



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA – MESTRADO**

**DESCRITORES AMBIENTAIS DA QUALIDADE DA ÁGUA E COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA DA BAÍA DE SÃO JOSÉ, MARANHÃO – BRASIL**

Ronessa Cleomara Queiroz Carvalho

São Luís – MA

2018

RONNESSA CLEOMARA QUEIROZ CARVALHO

**DESCRITORES AMBIENTAIS DA QUALIDADE DA ÁGUA E COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA DA BAÍA DE SÃO JOSÉ, MARANHÃO - BRASIL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do
Maranhão, como requisito para
obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós-Graduação em
Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Valério Jansen Cutrim

São Luís

2018

RONNESSA CLEOMARA QUEIROZ CARVALHO

**DESCRITORES AMBIENTAIS DA QUALIDADE DA ÁGUA E COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA DA BAÍA DE SÃO JOSÉ, MARANHÃO - BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marco Valério Jansen Cutrim

Linha de pesquisa: Oceanografia Biológica

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Valério Jansen Cutrim
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia – PPGOceano/UFMA
Orientador

Prof. Dr. Francisco José da Silva Dias
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia – PPGOceano/UFMA
2º Examinador

Profª. Dra. Andrea Christina Gomes de Azevedo Cutrim
Departamento de Química e Biologia (UEMA)
3º Examinador

Dedico esse trabalho a Deus, a minha família e aos meus amigos que contribuíram para realização desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado força e determinação para chegar até aqui e conquistar esse título. Agradeço também à minha família, minha mãe Maria José, ao meu pai Cleomar e aos meus irmãos Rômulo e Rêmulo, pelas palavras de conforto e apoio nessa trajetória.

As minhas amigas, que tenho como irmãs, Fefa e Fany, que estiveram comigo em todos os momentos me escutando e me encorajando a nunca desistir. Agradeço as minhas amigas e amigos do laboratório, Karol, Fran, Dona Silvinha, James, Deni, Juliana, Amanda, Jordana, Nágela, Débora, Lisana, por todo apoio, trocas de conhecimentos, conversas e momentos de descontração nesses anos. Aos companheiros da turma de mestrado pelos momentos de conversa, apoio e desabafos, em especial, a Louise.

Agradeço ainda ao meu orientador Marco Cutrim pelos ensinamentos e pela oportunidade. Ao PRONEM (079/2016) pela concessão da bolsa. Ao LHICEAI pela parceria no projeto, ao LABFIC por conceder todo o material necessário para análise e coleta das amostras. Ao PPGOceano pela oportunidade de participar do programa de mestrado e a todos que me ajudaram direta ou indiretamente a chegar até aqui. Muito obrigada!

“Pois quem se exalta será humilhado, e quem se humilha será exaltado”. Lucas 18:14b

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURS E SIGLAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 Geral.....	17
2.2 Específicos.....	17
3 ÁREA DE ESTUDO.....	18
4 METODOLOGIA	19
4.1 Amostragem.....	19
4.2 Descritores ambientais.....	21
4.3 Parâmetros Biológicos.....	21
4.4 Tratamento numérico dos dados.....	23
4.5 Tratamento estatístico dos dados.....	27
5 RESULTADOS	28
5.1 Parâmetros Físico-Químicos.....	28
5.2 Parâmetros Biológicos.....	30
5.3 TRIX.....	34
5.4 Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica.....	34
6 DISCUSSÃO.....	40
7 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
APÊNDICES.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP - Análise de Componentes Principais

ACC - Análise de Correspondência Canônica

APHA - American Public Health Association

MPS - Material Particulado em Suspensão

NH₃ - Amônia

NID - Nitrogênio Inorgânico Dissolvido

NO₂⁻ - Nitrito

NO₃⁻ - Nitrato

OD - Oxigênio Dissolvido

OD (%) – Saturação de Oxigênio

pH - Potencial Hidrogeniônico

FID - Fósforo Inorgânico Dissolvido

PO₄³⁻ - Fosfato

SiO₄⁻³ - Silicato

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1** – Localização da área de estudo com pontos de amostragem na Baía de São José, Maranhão-Brasil.....20
- Figura 2** - Gradiente de Salinidade durante o período chuvoso ao longo da baía de São José, São Luís - MA.....29
- Figura 3** - Gradiente de Salinidade durante o período de estiagem ao longo da baía de São José, São Luís - MA.....30
- Figura 4** - Médias das Densidades do fitoplâncton durante o período chuvoso (abril/2017) **(a)** e estiagem (outubro/2017) **(b)** na baía de São José, São Luís - MA.....31
- Figura 5** - Médias dos índices de diversidade, riqueza e equitabilidade durante os períodos chuvoso (abril/2017) **(a)** e estiagem (outubro/2017) **(b)** na baía de São José, São Luís - MA.....32
- Figura 6** - Variação espacial das concentrações de clorofila a total, nano e microfitoplâncton ao longo da baía de São José, São Luís – MA, durante o período chuvoso e de estiagem de 2017. Legenda: barra azul marinha = microfitoplâncton, barra azul clara = nano/picofitoplâncton, linha = clorofila a.....33
- Figura 7** - Classificação da baía de São José de acordo com a aplicação do índice de estado trófico (TRIX). Legenda: E (eutrófico), ME (meso/eutrófico), M (mesotrófico), O (oligotrófico) e U (ultra-oligotrófico)34
- Figura 8** - Análise de similaridade multivariada (Bray-Curtis) da baía de São José. Legenda: Marcadores azuis: período chuvoso e marcadores vermelhos: estiagem. R = Radial, P= Ponto, C = Chuvoso e E= Estiagem.....36

Figura 9 - Análise da correspondência canônica com fitoplâncton e variáveis ambientais da baía de São José, São Luís - MA. Legenda: Fitoplâncton: *Nitzschia sigma*, *Thalassiosira rotula*, *Thalassionema frauenfeldii* e *Synedra ulna* e Densidade (densidade das espécies). Variáveis ambientais: NO^{-2} (concentração de nitrito), NO^{-3} (concentração de nitrato), NH^3 (íon amônio), FID (concentração de fósforo inorgânico dissolvido), OD (concentração de oxigênio dissolvido), DIN (concentração de nitrogênio dissolvido), SiO_4^{-3} (silicato), Cl-a (concentração de clorofila a), Salinidade (salinidade), MPS (material particulado em suspensão)37

Figura 10 - Projeção bidimensional da ACP das concentrações do fitoplâncton e variáveis ambientais da baía de São José, São Luís - MA. Legenda: Fitoplâncton: Densidade (densidade das espécies). Variáveis ambientais: NO^{-2} (concentração de nitrito), NO^{-3} (concentração de nitrato), NH^3 (íon amônio), FID (concentração de fósforo inorgânico dissolvido), OD (concentração de oxigênio dissolvido), DIN (concentração de nitrogênio dissolvido), SiO_4^{-3} (silicato), Cl-a (concentração de clorofila a), Salin. (Salinidade), MPS (material particulado em suspensão), Secchi (transparência da água) e Temp. (temperatura da água), TRIX (Índice trófico).....39

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Coordenadas geográficas dos pontos amostrais e radiais na baía de São José, Maranhão – Brasil19
- Tabela 2** - Cálculo das médias, desvio padrão, limites máximos e mínimos para estabelecimento das constantes k e m. * Todos os valores estão convertidos para a base logarítmica 1026
- Tabela 3** - Classificação do estado trófico para águas estuarinas de acordo com o modelo do índice trófico (TRIX)26
- Tabela 4** - Médias e desvios padrão dos parâmetros ambientais coletados na superfície da água nas radiais ao longo da baía de São José, São Luís - MA. (OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogeniônico, Sal. = salinidade, MPS = material particulado em suspensão, Sec. = Secchi, Temp. = temperatura, SiO_4^{-3} = silicato, NO^{-3} = nitrato, NO^{-2} = nitrito, NH_3 = íon amônio, PO_4^{3-} = fosfato, NID = nitrogênio inorgânico dissolvido, FID = fósforo inorgânico dissolvido). Os valores de p com um asterisco (*) representam diferença significativa ($p < 0,05$) referente a análise de variância One-Way (ANOVA) e os com (**) teste de Kruskal-Wallis28
- Tabela 5** - Análise dos componentes principais (ACP) das concentrações de clorofila a e variáveis ambientais da baía de São José, São Luís – MA38

RESUMO

A baía de São José está localizada a leste da ilha do Maranhão, faz parte de um grande complexo estuarino e apresenta margens com uma extensa concentração de manguezais que podem influenciar diretamente na alta produtividade biológica deste ambiente. Este estudo teve como objetivo, avaliar a influência da dinâmica estuarina associada aos descritores ambientais sobre a distribuição da comunidade fitoplanctônica, durante os períodos seco (outubro) e chuvoso (abril) do ano de 2017. Amostras subsuperficiais da água foram feitas a 0,5 m em marés de sizígia durante a preamar, em dezoito pontos fixos, distribuídos em sete radiais. Foram registrados ao todo nos dois períodos estacionais, 103 táxons específicos e infraespecíficos, dos quais, 70 táxons foram observados no conteúdo de abril/2017 e 75 táxons em outubro/2017. Estes táxons foram enquadrados em sete divisões: Cyanophyta, Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Ochrophyta e Miozoa, respectivamente, com o predomínio da Bacillariophyta (75%). Em relação ao fracionamento do fitoplâncton, observou-se que o nano/picofitoplâncton foi a fração mais representativa tanto no período seco como no chuvoso. O Índice Trófico (TRIX) apresentou maiores níveis tróficos durante o período seco. A análise estatística apontou que a comunidade fitoplanctônica da baía de São José respondeu às condições ambientais da região, em especial a salinidade, agrupando radiais dominadas pela influência costeira (RAD1, RAD2 e RAD3) e radiais com maior influência fluvial (RAD4, RAD5 e RAD7). Durante o período seco, essas radiais destacaram a alta densidade da espécie *Thalassiosira rotula* que é uma espécie típica de ambientes costeiros, mostrando a influência direta da água oceânica sobre a baía de São José.

Palavras Chave: Fitoplâncton, Baía de São José, Salinidade.

ABSTRACT

The Bay of São José is located in the east of the island of Maranhão, it is part of a large and complex estuarine and has margins with an extensive concentration of mangroves that can directly influence the high biological productivity of this environment. The main objective of this study was evaluate the influence of the estuarine dynamics associated with the environmental descriptors on the distribution of the phytoplankton community during the dry (October) and rainy (April) season of the year 2017. Subsurface samples of water were made at 0.5 m in syzygy tides during the “high tides”, on eighteen fixed points, distributed in seven radials. A total of 103 specific and infraspecific taxa were recorded in the two seasonal periods, of which, 70 taxa were observed in the April/2017 and 75 taxa in October/2017. These taxa were framed in seven divisions: Cyanophyta, Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Ochrophyta and Miozoa, respectively, with the predominance of Bacillariophyta (75%). In relation to the phytoplankton fractionation, it was observed that the nano/picophytoplankton was the most representative fraction in both the dry and the rainy season. The Trophic Index (TRIX) presented higher trophic levels during the dry period. Statistical analysis showed that the phytoplankton community of Bay of São José responded to the environmental conditions of the region, in special the salinity, by grouping radials dominated by coastal influence (RAD1, RAD2 and RAD3) and radials with greater fluvial influence (RAD4, RAD5 and RAD7). During the dry season, these radials highlighted the high density of the species *Thalassiosira rotula* that is a typical species of coastal environments, showing the direct influence of the oceanic water on the Bay of São José.

Keywords: Phytoplankton, Bay of São José, Salinity.

1 INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são ambientes dinâmicos, que estão sempre em constante mudança devido à interação entre a água oceânica e a água continental e também devido às influências antrópicas (SOARES, 1999; AZEVEDO-CUTRIM et al., 2008). São ambientes de grande importância socioeconômica, por concentrarem boa parte das atividades econômicas, como a presença de complexos portuários e atividades turísticas. GILBERT & VELLINGA (1990), apontam que as planícies costeiras férteis, beleza cênica, os recursos marinhos abundantes, transporte e valores intrínsecos são fatores que motivam a habitação das zonas costeiras.

As baías e os estuários estão entre os ambientes mais produtivos do mundo (SATHICQ et al., 2015; GILBERT & VELLINGA, 1990) e apresentam grande importância ecológica. Os estuários são formados por corpos de água costeiros semifechados que possuem conexão livre com o oceano onde a água do mar se dilui de forma mensurável pela água doce proveniente da drenagem continental (BAZIN et al., 2014; VALLE-LEVINSON, 2010; CAMERON & PRITCHARD, 1963).

Estes corpos hídricos são caracterizados pela elevada variabilidade de salinidade e por receberem um intenso aporte de materiais carregados pelos rios, desempenhando assim um papel importante no transporte e distribuição de propriedades nas regiões costeiras (D'AQUINO et al., 2011; DYER, 1995; SCHUBEL & CARTER, 1984).

A comunidade fitoplanctônica nesses ambientes costeiros, é influenciada pela combinação de diversos fatores ambientais, tais como: luz, pluviosidade, profundidade da zona eufótica, marés, alterações do padrão de circulação da água, salinidade (SILVA, 2000) e mudanças na composição físico-química da água, que conseqüentemente, produzirá alterações na composição fitoplanctônica refletidas em toda a biota aquática (SILVA et al., 2009; REYNOLDS, 2006; REZENDE & BRANDINI, 1997).

A riqueza dos ecossistemas estuarinos é caracterizada pelo elevado suprimento/disponibilidade de nutrientes de origem alóctone e pela produção fitoplanctônica que transforma estes ambientes em berçários naturais para muitas espécies de peixes, crustáceos e outros animais que completam seus ciclos de vida nestes ecossistemas (MONTEIRO et al., 2015; BARBOSA, 2011; PEREIRA FILHO et al., 2001; BRAGA et al., 2000).

Alguns estudos apontam que a entrada de água doce e nutrientes oriundos dos rios, influenciam diretamente nos processos biogeoquímicos dos mares costeiros e afetam a qualidade e a quantidade do material que se acumula nos sedimentos marinhos. A mudança na salinidade trazida pela água doce e a introdução de nutrientes derivados dos rios promovem o crescimento do plâncton com carapaças de sílica o que aumenta o fluxo de sílica biogênica e matéria orgânica no ambiente estuarino (BARBOSA, 2011; ITTEKKOT et al., 1991; JENNERJAHN et al., 1996).

O fitoplâncton é considerado o principal elemento responsável pela alta produtividade no ambiente aquático, sendo considerado base da teia trófica, conjunto de cadeias alimentares interligadas entre si, e é constituído por microrganismos autotróficos que vivem na zona eufótica da coluna d'água (CHAI et al., 2016; ARRIGO, 2005; GREGO et al., 2004).

O transporte vertical e horizontal do fitoplâncton em áreas costeiras pode ser induzido pela ação dos ventos, intrusões de massas de água de mar aberto, turbulência, entrada de água doce e marés (CLOERN et al., 1989; LI; SMAYDA, 2001; BRUNET; LIZON, 2003; HAGY III et al., 2005; POPOVICH; MARCOVECCHIO, 2008; POPOVICH et al., 2008b). Esses tipos de vetores estão relacionados diretamente à acumulação e dispersão da biomassa (GUINDER et al., 2009).

Os nutrientes produzidos por organismos fixadores de nitrogênio e decompositores de detritos juntamente com aqueles carreados pelos rios e marés são absorvidos pelos produtores primários e secundários no ambiente estuarino. Em seus estudos RODRIGUES; CUTRIM (2010), observaram uma correlação negativa entre a clorofila *a* e o fosfato, que é consumido à medida que aumenta a biomassa fitoplanctônica, estimada por meio dos teores de clorofila *a*.

As altas temperaturas em ambientes tropicais e subtropicais elevam as taxas metabólicas, fazendo com que o fósforo seja rapidamente assimilado pelos produtores primários. Segundo LOSADA et al., (2000), o fosfato também foi limitante para o desenvolvimento fitoplanctônico nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba, em Pernambuco. Esse resultado evidencia o papel do fósforo como fator limitante para o fitoplâncton seguindo o padrão geral citado por HOWARTH (1988), segundo o qual, o fósforo é limitante na água doce, no mar e nos estuários. Embora algumas pesquisas apontem para o nitrogênio como limitador, o mais comum é a constatação da concentração de fósforo como preponderante sobre a comunidade fitoplanctônica.

