponto amostral com maior diversidade de organismos zooplânctônicos foi P02 com $1,70 \pm 0,28$ bits. ind⁻¹ para o período de estiagem e o P07 para o chuvoso com valor de $1,66 \pm 0,21$ bits. ind⁻¹ (Fig. 4).

Figura 4. Índice de diversidade do zooplâncton por ponto amostral e sazonalidade, registrados durante o período de 2015 a 2016.



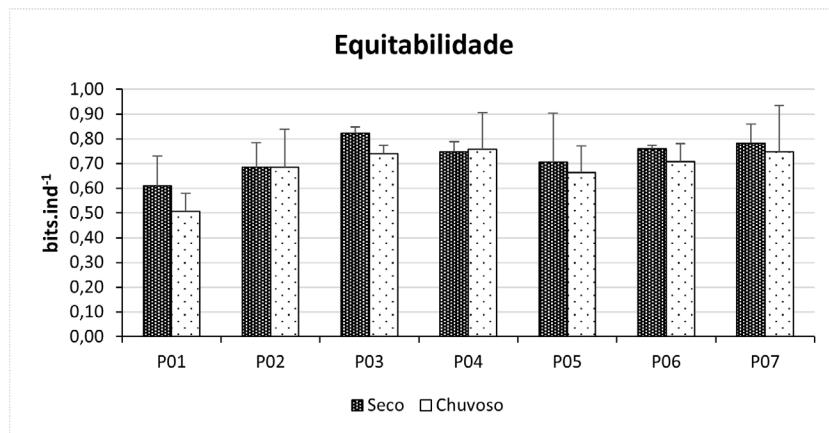
O índice de riqueza (Fig. 5) dos sete pontos amostrais teve como resultado mínimo durante a estiagem 0,01 e máximo de 2,62 com média de $1,51 \pm 0,63$ bits. ind⁻¹. No período chuvoso, o menor valor foi 1,04 e o maior 2,30 com média de $1,80 \pm 0,36$ bits. ind⁻¹ (Tab.2). Dentre os sete pontos amostrais, o P01 registrou os maiores valores tanto na estiagem como no período chuvoso, respectivamente $2,03 \pm 0,51$ bits. ind⁻¹ e $2,06 \pm 0,12$ bits. ind⁻¹.

Figura 5. Índice da riqueza do zooplâncton por ponto amostral e sazonalidade, registrados durante o período de 2015 a 2016.



Os resultados do índice de equitabilidade durante a estiagem apresentaram mínimo de 0,01 e máximo de 0,92 com média de $0,70 \pm 0,19$ bits. ind⁻¹, durante o período chuvoso, mínimo de 0,45 e máximo foi 0,93, com média de $0,69 \pm 0,13$ bits. ind⁻¹ (Tab.2). Em relação a distribuição espacial, a comunidade apresentou-se mais estável na estiagem em P03 com valor de $0,82 \pm 0,02$ bits. ind⁻¹ e no período chuvoso em P04 com $0,76 \pm 0,14$ bits. ind⁻¹. A maior instabilidade foi verificada em P01 tanto para o período chuvoso $0,51 \pm 0,07$ bits. ind⁻¹, como para a estiagem $0,61 \pm 0,12$ bits. ind⁻¹ (Fig. 6).

Figura 6. Valores de equitabilidade para a comunidade zooplânctônica por ponto amostral e sazonalidade, registrados durante o período de 2015 a 2016.



4 DISCUSSÃO

De acordo com o índice de dominância, foi possível identificar os grupos mais relevantes das praias, sendo eles, os Calanoidas, Foraminíferos, Bivalves, Harpacticoida e Cyclopoida. Tendo isso como base, o grupo zooplânctônico foraminífero apresenta propriedades para a indicação das variáveis físico-químicas dos ecossistemas aquáticos, suas conchas são sensíveis aos parâmetros de salinidade, pH e temperatura (Iwai, 2010; Vieira; Dantas, 2015). Sendo este um dos grupos mais dominantes durante todo o período sazonal, principalmente, com as espécies *Ammonia beccarii* e *Textularia gramen*. Enquanto isso, os Copépodos da Ordem Calanoida vivem livremente e quase todos passam sua vida inteiramente no plâncton, possuem pouco tempo de vida e através deles é possível identificar a qualidade da trofodinâmica das praias e auxiliam na ciclagem de nutrientes para os próximos níveis tróficos (Elmoor-Loureiro *et al.*, 2016; Paturej *et al.*, 2017).

Os valores máximos de diversidade da comunidade zooplânctônica para o litoral norte de São Luís registrado neste trabalho é considerado baixo, mas está de acordo com os relatos de Margalef (1995) e Boltovskoy (1999), de que a diversidade do plâncton é menor na costa do que nas regiões mais oceânicas e mínimas nos estuários. Contudo, tais resultados foram divergentes ao encontrado por Lucas *et al.* (2008) no estuário localizado no litoral norte de Pernambuco. A *Acartia lilljeborgi* foi a mais relevante desse grupo, pois é considerada indicadora de águas quentes o que justifica a sua aparição nos períodos sazonais (Lopes *et al.*, 1998; Sterza; Fernandez, 2006; Nascimento-Vieira *et al.*, 2010). Enquanto isso a espécie *Acartia tonsa* é muito diversificada nas praias brasileiras como mostra os levantamentos feitos pelos autores Leite *et al.* (2009) e Paranhos *et al.* (1998) demonstraram que essa espécie independe do período sazonal e revela ser importante para o desenvolvimento costeiro.

A baixa riqueza e diversidade no período de estiagem segundo Melo *et al.* (2004), causam uma grande influência nas comunidades dos Copépodos, que será sentida na qualidade da trofodinâmica aquática, em contrapartida, na época de chuva as consequências conseguem ser revertidas tornando novamente o ambiente em equilíbrio. Embora as regiões costeiras tenham influência de vários agentes, as ações antrópicas nessas áreas afetam o comportamento dos indivíduos do zooplâncton (Torreblanca *et al.*, 2016). Contudo, os resultados dos gráficos mostraram que as praias de São Luís estão, provavelmente, em equilíbrio ecológico. Tendo isso como base, de acordo com as análises estatísticas, a equitabilidade das regiões costeiras de São Luís mostrou homogeneidade da comunidade zooplânctônica, resultados esses similares aos encontrados pela autora Almeida *et al.* (2006), onde não obteve uma variância significativa durante os períodos sazonais.

5 CONCLUSÃO

A distribuição espaço-temporal da comunidade zooplânctônica nas sete praias urbanas da Ilha de São Luís - MA, se manteve constante sem muita variação. Com relação aos índices ecológicos, apresentaram pouca variação tanto sazonal como espacial, para todos os indivíduos, registrando também que o zooplâncton encontra condições favoráveis para seu desenvolvimento ao longo dos sete pontos amostrais.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao apoio e a bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor dada pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V.L.S.; LARRAZÁBAL, M.E.L.; MOURA, A.N.; MELO JÚNIOR, M. Rotifera das zonas limnética e litorânea do reservatório de Tapacurá, Pernambuco, Brasil. **Iheringia**, Sér. Zool., Porto Alegre, 96(4):445-451, 2006.

ARAÚJO, H.M.P.; RIBEIRO, V.A. Distribution of the Mesozooplankton at Continental Shelf Off Sergipe, Brazil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 36, n. 1-2, p. 1-13, ISSN: 1679-3013, 2008.

AZEVEDO-CUTRIM, A.C.G.; FEITOSA, F.A.N.; KOENING, M.L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta bot. bras.** 22(3): 870-877, 2008.

BOLTOVSKOY, D. **South Atlantic Zooplankton.** (Ed.) Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers, v.1/2, p.1706, 1999.

BONECKER, S. L. C. **Atlas de zooplâncton da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira.** Rio de Janeiro: Museu nacional, 234 p., 2006.

BRADFORD-GRIEVE, J. M.; MARKHASEVA, E. L.; ROCHA, C. E. F.; ABIAHY, B. **Copepoda.** In: South Atlantic Zooplankton. 860-1098p., 1999.

BROWN, A.C.; MCLACHLAN, A. **Ecology of Sandy Shores.** p. 165-187, Elsevier, Amsterdam, 328 p., 1990.

DAJOZ, R. **Ecologia geral.** Vozes, Petrópolis, 472p., 1983.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A.; MENDONÇA-GALVÃO, L. DE.; REID, J. W.; FERNANDES, L. F. L. **Avaliação dos Copépodos (Harpacticoida: Canthocamptidae, Parastenocarididae; Calanoida: Diaptomidae, Temoridae; Cyclopoida: Cyclopidae).** Cap. 7: p. 113-125. In: PINHEIRO, M.; BOOS, H. (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, RS, Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 466 p., 2016.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M. Zooplankton Abundance and Biomass in a Tropical Estuary (Pina Estuary-Northeast Brazil). **Trab. Oceanog.** Univ. Fed. PE, Recife, 28(1): 21- 34, 2000.

GAMA, L.R.M.; SOUSA, M.M.; ALMEIDA, I.C.S.; CARIDADE, E.O.; FERREIRA-CORREIA, M.M.; TERCEIRO, A.M. Microfitoplâncton das Baías do Golfão Maranhense e litoral oriental do Estado do Maranhão. **Boletim do Laboratório De Hidrobiologia**, 24(1):13-26, 2011.

