



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



Isis Amália Cordeiro

**CONDIÇÕES AMBIENTAIS DA ÁREA DO COMPLEXO ESTUARINO -
PORTUÁRIO DE SUAPE (PERNAMBUCO, BRASIL): BIOMASSA
FITOPLANCTÔNICA E PARÂMETROS HIDROLÓGICOS**

RECIFE

2017

ISIS AMÁLIA CORDEIRO

**CONDIÇÕES AMBIENTAIS DA ÁREA DO COMPLEXO ESTUARINO -
PORTUÁRIO DE SUAPE (PERNAMBUCO, BRASIL): BIOMASSA
FITOPLANCTÔNICA E PARÂMETROS HIDROLÓGICOS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (PPGO – UFPE), como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Oceanografia.

Área de concentração: Oceanografia Biológica

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa

Coorientador: Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes

RECIFE

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C794c Cordeiro, Isis Amália.
Condições ambientais da área do complexo estuarino - portuário de Suape
(Pernambuco, Brasil): biomassa fitoplanctônica e parâmetros hidrológicos / Isis
Amália Cordeiro. - 2017.
50 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa.
Coorientador: Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2017.
Inclui Referências.

1. Oceanografia. 2. Hidrologia. 3. Clorofila *a*. 4. Sazonalidade. 5.
Estuário. 6. Área portuária. I. Feitosa, Fernando Antônio do Nascimento.
(Orientador). II. Montes, Manuel de Jesus Flores. (Coorientador). III. Título.

551.46 CDD (22. ed.)

UFPE
BCTG/2017-157

Isis Amália Cordeiro

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre.

Aprovada em: 22/02/2017

Banca Examinadora:

Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa - Orientador
(Departamento de Oceanografia – UFPE)

Dra. Sigrid Neumann-Leitão - Titular interna
(Departamento de Oceanografia – UFPE)

Dra. Raquel Correia de Assis Machado - Titular externa
(Pesquisadora da APAC)

Dr. Alex Costa da Silva - Suplente interno
(Departamento de Oceanografia – UFPE)

Dr. Marcos Honorato da Costa – Suplente externo
(Colégio de Aplicação da UFPE)

RECIFE

2017

A meu pai Sandoval, minhas mães Zeza e Iolanda e a meu amor e companheiro, Baco Dantas, por toda base, todo amor, todo apoio prestado e toda credibilidade depositada.

A todos aqueles que contribuíram de maneira direta ou indireta para realização desta etapa tão importante em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, minha base para todos os momentos, por estarem sempre torcendo por cada vitória minha. Aos meus pais, por todo esforço realizado durante toda minha vida e formação, para que hoje fosse possível minha chegada até aqui, sempre incentivando e proporcionando meu crescimento intelectual e emocional, fazendo com que cada conquista minha também seja uma conquista deles, Obrigada! A meus irmãos Thaís e Gabriel, por todos os momentos compartilhados, por toda admiração conquistada, me incentivando a crescer cada dia mais, como a “obrigação de irmã mais velha” que deve mostrar o caminho, por algumas vezes me considerarem como exemplo, servindo de incentivo para vocês acreditarem que também conseguem. Acreditem, vocês podem! Ao meu grande companheiro proporcionado pela vida Baco Dantas, pelas diversas formas de apoio que me prestou antes e durante todo esse processo, por toda paciência dedicada, por todo companheirismo, por sempre me incentivar a continuar seguindo em frente (mesmo quando pensei em desistir), por acreditar sempre em meu sucesso e por todo amor que me foi devotado, Obrigada!

A todos (as) que fazem parte da equipe do laboratório de Fitoplâncton da UFPE, por todo apoio prestado durante esse período, por toda credibilidade concedida e por todos os conhecimentos compartilhados, vocês também fazem parte dessa conquista!

A Amanda, por toda dedicação e atenção concedida para que este trabalho fosse realizado e concluído da melhor forma, compartilhando diversas experiências. Agradeço também pela amizade consolidada durante esse período e por todos os momentos compartilhados. Meu muito obrigada ainda será pouco à você!

A Nayana, pela amizade leal e divertida conquistada, além da confiança dedicada em diversos momentos. Agradeço também por podermos dividir não só as frustrações, mas também as vitórias da vida acadêmica e pessoal durante esse período, com a certeza de que a conquista de uma a partir de agora, sempre será a da outra.

A Nize e Laisa, por sempre se colocarem a disposição, contribuindo sempre que possível de diversas formas.

A Marcela (Marcelinha), por sempre me receber com sorrisos e abraços, tornando o dia melhor.

A Marina, que mesmo um pouco longe devido aos cuidados com sua princesa Luiza, sempre esteve disponível, emanando carinho e depositando credibilidade.

A professora Maria da Glória, agradeço por toda torcida e confiança a mim concedida, por todas orientações nos mais diversos aspectos, além do carinho conquistado.

Ao meu orientador, amigo e até mesmo pai, Fernando Antônio do Nascimento Feitosa, por ser essa pessoa excepcional e iluminada, sem o qual jamais seria possível chegar até aqui. Agradeço por todo discernimento obtido, por toda confiança, por todo conhecimento aplicado e compartilhado, por toda paciência, incentivo e amizade. Agradeço também, por todas as palavras de encorajamento e otimismo e pelo carinho fraternal repartido, tornando toda a jornada mais leve e alegre.

Ao coorientador Dr. Manuel de Jesus Flores-Montes, por sempre me receber de braços abertos, prestando todo apoio e importantes contribuições nessa pesquisa.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGO) da UFPE, em especial a Myrna Medeiros por todo carisma, dedicação, paciência, compreensão, apoio e empatia, durante todo o processo. Também a Dona Edileuza, Zinaldo, Seu Hermes, Isaac, e os professores Dr. Marcos Honorato e Dr. Pedro Melo, por todo apoio e alegria gratuita compartilhada.

Aos professores do PPGO, com os quais pude aprender, não só em sala de aula, mas também em campo ou nos corredores do departamento, agradeço por toda dedicação e carinho em repassar seus conhecimentos.

A Deus, que nos concedeu o dom de viver, dando a oportunidade de partilhar com diversos irmãos durante a caminhada da vida, momentos consagrados como este.

RESUMO

A zona costeira de Suape vem sofrendo desde a década de 80 com os efeitos da ação antrópica, devido a implantação do complexo industrial portuário de Suape. Dados pretéritos relataram algumas alterações ambientais, como supressão da vegetação, mudanças nos padrões hidrodinâmicos, alterações estruturais na comunidade planctônica. O fitoplâncton responde rapidamente as alterações ambientais, sendo um eficaz bioindicador de qualidade de água. Com o objetivo de avaliar as condições ambientais e possíveis processos de eutrofização da área, foram feitas análises da biomassa fitoplanctônica, climatologia e hidrologia. Foram realizadas 6 campanhas, sendo 3 no período de estiagem (nov/2015 jan e abr/2016) e 3 no período chuvoso (jul/2015, jul e ago/2016). As coletas de águas foram realizadas em 4 pontos fixos, na superfície, durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM), em maré de sizígia. A pluviosidade apresentou uma variação sazonal significativa, com mínima de 13,70 mm e máxima de 478 mm e a maré com uma mínima de 0,0 m e máxima de 2,5 m, ambas forçantes físicas se destacando como condicionantes das variáveis ambientais. A transparência da água mostrou uma variação sazonal e de maré significativa com mínima de 0,50 m e máxima de 5,2 m. A temperatura obteve uma variação sazonal significativa, com mínima de 25,9 °C e máxima de 31,13 °C. A salinidade exibiu variação sazonal e de maré significativa, variando de 19,75 a 37,20. A concentração de oxigênio dissolvido e sua taxa de saturação apresentaram variação de maré significativa, variando de 2,60 ml L⁻¹ a 5,13 ml L⁻¹ e 61,75% a 125,90% respectivamente. Os nutrientes inorgânicos dissolvidos nitrato e silicato mostram variação sazonal significativa variando de 0,01 µmol L⁻¹ a 4,48 µmol L⁻¹ e 0,57 µmol L⁻¹. A clorofila *a* total apresentou mínima de 0,04 mg m⁻³ a 3,48 mg m⁻³ e a fracionada exibindo uma variação de maré significativa, variando de 0,02 mg m⁻³ a 2,73 mg m⁻³. Os nutrientes inorgânicos dissolvidos e clorofila *a*, foram indicativos de uma área ainda isenta do processo de eutrofização. As alterações antrópicas realizadas no ambiente determinaram uma maior interferência marinha e conseqüentemente a redução da capacidade produtiva do sistema.

Palavras – chave: Hidrologia. Clorofila *a*. Sazonalidade. Estuário. Área portuária.

ABSTRACT

The Suape coastal zone has suffered since the 80's the effects of the anthropic action due to the implantation of the industrial complex of Suape. Previous data have reported some environmental changes, such as suppression of vegetation, changes in hydrodynamic patterns and structural changes in the planktonic community. Phytoplankton responds rapidly to environmental changes, being an effective bioindicator of water quality. In order to evaluate the eutrophication conditions and processes of the area, phytoplankton biomass, climatology and hydrology were analyzed. Six campaigns were carried out, three in the dry season (November / 2015, January and April/ 2016) and three in the rainy season (July / 2015, July and August / 2016). Water samples were collected at 4 fixed points on the surface during low tide (LT) and high tide (HT), in syzygy tides. Rainfall presented a significant seasonal variation, with a minimum of 13,70 mm and a maximum of 478 mm and a minimum tide of 0,0 m and a maximum of 2,5 m, both of which physical stresses are highlighted as conditioning factors of environmental variables. The transparency of the water showed a seasonal and significant tidal variation with a minimum of 0,50 m and a maximum of 5,2 m. The temperature obtained a significant seasonal variation, with minimum of 25,9 °C and maximum of 31,13 °C. The salinity exhibited significant seasonal and tidal variation, varying from 19,75 to 37,20. The concentration of dissolved oxygen and its saturation rate presented a significant tidal variation, varying from 2,60 ml L⁻¹ to 5.13 ml L⁻¹ and 61.75% to 125.90% respectively. The dissolved inorganic nutrients nitrate and silicate show significant seasonal variation ranging from 0.01 µmol L⁻¹ to 4.48 µmol L⁻¹ and 0.57 µmol L⁻¹. The total chlorophyll presented a minimum of 0.04 mg m⁻³ to 3.48 mg m⁻³ and the fractional one exhibiting a significant tidal variation, ranging from 0.02 mg m⁻³ to 2.73 mg m⁻³. The dissolved inorganic nutrients and chlorophyll a, were indicative of an area still exempt from the eutrophication process. Anthropogenic changes in the environment have resulted in increased marine interference and consequently reduced production capacity of the system.

Keywords: Hydrology. Chlorophyll a. Seasonality. Estuary. Port area.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Vista aérea do Complexo Estuarino de Suape, PE, Brasil anterior à construção do Porto.	17
Figura 2. Mapa da área estudada do Complexo Estuarino Portuário de Suape, PE, Brasil e localização dos pontos de amostragem.	17
Figura 3. Média mensal da precipitação pluviométrica dos anos de 2015 e 2016 e média histórica dos últimos 31 anos.	20
Figura 4. Profundidade local no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registrados no CEPS, Pernambuco, Brasil.	21
Figura 5. Transparência da água no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	22
Figura 6. Temperatura da água no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	23
Figura 7. Salinidade no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	24
Figura 8. Oxigênio dissolvido no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	25
Figura 9. Taxa de saturação do oxigênio dissolvido no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	25
Figura 10. Material particulado em suspensão no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	26
Figura 11. Nitrito no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	27
Figura 12. Nitrito no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	28
Figura 13. Amônia no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	29
Figura 14. Fosfato no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	30
Figura 15. Silicato no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	29
Figura 16. Clorofila a total e fracionada no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.	32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Variáveis abiótica e biológicas analisadas no Complexo Estuarino de Suape, Pernambuco, Brasil nos períodos chuvoso e de estiagem (Mín = mínimo, Máx = máximo, e Med = mediana), teste Kruskal-Wallis com os valores de “p” para os vários tratamentos (sazonais , espaciais e marés). * $p < 0,05$ 33
- Tabela 2. Análise estatística PERMANOVA da clorofila a e variáveis hidrológicas no período de estiagem e chuvoso na baixa-mar e na preamar, com valores de “p” para diversos fatores. 34

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.2	Justificativa	13
2.	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3.	DESCRIÇÃO DE ÁREA	16
4.	METODOLOGIA.....	18
4.1	Análise estatística.....	19
4.2	Normalização do texto.....	19
5.	RESULTADOS	20
5.1	Parâmetros Abióticos	20
5.1.1	<i>Pluviometria (mm)</i>	20
5.1.2	<i>Direção e velocidade média dos Ventos (m.s⁻¹)</i>	20
5.1.3	<i>Maré (m)</i>	21
5.1.4	<i>Profundidade Local (m)</i>	21
5.1.5	<i>Transparência da água - Secchi (m)</i>	22
5.1.6	<i>Temperatura (°C)</i>	22
5.1.7	<i>Salinidade</i>	23
5.1.8	<i>Oxigênio Dissolvido (ml L⁻¹) e sua Taxa de saturação (%)</i>	24
5.1.9	<i>Material particulado em suspensão (mg L⁻¹)</i>	26
5.1.10	<i>Nitrito (µmol L⁻¹)</i>	26
5.1.11	<i>Nitrato (µmol L⁻¹)</i>	27
5.1.12	<i>Amônia (µmol L⁻¹)</i>	28
5.1.13	<i>Fosfato (µmol L⁻¹)</i>	29
5.1.14	<i>Silicato (µmol L⁻¹)</i>	30
5.2	Parâmetross Bióticos	31

5.2.1	<i>Clorofila a (mg m⁻³)</i>	31
5.3.	Permanova	32
6.	DISCUSSÃO	35
7.	CONCLUSÕES	43
	REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira de Suape está localizada a 40 km ao sul de Recife, capital do Estado de Pernambuco, Brasil. Seu complexo portuário industrial foi estabelecido entre os anos de 1979 e 1980, levando a grandes mudanças nas condições geomorfológicas e hidrológicas da área (NEUMANN et al., 1998; MUNIZ et al., 2005).

