# MACROALGAS COMO BIOINDICADORAS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO NA REGIÃO SETENTRIONAL DO ATLÂNTICO SUL

DANIEL SILVA LULA LEITE

Orientador: Prof. Dr. George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

João Pessoa - 2016

# MACROALGAS COMO BIOINDICADORAS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO NA REGIÃO SETENTRIONAL DO ATLÂNTICO SUL

Daniel Silva Lula Leite

Prof. Dr. George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

Trabalho - Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas (Trabalho Acadêmico de conclusão de Curso), como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

João Pessoa – 2016

# Daniel Silva Lula Leite

# MACROALGAS COMO BIOINDICADORAS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO NA REGIÃO SETENTRIONAL DO ATLÂNTICO SUL

Trabalho – Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Data: \_02/12/2016\_\_\_\_\_

Resultado: \_\_9,3\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. George Emmanuel Cavalcanti de Miranda Orientador

UFPB/CCEN/DSE

Profª. Dr. Alexandre Ramlo Torre Palma

UFPB/CCEN/DSE

Prof. Pós-Dra. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

UFPB/CCEN/DSE

*Dedico este trabalho a todos os professores, amigos e familiares que estiveram comigo ao longo dessa jornada.*

# AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Ele! Apesar de crer na bem corroborada teoria científica da evolução, acredito que Deus a criou. Assim expresso minha fé e agradeço a toda proteção, conhecimentos adquiridos e paciência nos momentos bons e ruins ao longo dessa jornada.

A todos os alunos da UFPB dos mais variados cursos, os quais tive o prazer de conviver ao longo dos últimos quatro anos. Em especial a turma 2012.2 de Ciências Biológicas, na qual fiz bons amigos e levarei muitas histórias para toda vida.

Aos meus mestres que me ensinaram desde fatores que regulam a expressão gênica até possíveis causas das mudanças climáticas globais. Ao meus orientadores no ramo da ficologia, prof. Dra. Amélia Kanagawa e, especialmente, ao prof. Dr. George Miranda, que aceitou-me como estagiário do Laboratório de Algas Marinhas (LAM/UFPB) em uma etapa precoce do curso, porém vital para o meu estimulo e fascínio com o mundo cientifico e com o ambiente marinho. Todo conhecimento passado e ajuda em projetos, trabalhos e coletas nunca serão esquecidos.

A todos os (exs) integrantes do LAM/UFPB, em especial aos mais antigos: Leandro, Êmille, Natália e Varinia que compartilharam bons momentos dentro e fora do laboratório.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) que fomentaram projetos de pesquisas essenciais para o desenvolvimento pessoal como pesquisador e do presente trabalho.

E à minha família, reconhecendo o papel fundamental na manutenção do meu foco e busca por realizações. irmãos, tios(as), primos(as), ex-namoradas e, destacadamente, aos meus pais e avó que lutaram para me proporcionar isto e foram os mais presentes nos últimos anos.

Não sou bom com palavras, então dessa forma singela agradeço a todos vocês que passaram e contribuíram para esta conquista. Muito obrigado!

*“A atenção é a mais importante de todas as faculdades para o desenvolvimento da inteligência humana”.*

(Charles Darwin)

**RESUMO**

A urbanização nas zonas costeiras torna necessária a avaliação do impacto antrópico sobre os ecossistemas associados. O objetivo deste trabalho consiste em analisar temporalmente a dinâmica de populações de macroalgas com potencial bioindicador, estabelecendo-as como ferramenta para avaliação da saúde ambiental. Foi amostrado trimestralmente de Agosto/2013 a Novembro/14 o ambiente recifal intertidal de Formosa, Paraíba/Brasil. A variação temporal da frequência de ocorrência (F’) das populações macrofitobênticas foi avaliada através da Análise de Variância com teste *a posteriori* de Tukey’s. A influência de variáveis ambientais sobre F’ foi avaliada através da correlação linear de Pearson e PERMANOVA. A análise da qualidade ambiental e a proposta de biomonitoramento baseou-se em dois grupos: Grupo 1, formado por espécies perenes e/ou raras com maiores valores ao longo do Componente Principal 1 da Análise de Componentes Principais (ACP); Grupo 2, formado por espécies com comportamento errático com menores valores ao longo do Componente Principal 1 da ACP. Foram avaliadas 33 espécies macrofitobênticas. A frequência de ocorrência apresentou variação temporal, porém não influenciada pelo conjunto de variáveis ambientais. *Phyllodictyon anastomosans*, *Gelidiella acerosa* e *Gelidium corneum* compuseram o Grupo 1, com *Dictyopteris delicatula*, *Canistrocarpus cervicornis* e *Hypnea spinella* formando o Grupo 2. O Grupo 2 apresentou correlação positiva com a temperatura, alcançando máximos de frequência nos períodos mais quentes, porém esse fator isoladamente não explica a distribuição errática das espécies. A ocorrência natural de espécies bioindicadoras de eutrofização, aliada à alta frequência de espécies bioindicadoras de qualidade ambiental, sugerem que o recife de Formosa-PB não sofre impactos antrópicos significativos.

Palavras-Chave: Macroalgas; Biomonitoramento; Seleção de espécies bioindicadoras; Qualidade ambiental.

**ABSTRACT**

Coastal zones urbanization makes necessary to assess the anthropic impact on associated ecosystems. The objective of this work is to analyze the dynamics of macroalgal populations with bioindicator potential, establishing as a tool for environmental health assessment. The intertidal coral reef of Formosa, Paraíba/Brazil was sampled with quarterly intervals from August/2013 to November/2014. The temporal variation of the frequency of occurrence (F') of the macrophytobenthic populations was evaluated through the Analysis of Variance with Tukey's a posteriori test. The influence of environmental variables on F' was evaluated through the linear correlation of Pearson and PERMANOVA. Environmental quality analysis and the proposal of biomonitoring was based on two groups: Group 1, formed by perennial and/or rare species with higher values ​​along Axis 1 of Principal Component Analysis (PCA); Group 2, formed by species with erratic behavior with lower values ​​along the Axis 1 of the ACP. 33 macrophytobenthic species were evaluated. The frequency of occurrence presented temporal variation, but was not influenced by the set of environmental variables. *Phyllodictyon anastomosans*, *Gelidiella acerosa* and *Gelidium corneum* composed Group 1, with *Dictyopteris delicatula*, *Canistrocarpus cervicornis* and *Hypnea spinella* forming Group 2. Group 2 presented a positive correlation with temperature, reaching maximum frequencies in the hotter periods, but this factor alone cannot explain the erratic distribution of species. The natural occurrence of eutrophication bioindicators, coupled with the high frequency of bioindicator species of environmental quality, suggests that the Formosa-PB reef does not suffer significant anthropic impacts.

Keywords: Macroalgae; Biomonitoring; Selection of bioindicator species; Environmental Quality.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da área de estudo............................................................. APÊNDICE

Figura 2**-** Diagrama de ordenação resultado da análise de componentes principais (ACP), representando a distribuição dos períodos amostrais e a relação com as frequências de ocorrência (F’) das espécies................................................................................... APÊNDICE

Figura 3 **-** Padrão temporal de frequência das espécies bioindicadoras do Grupo 2. APÊNDICE

Figura 4 - Padrão temporal de frequência das espécies bioindicadoras do Grupo 1 ..................... APÊNDICE

Figura 6- Variação temporal das temperaturas marinha e atmosférica ao longo do período de estudo....................................................................................................................APÊNDICE

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Médias das frequências de ocorrência (F’) nos períodos amostrais................. APÊNDICE

Tabela 2 - Comparação entre os períodos amostrais das frequências de ocorrência (F’) das espécies ............................................................................................................... APÊNDICE

Tabela 3 - Valores de distribuição das espécies ao longo do Componente Principal 1 da ACP.................... APÊNDICE

Tabela 4 - Tabela de Correlação (coeficiente linear de Pearson – r/p) entre os parâmetros ambientais e as espécies bioindicadoras selecionadas............................................. APÊNDICE

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

[ABSTRACT](#_TOC_250019)

[LISTA DE FIGURA](#_TOC_250018)S

[LISTA DE TABELAS](#_TOC_250017)

[1. INTRODUÇÃO](#_TOC_250015)........................................................................................................15

[2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA](#_TOC_250014)..........................................................................17

[3. REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS](#_TOC_250013)......................................................................19

[4. ARTIGO CIENTÍFICO](#_TOC_250012)...........................................................................................24

[5. CON](#_TOC_250011)SIDERAÇÕES FINAIS ..................................................................................38

[APÊNDICES](#_TOC_250010).................................................................................................................39

[ANEXOS](#_TOC_250009)........................................................................................................................46

# 

# 1. INTRODUÇÃO

Os recifes de corais estão entre os ecossistemas marinhos mais produtivos e biologicamente diversos do planeta, fornecendo bens e serviços para a sociedade como proteção costeira, pesca, compostos bioquímicos, turismo e lazer, por exemplo (MOBERG; FOLKE, 1999). No oceano Atlântico, os ambientes recifais possuem diversidades mais baixas quando comparados com os recifes do Indo-Pacífico, porém com alto grau de endemismo (CASTRO; ZILBERBERG, 2016). As macroalgas são o componente dominante em muitos recifes do planeta (ABRANTES *et al.*, 2016), compondo a base da complexa teia trófica e servindo como habitat e berçário para a fauna marinha (SPALDING *et al.*, 2001; AIROLDI *et al.*, 2008).

Nas últimas décadas, a saúde dos ambientes recifais está sob ameaça do crescente impacto antrópico (ESTES *et al.*, 2011), principalmente nas zonas costeiras (LOTZE *et al.*, 2006; GALVÃO; NOLASCO, 2013). A urbanização é um dos modos mais intensos de transformação dos ambientes naturais (MCKINNEY, 2002), tendo o turismo (OIGMAN-PSZCZOL; CREED, 2011; SARMENTO; SANTOS, 2012) e, principalmente, a poluição (SCHERNER *et al*., 2012) como tensores, que isolados ou combinados, produzem mudanças na estrutura da comunidade recifal. A conservação da biodiversidade marinha requer a manutenção de populações viáveis de espécies nativas em habitats naturais (GAME *et al*., 2009).

Em ambientes eutrofizados, a diminuição da biodiversidade (SCHERNER *et al.*, 2013), alterações fisiológicas e morfológicas são comumente observadas nas macroalgas (FAVERI *et al.*, 2015). Sobre pressão antrópica ou de eventos naturais estocásticos, as comunidades passam a ser dominadas por grupos que possuem uma resposta ecofisiológica diferencial, como as espécies do gênero *Ulva* Linnaeus (Chlorophyta), que se beneficiam de águas eutrofizadas e aumentam as taxas de crescimento (TEICHBERG *et al*., 2010). Outros grupos de macroalgas como as formadoras de dossel (e.g. *Sargassum* C. Agardh) são impactados negativamente pela urbanização (MANGIALAJO *et al.*, 2008). Entretanto, mudanças na estrutura e dinâmica das populações macrofitobênticas podem ser causadas tanto por perturbações ambientais estocásticas (BOROWITZKA, 1972), como pelo processo de eutrofização (AMADO FILHO *et al*., 2003; OLIVEIRA FILHO; QI, 2003). Diante disto, faz-se necessário o uso de ferramentas que avaliem o impacto das atividades humanas sobre os ecossistemas (ROGERS; GREENAWAY, 2005).