HASLE, G. R. SETTLING. The inverted-microscope method. In: SOURNIA, A. ed. **Phytoplankton Manual**. Monographs on oceanographic methodology. Paris, UNESCO. v.6, p.88-96, 1978.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas: uma revisão bibliográfica**. Monografia, FURG, Rio Grande. 71 p., 1995.

ISAACA, V.J.; FERRARI, S.F. Assessment and management of the North Brazil Shelf Large Marine Ecosystem. **Environmental Development**. 2211-4645, 2016.

IWAI, F. S. **Assembleias de Foraminíferos planctônicos: implicações paleoceanográficas nos últimos 450.000 anos em teste-munhos do sudoeste do Atlântico Sul**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Oceanografia química e geológica, Universidade de São Paulo, 151p., 2010.

LEITE, N.R.; PEREIRA, L.C.C.; COSTA, R.M. Distribuição temporal do mesozooplâncton no furo Muriá, Pará, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 4, n. 2, p. 149-164, 2009.

LOPES, R. M.; VALE, R.; BRANDINI, F. P. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. **Rev. bras. oceanogr.** 46(2):195-211, 1998.

LUCAS, A.P.O.; SEVERI, W.; MELO-COSTA, W.; MELO-COSTA, W. Variação Sazonal Do Macrozooplâncton Do Estuário Do Rio Siriji, Litoral Norte De Pernambuco - Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 36, n. 1-2, p. 28-39, ISSN: 1679-3013, 2008.

MARGALEF, R. **Ecología**. Barcelona. Omega. 951p., 1995.

MARGALEF, R. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In BUZZATI-TRAVERSO, A.A. (Ed.). **Perspectives in marine biology**. Berkeley: University of California. p. 323-349, 1958.

MARSHALLA, F.E.; BANKS, K.; COOK, G.S. Ecosystem indicators for Southeast Florida beaches. **Ecological Indicators**. 4481-91, 2014.

MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T.; VAN DER HORST, G.; ROSSOUW G.; LASIAK, T.A.; MCGMYNNE, L. Sand beach energetics: an ecosystem approach towards a high energy interface. **Estuarine, Coastal, Shelf Science**, v. 13, p. 11-25, 1981.

MCLACHLAN, A. Dissipative Beaches and Macrofauna Communities on Exposed Intertidal Sands. **Journal of Coastal Research**, v. 6, n. 1, p. 57-71, 1989.

MELO, N.F.A.C. **Biodiversidade e Biomassa do Macrozooplâncton, com ênfase nos Copepoda (Crustacea) na Plataforma Continental Norte Brasileira**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 141p., 2004.

MELO, N.F.A.C.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SILVA, T.A.; SCHWAMBORN, R.; GUSMÃO, L.M.O. Zooplankton From The Maracajaú Reefs, Northeastern Brazil. **Tropical Oceanography**, Recife: v. 30, n. 2, p. 133-145, 2002.

NASCIMENTO-VIEIRA, D.A.; NEUMANN-LEITÃO, S.; PORTO NETO, F.F.; SILVA, T.A.; SILVA, A.P. Mesozooplâncton De Área Recifal Do Atlântico Sudoeste Tropical. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 38, n. 1, p. 47-59, ISSN: 1679-3013, 2010.

NEL, R.; CAMPBELL, E.E.; HARRIS, L.; HAUSER, L.; SCHOEMAN, D.S.; MCLACHLAN, A.; PREEZ, D.R.; BEZUIDENHOUT, K.; SCHLACHER, T.A. The status of sandy beach science: Past trends, progress, and possible futures. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 1501-10, 2014.

NUNES, T.R.S.; PAES BARRETO, T.M.S.; LARRAZÁBAL, M.E.L. Macrozooplâncton Das Cadeias Norte/Rocas/Noronha E Da Plataforma/Talude Sul Do Nordeste Do Brasil, Com Ênfase Em Crustacea Amphipoda. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 41, n. 1-2, p. 67-83, ISSN: 1679-3013, 2013.

PARANHOS, J. D. N.; PINTO, S. L. Informações preliminares sobre o zooplâncton e gastrópodes coletados no litoral do estado do Piauí, Taxonomia. **Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE**, Recife, 1998.

PATUREJ, E.; GUTKOWSKA, A.; KOSZAŁKA, J.; BOWSZYS, M. Effect of physicochemical parameters on zooplankton in the brackish, coastal Vistula Lagoon. **ScienceDirect**. 59, 49-56, 2017.

PIELOU, E.C. The measure of diversity in different types of biological collections. **Journal of theoretical Biology**, 13: p133-144, 1966.

RORIG, L. R.; RESGALLA JR, C.; PEZZUTO, P. R.; DOS S. ALVES, E.; MORELLI, F. Análise ecológica de um processo de acumulação da diatomácea *Annaulus* sp na zona de arrebentação da praia de navegantes (SC, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, v. 3: Ecologia de Praias Arenosas, Absalão, R. & Esteves, A. M. (eds), p. 29-43, Rio de Janeiro, 1997.

SCHWAMBORN, R.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SILVA, T.A.; SILVA, A.P.; EKAU, W.; SAINT-PAUL, U. Distribution And Dispersal Of Decapod Crustacean Larvae and Other Zooplankton In The Itamaracá Estuarine System, Brazil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 29, n. 1, p. 1-18, 2001.

SHANNON C.E. **The Mathematical Theory of Communication**. University Illinois Press, Urbana, p. 117, 1963.

SILVA, E. S.; SANTOS-WISNIEWSKI, M. J. Comunidade zooplânctonica de dois corpos d'água em uma área prioritária de conservação no município de Guaxupé - MG. **Periódico eletrônico: Fórum Ambiental da Alta Paulista**, vol. 12, nº 06. ISSN: 1980-0827, 2016.

SIMPSON, E.H. **Measurement of diversity**. Nature 163:688, 1949.

STERZA, J.M.; FERNANDES, L.L. Zooplankton Community of the Vitória Bay Estuarine System (Southeastern Brazil). Characterization During a Three-Year Study. **Brazilian Journal of Oceanography**, 54(2/3):95-105, 2006.

TORREBLANCA, M. L.; PÉREZ-SANTOS, I.; MARTÍN, B. S.; VARAS, E.; ZILLERUELO, R.; RIQUELME-BUGUEÑO, R.; PALMA, A. T. Seasonal dynamics of zooplankton in a northern Chile bay exposed to upwelling conditions. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. Vol. 51, Nº2: 273-291, 2016.

VIEIRA, F. S.; DANTAS, M. A. T. O protista foraminífero, bioindicador ambiental: uma abordagem para o ensino de ciências e biologia. **REB**. Volume 8(2): 267-282, 2015.

CAPÍTULO 20 - DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO- TEMPORAL DE POLYCHAETA EM PRAIAS ARENOSAS URBANIZADAS DO NORDESTE DO BRASIL: FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Marcos Eduardo Miranda Santos¹
Cláudia Costa e Silva¹
Andrea Christina Gomes de Azevedo-Cutrim¹

¹Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

RESUMO

Nos últimos anos, o uso de Polychaeta como indicadores de poluição marinha intensificou-se devido à sensibilidade desses organismos a variações ambientais e à sua presença significativa, em termos quantitativos e qualitativos, quando comparados a outros organismos da fauna bêntica. O objetivo deste estudo foi analisar a comunidade de Polychaeta em duas praias urbanizadas de São Luís – Maranhão (Brasil), com foco na distribuição espaço-temporal e na relação entre as espécies amostradas e possíveis contaminações, a fim de verificar se são adequadas para avaliação ambiental. As coletas de sedimento foram realizadas na zona entremarés das duas praias nos períodos seco (setembro e novembro/2015) e chuvoso (março e maio/2016). As amostras foram triadas para extração das espécies, que foram classificadas no menor nível taxonômico possível. Foram registrados os seguintes táxons: Lumbrineridae (*Scoletoma tetraura*), Nereididae (*Laeonereis culveri*) e Spionidae (*Scolelepis* sp.). A diversidade e abundância de Polychaeta foram maiores na Praia do Caolho. Nessas praias, o enriquecimento orgânico não se mostrou a variável determinante na estrutura da assembleia de Polychaeta. Estudos adicionais são necessários para ampliar o conhecimento sobre outras espécies da macrofauna nas áreas estudadas, comparando a riqueza entre microhabitats e estações, e assim elaborar estratégias de conservação para esses ecossistemas, além de testar a hipótese da influência do turismo nessa assembleia.

Palavras-chaves: Bentos; Bioindicadores; Poluição Marinha.

1 INTRODUÇÃO

Alterações ambientais de origem antrópica podem ter efeitos significativos sobre a biodiversidade e o funcionamento das praias arenosas (Veloso *et al.*, 2008). Os organismos bênticos, além de dominantes nesses ambientes, são sensíveis a distúrbios e, portanto, ferramentas úteis para o monitoramento do estado de conservação dessas áreas (Veloso *et al.*, 1997; Yong; Lim, 2009). Devido à baixa mobilidade, eles representam bem a área de coleta (Queirós *et al.*, 2013) e, por seu ciclo de vida relativamente curto, alta diversidade biológica e estreita associação com os sedimentos, desempenham papel importante nos ecossistemas aquáticos (Schratzberger; Ingels, 2018).

