



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
CURSO DE OCEANOGRAFIA

**VARIAÇÃO TEMPORAL E SUCESSIONAL DA COMUNIDADE DE ALGAS
PERIFÉRICAS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL, SÃO LUÍS – MARANHÃO**

ALUNA: AMANDA LORENA LIMA OLIVEIRA

ORIENTADOR: MARCO VALÉRIO JANSEN CUTRIM

São Luís

2017

AMANDA LORENA LIMA OLIVEIRA

**VARIAÇÃO TEMPORAL E SUCESSIONAL DA COMUNIDADE DE ALGAS
PERIFÉRICAS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL, SÃO LUÍS – MARANHÃO**

**Monografia apresentada ao
Curso de Graduação em
Oceanografia da Universidade
Federal do Maranhão, no
formato de artigo, como
requisito para obtenção do
Grau de Bacharel em
Oceanografia.**

ORIENTADOR: MARCO VALÉRIO JANSEN CUTRIM

SÃO LUÍS, JANEIRO.

2017

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Lima Oliveira, Amanda Lorena.

Varição Temporal e Sucessional da Comunidade de Algas Perifíticas em um Estuário Tropical, São Luís Maranhão / Amanda Lorena Lima Oliveira. - 2017.

51 f.

Orientador(a): Marco Valério Jansen Cutrim.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

1. Diatomáceas. 2. Perifíton. 3. Substrato artificial. I. Jansen Cutrim, Marco Valério. II. Título.

AMANDA LORENA LIMA OLIVEIRA

**VARIAÇÃO TEMPORAL E SUCESSIONAL DA COMUNIDADE DE ALGAS
PERIFÉRICAS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL, SÃO LUÍS – MARANHÃO**

**Monografia apresentada ao
Curso de Graduação em
Oceanografia da Universidade
Federal do Maranhão, no
formato de artigo como
requisito para obtenção do
Grau de Bacharel em
Oceanografia.**

Aprovada em _____ de _____ de _____

Banca Examinadora

Dr. MARCO VALÉRIO JANSEN CUTRIM

(Orientador/UFMA)

Dra. ANDREA CHRISTINA GOMES DE AZEVEDO CUTRIM

(UEMA)

MSC. FRANCINARA SANTOS FERREIRA

(UFMA)

Dedico este trabalho aos meus pais, Celiane e Valtrido, que sempre me apoiaram e sempre fizeram de tudo por mim e pelos meus estudos. Sem eles, e seus amores incondicionais, nada teria valido a pena.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, minha protetora. Agradeço aos meus pais Celiane e Valtrido, por TUDO que eles fizeram e fazem por mim, por todas as manhãs que aguentaram meu mal humor, por todas as noites que dormi tarde e eles mandando eu dormir cedo, por todo carinho e amor, sem eles não sou nada e por eles eu luto por um futuro melhor. AMO VOCÊS!! À minha família, mas especialmente aos meus tios Gilson e Gilberto, que diretamente me apoiaram para minha formação.

À minha amiga Jordana por ter passado esses anos do meu lado, convivendo, aprendendo, ensinando, sorrindo, chorando e cantando. Uma amizade que eu quero levar por toda a minha vida. Às minhas mestras de conhecimento e minhas amigas por toda vida Karol e Fran, não tenho nem palavras para descrever sobre vocês, só tenho a agradecer por Deus ter colocado vocês na minha vida, obrigada. Às minhas amigas Lis e Betty, por todos os momentos compartilhados, pela amizade e ajuda com tudo que aprendi, sem elas toda essa jornada teria sido muito mais difícil. Obrigada Xubas!!

Ao meu professor orientador Marco Valério por todo seu conhecimento tanto teórico e de vida, aprendi muito com senhor, além da ciência, aprendi a ser mais paciente e ouvir mais, posso dizer que essa convivência durante esses anos me fez uma outra pessoa, mais madura e preparada para o que pode vir acontecer na minha vida.

Aos meus amigos do LabFic, Fernanda, Juliana, Denise, Nágela, James, Dona Silvinha, Ronnessa e Débora. Ao Junior, por todas as minhas coletas, ele foi imprescindível. À minha amiga Jessica Fadul, por sua amizade que sempre esteve do meu lado mesmo. Aos meus amigos de graduação Basilio, por tudo que passamos nessa jornada, Rosana Milke

pela amizade de mãe, pelo cuidado e carinho que sempre teve por mim, Jessica Machado por todas as risadas de fim de tarde, quando íamos saímos da ufma.

A esta universidade e seu corpo docente pela oportunidade de adquirir conhecimento e conviver com todos os tipos de personalidades. E a todos as pessoas que de alguma forma me ajudaram para que fosse possível a conclusão deste trabalho.

“A vida é como o oceano. A tristeza e a felicidade são os ventos. Os pensamentos são montanhas, que se erguem como ilhas. A vida de uma pessoa é o seu veleiro. Uma pessoa em harmonia é aquela que sabe usar os ventos como força para se impulsionar; usar as ilhas para o descanso na sua jornada; apreciar o balanço das ondas. E, ao final da jornada, abrir um sorriso e dizer: A viagem valeu!!!

Chao Lung Wen

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E UNIDADES

ACP - Análise de Componentes Principais

ALU - Alumínio

APHA - American Public Health Association

CCA - Análise de Correspondência Canônica não retificada

cm - Centímetros

°C - Centígrados

Chl-*a* - Clorofila *a*

Chl-*a*_ALU - Clorofila *a* do Alumínio

Chl-*a*_PVC - Clorofila *a* do PVC

Cylin - *Cylindrotheca closterium*

Cym - *Cymbella* sp.

Dens_ALU - Densidade do Alumínio

Dens_PVC - Densidade do PVC

DIN - Dissolved Inorganic Nitrogen

Encyo - *Encyonema* sp.

g/kg - Grama por kilograma

IC - Índice de constância

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

m - Metros

m/s - Metros por segundo

µg/cm² - Micrograma por centímetro quadrado

µmol.L⁻¹ - Micromol por litro

mg.L⁻¹ - Miligrama por litro

MPS - Material Particulado em Suspensão

Nav - *Navicula* sp.

Nav tricputata - *Navicula trinpuctata*

NH₄⁺ - Íon Amônio

NH₄ - Íon Amônio

NO₂⁻ - Nitrito

NO-2 - Nitrito

NO₃⁻ - Nitrato

NO-3 - Nitrato

NT - Nitrogênio Total

NTU - Nephelometric Turbidity Unit

OD - Oxigênio Dissolvido

OT - Ocorrência Total

Penada - Complexo Penada

Ph - Potencial Hidrogeniônico

Plank - *Planktothrix* sp.

PO₄⁻³ - Ortofosfato

PO-4 - Ortofosfato

Prof - Profundidade

PT - Fósforo Total

PVC - Policloreto de Polivinila

TDS - Sólidos Totais em Suspensão

Sal - Salinidade

Sat. OD - Saturação de Oxigênio Dissolvido

SiO₂⁻ - Silicato

SiO2 - Silicato

Temp. água - Temperatura da água

Thalass - *Thalassionema* sp.

Turb. - Turbidez

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa indicando o ponto de amostragem no estuário do rio Bacanga, São Luís – MA.....	20
Figura 2	Amostrador de substrato artificial com lâminas de alumínio e PVC usadas para colonização perifítica.....	21
Figura 3	Concentrações de clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) nos substratos de alumínio e PVC, nos tempos amostrados no estuário do Rio Bacanga.....	30
Figura 4	Densidade perifítica (ind.mL^{-1}) nos substratos de Alumínio e PVC, nos tempos amostrados no estuário do Rio Bacanga.....	31
Figura 5	Densidade perifítica (ind.mL^{-1}) e taxa de área ocupada (%) por <i>Amphibalanus improvisus</i> nos tempos amostrados no estuário do Rio Bacanga.....	32
Figura 6	Distribuição dos táxons de perifíton nos substratos de Alumínio e PVC, nos tempos amostrados no estuário do Rio Bacanga.....	32
Figura 7	Índices ecológicos nos substratos de Alumínio e PVC, nos tempos amostrados no estuário do Rio Bacanga.....	36
Figura 8	Análise de Componentes Principais das unidades amostrais do estuário do Rio Bacanga.....	38
Figura 9	Análise de correspondência Canônica das unidades amostrais do substrato de Alumínio, onde: SiO ₂ – silicato; PO ₄ – ortofosfato; Chl-a – clorofila a; NO ₃ – nitrato; NT – nitrogênio total; PT – fósforo total; NH ₄ – íon amônio; NO ₂ – nitrito; Cylin – <i>Cylindrotheca closterium</i> ; Nav tripucputata - <i>Navicula tripunctata</i> ; Pleuro – <i>Pleurosigma sp.</i> ; Penada – complexo penada; Nav – <i>Navicula sp.</i> ; Thalass – <i>Thalassionema sp.</i> ; Oscil – <i>Oscillatoria sp.</i> ; Plank – <i>Planktothrix sp.</i> ; Encyo – <i>Encyonema sp.</i> ; Cym – <i>Cymbella sp.</i> ; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – tempos.....	39
Figura 10	Análise de correspondência Canônica das unidades amostrais do substrato de PVC, onde: SiO ₂ – silicato; PO ₄ – ortofosfato; Chl-a – clorofila a; NO ₃ – nitrato; NT – nitrogênio total; PT – fósforo total; NH ₄ – íon amônio; NO ₂ – nitrito; Cylin – <i>Cylindrotheca closterium</i> ; Nav tripucputata - <i>Navicula tripunctata</i> ; Pleuro – <i>Pleurosigma sp.</i> ; Penada – complexo penada; Nav – <i>Navicula sp.</i> ; Thalass – <i>Thalassionema sp.</i> ; Oscil – <i>Oscillatoria sp.</i> ; Plank – <i>Planktothrix sp.</i> ; Encyo – <i>Encyonema sp.</i> ; Cym – <i>Cymbella sp.</i> ; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – tempos.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios das variáveis físico-químicas na região litorânea do estuário do rio Bacanga nos tempos amostrados. Os asteriscos (*) representa diferença significativa ($p < 0,05$) quanto à análise de variância One-way (ANOVA) e teste de Kruskal-Wallis.....	27
Tabela 2	Valores médios das variáveis biológicas e índices ecológicos da comunidade perifítica do estuário do rio Bacanga nos tempos amostrados. Os asteriscos (*) representa diferença significativa ($p < 0,05$) quanto à análise de variância One-way (ANOVA) e teste de Kruskal-Wallis.....	29
Tabela 3	Espécies dominantes da comunidade perifítica do estuário do rio Bacanga.....	33
Tabela 4	Lista de táxons identificados no Estuário do Rio Bacanga, com a porcentagem de ocorrência (%) em todas as amostras ($n = 14$) com OT = Ocorrência Total, classificação para o Índice de Constância (IC) com categorias: R = Residente, V = Visitante e A = Acidental.....	34
Tabela 5	Análise dos componentes principais (ACP) das concentrações de clorofila <i>a</i> , densidade perifítica e variáveis ambientais no estuário do rio Bacanga.....	37
Tabela 6	Síntese dos resultados da Análise de Correspondência Canônica.....	40

SUMÁRIO

ARTIGO NAS NORMAS DA REVISTA BRAZILIAN JOURNAL OF OCEANOGRAPHY

	DADOS DO ARTIGO.....	15
	ABSTRACT.....	16
	RESUMO.....	17
1	INTRODUÇÃO.....	18
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3	RESULTADOS.....	26
3.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRIENTES.....	26
3.2	CLOROFILA – <i>a</i> E DENSIDADE TOTAL.....	29
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37
4	DISCUSSÃO.....	41
5	CONCLUSÃO.....	43
6	REFERÊNCIAS.....	44
	ANEXOS.....	49

ARTIGO A SER SUBMETIDO A

BRAZILIAN JOURNAL OF OCEANOGRAPHY

**TEMPORAL AND SUCCESSIONAL VARIATION OF THE PERIPHYTIC
ALGAL COMMUNITY IN A TROPICAL ESTUARY, SÃO LUÍS - MARANHÃO**

Amanda Lorena Lima Oliveira^{1*}, Marco Valério Jansen Cutrim², Sílvia Cristina Costa
de Santana Diniz³, Lisana Furtado Cavalcanti⁴

^{1,2,3,4} Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Av. dos Portugueses, Nº1966,
Bacanga - CEP. 65080-805, São Luís - MA, Brasil.