Nesse contexto está inserida a bioindicação, que consiste nas respostas de qualquer sistema biológico diante de tensor natural ou antrópico. Os bioindicadores biológicos podem ser espécies, grupo de espécies ou comunidades, sendo importantes ferramentas na tomada de decisões que visem o monitoramento ou recuperação ambiental (ARECES *et al*., 2015). Distúrbios em ecossistemas aquáticos são percebidos através de fenômenos simultâneos e inversos: (I) fixação e desenvolvimento de espécies seletivas/oportunistas; (II) diminuição significativa de parte ou todas populações perenes locais (LITTLER; LITTLER, 1984; ORTEGA, 2000; LITTLER *et al.*, 2006). Para a seleção de uma espécie como bioindicadora é necessário deter-se conhecimento acerca de toda a gama de potenciais respostas a impactos (BURGER, 2006).

O papel das macroalgas como bioindicadores é bem reconhecido, devido a características intrínsecas como: são organismos sésseis possuem biomassa suficiente para detecção de alterações, têm ampla distribuição, são facilmente coletáveis, acumulam metais, dentre outros aspectos ecológicos, fisiológicos e morfológicos (TAOUIL; YONESHIGUE-VALENTIN, 2002; PINEDO *et al*., 2007). O monitoramento da ecologia populacional de espécies macrofitobênticas com potencial bioindicador é de suma importância no reconhecimento de padrões ambientais sazonais ou ocorrência de impactos locais (VAN WOESIK, 1994).

# Este trabalho objetivou analisar sob escala temporal a dinâmica de populações de macroalgas com potencial bioindicador, estabelecendo como ferramenta para avaliação do estado de conservação local.

# 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As algas são organismos talófitos, fotossintetizantes (com exceção de espécies parasitas), uni ou multicelulares, com órgãos de reprodução não envolvidos por camadas de células estéreis (BICUDO; MENEZES, 2010) e privados de um sistema diferenciado para condução de água (SOGIN *et al.*, 1989; BHATTACHARYA; MEDLIN, 1998). O “grupo” das algas não possui origem monofilética, apresentando uma ampla diversidade de formas e funções e estratégias de sobrevivência, incluindo formas procarióticas e eucarióticas (EVERT; EICHHORN, 2014). São encontradas predominantemente em ambientes aquáticos (NASSAR, 2012), porém podem ocorrer também sobre troncos de árvores, rochas, desertos, superfície de neves e geleiras, e fontes termais (RAVEN *et al*., 2007).

As formas macroscópicas, conhecidas como macroalgas, atuam na manutenção dos ecossistemas marinhos através da produção primária (juntamente com um pequeno grupo de angiospermas marinhas) (ROUND, 1973; BOLIN *et al*., 1977), participam do ciclo global do carbono (OLIVEIRA, 1996) e na formação física e das comunidades dos ambientes recifais (BROWN; OGDEN, 1993; MCCLANAHAN, 1997), sendo o componente dominante em recifes costeiros no oceano Atlântico (WILKINSON, 2008), com as formas bentônicas vivendo fixas ao substrato desde a zona mais elevada no mesolitoral até onde a luz consegue alcançar na região infralitorânea (LOBBAN; HARRISON, 1994).

Os recifes são um dos habitats mais ricos do mundo, contribuindo para a biodiversidade estrutural e funcional do ambiente marinho (VILLAÇA, 2009), além de representarem fonte de alimento e renda para muitas populações humanas (PRATES, 2006). Correia e Sovierzoski (2005) classificam as formações recifais brasileiras de acordo com sua origem em: (I) recifes de arenito, resultado da deposição de sedimentos e cimentados por carbonato de cálcio (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009) ou óxido de ferro; e (II) recifes de coral, constituídos principalmente de esqueletos de corais geralmente associados a crostas de algas calcárias e briozoários incrustantes.

No Brasil os ambientes recifais distribuem-se por cerca de 3000 km ao longo da costa, ocorrendo do Maranhão ao Sul da Bahia, representando as únicas formações recifais do Atlântico Sul (Castro, 2000). Na Paraíba as formações recifais ocorrem no litoral norte, nas proximidades da cidade da Baia da Traição e da desembocadura do rio Mamanguape, e ao sul do estuário do rio Paraíba até os limites com o Estado de Pernambuco (COSTA *et al*., 2007).

Com a crescente urbanização sobre as zonas costeiras (GALVÃO; NOLASCO, 2013), a degradação dos ambientes recifais vem aumentando (PADILHA; HENKS, 2012). Muitos impactos que ocorrem nesses ecossistemas são de origem antrópica, afetando de forma direta ou indireta a comunidade recifal. Muitos dos impactos diretos estão ligados ao turismo, como: o pisoteio (SANTOS *et al*., 2015), ancoragem de embarcações (FERREIRA; MAIDA, 2006) e o mergulho autônomo sem orientação (DEBEUS, 2008), os quais aumentam a quantidade de material em suspensão na água e exercem influência no desenvolvimento de organismos bênticos (COSTA, 2016). Os impactos indiretos decorrentes de desmatamentos, implantação da agroindústria canavieira e poluição (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2008) contribuem para o processo de eutrofização e alteração no padrão da estrutura da comunidade recifal mais intensamente que os impactos diretos (MELO *et al*., 2014).

Métodos que auxiliem na avaliação e monitoramento da integridade ecossistêmica precisam ser bem delineados para atingirem os anseios de um diagnóstico ecológico de qualidade (SILVA, 2010). Em ecossistemas tão importantes ecológica- e economicamente como os ambientes recifais, cada vez mais se opta pelo uso de espécies capazes de responder a tensores ambientais desde o nível fisiológico/metabólico dos organismos até a estrutura das populações: os bioindicadores (ARECES *et al.*, 2015).

As macroalgas marinhas têm sido utilizadas como bioindicadoras pela sua ampla distribuição, tamanho, capacidade de acumular metais, respostas rápidas e intensas a mudança na qualidade da água a partir de causas naturais ou antrópicas (VASCONCELOS, 2012). Porém, a escolha por macroalgas para a indicação do estado de conservação não é frequente, merecendo destaque alguns trabalhos (ORFANIDIS *et al*., 2003; PINEDO *et al*., 2007; WELLS *et al*., 2007; JUANES *et al.*, 2008).

# 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, D.P.; CALDERON, E.N.; CASTRO, C.B. Mudança de fase em recifes de coral. IN: ZILBERBERG C, ABRANTES DP, MARQUES JA, MACHADO LF, MARANGONI LFB, Eds. **Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. p. 195-205.

AIROLDI, L.; BALATA, D.; BECK, M.W. The Gray Zone: Relationships between habitat loss and marine diversity and their applications in conservation. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 366:8-15. 2008.

AMADO FILHO, G.M.; BARRETO, M.B.B.; MARINS, B.B.V.; FELIX, C.; REIS, R.P. Estrutura da comunidade fitobentônica do infralitoral da baía de Sepetiba, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 26: 329-342. 2003.

ARECES, A.J.; COCENTINO, A.L.M.; REIS, T.N.V.; VASCONCELOS, E.R.T.P.P; GUIMARÃES-BARROS, N.C.; FUJII, M.T. Las Macroalgas como Bioindicadoras da Calidad Ambiental y Cambios Climáticos. Guia Prática. **Brazilian Journal of Ecology**, v. Especial, 1-64. 2015.

BHATTACHARYA, D.; MEDLIN, L. Algal phylogeny and the origin of land plants. **Plant. Physiol**., 116:9 - 15. 1998.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. Introdução: As algas do Brasil. In: FORZZA, R.C. et al. (Orgs). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 49-60.

BOLIN, B.; DEGENS, E. T.; DUVIGNEAU, D. P. & KEMP, S. The global biogeochemical carbon cycle. In: Bolin, B.; Degens, E. T.; Kemp, S. & Ketner, P. (eds.). **The global carbon cycle**. Wiley & Sons. New York, USA. 1977. 1 - 53 p.

BOROWITZKA, M.A. Intertidal algal species diversity and the effects of pollution. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research,** 25: 73-84. 1972.

BROWN, B. E.; OGDEN, J. C. Coral bleaching. **Sci. Amer**., 268:64 – 70. 1993.

BURGER, J. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. **Environ. Bioindic**, 1:22–39. 2006.

CASTRO, C.B.; ZILBERBERG, C. Recifes brasileiros, sua importância e conservação. IN: ZILBERBERG C, ABRANTES DP, MARQUES JA, MACHADO LF, MARANGONI LFB, Eds. **Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. p. 17-27.

CASTRO, C. B. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. 2000. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/parnaabrolhos/images/stories/downloads/Clovis_2000.pdf>>. Acesso em: 10 Ago 2016.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. Gestão e Desenvolvimento Sustentável da Zona Costeira do Estado de Alagoas, Brasil**. Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 8, n. 2, p. 25-45, dez. 2008.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. **Ecossistemas marinhos: recifes, praias e manguezais**. Série Conversando sobre Ciências em Alagoas. Maceió: EDUFAL, 59 p. 2005.

COSTA, C. F.; SASSI, R.; COSTA, M. A. J.; BRITO, A. C. L. Recifes costeiros da Paraíba, Brasil: usos, impactos e necessidadesde manejo no contexto da sustentabilidade. **Gaia Scientia**, 1(1): 37-45. 2007.

COSTA, R. J. **Impactos ambientais do turismo/lazer no recife de Areia Vermelha: a metodologia de limites de mudanças aceitáveis**. 2016. 106 F. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) **-** Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

DEBEUS, G. C. S. **Turismo Sustentável Como Alternativa de Desenvolvimento e Conservação do Meio Ambiente em Picãozinho – Município de João Pessoa – PB**. 2008. 137 F. Dissertação (Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2008.

ESTES, J.A.; et al. Trophic downgrading of planet earth. **Science,**333:301–306. 2011.

EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 8ª edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2014.

FAVERI, C.; SCHMIDT, E.C.; SIMIONI, C.; MARTINS, C.D.; BONOMI-BARUFI, J., HORTA, P.A.; BOUZON, Z.L. Effects of eutrophic seawater and temperature on the physiology and morphology of Hypnea musciformis JV Lamouroux (Gigartinales, Rhodophyta). **Ecotoxicology,** 24: 1040–1052. 2015.

FERREIRA, B. P.; MAIDA, M. **Monitoramento dos recifes de coral do Brasil: situação atual e perspectivas**. MMA/SBF, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/\_arquivos/18\_introducaobr.pdf> Acesso em: 16 de ago. 2016.

GALVÃO, T.A.; NOLASCO, M.C. [Urbanization and coral reefs in Guarajuba Beach, north coast of Bahia, Brazil](https://scholar.google.com.br/scholar?oi=bibs&cluster=6162384739617222304&btnI=1&hl=pt-BR). **Ocean & coastal management**, 77:50-58. 2013.

GAME, E.T.; et al. Pelagic protected areas: the missing dimension in ocean conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, 24: 360-369. 2009.

JUANES, J.A.; GUINDA, X.; PUENTE, A.; REVILLA, J.A. Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status of coastal rocky communities in the NE Atlantic. **Ecological Indicators,** 8:351–359. 2008.

LITTLER, M.M.; LITTLER, D.S. Relationships between macroalgal functional form goups and substrata stability in a subtropical rocky-intertidal system. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 74: 13-34. 1984.

