



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

NAYANA BUARQUE ANTÃO DA SILVA

**ASSEMBLEIAS EPÍFITAS EM PRINCIPAIS MACROALGAS E OS EFEITOS DO
AMBIENTE FÍSICO E DOS POLUENTES NO LITORAL DE PERNAMBUCO,
NORDESTE DO BRASIL**

Recife
2021

NAYANA BUARQUE ANTÃO DA SILVA

**ASSEMBLEIAS EPÍFITAS EM PRINCIPAIS MACROALGAS E OS EFEITOS DO
AMBIENTE FÍSICO E DOS POLUENTES NO LITORAL DE PERNAMBUCO,
NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Oceanografia.

Área de concentração: Oceanografia Biológica.

Orientadora: Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha.

Coorientador: Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes.

Recife

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

S586a Silva, Nayana Buarque Antão da.
 Assembleias epífitas em principais macroalgas e os efeitos do ambiente físico e dos poluentes no litoral de Pernambuco, Nordeste do Brasil / Nayana Buarque Antão da Silva. – 2021.
 122 f.: il., fig., tabs.

 Orientadora: Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha.
 Coorientador: Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes.
 Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Oceanografia, Recife, 2021.
 Inclui referências.

 1. Oceanografia. 2. Praias. 3. Epífitos. 4. Microplásticos. 5. Nutrientes. 6. Toxicidade. I. Cunha, Maria da Glória Gonçalves da Silva (Orientadora). II. Montes, Manuel de Jesus Flores (Coorientador). III. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-179

NAYANA BUARQUE ANTÃO DA SILVA

**ASSEMBLEIAS EPÍFITAS EM PRINCIPAIS MACROALGAS E OS EFEITOS DO
AMBIENTE FÍSICO E DOS POLUENTES NO LITORAL DE PERNAMBUCO,
NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Oceanografia. Área de concentração: Oceanografia Biológica.

Aprovada em: 15/12/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Eveline Pinheiro de Aquino (Examinadora Externa)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Marcos Honorato da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Juliane Bernardi Vasconcelos (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Sigrid Neumann Leitão (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

A Deus e à minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Oceanografia, sob chefia do Prof. Dr. Jesser Fidelis, e ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia, na pessoa dos coordenadores Prof. Dr. Pedro Melo e Prof. Dr. Antônio Souto, por propiciar suporte estrutural e técnico, permitindo a utilização de todas as suas dependências.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado.

Aos membros da banca examinadora Profa. Dra. Eveline Pinheiro, Prof. Dr. Marcos Honorato, Dra. Juliane Bernardi, Profa. Dra. Sigrid Neumann-Leitão, Profa. Dra. Enide Eskinazi Leça e Prof. Dr. Pedro Melo, pelas críticas e sugestões.

À minha orientadora, Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha pelo incentivo, apoio, confiança, paciência e amizade que ultrapassou a sala de aula e o ambiente de trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes pelos ensinamentos, amizade e apoio durante a execução do trabalho.

A todos os professores do Departamento de Oceanografia, em especial aos que fazem parte do Laboratório de Fitoplâncton (Profa. Dra. Maria da Glória, Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa e Prof. Dr. Pedro Augusto) pelos momentos de convivência, conhecimento e amizade.

Aos funcionários do DOCEAN sempre dispostos a ajudar, em especial à Dona Edileuza, pela sua simpatia, atenção e cuidado com todos.

Aos meus amigos do Laboratório de Fitoplâncton, Amanda, Isis, Laísa, Marcella e Rafael pela amizade, carinho e momentos de descontração.

Aos alunos de Iniciação Científica Vinicius Padilha e Giulia Bertotti, sempre disponíveis a ajudar, principalmente à Giulia, que desde o início da pesquisa auxiliando nas coletas e sempre presente em todo período do doutorado.

Ao Doutorando Jamerson Freitas técnico do Laboratório de Química do Departamento de Oceanografia, pelo suporte durante as análises das amostras dos parâmetros abióticos.

Ao técnico, Zinaldo Ferreira pela amizade e parceria durante as coletas.

Ao Dr. Leandro Cabanez, técnico do Laboratório de Fitoplâncton, pelo auxílio nas etapas de laboratório e no desenvolvimento da pesquisa.

À Dra. Gislayne Borges técnica do Laboratório de Bentos, pela participação na elaboração dos artigos, sempre disposta a ajudar em todos os momentos.

À minha família pelo amor incondicional e apoio durante essa jornada. Em especial à minha mãe, pelo amor e apoio durante toda minha vida.

Ao meu esposo, Jacques Acioli, meu parceiro e companheiro de vida, que sempre esteve comigo, me apoiando e me dando toda força para concluir esse ciclo.

A Deus por iluminar a minha vida, pela oportunidade de aprender a cada dia e por sempre me sustentar nos momentos mais difíceis.

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo identificar a estrutura, a variação qualitativa e a influência das variáveis ambientais (temperatura, salinidade, nutrientes, pH e oxigênio dissolvido) na distribuição e abundância de dinoflagelados epibentônicos, microplásticos e diatomáceas associadas às macroalgas mais representativas, coletadas na região do mesolitoral, de praias com diferentes graus de urbanização do litoral de Pernambuco, Nordeste do Brasil. As coletas foram realizadas durante o período chuvoso (julho, agosto/2017 e março/2018) e de estiagem (setembro/2017, janeiro e fevereiro/2018), nas praias do Pina, Pedra de Xaréu e Enseada dos Corais. As macroalgas foram pesadas (peso úmido), divididas nas porções basal, mediana e apical, e acondicionadas em frascos de 30 mL, com água previamente filtrada e proveniente do local de coleta. Foi efetuada uma agitação para deslocar os epibiontes e os microplásticos, sendo a macroalga retirada dos frascos e a suspensão fixada com lugol (2%). Foram determinados: abundância dos epífitos (cel g^{-1}) e microplásticos (partículas g^{-1}), abundância relativa (%), frequência de ocorrência, riqueza de espécies, diversidade e equitabilidade. No estudo, foram identificados 10 táxons de dinoflagelados epífitos, com destaque para pequenos indivíduos da classe Dinophyceae, *Gymnodinium* sp., *Ostreopsis* cf. *ovata* Fukuyo, *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein, *Protoberidinium* sp. e *Scrippsiella spinifera* G. Honsell & M. Cabrini. A praia Pedra de Xaréu apresentou maior riqueza (9 táxons) e abundância, com destaque para *Ostreopsis* cf. *ovata*, apresentando abundância máxima em *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux (488 cel g^{-1}) e *Sargassum* sp. (408 cel g^{-1}), em março/2018. Na praia do Pina foram identificados 5 táxons de dinoflagelados, com dominância de *Gymnodinium* sp. e *S. spinifera* e maiores valores de abundância registrados em *Palisada perforata* (Bory) K.W. Nam (144 cel g^{-1}), em fevereiro/2018. Microplásticos foram registrados no talo de *P. perforata*, atingindo $110 \text{ partículas g}^{-1}$, na porção basal, e 100% dos agregados ($95 \text{ partículas g}^{-1}$), na porção apical, em março/2018. A dominância dos dinoflagelados epífitos foi verificada apenas na porção apical, em fevereiro/2018, representando 92 cel g^{-1} (63%) do táxon *Gymnodinium* sp., coincidindo com os maiores valores de salinidade e temperatura. Na praia de Enseada dos Corais, foi encontrada a menor riqueza de dinoflagelados epífitos (4 táxons), além de diatomáceas epífitas (32 táxons), as quais foram predominantes (90%). Os táxons *Fragilaria* sp., *Grammatophora oceanica* Ehrenberg,

Melosira moniliformis (Link) C. Agardh e *Navicula* sp. estiveram como dominantes. Durante o período de estiagem, foi encontrada abundância máxima das diatomáceas (3.524 cel g^{-1}), em *Bryothamnion triquetrum* (S.G.Gmelin) M. Howe, e dos dinoflagelados (30 cel g^{-1}), em *Sargassum* sp., como também maiores valores de temperatura e salinidade, os quais favoreceram o aparecimento das espécies potencialmente tóxicas, *Ostreopsis* cf. *ovata* Y. Fukuyo e *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein. Diferenciação na comunidade de epífitos entre a alga parda (*Sargassum* sp.) e as algas vermelhas (*Digenea simplex* (Wulfen) C.Agardh e *Bryothamnion triquetrum*), possivelmente, esteve atrelada à morfologia dos talos das algas vermelhas, por serem altamente ramificadas, favorecem maior quantidade de microhabitat e conseqüentemente, maior abundância e riqueza de epífitos. As condições ambientais encontradas durante o período de estiagem podem estar relacionadas à abundância dos dinoflagelados potencialmente tóxicos, e a variação significativa no fosfato comprovaram a diferença do impacto antrópico entre a praia do Pina e Pedra de Xaréu. Assim como, a onipresença dos microplásticos sugere que a intensa urbanização dos ambientes costeiros torna o ambiente marinho vulnerável a esse tipo de poluente e que podem contribuir para a degradação dos ecossistemas recifais, afetando toda a cadeia trófica dos oceanos.

Palavras-chave: praias; epífitos; microplásticos; nutrientes; toxicidade.

ABSTRACT

This research aimed to identify the structure, quali-quantitative variation and the influence of environmental variables (temperature, salinity, nutrients, pH and dissolved oxygen) on the distribution and abundance of epibenthic dinoflagellates, microplastics and diatoms associated with the most representative macroalgae, collected in the mesolittoral region, of beaches with different degrees of urbanization on the coast of Pernambuco, Northeast Brazil. The collections were carried out during the rainy season (July, August/2017 and March/2018) and during the dry season (September/2017, January and February/2018), on the beaches of Pina, Pedra de Xaréu and Enseada dos Corais. The macroalgae were weighed (wet weight), divided into basal, median and apical portions, and placed in 30 mL flasks, with previously filtered water from the collection site. Agitation was carried out to displace the epibionts and microplastics, the macroalgae being removed from the flasks and the suspension fixed with lugol (2%). The following were determined: abundance of epiphytes (cell g⁻¹) and microplastics (particles g⁻¹), relative abundance (%), frequency of occurrence, species richness, diversity and evenness. In the study, 10 epiphytic dinoflagellate taxa were identified, with emphasis on small individuals of the class Dinophyceae, *Gymnodinium* sp., *Ostreopsis* cf. *ovata* Fukuyo, *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein, *Protoperidinium* sp. and *Scrippsiella spinifera* G. Honsell & M. Cabrini. Pedra de Xaréu beach presented greater richness (9 taxa) and abundance, with emphasis on *Ostreopsis* cf. *ovata*, showing maximum abundance in *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux (488 cell g⁻¹) and *Sargassum* sp. (408 cell g⁻¹), in March/2018. At Pina beach, 5 dinoflagellate taxa were identified, with dominance *Gymnodinium* sp. and *S. spinifera* and higher abundance values recorded in *Palisada perforata* (Bory) K.W. Nam (144 cell g⁻¹), in February/2018. Microplastics were recorded in the stalk of *P. perforata*, reaching 110 particles g⁻¹, in the basal portion, and 100% of the aggregates (95 particles g⁻¹), in the apical portion, in March/2018. The dominance of epiphytic dinoflagellates was verified only in the apical portion, in February/2018, representing 92 cel g⁻¹ (63%) of the taxon *Gymnodinium* sp., coinciding with the highest values of salinity and temperature. At Enseada dos Corais beach, the lowest richness of epiphytic dinoflagellates (4 taxa) was found, in addition to epiphytic diatoms (32 taxa), which were predominant (90%). The taxa *Fragilaria* sp., *Grammatophora oceanica* Ehrenberg, *Melosira moniliformis* (Link) C.Agardh and *Navicula* sp. were dominant.

During the dry period, maximum abundance of diatoms ($3.524 \text{ cell g}^{-1}$) was found in *Bryothamnion triquetrum* (S.G.Gmelin) M. Howe, and dinoflagellates (30 cell g^{-1}) in *Sargassum* sp., as well as higher values of temperature and salinity, which favored the appearance of potentially toxic species, *Ostreopsis* cf. *ovata* Y. Fukuyo and *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein. Differentiation in the epiphyte community between brown algae (*Sargassum* sp.) and red algae (*Digenea simplex* (Wulfen) C.Agardh and *Bryothamnion triquetrum*), possibly, was linked to the morphology of red algae stalks, as they are highly branched, favoring greater amount of microhabitat and, consequently, greater abundance and richness of epiphytes. The environmental conditions found during the dry season may be related to the abundance of potentially toxic dinoflagellates, and the significant variation in phosphate proved the difference in anthropogenic impact between Pina and Pedra de Xaréu beaches. Likewise, the ubiquity of microplastics suggests that the intense urbanization of coastal environments makes the marine environment vulnerable to this type of pollutant and that they can contribute to the degradation of reef ecosystems, affecting the entire trophic chain of the oceans.

Keywords: beaches; epiphytes; microplastics; nutrients; toxicity.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1 – DISTRIBUIÇÃO DE DINOFLAGELADOS EPÍFITOS EM ACROALGAS NO LITORAL DE PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

- Figura 1 - Área de estudo com os pontos de coleta nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). 31
- Figura 2 - Distribuição da precipitação em 2017-2018 e série histórica (1996-2016) para o litoral de Pernambuco (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Rainfall = Pluviosidade; January = Janeiro; February = Fevereiro; March = Março; April = Abril; May = Maio; June = Junho; July = Julho; August = Agosto; September = Setembro; October = Outubro; November = Novembro; December = Dezembro. 35
- Figura 3 - Variação das variáveis ambientais analisadas nas praias de Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil): (a) Temperatura (C °) e Salinidade; (b) Nitrito (NO₂) e Nitrato (NO₃); (c) Amônia (NH₃) e Fosfato (PO₄); (d) Silicato (Si(OH)₄); (e) Oxigênio dissolvido (OD) e pH. Legenda: Temperature = Temperatura; Salinity = Salinidade; Nitrite = Nitrito; Nitrate = Nitrato; Ammonia = Amônia; Phosphate = Fosfato; Silicate = Silicato; Dissolved oxygen = Oxigênio dissolvido; Jul = Julho; Aug = Agosto; Mar = Março; Sep = Setembro; Jan = Janeiro; Feb = Fevereiro; Rainy = Período chuvoso; Dry = Período de estiagem. 37
- Figura 4 - Dinoflagelados epífitos mais representativos encontrados nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). (a) *Prorocentrum lima*; (b) *Protoperidinium* sp.; (c) *Scrippsiella spinifera*; (d) *Ostreopsis* cf. *ovata*; (e) Dinophyceae; (f) *Gymnodinium* sp. 40
- Figura 5 - Dinâmica sazonal da abundância de dinoflagelados epífitos associados às macroalgas nas praias do Pina (a) e Pedra de Xaréu (b) (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Rainy 42

= Período chuvoso; Dry = Período de estiagem. Abundance = Abundância; cells g⁻¹ of macroalgae = cel g⁻¹ de macroalga.

Figura 6 - Análise dos Componentes Principais (ACP) das variáveis químicas (n = 8), físicas (n = 1) e biológicas (n = 6) nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil).
 Legenda: Axis 1 = Eixo 1; Axis 2 = Eixo 2; Temperature = Temperatura; Salinity = Salinidade; OD = Oxigênio dissolvido; PO4 = Fosfato; NO3 = Nitrato; NO2 = Nitrito; NH3 = Amônia; Si(OH)4 = Silicato.

ARTIGO 2 – DISTRIBUIÇÃO DE DINOFLAGELADOS EPIBIONTES E MICROPLÁSTICOS NA MACROALGA *PALISADA PERFORATA* (BORY) K.W NAMM EM PRAIA URBANIZADA DO LITORAL DE PERNAMBUCO, BRASIL

Figura 1- Área de estudo com a localização do ponto de coleta na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil).

Figura 2 - Distribuição da pluviometria (mm) em 2017-2018 e a média histórica de anos anteriores (1996-2016) para a região estudada.

Figura 3 - Variáveis ambientais analisadas na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil) durante os meses de coleta: (a) Temperatura (C °) e Salinidade; (b) Nitrito (NO2) e Nitrato (NO3); (c) Amônia (NH3) e Fosfato (PO4); (d) Silicato (Si(OH)4); (e) Oxigênio dissolvido (OD) e pH. Legenda: PC = Período chuvoso; PE = Período de estiagem Jul = julho /2017; Ago = agosto/2017; Mar = março/2018; Set = setembro/2017; Jan = janeiro/2018; Fev = fevereiro/2018.

Figura 4 - Análise de Coordenadas Principais (PCO) dos dinoflagelados epífitos encontrados no talo de *Palisada perforata*, da praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil), nos diferentes períodos sazonais.

Figura 5 - Modelos ajustados (DistLM) para a estruturação das assembleias de dinoflagelados associados a *Palisada perforata* na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil), Legenda: Temp (°C) = Temperatura; NO₂ = Nitrito; NO₃ =

Nitrato; NH_3 = Amônia; PO_4 = Fosfato; Si(OH)_4 ; OD (mL L^{-1}) = Oxigênio dissolvido.

Figura 6 - Formas dos microplásticos registrados na praia do Pina 75
(Pernambuco, Nordeste do Brasil). (a) Microplástico filamentosos; (b) Microplástico não filamentosos.

Figura 7 - Abundância dos dinoflagelados epífitos (cel g^{-1}) e 77
microplásticos (partículas g^{-1}) nas diferentes porções do talo de *Palisada perforata*, na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: PC = Período chuvoso; PE = Período de estiagem Jul = julho/2017; Ago = agosto/2017; Mar = março/2018; Set = setembro/2017; Jan = janeiro/2018; Fev = fevereiro/2018; Bas = Basal; Med = Mediana; Api = Apical.

ARTIGO 3 – DINOFLAGELADOS E DIATOMÁCEAS EPÍFITAS EM MACROALGAS DA PRAIA DE ENSEADA DOS CORAIS, PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

Figura 1 - Área de estudo na praia de Enseada dos Corais, litoral Sul de 98
Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Figura 2 - Distribuição da pluviometria (mm) em 2017-2018 e anos 101
anteriores (1996-2016) para o litoral de Pernambuco (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Rainfall = Pluviosidade; January = janeiro; February = fevereiro; March = março; April = abril; May = maio; June = junho; July = julho; August = agosto; September = setembro; October = outubro; November = novembro; December = dezembro.

Figura 3 - Variáveis ambientais analisadas na praia de Enseada dos 103
Coraís (Pernambuco, Nordeste do Brasil): (a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e Salinidade; (b) Nitrito (NO_2) e Nitrato (NO_3); (c) Amônia (NH_3) e Fosfato (PO_4); (d) Silicato (Si(OH)_4); (e) Oxigênio dissolvido (OD) e pH. Legenda: PC = Período chuvoso; PE = Período de estiagem; jul/17 = julho/2017; ago/17 = agosto/2017; mar/18 = março/2018; set/17 = setembro/2017; jan/18 = janeiro/2018; fev/18 = fevereiro/2018.

- Figura 4 - Abundância total (cel g-1) de dinoflagelados e diatomáceas 105
epífitas nas porções do talo das macroalgas *Sargassum* sp.,
Bryothamnion triquetrum e *Digenea simplex*, na praia de
Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil),
durante o período de estiagem e chuvoso.
- Figura 5 - Descritores das assembleias de epífitos (média $\pm$ desvio 110
padrão) nas macroalgas da praia de Enseada dos Corais
(Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante os períodos
sazonais. A: abundância (cel g-1); B: riqueza de espécies;
círculo vermelho: período de estiagem; quadrado azul:
período chuvoso. As letras indicam os resultados do teste de
Turkey.
- Figura 6 - Resultados da Análise Canônica de Coordenadas Principais 111
com amostras dos epífitos associados as macroalgas da praia
de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil). A:
Período de Estiagem; B: Período Chuvoso.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1 – DISTRIBUIÇÃO DE DINOFLAGELADOS EPÍFITOS EM MACROALGAS NO LITORAL DE PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

- Tabela 1 - Macroalgas coletadas (2017-2018) nas praias de Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Nota: * = Espécie dominante; P1 = Praia do Pina; P2 = Praia Pedra de Xaréu; Jul = Julho; Ago = Agosto; Set = Setembro; Jan = Janeiro; Fev = Fevereiro; Mar = Março. 33
- Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis ambientais nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * = $p < 0.05$ (variação significativa). mín = mínimo; máx = máximo; média $\pm$ DP = média $\pm$ desvio padrão. 38
- Tabela 3 - Espécies de dinoflagelados epífitos encontrados nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Os dados de toxicidade foram retirados de literatura publicada (Wright e Cembella 1998; Kim et al. 2009; Marchan-Álvarez et al. 2017). Legenda: * = Espécie dominante; AZP = Azaspiracid Shellfish Poisoning; CFP = Ciguatera Fish Poisoning; DSP = Diarrhetic Shellfish Poisoning; NSP = Neurotoxic Shellfish Poisoning; PSP = Paralytic Shellfish Poisoning. 41
- Tabela 4 - Estatística descritiva dos dinoflagelados epífitos mais representativos encontrados nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * = $p < 0.05$ (variação significativa). mín = mínimo; máx = máximo; média $\pm$ DP = média $\pm$ desvio padrão; NO = Não ocorreu. 43
- Tabela 5 - Cargas fatoriais das variáveis biológicas (dinoflagelados) e ambientais para os componentes da ACP, nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * = valores de maior correlação com o eixo. 45

**ARTIGO 2 – DISTRIBUIÇÃO DE DINOFLAGELADOS EPIBIONTES E
MICROPLÁSTICOS NA MACROALGA *PALISADA PERFORATA* (BORY) K.W
NAMM EM PRAIA URBANIZADA DO LITORAL DE PERNAMBUCO, BRASIL**

- Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis ambientais analisadas na praia 70
do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * $p < 0,05$
(variação significativa). mín. = mínimo; máx = máximo; med.±d.p. =
média ± desvio padrão.
- Tabela 2 - Abundância (cel g⁻¹) dos dinoflagelados epífitos nas diferentes 71
porções do talo de *Palisada perforata*, na praia do Pina
(Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Bas: Basal; Med:
Mediana; Api: Apical.
- Tabela 3 - Contribuição das espécies de dinoflagelados epífitos para as 72
similaridades nos períodos sazonais, na praia do Pina
(Pernambuco, Nordeste do Brasil).
- Tabela 4 - Sumário dos resultados da *PERMANOVA* para a estrutura da 72
comunidade associada a *Palisada perforata*, da praia do Pina
(Pernambuco, Nordeste do Brasil).
- Tabela 5 - Abundância (partículas g⁻¹) das partículas microplásticas nas 76
diferentes porções do talo de *Palisada perforata*, na praia do Pina
(Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Bas: Basal; Med:
Mediana; Api: Apical.
- Tabela 6 - Sumário dos resultados da *PERMANOVA* para a estrutura da 76
comunidade associada a *Palisada perforata*, da praia do Pina
(Pernambuco, Nordeste do Brasil).
- Tabela 7 - Abundância relativa (%) dos dinoflagelados epífitos e 78
microplásticos nas diferentes porções do talo de *Palisada perforata*,
na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Bas
= Basal; Med = Mediana; Api = Apical.
- Tabela 8 - Proporção dos dinoflagelados epífitos (cel g⁻¹) e microplásticos 78
(partículas g⁻¹) nas diferentes porções do talo de *Palisada perforata*,
na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Bas
= Basal; Med = Mediana; Api = Apical.

ARTIGO 3 – DINOFLAGELADOS E DIATOMÁCEAS EPÍFITAS EM MACROALGAS DA PRAIA DE ENSEADA DOS CORAIS, PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

- Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis ambientais na praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * = $p < 0,05$ (variação significativa). mín = mínimo; máx = máximo; média $\pm$ DP = média $\pm$ desvio padrão. 104
- Tabela 2 - Abundância (cel g-1) dos táxons de dinoflagelados e diatomáceas epífitas nas porções do talo das macroalgas *Sargassum* sp., *Bryothamnion triquetrum* e *Digenea simplex*, na praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante o período de estiagem. Bas = porção basal; Med = porção mediana; Api = porção apical. 106
- Tabela 3 - Abundância (cel g-1) dos táxons de dinoflagelados e diatomáceas epífitas nas porções do talo das macroalgas *Sargassum* sp., *Bryothamnion triquetrum* e *Digenea simplex*, na praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante o período chuvoso. Bas = porção basal; Med = porção mediana; Api = porção apical. 107
- Tabela 4 - Sumário dos resultados da *PERMANOVA* para a estrutura da assembleia de epífitos da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil). 109
- Tabela 5 - Teste *Pair-wise* – Variação da estrutura da assembleia de epífitos nas macroalgas da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante os períodos sazonais. 109
- Tabela 6 - Teste *Pair-wise* – Variação da estrutura da assembleia de epífitos em cada macroalga da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante os períodos sazonais. 109
- Tabela 7 - Sumário dos resultados das ANOVA dos descritores das assembleias de epífitos nas macroalgas da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil). 109

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	25
2.1	OBJETIVO GERAL	25
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3	ESTRUTURA DA TESE	26
4	ARTIGO 1 – DISTRIBUIÇÃO DE DINOFLAGELADOS EPÍFITOS EM MACROALGAS NO LITORAL DE PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL	27
5	ARTIGO 2 – DISTRIBUIÇÃO DE DINOFLAGELADOS EPIBIONTES E MICROPLÁSTICOS NA MACROALGA <i>PALISADA PERFORATA</i> (BORY) K.W NAMM EM PRAIA URBANIZADA DO LITORAL DE PERNAMBUCO, BRASIL	59
6	ARTIGO 3 – DINOFLAGELADOS E DIATOMÁCEAS EPÍFITAS EM MACROALGAS DA PRAIA DE ENSEADA DOS CORAIS, PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL	95
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
	REFERÊNCIAS	119

1 INTRODUÇÃO

A Zona Costeira constitui uma região de transição ecológica, desempenhando importante papel no desenvolvimento e reprodução de várias espécies que ocorrem entre os ecossistemas marinhos (PRATES *et al.*, 2010). Esses ambientes apresentam condições essenciais para a manutenção da diversidade de várias espécies de microalgas, que em função de seu caráter dinâmico e das rápidas respostas às alterações físicas e químicas do meio aquático, são de extrema importância para a caracterização ecológica dos ambientes costeiros, estabelecendo complexas relações intra e interespecíficas na competição e utilização do espaço e dos recursos disponíveis na coluna d'água (VALIELA, 1995).

Além destas, as macroalgas são um grupo de produtores primários multicelulares e macroscópicos que constituem uma importante comunidade nas zonas entremarés de ambientes costeiros mundiais (AL-HARBI, 2017). São consideradas excelentes hospedeiras para as microalgas epífitas, devido a sua diversidade de espécies com diferentes tipos de talo. O epifitismo é um importante componente ecológico dos ambientes bentônicos marinhos (STANCA e PARSONS, 2021).

Essa relação caracteriza um grande benefício para a cadeia trófica marinha, uma vez que fornece diretamente a energia necessária para uma grande comunidade de organismos herbívoros aquáticos (NORTON *et al.*, 1996; KASIM; MUKAI, 2006; HERNANDEZ-ALMEIDA; SIQUEIROS-BELTRONES, 2008; ÁLVAREZ-ÁLVAREZ *et al.*, 2020). Oferecendo-lhes também energia e refúgio para que várias formas vivam na dependência direta desta microvegetação algácea.

As diferenças na estrutura das comunidades de microalgas epífitas também podem ocorrer quando os hospedeiros crescem em diferentes locais de exposição à luz, como também por estarem sujeitas às diferenças de direção e velocidade das correntes marinhas, pois o tipo de movimentação da água pode selecionar a flora associada de acordo com seus meios de fixação (AL-HARBI, 2017).

Além destes, outros fatores são responsáveis por influenciar a ocorrência, estrutura e variação sazonal e espacial (distribuição nas partes do talo) das microalgas epífitas. Dentre esses fatores estão os parâmetros biológicos, como idade do talo, herbivoria e físico-químicos, como a irradiação, pH, temperatura da água, salinidade e disponibilidade de nutrientes (JOHNSON *et al.*, 2005; ARMITAGE *et al.*, 2006; ARMI

et al., 2010; GREEN *et al.*, 2015; GAUNA *et al.*, 2016). Desta forma, a riqueza e a abundância das microalgas epífitas podem sofrer variações de acordo com as condições ambientais, diferenças arquitetônicas e complexidades em cada hospedeiro de algas marinhas (SNOEIJIS, 1995; AL-HANDAL; WULFF, 2008).

As microalgas epífitas quando aderidas à vegetação, se beneficiam dessa relação ganhando uma estrutura sobre a qual crescer e consumindo nutrientes que as macroalgas ou angiospermas marinhas liberam (HAUXWELL *et al.*, 2001; PEREZ *et al.*, 2008).

Todos os grupos de microalgas estão representados nas epífitas, porém as diatomáceas e cianobactérias são tipicamente os grupos dominantes (MACINTYRE *et al.*, 1996; AL-HARBI, 2017). As diatomáceas geralmente compõem comunidades de microalgas epibentônicas em regiões temperadas (FACCA *et al.*, 2002; WELKER *et al.*, 2002; TOTTI, 2003; BLASUTTO *et al.*, 2005; MUNDA, 2005; CIBIC *et al.*, 2007; TOTTI *et al.*, 2007a), enquanto dinoflagelados predominam em climas tropicais, e cianobactérias tem sua maior abundância em ambientes de baixa latitude (MACINTYRE *et al.*, 1996; ORTEGA-MORALES *et al.*, 2005).

Os dinoflagelados são protistas eucarióticos, unicelulares e se movimentam rotatoriamente com o auxílio de dois flagelos dimórficos. Ocorrem tanto em ambientes límnicos, quanto marinhos e mixoalinos, podendo ser planctônicos, epibentônicos e simbióticos, e estão amplamente distribuídos ao redor do mundo. O grupo é composto por aproximadamente 2000 espécies (TOMAS, 1997), e dentre estes, 60 espécies são conhecidas como produtoras de toxinas, representando cerca de 80% das espécies tóxicas que compõem o fitoplâncton (CEMBELLA, 2003).

A maioria dos dinoflagelados vive no plâncton marinho, habitando preferencialmente as regiões oceânicas. Porém, existem espécies que costumam viver sobre carapaças de moluscos, sobre esponjas, corais ou epífitas em macrófitas aquáticas, sendo chamadas de epibiontes (GÓMEZ DEL PRADO *et al.*, 2011).

Em Pernambuco, são reconhecidos cerca de 100 táxons infragenéricos de dinoflagelados, porém acredita-se que este número esteja subestimado. Grande parte das informações existentes encontra-se alastrada em publicações que tratam de levantamentos florísticos da flora planctônica como um todo (KOENING; LIRA, 2005).

Várias espécies planctônicas formam extensas florações, denominadas maré vermelha ou *blooms*, que são decorrentes da ação de fatores físicos e químicos. Nesses casos o número de células pode exceder $\times 10^6$ cel L⁻¹ e, quando causados por

espécies tóxicas, os *blooms* podem causar sérios prejuízos ambientais e sócio-econômicos, resultando na mortalidade de vários organismos da fauna marinha, principalmente peixes e moluscos (LASSUS, 1988).

No mundo, diversas pesquisas foram desenvolvidas sobre o epifitismo de dinoflagelados em macroalgas (BOMBER *et al.*, 1989; DELGADO *et al.*, 2006; PARSONS e PRESKITT, 2007; KIM *et al.*, 2011; OKOLODKOV *et al.*, 2014).

Apesar da grande importância ecológica dos epibiontes, o estudo deste grupo de dinoflagelados é recente no Brasil. Alguns dos gêneros epibiontes marinhos mais comuns em regiões tropicais e subtropicais são pertencentes aos gêneros, *Amphidinium*, *Coolia*, *Gambierdiscus*, *Ostreopsis* e *Prorocentrum* (LAZA-MARTINEZ *et al.*, 2011). Dentre esses gêneros epibiontes, existem várias espécies que são produtoras de toxinas (FAUST *et al.*, 1999), as quais podem produzir uma série de problemas neurológicos, cardiovasculares e gastrointestinais (SELINA *et al.*, 2014).

A variabilidade de dinoflagelados epibiontes tóxicos tem sido atribuída às mudanças naturais e antropogênicas que atuam sobre as assembléias de macroalgas, as quais são afetadas por fatores como: temperatura, mudanças no substrato, turbulência, nutrientes, ondas, frentes frias, furacões, dentre outros (TAYLOR, 1985; DIOGÈNE, 1992; GRZEBYK, 1994). Cohu *et al.* (2013) em estudo no Mar Mediterrâneo reportaram que o crescimento do dinoflagelado *Ostreopsis ovata* foi associado aos altos valores de temperatura, concentrações de fosfato e baixas profundidades. Os autores ainda citam que a diminuição do oxigênio e o aumento da concentração de clorofila *a* ocorreram durante o período de floração da espécie. Delgado *et al.* (2006) também reforçaram que as condições ambientais durante o verão (altas temperaturas, maior quantidade de nutrientes, grande transparência e alta intensidade luminosa) permitem um maior desenvolvimento de macroalgas, que por sua vez hospedam dinoflagelados potencialmente tóxicos.

A arquitetura macroalgal também é de fundamental importância para os dinoflagelados epibiontes, sendo o tipo de talo e alta razão superfície/volume alguns dos fatores responsáveis pelo maior número de populações desses organismos (OKOLODKOV *et al.*, 2007). Algas com talo altamente ramificado ou estreito fornecem um grande número de microhabitats, oferecendo várias oportunidades para a colonização de formas eretas. Talo com superfícies planas, lisas ou frondosas fornecem um melhor substrato para formas adnatas (CHUNG; LEE, 2008; TOTTI *et al.*, 2009).

Totti *et al.* (2010) reportaram que *Ostreopsis ovata* apresentou maior abundância em menores profundidades e em macroalgas que possuíam talos ramificados. Delgado *et al.* (2006) relataram que em sua pesquisa serão encontrados diversos dinoflagelados epibiontes associados a diversos tipos de macroalgas, porém a maioria das espécies ocorreram em espécies da alga parda *Padina*. No estudo de Bomber *et al.* (1985) houve uma maior abundância de *Prorocentrum lima* nas macroalgas verdes *Halimeda opuntia*, *Penicillus capitatus*, *Avrainville anigricans*. Okolodov *et al.*, (2007) reportaram que *Prorocentrum lima* ocorreu em maior número em *Ulva fasciata*. No entanto, Vila, Gárces e Masó (2001) estudando dinoflagelados potencialmente tóxicos sobre assembléias de macroalgas no Noroeste do Mediterrâneo, citaram que o tipo de substrato não interferiu na preferência desses organismos.

Outro importante grupo entre as microalgas epífitas é o das diatomáceas. As diatomáceas epífitas contribuem com a maior fração encontrada nas macroalgas marinhas, desempenhando papéis ecológicos importantes (POLIFRONE *et al.*, 2020).

Além disso, as diatomáceas epífitas podem interferir no crescimento de seus hospedeiros, atuando de forma positiva (aumentando o crescimento) ou negativa (impedindo o crescimento), como observado nas pesquisas desenvolvidas por Snoeijis (1994), Siqueiros-Beltrones *et al.* (2002) e Costa *et al.* (2014). Neste último, os efeitos da interação diatomáceas epífitas e macroalgas foram relacionadas às partes do talo da rodófito *Galaxaura rugosa*.

As diatomáceas epífitas são capazes de secretar uma substância gelatinosa que é utilizada para a aderência no hospedeiro, sendo subdivididas em eretas, móveis e adnatas. As diatomáceas eretas aderem no hospedeiro através da formação de filamentos, enquanto as diatomáceas móveis deslizam sobre o hospedeiro e as adnatas fixam-se firmemente (MAJEWSKA *et al.* 2013).

Atualmente, estudos sobre a composição da comunidade de diatomáceas epífitas associadas às macroalgas bem como os fatores bióticos e abióticos que influenciam essa comunidade estão sendo desenvolvidos (MAYOMBO *et al.*, 2020).

Diversas pesquisas foram desenvolvidas sobre o epifitismo de diatomáceas em macroalgas, ao redor do mundo (THOMAS e JIANG, 1986; AL-HANDAL e WULFF, 2008; TOTTI *et al.*, 2009; CHEN *et al.*, 2010; MAJEWSKA e STEFANO, 2014; GAUNA *et al.*, 2015; MAJEWSKA *et al.*, 2016; POLIFRONE *et al.*, 2020; MAYOMBO *et al.*, 2020; BURFEID-CASTELLANOS *et al.*, 2021).

Enquanto no Brasil as pesquisas tem sido desenvolvidas desde o final da década de 50 sobre a composição florística das epífitas nas macroalgas e sobre a interação epífita/hospedeiro (MOREIRA FILHO, 1959; KUTNER, 1961; MOREIRA FILHO e VALENTE-MOREIRA 1980; 1981; MOREIRA FILHO, 1966; MOREIRA FILHO et al., 1977-1978; MOREIRA FILHO e VALENTE-MOREIRA, 1980; 1981; VALENTE-MOREIRA e MOREIRA FILHO, 1980; BUSELATO-TONIOILLI, 1986; AZEVEDO e CUTRIM 1999; 2000; BANDEIRA-PEDROSA *et al.*, 2008; BRAYNER-BARROS et al., 2008; COSTA et al., 2009; COSTA et al., 2014; COSTA et al., 2016).

Destaque para as pesquisas desenvolvidas em Pernambuco, subdivididas de acordo com os hospedeiros estudados, angiospermas marinhas (LABOREL-DENGUN, 1963; PACOBAHYBA *et al.*, 1993; CUNHA e ESKINAZI-LEÇA, 2003), raízes de mangue (MOURA *et al.*, 1993) e macroalgas (COSTA *et al.*, 2009; COSTA *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2016).

Em Fernando de Noronha, Costa et al (2009) identificou a composição florística das diatomáceas epífitas e sua distribuição espaço-temporal em diferentes partes do talo da rodófito *Galaxaura rugosa*. Os autores observaram também uma distribuição e fixação das espécies de diatomáceas pouco uniforme no talo de *G. rugosa*. A classe Bacillariophyceae foi a que mais contribuiu com a diversidade e as espécies muito frequentes foram *Amphora* sp., *Biddulphia biddulphiana* (J.E.Smith) Boyer, *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, *Diploneis bombus* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützinger, *Mastogloia binotata* (Grunow) Cleve, *Navicula longa* (W.Gregory) Ralfs, *Nitzschia* sp., *Psammodiscus nitidus* (W.Gregory) Round & D.G.Mann, *Rhabdonema adriaticum* Kützinger, *Trachyneis aspera* (Ehrenberg) Cleve e *Tryblionella coarctata* (Grunow) D.G.Mann.