Atualmente, o complexo portuário industrial contém cerca de 100 instalações já funcionando, incluindo um estaleiro, uma refinaria de petróleo e uma planta petroquímica. Todos esses empreendimentos podem gerar resíduos que podem ter um impacto significativo sobre o meio ambiente e pode causar toxicidade para a biota local (SOUZA-SANTOS e ARAÚJO, 2012).

Alguns estudos têm relatado alterações ambientais após a instalação do complexo industrial portuário de Suape, tais como: desmatamento e alagamento de áreas de manguezais (BRAGA et al., 1989), as mudanças nos padrões hidrodinâmicos (PAIVA e ARAÚJO, 2010), alterações estruturais nas comunidades de zooplâncton (SILVA et al., 2004), decréscimo de 70% na densidade celular do fitoplâncton (KOENING et al., 2002) e do ictioplâncton (BEZERRA JÚNIOR et al., 2011). Além desses impactos, as atividades do complexo industrial portuário de Suape representam uma fonte potencial de diferentes tipos de poluentes para o estuário, incluindo a contaminação do óleo (LE MOS et al., 2014).

Para estabelecer as relações dos organismos com características físicas e químicas do ambiente, incluindo a interferência humana como o principal fator de alteração das condições naturais, torna-se necessário definir os principais indicadores químicos e biológicos de contaminação ambiental e estabelecer associações entre esses parâmetros para a construção de um plano para diagnosticar as mudanças ambientais de qualidade da água na zona costeira (MELO et al., 2008).

1.2 Justificativa

A área de Suape vem sofrendo desde a década de 80 o efeito da ação antrópica através de implantação de um porto, usina termoeletrica, dragagens, dinamitação de parte dos recifes, aterros sobre a linha recifal, tráfego de embarcações de grande porte, destruição do manguezal e da vegetação nativa. Esses processos têm provocado uma disposição excessiva de materiais em suspensão que possivelmente está afetando a

distribuição e composição dos organismos que habitam principalmente a coluna d'água como o fitoplâncton e as condições hidrológicas da área adjacente (PESSOA et al., 2009).

O fitoplâncton, por ser um produtor primário, representa a base da teia alimentar e modificações em sua estrutura resultarão em alterações em toda a teia trófica. Além disso, libera O₂ para toda a comunidade, absorve o excesso de CO₂ (bomba biológica), limitando os processos de acidificação marinha, e é um eficaz bioindicador de qualidade de água (CORDEIRO et al., 2014).

Portanto, a compreensão dos fatores que regulam a biomassa fitoplanctônica e sua produção primária é imprescindível para o entendimento das mudanças do ambiente nas suas variações temporais e espaciais, sendo fundamentais em estudos que visem minimizar, ou até mesmo prevenir impactos negativos no meio aquático (ANJOS et al., 2012). No Complexo Estuarino-Portuário de Suape alguns trabalhos já foram desenvolvidos sobre o plâncton (ESKINAZI-LEÇA et al., 1985/86; KOENING, 1997; NEUMANN-LEITÃO et al., 1999; KOENING et al., 2003; BEZERRA JÚNIOR et al., 2011; BORGES, 2011), porém devido a constante alteração da área justifica-se a atualização das condições ambientais.

O presente trabalho faz parte de um projeto maior intitulado de "Estudos sobre o ciclo do Carbono Inorgânico Dissolvido em áreas costeiras do nordeste e norte do Brasil e sua relação com os processos de acidificação marinha (DICAM) " com auxílio financeiro da Coordenação de Abastecimento de pessoal de nível superior (CAPES) sob a coordenação do Dr. Manuel de Jesus Flores Montes em parceria com os laboratórios do departamento de oceanografia da UFPE: LABOQUIM, LABFITO, LABOGEO e LOFEC.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar as condições ambientais e possíveis processos de eutrofização através da análise da biomassa fitoplanctônica e parâmetros hidrológicos.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a distribuição sazonal e espacial da clorofila *a* fitoplanctônica em diferentes regimes de maré;
- Determinar a variação sazonal dos parâmetros climatológicos (pluviosidade, direção e velocidade dos ventos);
- Conhecer a variação sazonal e espacial dos parâmetros hidrológicos (transparência da água, temperatura, profundidade local, salinidade, concentração de oxigênio dissolvido, taxa de saturação do O.D., o material em suspensão, e os nutrientes dissolvidos amônia, nitrito, nitrato, fosfato e silicato);
- Avaliar a biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) total e fracionada.
- Determinar o grau de eutrofização da área;

3. DESCRIÇÃO DE ÁREA

O Porto de Suape está localizado no litoral sul de Pernambuco (08° 23' 45" S 34° 58' 04" O) (Figura 2), entre os municípios do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, distando 40 km ao sul da cidade de Recife, ocupando aproximadamente 13.500 ha, dos quais 3.232,58 ha correspondem à área do Porto Organizado. A região apresenta um relevo variável de áreas planas e onduladas, tendo como vegetação original a Mata Atlântica, a qual foi substituída pela cana-de-açúcar na maior parte da área, anteriormente à implantação do complexo industrial-portuário no local. Os ambientes encontrados nas adjacências compreendem manguezais, praias arenosas, recifes, bancos de algas, entre outros. As marés registradas na região são semidiurnas, sendo classificadas em termos de amplitude como mesomarés, com amplitude de aproximadamente 3,0m (SUAPE, 2015).

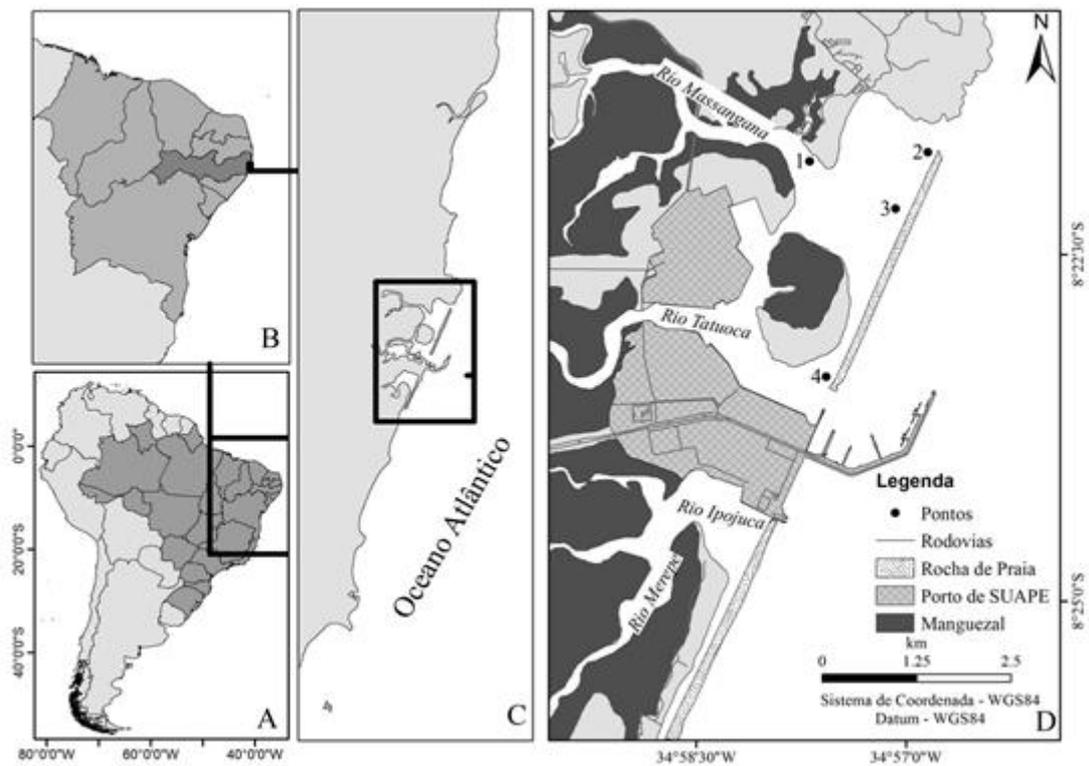
De acordo com Köppen, o clima do litoral pernambucano é do tipo As', denominado quente úmido, com chuvas de outono-inverno, caracterizado por dois períodos distintos no regime pluviométrico: uma estação de estiagem, que se prolonga de setembro a fevereiro (primavera-verão) e uma estação chuvosa, de março a agosto (outono-inverno). A área apresenta uma média anual pluviométrica de 2.272,9 mm e temperatura do ar de 25,6 °C (ARAGÃO, 2000; TORRES e MACHADO, 2011). A umidade relativa do ar apresenta média anual superior a 80% e a evaporação média anual de 170 mm.dia⁻¹.

Antes da implantação portuária, quatro rios (Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe) convergiram para a baía de Suape, um estuário parcialmente isolado do oceano por uma extensa linha de arenito (Figura 1). Hoje, convergem para a baía de Suape os rios Massangana e Tatuoca. Os rios Ipojuca e Merepe tiveram sua comunicação com a baía interrompida por terraplenagem intensiva para construir o Complexo Portuário. Como resultado da fraca comunicação com o mar, o refluxo desses rios inundou os campos circundantes causando danos à agricultura. A solução governamental foi uma quebra parcial da linha de base. Em consequência, uma grande quantidade de material suspenso passa agora pela abertura da linha de arrasto que se instala no interior do Porto, com uma dragagem de alto custo. Na área de Suape foram destruídos mais de 600 hectares de manguezais (NEUMANN et al., 1998).

Figura 1. Vista aérea do Complexo Estuarino de Suape, PE, Brasil anterior à construção do Porto.



Figura 2. Mapa da área estudada do Complexo Estuarino Portuário de Suape, PE, Brasil e localização dos pontos de amostragem.



Fonte: Produzido pelo autor, 2016.

4. METODOLOGIA

As coletas foram realizadas, em 3 meses do período chuvoso (julho/2015, julho e agosto/2016) e em 3 meses do período de estiagem (novembro/2015, e janeiro e abril/2016), em 4 pontos da superfície em preamar e baixa-mar na região interna do porto, com uma amostra para cada ponto, em maré de sizígia. Com a finalidade de identificar a área de abrangência da influência dos aportes continentais, os pontos ficaram assim distribuídos: Ponto 1 na foz do rio Massangana (8°21'49.50" S e 34°57'41.40" W) o Ponto 2 em frente a baía de Suape (8°21'45.60" S e 34°56'50.70" W), Ponto 3 em frente a desembocadura do rio Massangana (8°22'10.02" S e 34°57'4.50" W) e o Ponto 4 próximo a entrada/saída do porto de Suape (8°23'23.34" S e 34°57'34.20" W). Os dados sobre os aspectos climatológicos (pluviosidade, direção e velocidade dos ventos) foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – 3° Distrito de Meteorologia (3° DISME), Seção de Observação e Meteorologia Aplicada (SEOMA) – Recife.

A altura das marés (m), referente ao período de coleta, foi obtida através da Tábua de Marés editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, tendo-se como referência o Porto de Suape.

Os seguintes parâmetros hidrológicos foram determinados: a transparência da água através de um disco de Secchi; a temperatura e a salinidade pelo CTD; a profundidade local por um ecobatímetro, a concentração de oxigênio dissolvido (OD) pelo método de Winkler modificado e descrito por Strickland e Parsons (1972), a taxa de saturação do OD pela Tabela da UNESCO (1973); os nutrientes dissolvidos nitrito e nitrato segundo o método de Strickland e Parsons (1972), a amônia, o fosfato e o silicato pelo de Grasshoff et al. (1983) e o material em suspensão pelo método gravimétrico Baumgarten et al (1996).

As amostras para obtenção da biomassa fitoplanctônica foram coletadas em garrafas de Niskin de 5 L. Posteriormente, foram filtradas 3 L das amostras a vácuo em filtros de fibra de vidro GF/F da WHATMAN de 47mm de diâmetro e 0,70 µm de porosidade, sendo 1,5 L para a biomassa total e 1,5 L para a biomassa fracionada. Para o fracionamento foi utilizado um tubo de PVC com uma malha de 20 µm. A biomassa foi quantificada através do teor de clorofila *a* pelo método espectrofotométrico da UNESCO (1966). Para realização dos cálculos foi utilizada a equação de Parsons e Strickland (1963), sendo os resultados expressos em mg.m⁻³.

4.1 Análise estatística

Foi testada a normalidade e homogeneidade dos dados utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Utilizou-se então o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar as diferenças espaciais, sazonais e de marés entre as amostras, sendo considerado significativo $p < 0,05$. Os testes foram realizados no programa computacional Statistica 8.0.

Realizou-se uma PERMANOVA para verificar as diferenças entre marés, sazonais e espaciais das variáveis ambientais, no programa computacional PRIMER 1.0.1.

4.2 Normatização do texto

Para normatização do texto, citações, tabelas, figuras e referências bibliográficas, foram empregadas as recomendações da Associação brasileira de Normas Técnicas - ABNT (ABNT, 2011).

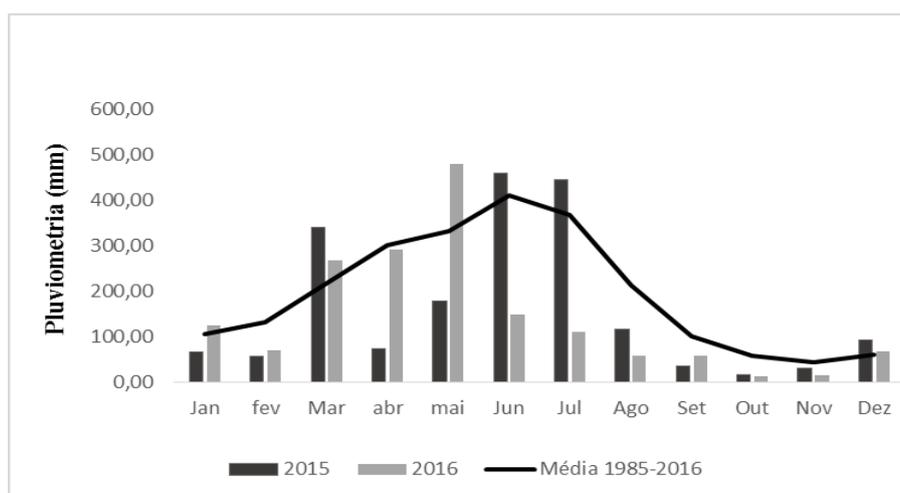
5. RESULTADOS

5.1 Parâmetros Abióticos

5.1.1 Pluviometria (mm)

A precipitação pluviométrica apresentou um total anual em 2015 de 1913,20 mm e 1705,60 mm em 2016, com valor máximo de chuva acumulada mensal de 478mm no mês de maio/16 (Figura 3), correspondendo ao mês chuvoso e mínima de 13,70 mm em Outubro/16 caracterizando o período de estiagem, com mediana de 83,2 mm. Em 2015 e 2016, a maioria dos dados pluviométricos se apresentaram abaixo da média histórica de 31 anos. Houve diferença significativa sazonal ($p=0,02$).