Número de figuras: 10

Número de tabelas: 6

Descritores: perifíton, substrato artificial, diatomáceas

Descriptors: periphyton, artificial substrate, diatoms.

Short running title: Temporal and successional variation of the periphytic algal community
in a tropical estuary

ABSTRACT

The present study aimed to assess the seasonal-successional variation of chlorophyll *a*, density and ecological indexes of periphytic algal community in a tropical and eutrophic estuary. Samplings were carried out in regular intervals of five days, during a total of forty days, using aluminum and PVC substrates and analyzing the physical and chemical data including nutrients in the sea water. Chlorophyll *a* and periphyton density were influenced by silicate concentration, water salinity and temperature, benefiting the diatom group mainly the pennate diatoms. Periphyton density showed low values due to the occurrence of an exotic and encrusting organism *Amphibalanus improvisus*. Succession was characterized by small diatoms in a whole study and filamentous cyanobacteria in the last days of succession. *Cylindrotheca closterium* and *Cymbella* sp. were the most abundant species because of their adaptation to different substrates which favored their fixation; however, the dominance of these taxa results in a low diversity, evenness and richness. These results contribute to knowledge of periphyton in tropical and hypereutrophic estuaries where the research is scarce.

Descriptors: periphyton, artificial substrate, diatoms.

RESUMO

O trabalho visou avaliar a variação temporal-sucessional de clorofila *a*, densidade e índices ecológicos da comunidade de algas perifíticas em um estuário tropical e hipereutrófico. As amostragens ocorreram em intervalos regulares a cada cinco dias, durante 40 dias, utilizando substratos de alumínio e PVC, incluindo análises de dados físico-químicos e nutrientes da água. Clorofila *a* e densidade foram influenciadas pelo silicato, salinidade e temperatura da água favorecendo as diatomáceas com predominância de formas penadas. A densidade fitoplanctônica foi baixa devido ao surgimento de um organismo exótico incrustante *Amphibalanus improvisus*. A sucessão foi caracterizada por diatomáceas pequenas durante todo o estudo e de cianobactérias filamentosas nos tempos (dias) finais de sucessão. *Cylindrotheca closterium* e *Cymbella* sp. foram as espécies mais abundantes devido a suas adaptações aos diversos substratos facilitando assim a fixação, porém o domínio dessas espécies define a baixa diversidade, equitabilidade e riqueza. Tais resultados contribuem para o conhecimento sobre perifíton em estuários tropicais e hipereutróficos, onde os estudos são escassos.

Descritores: perifíton, substrato artificial, diatomáceas.

1 INTRODUÇÃO

As algas perifíticas exercem papel fundamental nas cadeias alimentares de ambientes aquáticos, é fonte essencial de alimento para outros níveis tróficos (HECKY; HESSLEIN, 1995; VADEBONCOEUR; STEINMAN 2002) sendo que alterações ambientais, principalmente em relação à disponibilidade de luz e nutrientes, temperatura, turbulência e de substrato para colonização, pode mudar a estrutura da comunidade (VADEBONCOEUR; STEINMAN, 2002).

O perifíton é habitat para muitos organismos (STEVENSON, 1996) e está relacionado à disponibilidade de nutrientes que pode afetar sua renovação (WETZEL, 1993), e ainda competir com o fitoplâncton (HAVENS et al., 1996). Essa comunidade é considerada como o maior regulador do fluxo de energia nos ecossistemas aquáticos (LOCK et al., 1984; WETZEL, 1990).

Um ambiente propício para o desenvolvimento dessa comunidade são os estuários. Esses são ecossistemas caracterizados por condições extremamente variáveis devido à mistura do fluxo de água doce e água salgada, criando um sistema dinâmico e biologicamente produtivo, influenciados por processos geomorfológicos, físicos, químicos e biológicos que estão sujeitos a distúrbios humanos como a eutrofização (CALLAWAY; GRENFELL; LØNBORG, 2014). Apesar de sua importância ecológica, há escassez de informações sobre a comunidade perifítica em estuários tropicais, entretanto destacam-se trabalhos de (MOURA; PASSAVANTE; FEITOSA, 1995; NAYAR; GOH; CHOU, 2003; 2005).

No Maranhão, a maioria dos estudos de perifíton restringem-se à flora perifítica estuarina, estudo qualitativo com diatomáceas, sucessão de algas perifíticas em substrato

artificial, diatomáceas de sedimento em manguezais, em macrófitas e diatomáceas epífitas em substrato natural (AZEVEDO, 1999; AZEVEDO & CUTRIM, 1999; 2000).

Diante deste cenário, propomos a realização desse trabalho, constituindo-se como o primeiro registro sobre o perifíton em um estuário tropical e hipereutrófico (DUARTE-DOS-SANTOS, et al., 2016), com o objetivo de avaliar a variação temporal-sucessional da comunidade de algas perifíticas, determinando as variações das concentrações de clorofila *a* e densidade de algas perifíticas durante o estudo e relacioná-los com fatores abióticos, além de registrar a composição, riqueza e diversidade de algas perifíticas em substrato artificial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estuário do rio Bacanga está localizado na porção noroeste do município de São Luís - MA ($2^{\circ} 32' 26''$ e $2^{\circ} 38' 07''$ S e $44^{\circ} 16' 00''$ e $44^{\circ} 19' 16''$ W) desaguando no complexo estuarino de São Marcos, caracterizado como um sistema raso integrante da Área de Proteção Ambiental do Parque Estadual do Bacanga (DUARTE-DOS-SANTOS, 2016). A bacia é bloqueada por uma barragem com regime de abertura e fechamento irregular impedindo o controle dos níveis da água até a cota 4 metros e diminuindo o fluxo e refluxo da maré dentro do estuário (PITOMBEIRA; MORAIS, 1977). O clima da região é tropical úmido com altas temperaturas ao longo do ano, representado por dois períodos sazonais bem definidos: chuvoso (janeiro a julho) e estiagem (agosto a dezembro) (AZEVEDO; FEITOSA; KOENING, 2008).

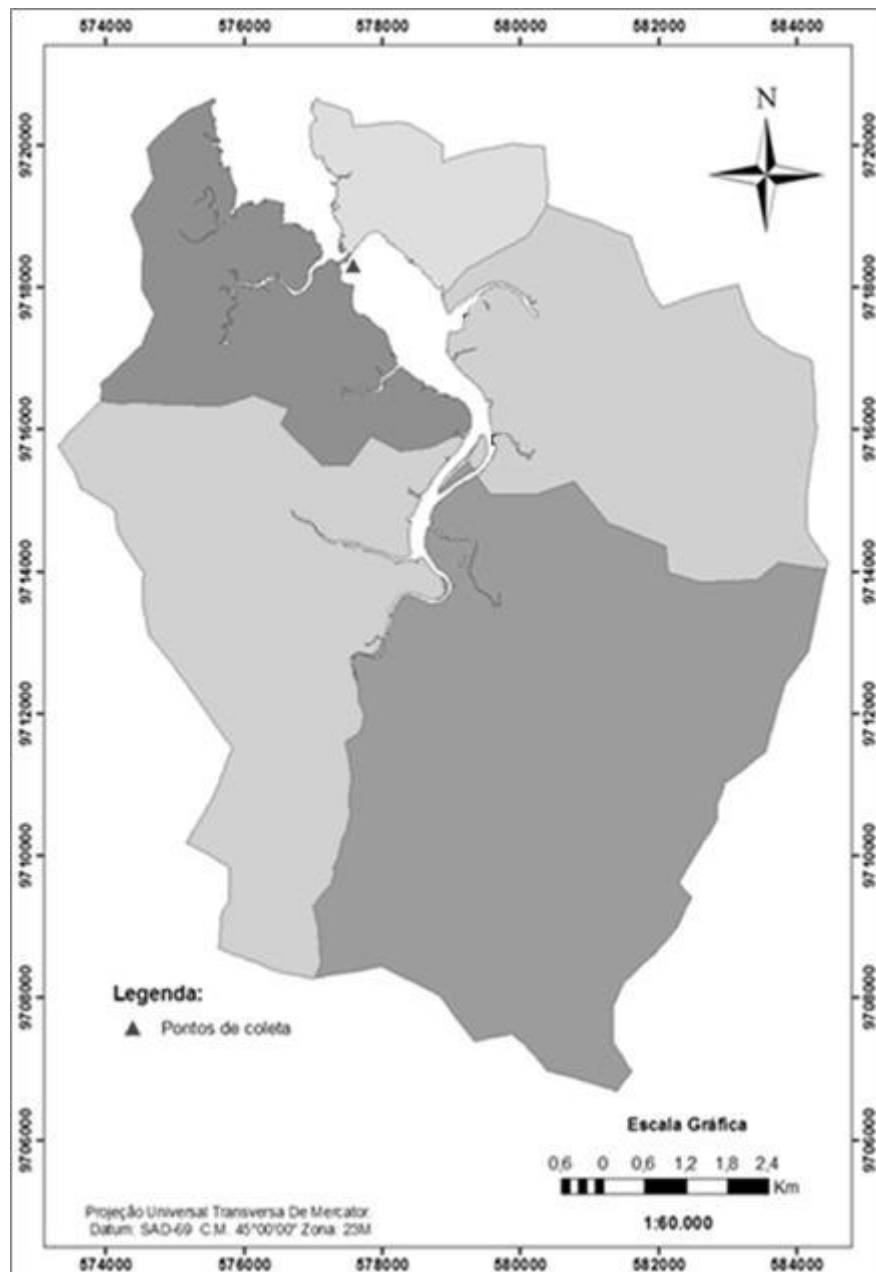


Figura 1: Mapa indicando o ponto de amostragem no estuário do rio Bacanga, São Luís – MA.

As amostragens foram realizadas na sub-superfície da região litoral do sistema, ao longo de 40 dias (1m de profundidade), em dois meses correspondentes ao período de estiagem (28/09/16 à 07/11/16), em intervalos regulares de cinco dias, totalizando sete coletas. O substrato artificial utilizado foi de lâminas de Alumínio e Policloreto de Polivinila (PVC), que foram colocados na posição vertical em relação à superfície da água e encaixados em suportes de PVC que permaneceram submersos. Um grupo de 42

lâminas de 61,92 cm² com espessura de 1 mm, foram fixadas em uma estrutura de forma retangular, medindo 67 cm de altura e 85 de largura (Figura 2). A coleta das lâminas foi feita de forma aleatória. Foram considerados setes tempos (T1 ao T7) de estabelecimentos: T1 e T2 tempos iniciais; T3 a T5 tempos intermediários e T6 e T7 tempos finais.