Costa *et al.* (2014) estudaram a distribuição de diatomáceas epífitas em diferentes partes de *G. rugosa*. Eles mostraram que havia uma variação / zoneamento quantitativo ao longo do talo do hospedeiro com um aumento na densidade celular das porções apicais em direção às partes basais das algas marinhas.

Enquanto o estudo desenvolvido na plataforma continental de Pernambuco abordou as formas de crescimento de diatomáceas em macroalgas (COSTA *et al.*, 2016). Os autores registraram a variação quali-quantitativa das diatomáceas em três espécies de macroalgas, *Bachelotia antillarum* (Grunow) Gerloff, *Caulerpa verticillata* J. Agardh e *Haloplegma duperreyi* Montagne. Com relação a aderência ao hospedeiro destacaram-se as formas móveis, seguidas das eretas e adnatas. Os autores

concluíram que *Bachelotia antillarum* apresentou maior diversidade de forma e propiciou um substrato mais eficiente para a colonização e desenvolvimento das diatomáceas epífitas.

Apesar de existirem estudos acerca das microalgas epífitas, como diatomáceas e dinoflagelados, poucos estudos relacionam a comunidade fitoplanctônica e os microplásticos (MASÓ et al., 2003; PRATA et al. 2013; LONG et al., 2015; SJOLLEMAA et al., 2016; CASABIANCA et al., 2020). Muitas destas pesquisas foram realizadas em experimentos de laboratório, com espécies selecionadas e com quantidades de microplásticos que simularam as quantidades encontradas no ambiente. Portanto, há necessidade de mais informações sobre como os microplásticos interferem no ciclo de vida das microalgas e como essa interferência pode afetar toda a teia trófica marinha.

Segundo Yokota (2017), microplásticos podem interagir com os produtores primários aquáticos citados, e suas consequências são ecologicamente relevantes, especialmente em combinação com outros efeitos antropogênicos, como mudanças climáticas e eutrofização, o que contribui para o desequilíbrio e degradação dos ecossistemas costeiros.

Tendo em vista que a comunidade epífita de microalgas se faz de presente importância em todo o ecossistema marinho, por ser a principal fonte de nutrientes para os demais organismos, mantendo o equilíbrio das demais populações e comunidades, a caracterização dessa comunidade, torna-se um importante campo de estudo para as regiões costeiras do Brasil.

Apesar da grande importância ecológica, o estudo da assembleia de dinoflagelados epibêntonicos ainda é recente no Brasil. Diante da escassez de trabalhos relacionados a essa assembleia no litoral de Pernambuco, assim como, das principais comunidades epífitas e poluentes que interagem e compartilham do mesmo hospedeiro com essa flora epibionte, mais pesquisas devem ser elaboradas, buscando aprimorar o conhecimento sobre os efeitos desses poluentes nas assembleias epífitas, as relações entre os epífitos/hospedeiros e a relação com os parâmetros ambientais mais importantes para o desenvolvimento desses organismos.

2 OBJETIVOS

Esta tese foi composta de um objetivo geral e cinco objetivos específicos.

2.1 OBJETIVO GERAL:

Identificar a estrutura, as variações quali-quantitativas e a influência dos fatores abióticos na distribuição e abundância da comunidade de dinoflagelados epibentônicos, assim como, das diatomáceas epífitas e partículas microplásticas associadas às espécies de macroalgas do litoral de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar e ilustrar a composição florística da comunidade de dinoflagelados epibiontes nos diferentes filos e partes do talo das macroalgas;
- Determinar a abundância (cel g de peso úmido de macroalga) de dinoflagelados e diatomáceas epífitas, assim como, de partículas plásticas (partículas g de peso úmido de macroalga) encontradas no talo macroalgal;
- Identificar a influência das principais variáveis ambientais nas variações quali-quantitativas da comunidade de dinoflagelados e diatomáceas epífitas;
- Identificar as espécies de dinoflagelados epibiontes potencialmente tóxicas;
- Avaliar as mudanças sazonais na estrutura da assembleia epibentônica.

3 ESTRUTURA DA TESE

De acordo com os objetivos e resultados obtidos ao longo da realização do presente estudo, esta tese foi dividida em 3 artigos científicos. Cada artigo segue as normas de publicação das revistas selecionadas.

ARTIGO 1 - “Distribuição de dinoflagelados epífitos em macroalgas no litoral de Pernambuco, Nordeste do Brasil”

Este estudo avaliou a composição florística e as variações quantitativas dos dinoflagelados epífitos em macroalgas de praias com diferentes graus de urbanização, do litoral de Pernambuco (Nordeste do Brasil), em função das variáveis ambientais. Artigo publicado na Pan-American Journal of Aquatic Sciences. Volume:16 (3), p. 231-236. 2021. Normas da revista: <https://panamjas.org/instructions.htm>.

ARTIGO 2 - “Distribuição de dinoflagelados epibiontes e microplásticos na macroalga *Palisada perforata* (Bory) K.W Namm em praia urbanizada do litoral de Pernambuco, Brasil”

Este estudo teve como objetivo avaliar a distribuição de partículas microplásticas e a variação da comunidade de dinoflagelados epibiontes associados ao talo da macroalga *Palisada perforata* (Bory) K.W Namm, da praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil), em função das variáveis ambientais.

ARTIGO 3 - “Dinoflagelados e diatomáceas epífitas em macroalgas da praia de Enseada dos Corais, Pernambuco, Nordeste do Brasil”

Esta pesquisa avaliou as variações na estrutura da comunidade de dinoflagelados e diatomáceas epífitas associadas à macroalgas, da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), em função das variáveis ambientais.

4 ARTIGO 1 - DISTRIBUIÇÃO DE DINOFLAGELADOS EPÍFITOS EM MACROALGAS NO LITORAL DE PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

Abstract. Epiphytic dinoflagellates on macroalgae were studied to identify the floristic composition and quantitative variations as a function of environmental variables at beaches with different degrees of urbanization. Ten species of dinoflagellates were identified, with a predominance of small individuals of the class Dinophyceae, *Gymnodinium* sp., *Ostreopsis* cf. *ovata* Fukuyo, *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein, *Protoperidinium* sp., and *Scrippsiella spinifera* G. Honsell & M. Cabrini. Pedra de Xaréu beach presented higher richness and abundance, with *Ostreopsis* cf. *ovata* and *P. lima* standing out as exclusive of this beach, with higher abundance on *Hypnea musciformis* (Wulfen) J. V. Lamouroux (488 and 408 cells g⁻¹, respectively) and *Sargassum* sp. (34 and 90 cells g⁻¹, respectively), in March/2018. At Pina beach, *Gymnodinium* sp. and *S. spinifera* were the dominant species, with records of 132 cells g⁻¹ (February/2018) and 40 cells g⁻¹ (August/2017) on *Palisada perforata* (Bory) K. W. Nam. The specific diversity was low, ranging from 0 to 2.27 bits.cell⁻¹, with the lowest values corresponding to the dominance of *S. spinifera* and *Gymnodinium* sp. Favorable environmental conditions such as high temperature and salinity may be correlated with the abundance of potentially toxic dinoflagellates and the significant variation in phosphate proved the difference in anthropic impact on the beaches, highlighting the presence and absence of some species of dinoflagellates in macroalgae.

Key words: beaches, microalgae, nutrients, phototrophic, toxicity.

Resumo. Dinoflagelados epífitos em macroalgas foram estudados para identificar a composição florística e as variações quantitativas em função das variáveis ambientais, em praias com diferentes graus de urbanização. Foram identificadas 10 espécies de dinoflagelados, com predominância de pequenos indivíduos da classe Dinophyceae, *Gymnodinium* sp., *Ostreopsis* cf. *Ovata* Fukuyo, *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein, *Protoperidinium* sp. e *Scrippsiella spinifera* G.Honsell & M.Cabrini. Pedra de Xaréu apresentou maior riqueza e abundância, com destaque para *Ostreopsis* cf. *ovata* e *P. lima* como exclusivas, com maiores valores de abundância em *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V.Lamouroux (488 e 408 cel g⁻¹) e *Sargassum* sp. (34 e 90 cel

g^{-1}), respectivamente, em março/2018. Pina, apresentou como espécies dominantes, *Gymnodinium* sp. e *S. spinifera*, registrando 132 cel g^{-1} (fevereiro/2018) e 40 cel g^{-1} (agosto/2017) em *Palisada perforata* (Bory) K.W.Nam. A diversidade específica foi baixa, variando de 0 a 2,27 bits.cel $^{-1}$, com os menores valores correspondendo à dominância de *S. spinifera* e *Gymnodinium* sp. Condições ambientais favoráveis, como alta temperatura e salinidade, podem estar correlacionadas à abundância dos dinoflagelados potencialmente tóxicos e a variação significativa no fosfato comprovaram a diferença do impacto antrópico nas praias, destacando a presença e ausência de algumas espécies de dinoflagelados em macroalgas.

Palavras-chave: praias, microalgas, nutrientes, fototróficos, toxicidade.

1 Introdução

Microalgas marinhas são representadas por um grupo de organismos altamente diversificados, que possuem clorofila *a* como pigmento principal e desempenha um papel significativo na dinâmica da produtividade primária, ciclagem de nutrientes e transporte do carbono. Seus representantes ocorrem na coluna d'água, na superfície dos sedimentos e em substratos artificiais e naturais, destacando-se, assim, como os principais elementos nos processos tróficos dos ecossistemas aquáticos (Sournia 1978).

Várias espécies de microalgas são epífitas, ou seja, vivem associadas às macroalgas e angiospermas marinhas, formando uma comunidade aderida a esses substratos naturais. Nesse caso, as epífitas se beneficiam dessa relação, ganhando uma estrutura sobre a qual podem crescer como também consumir os nutrientes liberados pelas macrófitas (Hauxwell et al. 2001). Entre as epífitas, ocorrem representantes de todos os filos de microalgas, porém as diatomáceas, cianobactérias e dinoflagelados são tipicamente os grupos dominantes (Macintyre et al. 1996).

Os dinoflagelados são organismos protistas eucarióticos, unicelulares e estão amplamente distribuídos em ambientes marinhos, porém podem ocorrer nos ambientes límnicos e mixoalinos. O filo é composto por aproximadamente 2000 espécies (Tomas 1997) e seus representantes, além de epífitos, podem também ter hábito epibentônico e habitar diversos substratos como carapaças de moluscos (Gómez 2009), esponjas (Hill et al. 2011), mangue vermelho (Marcano 2011) e corais (Costa et al. 2001).

As macroalgas marinhas também têm sido consideradas como bons substratos para a instalação de dinoflagelados epífitos e essas assembleias representam um componente importante em regiões tropicais e subtropicais (Gómez del Prado et al. 2011). Várias espécies epífitas, pertencentes aos gêneros *Amphidinium*, *Coolia*, *Gambierdiscus*, *Ostreopsis* e *Prorocentrum*, são produtoras de toxinas (Laza-Martinez et al. 2011; Faust et al. 1999) e podem produzir uma série de problemas neurológicos, cardiovasculares e gastrointestinais (Lassus 1988; Cembella 2003; Selina et al. 2014).

Comunidades de dinoflagelados epífitos em macroalgas podem variar de acordo com os diversos tipos da arquitetura macroalgal e da alta razão superfície/volume (Okolodkov et al. 2007; Totti et al. 2010; Okolodkov et al. 2014). Segundo Chung e Lee (2008) e Totti et al. (2009), algas com talo altamente ramificado ou estreito fornecem um maior número de microhabitats, oferecendo várias oportunidades para a colonização de formas eretas, enquanto talos com superfícies planas, lisas ou frondosas fornecem um melhor substrato para formas adnatas.

A variabilidade de dinoflagelados epífitos tem sido também atribuída às mudanças naturais e antropogênicas que atuam sobre as assembleias de macroalgas, as quais são afetadas por fatores como: temperatura, turbulência, transparência, nutrientes, ondas, frentes frias, furacões, dentre outros (Taylor 1985; Diogène 1992). Grzebyk et al 1994, analisaram a distribuição espacial de dinoflagelados ciguatericos na lagoa de recifes de corais da ilha de Mayotte, no Oceano Índico, e observaram que algas vermelhas, suportavam maiores abundâncias e estimularam o crescimento de *Ostreopsis ovata*. Em estudo na costa noroeste de Cuba, Delgado et al 2006, observaram que as condições ambientais no verão (temperatura mais alta, mais nutrientes, maior transparência da água e baixa intensidade do vento) foram adequadas para o desenvolvimento de macroalgas, que servem como substrato para dinoflagelados potencialmente tóxicos, e possivelmente o principal vetor para a disseminação de ciguatera ao longo da costa de Cuba. Cohu et al. 2013, estudando os fatores ambientais que regulam ou influenciam o crescimento da *Ostreopsis* ao longo das costas francesa e italiana, encontraram variações sazonais na abundância de *Ostreopsis* correlacionadas com a temperatura da água do mar, com a temperatura ideal para crescimento variando de 23 °C a 27,5 °C.

No estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil), pesquisas sobre microalgas associadas às macrófitas marinhas têm sido realizadas apenas sobre diatomáceas epífitas em angiospermas (Pacobahyba et al. 1991; Eskinazi-Leça et al. 2003) e

macroalgas, abordando a biodiversidade e a variação no crescimento das diatomáceas em diferentes substratos (Costa et al. 2014; Costa et al. 2016). Estudos sobre a flora dos dinoflagelados epífitos são raros, porém a flora planctônica é razoavelmente conhecida, tanto no aspecto qualitativo como quantitativo/ecológico, estando caracterizada pela presença dos gêneros *Ceratium*, *Pyrocystis* e *Ornithocercus* (Passavante 1979; Koenig e Macedo 1999; Koenig e Lira 2005).

Pesquisas sobre a biodiversidade e estrutura de dinoflagelados epífitos são necessárias para melhor compreender as relações entre as espécies e os diferentes hospedeiros. Sendo assim, este estudo teve como objetivo identificar variações qualitativas e quantitativas de dinoflagelados epífitos em várias macroalgas na costa de Pernambuco e avaliar essas variações em função de variáveis ambientais em praias com diferentes graus de urbanização.

2 Material e Métodos

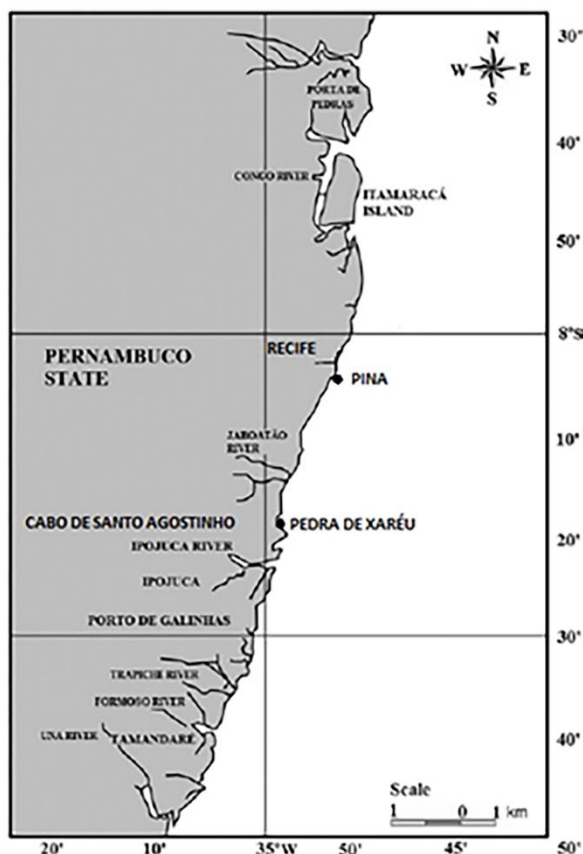
2.1 Área de estudo

O litoral de Pernambuco localiza-se entre os paralelos 7°33' a 8°55'S e os meridianos 34°49' a 35°11'W, situando-se na faixa de clima tropical quente e úmido, do tipo As', segundo a classificação de Koppen (Andrade; Lins 1971; Nimer 1989). De acordo com a distribuição das chuvas, ocorrem dois períodos anuais, estiagem e chuvoso, influenciados pelas frentes frias do Sul e Sudeste do país. O período de estiagem compreende os meses entre setembro e fevereiro, com precipitação média de 60,2 mm e temperatura do ar em torno de 27°C. O período chuvoso se estende entre março e agosto, com média pluviométrica de 301,5 mm e temperatura do ar em torno de 25,4° C (Aragão 2004, Melo et al. 2014). A temperatura média anual do ar fica em torno de 28°C e a salinidade da água do mar, em torno de 36 (Macedo et al. 2004).

A plataforma continental de Pernambuco é considerada uma das menores da costa brasileira - apenas 187 km de extensão e 35-42 km de largura – com o fundo coberto por sedimentos terrígenos. Formações recifais de arenito e de coral, formando grandes manchas irregulares que se estendem em linhas paralelas à costa, emergem em alguns pontos ou permanecem parcialmente imersas (Guerra e Manso 2004).

Duas localidades foram selecionadas para a coleta do material, com base na ação de fatores antrópicos, grau de urbanização e diferença hidrodinâmica (Figura 1):

Figura 1 - Área de estudo com os pontos de coleta nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil).



Fonte: Carlos Delgado Noriega.

- (1) A praia do Pina ($8^{\circ}05'40''$ S e $34^{\circ}52'50''$ W), com cerca 2 km de extensão, situada na zona litorânea da cidade do Recife é caracterizada pela presença de cordões recifais (*beach rocks*), que funcionam como um sistema natural de proteção à linha da costa. Os recifes servem como substrato para o desenvolvimento de uma abundante flora algal e de uma fauna associada (Guerra e Manso 2004). O ambiente urbano nas proximidades da praia possui médio a alto adensamento de construções, com uma longa faixa de edificações residenciais, comerciais e de entretenimento à beira-mar, o que proporciona intensa frequência ao local e um forte impacto antrópico (Orla 2001), sendo classificada como área de urbanização consolidada (UC) (Vasconcelos 2016).

(2) A praia Pedra de Xaréu (8°18'14" S e 34°56'45" W), conhecida também como Ponta de Pedras Pretas, situa-se no município do Cabo, aproximadamente 30 km ao Sul do Recife. Esta praia encontra-se voltada para o Norte, diferente da maioria das praias do litoral de Pernambuco que se voltam para o Sudeste, e apresenta cerca de 1 km de extensão. Apresenta costões rochosos de origem vulcânica intercalados com praias arenosas, sob a ação de grande exposição de ondas (Accioly 1992; Muñoz 1993), sendo classificada como uma área em processo de urbanização (PU), apresentando uma densidade demográfica baixa e pouca ocupação em seu entorno (Vasconcelos 2016).

2.2 Coleta e análise das variáveis ambientais

As coletas das variáveis ambientais e biológicas foram realizadas no mesolitoral de cada praia, no período chuvoso (julho, agosto/2017 e março/2018) e no período de estiagem (setembro/2017, janeiro e fevereiro/2018).

Os dados climatológicos de direção e velocidade do vento, temperatura do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm), foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A medição da temperatura da água foi realizada *in situ* utilizando um termômetro comum de álcool e as amostras de água coletadas com o auxílio de uma garrafa de Kitahara. A salinidade foi determinada através do método de Morh-Knudsen, descrito por Strickland e Parsons (1972). As concentrações de sais nutrientes dissolvidos foram determinadas da seguinte forma: nitrito e nitrato de acordo com Papaspyrou et al. (2014); amônia segundo Bower e Holm-Hansen (1980); fosfato de acordo com Strickland e Parsons (1972) e silicato de acordo com Grasshoff et al. (1983). As concentrações de oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) foram determinadas pelo método de Winkler modificado, descrito por Strickland e Parsons (1972), e o pH pelo método espectrofotométrico (Dickson et al. 2007).

2.3 Coleta e análise das variáveis biológicas

Cinco espécies de macroalgas, pertencentes aos filos Chlorophyta, Ochrophyta e Rhodophyta, foram escolhidas em cada praia, de acordo com a maior representatividade no local e diferenças morfofuncionais dos indivíduos (Tabela 1).

Tabela 1 - Macroalgas coletadas (2017-2018) nas praias de Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * = Espécie dominante; P1 = Praia do Pina; P2 = Praia Pedra de Xaréu; Jul = Julho; Ago = Agosto; Set = Setembro; Jan = Janeiro; Fev = Fevereiro; Mar = Março.

Espécies	Filo	Praia/Mês
<i>Bryopsis</i> sp.*	Chlorophyta	P1/ Todos meses
<i>Ulva</i> sp.*	Chlorophyta	P1/ Todos meses
<i>Dictyopteris delicatula</i> J.V.Lamouroux	Ochrophyta	P2/ Jul, Ago e Set
<i>Padina</i> sp.	Ochrophyta	P2/ Jan, Fev e Mar
<i>Sargassum</i> sp.*	Ochrophyta	P2/ Todos meses
<i>Amansia</i> sp.	Rhodophyta	P1/ Julho
<i>Bryothamnion triquetrum</i> (S.G.Gmelin) M.Howe *	Rhodophyta	P2/ Todos meses
<i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq	Rhodophyta	P1/ Jan, Fev e Mar
<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus	Rhodophyta	P1/ Jul, Ago e Set
<i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C.Agardh *	Rhodophyta	P2/ Todos meses
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V.Lamouroux	Rhodophyta	P2/ Todos meses
<i>Gracilaria</i> sp.*	Rhodophyta	P1/ Todos meses
<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W.Nam	Rhodophyta	P1/ Ago, Set, Jan, Fev e Mar

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Espécimes de macroalgas (em duplicata) foram retirados cuidadosamente do substrato, com o auxílio de espátulas, colocados em sacos plásticos, acondicionados em isopor com gelo e levados ao Laboratório de Fitoplâncton, do Departamento de Oceanografia (UFPE). Em seguida, foram pesados (15g de peso úmido) e colocados em potes plásticos com volume de 30 mL de água proveniente do local de coleta, previamente filtrada (filtro de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro e tamanho de poro de 0,45 µm). Posteriormente foi efetuada uma agitação manual de cada pote, por 2 minutos, com o objetivo de deslocar a flora epífita (Vila et al. 2001). As macroalgas foram retiradas dos potes e a suspensão fixada com solução de lugol (concentração a 2%).

No total, foram analisadas 60 amostras. A análise qualitativa dos dinoflagelados foi realizada com o auxílio de um microscópio óptico (Zeiss), com aumento de 20x e câmera acoplada (TCA-1.31C), para registro das espécies encontradas. A identificação das espécies foi realizada com auxílio das seguintes bibliografias: Balech 1988; Hoppenrath et al. 2009; Kraberg et al. 2010.

Para quantificação das células o conteúdo de cada amostra foi vertido em cubetas de 10 ml, para sedimentação por 24 horas. Posteriormente, as cubetas foram analisadas de acordo com o método de Utermöhl (1958), utilizando-se microscópio invertido (Zeiss, AXIOVERT) e aumento de 20x. A abundância foi expressa em cel g^{-1} de peso úmido de macroalga (Gillespie et al. 1985).

A diversidade de espécies foi calculada segundo Shannon-Weiner (Shannon 1948) e classificada segundo Margalef (1978), e a equitabilidade (J') foi calculada de acordo com Pielou (1967). A riqueza de espécies foi determinada pelo número de táxons encontrados nas unidades amostrais. As análises do índice de diversidade específica e equitabilidade foram realizadas utilizando o software Primer 6.

2.4 Análise estatística

Para determinar a ocorrência de diferenças significativas entre as praias do Pina e Pedra de Xaréu (variação espacial), período chuvoso e de estiagem (variação sazonal) e entre as espécies de macroalgas (substrato), os dados foram submetidos aos testes não-paramétricos de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis, e os valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos. Todos os testes foram realizados com o software BioEstat 5.3.

A Análise dos Componentes Principais (ACP) foi realizada para esclarecer as relações entre as espécies de dinoflagelados epífitos mais frequentes e as variáveis ambientais (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, nutrientes e pH). Para realizar a ACP, os dados originais foram dispostos na forma de uma matriz de ordem 15 x 15, na qual foram representadas as 15 determinações realizadas e as 15 variáveis avaliadas. Esse conjunto de dados foi centrado na média e dimensionado de acordo com a variância dos resultados, devido às diferentes intensidades de resposta encontradas para as variáveis consideradas. As análises foram realizadas utilizando o software STATISTICA (Versão 7.0) e o nível de significância considerado para os testes foi $p < 0,05$.

3 Resultados

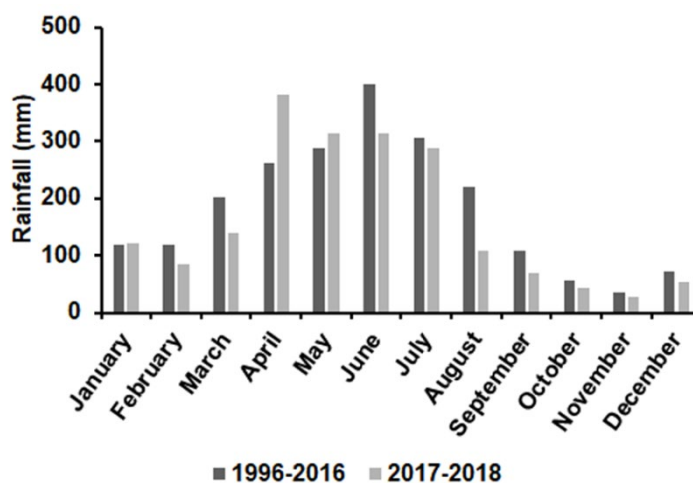
3.1 Variáveis ambientais

Os dados climatológicos de direção e velocidade do vento, mostraram que os ventos de Sudeste predominaram durante todo período de estudo, exceto nos meses

de julho (2017-2018) que predominaram os ventos de Sul e em novembro (2017) que predominaram ventos de Leste. A média mensal da velocidade do vento se manteve entre 1,09 e 2,49 m s⁻¹ e a média mensal da velocidade máxima do vento apresentou um pico em julho (2017) e agosto (2018), atingindo 6,8 e 5,14 m s⁻¹, respectivamente. Valores mínimos de velocidade foram registrados em maio (2017) e abril (2018). A temperatura média do ar permaneceu entre 24 e 27,5°C ao longo dos dois anos em que foram realizadas as coletas.

Durante o ano de 2017-2018, a região estudada teve uma precipitação acumulada de 1942 mm, com média de 258 mm no período chuvoso e 66 mm no período de estiagem. A precipitação aumentou a partir de março, com o maior acumulado (380,65 mm) registrada em abril, e começou a diminuir a partir de agosto, com a menor precipitação acumulada (26,3 mm) em novembro (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição da precipitação em 2017-2018 e série histórica (1996-2016) para o litoral de Pernambuco (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Rainfall = Pluviosidade; January = Janeiro; February = Fevereiro; March = Março; April = Abril; May = Maio; June = Junho; July = Julho; August = Agosto; September = Setembro; October = Outubro; November = Novembro; December = Dezembro.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Os valores de temperatura da água e salinidade foram semelhantes em ambas as praias, com temperatura média de 28,2 °C na praia do Pina e 29,2 °C na praia Pedra de Xaréu, para o período chuvoso, e 30,7 e 29,8 °C para o período de estiagem, respectivamente. A salinidade média foi de 33,5 e 36,2 no período chuvoso, e 35,2 e 37,1 no período de estiagem, nas praias do Pina e Pedra de Xaréu, respectivamente (Figura 3A; Tabela 2).

As concentrações de nitrito mantiveram-se baixas nas duas praias estudadas e com pequenas variações, apresentando uma média de 0,3 e 0,1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ durante o período chuvoso e 0,4 e 0,6 $\mu\text{mol L}^{-1}$ durante o período de estiagem, para as praias do Pina e Pedra de Xaréu, respectivamente. O nitrato apresentou concentrações mais elevadas no período de estiagem, chegando a atingir o valor máximo de 10,78 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no mês de janeiro (2018) na praia do Pina e 5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ na praia Pedra de Xaréu, com médias de 2,3 e 0,6 $\mu\text{mol L}^{-1}$ durante o período chuvoso e 5,3 e 3,3 $\mu\text{mol L}^{-1}$ durante o período de estiagem (Figura 3B; Tabela 2).

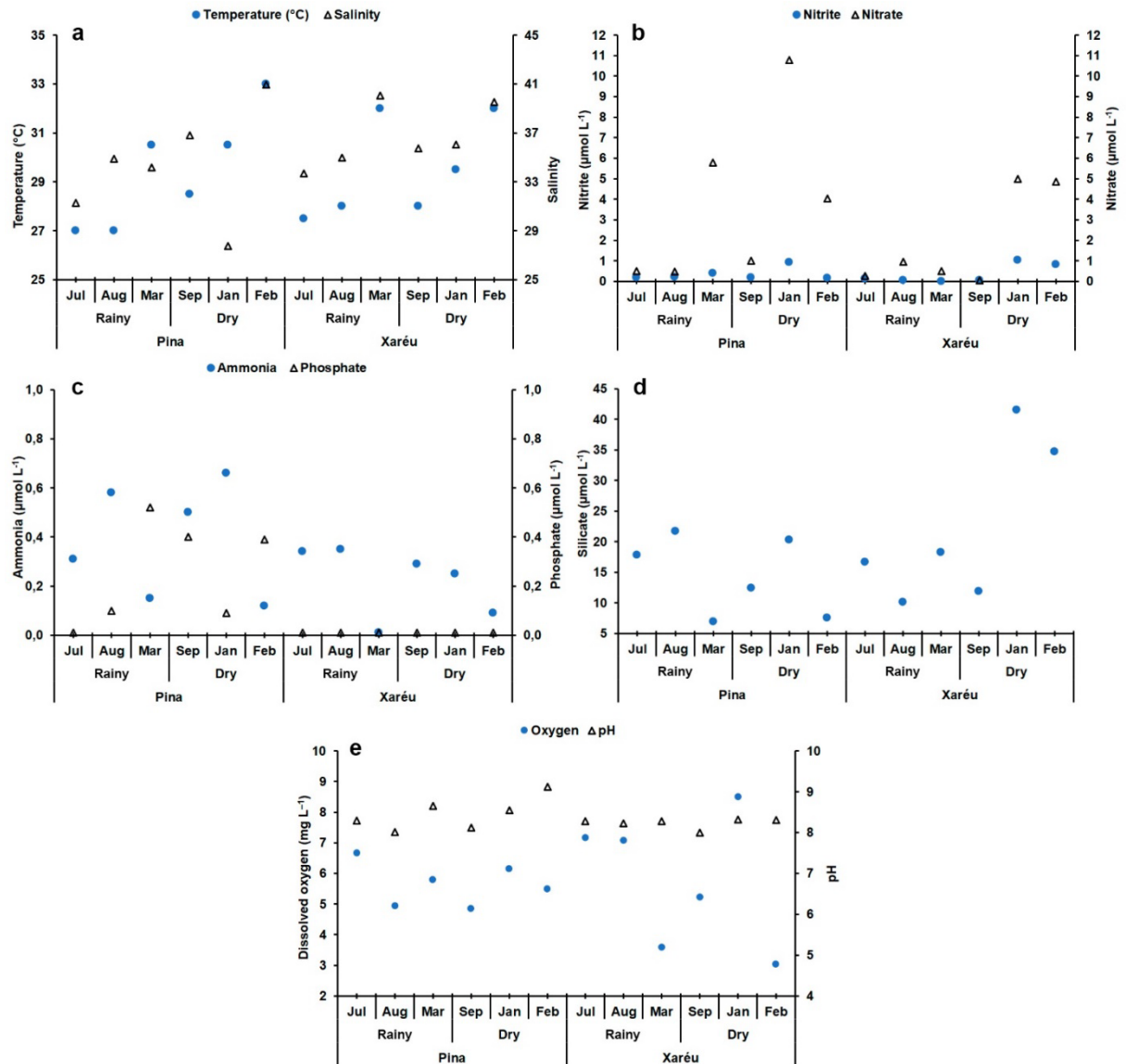
A amônia e o fosfato apresentaram pequenas variações entre as praias e períodos. As concentrações médias de amônia foram de 0,3 e 0,2 no período chuvoso e 0,4 e 0,2 no período de estiagem, nas praias do Pina e Pedra de Xaréu, respectivamente. Em relação ao fosfato, a praia do Pina apresentou concentração média de 0,2 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no período chuvoso e 0,3 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no período de estiagem. A praia Pedra de Xaréu apresentou valores não detectáveis (0,01 $\mu\text{mol L}^{-1}$) em todos os meses de coleta (Figura 3C; Tabela 2).

Os teores de silicato foram mais elevados na praia Pedra de Xaréu, chegando a atingir o valor máximo de 41,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ no mês de janeiro (2018). Teores médios de 15,5 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$ foram registrados durante o período chuvoso, e 13,4 e 23,9 $\mu\text{mol L}^{-1}$ durante o período de estiagem, nas praias do Pina e Pedra de Xaréu, respectivamente (Figura 3D; Tabela 2).

O oxigênio dissolvido apresentou valor mínimo de 3 mg L^{-1} em fevereiro (2018), e máximo de 8,5 mg L^{-1} em janeiro (2018), ambos na praia Pedra de Xaréu. As duas praias registraram média de 5,9 mg L^{-1} durante o período chuvoso e 5,6 mg L^{-1} durante o período de estiagem. Para o pH, os valores se mativeram constantes e alcalinos em ambas as praias e períodos, variando de 8 a 9,12 (Figura 3E; Tabela 2).

De acordo com a análise estatística, não ocorreu variação sazonal e espacial significativa nas variáveis ambientais, exceto para o fosfato, que apresentou variação espacial significativa ($p < 0,05$), com valores mais elevados na praia do Pina (Tabela 2).

Figura 3 - Variação das variáveis ambientais analisadas nas praias de Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil): (a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e Salinidade; (b) Nitrito (NO_2) e Nitrato (NO_3); (c) Amônia (NH_3) e Fosfato (PO_4); (d) Silicato ($\text{Si}(\text{OH})_4$); (e) Oxigênio dissolvido (OD) e pH. Legenda: Temperature = Temperatura; Salinity = Salinidade; Nitrite = Nitrito; Nitrate = Nitrato; Ammonia = Amônia; Phosphate = Fosfato; Silicate = Silicato; Dissolved oxygen = Oxigênio dissolvido; Jul = Julho; Aug = Agosto; Mar = Março; Sep = Setembro; Jan = Janeiro; Feb = Fevereiro; Rainy = Período chuvoso; Dry = Período de estiagem.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis ambientais nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * = $p < 0.05$ (variação significativa). mín = mínimo; máx = máximo; média±DP = média ± desvio padrão.

Variáveis ambientais	Pina				Xaréu				
	mín	má x	média± DP	sazonal (p)	mín	má x	média± DP	sazonal (p)	espacial (p)
Temperatura (°C)	27.0 0	33.0 0	29.42±2 .35	0.17	27. 50	32. 00	29.50±2 .05	0.5	0.87
Salinidade	27.7 7	40.9 6	30.21±3 .99	0.51	33. 69	40. 08	36.68±2 .57	0.51	0.33
Nitrito ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0.16	0.92	0.35±0. 30	0.51	0.0 1	1.0 4	0.35±0. 46	0.18	0.26
Nitrato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0.48	10.7 8	3.77±4. 06	0.27	0.0 5	5.0 0	1.94±2. 34	0.51	0.26
Amônia ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0.12	0.66	0.39±0. 23	0.82	0.0 1	0.3 5	0.22±0. 14	0.51	0.2
Fosfato ($\mu\text{mol L}^{-1}$) *	0.01	0.52	0.25±0. 21	0.82	0.0 1	0.0 1	0.01±0. 0	1	0.007
Silicato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	6.90	21.7 0	14.45±6 .42	0.82	10. 10	41. 50	22.2±12 .86	0.27	0.42
Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})	4.86	6.66	5.65±0. 70	0.82	3.0 4	8.5 0	5.77±2. 17	0.82	0.52
pH	8.01	9.12	8.46±0. 41	0.51	8.0 0	8.3 3	8.24±0. 12	0.51	0.33

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

3.2 Variáveis biológicas

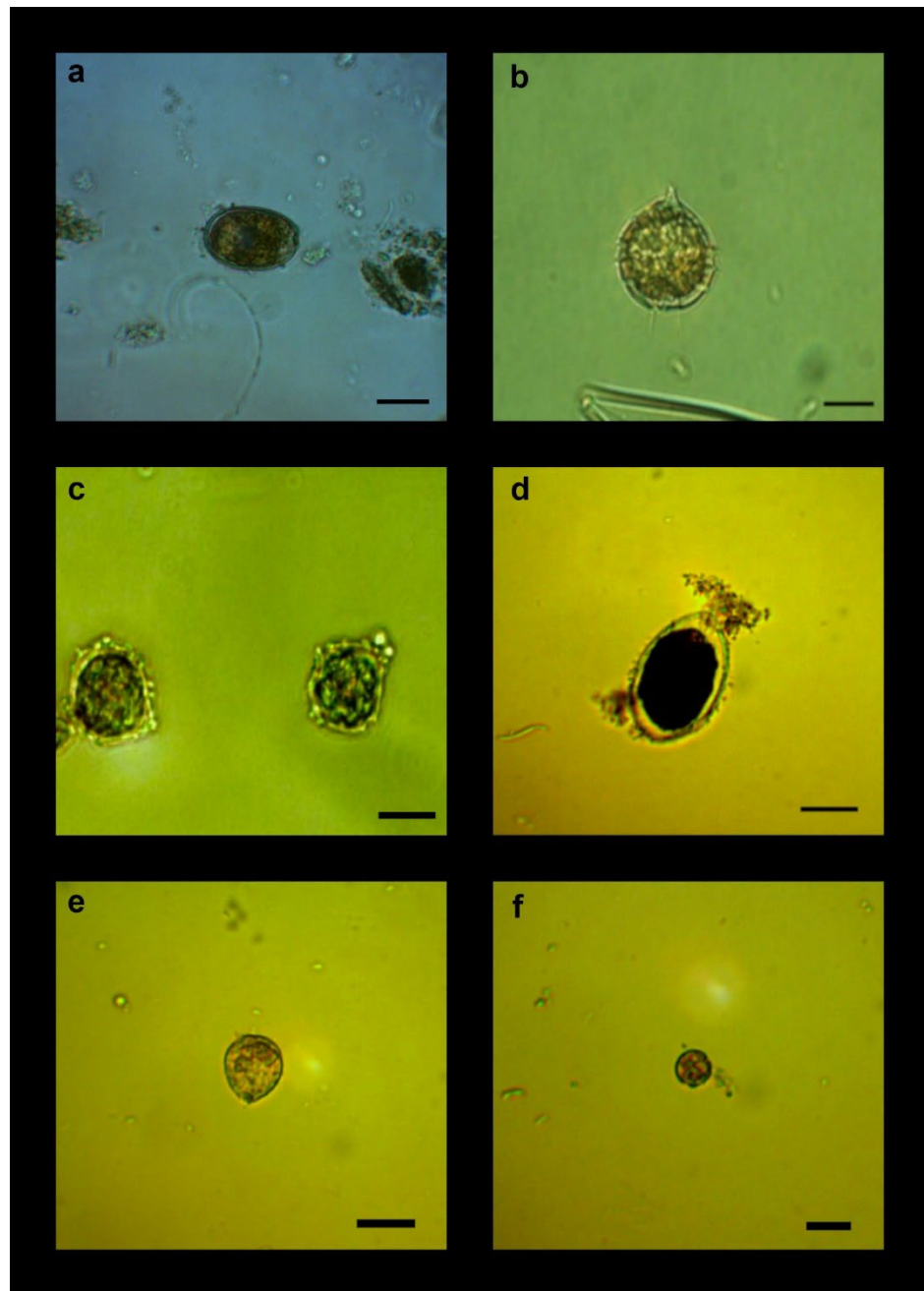
Na praia do Pina as macroalgas mais representativas foram: *Bryopsis* sp. e *Ulva* sp. (Clorophyta), *Amansia* sp., *Chondracanthus acicularis*, *Corallina officinalis*, *Gracilaria* sp. e *Palisada perforata* (Rhodophyta). Na praia Pedra de Xaréu, as mais representativas foram: *Sargassum* sp., *Dictyopteris delicatula* (Ochrophyta), *Bryothamnion triquetrum*, *Digenea simplex* e *Hypnea musciformis* (Rhodophyta).