Figura 3. Média mensal da precipitação pluviométrica dos anos de 2015 e 2016 e média histórica dos últimos 31 anos



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2016.

5.1.2 Direção e velocidade média dos Ventos ($m.s^{-1}$)

Os ventos predominantes foram de sudeste, com variação de leste e nordeste. A velocidade média dos ventos da área durante o período estudado se apresentou abaixo da média histórica de 27 anos, com mínima de $1,15 m.s^{-1}$ em junho/15 e máxima de $2,36 m.s^{-1}$ em outubro/16, com mediana de $1,67 m.s^{-1}$. Houve variação sazonal significativa para a velocidade média dos ventos ($p=0,01$).

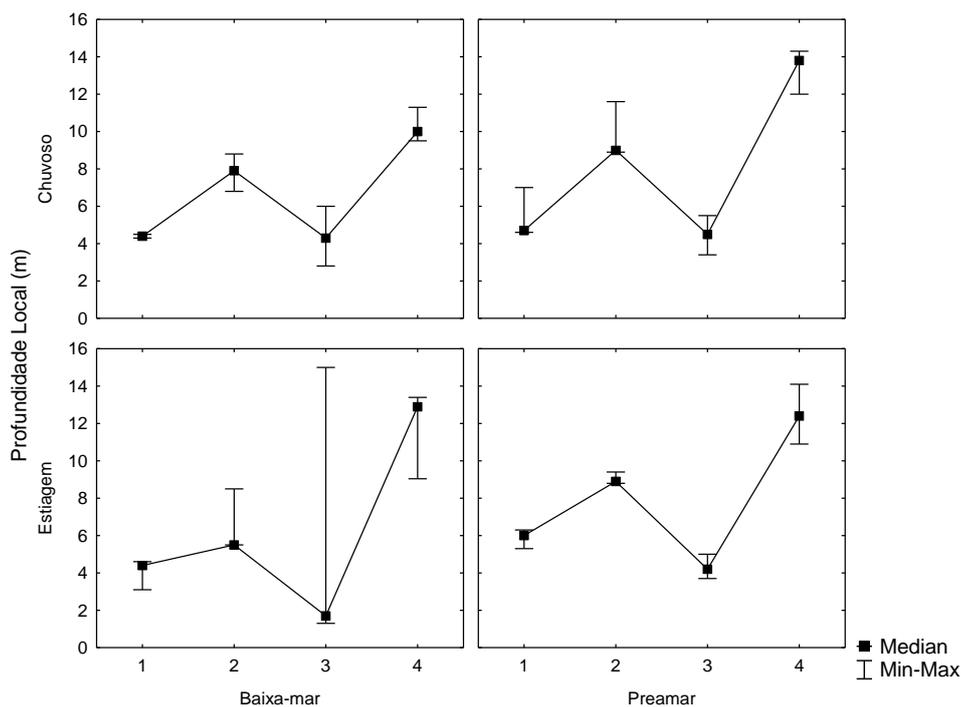
5.1.3 Maré (m)

As coletas foram realizadas sempre em maré de sizígia, apresentando mínima de 0,0 m na baixa-mar e máxima de 2,5 m na preamar, ambas em abril de 2016, com amplitude de 2,5 m.

5.1.4 Profundidade Local (m)

A profundidade variou de 1,3 m em abril/16 a 15 metros em janeiro/16 ambas no ponto 3, na baixa-mar, com mediana igual a 6,5 m (Figura 4). Houve variação significativa apenas espacial entre os diferentes pontos de coleta ($p=0,00$), onde o ponto 4 se mostrou diferente dos pontos 1 e 3, por geralmente apresentar maiores profundidades (Tabela 1).

Figura 4. Profundidade local no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registrados no CEPS, Pernambuco, Brasil.

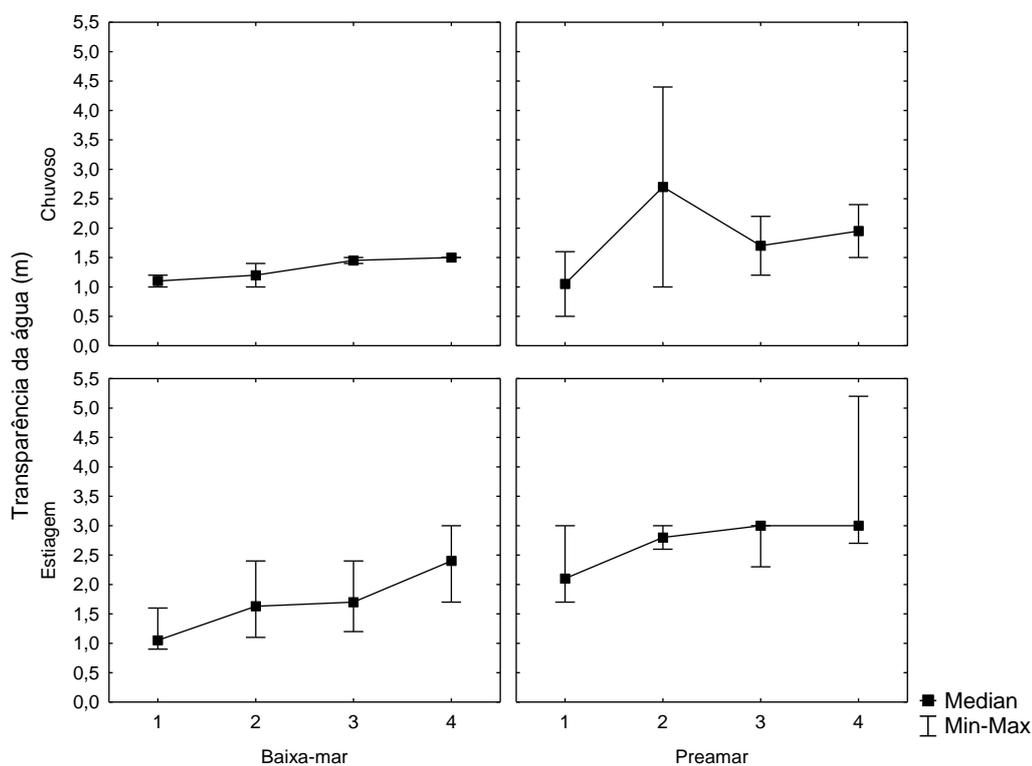


Fonte: Produzido pelo autor.

5.1.5 *Transparência da água - Secchi (m)*

A transparência d'água foi menor no ponto 1 em julho/16 com 0,50 m e maior no ponto 4, ambas na preamar em novembro/15 com 5,2 m, com mediana de 1,7 m (Figura 5). A transparência da água apresentou diferença significativa sazonal ($p = 0,00$) e entre marés ($p= 0,04$), sendo mais transparentes no período de estiagem na preamar (Tabela 1).

Figura 5. Transparência da água no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.

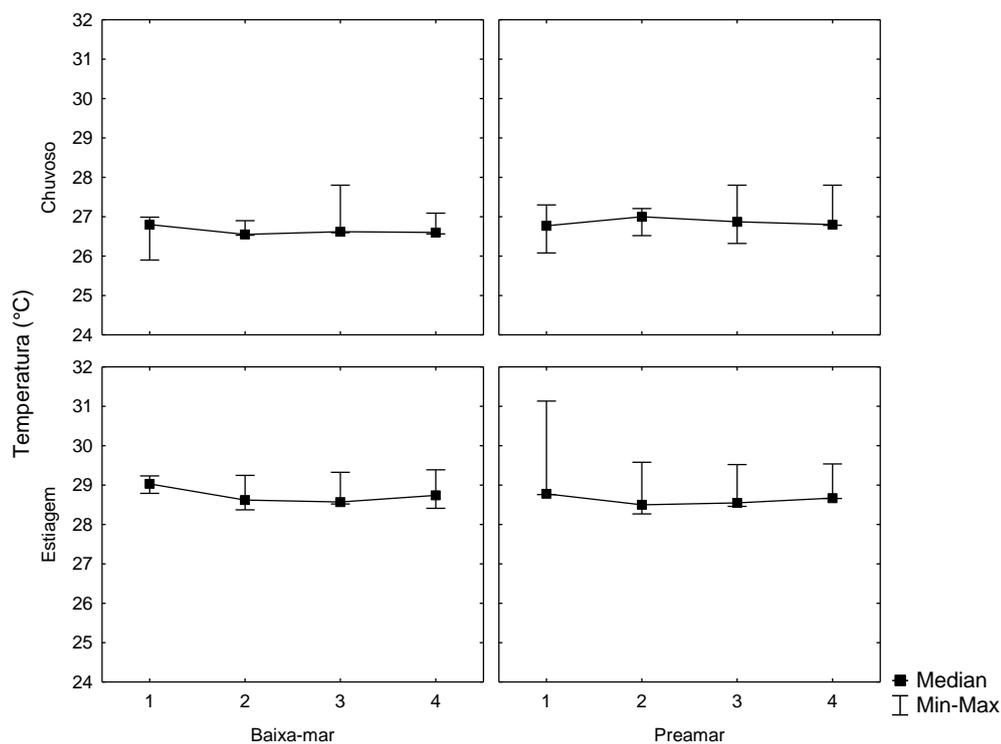


Fonte: Produzido pelo autor.

5.1.6 *Temperatura (°C)*

A temperatura variou de 25,9 °C a 31,13 °C, ambas no Ponto 1, na Preamar, com a mínima em julho/15 e a máxima em abril/16, com mediana igual a 28,03 °C (Figura 6). Apresentou variações significativas quanto ao período climático, com maiores temperaturas no período de estiagem. ($p=0,00$) (Tabela 1).

Figura 6. Temperatura da água no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.

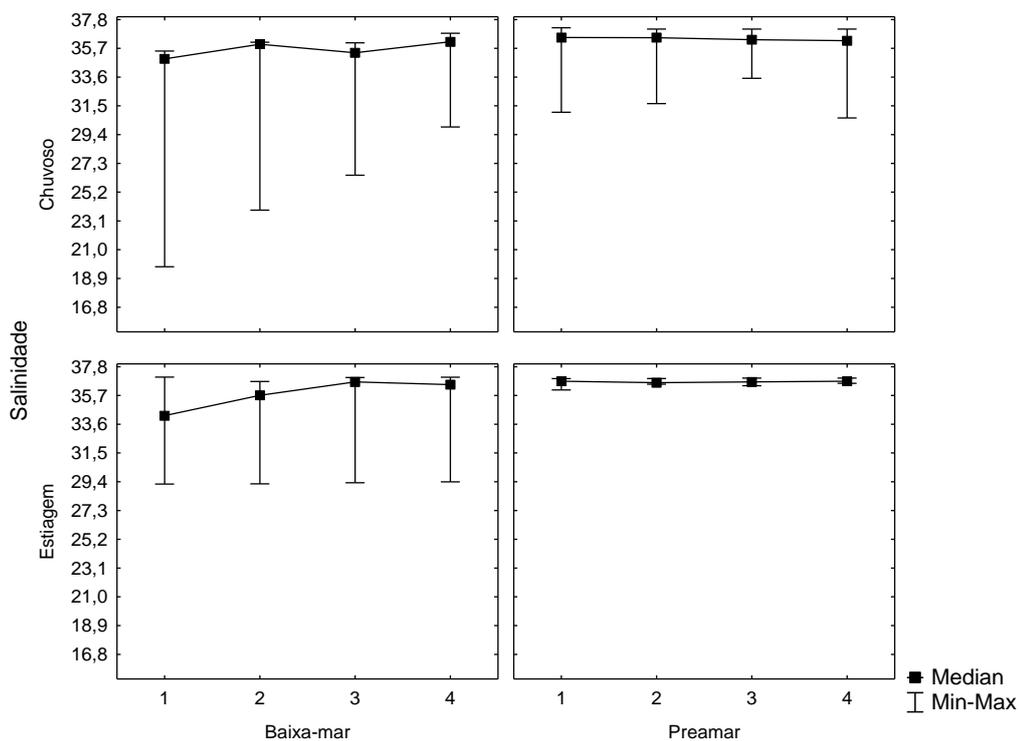


Fonte: Produzido pelo autor.

5.1.7 Salinidade

A salinidade apresentou seus menores e maiores teores no ponto 1, variando de 19,75 em julho/2015 na baixa-mar a 37,20 em abril/2016 na preamar respectivamente, com mediana igual a 36,37 (Figura 7). Houve variação significativa sazonal e de maré ($p = 0,01$ e $p=0,00$, respectivamente), com maiores salinidades no período de estiagem na preamar (Tabela 1).

Figura 7. Salinidade no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.



Fonte: Produzido pelo autor.