O fósforo pode ser disponibilizado no ambiente estuarino por meio de fontes naturais, tais como: intemperismo de rochas fosfáticas, lixiviação dos solos, excreta de animais, águas pluviais, depósitos de guano e depósitos de animais fossilizados; e antrópicas: pelos esgotos domésticos, efluentes industriais e agrícolas. O ciclo do fósforo é considerado peculiar quando comparado aos grandes ciclos biogeoquímicos de outros nutrientes, tais como, o carbono e o nitrogênio, uma vez que o grande reservatório de fósforo são as rochas e, não, o ar (ODUM et al., 1982).

A importância do conhecimento da concentração de oxigênio dissolvido no ambiente estuarino, se dá ao melhor entendimento dos processos biogeoquímicos nesse sistema, tais como a respiração e oxidação da matéria orgânica e de compostos químicos, os quais são processos metabólicos celulares indispensáveis à vida animal e vegetal (FLORES MONTES, 2002).

O pH da água nos estuários, pode variar em resposta à atividade fotossintética de organismos fitoplanctônicos, e sofrer variações induzidas pelas marés. Os valores do pH podem também interferir no metabolismo das comunidades aquáticas pois altera a permeabilidade da membrana celular. Os valores de clorofila *a* possuem grande importância ecológica, pois permitem avaliar o potencial da produção orgânica dos ecossistemas aquáticos e proporcionam uma estimativa da biomassa fitoplanctônica (VARELA & MASSA, 1981).

O estudo da comunidade fitoplanctônica ao longo da baía de São José se mostra imprescindível para a gestão e monitoramentos futuros deste ecossistema. Devido a diversos fatores, tais como: (I) a grande influência da dinâmica dos ecossistemas estuarinos sobre esses organismos, (II) por representarem a base estrutural da teia trófica; (III) por desempenharem um papel fundamental na ciclagem de nutrientes (VALIELA, 1995; ESKINAZI-LEÇA et al., 2002; MATOS et al., 2016; PAERL et al., 2010; EDIGER et al., 2006) e ainda (IV) pelos poucos estudos executados sobre diversidade fitoplanctônica nesta região.

Sendo assim, faz-se necessário, estudos relacionados com a composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica da região, bem como sua interação com os nutrientes e parâmetros físicos e químicos da água, pois, associados, constituem uma importante ferramenta para o entendimento da dinâmica fitoplanctônica nos ecossistemas costeiros.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a dinâmica fitoplanctônica associada aos descritores ambientais durante os períodos seco e chuvoso de 2017, ao longo da Baía de São José, São Luís - Maranhão.

2.2 Específicos

1) caracterizar a distribuição do fitoplâncton na região da Baía de São José em função de um gradiente de salinidade;

2) estimar as concentrações dos principais pigmentos fotossintéticos que compõem o fitoplâncton;

3) relacionar as variações sazonais com a distribuição da comunidade fitoplanctônica e as variáveis ambientais consideradas;

3 ÁREA DE ESTUDO

O litoral do Maranhão é caracterizado por ser o segundo maior do país e apresenta uma extensão de aproximadamente 640 km. Além disso, possui um litoral adjacente bem variado, a noroeste, o litoral é recortado por inúmeras “falsas rias”; a leste, o litoral é linear com campos de dunas, e entre estes dois trechos, localiza-se o Golfão Maranhense, largamente aberto (100 km) para o Oceano Atlântico (CARVALHO et al., 2016; PONTES & EL-ROBRINI, 2008; SOUSA FILHO et al., 2005). Entre os limites de São Luís, encontram-se as baías de São Marcos, a Oeste, baía de São José, a leste e o Oceano Atlântico ao Norte (REIS, 2005).

Quanto às principais bacias hidrográficas maranhenses, destacam-se as bacias dos rios Itapecuru, Mearim, Munim, Peria, Pericumã e Pindaré, sendo os rios Itapecuru, Mearim, Munim e Pindaré os com maior contribuição fluvial (MARANHÃO, 2002).

A baía de São José está situada ao sul da ilha do Maranhão e faz parte de um grande complexo estuarino juntamente com a baía de São Marcos. É constituída principalmente pelos aportes fluviais dos rios Itapecuru e Munim (DAMAZIO et al., 1989) e possui uma área de aproximadamente 665 Km². O clima deste ambiente é tropical, com temperaturas elevadas durante todo o ano, com dois períodos estacionais bem definidos marcados pelas precipitações pluviométricas: o período chuvoso (janeiro a junho) e o período de estiagem (julho a dezembro), com totais anuais superiores a 2.000 mm (AZEVEDO-CUTRIM et al., 2008), e apresenta margens com uma extensa concentração de manguezais (REIS, 2005).

As informações sobre a pluviosidade local foram obtidas em consulta aos registros da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Onde a precipitação média histórica mensal (1971-2016) apresentou um ciclo sazonal bem definido com maiores valores registrados entre os meses de janeiro a julho, período chuvoso, no qual o mês de abril registrou os maiores eventos de chuva e entre agosto a dezembro ocorreram as menores taxas de pluviosidade, período de estiagem, sendo setembro o mês mais seco deste período estacional. A presente amostragem dos dados, ocorreu no período chuvoso em abril de 2017, que apresentou valores de precipitação um pouco abaixo da média histórica para esse mês, e na estiagem em outubro do mesmo ano.

4 METODOLOGIA

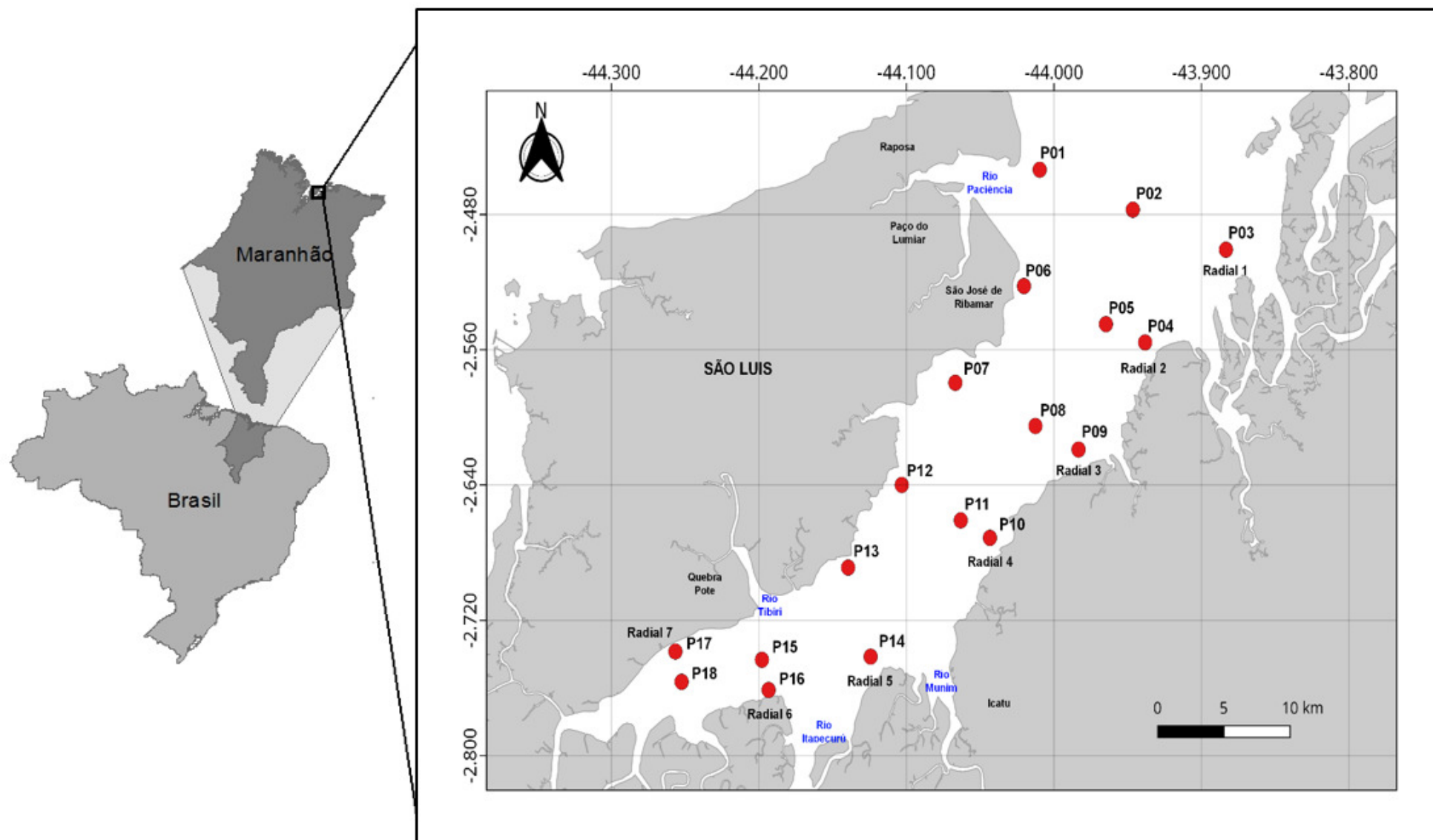
4.1 Amostragem

Duas campanhas amostrais foram realizadas para este estudo, sendo a primeira em abril/2017 (período chuvoso) e a segunda em outubro/2017 (estiagem). Amostras subsuperficiais foram feitas a 0,5 m, em marés de sizígia, durante a preamar, em dezoito pontos fixos, distribuídos em sete radiais, sendo que na amostragem do mês de outubro, não foi possível coletar amostras da radial seis devido a formação de um banco de areia na baía de São José (Tab. 1 e Fig. 1).

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos amostrais e radiais na baía de São José, Maranhão - Brasil.

Radiais	Pontos	Coordenadas Geográficas
R1	P1	02°27'12.8" S 44°00'34.9" W
	P2	02°28'38" S 43°56'47.5" W
	P3	02°30'03.2" S 43°53'00.3" W
R2	P4	02°31'20.5" S 44°01'13.3" W
	P5	02°32'41.6" S 43°57'53.2" W
	P6	02°33'20.5" S 43°56'17.6" W
R3	P7	02°34'46.4" S 44°04'00.8" W
	P8	02°36'18.3" S 44°00'45.3" W
	P9	02°37'08.5" S 43°59'00.1" W
R4	P10	02°38'23.9" S 44°06'11.6" W
	P11	02°39'39.3" S 44°03'47.6" W
	P12	02°40'16.6" S 44°02'36.4" W
R5	P13	02°41'19.8" S 44°08'22.4" W
	P14	02°42'56.1" S 44°07'54.5" W
R6	P15	02°43'26.2" S 44°12'11.7" W
	P16	02°44'36.1" S 44°11'52.9" W
R7	P17	02°44'18.5" S 44°15'24.0" W
	P18	02°45'22.9" S 44°15'08.9" W

Figura 01. Localização da área de estudo com pontos de amostragem na Baía de São José, Maranhão-Brasil.



4.2 Descritores Ambientais

Durante as coletas foram mensurados *in situ* alguns parâmetros físico-químicos, tais como: transparência da água com auxílio do Disco de Secchi; oxigênio dissolvido e pH por uma sonda multiparamétrica Hanna Mod. HI 9828, salinidade e temperatura da água através de uma perfilagem vertical da coluna d'água com o auxílio do CTD (Conductivity, Temperature and Depth) marca YSI, modelo EXO 2. O Material Particulado em Suspensão (MPS) foi determinado conforme as técnicas de gravimetria descritas por STRICKLAND; PARSONS (1972).

Amostragens de água foram obtidas em campo com auxílio da garrafa de Van Dorn, com capacidade para 2 L, para análise dos sais nutrientes, densidade fitoplanctônica e Clorofila *a*. Durante as campanhas foram retiradas alíquotas de água as quais foram acondicionadas em frascos próprios para cada tipo de análise, estes frascos foram mantidos sob refrigeração até o momento das análises em laboratório. A determinação dos sais nutrientes, nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), amônia (NH_3), silicato (SiO_4^{3-}), fosfato (PO_4^{3-}), nitrogênio amoniacal total (NT) e Fósforo Total (PT) foram empregadas as técnicas descritas por GRASSHOFF et al. (1999). A quantificação de NID ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) e FID (PO_4^{3-}) seguiram a metodologia descrita por APHA (2012).

4.3 Parâmetros Biológicos – Comunidade Fitoplanctônica

- **Densidade Fitoplanctônica**

O material coletado em campo foi transferido para recipientes de polietileno de 250 ml, fixado com lugol, devidamente etiquetado e analisado posteriormente no Laboratório de Ficologia (LabFic) da Universidade Federal do Maranhão.

Em laboratório, as amostras foram homogeneizadas e colocadas em câmaras de sedimentação de 25 ml por 24 horas. Em cada amostra foi adicionado o corante Rosa de Bengala para distinguir as células vivas dos detritos e partículas do sedimento. A contagem seguiu o método de Uthermöhl (FERRARIO et al., 1995), utilizando-se invertoscópio (ZEISS Axiovert 100), em aumento de 400X, empregando-se a contagem

mínima de 100 campos sistematizados em cruz, calculando-se ao final o total de células existentes em toda a câmara de sedimentação, utilizando-se a fórmula de VILLAFANE; REID (1995).

$$D = N/V$$

Onde:

D = densidade celular (cels L⁻¹);

N = número de células contadas nos campos;

V = volume contado no transecto.

e,

$$A = At \cdot Vc / Ac.$$

Onde:

At = área de transecção da cubeta (mm²);

Vc = volume da câmara (mL);

Ac = área da câmara (mm²).

A determinação dos táxons foi realizada seguindo-se bibliografia especializada: ROUND et al., 1992; TOMAS (1997); ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK (1988); SANT'ANNA et al., 2012; SILVA-CUNHA & ESKINAZI-LEÇA (1990); MORENO et al., 1996.

- **Pigmentos Fotossintéticos - Clorofila *a***

As amostras coletadas em campo foram protegidas da luz e imediatamente filtradas em filtros de fibra de vidro Whatman GF/C, com 1,2 µm de porosidade e 47 mm de diâmetro.

Em cada ponto de coleta, réplicas foram feitas utilizando o volume inicial de 150 ml. Para obtenção dos valores de clorofila fracionada, sub-amostras foram passadas por uma malha de 20 µm, a fim de separar as diferentes frações da comunidade fitoplanctônica (> 20 µm microfitoplâncton e < 20 µm nano/picofitoplâncton) e em seguida filtradas. Após secarem, os filtros foram conservados em gelo em um freezer a -12 °C até a análise.

Em laboratório, as concentrações de clorofila *a* foram determinadas através do aparelho fluorímetro (Turner Designs 7200-000). Para a extração dos pigmentos, as amostras de água foram filtradas e os filtros acondicionados em tubos de ensaio com a adição de 10 ml de acetona 90%, os mesmos ficaram em repouso por 24 h. Após este período o material foi centrifugado e o líquido sobrenadante colocado em cubetas de vidro com 10 mm de caminho óptico para posterior análise no fluorímetro.

Para o cálculo da clorofila *a* (mg m^{-3}), foram aplicadas as equações apresentadas por STRICKLAND; PARSONS (1972).

$$CL_a = [11,6 \times A_{665} - (1,31 \times A_{645} + 0,14 \times A_{630} + A_{750})] \times v / V(L)$$

Onde:

CL_a = concentração de clorofila *a* total expressa em mg m^{-3} ;

A = leitura nos comprimentos de onda (630, 645, 665 e 750 nm);

v = volume de acetona a uma concentração de 90%;

V = volume da amostra filtrada;

L = comprimento óptico da cubeta (1,00 cm).

4.4 Tratamento numérico dos dados

- **Índices de Diversidade, Equitabilidade e Riqueza**

Para o cálculo da diversidade específica (H') o índice de SHANNON (1948) foi utilizado, com os valores sendo apresentados em bits.cel^{-1} . Considerando-se que 1 bit equivale a uma unidade de informação e que a diversidade específica varia de 1,0 a 3,0 bits.cel^{-1} .

$$H' = - \sum p_i \times \log_2 p_i \quad \therefore \quad p = \frac{N_i}{N}$$

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 $\text{bits} \cdot \text{cel}^{-1}$.

Os valores obtidos foram enquadrados no sistema de classificação baseado em VALENTIN et al. (2000): alta diversidade ($\geq 3,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$), média diversidade ($< 3,0 \text{ H}' \geq 2,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$), máxima diversidade ($2,0 \text{ H}' \geq 1,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$); diversidade muito baixa ($< 2,0 \text{ H}' \geq 1,0 \text{ bits} \cdot \text{cel}^{-1}$).

