



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS

ARIELLY SIQUEIRA DOS SANTOS

INFLUÊNCIA DA MARÉ E DA SAZONALIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DOS
PARÂMETROS ABIÓTICOS E CLOROFILA *a* DO ESTUÁRIO DE GUAJARÁ-MIRIM VIGIA
NORDESTE PARAENSE

BELÉM-PA

2013



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS

ARIELLY SIQUEIRA DOS SANTOS

INFLUÊNCIA DA MARÉ E DA SAZONALIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DOS
PARÂMETROS ABIÓTICOS E CLOROFILA *a* DO ESTUÁRIO DE GUAJARÁ-MIRIM VIGIA
NORDESTE PARAENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais da Universidade Federal Rural da Amazônia, para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, na área de concentração em Ecologia aquática.

Orientadora: Prof^a *Dra.* Maria de Lourdes Souza Santos.

BELÉM-PA

2013



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS

ARIELLY SIQUEIRA DOS SANTOS

INFLUÊNCIA DA MARÉ E DA SAZONALIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DOS
PARÂMETROS ABIÓTICOS E CLOROFILA *a* DO ESTUÁRIO DE GUAJARÁ-MIRIM VIGIA
NORDESTE PARAENSE

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Dra. Maria de Lourdes Souza Santos - Orientadora
Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – ISARH/UFRA

Prof. Dr. Israel Hidenburgo Aniceto Cintra - 1º examinador
Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – ISARH/UFRA

Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo – 2º examinador
Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – ISARH/UFRA

Dr. André Luís de Lima Saraiva – 3º examinador
Universidade Federal do Pará – UFPA

BELEM-PA

2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sua presença em todos os momentos de minha vida.

Ao Programa de Pós- Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais por nos proporcionar o conhecimento sem o qual não seria possível realizar este trabalho.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela ajuda financeira ao longo do curso.

Ao projeto de pesquisa Biodiversidade Planctônica e Caracterização Ambiental do Sistema Estuarino de Vigia de Nazaré, Estado do Pará, pelo subsidio nas coletas de campo.

Aos meus pais (Osmarina e Lucival), e minha irmã (Marielly), pelo apoio incondicional de dedicados a mim e ao meu filho, sem esse apoio não seria possível concluir esse trabalho.

A Dra. Maria de Lourdes, pela orientação, confiança, incentivo e por dispor do seu precioso tempo para orientar este estudo.

Ao Wellington Araújo pelo companheirismo e ajuda em todas as etapas para a conclusão deste trabalho.

As minhas amigas: Ivanilde Albernás, Marllen Palheta, Inailde Almeida, Fabiola Seabra, pelo incentivo e momentos de descontração.

A todos que participaram das viagens para o município de Vigia-PA para as coletas das amostras.

Ao Prof. *Msc.* Glauber Palheta, pelo auxílio nas coletas e ajuda com os gráficos deste trabalho.

A equipe do LQA (Laboratório de Química Ambiental): Karina, Francianne Mourão, Saulo Nery, Beatriz Luna, Raquel Silva e a todos que direta ou indiretamente colaboraram para análise das amostras.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO

RESUMO

Este trabalho consiste no estudo da distribuição dos parâmetros abióticos (salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), material em suspensão, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato, silicato) e clorofila-*a*, em relação a sazonalidade e as marés (vazante e enchente) no estuário de Guajará-Mirim em Vigia-PA. Foram coletadas amostras hidrológicas na superfície nos períodos de menor e maior precipitação, na maré vazante e na maré enchente para a determinação dos parâmetros abióticos e clorofila-*a*. Os parâmetros analisado, sempre que possível, foram comparados com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salobras Classe 1. A temperatura teve valores elevados no período de menor precipitação, o mesmo ocorreu para a salinidade, o pH se manteve ácido no período de coleta com exceção das coletas do mês de setembro/2011; o OD e OD% se mantiveram em altas concentrações não apresentando variações significativas entre os períodos e entre as marés; o material em suspensão teve variações significativas, seus maiores valores ocorreram no período de maior precipitação; o N-amoniacal teve as maiores concentrações, seguido do nitrato e do nitrito; as concentrações de silicato foram maiores nos meses de março e maio de 2012; As maiores concentrações clorofila-*a* foram observadas em setembro 2011 e janeiro de 2012, nos demais meses de coleta não houve variações consideráveis entre as marés. Os resultados obtidos mostram que a distribuição dos parâmetros abióticos e clorofila-*a* no rio Guajará-Mirim estão em função da Sazonalidade da Região. Baseado na análise de componentes principais verificou-se que na PC1 a temperatura, salinidade e clorofila-*a* mostraram uma alta correlação entre si e inversa com o material em suspensão, nitrato e silicato. Na PC2 a salinidade e nitrito tiveram correlação direta entre si e inversa com o OD e clorofila-*a*.

Palavras-chaves: Marés; Parâmetros abióticos; Sazonalidade.

ABSTRACT

The present work is a study about the distribution of abiotic parameters (salinity, temperature, pH, dissolved oxygen (DO), suspended solids, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, silicate) and chlorophyll-a in relation to seasonal and tides (ebb and flooding) in the estuary of the Guajara-Mirim Vigia-PA. Samples were collected during periods of hydrological lowest and highest rainfall in the ebb tide and flood tide for the determination of abiotic parameters and chlorophyll-a. It parameters analyzed, whenever passively, were compared with the resolution CONAMA no 357/2005 For brackish waters Class 1. The temperature had values elevated in smaller precipitation period, the same occurred for the salinity, pH kept acid in period of collection except for month collections of September 2011; the OD and OD% they kept in high concentrations not presenting significant variations among periods and among tides; The suspended solids had significant variations, their larger values occurred in the larger precipitation period; The ammonia had the biggest concentrations, followed by the nitrate and of nitrite; the phosphate did not present seasonal standard silicate concentrations were larger in the March and May months 2012, the biggest chlorophyll concentrations were her observed in September 2011 and January 2012, in the collection too much months there were variations expressive among tides. The analysis of data components explained 41% on PC1 and PC2 22% related with seasonality, however compared to the tidal response, was not significant. The results show that the distribution of abiotic parameters and chlorophyll-a in the river Guajara-Miri are due to the seasonality of the region. Based on principal component analysis it was found that the PC1 temperature, salinity and chlorophyll a high correlation with each other and with the Inverse suspended material, silicate and nitrate. In PC2 salinity and nitrite were directly correlated with each other and with the reverse OD and chlorophyll-a.

Key-words: Tide; abiotic parameters; seasonality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização dos pontos de coleta.....	23
Figura 2: Garrafa hidrológica utilizada nas coletas.	25
Figura 3: (A) Sonda da marca Hanna; (B) equipamento da marca Hach (DR 2500) para a medição de material em suspensão.	25
Figura 10: Distribuição dos valores de OD (mg.L-1) nos quatro pontos estudados.....	32
Figura 11: Distribuição dos valores de OD (%) nos quatro pontos estudados.....	32
Figura 12: Box Plot das médias de Oxigênio Dissolvido.	32
Figura 13: distribuição dos valores de material em suspensão (mg.L-1) nos quatro pontos de coleta.	33
Figura 14: Box Plot das médias de Material em suspensão.	33
Figura 15: Distribuição dos valores de N-amoniaco (mg.L-1) nos quatro pontos de coleta.....	34
Figura 16: Box Plot das médias de N-amoniaco.....	34
Figura 17: Distribuição dos valores nitrito (mg.L-1) nos quatro pontos de coleta.....	35
Figura 18: Box Plot das médias de Nitrito.	35
Figura 21: Distribuição dos valores de fosfato (mg.L-1) nos quatro pontos de coleta.....	37
Figura 22: Box Plot das médias de Fosfato.....	37
Figura 23: Distribuição dos valores de silicato (mg.L-1) nos quatro pontos estudados.	38
Figura 24: Box Plot das médias de Silicato.....	38
Figura 25: Distribuição dos valores de clorofila <i>a</i> (mg.m ³) nos quatro pontos estudados.....	39
Figura 26: Box Plot das médias de clorofila <i>a</i>	39
Figura 27: Pesos das variáveis nas duas componentes principais dos parâmetros abióticos, com dados obtidos nos períodos de maior e menor precipitação no estuário de Guajará-Mirim em Vigia-Pa.....	41
Figura 28: Escores nas duas componentes principais, na análise feita com os parâmetros abióticos durante os períodos de maior e menor precipitação no estuário de Guajará-Mirim em Vigia-Pa.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta no estuário do Rio Guajará-Miri.	23
Tabela 2: Cronograma de coletas, total de amostras e de análises realizadas.	24
Tabela 3: Número de amostras (N°); Média (MED); Desvio Padrão (DP); Mínimo (MÍN); Máximo (MÁX), dos parâmetros abióticos e clorofila-a, nos períodos de maior e menor precipitação.....	28
Tabela 4: Pesos e variância explicada pelas duas primeiras componentes principais da análise dos parâmetros abióticos, clorofila a, com os dados obtidos durante os períodos de menor e de maior precipitação. Os valores mais significativos estão em negrito.	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 ESTUÁRIO	13
3 PARÂMETROS ABIÓTICOS E CLOROFILA A	16
3.1 SALINIDADE.....	16
3.2 TEMPERATURA	16
3.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)	16
3.4 OXIGÊNIO DISSOLVIDO E SUA SATURAÇÃO (OD E OD%)	17
3.5 MATERIAL EM SUSPENSÃO.....	17
3.6 NITROGÊNIO AMONÍACAL.....	17
3.7 NITRITO.....	18
3.8 NITRATO	18
3.9 FOSFATO.....	19
3.10 SILICATO	19
3.11 CLOROFILA A	19
4 OBJETIVOS	20
4.1 OBJETIVO GERAL.....	20
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
5 MATERIAL E METODOS	21
5.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
5.1.1 Localização	21
5.1.2 Geologia e Relevô	21
5.1.3 Hidrografia	21
5.1.4 Clima.....	22
5.1.5 Vegetação.....	22
5.2 AMOSTRAGEM.....	22
5.3 ANÁLISES EM LABORATÓRIO	26
5.3.1 Oxigênio dissolvido e Taxa de saturação de oxigênio dissolvido	26
5.3.2 Nutrientes	26
5.3.3 Clorofila a	26
5.4 ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	27
6 RESULTADOS	28
6.1 TEMPERATURA	28
6.2 SALINIDADE.....	29
6.3 PH	30
6.4 OXIGÊNIO DISSOLVIDO E SUA SATURAÇÃO (OD E OD%)	31
6.5 MATERIAL EM SUSPENSÃO.....	33
6.6 NITROGÊNIO AMONÍACAL.....	34
6.7 NITRITO.....	35
6.8 NITRATO.....	36
6.9 FOSFATO.....	37

6.10 SILICATO	38
6.11 CLOROFILA A	39
6.12 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	40
7 DISCUSSÕES	42
8 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

O sistema costeiro pode ser definido como uma região de alta dinâmica onde ocorre a interação entre a água doce, marinha, o sistema terrestre e a atmosfera. A constante mistura de diferentes massas d'água resulta em processos físico-químicos complexos de difícil entendimento. A construção de habitats, ecossistemas e diversos cenários ocorre por meio da atuação de eventos em escalas espaço-temporais variadas (MIZERKOWSKI, 2007).

Os ecossistemas estuarinos são físico-quimicamente, geomorficamente e biologicamente diversos (FLEMER; CHAMP, 2006). Estes ambientes apresentam elevada importância biológica, socioeconômica, alta taxa de produtividade primária e biomassa tanto dos produtores primários como dos consumidores. A capacidade de renovação periódica de suas águas faz dos estuários ecossistemas locais onde ocorrem intensas transformações da matéria orgânica (PEREIRA-FILHO; SPILLERE; SCHETTINI, 2003). Por representar um elo entre os rios e o mar, a mistura dessas águas faz com que diferenças físicas, químicas e biológicas desses dois corpos de água levem a complexas reações e mudanças de fase do material acumulado na água. Assim, os estuários podem ser considerados como reatores físicos e biológicos, que processam materiais carregados da terra para o mar (DAVIES; EYRE, 2005).