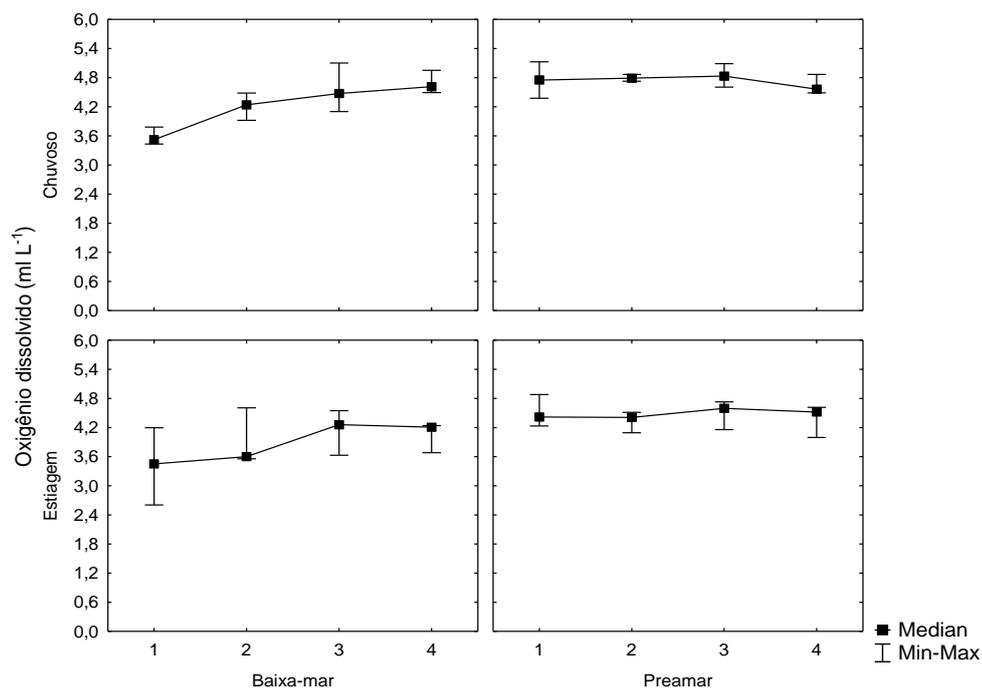
5.1.8 Oxigênio Dissolvido ($ml L^{-1}$) e sua Taxa de saturação (%)

O oxigênio dissolvido (O.D.) apresentou concentração mínima de $2,60 ml L^{-1}$ no ponto 1 na baixa-mar em janeiro/16 e máxima de $5,13 ml L^{-1}$ no ponto 1 na preamar em agosto/16, com mediana de $4,47 ml L^{-1}$ (Figura 8).

A taxa de saturação acompanhou as concentrações de O.D., com mínima e máxima nos mesmos pontos, períodos e marés, variando de 61,75% a 125,90% respectivamente, com mediana de 105,80% (Figura 9).

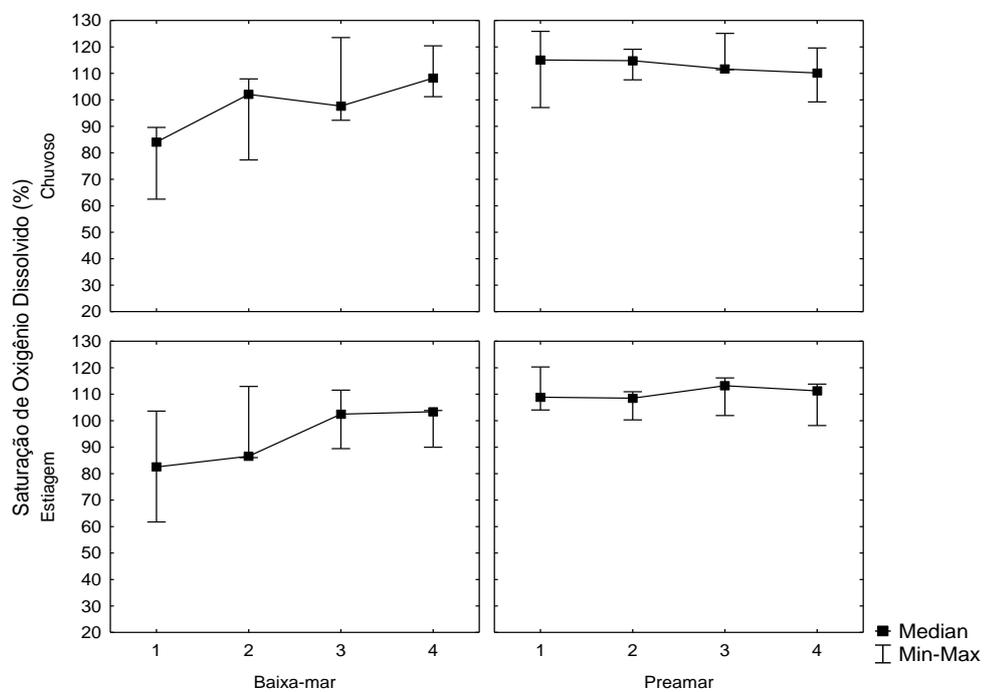
Houve variação significativa de maré, para ambos ($p=0,00$), com maiores teores na preamar (Tabela 1).

Figura 8. Oxigênio dissolvido no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 9. Taxa de saturação do oxigênio dissolvido no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.

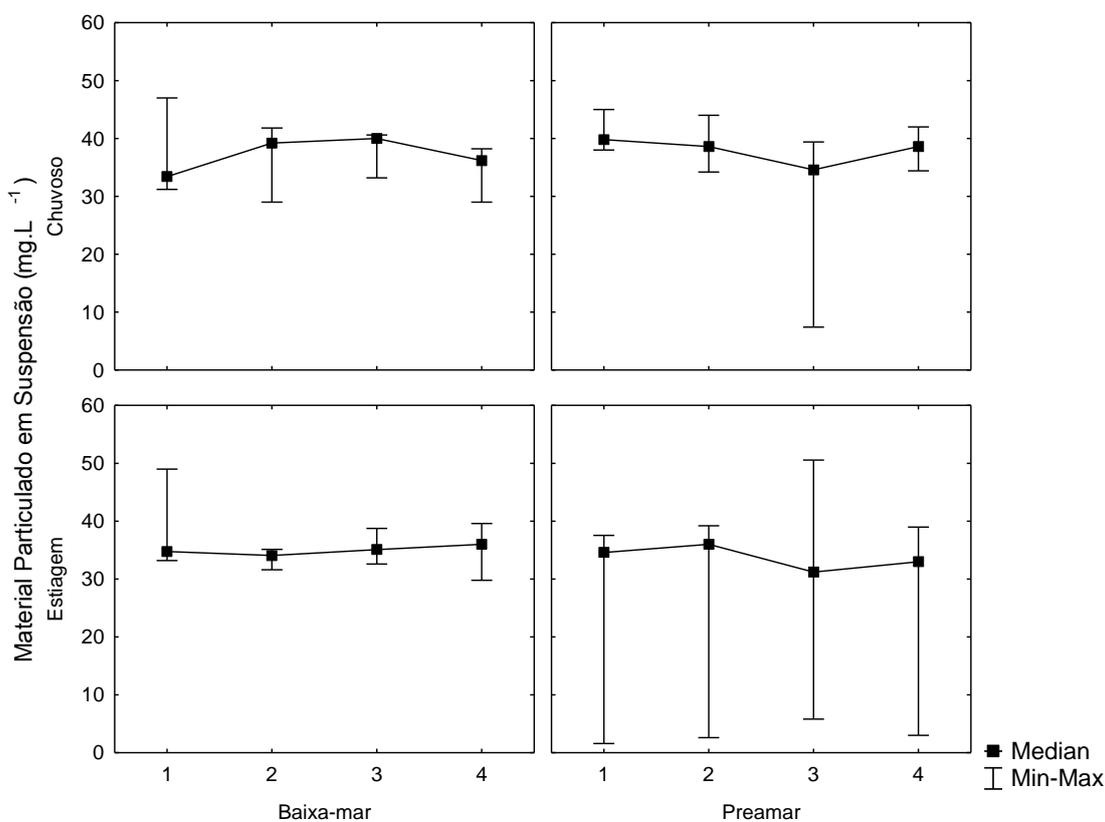


Fonte: Produzido pelo autor.

5.1.9 Material particulado em suspensão (mg L^{-1})

O material particulado em suspensão (MPS) apresentou seus menores e maiores teores na preamar, no período de estiagem, obtendo o mínimo de $1,6 \text{ mg L}^{-1}$ no ponto 1 em abril/16 e o máximo de $50,56 \text{ mg L}^{-1}$ no ponto 3 em novembro/15, com mediana de $35,56 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 10). O MPS não apresentou diferenças significativas sazonais, de marés e espaciais (Tabela 1).

Figura 10. Material particulado em suspensão no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.

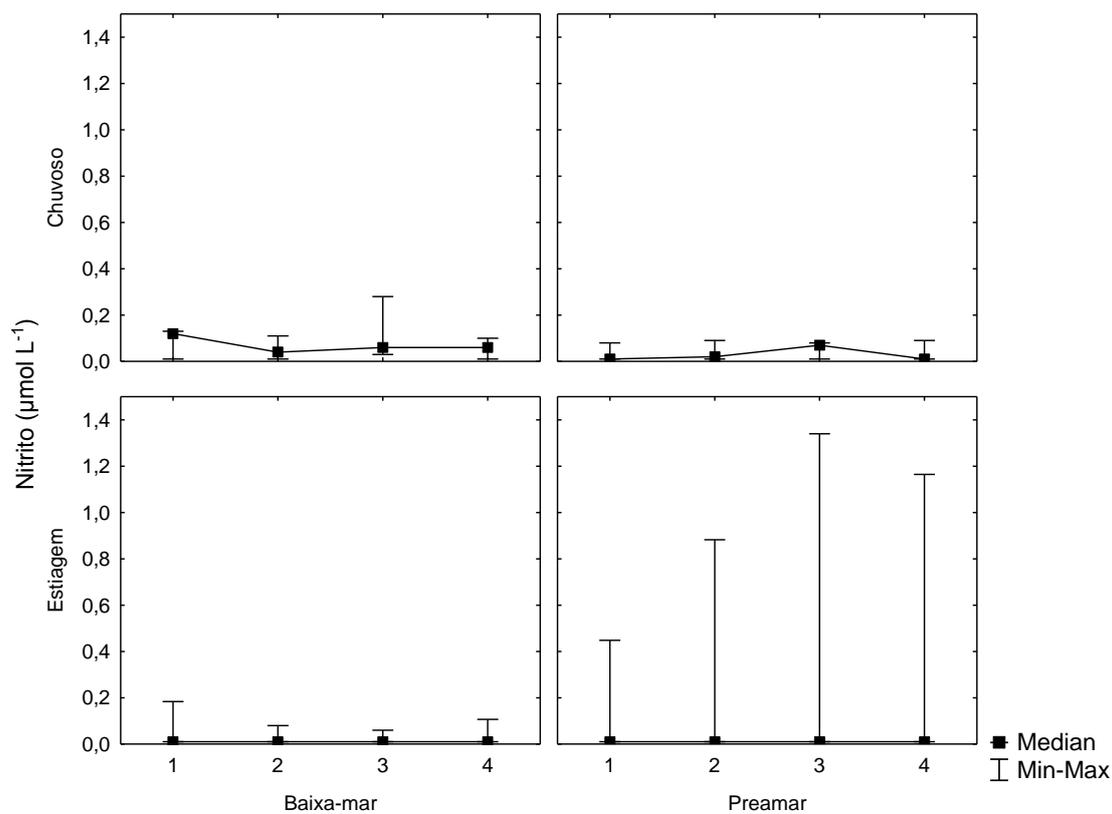


Fonte: Produzido pelo autor.

5.1.10 Nitrito ($\mu\text{mol L}^{-1}$)

O nitrito apresentou-se, em sua maioria o valor de $0,01 \mu\text{mol L}^{-1}$ em diversos pontos e meses amostrados, e máxima de $1,34 \mu\text{mol L}^{-1}$ no ponto 3 na preamar em abr/16, com mediana de $0,01 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 11). Não houve variações significativas de maré, sazonal e espacial (Tabela 1).

Figura 11. Nitrito no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.

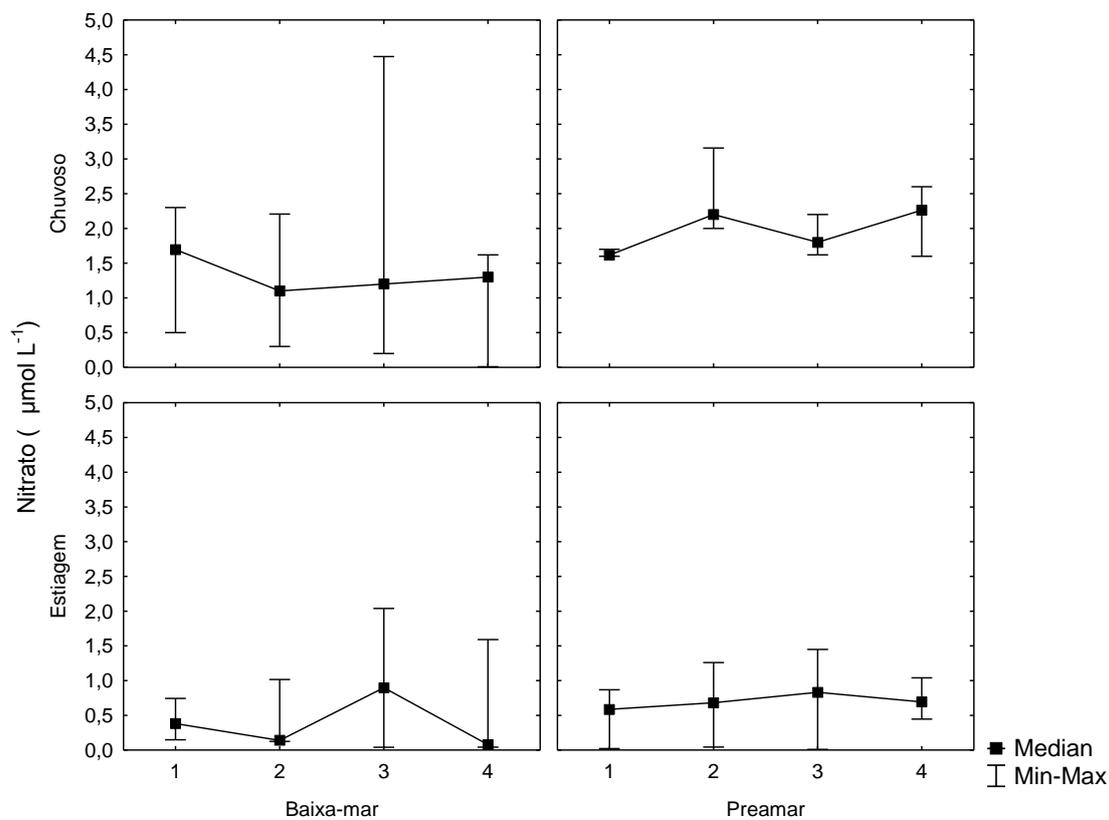


Fonte: Produzido pelo autor.

5.1.11 Nitrito ($\mu\text{mol L}^{-1}$)

O nitrito variou de $0,01 \mu\text{mol L}^{-1}$ no ponto 3 na preamar em abril/16 e no ponto 4, na baixa-mar em agosto/16 a $4,48 \mu\text{mol L}^{-1}$ no ponto 3 na baixa-mar em julho/15, com mediana de $1,07 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 12). O nitrito apresentou variação sazonal significativa ($p=0,00$), com maiores valores no período chuvoso (Tabela 1).