Nos últimos anos, aumentou o número de estudos utilizando comunidades bênticas em avaliações ambientais (Amaral *et al.*, 1998; Gesteira; Dauvin, 2000; Blankensteyn, 2006; Mangion *et al.* 2017; Bonanno, Orlando-Bonaca, 2018; Santos; Ferreira, 2019). O uso de Polychaeta como indicadores de poluição marinha intensificou-se devido à sensibilidade a distúrbios e sua expressiva presença em termos quantitativos e qualitativos, quando comparados a outros organismos bênticos, como moluscos e crustáceos (Amaral *et al.*, 1998; Feres *et al.* 2008). Além disso, a coleta desses organismos pode ser feita com equipamentos de baixo custo e sem necessidade de instrumentos técnicos sofisticados (Maia *et al.* 2001).

Algumas espécies de Polychaeta são altamente tolerantes à poluição e ao estresse por baixo oxigênio, como ocorre durante processos de enriquecimento orgânico (Reish, 1986; Amaral *et al.*, 1998; Elias *et al.* 2004, 2005; Dean, 2008). Outras, porém, não toleram condições hipóxicas ou anóxicas criadas pela decomposição intensifi-

cada e pela produção de sulfeto de hidrogênio (Amaral *et al.*, 1998). Desse modo, avaliar a estrutura das comunidades de Polychaeta e seus padrões espaço-temporais é importante para o monitoramento da qualidade ambiental de ecossistemas costeiros.

No Brasil, praias arenosas sofrem crescentes modificações devido à ocupação desordenada e ao turismo, com ausência de planejamento ambiental adequado e pouca infraestrutura de saneamento básico (Oliveira; Nicolodi, 2012; Scherer, 2013; Klumb-Oliveira; Souto, 2015; Obraczka *et al.*, 2017; Seixas *et al.*, 2018). A costa de São Luís (MA), em especial, apresenta qualidade da água comprometida pela ausência de sistemas adequados de coleta e tratamento de esgoto. Águas marinhas recebem efluentes domésticos e industriais lançados de forma irregular em rios e riachos, que deságuam no mar (Santos *et al.* 2005).

Nesse sentido, considerando a importância da fauna bêntica para o biomonitoramento e a gestão costeira, este estudo avaliou a estrutura da comunidade de Polychaeta em duas praias urbanizadas, com foco na distribuição espaço-temporal, no efeito da variabilidade ambiental (incluindo teor de matéria orgânica como indicador de carga de nutrientes) e na ocorrência de cada táxon.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

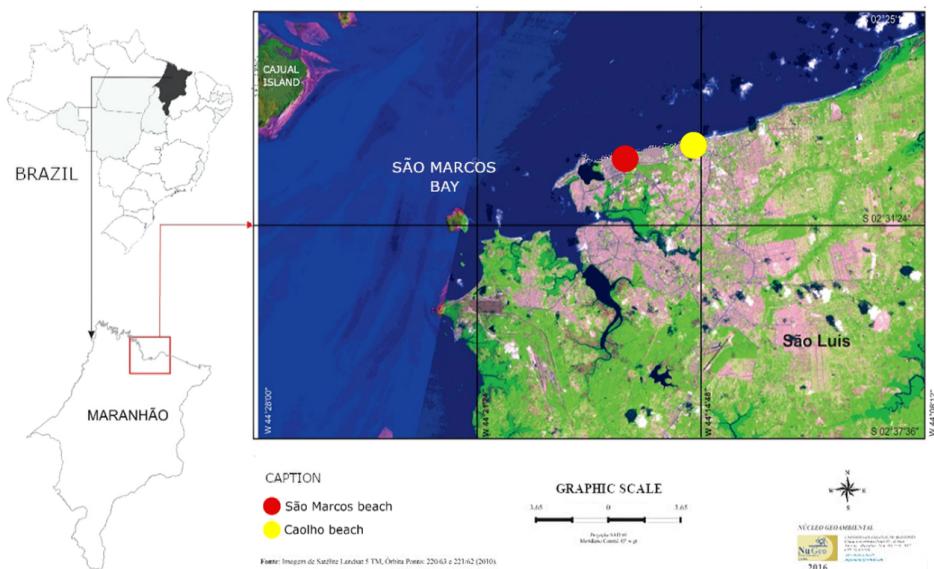
2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Ilha de São Luís ($02^{\circ}23'00''$; $02^{\circ}47'00''$ S e $44^{\circ}00'29''$; $44^{\circ}24'29''$ O), localizada no centro do Golfão Maranhense e na costa norte do estado do Maranhão, Nordeste do Brasil (Figura 1), possui uma área



de 1.453 km²; e separa as baías de São José, a leste (que recebe os rios Itapecuru e Munim), e de São Marcos, a oeste (que recebe os rios Mearim, Pindaré e Grajaú)(Rios, 2001). Para esse estudo, foram selecionadas as praias de São Marcos (02°29'01" S; 44°16'74" O) e do Caolho (02°29'03" S; 44°15'11" O), ambas localizadas no setor norte da cidade de São Luís e distantes cerca de 6,7 km entre si (Figura 1). As duas praias são urbanizadas e situadas em áreas sem programas de saneamento básico, sujeitas, portanto, à contaminação por efluentes domésticos. Há descarte de resíduos sólidos próximo a quiosques, e efluentes de residências e bares são lançados continuamente na faixa praial (Masullo, 2016; Maranhão, 2020).

Figura 1. Área de estudo: Praia de São Marcos e do Caolho, São Luís, Maranhão, Brasil.



2.2 COLETA DE DADOS

As coletas foram realizadas na zona entremarés de cada praia nos meses de setembro e novembro de 2015 (estação seca) e março e maio de 2016 (estação chuvosa), durante marés baixas de sizígia, conforme Tábua de Marés (DHN 2015, 2016). Foram delimitadas três zonas (distantes 50 m entre si), perpendiculares à linha da praia: A (mesolitoral superior), B (mesolitoral intermediário) e C (mesolitoral inferior). Em cada zona, foram coletadas três amostras de sedimento (distanciadas 10 m) com um cilindro de PVC (10 cm de diâmetro × 20 cm de profundidade), totalizando nove amostras por praia.

Temperatura, salinidade e pH da água intersticial foram medidas in situ com sonda multiparâmetros HANNA HI-9828, a partir de uma réplica escolhida aleatoriamente por zona, em cada mês de amostragem. Para análise granulométrica e de matéria orgânica, foi coletada uma amostra de sedimento por zona em cada praia e mês, processada no Laboratório de Estudos de Oceanografia Geológica da Universidade Federal do Maranhão (LEOG/UFMA), conforme Walkley e Black (1934) e Suguio (1973).

As amostras biológicas foram peneiradas em campo com malha de 0,5 mm. Os organismos foram acondicionados em frascos plásticos, anestesiados com cloreto de magnésio a 7%, fixados em formal a 4% e preservados em álcool 70%. No Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha da UEMA, os Polychaeta foram observados sob estereomicroscópio e identificados no menor nível taxonômico possível, com base em Fauchald (1977), Uebelacker; Johnson (1984) e Amaral; Nonato (1996).



2.2.1 Análise de Dados

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste de Levene. As variáveis ambientais da água intersticial foram comparadas por uma ANOVA bifatorial, considerando efeitos aditivos e de interação entre estação (seca e chuvosa) e local (Caolho e São Marcos). A estrutura da comunidade foi comparada por uma PERMANOVA bifatorial (praias e períodos sazonais), considerando a densidade total (ind/m²). O valor de p foi obtido pelo método de randomização de Monte Carlo, com 9.999 permutações.

A influência das variáveis ambientais na ocorrência e distribuição de Polychaeta foi avaliada por Análise de Correspondência Canônica (CCA), com o mesmo número de réplicas para dados ambientais (intersticiais e sedimentares) e biológicos. Variáveis com valores nulos ou próximos de zero foram descartadas. Os dados foram transformados em log(x+1).

As análises foram realizadas segundo Clarke; Ainsworth (1993), Clarke; Warwick (1994) e Anderson *et al.* (2008), com os softwares Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (PAST v.4.02; Hammer *et al.* 2020) e Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research (PRIMER v.6, Clarke *et al.* 2014).

3. RESULTADOS

3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Durante os quatro meses de coleta, a salinidade variou de 22 a 34 ($\bar{X} = 29,75 \pm 5,43$); a temperatura variou de 27 a 32 °C ($\bar{X} = 29,25 \pm 2,21$ °C) e o pH variou de 7,45 a 8,85 ($\bar{X} = 8,22 \pm 0,62$). Não houve variação significativa em nenhuma das variáveis ambientais entre as praias, entre as estações ou na interação entre fatores (Tabela 1). O substrato foi caracterizado predominantemente como areia fina, com alto teor de matéria orgânica (Tabela 2).

Tabela 1. ANOVA bifatorial para variáveis da água intersticial entre locais (praias do Caolho e São Marcos) e estações (seca e chuvosa)

Fonte	Salinidade				Temperatura				pH				
	GL	Ms	F	p	Ms	F	p	Ms	F	p	Ms	F	p
Praias	1	2	0,1	0,76	2	0,38	0,57	0,005	0,04	0,83			
Estações	1	32	1,7	0,26	0,5	0,09	0,77	0,29	2,49	0,18			
Interação	1	0,5	0,02	0,87	2	0,38	0,57	0,01	0,14	0,72			
Resíduos	4	18,75			5,25			0,11					
Total	7												

Nota: "GL" = Grau de Liberdade. "MS" = Quadrado médio.

Tabela 2. Classificação granulométrica das praias do Caolho e São Marcos durante as estações seca e chuvosa (classificação de Wentworth, 1992; grau de seleção de Folk e Ward, 1957).