LITTLER, M.M.; LITTLER, D.S.; BROOKS, B.L. Harmful algae on tropical coral reefs: Bottom-up eutrophication and top-down herbivory. **Harmful Algae**, 5: 565–585. 2006.

LOBBAN, C. S.; HARRINSON, P. J. **Seaweed Ecology and Physiology**. Cambridge University Press, 1994.

LOTZE, H.K.; et al. Depletion, Degradation, and RecoveryPotential of Estuaries and Coastal Seas. **Science**, 312:1806-1809. 2006.

MANGIALAJO, L.; CHIANTORE, M.; CATTANEO-VITTI, R. Loss of fucoid algae along a gradient of urbanization and relationships with the structure of benthic assemblages. **Mar Ecol Prog Ser,** 358:63–74. 2008.

MCCLANAHAN, T. R. Primary succession of coral-reef algae: Differing patterns on fished versus unfished reefs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 218, p.77–102, 1997.

MCKINNEY, M.L. Urbanization, biodiversity, and conservation. **BioScience,** 52:883–890. 2002.

MELO, R. S. de; LINS, R. P. M; ELOY, C. C. O Impacto do Turismo em Ambientes Recifais: Caso Praia Seixas-Penha, Paraíba, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema,** Fortaleza, v.8, n.1, p. 67-83, abr. 2014. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/revista/index.php/rede/article/viewArticle/226>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MOBERG, F.; FOLKE C. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. **Ecological Economics**, Amsterdam, 29: 215- 233. 1999.

NASSAR, C. **Macroalgas marinhas do Brasil: Guia de campo das principais espécies**. Technichal Books, Rio de Janeiro. 2012.

OIGMAN-PSZCZOL, S.S.; CREED, J.C. Can patterns in benthic communities be explained by an environmental pressure index?. **Marine Pollution Bulletin**, 62:2181-2189. 2011.

OLIVEIRA FILHO, E.C.; QI, Y. Decadal changes in a polluted bay as seen from its seaweed flora: the case of Santos Bay in Brazil. **Ambio: A Journal of the Human Environment**, 32: 403-405. 2003.

OLIVEIRA, E.C. Is there a relation among the global warming the missing carbon and the calcareous algae?. **An. Acad. bras. Ci**., v. 68 (supl 1):17-21. 1996.

ORFANIDIS, S.; PANAYOTIDIS, P.; STAMATIS, N. An insight to the ecological evaluation index (EEI). **Ecological Indicators**, v. 3: 27-33. 2003.

ORTEGA, J.L.G. Algas. In: Espino GL et al. (Eds**.**), **Organismos indicadores de la calidad del água y de la contaminación (Bioindicadores)**, Playa y Valdés, México, p. 109-193. 2000.

PADILHA, R. A.; HENKS, J. A. A utilização de recifes artificiais marinhos como ferramenta de recuperação da fauna marinha. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.1, n. 1, p. 41-73, 2012.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 631p.

PINEDO, S.; GARCÍA, M, SATTA, M.P., DE TORRES, M.; BALLESTEROS, E. Rocky-shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean. **Mar. Poll. Bull**., 55: 126-135. 2007.

PRATES, A. P. L. **Atlas dos Recifes de Coral nas Unidades de Conservação Brasileiras – MMA**, Brasília: Ed. Dois, 2006.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F. & EICHHORN, S. E**. Biologia Vegetal**. 7ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan,. 830pp. 2007.

ROGERS, S.I.; GREENAWAY, B. 2005. A UK perspective on the development of marine ecosystem indicators. **Marine Pollution Bulletin**. 50:9–19. 2005.

ROUND, F. E. **Biologia das algas**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1973.

SANTOS, G.S.; BURGOS, D.C.; LIRA, S.M.A.; SCHWAMBORN, R. The impact of trampling on reef macrobenthos in northeastern Brazil: how effective are current conservation strategies? **Environ. Manag**, 56:847–858. 2015.

SARMENTO, V.; SANTOS, P. Trampling on coral reefs: tourism effects on harpacticoid copepods. **Coral Reefs**, 31:135-146. 2012.

SCHERNER, F.; BARUFI, J.B.; HORTA, P.A. Photosynthetic response of two seaweeds species along an urban pollution gradient: Evidence of selection of pollution-tolerant species. **Marine Pollution Bulletin**, 64:2380-2390. 2012.

SCHERNER, F.; et al. Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, 76:106–115. 2013.

SILVA, G. A. V. **Manual de avaliação e monitoramento de integridade ecológica, com uso de bioindicadores e ecologia de paisagens**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, Nazaré Paulista, 2010.

SOGIN, M. L.; GUNDERSON, J. H.; ELWOOD, H. J.; ALONSO, R. A.; PEATTIE, D. A. Phylogenetic significance of the Kingdom concept: an unusual eukaryotic 16S-like ribosomal RNA from Giardia lamblia. **Science**, v. 243: 75 - 77. 1989.

SPALDING, M.D.; RAVILIOUS, C.; GREEN, E.P. **World Atlas of Coral Reefs**. Berkeley, CA: University of California Press, 436 pp. 2001.

[TAOUIL, A](http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/?IsisScript=iah/iah.xis&base=article%5Edlibrary&format=iso.pft&lang=i&nextAction=lnk&indexSearch=AU&exprSearch=TAOUIL,+ANDRE).; [YONESHIGUE-VALENTIN, Y](http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/?IsisScript=iah/iah.xis&base=article%5Edlibrary&format=iso.pft&lang=i&nextAction=lnk&indexSearch=AU&exprSearch=YONESHIGUE-VALENTIN,+YOCIE). Alterações na composição florística das algas da Praia de Boa Viagem (Niterói, RJ).**Rev. bras. Bot.**, 25:405-412. 2002.

Teichberg, M. et al. Eutrophication and macroalgal blooms in temperate and tropical coastal waters: nutrient enrichment experiments with Ulva spp. **Glob. Change Biol**., 16: 2624–2637. 2010.

VAN WOESIK, R. Natural disturbances to coral communities. **Journal of Coastal Research**, 7: 551-558. 1994.

VASCONCELOS, E.R.T.P.P. **Índice de distúrbio ambiental (IDA) através das macroalgas marinhas bentônicas dos recifes areníticos de Pernambuco**. 2012. 60 F. Dissertação (Mestrado em Ocenaografia) – Departamento de Ocenaografia. Universidade Federal de Pernambuco. 2012.

VILLAÇA, R. C. Recifes biológicos. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMERS, A. (orgs). **Biologia Marinha**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

WELLS, E.; *et al.* The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European water framework directive. **Marine Pollution Bulletin** 55, 151–161. 2007.

WILKINSON, C. **Status of Coral Reefs of the World 2008**, Australian Institute of Marine Science (AIMS), Global Coral Reef Monitoring Network(GCRMN), Townsville, Australia. 2008.

# ARTIGO CIENTÍFICO

****

**MACROALGAS COMO BIOINDICADORAS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO NA REGIÃO SETENTRIONAL DO ATLÂNTICO SUL**

Daniel Silva Lula Leite1\*, George Emmanuel Cavalcanti de Miranda²

1 Laboratório de Algas Marinhas, Universidade Federal de Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

2 Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal de Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

\*Autor para correspondência: E-mail: dan\_jpb@hotmail.com

**Resumo:**

A urbanização nas zonas costeiras torna necessária a avaliação do impacto antrópico sobre os ecossistemas associados. O objetivo deste trabalho consiste em analisar temporalmente a dinâmica de populações de macroalgas com potencial bioindicador, estabelecendo-as como ferramenta para avaliação da saúde ambiental. Foi amostrado trimestralmente de Agosto/2013 a Novembro/14 o ambiente recifal intertidal de Formosa, Paraíba/Brasil. A variação temporal da frequência de ocorrência (F’) das populações macrofitobênticas foi avaliada através da Análise de Variância com teste *a posteriori* de Tukey’s. A influência de variáveis ambientais sobre F’ foi avaliada através da correlação linear de Pearson e PERMANOVA. A análise da qualidade ambiental e a proposta de biomonitoramento baseou-se em dois grupos: Grupo 1, formado por espécies perenes e/ou raras com maiores valores ao longo do Componente Principal 1 da Análise de Componentes Principais (ACP); Grupo 2, formado por espécies com comportamento errático com menores valores ao longo do Componente Principal 1 da ACP. Foram avaliadas 33 espécies macrofitobênticas. A frequência de ocorrência apresentou variação temporal, porém não influenciada pelo conjunto de variáveis ambientais. *Phyllodictyon anastomosans*, *Gelidiella acerosa* e *Gelidium corneum* compuseram o Grupo 1, com *Dictyopteris delicatula*, *Canistrocarpus cervicornis* e *Hypnea spinella* formando o Grupo 2. O Grupo 2 apresentou correlação positiva com a temperatura, alcançando máximos de frequência nos períodos mais quentes, porém esse fator isoladamente não explica a distribuição errática das espécies. A ocorrência natural de espécies bioindicadoras de eutrofização, aliada à alta frequência de espécies bioindicadoras de qualidade ambiental, sugerem que o recife de Formosa-PB não sofre impactos antrópicos significativos.

**Palavras-Chave: Macroalgas; Biomonitoramento; Seleção de espécies bioindicadoras; Qualidade ambiental**

**ABSTRACT**

Coastal zones urbanization makes necessary to assess the anthropic impact on associated ecosystems. The objective of this work is to analyze the dynamics of macroalgal populations with bioindicator potential, establishing as a tool for environmental health assessment. The intertidal coral reef of Formosa, Paraíba/Brazil was sampled with quarterly intervals from August/2013 to November/2014. The temporal variation of the frequency of occurrence (F') of the macrophytobenthic populations was evaluated through the Analysis of Variance with Tukey's a posteriori test. The influence of environmental variables on F' was evaluated through the linear correlation of Pearson and PERMANOVA. Environmental quality analysis and the proposal of biomonitoring was based on two groups: Group 1, formed by perennial and/or rare species with higher values ​​along Axis 1 of Principal Component Analysis (PCA); Group 2, formed by species with erratic behavior with lower values ​​along the Axis 1 of the ACP. 33 macrophytobenthic species were evaluated. The frequency of occurrence presented temporal variation, but was not influenced by the set of environmental variables. *Phyllodictyon anastomosans*, *Gelidiella acerosa* and *Gelidium corneum* composed Group 1, with *Dictyopteris delicatula*, *Canistrocarpus cervicornis* and *Hypnea spinella* forming Group 2. Group 2 presented a positive correlation with temperature, reaching maximum frequencies in the hotter periods, but this factor alone cannot explain the erratic distribution of species. The natural occurrence of eutrophication bioindicators, coupled with the high frequency of bioindicator species of environmental quality, suggests that the Formosa-PB reef does not suffer significant anthropic impacts.