Os nutrientes são indispensáveis para o crescimento de organismos aquáticos, mas seu lançamento em excesso nos corpos d'água, principalmente sais de nitrogênio e fósforo, são geralmente responsáveis pelo crescimento excessivo de algumas espécies de microalgas e plantas aquáticas, fenômeno denominado eutrofização. Segundo Braga et al (2005) a eutrofização pode causar a diminuição da qualidade da água por meio de alterações no sabor, odor, turbidez e cor, podendo ainda provocar a mortandade de espécies devido à redução das concentrações de oxigênio dissolvido e dificultar determinados usos, principalmente com relação à balneabilidade e aproveitamento energético. A chegada dos nutrientes aos corpos d'água se dá principalmente por meio da erosão de solos, fertilização artificial dos campos agrícolas, lançamento de despejos e decomposição natural da matéria orgânica biodegradável existente no solo e na água (ANDREWS et al., 2004).

Os sistemas estuarinos representam a principal fonte de nutrientes para os ecossistemas marinhos. É importante ressaltar que os estuários, não só fornecem, mas também recebem material desses ecossistemas (TAPPIN, 2002). O estuário a partir da drenagem continental capta,

concentram e transportam materiais ricos em nutrientes para os ecossistemas costeiros. Os fluxos dos rios através dos estuários desempenham papel significativo na distribuição local de nutrientes, introduzindo diferentes formas de nitrogênio orgânico e inorgânico na zona eufótica em áreas de plataforma continental (METZLER et al., 1997). Esses rios podem trazer grandes quantidades de nutrientes de origem natural e antrópica (TROUSSELLIER et al., 2004). A ação antropogênica nestes ecossistemas tem alterado a dinâmica natural do nitrogênio e do fósforo e como resultado, a mobilização destes elementos tem acelerado seu fluxo para águas costeiras o que pode causar sua eutrofização (HUANG; HUANG; YUE, 2003)

O conhecimento das variáveis físico-químicas, biológicas e hidrográficas, em escalas temporal e espacial, permite a avaliação da qualidade ambiental do sistema, sua variabilidade e tendências. Além disso, estas informações constituem a base para a avaliação da capacidade de suporte do ambiente para diversas atividades (PENNEY; MACKENZIE; MILLS, 2001).

Os estudos sobre a influência da maré e da sazonalidade na área do estuário Guajará-Mirim em Vigia-PA são escassos, o que motivou o desenvolvimento desta pesquisa, a qual irá servir como subsídio para avaliar a influência desses fenômenos na distribuição dos parâmetros abióticos e clorofila *a* no estuário.

2 ESTUÁRIO

2.1 DEFINIÇÃO DE ESTUÁRIO

A definição de estuário mais generalizadamente aceita foi dada por Pritchard (1967): Um estuário é um corpo de água costeiro, semifechado, o qual possui uma ligação livre com o mar aberto e no interior do qual a água do mar se dilui de forma mensurável, com água doce proveniente de drenagem terrestre.

Outra definição foi dada por Fairbridge (1989): Um estuário é uma entrada do mar num vale de um rio até ao limite máximo da preamar, sendo normalmente divisível em três setores: a) O estuário marinho ou inferior, com ligação livre ao mar aberto; b) O estuário médio, sujeito a forte mistura de águas salgada e doce; c) o estuário superior ou fluvial, caracterizado pela presença de água doce mais sujeito à ação diárias das marés. Esta definição também exclui vários tipos de sistemas costeiros, como sejam lagoas, deltas, braços de mar e estuários não sujeitos a marés.

Uma última definição merece ser mencionada, a de Day et al (1989): Um ecossistema estuarino é uma reentrância costeira profunda com uma comunicação restrita com o mar e que permanece aberta pelo menos intermitentemente. O ecossistema estuarino pode ser subdividido em três regiões: a) Uma zona de maré fluvial, caracterizada pela ausência de salinidade, mas sujeita ao efeito das marés; b) Uma zona de mistura, o estuário propriamente dito, caracterizado pela mistura de massas de água e pela existência de fortes gradientes, físicos, químicos e biológicos entre a zona de maré fluvial e a embocadura de um rio ou de um delta na baixa-mar; c) Uma zona de turbidez no mar aberto, junto da costa, entre a zona de mistura e a extremidade da pluma de maré no pico da baixa-mar. Esta definição aumenta bastante os limites de um estuário, incluindo o meio marinho costeiro adjacente.

2.2 IMPORTÂNCIA DOS ESTUÁRIOS

As regiões estuarinas apresentam características que estimulam a ocupação do seu entorno, tais como acesso ao continente, locais propícios a instalações portuárias, áreas férteis e ricas em produtos de interesse econômico (pesca, aquicultura), e de grande interesse turístico. O caráter da ocupação das regiões costeiras e as perspectivas de crescimento populacional elevam

as preocupações a respeito do enriquecimento por nutrientes e do processo de eutrofização. As atividades antrópicas apresentam impactos potencialmente significantes e de curto prazo na estrutura e funcionamento do ecossistema, levando ao enfraquecimento e possível declínio dos interesses econômicos tradicionais associados a esses ambientes (GONZALEZ et al., 2006).

Os estuários e oceanos do mundo inteiro continuam sendo o destino de efluentes domésticos e grande parte dos esgotos é lançada *in natura* nos ambientes aquáticos (MARQUES; MORAIS; MAURAT, 2002). Os teores de nutrientes estão frequentemente relacionados ao grau de poluição doméstica, industrial e agropecuária de um ecossistema aquático. Altos teores de nutrientes são muitas vezes interpretados como indicadores de meio poluído, apresentando um estado avançado de eutrofização. Por isso é dada importância à determinação dos nutrientes na elaboração de diagnósticos ambientais (CARMOUZE, 1994).

2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NOS ESTUÁRIOS

Segundo Duarte; Vieira (1997) a hidrodinâmica e a qualidade da água dos sistemas estuarinos são influenciadas pela ocorrência de múltiplos fenômenos, onde pode se destacar os seguintes:

2.3.1 Escoamento fluvial

A ação fluvial é um fator determinante para a qualidade das águas estuarinas, esse escoamento é o fluxo de água doce originado pela pluviosidade sobre o corpo de água costeiro e de toda a área de drenagem da bacia hidrográfica que constitui o sistema. Segundo Ingmanson; Wallace (1995) estuários com forte fluxo de rio, onde a precipitação excede a evaporação e conseqüentemente a água marinha é diluída são chamados estuários positivos. Quando a precipitação é praticamente igual à evaporação são estuários neutros. Quando há pouca entrada de água doce, e dominância de água marinha os estuários são chamados de inversos ou negativos.

2.3.2 Maré

As marés são movimentos oscilatórios das águas marinhas, relativamente ao referencial da altitude, determinados por forças induzidas pela variação das posições relativas da Lua e do Sol com a Terra. Na maré alta há uma elevação do nível do mar que gera corrente de enchente para o interior do estuário, aumentando a salinidade do mesmo. Em estuários microtidais (altura de marés menor que dois metros) é pequena a influência das marés na circulação (DUARTE; VIEIRA,1997).

2.3.3 Vento

O vento gera turbulência e mistura, e é responsável pelo direcionamento das correntes e circulação estuarina, dependendo de sua direção e intensidade pode causar grandes alterações na salinidade dos estuários (DIAS, 2005). Segundo Schroeder; Dinnel; Wiseman Jr (1992) a variação vertical da salinidade em estuários pode ocorrer em vários estágios relativos à força dos ventos e a descarga fluvial.

2.3.4 Topografia

A topografia dos estuários é determinante nas correntes e na distribuição de salinidade. Canais profundos tendem a separar a coluna de água em duas camadas distintas. As curvas dos estuários podem gerar correntes laterais e diferenciação de salinidade. O afunilamento da boca de um estuário pode intensificar a velocidade do fluxo fluvial e atenuar a ação das marés através da fricção. Um estuário aberto, como uma grande baía, facilita a atuação das marés e gera uma predominância de água salgada (DIAS, 2005).

3 PARÂMETRO ABIÓTICO E CLOROFILA *a*

3.1 SALINIDADE

A salinidade é a concentração de sais minerais dissolvidos na água. Sendo de fundamental importância para estudos em regiões estuarinas e costeiras, pois a mesma é função direta da propagação das ondas de maré e do volume de contribuição fluvial (ESTEVES, 1998).

3.2 TEMPERATURA

A temperatura das águas estuarinas é função das condições meteorológicas e da profundidade do estuário, constituindo um fator controlador nos processos bioquímicos dos organismos, na solubilidade dos gases entre as águas intersticiais e coluna d'água. As águas superficiais, em geral são aquecidas *in situ* pela radiação solar. As trocas gasosas entre as águas fluviais e marinhas produzem variações de temperatura nos estuários, envolvendo fatores como ventilação, correntes de maré, profundidade, situação geográfica do estuário, entre outros (CUNHA, 1982). De acordo com Azevedo (1999), o aumento da temperatura provoca a diminuição da solubilidade dos gases e acelera o metabolismo dos organismos, acarretando na redução da quantidade de oxigênio dissolvido na água.

3.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O pH é a medida da atividade iônica do hidrogênio, representando o balanço entre ácidos e bases nas soluções. Desta forma, ele governa a solubilidade das substâncias químicas nos sistemas aquáticos, sendo um dos fatores ecológicos que age como controlador das atividades respiratórias dos animais e das plantas, regulando os principais processos metabólicos nos seres vivos em águas naturais. As variações de pH no meio aquático estão relacionadas com a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica (VON SPERLING, 1996).

3.4 OXIGÊNIO DISSOLVIDO E SUA SATURAÇÃO (OD e OD%)

O oxigênio é um dos gases mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. A solubilidade do oxigênio na água, como de todos os gases, depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Entende-se saturação de oxigênio como sendo a quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura (ESTEVES, 1998). Segundo Von Sperling (1996), o oxigênio dissolvido e sua saturação são o principal parâmetro para a caracterização de poluição orgânica.

3.5 MATERIAL EM SUSPENSÃO

Uma característica bastante geral nos ecossistemas estuarinos é a grande quantidade de partículas em suspensão que se encontram na região de transição entre as águas doces e salgadas (BARBOSA, 2006). Altas concentrações de material em suspensão limitam a qualidade de água, por estarem relacionadas com a turbidez, dureza, salinidade e corrosão. O material em suspensão influi no aspecto estético, pode alterar a natureza do sedimento de fundo, assorear canais de navegação, diminuir a penetração de luz na coluna d'água e ainda favorecer processos de adsorção de fosfato. Águas estuarinas são naturalmente mais ricas em material em suspensão do que águas marinhas. Devido às maiores intensidades das fontes e maior produtividade primária e secundária (BAUMGARTEN; POZZA, 2001).

3.6 NITROGÊNIO AMONÍACAL

Pode ser originado da excreção dos organismos aquáticos, principalmente de bactérias decompositoras da matéria orgânica, a partir do metabolismo das proteínas, sendo produzido principalmente pela hidrólise da uréia (BARBOSA, 2006). O enriquecimento do N-amoniacoal pode tornar um problema para o equilíbrio do estuário, pois este íon é um dos principais nutrientes utilizados pelos vegetais. Altas concentrações de nitrogênio amoniacoal e fosfato podem

desencadear o processo de eutrofização, resultando em florações de espécies oportunistas, com consequente diminuição da riqueza de espécies natural do ambiente (COSTA, 2008).

3.7 NITRITO

No ciclo do nitrogênio, os íons nitrito representam o estado de oxidação intermediário entre o N-amoniaco e o nitrato. Em fracas concentrações de oxigênio, pode haver redução de nitrato (desnitrificação), elevando as concentrações de nitrito (BAUMGARTEN; ROCHA; NIENCHESKI, 1996).