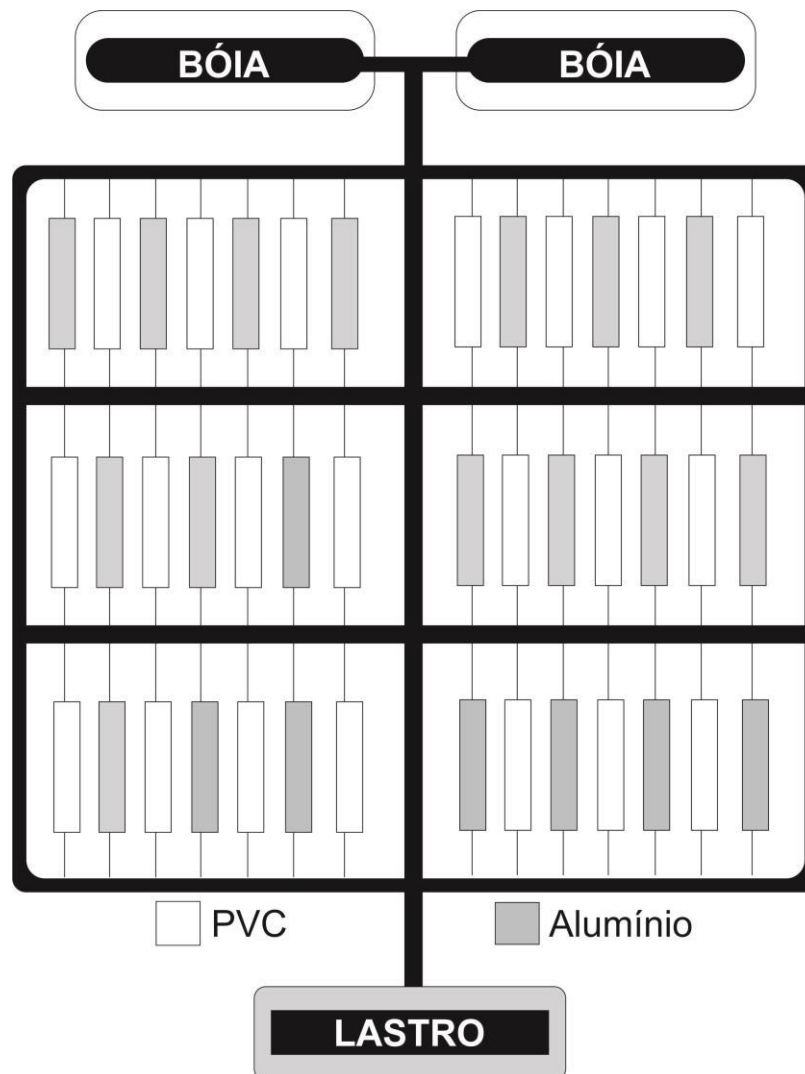


Figura 2: Amostrador de substrato artificial com lâminas de alumínio e PVC usadas para colonização perifítica.

Para a determinação da clorofila *a*, o material perifítico foi removido com escovas de dentes e jatos de água destilada e acondicionado em tubos de ensaio aos quais foram adicionados 10 ml de acetona 90% em cada tubo, que ficaram em repouso por 24 h. Após

este período o material foi centrifugado e o líquido sobrenadante colocado em cubetas de vidro com 1 mm de caminho óptico, sendo os cálculos realizados com base em LORENZEN (1967) adaptada para áreas do substrato e os resultados expressos em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

$$\text{Clorofila } a = \frac{(K) \times (F) \times (E_{665a} - E_{665d}) \times v}{V \times Z}$$

Onde:

K = coeficiente de absorção da clorofila = 11,0;

F = fator de correção de absorbância = 2,43

v = volume de acetona 90% ;

E_{665a} = leitura da absorbância da luz antes da acidificação (665-750);

E_{665d} = leitura da absorbância da luz depois da acidificação (665-750);

V = área em cm^2 ;

Z = caminho óptico da cubeta (cm).

Para a classificação e atualização dos táxons foi utilizado GUIRY & GUIRY (2016). A quantificação da comunidade perifítica foi realizada imediatamente após fixação e preservação do material em campo com formol à 4%. A densidade foi determinada pelo método de UTERMÖHL (1958), com o auxílio de um microscópio invertido binocular, utilizando-se um aumento de 400x. O processo de contagem seguiu o método de campos aleatórios descritos por UEHLINGER (1964). Os valores da densidade foram expressos em ind.mL^{-1} , através da equação adaptada por ROS (1979).

$$\text{Ind. mL}^{-1} = \left[\frac{n}{(s.c.h)} \right] \cdot F$$

Onde:

Ind.mL^{-1} = indivíduos por mililitro;

N = número de indivíduos contados;

S = área do campo de contagem (mm^2);

C = número de campos contados;

H = altura da câmara de sedimentação utilizada (mm);

F = fator de correção de mm³ para ml (10³).

Com base nas densidades dos táxons em cada estágio foram determinados os seguintes índices expressos pelas seguintes fórmulas: Para o índice de diversidade específica (H') utilizou-se o índice de SHANNON (1948), baseado nas amostras da garrafa, seguido o cálculo:

$$H' = -\sum p_i \times \log_2 p_i \therefore p_i = N_i/N$$

Onde:

H' = índice de diversidade de Shannon;

p_i = probabilidade de coleta da espécie "i" na população;

N_i = número de células de cada espécie;

N = número total de células, sendo os resultados expressos em bits.cel⁻¹.

Os resultados foram apresentados em bits.cel⁻¹, considerando que 1 bit equivale a uma unidade de informação e que a diversidade específica variando de 1,0 a 3,0 bits.cel⁻¹. Os valores podem ser enquadrados seguindo a classificação de VALENTIN (2000): ≥ 3,0 bits.cel⁻¹ → alta diversidade; < 3,0 ≥ 2,0 bits.cel⁻¹ → média diversidade; < 2,0 ≥ 1,0 bits.cel⁻¹ → baixa diversidade; < 1,0 bits.cel⁻¹ → diversidade muito baixa.

A equitabilidade (J), também denominada de índice de uniformidade, foi calculada a partir do H' de Shannon, a partir das amostras quantitativas, expressa pela seguinte fórmula:

$$E = H'/\log_2 (S)$$

Onde:

E = Equitabilidade;

H' = Índice de Shannon

S = número total de espécies de cada amostra.

Os resultados da equitabilidade variam de 0 a 1. Quanto mais próximo de 0 (zero), mais baixa será a equitabilidade. Acima de 0,5 é considerada significativa e equitativa, o que representa uma distribuição relativamente uniforme de todas as espécies na amostra e ao se aproximar de 1, mais bem distribuídos estão seus espécimes dentro das espécies pertencentes à comunidade, indicando elevada equitabilidade.

Para o cálculo da riqueza de espécies utilizou-se o proposto por MARGALEF (1958), baseado nas amostras quantitativos, expresso por:

$$R = (S - 1)/\log_2 (n)$$

Onde:

R = riqueza;

s = número total de espécies;

n = número total de indivíduos.

Valores de riqueza maiores que 5,0 significam grande riqueza de espécies (VALENTIN et al., 1991).

Para o índice de Dominância, foram considerados:

$$Y = (ni/N) \times f_i \therefore Pi = ni/N$$

Onde:

Y = Índice de Dominância

ni = número de indivíduos de cada espécie;

N = número total de indivíduos;

S = número total de espécies;

f_i = frequência individual em cada amostra.

Para o índice de Constância (DAJOZ, 1983), que em função de “c” expressas as distintas categorias em termos de porcentagens, R = Residentes > 50%; V = Visitantes 25% - 50% e A = Acidental < 25%.

$$c = \frac{p \times 100}{P}$$

Onde:

c = Contância expressa em forma de porcentagem;

p = número de coletas contendo a espécie estudada;

P = número total de coletas efetuadas.

Para a determinação da taxa de ocupação das cracas, utilizou-se uma folha transparente que recobria cada placa de 8 x 4 cm, com 65 subdivisões de 1 x 1 cm para que a área de cobertura das cracas. Para estimar a área de ocupação foi considerada que 65 subdivisões equivalessem a área total da placa, após a contagem, dividiu-se a área ocupada pelos organismos pelas subdivisões para a estimar a porcentagem da área ocupada.

A coleta dos dados físico-químicos, foi realizada simultaneamente à coleta das lâminas, foram determinadas temperatura da água, pH, salinidade e sólidos totais em suspensão (TDS) (multiparâmetro Hanna-9878); transparência da água (disco de Secchi) e a turbidez (turbidímetro Lamotte 2020), sendo todos estes parâmetros analisados *in situ*. Para análise de nutrientes, foi quantificado o DIN ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$), fósforo total (PT) segundo o padrão “Standard Methods for Water and Wastewater” (APHA, 2012), usando para o fósforo total e nitrato (KOROLEFF, 1983), nitrito (STRICKLAND; PARSONS 1972) silicato (SiO_2^-) e ortofosfato (PO_4^{-3}) (GRASSHOFF; EHRHARDT;

KREMLING, 1983), o oxigênio dissolvido será determinado pelo método químico de Winkler modificado por GOLTERMAN; CLYMO; OHNSTAD (1978) e material particulado em suspensão (MPS) (APHA, 2001). Os dados de velocidade dos ventos foram obtidos pelo INMET (<http://www.inmet.gov.br>).

Para testar a normalidade dos dados ambientais foi utilizado teste de Shapiro-Wilk. O tratamento estatístico foi utilizado a análise de variância (One-Way ANOVA) para dados paramétricos e o teste de Kruskal-Wallis para dados não-paramétricos com intuito de determinar as diferenças significativas ($p < 0.05$) das variáveis biológicas e físico-químicas entre os dias. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada com dados estandardizados a fim de se obter a correlação das variáveis ambientais. Para visualizar a correlação das variáveis ambientais entre os grupos de espécies dominantes na contagem de células por centímetro quadrado foi utilizada a Análise de Correspondência Canônica não retificada (CCA). Para esta análise a ordenação dos dados foi realizada a partir de oito variáveis abióticas, uma variável temporal (sucessão) e densidade de duas espécies e oito gêneros. Para correlacionar a abundância do perifíton em relação aos nutrientes analisados foi realizada a Análise de Correlação de Pearson. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos programas STATISTIC 10.0 e Past 3.14.

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS E NUTRIENTES

As características das variáveis físicas e químicas das águas estão resumidas na Tabela 1, ocorrendo diferença significativa ($p < 0,05$) das variáveis ambientais entre os dias considerados.

Tabela 1. Valores médios das variáveis físico-químicas na região litorânea do estuário do rio Bacanga nos tempos amostrados. Os asteriscos (*) representa diferença significativa ($p < 0,05$) quanto à análise de variância One-way (ANOVA) e teste de Kruskal-Wallis.