A Equitabilidade (J), também denominada de índice de uniformidade, foi calculada segundo SHANNON (1948):

$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Onde:

J = equitabilidade;

H' = índice de Shannon;

S = número total de espécies em cada amostra.

Os valores 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 distribuídas estarão às espécies, indicando elevada equitabilidade (VALENTIN et al., 1991).

Para o cálculo da riqueza de espécies utilizou-se a equação proposta por MARGALEF (1958), expresso por:

$$S = \frac{(s - 1)}{\ln \cdot N}$$

onde:

S = Índice de riqueza;

s = Número total de espécies;

N = Número total de indivíduos.

Os valores de riqueza maiores que 5,0 representam grande riqueza de espécies e os menores que 5,0, baixa riqueza de espécies VALENTIN et al. (1991).

• ÍNDICE TRÓFICO – TRIX

Para a aplicação do TRIX seguiu-se o modelo desenvolvido por VOLLENWEIDER et al. (1998). Este índice trata-se de um somatório de quatro variáveis na escala logarítmica, onde agrega indicadores de pressão (nutrientes = NID e FID), de resposta biológica (Clorofila *a* como um *proxy* de biomassa fitoplanctônica) e distúrbio na qualidade da água (através da saturação do oxigênio).

Segundo Vollenweider et al. (1998), não foram encontradas diferenças significativas entre a aplicação do índice usando NT e PT, NID e P-PO₄, NID e PT. Com isso, a utilização das frações dissolvidas já basta para obter um resultado considerável, já que está relacionado as concentrações totais desses nutrientes.

Para este estudo foi realizada uma adaptação das constantes k e m, seguindo o cálculo da média, desvio padrão e dos limites inferiores e superiores dos quatro parâmetros utilizados no índice TRIX (% OD, Clorofila *a*, NID e FID). Desses valores, os extremos ou discrepantes foram excluídos. Os valores foram convertidos para a base logarítmica 10 e os limites mínimos que resultaram em valores negativos foram considerados como positivos para o cálculo das constantes. A determinação da constante k foi realizada somando-se os limites inferiores dos parâmetros utilizados pelo TRIX e a constante m foi calculada através da diferença entre os limites superior e inferior de cada parâmetro, dividido por 10 (unidades TRIX). O índice TRIX é calculado através da seguinte equação:

$$\text{TRIX} = \frac{\log [Chla. aD\%O. NID. FID] - [k]}{m}$$

Onde *Chla* é concentração de clorofila *a* (mg.m⁻³); aD%O é o desvio absoluto da saturação de oxigênio dissolvido; NID é nitrogênio inorgânico dissolvido e FID é o fósforo inorgânico dissolvido; k é igual a 1,90 e m é igual a 0,30 (Tabela 2).

Tabela 2. Cálculo das médias, desvio padrão, limites máximos e mínimos para estabelecimento das constantes k e m. * Todos os valores estão convertidos para a base logarítmica 10.

Parâmetro	Média*	Desvio Padrão*	Limite Máximo*	Limite Mínimo*
NID (mg.m ⁻³)	1,38	0,86	1,61	1,02
OD%	2,15	1,13	2,23	2,03
FID (mg.m ⁻³)	-0,59	-0,83	-0,12	-1,02
Chl-a (mg.m ⁻³)	0,58	0,52	1,22	-0,12
Soma			4,94	1,90
	k	1,90		
	m	0,30		

As escalas tróficas e os descritores para a qualidade da água foram adotados de GIOVANARDI; VOLLENWEIDER (2004), PENNA et al. (2004), NASROLLAHZADEH et al. (2008) e COTOVICZ et al. (2012). Numericamente, o índice é pontuado de 0 a 8, cobrindo uma ampla gama de condições tróficas de ultra-oligotróficas a eutróficas (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação do estado trófico para águas estuarinas de acordo com o modelo do índice trófico (TRIX).

TRIX	Condições	Estado Trófico
< 2	Muito pobremente produtivo e estado trófico muito baixo	Excelente (Ultra-Oligotrófico)
2 – 4	Pobremente produtivo e estado trófico muito baixo	Alto (Oligotrófico)
4 – 5	Moderadamente produtivo e estado trófico mediano	Bom (Mesotrófico)
5 – 6	Moderado a altamente produtivo e alto estado trófico	Moderado (Mesotrófico a Eutrófico)
6 – 8	Altamente produtivo e maior estado trófico	Pobre (Eutrófico)

4.5 Tratamento estatístico dos dados

O tratamento estatístico dos dados foi determinado a partir de análise descritiva dos parâmetros bióticos e abióticos, onde a média aritmética foi utilizada como medida de tendência central. Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade, para aplicação da análise correta. As análises estatísticas foram obtidas utilizando os *softwares* PRIMER 6 versão 6.1.13, STATISTIC 10.0 e PAST 1.0.

A normalidade dos dados foi verificada após serem submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov. Os dados que se apresentaram normais e homogêneos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) One-Way (para dados paramétricos) utilizado com a finalidade de estabelecer o nível de significância ($p < 0,05$) dos valores obtidos para os parâmetros biológicos e físico-químicos na baía de São José. Os dados que apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) foram submetidos ao teste de Tukey para identificar onde essas diferenças ocorreram. Os dados que não apresentaram normalidade e homogeneidade foram submetidos ao método não paramétrico de Kruskal-Wallis.

A similaridade entre as espécies fitoplanctônicas (dados quantitativos) foi medida através do índice de Bray-Curtis (Cluster) onde, para saber a formação dos grupos, foi feito um tratamento dos dados biológicos (quantitativo), excluindo as espécies com densidade menor que 4.813 e frequência de ocorrência igual a 1%. A análise do percentual de similaridade (SIMPER) foi empregada com base nas semelhanças de Bray-Curtis para identificar as principais espécies responsáveis pelas dissimilaridades entre esses grupos “espécies discriminantes” e as espécies responsáveis pelas similaridades dos grupos “espécies caracterizantes” (CLARKE; WARWICH, 2001).

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada com dados estandardizados afim de se obter a correlação das variáveis ambientais, e concentrações de clorofila *a* e densidade fitoplanctônica. Para correlacionar as espécies com maior densidade em relação aos diferentes fatores físico-químicos analisados foi realizada a Análise de Correspondência Canônica (ACC).

5 RESULTADOS

5.1 Parâmetros Físico-Químicos

As características físico-químicas da baía de São José estão resumidas na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Médias e desvios padrão dos parâmetros ambientais coletados na superfície da água nas radiais ao longo da baía de São José, São Luís - MA. (OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogeniônico, Sal. = salinidade, MPS = material particulado em suspensão, Sec. = secchi, Temp. = temperatura, SiO_4^{-3} = silicato, NO_3^- = nitrato, NO_2^- = nitrito, NH_3 = íon amônio, PO_4^{3-} = fosfato, NID = nitrogênio inorgânico dissolvido, FID = fósforo inorgânico dissolvido). Os valores de p com um asterisco (*) representam diferença significativa ($p < 0,05$) referente a análise de variância One-Way (ANOVA) e os com (***) teste de Kruskal-Wallis.

Período Chuvoso									
	Unid.	RAD1	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	RAD6	RAD7	p
OD	mgL ⁻¹	6,81 ± 0,16	6,93 ± 0,12	6,86 ± 0,16	6,28 ± 0,63	6,30 ± 0,09	5,9 ± 0,07	6,00 ± 0,02	0,098
pH	---	7,36 ± 0,20	7,33 ± 0,25	7,36 ± 0,20	7,26 ± 0,25	7,30 ± 0,14	7,30 ± 0,70	7,30 ± 0,70	0,989
Sal.	g Kg ⁻¹	24,97 ± 0,73	19,75 ± 1,55	19,26 ± 1,13	10,76 ± 0,94	12,50 ± 1,45	8,9 ± 0,09	8,1 ± 0,02	0,000*
MPS	mgL ⁻¹	54,21 ± 9,05	32,66 ± 24,39	31,33 ± 4	38,99 ± 27,20	25,30 ± 7,53	49,00 ± 46,66	21,70 ± 8,01	0,526
Sec.	M	1,65 ± 1,25	0,58 ± 0,02	0,96 ± 0,55	0,67 ± 0,30	0,60 ± 0,02	0,40 ± 0,02	0,60 ± 0,33	0,387
Temp.	°C	29,28 ± 0,08	29,85 ± 0,15	29,72 ± 0,02	30,27 ± 0,24	29,9 ± 0,11	30,10 ± 0,70	30,53 ± 0,02	0,018**
SiO_4^{-3}	μmol L ⁻¹	0,74 ± 0,10	1,37 ± 0,25	1,19 ± 0,27	3,21 ± 0,93	2,20 ± 0,58	2,27 ± 1,19	2,10 ± 0,31	0,020**
NO_3^-	μmol L ⁻¹	2,42 ± 1,01	3,81 ± 2,88	2,41 ± 0,30	5,65 ± 2,43	5,70 ± 0,18	5,10 ± 1,51	7,70 ± 1,49	0,104
NO_2^-	μmol L ⁻¹	0,12 ± 0,05	0,28 ± 0,13	0,28 ± 0,04	0,31 ± 0,17	0,10 ± 0,004	0,20 ± 0,03	0,10 ± 0,01	0,089
NH_3	μmol L ⁻¹	11,39 ± 3,83	19,75 ± 7,76	22,07 ± 7,33	25,32 ± 10,07	27,30 ± 9,35	27,60 ± 2,95	27,60 ± 2,95	0,206
PO_4^{3-}	μmol L ⁻¹	0,30 ± 0,13	0,28 ± 0,11	0,54 ± 0,18	0,20 ± 0,10	0,20 ± 0,08	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,09	0,044*
NID	---	13,95 ± 3,00	23,85 ± 8,56	24,77 ± 7,25	31,29 ± 11,29	33,10 ± 9,17	32,87 ± 1,47	33,41 ± 1,47	0,090
FID	---	0,30 ± 0,12	0,28 ± 0,11	0,55 ± 0,19	0,20 ± 0,10	0,16 ± 0,07	0,19 ± 0,02	0,18 ± 0,09	0,044*

Período de Estiagem									
	Unid.	RAD1	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	RAD7	P	
OD	mgL ⁻¹	7,08 ± 0,41	6,99 ± 0,13	6,72 ± 0,09	6,42 ± 0,16	6,60 ± 0,21	6,50 ± 0,07	0,038**	
pH	---	8,21 ± 0,06	8,12 ± 0,01	8,16 ± 0,02	8,09 ± 0,01	8,10 ± 0,007	8,10 ± 0,08	0,075	
Sal.	g Kg ⁻¹	34,43 ± 0,12	32,43 ± 0,36	32,72 ± 0,20	31,24 ± 0,38	31,00 ± 0,39	29,50 ± 0,19	0,000*	
MPS	mgL ⁻¹	86,26 ± 28,89	80,26 ± 13,75	84,26 ± 25,50	136,4 ± 91,48	126 ± 79,19	111 ± 8,20	0,828	
Sec.	M	0,32 ± 0,11	0,26 ± 0,09	0,26 ± 0,07	0,14 ± 0,02	0,10 ± 0,05	0,30 ± 0,02	0,077	
Temp.	°C	28,32 ± 0,28	28,78 ± 0,19	28,43 ± 0,10	28,65 ± 0,32	28,5 ± 0,007	28,7 ± 0,15	0,215	
SiO_4^{-3}	μmol L ⁻¹	0,82 ± 0,11	1,07 ± 0,36	1,85 ± 0,73	2,56 ± 0,22	2,90 ± 1,18	2,40 ± 0,02	0,044**	
NO_3^-	μmol L ⁻¹	3,61 ± 2,06	5,15 ± 1,29	5,87 ± 0,81	4,55 ± 1,45	4,6 ± 2,06	4,4 ± 2,02	0,657	
NO_2^-	μmol L ⁻¹	0,07 ± 0,04	0,20 ± 0,02	0,22 ± 0,17	0,18 ± 0,08	0,10 ± 0,01	0,30 ± 0,04	0,157	
NH_3	μmol L ⁻¹	18,35 ± 1,06	20,44 ± 2,23	17,85 ± 0,69	10,93 ± 4,23	15,80 ± 6,89	22,4 ± 1,47	0,065	
PO_4^{3-}	μmol L ⁻¹	0,14 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,22 ± 0,06	0,36 ± 0,21	0,50 ± 0,18	0,30 ± 0,01	0,047**	
NID	---	22,06 ± 1,80	25,82 ± 3,25	24,00 ± 0,93	15,58 ± 4,93	20,52 ± 4,81	27,05 ± 3,54	0,029**	
FID	---	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,03	0,23 ± 0,06	0,36 ± 0,21	0,51 ± 0,18	0,26 ± 0,01	0,046**	

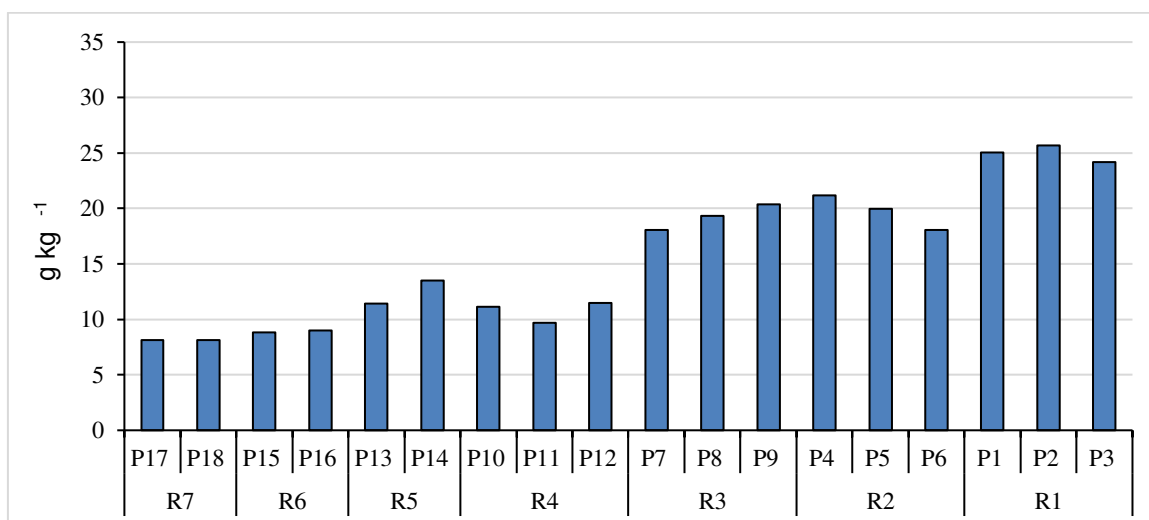
O oxigênio dissolvido ($p=0,098$), pH ($p=0,989$), MPS ($p=0,526$), secchi ($p=0,387$), NO_3^- ($p=0,104$), NO_2^- ($p=0,089$), NID ($p=0,090$) e íon amônio ($p=0,206$) não apresentam diferenças significativas durante o período chuvoso, mostrando a homogeneidade dessas variáveis neste período. Contudo, a temperatura da água ($p=0,018$) apresentou diferenças significativas entre RAD1 e RAD7 ($p < 0,05$), enquanto que o SiO_4^{-3} ($p=0,020$) mostrou diferença significativa entre RAD1 e RAD4

($p < 0,05$), o PO_4^{3-} ($p=0,044$) e o FID ($p=0,044$) também apresentaram diferença significativa neste período estacional ($p < 0,05$) (Tab. 3).

Durante o período de estiagem, o pH da água ($p=0,075$), MPS ($p=0,828$), secchi ($p=0,077$), temperatura da água ($p=0,215$), NO_3^- ($p=0,657$), NO_2^- ($p=0,157$) e íon amônio ($p=0,065$) não apresentaram diferenças significativas. Entretanto, o oxigênio dissolvido ($p=0,038$) mostrou diferença significativa entre RAD1 e RAD4; RAD1 e RAD7; RAD2 e RAD4; RAD2 e RAD7 ($p < 0,05$), o PO_4^{3-} ($p=0,047$) apresentou diferença significativa entre RAD1 e RAD5; RAD2 e RAD4; RAD2 e RAD5 ($p < 0,05$); e o SiO_4 ($p=0,044$) entre RAD1 e RAD4; RAD1 e RAD5; RAD2 e RAD4 ($p < 0,05$). O NID ($p=0,029$) e o FID ($p=0,046$) também apresentaram diferenças significativas neste período (Tab. 3).