	Praia do Caolho		Praia de São Marcos	
	Estação seca	Estação chuvosa	Estação seca	Estação chuvosa
Sedimento	Areia fina	Areia fina	Areia fina	Areia fina
Seleção	Bem selecionado	Bem selecionado	Moderadamente selecionado	Bem selecionado
Areia fina (%)	90,42	96,29	95,05	92,92
Areia média (%)	6,8	3,14	4,7	6,76
Areia grossa (%)	0,98	0	0,25	0,32
Argila (%)	0	0	0	0
Silte (%)	1,8	0,57	0	0
Matéria orgânica (%)	28	30	33	32

3.2 DADOS BIOLÓGICOS

Durante o período de estudo, foram amostrados 91 indivíduos, sendo 38 na estação seca e 53 na estação chuvosa. Na Praia de São Marcos, todos os 24 espécimes pertenciam à mesma espécie: *Laeonereis culveri* (Webster, 1879), da família Nereididae. Na Praia do Caolho, foram coletados 67 espécimes, distribuídos em três famílias, cada uma com uma única espécie: *Scoletema tetraura* (Schmarda 1861), da família Lumbrineridae, *Scolelepis* sp., da família Spionidae e *L. culveri*. Em ambas as praias, apenas o mesolitoral superior (Zona A) apresentou Polychaeta (Tabela 3). A PERMANOVA indicou variação significativa apenas na composição entre as praias (Tabela 4).

Tabela 3. Abundância absoluta (Ab.Ab.), relativa (Ab.Rel.%) na estação seca (Ab.Seca) e na estação chuvosa (Ab.Chuva) das espécies de Polychaeta amostradas nas praias.

	Família	Espécie	Ab.Ab.	Ab.Rel. (%)	Ab.Seca	Ab.Chuva
Praia de São Marcos	Nereididae	<i>Laeonereis culveri</i>	24	26,37	9	15
Praia do Caolho	Lumbrineridae	<i>Scoletoma tetraura</i>	16	17,58	11	5
	Nereididae	<i>Laeonereis culveri</i>	48	52,74	18	30
	Spionidae	<i>Scolelepis</i> sp.	3	3,29	0	3

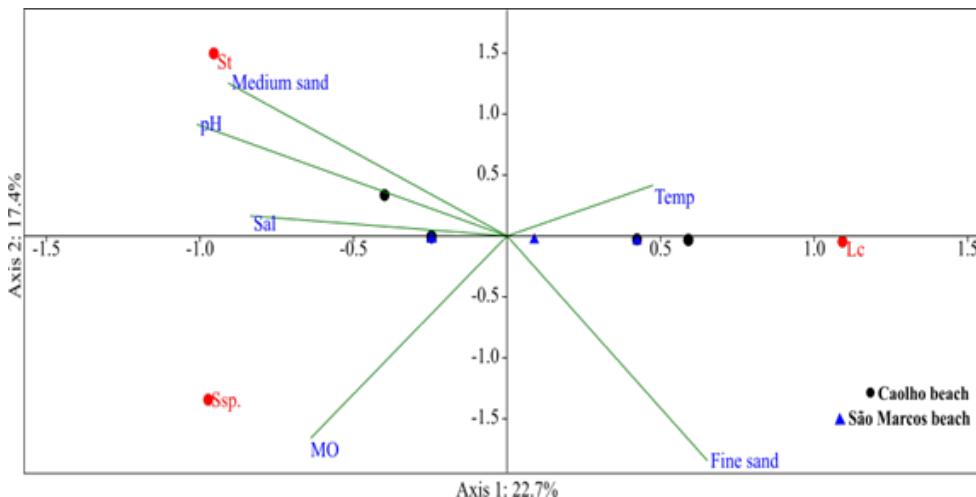
Tabela 4. Resultados da PERMANOVA para diferenças na estrutura da assembleia de Polychaeta entre locais (praias) e estações (seca e chuvosa). Valores significativos encontram-se em negrito.

Fonte	GL	MS	Pseudo-F	p
Praias	1	0,22	0,85	0,04
Estações	1	0,03	0,14	0,87
Interação	1	0,02	0,08	0,95
Resíduos	20	0,27		
Total	23			

Nota: "GL" = Grau de Liberdade. "MS" = Quadrado médio.

Na Análise de Correspondência Canônica (CCA), o Eixo 1 explicou cerca de 22,7% da variação, devido ao predomínio da fração de areia fina, que gerou um forte gradiente no eixo. *Scolelepis* sp. apresentou maior relação com matéria orgânica e associação negativa com temperatura. *S. tetraura* relacionou-se positivamente com pH, salinidade e areia média na Praia do Caolho. *L. culveri* apresentou relação positiva com areia fina e temperatura e negativa com salinidade (em ambas as praias) e matéria orgânica (Figura 2).

Figura 2. Análise de Correspondência Canônica entre variáveis ambientais, abundância de espécie e praias amostradas. St – *Scoletoma tetraura*; Lc – *Laeonereis culveri*; Ssp. – *Scolelepis* sp.; Sal – Salinidade; Temp – Temperatura; MO – Matéria orgânica. Medium sand – Areia média; Fine sand – Areia fina; Caolho beach – Praia do Caolho; São Marcos beach – Praia de São Marcos.



4 DISCUSSÃO

Os resultados indicam locais com alto teor de matéria orgânica e baixa densidade e riqueza de Polychaeta das famílias Lumbrineridae, Nereididae e Spionidae, quando comparados a outras praias da região (Coelho-Costa, 2007; Feres *et al.*, 2008; Cutrim, 2017; Tavares-Cutrim *et al.* 2018).

O grau de seleção do sedimento é um fator importante na abundância e distribuição de organismos bênticos. Nos locais amostrados, o sedimento foi classificado como moderadamente a bem selecionado (mais homogêneo), o que pode influenciar a estrutura da comunidade local de Polychaeta, já que sedimentos mal ou muito mal selecionados tendem a abrigar maior diversidade de espécies devido ao aumento da heterogeneidade e à criação de vários microhabitats (Omena; Amaral 1997; Capitoli; Bemvenuti 2004; Zalmon et al. 2013). Além disso, o baixo esforço amostral, em comparação aos estudos citados, pode ter influenciado os baixos valores de densidade e riqueza.

Os altos percentuais de matéria orgânica nas praias do Caolho e de São Marcos estão fortemente relacionados ao enriquecimento orgânico, provavelmente resultante da intensa urbanização da orla de São Luís, da ausência de saneamento básico e da baixa qualidade da água do mar. Esta baixa qualidade é evidenciada pela existência de pontos impróprios para banho desde 2015, quando a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais iniciou o monitoramento das praias (Maranhão, 2020).

Além da contribuição antrópica, a proximidade dessas praias com ambientes estuarinos e manguezais também influencia o aporte de material fino e particulado, rico em matéria orgânica, ao sistema intersticial. Em quantidades muito elevadas, isso pode levar a processos de enriquecimento que prejudicam a fauna devido à depleção de oxigênio (Gray; Pearson, 1982; Rosenberg et al., 1992).

A espécie *Laeonereis culveri* correlacionou-se positivamente com a temperatura e negativamente com a salinidade e a matéria orgânica. Essa espécie é conhecida por sua tolerância a variações de temperatura e salinidade (Pettibone, 1971). No entanto, a CCA

revelou correlação negativa entre *L. culveri* e matéria orgânica, sugerindo que o aumento desta pode limitar seu crescimento populacional, o que não era esperado para um potencial indicador de contaminação.

O gênero *Scolelepis* inclui espécies depositívoras associadas a áreas com enriquecimento orgânico e impróprias para banho (Amaral *et al.*, 1998; Vieira *et al.*, 2012). No entanto, apesar da CCA ter mostrado correlação positiva com matéria orgânica, sua abundância total foi muito baixa (três indivíduos), possivelmente devido ao pisoteio por visitantes, mais intenso na Praia de São Marcos (Machado *et al.*, 2017).

A espécie *Scoletoma tetraura* é registrada em diferentes tipos de substrato e pode ser associada à resistência à poluição, como efluentes domésticos (Del Pilar Russo *et al.*, 2008) e contaminação por óleo (Raz-Guzmán, 2000). Isso pode explicar a ausência de correlação clara com matéria orgânica neste estudo.

Os Polychaeta ocorreram apenas no mesolitoral superior, onde o tráfego de veículos é menor e o sedimento menos compactado (Serra; Farias Filho 2019). Temporalmente, houve maior abundância no período chuvoso, quando o risco de dessecação é menor devido à maior frequência de precipitações (Viana *et al.*, 2005).

Neste estudo, a baixa diversidade e abundância de Polychaeta parecem estar associadas a outros fatores que não o enriquecimento orgânico, como impactos relacionados ao turismo, incluindo: alteração da paisagem natural, aumento do volume de resíduos, remoção de detritos naturais ou antrópicos depositados pela maré, e pisoteio.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstra que, nas praias do Caolho e de São Marcos, o efeito real da urbanização se manifesta na alteração da composição e abundância das espécies de Polychaeta, mais do que em um efeito direto de enriquecimento orgânico. Entretanto, a hipótese de que o turismo influencia negativamente a assembleia de Polychaeta não foi testada neste trabalho e deve ser investigada em estudos futuros.

São necessários mais levantamentos sobre outros grupos da macrofauna bentônica nas áreas estudadas, comparando a riqueza entre microhabitats e estações do ano, para que se possam elaborar estratégias de conservação adequadas para esses ecossistemas.