Valores altos de nitrito nas águas significam uma alta atividade bacteriana e carência de oxigênio. Valores altos podem ser encontrados para as águas de saídas de esgotos domésticos e industriais, sendo que o nitrito pode ser utilizado como indicador de poluição orgânica (BAUMGARTEN; POZZA, 2001).

3.8 NITRATO

Os nitratos ocorrem naturalmente nas águas por dissolução das rochas, drenagem do solo e decomposição de plantas e animais (JAWORSKI et al., 1992). O nitrato atua como o principal nutriente de suporte para o desenvolvimento do fitoplâncton, e é regenerado por via bacteriana (nitrificação) a partir de formas orgânicas do nitrogênio. A velocidade de regeneração é menor que a de assimilação (utilização) pelos produtos primários, e por isso o íon nitrato pode se tornar um fator limitante ao desenvolvimento de algas. Nos estuários onde os aportes continentais são importantes, as concentrações de nitrato podem atingir até várias dezenas de μM (BAUMGARTEN et al., 1992). As maiores concentrações de nitrato decorrem da utilização de fertilizantes e do lançamento de esgotos orgânicos. As maiores concentrações de nitrato decorrem da utilização de fertilizantes e do lançamento de esgotos orgânicos (JAWORSKI et al., 1992).

3.9 FOSFATO

O fósforo pode ocorrer em solução, em partículas ou detritos, ou nos corpos de organismos aquáticos (APHA, 1998). O fósforo é encontrado na água geralmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Fosfatos são diretamente disponíveis para os microorganismos (metabolismo biológico) sem a necessidade de conversão às formas mais simples (COSTA, 2008).

3.10 SILICATO

O silicato é um elemento nutritivo para algumas espécies, entra na composição de frústulas, espículas e outras estruturas de espécies planctônicas. A concentração nos oceanos é baixa, chegando a cerca de 1 μM de silicato. Em zonas costeiras e em regiões estuarinas, as concentrações são maiores, em média cerca de 150 μM . O silício não representa um poluente em potencial (AMINOT; CHAUSSEPIED, 1983).

3.11 CLOROFILA *a*

As concentrações de clorofila *a* têm sido medidas em ecossistemas aquáticos, pois permitem a abordagem sobre a ocorrência de microorganismos fitoplanctônicos que fornecem informações uteis sobre a qualidade da água, principalmente em processos de eutrofização. A determinação da clorofila nas águas pode avaliar a capacidade de reoxigenação no corpo d'água e também a sua população de algas (ESTEVES, 1998).

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a distribuição dos parâmetros abióticos e da clorofila *a* no estuário de Guajará-Mirim (Furo da Laura), em função da sazonalidade e do regime de marés da região.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a distribuição dos parâmetros abióticos (salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, material em suspensão, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato, silicato) no estuário de Guajará-Mirim (Furo da Laura).
- Avaliar a influência da sazonalidade (períodos de maior e menor precipitação da região) na distribuição dos parâmetros abióticos e da clorofila *a* no estuário de Guajará-Mirim (Furo da Laura).
- Avaliar a influência da maré (enchente e vazante) na distribuição dos parâmetros abióticos e da clorofila *a* no estuário de Guajará-Mirim (Furo da Laura).
- Comparar os dados da qualidade da água do estuário de Guajará-Mirim (Furo da Laura) com os padrões estabelecidos na Resolução 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

5 MATERIAL E METODOS

5.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1.1 Localização

A cidade de Vigia está localizada na mesorregião nordeste do estado do Pará, distante 93 km de Belém, em um importante estuário, o do rio Guajará-Mirim (LIRA et al., 1989). Vigia destaca-se pela importante atividade pesqueira. Parte da produção é exportada para outros municípios inclusive Belém, outra é consumida pelos moradores da localidade. A pesca é predominantemente artesanal (GOVERNO DO PARÁ, 2005).

5.1.2 Geologia e Relevo

Como característica peculiar da Mesorregião a que pertence, Vigia não foge à regra da estrutura geológica dos Municípios das Zonas Bragantina, Salgado e Guajarina, onde ocorrem sedimentos do Terciário (Formação Barreiras), e do Quaternário Antigo e Recente. Este último é mais incidente na porção que se volta para o mar (baixadas semi-litorâneas) e, também, nos terraços e várzeas dos cursos d'água existentes (GOVERNO DO PARÁ, 2005).

A compartimentação do relevo é apenas uma decorrência do modelo da estrutura geológica apresentada, constituída pelos tabuleiros ou baixos platôs pediplanados e rebaixados, localizados nas áreas da Formação Barreiras e pelos terraços e várzeas, que constituem os níveis mais baixos, inseridos na unidade morfoestrutural que constitui o Planalto Rebaixado da Amazônia (do Baixo Amazonas) (GOVERNO DO PARÁ, 2005).

5.1.3 Hidrografia

O rio Guajará-Mirim ou Furo da Laura é o principal acidente hidrográfico do município, às margens do qual está situada a cidade de Vigia, e tem como um dos principais tributários o rio Baiacu, além de vários igarapés menores (LIRA et al., 1989).

Segundo Lira et al (1989) o rio Guajará-Miri recebe contribuição de vários rios e igarapés, destacando-se o Tauapará, Itajurá, Mariteua, Fazenda, Maracajá e Itaqueçaua. Também fazem parte desta rede hidrográfica o rio Tupinambá e os igarapés Tauandeuá, Chácara, Arari, Boca Larga e outros que deságuam no Oceano Atlântico. O rio Guajará-Miri limita-se a leste com a cidade de Vigia, ao sul com a cidade de Santo Antônio do Tauá e ao norte com o Oceano Atlântico.

5.1.4 Clima

O Município apresenta clima equatorial do tipo Af, segundo a classificação de Köppen. Apresenta temperaturas médias de 27° C, sendo setembro o mês mais quente. A amplitude térmica é mínima e o clima é amenizado pela proximidade do oceano. A precipitação pluviométrica é relativamente elevada, com cerca de 2.770mm. Os primeiros seis meses do ano são os mais chuvosos. Quanto à disponibilidade de água no solo, o excedente está entre os meses de fevereiro e março, sendo que os de maior deficiência são os meses de setembro e outubro. (GOVERNO DO PARÁ, 2005).

5.1.5 Vegetação

A vegetação da área se caracteriza pela presença de mata secundária, capoeiras e algumas reminiscências da vegetação do cerrado. É observado um predomínio de floresta secundária, como consequência dos desmatamentos ocorridos com grande intensidade e extensão, cujo objetivo foi o cultivo de espécies agrícolas de ciclo curto. Com isso, praticamente, pouco restou da floresta primitiva que é do subtipo floresta densa dos baixos platôs (LIRA et al., 1989).

5.2 AMOSTRAGEM

Os pontos de coleta foram distribuídos cobrindo quatro áreas estratégicas do estuário Guajará-Mirim (Tabela 1; Figura 1), a posição exata de cada ponto foi obtida com o auxílio de um GPS (Global Positioning System) da marca “Garmin”. O ponto P₁ e o P₂ estão localizados em

uma área mais interna, o ponto P₃ está localizado em frente à cidade e o ponto P₄ é uma área mais externa do estuário.

Tabela 1: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta no estuário de Guajará-Miri.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE
01	00° 54' 30,01" S	048° 09' 53,3" W
02	00° 52' 51,4" S	048° 09' 28,3" W
03	00° 50' 58,5" S	048° 08' 44,7" W
04	00° 49' 07,7" S	048° 10' 09,2" W

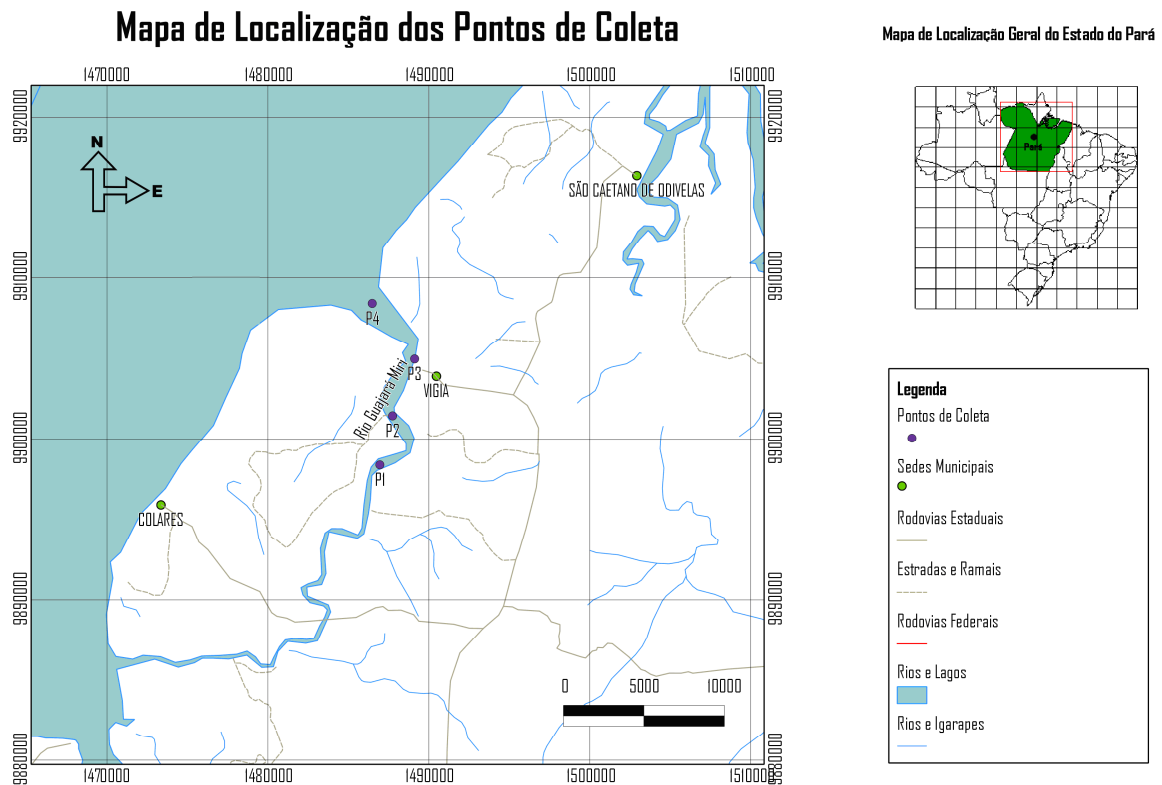


Figura 1: Mapa de localização dos pontos de coleta.

O delineamento amostral foi realizado com o objetivo de ter uma visão das variações na qualidade da água tanto para os parâmetros abióticos quanto para clorofila *a*, dentro do sistema,

durante o período considerado de maior precipitação (janeiro a junho) e de menor precipitação (julho a dezembro).

As coletas de água foram realizadas nos meses indicados na Tabela 2, durante a maré vazante e a maré enchente. As amostras de água do estuário foram obtidas a bordo de um barco regional, com o auxílio de uma garrafa hidrológica (Figura 2), onde são coletadas amostras de água da superfície, totalizando 8 amostras por campanha.

Tabela 2: Cronograma de coletas, total de amostras e de análises realizadas.

MÊS	ANO	PERÍODO	TOTAL DE AMOSTRAS	TOTAL DE ANÁLISES
Setembro	2011	Menor precipitação	8	88
Novembro	2001	Menor precipitação	8	88
Janeiro	2012	Maior precipitação	8	88
Março	2012	Maior precipitação	8	88
Maio	2012	Maior precipitação	8	88
Julho	2012	Menor precipitação	8	88
TOTAL			48	528



Figura 2: Garrafa hidrológica utilizada nas coletas.