Foram identificadas dez espécies de dinoflagelados epífitos. Pequenos indivíduos pertencentes à classe Dinophyceae também estiveram presentes, mas não foram identificados em um nível específico devido à dificuldade de identificação dos dinoflagelados atecados, uma vez que, quando as células são fixadas, sofrem alterações na morfologia do cloroplasto e formato celular. No entanto, esses indivíduos foram quantificados para maior precisão quantitativa das estimativas da flora. Entre as espécies identificadas, algumas são consideradas potencialmente

tóxicas, de acordo com bibliografia publicada (Faust et al. 1999; Laza-Martinez et al. 2011), porém, durante o período de coleta, não ocorreram florações.

Na praia do Pina, ocorreram cinco espécies de dinoflagelados epífitos, entre as quais *Gymnodinium* sp., *Heterocapsa* sp., *Prorocentrum* sp. e *Scrippsiella spinifera* G.Honsell & M.Cabrini se destacaram, além de pequenos dinoflagelados da classe Dinophyceae. A maior diversidade foi encontrada na praia Pedra de Xaréu (9 espécies), com destaque para a presença de *Gymnodinium* sp., *Ostreopsis* cf. *ovata* Y.Fukuyo, *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F.Stein e *Protoperidinium* sp., além de pequenos dinoflagelados da classe Dinophyceae (Figura 4; Tabela 3).

Figura 4 - Dinoflagelados epífitos mais representativos encontrados nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). (a) *Prorocentrum lima*; (b) *Protoperidinium* sp.; (c) *Scrippsiella spinifera*; (d) *Ostreopsis* cf. *ovata*; (e) Dinophyceae; (f) *Gymnodinium* sp.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Tabela 3 - Espécies de dinoflagelados epífitos encontrados nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Os dados de toxicidade foram retirados de literatura publicada (Wright e Cembella 1998; Kim et al. 2009; Marchan-Álvarez et al. 2017). Legenda: * = Espécie dominante; AZP = Azaspiracid Shellfish Poisoning; CFP = Ciguatera Fish Poisoning; DSP = Diarrhetic Shellfish Poisoning; NSP = Neurotoxic Shellfish Poisoning; PSP = Paralytic Shellfish Poisoning.

Espécies	Pina		Xaréu		Toxicidade
	Período chuvoso	Período de estiagem	Período chuvoso	Período de estiagem	
<i>Dinophysis</i> sp.			x		Alguns produzem toxinas. Causa DSP.
<i>Gymnodinium</i> sp.*	x	x	x	x	Alguns produzem toxinas. Causa CFP, PSP e NSP.
<i>Heterocapsa</i> sp.	x		x		Alguns produzem toxinas.
<i>Ostreopsis</i> cf. <i>ovata</i> Y.Fukuyo*			x	x	Produz toxina. Causa CFP.
<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich			x		Não tóxico.
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F.Stein *			x	x	Produz toxina. Causa CFP e DSP.
<i>Prorocentrum</i> sp.		x	x	x	Alguns produzem toxinas. Causa DSP.
<i>Protoperidinium quinquecorne</i> (Abé) Balech			x		Não tóxico.
<i>Protoperidinium</i> sp.*	x	x	x	x	Alguns produzem toxinas. Causa DSP e AZP.
<i>Scrippsiella spinifera</i> G.Honsell & M.Cabrini *	x	x			Não tóxico.

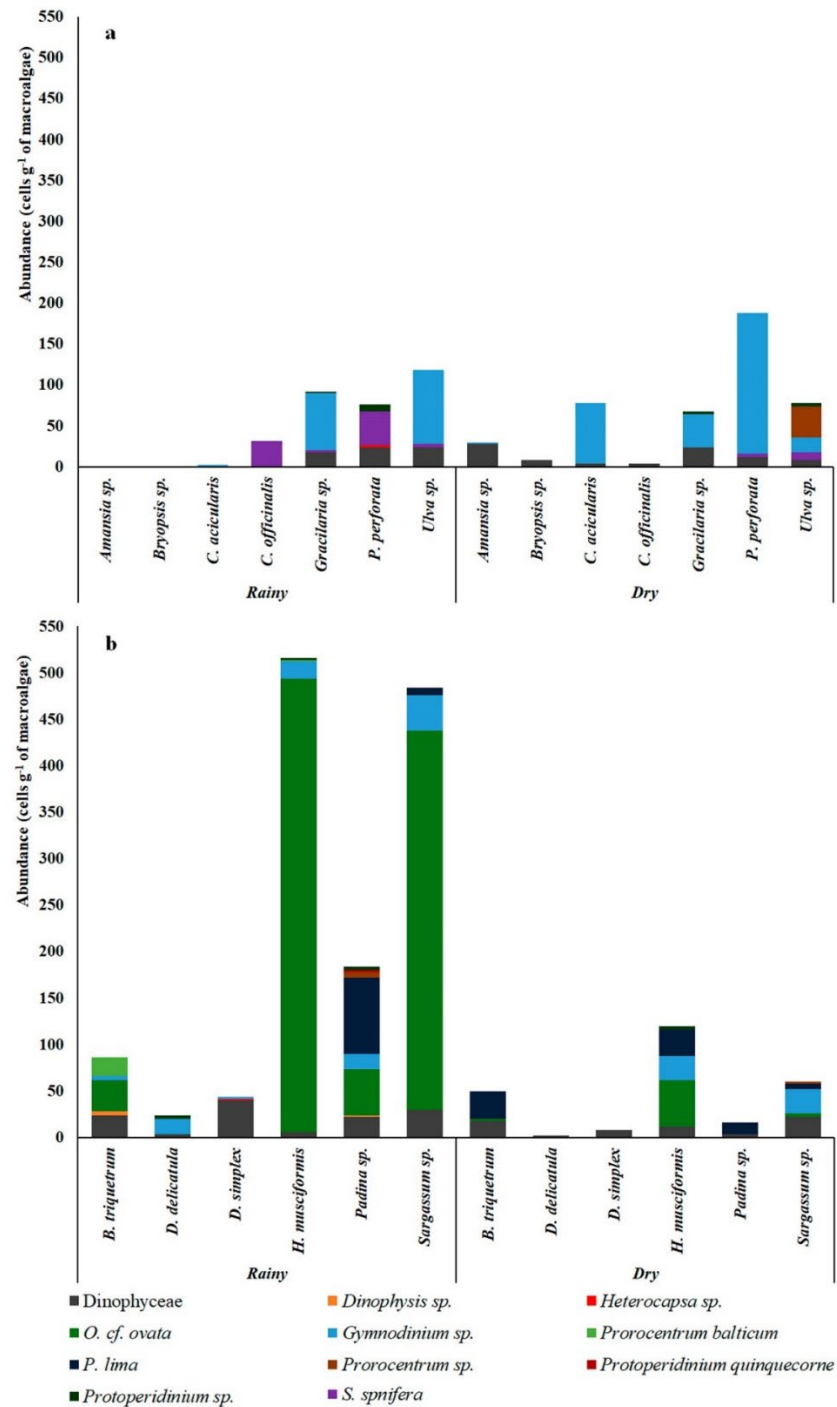
Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Em relação a abundância total, o mês de março apresentou valores elevados em virtude da abundância de *Ostreopsis* cf. *ovata*, associada às macroalgas *H. musciformis* e *Sargassum* sp., com 488 e 408 cel g⁻¹, respectivamente, na praia Pedra de Xaréu (Figura 5).

A maior representatividade do filo Rhodophyta proporcionaram maior diversidade e abundância de epífitos, atingindo abundância total de 144 cel g⁻¹, em *P. perforata*, na praia do Pina, no mês de fevereiro (2018) e 520 cel g⁻¹ em *H. musciformis*, na praia Pedra de Xaréu, em março (2018) (Figura 5). Entre as Chlorophyta, *Ulva* sp., dominante na praia do Pina, destacou-se com abundância máxima (108 cel g⁻¹) de dinoflagelados epífitos, em março (2018) (Figura 5). Na praia

Pedra de Xaréu, os filos Rhodophyta e Ochrophyta apresentaram abundância de dinoflagelados semelhantes, com maiores valores durante o período chuvoso.

Figura 5 - Dinâmica sazonal da abundância de dinoflagelados epífitos associados às macroalgas nas praias do Pina (a) e Pedra de Xaréu (b) (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Rainy = Período chuvoso; Dry = Período de estiagem. Abundance = Abundância; cells g⁻¹ of macroalgae = cel g⁻¹ de macroalga.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Os dinoflagelados epífitos não mostraram qualquer preferência significativa pelas espécies de macroalgas ($p > 0,05$), porém, uma maior riqueza de espécies (8 espécies), foi encontrada nos talos de *B. triquetrum* e *Padina* sp.

A diversidade específica registrou índices muito baixos, com valores que variaram de 0,24 a 2,27 bits.cel⁻¹, apresentando diversidade muito baixa (≤ 1 bit.cel⁻¹) em 75% das amostras. Em relação a equitabilidade, os valores ultrapassaram 0,5 na maioria das amostras analisadas, indicando que os táxons estão distribuídos uniformemente em ambas as praias.

Em relação a variação sazonal, a espécie *Protoperidinium* sp. apresentou variação significativa ($p < 0,05$) na praia Pedra de Xaréu. Entretanto, durante o período de estiagem a espécie *Gymnodinium* sp. apresentou variação significativa ($p < 0,05$) entre as praias. As outras espécies que também apresentaram variação espacial significativa ($p < 0,05$) foram: *Ostreopsis* cf. *ovata*, *P. lima* (praia Pedra de Xaréu) e *S. Spinifera* (praia do Pina), que foram as espécies dominantes e exclusivas das praias em que ocorreram (Tabela 4).

Tabela 4 - Estatística descritiva dos dinoflagelados epífitos mais representativos encontrados nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * = $p < 0.05$ (variação significativa). mín = mínimo; máx = máximo; média±DP = média ± desvio padrão; NO = Não ocorreu.

Táxon	Pina				Xaréu				
	mí n	má x	média±D P	sazona I (p)	mí n	má x	média±D P	sazona I (p)	espacia I (p)
Dinophyceae	0	28	5.1 ± 7.1	0.58	0	38	6.7 ± 9.1	0.87	0.34
<i>Scrippsiella spinifera</i> *	0	40	3.1 ± 9.1	0.7	0	0	0 ± 0	NO	0.00*
<i>Ostreopsis</i> cf. <i>ovata</i> *	0	0	0 ± 0	NO	0	488	36.6 ± 115.0	0.99	0.00*
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	132	16.0 ± 33.0	0.09	0	34	5.0 ± 9.5	0.22	0.41
<i>Prorocentrum lima</i> *	0	0	0 ± 0	NO	0	82	6.9 ± 16.0	0.57	0.00*
<i>Protoperidinium</i> sp.*	0	4	0.60 ± 1.4	0.99	0	6	0.97 ± 1.7	0.03*	0.34

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

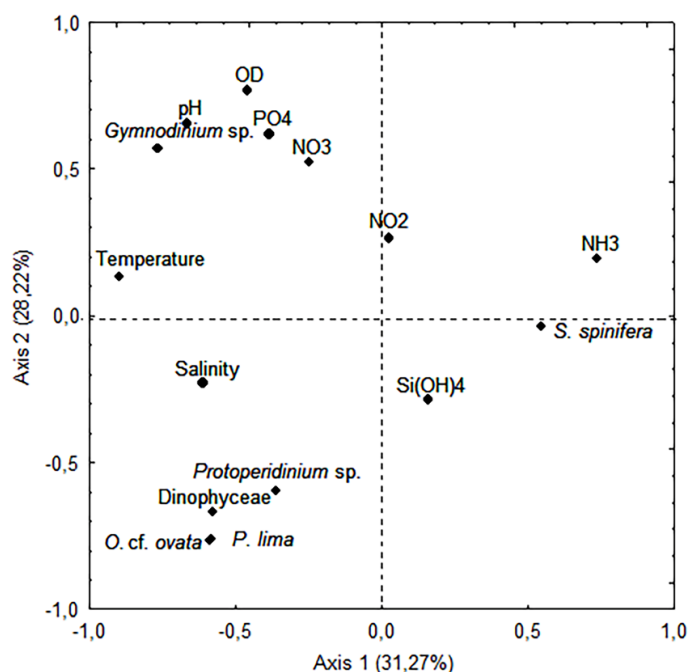
3.3 Análise dos Componentes Principais (ACP)

A Análise dos Componentes Principais (ACP) de todas as variáveis químicas ($n = 8$), físicas ($n = 1$) e biológicas ($n = 6$), mostrou que 60% da variância dos dados é explicada pelo plano fatorial 1-2 (Eixo 1 e Eixo 2) (Figura 6). O terceiro componente (Eixo 3) representou 17% (3 parâmetros) do total da amostra (tabela 5).

As principais observações no eixo 1 indicaram uma correlação direta entre a amônia e *S. spinifera*. Em contraste, eles se correlacionaram inversamente com a temperatura, salinidade e a espécie *Gymnodinium* sp. No eixo 2, houve correlação direta entre o oxigênio dissolvido, fosfato e pH, estando inversamente correlacionados com as espécies da classe Dinophyceae, *Ostreopsis* cf. *ovata*, *P. lima* e *Protoperidinium* sp. Uma correlação direta foi encontrada no eixo 3, entre os sais nutrientes nitrito, nitrato e silicato.

O primeiro componente mostrou forte associação entre a espécie *S. spinifera* e a amônia, demonstrando a importância desse nutriente para os processos celulares da espécie e confirmando a relação dos fatores antrópicos com a ocorrência desta espécie apenas na praia do Pina. O segundo componente mostrou que a diminuição do fosfato, favoreceu o desenvolvimento das espécies dominantes e exclusivas da praia Pedra de Xaréu (*Ostreopsis* cf. *ovata* e *P. lima*). Os elevados valores de temperatura e salinidade em março (2018), influenciaram diretamente no aumento da abundância de dinoflagelados epífitos durante o período chuvoso. Esses fatores indicaram ser de fundamental importância para o desenvolvimento de Dinophyceae, *Ostreopsis* cf. *ovata*, *P. lima* e *Protoperidinium* sp.

Figura 6 - Análise dos Componentes Principais (ACP) das variáveis químicas (n = 8), físicas (n = 1) e biológicas (n = 6) nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Axis 1 = Eixo 1; Axis 2 = Eixo 2; Temperature = Temperatura; Salinity = Salinidade; OD = Oxigênio dissolvido; PO4 = Fosfato; NO3 = Nitrato; NO2 = Nitrito; NH3 = Amônia; Si(OH)4 = Silicato.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Tabela 5 - Cargas fatoriais das variáveis biológicas (dinoflagelados) e ambientais para os componentes da ACP, nas praias do Pina e Pedra de Xaréu (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * = valores de maior correlação com o eixo.

Variáveis	Eixo 1 (31,27%)	Eixo 2 (28,22%)	Eixo 3 (17%)
Temperatura (°C)	-0,416*	0,065	-0,195
Salinidade	-0,284*	-0,112	0,161
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	-0,215	0,374*	0,160
Amônia (μmol L ⁻¹)	0,340*	0,096	-0,061
Nitrito (μmol L ⁻¹)	0,010	0,129	-0,589*
Nitrato (μmol L ⁻¹)	-0,115	0,254	-0,460*
Fosfato (μmol L ⁻¹)	-0,178	0,301*	0,221
Silicato (μmol L ⁻¹)	0,072	-0,139	-0,504*
pH	-0,310	0,320*	-0,042
Dinophyceae	-0,269	-0,324*	0,089
<i>Scrippsiella spinifera</i>	0,250*	-0,016	0,087
<i>Ostreopsis cf. ovata</i>	-0,271	-0,369*	0,021
<i>Gymnodinium sp.</i>	-0,356*	0,279	0,024
<i>Prorocentrum lima</i>	-0,273	-0,371*	-0,117
<i>Protoperidinium sp.</i>	-0,168	-0,290*	-0,117

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

4 Discussão

As variáveis ambientais nas praias estudadas encontram-se dentro da faixa esperada para uma região costeira tropical. Diante dos diferentes graus de urbanização e ação de fatores antropogênicos, níveis elevados de nitrato e fosfato foram observados na praia do Pina. Esses nutrientes têm uma influência importante nesta praia, principalmente no período de estiagem, devido ao aumento da atividade turística. Em consonância com isso, Ferreira et al. (2010) encontraram níveis mais baixos de fosfato durante o período chuvoso nas praias de Brasília Formosa, Boa Viagem e Piedade.

Os altos teores dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) favoreceram o desenvolvimento de macroalgas, principalmente do filo Chlorophyta, e consequentemente a abundância de *Scrippsiella spinifera* e *Gymnodinium* sp. na praia do Pina. Embora a amônia não tenha apresentado variação significativa entre as praias, pequenas oscilações nos níveis desse nutriente foram essenciais para aumentar a abundância dos dinoflagelados. De acordo com a análise da ACP, a associação positiva entre amônia e *S. spinifera* pode ter sido atribuída ao aumento de microhabitat gerado pelo aumento da comunidade de macroalgas. Esse fato é relatado por Delgado et al. (2006), em estudo na costa de Cuba, onde encontraram relação entre nutrientes e as duas espécies mais abundantes (*Gambierdiscus toxicus* R. Adachi & Y. Fukuyo e *P. lima*), mas ressaltaram que as condições ambientais no verão, com nutrientes mais elevados, são favoráveis ao desenvolvimento das macroalgas, proporcionando um maior número de microhabita para os dinoflagelados epífitos. Entretanto, também é possível que a ocorrência de *S. spinifera* seja favorecida pelos valores da razão N/P próximos a 16:1, mas um monitoramento mais longo e detalhado da região é necessário para certificar se esses parâmetros contribuem para o aparecimento dessa espécie.

De acordo com os valores obtidos do NID (nitrogênio inorgânico dissolvido) e do fosfato, foi possível determinar a razão de Redfield. Com essas informações, verificamos que a praia Pedra de Xaréu apresentou valores de razão N/P muito superiores à praia do Pina, quando comparados os mesmos períodos, justificado pela baixa concentração de fosfato apresentada na praia Pedra de Xaréu. Os teores de fosfato foram indetectáveis na praia Pedra de Xaréu, confirmando a diferença do impacto antrópico nas duas praias. As praias também apresentaram diferenças

significativas quanto à presença de algumas espécies, confirmando que a praia Pedra de Xaréu ainda se encontra em processo de urbanização (PU). No entanto, houve alguns registros de teores elevados de compostos nitrogenados durante o período de estiagem, indicando que a atividade turística também influencia no aumento desses teores.

Muitos estudos têm relacionado o aumento nas concentrações de nutrientes, em decorrência das atividades antrópicas, ao aumento na frequência e intensidade de florações de microalgas planctônicas nocivas (Hallegraeff 1993; Anderson et al. 2002; Heisler et al. 2008), porém, a relação entre nutrientes e florações de epífitos ainda é inconclusiva. Estudos anteriores realizados na costa Mediterrânea da Espanha (Vila et al. 2001), na Nova Zelândia (Shears e Ross 2009) e em Mônaco (Cohu et al. 2011), não encontraram correlação direta entre a abundância de dinoflagelados epibentônicos e os nutrientes.

A correlação inversa observada entre o fosfato e as espécies *Ostreopsis* cf. *ovata* e *P. lima*, demonstrou que essas espécies foram favorecidas pelos baixos teores desse nutriente ($0,01 \mu\text{mol L}^{-1}$) na praia Pedra de Xaréu. Segundo Rhodes et al. (2000), em estudo na Nova Zelândia e Pearce et al. (2000), estudando a costa leste da Tasmânia, elevadas concentrações de nitrato e fosfato impedem o crescimento da espécie *Ostreopsis siamensis* Johns.Schmidt, corroborando com o observado no presente estudo. No entanto, como um fator de importante contribuição para os eventos de floração de dinoflagelados epífitos, a temperatura mostra uma forte relação para o desenvolvimento de muitas espécies. Este fato, também foi observado por Cohu et al. 2013 no Mar Mediterrâneo, onde a floração de *Ostreopsis* cf. *ovata* foi relacionado ao aumento da temperatura e diminuição do oxigênio dissolvido.

Os maiores valores de abundância dos dinoflagelados estiveram relacionados com os maiores valores de temperatura, que coincidiram com os mais altos valores de salinidade e favoreceram a proliferação de *Ostreopsis* cf. *ovata*. Essa relação condiz com o estudo de Mangialajo et al. (2011), na costa Mediterrânea da Espanha, em que maiores densidades de dinoflagelados epibentônicos foram registradas nos meses de temperaturas mais elevadas. No leste da Tasmânia, Pearce et al. (2001) também constataram essa relação, observando um declínio no número de dinoflagelados durante o inverno.

Diante do esforço amostral do presente estudo, a abundância e diversidade específica dos dinoflagelados epífitos foram baixas (11 táxons em 60 amostras),

porém, com uma alta riqueza de espécies, levando-se em consideração outros trabalhos relacionados à essa assembleia. Okolodkov et al. (2007) relataram baixa diversidade (17 espécies em 221 amostras), porém, altos valores de abundância na assembleia de dinoflagelados epibentônicos na zona de recife de Veracruz, no Golfo do México. Parson e Preskitt (2007) em estudo nas águas costeiras do Havai, também observaram baixa diversidade (26 espécies em 369 amostras) e altos valores de abundância.

A dominância de *Ostreopsis* cf. *ovata*, representando a maior parte da abundância total dos epífitos durante o estudo, também é relatada no mar do Caribe, Cuba (Moreira et al. 2012) e no noroeste do Mar do Japão, Rússia (Selina et al. 2014). Outros estudos observaram florações de espécies do gênero *Ostreopsis*, como relatado por Vila et al. (2001), no Mar Mediterrâneo, onde os valores de *Ostreopsis* sp. atingiram $5,9 \times 10^5$ cel g⁻¹ na macroalga *Halopteris scoparia* (Linnaeus) Sauvageau. Algumas das florações mais intensas ocorridas entre as espécies desse gênero, em todo mundo, são relatadas por Shears e Ross (2009), em estudo realizado na Nova Zelândia, com a espécie *Ostreopsis siamensis* Johns.Schmidt atingindo uma abundância máxima de $1,4 \times 10^6$ cel g⁻¹.

No Brasil, estudos sobre dinoflagelados epífitos ainda são recentes e escassos. No entanto, alguns estudos realizados em laboratório com cepas isoladas de *Ostreopsis* cf. *ovata*, *P. lima*, *Prorocentrum* sp., *Coolia malayensis* Leaw, P.T.Lim & Usup e *Amphidinium* sp. de Armação de Búzios e Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, mostraram que maiores valores de temperatura estimularam o crescimento de todas as espécies e que temperaturas mais altas, entre 20 e 26 °C, favoreceram o crescimento de *Ostreopsis* cf. *ovata* (Nascimento e Corrêa 2010). Esse fato também foi observado no presente estudo, que, apesar de não ter apresentado variação significativa, uma pequena elevação da temperatura, juntamente com a salinidade e outros fatores favoráveis, proporcionaram boas condições para o desenvolvimento de *Ostreopsis* cf. *ovata* e *P. lima* na praia Pedra de Xaréu.

A dominância e abundância de *Ostreopsis* cf. *ovata* também esteve relacionada a codominância de *P. lima*. Em estudo realizado na costa nordeste do Brasil, D' Carli (2014) também relatou a dominância e maiores valores de abundância de *Ostreopsis* cf. *ovata* e *P. lima*. Okolodkov et al. (2007), constataram a dominância de *Prorocentrum lima* frequentemente associada a dominância de *Amphidinium* cf. *carterae* Hulburt, *Coolia monotis* Meunier e *Ostreopsis heptagona* D.R.Norris,

J.W.Bomber & Balech, o que pode indicar que essas espécies potencialmente tóxicas estão quase sempre formando associações (Carlson e Tindall 1985).

Apesar da salinidade não ter apresentado uma variação sazonal significativa, os maiores valores foram encontrados nos meses de menor pluviosidade, com forte característica de período de estiagem. A salinidade e a temperatura foram fundamentais para o aumento da abundância dos dinoflagelados, exceto para *S. spinifera*, que apresentou correlação inversa com as duas variáveis.

No entanto, uma correlação direta no crescimento de *Ostreopsis* cf. *ovata*, isolada do Mar Adriático, com aumento da salinidade, foi observada em experimentos de laboratório por Pezzolessi et al. (2012), o que corrobora com o que foi observado no presente estudo para a maioria das espécies de dinoflagelados.

Eventos de florações de *Ostreopsis* cf. *ovata*, são registrados tanto em área costeira quanto em região oceânica. No Brasil, já foram registradas florações de *Ostreopsis* cf. *ovata*, em Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, nos verões de 1999 e 2002, ocasionando no envenenamento e morte de ouriços marinhos (Granéli et al. 2002; Ferreira 2006). Em Santa Catarina, nas praias de Penha e Bombinhas (Tibiriçá et al. 2010) e na Bahia (Menezes et al. 2010), as florações acarretaram o surgimento de vários sintomas entre os banhistas. No litoral de Pernambuco, altos valores de densidade de *Ostreopsis* cf. *ovata* foram encontrados por Machado (2015) em uma área recifal, na praia de Porto de Galinhas, litoral Sul do estado. De'Carli (2014), estudando o mesmo local, registrou dominância e maiores valores de abundância de *Ostreopsis* cf. *ovata* seguidos de *P. lima*.

Registros de florações de *Ostreopsis* cf. *ovata*, também foram relatados em região oceânica por Nascimento et al. (2012), apresentando densidade média de $4,6 \times 10^4$ células por peso úmido da macroalga *Laurencia* sp., no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

As macroalgas coletadas nas praias estudadas não apresentaram uma sazonalidade bem definida, apenas diferiram quanto a predominância dos filos em cada localidade. Na praia do Pina, predominou o filo Chlorophyta, apresentando-se como bioindicadores de poluição orgânica, evidencia a forte ação de fatores antrópicos atuantes na área. Reis e Yoneshi-gue-Valentin (1998), apontam o gênero *Ulva* como oportunista e tolerante a amplas variações de parâmetros ambientais, se adaptando muito bem em regiões mais eutrofizadas. Assim, a dominância de *Ulva*, como relatado em trabalhos pretéritos realizados na mesma área (Sousa e Concentino

2004; Vasconcelos 2012), confirma que a praia do Pina é uma área de Urbanização Consolidada (UC).

A dominância das macroalgas dos filos Ochrophyta e Rhodophyta, na praia Pedra de Xaréu, caracterizam o ambiente como uma área de menor atuação de fatores antrópicos e estresse hídrico, com batimento constante de ondas e maior circulação de água (Cutrim 1990; Sousa e Concentino 2004).

Segundo Taylor (1985), Lobel et al. (1988) e Bomber et al. (1989), os dinoflagelados epífitos preferem algas tridimensionais, de área superficial flexível e com elevada área de superfície, em vez de uma espécie de macroalga ou filo em particular.

No entanto, apesar dos maiores valores de abundância dos epífitos estarem associados às algas *H. musciformes* e *Sargassum* sp., não foram encontradas relações significativas quanto a preferência dos epífitos por determinada macroalga. Popowski (1994) também observou que os dinoflagelados epífitos não mostraram preferência por nenhum substrato específico em águas cubanas. De acordo com Vila et al. (2001), nenhuma relação significativa foi encontrada entre macroalgas e as 3 espécies dominantes de dinoflagelados estudados. Okolodkov et al. (2007), também confirmaram que a maioria dos dinoflagelados epífitos encontrados na zona recifal de Veracruz, no Golfo do México, não mostrou nenhuma preferência particular pelas espécies de macrófitas.

Mesmo apresentando talos foliáceos, as espécies *Ulva* sp. (Chlorophyta) e *Padina* sp. (Ochrophyta), apresentaram altos valores de riqueza e abundância de epífitos, com maior diversidade observada nos talos de *Padina* sp., corroborando com um estudo realizado por Delgado et al. (2006), que observaram a maioria dos epífitos associados à esta macroalga. A associação dessas espécies de talos foliáceos com as espécies de dinoflagelados epífitos, pode estar relacionada tanto a estrutura morfofuncional do talo como também a dominância no local de coleta, devido às condições favoráveis.

Em conclusão, pode-se dizer que a comunidade de dinoflagelados apresentou alta riqueza, mas baixa diversidade de espécies, sendo influenciada pela dominância de *S. spinifera* e *Gymnodinium* sp., na praia do Pina.

Condições ambientais favoráveis, como alta temperatura, salinidade e baixo teor de fosfato, na praia Pedra de Xaréu, favoreceram a abundância dos dinoflagelados potencialmente tóxicos, *Ostreopsis* cf. *ovata* e *P. lima*. A espécie

dominante *Ostreopsis* cf. *ovata*, exclusiva da praia Pedra de Xaréu, foi inversamente correlacionada com os níveis de nutrientes, e a variação significativa nos teores de fosfato comprovou a diferença do impacto antrópico nas praias estudadas, destacando a presença e ausência de algumas espécies de dinoflagelados nas macroalgas. Além disso, as características do período de estiagem mostraram forte influência nas epífitas. Embora picos de abundância mais elevados tenham sido observados em *H. musciformes* e *Sargassum* sp., não houve preferência significativa dos epífitos por uma determinada espécie de macroalga. Assim, diante da ocorrência de espécies potencialmente tóxicas e dos possíveis problemas que essas espécies podem ocasionar, são necessários estudos adicionais e um constante monitoramento nas praias do litoral de Pernambuco.

5 Referências

- Accioly, M. C. 1992. Metodologia de amostragem e zonação das comunidades bentônicas do costão rochoso da praia de Pedra do Xaréu – Estado de Pernambuco (Brasil). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil, 146 p.
- Anderson, D. M., Glibert, P. M. & Burkholder, J. M. 2002. Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition and consequences. **Estuaries**, 25(4b): 704-726.
- Andrade, G. O. & Lins, R. C. 1971. Os climas do Nordeste. Pp. 95-138. In: Vasconcelos Sobrinho, J. (Ed.). **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização**. CONDEPE, Recife, 442 p.
- Aragão, J. O. R. A. 2004. Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na dinâmica do tempo e do clima do Nordeste do Brasil. pp.145-160. In: E. Eskinazi-Leça et al. (ed.). **Oceanografia: um cenário tropical**. Editora Bagaço, Recife, Brasil.
- Balech, E. 1988. **Los dinoflagelados del Atlântico Sudoccidental**. Instituto Español de Oceanografía, Madrid, 310 p.
- Bomber, J. W., Tindall, D. R. & Miller, D. M. 1989. Genetic variability in toxin potencies among seventeen clones of *Gambierdiscus toxicus* (Dinophyceae). **Journal of Phycology**, 25(4): 617-625.
- Bower, C. E. & Holm-Hansen, T. 1980. A salicylatehypochlorite method for determining ammonia in seawater. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 37: 794–798.
- Carlson, R. D. & Tindall, D. R. 1985. Distribution and periodicity of toxic dinoflagellates in the Virgin Islands. Pp. 171-176. In: Anderson, D. M., White, A. W. & Baden, D. G. (Eds). **Toxic Dinoflagellates**. New York, Elsevier, 561 p.

Cembella, A. D. 2003. Chemical ecology of eukaryotic microalgae in marine ecosystems. **Phycologia**, 42: 420-44.

Chung, M. H. & Lee, K. S. 2008. Species composition of the epiphytic diatoms on the leaf tissues of three *Zostera* species distributed on the southern coast of Korea. **Algae**, 23: 75–81.

Cohu, S., Thibaut, T., Mangialajo, L., Labat, J. P., Passafiume, O., Blanfuné, A., Simon, N., Cottalorda, J. M. & Lemée, R. 2011. Occurrence of the toxic dinoflagellate *Ostreopsis* cf. *ovata* in relation with environmental factors in Monaco (NW Mediterranean). **Marine Pollution Bulletin**, 62: 2681–2691.

Cohu, S., Mangialajo, L., Thibaut, T., Blanfune, A. & Marro, S. 2013. Proliferation of the toxic dinoflagellate *Ostreopsis* cf. *ovata* in relation to depth, biotic substrate and environmental factors in the North West Mediterranean Sea. **Harmful Algae**, 24: 32–44.

Costa, C. F., Amaral, F. D., Sassi, R. & Eskinazi-Leça, E. 2001. Some diatoms attached to scleractinian corals from northeast Brazil. **Revista Nordestina de Biologia**, 15(1): 23-30.

Costa, M. M. S., Pereira, S. M. B., Arruda, P. C. & Eskinazi-Leça, E. 2014. Quantitative variation of epiphytic diatoms in *Galaxaura rugosa* (Nemaliales: Rhodophyta). **Marine Biodiversity Records**, 7: e85.

Costa, M. M. S., Pereira, S. M. B., Silva-Cunha, M. G. G., Arruda, P. C. & Eskinazi-Leça, E. 2016. Community structure of epiphytic diatoms on seaweeds in Northeastern Brazil. **Botanica Marina**, 59(4): 231-240.

Cutrim, M. V. J. 1990. Distribuição das macroalgas na região entre-marés do recife da praia de Piedade, município Jaboatão dos Guararapes (Estado de Pernambuco – Brasil). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil, 135p.

De'Carli, G. A. L. 2014. Distribuição e abundância de dinoflagelados epi-bentônicos na costa nordeste no Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 35 p.

Delgado, G., Lechuga-Devéze, C. H., Popowski, G., Troccoli, L. & Salinas, C. A. 2006. Epiphytic dinoflagellates associated with ciguatera in the northwestern coast of Cuba. **Revista de Biologia Tropical**, 54(2): 299-310.

Dickson, A.G., Sabine, C.L. & Christian, J.R. 2007. **Guide to best practices for ocean CO₂ measurements**. PICES Special Publication, p. 191.

Diogéne, G., Durand-Clement, M. & Puiseux-Dao, S. 1992. La ciguatera intoxication alimentaire d'origine marine et la maïtotoxine composante du complexe toxique ciguatérique. **Revue Scientifique et Technique**, 2: 37-47.

Eskinazi-Leça, E., Magalhães, K. M. & Moura Junior, A.M. 2003. Variação quantitativa da diatomoflora epífita na fanerógama marinha *Halodule wrightii* Aschers. no litoral de Pernambuco. **VI Congresso de Ecologia do Brasil**, 2: 270-271.

Faust, M. A., Larsen, J. & Moestrup, Ø. 1999. Potentially toxic phytoplankton. 3. Genus *Prorocentrum* (Dinophyceae), **ICES Identification Leaflets for Plankton**, 184: 1-23.

Ferreira, C. E. L. 2006. Sea urchins killed by toxic algae. **JMBA Global Marine Environment**,(3): 23-24.

Ferreira, L. C., Silva Cunha, M. G. G., Koenig, M.L., Feitosa, F. A. N., Santiago, M. F. & Muniz, K. 2010. Variação Temporal do Fitoplâncton em Três Praias Urbanas do Litoral Sul do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 24(1): 214-224.

Gillespie, N. C., Holmes, M. J., Burke, J. B. & Doley, J. 1985. Distribution and periodicity of *Gambierdiscus toxicus* in Queensland, Australia. Pp. 183-188. In: Anderson, D. M., White, A. & Baden, D. (Eds.). **Toxic dinoflagellates**. Elsevier Science, 561 p.

Gómez, A. 2009. Dinofagelados bentônicos potencialmente tóxicos associados a moluscos bivalvos de importancia comercial en algunas localidades del Estado Nueva Esparta. **Trabajo de grado**. La Asunción: Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente; 47 p.

Gómez Del Prado, R. M. C., Valles, V. I., Lozano, C.H. & Hernández, T. S. 2011. Metacercariae of hemiurid in copepods from the Ensenada de la Paz, Baja California Sur, Mexico. **Neotropical Helminthology**, 5(2): 125-137.

Granéli, E., Ferreira, C. E. L., Yasumoto, T., Rodrigues, E. & Neves, M. H. B. 2002. Seaurchins poisoning by the benthic dinoflagellate *Ostreopsis* cf. *ovata* on the Brazilian coast. **10th International Conference on Harmful Algae**, St.Petersburg, Florida, EUA. 113 p.

Grasshoff, F. K., Emrhardt, M. & Kremling, K. 1983. **Methods of sea water analysis**. Second Edition. New York: Verlag Chemie. 419 p.

Grzebyk, D., Berland, B., Thomassin, B. A., Bosi, C. & Arnoux, A. 1994. Ecology of ciguateric dinoflagellates in the coral reef complex of Mayotte Island (S.W. Indian Ocean). **The Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 178: 51-66.

Guerra, N. C. & Manso, V. A. V. 2004. Beachrocks (Recifes de Arenito). Pp. 109-130. In: Eskinazi-Leça, E., Neumann-Leitão, S. & Costa M. F. (Org.). **Oceanografia: Um Cenário Tropical**. Recife: Ed. Bagaço, 761 p.

Hallegraeff, G. M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. **Phycologia**, 32(2): 79-99.

Hauxwell, J., Cebrián, J., Furlong, C. & Valiela, I. 2001. Macroalgal canopies contribute to eelgrass (*Zostera marina*) decline in temperate estuarine ecosystems. **Ecology**, 82: 1007–1022.