VARIÁVEIS	Unidade	TEMPOS								MÉDIA E DESVIO PADRÃO	One – Way ANOVA		Kruskal-Wallis
		0	1	2	3	4	5	6	7	F	p	p	
OD	mg.L ⁻¹	5,61	9,36	7,67	1,2	7,86	4,23	7,81	7,82	(6,44 ± 2,64)	2,331	0,1491	
Sat. OD	mg.L ⁻¹	71,53	111,15	91,38	14,25	93,38	50,24	96,20	96,29	(78,05 ± 31,75)			0,0007775*
pH	---	7,2	7,2	6,8	8,6	8,7	8	9	9,1	(8,08 ± 0,90)			0,003824*
Sal.	g/Kg	26	29	30	30	30	30	30	30	(29,38 ± 1,40)			0,009654*
TDS	g/L	13,09	18,34	17,00	20,55	39,00	112,00	13,95	14,45	(31,05 ± 33,75)			0,01571*
MPS	mg.L ⁻¹	0,065	0,073	0,054	0,052	0,096	0,079	0,108	0,094	(0,08 ± 0,020)			0,01172*
Turb.	NTUs	9,1	17	16	16	15	12	13	12	(13,76 ± 2,68)	51,91	0,000004532*	
Secchi	m	0,21	0,18	0,52	0,63	0,48	0,49	0,45	0,36	(0,42 ± 0,15)			0,0007775*
Prof.	m	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	(1,10 ± 2,37376E-16)			0,007097*
Temp. água	°C	27,9	24,2	26,5	24,6	24,5	26,4	26,3	26	(76,01 ± 40,67)	477,2	0,00000000003241*	
Vento	m/s	0,9	2,6	1,9	2,4	1,3	2,4	1,8	1,8	(1,89 ± 0,58)			0,02067*
NH ₄ ⁺	μmol.L ⁻¹	90,98	159,90	101,43	67,32	41,56	39,47	47,13	60,36	(76,02 ± 40,67)			0,0007775*
NO ₂	μmol.L ⁻¹	0,28	0,78	0,31	0,22	0,38	0,79	0,47	0,53	(0,47 ± 0,21)			0,0007775*
NO ₃	μmol.L ⁻¹	2,97	5,83	2,71	1,83	2,45	0,72	8,69	3,65	(3,61 ± 2,52)	0,5152	0,4847	
PO ₄ ⁻³	μmol.L ⁻¹	0,75	1,51	2,06	2,61	1,06	1,15	1,40	1,25	(1,47 ± 0,59)			0,01571*
SiO ₂ ⁻	μmol.L ⁻¹	0,43	0,40	2,00	3,24	0,40	0,48	0,52	0,71	(1,20 ± 1,04)			0,001616*
NT	μmol.L ⁻¹	214,18	342,69	506,89	349,83	364,10	471,19	749,63	392,66	(423,89 ± 158,49)			0,0007775*
PT	μmol.L ⁻¹	6,78	14,53	9,69	12,59	10,01	9,69	11,95	12,59	(10,98 ± 2,40)	28,44	0,0001058*	
DIN	μmol.L ⁻¹	94,23	166,50	104,44	69,37	44,40	40,98	56,28	64,54	(80,09 ± 41,38)			0,02086*

O oxigênio dissolvido apresentou ampla variação, apresentando fases de hipóxia com valores entre 1,20 a 9,36 mg.L⁻¹ em T3 e T1, obtendo taxas de saturação de 14% a 111%, respectivamente. Os valores de pH mantiveram-se estáveis, com valores entre 6,8 a 9,1 em T2 e T7, caracterizando as águas do rio Bacanga como ácidas a alcalinas.

Em T1, o valor de turbidez foi maior com 17 NTU e no tempo T0 o menor com 9,1 NTU. Os sólidos totais dissolvidos apresentaram valores de 13,09 mg.L⁻¹ em T0 e 112,00 mg.L⁻¹ em T5. O material particulado em suspensão apresentou seu maior valor em T6 com 0,108 mg.L⁻¹ e menor valor em T3 com 0,052 mg.L⁻¹. Quanto à profundidade do disco de Secchi, em T3, verificou-se valor máximo de 0,63 m e mínimo de 0,18 m em T1.

A salinidade apresentou um gradiente crescente ao longo do tempo de sucessão com valores de 26 g/Kg em T0 e 30 g/kg a partir do T2 até o final do estudo (T7). Para a temperatura da água, seus valores variaram entre 24,20°C a 27,90°C em T1 e T0 respectivamente, com uma leve variação e amplitude de 3,7 °C.

Para as taxas de NT, os maiores valores foram de (749,63 μmol.L⁻¹) em T6 e (214,18 μmol.L⁻¹) em T0. Quanto às concentrações dos nutrientes inorgânicos, os valores de NH₄⁺, foram mais elevados em T1 com 159,90 μmol.L⁻¹ e de valor mais baixo em T5 com 39,47 μmol.L⁻¹, apresentando o NH₄⁺ como o principal componente. O NO₂ apresentou maiores valores em T5 com 0,79 μmol.L⁻¹ e menor valor em T3 com 0,22 μmol.L⁻¹. Já para o NO₃ em T5 apresentou-se o menor valor com 0,72 μmol.L⁻¹ e máximo em T6 com 8,69 μmol.L⁻¹. O DIN registrou máximos em T1 (166,50 μmol.L⁻¹) e mínimos em T5 (40,98 μmol.L⁻¹).

As maiores taxas de PT foram em T2 (14,53 μmol.L⁻¹) e menores em T0 (6,78 μmol.L⁻¹). O PO₄³⁻ registrou máximo valor em T3 com 2,61 μmol.L⁻¹ e mínimo de 0,75

$\mu\text{mol.L}^{-1}$ em T0. O SiO_2^- apresentou menores valores em T1 e T4 ($0,40 \mu\text{mol.L}^{-1}$) e maior valor em T3 com $3,24 \mu\text{mol.L}^{-1}$.

Todas as variáveis que apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para One-Way ANOVA foram turbidez, temperatura da água e fósforo total quanto para o teste Kruskal-Wallis (demais variáveis), exceto oxigênio dissolvido e o NO_3^- que não foram significativos.

3.2 CLOROFILA – *a* E DENSIDADE TOTAL

As características das variáveis biológicas e índices ecológicos do perifíton estão resumidas na tabela 2, ocorrendo diferença significativa ($p < 0,05$) das variáveis ambientais entre os dias considerados.

Tabela 2. Valores médios das variáveis biológicas e índices ecológicos da comunidade perifítica do estuário do rio Bacanga nos tempos amostrados. Os asteriscos (*) representam diferença significativa ($p < 0,05$) quanto à análise de variância One-way (ANOVA) e teste de Kruskal-Wallis.

VARIÁVEIS	SUBSTRATO	MÉDIA E DESVIO PADRÃO	One – Way ANOVA		Kruskal-Wallis
			F	p	P
Chl - <i>a</i>	ALUMÍNIO	(1,23 ± 1,05)			0,001745*
Densidade		(64,004 ± 156,37)			0,008809*
Diversidade		(1,55 ± 0,71)			0,0474*
Riqueza		(2,36 ± 0,84)			0,1102*
Equitabilidade		(0,54 ± 0,21)			0,001745*

VARIÁVEIS	SUBSTRATO	MÉDIA E DESVIO PADRÃO	One – Way ANOVA		Kruskal-Wallis
			F	p	P
Chl - <i>a</i>	PVC	(1,88 ± 2,49)			0,001745*
Densidade		(23,356 ± 43,238)			0,003189*
Diversidade		(1,84 ± 0,55)		0,02503*	
Riqueza		(2,57 ± 1,04)	2,473	0,1418*	
Equitabilidade		(0,65 ± 0,14)			0,001745*

No substrato de Alumínio, o maior valor observado de clorofila *a* foi em T4 (3,482 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e o menor valor em T2 (0,226 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (Figura 3). Para o substrato de PVC, o pico de clorofila *a* foi atingido em T3 (7,489 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e o menor valor ocorreu em T4 (0,358 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), apresentando significância para os dois substratos ($p = 0,001745$) (Figura 3).

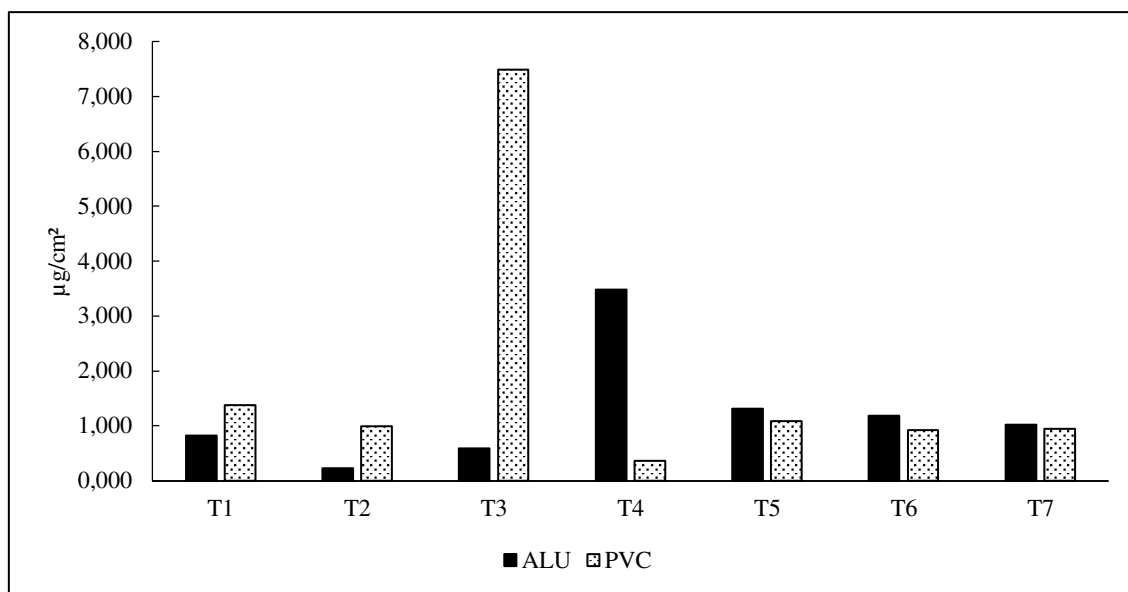


Figura 3. Concentrações de clorofila *a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) nos substratos de alumínio e PVC, nos tempos amostrados no estuário do Rio Bacanga.

Quanto à densidade perifítica, o maior valor foi registrado em T3 para os dois substratos. No substrato de alumínio o maior valor foi de 419 ind. mL^{-1} sendo que para T6 não houve registro de indivíduos. No substrato de PVC, o maior valor foi observado também em T3 com 120 ind. mL^{-1} e o menor em T1 com 1 ind. mL^{-1} , apresentando significância para ambos os substratos (Alumínio e PVC $p=0,001745$) (Figura 4).

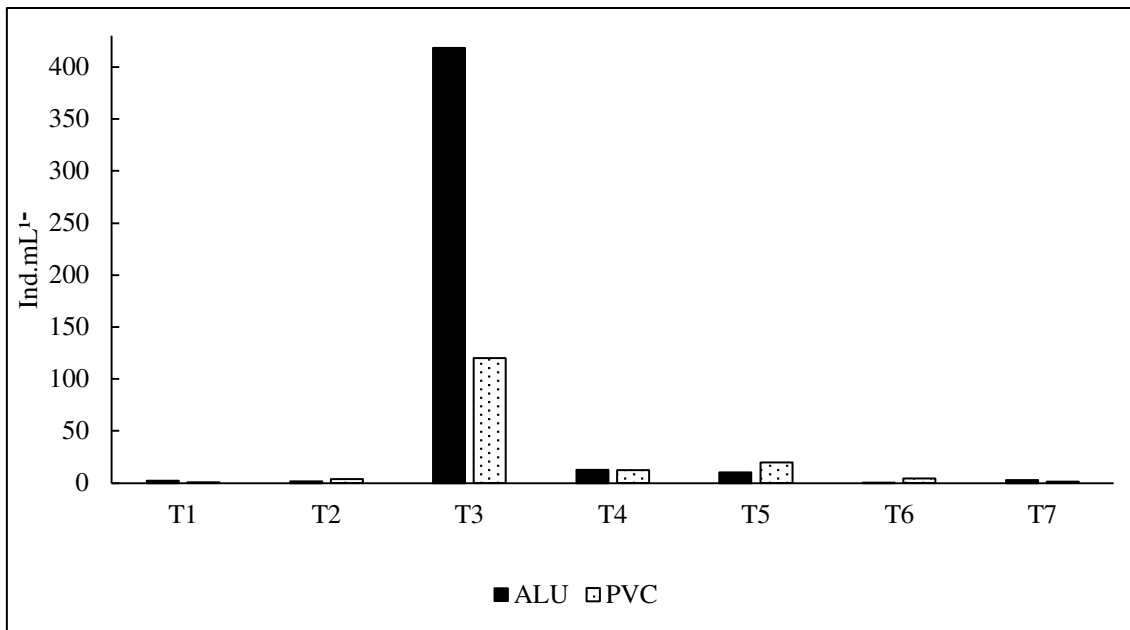


Figura 4. Densidade perifítica (ind.mL⁻¹) nos substratos de Alumínio e PVC, nos tempos amostrados no estuário do Rio Bacanga.