**Keywords: Macroalgae; Biomonitoring; Selection of bioindicator species; Environmental Quality.**

**RESUMEN:**

La urbanización en zonas costeras hace que sea necesaria para evaluar el impacto antrópico sobre los ecosistemas asociados. El objetivo de este trabajo es analizar temporalmente la dinámica de las poblaciones de macroalgas con potencial bioindicador, se establece como una herramienta para la evaluación de la salud ambiental. Se evaluó a partir de Agosto/2013, el ambiente del arrecife intermareal de Formosa, Paraíba/Brasil. La variación temporal de la frecuencia de ocurrencia (F') de las poblaciones macrofitobênticas se evaluó mediante Análisis de la Varianza con la posterior prueba de Tukey’s. La influencia de las variables ambientales en F' se evaluó mediante la correlación de Pearson y PERMANOVA. Análisis de la calidad ambiental y el monitoreo que proponemos se basa en dos grupos: Grupo 1, formado por especies perennes y/o raras con valores más altos a lo largo del Eje 1 del Análisis de Componentes Principales (PCA); Grupo 2, que consiste en especies con comportamiento errático con los valores más bajos a lo largo del eje 1 de la PCA. 33 especies macrofitobênticas se evaluaron. La frecuencia de ocurrencia presentó variación temporal, pero no fue influenciado por el conjunto de variables ambientales. *Phyllodictyon anastomosans*, *Gelidiella acerosa* y *Gelidium corneum* componen el Grupo 1, con *Dictyopteris delicatula*, *Canistrocarpus cervicornis* y *Hypnea spinella* formando el Grupo 2. Grupo 2 mostró una correlación positiva con la temperatura, alcanzando la máxima frecuencia en los periodos más cálidos, pero este factor por sí solo no puede explicar la distribución irregular de las especies. La natural ocorrência de bioindicadores de la eutrofización, combinada con la alta frecuencia de bioindicadores de la calidad ambiental, sugieren que el arrecife de Formosa-PB no sufre los impactos humanos significativos.

**Palabras Clave: Macroalgas; Biomonitorización; Selección de especies bioindicadora; Calidad del medio ambiente.**

**Introdução**

Os recifes de corais estão entre os ecossistemas marinhos mais produtivos e biologicamente diversos do planeta, fornecendo bens e serviços para a sociedade como proteção costeira, pesca, compostos bioquímicos, turismo e lazer, por exemplo (Moberg e Folke 1999). No oceano Atlântico, os ambientes recifais possuem diversidades mais baixas quando comparados com os recifes do Indo-Pacífico, porém com alto grau de endemismo (Castro e Zilberberg 2016). As macroalgas são o componente dominante em muitos recifes do planeta (Abrantes et al. 2016), compondo a base da complexa teia trófica e servindo como habitat e berçário para a fauna marinha (Spalding et al. 2001, Airoldi et al. 2008).

Nas últimas décadas, a saúde dos ambientes recifais está sob ameaça do crescente impacto antrópico (Estes et al*.* 2011), principalmente nas zonas costeiras (Lotze et al. 2006, Galvão e Nolasco 2013). A urbanização é um dos modos mais intensos de transformação dos ambientes naturais (Mckinney 2002), tendo o turismo (Oigman-Pszczol e Creed 2011, Sarmento e Santos 2012) e, principalmente, a poluição (Scherner et al. 2012) como tensores, que isolados ou combinados, produzem mudanças na estrutura da comunidade recifal. A conservação da biodiversidade marinha requer a manutenção de populações viáveis de espécies nativas em habitats naturais (Game et al. 2009).

Em ambientes eutrofizados, a diminuição da biodiversidade (Scherner et al. 2013), alterações fisiológicas e morfológicas são comumente observadas nas macroalgas (Faveri et al*.* 2015). Sobre pressão antrópica ou de eventos naturais estocásticos, as comunidades passam a ser dominadas por grupos que possuem uma resposta ecofisiológica diferencial, como as espécies do gênero *Ulva* Linnaeus (Chlorophyta), que se beneficiam de águas eutrofizadas e aumentam as taxas de crescimento (Teichberg et al. 2010). Outros grupos de macroalgas como as formadoras de dossel (e.g. *Sargassum* C. Agardh) são impactados negativamente pela urbanização (Mangialajo et al. 2008). Entretanto, mudanças na estrutura e dinâmica das populações macrofitobênticas podem ser causadas tanto por perturbações ambientais estocásticas (Borowitzka 1972), como pelo processo de eutrofização (Amado Filho *et al*. 2003, Oliveira Filho e Qi 2003). Diante disto, faz-se necessário o uso de ferramentas que avaliem o impacto das atividades humanas sobre os ecossistemas (Rogers e Greenaway 2005).

Nesse contexto está inserida a bioindicação, que consiste nas respostas de qualquer sistema biológico diante de tensor natural ou antrópico. Os bioindicadores biológicos podem ser espécies, grupo de espécies ou comunidades, sendo importantes ferramentas na tomada de decisões que visem o monitoramento ou recuperação ambiental (Areces et al. 2015). Distúrbios em ecossistemas aquáticos são percebidos através de fenômenos simultâneos e inversos: (I) fixação e desenvolvimento de espécies seletivas/oportunistas; (II) diminuição significativa de parte ou todas populações perenes locais (Littler e Littler 1984, Ortega 2000, Littler et al. 2006). Para a seleção de uma espécie como bioindicadora é necessário deter-se conhecimento acerca de toda a gama de potenciais respostas a impactos (Burger 2006).

O papel das macroalgas como bioindicadores é bem reconhecido, devido a características intrínsecas como: são organismos sésseis possuem biomassa suficiente para detecção de alterações, têm ampla distribuição, são facilmente coletáveis, acumulam metais, dentre outros aspectos ecológicos, fisiológicos e morfológicos (Taouil e Yoneshigue-Valentin 2002, Pinedo et al. 2007). O monitoramento da ecologia populacional de espécies macrofitobênticas com potencial bioindicador é de suma importância no reconhecimento de padrões ambientais sazonais ou ocorrência de impactos locais (Van Woesik 1994).

Este trabalho objetivou analisar sob escala temporal a dinâmica de populações de macroalgas com potencial bioindicador, estabelecendo como ferramenta para avaliação do estado de conservação local.

**Material e Métodos**

**Área de Estudo**

O estudo foi desenvolvido sobre o recife da região mesolitorânea da praia de Formosa, Paraíba/Brasil (6º59’04”S; 34º48’56”W, Figura 1), distante cerca de 1,5 km da costa e aflorando sob marés abaixo de 0,4 m. Compondo a região ficogeográfica Tropical (Horta et al. 2001) e distante cerca de 2 km do ambiente recifal de Areia Vermelha, forte ponto turístico do Estado que recebe milhares de visitantes ao ano (Lourenço 2015), o recife de Formosa possui substrato consolidado formado principalmente por algas calcárias e elementos coralíneos de origem animal sob sedimento arenoso, recebendo atividade turística eventual.

De acordo com a classificação climática proposta por Köpen, o clima da região é As’, caracterizando-se por ser quente e úmido (Governo do Estado da Paraíba 1985), com temperatura variando entre 22º e 26ºC. A estação chuvosa inicia-se em março e estende-se até agosto. A estação seca começa em setembro e prolonga-se até fevereiro. (Feliciano e Melo 2003).

**Estação de coletas e delineamento amostral**

Foram lançados perpendicularmente à linha da costa três (3) transectos com 20 m de comprimento, marcados a cada 0,5 m e distando do mais próximo cerca de 100 m (Figura 1).

Foram realizadas seis coletas com intervalos trimestrais ao longo de 15 meses: Agosto/2013, Novembro/2013, Fevereiro/2014, Maio/2014, Agosto/2014 e Novembro/2014. Em cada transecto foram sorteados 10 pontos e plotadas unidades amostrais de 20x20 cm (0,04 m²), em que todas as macroalgas encontradas no interior das mesmas foram coletadas, armazenadas em sacos plásticos e congeladas para posterior triagem no Laboratório de Algas Marinhas da UFPB. Após triagem e identificação, a classificação taxonômica da espécies foi atualizada de acordo com Guiry e Guiry (2016).

Médias trimestrais anteriores a cada período (incluindo-o) das variáveis ambientais foram obtidas no site Ocean Color (2016) e no Instituto Nacional de Meterologia (INMET). Foram elas: precipitação, subsidência da radiação fotossintética no ar (PAR), subsidência da radiação fotossintética na água do mar (IPAR), temperatura da superfície do mar, concentração da massa de clorofila, concentração de carbono orgânico na água do mar, temperatura atmosférica.

**Seleção das espécies bioindicadoras e análises estatísticas**

Análises de variância (one-way ANOVA with repeated measures) foram realizadas para avaliarem a variação temporal entre os períodos amostrais das variáveis ambientais e da Frequência (F’) das espécies, calculada a partir da média percentual de ocorrência (presença/ausência) nas unidades amostrais em cada transecto. Teste *a posteriori* de Tukey pareado analisou possíveis diferenças entre os períodos amostrais. A *priori*, os dados foram submetidos a teste de Normalidade Shapiro-Wilk e teste de Homocedasticidade de Levene.

De acordo com a frequência de ocorrência ao longo dos períodos amostrais, as espécies foram classificadas em: (I) perenes, que ocorreram com F’>10% e com médias mensais semelhantes; (II) erráticas, apresentaram grande diferença entre as médias mensais de F’; (III) Raras, ocorrendo com F’=10% em único período amostral; (IV) Raríssimas, não alcançando F’>10% em nenhum período.

Para a seleção das espécies bioindicadoras foi realizada a análise de componentes principais (ACP) com base nas médias mensais de F’ das espécies. Foram selecionadas as espécies com os maiores e menores valores ao longo do Componente Principal 1 da ACP, objetivando assim identificar as espécies que mais e que menos explicaram o padrão temporal de F’ demonstrado pela ACP. Nesta etapa as espécies classificadas como Raríssimas foram excluídas pelo nível extremo de raridade local. Propõe-se um método de seleção e monitoramento com base em dois grupos de espécies bioindicadoras: Grupo 1, formado por espécies perenes e/ou raras que apresentaram os menores valores ao longo do Componente Principal 1; e Grupo 2, formado por espécies erráticas que apresentaram os maiores valores ao longo do Componente Principal 1. Além disso, promoveu-se uma revisão na literatura acerca do potencial bioindicador das espécies selecionadas.

A avaliação da influência das variáveis ambientais sobre a flutuação temporal de F’ das populações bioindicadoras selecionadas foi feita par-a-par pela tabela de Correlação com coeficiente linear de Pearson (r) e de forma agrupada pela Análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA, 9.999x) com índice de distância Bray-Curtis.

Todos os testes e análises foram realizadas no software Past 3.14.

**Resultados e Discussão**

**Variação temporal de F’ e espécies bioindicadoras**

Foi encontrado um total de 33 espécies de macroalgas: 8 Chlorophyta, 6 Ochrophyta (Phaeophyceae) e 19 Rhodophyta (Tabela 1). Destas, 10 foram consideradas Perenes, 8 Erráticas, 3 Raras e 12 Raríssimas (Tabela 1).

Diante da normalidade e homocedasticidade dos dados, a Frequência das espécies apresentou variação temporal significativa (ANOVA: F=4,288; p=0,001). O teste de Tukey pareado indicou haver diferenças entre os meses Agosto/13 e Agosto/14 em relação aos períodos de Fevereiro/14 e Maio/14 (Tabela 2). A análise de componentes principais (Gráfico 1) mostrou um Componente Principal 1 explicando 63,13% da variação obtida e opondo o grupo formado por Agosto/13 e Agosto/14 ao grupo formado por Fevereiro/14 e Maio/14. Os períodos de Novembro/13 e Novembro/14 parecem representar um período de transição na F’ das espécies.