Heisler, J., Glibert, P. M., Burkholder, J. M., Anderson, D. M., Cochlan, W., Dennison, W. C., Dortch, Q., Gobler, C. J., Heil, C. A., Humphries, E., Lewitus, A., Magnien, R., Marshall, H. G., Sellner, K., Stockwell, D. A., Stoecker, D. K. & Suddleson, M. 2008. Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. **Harmful Algae**, 8: 3–13.

Hill, M., Allenby, A., Ramsby, B., Schönberg, C. & Hill, A. 2011. *Symbiodinium* diversity among host clonoid sponges from Caribbean and Pacific reefs: Evidence of heteroplasmy and putative host-specific symbiont lineages. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 59: 81-88.

Hoppenrath, M., Elbrachter, M. & Drebes G. 2009. **Marine Phytoplankton: Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. Germany**: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart. 264 p.

Kim, H.S., Yih, W., Kim, J.H., Myung, G. & Jeong, H.J. 2011. Abundance of epiphytic dinoflagellates from coastal waters off Jeju Island, Korea during Autumn 2009. **Ocean Science Journal**. 46 (3) 205–209.

Krøber, A., Baumann, M. & Durselen, C. D. 2010. **Coastal Phytoplankton: Photo Guide for Northern European Seas**. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, Germany. 204 p.

Koenig, M. L. & Macêdo, S. J. 1999. Hydrology and Phytoplankton Community Structure at Itamaracá-Pernambuco (Northeast, Brazil). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, 42(4):381-392.

Koenig, M. L. & Lira, C. G. 2005. O gênero *Ceratium* Schrank (Dinophyta) na plataforma continental e águas oceânicas do estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, 19(2): 391-397.

Lassus, P. 1988. **Plancton toxique et plâncton d'eaux rouges sur les cotes europeennes**. Institut Français de Recherche Pour l' Exploitation de la Mer IFREMER, Brest, 108p.

Laza-Martinez, A., Orive, E. & Miguel, I. 2011. Morphological and genetic characterization of benthic dinoflagellates of the genera *Coolia*, *Ostreopsis* and *Prorocentrum* from the southeastern Bay of Biscay. **The European Journal of Phycology**, 46(1): 45-65.

Lobel, P. S., Anderson, D. M. & Durand-Clement, M. 1988. Assessment of ciguatera dinoflagellate populations: sample variability and algal substrate selection. **Biology Bulletin**, 175: 94-101.

Macêdo, S. J.; Muniz, K. & Flores-Montes, M. J. 2004. Hidrologia da região costeira e plataforma continental do estado de Pernambuco, Pp. 255-286. In: Eskinazi-Leça, E., Neumann-Leitão, S. & Costa, M. F. (Eds). **Oceanografia, um cenário tropical**. Recife, Bagaço, 761p.

Machado, R. C. A. 2015. Estrutura da comunidade fitoplanctônica e hidrologia do ecossistema recifal de porto de galinhas (Pernambuco-Brasil). **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brazil.

Macintyre, H. L., Geider, R. J. & Miller, D. C. 1996. Microphytobenthos: The ecological role of the “secret garden” of unvegetated, shallowwater marine habitats 1. Distribution, abundance and primary production. **Estuaries**, 19: 186–201.

Mangialajo, L., Ganzin, N., Accoroni, S., Asnaghi, V., Blanfuné, A., Cabrini, M., Cattaneo-Vietti, R., Chavanon, F., Chiantore, M., Cohu, S., Costa, E., Fornasaro, D., Grossel, H., Marco-Miralles, F., Masó, M., Reñé, A., Rossi, A. M., Sala, M., Thibaut, T., Totti, C., Vila, M. & Lemée, R. 2011. Trends in *Ostreopsis* proliferation along the Northern Mediterranean coasts. **Toxicon**, 57: 408–420.

Marcano, A. 2011. Dinoflagelados bentônicos potencialmente tóxicos associados a los epibiontes del mangle rojo *Rhizophora mangle* Linnaeus (1753) en la laguna de la Restinga, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta. **Trabajo de grado**. La Asunción: Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, 63 p.

Marchan-Álvarez, J., Valerio-González, L., Troccoli-Ghinaglia, L. & Monroy, F.L. 2017. Dinoflagelados bentônicos nocivos, asociados con el sedimento arenoso en dos playas de la isla de Margarita. Venezuela. **Revista Biodiversidade Neotropical**, 7 pp. 156-168.

Margalef, R. 1978. **Perspectivas de la teoria ecológica**. Barcelona: Editorial Blume, 110 p.

Melo, M. A. F., Koenig, M. L., Souto, J., Travassos, R. K., Silva, A. C. 2014. Microfitoplâncton de águas costeiras adjacentes ao Porto do Recife (PE-Brasil). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 42, p. 80-94.

Menezes, M., Varela, D., Proença, L. A. O., Paredes, J. & Schramm, M. A. 2010. Morphology and molecular characterization of *Ostreopsis* (Dinophyceae) isolates from Northeastern Brazil. In: **14th International Conference on Harmful Algae**. Hersonissos (Grécia)(Abstract).

Moreira, A., Rodríguez, F., Riobó, P., Franco, J. M., Martínez, N., Chamero, D., Alonso, C. 2012. Notes on *Ostreopsis* sp. from Southern- Central Coast of Cuba. Cryptogamie, **Algologie**, 33(2): 217–224.

Muñoz, A. O. M. 1993. Aspectos ecológicos da margem de *Sargassum* do costão rochoso da praia de Pedra do Xaréu - PE - Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil, 82 p.

Nascimento, S. M. & Corrêa, E. V. 2010. Influence of temperature on growth parameters of *Ostreopsis* cf. *ovata*, *Prorocentrum* cf. *maculosum*, *Coolia monotis* and *Amphidinium* sp. strains from Rio de Janeiro, Brazil. In: **GEOHAB “Open Science Meeting on Harmful Algal Blooms in Benthic Systems”**, Honolulu, Hawaii.

Nascimento, S. M., França, J. V., Gonçalves, J. E. A. & Ferreira, C. E. L. 2012. *Ostreopsis* cf. *ovata* (Dinophyta) bloom in an equatorial island of the Atlantic Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, 64: 1074-1078.

Nimer, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. Secretaria de Planejamento e Coordenação da Presidência da República e IBGE, Rio de Janeiro 421p.

Okolodkov, Y. B., Campos-Bautista, G., Garate- Lizarraga, I., Guillermo Gonzales-Gonzales, J. A., Hoppenrath, M. & Arenas, V. 2007. Seasonal changes of benthic and epiphytic dinoflagellates in the Veracruz reef zone, Gulf of Mexico. **Aquatic Microbial Ecology**, 47: 223–237.

Okolodkov, Y. B., Merino-Virgilio, F. M., Aké- Castillo, J. A., Aguilar-Trujillo, A. C., Espinosa-Matías, S. & Herrera-Silveira, J. A. 2014. Seasonal changes in epiphytic dinoflagellate assemblages near the Northern Coast of the Yucatan Peninsula, Gulf of Mexico. **Acta Botanica Mexicana**, 107: 121–151.

Orla. Projeto. 2001. **Brasília: Ministério do MeioAmbiente e Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão**.

Pacobahyba, L. D., Eskinazi-Leça, E., Silva- Cunha, M. G. G. & Koenig, M. L. 1991. Diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas na fanerógama marinha *Halodule wrightii* Aschers. (Cymodoceaceae). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 22: 39-63.

Parsons, M. L. & Preskitt, L. B. 2007. A survey of epiphytic dinoflagellates from the coastal waters of the island of Hawaii. **Harmful Algae**, 6: 658–669.

Passavante, J. Z. O. 1979. Contribuição ao estudo dos dinoflagelados da Plataforma Continental de Pernambuco-Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 14: 31-54.

Pearce, I., Marshal, J. & Hallegraeff, G. M. 2000. Toxic Epiphytic Dinoflagellates from East Coast Tasmania, Australia. Pp. 54-57. **Proceedings of the 9th International Conference - Harmful Algal Blooms**.

Pezzolessi, L., Guerrini, F., Ciminiello, P., Dell'Aversano, C., Iacovo, E. D., Fattorusso, E., Forino, M., Tartaglione, L. & Pistocchi, R. 2012. Influence of temperature and salinity on *Ostreopsis* cf. *ovata* growth and evaluation of toxin content through HR LC-MS and biological assays. **Water Research**, 46: 82-92.

Papasprou S., Smith, C. J., Dong, L. F., Whitby, C., Dumbrell, A. J. & Nedwell, D. B. 2014. Nitrate reduction functional genes and nitrate reduction potentials persist in deeper estuarine sediments. Why? **PLoS One**, 9: e94111.

Pielou, E. C. 1967. **Mathematical ecology**. New York: Wiley.

Popowski, G. 1994. Dinoflagelados asociados con la ciguatera en aguas cubanas. In: **VII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. Resúmenes**. La Paz, Baja California Sur.

Reis, R. P. & Yoneshigue-Valentin, Y. 1998. Variação espaço-temporal de populações de *Hypneabmusciformis* (Rhodophyta, Gigartinales) na baía de Sepetiba e Armações dos Búzios, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, 12: 465-483.

Rhodes, L., Adamson, J., Suzuki, T., Briggs, L. & Ian, G. 2000. Toxic marine epiphytic dinoflagellates, *Ostreopsis siamensis* and *Coolia monotis* (Dinophyceae), in New Zealand. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, 34: 371-383.

Selina, M. S., Morozova, T. V., Vyshkvartsev, D. I. & Orlova, T. Y. 2014. Seasonal dynamics and spatial distribution of epiphytic dinoflagellates in Peter the Great Bay (Sea of Japan) with special emphasis on *Ostreopsis* species. **Harmful Algae**, 32: 1-10.

Shannon, C. E. & Weaver, W. 1963. **The mathematical theory of communication**. Urbana, University of Illinois Press. 173 p.

Shears, N. T. & Ross, P. M. 2009. Blooms of benthic dinoflagellates of the genus *Ostreopsis*; na increasing ecologically importante phenomenon on temperate reefs in New Zeland and worldwide. **Harmful Algae**, 8: 916-925.

Sournia, A. 1978. **Phytoplankton Manual**. Paris, UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (Monographs on oceanographie methodology,6).

Sousa, G. S. & Cocentino, A. L. M. 2004. Macroalgas como Indicadoras da qualidade ambiental da Praia de Piedade – PE. **Tropical Oceanography**, 32 (1): 1-22.

Strickland, J. D. H. & Parsons, T. R. 1972. A practical handbook of sea water analysis. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, 167: 207-211.

Taylor, F. J. R. 1985. The distribution of the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* in the Eastern Caribbean. Pp. 423-428. In: Gabrie, C. & Salvat, B. (Eds.). **Proceedings Of the Fifth International Coral Reef Congress**, 4 Symposia and Seminars.

Tibiriçá, C. E. J. A., Proença, L. A. O. & Schramm, M. A. 2010. Investigação da ocorrência de dinoflagelados epífitos em duas enseadas na região Centro-Norte de Santa Catarina. In.: **XIII Congresso Brasileiro de Ficologia**, Paraty, RJ.

Tomas, C. R. 1997. **Identifying marine phytoplankton**. San Diego: Academic press. 858 p.

Totti, C., Poulin, M., Romagnoli, T., Perrone, C., Pennesi, C. & De Stefano, M. 2009. Epiphytic diatom communities on intertidal seaweeds from Iceland. **Polar Biology**, 32: 1681-1691.

Totti, C., Accoroni, S., Cerino, F., Cucchiari, E. & Romagnoli, T. 2010. *Ostreopsis* cf. *ovata* bloom along the Conero Riviera (Northern Adriatic Sea): Relationships with environmental conditions and substrata. **Harmful Algae**, 9: 233-239.

Utermohl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-ethodik. Mitt. Int. Ver. **Limnology**, 9: 1-38.

Vasconcelos, E. R. T. P. P. 2012. Índice de distúrbio ambiental (IDA) através das macroalgas marinhas bentônicas dos recifes areníticos de Pernambuco. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 60 p.

Vasconcelos, E. R. T. P. P. 2016. Macroalgas marinhas como ferramenta de avaliação do estado de conservação de ambientes recifais em Pernambuco. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 133 p.

Vila, M., Garcés, E. & Masó, M. 2001. Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. **Aquatic Microbial Ecology**, 26: 51-60.

Wetzel, R. G & Likens, G. E. 2000. **Limnological analyses**. 3 ed. Springer-Verlag, New York. 429 p.

Wright, J. L. C. & Cembella, A. D. 1998. Ecophysiology and biosynthesis of polyether marine biotoxin. Pp. 427-452. In: **Physiological ecology of harmful algal blooms**, Anderson, D. M., Cembella, A. D. & Hallegraeff, G. M. (Eds.), Springer, Berlin.

5 ARTIGO 2 - DISTRIBUIÇÃO DE DINOFLAGELADOS EPIBIONTES E MICROPLÁSTICOS NA MACROALGA *PALISADA PERFORATA* (BORY) K.W NAMM EM PRAIA URBANIZADA DO LITORAL DE PERNAMBUCO, BRASIL

Abstract. Specimens of *Palisada perforata* (Bory) KW Namm and environmental variables (temperature, salinity, nutrients, pH and dissolved oxygen) were collected during the rainy season (July, August/2017 and March/2018) and dry season (September/2017, January and February/2018), at Praia do Pina, an urbanized area on the coast of Pernambuco (Northeast Brazil), with the objective of evaluating the epibiont dinoflagellate community, distribution of microplastic particles associated with the macroalgae stalk, as a function of environmental variables. Five dinoflagellate taxa were identified: *Gymnodinium* sp., *Heterocapsa* sp., *Protoperidinium* sp. and *Scrippsiella spinifera* G.Honsell & M.Cabrini, in addition to small individuals belonging to the class Dinophyceae. Among the identified epiphytes, some species are considered potentially toxic, however, during the collection period, there were no flowerings. The highest values of abundance were reached by the species *Gymnodinium* sp. (176 cel g⁻¹), coinciding with high salinity and temperature values recorded in the dry season. The structure of the epiphyte community showed significant seasonal difference and distinction of two groups, with the species *Scrippsiella spinifera* and *Gymnodinium* sp. contributing to that division. Plastic particles were in greater abundance than epiphytes, suggesting that the intense urbanization in the area makes the marine environment vulnerable to these residues and other types of pollutants. In addition, the large exposure to microplastic residues documented for these regions can have significant implications for the development, structure and consolidation of this assemblage, which over time can contribute to the degradation of reef ecosystems, affecting the entire marine food chain.

Keywords: host-epiphyte, abundance, *Gymnodinium*, plastic filaments

Resumo. Exemplos de *Palisada perforata* (Bory) K.W Namm e variáveis ambientais (temperatura, salinidade, nutrientes, pH e oxigênio dissolvido) foram coletados durante o período chuvoso (julho, agosto/2017 e março/2018) e de estiagem (setembro/2017, janeiro e fevereiro/2018), na praia do Pina, área urbanizada do litoral

de Pernambuco (Nordeste do Brasil), com o objetivo de avaliar a comunidade de dinoflagelados epibiontes, distribuição de partículas microplásticas associadas ao talo da macroalga, em função das variáveis ambientais. Foram identificados 5 táxons de dinoflagelados: *Gymnodinium* sp., *Heterocapsa* sp., *Protooperidinium* sp. e *Scrippsiella spinifera* G.Honsell & M.Cabrini, além de pequenos indivíduos pertencentes à classe Dinophyceae. Dentre os epífitos identificados, algumas espécies são consideradas potencialmente tóxicas, porém, durante o período de coleta, não ocorreram florações. Os maiores valores de abundância foram atingidos pela espécie *Gymnodinium* sp. (176 cel g^{-1}), coincidindo com altos valores de salinidade e temperatura registrados no período de estiagem. A estrutura da comunidade de epífitos apresentou diferença sazonal significativa e distinção de dois grupos, com as espécies *Scrippsiella spinifera* e *Gymnodinium* sp. contribuindo para essa divisão. As partículas plásticas estiveram em maior abundância do que os epífitos, sugerindo que a intensa urbanização na área torna o ambiente marinho vulnerável a esses resíduos e a outros tipos de poluentes. Além disso, a grande exposição à resíduos microplásticos documentada para essas regiões pode trazer implicações significativas no desenvolvimento, estrutura e consolidação dessa assembleia e que ao longo do tempo podem contribuir para a degradação dos ecossistemas recifais, afetando toda a cadeia trófica marinha.

Palavras-chave: hospedeiro-epífita, abundância, *Gymnodinium*, filamentos plásticos

1 Introdução

Dinoflagelados epibentônicos contribuem significativamente para a produção de ecossistemas aquáticos (comunidades de recifes de corais, lagoas costeiras, manguezais, estuários) (Faust 2004; Heil et al. 2004). Muitas dessas espécies são encontradas em associação epifítica (com macroalgas e plantas marinhas) e epizoóicas (sobre recifes de coral), além de ocorrer sobre detritos, sedimento, areia (Faust 1991; Faust 1994; Faust 2004; Heil et al. 2004) e podem ser tóxicas e/ou potencialmente nocivas (Aligizaki et al. 2009).

Grande parte das espécies de dinoflagelados epífitos é prejudicial aos seres humanos, bem como aos organismos marinhos (Bagnis et al. 1980; Alcala et al. 1988; Mangialajo et al. 2008). Espécies dos gêneros *Gambierdiscus*, *Ostreopsis*, *Coolia*, *Prorocentrum* e *Amphidinium* são conhecidas por serem epífitas e/ou bentônicas

(Taylor 1979, 1995; Hurbungs et al. 2001). No geral, estão presentes em regiões tropicais ou subtropicais (Steidinger e Tangen 1997), porém, algumas também costumam habitar águas quentes de regiões temperadas (Hurbungs et al. 2001; Pistocchi et al. 2011). A ocorrência dessas espécies em águas temperadas tem sido relatada como evidência de aumento da temperatura da água (Graneli et al. 2011; Rhodes 2011).

A variabilidade de dinoflagelados epibiontes tóxicos tem sido atribuída às mudanças naturais e antropogênicas que atuam sobre as assembleias de macroalgas, as quais são afetadas por fatores como: temperatura, mudanças no substrato, turbulência, nutrientes, ondas, frentes frias, furacões, dentre outros (Taylor 1985, Diogène 1992, Grzebyk 1994).

Segundo Martins (2011), a alteração dos fatores ambientais que influenciam no ecossistema costeiro pode ser causada pelo nível de poluição nas praias, devido à rápida urbanização, o que pode alterar a produtividade e o equilíbrio da comunidade de dinoflagelados epífitos. O aumento populacional, adensamentos de construções e alta atividade turística favorecem a produção de resíduos poluentes, que podem acarretar mudanças nas comunidades de algas e outros organismos sensíveis às alterações causadas pela ação antrópica (Ortega 2000). A resposta dessas assembleias a essas alterações ambientais pode ser individual ou em nível de comunidade, aumentando com o tempo a proporção e as consequências de perturbação à natureza (Pinilla 2000).

Ultimamente a presença de resíduos de difícil degradação, como materiais plásticos, tem chamado atenção nas regiões que abrigam essas comunidades (Ivar-Do-Sul e Costa 2014). Fragmentos plásticos representam até 92% dos detritos encontrados por organismos marinhos e podem limitar seu movimento, alimentação e respiração após emaranhamento ou ingestão (Gall et al. 2015; Werner et al. 2016).

O plástico, considerado o maior poluente sólido documentado para ambientes marinhos, é encontrado em ambientes aquáticos em uma grande variedade de tamanho. Fragmentos macroscópicos são chamados de detritos plásticos, enquanto as partículas menores que 5 mm são definidos pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica como microplásticos (Arthur et al. 2008; Wright et al. 2013).

Os microplásticos podem ser classificados de diferentes formas, como fragmento, filme, fibra, espuma e pellet (Free et al. 2014). Duas principais categorias de microplásticos são definidas dependendo de sua origem, sendo classificados em microplásticos primários, os que são produzidos intencionalmente para uso direto ou como precursores de outros produtos. Estes se originam de cosméticos, tintas, têxteis de águas residuais domésticas ou de pellets da indústria de plásticos. Já os microplásticos secundários, são formados no ambiente a partir da degradação de macroplástico (maior que 5 mm) fragmentados, causado principalmente por UV, ondas ou abrasão física (Andrady 2011). A taxa de produção de microplásticos secundários provavelmente dependem das características do plástico, da extensão do intemperismo e energética do ambiente local (Arthur et al. 2008).

Atualmente, os microplásticos (< 5 mm) superam os detritos maiores. Eles podem ser ingeridos ou anexados a invertebrados menores e microrganismos planctônicos, causando efeitos negativos diretos e afetando toda a cadeia alimentar (Wang et al. 2019). Estudos recentes fizeram uma revisão sobre como parte da poluição por estes pequenos resíduos plásticos atinge os mais variados grupos, constituintes do plâncton, nécton e bentos (Hatje et al. 2013; Ivar-Do-Sul e Costa 2014). Segundo Yokota (2017), os microplásticos interagem com os produtores primários aquáticos e suas consequências são ecologicamente relevantes, especialmente em combinação com outros efeitos antropogênicos, como as mudanças climáticas e eutrofização, o que contribui para o desequilíbrio e degradação dos ecossistemas costeiros.

Diante da abrangência do microplástico nesses ambientes e considerando a carência de estudos com dinoflagelados epífitos, no litoral de Pernambuco, sentiu-se a necessidade e importância em estudar a interação destas comunidades com os microplásticos. Assim, esta pesquisa teve como objetivo identificar a distribuição qualitativa da comunidade de dinoflagelados epífitos e microplásticos associados à macroalga *Palisada perforata*, em função das variáveis ambientais, na praia do Pina, Pernambuco (Nordeste do Brasil).

2 Materiais e Métodos

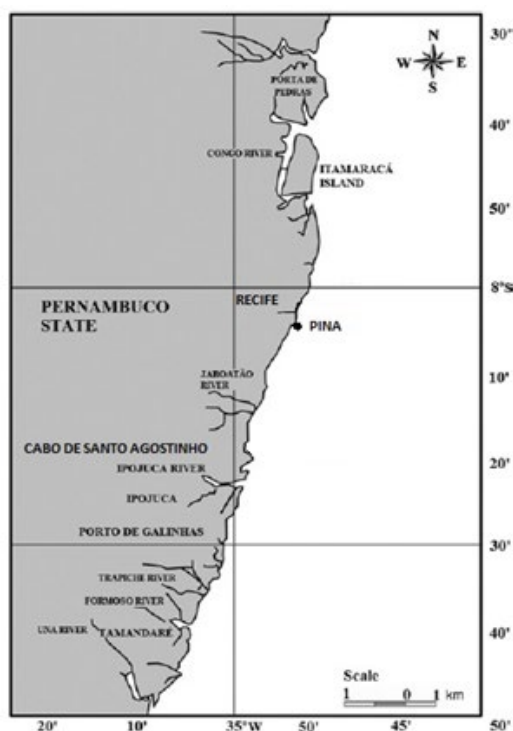
Área de estudo - O litoral de Pernambuco localiza-se entre os paralelos 7°33' a 8°55'S e 34°49' a 35°11'W, situando-se na faixa de clima tropical quente e úmido, do tipo As', segundo a classificação de Koppen (Andrade e Lins 1971; Nimer 1989). A temperatura média anual do ar e da água está em torno de 25°C e a umidade relativa do ar varia de 80 a 90%. A distribuição da precipitação pluviométrica define dois períodos anuais: estiagem e chuvoso. O período de estiagem compreende os meses entre setembro e fevereiro, com precipitação média de 60,2 mm e o período chuvoso se estende entre março e agosto, com média pluviométrica de 301,5 mm. A precipitação anual varia de 1760 a 2270 mm, com 80% da sua ocorrência entre abril e julho, e o vento dominante é o de sudeste (Aragão 2004).

A plataforma continental de Pernambuco é considerada uma das menos extensas do litoral brasileiro, com apenas 187 km de extensão, 35-42 km de largura e o fundo coberto por sedimentos terrígenos. Recifes de arenito e de coral formam grandes manchas irregulares que se estendem em linhas paralelas à costa e afloram em alguns locais ou são parcialmente imersos (Guerra e Manso 2004).

O local escolhido para coleta do material foi a praia do Pina (8°05'40" S e 34°52'50" W), localizada na porção mais ao norte da região litorânea da cidade do Recife, (Figura 1). Com cerca de 2 km de extensão, a praia do Pina, é constituída por cordões recifais que servem como proteção à linha da costa. As linhas de arenito presentes na praia protegem o ecossistema recifal dos eventos erosivos marinhos e ficam expostas na maré baixa, formando as "piscinas naturais". Algumas das linhas de arenito permanecem submersas ou estão permanentemente soterradas pela areia.

A praia foi selecionada devido ao alto grau de urbanização e atuação de fatores antrópicos que atuam na área. É uma praia Classificada como Orla Exposta com Urbanização Consolidada, de acordo com a tipologia paisagística e intensidade de povoamento, tal classificação é caracterizada por ter circulação e renovação de água constantemente, praia aberta com zona de arrebentação bem desenvolvida, número considerável de construções e população residente, além de paisagens degradadas e alto potencial de poluição (Orla 2001).

Figura 1 - Área de estudo com a localização do ponto de coleta na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil).



Fonte: Fonte: Carlos Delgado Noriega.

Descrição do hospedeiro - O gênero *Palisada*, pertence ao filo Rhodophyta e é composto por 29 espécies e teve sua validação publicada por K.W. Nam em 2007. Estudos recentes vêm relatando forte distribuição de microalgas epífitas em talos de Rhodophyta filamentosa e ramificada, sugerindo a grande contribuição dessa associação para o aumento da produtividade de zonas costeiras (Costa-Silva et al. 2009; Costa-Silva et al. 2016).

A Rhodophyta *Palisada perforata* (Rhodomelaceae, Ceramiales) é uma alga macroscópica que possui talo ereto, de textura cartilaginosa e ramificado radialmente (Nam 2007). É uma das poucas rodófitas distribuídas mundialmente (Guiry e Guiry 2021) que habita diferentes zonas de recifes ao longo da costa de Pernambuco, Brasil (Vasconcelos et al. 2021). Nos recifes tropicais brasileiros, esta espécie domina as comunidades de algas (Vasconcelos et al. 2016).

Coletas e Análises - As coletas foram realizadas durante o período chuvoso (julho, agosto/2017 e março/2018) e de estiagem (setembro/2017, janeiro e fevereiro/2018) na região do mesolitoral da praia. Os dados de precipitação pluviométrica (mm) foram

obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A medição da temperatura da água foi realizada *in situ* utilizando um termômetro de álcool e as amostras de água coletadas com o auxílio de uma garrafa de Kitahara. A salinidade foi determinada através do método de Morh-Knudsen, descrito por Strickland e Parsons (1972), os sais nutrientes dissolvidos, nitrito e nitrato, foram determinados de acordo com Papaspyrou et al. (2014), a amônia segundo Bower e Holm-Hansen (1980), o fosfato de acordo com Strickland e Parsons (1972) e o silicato de acordo com Grasshoff et al. (1983). As concentrações de oxigênio dissolvido (mL L^{-1}) foram determinadas pelo método de Winkler modificado, descrito por Strickland e Parsons (1972), e o pH pelo método espectrofotométrico (Dickson et al. 2007).

Para análise das variáveis biológicas e microplásticos, foram coletados espécimes de *Palisada perforata*, com o auxílio de espátulas para remoção do talo por inteiro. Entretanto não foi coletado espécimes de *P. perforata* no mês de julho/2017 em virtude da ausência da macroalga. Após a coleta, o material (hospedeiro-epífito-microplástico) foi colocado em frascos de vidro, acondicionados em isopor com gelo e encaminhados ao Laboratório de Fitoplâncton (LABFITO), no Departamento de Oceanografia da UFPE.

Os talos de *P. perforata* foram pesados (15g de peso úmido) e cortados em três porções (basal, mediana e apical). Em seguida, os fragmentos foram colocados em frascos, acrescidos de um volume de 30 mL de água proveniente do local de coleta e previamente filtrada (filtro de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro e tamanho de poro de 0,45 μm). Posteriormente, foi realizada uma agitação manual de cada frasco contendo as macroalgas, por 2 minutos, com o objetivo de deslocar os epífitos e as partículas microplásticas (Vila et al. 2001). Em seguida, a macroalga foi retirada do frasco e a suspensão fixada com solução de lugol a 2% (Delgado et al. 2005).

As análises qualitativas foram realizadas através de um microscópio óptico (Zeiss), com aumento de 20x e câmera acoplada (TCA-1.31C), para registro das espécies e partículas microplásticas encontradas. A identificação das espécies foi realizada com auxílio da bibliografia especializada: Balech 1988; Hoppenrath et al. 2009; Kraberg et al. 2010. Para o enquadramento dos táxons foi utilizado o sistema de classificação do banco de dados AlgaeBase (Guiry e Guiry 2021).

Para quantificação das células e partículas, o conteúdo de cada amostra foi vertido em cubetas de 10 ml, para sedimentação por 24 horas. Posteriormente, as

cubetas foram analisadas de acordo com o método de Utermöhl (1958), utilizando-se microscópio invertido (Zeiss, AXIOVERT) e aumento de 20x. A abundância foi expressa em cel g⁻¹ (dinoflagelados epífitos) e partículas g⁻¹ (microplásticos), de peso úmido de macroalga (Gillespie et al. 1985). Os microplásticos foram quantificados e classificados de acordo com sua forma, em filamentosos e não filamentosos (Free et al. 2014).

Após as análises, foi calculada a abundância relativa (%), de acordo com Lobo e Leighton (1986), através da fórmula: $A = N \times 100/n$; onde, N = n° de espécies na lâmina; n = n° total de espécies, sendo definida como uma espécie dominante, quando representar mais de 50% do número total de organismos presentes na amostra e uma espécie abundante como aquela em que a ocorrência é maior que o valor médio dos indivíduos da amostra.

A frequência de ocorrência foi calculada a partir do número de vezes em que cada táxon ocorreu nas amostras analisadas, através da fórmula: $F = P \times 100/p$; onde, P = n° de lâminas contendo a espécie; p = n° total de lâminas examinadas, sendo estabelecidos os seguintes critérios (Matteucci e Colma 1982): muito frequente (acima de 70%); frequente (entre 40 e 70%); rara (entre 10 e 40%) e esporádica (< 10%).

Para os dados estatísticos, foi realizado o teste não-paramétrico de *Kruskal-Wallis*, para determinar a ocorrência de variações sazonais significativas entre as variáveis ambientais, sendo considerados significativos os valores de $p < 0,05$. Os testes foram realizados no programa BioEstat 5.3.

A análise unidirecional de similaridade, ANOSIM, foi aplicada para testar a hipótese de diferença das assembleias quanto ao período sazonal (chuvoso e seco). Posteriormente, foi feita uma similaridade percentual (SIMPER) para determinar a contribuição de cada espécie para os períodos sazonais.

A Análise de Coordenadas Principais (PCO) foi usada para representar amostras do período seco e do período chuvoso para a assembleia. A estrutura das assembleias dos dinoflagelados epífitos foi comparada entre as porções do talo do hospedeiro (apical, mediana e basal) e o período climático (chuvoso e seco) usando Permanova two-way.

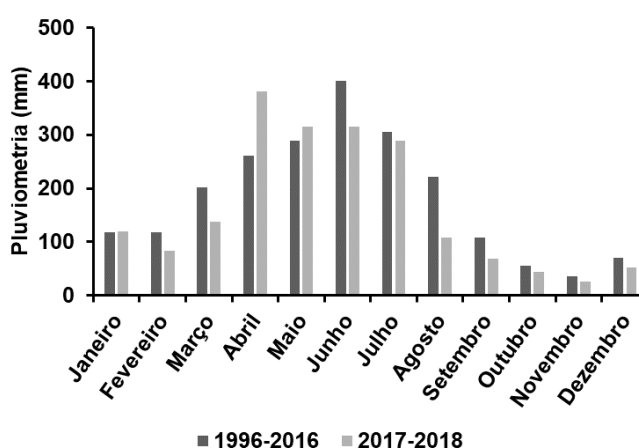
A relação entre parâmetros abióticos e assembleias de epífitos foi avaliada usando modelos lineares baseados em distância (DistLM) usando o "melhor" procedimento e AIC como critério de seleção para os melhores modelos. Permanova, PCO e DistLM foram baseados em matrizes de semelhanças calculadas usando distância euclidiana (log de dados ($x + 1$) transformado - parâmetros ambientais) e similaridade de Bray Curtis (dados de quarta raiz transformada - assembleias de epífitos). As análises estatísticas foram realizadas com o Primer 6.0 + PERMANOVA. Em todas as análises foi considerado um nível de significância de 5%.

3 Resultados

3.1 Variáveis ambientais

A precipitação na região estudada durante os anos de 2017 e 2018 totalizou um acumulado de 1942 mm, com média de 258 mm durante o período chuvoso e 66 mm durante o período de estiagem. Esses resultados foram comparados com a precipitação média dos últimos 20 anos (1996 a 2016).

Figura 2 - Distribuição da pluviometria (mm) em 2017-2018 e a média histórica de anos anteriores (1996-2016) para a região estudada.

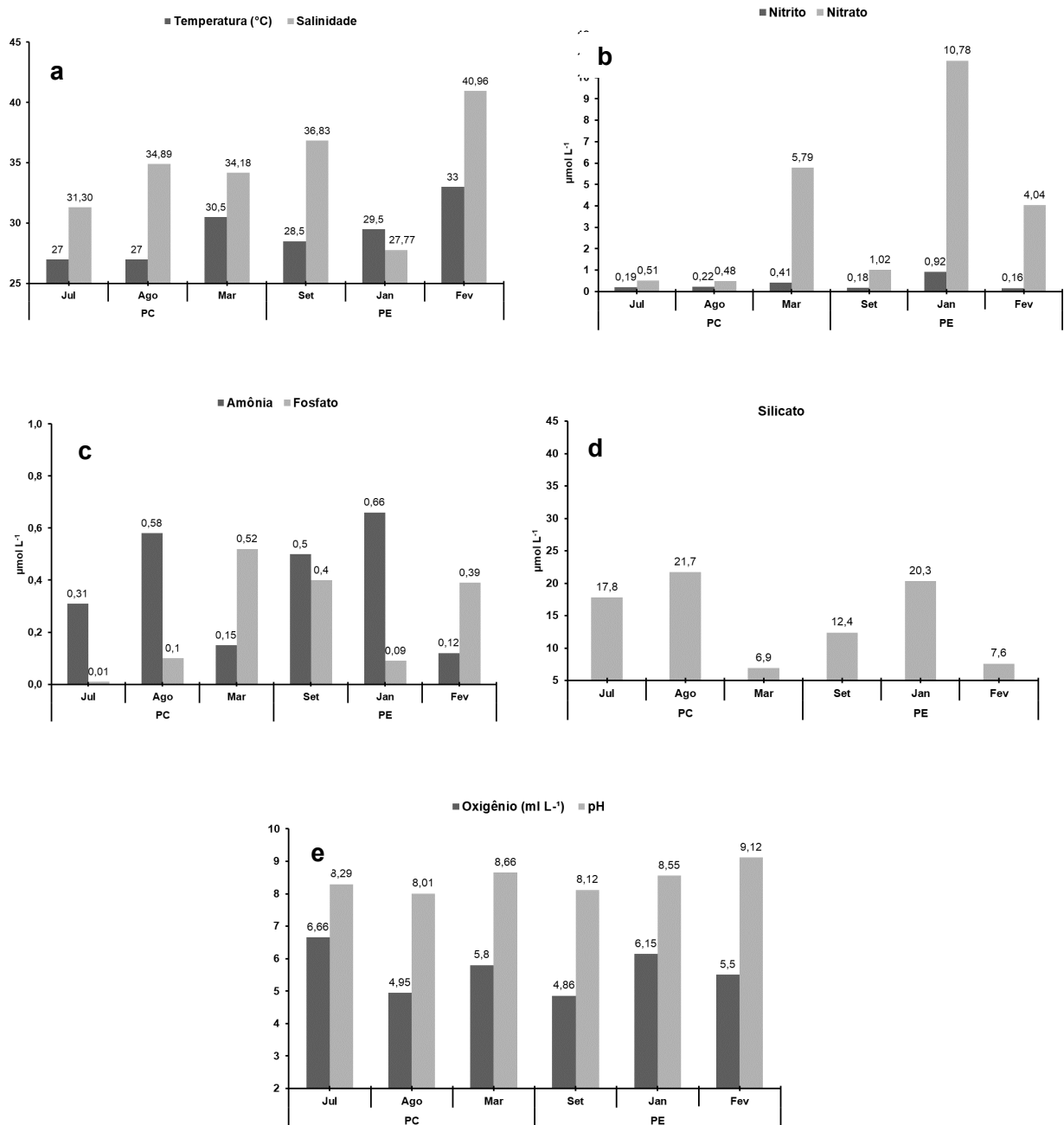


Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Os teores de salinidade variaram de 27,77 (janeiro/2018) a 40,96 (fevereiro/2018). Em relação a temperatura, os valores variaram de 27°C (agosto/2017) a 33°C (fevereiro/2018), com maiores valores encontrados durante o

período de estiagem (Figura 3a; Tabela 1). O teor de nitrato presente na água apresentou um aumento durante o período de estiagem, oscilando de $0,48 \mu\text{mol L}^{-1}$ (agosto/2017) a $10,78 \mu\text{mol L}^{-1}$ (janeiro/2018) (Figura 3b; Tabela 1). O nitrito apresentou uma pequena variação entre os períodos, registrando $0,16 \mu\text{mol L}^{-1}$ (fevereiro/2018) e $0,92 \mu\text{mol L}^{-1}$ (janeiro/2018) (Figura 3b; Tabela 1). Em relação a amônia, os teores variaram de $0,12 \mu\text{mol L}^{-1}$ (fevereiro/2018) a $0,66 \mu\text{mol L}^{-1}$ (janeiro/2018), e o fosfato oscilou entre valor não detectável ($0,01 \mu\text{mol L}^{-1}$), em julho de 2017, e $0,52 \mu\text{mol L}^{-1}$ (janeiro/2018), com valores um pouco maiores durante o período de estiagem (Figura 3c; Tabela 1). Os teores de silicato variaram de $6,9 \mu\text{mol L}^{-1}$ (março/2018) a $21,7 \mu\text{mol L}^{-1}$ (agosto/2017), com maiores valores durante o período chuvoso (Figura 3d; Tabela 1). Em relação ao oxigênio dissolvido, os valores variaram de $4,86 \text{ mL L}^{-1}$ (setembro/2017) a $6,66 \text{ mL L}^{-1}$ (julho/2017), com valores um pouco mais elevados durante o período chuvoso (Figura 3e; Tabela 1). O pH da água manteve-se constante na maioria dos meses de coleta, variando de 8,01 (agosto/2017) a 9,12 (fevereiro/2018) (Figura 3e; Tabela 1). De acordo com a análise estatística, não ocorreu variação sazonal significativa entre as variáveis ambientais (Tabela 1).