REFERÊNCIAS

AMARAL, A. C. Z.; NONATO, E. F. **Anelídeos poliquetos da costa brasileira: características e chave para famílias**; glossário. 2. ed. Brasília, DF: CNPq/Coordenação Editorial, 1996. 124 p.

AMARAL, A. C.; MORGADO, E. H.; SALVADOR, L. B. Poliquetas bioindicadores de poluição orgânica em praias paulistas. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, n. 2, p. 307-316, 1998.

ANDERSON, M. J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. **PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods**. Plymouth: PRIMER-E, 2008.

BLANKENSTEYN, A. O uso do caranguejo maria-farinha *Ocypode quadrata* (Fabricius) (Crustacea, Ocypodidae) como indicador de impactos antropogênicos em praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 3, p. 870-876, 2006. DOI: 10.1590/S0101-81752006000300034.

BONANNO, G.; ORLANDO-BONACA, M. Perspectives on using marine species as bioindicators of plastic pollution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 137, p. 209-221, 2018. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.10.018.

CAPITOLI, R. R.; BEMVENUTI, C. E. Distribuição batimétrica e variações de diversidade dos macroinvertebrados bentônicos da plataforma continental e talude superior no extremo sul do Brasil. **Atlântica**, v. 26, n. 1, p. 27-43, 2004.

CLARKE, K. R.; AINSWORTH, M. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. **Marine Ecology-Progress Series**, v. 92, p. 205-219, 1993.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Plymouth: NERC, 1994. 187 p.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N.; SOMERFIELD, P. J.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. 3. ed. Plymouth: PRIMER-E, 2014.

COELHO-COSTA, C. M. **Distribuição espacial e temporal dos macrozoobentos de habitats entre-marés do canal da Raposa, Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil.** 2007. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2007.

CUTRIM, A. S. T. **Composição e distribuição da macrofauna benthica da região entremarés da Raposa, Maranhão, Brasil.** 2017. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Departamento de Biologia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2017.

DEAN, H. K. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. **Revista de Biología Tropical**, v. 56, n. 4, p. 11-38, 2008.

DEL PILAR RUSO, Y. et al. Efecto del vertido de águas residuales en el poblamiento de poliquetos en San Pedro del Pinatar. In: CONGRESO DE LA NATURALEZA DE LA REGIÓN DE MURCIA Y I SURESTE IBÉRICO, 4., 2008, [S. l.]. **Actas...** [S. l.: s. n.], 2008. p. 345-354.

DHN. DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO DA MARINHA DO BRASIL. **Previsão de marés.** 2015. Disponível em: <http://www.marinha.mil.br/dhn/chm/boxprevisao-mare/tabuas/index.htm>. Acesso em: 19 mar. 2015.

DHN. DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO DA MARINHA DO BRASIL. **Previsão de marés.** 2016. Disponível em: <http://www.marinha.mil.br/dhn/chm/boxprevisao-mare/tabuas/index.htm>. Acesso em: 19 mar. 2016.

ELIAS, R. et al. Macrobenthic distribution patterns at a sewage disposal site in the inner shelf off Mar del Plata (SW Atlantic). **Journal of Coastal Research**, Fort Lauderdale, v. 20, p. 1176-1182, 2004. DOI: 10.2112/03-0020R.1.

FAUCHALD, K. **The polychaete worms: definitions and keys to the orders, families and genera**. Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles/University of Southern California/Allan Hancock Foundation, 1977. 190 p.

FERES, S. J. C.; SANTOS, L. A.; TAGORI-MARTINS, R. M. C. Família Nereidae (Polychaeta) como bioindicadora de poluição orgânica em praias de São Luís, Maranhão Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 21, p. 95-98, 2008.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957. DOI: 10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D.

GESTEIRA, J. G.; DAUVIN, J. C. Amphipods are good bioindicators of the impact of oil spills on soft-bottom macrobenthic communities. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 11, p. 1017-1027, 2000. DOI: 10.1016/S0025-326X(00)00046-1.

GRAY, J. P.; PEARSON, T. H. Objective selection as sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. **Marine Ecology Progress Series**, v. 9, p. 111-119, 1982.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2020.

KLUMB-OLIVEIRA, L. A.; SOUTO, R. D. Gerenciamento costeiro integrado no Brasil: análise do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e de instrumentos selecionados com base em parâmetros internacionais. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 15, n. 3, p. 311-323, 2015. DOI: 10.5894/rgci531.

MACHADO, P. M. et al. Tourism impacts on benthic communities of sandy beaches. **Marine Ecology**, v. 38, n. 4, e12440, 2017. DOI: 10.1111/maec.12440.

MAIA, L. P. et al. Dynamics of coastal dunes at Ceará state, Northeastern Brazil: Dimensions and migration rate. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 34, p. 11-22, 2001. DOI: 10.32360/acmar.v34i1-2.11647.

MANGION, M. et al. Assessment of benthic biological indicators for evaluating the environmental impact of tuna farming. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 12, p. 5797-5811, 2017. DOI: 10.1111/are.13403.

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Balneabilidade**. 2020. Disponível em: <https://www.sema.ma.gov.br/legislacao/?tp=6&pchave=&envio=1>. Acesso em: 28 dez. 2020.

MASULLO, Y. A. G. Evolução do processo de urbanização e alterações ambientais na praia de São Marcos, São Luís-MA. **Revista Espaço e Geografia**, v. 19, n. 2, 2016.

OBRACZKA, M. et al. Analysis of coastal environmental management practices in subregions of California and Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 33, n. 6, p. 1315-1332, 2017. DOI: 10.2112/JCO-ASTRES-D-15-00239.1.

OLIVEIRA, M. R. L. D.; NICOLODI, J. L. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla: Uma análise sob a ótica do poder público. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 12, n. 1, p. 89-98, 2012.

OMENA, E. P.; AMARAL, A. C. Z. Distribuição espacial de Polychaeta (Annelida) em diferentes ambientes entremarés de praias de São Sebastião (SP). In: ABSALÃO, R. S.; ESTEVES, A. M. (ed.). **Ecologia de praias arenosas do litoral brasileiro**. Rio de Janeiro: Oecologia brasiliensis, 1997. p. 183-196.

PETTIBONE, M. H. Revision of species referred to Leptonereis, Nicon, and Laeonereis (Polychaeta: Nereididae). **Smithsonian Contributions to Zoology**, Washington, n. 104, p. 1-53, 1971.

QUEIRÓS, A. M. et al. A bioturbation classification of European marine infaunal invertebrates. **Ecology and Evolution**, v. 3, p. 3958-3985, 2013. DOI: 10.1002/ece3.769.

RAZ-GUZMÁN, A. Crustáceos y Poliquetos. In: LANZA ESPINO, G.; HERNÁNDEZ PULIDO, S.; CARBAJAL-PÉREZ, L. (ed.). **Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación: (Bioindicadores)**. México: Editorial Plaza y Valdés, 2000. p. 265-308.

REISH, D. J. Benthic invertebrates as indicators of marine pollution: years of study. **Marine Ecology Progress Series**, Oldendorf, v. 63, n. 2, p. 163-175, 1986.

RIOS, L. **Estudos de Geografia do Maranhão**. 3. ed. São Luís: Editora Graphis, 2001.

ROSENBERG, R.; LOO, L.-O.; MOLLER, P. Hypoxia, salinity and temperature as structuring factors for marine benthic communities in an eutrophic area. **Netherlands Journal of Sea Research**, v. 30, p. 121-129, 1992. DOI: 10.1016/0077-7579(92)90051-F.

SANTOS, I. R. et al. Influence of socio-economic characteristics of beach users on litter generation. **Ocean & Coastal Management**, v. 48, p. 742-752, 2005. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2005.08.006.

SANTOS, M.; FERREIRA, C. Influência de variáveis ambientais na macrofauna bentônica de praias arenosas. *Ciência e Natura*, v. 41, e5, 2019. DOI: 10.5902/2179460X34849.

SCHERER, M. Gestão de praias no Brasil: subsídios para uma reflexão. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 13, n. 1, p. 3-13, 2013. DOI: 10.5894/rgci358.

SCHRATZBERGER, M.; INGELS, J. Meiofauna matters: the roles of meiofauna in benthic ecosystems. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 502, p. 12-25, 2018. DOI: 10.1016/j.jembe.2017.01.007.

SEIXAS, C. S. et al. Collaborative coastal management in Brazil: Advancements, challenges, and opportunities. In: **Viability and sustainability of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean**. Cham: Springer, 2019. p. 425-451.

SERRA, J. S.; FARIAS FILHO, M. S. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 46, n. 1, p. 07-24, 2019. DOI: 10.5380/raega.v46i1.52552.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher: EDUSP, 1973. 318 p.

TAVARES-CUTRIM, A. S. et al. Structure of a polychaete community in a mangrove in the northern coast of Brazil. **Acta Biológica Colombiana**, v. 23, n. 3, p. 286-294, 2018. DOI: 10.15446/abc. v23n3.67245.

UEBELACKER, J. M.; JOHNSON, P. G. **Taxonomic guide to the polychaetes of the northern Gulf of Mexico**. Louisiana: Minerals Management Service, U.S. Department of Interior, 1984. 7 v.

VELOSO, V. G.; CARDOSO, R. S.; FONSECA, D. B. Adaptações e biologia da macrofauna de praias arenosas expostas com ênfase nas espécies da região entre-marés do litoral fluminense. **Oecologia Brasiliensis**, v. 3, p. 135-154, 1997.