Em relação aos valores de salinidade ($p=0,000$), foi observado que este parâmetro apresentou diferenças significativas durante o período chuvoso, principalmente entre as RAD1 e RAD7 ($p < 0,05$), com valores mínimos de $8,12 \text{ g Kg}^{-1}$ na radial 7, região com maior influência fluvial, e máximos de 25 g Kg^{-1} na radial 1, região dominada pela influência costeira, caracterizando um claro gradiente de salinidade (Fig. 2).

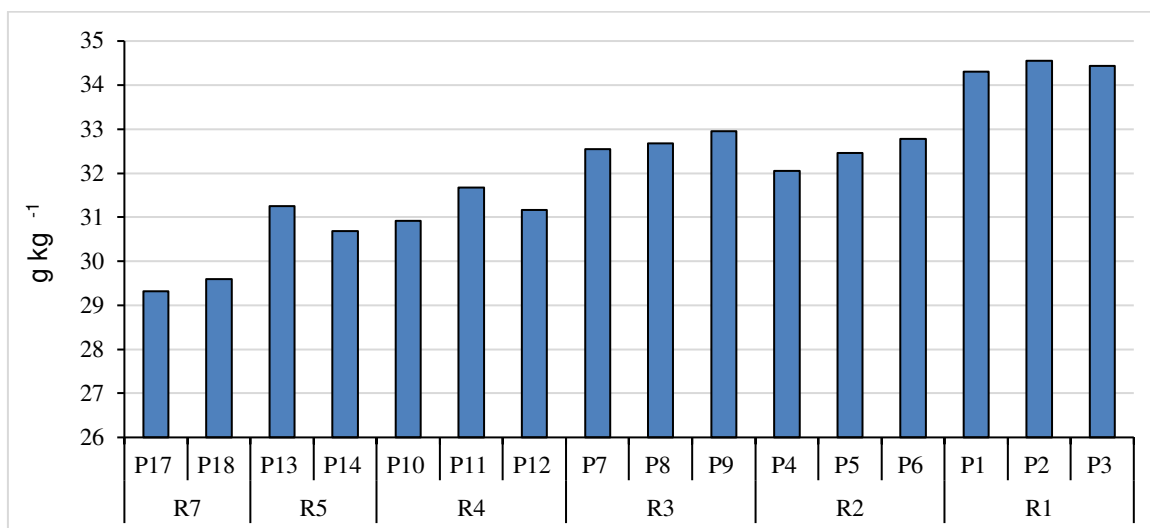
Figura 2 – Gradiente de salinidade durante o período chuvoso ao longo da baía de São José, São Luís - MA.



Durante o período seco, a salinidade ($p=0,000$) também apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) e seus valores se mostraram significativamente maiores na

estiagem em comparação com o período chuvoso, com valores mínimos de 29 g Kg^{-1} na radial 7 e máximos de 34 g Kg^{-1} na radial 1 (Fig. 3).

Figura 3 – Gradiente de salinidade durante o período de estiagem ao longo da baía de São José, São Luís - MA.



5.3 Parâmetros Biológicos

5.3.1 Composição da Comunidade Fitoplanctônica

A comunidade fitoplanctônica da baía de São José esteve representada por 103 táxons específicos e infraespecíficos. Estes táxons foram enquadrados em sete divisões: Cyanophyta, Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Ochrophyta e Miozoa.

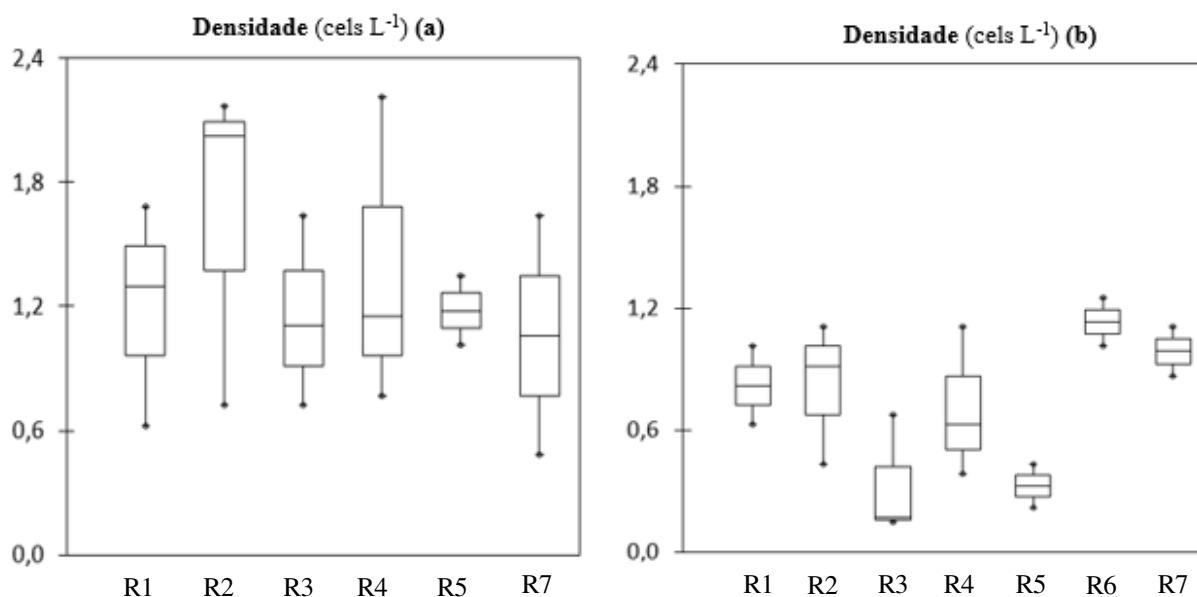
Durante o período chuvoso a comunidade fitoplanctônica apresentou ao todo, 70 táxons, com predomínio da divisão Bacillariophyta com 55 táxons (78,57%), seguida da Miozoa com oito táxons (11,43%), Cyanophyta, Chlorophyta e Euglenophyta com dois táxons em cada uma delas (2,86%) e Ochrophyta com apenas uma espécie (1,42%).

Na estiagem, a comunidade fitoplanctônica esteve representada por 75 táxons, sendo Bacillariophyta constituída por 57 táxons (76%), Miozoa com sete táxons (9,33%), Chlorophyta com cinco táxons (6,67%), Charophyta e Euglenophyta com dois táxons em cada uma (2,67%), e por fim, as divisões Ochrophyta e Cyanophyta que contribuíram com apenas um táxon em cada uma delas (1,33%), respectivamente.

5.3.2 Densidade Fitoplanctônica

A densidade fitoplanctônica ($p=0,064$) não apresentou diferenças significativas nos dois períodos estacionais. Durante o período chuvoso, seus menores valores foram observados na RAD5 (32.489 cels L⁻¹) e os maiores na RAD6 com 113.111 cels L⁻¹. Durante a estiagem, a densidade fitoplanctônica variou entre 105.891 cels L⁻¹ na RAD7 a 163.650 cels L⁻¹ na RAD2, apresentando maiores valores em comparação com o período chuvoso (Fig. 4).

Figura 4 - Médias das Densidades do fitoplâncton durante os períodos de estiagem (outubro/2017) (a) e chuvoso (abril/2017) (b) na baía de São José, São Luís - MA.



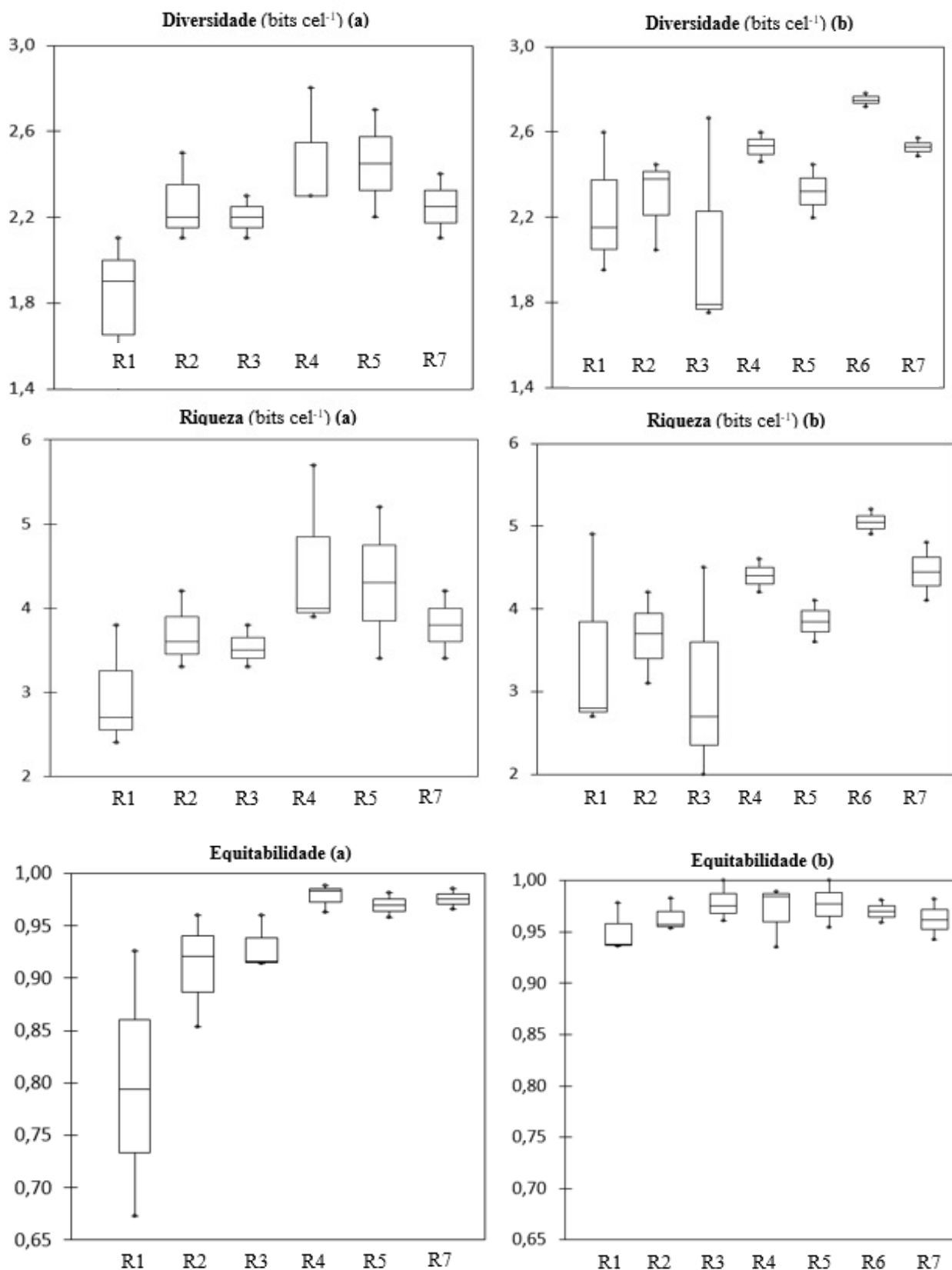
5.3.3 Diversidade, Riqueza e Equitabilidade

Os índices de diversidade ($p=0,194$), riqueza de espécies ($p=0,257$) e equitabilidade ($p=0,842$) não apresentaram diferenças significativas durante o período chuvoso. Em relação ao índice de diversidade específica o maior valor foi registrado na RAD6 (2,74 bits cel⁻¹) e o menor na RAD3 (2,06 bits cel⁻¹). Para a riqueza de espécies o maior valor foi na RAD6 com 5 bits cel⁻¹ e o menor na RAD3 com 3,2 bits cel⁻¹. Para a equitabilidade os valores variaram de 0,95 na RAD1 a 0,97 na RAD3 (Fig. 5).

Em relação ao período de estiagem também não houve diferenças significativas quanto aos três índices. A diversidade ($p=0,1172$) variou de 1,10 na RAD5 a 2,55 bits cel⁻¹ na

RAD4, a riqueza de espécies ($p=0,3133$) de 2,3 na RAD3 a 4,5 bits cel^{-1} na RAD4 e na equitabilidade ($p=0,05001$) todas as radiais apresentaram valores igual a 1 (Fig. 5).

Figura 5 - Médias dos índices de diversidade, riqueza e equitabilidade durante os períodos de estiagem (outubro/2017) (a) e chuvoso (abril/2017) (b) na baía de São José, São Luís - MA.

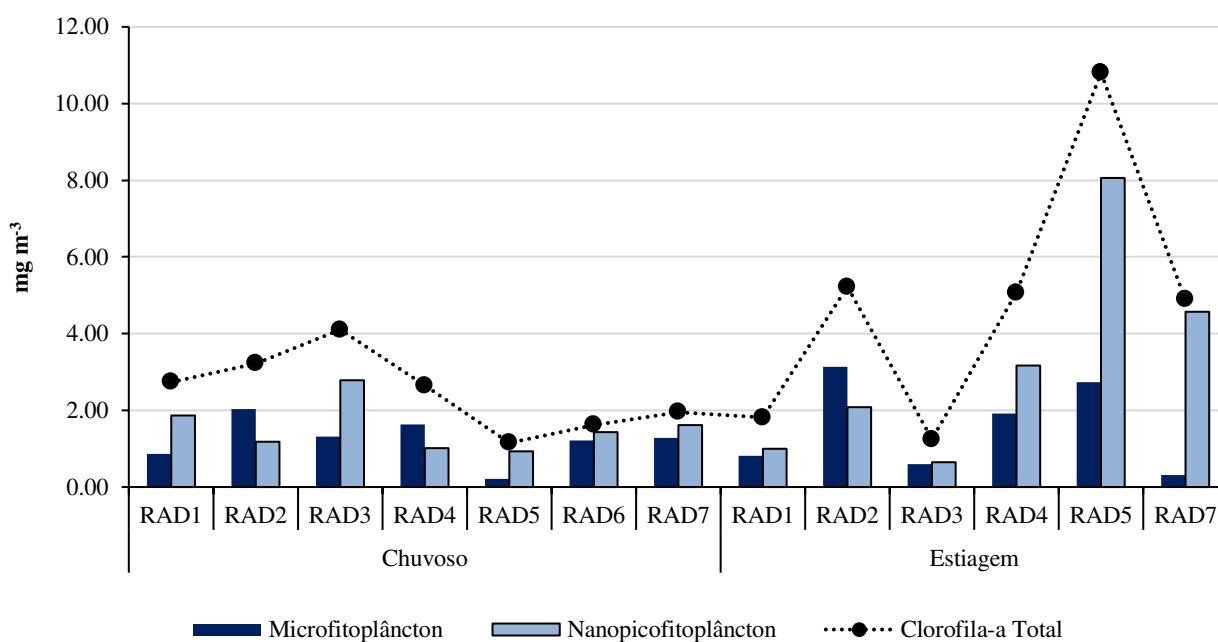


5.3.4 Clorofila *a*

Os valores de clorofila *a* ($p=0,417$) e as porções fracionadas microfitoplâncton ($p=0,240$) e nano/picofitoplâncton ($p=0,539$) não apresentaram diferenças significativas durante o período chuvoso. Em relação a clorofila *a* total, a maior concentração foi registrada na RAD3 com $4,10 \text{ mg m}^{-3}$ e a menor na RAD5 ($1,15 \text{ mg m}^{-3}$). Para o fracionamento da clorofila, observou-se o predomínio do nano/picofitoplâncton com $88,27\%$ e seus valores variaram de $0,93$ na RAD5 a $2,78 \text{ mg m}^{-3}$ na RAD3. O microfitoplâncton ($11,73\%$) apresentou seu maior valor na RAD2 com $2,04$ e o menor na RAD5 com $0,22 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 6).

Durante o período de estiagem, a clorofila *a* total ($p=0,06348$) e o microfitoplâncton ($p=0,1065$) não apresentaram diferenças significativas, enquanto que o nano/picofitoplâncton ($p=0,03044$) apresentou diferenças significativas. A clorofila *a* total registrou valores de $1,24$ na RAD3 a $10,80 \text{ mg m}^{-3}$ na RAD5. Em relação aos valores do fracionamento da clorofila, o nano/picofitoplâncton registrou maior contribuição ($93,46\%$) e sua variação foi de $0,64$ na RAD3 a $8,06 \text{ mg m}^{-3}$ na RAD5, enquanto que o microfitoplâncton ($6,54\%$) variou de $0,60$ na RAD3 a $3,14 \text{ mg m}^{-3}$ na RAD2 (Fig. 6).