Figura 3 - Variáveis ambientais analisadas na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil) durante os meses de coleta: (a) Temperatura (C °) e Salinidade; (b) Nitrito (NO₂) e Nitrato (NO₃); (c) Amônia (NH₃) e Fosfato (PO₄); (d) Silicato (Si(OH)₄); (e) Oxigênio dissolvido (OD) e pH. Legenda: PC = Período chuvoso; PE = Período de estiagem Jul = julho /2017; Ago = agosto/2017; Mar = março/2018; Set = setembro/2017; Jan = janeiro/2018; Fev = fevereiro/2018.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis ambientais analisadas na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * $p < 0,05$ (variação significativa). mín. = mínimo; máx = máximo; med.±d.p. = média ± desvio padrão.

Variáveis ambientais	Praia do Pina			
	mín.	máx.	med.±d.p.	Sazonal (p=)
Temperatura (°C)	27,00	33,00	29,25±2,30	0,26
Salinidade	27,77	40,96	34,32±,53	0,51
Amônia ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0,12	0,66	0,39±0,23	0,82
Nitrito ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0,16	0,92	0,35±0,30	0,51
Nitrato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0,48	10,78	3,77±4,06	0,27
Fosfato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0,01	0,52	0,25±0,21	0,82
Silicato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	6,90	21,70	14,45±6,42	0,82
Oxigênio dissolvido (mL L^{-1})	4,86	6,66	5,65±0,70	0,51
pH	8,01	9,12	8,46±0,41	0,51

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

3.2 Variáveis biológicas

A partir das análises quali-quantitativas foi possível obter informações sobre a distribuição e abundância da comunidade de dinoflagelados epífitos associados a *Palisada perforata*. Foram identificados 5 táxons de dinoflagelados: *Gymnodinium* sp., *Heterocapsa* sp., *Protoperidinium* sp. e *Scrippsiella spinifera* G.Honsell & M.Cabrini, além de pequenos indivíduos pertencentes à classe Dinophyceae, os quais não foram identificados em nível específico devido à dificuldade de identificação dos dinoflagelados atecados, cujas células podem, quando fixadas, sofrer alterações na morfologia dos cloroplastos e na forma.

A maior representatividade foi encontrada no mês de fevereiro/2018, com um total de 144 cel g^{-1} correspondente a Dinophyceae e *Gymnodinium* sp., com a porção apical do talo representando 70% do total de dinoflagelados epífitos agregados (92 cel g^{-1}). Com relação às partes do talo de *P. perforata*, a região apical apresentou o maior número de dinoflagelados epífitos, a qual totalizou 142 cel g^{-1} , seguida da porção mediana com 120 cel g^{-1} (Tabela 2).

Apesar de *P. perforata* ter estado ausente no mês de julho, os valores de abundância dos dinoflagelados demonstraram uma tendência de serem maiores durante o período de estiagem, o qual apresentou os maiores quantitativos de células de epífitos agregados.

Os dinoflagelados epífitos que dominaram com o maior quantitativo de células da comunidade foram *Gymnodinium* sp., com uma abundância total de 174 cel g⁻¹, seguido dos Dinophyceae, o qual totalizou 64 cel g⁻¹, e *Scrippsiella spinifera*, totalizando 46 cel g⁻¹ do total de epífitos encontrados (Tabela 2).

Tabela 2 - Abundância (cel g⁻¹) dos dinoflagelados epífitos nas diferentes porções do talo de *Palisada perforata*, na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Bas: Basal; Med: Mediana; Api: Apical.

Táxon	Período chuvoso						Período de estiagem								
	agosto/17			março/18			setembro/17			janeiro/18			fevereiro/18		
	Ba s	Me d	Ap i	Ba s	Me d	Ap i	Ba s	Me d	Ap i	Ba s	Me d	Ap i	Ba s	Me d	Ap i
Dinophyceae		2	14	4	4		2	10	16						12
<i>Gymnodinium</i> sp.								2			20	20	14	26	92
<i>Heterocapsa</i> sp.				2											
<i>Protoperidinium</i> sp.		2			2										
<i>Scrippsiella spinifera</i>	2	38		2						2	2				
TOTAL	2	42	14	8	6	0	2	12	16	2	22	20	14	38	92

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Dinophyceae foi o único táxon classificado como frequente, estando presente em 53% das amostras analisadas. Os demais táxons, *Gymnodinium* sp. (40%), *S. spinifera* (33%) e *Protoperidinium* sp. (13%), foram classificados como pouco frequentes e *Heterocapsa* sp. (7%) como esporádico.

De acordo com a análise de similaridade (ANOSIM) *one-way* a estrutura da comunidade de epífitos associada a *Palisada perforata* exibe diferença entre os períodos chuvoso e seco (valor global de $R = 0.275$ e $p = 0.035$). A análise dos percentuais de contribuição dos táxons na similaridade (SIMPER) mostra que no período chuvoso, a similaridade média foi de 26,45%, com as espécies de Dinophyceae e *Scrippsiella spinifera* contribuindo com 63,1% e 28,9%, respectivamente. Por outro lado, no período seco, a similaridade média foi de 37,25%, com as espécies *Gymnodinium* sp. e os dinoflagelados da classe Dinophyceae contribuindo com 69,3% e 26,8% (Tabela 3).

Tabela 3 - Contribuição das espécies de dinoflagelados epífitos para as similaridades nos períodos sazonais, na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil).

Período chuvoso Similaridade média: 26,45			Período de estiagem Similaridade média: 37,25		
Táxon	Abundância média	Contribuição (%)	Táxon	Abundância média	Contribuição (%)
Dinophyceae	0,99	63,09	Dinophyceae	0,76	26,79
<i>Scrippsiella spinifera</i>	0,81	28,87	<i>Gymnodinium</i> sp.	1,41	69,27

Fonte: Nykon Craveiro.

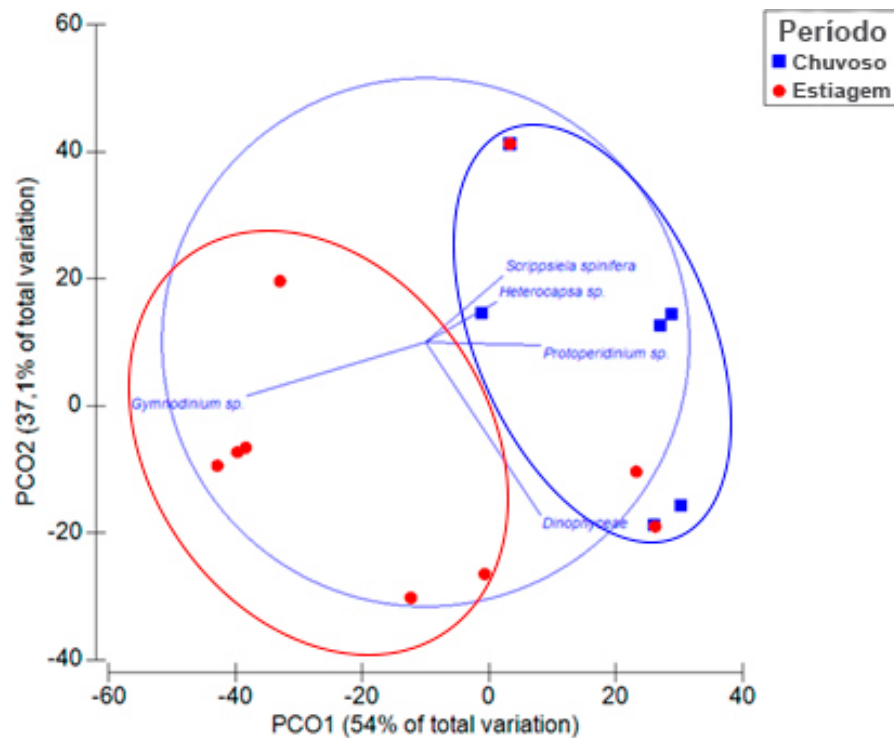
A estrutura da comunidade associada a *Palisada perforata* variou significativamente para os períodos sazonais (pseudo-F: 3.75; p : 0.03), porém não variou em relação às porções do talo macroalgal (pseudo-F: 1.71; p : 0.18), sem interação entre fatores (pseudo-F: 0.71; p : 0.63) (Tabela 4). Os gráficos da figura 4a permitem identificar a formação de dois grupos para as amostras da comunidade epífita associada ao talo macroalgal, entre o período chuvoso e estiagem. O PCO demonstra a separação e influência da espécie *Gymnodinium* sp. para o período de estiagem (Figura 4).

Tabela 4 - Sumário dos resultados da PERMANOVA para a estrutura da comunidade associada a *Palisada perforata*, da praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Período	1	4268,9	4268,9	3,75	0,03	9957
Porção	2	3883,5	1941,8	1,71	0,18	9961
Período x Porção	2	1611,4	805,69	0,71	0,63	9952
Res	9	10240	1137,8			
Total	14	19504				

Fonte: Nykon Craveiro

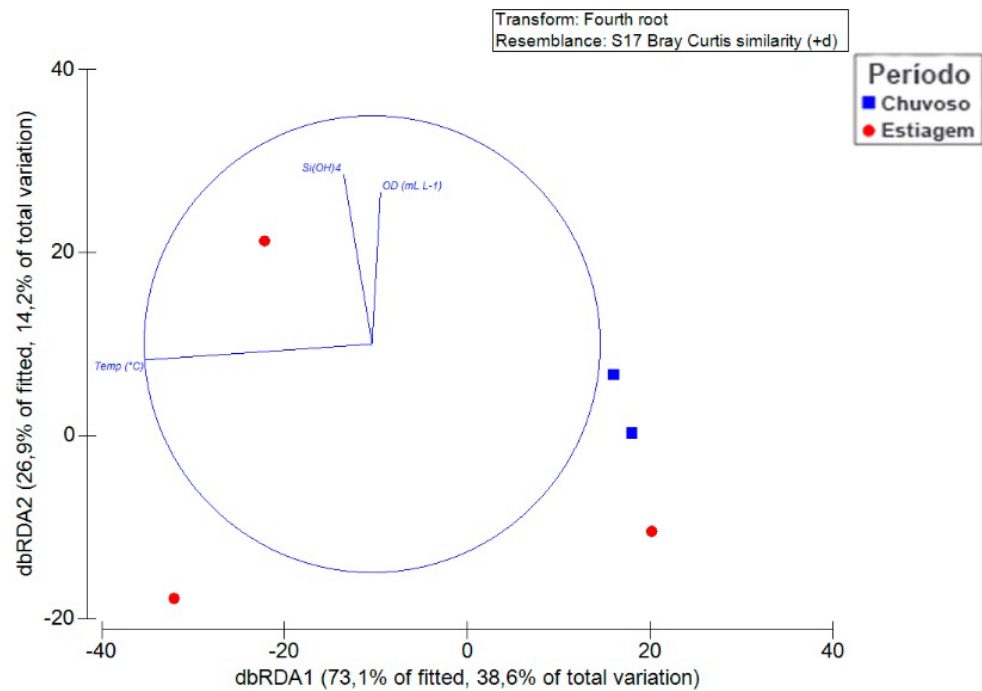
Figura 4 - Análise de Coordenadas Principais (PCO) dos dinoflagelados epífitos encontrados no talo de *Palisada perforata*, da praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil), nos diferentes períodos sazonais.



Fonte: Nykon Craveiro.

Para os modelos ajustados (DistLM) é observado que as variáveis ambientais possuíram uma contribuição significativa para a estruturação das assembleias de dinoflagelados associados a *Palisada perforata* (AIC: 104.28; R^2 : 0.53). As variáveis: temperatura (25%), silicato (8%) e oxigênio dissolvido (16%), foram as que apresentaram maior influência sobre a assembleia de epífitos (Figura 5).

Figura 5 - Modelos ajustados (DistLM) para a estruturação das assembleias de dinoflagelados associados a *Palisada perforata* na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil), Legenda: Temp (°C) = Temperatura; NO₂ = Nitrito; NO₃ = Nitrato; NH₃ = Amônia; PO₄ = Fosfato; Si(OH)₄; OD (mL L⁻¹) = Oxigênio dissolvido.

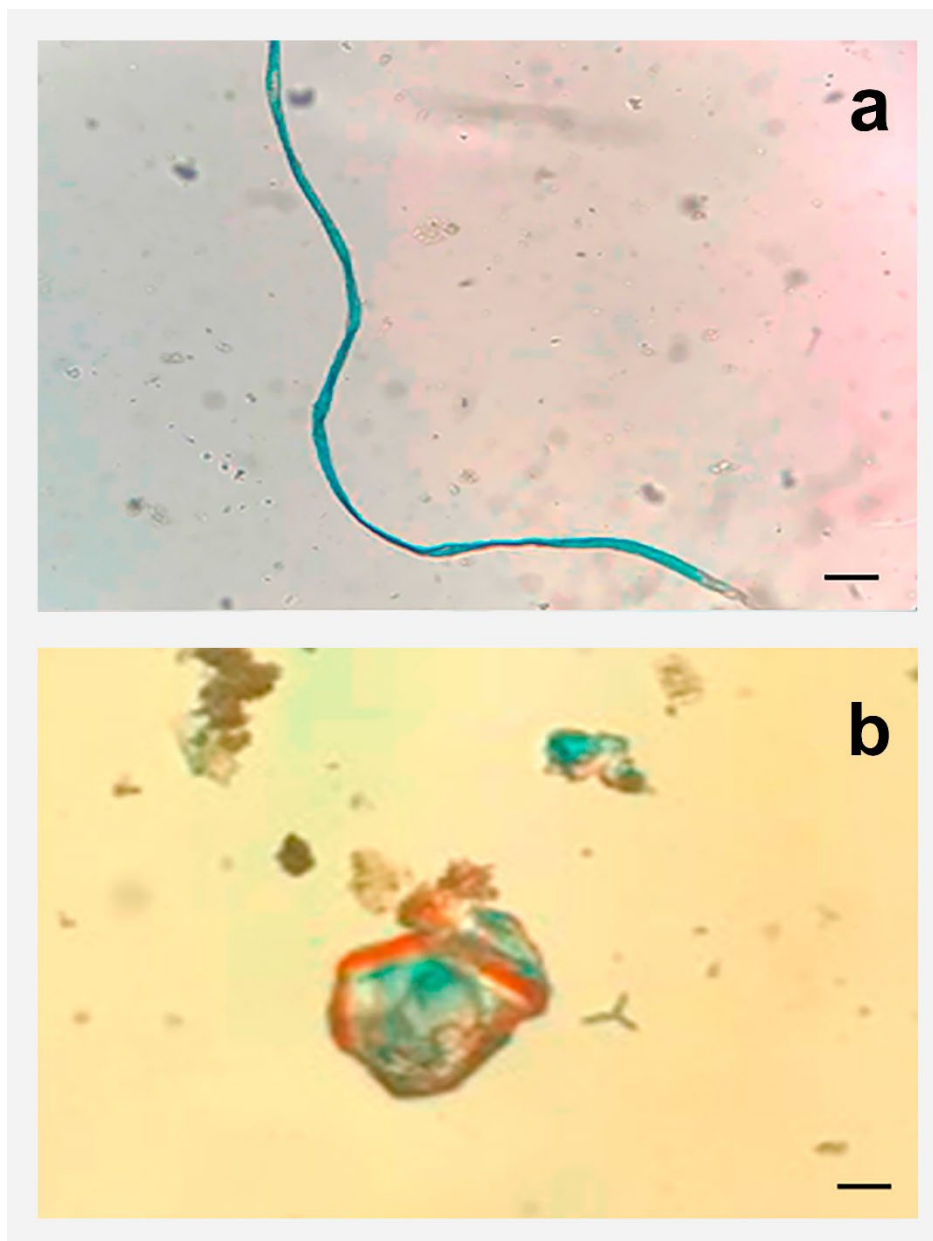


Fonte: Nykon Craveiro.

3.3 Microplástico

Em todas as amostras analisadas, nas três porções do talo macroalgal de *Palisada perforata*, foi registrado a presença de partículas microplásticas. Os fragmentos foram encontrados e classificados de acordo com sua forma: filamentosa e não filamentosa (Figura 6).

Figura 6 – Formas dos microplásticos registrados na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). (a) Microplástico filamentosos; (b) Microplástico não filamentosos.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

A maior abundância de partículas microplásticas, foi no mês de março/2018, na porção basal do talo de *P. perforata*, onde foram registradas um total de 110 partículas g^{-1} , com a forma filamentosos correspondendo a 75 partículas g^{-1} e a não filamentosos, 35 partículas g^{-1} . A menor abundância foi encontrada no mês de março/2018, na porção mediana registrando apenas 7 partículas g^{-1} , todas representadas pela forma filamentosos (Tabela 5).

De forma geral, a presença das partículas microplásticas nas amostras tiveram um padrão numérico semelhante, tanto em relação aos períodos de coleta, quanto em relação à distribuição no talo de *P. perforata*.

Tabela 5 - Abundância (partículas g⁻¹) das partículas microplásticas nas diferentes porções do talo de *Palisada perforata*, na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Bas: Basal; Med: Mediana; Api: Apical.

Microplástico	Período chuvoso						Período de estiagem								
	agosto/17			março/18			setembro/17			janeiro/18			fevereiro/18		
	Ba s	Me d	Ap i	Ba s	Me d	Ap i	Ba s	Me d	Ap i	Ba s	Me d	Ap i	Ba s	Me d	Ap i
Filamentoso	31	61	10	75	7	67	52	79	45	37	43	17	25	30	14
Não filamentoso	32	21	40	35	0	28	39	20	42	49	34	36	17	13	40
TOTAL	63	82	50	110	7	95	91	99	87	86	77	53	42	43	54

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

De acordo com a análise estatística da PERMANOVA, os microplásticos não apresentaram diferença significativa entre os períodos estudados (pseudo-F: 1.18; p: 0.35), porções do talo (pseudo-F: 1.73; p: 0.17) e na interação entre fatores ambientais (pseudo-F: 1.41; p: 0.25) (Tabela 6).

Tabela 6 - Sumário dos resultados da PERMANOVA para a estrutura da comunidade associada a *Palisada perforata*, da praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Período	1	202,23	202,23	1,18	0,35	9951
Porção	2	594,44	297,22	1,73	0,17	9938
PerxPor	2	485,7	242,85	1,41	0,25	9941
Res	9	1548,1	172,01			
Total	14	2682				

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

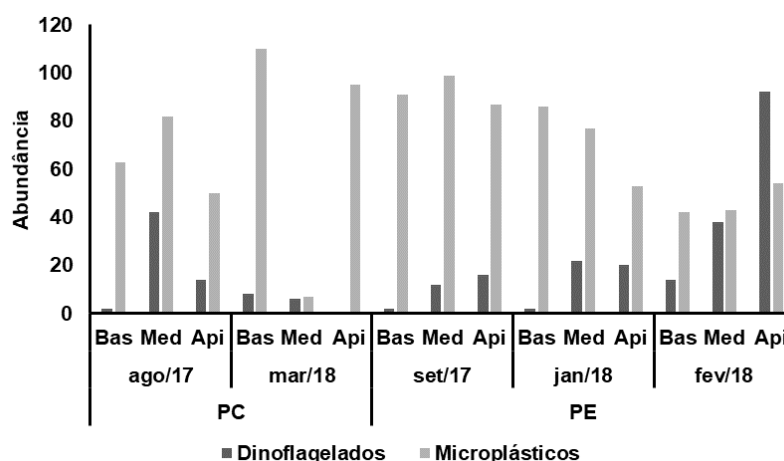
3.4 Relação Microplástico e Dinoflagelados epífitos

Em relação a proporção dos dinoflagelados epífitos e as partículas microplásticas, em todas as amostras o microplástico esteve como dominante, exceto no mês de fevereiro/2018, na porção apical do talo de *P. perforata*, onde os dinoflagelados compuseram 63% (92 cel g⁻¹) e os microplásticos 37% (54 partículas g⁻¹) dos agregados. As partículas microplásticas chegaram a representar 100% (95

partículas g⁻¹) em relação aos epífitos, na porção apical do talo, no mês de março/2018 (Figura 7; Tabela 7).

No geral, foi encontrada uma proporção de 4 partículas de microplásticos para cada célula de dinoflagelado, essa proporção foi registrada em 40% das amostras. Apenas na amostra em que os dinoflagelados estiveram como dominante, a proporção registrada foi de 2 células de dinoflagelado para cada partícula microplástica. As proporções de microplásticos variaram de 1 a 95 partículas para cada epífito (Tabela 8). As partículas microplásticas e os dinoflagelados não apresentaram correlação significativa ($r^2 = 0.0013$).

Figura 7 - Abundância dos dinoflagelados epífitos (cel g⁻¹) e microplásticos (partículas g⁻¹) nas diferentes porções do talo de *Palisada perforata*, na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: PC = Período chuvoso; PE = Período de estiagem Jul = julho/2017; Ago = agosto/2017; Mar = março/2018; Set = setembro/2017; Jan = janeiro/2018; Fev = fevereiro/2018; Bas = Basal; Med = Mediana; Api = Apical.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Tabela 7 - Abundância relativa (%) dos dinoflagelados epífitos e microplásticos nas diferentes porções do talo de *Palisada perforata*, na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Bas = Basal; Med = Mediana; Api = Apical.

Dinoflagelados /microplásticos	Período chuvoso						Período de estiagem								
	agosto/17			março/18			setembro/17			janeiro/18			fevereiro/18		
	Ba s	Me d	Api	Ba s	Me d	Api	Ba s	Me d	Api	Ba s	Me d	Api	Ba s	Me d	Api
Dinoflagelados	3	34	22	7	46	0	5	22	23	2	18	19	14	33	63
Microplásticos	97	66	78	93	54	100	95	78	77	98	82	81	86	67	37
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Tabela 8 - Proporção dos dinoflagelados epífitos (cel g⁻¹) e microplásticos (partículas g⁻¹) nas diferentes porções do talo de *Palisada perforata*, na praia do Pina (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Bas = Basal; Med = Mediana; Api = Apical.

Dinoflagelado/ Microplásticos	Período chuvoso						Período de estiagem								
	agosto/17			março/18			setembro/17			janeiro/18			fevereiro/18		
	Ba s	Me d	Api	Ba s	Me d	Api	Ba s	Me d	Api	Ba s	Me d	Api	Ba s	Me d	Api
Dinoflagelados	2	42	14	8	6	0	2	12	16	2	22	20	14	38	92
Microplásticos	63	82	50	100	7	95	42	43	54	91	99	87	86	77	53
Proporção	32	2	4	4	1	95	21	4	4	45	4	4	6	2	2

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

4 Discussão

4.1 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais sobre a comunidade de hospedeiro-epífito na praia do Pina, contribuíram significativamente na distinção de dois grupos de dinoflagelados entre os períodos chuvoso e de estiagem. Essa distinção pode estar relacionada às

oscilações nas variáveis entre esses dois períodos, principalmente temperatura, que esteve mais elevada durante o período de estiagem.

Os maiores teores de sais nutrientes registrados no mês de janeiro/18, se deve ao fato deste mês ser característico de temporada de verão, estando relacionado diretamente com o aumento do turismo na região e, conseqüentemente, das atividades antropogênicas. Muitos estudos têm relacionado o aumento nas concentrações de nutrientes, em decorrência das atividades antrópicas, ao aumento na frequência e intensidade de florações de microalgas planctônicas nocivas (Hallegraeff 1993; Anderson et al. 2002; Heisler et al. 2008). Segundo Delgado et al. (2006), as condições ambientais no verão, com nutrientes mais elevados, são favoráveis ao desenvolvimento das macroalgas, proporcionando um maior número de microhabitat para os dinoflagelados epífitos.

O ambiente estudado foi classificado como eualino, variando de polialino a hiperalino (Ferreira et al. 2006), com valores maiores de salinidade registrados durante o período de estiagem. A salinidade é considerada um fator abiótico chave que regula a estrutura espacial e temporal da comunidade planctônica, por afetar diretamente outras variáveis ambientais importantes, tais como turbidez e disponibilidade de nutrientes (Smayda 1983; Wooldridge 1999). Assim como a salinidade, a temperatura da água pode influenciar o metabolismo dos organismos aumentando as taxas fotossintéticas e conseqüentemente, o crescimento e a reprodução destes organismos (Philips et al. 2002)

Os maiores valores de salinidade e temperatura, registrados em fevereiro/18, coincidiram com a maior abundância de dinoflagelados epífitos no talo de *P. perforata*. A maioria das pesquisas tem se concentrado na variabilidade ambiental e dinâmica hospedeiro-epífita através da análise do respostas experimentais de dinoflagelados bentônicos a variações de temperatura, irradiância, concentração de nutrientes e salinidade (Bomber et al., 1989; Chinain et al. 1999; Hales et al. 1999; Anderson et al. 2008; Lartigue et al. 2009; Kibler et al. 2015).

A relação entre maiores valores de temperatura com maiores abundâncias de dinoflagelados epífitos já foi relatado em outros trabalhos ao redor do mundo. Mangialajo et al. (2011), encontraram uma tendência de maiores densidades de dinoflagelados epibentônicos nos meses de temperaturas mais elevadas, ao longo do

norte do Mar Mediterrâneo. Altas abundâncias de espécies do gênero *Coolia*, tem sido bem documentada e geralmente são associadas aos períodos quentes (Vila et al. 2001; Penna et al. 2005; Aligizaki e Nikolaidis 2006; Armi et al. 2010). No ano de 2006, no Norte do Lago de Tunis, na Tunísia, ocorreu uma floração de *Coolia monotis* durante as variações mais altas de temperatura ($> 22^{\circ}\text{C}$) e salinidade (> 38.6) (Armi et al., 2010). Tester et al. (2010) relataram uma correlação positiva de dinoflagelados do gênero *Gambierdiscus* com a temperatura da água e associaram às maiores taxas de incidência de envenenamento por peixe ciguatera (CFP), no leste do Caribe. Com base nisso, a variabilidade sazonal da temperatura da água recebeu atenção especial como uma variável preditiva da abundância de dinoflagelados e surtos de ciguatera (Chinain et al. 1999; Tosteson 2004; Chateau-Degat et al. 2005; Gingold et al. 2014).

No Brasil, Tibiriçá et al. (2019), relataram florações de *Ostreopsis* cf. *ovata* durante o verão em uma ilha costeira do estado do Paraná. Alguns estudos realizados em laboratório com cepas isoladas de *Ostreopsis* cf. *ovata*, *Prorocentrum lima*, *Prorocentrum* sp., *Coolia malayensis* Leaw, P.T.Lim & Usup e *Amphidinium* sp. de Armação de Búzios e Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, mostraram que maiores valores de temperatura estimularam o crescimento de todas as espécies de dinoflagelados (Nascimento e Corrêa 2010).

Além da temperatura, outros fatores ambientais podem influenciar na distribuição da comunidade desses epífitos. Carlson e Tindall (1985), relacionou a alta influência da atividade das ondas à redução significativa da população de dinoflagelados bentônicos, relatando que os habitats costeiros protegidos nas Ilhas Virgens, no Caribe, sustentam maiores números de células de dinoflagelados do que recifes de coral.

4.2 Variáveis biológicas

A distribuição da comunidade de dinoflagelados epífitos também pode ser explicada por diversos fatores biológicos. Particularmente, espécies de macroalgas podem controlar a dinâmica populacional dos dinoflagelados associados, ao fornecer abrigo ou superfície para fixação, promovendo ou inibindo o crescimento dos dinoflagelados (Bomber et al. 1989; Parsons et al. 2012; Rains e Parsons 2015).

Algas com talos altamente ramificados proporcionam maior quantidade de microhabitat e consequentemente, favorecem maiores valores de abundância de

epífitos. Grzebyk et al. 1994, analisaram a distribuição espacial de dinoflagelados na lagoa de recifes de corais da ilha de Mayotte, no Oceano Índico, e observaram que algas vermelhas, suportavam maiores abundâncias e estimularam o crescimento de *Ostreopsis ovata*. Aligizaki e Nikolaidis (2006), em estudo no Mar Egeu, referiram-se às máximas abundâncias dos dinoflagelados epífitos, *Ostreopsis* e *Coolia*, sobre as macroalgas ramificadas.

Apesar de não apresentar variação significativa quanto a aderência dos dinoflagelados sobre as porções do talo, a porção apical do talo de *P. perforata*, favoreceu uma maior quantidade de microhabitat para os epífitos, possivelmente, devido a presença de um maior número de ramificações. Além disso, por possuir mais interação com a zona fótica, a porção apical do talo, recebe maior incidência de luz, favorecendo a fotossíntese dos epífitos e contribuindo para o aumento da produtividade do ambiente.

A dinâmica, abundância e estrutura da comunidade de epífitos também são influenciadas por outros fatores bióticos, como a pressão de pastagem por herbívoros (Nascimento e Rosso 2007). Em estudo realizado por Hicks (1985), com a macroalga *Sargassum* sp. foi possível observar que a alimentação da fauna associada às macroalgas analisadas está embasada majoritariamente em microalgas epífitas.

O fato de muitas espécies de dinoflagelados epífitos serem consideradas potencialmente tóxicas (Faust et al. 1999; Laza-Martinez et al. 2011), requer um alerta em relação a esta comunidade, que por estarem na base da teia trófica podem causar grandes riscos aos níveis tróficos superiores. Tosteson et al. (1998), em estudo realizado em Porto Rico, relataram que a transmissão das toxinas de dinoflagelados, através de peixes herbívoros de recifes, para seus predadores (barracudas) deve ocorrer em um período relativamente curto, e os predadores mostraram a maior quantidade de toxina (ciguatoxina) após vários meses de exposição a temperaturas elevadas da superfície do mar.

Nos últimos anos, florações de *Ostreopsis* spp. foram registradas no Mar Tirreno e no Mar Adriático Meridional. As florações têm sido relacionadas a problemas de saúde em turistas que frequentam as praias e inalam aerossóis marinhos (Sansoni et al. 2003). No Brasil, vários trabalhos já relataram a ocorrência de eventos de florações de dinoflagelados epífitos potencialmente tóxicos (Naves e Freitas 2001;

Silva et al. 2006; Nascimento 2006; Oliveira et al. 2009). Em Arraial do Cabo e Cabo Frio, leste do estado do Rio de Janeiro, nos verões de 1998, 1999, 2001 e 2002, as florações de *Ostreopsis ovata* foram associadas com a morte de ouriços do mar, a intoxicações humanas e a detecção de análogos de palitoxina na população natural (Granéli et al. 2002). Em 2001, esta mesma espécie foi isolada no Canal de São Sebastião, SP e nos estados de Santa Catarina, em 2004 (Naves; Freitas 2001 apud Nascimento et al. 2008).

Em estudo realizado em uma ilha costeira do estado do Paraná, Tibiriçá et al. (2019) registraram florações de *Ostreopsis* cf. *ovata*, onde a espécie chegou a alcançar $5,6 \times 10^5$ cel g⁻¹ de peso fresco de macroalga, durante o verão. Nas Ilhas Guaíba e Marambaia, costa leste do Rio de Janeiro, Oliveira (2009), registrou alta abundância da espécie *Ostreopsis* spp, chegando a alcançar 16×10^3 cel g⁻¹ e ressaltou um alerta para a contaminação de moluscos bivalves, devido a região já possuir eventos pretéritos de florações. Ainda no litoral de Mangaratiba, Oliveira (2009), registrou uma intensa floração da espécie *Gymnodinium* spp. associada à mortalidade de peixes. Apesar do presente estudo ter registrado algumas espécies com o potencial de produzir toxina, durante o período de coleta, não ocorreram florações e os valores de células g⁻¹ foram considerados baixos, alcançando abundância máxima de 92 cel g⁻¹ da espécie *Gymnodinium* sp.

4.3 Microplástico

Dinoflagelados bentônicos produtores de toxinas também podem ser encontrados presos a plásticos no mar, incluindo substrato artificial implantado (Tester et al. 2014) e lixo plástico flutuante (Casabianca et al. 2019). Tester et al. (2014), estudaram a diferença da assembleia de dinoflagelados associados à plásticos e às macrófitas e obtiveram dados indicando que a abundância de dinoflagelados epífitos potencialmente tóxicos associados a substratos artificiais estava diretamente relacionada à abundância geral de células em macrófitas no ambiente circundante, não havendo diferença na variabilidade da amostra entre os substratos naturais e artificiais.

Em decorrência das análises das partículas microplásticas nas amostras, foi possível observar um padrão na aderência desses contaminantes de acordo com as subdivisões do talo macroalgal em todo período de estudo. No geral, a abundância se

manteve constante, elucidando a grande contaminação do ambiente por esse resíduo e explicando a intensa atividade antropogênica atuante sobre os ambientes recifais. Segundo Roldán (1992) a estrutura das comunidades bentônicas pode sofrer alterações ao receberem contaminantes inorgânicos, contribuindo para a degradação dos ecossistemas recifais. Tal fato está diretamente relacionado ao crescimento não planejado dos núcleos urbanos (Pagliosa e Barbosa 2006).

Somado aos fatores ambientais, a aderência dos resíduos microplásticos às macroalgas diminui a superfície de contato para a fixação dos epífitos. Além disso, essas partículas também tendem a estar suspensas na coluna d'água, o que contribui para a eutrofização do ambiente, diminuindo a capacidade fotossintética dos produtores primários presentes na comunidade.

A relação entre o microplástico e os dinoflagelados epífitos mostrou que o número de poluentes foi superior ao de epífitos, com uma proporção média de 4 vezes mais partículas plásticas do que epífitos. Isso mostra o quão abundante está o plástico nesse ambiente. Outros trabalhos já documentaram a presença de microplásticos em amostras de plâncton (Ivar do Sul et al. 2014; Silva-Cunha et al. 2019; Lourenço 2020).

A maioria das partículas microplásticas encontrada neste estudo foi de forma filamentosa. Segundo Zhou et al. (2018) podem ser classificadas como fibras e Wright et al. (2013) consideram a forma mais prejudicial, pois possuem uma grande área superficial e podem interagir com um maior número de células. A origem desse material pode ser proveniente de diversas ações antropogênicas, visto que, o ambiente recifal estudado se encontra muito próximo à costa e está em constante contato com as atividades diárias da população.

Os efeitos dos microplásticos nas microalgas vem sendo desenvolvido em diversas pesquisas de laboratório (Bhattacharya et al. 2010; Long et al. 2015; Yokota et al. 2017). A concentração atual dessas partículas de plástico no ambiente natural pode ser capaz de causar mudanças em nível populacional, como a redução de nutrientes disponíveis que se fixam na superfície do poluente (Galloway et al. 2017), inibição da ação do consumidor (Cole et al. 2013) e servindo como substrato e vetor de organismos sésseis (Oberbeckmann e Labrenz 2020).

5 Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo podem confirmar que a composição de dinoflagelados epífitos habitando a macroalga *Palisada perforata* da praia do Pina (Pernambuco, nordeste do Brasil) foi composta pelas espécies *Gymnodinium* sp., *Heterocapsa* sp., *Protoperidinium* sp. e *Scrippsiella spinifera*, além de pequenos indivíduos da classe Dinophyceae.

O táxon *Gymnodinium* sp. foi característica do período de estiagem e atingiu os maiores valores de abundância, totalizando 174 cel g⁻¹, coincidindo com altos valores de salinidade e temperatura registrados durante o período de estiagem.

Condições ambientais encontradas durante o período de estiagem, com maiores oscilações nos teores de nutrientes, possivelmente, podem ter favorecido o aumento na abundância dos epífitos, devido ao maior desenvolvimento do hospedeiro e, conseqüentemente, maior número de microhabitat para os dinoflagelados, porém, ainda não se tem uma conclusão precisa quanto a relação das florações de microalgas epífitas com as concentrações de nutrientes.

A estrutura da comunidade de epífitos apresentou uma diferença sazonal significativa, com a formação de dois grupos distintos. As espécies *Scrippsiella spinifera* e *Gymnodinium* sp. contribuíram para essa distinção, durante o período chuvoso e de estiagem, respectivamente. Essa diferença pode ser atribuída à influência das variáveis ambientais, principalmente temperatura, que apresentou maior influência sobre a assembleia de epífitos durante o período de estiagem.

O número de partículas plásticas observadas e a relação dessas partículas com os epífitos, demonstrou que a abundância de microplásticos é bem maior que a abundância de dinoflagelados aderidos aos talos de *P. perforata*. Isto sugere que a intensa urbanização na área torna o ambiente marinho vulnerável a esses resíduos e a outros tipos de poluentes. Além disso, a grande exposição à resíduos microplásticos documentada para essas regiões pode trazer implicações significativas no desenvolvimento, estrutura e consolidação dessa assembleia e que ao longo do tempo podem contribuir para a degradação dos ecossistemas recifais, afetando toda a cadeia trófica marinha.

6 Referências

- Alcala, A.C.; Alcala, L.C.; Garth, J.S.; Yasumura, D.; Yasumoto, T. 1988. Human fatality due to ingestion of the crab *Demanda reynaudii* that contained a palytoxin-like toxin. *Toxicon* 26:105-107.
- Aligizaki, K.; Nikolaidis, G. 2006. The presence of the potentially toxic genera *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) in the North Aegean Sea, Grece. *Harmful Algae* 5: 717-730.
- Aligizaki, K.; Nikolaidis, G.; Katikou, P.; Baxevanis, A. D.; Abatzopoulos, T. J. 2009. Potentially toxic epiphytic *Prorocentrum* (Dinophyceae) species in Greek coastal waters. *Harmful Algae*, v. 8, n. 2, p. 299-311.
- Anderson, D.M.; Glibert, P.M.; Burkholder, J. M. 2002. Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition and consequences. *Estuaries*, 25(4b): 704-726.
- Anderson, D.M.; Burkholder, J.M.; Cochlan, W.P.; Glibert, P.M.; Gobler, C.J.; Heil, C.A., et al. 2008. Harmful algal blooms and eutrophication: examining linkages from selected coastal regions of the United States. *Harmful Algae* 8, 39–53. doi: 10.1016/j.hal.2008.08.017.
- Andrade, G.O.; Lins, R.C. 1971. Os Climas do Nordeste. In: Vasconcelos Sobrinho, J. As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização. Recife, CONDEPE p. 95-18.
- Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. v. 62, p. 1596–1605.
- Aragão, J.O.R. de. 2004. A influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na dinâmica do tempo e do clima do Nordeste do Brasil. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Org.). *Oceanografia – Um cenário tropical*. Recife: Bagaço. p. 287-317.
- Armi, Z.; Turki, S.; Trabelsi, E.; Maiz, NB. 2010. First recorded proliferation of *Coolia monotis* (Meunier, 1919) in the North Lake of Tunis (Tunisia) correlation with environmental factors. *Environ Monit Assess*. 164:423–433.
- Arthur, C.; Baker, J.; Bamford, H. 2008. International research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. In: *Conference Proceedings*. Sept. p. 9-11.
- Bagnis, R.; Chanteau, S.; Chungue, E.; Hurtel, J.M.; Yasumoto, T.; Inoue, A. 1980. Origins of ciguatera fish poisoning: A new dinoflagellate, *Gambierdiscus toxicus* Adachi and Fukuyo, definitively involved as a causal agent. *Toxicon* 18:199-208.
- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlântico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, Madrid, 310 p.