Figura 12. Nitrito no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.

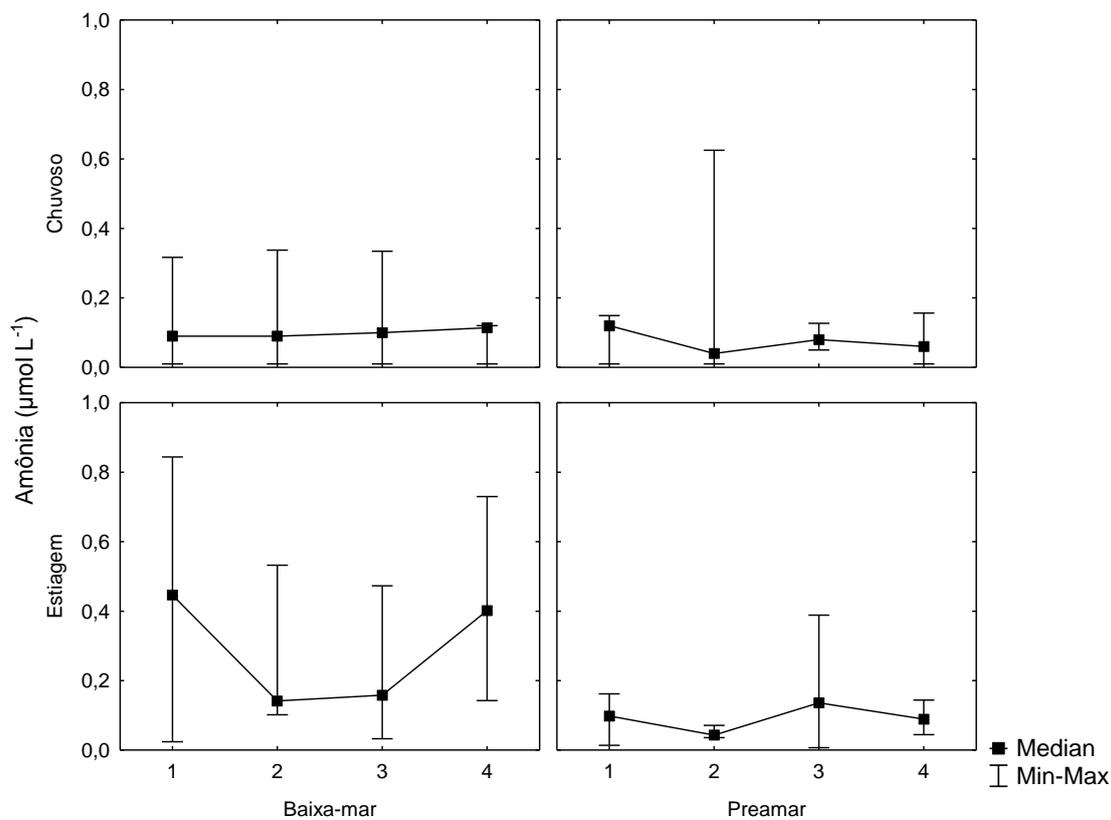


Fonte: Produzido pelo autor.

5.1.12 Amônia ($\mu\text{mol L}^{-1}$)

A amônia variou de $0,01 \mu\text{mol L}^{-1}$ em diversos pontos e meses amostrados a uma concentração máxima de $0,84 \mu\text{mol L}^{-1}$, no ponto 1, em jan/16 na baixa-mar, com mediana de $0,10 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 13). Não houve variações significativas de maré, sazonal e espacial para a amônia (Tabela 1).

Figura 13. Amônia no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.

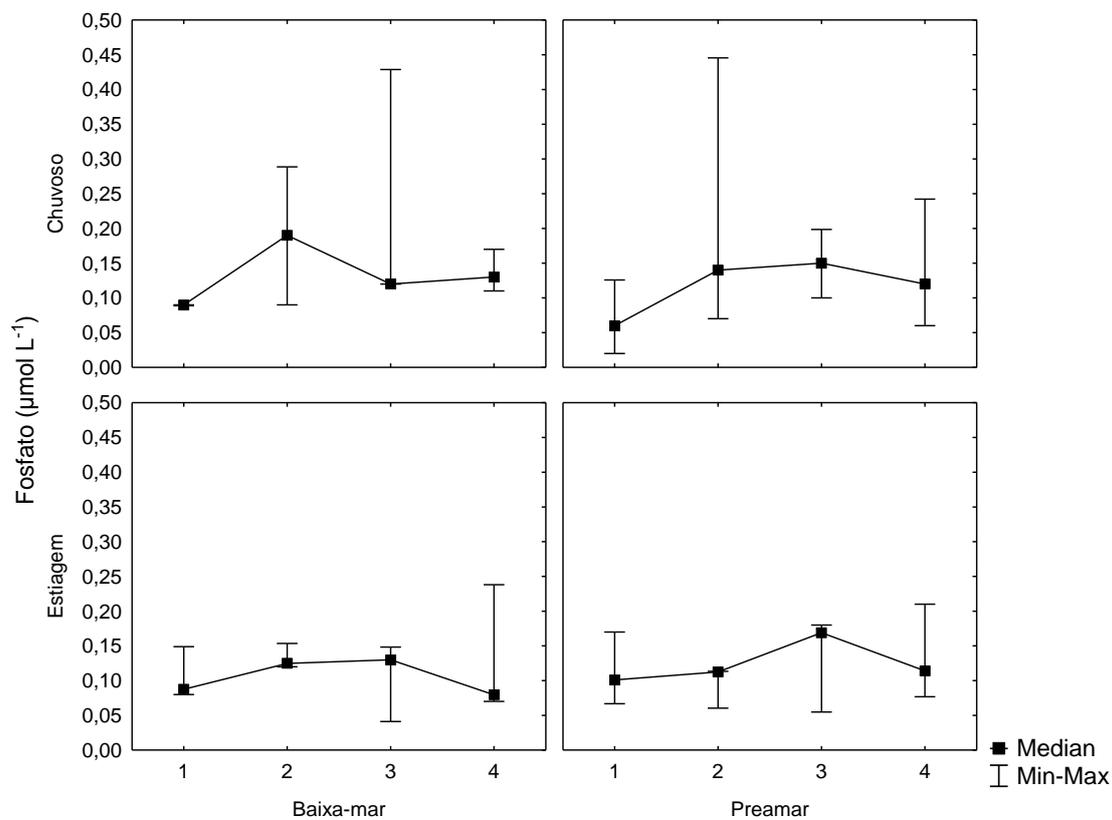


Fonte: Produzido pelo autor.

5.1.13 Fosfato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)

O fosfato variou de $0,02 \mu\text{mol L}^{-1}$ na baixa-mar no ponto 1 em agosto/16 a $0,45 \mu\text{mol L}^{-1}$ no ponto 2 na preamar em julho/15, com mediana de $0,12 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 14). O fosfato não apresentou diferenças significativas (Tabela 1).

Figura 14. Fosfato no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.

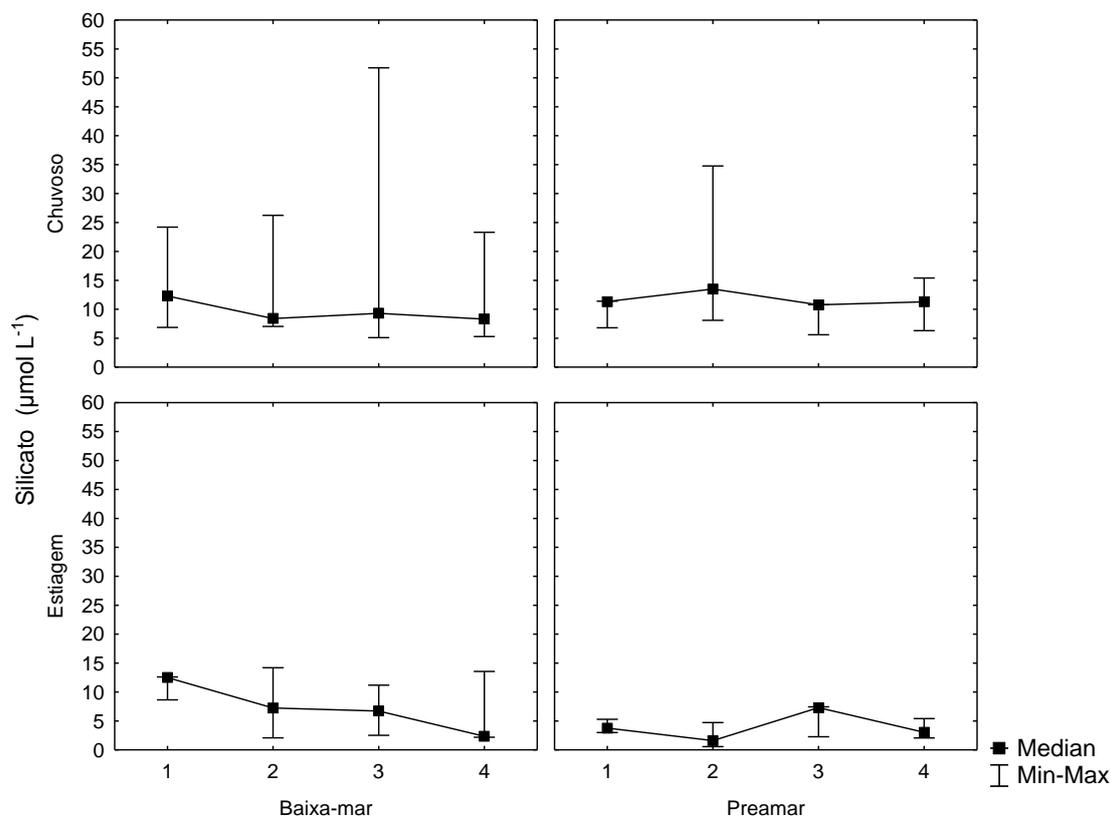


Fonte: Produzido pelo autor.

5.1.14 Silicato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)

Quanto ao Silicato, apresentou uma concentração mínima de $0,57 \mu\text{mol L}^{-1}$ no ponto 2 na preamar em abril/16 e máxima de $51,73 \mu\text{mol L}^{-1}$, no ponto 3 na baixa-mar em julho/15, com mediana de $7,38 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 15). O silicato apresentou variação sazonal significativa ($p=0,00$), com maiores teores no período chuvoso (Tabela 1).

Figura 15. Silicato no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.



Fonte: Produzido pelo autor.

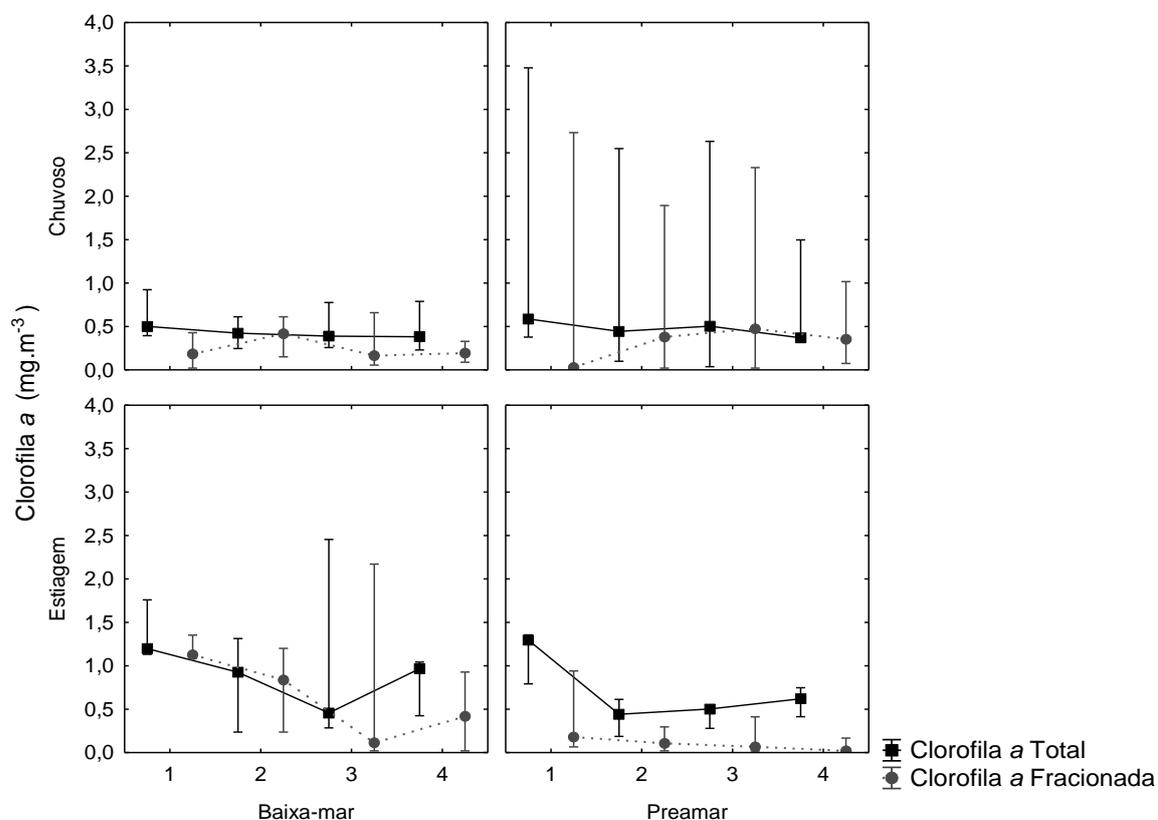
5.2 Parâmetros Bióticos

5.2.1 *Clorofila a* ($mg\ m^{-3}$)

A clorofila *a* total variou de $0,04\ mg\ m^{-3}$ no ponto 3, na preamar em agosto/16 a $3,48\ mg\ m^{-3}$ no ponto 1, na preamar em julho/15, com mediana de $0,50\ mg\ m^{-3}$. A clorofila total não apresentou variação significativa de marés, sazonal e espacial (Figura 16).