VELOSO, V. G. et al. Responses of talitrid amphipods to a gradient of recreational pressure caused by beach urbanization. **Marine Ecology**, v. 29, p. 126-133, 2008. DOI: 10.1111/j.1439-0485.2008.00222.x.

VIANA, M. G.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; HIJO, C. G. Macrofauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da praia de Paracuru (Ceará-Brasil). **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 9, n. 1, p. 75-82, 2005.

VIEIRA, J. V. et al. Human impact on the benthic macrofauna of two beach environments with different morphodynamic characteristics in southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n. 2, p. 135-148, 2012. DOI: 10.1590/S1679-87592012000200004.

WALKLEY, A.; BLACK, J. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, p. 377-392, 1922.

YONG, A. Y. P.; LIM, S. S. L. The potential of *Ocypode ceratophthalma* (Pallas, 1772) as a bioindicator of human disturbance on Singapore beaches. **Crustaceana**, v. 82, n. 12, p. 1579-1597, 2009. DOI: 10.1163/001121609X12530988607470.

ZALMON, I. R. et al. The distribution of macrofauna on the inner continental shelf of southeastern Brazil: The major influence of an estuarine system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 130, p. 169-178, 2013. DOI: 10.1016/j.ecss.2013.03.001.

AUTORES

ABILENE ESPINDOLA CORREIA

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Possui experiência na área de Educação Ambiental, com atuação em projeto desenvolvido pelo Herbario Rosa Mochel (UEMA), voltado para práticas de sensibilização e valorização da biodiversidade. Atua também em estudos relacionados ao desenvolvimento de metodologias educativas para o ensino sobre a Aids, buscando estratégias didáticas que favoreçam a conscientização e a aprendizagem em saúde.

Email: espindola.abilene@gmail.com



ANA KAROLINE DUARTE DOS SANTOS SÁ

É licenciada em Ciências Biológicas pela UEMA, mestre em Sustentabilidade de Ecosistemas pela UFMA e doutora em Oceanografia pela UFPE. Atua na ciência maranhense com foco em ecologia do fitoplâncton, qualidade da água, eutrofização e impactos antrópicos em estuários. Desenvolve pesquisas sobre intrusão salina, florações algais e uso de machine learning na avaliação ambiental. É professora e orientadora em instituições como UEMA e IFMA. Sua produção científica contribui para a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros amazônicos.

Email: karoldduarte@yahoo.com.br



ANA VIRGÍNIA GOMES DE OLIVEIRA

Graduada em Medicina Veterinária e em Ciências Biológicas - Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), tendo experiência na área de biologia marinha.

Email: oliveira.vih@hotmail.com



ANDREA CHRISTINA GOMES DE AZEVEDO CUTRIM

É licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas, graduada em Tecnologia de Alimentos, Mestre em Biologia Vegetal, Doutora em Oceanografia e coordenadora do Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/UEMA). Desenvolve projetos de pesquisa e extensão universitária com foco em Biologia Marinha, Tecnologia de Alimentos e Recursos Hídricos. Atualmente é professora Associado I da Universidade Estadual do Maranhão e coordenadora do ProfAgua/UEMA - Mestrado em Recursos Hídricos.

Email: andreacgazevedo@uol.com.br



ANGÉLICA SANTOS LIMA

Graduação em Enfermagem pelo UNIESF e em Ciências Biológicas - Licenciatura pela UEMA. Especialista em Atenção Primária com Ênfase na Estratégia Saúde da Família, Urgência e Emergência, Saúde dos Povos Indígenas (DNA), UTI (UNIESF), Sustentabilidade (UEMA). Membro do grupo de pesquisa e extensão NEABI/IFMA. Experiência em Saúde Coletiva, Saúde da Mulher, Sistemas de notificação (SINAN, SIM, SINASC), Educação Inclusiva, TEA e Altas habilidades.

Email: angellykasl@hotmail.com



ANTÔNIA JORDÂNIA OLIVEIRA CASTRO

Antônia Jordânia Oliveira Castro é licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e mestra em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos na mesma instituição. Desenvolve projetos de extensão com ênfase na promoção da igualdade de gênero e na inserção feminina na ciência. Possui experiência em práticas educativas no ensino básico e na produção de materiais de divulgação científica.

Email: jordaniacastro05@gmail.com



ANTONIO RONNILSON DIAS CARNEIRO SÁ

Possui graduação em Engenharia Ambiental (2018) e Técnico em Meio Ambiente (2005), com sólida experiência em gestão e processos ambientais. Atua em licenciamento e regularização ambiental, elaboração e implementação de programas e políticas ambientais, gestão de indicadores de desempenho, além de ministrar palestras e treinamentos. Possui expertise em controle da poluição, gestão de resíduos sólidos, recursos hídricos e saúde ocupacional, incluindo monitoramento e análise físico-química da água, gerenciamento de poços (artesianos e semiartesianos) e execução de procedimentos de descarbonização. Experiência também em elaboração de relatórios técnicos, inspeções, padronização de processos e gestão de conformidade ambiental.

Email: ronnilsondias@yahoo.com.br



BRUNA OLIVEIRA FERREIRA

Bacharela em Ciências Biológicas pela UFMA e mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGC&Tamb, UFMA), com pesquisa sobre microplásticos em ambientes aquáticos. Atuou no LAMA/CERMANGUE com projetos em Educação Ambiental e Recuperação de Manguezais. Possui experiência em monitoria de unidades de conservação e em ações de educação ambiental. Interessa-se por ecologia, biologia marinha, monitoramento ambiental, biodiversidade e educação ambiental.

Email: brunaferreira008@gmail.com



BRUNO DE SOUZA BARRETO

Biólogo, possui mestrado em Ecologia e Evolução e doutorado em Ciências Ambientais. Ambos pela Universidade Federal de Goiás. Tem experiência na área de Ecologia, Métodos Quantitativos em Biologia da Conservação e Macroecologia. Ultimamente tem atuado em microbiologia do solo, fitocologia de ambientes costeiros, análises de Carbono Azul de manguezais e docência em bioestatística.

Email: bruno.barreto@ufma.br





CELIANE GONÇALVES DA SILVA

Graduada em Pedagogia e Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (Uema). Possui formação Técnica em meio Ambiente pela instituição CEMP - MA. Especialista em Educação Especial Inclusiva pela Uema e em Gestão Escolar e Coordenação Pedagógica pela FAIVENI. Atualmente exerce a função de professora de Educação Infantil da rede pública municipal de São Luís.

Email: celianegs7@gmail.com



CHRISTYÉLEN CAMPOS SOUZA

Graduada em Ciências Biológicas- Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (UEMA). Atua nas áreas de ecologia, meio ambiente e biologia marinha.

Email: E-mail: christyelencampos@gmail.com



CLAUDIA MARIA DA COSTA E SILVA

Assessora Técnica na Assessoria Especializada na Articulação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão (desde 2021). Mestre em Engenharia do Ambiente, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real - Portugal (2020). Especialista em Engenharia Ambiental, Universidade CEUMA, São Luís, Maranhão - Brasil (2016). Graduada em Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real - Portugal(2003).

Email: xxxxxxxxxxxxxxx



CRISTIANE EVERTON SANTOS DA SILVA

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e pós-graduanda em Ensino em Biociências pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG). Experiência em sala de aula como professora de Ciências no Colégio Batista do estado do Pará.

Email: evertong077@gmail.com



CRISTINE FERNANDA DA SILVA COSTA

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA e mestranda do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (UEMA). Atua nas áreas de educação, meio ambiente e biologia marinha.

Email: cristinefernandas@gmail.com



DANIEL SANTOS LEMOS

Graduando de Ciências Biológicas - Bacharelado. Trabalhou no projeto de conservação da avifauna silvestre na APA da região do Maracanã, do LABMORFIA. Foi voluntário no projeto Macroalgas Marinhas em Paço do Lumiar - MA, do laboratório LBVM. Atualmente é bolsista de Extensão no projeto Um Mar de Conhecimento e Diversão, do LBVM.

Email: XXXXXXXXXX



DANIELLE STEPHANE CAMPOS SOUZA

Licenciada em Ciências Biológicas com especializações em Educação do Meio Ambiente e Consultoria do Ambiente Aquático, Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Pesquisadora no Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha - LBVM/UEMA, com projetos envolvendo o estudo da dinâmica do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos. Tem experiência em avaliação do ambiente aquático.

Email: dannystephane@gmail.com



DAVI VIEGAS MELO

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão e Mestre em Parasitologia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente, integra o Laboratório de Fisiologia de Insetos Hematófagos, onde desenvolve pesquisas com flebotomíneos, vetores do agente etiológico da leishmaniose.

Email: d.viegasmelo@gmail.com



EDVANE GOMES DE ALMEIDA

Especialização em Gestão e Educação Ambiental pela UFMA. Graduada em Ciências Biológicas pela UEMA. Técnica em Meio Ambiente pela UEMA.

Email: edvanealmeida401@gmail.com



FERNANDA FERREIRA DE OLIVEIRA MIRANDA

possui Licenciatura em Ciências Biológicas pela UEMA.