Bhattacharya, P.; Lin, S.; Turner, J.P.; Ke, P.C. 2010. Physical adsorption of charged plastics nanoparticles affects algal photosynthesis. *J Phys Chem.* 114(39):16556-16561.

Bomber, J.W.; Tindall, D.R.; Miller, D.M. 1989. Genetic variability in toxin potencies among seventeen clones of *Gambierdiscus toxicus* (Dinophyceae). *Journal of Phycology*, 25(4):617-625.

Bower, C.E.; Holm-Hansen, T. 1980. A salicylate-hypochlorite method for determining ammonia in seawater. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 794–798.

Carlson, R.D.; Tindall, D.R. 1985. Distribution and periodicity of toxic dinoflagellates in the Virgin Islands. In: Anderson DM, White AW, Baden DG (eds) *Toxic dinoflagellates*. Elsevier, New York, pp 171-176.

Casabianca, S., Capellacci, S., Giacobbe, M.G., Dell'Aversano, C., Tartaglione, L., Varriale, F., Narizzano, R., Risso, F., Moretto, P., Dagnino, A., et al. 2019. Plastic-associated harmful microalgal assemblages in marine environment. *Environ. Pollut.* 244, 617–626.

Chateau-Degat, M., L.; Chinain, M.; Cerf, N.; Gingras, S.; Hubert, B.; Dewailly, E. 2005. Seawater temperature, *Gambierdiscus* spp. variability and incidence of ciguatera poisoning in French Polynesia. *Harmful Algae* 4, 1053–1062. doi: 10.1016/j.hal.2005.03.003.

Chinain, M.; Germain, M.; Paulliac, S.; Legrand, A.M. 1999. Seasonal abundance and toxicity of the dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae), the causative agent of ciguatera in Tahiti French Polynesia. *Mar. Biol.* 135, 259–267. doi: 10.1007/s002270050623.

Cole, M.; Lindeque, P.; Fileman, E.; Halsband, C.; Goodhead R.; Moger, J.; Galloway, T.S. 2013. Microplastic Ingestion by Zooplankton. *Environ Sci Technol.* 47:6646–6655.

Costa, M.M.S.; Eskinazi-Leça, E.; Pereira, S.M.B.; Bandeira-Pedrosa, M.E. 2009. Diatomáceas epífitas em *Galaxaura rugosa* (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux (Rhodophyta) no Arquipélago de Fernando de Noronha, PE, Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 23: 713–719.

Costa, M.M.D.S., Pereira, S.M.B., Da Silva-Cunha, M.D.G.G.; de Arruda, P.C.; Eskinazi-Leça, E. Community structure of epiphytic diatoms on seaweeds in Northeastern Brazil. *Botanica Marina*. 59, 231–24, 2016.

Delgado, G.; Lechuga-Devéze, C.H.; Popowski, G.; Troccoli, L.; Salinas, C.A. 2006. Epiphytic dinoflagellates associated with ciguatera in the northwestern coast of Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 54(2): 299-310.

Dickson, A.G.; Sabine, C.L.; Christian, J.R. 2007. Guide to best practices for ocean CO₂ measurements. PICES Special Publication, p. 191.

Diogéne, G.; Durand-Clement, M.; Puiseux-Dao, S. 1992. La ciguatera intoxication alimentaire d'origine marine et la maïtotoxine composante du complexe toxinique ciguatérique. *Revue Scientifique et Technique*, 2: 37-47.

Faust, M.A. 1991. Morphology of ciguatera-causing *Prorocentrum lima* (Pyrrophyta) from widely differing sites. *J. Phycol.*, v. 27, p. 642-648.

Faust, M.A. 1994. Three new benthic species of *Prorocentrum* (Dinophyceae) from Carrie Bow Cay, Belize: *P. sabulosum* sp. nov., *P. sculptile* sp. nov., and *P. arenarium* sp. nov. *Journal of Phycology*, v. 30, p. 755-763.

Faust, M.A. 1999. Three new *Ostreopsis* species (Dinophyceae): *O. marinus* sp. nov., *O. belizeanus* sp. nov., and *O. caribbeanus* sp. nov. *Phycologia* 38 (2): 92-99.

Faust, M.A. 2004. The dinoflagellates of Twin Cays: biodiversity, distribution, and vulnerability In: RUETZLER, K. R.; FELLER, I. C.; MACINTYRE, I. G. (eds.). *The Twin Cays Mangrove Ecosystem, Belize: Biodiversity, Geological History, and Two Decades of Change*. Atoll Research Bulletin, v. 515, p. 1-20.

Ferreira, J.G.; Nobre, A.M.; Simas, T.C.; Silva, M.C.; Newton, A.; Bricker, S.B.; Wolff, W.J.; Stacey, P.E.; Sequeira, A. 2006. A methodology for defining homogeneous water bodies in estuaries- Application to the transitional systems of the EU Water Framework Directive. In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 66. Elsevier, p. 468-482.

Free, C.M.; Jensen, O.P.; Mason, S.A.; Eriksen, M.; Williamson, N.J.; Boldgiv, B. 2014. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake *Mar. Pollut. Bull.*, 85 (1) (2014), pp. 156-163.

Gall, S.C.; Thompson, R.C. 2015. The impact of debris on marine life. *Mar. Pollut. Bull.*, 92, 170–179.

Galloway, T.S.; Cole, M.; Lewis, C. 2017. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nat Ecol Evol* 1(0116).

Gillespie, N.C.; Holmes, M.J.; Burke, J.B.; Doley, J. 1985. Distribution and periodicity of *Gambierdiscus toxicus* in Queensland, Australia. Pp. 183-188. In: Anderson, D. M., White, A. & Baden, D. (Eds.). *Toxic dinoflagellates*. Elsevier Science, 561 p.

Gingold, B.D.; Strickland, M.J.; Hess, J.J. 2014. Ciguatera fish poisoning and climate change: analysis of national poison data in the United States, 2001-2011. *Environ. Health Perspect.* 122, 580–586. doi: 10.1289/ehp.1307196.

Granéli, E.; Ferreira, C.E.L.; Yasumoto, T.; Rodrigues, E.; Neves, M.H.B. 2002. Sea urchins poisoning by the benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovata* on the Brazilian coast. 10th International Conference on Harmful Algae, St. Petersburg, Florida, EUA. 113p.

Granéli, E, Vidyarathna, N.K., Funari, E., Cumaranatunga, P., Scenati, R. 2011. Can increases in temperature stimulate blooms of the toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovata*? *Harmful Algae* 10:165-172.

Grasshof, F.K., Emrhardt, M.; Kremiling, K. 1983. *Methods of sea water analysis*. 2. Ed. Editora Verlag Chemie. Nova Iorque.

Grzebyk, D., Berland, B., Thomassin, B. A., Bosi, C.; Arnoux, A. 1994. Ecology of ciguateric dinoflagellates in the coral reef complex of Mayotte Island (S.W. Indian Ocean).

Guerra, N. C. e Manso, V. A. V. 2004. Beachrocks (Recifes de Arenito). Pp. 109-130. In: Eskinazi-Leça, E., Neumann-Leitão, S. & Costa M. F. (Org.). *Oceanografia: Um Cenário Tropical*. Recife: Ed. Bagaço, 761 p.

Guiry, M.D.; Guiry, G.M. 2021. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2021. Disponível em: <http://www.algaebase.org>. Acessado em: 4 de maio de 2021.

Hallegraeff, G. M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2): 79-99.

Hales, S., Weinstein, P.; Woodward, A. 1999. Ciguatera (fish poisoning),

El Niño, and Pacific sea surface temperatures. *Ecosyst. Health* 5, 20–25.

doi: 10.1046/j.1526-0992.1999.09903.x.

Hatje, V., Costa, M.F. e Cunha, L.C. 2013. *Oceanografia e química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade* Quim. Nova, 36 (2013), pp. 1497-1508.

Heil, C. A., Chaston, K., Jones, A., Bird, P., Longstaff, B., Costanzo, S.;

Dennison, W. C. 2004. Benthic microalgae in coral reef sediments of the southern Great Barrier Reef, Austrália. *Coral Reefs*, v. 23, p. 336-343.

Heisler, J., Glibert, P. M., Burkholder, J. M., Anderson, D. M., Cochlan, W., Dennison, W. C., Dortch, Q., Gobler, C. J., Heil, C. A., Humphries, E., Lewitus, A., Magnien, R., Marshall, H. G., Sellner, K., Stockwell, D. A., Stoecker, D. K. and Suddleson, M. 2008. Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. *Harmful Algae*, 8: 3–13.

Hoppenrath, M., Elbrachter, M.; Drebes G. 2009. *Marine Phytoplankton: Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt*. Germany: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart. 264 p.

Hurbungs, M.D., Jayabalan, N.; Chineah, V. 2001. Seasonal distribution

of potentially toxic benthic dinoflagellates in the lagoon of Plastic debris retention and exportation by a mangrove forest patch Mar. Pollut. Bull., 78 (2014), pp. 252-257.

Kibler, S. R., Tester, P. A., Kunkel, K. E., Moore, S. K.; Litaker, R. W. 2015. Effects of ocean warming on growth and distribution of dinoflagellates associated with ciguatera fish poisoning in the Caribbean. Ecol. Model. 316, 194–2010. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2015.08.020.

Kraberg, A., Baumann, M.; Durselen, C. D. 2010. Coastal Phytoplankton: Photo Guide for Northern European Seas. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen, Germany. 204 p.

Lartigue, J., Jester, E. L., Dickey, R. W.; Villa-Real, T. A. 2009. Nitrogen source effects on the growth and toxicity of two strains of the ciguatera causing dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus*. Harmful Algae 8, 781–791. doi: 10.1016/j.hal.2008.05.006

Long, M., Moriceau, B., Gallinari, M., Lambert, C., Huvet, A., Raffray, J., Soudant, P. 2015. Interactions between microplastics and phytoplankton aggregates: impact on their respective fates. Mar. Chem. 175:39–46.

Laza-Martinez, A., Orive, E.; Miguel, I. 2011. Morphological and genetic characterization of benthic dinoflagellates of the genera *Coolia*, *Ostreopsis* and *Prorocentrum* from the southeastern Bay of Biscay. The European Journal of Phycology, 46(1): 45-65.

Lobo, E.A; Leighton, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la Zona Central de Chile. Revista Biología Marina, 22: 1-29.

Lourenço, B. E. M. 2020. Estudo de interação entre fitoplâncton e microplástico na baía de Tamandaré, PE, Brasil. Dissertação de Mestrado em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco.

Mangialajo, L., Bertolloto, R., Cattaneo-Vietti, R., Chiantore, M., Grillo, C., Lemee, R., Melchiorre, N., Moretto, P., Povero, P.; Ruggieri, N. The toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovata*: quantification of proliferation along the coastline of Genoa, Italy. Marine Pollution Bulletin, v. 56, p. 1209-1214, 2008.

Mangialajo, L., Ganzin, N., Accoroni, S., Asnaghi, V., Blanfuné, A., Cabrini, M., Cattaneo-Vietti, R., Chavanon, F., Chiantore, M., Cohu, S., Costa, E., Fornasaro, D., Grossel, H., Marco-Miralles, F., Masó, M., Reñé, A., Rossi, A. M., Sala, M., Thibaut, T., Totti, C., Vila, M.; Lemée, R. 2011. Trends in *Ostreopsis* proliferation along the Northern Mediterranean coasts. Toxicon, 57: 408–420.

Martins, C. D. L. 2011. Avaliação do impacto da urbanização sobre a heterogeneidade química e a estrutura das comunidades fitobênticas: uma abordagem integrada. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de

Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

Matteucci, S.D.; Colma, A. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 1982.

Nam, K.W. 2007. Validation of the Generic Name *Palisada* (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *Algae*, 22: 53-55.

Nascimento, S. M. 2006. Epiphytic dinoflagellates from the Brazilian coastline. 12th International Conference on Harmful Algae. Copenhagen, Dinamarca, ISSHA, p. 248.

Nascimento, E. F. I. e Rosso, S. 2007. Fauna associada à macroalgas marinhas bentônicas (Rhodophyta e Ochrophyta) da região de São Sebastião, São Paulo. *Brazilian Journal of Ecology* 11:38-52.

Naves, J. L. e Freitas, J. C. 2001. Dinoflagelados portadores de toxinas no canal de São Sebastião, São Paulo. XVI Simpósio de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo, p. 47.

Nimer, E. 1989. Climatologia do Brasil. Secretaria de Planejamento e Coordenação da Presidência da República e IBGE, Rio de Janeiro 421p.

Oberbeckmann, S.; Labrenz, M. 2020. Marine Microbial Assemblages on Microplastics: Diversity, Adaptation, and Role in Degradation. *Annu Rev Mar Sci* 12:209–232.

Oliveira, G. M. 2009. Presença de dinoflagelados bentônicos potencialmente tóxicos: identificação do perigo em áreas destinadas à maricultura na Baía de Sepetiba, RJ. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. 128 pp.

Orla, Projeto. 2001. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

Ortega, J. L. G. 2000. Algas. In: ESPINO, G. L.; PULIDO, S. H.; PÉREZ, J. L. C. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). 1. ed. México: Playa y Valdés. p. 109-193.

Parsons, M. L., Aligizaki, K., Bottein, M. Y. D., Fraga, S., Morton, S. L., Penna, A., et al. 2012. Gambierdiscus and Ostreopsis: Reassessment of the state of knowledge of their taxonomy, geography, ecophysiology and toxicology *Harmful Algae* 14, 107–129. doi: 10.1016/j.hal.2011.10.017.

Papaspyrou, S., Smith, C. J., Dong, L. F., Whitby, C., Dumbrell, A. J.; Nedwell, D. B. 2014. Nitrate reduction functional genes and nitrate reduction potentials persist in deeper estuarine sediments. Why? *PLoS One*, 9: e94111.

Pagliosa, P. R.; Barbosa, F. A. R. 2006. Assessing the environment–benthic fauna coupling in protected and urban areas of southern Brazil. *Biological Conservation*, v. 129, n. 3, p. 408-417.

Penna, A., Vila, M., Fraga, S., Giacobbe, M. G., Andreoni, F., Riobó, P. & Vernesi, C. 2005. Characterization of *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) isolates in the western Mediterranean Sea based on morphology, toxicity and internal transcribed spacer 5.88 rDNA sequences. *Journal of Phycology* 41: 212-225.

Pinilla, G. 2000. Indicadores biológicos em ecossistemas acuáticos continentales de Colombia: compilación bibliográfica. Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. p. 67.

Philips, E. J., Badylak, S., Grosskopf, T. 2002. Factors affecting the abundance of phytoplankton in a restricted subtropical lagoon, the Indian river lagoon, Florida, USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 55, p. 385-402.

Pistocchi, R., Pezzolesi, L., Guerrini, F., Vanucci, S., Dell'Aversano, C.; Fattorusso, E. 2011. A review on the effects of environmental conditions on growth and toxin production of *Ostreopsis ovata*. *Toxicon* 57:421-428.

Rains, L.K.; Parsons, M.L. 2015. *Gambierdiscus* species exhibit different epiphytic behaviors toward a variety of macroalgal hosts. *Harmful Algae* 49, 29–39. doi: 10.1016/j.hal.2015.08.005.

Rhodes, L. 2011. World-wide occurrence of the toxic dinoflagellate genus *Ostreopsis*. *Schmidt. Toxicon* 57:400-407.

Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidade de Antioquía. Bogotá, Colômbia p.26.

Sansoni, G., Borghini, B., Camici, G., Casotti, M., Righini, P.; Rustighi, C. 2003. Fioriture algali di *Ostreopsis ovata* (Gonyaulacales: Dinophyceae): un problema emergente. *Biologia Ambientale*, 17: 17-23.

Silva, L.M., Ávila, T., Odebrecht, C.; Matthiensen, A. 2006. *Ostreopsis ovata* (Dinoflagelado) associado a mancha de *Trichodesmium* (Cianobactéria) próximo a Ilha do Arvoredo, SC (Brasil). XI Congresso Brasileiro de Ficologia, Itajaí, Sociedade Brasileira de Ficologia. p. 67.

Silva-Cunha, M.G.G., Eskinazi-Leça, E., Borges, G.C.P., Honorato-da-Silva, M., Aquino, E.P., Amancio, F., Santiago, M.F., Ferreira, L.C., Lacerda, S.R. 2019. Estrutura e Distribuição Espacial e Temporal do Fitoplâncton da Bacia de Sergipe e Sul de Alagoas. [Spatial and Temporal Structure and Distribution of Phytoplankton in the Sergipe Basin and Southern Alagoas] In: Daniel Leite Moreira. (Org.). Ambiente pelágico da bacia de Sergipe-Alagoas. 1ed. São Cristovão, SE: Editora UFS, 2019, v.3, p. 255-585. Portuguese.

Smayda, T. J.; Bienfang, P. K. 1983. Suspension properties of various phyletic groups of phytoplankton and tintinnids in an oligotrophic, subtropical system. *Marine Ecology*, v. 4, n. 4, p. 289-300.

Steidinger, K.A., Tangen, K. 1997. Dinoflagellates. In: Tomas CR (ed) *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, Florida, USA pp 387-584.

Strickland, J.D.H.; Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Bulletin Fisheries Research board of Canada*. 167: 207 – 211.

Taylor, F.J.R. 1979. A description of the benthic dinoflagellate associated with maitotoxin and ciguatoxin, including observations on Hawaiian material. In: Taylor DL, Seliger HH (eds) *Toxic dinoflagellate blooms*. Elsevier North Holland, New York, pp 71-76.

Taylor, F.J.R. 1985. The distribution of the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* in the eastern Caribbean. In: Delesalle, B., Repsilon, D.G., Salvat, B. (Eds.), *Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti vol. 4*. Antenne Museum- EPHE, Moorea, pp. 423–428.

Taylor, F.J.R., Fukuyo, Y., Larsen, J. 1995. Taxonomy of toxic dinoflagellates. In: Hallegraeff GM, Anderson DM, Cembella AD (eds) *Manual on harmful marine microalgae*. IOC manuals and guides, No.33, UNESCO, pp 283-317.

Tester, P.A., Feldman, R.L., Nau, A.W., Kibler, S.R.; Litaker, W.R. 2010.

Ciguatera fish poisoning and sea surface temperatures in the Caribbean Sea and the West Indies. *Toxicon* 56, 698–710. doi: 10.1016/j.toxicon.2010.02.026.

Tester, P.A., Kibler, S.R., Holland, W.C., Usup, G., Vandersea, M.W., Leaw, C.P., Teen, L.P., Larsen, J., Mohammad-Noor, N. Faust, M.A. et al. 2014. Sampling harmful benthic dinoflagellates: Comparison of artificial and natural substrate methods. *Harmful Algae*, 39, 8–25.

Tibiriçá, C.E.J.A., Leite, I.P., Batista, T.V.V., Fernandes, L.F., Chomérat, N., Herve, F., Hess P.; Mafra L.L. 2019. *Ostreopsis* cf. *ovata* bloom in Currais, Brazil: phylogeny, toxin profile and contamination of mussels and marine plastic litter. *Toxins* 11: 446. DOI:10.3390/toxins11080446.

Tosteson, T.R., Ballantine, D.L.; Winter, A. 1998. Sea surface temperature, Benthic dinoflagellate toxicity and toxin transmission in the ciguatera food chain, pp. 48-49. In B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández & E. Wyatt (eds.). *Harmful Algae*. Xunta de Galicia, Spain, & IOC, UNESCO.

Tosteson, T. R. 2004. Caribbean ciguatera: a changing paradigm. *Rev. Biol. Trop.* 52, 109–113. doi: 10.15517/RBT.V52I1.26524.

Utermohl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-ethodik. *Mitt. Int. Ver. Limnology*, 9: 1–38.

Vasconcelos, E. R. T. P. P. 2016. Macroalgas marinhas como ferramenta de avaliação do estado de conservação de ambientes recifais em Pernambuco. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 133 p.

Vasconcelos, J.B., Vasconcelos, E. R. T. P. P., Urrea-Victoria, V., Bezerra, P. S., Cocentino, A. L. M., Navarro, D. M. A. F., Chow, F.; Fujii, M.T. 2021. Environmental Stress Tolerance and Antioxidant Response of *Palisada perforata* (Rhodophyta) from a Tropical Reef. Journal of Phycology, v. 57, n. 3, p. 1045-1058. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpy.13154>.

Vila, M., Garcés, E.; Masó, M. 2001. Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. Aquatic Microbial Ecology, 26: 51–60.

Wang, W., Gao, H., Jin, S., Li, R.; Na, G. 2019. The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. Ecotoxicol. Environ. Saf., 173, 110–117.

Werner, S., Budziak, A., Van Fanneker, J.A., Galgani, F., Hanke, G., Maes, T., Matiddi, M., Nilsson, P., Oosterbaan, L., Priestland, E. et al. 2016. Harm Caused by Marine Litter; European Commission: Luxembourg, ISBN 9789279645358.

Wooldridge, T.H. 1999. Estuarine zooplankton community structure and dynamics. Estuaries of South Africa, v. 7, p. 141-166.

Wright et al., 2013. S.L. Wright, R.C. Thompson, T.S. Galloway. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. Environ. Pollut., 178 pp. 483-492.

Yokota, K. et al. 2017. Finding the missing piece of the aquatic plastic pollution puzzle: interaction between primary producers and microplastics. Limnology and Oceanography Letters, v. 2, n. 4, p. 91-104.

Zhou, Q., Zhang, H., Fu, C., Zhou, Y., Dai, Z., Li, Y., Tu, C.; Luo Y. 2018. The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. Geoderma 322:201-208.

6 ARTIGO 3 - DINOFLAGELADOS E DIATOMÁCEAS EPÍFITAS EM MACROALGAS DA PRAIA DE ENSEADA DOS CORAIS, PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

Abstract. With the aim of evaluating the variations in the structure of the community of epiphytic dinoflagellates and diatoms associated with macroalgae, as a function of environmental variables, collections were carried out on the beach at Enseada dos Corais (Pernambuco, Northeastern Brazil), during the rainy season (July, August/2017 and March/2018) and the dry season (September/2017, January and February/2018). The macroalgae *Digenea simplex* (Wulfen) C. Agardh, *Bryothamnion triquetrum* (S.G. Gmelin) M. Howe and *Sargassum* sp. were chosen according to their representativeness at the site. Four dinoflagellate taxa and 32 diatom taxa epiphytic were identified. The taxa *Fragilaria* sp., *Grammatophora oceanica* Ehrenberg, *Melosira moniliformis* (Link) C. Agardh and *Navicula* sp. were as dominant. The diatoms were predominant in the study (90%), mainly erect and mobile species, especially *Navicula* sp. During the dry season, maximum abundance of diatoms (3.524 cell g⁻¹) was found in *B. triquetrum*, and dinoflagellates (30 cell g⁻¹) in *Sargassum* sp., as well as higher values of temperature and salinity, which favored the appearance of potentially toxic species, *Ostreopsis* cf. *ovata* Y. Fukuyo and *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein. There was a differentiation in the epiphyte community in *Sargassum* sp., but this fact was not registered for the red algae and for the portions of the macroalgal stalks. Highly branched stalks of *D. simplex* and *B. triquetrum* favored a greater amount of microhabitat and, consequently, greater abundance and richness of the epiphytes.

Keywords: benthic microalgae, reef environments, marine algae

Resumo. Com o objetivo de avaliar as variações na estrutura da comunidade de dinoflagelados e diatomáceas epífitas associadas à macroalgas, em função das variáveis ambientais, foram realizadas coletas na praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante o período chuvoso (julho, agosto/2017 e março/2018) e de estiagem (setembro/2017, janeiro e fevereiro/2018). As macroalgas *Digenea simplex* (Wulfen) C. Agardh, *Bryothamnion triquetrum* (S.G. Gmelin) M. Howe e *Sargassum* sp., foram escolhidas de acordo com a representatividade no local. Foram identificados 4 táxons de dinoflagelados e 32 táxons de diatomáceas epífitas.

Os táxons *Fragilaria* sp., *Grammatophora oceanica* Ehrenberg, *Melosira moniliformis* (Link) C. Agardh e *Navicula* sp. estiveram como dominantes. As diatomáceas foram predominantes no estudo (90%), principalmente, as espécies eretas e móveis, com destaque para *Navicula* sp. Durante o período de estiagem, foi encontrada abundância máxima das diatomáceas (3.524 cel g^{-1}), em *B. triquetrum*, e dos dinoflagelados (30 cel g^{-1}), em *Sargassum* sp., como também maiores valores de temperatura e salinidade, os quais favoreceram o aparecimento das espécies potencialmente tóxicas, *Ostreopsis* cf. *ovata* Y. Fukuyo e *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein. Houve uma diferenciação na comunidade de epífitos em *Sargassum* sp., porém esse fato não foi registrado para as algas vermelhas e para as porções dos talos macroalgais. Talos altamente ramificados de *D. simplex* e *B. triquetrum*, favoreceram uma maior quantidade de microhabitat e conseqüentemente, maior abundância e riqueza dos epífitos.

Palavras-chave: microalgas epibentônicas, ambientes recifais, algas marinhas

1 Introdução

As assembleias de microalgas epibentônicas que vivem aderidas a um ser biótico são chamadas de epibiontes, nelas essa produção é muito rápida, o que as torna a fonte alimentícia mais importante do ecossistema marinho (Moreira-Filho e Teixeira, 1963). Dentre os organismos epibiontes, encontram-se as epífitas, que são altamente produtivas e compostas principalmente por algas microscópicas. Elas se beneficiam dessa relação ganhando uma estrutura sobre a qual crescer e consumindo nutrientes que a vegetação libera (Hauxwell et al., 2001; Perez et al., 2008).

A relação ecológica entre microalgas epífitas e macroalgas caracteriza um grande benefício para a cadeia trófica marinha, uma vez que fornece diretamente a energia necessária para uma grande comunidade de organismos herbívoros aquáticos (Norton et al., 1996; Kasim e Mukai, 2006; Hernandez-Almeida; Siqueiros-Beltrones, 2008). Além disso, a comunidade epífita corresponde a um ótimo ambiente para o habitat de pequenos invertebrados, oferecendo-lhes refúgio e fonte de alimento, sendo possível que várias formas vivam na dependência direta desta microvegetação algácea (Virnstein, 1987).

A variação da comunidade epífita depende de diversos fatores, tanto bióticos como abióticos, dentre eles a morfologia do talo das macroalgas, temperatura, salinidade e nutrientes (Johnson et al., 2005; Totti et al., 2009). Desta forma, a riqueza

e a abundância das microalgas epífitas podem sofrer variações de acordo com as condições ambientais, diferenças arquitetônicas e complexidades em cada hospedeiro de algas marinhas (Snoeijs, 1995; Al-Handal e Wulff, 2008).

Todos os grupos de microalgas estão representados nas epífitas, porém as diatomáceas e cianobactérias são tipicamente os grupos dominantes (Macintyre et al., 1996). As diatomáceas são reconhecidamente os organismos epífitos mais importantes que crescem nas macrófitas marinhas, destacando-se por ocorrerem em maior abundância e riqueza de espécies, cobrindo muitas vezes, toda a superfície dos hospedeiros aos quais estão aderidos, acreditando-se ainda que a abundância, riqueza e diversidade das espécies estejam relacionadas às diferentes formas de adesão que as diatomáceas apresentam (McIntire e Moore, 1977).

De forma geral, essas epífitas são capazes de secretar substâncias mucilaginosas com as quais se aderem aos hospedeiros e podem ser classificadas de acordo com a forma de adesão, como: espécies eretas, que se aderem aos hospedeiros através de pedúnculos mucilaginosos (*Achnantes*, *Climacosphaenia*, *Grammatophora*, *Licmophora* e *Melosira*), espécies móveis, as quais podem deslizar na superfície do substrato (*Navicula* e *Nitzschia*) e as adnatas, que se aderem fortemente ao hospedeiro, diretamente pelas valvas (*Amphora* e *Cocconeis*) (Chiovitti et al., 2006; Majewska et al., 2013).

Os dinoflagelados são um componente importante da microflora bentônica em sistemas de recifes de corais tropicais, seja como parte da flora em substratos arenosos (Faust, 2000) ou associados como espécies epífitas em macroalgas e angiospermas marinhas (Cruz-Rivera e Villareal, 2006, Okolodkov et al., 2007). Algumas espécies de dinoflagelados bentônicos epifíticos produzem toxinas que podem afetar a saúde pública por meio do consumo de produtos marinhos contaminados com esses compostos.

A relação histórica entre dinoflagelados e macroalgas podem estar enfrentando uma mudança irreversível devido à substituição de comunidades costeiras de macroalgas como consequência de eutrofização e mudanças climáticas (McCook, 1999). O impacto desses fenômenos nas comunidades bentônicas é especialmente evidente em ecossistemas de recifes de corais tropicais (Hoegh-Guldberg et al., 2007). Esses ecossistemas constituem um habitat comum para dinoflagelados produtores de toxinas (Yasumoto et al., 1980; Chinain et al., 1999).

No Brasil, a maioria dos estudos se concentra nas assembleias de diatomáceas epífitas (Moreira Filho e Valente-Moreira 1977; Moreira Filho e Valente-Moreira 1980; Moreira Filho e Valente-Moreira 1981; Azevedo e Cutrim 1999; 2000; Costa et al., 2009; Costa et al., 2014; Costa et al., 2016). Alguns estudos sobre florações de dinoflagelados epífitos potencialmente tóxicos vem sendo realizados devido a importância ecológica que este grupo possui (Silva et al., 2006; Oliveira et al., 2008; Nascimento et al., 2008; Tibiriçá et al., 2019). Em Pernambuco (Nordeste do Brasil), estudos sobre a flora dos dinoflagelados epífitos são raros, as pesquisas têm sido realizadas apenas sobre diatomáceas epífitas em angiospermas marinhas (Pacobahyba et al., 1991; Eskinazi-Leça et al., 2003) e macroalgas (Costa et al., 2014; Costa et al., 2016).

Considerando a importância e carência de estudos quali-quantitativos sobre dinoflagelados e diatomáceas epífitas em macroalgas marinhas, essa pesquisa teve como objetivo avaliar as variações na estrutura da comunidade de dinoflagelados e diatomáceas epífitas associadas à macroalgas da praia de Enseada dos Corais, litoral Sul de Pernambuco, em função das variáveis ambientais.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O Estado de Pernambuco situado na Região Nordeste do Brasil entre as coordenadas 07°32'00" e 08°55'30" S e 34°48'35" e 41°19'54" W, apresenta uma área correspondente a 98.281 km², subdividindo-se em regiões fitogeográficas do Litoral, Agreste e Sertão. As zonas Litoral e da Mata situam-se na faixa úmida costeira e ocupam uma área de 11.776 km² (Macêdo e Koenig, 1987), enquanto a extensão do litoral pernambucano está em torno de 178 km.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da área é do tipo As' (clima quente e úmido com chuvas de outono-inverno), caracterizado por pequenas variações na temperatura, umidade relativa do ar, evaporação e insolação. A precipitação pluviométrica anual chega a mais de 2000 mm (Aragão, 2004), caracterizando dois períodos anuais: um período de estiagem, compreendido entre os meses de setembro e fevereiro, com precipitações em torno de 100 mm mensais, e um período chuvoso, compreendido entre os meses de março e agosto, acima de 200 mm mensais.

Localizada no litoral sul pernambucano, a cidade do Cabo de Santo Agostinho está a seis metros de altitude e possui uma extensão de 446,58 km². Situada na cidade

do Cabo de Santo Agostinho, a praia de Enseada dos Corais se encontra a 31 km do Recife e é considerada uma praia predominantemente turística, sendo classificada como uma área em processo de urbanização, sofrendo pouca influência antropogênica (Vasconcelos, 2016).

2.2 Localização e caracterização do ponto de coleta

Foi estabelecido um ponto de amostragem ($8^{\circ} 31' 22.82''$ S; $34^{\circ} 94' 67.90''$ O) na praia de Enseada dos Corais, litoral do Cabo de Santo Agostinho - PE (Figura 1).

As coletas das variáveis biológicas e ambientais foram realizadas na área recifal do mesolitoral da praia, no período chuvoso (julho, agosto/2017 e março/2018) e no período de estiagem (setembro/2017, janeiro e fevereiro/2018).

Figura 1 - Área de estudo na praia de Enseada dos Corais, litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil.



Fonte: Carlos Delgado Noriega.

2.3 Coleta e análise das variáveis ambientais

Os dados de precipitação pluviométrica (mm) foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A medição da temperatura da água foi realizada *in situ* utilizando um termômetro comum de álcool e as amostras de água coletadas

com o auxílio de uma garrafa oceanográfica de Kitahara. A salinidade foi determinada através do método de Morh-Knudsen, descrito por Strickland e Parsons (1972). Os sais nutrientes dissolvidos nitrito e nitrato foram determinados de acordo com Papaspyrou et al. (2014), a amônia segundo Bower e Holm-Hansen (1980), o fosfato de acordo com Strickland e Parsons (1972) e o silicato de acordo com Grasshoff et al. (1983). As concentrações de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) foram determinadas pelo método de Winkler modificado, descrito por Strickland e Parsons (1972), e o pH pelo método espectrofotométrico (Dickson et al. 2007).

2.4 Coleta e análise das variáveis biológicas

Para a amostragem das macroalgas, foram escolhidas as espécies: *Digenea simplex* (Rhodophyta), *Bryothamnion triquetrum* (Rhodophyta) e *Sargassum* sp. (Ochrophyta), de acordo com a maior representatividade no local.

As macroalgas foram coletadas cuidadosamente do substrato, com a retirada do talo por completo, com o auxílio de uma espátula, colocadas em sacos plásticos e acondicionadas em um isopor com gelo. Em seguida, os exemplares foram encaminhados ao Laboratório de Fitoplâncton (LABFITO) no Departamento de Oceanografia da UFPE para posterior análise.

Em laboratório, as macroalgas foram pesadas (15g de peso úmido), cortadas em três porções iguais (basal, mediana e apical) e acondicionadas em potes plásticos com um volume de 30 mL de água proveniente do local de coleta e previamente filtrada (filtro de fibra de vidro GF/C). Posteriormente, foi efetuada uma agitação manual de cada pote contendo as macroalgas, por aproximadamente 2 minutos, com o objetivo de deslocar a flora epífita, sendo a macroalga retirada do pote e a suspensão fixada com solução de lugol a 2% (Vila et al., 2001).

A identificação dos epífitos foi realizada com o auxílio de um microscópio óptico (Zeiss), com aumento de 20x, utilizando bibliografia especializada: Perágallo e Perágallo (1897-1908); Hustedt (1961-1966); Cupp (1943), para as diatomáceas e Balech 1988; Hoppenrath et al. 2009; Kraberg et al. 2010, para os dinoflagelados. Para o enquadramento dos táxons foi utilizado o sistema de classificação do banco de dados AlgaeBase (Guiry e Guiry 2021).

Para quantificação das células o conteúdo de cada amostra foi vertido em cubetas de 10 ml, para sedimentação por 24 horas. Posteriormente, as cubetas foram analisadas de acordo com o método de Utermöhl (1958), utilizando-se microscópio

invertido (Zeiss, AXIOVERT) e aumento de 20x. A abundância foi expressa em cel g⁻¹ de peso úmido de macroalga (Gillespie et al. 1985; Costa et al. 2014).

A abundância relativa de cada táxon foi expressa em porcentagem, sendo considerada a proporção de cada um em relação ao número total de células quantificadas. Para sua interpretação foram utilizadas as categorias espécies abundantes e dominantes de acordo com Lobo e Leighton (1986). A frequência de ocorrência foi baseada no número de amostras nas quais cada táxon ocorreu, em relação ao número total de amostras analisadas, seguindo os critérios: muito frequente ($\geq 70\%$), frequente ($40\% \geq F \leq 70\%$), pouco frequente ($10\% \geq F \leq 40\%$), e esporádica ($< 10\%$). Além disso, foi analisada em cada amostra a diversidade específica de acordo com Shannon (1948), a equitabilidade de acordo com Pielou (1967) e a riqueza de espécies. As análises do índice de diversidade específica e equitabilidade foram realizadas utilizando o software Primer 6.0.

2.5 Análise estatística

A análise canônica das coordenadas principais (CAP) foi usada para representar as amostras do período chuvoso e de estiagem para a assembleia. A estrutura das assembleias epífitas foi comparada entre as algas e os períodos sazonais, usando Permanova bidirecional. A relação entre as variáveis ambientais e os epífitos foi avaliada usando modelos lineares baseados em distância (DistLM), usando o procedimento "melhor" e AIC como critério de seleção para os melhores modelos.

Permanova, CAP e DistLM foram baseados em matrizes de semelhanças calculadas usando distância euclidiana ($\log$ de dados ($x + 1$) transformado - parâmetros ambientais) e similaridade de Bray Curtis (dados de quarta raiz transformada - assembleias de epífitos). As análises estatísticas foram realizadas com o Primer 6.0 + PERMANOVA.

Para comparar a abundância e riqueza das assembleias de epífitos entre as macroalgas e os períodos sazonais, ANOVA de duas vias foram realizadas, seguido do teste de Turkey.

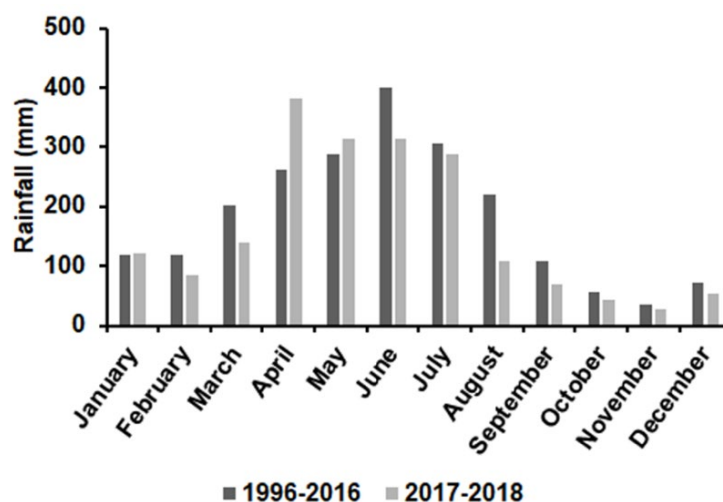
Para analisar as variações sazonais entre as variáveis ambientais foi utilizado o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*, através do software STATISTICA (versão 7.0). Em todas as análises estatísticas foi considerado um nível de significância de 5%.