Figura 6 - Variação espacial das concentrações de clorofila *a* total, nano e microfitoplâncton ao longo da baía de São José, São Luís – MA, durante o período chuvoso e de estiagem de 2017. Legenda: barra azul marinha = microfitoplâncton, barra azul clara = nano/picofitoplâncton, linha = clorofila *a*.

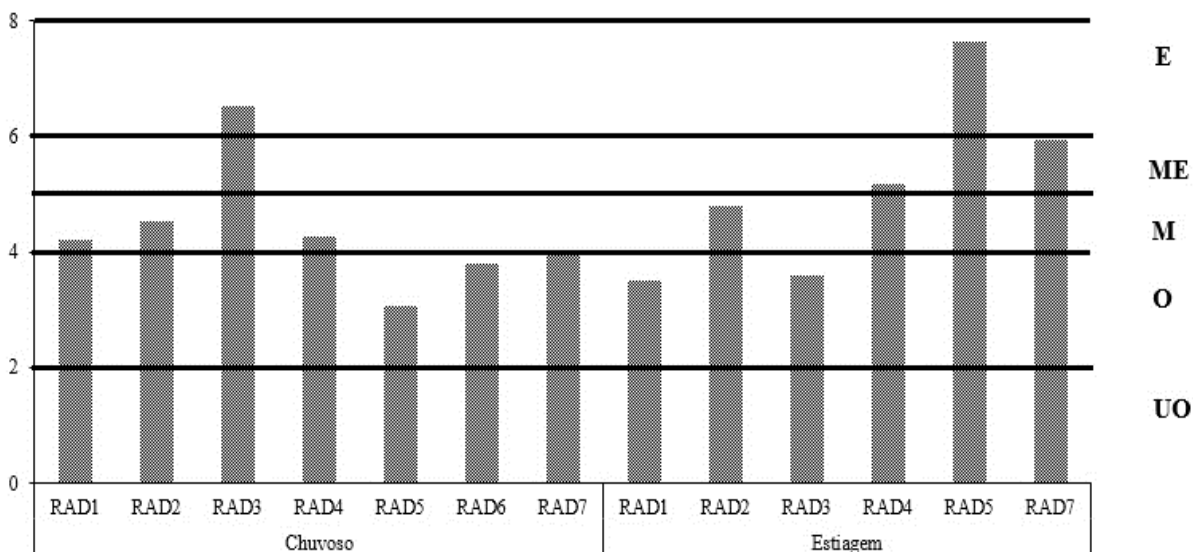


5.4 Índice Trófico - TRIX

Durante o período de estiagem, o TRIX ($p=0,006415$) apresentou diferenças significativas com maiores níveis de eutrofização em outubro/2017, mostrando valor médio de 7,65 na RAD5 (eutrófica). As RAD1 e RAD3 foram classificadas como oligotróficas, a RAD2 foi classificada como mesotrófica, ou seja, moderadamente produtiva e estado trófico mediano. As RAD4 e RAD7 foram classificadas como meso/eutróficas (Fig. 7).

Durante o período chuvoso, o TRIX ($p=0,2069$) não apresentou diferenças significativas e seus maiores níveis de eutrofização foram observados na RAD3 (eutrófica). As RAD1, RAD2 e RAD4 foram classificadas como mesotróficas enquanto que as RAD5, RAD6 e RAD7 foram classificadas como oligotróficas (Fig. 7).

Figura 7 – Classificação da baía de São José de acordo com a aplicação do índice de estado trófico (TRIX). Legenda: E (eutrófico), ME (meso/eutrófico), M (mesotrófico), O (oligotrófico) e U (ultra-oligotrófico).



5.5 Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica

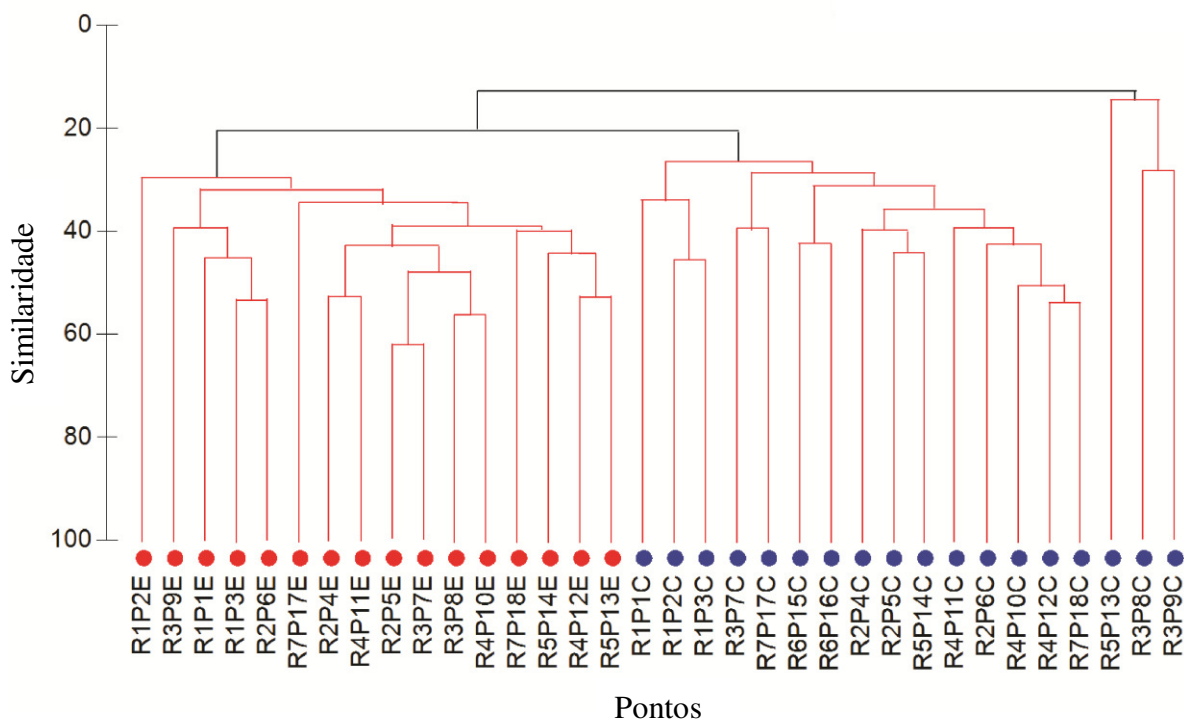
A análise de similaridade multivariada Bray-Curtis (Cluster) com base na abundância de espécies do fitoplâncton (raiz quadrada transformada) revelou a formação de dois grupos distintos: O grupo 1 (período chuvoso) e o grupo 2 (estiagem). Entre os 2 principais grupos formados, o grupo 2 compreendeu o maior nível de similaridade (29,6%) entre as RAD3

(P8) e RAD4 (P10), enquanto que o grupo 1 apresentou similaridade de 26,3% entre as RAD4 (P12) e RAD7 (P18) e de 15,23% na RAD3 (P8 e P9) (Fig. 8).

O grupo 1 (período chuvoso) apresentou um total de seis subgrupos, o subgrupo 1 agrupou a RAD1 (P1, P2 e P3), região com maior influência costeira, as espécies mais abundantes nesta radial foram *Protoberidinium brevipes*, *Merismopedia tenuissima* e *Bacillaria paxillifera*, respectivamente. O subgrupo 2 agrupou as RAD3 (P7) e RAD7 (P17), sendo *Protoberidinium brevipes*, *Bellerochea malleus* e *Odontella sinensis* as espécies mais abundantes neste subgrupo. O subgrupo 3 agrupou a RAD6 (P15 e P16), região com maior influência fluvial, nesta radial as espécies *Dictyosphaerium pulchellum*, *Protoberidinium brevipes* e *Triceratium favus* foram as mais abundantes. Em relação ao subgrupo 4, as RAD2 (P4 e P5) e RAD5 (P14) foram agrupadas e as espécies mais abundantes foram *Nitzschia sigma*, *Cyclotella stylum* e *Odontella rhombus*. O subgrupo 5 agrupou as RAD2 (P6), RAD4 (P10, P11 e P12) e RAD7 (P18), *Surirella febigeri*, *Synedra ulna* e *Dictyosphaerium pulchellum* foram as espécies mais abundantes neste subgrupo. O subgrupo 6 agrupou as RAD3 (P8 e P9) e RAD5 (P13) as espécies *Asterionellopsis glacialis*, *Odontella regia* e *Dictyosphaerium pulchellum* foram as mais abundantes (Fig. 8).

O grupo 2 (período de estiagem) formou quatro subgrupos no total, onde o subgrupo 1 agrupou as RAD1 (P1, P2 e P3), RAD2 (P6) e RAD3 (P9), região de intensa influência costeira, neste subgrupo as espécies *Thalassiosira rotula*, *Thalassionema frauenfeldii* e *Odontella aurita* foram as mais abundantes. O subgrupo 2 agrupou as RAD2 (P4), RAD4 (P11) e RAD7 (P17), *Bacillaria paxillifera*, *Thalassiosira rotula* e *Dictyosphaerium pulchellum* foram as espécies mais abundantes neste subgrupo. Quanto ao subgrupo 3, as RAD2 (P5), RAD3 (P7 e P8) e RAD4 (P10) foram agrupadas, esta região sofre influência tanto costeira quanto fluvial (zona de mistura), nela as espécies *Thalassiosira rotula*, *Euglena oxyuris* e *Triceratium favus* foram as mais abundantes. Por fim, o subgrupo 4 agrupou as RAD4 (P12), RAD5 (P13 e P14) e RAD7(P18), regiões com maior influência fluvial, onde as espécies *Thalassiosira rotula*, *Bacillaria paxillifera* e *Melosira moniliformis* foram as mais abundantes (Fig. 8).

Figura 8 – Análise de similaridade multivariada (Bray-Curtis) da baía de São José. Legenda: Marcadores azuis: período chuvoso e marcadores vermelhos: estiagem. R = Radial, P= Ponto, C = Chuvoso e E= Estiagem.

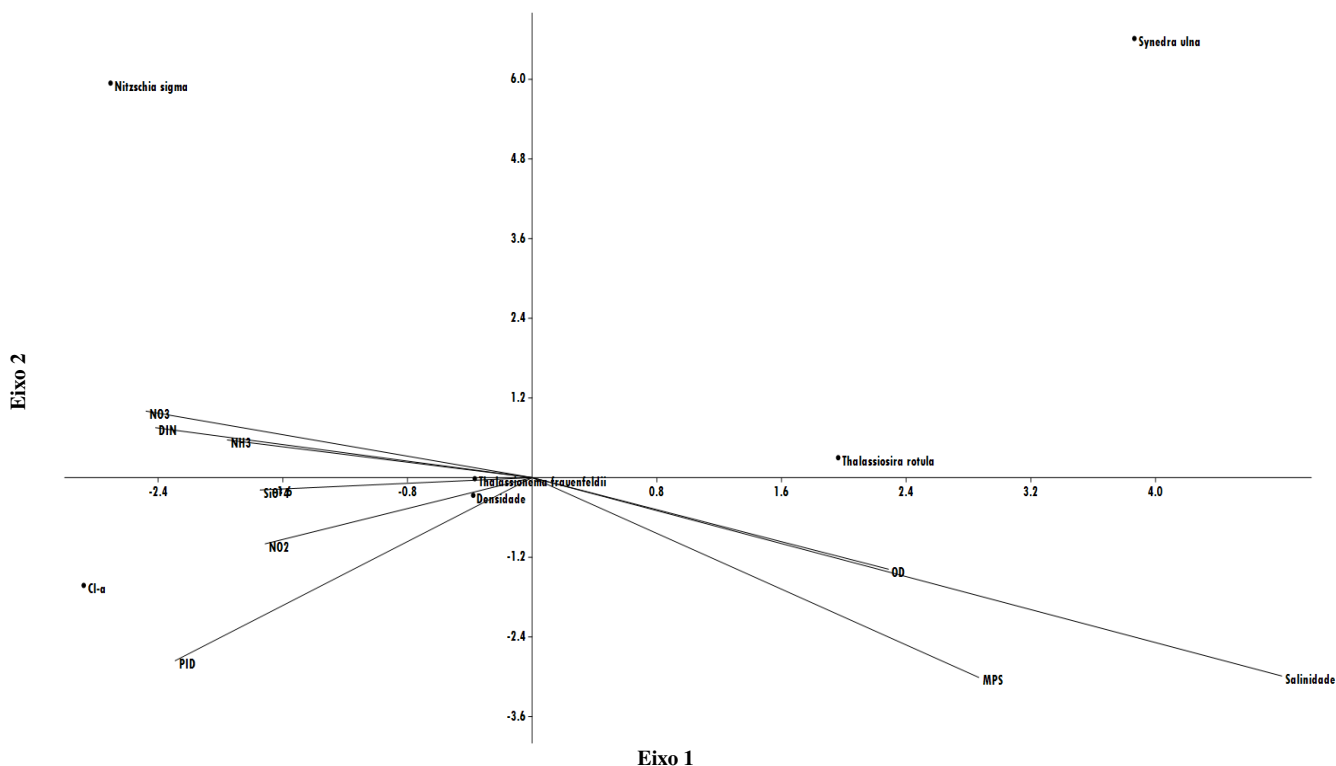


Quanto ao percentual de similaridade (SIMPER), foi observado que no período chuvoso, a espécie que apresentou maior contribuição foi *Nitzschia sigma* com 10,08%, seguida de *Synedra ulna* (8,87%), *Guinardia flaccida* (6,68%), *Bacillaria paxillifera* (6,55%) e *Triceratium favus* (6,30%) a média de similaridade desse grupo foi de 22,63% (Tab. 6). Durante a estiagem, o fitoplâncton mostrou um domínio de *Thalassiosira rotula*, que correspondeu a 22,57% da comunidade fitoplanctônica da região, seguida de *Thalassionema frauenfeldii* que contribuiu com 6,69%, a média de similaridade das espécies encontradas neste período foi de 31,84%. A distribuição das espécies de fitoplâncton que dominaram na estação chuvosa e na estiagem apresentou 84,65% de dissimilaridade.

Em relação à Análise de Correspondência Canônica (ACC), os dados obtidos da mesma mostraram uma separação entre dois grupos, que explicou 84,74% ($p < 0,001$) das relações entre espécies e variáveis ambientais. O primeiro eixo explicou 62,57% das correlações enquanto o segundo eixo contribuiu com 22,17%.

No primeiro eixo foi possível observar que a espécie *Thalassiosira rotula* apresentou uma correlação positiva com o OD, MPS e salinidade. O segundo eixo mostrou que *Thalassionema frauenfeldii* se correlacionou positivamente com as concentrações dos nutrientes NO_3^- , SiO_4^{3-} , NO_2^- , NH_3 , NID e FID. Observa-se também que as espécies *Nitzschia sigma* e *Synedra ulna* foram amplamente distribuídas independentemente dos períodos sazonais (Fig. 9).

Figura 9 – Análise da correspondência canônica com fitoplâncton e variáveis ambientais da baía de São José, São Luís - MA. Legenda: Fitoplâncton: *Nitzschia sigma*, *Thalassiosira rotula*, *Thalassionema frauenfeldii* e *Synedra ulna* e Densidade (densidade das espécies). Variáveis ambientais: NO_2^- (concentração de nitrito), NO_3^- (concentração de nitrato), NH_3 (íon amônio), FID (concentração de fósforo inorgânico dissolvido), OD (concentração de oxigênio dissolvido), NID (concentração de nitrogênio dissolvido), SiO_4^{3-} (silicato), Cl-a (concentração de clorofila *a*), Salinidade (salinidade), MPS (material particulado em suspensão).



De acordo com a Análise dos Componentes Principais (ACP), os três primeiros fatores explicaram 63,91% das variações observadas na baía de São José durante o período estudado (Tab. 5).