Juntamente com a colonização do perifíton, foi registrada a presença de organismos incrustantes nas placas de alumínio e PVC, os quais foram identificados sendo uma craca da espécie *Amphibalanus improvisus* (Darwin 1854). Seu surgimento foi observado desde o início da colonização com registros em T2 recobrando 49,61% da área ocupada em alumínio e 6,15% em PVC. O pico de ocupação e dominância desse grupo ocorreu em T7 com 99,23% em alumínio, sendo esta a maior taxa de ocupação nesse substrato, e em PVC o pico de ocupação ocorreu em T6 com 94,23% sendo essa a maior taxa de ocupação para tal substrato (Figura 5). Além de cracas, briozoários, nematódeos e talos de algas verdes não identificadas a partir de T4.

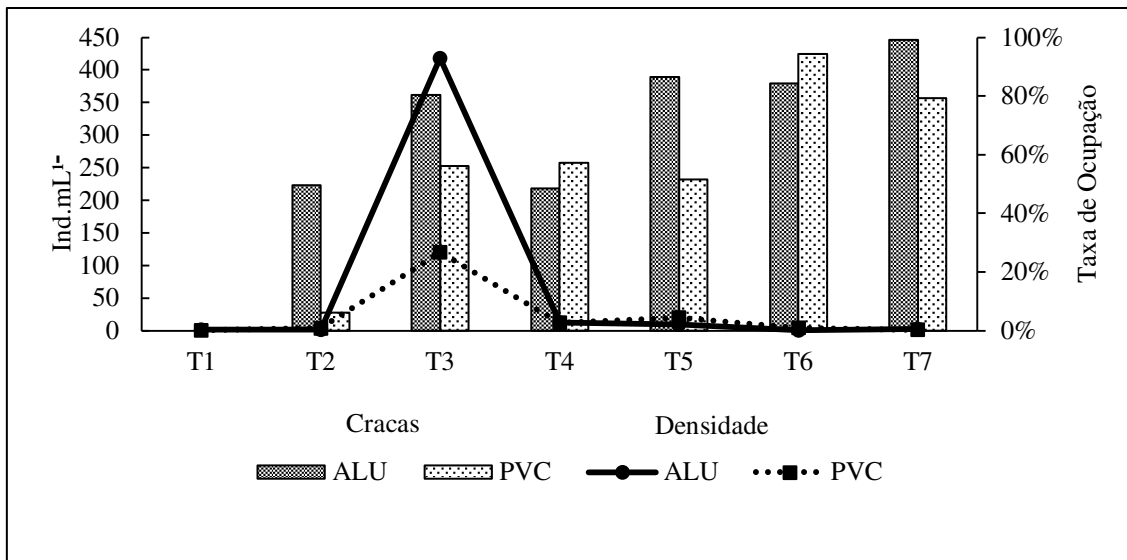


Figura 5. Densidade perifítica (ind.mL⁻¹) e taxa de área ocupada (%) por *Amphibalanus improvisus* nos tempos amostrados no estuário do Rio Bacanga.

A composição perifítica foi determinada por 51 táxons identificados a nível genérico e infragenérico, distribuído em três divisões: Bacillariophyta (80,39%), Cianobactéria (15,69%) e Miozoa (3,92%) (Figura 6).

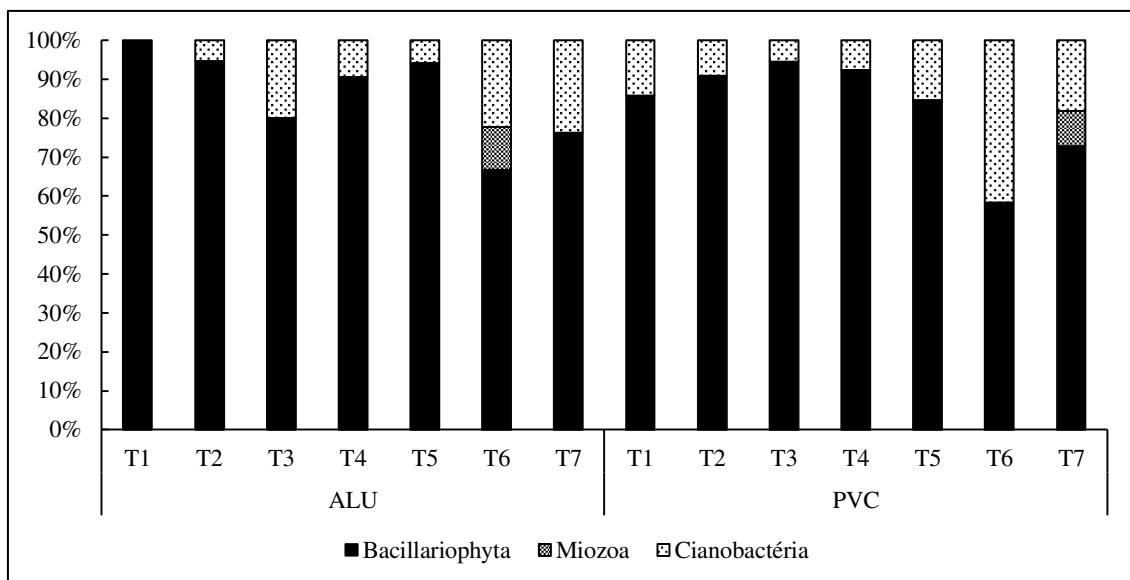


Figura 6. Distribuição dos táxons de perifíton nos substratos de Alumínio e PVC, nos tempos amostrados, no estuário do Rio Bacanga.

De acordo com o índice de dominância (tabela 3) foram consideradas as espécies com $Y > 0,100$ sendo as diatomáceas o grupo dominante no processo de colonização perifítica.

Tabela 3. Espécies dominantes da comunidade perifítica do estuário do rio Bacanga.

Substrato	Espécies Dominantes	Dominância Y
Alumínio	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,254
	<i>Cymbella</i> sp.	0,197
	<i>Navicula</i> sp.	0,144
	<i>Navicula trinpuctata</i>	0,113
Substrato	Espécies Dominantes	Dominância Y
PVC	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,196
	<i>Navicula</i> sp.	0,127
	<i>Navicula trinpuctata</i>	0,184
	Morfotipos	Dominância Y
	penada sp ₁	0,147
penada sp ₄	0,132	

Para o índice de Constância (tabela 4) a comunidade perifítica apresentou 25 dos seus táxons categorizados como ACIDENTAIS (18 diatomáceas; 2 dinoflagelados; 4 cianobactérias; 1 Ochorophyta), 13 táxons como RESIDENTES (11 diatomáceas e 2 cianobactérias) e 13 táxons como VISITANTES (11 diatomáceas e 2 cianobactérias). Tais índices foram baseados apenas nas análises quantitativas.

Tabela 4. Lista de táxons identificados no Estuário do Rio Bacanga, com a porcentagem de ocorrência (%) em todas as amostras (n = 14) com OT = Ocorrência Total, classificação para o Índice de Constância (IC) com categorias: R = Residente, V = Visitante e A = Acidental.

TÁXON	OT (%) = 14	IC
BACILLARIOPHYTA		
BACILLARIOPHYTINA		
BACILLARIOPHYCEAE		
BACILLARIOPHYCIDAE		
BACILLARIALES		
BACILLARIACEAE		
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	64	R
<i>Nitzschia</i> sp ₁	43	V
<i>Nitzschia</i> sp ₂	7	A
<i>Nitzschia</i> sp ₃	43	V
CYMBELLALES		
CYMBELLACEAE		
<i>Cymbella</i> sp.	79	R
GOMPHONEMATACEAE		
<i>Encyonema</i> sp.	43	V
<i>Gomphoneis</i> sp.	7	A
<i>Gomphonema</i> sp.	7	A
NAVICULALES		
DIPLONEIDINEAE		
DIPLONEIDACEAE		
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	7	A
NAVICULINEAE		
NAVICULACEAE		
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	7	A
<i>Navicula</i> sp	86	R
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory in Bory de Saint-Vincent	71	R
PLEUROSIGMATACEAE		
<i>Pleurosigma</i> sp ₁	100	R

<i>Pleurosigma</i> sp ₂	71	R
STAURONEIDACEAE		
<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D.G.Mann in Round, R.M.Crawford & D.G.Mann	36	V
NEIDIINEAE		
AMPHILEURACEAE		
<i>Amphipleura</i> sp.	7	A
THALASSIOPHYSALES		
CATENULACEAE		
<i>Amphora</i> sp ₁	29	V
<i>Amphora</i> sp ₂	14	A
FRAGILARIOPHYCIDAE		
TABELLARIALES		
TABELLARIACEAE		
<i>Meridion</i> sp.	43	V
THALASSIONEMATALES		
THALASSIONEMATACEAE		
<i>Thalassionema</i> sp.	71	R
MEDIOPHYCEAE		
THALASSIOSIROPHYCIDAE		
STEPHANODISCALES		
STEPHANODISCACEAE		
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	57	R
<i>Cyclotella</i> sp.	36	V
THALASSIOSIRALES		
SKELETONEMATACEAE		
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	7	A
THALASSIOSIRACEAE		
<i>Thalassiosira</i> sp.	43	V
COSCINODISCOPHYTINA		
COSCINODISCOPHYCEAE		

COSCINODISCOPHYCIDAE		
COSCINODISCALES		
COSCINODISCACEAE		
<i>Coscinodiscus</i> sp.	21	A
MELOSIROPHYCIDAE		
MELOSIRALES		
MELOSIRACEAE		
<i>Melosira nummuloides</i> C.Agardh	57	R
PARALIACEAE		
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	7	A
CYANOBACTERIA		
CYANOPHYCEAE		
OSCILLATTORIOPHYCIDAE		
OSCILATORIALES		
COLEOFASCICULACEAE		
<i>Geitlerinema</i> sp.	57	R
MICROCOLEACEAE		
<i>Planktotrix</i> sp.	29	V
OSCILLATORIACEAE		
<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont	7	A
<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher ex Gomont	21	A
<i>Oscillatoria</i> sp.	57	R
<i>Phormidium</i> sp.	14	A
SYNECHOCOCCOPHYCIDAE		
SYNECHOCOCCALES		
PSEUDANABAENACEAE		
<i>Jaaginema</i> sp.	21	A
<i>Pseudanabaena</i> sp.	29	V
MIOZOA		

MYZOOZA		
DINOZOA		
DINOFLAGELLATA		
DINOPHYCEAE		
PROROCENTRALES		
PROROCENTRACEAE		
<i>Prorocentrum</i> sp.	14	A
PERIDINIALES		
PROTOPERIDINIACEAE		
<i>Protoperidinium</i> sp.	7	A
OCHROPHYTA		
CHRYSOPHYCEAE		
CHROMULINALES		
DINOBRYACEAE		
<i>Dinobryon</i> sp.	7	A
MORFOTIPOS		
penada sp ₁	71	R
penada sp ₂	14	A
penada sp ₃	7	A
penada sp ₄	79	R
penada sp ₅	36	V
penada sp ₆	29	V
penada sp ₇	21	A
penada sp ₈	7	A
penada sp ₉	29	V
penada sp ₁₀	7	A
penada sp ₁₁	7	A
penada sp ₁₂	14	A
penada sp ₁₃	7	A

Em relação aos índices ecológicos, (figura 7) comunidade perifítica apresentou uma baixa diversidade de espécies (H'), com média de 1,55 bits.cell⁻¹ (substrato ALU) e 1,84 bits.cell⁻¹ (substrato PVC). A riqueza foi baixa ao longo do estudo, com valores médios de 2,36 (substrato ALU) e 2,57 (substrato PVC). A uniformidade (J) apresentou-se baixa, com valores 0,54 (substrato ALU) e 0,65 (substrato PVC).