Os dados de salinidade, pH e temperatura foram obtidos no momento da coleta, com a utilização de uma sonda multiparamétrica (Figura 3A). Os sólidos em suspensão foram medidos com equipamentos da marca Hach (DR 2500) (Figura 3B). Para as demais análises as amostras de água foram acondicionadas em garrafas pet de 1 litro devidamente lavada, e guardados em conservadora com gelo.



Figura 3: (A) Sonda da marca Hanna; (B) equipamento da marca Hach (DR 2500) para a medição de material em suspensão.

5.3 ANÁLISES EM LABORATÓRIO

5.3.1 Oxigênio dissolvido e taxa de saturação de oxigênio dissolvido

O método utilizado para a determinação do teor do oxigênio dissolvido foi o de Winkler, descrito em Strickland; Parsons (1972).

A taxa de saturação do oxigênio dissolvido foi obtida com a utilização da *International Oceanographic Tables* (UNESCO, 1973), por meio dos dados obtidos de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido.

5.3.2 Nutrientes

As concentrações do fosfato, nitrato, nitrito e silicato foram determinadas segundo a metodologia descrita em Grasshoff et al (1983). As amostras foram filtradas com filtros GF/F de 0,45 μm .

A concentração do N-amoniaco foi medida pelo método de Nessler, descrito no manual HACH do aparelho DR/2010. Esse método foi adaptado do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995). As amostras foram filtradas com filtros GF/F de 0,45 μm .

5.3.3 Clorofila *a*

Para determinação da concentração de clorofila *a* foi seguida a metodologia descrita em Teixeira (1973), no laboratório uma alíquota de 0,25 L foi filtrada com filtros Whatman GF/F.

Após a filtração, o filtro com o material nele retido foi devidamente dobrado uma única vez ao meio, para que não ocorra contato manual, envelopado e guardado em um freezer a uma temperatura de -18°C . Para extração dos pigmentos clorofilados, foram utilizados tubos de ensaio de 10 ml, onde foi adicionada acetona a 90%, agitou-se vigorosamente e colocou-se no refrigerador protegido de luz por 24 horas, para extração dos referidos pigmentos. Posteriormente, o material foi centrifugado durante dez (10) minutos, a 2500 RPM, e o sobrenadante colocado em

cubetas ópticas de 1 cm, sendo feitas as respectivas leituras de absorbâncias em um espectrofotômetro da marca HACH modelo DR/2010 nos respectivos comprimentos de ondas 630, 645, 665 e 750nm.

5.4 ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Os dados abióticos e de clorofila *a* foram analisados por métodos de estatística descritiva e da análise de componentes principais. Na análise de componentes principais (ACP) as variáveis originais são linearmente combinadas com o objetivo de projetar o máximo de informação no menor número de dimensões. A informação total contida no conjunto de dados de partida é quantificada pela matriz de covariância. A primeira componente principal (PC1) é a direção de máxima variância e, portanto, de máxima informação no espaço multidimensional original. A segunda componente (PC2) é ortogonal a PC1 e corresponde ao eixo que explica o máximo possível da informação que não pôde ser representada pela primeira componente. Juntas, PC1 e PC2 definem o plano de máxima informação no espaço multidimensional. Se as variáveis apresentarem muitas correlações significativas, é possível que esse plano já contenha informação suficiente para permitir inferir os padrões de associação existentes nos dados de partida (MASSART et al., 1998).

6 RESULTADOS

Durante o período estudado notou-se que houve grandes variações entre os períodos de maior e menor precipitação, como pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 3: Número de amostras (N°); Média (MED); Desvio Padrão (DP); Mínimo (MÍN); Máximo (MÁX), dos parâmetros abióticos e clorofila *a*, nos períodos de maior e menor precipitação.

PARAMÊTROS	N°	MAIOR PRECIPITAÇÃO			MENOR PRECIPITAÇÃO			
		MÉD±DP	MÍN	MÁX	N°	MÉD±DP	MÍN	MÁX
Temperatura (°C)	24	28,17±0,39	26,76	28,57	24	29,62±0,66	28,80	30,88
Salinidade	24	1,43±1,40	0,11	3,66	24	5,82±1,66	4,07	8,42
pH	24	6,28±0,40	5,59	6,98	24	6,89±0,50	6,32	7,90
OD (mg.L ⁻¹)	24	7,55±1,23	5,95	10,29	24	7,27±1,29	4,78	9,58
OD (%)	24	87±14,56	68	119	24	88,5±15,66	58	113
M.Suspensão (mg.L ⁻¹)	24	92,12±60,01	22	189	24	46,33±30,53	14	130
N-amoniaco (mg.L ⁻¹)	24	0,52±0,36	0,31	1,7	24	0,49±0,14	0,29	0,81
Nitrito (mg.L ⁻¹)	24	0,001±0,001	0,00	0,002	24	0,007±0,006	0,00	0,016
Nitrato (mg.L ⁻¹)	24	1,02±0,72	0,06	2,07	24	0,28±0,36	0,01	0,94
Fosfato (mg.L ⁻¹)	24	0,04±0,01	0,03	0,08	24	0,04±0,05	0,01	0,29
Silicato (mg.L ⁻¹)	24	3,94±2,55	0,32	6,77	24	1,95±2,12	0,16	5,30
Clorofila <i>a</i> (mg.m ³)	24	2,48±1,79	0,72	5,70	24	2,89±3,46	0,26	14,87

6.1 TEMPERATURA

A temperatura ao longo do período estudado teve o valor mínimo de 26,76 °C, detectado no ponto P₄, na maré enchente, ocorrida em janeiro de 2012. Enquanto o maior valor foi de 30,88 °C, observado no ponto P₃, na maré enchente, em setembro de 2011 (Figura 5).

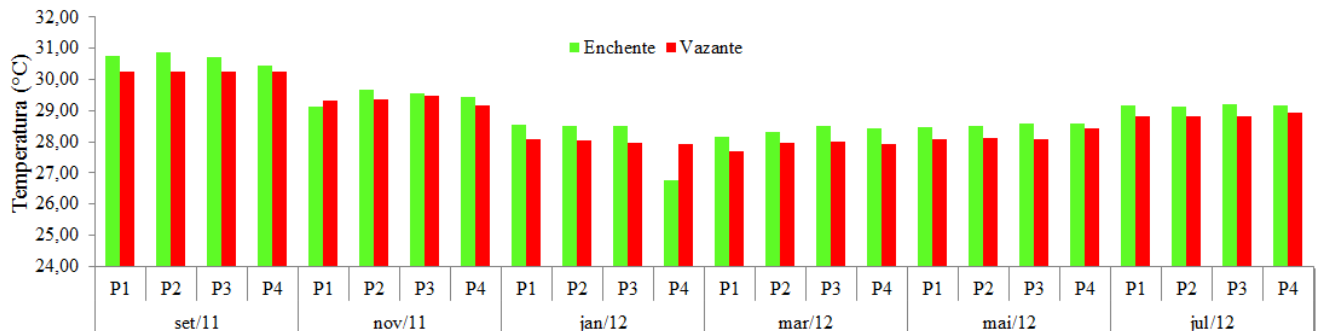


Figura 4: Distribuição dos valores de temperatura (°C) nos quatro pontos de estudo.

Em relação aos períodos, foi possível observar que os maiores valores ocorreram durante o de menor precipitação (média de 29,62°C), e os menores no de maior precipitação (média de 28,17°C) (Figura 6, Tabela 3).

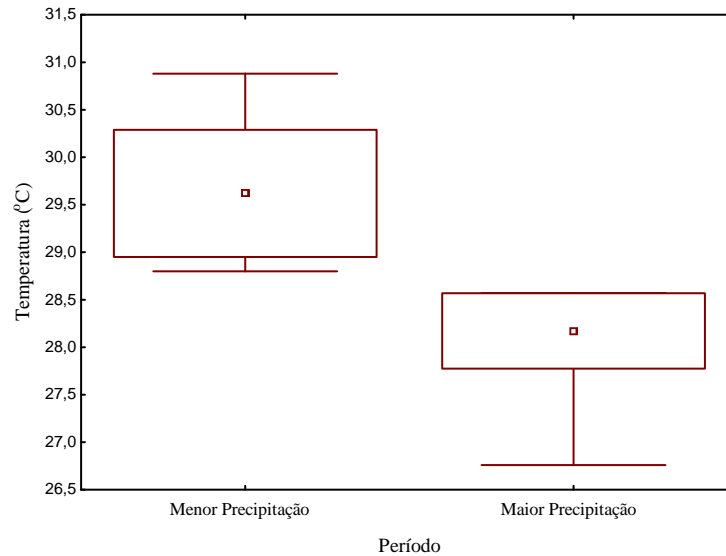


Figura 5: Box Plot das médias de Temperatura.

6.2 SALINIDADE

A distribuição de salinidade teve variações acentuadas nos períodos estudados (Figuras 7). O menor valor (0,11) foi detectado no período de maior precipitação, no ponto P₄, na maré enchente em março de 2012. Enquanto o maior valor de salinidade foi de 8,42, também no ponto P₄, em novembro de 2011, durante a maré vazante.

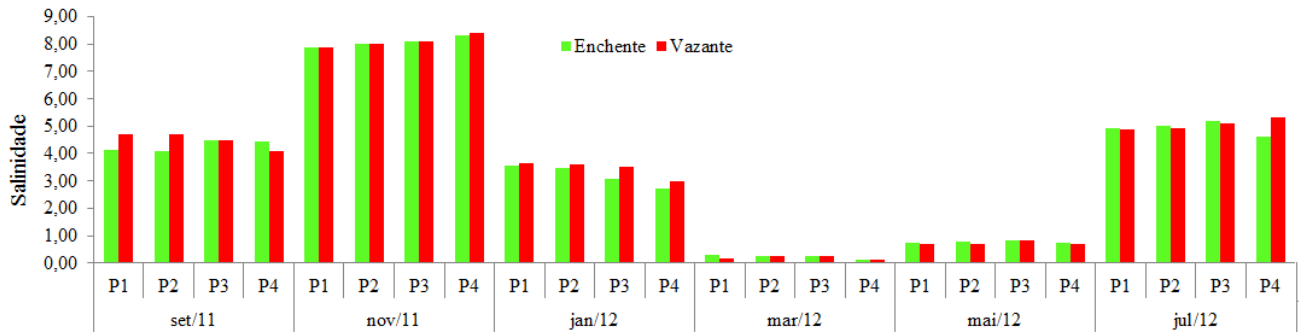


Figura 6: Distribuição dos valores de salinidade nos quatro pontos estudados.

Os maiores valores de salinidade também foram detectados no período de menor precipitação, o que coincidiu com os maiores valores de temperatura (Figura 8, Tabela 3).

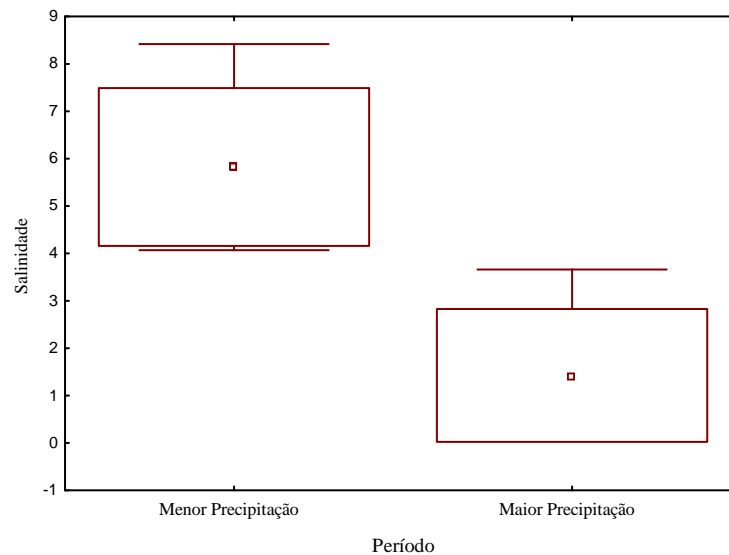


Figura 7: Box Plot das médias de Salinidade.