3 Resultados

3.1 Variáveis ambientais

A precipitação na região estudada durante os anos de 2017 e 2018 totalizou uma média no acumulado de 1942 mm, com o período chuvoso apresentando média de 258 mm e o período de estiagem com média de 66 mm. Comparando a precipitação total nos anos do estudo com a média histórica dos últimos 20 anos (1996 a 2016), foi observado que o período de estudo se apresentou com um padrão de chuvas dentro do esperado para a região. Porém, a precipitação aumentou a partir de março, registrando o maior acumulado em abril (380,65 mm), e começou a diminuir a partir de agosto, com a menor precipitação acumulada (26,3 mm) em novembro (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição da pluviometria (mm) em 2017-2018 e anos anteriores (1996-2016) para o litoral de Pernambuco (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: Rainfall = Pluviosidade; January = janeiro; February = fevereiro; March = março; April = abril; May = maio; June = junho; July = julho; August = agosto; September = setembro; October = outubro; November = novembro; December = dezembro.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva

Os teores de salinidade variaram de 32,94 (março/2018) a 39,19 (fevereiro/2018), com média de 34,5 para o período chuvoso e 36,5 para o período de estiagem (Figura 3A; Tabela 1). Em relação a temperatura, os valores variaram de 27,5 °C (setembro/2017) a 31 °C (fevereiro/2018), com temperatura média de 29 °C em ambos os períodos (Figura 3A; Tabela 1).

As concentrações de sais nutrientes apresentaram uma distribuição irregular durante o período de coletas. Os teores de nitrato apresentaram baixos valores durante o período estudado, oscilando de valores não detectáveis (0,01 $\mu\text{mol L}^{-1}$), em todos os meses do período de estiagem, a um valor máximo de 0,16 $\mu\text{mol L}^{-1}$, em julho de

2017, com média de $0,01 \mu\text{mol L}^{-1}$, durante o período de estiagem, e $0,12 \mu\text{mol L}^{-1}$ no período chuvoso (Figura 3B; Tabela 1). As concentrações de nitrato também foram baixas, variando de $0,7 \mu\text{mol L}^{-1}$ (fevereiro/2018) a $2,37 \mu\text{mol L}^{-1}$ (março/2018), apresentando médias similares de $1,26 \mu\text{mol L}^{-1}$, para o período de estiagem e $1,28 \mu\text{mol L}^{-1}$, para o período chuvoso (Figura 3B; Tabela 1).

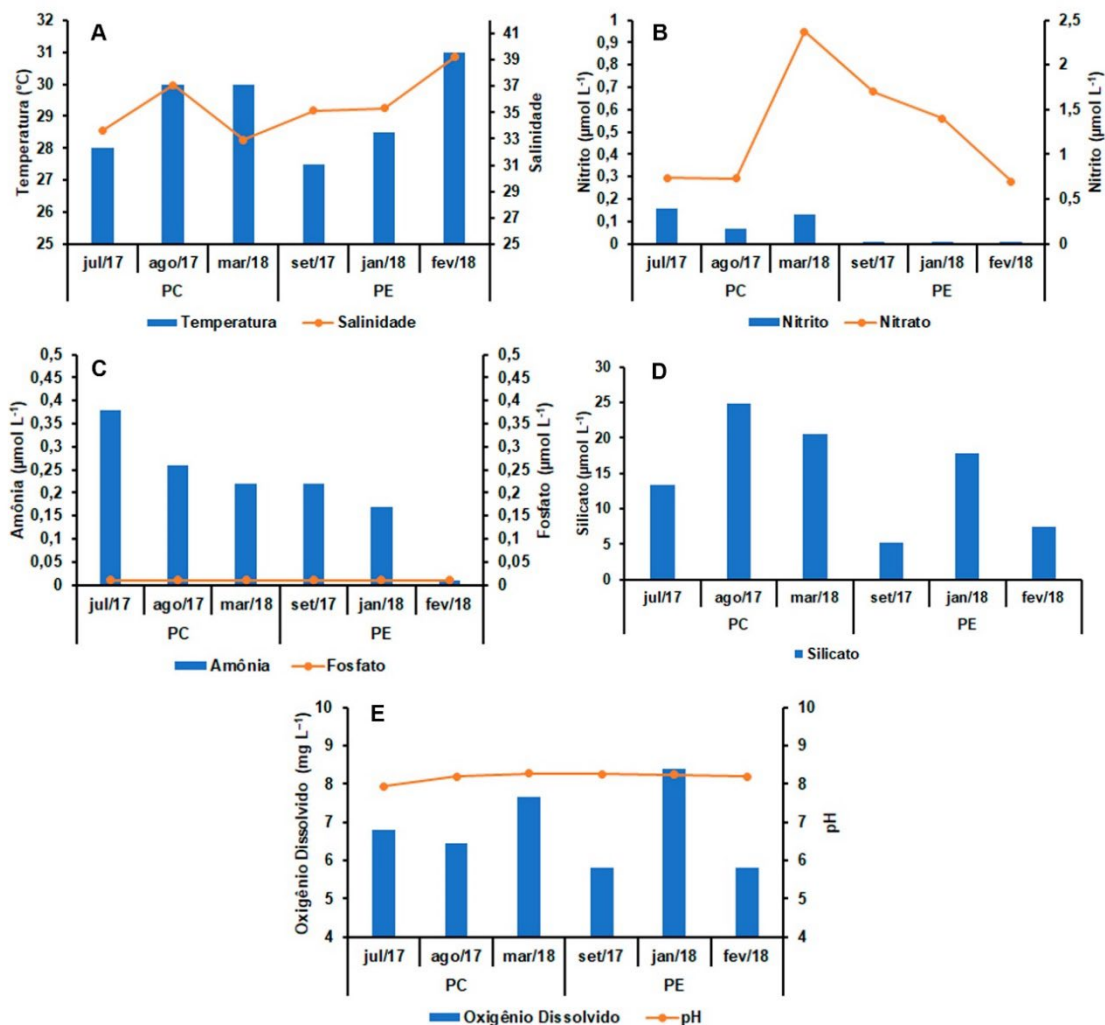
As concentrações de amônia variaram de $0,01 \mu\text{mol L}^{-1}$ (fevereiro/2018) a $0,38 \mu\text{mol L}^{-1}$ (julho/2017), apresentando média de $0,28 \mu\text{mol L}^{-1}$, durante o período chuvoso, e $0,13 \mu\text{mol L}^{-1}$, durante o período de estiagem. Os teores de fosfato apresentaram valores não detectáveis ($0,01 \mu\text{mol L}^{-1}$) em todos os meses de coleta. O silicato variou de $5,2 \mu\text{mol L}^{-1}$ (setembro/2017) a $24,8 \text{ mg L}^{-1}$ (agosto/2017), registrando uma média de $19,6 \mu\text{mol L}^{-1}$, para o período chuvoso, e $10,16 \mu\text{mol L}^{-1}$, durante o período de estiagem.

O oxigênio dissolvido apresentou valores variando $5,81 \text{ mg L}^{-1}$ (setembro/2017 e fevereiro/2018) a $8,4 \text{ mg L}^{-1}$ (janeiro/2018), com média de $6,97 \text{ mg L}^{-1}$, para o período chuvoso, e $6,67 \text{ mg L}^{-1}$, para o período de estiagem. o pH se manteve constante durante o período de estudo, com valores que variaram de 7,94 (julho/2017) a 8,27 (setembro/2017 e março/2018).

Os modelos ajustados (DistLM) tiveram baixo poder de explicação para o período chuvoso, porém observa-se que, no período de estiagem, os parâmetros nitrito, nitrato e pH, foram os mais determinantes e possuíram uma contribuição que explica 25,8% para a estruturação das comunidades nesse período, enquanto, no período chuvoso, os parâmetros salinidade e fosfato foram os fatores mais determinantes e explicaram 11,7% para a estruturação das comunidades associadas as macroalgas nesse período.

Em relação às variações entre os períodos, o teste de *Kruskal-Wallis* mostrou que apenas o nitrito ($p < 0,05$), dentre todos os parâmetros ambientais, apresentou variação significativa (Tabela 1).

Figura 3 - Variáveis ambientais analisadas na praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil): (a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e Salinidade; (b) Nitrito (NO_2) e Nitrato (NO_3); (c) Amônia (NH_3) e Fosfato (PO_4); (d) Silicato (Si(OH)_4); (e) Oxigênio dissolvido (OD) e pH. Legenda: PC = Período chuvoso; PE = Período de estiagem; jul/17 = julho/2017; ago/17 = agosto/2017; mar/18 = março/2018; set/17 = setembro/2017; jan/18 = janeiro/2018; fev/18 = fevereiro/2018.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis ambientais na praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil). Legenda: * = $p < 0,05$ (variação significativa). mín = mínimo; máx = máximo; média $\pm$ DP = média $\pm$ desvio padrão.

Variáveis ambientais	mín	máx	média $\pm$ DP	sazonal (p)
Temperatura (°C)	27,50	31,00	29,17 $\pm$ 1,36	0,82
Salinidade	32,94	39,19	35,55 $\pm$ 2,29	0,27
Nitrito ($\mu\text{mol L}^{-1}$) *	0,01	0,16	0,065 $\pm$ 0,06	0,03
Nitrato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0,70	2,37	1,27 $\pm$ 0,67	0,82
Amônia ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0,01	0,38	0,21 $\pm$ 0,12	0,07
Fosfato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	0,01	0,01	0,01 $\pm$ 0,00	1
Silicato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	5,20	24,80	14,88 $\pm$ 7,64	0,12
Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})	5,81	8,40	6,82 $\pm$ 1,03	0,50
pH	7,94	8,27	8,18 $\pm$ 0,12	0,82

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

3.2 Variáveis biológicas

Foram identificados 4 táxons de dinoflagelados epífitos, sendo estes: *Ostreopsis* cf. *ovata* Y. Fukuyo, *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein, *Gymnodinium* sp. e pequenos indivíduos da classe Dinophyceae. As diatomáceas epífitas compreenderam 32 táxons, distribuídos nas classes: Fragilariophyceae (1), Mediophyceae (3) Coscinodiscophyceae (7), e Bacillariophyceae (21).

A riqueza de espécies em cada amostra variou de 1 táxon, na porção basal do talo de *Sargassum* sp., em março/2018, a 17 na porção mediana de *B. triquetrum*, em agosto/2018. A maior riqueza de epífitos foi encontrada no talo da macroalga *D. simplex* (30 táxons), seguido de *B. triquetrum* (27 táxons) e *Sargassum* sp. (24 táxons).

A maior riqueza de dinoflagelados foi registrada para o período de estiagem, representada pelo aparecimento das espécies *Ostreopsis* cf. *ovata* Y. Fukuyo e *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein, as quais foram exclusivas deste período. A abundância máxima (30 cel g^{-1}) também foi registrada durante este período, na macroalga *Sargassum* sp. (Figura 4).

As diatomáceas foram as epífitas predominantes, atingindo um valor máximo de abundância (3.524 cel g^{-1}), em *B. triquetrum*, durante os três meses do período de estiagem (Figura 4).

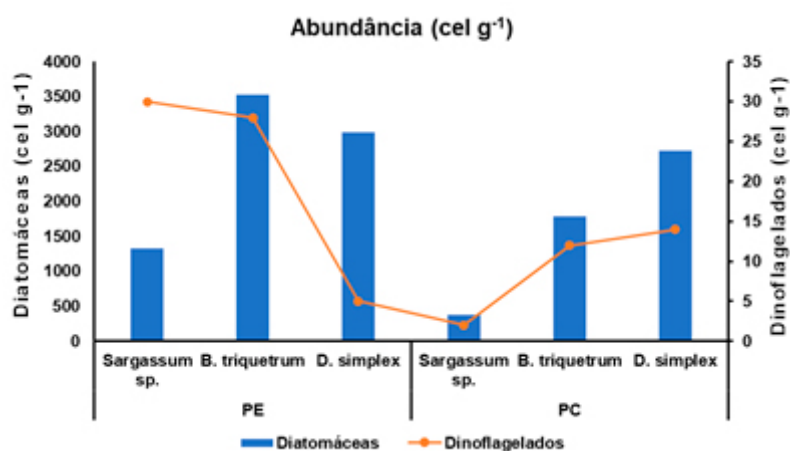
De acordo com a abundância total (cel g⁻¹), a macroalga que registrou o maior quantitativo de epífitos, durante todo período de estudo, foi *D. simplex* e o período responsável pelos maiores valores foi o período de estiagem (Figura 4). Em relação às porções do talo das macroalgas, a porção apical foi responsável por hospedar o maior número total de epífitos (Tabela 2; Tabela 3).

Em *Sargassum* sp., o maior quantitativo de epífitos foi registrado na porção apical, tanto no período de estiagem (573 cel g⁻¹), quanto no período chuvoso (262 cel g⁻¹). Os táxons que mais contribuíram para esses valores no período de estiagem, foi *Navicula* sp. (328 cel g⁻¹) e no período chuvoso, *Grammatophora oceanica* (95 cel g⁻¹) (Tabela 2; Tabela 3).

O talo de *B. triquetrum*, apresentou maior abundância de epífitos em sua porção apical, durante o período de estiagem (1.753 cel g⁻¹) e em sua porção mediana, durante o período chuvoso (710 cel g⁻¹). *Navicula* sp. foi o táxon responsável por contribuir com os maiores valores, tanto no período de estiagem (1.263 cel g⁻¹), quanto no período chuvoso (448 cel g⁻¹) (Tabela 2; Tabela 3).

Em *D. simplex* foi registrado maior abundância na porção mediana (1.252 cel g⁻¹), para o período de estiagem, e na porção apical (1.303 cel g⁻¹), para o período chuvoso. *Navicula* sp., novamente, foi o táxon que mais contribuiu para esses maiores valores no período de estiagem (752 cel g⁻¹) e *Grammatophora oceanica*, no período chuvoso (592 cel g⁻¹) (Tabela 2; Tabela 3).

Figura 4 - Abundância total (cel g⁻¹) de dinoflagelados e diatomáceas epífitas nas porções do talo das macroalgas *Sargassum* sp., *Bryothamnion triquetrum* e *Digenea simplex*, na praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante o período de estiagem e chuvoso.



Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Tabela 2 - Abundância (cel g⁻¹) dos táxons de dinoflagelados e diatomáceas epífitas nas porções do talo das macroalgas *Sargassum* sp., *Bryothamnion triquetrum* e *Digenea simplex*, na praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante o período de estiagem. Bas = porção basal; Med = porção mediana; Api = porção apical.

Táxon	Período de estiagem								
	<i>Sargassum</i> sp.			<i>B. triquetrum</i>			<i>D. simplex</i>		
	Bas	Med	Api	Bas	Med	Api	Bas	Med	Api
BACILLARIOPHYTA									
<i>Achnanthes armillaris</i> (O.F.Müller) Guiry				2	1	2	1	3	7
<i>Amphipentas pentacrinus</i> Ehrenberg		1	2			1			
Bacillariophyceae	55	89	69	11	23	15	6	26	18
<i>Biddulphia biddulphiana</i> (J.E.Smith) Boyer					3	2	3		
<i>Campyloneis grevillei</i> (W.Smith) Grunow & Eulenstein in Grunow							2		
<i>Climacosphenia moniligera</i> Ehrenberg									3
<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory							2		
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	1	1	1	3	5	13	25	42	36
Coscinodiscophyceae					1				
<i>Fragilaria</i> sp.		57	25	42	54	84	12	4	
<i>Grammatophora hamulifera</i> Kützinger	2			28	16	2	18	18	
<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg	5	6	29	89	103	47	81	95	64
<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh	32	41	77	15	106	241	11	27	63
<i>Melosira moniliformis</i> (Link) C.Agardh	3	9	2	1	27	31	29	93	56
<i>Navicula</i> sp.	142	299	328	207	999	1263	173	539	752
<i>Nitzschia angularis</i> W.Smith							20	40	
<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow in Cleve & Möller							4	1	
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützinger) W.Smith			1	1	1	1	15	13	4
<i>Nitzschia</i> spp.	4	12	15	4	20	8	193	274	18
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh								1	
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	1					16	4	5	2
<i>Pleuro/Gyrosigma</i> sp.		2	1				2	13	1
<i>Podocystis adriatica</i> (Kützinger) Ralfs								1	
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützinger						1		1	
<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1								
<i>Synedra</i> sp.	4	5	2	8	15	12	17	54	92
DINOPHYTA									
Dinophyceae	2	4	5	1	10	10			4
<i>Gymnodinium</i> sp.		1	12						
<i>Ostreopsis</i> cf. <i>ovata</i> Y.Fukuyo			2						
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F.Stein	1	1	2	1	2	4	1		
TOTAL	253	528	573	413	1386	1753	619	1250	1120

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Tabela 3 - Abundância (cel g⁻¹) dos táxons de dinoflagelados e diatomáceas epífitas nas porções do talo das macroalgas *Sargassum* sp., *Bryothamnion triquetrum* e *Digenea simplex*, na praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante o período chuvoso. Bas = porção basal; Med = porção mediana; Api = porção apical.

Táxon	Período Chuvoso								
	<i>Sargassum</i> sp.			<i>B. triquetrum</i>			<i>D. simplex</i>		
	Bas	Med	Api	Bas	Med	Api	Bas	Med	Api
BACILLARIOPHYTA									
<i>Achnanthes armillaris</i> (O.F.Müller) Guiry					4		9	2	3
<i>Amphipentas pentacrinus</i> Ehrenberg					2				3
<i>Amphora proteus</i> Gregory				6	2	4			
Bacillariophyceae	7	7	30	33	23	18	16	15	10
<i>Biddulphia biddulphiana</i> (J.E. Smith) Boyer		1	1	3		1	1	1	
<i>Campylodiscus neofastuosus</i> Ruck & Nakov in Ruck & al.									6
<i>Climacosphenia moniligera</i> Ehrenberg								1	
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg			1	1	1	3	46	18	13
Coscinodiscophyceae					1			1	
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg		1							
<i>Fragilaria</i> sp.		3							
<i>Grammatophora hamulifera</i> Kützinger				8	10	8			3
<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg	3	2	95	84	92	95	56	70	592
<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh		3	30	3	48	42	24	14	27
<i>Melosira moniliformis</i> (Link) C.Agardh	3	3	14	105	124	59	167	171	115
<i>Navicula</i> sp.	26	48	84	220	360	329	302	387	448
<i>Nitzschia angularis</i> W.Smith				1	1			1	2
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard									1
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützinger) W.Smith				1	2	1		5	4
<i>Nitzschia</i> sp.	1	3	4	6	11	20	6	10	14
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve							5	3	2
<i>Pleuro/Gyrosigma</i> sp.					3	11	6	21	15
<i>Podosira stelligera</i> (Bailey) A.Mann	1								
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström					2				
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützinger					2	3	1		2
<i>Synedra</i> sp.	1	4	1	8	15	13	24	39	36
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky								6	
DINOPHYTA									
Dinophyceae					7	3	5	2	7
<i>Gymnodinium</i> sp.			2	2					
TOTAL	42	75	262	481	710	610	668	767	1303

Fonte: Nayana Buarque Antão da Silva.

Em relação a abundância relativa (%), a diatomácea *Navicula* sp. foi um táxon dominante em 57% das amostras, além de ser caracterizada como táxon mais frequente durante o período de estudo, sendo registrada em 98% das amostras, seguida de *Fragilaria* sp., *Grammatophora oceânica* e *Melosira moniliformis*. Os táxons muito frequentes, que estiveram em mais de 70% das amostras, foram: *M. moniliformis* (85%), pequenas diatomáceas da classe Bacillariophyceae (83%), *G. oceanica* (80%), *Nitzschia* spp. (80%), *Synedra* sp. (79%) e *Licmophora abbreviatta* C. Agardh (78%). Os táxons frequentes estiveram representados pela espécie *Cocconeis scutellum* Ehrenberg (57%) e os dinoflagelados da classe Dinophyceae (41%). Os demais táxons se enquadraram nas categorias: pouco frequente (20%) e esporádico (30%).

Em relação a diversidade, houve uma variação de 0 a 2,66 bits cel⁻¹, sendo considerada baixa na maioria das amostras. Quanto a equitabilidade, a comunidade se manteve equitativa, sendo considerada alta (> 0,5) em 75% das amostras, indicando que os táxons estiveram uniformemente distribuídos no local.

Através das análises estatísticas, pode-se observar que a estrutura da comunidade de epífitos variou significativamente entre as diferentes macroalgas (pseudo-F: 5.60; p: < 0,01) e entre os períodos sazonais (pseudo-F: 3,00; p: < 0,01), porém, não houve diferença significativa entre as porções dos talos (Pseudo-F: 1.37; p: 0.17), com interação significativa entre fatores (pseudo-F: 1,94; p: 0,02) (Tabela 4). De modo geral, as assembleias de epífitos variaram significativamente nas macroalgas durante o período de estiagem e durante o período chuvoso (Tabela 5), porém, entre os períodos sazonais, para a mesma macroalga, isso só ocorreu em *Sargassum* sp. (Tabela 6).

A abundância e riqueza também apresentaram variação significativa entre as macroalgas e períodos, com interação significativa entre os fatores para a riqueza (Tabela 7). Abundância e riqueza foram significativamente maiores nas macroalgas *B. triquetrum* e *D. simplex*, em relação ao *Sargassum* sp., durante o período chuvoso (Figure 5).

Tabela 4 - Sumário dos resultados da *PERMANOVA* para a estrutura da assembleia de epífitos da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil).

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Macroalgas	2	11401	5700,4	5,60	< 0,01	9923
Período	1	3052,6	3052,6	3,00	< 0,01	9946
Macroalgas x Período	2	3954,2	1977,1	1,94	0,02	9933
Res	48	48893	1018,6			
Total	53	67301				

Fonte: Nykon Craveiro.

Tabela 5 - Teste *Pair-wise* – Variação da estrutura da assembleia de epífitos nas macroalgas da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante os períodos sazonais.

Período de Estiagem	t	P(perm)	Unique perms
<i>Sargassum</i> sp, <i>B. triquetrum</i>	1,4488	0,06	8179
<i>Sargassum</i> sp, <i>D. simplex</i>	2,4247	< 0,01	8164
<i>B. triquetrum</i> , <i>D. simplex</i>	1,45	0,06	8207
Período Chuvoso	t	P(perm)	Unique perms
<i>Sargassum</i> sp, <i>B. triquetrum</i>	1,7172	< 0,01	8159
<i>Sargassum</i> sp, <i>D. simplex</i>	2,8076	< 0,01	8169
<i>B. triquetrum</i> , <i>D. simplex</i>	1,2166	0,14	8134

Fonte: Nykon Craveiro.

Tabela 6 - Teste *Pair-wise* – Variação da estrutura da assembleia de epífitos em cada macroalga da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante os períodos sazonais.

	t	P(perm)	Unique perms
<i>Sargassum</i> sp.			
Estiagem, Chuvoso	1,8937	< 0,01	8141
<i>D. simplex</i>			
Estiagem, Chuvoso	0,9055	0.56	8136
<i>B. triquetrum</i>			
Estiagem, Chuvoso	1,2475	0,13	8106

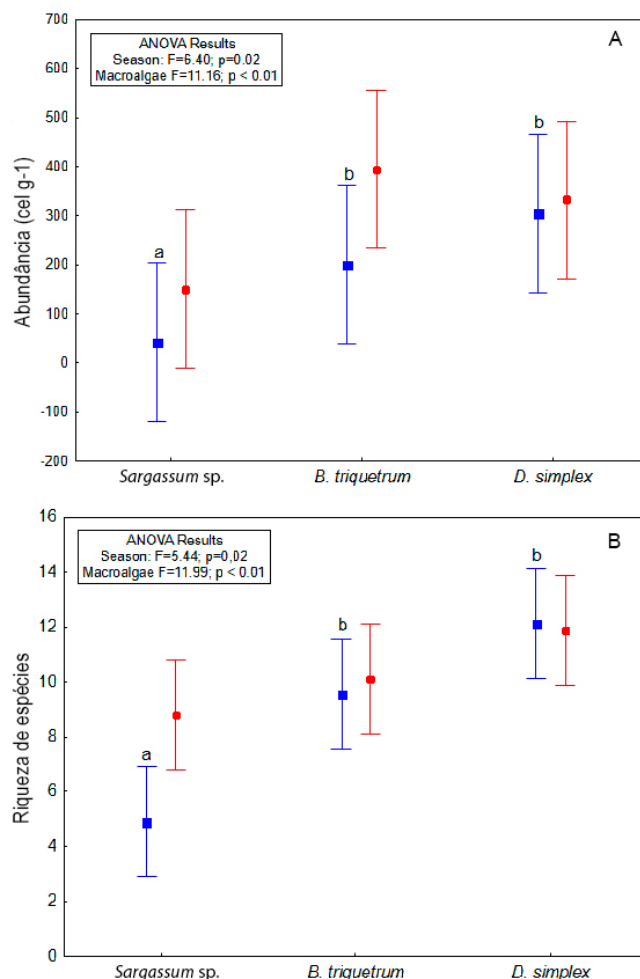
Fonte: Nykon Craveiro.

Tabela 7 – Sumário dos resultados das ANOVA dos descritores das assembleias de epífitos nas macroalgas da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil).

	Abundância		Riqueza de espécies	
	F	p	F	p
Período	6.40	0.01	5.44	0.02
Macroalgas	11.17	< 0.01	11.99	< 0.01
Período x Macroalgas	2.12	0.13	3.59	0.03

Fonte: Nykon Craveiro.

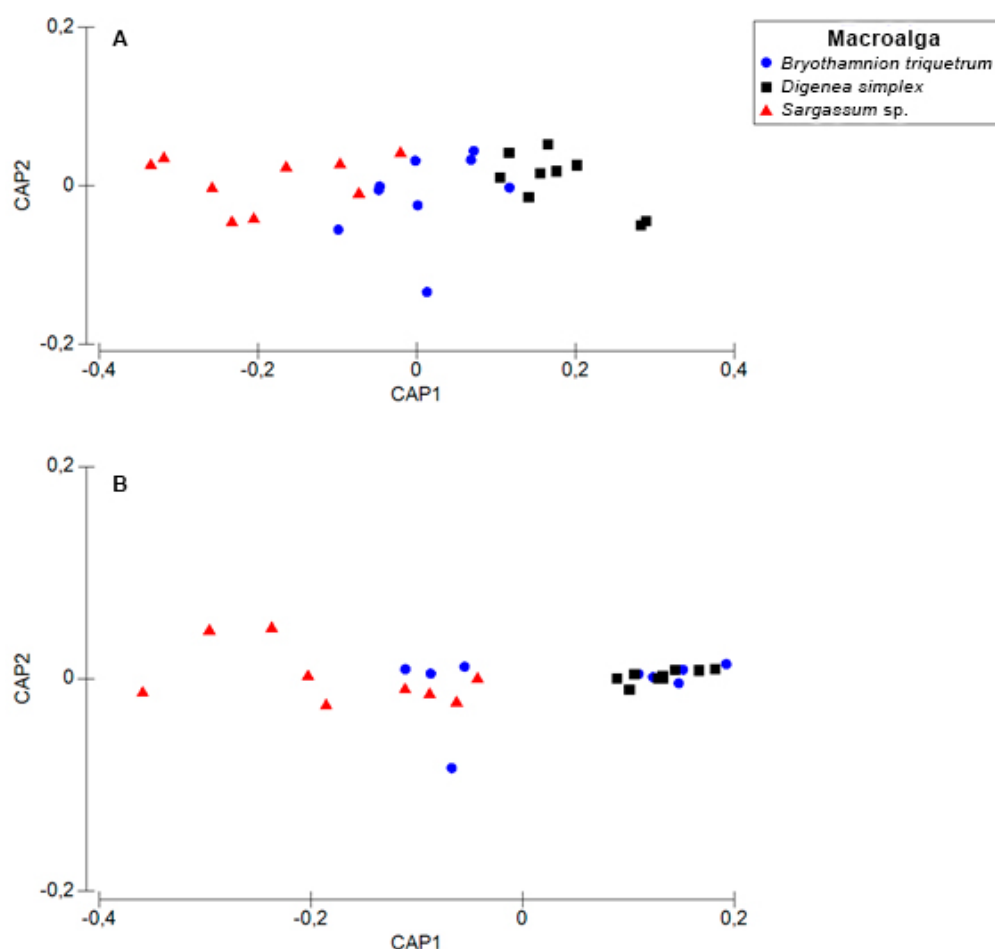
Figura 5 – Descritores das assembleias de epífitos (média $\pm$ desvio padrão) nas macroalgas da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil), durante os períodos sazonais. A: abundância (cel g⁻¹); B: riqueza de espécies; círculo vermelho: período de estiagem; quadrado azul: período chuvoso. As letras indicam os resultados do teste de Turkey.



Fonte: Nykon Craveiro.

Na figura 6 é possível observar a formação de grupos com as amostras de cada macroalga, especialmente no período de estiagem (Figura 4A) (δ^2 CAP1: 0.79, δ^2 CAP2: 0.05 – amostras classificadas corretamente: 74.10 %). No período chuvoso a dissimilaridade interna dos grupos foi maior, e houve uma maior proximidade entre os grupos (Figura 4B) (δ^2 CAP1: 0.67, δ^2 CAP2: 0.01 – amostras classificadas corretamente: 55.56 %).

Figura 6 - Resultados da Análise Canônica de Coordenadas Principais com amostras dos epífitos associados as macroalgas da praia de Enseada dos Corais (Pernambuco, Nordeste do Brasil). A: Período de Estiagem; B: Período Chuvoso.



Fonte: Nykon Craveiro.

4 Discussão

4.1 Variáveis ambientais

Os períodos sazonais influenciaram na composição da assembleia de epífitos, apresentando variação significativa entre o período chuvoso e de estiagem, com maiores valores de abundância e riqueza de epífitos registrada no período de estiagem.

Diferenças sazonais nas assembleias epífitas também foram relatadas em outros estudos. Dhib et al. (2015), observou que os dinoflagelados exibiram uma abundância máxima durante o inverno-primavera, enquanto a abundância das diatomáceas atingiu os maiores valores durante o verão, em águas costeiras da Tunísia. Porém, diferenças sazonais nem sempre foram observadas. El-Din et al. (2015) não encontrou evidência de sazonalidade em assembleias epífitas no porto de

Alexandria (Egito). Enquanto Stanca e Parsons (2021), estudando regiões da Flórida, observaram que os táxons de diatomáceas foram mais comuns nos meses de inverno, e associou, possivelmente, ao aumento da turbulência durante esse período.

A distribuição de microalgas epífitas, mais especificamente, a composição das assembleias em termos de abundância celular e relativa, é afetada por uma série de variáveis ambientais, como disponibilidade de luz, hidrodinâmica regime, salinidade e nutrientes (Coleman e Burkholder 1994; Frankovich et al. 2006; Hillebrand e Sommer 2000; Marks e Power 2001; Snoeijs 1994, 1995; Wear et al. 1999).

Muitos autores já relataram sobre a importância de fatores como: temperatura (Okolodkov et al., 2014), nutrientes (Fricke et al., 2016) e salinidade (Okolodkov et al., 2014) na influência da composição dos epífitos.

Altos valores de temperatura e salinidade obtidos no mês de fevereiro/2018, coincidiram com a maior abundância de dinoflagelados e das diatomáceas epífitas. Além disso, as espécies de dinoflagelados *Ostreopsis* cf. *ovata* e *Prorocentrum lima* foram exclusivas do período de estiagem, o que demonstra a preferência destas por temperaturas mais quentes.

Este fato, também corrobora com outros trabalhos, os quais, apontam a temperatura como um dos fatores mais importantes a determinar as tendências sazonais e florações de *Ostreopsis* cf. *ovata*. Tanto no Mar Mediterrâneo (Mangialajo et al., 2011), quanto no Rio de Janeiro (Nascimento et al., 2010a), as maiores densidades de dinoflagelados epibentônicos foram encontradas nos meses de temperatura mais elevada. Moreira (2010), em estudo na ilha de Cuba, observou que os dinoflagelados do gênero *Ostreopsis* foram mais ativos na estação seca, com diminuição na densidade no início da estação chuvosa.

Entretanto, alguns autores sugerem que os efeitos de outros fatores físicos e químicos podem influenciar na estrutura das assembleias de epífitas. Em um estudo na costa da Croácia, Pfannkuchen et al. (2012), relataram que uma floração de *Ostreopsis* cf. *ovata* persistente (setembro a outubro de 2010) foi dispersada para águas costeiras pela ação do impacto de ondas fortes causadas por uma tempestade.

Pesquisas realizadas por Navarro et al. (1989), sobre diatomáceas aderidas a diversos substratos em Porto Rico, revelaram a maior riqueza de espécies em locais com movimento moderado da água, enquanto a menor diversidade foi encontrada em hospedeiros em locais com forte ação das correntes.

No estudo, as pequenas oscilações encontradas nos teores de sais nutrientes, durante o período chuvoso, e a variação sazonal significativa para o nitrito, podem estar atreladas às precipitações e descargas fluviais. Apesar disso, os teores de sais nutrientes encontrados foram considerados baixos, característicos de um ambiente sem grandes impactos e com pouca poluição orgânica. Isso demonstra que a praia ainda não apresenta características de área urbanizada.

4.2 Variáveis biológicas

A maior parte da comunidade de epífitas foi composta pelas diatomáceas, as quais representaram 90% do total de microalgas encontradas nas macroalgas. Muitas espécies de diatomáceas possuem estruturas específicas capazes de produzir substâncias mucilaginosas, o que confere a elas uma alta capacidade de aderência nos hospedeiros (Main e McIntire, 1974; Wetherbee et al., 1998).

A predominância das diatomáceas também foi documentada em trabalhos pretéritos com epífitas em macrófitas do litoral de Pernambuco (Moura et al., 1993; Pacobahyba et al., 1993; Cunha e Eskinazi-Leça, 2003; Eskinazi-Leça et al., 2003). Outro fato que justifica a predominância dessas espécies, é o ambiente onde os exemplares foram coletados, pois apresentam ação de ondas, o qual permite que essas espécies sejam favorecidas, por serem capazes de permanecerem aderidas por mais tempo aos talos das macroalgas.

Os valores de cel g⁻¹ encontrados na pesquisa foram considerados baixos, quando comparados a outros trabalhos desenvolvidos com assembleia de dinoflagelados e diatomáceas epífitas (Yasumoto et al., 1980; Siqueiros-Beltrones et al., 2002; Costa et al., 2014). Na praia Enseada dos Corais, foi encontrado maiores valores na abundância de dinoflagelados epífitos (30 cel g⁻¹) em *Sargassum* sp., com destaque para *Gymnodinium* spp. (13 cel g⁻¹). Em estudo na costa leste do Rio de Janeiro, Oliveira (2009), registrou valores maiores na abundância de *Prorocentrum lima* (272 cel g⁻¹), na alga *Sargassum* sp., alta abundância da espécie *Ostreopsis* spp, (16 x 10³ cel g⁻¹) e uma intensa floração da espécie *Gymnodinium* spp. também foi documentada.

Os dinoflagelados epífitos representaram os menores valores de abundância, quando comparados às diatomáceas, porém, os táxons identificados no presente estudo, *Gymnodinium* sp., *Ostreopsis* cf. *ovata* e *Prorocentrum lima*, tem o potencial de produzir toxinas. Por se tratar de espécies nocivas, a presença desses epífitos é

um motivo de alerta, uma vez que as florações causam preocupações sobre possíveis problemas ao ambiente marinho e à saúde pública.

Recentemente tem-se verificado uma aparente expansão da distribuição geográfica e ocorrência de florações da espécie *Ostreopsis* cf. *ovata* associada à impactos ecológicos e à saúde pública (Rhodes, 2011). Delgado et al. (2006), em estudo na região do Caribe, relataram grandes danos às comunidades pesqueiras e à saúde pública, devido à produção de toxinas, em decorrência das florações de espécies do gênero *Ostreopsis*.

Os baixos índices de diversidade específica estiveram relacionados com os valores elevados de dominância de *Navicula* sp., a qual se apresentou como dominante em boa parte das amostras. De acordo com Ferreira e Seeliger (1985), a baixa e média diversidade é uma característica marcante na assembleia de diatomáceas epífitas, cujo padrão pode ser influenciado diretamente por poucas espécies, que contribuem com maior número de indivíduos e na caracterização da estrutura da comunidade, sendo este mesmo padrão relatado em outros trabalhos com macrófitas marinhas (Lopez-Furte e Siqueiros-Beltrones 2006; Hernandez-almeida e Siqueiros-Beltrones 2008; Costa et al. 2009).

Por apresentarem talos altamente ramificados, *D. simplex* e *B. triquetrum*, favoreceram uma maior quantidade de microhabitat, proporcionando maior abundância e riqueza dos epífitos, evidenciando a diferença significativa encontrada em relação a estrutura da comunidade, abundância e riqueza de espécies, em relação ao talo de *Sargassum* sp.

Condições menos propícias ao desenvolvimento de epífitos durante o período chuvoso, favoreceram o maior número de células no talo de *D. simplex*, visto que dentre os três tipos de talo, possui uma estrutura mais rugosa, de superfície áspera, favorecendo uma melhor fixação dos epífitos. Porém, durante o período de estiagem, quando as condições estavam mais favoráveis para a proliferação das assembleias de epífitos, a maior abundância esteve atrelada à macroalga *B. triquetrum*. Isso demonstra que os epífitos não apresentaram preferência a determinado tipo de talo das algas vermelhas, pois as condições estavam favoráveis para ambas as macroalgas e as duas apresentam talos propícios à fixação.

Totti et al. (2009), em estudo na costa Oeste da Islândia, observaram que talos de algas que oferecem superfícies articuladas e diversificadas com um grande número de microestruturas (ranhuras, bordas) hospedaram comunidades mais abundantes e

ricas do que os talos com superfícies planas e lisas, que devido à sua natureza torna a aderência dos epífitos mais difícil. Round (1981) descobriu que a natureza física da superfície do hospedeiro pode afetar a seleção de epífitas, quando comparando a densidade de epífitas nos talos de duas espécies de *Laminaria*, observou densidades mais altas na espécie de superfície áspera em relação a lisa.