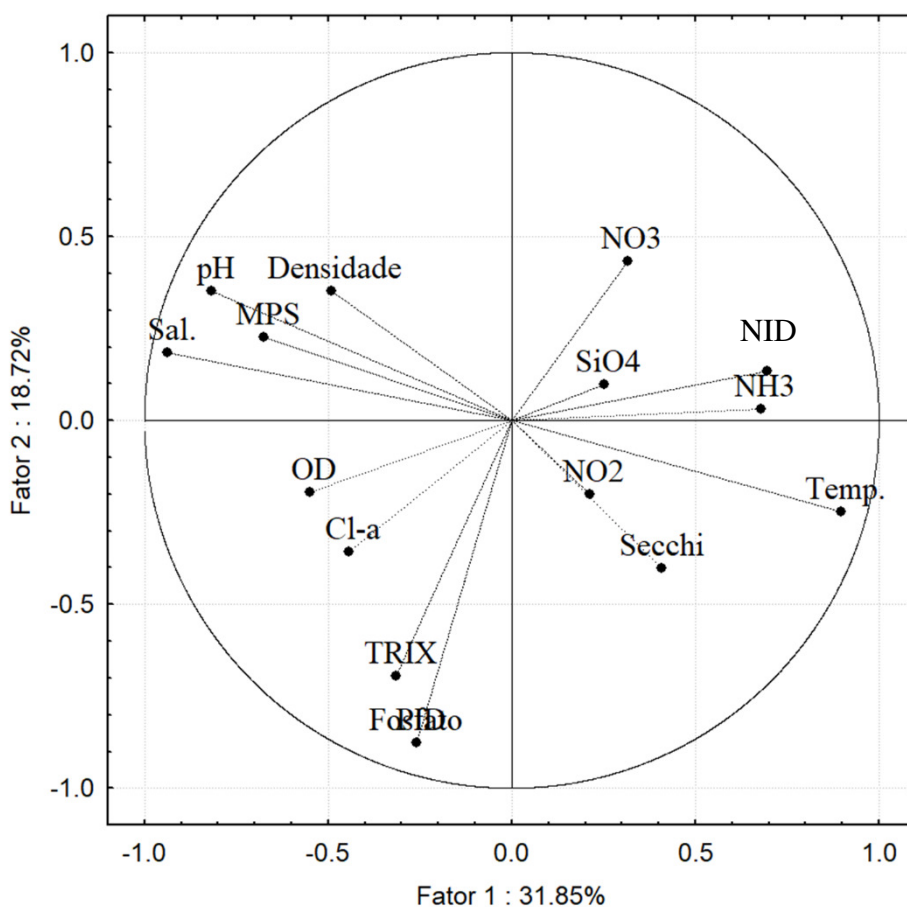
O primeiro fator explicou 31,85% das variações, associando diretamente a temperatura da água com a amônia e o NID, obtendo correlação inversa significativa com o pH, salinidade e oxigênio dissolvido (Tab. 5). O segundo fator explicou 18,72% das variações, não apresentou correlações positivas expressivas e correlacionou negativamente o Trix com o fosfato e o FID (Tab. 5). O terceiro fator explicou 13,34% das variações, correlacionando positivamente o Trix com a clorofila *a*, o nitrato e o silicato, não apresentando correlações negativas expressivas (Tab. 5).

Tabela 05. Análise dos Componentes Principais (ACP) das concentrações de clorofila *a* e variáveis ambientais da baía de São José, São Luís - MA.

		Fator 1	Fator 2	Fator 3
Autovalores		5,09680	8,09213	10,22802
% total		31,85	18,72	13,34
Variáveis	Abreviações na ACP	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Potencial Hidrogeniônico	pH	-0.817351	0.351563	0.227327
Salinidade	Sal.	-0.936404	0.184114	-0.058514
Oxigênio Dissolvido	OD	-0.549386	-0.195328	-0.347818
Temperatura da água	Temp.	0.897787	-0.247043	-0.003653
Transparência da água	Secchi	0.408823	-0.401694	-0.496946
Nitrito	NO ₂	0.213366	-0.199402	0.233107
Nitrato	NO ₃	0.315472	0.432224	0.522248
PO ₄ ³⁻	Fosfato	-0.260000	-0.875793	0.118874
Silicato	SiO ₄ ⁻³	0.252660	0.098533	0.647078
Íon amônio	NH ₃	0.678081	0.030943	0.312580
Nitrogênio Inorgânico Dissolvido	NID	0.694334	0.134959	0.417763
Fósforo Inorgânico Dissolvido	FID	-0.258188	-0.876051	0.120725
Material particulado em suspensão	MPS	-0.674997	0.226097	0.328555
Densidade de espécies	Densidade	-0.491495	0.352072	0.110094
Índice Trófico	Trix	-0.314188	-0.696256	0.520909
Clorofila <i>a</i>	Cl-a	-0.442671	-0.357092	0.524114

Com relação à projeção bidimensional, os dois primeiros fatores explicaram 50,57% da variação total dos dados obtidos no ambiente, sendo que o fator 1 foi mais significativo e explicou 31,85%, correlacionando o TRIX com a clorofila *a*, OD, fosfato e FID que se relacionaram inversamente com o silicato, NID, NH_3 e NO_3^- . O fator 2 explicou 18,72% das variações, e mostrou uma correlação direta entre a salinidade, o pH, MPS e densidade que se correlacionaram inversamente com Secchi, temperatura e NO_2^- (Fig. 10).

Figura 10 – Projeção bidimensional da ACP das concentrações do fitoplâncton e variáveis ambientais da baía de São José, São Luís - MA. Legenda: Densidade (densidade das espécies), NO_2^- (concentração de nitrito), NO_3^- (concentração de nitrato), NH_3 (íon amônio), FID (concentração de fósforo inorgânico dissolvido), OD (concentração de oxigênio dissolvido), NID (concentração de nitrogênio dissolvido), SiO_4^{3-} (silicato), Cl-*a* (concentração de clorofila *a*), Salin. (Salinidade), MPS (material particulado em suspensão), Secchi (transparência da água) e Temp. (temperatura da água), TRIX (Índice trófico).



6 DISCUSSÃO

A comunidade fitoplanctônica da baía de São José respondeu às condições ambientais da região, apresentando uma variação espacial condicionada por um gradiente de salinidade e pela descarga fluvial dos rios, além do regime de marés, agrupando radiais dominadas pela influência costeira, como por exemplo, as RAD1, RAD2 e RAD3 e radiais com maior influência fluvial, como as RAD4, RAD5 e RAD7 que são as radiais mais internas com influência de vários rios como o Itapecuru, Tibiri, Munim, Sampaio e Perizes. De acordo com a análise do fitoplâncton, essas radiais destacaram a densidade da espécie *Thalassiosira rotula* que é uma espécie típica de ambientes costeiros (LEÃO et al., 2008; GARCIA & ODEBRECHT, 2009).

COSTA et al., 2011, afirmam que as condições climáticas exercem um efeito considerável sobre as variáveis hidrológicas, e, portanto, sobre as características biológicas dos organismos pelágicos e bentônicos. A pluviosidade em regiões tropicais e subtropicais, é possivelmente o principal fator de controle da distribuição e abundância dos organismos fitoplanctônicos (LACERDA et al., 2004), visto que modifica a disponibilidade de nutrientes e as qualidades ópticas da água (BASTOS et al., 2005). Durante o período de estiagem (período de baixa pluviosidade) a clorofila *a*, o microfitoplâncton e o nano/picofitoplâncton da Baía de São José apresentaram suas maiores contribuições. Em relação à porção mais representativa do fitoplâncton, o nano/picofitoplâncton apresentou maiores registros nos dois períodos estacionais, apresentando diferenças significativas durante o período de estiagem.

A precipitação pluviométrica da baía de São José esteve de acordo com o padrão esperado para a região. Mostrando-se maior nos meses de janeiro a junho e menor de julho a dezembro, assim como foi observado por AZEVEDO-CUTRIM et al., 2008; RODRIGUES; CUTRIM, 2010; CARVALHO et al., 2016 e DUARTE-DOS-SANTOS et al., 2017. A baixa variação da temperatura da água durante os dois períodos pode ter influenciado diretamente na densidade das espécies fitoplanctônicas presentes na Baía de São José, principalmente durante a estiagem, período em que a densidade de espécies foi maior. Tais observações estão de acordo com KEBEDE; AHLGREN (1996), que reportaram em seu estudo que a temperatura ideal para o desenvolvimento e crescimento do fitoplâncton é de aproximadamente 30°C.

A salinidade da baía de São José, apresentou diferenças significativas nos dois períodos amostrais, aumentando gradativamente do período chuvoso para o de estiagem. Esses valores estão dentro do padrão esperado para a região e suas variações podem ser explicadas devido a dinâmica das águas costeiras, variação das marés e à sazonalidade. Durante o período chuvoso a salinidade foi menor, uma vez que o volume de água doce aumenta o potencial de dissolução dos sais, provocando assim uma redução da salinidade (SILVA, 2011). O inverso foi observado no período de estiagem, pois, com a elevada evaporação e a baixa precipitação, além de uma maior intrusão salina, ocorre o aumento da salinidade devido à maior concentração de sais dissolvidos. Esses maiores valores durante a estiagem influenciaram diretamente na elevada abundância do fitoplâncton, apresentando espécies típicas de ambientes costeiros nas radiais onde a influência oceânica é maior, tais como a *Thalassiosira rotula* e *Nitzschia sigma*. Enquanto que nas radiais onde há menor influência salina e há maior descarga fluvial, espécies como *Euglena oxyuris* e *Dictyosphaerium pulchellum* foram as mais abundantes.

A transparência da água manteve-se baixa durante os dois períodos amostrais. Segundo BASTOS et al. (2005), nas águas estuarinas a transparência costuma ser reduzida porque são ambientes relativamente rasos e dinâmicos controlados pelas marés e pela descarga fluvial. Os valores provenientes da profundidade do disco de Secchi foram inversamente proporcionais aos valores de MPS que por sua vez mostraram altas concentrações durante os dois períodos estacionais, considerado natural para o ambiente, devido às várias fontes de material em suspensão, como os manguezais e o aporte continental vindos dos rios. Na estiagem esses valores foram mais elevados, isto pode estar relacionado a dinâmica do ambiente, que faz com que haja ressuspensão constante do material particulado neste período e também devido ao fim do período chuvoso, que aumenta a descarga fluvial e eleva a quantidade de material em suspensão e matéria orgânica dissolvida na região.

De acordo com o Índice Trófico (TRIX), a baía de São José apresentou diferenças significativas durante a estiagem, período em que apresentou maiores níveis tróficos, correlacionando-se positivamente com os valores de clorofila *a*, oxigênio dissolvido, fosfato e FID, como esperado, pois, esses parâmetros influenciam diretamente no estado trófico dessa região. O oxigênio dissolvido apresentou seus maiores valores durante o período de estiagem, período em que a espécie *Thalassiosira*

rotula apresentou sua maior densidade, tal espécie apresentou correlação positiva com OD, indicando que este foi um fator determinante para o crescimento da mesma. Os dois períodos apresentaram valores de oxigênio acima dos valores de hipoxia, assegurando a oxigenação deste ambiente. O pH da baía de São José, mostrou-se alcalino nos dois períodos estacionais, destacando-se durante a estiagem, o mesmo também foi observado por AZEVEDO-CUTRIM et al. (2008) e GREGO et al. (2004). De acordo com GAMMAL et al., 2017, estes valores do pH são adequados para o desenvolvimento do fitoplâncton, o que pode explicar a elevada concentração de densidade fitoplanctônica na Baía de São José durante a estiagem.

Acredita-se que os sais nutrientes possuem elevada importância no meio aquático, pois suas concentrações, juntamente com a luz, são os principais fatores limitantes da produção dos organismos clorofilados, interferindo assim em toda teia trófica (MACÊDO et al., 2004). O nitrogênio, fósforo e o silício, são os nutrientes que podem ser encontrados na forma dissolvida na coluna d'água e que podem potencialmente ser assimiláveis, como nitrato, nitrito, fosfato e silicato (RILEY; CHESTER, 1989). Quando ocorre uma redução dos nutrientes nos fluxos fluviais, há alteração na disponibilidade do elemento em suas diferentes formas nas águas superficiais, e alteração na produtividade biológica do ecossistema estuarino. A espécie *Thalassionema frauenfeldii*, correlacionou-se positivamente com as concentrações dos nutrientes NO_3^- , SiO_4^{3-} , NO_2^- , NH_3 , mostrando que os mesmos foram limitantes ao seu crescimento e desenvolvimento na coluna d'água.

Os valores de silicato, nitrato, nitrito, amônia, fosfato, DIN e FID foram correlacionados com a variação sazonal que é governada pela estrutura climática muito bem definida no Maranhão, com seus maiores valores sendo observados durante o período chuvoso. A estação chuvosa é responsável pela diluição dos nutrientes resultando em uma forte correlação positiva entre oxigênio dissolvido e clorofila *a* (MENG et al., 2016; DUARTE-DOS-SANTOS et al., 2017). As concentrações de FID, oxigênio e fosfato se correlacionaram positivamente com as de biomassa fitoplanctônica, permitindo inferir que estes compostos influenciaram diretamente na produção fitoplanctônica neste ambiente.

7 CONCLUSÃO

A distribuição e dinâmica do fitoplâncton na baía de São José é influenciada principalmente pelas concentrações de nutrientes, salinidade e pelas ações das marés. O nano/picofitoplâncton apresentou maior contribuição nos dois períodos estacionais. O TRIX comprovou que a baía de São José é composta por níveis tróficos que vão do oligotrófico ao eutrófico. Observou-se ainda que o período de estiagem foi o período que apresentou os maiores níveis de clorofila *a* e densidade de espécies fitoplanctônicas, essa elevada abundância de espécies registrada na estiagem esteve associada com a proliferação da diatomácea *Thalassiosira rotula*, a elevada abundância durante a estiagem também pode ser associada à elevada salinidade nesse período estacional.

REFERÊNCIAS

- APHA- American Public Health Association. Standard Methods for examination of water and wastewater. 22th ed. Washington: APHA. 1360 pp. 2012.
- ARRIGO, K.R. Marine microorganisms and global nutrient cycles. *Nature* 437, 349–355. 2005.
- AZEVEDO-CUTRIM, A.C.G.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta bot. bras.* 22(3): 870-877. 2008.
- BARBOSA, W. F. A. Dissertação: Estrutura da comunidade fitoplanctônica do estuário do Rio São Francisco (Alagoas/Sergipe/Brasil). Universidade Federal de Pernambuco, p. 1-127, 2011.
- BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N. & MUNIZ, K. Variabilidade espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica e hidrologia no estuário do rio Una (Pernambuco-Brasil) *Tropical Oceanography*, 33 (1), 1-18. 2005.
- BAZIN, P.; JOUENNE, F.; DETON-CABANILLAS, A.F.; PÉREZ-RUZAFÁ, Á., AND VÉRON, B. Complex patterns in phytoplankton and microeukaryote diversity along the estuarine continuum. *Hydrobiology*, 726, 155–178, DOI: 10.1007/s10750-013-1761-9. 2014.
- BRAGA, E. S.; BONETTI, C. V. D. H.; BURONE, L.; BONETTI, L. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System – Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 40, n. 2, p. 165-173, 2000.
- BRICKER, S.B.; CLEMENT, C.G.; PIRHALLA, D.E.; ORLANDO, S.P. & FARROW, D.R.G. Effects of Nutrient Enrichment in the Nation’s Estuaries. National Estuarine Eutrophication Assessment. NOAA e NOS Special Projects Office, Silver Spring, MD, USA, 71 p. 1999.
- BRICKER, S.B.; FERREIRA, J.G. & SIMAS, T. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. *Ecol. model.* v.169, p. 39-60. 2003.
- BRUNET, C.; LIZON, F. Tidal and periodicities of sizefractionated phytoplankton pigment signatures at an offshore station in the southeastern English Channel. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, v. 56, p. 833-843, 2003.
- CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. Estuaries. In: HILL, M. N. (Ed.). *The sea, Ideas and observations on progress in the study of the seas*. New York: Interscience, p. 306-324. 1963.
- CARVALHO, R. C. Q.; CUTRIM, M. V. J.; ESCHRIQUE, S. A.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C.G.; MOREIRA, E. G.; SILVEIRA, P. C. A.; COELHO, J. M. Microphytoplankton composition, chlorophyll-a concentration and environmental variables of the Maranhão Continental Shelf, Northern Brazil. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 44(2): 256-266, 2016.

CHAI, C.; JIANG, T.; CEN, J.; GE, W.; LU, S. Phytoplankton pigments and functional community structure in relation to environmental factors in the Pearl River Estuary. *Oceanologia*. 2016.

CLARKE, K.R., WARWICK, R.M. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation (1st ed.). Plymouth: Plymouth Marine Laboratory. 2001.

CLOERN, J.E.; POWELL, T.M.; HUZZEY, L.M. Spatial and temporal variability in South San Francisco Bay (USA). II. Temporal changes in salinity, suspended sediments, and phytoplankton biomass and productivity over tidal time scales. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, v. 28, p. 599-613, 1989.