6.3 pH

O pH não teve variações acentuadas nos períodos estudados, seu menor valor foi de 5,59 observado no ponto P₃, na maré enchente, em janeiro de 2012. Já seu maior valor foi de 7,90 que ocorreu no ponto P₄, na maré enchente, em setembro de 2011 (Figura 9).

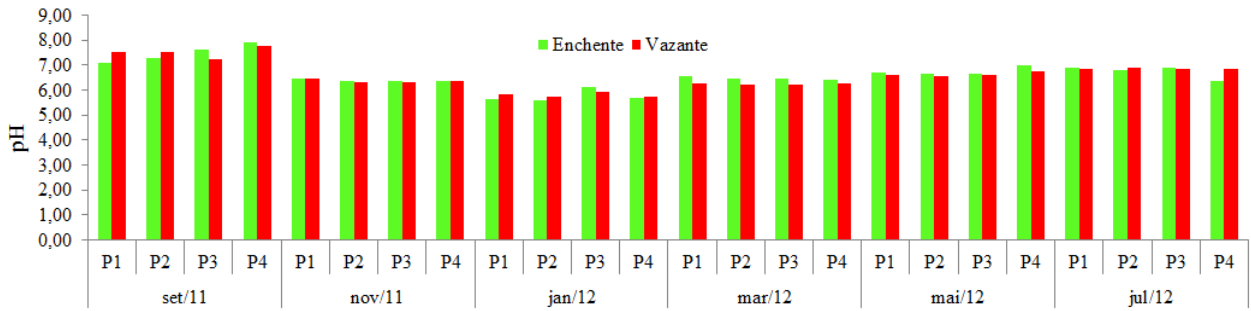


Figura 8: Distribuição dos valores de pH nos quatro pontos estudados.

O valor médio do pH foi de 6,28 no período de maior precipitação e no de menor precipitação foi de 6,89 (Figura 10, Tabela 13).

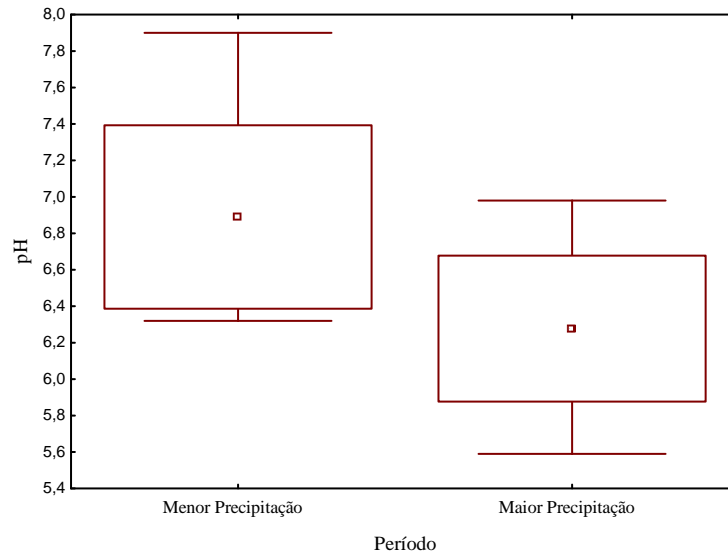


Figura 9: Box Plot das médias de pH.

6.4 OXIGÊNIO DISSOLVIDO E SUA SATURAÇÃO (OD e OD%)

Os valores de oxigênio dissolvido e de saturação tiveram variações ao longo dos períodos estudados, seu menor valor foi de 4,78 mg.L⁻¹ e 58% no ponto P₁, na maré enchente em novembro de 2011. Já seu maior valor de 10,29 mg.L⁻¹ e 119% que ocorreu no ponto P₃, na maré vazante janeiro de 2012 (Figura 11 e 12).

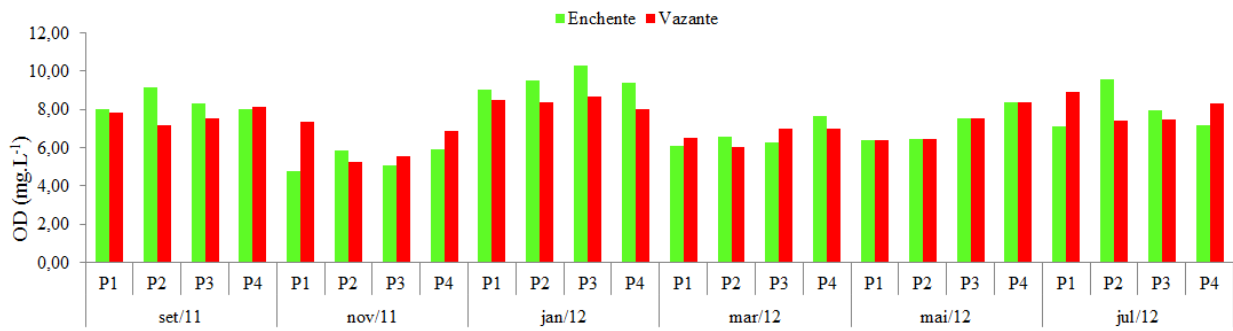


Figura 4: Distribuição dos valores de OD (mg.L⁻¹) nos quatro pontos estudados.

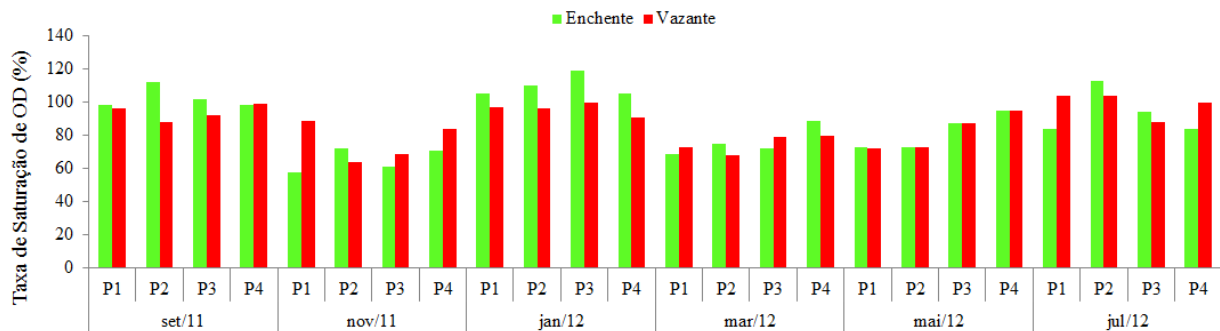


Figura 5: Distribuição dos valores de OD (%) nos quatro pontos estudados.

O valor médio de OD foi de 7,55 mg.L⁻¹ e de 7,27 mg.L⁻¹, no período de maior e menor precipitação, respectivamente (Figura 13, Tabela 3).

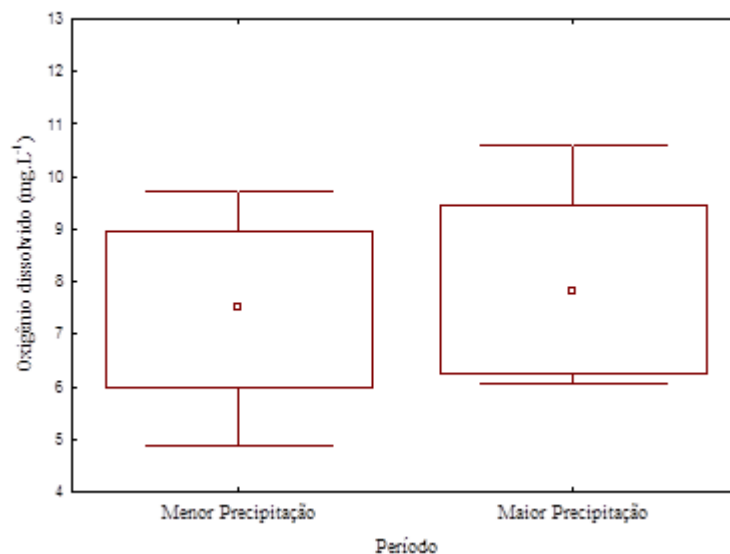
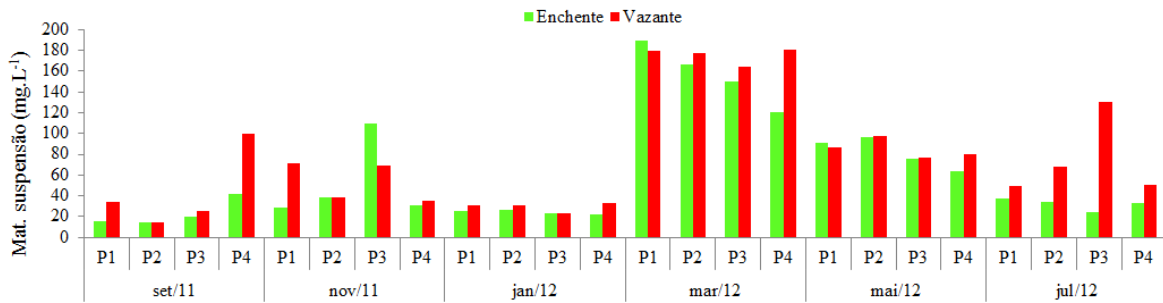


Figura 6: Box Plot das médias de Oxigênio Dissolvido.

6.5 MATERIAL EM SUSPENSÃO

Os valores do material em suspensão variaram bruscamente entre os períodos, o menor valor foi de 14 mg.L^{-1} , observado no ponto P₃, na maré enchente em setembro 2011, já seu maior valor foi de 189 mg.L^{-1} , observado no ponto P₁, na maré enchente em março de 2012 (Figura 14).



O material em suspensão no período de maior precipitação teve o valor médio de $92,125 \text{ mg.L}^{-1}$ e no período de menor precipitação de $46,33 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 15, Tabela 3).

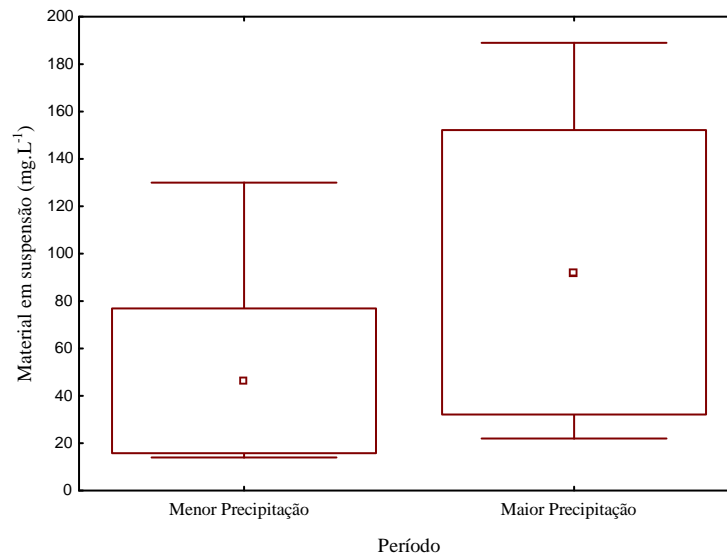


Figura 8: Box Plot das médias de Material em suspensão.

6.6 NITROGÊNIO AMONIAICAL

O N- amoniacal teve seu menor valor de $0,29 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto P₃, na maré enchente em setembro de 2011 . O maior valor ocorreu no ponto P₃, na maré vazante, de $1,7 \text{ mg.L}^{-1}$ em março de 2012(Figura 16).