Considerando como critérios para seleção das espécies bioindicadoras os valores de distribuição das espécies ao longo do Componente Principal 1 da ACP (Tabela 3) e a classificação das espécies de acordo com a frequência (Tabela 1), o Grupo 1 foi formado pela seguintes espécies: *Phyllodictyon anastomosans*, *Gelidiella acerosa* e *Gelidium corneum*, enquanto o Grupo 2 por: *Dictyopteris delicatula*, *Canistrocarpus cervicornis* e *Hypnea spinella*.

Analisando a variação temporal de frequência das espécies do Grupo 1 (Gráficos 2), nota-se que *Phyllodictyon anastomosans* atingiu F’=10% em Novembro/14, enquanto *Gelidiella acerosa* e *Gelidium corneum* possuíram F’≥10% em todos os períodos e médias mensais de frequência semelhantes. Além da perenidade ou raridade local, as espécies desse grupo se caracterizam por serem comuns em recifes mesolitorâneos submetidos a baixa influência de eutrofização. *P. anastomosans* não é capaz de se desenvolver em ambientes que estejam sobre forte influência do descargo de dejetos (Dhargalkar e Komarpant 2003). Freire et al. (2007) e Gorostiaga e Diez (1996) avaliaram os potenciais de crescimentos de *G. acerosa* e *G. corneum,* respectivamente, e verificaram baixo potencial de desenvolvimento das espécies em águas eutrofizadas. Condições ambientais adversas como baixa salinidade e elevada turbidez também são limitantes para *G. acerosa* (Freire et al. 2007), sendo a espécie mais frequente no presente estudo, estando presente em média 96,6% das unidades amostrais.

Em ecologia, o conceito de espécie rara apresenta gradientes que variam entre extremos de raridade e casos mais brandos (Rabinowitz et al. 1986). A definição de um limiar quantitativo na classificação como rara de uma espécie em determinado ambiente é controversa, porém Gaston (1994) propôs algo próximo do consensual ao classificar como raras aquelas espécies que apresentam abundância individual menor do que 20%. Sob riscos de extinção local, perda de variabilidade genética e com a mesma importância das raras, as espécies perenes também devem ser consideradas para estudos de indicação de impactos (Scarano 2006).

No Grupo 2, *Dictyopteris delicatula*, *Canistrocarpus cervicornis* e *Hypnea spinella* apresentaram diferença entre as elevadas médias alcançadas em Fevereiro/14 e Maio/14 em comparação com as baixas médias nos demais períodos (Gráfico 3). Além do comportamento errático local das espécies, os gêneros desse grupo foram classificados por Orfanidis et al. (2003) como oportunistas, por possuírem altas taxas de crescimento e ciclos de vidas curtos. *D. delicatula* é encontrada em ambientes recifais que possuem atividade turística, sendo tolerante ao pisoteio e outros distúrbios de origem turística (Azevedo et al. 2011). *H. spinella* foi classificada porMoreira et al. (2006)como oportunista e típica de área perturbada. Silva et al. (2012) ao avaliarem a atividade turística em outro ambiente recifal do nordeste brasileiro, identificaram *H. spinella* como componente do grupo de algas corticadas características de áreas impactadas pelo turismo. *Canistrocarpus cervicornis* é uma espécie oportunista (Littler e Littler 1980, Steneck e Dethier 1994) com reconhecida capacidade de responder rapidamente ao enriquecimento de nutrientes do ambiente, aumentando a taxa de crescimento (Fong et al. 2003). Pereira et al. (2002) verificaram a elevada frequência de ocorrência de *C. cervicornis* em ambiente recifal próximo impactado pelo turismo.

A ocorrência das espécies do Grupo 2 com potencial bioindicador de eutrofização é entendida como natural, pois como destacado por Areces et al. (2015), a ocorrência e abundância de espécies bioindicadoras de eutrofização com comportamento oportunista não necessariamente representam um sinal de alerta, pois em alguns ambientes ou períodos esse evento é natural, caracterizando um comportamento sazonal. Em programas de monitoramento, a seleção de espécies deve estar ligada ao respectivo potencial bioindicador reconhecido na literatura, além da necessária detenção do seu comportamento temporal (Steneck e Dethier 1994, Littler et al. 2006).

**Influência das variáveis ambientais sobre variação temporal de F’**

Apesar da região possuir um reconhecido padrão sazonal no qual um conjunto de condições ambientais se alteram entre as estações seca e chuvosa (Rao et al. 1993), não foram detectadas variações temporais nas condições ambientais locais (ANOVA: F=1,991; p=0,108). Em resposta à manutenção do padrão ambiental ao longo dos períodos (Figura 2), o conjunto de variáveis ambientais não influenciaram as variações temporais de frequência das populações bioindicadoras (PERMANOVA: F=1; p=0,39), porém a análise isolada de cada variável sobre as populações indicou uma correlação positiva entre as temperaturas (atmosférica e marinha) e a F’ das espécies do Grupo 2 (Tabela 4).

No Grupo 1, a perenidade de *G. acerosa* e *G. corneum* pode ser explicada pela não variação temporal do conjunto de condições ambientais aliada à plasticidade ecológica e resiliência das espécies, estando a raridade de *P. anastomosans* ligada a características intrínsecas da espécie e/ou a ação de fatores naturais ou antrópicos não avaliados que se comportaram diferentes em Novembro/14. Fontana e Sevegnani (2012) destacam que as espécies perenes de um ambiente possuem fácil adaptação e ampla distribuição e abundância, sendo utilizadas em programas de monitoramento devido a elevada adaptabilidade local. *G. acerosa* (Vasconcellos et al. 2013) e *G. corneum* (Guerra-Garcia et al. 2011)são comuns em ambientes de mesolitoral, apresentando grandes densidades ao longo das estações seca e chuvosa na porção setentrional do Atlântico Sul, o que reflete a tolerância à exposição ao vento durante a maré vazante. Em contrapartida, a raridade de F’ de *P. anastomosans* reflete a sua baixa adaptabilidade no ambiente o que pode estar ligado à sua biologia reprodutiva, duração do ciclo de vida e habilidades de dispersão e de competição, os quais interagem sinergicamente com variáveis abióticas na determinação da taxas de crescimento e dinâmica populacional (Kunin e Gaston 1993).

Diferente da perenidade ou raridade das espécies do Grupo 1, as espécies do Grupo 2 apresentaram frequências diferentes entre os períodos amostrais, porém não acompanharam os padrões sazonais anuais. Os maiores valores de F’ das populações desse grupo acompanharam os máximos de temperatura atmosférica e da superfície da água dentre os períodos amostrais. A temperatura média dos oceanos exerce influência sobre o crescimento das macroalgas (Davison e Pearson 1996), porém outros fatores como salinidade, disponibilidade de substratos, nutrientes, condições de luz (Luning 1990), competição, introdução de espécies exóticas (Orth et al. 2006), herbivoria e impactos antrópicos (Burkholder et al. 2007), afetam a abundância das espécies de macroalgas. Dessa forma, o conjunto de fatores abióticos e bióticos (incluindo impactos antropogênicos) conseguem influenciar as taxas de crescimento das macroalgas, de forma a alterar suas abundâncias e dinâmicas populacionais (Adey 1998).

**Estado de conservação local e biomonitoramento**

Baseado no comportamento perene e com altas taxas de frequência de espécies bioindicadoras de qualidade ambiental, bem como o comportamento errático (entendido como natural) de espécies bioindicadoras de eutrofização, sugere-se que o ambiental recifal de Formosa-PB não deve sofrer impactos antrópicos significativos.

Trabalhos realizados em ambientes recifais intertidais próximos (Oliveira Filho 2001, Souza e Concentino, 2004) e na região infralitorânea da linha recifal adjacente ao recife de Formosa (Silva et al. 2014) verificaram a ocorrência de taxa característicos de áreas submetidas a impactos antrópicos, como o gênero *Ulva*, por exemplo. Littler e Littler (1980) e Teichberg et al. (2010) classificam as espécies de *Ulva* como oportunistas e excelentes indicadoras de eutrofização. No presente trabalho não foram amostradas espécies de *Ulva*, nem espécies exóticas ao litoral nordestino, o que corrobora a idéia de boa qualidade ambiental do recife de Formosa, porém destaca-se a necessidade de atenção ao desenvolvimento desse grupo de espécies em programas de monitoramento no recife.

A seleção de grupos de espécies com comportamento temporal e potencial bioindicador opostos é uma ferramenta em programas de monitoramento do recife, tendo como base a avaliação da manutenção do padrão temporal de frequência encontrado (Gráficos 2 e 3). Desaparecimento de espécies perenes bioindicadoras de qualidade ambiental ou crescimento populacional significativo, independente do período, de espécie rara (Grupo 1), bem como fuga do padrão temporal de frequência ou dominância do recife pelas espécies erráticas bioindicadoras de eutrofização (Grupo 2), são indícios da ocorrência de impactos.

**Conclusão**

A frequência de ocorrência (F’) das espécies macrofitobênticas do ambiente recifal de Formosa apresenta variação temporal, porém não foram detectadas variações temporais significativas nas condições ambientais, o que pode explicar a perenidade das espécies do Grupo 1 e indicar que a flutuação de F’ das espécies do Grupo 2 está ligada a outros fatores.

O ambiental recifal de Formosa-PB representa uma área com boa qualidade ambiental, não estando submetidos a impactos antrópicos significativos.

**Referências**

Abrantes DP, Calderon EM, Castro CB. 2016. Mudança de fase em recifes de coral. IN: ZILBERBERG C, ABRANTES DP, MARQUES JA, MACHADO LF, MARANGONI LFB, Eds. **Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. p. 195-205.

Adey WH. 1998. Coral reefs: algal structured and mediated ecosystems in shallow, turbulent, alkaline waters. **Journal of Phycology**, 34: 393-406.

Airoldi L., Balata D e Beck MW. 2008. The Gray Zone: Relationships between habitat loss and marine diversity and their applications in conservation. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 366:8-15.

Amado Filho GM, Barreto MBB, Marins BBV, Felix C e Reis RP. 2003. Estrutura da comunidade fitobentônica do infralitoral da baía de Sepetiba, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 26: 329-342.

Areces AJ, Cocentino ALM, Reis TNV, Vasconcelos ERTPP, Guimarães-Barros NC e Fujii MT. 2015. Las Macroalgas como Bioindicadoras da Calidad Ambiental y Cambios Climáticos. Guia Prática. **Brazilian Journal of Ecology**, v. Especial, 1-64.

Azevedo CAA, Carneiro MAA, Oliveira SR e Marinho-Soriano E. 2011. Macroalgae as an indicator of the environmental health of the Pirangi reefs, Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia.** 21: 323-328.

Borowitzka, MA. 1972. Intertidal algal species diversity and the effects of pollution. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research,** 25: 73-84.

Burger J. 2006. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. **Environ. Bioindic**, 1:22–39.

Burkholder JM, Tomasko DA, Touchette BW. 2007. Seagrasses and eutrophication. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 350: 46-72.

Castro CB e Zilberberg C. 2016. Recifes brasileiros, sua importância e conservação. IN: ZILBERBERG C, ABRANTES DP, MARQUES JA, MACHADO LF, MARANGONI LFB, Eds. **Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. p. 17-27.