A clorofila *a* fracionada variou de $0,02\ mg\ m^{-3}$ no ponto 1, na baixa-mar em julho/15 e na preamar em agosto/16, no ponto 2, na preamar de janeiro/16 e de agosto/16, no ponto 3, em janeiro/16 na preamar e em abril/16 e agosto/16 na baixa mar e no ponto 4, em janeiro/16 na preamar e em abril/16 na preamar e na baixa-mar. Obteve máxima de $2,73\ mg\ m^{-3}$ no ponto 1, na preamar em julho/15, com mediana $0,21\ mg\ m^{-3}$ (Figura 16). A clorofila *a* fracionada, apresentou variação significativa apenas para maré, com concentrações maiores na baixa-mar ($p = 0,01$) (Tabela 1).

Figura 16. Clorofila *a* total e fracionada no período chuvoso e de estiagem, em ambos os estágios de maré, registradas no CEPS, Pernambuco, Brasil.



5.3. Permanova

Os dados foram separados em dois grupos para a análise, um representado pelas variáveis ambientais e outro pela clorofila *a* total e fracionada.

Para as variáveis ambientais e hidrológicas, dos 3 fatores fixados (maré, pontos de coleta e período climático) houve variações significativas apenas para os fatores maré e período climático. A maré e a sazonalidade apresentaram variação significativa ($p=0,00$ e $p=0,00$, respectivamente).

Para a clorofila *a*, apresentou-se uma interação significativa entre o período climático e a maré ($p=0,04$). Após, o PAIR-WISE TESTS da interação período x maré, houve diferença significativa apenas sazonal, para o período de estiagem ($p=0,04$) (Tabela 2).

Tabela 1. Variáveis abiótica e biológicas analisadas no Complexo Estuarino de Suape, Pernambuco, Brasil nos períodos chuvoso e de estiagem (Mín = mínimo, Máx = máximo, e Med = mediana), teste Kruskal-Wallis com os valores de “p” para os vários tratamentos (sazonais , espaciais e marés). * p<0,05.

Parâmetros	Chuvoso		Estiagem		Kruskal-Wallis (p)		
	Mín/Máx	Med	Mín/Máx	Med	Sazonal	Maré	Espacial
Pluviosidade (mm)	7,50/478,9	223,80	13,70/126,0	223,80	0,02*	-	-
Vm dos ventos (m/s ⁻¹)	1,14/1,86	1,56	1,50/2,36	2,08	0,01*	-	-
Clorofila <i>a</i> (mg m ⁻³)	0,03/3,47	0,43	0,18/2,45	0,68	0,05	0,66	0,03*
Clorofila <i>a</i> <20µm (mg m ⁻³)	0,02/2,73	0,26	0,02/2,17	0,20	0,48	0,01*	0,76
Profundidade Local (m)	2,8/14,3	6,90	1,30/15,00	6,15	0,75	0,14	0,00*
Transparência (m)	0,50/4,40	1,40	0,90 /5,20	2,31	0,00*	0,04*	0,09
O.D. (ml L ⁻¹)	3,43/5,12	4,58	2,60/4,88	4,23	0,07	0,00*	0,16
Saturação de O.D.(%)	52,48/125,9	108,08	61,75/120,2	103,7	0,77	0,00*	0,44
Nítrito (µmol L ⁻¹)	0,01/0,28	0,05	0,01/1,34	0,01	0,17	0,96	0,79
Nitrato (µmol L ⁻¹)	0,01/4,47	1,65	0,01/ 2,03	0,63	0,00*	0,12	0,85
Amônia (µmol L ⁻¹)	0,01/0,62	0,09	0,01/0,80	0,13	0,09	0,77	0,96
Fosfato (µmol L ⁻¹)	0,02/0,44	0,12	0,04/0,23	0,11	0,52	0,05	0,06
Silicato (µmol L ⁻¹)	5,1/51,72	10,79	0,56/ 14,20	5,00	0,00*	0,12	0,86
M.P.S. (µmol L ⁻¹)	7,40 / 47,00	38,40	1,60/50,56	34,68	0,30	0,36	0,95
Temperatura (°C)	25,9/27,80	26,70	28,27/31,31	28,75	0,00*	0,54	0,92
Salinidade	19,75/37,20	36,05	29,23/37,04	36,66	0,05	0,01*	0,74

Vm dos ventos = Velocidade média dos ventos; O.D. = Oxigênio Dissolvido; M.P.S. = Material Particulado em Suspensão.

Tabela 2. Análise estatística PERMANOVA da clorofila *a* e variáveis hidrológicas no período de estiagem e chuvoso na baixa-mar e na preamar, com valores de “p” para diversos fatores.

PERMANOVA - P (perm)		
Fatores	Grupo de variáveis	
	Variáveis Hidrológicas	Clorofila <i>a</i>
Sazonal	0,00*	0,87
Maré	0,00*	0,62
Espacial	0,22	0,40
Sazonal x Espacial	0,99	0,82
Maré x Espacial	0,99	0,99
Sazonal x Maré	0,07	0,04*
Expacial x Sazonal x Maré	1,00	0,98

PAIR-WISE TESTS Sazonal x Maré - Chlorofila <i>a</i>		
Chuvoso x Estiagem	Baixa-mar	Preamar
	0,05	0,20
Baixa-mar x Preamar	Chuvoso	Estiagem
	0,23	0,04

6. DISCUSSÃO

Nas regiões tropicais e subtropicais o regime de pluviosidade é o principal fator controlador da distribuição, abundância e dinâmica sazonal do fitoplâncton estuarino (SASSI, 1991).

A pluviosidade e a velocidade média dos ventos na região do complexo estuarino portuário de Suape, estiveram abaixo da média histórica durante todo o período estudado, devido ao fenômeno atmosférico-oceânico do El Niño, caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais, com redução das chuvas e alterações dos padrões de ventos, e que tem como consequências a alteração do clima a nível regional e global (OLIVEIRA, 2001).

Além disso, a pluviosidade foi suficiente para provocar variações em alguns parâmetros ambientais analisados, conforme corroborado pela PERMANOVA. No período chuvoso, houve elevação do silicato e nitrato e redução da temperatura e transparência da água.

Na área portuária de Santos-SP, Masuda et al. (2011), observaram que a maior ocorrência de chuvas provocou menor profundidade da zona eufótica, assim como maior variação de salinidade e conseqüentemente maior estratificação halina no sistema. A elevação da pluviosidade aumentou a drenagem continental e conseqüentemente o grau de eutrofização do sistema.

Por outro lado, a maré também foi um fator determinante nas alterações das variáveis hidrológicas, de acordo com o exibido pela PERMANOVA. Isso pode ser explicado, devido a região estudada possuir maré do tipo semidiurna, com amplitude de 3 m (mesomaré), sendo capaz de provocar mudanças significativas no ambiente. No Golfão Maranhense, Azevedo et al., (2008), observaram que as forçantes físicas como vento, maré (região de macromaré) e a alta turbidez foram as principais causas da redução da zona eufótica e conseqüentemente da biomassa fitoplanctônica.

Silva e Gomes (2012), analisando os impactos das atividades portuárias em Santos-SP verificaram que o ambiente teve capacidade para renovar periódica e sistematicamente as suas águas, sob a influência da maré e da descarga de água doce dos rios oriundos da Serra do Mar, comunicando-se naturalmente com a região costeira, que se apresenta lodosa e de manguezais, estes com abundante comunidade biológica.

A transparência da água varia em função da chuva e da drenagem terrestre, podendo a luz tornar-se um fator limitante para o fitoplâncton nos meses de maiores

precipitações pluviométricas, afetando efetivamente a biomassa fitoplanctônica (PASSAVANTE e KOENING 1984; SASSI, 1991).

Em Suape, a transparência esteve dentro do padrão esperado para uma área estuarina, com águas mais transparentes no período de estiagem, na preamar. Este padrão da transparência da água em função da maré e sazonalidade são comumente relatados para outros estuários de Pernambuco como os rios Ilhetas e Mamucaba (LOSADA et al., 2003), o estuário do rio Formoso (HONORATO DA SILVA et al., 2004) e rio Ariquindá (GREGO et al., 2009). Em relação aos dados atuais comparados aos do CONDEPE (1983), verificou-se que a zona eufótica praticamente não sofreu alteração (<1 a 5,0 m).

Quanto a profundidade, as áreas portuárias têm como característica principal apresentar profundidades elevadas, devido a atracação de grandes embarcações, tráfego contínuo das mesmas e atividades de dragagens. O porto de Suape, por ser fluvio-marítimo tem necessidade de sofrer obras de dragagem periodicamente, proporcionando aumento da profundidade local e, portanto, o ponto 4 destacou-se dentre os demais, como o mais profundo, por se encontrar próximo ao canal de navegação das grandes embarcações.

As dragagens têm como características provocar grandes alterações no ambiente, como consequência da ressuspensão do material sedimentado, fato este corroborado por Forte Neto, et al. (2014); que ao avaliarem o Porto de Aratu-BA, observaram que houve forte perturbação durante a etapa de dragagem, com a diminuição na densidade de ovos e larvas de peixes, aumento da turbidez e na densidade do microfitoplâncton e mesozoplâncton, estimulado pelo aumento da concentração de fósforo e a amônia e que a pós-dragagem, houve um retorno a condição estável do ambiente.

Koenig et al. (2002), no estuário do rio Ipojuca-PE, observaram que a comunidade fitoplanctônica apresentou mudanças quali-quantitativas após a implantação do Porto de Suape, predominando espécies marinhas litorais, devido à pequena profundidade e elevado hidrodinamismo na área e um decréscimo de 70% na densidade celular, ao contrário do que ocorria antes da construção do Porto, quando foi detectado a maior ocorrência de espécies marinhas planctônicas e maior número de células/litro.

Já Bezerra Júnior, et al. (2011), na porção interna do Porto de Suape-PE, encontraram uma elevada concentração de larvas de peixes, que mesmo apresentando um alto impacto em suas condições naturais, ainda se mostrou como uma importante área-berçário para peixes de interesse ecológico e econômico e comercial (Scombridae,

Engraulidae, Clupeidae e Bothidae), o que caracteriza essa área como berçário das espécies dessas famílias.

Em particular para o presente estudo no Porto de Suape, não foi perceptível este tipo de perturbação pelo processo de dragagem, tendo em vista que parâmetros como a clorofila *a* e nutrientes inorgânicos dissolvidos, não demonstraram alterações em seus padrões. Isso pode ser explicado pelo ambiente estar influenciado por um forte hidrodinamismo e com a abertura dos recifes houve maior penetração de águas costeiras provocando uma maior renovação da água.

Quanto as variações de temperatura, observou-se que ocorreram de acordo com os padrões esperados para área, que apesar de ser tropical (onde a amplitude é relativamente pequena), mostrou diferença significativa entre os dois períodos climáticos (estiagem e chuvoso). Entretanto, os efeitos dessas variações térmicas sobre a comunidade planctônica não são tão evidenciados, pelo fato da variação ocorrer de forma gradativa (PASSAVANTE e FEITOSA, 2004).

Vale ressaltar que a amplitude encontrada em dados pretéritos (24 °C a 29 °C) (CONDEPE, 1983) foi inferior a observada no presente trabalho (26 °C a 31 °C), evidenciando desta forma um aumento da temperatura podendo provocar alterações sob as variáveis e conseqüentemente sobre a biomassa fitoplanctônica.

Tada, et al. (2003), afirmam que a temperatura pode interferir no crescimento celular fitoplanctônico, podendo inclusive ser considerado fator limitante.

Mafalda et al. (2003) na Baía de Todos os Santos-BA, observaram uma amplitude maior, possivelmente) pelo fato do ambiente possuir uma circulação mais limitada. Cordeiro, et al. (2014), no Porto do Recife, Santos et. al. (2008) nas águas da plataforma do rio Amazonas, Ferreira et al. (2011), na área portuária de Aratú-BA e Bastos et al. (2011) no estuário do rio Ipojuca-PE, também observaram diferenças sazonais.

As baixas temperaturas na maioria das vezes estão relacionadas com baixas salinidades, pois no período chuvoso o fluxo de água doce aumenta devido as chuvas, ocorrendo o oposto no período de estiagem, devido a uma menor contribuição de água doce proveniente das chuvas e rios (MACÊDO et al. 1990).

Além disso, a salinidade é um parâmetro importante na delimitação da zona estuarina, influenciando na distribuição dos organismos. No CEPS, prevaleceram salinidades mais altas com regime variando de polihalino a euhalino. Vale ressaltar, entretanto, que em dados pretéritos à ação antrópica do CONDEPE (1983), este ambiente variava de limnético a euhalino em função das descargas dos rios Ipojuca, Tatuoca e

Massangana. Portanto, após a construção do Porto houve uma alteração radical na dinâmica local, favorecendo uma maior intrusão marinha com consequências de aumento da salinidade, concentração de oxigênio dissolvido e redução dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, MPS e da clorofila *a*.

Ainda quanto a salinidade, observou-se que apresentou variação de maré significativa, tal como observado em outras áreas costeiras do litoral de Pernambuco, Borges, et al. (2012) Cordeiro et al. (2014) na bacia portuária do Recife, e Machado et al. (2017) em Porto de Galinhas. Levando-se em conta o padrão de circulação da área estuarina do CEPS, verificou-se que o ambiente é homogêneo, não havendo nenhuma estratificação termohalina, conforme relatado em dados pretéritos do CONDEPE (1983).

A importância da determinação do oxigênio dissolvido se deve ao fato dele ser um gás essencial à vida e um indicador das condições ambientais. Seu ciclo aquático é governado por vários processos bióticos e abióticos que produzem ou consomem o oxigênio dissolvido, como respiração, fotossíntese, oxidação da matéria orgânica e composto químicos e processos metabólicos celulares (FLORES-MONTES, 1996; GARDNER et al., 2006). No CEPS, foram registradas águas bem oxigenadas, em função da grande entrada de águas marinhas e baixo aporte de matéria orgânica, proveniente das descargas de rios. Anterior a construção do Porto, as concentrações de oxigênio dissolvido na baía de Suape, eram semelhantes as atuais ($2 > 5,0 \text{ ml L}^{-1}$), com exceção do rio Ipojuca, onde foram registradas concentrações abaixo de $2,0 \text{ ml/L}^{-1}$, sendo indicativo de poluição orgânica (CONDEPE, 1983).