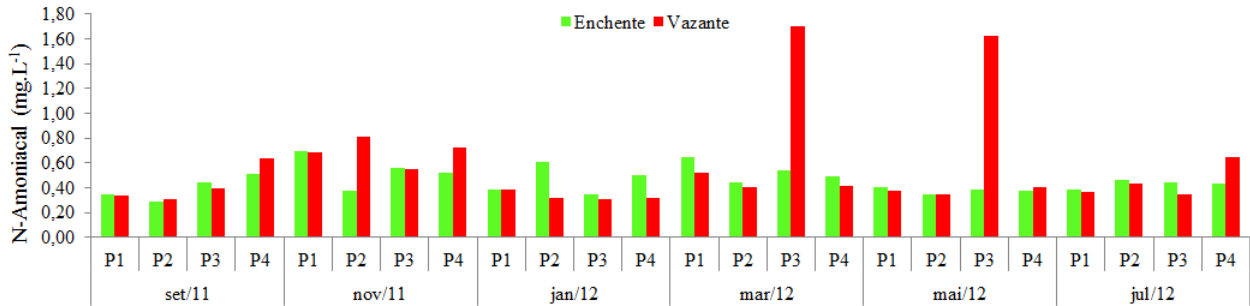


Figura 9: Distribuição dos valores de N-amoniacal (mg.L⁻¹) nos quatro pontos de coleta.

A média de N-amoniacal foi de $0,52 \text{ mg.L}^{-1}$ para o período de maior precipitação e de $0,49 \text{ mg.L}^{-1}$ para o período de menor precipitação (Figura 17, Tabela 3).

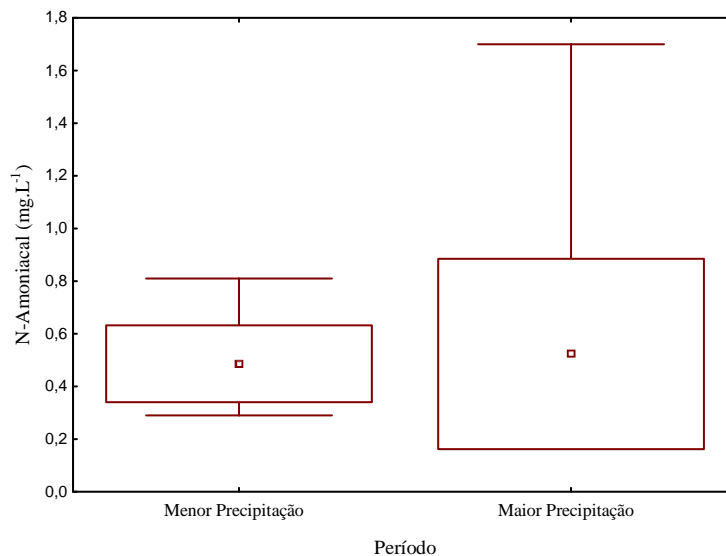


Figura 10: Box Plot das médias de N-amoniacal.

6.7 NITRITO

Os valores de nitrito oscilaram de $0,0001 \text{ mg.L}^{-1}$, no ponto P_4 na maré vazante em março de 2012, a $0,016 \text{ mg.L}^{-1}$, no ponto P_3 na maré enchente em novembro de 2011 (Figura 18).

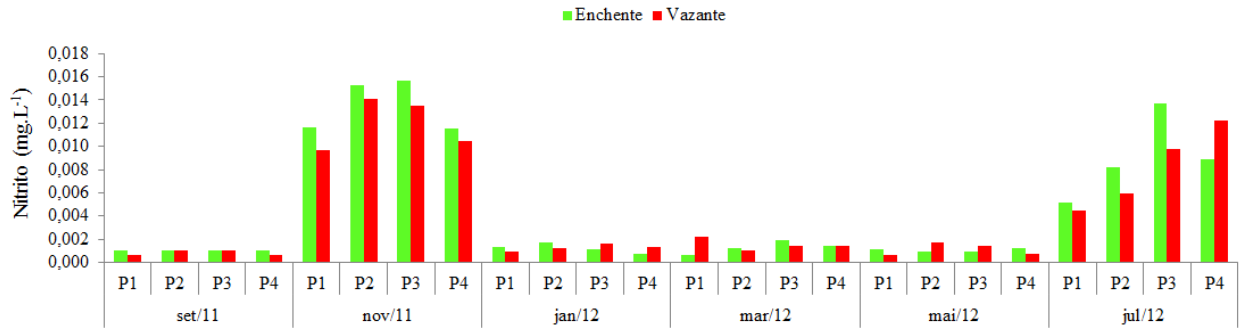


Figura 11: Distribuição dos valores nitrito (mg.L^{-1}) nos quatro pontos de coleta.

Os valores médios foram de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ e de $0,007 \text{ mg.L}^{-1}$, nos períodos de maior e menor precipitação, respectivamente (Figura 19, Tabela 3).

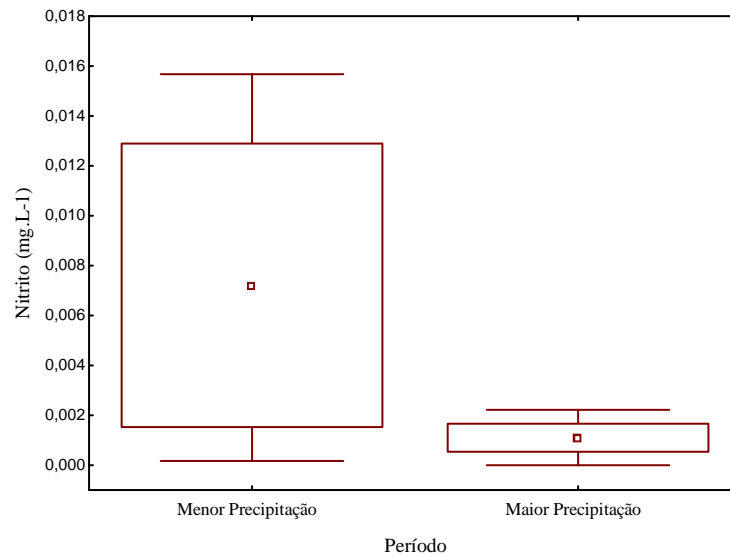


Figura 12: Box Plot das médias de Nitrito.

6.8 NITRATO

Os valores de nitrato variaram de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ em vários pontos na coleta realizada em setembro de 2011 caracterizado pelo período de menor precipitação, já seu maior valor foi de $2,07 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto P₃ na maré vazante na coleta ocorrida em março de 2012 no período de maior precipitação (Figura 20).

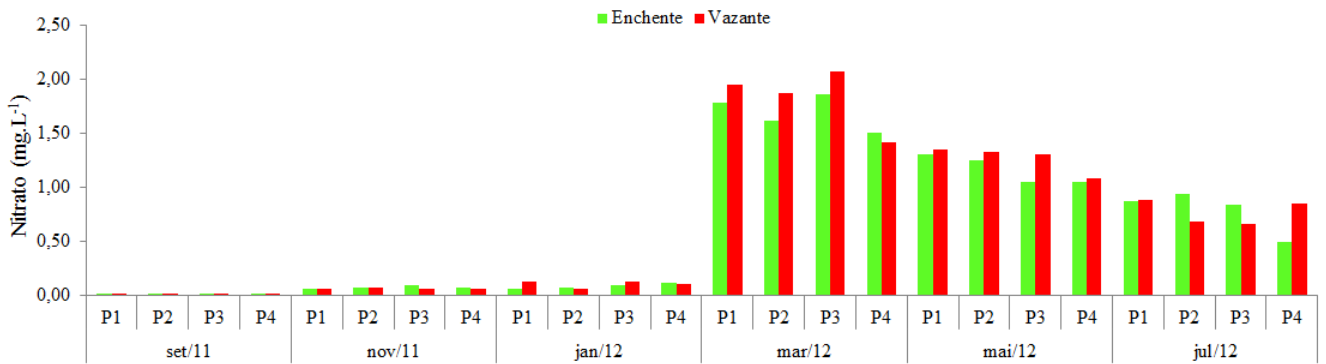


Figura 19: Distribuição dos valores de nitrato (mg.L^{-1}) nos quatro pontos de coleta.

O valor médio de nitrato para o período de maior precipitação foi de $1,02 \text{ mg.L}^{-1}$, e de $0,28 \text{ mg.L}^{-1}$ no de menor precipitação (Figura 21, Tabela 3).

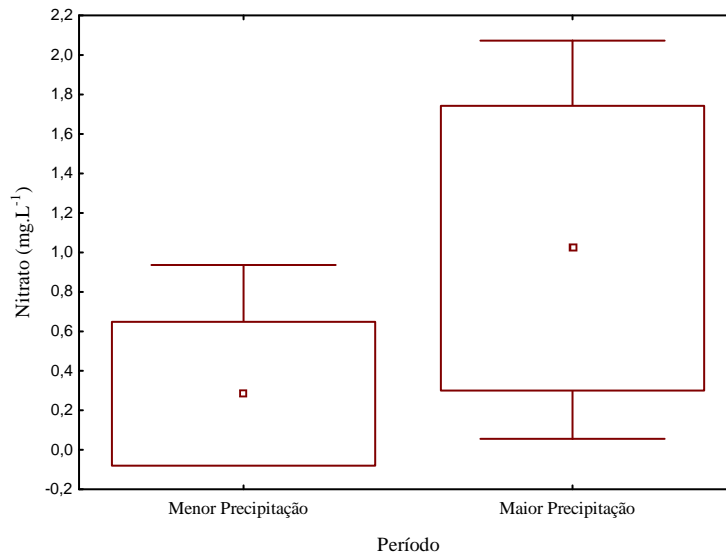


Figura 20: Box Plot das médias de Nitrato.

6.9 FOSFATO

Os valores de fosfato variaram de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ em vários pontos na coleta realizada em novembro de 2011 no período de menor precipitação, e seu maior valor também ocorreu no mesmo período que foi de $0,29 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto P₄ na maré vazante na coleta realizada em julho de 2012 (Figura 22).

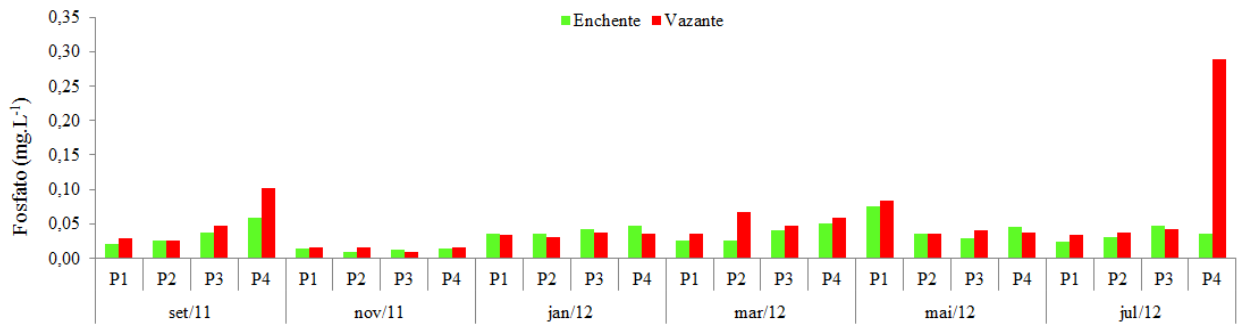


Figura 13: Distribuição dos valores de fosfato (mg.L^{-1}) nos quatro pontos de coleta.

O valor médio de fosfato foi de $0,04 \text{ mg.L}^{-1}$ para ambos os períodos (Figura 23, Tabela 3).

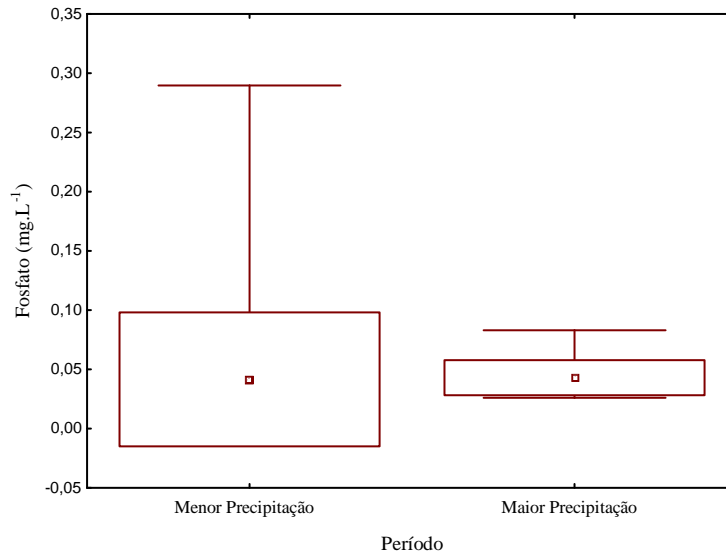


Figura 14: Box Plot das médias de Fosfato.