COSTA, V. B.; SOUSA, E. B.; PINHEIRO, S. C. C.; PEREIRA, L. C. C. & COSTA, R. M. Effects of a high energy coastal environment on the structure and dynamics of phytoplankton communities (Brazilian Amazon litoral). *Journal of Coastal Research, Pará, Brazil*. 2011.

COTOVICZ, L.C., BRANDINI, N., SOUZA, B.A.K.W.F.L. DE, MEDEIROS, P.R.P. Comparação de Modelos e Índices para Avaliação do Estado Trófico do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú- Manguaba, (AL). *Geoquímica Brasiliensis* 26 (1), 7–18. 2012.

DAMAZIO, E.; FERREIRA-CORREIA, M. M.; MEDEIROS, T. C. C. Golfo do Maranhão: levantamento bibliográfico sobre oceanografia, biologia marinha e ecologia marinha. *Cad. Pesq. São Luís*, v. 5, n. 2, p. 41 - 86, 1989.

D'AQUINO, C. A.; ANDRADE NETO, J. S.; BARRETO, G. A. M. & SCHETTINI, C. A. F. Caracterização oceanográfica e do transporte de sedimentos em suspensão no estuário do rio Mampituba, SC. *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol. 29(2): 217-230, 2011.

DAY, J. W. *Estuarine Ecology*. John Wiley & Sons, p. 5–7, 1989.

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 an urban river Bacanga basin in northern Brazil, São Luís – MA. *Braz. J. Biol.*, 2017, vol. 77, no. 3, pp. 602-615, 2017.

DYER, K. R. Sediment transport processes in estuaries. In: PERILLO GME (Ed.). *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries: Developments in Sedimentology*. New York, Elsevier Science B.V., p. 423–449. 1995.

DYER, K. *Estuaries: A Physical Introduction*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons. 140 p. 1997.

EDIGER, D.; SOYDEMIR, N.; KIDEYS, A. E. Estimation of phytoplankton biomass using HPLC pigment analysis in the southwestern Black Sea Deep Sea Res. Part II 53, 1911–1922p. 2006.

ESCHRIQUE, S. A. Estudos do balanço biogeoquímico dos nutrientes dissolvidos principais como indicador da influência antrópica em sistemas estuarinos do nordeste e sudeste do Brasil. 2011. 231 f. Tese (Doutorado em Oceanografia Química e Geológica). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

ESKINAZI-LEÇA, E.; MOURA, A. N. M.; SILVA-CUNHA, M. G. G. and KOENING, M. L. Microalgas marinhas do estado de Pernambuco. In: TABERELLI M ET AL (Eds), Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco, Recife: SECTMA e Editora Massangana, p. 79-96. 2002.

FAIRBRIDGE, R. The estuary: its definition and geodynamic cycle. Pages 1-35 in E. Olausson, and I. Cato, editors. Chemistry and biochemistry of estuaries. Wiley, New York. 1980.

FERRARIO, M.; SARS, E.; SALA, S. Metodologia básica para el estudio de fitoplancton com especial referencia a las diatomáceas. In: Alvear, K.; Ferrario, M. E.; Oliveira Filho, E. C., and Sars, E. (eds.), Manual de métodos ficológicos. Chile: Universidad de Concepción, pp. 1-24, 1995.

FERREIRA, J. G.; BRICKER, S. B. & SIMAS, T. C. Application and sensitivity testing of a eutrofication assessment method on coastal systems in the United States and European Union. Journal of Environmental Management. v. 82, p. 443-445. 2007.

FLORES-MONTES, M.J.; MACÊDO, S.J. & KOENING, M.L. N:Si:P atomic ratio in the Santa Cruz Channel, Itamaracá-PE (Northeast Brazil): a nyctemeral variation. Brazilian Archives of Biology and Technology 45: 115-124. 2002.

GAMMAL, M. A. M.; NAGEEB, M.; AL-SABEB, S. Phytoplankton abundance in relation to the quality of the coastal water – Arabian Gulf, Saudi Arabia. Fisheries Research Center, Eastern Province, Ministry of Environment, Water and Agriculture, Saudi Arabia b Center Laboratory for Aquaculture Research (CLAR), Agriculture Research Center (ARC), Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Research 43. 275–282. 2017.

GAMEIRO, C.; CARTAXANA, P.; CABRITAS, M.T. & BROTAS, V. Variability in chlorophyll composition in an estuarine system. Hydrobiologia 525: 113-124. 2004.

GARCIA, M. & ODEBRECHT, C. Chave dicotômica ilustrada para a identificação de espécies de Thalassiosira Cleve (diatomácea) no estuário da Lagoa dos Patos e área costeira adjacente (Rio Grande do Sul, Brasil). Biota Neotrop., 9(2): <<http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/pt/abstract?identificationkey+bn0260902>>. 2009.

GILBERT, J.; VELLINGA, P. "Strategies for Adaption to Sea Level Rise," Report of the Coastal Zone. 1990.

GIOVANARDI, F., VOLLENWEIDER, R.A. Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applying the Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas. *J. Limnol.* 63(2), 199-218. 2004.

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

GREGO, C.K.S.; FEITOSA, F.A.N.; HONORATO DA SILVA, M. & FLORES-MONTES, M.J. Distribuição espacial e sazonal da clorofila a fitoplanctônica e hidrologia do estuário do rio Timbó (Paulista - PE). *Tropical Oceanography* 32: 181-199. 2004.

GUINDER, V. A.; POPOVICH, C. A.; PERILLO, G. M. E. Short-Term Variability in the phytoplankton and physico-chemical variables in a high-tidal regime, Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(3):249-258. 2009.

HAGY, J. D.; III; BOYNTON, W. R.; JASINSKI, D. A. Modelling phytoplankton deposition to Chesapeake Bay sediments during winter-spring: interannual variability in relation to river flow. *Est. Coast. Shelf Sci.* 62, p. 25-40, 2005.

HERZ, R. Manguezais do Brasil. Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 227p. 1991.

HOWARTH, R.W. Nutrient limitation of net primary production in marine ecosystems. *Annual Reviews of Ecology*, v19, p. 89-110, 1988.

ITTEKKOT, V.; NAIR, R. R.; HONJO, S; RAMASWAMY, V; BARTSCH, M; MANGANINI, S.; DESAI, B. N. Enhanced particle fluxes in Bay of Bengal induced by injection of fresh water. *Nature*, v. 351, p. 385-387, 1991.

JAY, D.A.; GEYER, W.R. & MONTGOMERY, D.R. An ecological perspective on estuarine classification. *In: Hobbie, J. (Ed.), Estuarine Science: A Synthetic Approach to Research and Practice.* Washington, DC: Island Press. p. 149-176. 2000.

JENNERJAHN, T. C.; ITTEKKOT, V.; CARVALHO, C. E. V. Preliminary data on particle flux of the São Francisco river, eastern Brazil. *In: ITTEKKOT, V.; SCHAFER, P.; HONJO, S.; DEPETRIS, P.J. (Ed.). Particle flux in the ocean. [S.I.]: John Wiley & Sons, P. 215-222. 1996.*

KEBEDE, A., AHLGREN, G. Optimum growth conditions and light utilization efficiency of *Spirulina platensis* (*Arthrospira fusiformis*) (Cyanophyta) from Lake Chitu, Ethiopia. *Hydrobiologia* 332, 99-104. 1996.

KJERFVE, B., LACERDA, L. D. Mangroves of Brazil. p. 245-272. *In: L.D. Lacerda (ed.). Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa Regions. International Society for Mangrove Ecosystems. Technical reports, v.2, ITTO TS-13, v.1. 1993.*

LACERDA, S. R.; KOENING, M.L.; NEUMAN-LEITÃO, S. & FLORES-MONTES, M. J. Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá-Pernambuco-Brazil). *Brazilian Journal Biology*, 64(1), 81-94. 2004.

LEÃO, B. M.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; SANTIAGO, M. F. Ecologia do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. *Acta bot. bras.* 22(3): 711-722. 2008.

LI, Y.; SMAYDA, T. J. A cholophyll time series for Narragansett Bay: Assessment of the potential effect of tidal phase on measurement. *Estuaries*, v. 24, n. 3, p. 328-336, 2001.

LOSADA, A.P.; FEITOSA, F.A.N. & CORREIA-LINS, I. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré-PE) relacionada com parâmetros hidrológicos. *Trop. Oceanogr.*, v.28, n.2, p.117-138, 2000.

MACÊDO, S. J.; MUNIZ, K.; FLORES-MONTES, M. J. Hidrologia da região costeira e plataforma continental do estado de Pernambuco. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Org). *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife: Bagaço, p. 255-286. 2004.

MARANHÃO. Atlas do Maranhão. LABGEO/UEMA, São Luís: GEPLAN, 2002.

MARGALEF, R. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In: Buzzati-Traverso, A. A. (Ed.) *Perspectives in Marine Biology*. Berkeley: Universidad California Press, p. 323-349. 1958.

MATOS, J. B.; OLIVEIRA, S. M. O.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Structure and temporal variation of the phytoplankton of a macrotidal beach from the Amazon coastal zone. *A. Acad. Bras. Cienc.*, Rio de Janeiro, v. 88 (3). 2016.

MELLO, C. F., MOCHEL, F. R. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha. Sumário Executivo. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/SBF, 72p. 2002.

MOCHEL, F. R., CORREIA, M. M. F., CUTRIM, M. V. J., IBANEZ, M. S. R. Degradação dos manguezais da Ilha de São Luís (MA): processos naturais e antrópicos. In: Prost, MT e Mendes, A. C.. (Org.). *Ecossistemas costeiros: impactos e gestão ambiental*. 1 ed. Belém: Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, v. 1, p. 113131. 2002.

MENG, PEI-JIE; TEW, K. S.; HSIEH, HUNG-YEN; CHUNG-CHI. Relationship between magnitude of phytoplankton blooms and rainfall in a hyper-eutrophic lagoon: A continuous monitoring approach. *Marine Pollution Bulletin*. 2016.

MONTEIRO, S. M.; EL-ROBRINI, M.; ALVES, I. C. C. Dinâmica sazonal de nutrientes em estuário amazônico. *Mercator, Fortaleza*, v. 14, n. 1, p. 151-162, jan./abr. 2015.

NASROLLAHZADEH, H.S., DIN, Z. BIN, FOONG, S.Y., MAKHLOUGH, A. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Cont. Shelf Res.* 28, 1153–1165. 2008.

NOBRE, A.M.; FERREIRA, J.G.; NEWTON, A.; SIMAS, T.; ICELY, J.D. & NEVES, R. Management of coastal eutrophication: integration of field data, ecosystem-scale simulations and screening models. *J. Mar. Syst.* N. 3/4, v. 56, p. 375-390. 2005.

NORIEGA, C. D.; MUNIZ, K.; ARAÚJO, M. C.; TRAVASSOS, R. K. & NEUMANN-LEITÃO, S. Fluxos de nutrientes inorgânicos dissolvidos em um estuário tropical – Barra das Jangadas – PE, Brasil. *Tropical Oceanography.* N. 2, v. 33, p. 133-145. 2005.

ODUM, H.T., COPELAND, B.J. MCMAHON, E. Coastal Ecological Systems of the United States, 4 v., The Conservation Foundation, Washington, D.C., USA. 1974.

ODUM, W. E, MCIVOR, C. C., SMITH, T. J., The ecology of the mangroves of South Florida: a community profile. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C. FWS/OBS – 81/24, 144p, 1982.

PAERL, H.W.; ROSSIGNOL, K.L.; HALL, S.N.; PEIERLS, B.L.; WETZ, M.S. Phytoplankton community indicators of short and long-term ecological change in the anthropogenically and climatically impacted Neuse River estuary, North Carolina, USA. *Estuaries and Coasts*, 33, 485-497, 2010.

PENNA, N., CAPELLACCI, S., RICCI, F. The influence of the Po River discharge on phytoplankton bloom dynamics along the coastline of Pesaro (Italy) in the Adriatic Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 48, 321–326. 2004.

PEREIRA FILHO, J.; SCHETTINI, C.A.F.; RÖRIG, L. & SIEGLE, E. Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrients, POC and chlorophyll a in the Camboriu river estuary, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53: 249-257. 2001.

PEREIRA, R. C., SOARES-GOMES, A. (Organizadores). Os autores do capítulo são: Ana Cristina Teixeira Bonecker, Sérgio Luiz Costa Bonecker & Christina Bassani, Capítulo 6 – Plâncton marinho. *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 382 p. 2002.

POR, F. D., DOR, I. Hydrobiology of the mangal. *Developments in Hydrobiology* 20. The Hague, Netherlands (Holanda): Dr W. Junk Publishers, 1984.

PONTES, P. H. P.; EL-ROBRINI, M. Massa d'água da plataforma continental do Maranhão, durante o período seco (novembro, 1997). Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil. 2008.

POPOVICH, C. A.; GUINDER, V. A.; PETTIGROSSO, R. Composition and dynamics of phytoplankton and aloricate ciliate communities in the Bahía Blanca Estuary. In: Perspectives on integrated coastal zone management in South America. NEVES, R.; BARETTA, J.; MATEUS, M. (Ed). Lisboa: IST Press, 2008b. p 257-272.

POPOVICH, C. A.; MARCOVECCHIO, J. E. Spatial and temporal variability of phytoplankton and environmental factors in a temperate estuary of South America (Atlantic coast, Argentina). *Cont. Shelf Res.*, v. 28, p. 236-244, 2008.

RABALAIS, N. N., R. E. Turner, Q. DORTCH, D. JUSTIĆ, V. J. BIERMANJR, & W. J. WISEMANJR. Review. Nutrient-enhanced productivity in the northern Gulf of Mexico: Past, present and future. *Hydrobiologia* in press. Crossref, PubMed, Google Scholar. 2002.

REIS, R. J. Dissertação: Costa Sudeste do Município de São Luís – MA: Análise e proposta para Gestão Ambiental. Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE. p 1-96, 2005.

REYNOLDS, C. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge. 535p. 2006.

REZENDE, K. R. V. & BRANDINI, F. P. Variação do fitoplâncton na zona de arrebenção da praia de Pontal do Sul (Paranaguá – Paraná). *Nerítica* 11: 49-62. 1997.

RILEY, J. P. & CHESTER, R. *Introduction to marine chemistry*. St. Edmundsbury Press, Great Britain, p 465. 1989.

RODRIGUES, E. I.; CUTRIM, M. V. J. Relações entre as variáveis físicas, químicas e fitoplanctônicas de três áreas estuarinas da costa norte do Brasil – São José de Ribamar, Cedral e Cajapió, MA. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, v. 43, n. 2, p. 45 – 54, 2010.

SATHICQ, M. B.; BAUER, D. E.; GÓMEZ, N. Influence of El Niño Southern Oscillation phenomenon on coastal phytoplankton in a mixohaline ecosystem on the southeastern of South America: Río de la Plata estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 98, p. 26-33, 2015.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. *Bulletin of System Technology Journal*, v. 27, p. 379-423. 1948.

SCHUBEL, J. R. & CARTER, H. H. Fine-grained suspended sediment. In: KENNEDY VS (Ed.). *The estuary as a filter*. Orlando, Academic Press, Inc., p. 81–105. 1984.

SILVA, M. C. - Estuários – Critérios para uma classificação Ambiental. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 5, nº1, Jan/Mar 25,35. 2000.

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

SILVA, D. de J.; GONÇALO M. DA C. "Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil." *Scientia plena* 7.1. 2011.

SCHMIEGELOW, J. M. M. *O Planeta Azul*. Rio de Janeiro: Ed. Interciência. 202 p. 2004.