Davison IR e Pearson GA. 1996. Stress tolerance in intertidal seaweeds. **Journal of Phycology**, 32: 197–211.

Dhargalkar VK e Komarpant DS. 2003. Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macroalgae of the Colaba coast, Mumbai, India. **Seaweed Res. Util**., 25:27-36.

Estes JA, Terborgh J, Brashares JS, Power ME, Berger J, Bond WJ, et al. 2011. Trophic downgrading of planet earth. **Science,**333:301–306.

Faveri C, Schmidt ÉC, Simioni C, Martins CD, Bonomi-Barufi J, Horta PA e Bouzon ZL. 2015. Effects of eutrophic seawater and temperature on the physiology and morphology of Hypnea musciformis JV Lamouroux (Gigartinales, Rhodophyta). **Ecotoxicology,** 24: 1040–1052.

Feliciano MLM e Melo RB. 2003. **Atlas do Estado da Paraíba – Informação para gestão do patrimônio natural** [mapas]. 1ª edição. João Pessoa: Seplan/Ideme, 58 p.

Fong P, Boyer KE, Kamer K, Boyle KA. 2003. Influence of initial tissue nutrient status of tropical marine algae on response to nitrogen and phosphorus additions. **Mar. Ecol. Prog. Ser**, 262: 111-123.

Fontana C e Sevegnani, L. 2012. Quais são as espécies arbóreas comuns da floresta estacional decidual em Santa Catarina? **Revista de Estudos Ambientais**, 14: 74-88.

Freire ARS, Moura EA, Pereira DC e Marinho-Soriano E. 2007. Efeito dos parâmetros ambientais sobre o crescimento e a biomassa de *Gelidella acerosa* cultivada em viveiros de camarão. **Revista Brasileira de Biociências**, 5:804-806.

Galvão TA e Nolasco MC. 2013. [Urbanization and coral reefs in Guarajuba Beach, north coast of Bahia, Brazil](https://scholar.google.com.br/scholar?oi=bibs&cluster=6162384739617222304&btnI=1&hl=pt-BR). **Ocean & coastal management**, 77:50-58.

Game ET, Grantham HS, Hobday AJ, Pressey RL, Lombard AT, Beckley LE, Gjerde K, Bustamante R, Possingham HP e Richardson AJ. 2009. Pelagic protected areas: the missing dimension in ocean conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, 24: 360-369.

Gaston KJ. 1994. **Rarity**. Londres: Chapman & Hall, 205 p.

Gorostiaga JM e Díez I. 1996. Changes in the sublittoral benthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (northern Spain). **Mar. Ecol. Progr. Ser**., 130:157–167.

Governo do Estado da Paraíba. 1985. **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba.** João Pessoa, Grafset. 100p. 1985.

Guerra-García JM, Cabezas P, Baeza-Rojano E, García-Gómez JC. 2011. Spatial patterns and seasonal fluctuations of intertidal macroalgal assemblages from Tarifa Island, southern Spain: relationship with associated Crustacea. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 91: 107-116.

Guiry MD e Guiry GM. 2016. **AlgaeBase**. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.

Horta PA, Amâncio E, Coimbra CS, Oliveira EC. 2001. Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. **Hoehnea**, v. 28, n. 3, São Paulo, p. 243-265.

Kunin WE e Gaston KJ. 1993. The biology of rarity – Patterns, causes and consequences. **Trends in Ecology and Evolution**, 8: 298–301.

Littler MM e Littler DS. 1980. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory test of a functional form model. **Am. Nat**., 116: 25–44.

Littler MM e Littler DS. 1984. Relationships between macroalgal functional form goups and substrata stability in a subtropical rocky-intertidal system. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 74: 13-34.

Littler MM, Littler DS e Brooks BL. 2006. Harmful algae on tropical coral reefs: Bottom-up eutrophication and top-down herbivory. **Harmful Algae**, 5: 565–585.

Lobban CS e Harrinson PJ. 1994. **Seaweed Ecology and Physiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 366 pp.

Lotze HK, Lenihan HS, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke RG, Kay MC, Kidwell SM, Kirby MX, Peterson CH e Jackson JBC. 2006. Depletion, Degradation, and RecoveryPotential of Estuaries and Coastal Seas. **Science**, 312:1806-1809.

Lourenço LJS, Crispim MC, Eloy CC. 2015 Caracterização do parque estadual marinho de Areia Vermelha, Cabedelo, PB, baseado na diversidade e abundância dos cnidários da classe anthozoa, como subsídio para o zoneamento ecológico econômico. **Gaia Scientia**, 9(1): 134-140.

Lüning K. 1990. **Seaweeds: Their environment, biogeography, and ecophysiology**. C. Yarish & H. Kirkman (Eds). Wiley-Interscience Publication, New York. 527 pp.

Mangialajo L, Chiantore M, Cattaneo-Vitti R. 2008. Loss of fucoid algae along a gradient of urbanization and relationships with the structure of benthic assemblages. **Mar Ecol Prog Ser,** 358:63–74.

McKinney ML. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. **BioScience,** 52:883–890.

Moberg F e Folke C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. **Ecological Economics**, Amsterdam, 29: 215- 233.

Moreira AR, Armenteros M, Gomez M, Leon AR, Cabrera R, Castellanos ME, et al. 2006. Variation of macroalgae biomass in Cienfuegos Bay, Cuba. **Revista de Investigaciones Marinas**, 27:3-12.

Oigman-Pszczol SS e Creed, JC. 2011. Can patterns in benthic communities be explained by an environmental pressure index?. **Marine Pollution Bulletin**, 62:2181-2189.

Oliveira Filho EC e Qi Y. 2003. Decadal changes in a polluted bay as seen from its seaweed flora: the case of Santos Bay in Brazil. **Ambio: A Journal of the Human Environment**, 32: 403-405.

Ortega JLG. 2000. Algas. In: Espino GL et al. (Eds**.**), **Organismos indicadores de la calidad del água y de la contaminación (Bioindicadores)**, Playa y Valdés, México, p. 109-193.

Orth RJ, et al. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. **BioScience**, 56: 987–996.

Pereira SMB, et al. 2002. Algas marinhas bentônicas do Estado de Pernambuco. In: TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco**. Recife: Ed. Massagana, Sectima. p. 97 - 124.

Pinedo S; García M, Satta MP, de Torres M e Ballesteros E. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean. **Mar. Poll. Bull**., 55: 126-135.

Rabinowitz D, Cairns S e Dillon T. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In: SOULÉ M. E. (Ed). **Conservation Biology***:* The Science of Scarcity and Diversity. USA: University of Michigan, p. 182-204.

Rao V, De Lima MC, Franchito S. 1993. Seasonal and interannual variations of rainfall over eastern northeast Brazil. **J. Climate**, 6: 1754–1763.

Rogers SI e Greenaway B. 2005. A UK perspective on the development of marine ecosystem indicators. **Marine Pollution Bulletin**. 50:9–19.

Sarmento V e Santos P. 2012. Trampling on coral reefs: tourism effects on harpacticoid copepods. **Coral Reefs**, 31:135-146.

Scarano FR. 2006. Prioridades para conservação: a linha tênue que separa teorias e dogmas. In: Rocha CFD, Bergallo HG, Sluys MV, Alves MAS. **Biologia da Conservação: essências.** São Carlos: RiMa, 2006, p. 23-39.

Scherner F, Barufi JB e Horta PA. 2012. Photosynthetic response of two seaweeds species along an urban pollution gradient: Evidence of selection of pollution-tolerant species. **Marine Pollution Bulletin**, 64:2380-2390.

Scherner F, Horta PA, Oliveira EC, Simonassi JC, Hall-Spencer JM, Chow F, Nunes JMC e Pereira SMB. 2013. Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, 76:106–115.

Silva IB, Fujii MT, Marinho-Soriano E. 2012. Influence of tourist activity on the diversity of seaweed from reefs in Maracajau´, Atlantic Ocean, Northeast Brazil. **Rev Bras Farmacogn**, 22:889–893.

Spalding MD, Ravilious C. e Green EP. 2001. **World Atlas of Coral Reefs**. Berkeley, CA: University of California Press, 436 pp.

Steneck RS e Dethier MN. 1994. A functional group approach to the structure of al-galdominated communties. **Oikos**, 69:476-498.

[Taouil A](http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/?IsisScript=iah/iah.xis&base=article%5Edlibrary&format=iso.pft&lang=i&nextAction=lnk&indexSearch=AU&exprSearch=TAOUIL,+ANDRE) e [Yoneshigue-Valentin Y](http://www.scielo.br/cgi-bin/wxis.exe/iah/?IsisScript=iah/iah.xis&base=article%5Edlibrary&format=iso.pft&lang=i&nextAction=lnk&indexSearch=AU&exprSearch=YONESHIGUE-VALENTIN,+YOCIE). 2002. Alterações na composição florística das algas da Praia de Boa Viagem (Niterói, RJ).**Rev. bras. Bot.**, 25:405-412.

Teichberg, M. et al. 2010. Eutrophication and macroalgal blooms in temperate and tropical coastal waters: nutrient enrichment experiments with Ulva spp. **Glob. Change Biol**, 16: 2624–2637.

Van Woesik R. 1994. Natural disturbances to coral communities. **Journal of Coastal Research**, 7: 551-558.

Vasconcelos ERTPP, et.al. 2013. Padrão espacial da comunidade de macroalgas de mesolitoral em ambiente recifal do nordeste brasileiro. **Tropical Oceanography**, 41: 84-92.

**5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A abordagem quali-quantitativa no método de seleção de espécies bioindicadoras representa um esforço para auxílio na difícil etapa de seleção de espécies indicadoras, além de ser uma alternativa ao monitoramento em planos de manejos nas Unidades de Conservação.

**APÊNDICES**

**FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS CITADOS NA MONOGRAFIA**

Figura 1: Detalhamento da área de estudo. T1 – Transecto 1; T2 – Transecto 2; T3 – Transecto 3.