6.10 SILICATO

O silicato teve grandes variações, seu menor valor foi de $0,16 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto P_1 na maré vazante na coleta ocorrida em setembro de 2011, e seu maior valor foi de $6,77 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto P_3 na maré enchente na coleta ocorrida em março de 2012 (Figura 24).

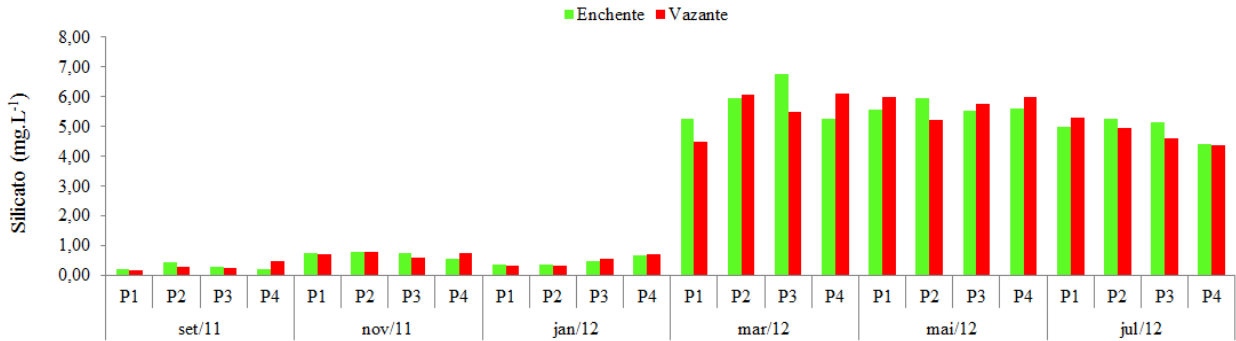


Figura 15: Distribuição dos valores de silicato (mg.L^{-1}) nos quatro pontos estudados.

Os valores médios de silicato para os períodos de maior e menor precipitação foram de $3,94 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,95 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente (Figura 25, Tabela 3).

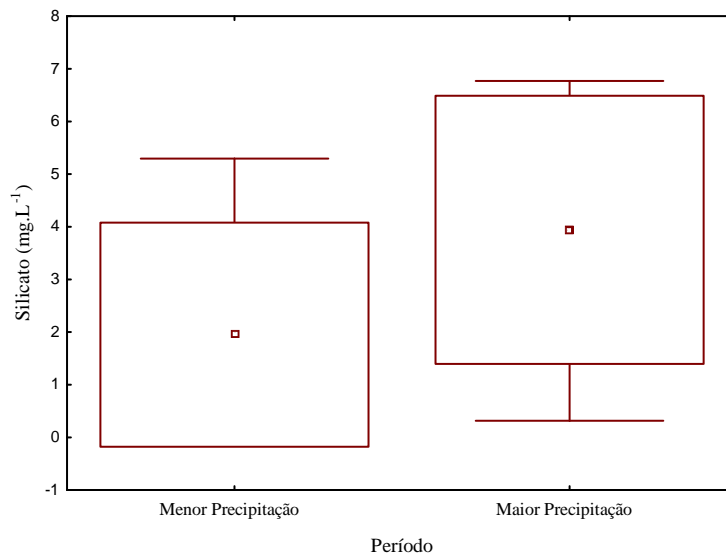


Figura 16: Box Plot das médias de Silicato.

6.11 CLOROFILA *a*

Os valores de clorofila *a* tiveram uma grande variação sendo seu menor valor de 0,26 mg.m³ no ponto P₃ na maré vazante na campanha realizada em julho de 2012 caracterizado pelo período de menor precipitação e o maior valor também ocorreu no período de menor precipitação que foi de 14,87 mg.m³ no ponto P₃ na maré vazante na campanha realizada em setembro de 2011 (Figura 26).

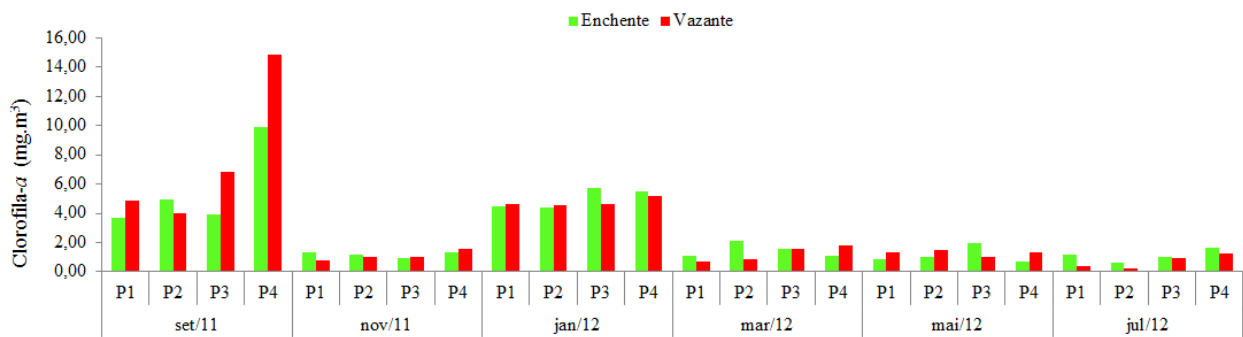


Figura 17: Distribuição dos valores de clorofila *a* (mg.m³) nos quatro pontos estudados.

O valor médio foi de 2,48 mg.m³ para o período de maior precipitação e de 2,89 mg.m³ para o período de menor precipitação (Figura 27, Tabela 3).

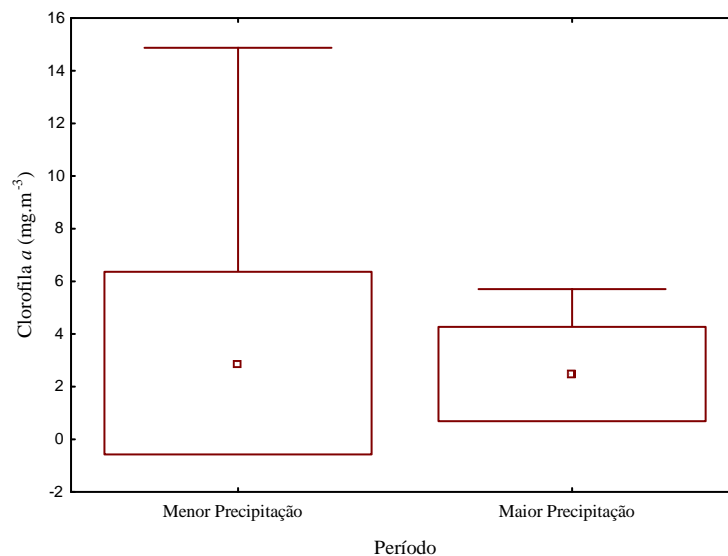


Figura 18: Box Plot das médias de clorofila *a*.

6.12 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais com todos os parâmetros abióticos obtidos nos diferentes pontos de coleta mostra que as duas primeiras componentes (PC1 e PC2) juntas descrevem cerca de 63% da variância original (tabela 4 e figura 28). A PC1 explicou 41% da variância total e pode ser interpretada como um contraste entre, de um lado, temperatura (0,72), salinidade (0,80) e clorofila - *a* (0,50) e, de outro lado, material em suspensão (-0,82), silicato (-0,87), e nitrato (-0,96). Esses sinais contrários indicam uma correlação negativa ao longo da PC1 entre esses dois grupos, que são a principal fonte de variação no conjunto de amostras. O oxigênio dissolvido e o nitrito não apresentaram uma forte influência na primeira componente, mas destacaram-se na segunda (PC2), que explicou 22% da variância total.

Tabela 4: Pesos e variância explicada pelas duas primeiras componentes principais da análise dos parâmetros abióticos, clorofila *a*, com os dados obtidos durante os períodos de menor e de maior precipitação. Os valores mais significativos estão em negrito.

Variável	PC1	PC2
Temperatura (°C)	0,72	0,05
pH	0,28	-0,20
Salinidade	0,80	0,55
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,25	-0,70
Material em suspensão (mg.L ⁻¹)	-0,82	0,10
Silicato (mg.L ⁻¹)	-0,87	0,05
Fosfato (mg.L ⁻¹)	-0,15	-0,26
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,32	0,85
Nitrato (mg.L ⁻¹)	-0,96	0,01
N-amoniaco (mg.L ⁻¹)	-0,28	0,32
Clorofila <i>a</i> (mg.m ⁻³)	0,50	-0,66
Variância explicada (%)	41	22

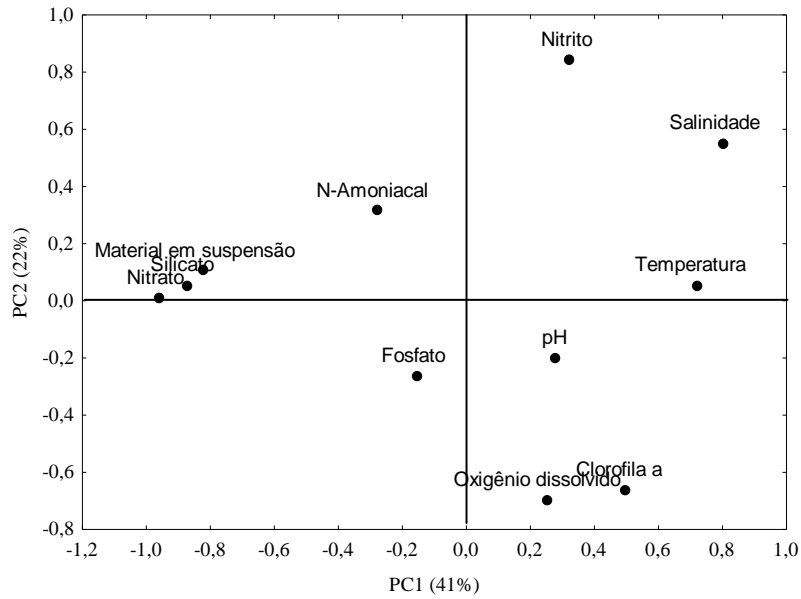


Figura 19: Pesos das variáveis nas duas componentes principais dos parâmetros abióticos, com dados obtidos nos períodos de maior e menor precipitação no estuário de Guajará-Mirim em Vigia-Pa.

Os escores para os dados de PC1 e PC2, estratificados de acordo com os períodos de menor e maior precipitação, estão plotados na figura 29. Pode-se observar uma nítida separação entre os períodos estudados.

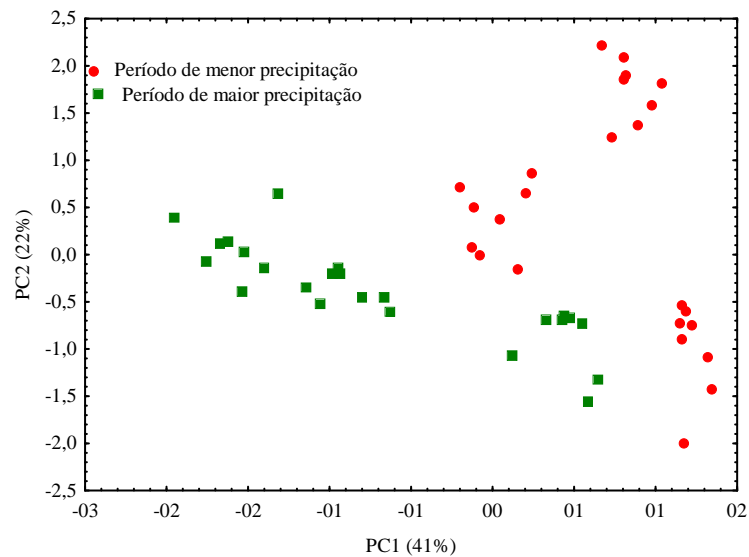


Figura 20: Escores nas duas componentes principais, na análise feita com os parâmetros abióticos durante os períodos de maior e menor precipitação no estuário de Guajará-Mirim em Vigia-Pa.