- SOARES, M. O oceano... nosso futuro: Relatório da Comissão Mundial Independente sobre os Oceanos. Rio de Janeiro: CNIO, 250 p. 1999.
- SOUSA FILHO, P. W. M.; SALES, M. E. C.; PROST, M. T. R. C.; COSTA, F. R.; SOUZA, L. F. M. DE O. Zona Costeira Amazônica: O cenário regional e os indicadores bibliométricos em C&T. Bibliografia da zona costeira amazônica. In: Museu Paraense Emilio Goeldi/ Universidade Federal do Pará/Petrobras. Belém, 401p. 2005.
- SOUSA, E. B. de, V. B. COSTA, L. C. C. PEREIRA; R. A. A. M. da COSTA. Microfitoplâncton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela. Acta Botânica Brasílica, 22; 626-636. 2008.
- STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.S. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Board Can., v. 167, p. 1-205, 1972.
- SWANEY, D.P.; SCAVIA, D.; HOWARTH, R.V. & MARINO, R.M. Estuarine classification and response to nitrogen loading: Insights from simple ecological models. Estuar., Coast. Shelf. Sci. v.77 p. 253-263. 2008.
- VALENTIN, J. L.; MACÊDO-SAIDAH, F. E.; TENENBAUM, D. R.; SEIVA, N. L. A. Diversidade específica para análise das sucessões fitoplanctônicas. Aplicações 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.
- VALLE-LEVINSON, A. Definition and classification of estuaries. In: VALLE-LEVINSON, A. (Ed.). Contemporary Issues in Estuarine Physics. New York: Cambridge University Press, p. 1-11. 2010.
- VALIELA, I. Marine ecological processes, 2nd ed., New York: Springer-Verlag, 686p. 1995.
- VILLAFANE, V. E.; REID, F. M. H. Métodos de microscopia para la cuantificación del fitoplancton. In: ALVEAR, K.; FERRARIO, M. E.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; SARS, E. (Eds.). Manual de métodos ficológicos. Chile: Universidad de Concepción, p. 169-185, 1995.
- VARELA, R., MASSA, I. Concentración de clorofila-a, feopigmentos y materia en suspensión en laguna de Raya, Isla de Margarita, Venezuela. Fundación La Salle de ciencias Naturales, estación de Investigaciones marinas de margarita. Venezuela, n.105, p. 39-64, 1981.
- VOLLENWEIDER, R.A., GIOVANARDI, F., MONTANARI, G., RINALDI, A. Characterization of the Trophic Conditions of Marine Coastal Waters With Special Reference To the New Adriatic Sea: Proposal for a Trophic Scale, Turbidity and Generalized Water Quality Index. Environmetrics, 9, 329-357. 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Densidade fitoplancônica por espécies durante o período chuvoso (abril/2017) e estiagem (outubro/2017) na baía de São José, São Luís - MA.

TÁXONS	CHUVOSO							ESTIAGEM						
	RAD1	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	RAD6	RAD7	RAD1	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	RAD7	
CYANOBACTERIA														
<i>Merismopedia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	4.813	4.813	-	4.813	4.813	9.626	
<i>Merismopedia tenuissima</i>	11.231	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Merismopedia elegans</i>	-	4.813	2.407	-	-	4.813	-	-	-	-	-	-	-	
BACILLARIOPHYTA														
<i>Actinopterychus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.626	-	
<i>Actinopterychus annulatus</i>	-	4.813	2.407	4.813	-	-	4.813	-	-	-	-	-	-	
<i>Amphora ovalis</i>	-	4.813	-	2.407	-	4.813	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	-	4.813	3.610	-	2.407	4.813	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Bacillaria paxillifera</i>	9.626	4.813	2.407	7.219	2.407	7.219	-	-	7.219	7.219	14.439	16.846	16.846	
<i>Bidulphia pulchela</i>	-	-	-	6.417	2.407	-	-	-	-	-	-	-	9.626	
<i>Bellerochea malleus</i>	-	7.219	4.813	-	-	-	7.219	4.813	4.813	4.813	-	9.626	4.813	
<i>Caloneis permagna</i>	4.813	4.813	-	3.610	-	-	4.813	-	-	-	4.813	-	-	
<i>Calyptrilla robusta</i>	-	-	2.407	4.813	-	9.626	-	-	4.813	-	-	-	-	
<i>Chaetoceros sp.</i>	-	-	-	-	-	-	4.813	-	-	-	-	-	-	
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	9.626	-	-	-	-	-	
<i>Chaetoceros gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.813	-	-	-	
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	-	-	-	-	-	-	-	14.440	-	-	-	-	-	
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	4.813	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>C. subtilis var.abnormis</i>	-	4.813	-	-	-	-	-	4.813	-	-	-	-	-	
<i>Cocconeis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	4.813	-	-	-	-	-	
<i>Coscinodiscus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	4.813	4.813	-	9.626	9.626	4.813	4.813	
<i>Coscinodiscus centralis</i>	-	4.813	-	-	-	4.813	4.813	-	-	4.813	-	-	-	
<i>Coscinodiscus gigas</i>	-	-	-	-	-	-	4.813	-	-	-	-	-	-	

<i>Coscinodiscus lineatus</i>	-	-	2.407	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus nitidus</i>	4.813	-	3.610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	4.813	-	2.407	-	-	-	4.813	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	-	-	-	4.813	-	-	4.813	-	-	-	9.626	9.626	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	-	4.813	-	3.610	-	-	-	-	-	4.813	-	-	-
<i>Coscinodiscus rothii</i>	-	-	-	-	-	-	-	4.813	-	-	-	-	4.813
<i>Cyclotella sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.813	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	-	-	-	-	-	4.813	4.813	-	-	-	9.626	9.626	-
<i>Cyclotella striata</i>	-	4.813	-	3.610	-	-	-	-	-	-	9.626	4.813	-
<i>Cyclotella stylorum</i>	4.813	9.626	7.220	5.615	2.407	-	9.626	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis bombus</i>	4.813	7.219	-	-	-	4.813	-	4.813	4.813	-	-	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	4.813	9.626	2.407	4.813	4.813	4.813	4.813	9.626	7.219	4.813	9.626	-	-
<i>Entomoneis ornata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	7.219	9.626	9.626	9.626	7.219
<i>Frustulia rhomboides</i>	-	-	-	4.813	2.407	4.813	4.813	-	-	-	-	-	-
<i>Grammatophora hamulifera</i>	4.813	-	2.407	10.830	-	-	4.813	-	19.253	-	-	-	-
<i>Grammatophora undulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.813
<i>Guinardia flaccida</i>	4.813	12.033	2.407	5.615	2.407	-	7.219	4.813	9.626	9.626	-	-	9.626
<i>Gyrosigma balticum</i>	4.813	4.813	-	-	-	4.813	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hemiaulus indicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	4.813	-	-	-	-	-
<i>Lyrella lyra</i>	-	4.813	-	4.813	-	4.813	4.813	-	4.813	-	-	-	-
<i>Melosira moniliformis</i>	-	4.813	-	6.016	-	-	-	7.219	9.626	-	9.626	9.626	19.253
<i>Navicula sp.</i>	-	-	-	-	-	9.626	-	4.813	-	-	-	4.813	-
<i>Nitzschia sp.</i>	-	-	-	-	-	4.813	-	4.813	-	19.253	9.626	7.219	19.253
<i>Nitzschia amphibia</i>	-	-	-	-	-	-	-	19.253	-	7.219	-	4.813	9.626
<i>Nitzschia closterium</i>	-	-	2.407	-	-	-	4.813	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia longissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	9.626	-	-	-	-
<i>Nitzschia pungens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	9.626	7.219	14.440	4.813	19.253
<i>Nitzschia sigma</i>	7.219	11.230	-	5.615	4.813	-	9.626	4.813	9.626	7.219	9.626	4.813	-
<i>Nitzschia tryblionella</i>	-	-	-	-	-	-	-	4.813	-	-	9.626	-	-
<i>Odontella aurita</i>	-	-	-	2.407	2.407	-	-	14.440	11.230	14.440	6.417	9.626	4.813

<i>Odontella longicuris</i>	-	4.813	2.407	2.407	-	-	-	-	-	7.219	9.626	4.813	-
<i>Odontella mobiliensis</i>	-	4.813	-	2.407	-	-	-	-	-	-	-	9.626	-
<i>Odontella regia</i>	-	4.813	3.209	9.626	2.407	7.219	4.813	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella rhombus</i>	4.813	9.626	-	4.813	-	-	4.813	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella sinensis</i>	-	4.813	2.407	4.813	-	-	12.033	4.813	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	9.626	-	-	-	-	-	-	4.813	9.626	9.626	7.219	-	12.033
<i>Pleurosigma formosum</i>	-	-	7.220	-	-	4.813	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma normanii</i>	-	-	7.220	-	-	4.813	4.813	-	-	9.626	-	-	4.813
<i>Podosira stelligera</i>	-	4.813	-	-	2.407	-	4.813	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia acuminata</i>	4.813	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	-	-	-	9.626	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	-	2.407	-	-	-	9.626	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i>	4.813	-	2.407	-	-	-	4.813	-	4.813	4.813	9.626	4.813	-
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	4.813	-	-	-	-	4.813	4.813	4.813	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	-	-	-	5.615	-	9.626	-	-	-	-	9.626	-	-
<i>Skeletonema tropicum</i>	14.440	-	-	-	-	-	-	-	9.626	9.626	-	-	-
<i>Surirella febigeri</i>	-	7.219	2.407	11.230	7.220	4.813	9.626	-	9.626	9.626	7.219	9.626	7.219
<i>Synedra rumpens</i>	-	-	-	4.813	-	-	-	-	4.813	-	-	-	-
<i>Synedra ulna</i>	12.033	6.417	2.407	5.615	2.407	4.813	14.440	4.813	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	7.219	9.626	2.407	4.813	-	-	-	6.417	7.219	8.021	12.033	7.219	9.626
<i>Thalassionema nitzchioides</i>	-	-	-	-	-	-	-	7.219	6.417	7.219	9.626	4.813	-
<i>Thalassiosira leptopus</i>	-	-	-	9.626	-	-	-	4.813	14.439	7.219	9.626	7.219	9.626
<i>Thalassiosira lineata</i>	-	4.813	7.220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira rotula</i>	-	-	2.407	-	-	-	-	77.012	41.715	30.483	11.230	12.033	16.846
<i>Thalassiosira striata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.813	7.219
<i>Thalassiosira subtilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4.813	-	-	-	-
<i>Trachyneis aspera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	14.439	7.219	11.230	9.626	9.626
<i>Triceratium favus</i>	4.813	4.813	-	9.626	2.407	14.440	7.219	9.626	12.033	12.033	14.439	9.626	9.626
<i>T. favus var. quadratum</i>	4.813	-	-	7.219	-	4.813	4.813	-	-	-	-	-	7.219

CHLOROPHYTA

APÊNDICE B. Média de similaridade de algumas espécies observadas durante os períodos chuvoso e de estiagem na baía de São José, São Luís – MA (Grupos 1 e 2).

CHUVOSO					ESTIAGEM				
Espécies	Média da Densidade	Média da Similaridade	Similaridade/Desvio Padrão	Contribuição %	Espécies	Média da Densidade	Média da Similaridade	Similaridade/Desvio Padrão	Contribuição %
<i>Nitzschia sigma</i>	5.214	2,28	0,74	10,08	<i>Thalassiosira rotula</i>	28.879	7,19	1,04	22,57
<i>Synedra ulna</i>	4.946	2,01	0,84	8,87	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	6.617	2,13	1,14	6,69
<i>Guinardia flaccida</i>	4.011	1,51	0,77	6,68	<i>Bacillaria paxillifera</i>	9.024	2,1	0,76	6,59
<i>Bacillaria paxillifera</i>	4.010	1,48	0,66	6,55	<i>Triceratium favus</i>	7.219	1,71	0,73	5,38
<i>Triceratium favus</i>	4.010	1,43	0,7	6,3	<i>Odontella aurita</i>	6.317	1,58	0,7	4,97
<i>Protoperidinium brevipes</i>	4.679	1,42	0,6	6,29	<i>Protoperidinium brevipes</i>	6.317	1,41	0,69	4,42
<i>Surirella febigeri</i>	4.278	1,42	0,59	6,27	<i>Euglena oxyuris</i>	6.016	1,34	0,72	4,21
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	3.476	1,41	0,67	6,24	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	5.715	1,32	0,57	4,13
<i>Cyclotella stylorum</i>	3.877	1,16	0,57	5,13	<i>Thalassiosira leptopus</i>	5.414	1,25	0,72	3,93
<i>Odontella regia</i>	2.540	0,98	0,5	4,32	<i>Trachyneis aspera</i>	6.016	1,22	0,61	3,85
<i>Ditylum brightwellii</i>	2.807	0,87	0,52	3,86	<i>Protoperidinium sp.</i>	4.813	1,21	0,71	3,79
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	2.807	0,56	0,37	2,47	<i>Thalassionema nitzchioides</i>	3.910	0,88	0,61	2,76
<i>Euglena oxyuris</i>	2.807	0,55	0,38	2,44	<i>Surirella febigeri</i>	4.211	0,87	0,53	2,73
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	1.337	0,54	0,3	2,39	<i>Bellerochea malleus</i>	3.008	0,72	0,53	2,27
<i>Odontella sinensis</i>	2.272	0,5	0,36	2,2	<i>Nitzschia sigma</i>	3.308	0,72	0,43	2,25
<i>T. favus var. quadratum</i>	1.871	0,36	0,32	1,59	<i>Melosira moniliformis</i>	4.512	0,71	0,43	2,24
<i>Bellerochea malleus</i>	1.871	0,29	0,25	1,28	<i>Nitzschia pungens</i>	4.512	0,66	0,43	2,09
<i>Caloneis permagna</i>	1.470	0,28	0,32	1,24	<i>Entomoneis ornata</i>	3.609	0,6	0,44	1,88
<i>Odontella rhombus</i>	1.871	0,27	0,24	1,18	<i>Paralia sulcata</i>	3.910	0,54	0,44	1,7
<i>Grammatophora hamulifera</i>	2.139	0,26	0,32	1,17	<i>Nitzschia sp.</i>	4.211	0,43	0,34	1,35

APÊNDICE C. Média de dissimilaridade das espécies observadas durante o período chuvoso e de estiagem na baía de São José, São Luís – MA (Grupo 3).

Espécies	Média da Densidade	Média da Similaridade	Similaridade/ Desvio Padrão	Contribuição %
<i>Thalassiosira rotula</i>	133	28879,38	9,88	1,1
<i>Bacillaria paxillifera</i>	4.010	9024,69	2,98	1,07
<i>Protoperdinium brevipes</i>	4.679	6317,19	2,4	1,11
<i>Triceratium favus</i>	4.010	7219,75	2,34	1,29
<i>Odontella aurita</i>	267	6317,25	2,34	1,05
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	3.476	5715,56	2,25	1
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	2.807	6617,94	2,15	1,26
<i>Euglena oxyuris</i>	2.807	6016,38	2,15	1,05
<i>Thalassiosira leptopus</i>	1.069	5414,69	1,91	1,05
<i>Nitzschia sigma</i>	5.214	3308,94	1,86	1,14
<i>Surirella febigeri</i>	4.278	4211,44	1,84	1,18
<i>Synedra ulna</i>	4.946	902,44	1,66	1,04
<i>Melosira moniliformis</i>	935	4512,25	1,6	0,85
<i>Guinardia flaccida</i>	4.011	2105,69	1,58	1,04
<i>Ditylum brightwellii</i>	2.807	2406,5	1,37	0,91
<i>Paralia sulcata</i>	534	3910,63	1,36	0,8
<i>Nitzschia sp.</i>	267	4211,5	1,36	0,69
<i>Bellerochea malleus</i>	1.871	3008,13	1,33	0,94
<i>Protoperdinium claudicans</i>	802	2707,31	0,98	0,81
<i>Coscinodiscus sp.</i>	267	2707,31	0,98	0,76
<i>Grammatophora hamulifera</i>	2.139	1203,31	0,96	0,55
<i>Odontella longicruris</i>	534	2406,5	0,88	0,76
<i>Coscinodiscus perforatus</i>	1.069	1804,88	0,87	0,66
<i>Odontella sinensis</i>	2.272	300,81	0,85	0,68
<i>Triceratium favus var. quadratum</i>	1.871	902,44	0,79	0,74
<i>Skeletonema costatum</i>	1.470	1203,25	0,76	0,59
<i>Diploneis bombus</i>	1.336	902,44	0,69	0,64
<i>Bidulphia pulchella</i>	1.203	601,63	0,65	0,5
<i>Skeletonema tropicum</i>	802	1203,25	0,65	0,42
<i>Rhizosolenia setigera</i>	668	1504,06	0,61	0,69
<i>Pleurosigma normanii</i>	935	902,44	0,58	0,55
<i>Euglena sp.</i>	802	601,63	0,57	0,37
<i>Caloneis permagna</i>	1.470	300,81	0,55	0,67
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	534	1203,25	0,53	0,47
<i>Navicula sp.</i>	534	902,44	0,51	0,51
<i>Cyclotella striata</i>	668	902,44	0,46	0,56
<i>Calyptrilla robusta</i>	935	300,81	0,44	0,44
<i>C. subtilis var. abnormis</i>	267	902,44	0,41	0,51
<i>Coscinodiscus centralis</i>	802	300,81	0,39	0,46
<i>Lyrella lyra</i>	1.069	300,81	0,39	0,57