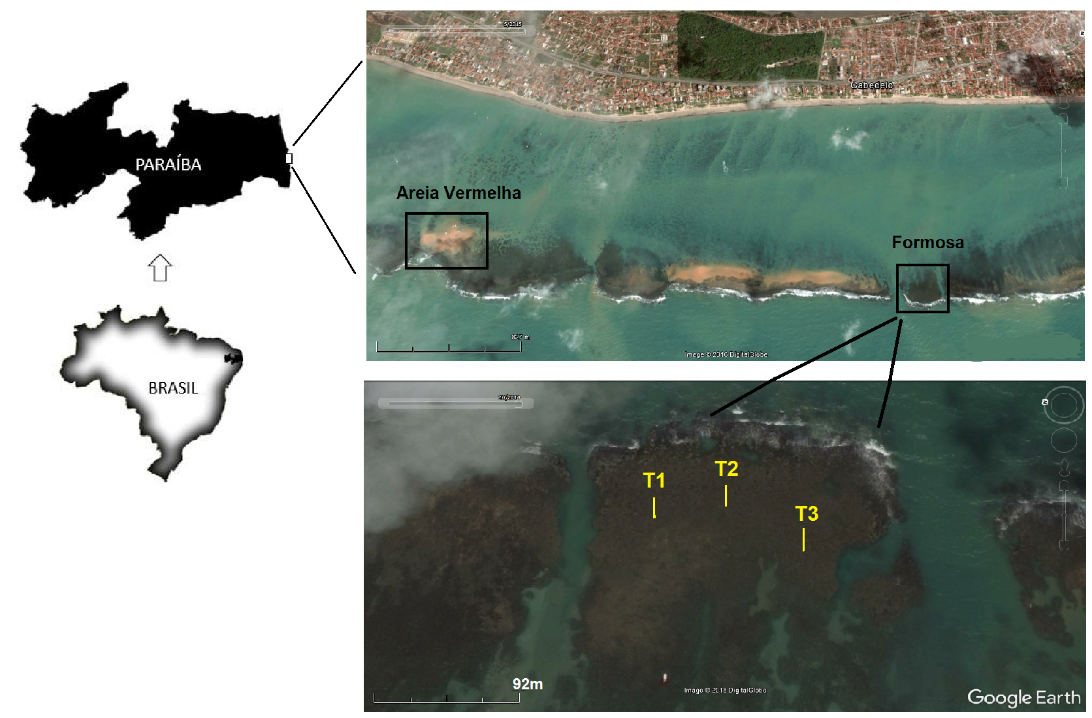


Tabela 1: Médias das frequências de ocorrência (F’) nos períodos amostrais. \* = Perene; \*\* = Errática; \*\*\* = Rara; \*\*\*\* = Raríssima. Ago/13 = Agosto/2013; Nov/13 = Novembro/2013; Fev/14 = Fevereiro/2014; Ago/14 = Agosto/2014; Nov/14 = Novembro/2014.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Espécies** | **Ago/13** | **Nov/13** | **Fev/14** | **Mai/14** | **Ago/14** | **Nov/14** |
| Bryopsis pennata | 3,33 | 16,67 | 26,67 | 0,00 | 6,67 | 6,70 |
| Bryopsis plumosa | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 0,00 |
| Caulerpa racemosa | 14,17 | 20,00 | 16,67 | 13,33 | 20,00 | 10,00 |
| Caulerpa sertularioides | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ernodesmis verticillata | 10,00 | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Penicillus capitatus | 4,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Phyllodictyon anastomosans | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,00 |
| Dictyota mertensii | 13,33 | 6,67 | 23,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Canistrocarpus cervicornis | 0,00 | 26,67 | 30,00 | 60,00 | 0,00 | 3,30 |
| Dictyopteris delicatula | 10,83 | 23,33 | 70,00 | 90,00 | 3,33 | 13,70 |
| Lobophora variegata | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 0,00 |
| Dictyopteris justii | 0,00 | 0,00 | 6,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sargassum vulgare | 0,00 | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Acantophora spicifera | 31,67 | 23,33 | 46,67 | 53,33 | 13,33 | 20,37 |
| Aglaothamnion uruguayense | 6,67 | 6,67 | 3,33 | 10,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bryothamnion seaforthii | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,33 | 0,00 |
| Centroceras clavulatum | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 6,67 | 0,00 |
| Chondracanthus acicularis | 73,33 | 80,00 | 73,33 | 56,67 | 66,67 | 79,26 |
| Cryptonemia crenulata | 0,00 | 3,33 | 3,33 | 3,33 | 6,67 | 0,00 |
| Gelidium crinale | 72,50 | 66,67 | 93,33 | 90,00 | 80,00 | 93,33 |
| Gelidium corneum | 30,83 | 13,33 | 23,33 | 36,67 | 30,00 | 27,78 |
| Gelidium pusillum | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,00 | 31,85 |
| Gelidiella acerosa | 96,67 | 96,67 | 96,67 | 100,00 | 90,00 | 100,00 |
| Gracilaria cervicornis | 0,00 | 6,67 | 26,67 | 13,33 | 10,00 | 0,00 |
| Gracilaria sp. | 35,83 | 16,67 | 26,67 | 10,00 | 10,00 | 30,74 |
| Hypnea musciformis | 0,00 | 20,00 | 13,33 | 3,33 | 0,00 | 27,41 |
| Hypnea spinella | 6,67 | 30,00 | 46,67 | 50,00 | 6,67 | 20,00 |
| Laurencia clavata | 26,67 | 73,33 | 70,00 | 56,67 | 53,33 | 81,85 |
| Haloplthys schottii | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Solieria sp | 0,00 | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 3,33 | 0,00 |
| Vidalia sp | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,33 | 0,00 | 0,00 |
| Halimeda opuntia | 30,00 | 56,67 | 46,67 | 73,33 | 60,00 | 48,15 |
| Amphiroa fragilissima | 72,50 | 90,00 | 100,00 | 100,00 | 76,67 | 92,96 |

Tabela 2: Comparação entre os períodos amostrais das frequências de ocorrência (F’) das espécies (Teste de Tukey pareado – Q \ p; \* = p < 0,05). Ago/13 = Agosto/2013; Nov/13 = Novembro/2013; Fev/14 = Fevereiro/2014; Ago/14 = Agosto/2014; Nov/14 = Novembro/2014.

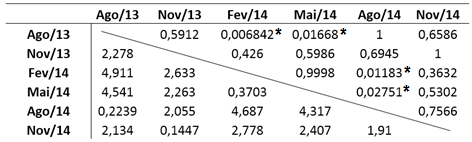


Gráfico 1: Diagrama de ordenação resultado da análise de componentes principais (ACP), representando a distribuição dos períodos amostrais e a relação com as frequências de ocorrência (F’) das espécies. Ago/13 = Agosto/2013; Nov/13 = Novembro/2013; Fev/14 = Fevereiro/2014; Ago/14 = Agosto/2014; Nov/14 = Novembro/2014. Fonte: Software Past.

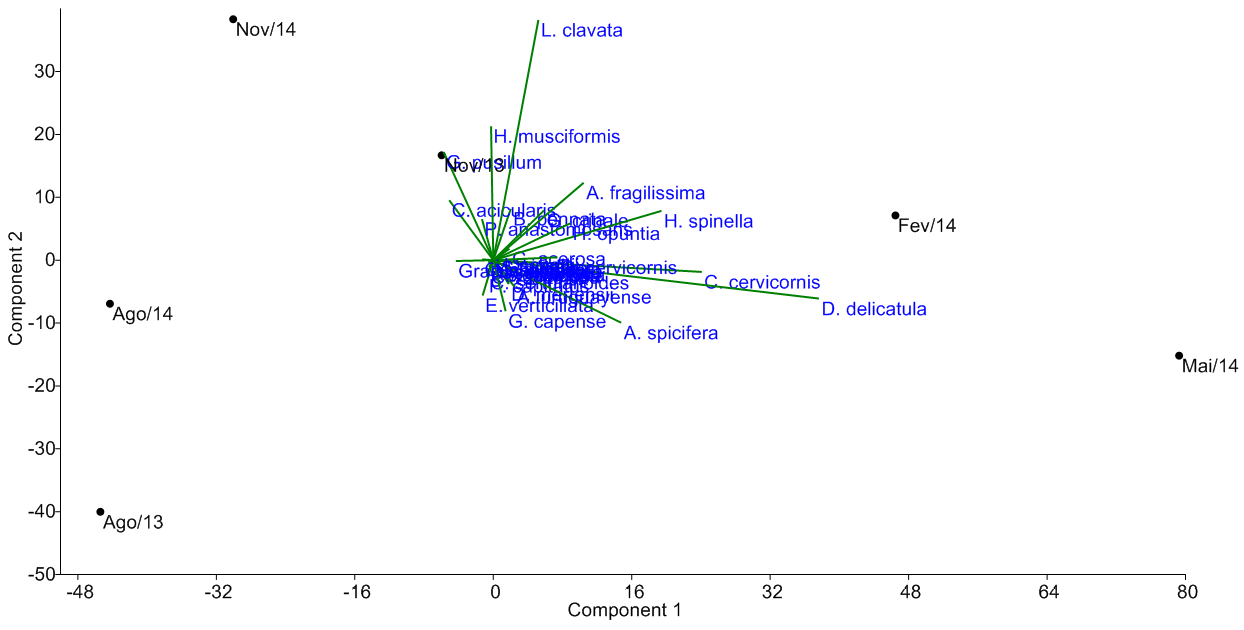


Figura 2: Variação temporal das variáveis ambientais no ambiente recifal de Formosa/PB. As variações de temperatura (marinha e atmosférica) estão ausentes na figura pois estão detalhadas no Gráfico 4. 1 = Agosto/2013; 2 = Novembro/14; 3 = Fevereiro/2014; 4 = Maio/2014; 5 = Agosto/2014; 6 = Novembro/2014.

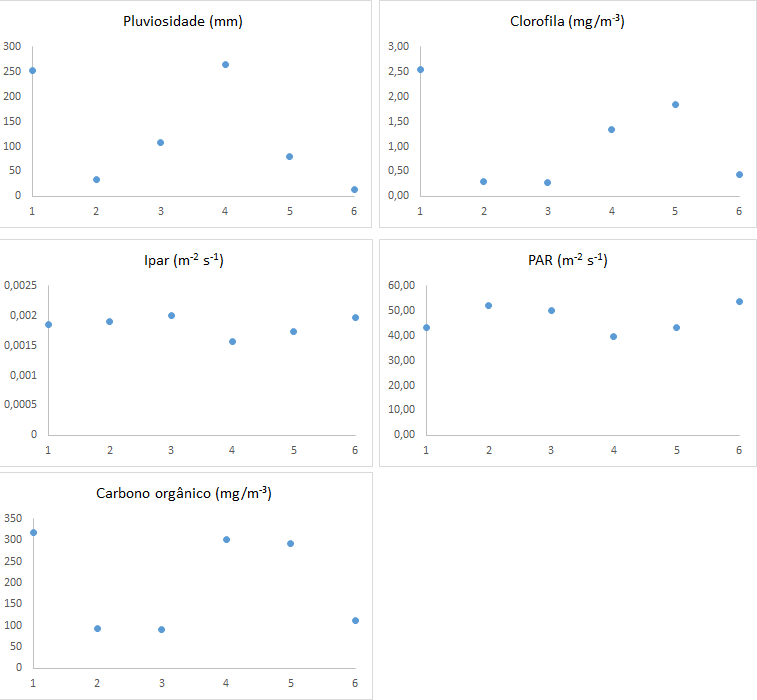


Tabela 3: Valores de distribuição das espécies ao longo do Componente Principal 1 da ACP. \* = espécie bioindicadora do Grupo 1; \*\* = espécie bioindicadora do Grupo 2.

|  |  |
| --- | --- |
| Espécies | Componente Principal 1 |
| Bryopsis pennata | 0,03662 |
| Caulerpa racemosa | -0,04837 |
| Ernodesmis verticillata | -0,0594 |
| Phyllodictyon anastomosans\* | -0,02399 |
| Dictyota mertensii | 0,05665 |
| Canistrocarpus cervicornis\*\* | 0,4404 |
| Dictyopteris delicatula\*\* | 0,687 |
| Acantophora spicifera | 0,2701 |
| Aglaothamnion uruguayense | 0,04525 |
| Chondracanthus acicularis | -0,09302 |
| Gelidium crinale | 0,1068 |
| Gelidium corneum\* | 0,02592 |
| Gelidium pusillum | -0,1048 |
| Gelidiella acerosa\* | 0,03428 |
| Gracilaria cervicornis | 0,1354 |
| Gracilaria sp. | -0,07959 |
| Hypnea musciformis | -0,0447 |
| Hypnea spinella\*\* | 0,3551 |
| Laurencia clavata | 0,095 |
| Halimeda opuntia | 0,1628 |
| Amphiroa fragilissima | 0,1907 |

Gráfico 2: Padrão temporal de frequência das espécies bioindicadoras do Grupo 2.