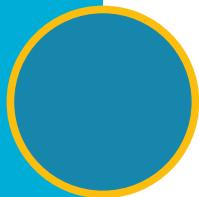
Email: fernandaferreiradeoliveira@hotmail.com



FRANCINARA SANTOS FERREIRA

É licenciada em Ciências Biológicas pela UEMA e mestre em Sustentabilidade de Ecosistemas Aquáticos e Terrestres pela UFMA. Com experiência no estudo do fitoplâncton marinho e de águas continentais pelos grupos de pesquisa do Plâncton do LBVM/UEMA e LabFic/UFMA em projetos executados na área portuária do Itaqui e na Baía de São Marcos - MA, visando o monitoramento ambiental destas áreas. Na docência presta serviços à UEMA em disciplinas na área de Biologia Geral e Botânica pelos Programas Darcy Ribeiro e Ensinar, além da Secretaria Municipal de Ensino de São Luís (SEMED).

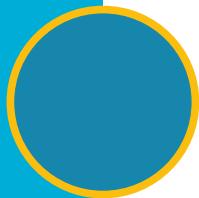
Email: cinarasf_bio@yahoo.com.br

**GABRIEL FELIPE SERRA DE SOUSA**

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Email: gfeserra@gmail.com**GABRIELLE DINIZ SILVA**

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Foi bolsista de Iniciação Científica (PIBIC/FAPEMA), desenvolvendo pesquisas voltadas à Biologia Marinha. Durante a graduação, participou de eventos acadêmicos e integrou grupos de pesquisa. Interessa-se por diversas áreas da ciência, com destaque para a biologia, onde encontra motivação e inspiração para seus estudos.

Email: rxxxxxxxxxxxx**IOLANDA KAROLINE BARROS DOS SANTOS ROCHA**

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

Email: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx**ISABEL CRISTINA VIEIRA CORRÊA**

Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (Uema), com especializações em Educação Especial/Inclusiva pela Uema e Microbiologia pela FAVENI. Atua na área acadêmica, na Faculdade Edufor de São Luís.

Email: isabel88926065@gmail.com**ÍTALLO CRISTIAN DA SILVA DE OLIVEIRA**

Doutorando em Ciências no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), na linha de Química na Agricultura e no Ambiente. Mestre em Ecologia da Conservação e Biodiversidade (PPGECB/UEMA), com foco em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Pesquisador no Laboratório de Ecotoxicologia do CENA/USP, atuando com Nanotoxicologia em organismos não-alvo.

Email: itallo0006cristian@gmail.com

IZAHELEN BARBOSA DE OLIVEIRA

Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), com ênfase na Botânica. Trabalhou com plantas aquáticas no Parque Nacional da Chapada das Mesas e com macroalgas no manguezal em Paço do Lumiar - MA. Ao final do curso, possui como objetivo final trabalhar como Perita Criminal/Ambiental.

Email: XXXXXXXX



JALISSON DE SOUSA ALVES

Graduado em Ciências Biológicas Licenciatura pela UEMA, com especialização em Ciências da Natureza, suas Tecnologias e o Mundo do Trabalho pela UFPI. Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade pela UEMA. Membro colaborador no Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/UEMA). Desenvolve ações de Ensino, Pesquisa e Extensão em Ecologia e Educação Ambiental.

Email: jalissonsalves22@gmail.com



JEAN LUCAS COSTA REIS

Acadêmico de Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Natural de Minas Gerais, desenvolve suas atividades no Laboratório de Parasitologia Humana. Seu trabalho envolve pesquisas voltadas à compreensão das doenças parasitárias. Atualmente, atua também na área de Educação em Saúde, promovendo conscientização e prevenção junto à comunidade.

Email: jean.lucas.16032005@gmail.com



JÉSSICA RAMOS SOUSA

Graduanda do curso de Ciências Biológicas Bacharelado pela Universidade Estadual do Maranhão. Experiência prática em pesquisa e conservação de quelônios aquáticos, atuando como estagiária no Projeto Quelônios Aquáticos do Maranhão, da Universidade Federal do Maranhão. Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Extensão (PIBEX).

Email: jessicasousa.uema@gmail.com



JOÃO PEDRO DE OLIVEIRA DO NASCIMENTO

Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Técnico em nível médio em Agropecuária pelo Instituto Federal do Maranhão – Campus Maranã, possui experiência em projetos ligados à sustentabilidade, bioeconomia e recuperação de áreas degradadas. Atua na Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais, no setor de Economia Verde.

Email: joaopedro_oliveira2018@hotmail.com





JONAS MOTA MEIRELES

Possui Graduação em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão -UEMA(2023) e Especialista em Metodologias do Ensino de Ciências e Biologia pela Universidade Leonardo Da Vinci - UNIASSELVI(2024).

Email: meirelesjonas72@gmail.com



JÚLIA ISABELLE DOS SANTOS FREIRE

Licenciada em Ciências Biológicas pela UEMA, com especializações em Ensino, Planejamento e Gestão Docente pela LABORO e em Microbiologia Clínica e Ambiental pelo CEUMA. membro voluntário, o Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha. Membro colaborador do Laboratório de Biomarcadores em Organismos Aquáticos em ações de Educação ambiental. Atua como professora de Ciências e Biologia no Ensino Fundamental II e Médio.

Email: belle99freire@gmail.com



JULIANA DE MENESSES FERREIRA

Graduada em Ciências Biológicas, com pós-graduação em Gestão e Educação Ambiental pela UFMA e especialização em andamento em Sustentabilidade pela UEMA. Atua na gestão e coordenação de um Parque Ambiental e em iniciativas sociais voltadas ao desenvolvimento territorial em uma rede privada.

Email: jumenesesf@gmail.com



KÊNIA SIMONE CAMARGO FIGUEIREDO

Graduanda em Ciências Biológicas na Universidade Estadual do Maranhão e Biomedicina - Faculdade Anhanguera. É integrante do grupo de pesquisa e extensão do Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha, e monitora e pesquisadora integrante ao grupo de pesquisa do Laboratório de Parasitologia Humana da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Tem experiência em pesquisa e extensão universitária nas áreas de Epidemiologia, Educação em Saúde e Meio Ambiente.

Email: simonecamargo01608@gmail.com



LARISSA CRISTINA MACHADO DA SILVA

Graduanda em Ciências Biológicas na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Foi bolsista no Herbario Rosa Mochel(UEMA), atuando no levantamento de espécies arbóreas da REBIO do Gurupi. Atualmente, é bolsista no Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha da UEMA, atuando em pesquisa científica com foco na comunidade fitoplanctônica, analisando sua diversidade, ecologia e potencial como bioindicadora.

Email: larissacristina710@gmail.com



LEONARDO RODRIGUES DUTRA

Graduado em Ciências Biológicas Licenciatura - UEMA, Especialista em Ciências da Natureza, suas tecnologias e o mundo do Trabalho - UFPI, Graduando em Direito - UFMA.

Email: leonardo.rdutra@gmail.com



LÍDIA LUANE DE LUCENA LISBOA

Graduanda em Ciências Biológicas - Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

Email: lidialisboa.lucena014@gmail.com



LISANA FURTADO CAVALCANTI LIMA

Possui Licenciatura em Ciências Biológicas pela UEMA, Mestrado em Oceanografia pela UFMA e Doutorado em Oceanografia pela UFPE. Realiza pesquisa nas áreas de Oceanografia, Ficologia, Ecologia e Educação e atua como pesquisadora colaboradora de projetos com ênfase em ecologia fitoplanctônica, qualidade da água e monitoramento de regiões portuárias da costa maranhense. Atualmente é professora e integra os laboratórios das instituições IFMA, UEMA e UFMA.

Email: lisana.cavalcante@hotmail.com



LUÍSA LARISSA MORAES E MORAES

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão, com especializações em Metodologias Ativas, Docência em Ensino Superior e Neuroeducação. Atua como professora da educação básica e é fluente na língua inglesa.

Email: prof.luisamoraes@gmail.com



LUIZ IVAN DUTRA DA CRUZ

Graduado em Ciências Biológicas - Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Foi bolsista pelo Grupo de Pesquisa de Biologia e Ambiente Aquático (Bio-Aqua/UEMA), estudando biomarcadores genotóxicos em peixes para avaliar impactos ambientais no Lago Açu, na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense. Atualmente, é professor no Instituto Estadual de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA), em São Luís.

Email: ivan.dutra98@gmail.com





MARCO VALÉRIO JANSEN CUTRIM

Graduado em Ciências Biológicas (UFMA, 1987), Mestre em Botânica (UFRPE, 1990) e Doutor em Ciências Biológicas (USP, 1998). Professor Titular da UFMA e docente permanente dos programas de pós-graduação PPGCTAMB, ProfÁqua e PPGECEB/UEMA. Atua em Gestão de Recursos Hídricos, Ecologia Aquática e Oceanografia Biológica (Planctologia). Desenvolve pesquisas sobre plâncton marinho e estuarino, indicadores biológicos e monitoramento ambiental. Tem explorado aplicações de inteligência artificial na gestão dos recursos hídricos.

Email: marco.cutrim@ufma.br



MARCOS PAULO SILVA ROCHA

Possui Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão-UEMA (2023). Especialista em Ciências da Natureza e suas Tecnologias pela Universidade Federal do Piauí-UFP (2023) e Metodologias de Ensino de Ciências Biológicas pela Universidade Leonardo Da Vinci - UNIASSELVI(2024). Mestrando em Educação Inclusiva pela Universidade Estadual de Ponta Grossa-UEPG.

Email: marcospssrocha@gmail.com



MARCOS FELIPE SILVA DUARTE

Mestre em Educação pelo Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual do Maranhão (PPGE/UEMA), Especialista em Docência no Ensino Superior pelo Instituto IDAAM, Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão. Professor de Ciências da Rede Municipal de Ensino de São Luís - MA.