Levando em consideração a classificação de Macêdo e Costa (1978), a taxa de saturação do oxigênio variou de saturado a supersaturado, sendo indicativo de um ambiente livre de excesso de matéria orgânica, dados estes compatíveis com os observados em Maracajaú-RN por Feitosa e Bastos (2007), no rio São Francisco, por Melo-Magalhães et al. (2011), na área portuária de Aratú-BA, por Ferreira et al. (2011) e Porto de Galinhas-PE por Machado et al. (2017).

Quanto ao material particulado em suspensão na área portuária de Suape, este esteve abaixo do esperado para um ambiente estuarino, possivelmente devido a ação antrópica, que proporcionou menor influência continental e maior influência marinha. Entretanto, os teores de MPS atuais, são superiores aos observados por Jales et al. (2012), em enseada de Serrambi- PE e Masuda et al. (2011), no Porto de Santos-SP e compatíveis com os registrados por Grego et al. (2009), no estuário do rio Ariquindá-PE e Cordeiro et al. (2014), na região do Porto do Recife.

As águas costeiras tendem a receber montantes expressivos de nutrientes como fosfato e nitrato, devido a influência dos continentes adjacentes, não apresentando exaustão total de nutrientes, mesmo nos trópicos (LOURENÇO e MARQUES Jr, 2009). Segundo Macêdo et al. (2004), os sais nutrientes possuem elevada importância no meio aquático, pois suas concentrações, juntamente com a luz, são os principais fatores limitantes da produção fitoplanctônica, interferindo assim em toda teia trófica.

Em relação a região estuarina portuária de Suape, os nutrientes nitrogenados se encontraram, em sua maioria, em baixas concentrações, como o nitrito por exemplo, indicando que não há contaminação por matéria orgânica na área. Os teores de nitrito se mostraram baixos, tal qual observado em outros ambientes que se encontram com boa qualidade ambiental como Machado et al. (2007) em Porto de Galinhas e Jales et al. (2012) em Serrambi. Segundo Noriega et al. (2005), o nitrito é um nutriente intermediário e instável das reações de desnitrificação e nitrificação, podendo ser rapidamente convertido em nitrato, assim, em geral, é comum que as suas concentrações na água sejam relativamente mais baixas do que as de outras formas de nitrogênio dissolvido.

O nitrato e amônia por sua vez, também apresentaram concentrações baixas, possivelmente por serem as formas de nitrogênio mais requisitada pela comunidade fitoplanctônica, sendo a ordem de preferência a amônia seguida pelo nitrato e também devido a redução da contribuição continental. Além disso, o nitrato e a amônia, apresentaram variação sazonal, com valores relativamente maiores no período chuvoso.

Bastos et al., (2011), em Maracaípe e Machado et al. (2007) em Porto de Galinhas observaram resultados semelhantes, diferente dos que foram observados por Jales, et al. (2012) em Serrambi-PE onde valores ainda inferiores e os que foram encontrados e por Koenig et al. (2002) no estuário do rio Ipojuca, com maiores valores. Segundo a relação N:P de Redfield, 1934, o nitrogênio foi o elemento limitante da produtividade.

Quanto ao fosfato, Batista (2014), na baía de Suape, observou elevadas concentrações desse nutriente, afirmando que este fato esteve associado à remobilização do fósforo sedimentado para a coluna d'água, através de processos de oxiredução, à atividade microbiana e ao potencial de equilíbrio das concentrações de fósforo (ZHOU et al., 2000; FOY et al., 2003; REDDY et al., 1999). Assim como os nutrientes nitrogenados, o fosfato também se apresentou com baixos teores, com concentrações semelhantes as observadas por Ferreira, et al. (2015), na zona recifal de São da Coroa Grande – PE e por Azevedo, et al. (2008), no Golfão Maranhense – MA.

Já o silicato, foi o nutriente mais concentrado na região portuária de Suape, provavelmente devido a predominância do grupo fitoplanctônico das diatomáceas haja vista, ser a comunidade mais representativa nos ecossistemas costeiros, sendo um elemento essencial para seu desenvolvimento (BORGES, 2011; GREGO et al., 2009).

Além disso, o rio Massangana vem sofrendo diversos impactos antrópicos, como aterros, construções e desmatamentos em suas margens, aumentando o aporte de sedimentos argilosos no ambiente (os quais são a fonte do silicato), devido ao lixiviamento do solo pelas chuvas, sendo os pontos 1 e 2 localizados próximos de sua foz, o que apresentaram maiores concentrações desse nutriente. Ademais, o silicato apresentou variação sazonal, com maiores teores no período chuvoso, conforme o esperado para a área. Rosevel da Silva (2005), na Baía de Tamandaré – PE e Borges, et al. (2011) no estuário do rio Massangana-PE registraram concentrações semelhantes às da área do CEPS. Já Grego, et al. (2009) no estuário do rio Arinquidá-PE e Otsuka, et al. (2016) na região costeira de Barra de Jangadas-PE, observaram valores superiores.

A biomassa fitoplanctônica no oceano é um fator difícil de ser medido precisamente. Este fato deve-se, em parte, à distribuição descontínua e relativamente irregular das populações fitoplanctônicas no ambiente. O método mais comum de medir a biomassa do fitoplâncton baseia-se na medição de algum componente comum a todos organismos planctônicos fotossintetizantes, fundamentalmente no conteúdo da clorofila *a* (LOURENÇO e MARQUES Jr, 2002). De acordo com Vollenweider et al. (1974), é um método mais indicado porque a clorofila *a* é o pigmento mais abundante e importante da matéria viva, além disso, é o que possui maior número de informações publicadas.

Uma vez que todos os vegetais possuem este pigmento e utilizam-no para realizar a fotossíntese, o total de clorofila *a* de um dado volume de água do mar fornece uma medida do total de vegetais presentes (LOURENÇO e MARQUES Jr, 2009).

A clorofila *a* total apresentou teores um pouco mais elevados em preamar ao contrário do que se observa para a maioria dos estuários. Coincidentemente também foi registrado aumento nos teores dos nutrientes nitrito e nitrato. O ambiente caracterizou-se por apresentar baixas concentrações de clorofila *a*, diferentemente do que se esperava e compatíveis com os obtidos por Borges, (2011) no estuário do rio Massangana no ponto mais à jusante e Batista (2014) na Baía de Suape. Possivelmente as ações antrópicas causadas na dinâmica do estuário, provocaram este tipo de padrão observado, podendo inclusive a pluma do rio Ipojuca influenciar na Baía de Suape durante a o período de maré

enchente. Outra possibilidade é a presença das grandes embarcações, que podem estar contribuindo com lançamentos de matéria orgânica.

Em outras áreas portuárias do litoral brasileiro, a biomassa fitoplanctônica apresentou-se de forma variada, como os registrados por Paiva, et al. (2006), na baía de Guajará-PA, de 1,49 mg.m⁻³a 23,33 mg.m⁻³; Masuda, et al. (2011) em Santos – SP, concentrações 0,9 mg.m⁻³a 11,6 mg.m⁻³, e Cordeiro et al. (2014), no porto do Recife, 0,24 a 19,29 mg.m⁻³.

Ao longo do litoral de Pernambuco, outros autores observaram baixos teores de clorofila *a*, em áreas consideradas não impactadas, como a baía de Tamandaré (SILVA, 2015), Porto de Galinhas, (MACHADO et al., 2017), São José da Coroa Grande (FERREIRA et al., 2015) e Serrambi (JALES et al., 2012) que apresentam valores menores do que 9 mg.m⁻³. Ao contrário disso, há também outros ambientes altamente eutrofizados, como a bacia do Pina (SANTOS, et al., 2009) com teores de até 211,15 mg.m⁻³, Barra das Jangadas (OTSUKA, et al., 2016; BRANCO et al., 2002) com 34,71 mg m⁻³ e 49,84 mgm⁻³ respectivamente e praia de Candeias (SANTOS et al., 2007) com 158,99 mg.m⁻³.

Levando-se em consideração a classificação para a zona costeira marinha de Vollenweider e Kerekes (1982), o complexo estuarino portuário de Suape, variou de oligotrófico a mesotrófico, com forte tendência a oligotrofia.

Por outro lado, a comunidade fitoplanctônica é composta por diferentes dimensões de organismos. De acordo com Takahashi e Biefang, (1983), a distribuição do tamanho da comunidade fitoplanctônica pode desempenhar uma grande influência na dinâmica da teia alimentar, na estrutura biológica e/ou na eficiência ecológica.

A maior contribuição da fração <20 µm, correspondente ao pico e nanofitoplâncton é devida à baixa concentração de nutrientes nos ambientes aquáticos, assumindo que espécies fitoplanctônicas maiores nestes ambientes estão em condições desvantajosas (JALES et al., 2012; TADA et al., 2003).

Este torna limitado o desenvolvimento da fração maior que possui uma relação de superfície x volume menor do que a porção <20µm. Entretanto, Charpy e Blanchot (1999) sugerem que fatores bióticos também podem afetar a estrutura da comunidade fitoplânctonica, como a herbívora. Além disso, Tada, et al. (2003), afirmam que o domínio dessa fração também pode estar associado a ambientes onde estão ocorrendo altas temperaturas na coluna d'água, se tornando mais um fator limitante para o crescimento celular fitoplanctônico da porção maior em relação a porção menor.

No complexo estuarino portuário de Suape, a porção $< 20 \mu\text{m}$ predominou em média de 60,75% no ambiente, se tornando a principal contribuinte. Esta fração apresentou maiores concentrações na baixa-mar, no período de estiagem, sendo a maré e a sazonalidade fatores determinantes para essa fração, conforme corroborado pela PERMANOVA.

Situações semelhantes as registradas no CEPS para a fração $< 20 \mu\text{m}$, também foram observadas em algumas regiões costeiras do mundo como Costa Jr (2007), na Baía de Todos os Santos, na Bahia-BR, por Tada et al. (2003) na Ilha de Sesoko em Okinawa – JP e por Charpy e Blanchot (1999) em Fiji.

Ao longo do litoral de Pernambuco, outros autores observaram baixos teores de clorofila *a*, como Silva (2015), na baía de Tamandaré, Ferreira, et al. (2015), em São José da Coroa Grande, e por Jales et al. (2012) em Serrambi.

7. CONCLUSÕES

- A pluviometria e a maré foram as forçantes físicas que mais interferiram, nas alterações de algumas variáveis ambientais;
- O complexo estuarino apresentou um padrão de circulação tipicamente homogêneo, conforme registrado anteriormente pelo CONDEPE (1983);
- O regime de salinidade da baía de Suape, foi alterado de limnético à euhalino (CONDEPE, 1983), para polihalino à euhalino, havendo uma maior intrusão marinha no sistema;
- Dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, o silicato foi o mais concentrado, seguido pelo nitrato, amônia, nitrito e fosfato, sendo o nitrogênio o elemento limitante da produtividade;
- A pluma do rio Ipojuca foi capaz de influenciar nas concentrações do Nitrito e do Nitrato no interior da baía de Suape;
- Os teores de clorofila *a* mostraram que o ambiente variou de oligotrófico a mesotrófico, com tendência a oligotrofia;
- A fração < 20 µm da comunidade fitoplanctônica, foi a que mais contribuiu para a biomassa fitoplanctônica e conseqüentemente para a produtividade local;
- As alterações antrópicas realizadas no ambiente, determinaram uma maior interferência marinha e conseqüentemente a redução da capacidade produtiva do sistema.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, D.L.; PASSAVANTE, J.Z.O.; SILVA-CUNHA, M.G.G.; HONORATO DA SILVA, M. Biomassa fitoplanctônica correlacionada aos fatores hidrológicos no estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 40, n. 1, p. 167-184, 2012.
- ARAGÃO, J.O.R. de. **Fundamentos de meteorologia e relação oceano-atmosfera**. Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.
- AZEVEDO, A.C.G.; FEITOSA, F.A.N.; KOENING, M.L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplânctonica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 870-877. 2008.
- BASTOS, R.B.; FEITOSA, F.A.N.; KOENING, M.L.; MACHADO, R.C.A.; MUNIZ, K. Caracterização de uma zona costeira tropical (Ipojuca, Pernambuco - Brasil): Produtividade fitoplânctonica e outras variáveis ambientais. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 01-10, 2011.
- BATISTA, T.N.F., **Estado trófico das águas estuarinas do Complexo Industrial Portuário de Suape-PE**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; ROCHA, J.M.B.; NIENCHESKI, L.F.H. 1996. **Manual de análises em Oceanografia Química**. Ed. FURG, Rio Grande, 132p.
- BEZERRA JÚNIOR, J.L., Diaz, X.G., NEUMANN-LEITÃO, S., Diversidade de larvas de peixes das áreas internas e externas do porto de SUAPE (Pernambuco, Brasil). **Tropical Oceanography**, Recife, v.39, p.1-13, 2011.
- BORGES, G.C.P. **Comunidade fitoplanctônica do estuário do rio Massangana (Pernambuco-Brasil)**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- BORGES, G.C.P.; SILVA-CUNHA, M.G.G.; SANTIAGO, M.F.; LIMA, J.C. Comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em área portuária, nordeste do Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 40, n. 2. p. 308-317, 2012.
- BRAGA, R.A. P.; MAESTRATI, P.; LINS, M. F. Impacto da implantação do complexo industrial portuário de Suape (PE) sobre populações de moluscos comestíveis. **A Sociedade Nordestina Zoologia**, v. 3, n. 3. p. 137- 153, 1989.
- BRANCO, E.S.; FEITOSA, F.A.N.; FLORES MONTES, M.J. Variação Sazonal e Espacial da Biomassa Fitoplanctônica Relacionada com Parâmetros Hidrológicos no Estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 30, n. 2. P. 79-96, 2002.

CHARPY, L.; BLANCHOT, J. Picophytoplankton biomass, community structure and productivity in the Great Astrolabe Lagoon, Fiji. **Coral Reefs**, v. 18, 255–262, 1999.

CONDEPE (Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco). **Caracterização do complexo estuarino-lagunar da área de Suape (Pernambuco-Brasil): síntese ecológica**, Recife, v. 1, 1983.

CORDEIRO, I.A.; FEITOSA, F.A.N.; FLORES-MONTES, M.J.; HONORATO DA SILVA, M. Distribuição sazonal e espacial da clorofila a e variáveis ambientais na Plataforma Continental de Pernambuco (Porto do Recife), Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 42, n. 1. p. 60-76, 2014.