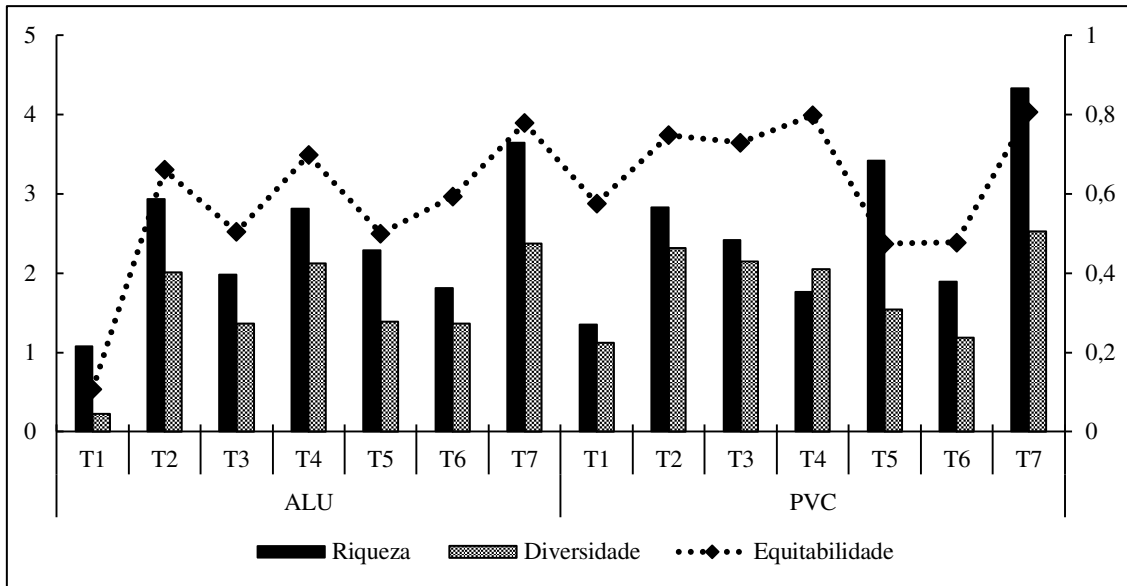


Figura 7. Índices ecológicos nos substratos de Alumínio e PVC, nos tempos amostrados no estuário do Rio Bacanga.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

De acordo com a Análise de Componentes Principais (ACP) os três primeiros fatores explicaram 75,32% das variações ocorridas no ambiente, acumuladas nos dois primeiros eixos. (Figura 8 e Tabela 5).

Tabela 5. Análise dos componentes principais (ACP) das concentrações de clorofila *a*, densidade perifítica e variáveis ambientais no estuário do rio Bacanga.

		Fator 1	Fator 2	Fator 3
	Autovalores	7,130552	4,521645	4,168463
	% total	33,95501	21,53164	19,84982
Variáveis	Abreviações na ACP	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Oxigênio Dissolvido	OD	0,694244	0,110301	-0,598711
Potencial hidrogeniônico	pH	-0,176196	-0,803580	-0,137313
Salinidade	Sal	-0,471001	-0,572695	-0,540942
Sólidos Totais Dissolvidos	TDS	0,010324	-0,456925	0,127087
Material Particulado em Suspensão	MPS	0,521052	-0,702086	-0,373107
Turbidez	NTU	-0,723132	-0,542120	0,156264
Secchi	Secchi	-0,569508	0,193720	-0,656800
Temperatura da Água	Temp. água	0,493988	0,066804	0,666861
Vento	Ventos	-0,554274	0,094720	-0,591326
Íon Amônio	NH4	0,070612	0,919157	-0,379093
Nitrito	NO-2	0,335600	-0,088863	-0,577188
Nitrato	NO-3	0,322825	0,033810	-0,585875
Ortofosfato	PO-4	-0,912563	0,204846	-0,173661
Silicato	SiO2	-0,919030	0,188734	0,195928
Nitrogênio Total	NT	0,008158	-0,501334	-0,402819
Fósforo Total	PT	-0,380737	0,030445	-0,852652
Nitrogênio Inorgânico Dissolvido	DIN	0,090922	0,905134	-0,411520
Densidade no Alumínio	Dens_ALU	-0,929295	0,038902	0,190267
Clorofila <i>a</i> no Alumínio	Chl-a_ALU	0,117656	-0,690560	-0,257801
Densidade no PVC	Dens_PVC	-0,937249	-0,055176	0,202228
Clorofila <i>a</i> no PVC	Chl-a_PVC	-0,957711	0,069016	0,046482

O fator 1 explicou 33,95% das variações (figura 8) associando diretamente as concentrações de clorofila *a* e densidade perifíticas (substrato PVC) assim como, densidade perifítica (alumínio) com: ortofosfato (DIP), silicato, turbidez, secchi e ventos.

Sendo inversamente ao oxigênio dissolvido e MPS. O fator 2 explicou 21,53% das variações, com associação direta dos valores de clorofila *a* (substrato de alumínio) ao pH, MPS, turbidez e nitrogênio total que se correlacionaram inversamente ao íon amônio e ao DIN.

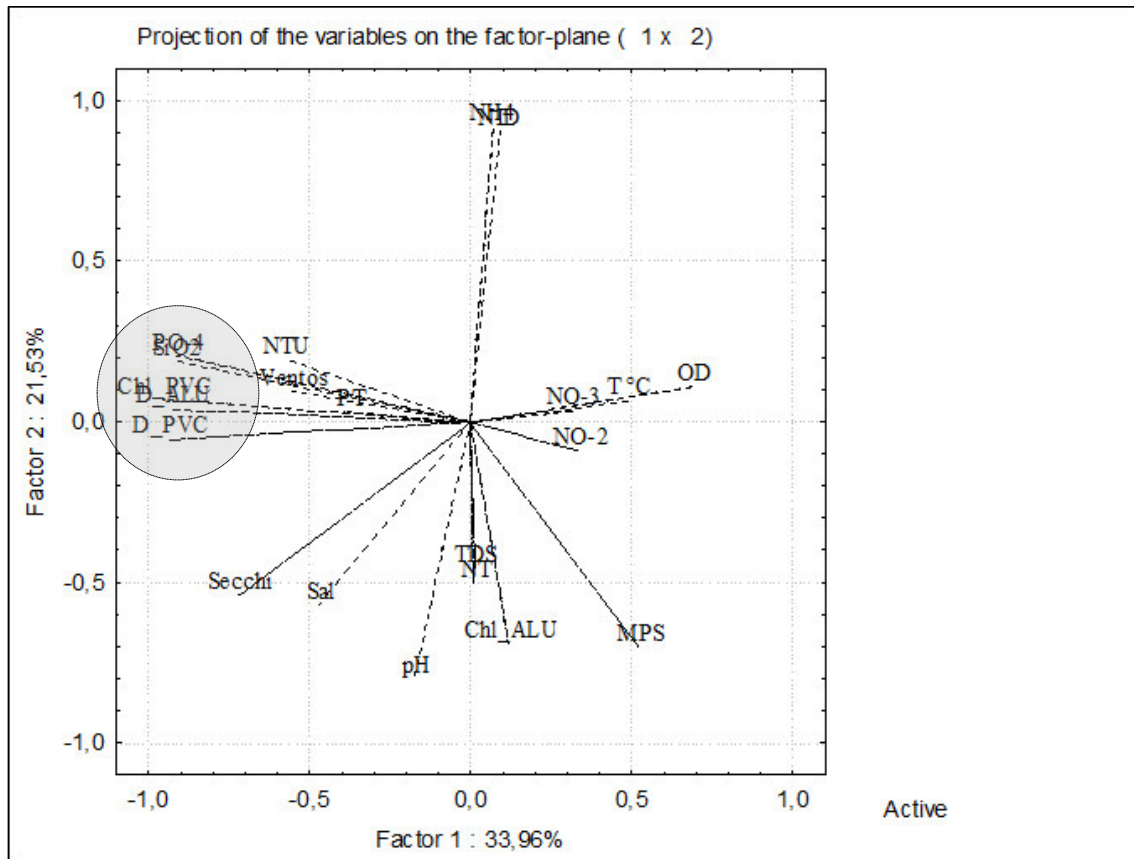


Figura 8. Análise de Componentes Principais das unidades amostrais do estuário do Rio Bacanga.

Para o substrato de alumínio, a CCA resumiu 78,16% das relações entre as espécies e variáveis ambientais. O primeiro eixo (45,35%) mostrou que a *Cylindrotheca closterium* foi fortemente influenciada pelas concentrações de nitrito em T1. *Cymbella* sp. e *Encyonema* sp. se correlacionaram com as concentrações de nitrato em T4 e *Navicula tripunctata* em T7. As cianobactérias *Oscillatoria* sp. e *Planktothrix* sp. se correlacionaram com o nitrogênio total em T6. O eixo 2 (32,81%) mostrou que a *Navicula*

sp., *Navicula tripunctata*, *Thalassionema* sp. e complexo Penada se correlacionaram em T4 (Figura 9).

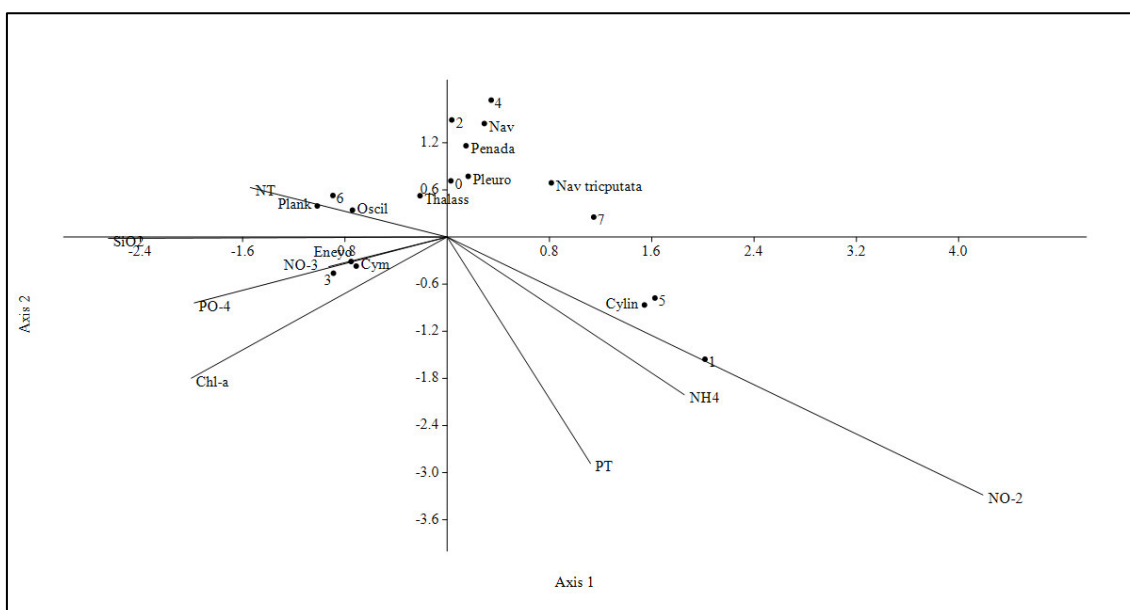


Figura 9. Análise de correspondência Canônica das unidades amostrais do substrato de Alumínio, onde: SiO₂ – silicato; PO₄ – ortofosfato; Chl-*a* – clorofila *a*; NO₃ – nitrato; NT – nitrogênio total; PT – fósforo total; NH₄ – íon amônio; NO₂ – nitrito; Cylin – *Cylindrotheca closterium*; Nav tripucputata - *Navicula tripunctata*; Pleuro – *Pleurosigma* sp.; Penada – complexo penada; Nav – *Navicula* sp.; Thalass – *Thalassionema* sp.; Oscil – *Oscillatoria* sp.; Plank – *Planktothrix* sp.; Ency – *Encyonema* sp.; Cym – *Cymbella* sp.; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – tempos.