Email: duartiifelipe@hotmail.com



MARCOS EDUARDO MIRANDA SANTOS

Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestre em Ambientometria pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Mestre em Oceanografia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Especialista em Docência para a Educação Profissional e Tecnológica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES). Especialista em Ciências Ambientais e Análises Ambientais pelo Instituto Graduarter em Gestão Ambiental pelo Centro Universitário Cidade Verde. Especialista em Análise de Dados e Inteligência Artificial pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Graduado em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

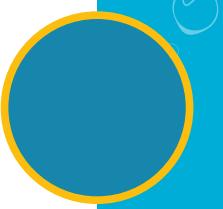
Email: markoseduardo2008@hotmail.com



MARIA CLARA CABRAL CORRÊA

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Mestranda em Ecologia e Conservação da Biodiversidade pela Universidade Estadual do Maranhão.

Email: clarim.marla.08@gmail.com



MARIANA MARQUES FARIA

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

Email:xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

MAURICIO SANTOS DA SILVA



possui Licenciatura em Ciências Biológicas pela UEMA, Especialização em Biologia Vegetal(Faculdade Bookplay) e Informática na Educação(IFMA), Mestrado em Botânica pelo INPA. Realizou pesquisas nas áreas de Botânica, Fitogeografia, Ficologia, Ecologia, Modelagem de Nicho Ecológico e Educação. Já atuou como coordenador técnico pedagógico do ensino fundamental e professor do IEMA e Rede Educa Mais do Maranhão. Atualmente é professor da educação básica do Maranhão no ensino fundamental anos finais (Ciências) no SESI Araçagy e ensino médio (Biologia) na Rede Estadual (C. E. Santa Teresa).

Email:xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

NÁGELA GARDÊNIA RODRIGUES SANTOS



É licenciada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário do Maranhão (UniCEU-MA), especialista em Educação Ambiental e Gestão Participativa de Recursos Hídricos pelo IFMA, mestre em Saúde e Ambiente pela UFMA, e doutoranda da Rede Bionorte no programa de Pós- Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia pela UFMA. Atua principalmente nas seguintes áreas: fitoplâncton marinho e estuarino, diatomáceas de sedimento, taxonomia e ecologia da comunidade fitoplantônica, atualmente em pesquisa na área de Ecotoxicologia aquática. Foi docente em dois grandes programas de formação de professores na UEMA (Programa Darcy Ribeiro e Programa Ensinar).

Email: nagelagardenia@gmail.com

NILZIRAN NUNES PINTO



é Graduada em Pedagogia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA (2013), Especialista em gestão e Planejamento Educacional (2014) pelo Instituto de Ensino Superior Franciscano- IESF. Licenciada em Ciências Biológicas (2023) - UEMA e Especialista em Metodologia de ensino de Ciências e Biologia e Educação Especial Inclusiva pelo Centro Universitário Leonardo Da Vinci (2024).

Email: nilzavickmatheus@hotmail.com

PEDRO NETO DE SOUSA SILVA



Graduando em Engenharia de Pesca. Técnico em Alimentos. Bolsista do Laboratório de Tecnologia do Pescado (LABTEP) e Colaborador do Laboratório de Biologia e Vegetação Marinha(LBVM). Desenvolve trabalhos de Desenvolvimento Tecnológico, Ensino, Extensão e Pesquisa com Foco em Implementação de Cianobactérias e Algas na Elaboração de Produtos Funcionais e Aproveitamento de Resíduos de Pescados para Alimentos.

Email: pnetodesousasilva@gmail.com



QUEDYANE SILVA DA CRUZ

Bacharel e Mestre em Oceanografia pela UFMA e atualmente doutoranda em Oceanografia pela UFPE. Atua em pesquisas nas áreas de Oceanografia Biológica e Oceanografia Química, com foco em ecologia da comunidade planctônica de água doce e estuarina e sua relação com variáveis ambientais. Trabalha também com monitoramento ambiental, análises químicas para avaliação da qualidade da água e geoprocessamento em SIG. Seu trabalho contribui na gestão de recursos hídricos e conservação dos serviços ecossistêmicos dos ambientes marinhos/costeiros.

Email: quedyane.cruz@ufpe.br



RAISSA NYRA DA SILVA BATISTA

Possui graduação em Ciências Biológicas Licenciatura pela UEMA, especialização em Informática na Educação pelo IFMA. Atualmente é bolsista de Apoio à Inclusão do IFMA campus São José de Ribamar. Tem experiência na área de educação inclusiva.

Email: raissanyra15@gmail.com



RAYAN RUBENS DA SILVA ALVES

Graduado em Ciências Biológicas – Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), é Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação Interunidades em Biotecnologia da Universidade de São Paulo (USP) e Doutorando em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, também da USP.

Email: rayanrubens@gmail.com



RAYANE DOS SANTOS CASTRO

É mestrandona em Ecologia e Conservação da Biodiversidade na UEMA. Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura pela mesma instituição. Integra o Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/UEMA). Atua em extensão e pesquisa nas áreas de Biologia Marinha, Parasitologia Humana, Morfofisiologia Animal, Genética e Educação Ambiental.

Email: rayannedscastro@gmail.com



RAYANE SERRA ROSAS

Licenciada em Ciências Biológicas, com especializações em Gestão Escolar, Coordenação Pedagógica, Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Pesquisadora no Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha da UEMA (LBVM/UEMA), com foco na ecologia da comunidade de zooplâncton em ambientes costeiros. Atua também em ações de educação ambiental.

Email: rayanerosas24@gmail.com

RICK JOSÉ DE MELO PAIXÃO

Graduando em Ciências Biológicas - Bacharelado pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Extensionista do Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM/UEMA). Desenvolve trabalhos com extensão voltados para os temas: Biologia Marinha, Saúde Humana e Educação Ambiental.

Email: rickdemelo13@gmail.com



ROBERTH DOS SANTOS BASTOS

Graduado em Ciências Biológicas - Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), tendo experiência com Ecologia de Roedores. Professor de idiomas na Minds English School desde 2023.

Email: roberthbastos2903@gmail.com



SAYONARA NASCIMENTO GARRÉTO

Graduada em Ciências Biológicas-Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), bolsista do Laboratório de Microbiologia, Patologia e Biotecnologia (MIPABIO), tendo experiência na área de biopatologia de organismos aquáticos e bioprospecção. Atualmente é BATGRAD no mesmo laboratório.

Email: saygarreto@gmail.com



STEFANY SILVA SANTOS

Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão. Atuou em projetos de pesquisa voltados à transferência de tecnologia e aos usos potenciais do sururu, por meio do Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha. Atualmente, integra o Programa de Iniciação à Docência, unindo ciência e educação em sua trajetória.

Email: silvastefanyuema@gmail.com



SUELLEN PINHEIRO RIBEIRO

Graduada em Ciências Biológicas - Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Mestre e Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) na Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Experiente em áreas de educação, meio ambiente, ciências ambientais, ambientes costeiros, serviços ecossistêmicos de manguezais, sustentabilidade e saúde.

Email: suellen.pho@gmail.com



TAIZA PIMENTEL SANTOS

Oceanógrafa e Mestre formada pela Universidade Federal do Maranhão-UFMA, doutoranda em Oceanografia pela UFPE. Atuou ao longo da graduação como bolsista de iniciação científica, desenvolvendo trabalho na área da Oceanografia Biológica, especificamente Fitoplâncton estuarino e durante o mestrado se especializou em Zooplâncton estuarino, correlacionando esses organismos com parâmetros ambientais, também trabalha com análise de água, tendo experiência embarcada na região da Plataforma Continental do Maranhão. Atualmente colaboradora do Laboratório de Ficologia da UFMA e laboratório de Zooplâncton-UFPE, desenvolvendo pesquisa na área de "Biodiversidade e ecologia dos ecossistemas aquáticos", com enfoque em organismos zooplânctonicos em águas costeiras e oceânicas na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais.

Email: taizapimentelsantos@gmail.com



THIAGO FERREIRA PINHEIRO

Doutorando em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, Mestre em Ciências Biológicas – Universidade Estadual de Londrina/UEL, Especialista em Ciências Ambientais e Análise Ambiental – Instituto Graduante, Licenciado em Ciências Biológicas – Universidade Estadual do Maranhão/UEMA. Membro do Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha – LBVM/UEMA, e do Laboratório de Solos e Meio Ambiente LABSOLOS/UFMA.

Email: ths0212@gmail.com



WESLEY DOS SANTOS GARCÉS

Graduando em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão, atua como bolsista e voluntário no Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM) da UEMA, onde devolve trabalhos de pesquisa e extensão, além de atuar como Diretor de Gente e Gestão de Pessoas da Empresa Júnior SABIO do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão.

Email: wesleygarcess@gmail.com



YAGO BRUNO SILVEIRA NUNES

É bacharel em Engenharia de Pesca pela UEMA, mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais pela UFRA e doutorando em Oceanografia pela UFPE. Desenvolve pesquisas com o zooplâncton marinho e estuarino, indicadores biológicos e monitoramento ambiental, com ênfase nos traços funcionais dos copépodes pelágicos da região amazônica.

Email: yago.nunes@ufpe.br



YURI JORGE ALMEIDA DA SILVA

Graduado em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão(Uema), possui especialização em Ciências da Natureza pela Universidade Federal do Piauí (UFP) e é Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Atualmente, é Doutorando em Ensino na Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES) e integra o Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências, Saúde e Sexualidade (GP-ENCEX).

Email: silvayuri.jorge@gmail.com