Gráfico 3: Padrão temporal de frequência das espécies bioindicadoras do Grupo 1.

Tabela 4: Tabela de Correlação (coeficiente linear de Pearson – r/p) entre os parâmetros ambientais e as espécies bioindicadoras selecionadas. TempMar = temperatura da superfície do mar; TempAtm = temperatura atmosférica; Precip. = Precipitação; Clorof. = concentração da massa de clorofila; Par = subsidência da radiação fotossintética no ar; Carbono = concentração de carbono orgânico na água do mar; IPAR = subsidência da radiação fotossintética na água do mar. *C. cerv.* = *Canistrocarpus cervicornis*; *D. deli*. = *Dictyopteris delicatula*; *H. spin*. = *Hypnea spinella*; *G. coar*. = *Gelidium coarctatum*; *G. acer.* = *Gelidiella acerosa*; *P. anas*. = *Phyllodictyon anastomosans*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | *C. cerv.* | *D. deli.* | *H. spin.* | *G. coar.* | *G. acer.* | *P. anas.* |
| TempMar | r | 0,916 | 0,994 | 0,911 | 0,232 | 0,569 | -0,304 |
| p | 0,01\* | 0,004\* | 0,011\* | 0,658 | 0,238 | 0,557 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| TempAtm | r | 0,797 | 0,825 | 0,800 | -0,179 | 0,648 | 0,125 |
| p | 0,047\* | 0,042\* | 0,045\* | 0,733 | 0,163 | 0,813 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Precip. | r | -0,271 | -0,260 | -0,304 | 0,403 | -0,085 | -0,419 |
| p | 0,603 | 0,618 | 0,557 | 0,428 | 0,872 | 0,408 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Clorof. | r | -0,663 | -0,60 | -0,616 | 0,376 | -0,640 | -0,388 |
| p | 0,150 | 0,205 | 0,192 | 0,461 | 0,170 | 0,446 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Par | r | 0,373 | 0,321 | 0,394 | -0,623 | 0,495 | 0,536 |
| p | 0,465 | 0,534 | 0,439 | 0,186 | 0,318 | 0,273 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Carbono | r | -0,437 | -0,386 | -0,453 | 0,572 | -0,469 | -0,489 |
| p | 0,386 | 0,449 | 0,367 | 0,235 | 0,348 | 0,324 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| IPAR | r | 0,226 | 0,276 | 0,343 | -0,647 | 0,533 | 0,455 |
| p | 0,386 | 0,449 | 0,367 | 0,235 | 0,348 | 0,324 |

Gráfico 4: Variação temporal das temperaturas marinha e atmosférica ao longo do período de estudo. T. Mar = Temperatura da superfície do mar; T. Atm = Temperatura do ar.

**ANEXOS**

**NORMAS EDITORAIS DA REVISTA - Gaia Scientia (ISSN 1981-1268):**

### Diretrizes para Autores

**ATENÇÃO: A partir de 2016, todos os artigos aceitos para publicação deverão pagar taxa de R$100,00, através do PagSeguro (link na pagina inicial do site da revista).**  
  
**TIPOS DE TRABALHOS**  
  
O período de submissão de manuscritos será de 01 de março a 30 de novembro de cada ano. Submissões fora deste período serão rejeitadas de imediato.  
  
A Gaia Scientia a partir de seu número de 2016 passará a cobrar uma taxa de publicação, a qual pode ser paga utilizando o pag seguro que encontra-se no rodapé da página principal.   
  
Deve ser enviada uma carta de anuência com a assinatura do autor principal e de todos os co-autores, evidenciando assim a concordância na submissão do artigo.   
  
**Revisões.** Revisões são publicadas somente a convite do Editor-Chefe.  
  
**Artigos.** Os artigos devem ser subdivididos nas seguintes partes:   
1.Título;   
2.Resumo, Abstract e Resumen (escrito em sequencia, com até 250 palavras ou menos, sem abreviações), com suas respectivas palavras-chave, keywords e palabras clave; O resumo é OBRIGATÓRIO nos 3 idiomas;   
3.Introdução;   
4.Material e Métodos;   
5.Resultados e Discussão (o autor pode optar por separar ou unir estes itens);   
6.Agradecimentos (quando necessário, fica a critério dos autores);   
7. Conclusão e;   
8.Referências.   
Onde se aplicar, a parte de Materiais e Métodos deve indicar o Comitê de Ética que avaliou os procedimentos para estudos em humanos ou as normas seguidas para a manutenção e os tratamentos experimentais em animais. Todos os trabalhos na área da Etnobiologia e Etnoecologia são obrigados a apresentar as informações do Comitê de Ética.   
  
**Breves comunicações ou Resenhas**  
Só serão aceitas mediante consulta prévia com o Editor Chefe  
  
Breves comunicações devem ser enviadas em espaço duplo. Depois da aprovação não serão permitidas alterações no artigo, a fim de que somente correções de erros tipográficos sejam feitos nas provas.  
  
Os autores devem enviar seus artigos somente em versão eletrônica.  
  
  
**Preparação de originais**  
  
  
**FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS**  
  
Os artigos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol, mas a revista recomenda a publicação em inglês. Devem ser preparados em espaço simples, fonte Times News Roman, tamanho 11, com folha A4 (210 x 297 mm), obedecendo todas as margens com 2,5 cm. Depois de aceitos nenhuma modificação será realizada, para que nas provas haja somente correção de erros tipográficos.  
  
**Tamanho dos artigos.** Os artigos devem ter no máximo 30 laudas. Artigos sucintos e cuidadosamente preparados, têm preferência tanto em termos de impacto, quando na sua facilidade de leitura.  
  
**Tabelas e ilustrações.** Somente ilustrações de alta qualidade serão aceitas. Todas as ilustrações serão consideradas como figuras, inclusive desenhos, gráficos, mapas e fotografias. A localização provável das figuras no artigo deve ser indicada.  
  
**Figuras digitalizadas.** As figuras devem ser enviadas de acordo com as seguintes especificações:   
1.Desenhos e ilustrações devem ser em formato .PS/.EPS ou .CDR (Postscript ou Corel Draw) e nunca inseridas no texto;   
2. Imagens ou figuras em meio tom devem ser no formato .TIF ou .PNG e nunca inseridas no texto;   
3. Cada figura deve ser enviada em arquivo separado;   
4. Em princípio, as figuras devem ser submetidas no tamanho em que devem aparecer na revista, i.e., largura de 8 cm (uma coluna) ou 12,6 cm (duas colunas) e com altura máxima para cada figura menor ou igual a 22 cm.   
As legendas das figuras devem ser enviadas em espaço duplo e em folha separada. Cada dimensão linear das menores letras e símbolos não deve ser menor que 2 mm depois da redução. Somente figuras em preto e branco serão aceitas. 5. Artigos de Matemática, Física ou Química podem ser digitados em Tex, AMS-Tex ou Latex; 6. Artigos sem fórmulas matemáticas podem ser enviados em .RTF ou em WORD para Windows.  
  
**Agradecimentos (opcional).** Devem ser inseridos no final do texto. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos a instituições ou agências. Notas de rodapé devem ser evitadas; quando necessário, devem ser numeradas. Agradecimentos a auxílios ou bolsas, assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (e.g. teses) devem ser indicados nesta seção.  
  
**Abreviaturas.** As abreviaturas devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto no caso de abreviaturas padrão e oficial. Unidades e seus símbolos devem estar de acordo com os aprovados pela ABNT ou pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).  
  
**Referências.** Os autores são responsáveis pela exatidão das referências. Artigos publicados e aceitos para publicação (no prelo) podem ser incluídos. Comunicações pessoais devem ser autorizadas por escrito pelas pessoas envolvidas. Referências a teses, abstracts de reuniões, simpósios (não publicados em revistas) e artigos em preparo ou submetidos mas ainda não aceitos, NÃO podem ser citados no texto e não devem ser incluídos na lista de referências.  
  
As referências devem ser citadas no texto como, por exemplo, (Smith 2004), (Smith and Wesson 2005) ou, para três ou mais autores, (Smith et al. 2006). Dois ou mais artigos do mesmo autor no mesmo ano devem ser distinguidos por letras, e.g. (Smith 2004a), (Smith 2004b) etc. Artigos com três ou mais autores com o mesmo primeiro autor e ano de publicação também devem ser distinguidos por letras.  
  
As referências devem ser listadas em ordem alfabética do primeiro autor sempre na ordem do sobrenome XY no qual X e Y são as iniciais.   
  
A abreviatura para os Anais da Academia Brasileira de Ciências é An Acad Bras Cienc. Os seguintes exemplos são considerados como guia geral para as referências.  
  
**ARTIGOS**  
  
García-Moreno J, Clay R and Ríos-Munoz CA. 2007. The importance of birds for conservation in the neotropical region. **Journal of Ornithology**, 148(2):321-326.   
  
Pinto ID e Sanguinetti YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus Theriosynoecum Branson, 1936 and validity of related Genera. **Anais Academia Brasileira Ciências**, 56:207-215.  
  
Posey DA. 1983. **O conhecimento entomológico Kayapó: etnometodologia e sistema cultural Anuário Antropológico**, 81:109-121.  
  
**LIVROS E CAPÍTULOS DE LIVROS**  
  
Davies M. 1947.**An outline of the development of Science**, Athinker's Library, n. 120. London: Watts, 214 p.  
  
Prehn RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: **National Cancer Conference, 5**, Philadelphia Proceedings …., Philadelphia: J.B. Lippincott, p. 97-104.  
  
Uytenbogaardt W and Burke EAJ. 1971.**Tables for microscopic identification of minerals**, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.  
  
Woody RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of Polipeptides: contributions of B-turns. In: Blouts ER et al. (Eds), **Peptides, polypeptides and proteins**, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.  
  
**OUTRAS PUBLICAÇÕES**  
  
**International Kimberlite Conference**, 5, 1991. Araxá, Brazil. Proceedings ... Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 495 p.  
  
Siatycki J. 1985.**Dynamics of Classical Fields**. University of Calgary, Department of Mathematics and Statistics, 55 p. Preprint n. 600.

### Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. Os manuscritos devem ser apresentados na seguinte sequência: página de rosto, resumos em português, espanhol e inglês, palavras chaves, palabras clave e key words, texto, tabelas, agradecimentos, referências bibliográficas.
2. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, justificar em "Comentários ao Editor".
3. Todos os endereços de páginas na Internet (URLs), incluídas no texto (Ex.: [http://www.ibict.br](http://www.ibict.br/)) estão ativos e prontos para clicar.
4. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em [Diretrizes para Autores](http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/about/submissions#authorGuidelines), na seção Sobre a Revista.
5. A identificação de autoria deste trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word, garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em [Assegurando a Avaliação por Pares Cega](javascript:openHelp('http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/help/view/editorial/topic/000044')).

### Política de Privacidade

Os manuscritos publicados são de propriedade da Revista **GAIA SCIENTIA**, vedada tanto a reprodução, mesmo que parcial em outros periódicos, como a tradução para outro idioma sem a autorização por escrito do Conselho Editorial.