Para o substrato de PVC, a CCA resumiu 94,65% das relações entre as espécies e as variáveis ambientais. O primeiro eixo (50,28%) mostrou que *Oscillatoria* sp. e *Planktothrix* sp. se correlacionaram com o nitrogênio total e sua forma de nitrato em T6. O eixo 2 (44,37%) apresenta *Cylindrotheca closterium* se correlacionando fortemente com o nitrito em T1 e T5, *Encyonema* sp. e complexo Penada em T6 e *Cymbella* sp. e *Navicula* sp. em T2 e T3 (Figura 10).

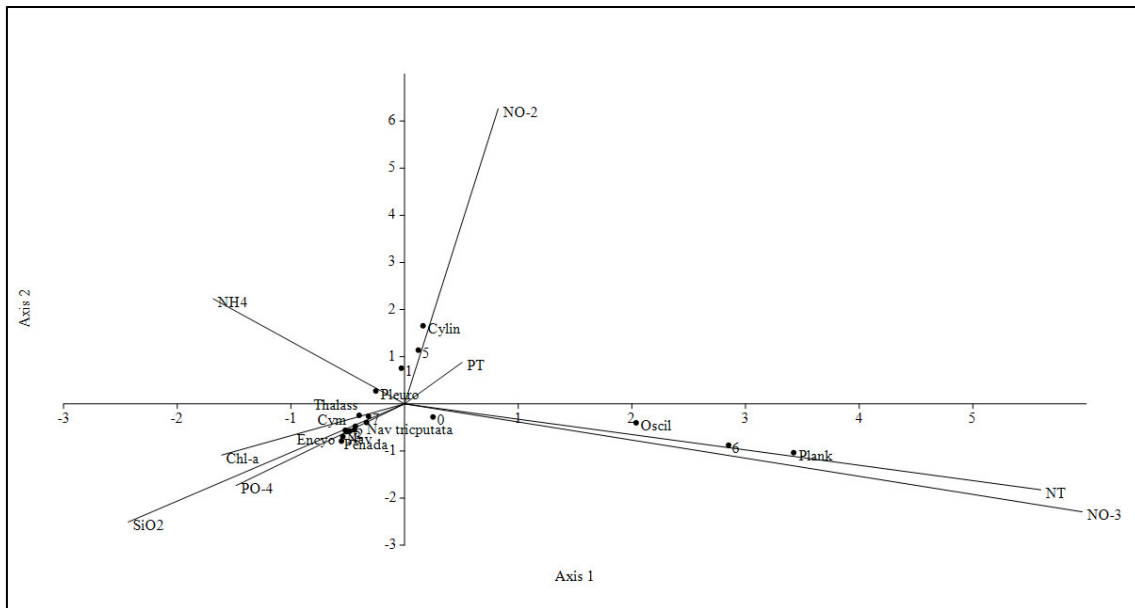


Figura 10. Análise de correspondência Canônica das unidades amostrais do substrato de PVC, onde: SiO₂ – silicato; PO-4 – ortofosfato; Chl-a – clorofila *a*; NO-3 – nitrato; NT – nitrogênio total; PT – fósforo total; NH₄ – íon amônio; NO-2 – nitrito; Cylin – *Cylindrotheca closterium*; Nav tripucputata - *Navicula tripunctata*; Pleuro – *Pleurosigma sp.*; Penada – complexo penada; Nav – *Navicula sp.*; Thalass – *Thalassionema sp.*; Oscil – *Oscillatoria sp.*; Plank – *Planktothrix sp.*; Encyo – *Encyonema sp.*; Cym – *Cymbella sp.*; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – tempos.

Tabela 6. Síntese dos resultados da Análise de Correspondência Canônica.

	Substrato			
	ALU		PVC	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	0,73	0,53	0,74	0,65
Porcentagem da variância	45,35	32,81	50,28	44,37

Quanto as correlações lineares, no substrato de alumínio a densidade de *Cylindrotheca closterium* se correlacionou com o fósforo total (0,97) e nitrogênio total (0,91) assim como, *Pleurosigma sp.* com o nitrogênio total (0,94). As densidades do complexo Penada são fortemente influenciadas pelo silicato (0,98) e as concentrações de clorofila *a* (0,91) pelo íon amônio (0,95).

Para o substrato de PVC, as densidades das espécies são fortemente influenciadas com os nutrientes: complexo Penada (0,98) com o fósforo total, *Pleurosigma* sp. (0,97) com o nitrogênio total, *Oscillatoria* sp. (0,92) com o ortofosato e *Planothrix* sp. (0,92) com o nitrito e as concentrações de clorofila *a* esteve fortemente correlacionada com o íon amônio (0,95).

4 DISCUSSÃO

Nosso trabalho mostrou que a clorofila *a* e a densidade perifítica foram influenciadas pelas concentrações de silicato da coluna d'água, devido aos maiores valores de salinidade e temperatura, o aporte de sais é bem mais elevado, condicionando a distribuição dos organismos (NAYAR; GOH; CHOU, 2005). Isso se deve ao fato de que o experimento ocorreu durante a estiagem, período que é caracterizado pela maior transparência da água e maior ação dos ventos que ressuspende os nutrientes na coluna d' água disponibilizando-os para os organismos fotossintetizantes, favorecendo principalmente as diatomáceas, que possuem alta taxa de crescimento, alta taxa de fecundidade, potencial de dispersão e baixa competitividade (AZIM; ASAEDA, 2005), predominando as formas penadas, que no estuário do rio Bacanga foram as colonizadoras iniciais em substrato artificial.

A clorofila *a* apresentou valores baixos durante todo o período mesmo com a disponibilidade de nutrientes, maior transparência da água e ação dos ventos. Isso pode ser explicado devido a ação dos fatores físicos, como turbulência e velocidade da correnteza, que podem provocar a exportação de formas frouxamente aderidas diminuindo as concentrações de clorofila *a* no meio (MARTINS & FERNANDES 2011).

A baixa densidade de algas perifíticas foi influenciada pela elevada taxa de *Amphibalanus improvisus*. JOUCHI; SATUITO; KITAMURA (2007) relata que um açúcar produzido na fotossíntese pela diatomácea *Navicula* induz a fixação de cracas do

gênero de *Amphibalanus*. De acordo com FUSETANI (2004) larvas de invertebrados fixam-se em substratos adequados onde ocorre sua metamorfose quando juvenis. Em relação ao substrato, o de PVC houve uma redução na ocupação de cracas, possivelmente devido à lixiviação de produtos químicos que a afetam a comunidade periférica (KESHAVANATH et al., 2001).

A sucessão foi caracterizada pela maior abundância de pequenas espécies de diatomáceas de crescimento rápido, durante todo o estudo, e de cianobactérias, que foi o segundo grupo mais representativo, de crescimento lento mais abundantes nos tempos finais de sucessão (FELISBERTO; RODRIGUES 2012; NAYAR; GOH; CHOU, 2005; 2003).

As diatomáceas apresentam estratégias adaptativas com alta resistência a distúrbios físicos, grande capacidade de adesão a substratos, altas taxas de migração e tamanho relativamente pequeno (BIGGS; STEVENSON; LOWE 1998; STOERMER; JULIUS, 2003). As cianobactérias apresentam características que explicam sua grande abundância em ambientes perturbados, tais como tolerância a variação de temperatura e capacidade de armazenamento de fósforo e formas nitrogenadas (WHITTON, 1992). Os gêneros que compuseram esta classe nesse estudo apresentavam tipo morfológico filamentosos, que segundo FELISBERTO; RODRIGUES (2005) possuem como estratégia a capacidade de movimentação ao redor do substrato. Segundo BIGGS; STEVENSON; LOWE (1998) as diatomáceas são consideradas espécies r-estrategistas, enquanto que as cianobactérias estão entre as C-R estrategistas.

Cylindrotheca closterium foi a espécie mais abundante em todo o trabalho. Segundo NAJDEK; BLAZINA; DJAKOVAC; KRAUS (2005) essa espécie apresenta uma célula menor que outras diatomáceas, permitindo que sobreviva à turbulência na coluna d' água, sem danos biofísicos. O gênero *Cymbella* sp., também dominante ao

longo do estudo, é citada por (BIGGS; STEVENSON; LOWE 1998) como espécie pertencente ao grupo particular (seleção R) de espécies pequenas, colonizadoras, com rápido crescimento e são encontradas em ambientes perturbados, com fornecimento de recursos de moderado a alto. Possui mecanismo de adaptação à diversos substratos, como pedúnculos de fixação e poros mucilaginosos que facilitam a adesão ao substrato (HOAGLAND; ROEMER; ROSOWSKI, 1982; RODRIGUES; BICUDO 2004). Os dinoflagelados foram o terceiro grupo com menor representatividade, podendo ser explicado, pelo fato de serem associados a ambientes ricos em oxigênio dissolvido e seu estabelecimento é dificultado em sistemas eutróficos, nos quais há depleções periódicas deste gás (POLLINGHER, 1988) como registrada na área de estudo.

5 CONCLUSÃO

A comunidade perifítica é fortemente influenciada pelas concentrações de silicato, salinidade e pela temperatura. A disponibilidade de nutrientes associada a transparência da água e ação dos ventos favoreceu o predomínio de diatomáceas, tais como *Cylindrotheca closterium*, *Cymbella* sp. caracterizadas como espécies colonizadoras da comunidade perifítica local. Como é de se esperar, o domínio dessas espécies provoca um impacto ecológico sobre a comunidade de algas perifíticas definido pela baixa diversidade, equitabilidade e riqueza de espécies, traduzidos pela baixa clorofila e densidade ao final da colonização. O surgimento de organismos exóticos, como as cracas *Amphibalanus improvisus* exerceu um papel importantíssimo na distribuição perifíticas comprometendo o sucesso da colonização. Com base nisto, este estudo compreende-se com um forte registro para o conhecimento dos fatores que controlam a estrutura perifítica e estabelecimento das espécies durante um processo de colonização em ambientes estuarinos tropicais hipereutrófico.

AGRADECIMENTOS

Ao laboratório de Ficologia do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e ao professor Dr. Marco Valério Jansen Cutrim, por financiar e disponibilizar a logística e infraestrutura para a realização das coletas e análise do material.

6 REFERÊNCIAS

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, Port City Press. cap.1:34-38 p. 2001.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC. 2012.

AZEVEDO, A. C. G. Composição florística das diatomáceas (Bacillariophyceae) epifíticas em duas espécies de *Bostrychia Montagne* (Rhodophyta). *Insula*, 28: 101 – 148. 1999.

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. *Bol. Lab. Hidrobiol.*, 12:13-22. 1999.

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: excluindo Naviculales e Bacillariales. *Bol. Lab. Hidrobiol.*, 13:1-17. 2000.