COSTA JR.; O. S. Anthropogenic Nutrient Pollution of Coral Reefs in Southern Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**. v. 55, n. 4. p. 265-279, 2007.

ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M.L. Distribuição das diatomáceas (Bacillariophyceae) na área de Suape (Pernambuco-Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**. Recife, v. 19 p. 73-100, 1985/86.

FEITOSA, F.A.N.; BASTOS, R.B. Produtividade fitoplanctônica e hidrologia do ecossistema costeiro de Maracajaú - RN. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 40, 26-36, 2007.

FERREIRA, A.N. **Avaliação do impacto da dragagem sobre a associação fitoplanctônica do porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia**. Salvador, 2011. 73 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, 2011.

FERREIRA, L.C.; SILVA CUNHA, M.G.G.; AQUINO, E.P. BORGES, G.C.P.; FEITOSA, F.A.N.; ESKINAZI-LEÇA, E.; LIMA, J.C. Temporal and spatial variation of phytoplankton in a tropical reef area of Brazil. **Tropical Ecology**, Recife, v. 56, n. 3, p. 367-382, 2015.

FLORES-MONTES, M.J. **Varição nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE**.1996. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1996.

FORTE NETO, J. B.; BERETTA, M.; FERREIRA, A.N.; SOUZA, C.S.; MAFALDA Jr., P.O. A variabilidade da biomassa planctônica sob influência da sazonalidade e da dragagem do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 42, n. 2., p. 230-242, 2014.

FOY, R.H., LENNOX, S.D., GIBSON, C.E. Agriculture or urban? Changing perspectives on the importance of urban phosphorus inputs as the cause of enrichment of Lough Neagh. **Science of the Total Environment**, v. 310, n. 1-3. p. 87-99, 2003.

GARDNER, L.R.; KJERVE, B.; PETRECCA, D.M. Tidal fluxes of dissolved oxygen at the North Inlet-Winyah Bay National Estuarine Research. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 67, 450-460, 2006.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. 2ed. Nova Iorque: Verlag Chemie, 419p. 1983.

GOMES, C.S F.; SILVA, J.B.P. Ilha do Porto Santo: Estância Singular de Saúde Natural/Porto Santo Island: Unique Natural Health Resort. Madeira Rochas – **Divulgações Científicas e Culturais**, Funchal, 240 p., 2012.

GREGO, C.K.S.; FEITOSA, F.A.N.; SILVA, M.H.; CUNHA, M.G.G.S.; NASCIMENTO-FILHO, G.A. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do Rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. **Atlântica**, Rio Grande, v. 31, n. 2. p. 183-198, 2009.

HONORATO DA SILVA, M; PASSAVANTE, J.Z.O.; SILVA-CUNHA, M.G.G.; NASCIMENTO VIEIRA, D.A.; GREGO, C.K.S.; MUNIZ, K. Distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos do estuário do rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 32, p. 89-106, 2004.

JALES, M.C.; Feitosa F.A.N.; KOENING, M.L.; Bastos R.B.; MACHADO, R.C.A. O Ecossistema Recifal De Serrambi (Nordeste Do Brasil): Biomassa Fitoplanctônica e Parâmetros Hidrológicos. **Atlântica**, v. 34, p. 87–102, 2012.

KOENING, M.L. Ecologia e **Dinâmica do Fitoplâncton no estuário do rio Ipojuca, após a implantação do porto de Suape (PE-Brasil)**.1997, 263f.tese (Doutorado em Oceanografia) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1997.

KOENING, M.L.; ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.E., MACÊDO, S.J. Impactos da Construção do Porto de Suape Sobre a Comunidade fitoplanctônica no Estuário do Rio Ipojuca. **Acta Botânica Brasilica**. v. 16, n.4, p.407-420, 2002.

KOENING, M.L.; ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.E., MACÊDO, S.J. Impacts of the Construction of the Porto of Suape on Phytoplankton in the Ipojuca River Estuary (Pernambuco-Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n.1, p.73–81, 2003.

LEMOS, R.T.O.; CARVALHO, P.S.M.; ZANARDI-LAMARDO, E., Petroleum Hydrocarbons in Water From a Brazilian Tropical Estuary Facing Industrial and Port Development. **Marine Pollution Bulletin**. v.82, p. 183-188, 2014.

LOSADA, A.P.M.; FEITOSA, F.A.N.; LINS, I.C. 2003. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré - PE) relacionada com parâmetros hidrológicos. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 31, p. 1-29, 2003.

LOURENÇO, S. O.; MARQUES JR, A. N. Produção primária marinha. Cap.6. p. 111-154. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org). **Biologia Marinha**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 631 p., 2009.

MACÊDO, S.J. e COSTA, K.M.P. Estudo ecológico da região de Itamaracá Pernambuco–Brasil, condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. **Ciência e Cultura**, v. 30, n. 7, p. 368, 1978.

MACEDO, S.J.; COSTA, K.M.P. 1990. Condições hidrológicas do estuário do rio Igarau - Itamaracá - Pernambuco. **Trabalhos Oceanográficos**, v. 21, 7-32, 1990.

MACEDO, S. J.; MUNIZ, K.; MONTES, M. DE J. F. Hidrologia da região costeira e plataforma continental do estado de Pernambuco. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANNLEITÃO, S.; COSTA, M.F. da. **Oceanografia: um cenário tropical**. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia. Recife: Bagarço, p. 761, 2004.

MACHADO, R.C.A. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e parâmetros hidrológicos no ecossistema recifal e Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil. **Boletim Técnico Científico**. CEPENE. v. 15, n 2, p.17 – 29, 2007.

MACHADO, R.C.A., FEITOSA, F.A.N., KOENING, M.L.; FLORES MONTES, M.J. Spatial and seasonal variation of the phytoplankton community structure in a reef ecosystem in North-eastern Brazil, **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, p. 1–10, 2017.

MAFALDA JR., P.O.; SOUSA, P.M.M.; SILVA, E.M. Estrutura Hidroquímica e Biomassa Planctônica no Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 31, n. 1. p. 31-51, 2003.

MASUDA, L.S.M.; MOSER, G.A.O.; BARRERA-ALBA, J. J. Variação temporal do fitoplâncton no canal estuarino de Santos (SP). **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 79-93, 2011.

MELO. A.A.S, FLORES MONTES, M.J., MUNIZ, K., MACÊDO, S.J., FEITOSA, F.A.N., TRAVASSOS, R.K.; LINS, I. Case study involving two tropical estuaries: The influence of antropic activities on the estuarine system of Santa Cruz Channel, PE. In: **III Simpósio Brasileiro de Oceanografia**, 2008, São Paulo. Anais, São Paulo: IOUSP, p.615-627, 2008.

MELO-MAGALHÃES, E.M.; MOURA, A.N.; MEDEIROS, P.R.P.; LIMA, E.L.R.; KOENING, M. L. Phytoplankton of the São Francisco river estuarine region (Northeastern Brazil): a study of its diversity. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, vol. 15, n. 1, p. 95-105, 2011.

MUNIZ, K.; NETO, B.B.; MACÊDO, S.J.; PINHEIRO FILHO, W.C., Hydrological Impact of the Port Complex of Suape on the Ipojuca River (Pernambuco – Brazil). **Journal Coastal Research**, v.21, p. 909-914, 2005.

NEUMANN, V.H., MEDEIROS, C., PARENTE, L., NEUMANN-LEITÃO, S.; KOENING, M.L. Hydrodynamism, Sedimentology, Geomorphology and Plankton Changes at Suape Area (Pernambuco - Brazil) after a Port Complex Implantation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 70, n. 2, p. 313-323, 1998.

NEUMANN-LEITÃO, S.; KOENING, M.L.; MACEDO, S.J., MEDEIROS, C.; MUNIZ, K.; FEITOSA, F.A.N. Plankton disturbance at Suape estuarine area -Pernambuco – Brazil after a port complex implantation. **Transactions on Ecology and the Environment**, v. 27, p. 47-56, 1999.

NORIEGA, C.D.; COSTA, K.M.P.; FEITOSA, F.A.; FLORES-MONTES, M.J.; GRECO, C.K.S.; SOARES, G.S.S.; SILVA, H.P. Distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os sais nutrientes, no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Pernambuco-Brasil). **Arquivos de Ciência do Mar**, Fortaleza, v. 38, p. 5-18, 2005.

OLIVEIRA, G.S. de. **O El Niño e você: o fenômeno climático**. São José dos Campos, SP: Transtec, 2001.

OTSUKA, A.Y.; FEITOSA, F.A.N.; FLORES-MONTES, M.J. SILVA, A. Dynamics of chlorophyll a and oceanographic parameters in the coastal zone: Barra das Jangadas-Pernambuco, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Coconut Creek (Florida), v. 32, n.3, p.490–499, 2016.

PAIVA, A.C.G.; ARAÚJO, M.E. Environmental characterization and spatial distribution of fish fauna in estuaries in the State of Pernambuco, Brazil. **Tropical Oceanography**, Recife, v.38, n 1, p. 1-46, 2010.

PAIVA, R.S; ESKINAZI-LEÇA, E; PASSAVANTE, J.Z.O; Silva-Cunha, M.G.G.; MELO, N.F.A.C. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará-Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências naturais, v. 1, n.2, p. 133-146, 2006.

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

PASSAVANTE, J.Z.O.; FEITOSA, F.A.N. Dinâmica da produtividade fitoplanctônica na zona costeira marinha. In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S.; Costa, M. F. (Ed.). **Oceanografia: um cenário tropical**. Recife: Edições Bagaço, 2004. p. 425-440.

PASSAVANTE, J.Z.O.; KOENING, M.L. 1984. Estudo ecológico da região de Itamaracá (Pernambuco - Brasil). XXVI Clorofila a e material em suspensão no estuário do rio Botafogo. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 18, 207-230.

PESSOA, V.T.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L.M.O.; SILVA, A.P.; PORTONETO, F.F. Comunidade zooplânctônica na Baía de Suape e nos estuários dos rios Tatuoca e Massangana, PE (Brasil). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4 n.1, p. 80-94, 2009.

REDDY, K.R.; KADLEC, R.H.; FLAIG, E.; GALE, P.M. Phosphorus retention in streams and wetlands: A review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 29, p. 83– 146, 1999.

REDFIELD, A. C. **On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton.** In Daniel, R.J. (ed James Johnstone Memorial Volume). University Press of Liverpool, 177–192.

ROSEVEL DA SILVA, M.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, .K. 2005. Estrutura da comunidade fitoplânctônica na baía de Tamandaré (Pernambuco, Nordeste do Brasil). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 33, p. 163-181, 2005.

SANTOS, T.G.; BEZERRA-JÚNIOR, J.L.; COSTA, K.M.P.; FEITOSA, F.A.N. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical (Bacia do Pina, Recife, PE). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, Recife, v. 4, n. 1, 2009.

SANTOS, L.S.; MEDEIROS, C.; Muniz, K.; FEITOSA, F.A.N.; SCHWAMBORN, R.; MACÊDO, S.. Influence of the Amazon and Pará Rivers on water composition and phytoplankton biomass on the adjacent shelf. **Journal of Coastal Research**, v. 24, n. 3, p. 585-593, 2008.

SANTOS, D.H.C.; PASSAVANTE, J.Z.O.; BARROS, D.C.P. Biomassa fitoplanctônica na praia de Candeias, Pernambuco (Brasil): a construção de um quebra-mar como agente transformador. **Boletim Técnico Científico. CEPENE**, Tamandaré, v. 15, n. 1, p. 21-29, 2007.

SASSI, R. 1991. Phytoplankton and environmental factors in the Paraíba do Norte river estuary, southeastern Brazil: composition, distribution and quantitative remarks. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 39, p. 93-115.

SILVA, L. M. **Condições ambientais do ecossistema recifal de Tamandaré (APA COSTA DOS CORAIS): comunidade fitoplanctônica e variáveis hidrológicas.** 2015. 72 f.. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

SILVA, O. R.; GOMES, M. B. M. Impactos das atividades portuárias no sistema estuarino de Santos. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, p. 64 – 81, 2012.

SILVA, A.P., NEUMANN-LEITÃO, S., SCHWAMBORN, R., GUSMÃO, L.M.O.; SILVA, T.A. Mesozooplankton of an impacted bay in North Eastern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, p. 485-493, 2004.

SOUZA-SANTOS, L.P.; ARAÚJO, R.J. Water toxicity assessment in the Suape estuarine complex (PE-Brazil). **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, v. 8, p. 59-65, 2012.

SUAPE - **Complexo industrial portuário governador Eraldo Guerios** – Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/environment/structure.php>> Acesso em: 01 de julho de 2015.

STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R. A practical Handbook of Seawater Analysis. 2 ed. Ottawa: **Fisheries Research Board of Canada Bulletin**, v.167, p. 1-205, 1972.

TADA, K.; SAKAI, K.; NAKANO, Y.; TAKEMURA, A.; MONYANI, S. Size-fractionated phytoplankton biomass in coral reef waters off Sesoko Island, Okinawa, Japan. **Journal of Plankton Research**. v. 25, n. 8, p. 991-997, 2003.

TAKAHASHI, M., BIENFANG, P.K. Size structure of phytoplankton biomass and photosynthesis in subtropical Hawaiian waters. **Marine Biology**. v.76, p. 203-21, 1983.

TORRES, F.T.P.; MACHADO, P. J. O., **Introdução à Climatologia**. Cengage Learning São Paulo, p. 256, 2011.

UNESCO. **International Oceanographic Table**, v.2. NIO-UNESCO, Paris, 1973.

UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). Determinations of Photosynthetic Pigments. **In: Sea Water: Reporto of SCOR-UNESCO, Working Group 17**. Paris: United Nations Education, p. 69, 1966.

VOLLENWEIDER, R.A. **A Manual on Methods for Mensuring Primary Protuction in Aquatic Environments**, 2ed. IBP Handbook No. 12. Blackwell Scientific Publs, 1974.

VOLLENWEIDER, R.A.; KEREKES, J. Eutrophication of Waters. Monitoring, assessment and Control. **The OECD Cooperative programme on monitoring of inland waters (Eutrophication control)**. Paris: Environment Directorate, OECD, p. 154, 1982.

ZHOU, Q.X., GIBSON, C.E., FOY, R.H. Long-term Changes of nitrogen and phosphorus loadings to a large lake in north-west Ireland. **Water Research**, v. 34, n. 3, p. 922-926, 2000.