Neste estudo, as diatomáceas de formas eretas e móveis foram mais representativas, corroborando com o estudo de Romagnoli et al. (2007), no Mar Mediterrâneo, onde observaram a dominância de diatomáceas móveis em comunidades de diatomáceas epibentônicas e explicaram ter vantagem seletiva nos táxons de diatomáceas que possuem raves, pois podem se mover através do substrato para condições ideais de nutrientes e luz (De Nicola e McIntire 1990; Hudon e Legendre 1987).

Segundo Chung e Lee (2008), algas com talo altamente ramificado ou estreito fornecem um maior número de microhabitat, oferecendo várias oportunidades para a colonização de formas eretas e móveis, enquanto talos achatados com superfícies lisas, que disponibilizam maior superfície, fornecem um melhor substrato para formas adnatas. Snoeijs (1994, 1995), observou que as diatomáceas adnatas eram claramente afetadas pelo tipo de superfície disponível, mostrando uma menor abundância em talos filamentosos finos.

Em relação as porções dos talos das macroalgas, não foi possível estabelecer uma relação clara. A estrutura da comunidade de epífitos, assim como a abundância e riqueza, não demonstraram uma variação significativa quanto às porções basal, mediana e apical. No entanto, de forma geral, a porção apical se mostrou mais propícia à aderência dos epífitos, estabelecendo as maiores abundâncias. Este fato pode estar relacionado à porção apical ser a região mais próxima da zona fótica, sendo favorecida pela maior incidência de luz. Além disso, na porção apical do talo de *B. triquetrum*, é encontrado um maior número de ramificações e microestruturas com ranhuras, o que favoreceram a hospedagem da maior quantidade de epífitos.

5 Conclusão

As espécies que compuseram a assembleia de epífitos da praia de Enseada dos Corais, foram representadas pelos dinoflagelados: *Gymnodinium* sp., *Ostreopsis* cf. *ovata*, *Prorocentrum lima* e pequenos indivíduos da classe Dinophyceae, e 32

táxons de diatomáceas, as quais foram dominados por: *Fragilaria* sp., *Grammatophora oceanica*, *Melosira moniliformis* e *Navicula* sp.

A assembleia de epífitos foi, predominantemente, representada pelas diatomáceas (90%), principalmente, pelas espécies eretas e móveis. O táxon mais representativo do presente estudo, foi *Navicula* sp. Devido ser um táxon móvel e possuir rafe, tem o potencial de liberar mucilagem para melhor se aderir ao hospedeiro e são beneficiadas pela possibilidade de se locomover para encontrar locais favoráveis ao seu desenvolvimento.

Os dinoflagelados apresentaram baixos valores de abundância, porém, o período de estiagem, com os maiores valores de temperatura e salinidade, pode ter influenciado nos valores de abundância desses epífitos, além de ter favorecido ao aparecimento das espécies potencialmente tóxicas, *Ostreopsis* cf. *ovata* e *P. lima*, exclusivas desse período.

Os talos altamente ramificados de *D. simplex* e *B. triquetrum*, favoreceram uma maior quantidade de microhabitat, proporcionando maior abundância e riqueza dos epífitos, além da diferenciação das assembleias aderidas, em relação à *Sargassum* sp. As formas eretas e móveis das diatomáceas estiveram em maior abundância nos talos das algas vermelhas, os quais proporcionam um melhor substrato para a colonização dessas espécies.

A estrutura da assembleia de epífitos não apresentou diferenciação quanto as diferentes porções do talo das macroalgas, porém, maiores valores de abundância estiveram na porção apical, o que pode ser explicado, pelo fato de ser a região mais próxima da zona fótica.

6 Referências

Al-Handal, A.Y.; A. Wulff. 2008. Marine epiphytic diatoms from the shallow sublittoral zone in Potter Cove, King George Island, Antarctica. Bot. Mar. 51: 411–435.

Aragão, J.O.R. de. A influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na dinâmica do tempo e do clima do Nordeste do Brasil. 2004. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Org.). Oceanografia – Um cenário tropical. Recife: Bagaço. p. 287-317.

Azevedo, A.C.G.; Cutrim, M.R.V. 1999. Diatomáceas epífitas em *Bostrychia Montagne* (Rhodophyta) do manguezal da Ilha de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil: Naviculales e Bacillariales. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, São Luís, v. 12, p. 13-22.

Azevedo, A.C.G.; Cutrim, M.V.J. 2000. Diatomáceas (Bacillariophyta), epífitas em *Bostrychia montagne* (Rhodophyta) do manguezal da Ilha de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil: excluindo Naviculales e Bacillariales. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, São Luís, v. 13, p. 1-17.

Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlântico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, Madrid, 310 p.

Bower, C.E.; Holm-Hansen, T. 1980. A salicylate-hypochlorite method for determining ammonia in seawater. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37: 794–798.

Chinain, M.; Faust, M.A.; Pauillac, S. 1999. Morphology and molecular analyses of three toxic species of *Gambierdiscus* (Dinophyceae): *G. pacificus*, sp. nov., *G. australes*, sp. nov., and *G. polynesiensis*, sp. nov. J. Phycol., 35:1282–1296.

Chiovitti, T.; Dugdale, T.M.; Wetherbee, R. 2006. Diatom adhesives: molecular and mechanical properties. In: Smith A.M., Callow J.A, editors. Biological adhesives. Springer; Berlin, Germany, pp. 79–103.

Chung, M.H.; Lee, K.S. 2008. Species composition of the epiphytic diatoms on the leaf tissues of three *Zostera* species distributed on the southern coast of Korea. Algae, 23: 75–81.

Coleman, V.L.; Burkholder, J.M. 1994. Community structure and productivity of epiphytic microalgae on eelgrass (*Zostera marina* L.) under water-column nitrate enrichment. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 179, 29–48.

Costa, M.M.S.; Eskinazi-Leça, E.; Pereira, S.M.B.; Bandeira-Pedrosa, M.E. 2009. Diatomáceas epífitas em *Galaxaura rugosa* (J. Ellis and Solander) J.V. Lamouroux (Rhodophyta) no Arquipélago de Fernando de Noronha, PE, Nordeste do Brasil. Acta Botanica Brasilica 23, 713–719.

Costa, M.M.S.; Pereira, S.M.B.; Arruda, P.C.; Eskinazi-Leça, E. 2014. Quantitative variation of epiphytic diatoms in *Galaxaura rugosa* (Nemaliales: Rhodophyta). Marine Biodiversity Records, 7: e85.

Costa, M.M.S.; Pereira, S.M.B.; Silva-Cunha, M.G.G.; Arruda, P.C.; Eskinazi-Leça, E. 2016. Community structure of epiphytic diatoms on seaweeds in Northeastern Brazil. Botanica Marina, 59(4): 231-240.

Cruz-Rivera, E.; Villa-Real, T.A. 2006. Macroalgal palatability and the flux of ciguatera toxins through marine food webs. Harmful Algae 5, 497–525. doi: 10.1016/j.hal.2005.09.003

Cunha, M.C.C.; Eskinazi-Leça, E. 2003. Estrutura da flora de diatomáceas epífitas em fanerógamas marinhas no litoral de Pernambuco. Pp. 384-385. In: V. Claudino-Sales; I. M. Tonini e E.W.C. Dantas (eds.). Anais de Trabalhos Completos do VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza, Sociedade Brasileira de Ecologia.

Cupp, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bulletin of the Scripps Institution Oceanographic University California 5: 1-238.

De Nicola, D.M.; McIntire, C.D. 1990. Effects of substrate relief on the distribution of periphyton in laboratory streams. I. Hydrology. J Phycol 26:624–633. doi:10.1111/j.0022-3646.1990.00624.x.

Delgado, G.; Lechuga-Devéze, C.H.; Popowski, G.; Troccoli, L.; Salinas, C.A. 2006. Epiphytic dinoflagellates associated with ciguatera in the northwestern coast of Cuba. Revista de Biología Tropical, 54(2): 299-310.

Dickson, A.G., Sabine, C.L.; Christian, J.R. 2007. Guide to best practices for ocean CO₂ measurements. PICES Special Publication, p. 191.

Dhib, A.; Fertouna-Bellakhal, M.; Turki, S.; Aleya, L. 2015. Harmful planktonic and epiphytic microalgae in a Mediterranean Lagoon: the contribution of the macrophyte *Ruppia cirrhosa* to microalgae dissemination. Harmful Algae 45, 1–13.

El-Din, S.N.; Shaltout, N.A.; Nassar, M.Z.; Soliman, A. 2015. Ecological studies of epiphytic microalgae and epiphytic zooplankton on seaweeds of the Eastern Harbor, Alexandria, Egypt. Am. J. Environ. Sci. 11, 450–473.

Eskinazi-Leça, E.; Magalhães, K.M.; Moura-Junior, A.M. 2003. Variação quantitativa da diatomoflora epífita na fanerógama marinha *Halodule wrightii* Ascherson do litoral de Pernambuco. Pp. 270-271. In: V. Claudino-Sales; I.M. Tonini e E.W.C. Dantas (eds.). Anais de Trabalhos Completos do VI Congresso de Ecologia do Brasil. Fortaleza, Sociedade Brasileira de Ecologia.

Faust, M. A.; Larsen, J.; Moestrup, O. 1999. Potentially toxic phytoplankton. 3. Genus. *Prorocentrum* (Dinophyceae), ICES Identification Leaflets for Plankton, 184: 1-23.

Ferreira, S.; Seeliger, U. 1985. The colonization process of algal epiphytes on *Ruppia maritima* Linnaeus. Botanica Marina 28: 245-249.

Frankovich, T.A.; Armitage, A.R.; Wachnicka, A.H.; Gaiser, E.E.; Fourqurean, J.W. 2009. Nutrient effects on seagrass epiphyte community structure in Florida bay. J. Phycol. 45, 1010–1020.

Fricke, A.; Kopprio, G.A.; Alemany, D.; Gastaldi, M.; Narvarte, M.; Parodi, E.R.; Iribarne, O. 2016. Changes in coastal benthic algae succession trajectories and assemblages under contrasting nutrient and grazer loads. Estuaries Coasts 39, 462–477.

Gillespie, N.C.; Holmes, M.J.; Burke, J.B.; Doley, J. 1985. Distribution and periodicity of *Gambierdiscus toxicus* in Queensland, Australia. Pp. 183-188. In: Anderson, D. M., White, A. & Baden, D. (Eds.). Toxic dinoflagellates. Elsevier Science, 561 p.

Grasshof, F.K.; Emrhardt, M.; Kremiling, K. 1983. Methods of sea water analysis. 2. Ed. Editora Verlag Chemie. Nova Iorque.

Guiry, M.D.; Guiry, G.M. 2021. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2021. Disponível em: <http://www.algaebase.org>. Acessado em: 4 de maio de 2021.

Hauxwell, J.; Cebrián, J.; Furlong, C.; Valiela, I. 2001. Macroalgal canopies contribute to eelgrass (*Zostera marina*) decline in temperate estuarine ecosystems. *Ecology*, 82: 1007–1022.

Hernandez-Almeida, O.U.; Siqueiros-Beltrones, D.A. 2008. Variaciones en la estructura de asociaciones de diatomeas epifitas de macroalgas en una zona subtropical. *Hidrobiologica* 18: 51–61.

Hoegh-Guldberg, O.; Mumby, P.J.; Hooten, A.J.; Steneck, R.S.; Greenfield, P.; Gomez, E., et al. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318, 1737–1742. doi: 10.1126/science.1152509.

Hoppenrath, M.; Elbrachter, M.; Drebes G. 2009. Marine Phytoplankton: Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. Germany: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart. 264 p.

Hudon, C.; Legendre, P. 1987. The ecological implications of growth forms in epibenthic diatoms. *J. Phycol.* 23:434–441. doi: 10.1111/j.1529-8817.1987.tb02529.x.

Hustedt, F. 1961. Die Kieselalgen. L. Rabenhorst's Kryptogamen- Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 7:1-160.

Kraberg, A.; Baumann, M.; Durselen, C. D. 2010. Coastal Phytoplankton: Photo Guide for Northern European Seas. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, Germany. 204 p.

Jacomine, P.K.T.; Cavalcante, A.C.; Burgos, N. 1973. Levantamento exploratório – Reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife, SUDENE – Divisão de Pesquisa Pedológica. Boletim Técnico, 26. Série Pedologia, 14. v.1.

Johnson, M.P.; Edwards, M.; Bunker, F., et al. 2005. Algal epiphytes of *Zostera marina*: Variation in assemblage structure from individual leaves to regional scale. *Aquat. Bot.* 82: 12-26.

Kasim, M.; Mukai, H. 2006. Contribution of benthic and epiphytic diatoms to clam and oyster production in the Akkeshi-ko Estuary. *J. Oceanogr.* 62: 267–281.

Lobo, E. A and Leighton, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la Zona Central de Chile. *Revista Biología Marina*, 22: 1-29.

Macedo, S.J. e Koenig, M.L. 1987. Áreas estuarinas do estado de Pernambuco. CPRH, Recife.

Macintyre, H.L., Geider, R.J. and Miller, D.C. 1996. Microphytobenthos: The ecological role of the “secret garden” of unvegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production. *Estuaries* 19: 186–201.

Main, S.P. and McIntire, C.D. 1974. The distribution of epiphytic diatoms in Yaquina estuary, Oregon (U.S.A.). *Botanica Marina*, 17: 88-89.

Mangialajo, L., Ganzin, N., Accoroni, S., Asnaghi, V., Blanfuné, A., Cabrini, M., Cattaneo-Vietti, R., Chavanon, F., Chiantore, M., Cohu, S., Costa, E., Fornasaro, D., Grossel, H., Marco-Miralles, F., Masó, M., Reñé, A., Rossi, A. M., Sala, M., Thibaut, T., Totti, C., Vila, M. and Lemée, R. 2011. Trends in *Ostreopsis* proliferation along the Northern Mediterranean coasts. *Toxicon*, 57: 408–420.

McCook, L.J. 1999. Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 18: 357-367.

Mcintire, C.D. and Moore, W.W. 1977. Marine littoral diatoms: ecological considerations. *The biology of diatoms*. University of California Press, Oxford. pp. 333–371.

Moreira-Filho, H. and Teixeira, C. 1963. Noções gerais sobre diatomáceas. *Boletim da Universidade Federal do Paraná, Botânica* 11: 1-26.

Moreira-Filho, H.; Valente-Moreira, I.M. e Matos, A. 1977. Diatomáceas epífitas em *Codium decorticans* (Wood.) Howe. *Trib. Farm.* 44(6):3-17.

Moreira-Filho, H. e Valente-Moreira, I.M. 1980. Diatomáceas epífitas em *Ulva fasciata* Delile. *Bol. Mus. Bot. Munic.* 41:1-10.

Moreira-Filho, H. e Valente-Moreira, I.M. 1981. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais dos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. *Bol. Mus. Bot. Munic.* 47:1-17.

Moura, A.N.; Passavante, J.Z.O. e Silva-Cunha, M.G.G. 1993. Diatomáceas perifíticas fixas em substratos naturais. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 22: 34-86.

Nascimento, S. M; Monteiro, P. O; Corrêa, E. V; Ferreira, C. E. and Rodriguez, E. G. 2008. *Ostreopsis ovata* blooms on Rio de Janeiro coastline, Brazilian southeast. *Harmful Algae News*, v. 37, p. 1-4.

Nascimento, S. M., Monteiro, P. O., Alencar, A. G. and Meneguelli, A. C. 2010. Epi-benthic dinoflagellates from the Rio de Janeiro coastline, Brazil. In: GEOHAB “Open Science Meeting on Harmful Algal Blooms in Benthic Systems”, Honolulu, Hawaii.

Norton, T.A., Melkonian M. and Andersen R. 1996. Algal biodiversity. *Phycologia* 35: 308–326.

Navarro, J.N. 1983. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. *Botanica Marina*, 26: 119-136.

Navarro, J.N.; Perez, C.; Arce, N. and Arroyo, B. 1989. Benthic marine diatoms of Caja de Muertos Island, Puerto Rico. *Nova Hedwigia*, 49: 333-367.

Okolodkov, Y. B., Campos-Bautista, G., Garate-Lizarraga, I., Guillermo Gonzales-Gonzales, J. A., Hoppenrath, M. and Arenas, V. 2007. Seasonal changes of benthic and epiphytic dinoflagellates in the Veracruz reef zone, Gulf of Mexico. *Aquatic Microbial Ecology*, 47: 223–237.

Okolodkov, Y. B., Merino-Virgilio, F. M., Aké-Castillo, J. A., Aguilar-Trujillo, A. C., Espinosa-Matías, S. and Herrera-Silveira, J. A. 2014. Seasonal changes in epiphytic dinoflagellate assemblages near the Northern Coast of the Yucatan Peninsula, Gulf of Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 107: 121–151.

Oliveira, G. M.; Silva, P. P. O. e Ferreira, V. M. 2008. Avaliação de risco: estudos preliminares para ficotoxinas de origem bentônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FICOLOGIA, 12., 2008, Brasília. XII Congresso Brasileiro de Ficologia. Brasília: Sociedade Brasileira de Ficologia.

Oliveira, G.M. 2009. Presença de dinoflagelados bentônicos potencialmente tóxicos: identificação do perigo em áreas destinadas à maricultura na Baía de Sepetiba, RJ. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 128 p.

Pacobahyba, L.D.; Eskinazi-Leça, E.; Silva-Cunha, M.G.G. e Koenig, M.L. 1993. Diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas na fanerógama marinha *Halodule wrightii* Aschers coletada no ambiente costeiro de Itamaracá-PE. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 22: 39-64.

Pfannkuchen, M., Godrikan, J., Pfannkuchen, D.M., Ives A.L., Kruz, I.P., Ciminiello, P., Dell'Aversano, C., Iacovo, E.D., Fattorusso, E., Forino, M., Tartaglione, L. and Godrikan, M. 2012. Toxin-Producing *Ostreopsis* cf. *ovata* are Likely to Bloom Undetected along Coastal Areas. *Environmental Science and Technology* 46: 5574–5582.

Papaspyrou, S., Smith, C. J., Dong, L. F., Whitby, C., Dumbrell, A. J. and Nedwell, D. B. 2014. Nitrate reduction functional genes and nitrate reduction potentials persist in deeper estuarine sediments. Why? *PLoS One*, 9: e94111.

Peragallo, M. M. H. and Peragallo, M. 1897–1908. *Diatome'es Marines de France et des Districts Maritimes Voisins*. M. J. Tempere, ed., Grez-sur-Loing.

Perez, M., Garcia, T., Invers, O., et al. 2008. Physiological responses of the seagrass *Posidonia oceanica* as indicators of fish farm impact. *Mar. Pollut. Bull* 56: 869-879.

Pielou, E. C. 1967. *Mathematical ecology*. New York: Wiley.

Rhodes, L. 2011. World-wide occurrence of the toxic dinoflagellate genus *Ostreopsis* Schmidt. *Toxicon* 57: 400-407.

Romagnoli, T., Bavestrello, G., Cucchiari, E., De Stefano, M., Di Camillo, C., Pennesi, C., Puce, S., Totti, C. 2007. Microalgal communities epibiontic on the marine hydroid *Eudendrium racemosum* in the Ligurian Sea, during an annual cycle. *Mar Biol*, 151:537–552. doi:10.1007/s00227-006-0487-x.

Round, F.E. 1981. The ecology of algae. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bulletin of System Tecnology Journal* 27: 379-423.

Silva, L. M.; Ávila, T.; Odebrecht, C.; Matthiensen. 2006. *Ostreopsis ovata* associado a mancha de *Trichodesmium* (CIANOBACTÉRIA) próximo a ilha do Arvoredo. In: CONGRESSO DE FICOLOGIA, 11., 2006, Itajaí. Anais do XI Congresso de Ficologia e Simpósio Latino-Americano sobre Algas Nocivas. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2008. p. 67.

Siqueiros-Beltrones, D.A.; Serviere-Zaragoza, E. and Argumedo Hernández, U. 2002. Epiphytic diatoms of *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh from the Baja California Peninsula, Mexico. *Oceánides* 17: 31-39.

Shears, N. T. and Ross, P. M. 2009. Blooms of benthic dinoflagellates of the genus *Ostreopsis*; an increasing ecologically important phenomenon on temperate reefs in New Zeland and worldwide. *Harmful Algae*, 8: 916-925.

Snøeijls, P. 1994. Distribution of epiphytic diatom species composition, diversity and biomass on different macroalgal hosts along seasonal and salinity gradients in the Baltic Sea. *Diatom Res* 9, 189–211.

Snøeijls, P. 1995. Effects of salinity on epiphytic diatom communities on *Pilayella littoralis* (Phaeophyceae) in the Baltic Sea. *Ecoscience* 2: 382–394.

Stanca, E. and Parsons, M.L. "Examining the Dynamic Nature of Epiphytic Microalgae In the Florida Keys: What Factors Influence Community Composition?." *Journal of experimental marine biology and ecology*, v. 538, pp. 151538. Doi: 10.1016/j.jembe.2021.151538.

Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Bulletin Fisheries Research board of Canada*. 167: 207 – 211.

Tibiriçá, C.E.J.A., Leite, I.P., Batista, T.V.V., Fernandes, L.F., Chomérat, N., Herve, F., Hess P. and Mafra L.L. 2019. *Ostreopsis* cf. *ovata* bloom in Currais, Brazil: phylogeny, toxin profile and contamination of mussels and marine plastic litter. *Toxins* 11: 446. DOI:10.3390/toxins11080446.

Tindall, D.R. and Morton, S.L. 1998. Community dynamics and physiology of epiphytic/benthic dinoflagellates associated with ciguatera. In: Anderson, D.M., Cembella, A.D., Hallegraeff, G.A. (Eds.), *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. NATO ASI Series, Series G: Ecological Sciences, vol. 41. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 293–313.

Totti, C., Poulin, M., Romagnoli, T., Perrone, C., Pennesi, C. e De Stefano, M. 2009. Epiphytic diatom communities on intertidal seaweeds from Iceland. *Polar Biology*, 32: 1681-1691.

Utermohl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-ethodik. *Mitt. Int. Ver. Limnology*, 9: 1–38.

Vasconcelos, E. R. T. P. P. 2016. Macroalgas marinhas como ferramenta de avaliação do estado de conservação de ambientes recifais em Pernambuco. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 133 p.

Vila, M., Garcés, E. e Masó, M. 2001. Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. *Aquatic Microbial Ecology*, 26: 51–60.

Virnstein, R.W. 1987. Seagrass – associated invertebrate communities of the southeastern U.S.A: A review symposium on subtropicaltropical seagrass of southeastern United State. *Marine Research Publications* 42: 89-116.

Wetherbee, R.; Lind, L.J.; Burke, J. and Quatrano, S.R. 1998. The first kiss: establishment and control of initial adhesion by raphid diatoms. *Journal Phycology* 34: 9-15.

Yasumoto, T., Oshima, Y., Murakami, Y., Nakajima, I., Bagnis, R. and Fukuyo, Y. 1980. Toxicity of benthic dinoflagellates. *Bull. Jpn. Soc. Fish.*;46:327–331.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados evidenciam a estrutura da comunidade de dinoflagelados epibiontes, assim como das diatomáceas e microplásticos associados à macroalgas marinhas coletadas em praias com diferentes graus de urbanização, localizadas no litoral de Pernambuco, Nordeste do Brasil. O primeiro estudo indica variações na composição e abundância dos dinoflagelados epífitos em diversas macroalgas de ambientes com diferentes graus de urbanização, o segundo demonstra a distribuição dos dinoflagelados e microplásticos ao longo do talo de uma macroalga de praia urbanizada, enquanto o terceiro estudo aborda a distribuição, composição e abundância de dinoflagelados e diatomáceas epífitas em diferentes macroalgas.

No que profere às alterações da assembleia de dinoflagelados epífitos em macroalgas marinhas, as condições ambientais favoráveis, como alta temperatura, salinidade e baixo teor de fosfato, na praia Pedra de Xaréu, favoreceram a abundância dos dinoflagelados potencialmente tóxicos, *Ostreopsis* cf. *ovata* e *P. lima*. A correlação inversa entre a espécie dominante *Ostreopsis* cf. *ovata*, exclusiva da praia Pedra de Xaréu, e os níveis de nutrientes, assim como, a variação significativa nos teores de fosfato evidenciaram a diferença do impacto antrópico entre as praias do Pina e Pedra de Xaréu. As espécies de dinoflagelados epífitos não demonstraram preferência significativa para uma determinada espécie de macroalga.

A estrutura da comunidade de dinoflagelados epífitos variou entre os períodos sazonais, ocasionando na distinção de dois grupos, porém sem distinção entre as porções do talo macroalgal. A temperatura se mostrou um fator de forte influência na estrutura e abundância dos dinoflagelados epífitos. As partículas plásticas se mostraram em maior número do que os epífitos, sugerindo que a intensa urbanização na praia do Pina torna o ambiente marinho vulnerável a esses resíduos e a outros tipos de poluentes. Além disso, a grande exposição desses microplásticos pode trazer implicações significativas no desenvolvimento, estrutura e consolidação da assembleia de epífitos e que ao longo do tempo podem contribuir para a degradação dos ecossistemas recifais, afetando toda a cadeia trófica marinha.

As macroalgas com talos altamente ramificados favoreceram uma maior quantidade de microhabitat, proporcionando maior abundância e riqueza dos epífitos, e isto sugere que a superfície do hospedeiro pode afetar a adesão e seleção de

epífitas. A assembleia de epífitos foi, predominantemente, representada pelas diatomáceas, porém, apesar dos dinoflagelados terem apresentado baixos valores de abundância, o período de estiagem favoreceu o aumento do número de células e aparecimento de espécies potencialmente tóxicas. Por se tratar de espécies nocivas, a presença desses epífitos é um motivo de alerta, uma vez que as florações causam preocupações sobre possíveis problemas ao ambiente marinho e à saúde pública.

Assim, diante dos resultados obtidos no presente estudo, conclui-se que a assembleia de epífitos presente nas macroalgas das praias estudadas, são influenciadas por diversos fatores, porém, estudos mais detalhados e um constante monitoramento nas praias do litoral de Pernambuco são necessários para melhor entendimento sobre os fatores que mais influenciam essas assembleias, visto que, a ocorrência de espécies potencialmente tóxicas, servem de alerta, devido aos possíveis problemas que essas espécies podem ocasionar.

REFERÊNCIAS

- AL-HANDAL, A.Y; WULFF A. Marine epiphytic diatoms from the shallow sublittoral zone in Potter Cove, King George Island, Antarctica. **Botanica Marina**, 51:411–35, 2008.
- AL-HARBI, S.M. Epiphytic Microalgal Dynamics and Species Composition on Brown Seaweeds (Phaeophyceae) on the Northern Coast of Jeddah, Saudi Arabia. **J Oceanogr Mar Res**, 5:1, 2017.
- ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, J. E. N.; QUIROZ-GONZÁLEZ, D. L.; RODRÍGUEZ-MUÑOZ Y L. G. AGUILAR-ESTRADA. Algas epífitas en *Padina durvillei* y *P. crispata* (Dyctiotaceae, Phaeophyceae) en el Pacífico tropical mexicano. **Acta Botanica Mexicana**, 127: e1594. DOI: 10.21829/ abm127.2020.1594, 2020.
- ARMITAGE, A.R.; FRANKOVICH, T.A, FOURQUREAN, J.W. Variables responses within epiphytic and benthic microalgal communities to nutriente enrichment. **Hydrobiologia**, 569, 423-435, 2006.
- AZEVEDO, A.C.G.; CUTRIM, M.V.J. Diatomáceas epífitas em *Bostrychia* Montagne (Rhodophyta) do manguezal da ilha de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil: Naviculales e Bacillariales. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, 12: 13-22. 1999.
- AZEVEDO, A.C.G.; CUTRIM, M.V.J. Diatomáceas (Bacillariophyta) epífitas em *Bostrychia* Montagne (Rhodophyta) do manguezal da ilha de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil: excluído Naviculales e Bacillariales. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. 13: 1-17, 2000.
- BANDEIRA-PEDROSA, M.E.; PEREIRA, S.M.B.; ESKINAZI-LEÇA, E. Flora epífita no gênero *Halimeda* Lamouroux (Chlorophyta, Bryopsidales) na costa nordeste do Brasil. **Séries Livros, Museu Nacional**. 1: 103–112. 2008.
- BERGEY, E.A.; BOETTIGER, C.A. & RESH, V.H. Effects of water velocity on the architecture and epiphytes of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta). *Journal of Phycology* 31: 264-271, 1995.
- BRAYNER-BARROS, S.; ESKINAZI-LEÇA, E.; OLIVEIRA, N.M.B. Diatomáceas epífitas em *Sargassum polyceratum* (Ochrophyta) coletada no litoral de Pernambuco Brasil. **Séries Livros, Museu Nacional**. 1: 112–121, 2008.
- BOMBER, J. W.; RUBIO, M.G.; NORRIS, D.R. Epiphytism of dinoflagellates associated with the disease ciguatera: substrate specificity and nutrition. **Phycology**. 28: 360-368, 1989.
- BURFEID-CASTELLANOS, A.M.; MARTÍ'N-MARTÍ'N, R.P.; KLOSTER, M.; ANGULO-PRECKLER, C., AVILA, C.; BESZTERI, B. Epiphytic diatom community structure and richness is determined by macroalgal host and location in the South Shetland Islands (Antarctica). **PLoS ONE**. 16(4): e0250629, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250629>
- BUSELATO-TONIOLLI, T.C. Diatomoflórula (Bacillariophyceae) associada à *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux (Rhodophyta) do litoral de Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia* 35: 65-123, 1986.

CHEN, C.P.; YA-HUI, G.; LING, P. Geographical and seasonal patterns of epiphytic diatoms on a subtropical mangrove (*Kandelia candel*) in southern China. **Ecological Indicators**, 10: 143–147, 2010.

CHUNG, M.H.; LEE, K.S. Species composition of the epiphytic diatoms on the leaf tissues of three *Zostera* species distributed on the southern coast of Korea. **Algae**, 23, 75–81, 2008.

COSTA, M.M.S.; ESKINAZI-LEÇA, E.; PEREIRA, S.M.B.; BANDEIRA- PEDROSA, M.E. **Diatomáceas epífitas em *Galaxaura rugosa* (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux (*Rhodophyta*) no Arquipélago de Fernando de Noronha, PE, Nordeste do Brasil**. *Acta Botanica Brasilica*. 23: 713–719, 2009.

COSTA, M.M.D.S.; PEREIRA, S.M.B.; DE ARRUDA, P.C.; ESKINAZI-LEÇA, E. Quantitative variation of epiphytic diatoms in *Galaxaura rugosa* (Nemaliales: Rhodophyta). **Mar. Biodiv. Rec.** 7, 1–7, 2014.

COSTA, M.M.D.S.; PEREIRA, S.M.B.; DA SILVA-CUNHA, M.D.G.G.; DE ARRUDA, P.C.; ESKINAZI-LEÇA, E. Community structure of epiphytic diatoms on seaweeds in Northeastern Brazil. **Botanica Marina**. 59, 231–24, 2016.

CUNHA, M.C.C.; ESKINAZI-LEÇA, E. Estrutura da flora de diatomáceas epífitas em fanerógamas marinhas no litoral de Pernambuco. Pp. 384-385. In: V. CLAUDINO-SALES; I. M. TONINI & E.W.C. DANTAS (eds.). **Anais... VI Congresso de Ecologia do Brasil**, Fortaleza, Sociedade Brasileira de Ecologia, 2003.

DELGADO, G., LECHUGA-DEVÉZE, C.H., POPOWSKI, G., TROCCOLI, L.; SALINAS, C.A. Epiphytic dinoflagellates associated with ciguatera in the northwestern coast of Cuba. **Revista de Biología Tropical**, 54(2): 299-310. 2006.

GAUNA, M.C.; CÁCERES, E.J.; PARODI, E.R. Spatial and temporal variability in algal epiphytes on Patagonian *Dictyota dichotoma* (Dictyotales, Phaeophyceae). **Aquatic Botany**, 120: 338–345, 2015.

GAUNA, M.C.; ESCOBAR, J.F.; ODORISIO, M.; CÁCERES, E.J.; PARODI, E.R. Spatial and temporal variation in algal epiphyte distribution on *Ulva* sp. (Ulvaes, Chlorophyta) from Northern Patagonia in Argentina. **Phycology**, 56, 125-135, 2016.

GREEN, L.; LAPOINTE, B.E. GAWLIK, D.E. Winter nutrient pulse and seagrass epiphyte bloom: evidence of antropogenic enrichment or natural fluctuations in the Lower Florida keys? **Estuar. Coasts**, 38, 1854-1871, 2015.

KIM, H.S.; YIH, W.; KIM, J.H.; MYUNG, G.; JEONG, H.J. Abundance of Epiphytic Dinoflagellates from Coastal Waters off Jeju Island, Korea During Autumn 2009. **Ocean Science. J.**, 46 (3):205-209, 2011.

KUTNER, M.B.B. Algumas diatomáceas encontradas sobre algas superiores. **Boletim do Instituto Oceanográfico de São de Paulo**, 11: 3-11, 1961.

LABOREL-DEGUEN, F. Nota preliminar sobre a ecologia das pradarias das fanerógamas marinhas nas costas dos Estados de Pernambuco e da Paraíba. **Trabalhos do Instituto de Biologia Marítima e Oceanografia** (3/4): 39-50, 1963.

MAJEWSKA R, GAMBI MC, TOTTI CM, STEFANO M DE. **Epiphytic diatom communities of Terra Nova Bay, Ross Sea, Antarctica: Structural analysis and relations to algal host.** *Antarctic Science*. 25:501–13, 2013.

MAJEWSKA, R.; STEFANO, M. Epiphytic diatom communities on *Phyllophora antarctica* from the Ross Sea. **Antarctic Science**, 13:1–13, 2014

MAJEWSKA, R.; CONVEY P.; STEFANO M DE. Summer epiphytic diatoms from Terra Nova Bay and Cape Evans (Ross Sea, Antarctica) — A synthesis and final conclusions. **PLoS ONE**, 11:1–30, 2016.

MAYOMBO, N.A.S.; MAJEWSKA, R.; SMIT, A.J. An Assessment of the Influence of Host Species, Age, and Thallus Part on Kelp-Associated Diatoms. **Diversity**, v.12, 385, 2020.

MEDLIN, L.K.; FRYXELL, G.A.; COX, E.R. Successional sequences of microbial colonisation on three species of Rhodophycean macroalgae. **Ann. Bot.** 56, 399–413, 1985.

MEDLIN, L.K.; JUGGINS, S. Multivariate analyses document host specificity, differences in the diatom metaphyton vs. epiphyton, and seasonality that structure the epiphytic diatom community. **Estuaries Coastal Shelf Science**, 213, 314–330, 2018.

MOREIRA-FILHO, H. Diatomáceas do Paraná: a flora diatomológica do *Sargassum*. **Boletim do Instituto de História Natural da Secretária de Agricultura** 2: 1-27, 1959.

MOREIRA-FILHO, H. Contribuição ao estudo das Bacillariophyceae (Diatomáceas) no ágar-ágar (gelosa) e agarófitos. **Boletim Botânico da Universidade Federal do Paraná** 16: 1-55.1966.

MOREIRA-FILHO, H.; OLIVEIRA-FILHO, E.C. Diatomáceas epífitas em duas populações de *Sargassum cymosum* C.Agardh. **Acta Biológica Paranaense** 5: 53-75. 1976

MOREIRA FILHO, H.; MATTOS, A.; VALENTE-MOREIRA, I.M. Diatomáceas epífitas em *Codium decorticatum* (Woodward) Howe. **Tribuna Farmacêutica** 45-46: 3-17, 1977-1978.

MOREIRA-FILHO, H.; VALENTE-MOREIRA, I.M. Diatomáceas epífitas em *Ulva fasciata* Delile. **Boletim do Museu Botânico Municipal** 41: 1-10, 1980.

MOREIRA FILHO, H.; VALENTE-MOREIRA, I.M. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais dos Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. **Boletim do Museu Botânico Municipal** 47: 1-17, 1981.

MOURA, A.N.; PASSAVANTE, J.Z.O.; SILVA-CUNHA, M.G.G. Diatomáceas perífíticas fixas em substratos naturais. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 22: 34-86.1993

OKOLODKOV, Y.B.; MERINO-VIRGILIO, F.M.; AKÉ- CASTILLO, J.A.; AGUILAR-TRUJILLO, A.C.; ESPINOSA-MATÍAS, S.; HERRERA-SILVEIRA, J. A. Seasonal changes in epiphytic dinoflagellate assemblages near the Northern Coast of the Yucatan Peninsula, Gulf of Mexico. **Acta Botanica Mexicana**, 107: 121–151. 2014.

PACOBAYHA, L.D.; ESKINAZI-LEÇA, E.; SILVA-CUNHA, M.G.G.; KOENING, M.L. Diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas na fanerógama marinha *Halodule wrightii* Aschers coletada no ambiente costeiro de Itamaracá-PE. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 22: 39-64, 1993.

PARSONS, M. L.; PRESKITT, L. B. A survey of epiphytic dinoflagellates from the coastal waters of the island of Hawaii. **Harmful Algae**, 6: 658-669, 2007.

POLIFRONE, M.; VIERA-RODRÍGUEZ, M.A.; PENNESI, C.; CONTE, M.T.; DEL PINO, A.S.; STROOBANT, M.; DE STEFANO, M. Epiphytic diatoms on Gelidiales (Rhodophyta) from Gran Canaria (Spain), **European Journal of Phycology**, 55, 400-411, 2020.

SIQUEIROS-BELTRONES, D.A.; SERVIERE-ZARAGOZA, E.; ARGUMEDO-HERNANDEZ, U. Epiphytic diatoms of *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Ag. from the Baja California Peninsula, México. **Oceánides**, 17, 3–39, 2002.

SNOEIJIS, P. Distribution of epiphytic diatom species composition, diversity and biomass on different macroalgal hosts along seasonal and salinity gradients in the Baltic Sea. **Diatom Research**, 9, 189–211, 1994.

STANCA, E.; PARSONS, M.L. "Examining the Dynamic Nature of Epiphytic Microalgae In the Florida Keys: What Factors Influence Community Composition?". **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 538, pp. 151538, 2021.

THOMAS, D.P.; JIANG, J. Epiphytic diatoms of the inshore marine area near Davis Station. **Hydrobiology**, 140: 193–198, 1986.

TOTTI, C.M.; POULIN, M; ROMAGNOLI, T; PERRONE, C; PENNESI, C.; STEFANO M de. Epiphytic diatom communities on intertidal seaweeds from Iceland. **Polar Biology**. 32:1681–91, 2009.

VALENTE-MOREIRA, I.M.; MOREIRA-FILHO, H. Diatomáceas epífitas em *Padina vickersiae* Hovt ex Howe. **Tribuna Farmacêutica**, 48: 114-122, 1980.