AZEVEDO, A. C. G.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, v.22, n. 3, p. 870-877, 2008.

AZIM, M. E.; ASAEDA, T. Periphyton structure, diversity and colonization. In AZIM, M. E., BEVERIDGE, M. C. M., VAN DAM, A. A.; VERDEGEM, M. C. J. (Eds.). *Periphyton: ecology, exploitation and management*. Cambridge: CABI Publishing. p. 15-34. 2005.

- BIGGS, B. J. F.; STEVENSON, R. J.; LOWE, R. L. A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Archiv für Hydrobiologie*.143: 21-56. 1998.
- CALLAWAY, R.; GRENFELL, S.; LØNBORG, C. Small estuaries: Ecology, environmental drivers and management challenges. *Estuar Coast and Shelf Sci.*, 150. 193-195. 2014.
- DAJOZ, R. *Ecologia geral*. Petrópolis: Vozes, 1983. 472 p.
- DUARTE-DOS-SANTOS, A. K.; CUTRIM, M. V. J.; FERREIRA F. S.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G.; ARAÚJO, B. O.; OLIVEIRA, A. L. L.; FURTADO, J. A.; DINIZ, S. C. D. Aquatic life protection index of na urban river Bacanga basin in northern Brazil, São Luís – MA. *Braz. J. Biol.* <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.01016>. 2016.
- FELISBERTO, S. A; RODRIGUES, L. Comunidade de algas perifíticas em reservatórios de diferentes latitudes. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. São Carlos: Ed. Rima. Cap. 8. P. 97-114. 2005.
- FELISBERTO, S. A.; RODRIGUES, L. Dinâmica sucessional de comunidade de algas perifíticas em um ecossistema lótico subtropical. *Rodriguésia* 63 (2): 463-473. 2012.
- FUSETANI, N. Biofouling and antifouling. *Nat. Prod. Rep.* 21 (9), 4-10. 2004.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. *Methods for physical and chemical analisys of freshwater*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, p. 213, 1978.
- GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. *Methods of sea water analisis*. 2. ed. Verlag Chemie, New York, v. 16, n. 3, p.581-614, 419 p. 1983.
- GUIRY, M. D.; GUIRY, G.M. *AlgaeBase: World-wide electronic publication* National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 10 December 2016.
- KESHAVANATH, P.; GANGADHAR, B.; RAMESH, T. J.; ROOIJ, J. M. VAN.; BEVERIDGE, M. C. M.; BAIRD, D. J., VERDEGEM, M. C. J., DAM, A. A. VAN. Use of artificial substrates to enhance production of freshwater herivorous fish in pond culture. *Aquac Res*, 32, 189-197. 2001.

- KOROLEFF, K. Determination of phosphorus. In: GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. (Eds). Methods of sea water analysis. 2ed. Verlag Chemie, Weinheim, v. 9, n. 1, p. 125-39. 1983.
- HAVENS, K. E.; EAST, T. L.; MEEKER, R. H., DAVIS, W. P.; STEINMAN, A. D. Phytoplankton and periphyton responses to in situ experimental nutrient enrichment in a shallow subtropical lake. J Plankton Res. 18: 551-566. 1996.
- HECKY, R. E.; HESSLEIN, R. H. Contributions of benthic algae to lake food webs as revealed by stable isotope analysis. J. North Am. Benthological Soc. 14: 631-653. 1995.
- HOAGLAND, K. D.; ROEMER, S. C; ROSOWSKI, J. R. Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). American Journal of Botany 69: 188-213. 1982.
- JOUCHI, T.; SATUITO, C. G.; KITAMURA H. Sugar compound products of the periphytic diatom *Navicula ramossisima* induce larval settlement in the barnacle *Amphibalanus amphitrite*. Mar. Biol., 152: 1065–1076. 2007.
- LOCK, M. A.; WALLACE, R. R.; COSTERTON, J. W.; VENTULLO, R. M.; CHARLTON, S. E. River epilithon: toward a structural-functional model. Oikos, v.42: p.10-22, 1984.
- LORENZEN, C. J. Determination of Chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. Limnology and Oceanography. Vol. 12 Issue 2. p. 343-346. 1967.
- MARGALEF, R. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In: BUZZATI-TRAVERSO, A. A. (Ed.). Perspectives in Marine Biology. Berkeley: Universidade California Press, p. 323-349. 1958.
- MARTINS, F. C. O; FERNANDES, V. O. Biomassa e composição elementar (C, N e P) da comunidade perifítica no alto rio Santa Maria da Vitória, Espírito Santo, Brasil. Braz. J. Aquat. Sci. Technol. 15(1): 11-18. 2011.
- MOURA, A., PASSAVANTE, J. Z. O.; FEITOSA, F. A. N. Biomassa de algas perifítica em substrato artificial nos estuários dos rios Paripe e Igarassu-Ilha de Itamaracá – Pernambuco. Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco, Recife, 23:17-23. 1995.

- NAJDEK, M.; BLAZINA, M.; DJAKOVAC, T.; KRAUS, R. The role of the *Cylindrotheca closterium* in a mucilage event in the northern Adriatic Sea: coupling with high salinity water intrusions. J Plankton Res. vol. 27. n. 9. 851-862. 2005.
- NAYAR, S., GOH, B. P. L., CHOU, L. M. In situ microcosms to study the impact of heavy metals resuspended by dredging on periphyton in a tropical estuary. Aquat Toxicol. 64, 294-306. 2003.
- NAYAR, S., GOH, B. P. L., CHOU, L. M. Settlement of marine periphytic algae in a tropical estuary. Estuar Coast and Shelf Sci 64, 241-248. 2005.
- PITOMBEIRA, E. DA S.; MORAIS, J. O. DE. Comportamento hidrodinâmico e sedimentológico do estuário do Rio Bacanga (São Luís, Estado do Maranhão, Brasil). Arq. Ciênc. Mar. Fortaleza., v. 17, n. 2, p.165-174, 1977.
- POLLINGHER, U. Freshwater armored dinoflagellates: growth, reproduction strategies, and population dynamics. In Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton (C. D. Sandgren, ed.). Cambridge University Press, Cambridge, p.134-174. 1988.
- RODRIGUES, L.; BICUDO, D. C. Periphytic Algae. In The Upper Paraná River and its Floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation. S.M. Thomaz, A. A. Agostinho & N.S. Hahn, eds.). Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers, pp. 125-143. 2004.
- ROS, J. Práticas de ecologia. Barcelona, Editorial Omega. 181 p. 1979.
- SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. B Sci Technol Soc. v. 27, p. 379-423, 1948.
- STEVENSON, R. J. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habits. In: R.J. Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe (eds.). Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems. Academic Press, San Diego, p. 3-30. 1996.
- STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. S. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, v. 167, n. 2, p. 1-205. 1972.
- STOERMER, E. F; JULIUS, M. L. Centric diatoms. In: Wehr, J.D. & Sheath, R.G. (eds). Freshwater algae of North America: ecology and classification. Academic Press, San Diego. Pp. 559-594. 2003.

UEHLINGER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. Arch. Sci. 17(2):121-123. 1964.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-Methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie. 9:1-38. 1958.

VADEBONCOEUR, Y.; STEINMAN, A. D. Periphyton Function in Lake Ecosystems. The Scientific World Journal 2: 1-20. 2002.

VALENTIN, J. L.; MACÊDO-SAIDAH, F. E.; TENEBBAUM, D. R.; SENA, N. L. A. Diversidade específica para análise das sucessões fitoplanctônica. Aplicação ao Ecossistema de ressurgência de Cabo Frio (RJ). Nerítica. Pontal do Sul: v. 6, n.1/2, p. 7-26. 1991.

VALENTIN, J. L. Ecologia numérica. Rio de Janeiro: Interciência, 117 p. 2000.

WETZEL, R. G. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. Verh. Int. Ver. Limnol. 24: 6-24, 1990.

WETZEL, R. G. Limnologia. Lisboa: Fundação Calouste Goulbekian, 919 p. 1993.

WHITTON, B. A. Diversity, Ecology and Taxonomy of Cyanobacteria. In: MANN, N. G & CARR, N. G. Photosynthetic Prokaryotes. New York: Plenum Press. p. 1-51. 1992.

ANEXOS



INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Escope and politics

The Brazilian Journal of Oceanography covers the entire spectrum of disciplines within the science of oceanography, publishing articles dealing with the biological oceanography, physical oceanography, marine chemistry, sedimentology and geology, from coastal and estuarine waters out to the open sea. Emphasis is placed on interdisciplinary process-oriented contributions. BJO also publishes issues dedicated to results of scientific meetings and of large inter-disciplinary studies or topical issues on specific subjects.

The audience is composed by physical, chemical and biological oceanographers, marine sedimentologists, geologists and geochemists, marine biologists and ecologists.

Papers sent to BJO must present results from original research and be written in English.

The manuscript should be sent to the editor who verifies its property in relation to the scope of the periodical. Manuscripts are critically evaluated by two reviewers. The Editor decides on acceptance or rejection. Acceptable manuscripts are usually returned to the author for consideration of comments and criticism.

The BJO publishes articles in three formats, as follows, but review articles are occasionally accepted.

- a) Original article: up to 30 pages, figures and tables included;
- b) Note: up to 07 pages, figures and tables included;
- c) Review article: up to 50 pages, figures and tables included

Important: Authors must submit six (06) names of potential reviewers for the manuscript, among the experts of recognized competence in the area.

There is no charge for articles submission and evaluation.

Organization of the manuscript

Article and Review

Organization of the manuscript Article and Review

The desirable style of organization of a manuscript is as follows:

Title - Must be brief and indicative of the objective of the paper.

Author(s) - Full name(s) of the author(s) should be provided.

Affiliation(s) - The author(s) affiliation(s) and address for correspondence should be given.

Running title - A brief running title should be provided, not exceeding 50 characters, including spaces.

Abstract - The Article and Review papers should include a brief abstract, not exceeding - 200 words.

Resumo - In Portuguese, located below the Abstract, without paragraphs, should not exceed - 200 words.

Descriptors - A maximum of eight descriptive descriptors should be listed below the "Resumo".

Introduction

Material and Methods

Result

Discussion

Acknowledgements

Organization of the Notes

Title - Should be short and indicative of the objective of the paper.

Author(s) - Full name(s) of the author(s) should be provided.

Affiliation(s) - The author(s) affiliation(s) and address for correspondence should be given.

Running title - Running head of title should be indicated, not exceeding 50 characters including spaces.

Full text

Acknowledgements

References-

The references must follow Norma ABNT/ NBR 6023. The reference list should be in alphabetical order according to the family name of the first author. A perfect correspondence should exist between citations in the text and the list provided in the Reference section. - References should be complete, including the family names of the authors cited, year of publication, complete title of the article, standard abbreviation of the journal title, volume, issue and page numbers (beginning and ending). Journal title should be abbreviated according to the World List of Scientific Periodicals.

Note: BJO does not accept bibliographic references of unpublished papers, theses, dissertations, abstracts and reports.

Formulas, Graphics, Tables and Figures should display numbers with English score for the semicolons. Follow the instructions in the online submission system: <http://www.sgponline.com.br/bjo/sgp/>

Sending of manuscripts

The originals will have to be directed by

<http://www.sgponline.com.br/bjo/sgp/>

[\[Home\]](#) [\[About the journal\]](#) [\[Editorial board\]](#) [\[Subscriptions\]](#)

All the content of the journal, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons License](#)

Praça do Oceanográfico, 191 - Cidade Universitária

05508-120 - São Paulo - SP - Brasil

Tel.: (+55) 11-3091-6501

Fax: (+55) 11-3032-3092



io@usp.br