Os escores para os dados de PC1 e PC2, estratificados de acordo com a maré vazante e a maré enchente, estão plotados na figura 30. Pode-se observar que não houve separação entre as marés durante o período estudado.

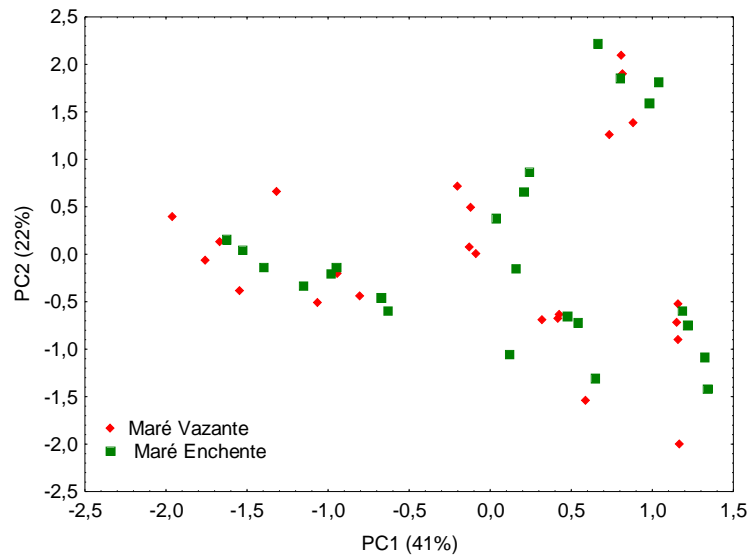


Figura 29: Escores nas duas componentes principais, na análise feita com os parâmetros abióticos durante a maré vazante e a maré enchente no estuário de Guajará-Mirim em Vigia-Pa.

7 DISCUSSÕES

O estuário Guajará-Mirim, assim como os estuários da região Norte do Brasil, ou mais regionalmente os pertencentes ao Estuário Amazônico são dominados pela pronunciada periodicidade do ciclo das chuvas na região.

O primeiro semestre do ano é conhecido na região como “inverno”. No estuário esta época é caracterizada pelo afastamento das águas mais salinas, de origem oceânica, que são deslocadas para longe da foz pela forte descarga do rio Amazonas. No “verão”, com a diminuição da pluviosidade, ocorre o fenômeno inverso e a zona de mistura salina se aproxima da foz Amazônica (EGLER; SCHWASSMANN 1962; SCHWASSMANN et al., 1989).

No período de estudo pode-se observar que não houve grandes variações nos valores de temperatura superficial da água entre os pontos de coleta e entre as marés. Já entre os períodos notou-se uma nítida variação, onde a temperatura apresentou uma amplitude de variação de 4,12°C, com mínima de 26,76°C e máxima de 30,88°C. Resultados semelhantes foram registrados por Santana (2004) no estuário do rio Marapanim - PA, onde a temperatura também apresentou uma variação entre os períodos sazonais da região, com mínima de 26,90°C e máxima de 30,30 °C, amplitude de 3,40°C.

Estudos realizados em estuários das regiões Norte e Nordeste mostram maiores amplitudes de variações de temperatura, como por exemplo, no estuário de Taperaçu na Ilha de Canela Bragança-Pa, Sousa et al (2009) registrou mínima de 26,0°C e máxima de 31,3°C (amplitude de 5,3 °C). No estuário do rio Timbó, Paulista - PE, mínima de 25 °C e máxima de 30 °C (amplitude de 5°C) (GREGO et al., 2004) e no estuário do rio Una - PE, a temperatura variou de 23,8 a 32°C (amplitude de 8,2° C) (BASTOS; FEITOSA; MUNIZ, 2005), a temperatura apresenta uma grande estabilidade sazonal em regiões tropicais, uma vez que ela depende do grau de insolação, além de variações meteorológicas condicionadas por períodos de maior e menor nebulosidade, tais fatores podem causar a diferença dessa amplitude nesses estuários.

Em relação à salinidade foi observada uma nítida diminuição nos valores durante o período de maior precipitação, o que demonstrou a influência do regime pluviométrico da região na distribuição desta variável, com os valores mais baixos em março e mais elevados no mês de novembro. No período entre marés não foi verificado variabilidade significativa nos teores deste parâmetro no estuário do rio Guajará-Mirim.

Os valores de salinidade do estuário em estudo podem ser considerados baixos em relação a outros estuários do Nordeste Paraense, onde os teores de salinidade se aproximam de 40, durante o período de menor precipitação (SOUSA et al., 2009; CONTENTE et al., 2007; PALHETA, 2005), essa diminuição ocorre como consequência da distância entre o estuário e o oceano e o aporte fluvial proveniente do rio Guajará-Mirim e de seus tributários, tendo como principal o rio Baiacu, que ocorre principalmente no período de maior precipitação.

A salinidade é mencionada na legislação ambiental para enquadrar os ambientes hídricos nas Classes citadas na resolução CONAMA nº 357/2005, na qual se caracteriza o tipo de água devido à quantidade de sais ali presentes: águas doces – salinidade igual ou superior a 0,5; águas salobras – águas com salinidade superior a 0,5 e inferior a 30; águas salinas – igual ou superior a 30. As águas do estuário do rio Guajará-Miri se enquadram na Classe 1 das águas salobras.

Outro parâmetro abiótico considerado importante é o pH, o qual oscilou entre alcalino a ácido, não mantendo um padrão sazonal completo, pois esse parâmetro se manteve alcalino apenas nas coletas de setembro de 2011, nos demais meses o pH se manteve abaixo de 7, portanto ácido, tais valores podem ser remetidos ao aporte fluvial proveniente do rio Guajará-Miri e seu tributário. Este parâmetro não teve variações significativas durante os regimes de marés.

Valores diferentes foram encontrados por Cardoso (2008) no estuário do rio Guajará-Miri, onde em todo o período de estudo o pH permaneceu alcalino, consequência dos pontos de amostragens do referido autor estarem localizados na parte mais externa do estuário, com maior influência marinha.

No estuário do rio Marapanim, Santana (2004) registrou pH variando de ácido (período de maior precipitação) a alcalino (período de menor precipitação). Por outro lado, Bastos; Feitosa; Muniz (2005) encontraram para o estuário do rio Una-PE, valores ligeiramente alcalino não demonstrando nenhum padrão sazonal, o que demonstra a ligação dessa variável com a geologia local.

Os valores deste trabalho foram comparados com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salobras Classe 1, os valores de pH nessa classe estão compreendidos entre 6,5 a 8,5. Este parâmetro esteve abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA nas coletas de novembro/2011, janeiro/2012 e março/2012, nos demais meses o pH se manteve dentro do intervalo compreendido. Contudo, destaca-se que os valores de pH são esperados para a região de estudo.

De acordo com Santos (2000), no ambiente aquático, o teor de oxigênio dissolvido na superfície se encontra em equilíbrio com o ar atmosférico, ao passo que os processos químicos, resultantes de fenômenos biológicos ou não, promovem um desvio dos valores de saturação para mais ou menos. O valor efetivo do teor de oxigênio dissolvido é resultado da expressão da interação desses fatores.

As águas estuarinas do rio Guajará-Mirim apresentaram-se bem oxigenadas, talvez pelo fato da coleta ter sido realizada no período onde havia alta incidência solar, o OD não apresentou variações significativas entre as marés e se mostrou equilibrado entre os períodos de menor e maior precipitação. Valores semelhantes foram encontrados por Contente et al (2007), no estuário do rio Curuçá - Pa, onde a concentração de oxigênio variou de 7,8 a 8,4 mg.L⁻¹ (período de menor precipitação), e de 7,9 a 8,5 mg.L⁻¹ (período de maior precipitação).

Macedo; Costa (1978) classificaram o ambiente estuarino em: Zona saturada – com teores acima de 100%; Zona de baixa saturação – com teores entre 50 e 100%; Zona semi-poluída – com teores entre 25 e 50%; Zona poluída – com teores abaixo de 25%. Baseado neste sistema de classificação verifica-se que, o estuário do rio Guajará-Miri enquadrado-se como zona de baixa saturação a saturada.

As concentrações encontradas estavam acima do valor mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº357/2005, cujo valor é de 5,0 mg.L⁻¹.

O material em suspensão teve variações, seus maiores valores ocorreram no período de maior precipitação, o que já era esperado, pois há o aumento do aporte fluvial na estação chuvosa com a diminuição da salinidade. Segundo Bastos (2002) o ambiente estuarino apresentar um forte hidrodinamismo, e sofrer interferência tanto do rio como do mar, é de se esperar que ele apresente sempre, uma boa quantidade de material em suspensão na água. Entretanto, o regime pluviométrico da região pode provocar variação sazonal nas concentrações deste parâmetro.

No estuário do rio Una-PE o material em suspensão apresentou um padrão sazonal definido, havendo maior concentração no período chuvoso (BASTOS; FEITOSA; MUNIZ, 2005). Já no estuário do rio Timbó-PE verificou-se que o material em suspensão não apresentou diferença acentuada sazonalmente. Este padrão provavelmente deve estar associado à atividade de dragagem observada durante o trabalho. Contudo, deve-se levar ainda em consideração a topografia do estuário (GREGO et al.,2004).

A oxidação referente às formas nitrogenadas é responsável pela transformação do N-amoniaco em nitritos, e estes em nitratos, no fenômeno denominado de nitrificação. Segundo Schmiegelow (2004), a distribuição dos principais nutrientes inorgânicos se dá de maneira vertical, estes mostram um padrão típico: são geralmente raros em águas superficiais, isso ocorre porque nas camadas superficiais iluminadas o fitoplâncton consome rapidamente todo o nutriente disponível.

Dentre as formas nitrogenadas inorgânicas dissolvidas estudadas, foi observado que o N-amoniaco teve as maiores concentrações, seguido do nitrato e do nitrito. Em áreas estuarinas os aportes fluviais representam uma importante fonte de nutrientes alóctones e matéria orgânica para esses ambientes (BARROSO, 2004).

Segundo a resolução CONAMA 357/2005, Classe 1 para águas salobras o limite para o nitrito (NO_2^-) é de $0,07 \text{ mg.L}^{-1}$ como N. Enquanto para o nitrato (NO_3^-) e N-amoniaco (NH_3) é de $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$ como N.

As maiores concentrações de N-amoniaco ocorreram no período de maior precipitação, coincidindo com os maiores valores de material em suspensão e OD, e os menores de salinidade. Durante as coletas realizadas em março/2012 ($1,7 \text{ mg.L}^{-1}$) e maio/2012 ($1,62 \text{ mg.L}^{-1}$) no ponto P₃, na maré vazante, foram detectados as maiores concentrações desse nutriente, o que pode ser relacionado ao fato desse ponto estar localizado em frente a cidade que recebe lançamento de efluente doméstico sem tratamento. Em relação aos regimes de marés não se observou variações significativas, a não ser a mencionada anteriormente.

Os valores de N-amoniaco quando comparados com a Resolução do CONAMA 357/2005, esteve em sua maioria acima do valor estabelecido, dando destaque para os pontos citados acima.

Os valores de nitrito estiveram praticamente ausentes no período de maior precipitação, já no período de menor precipitação houve um ligeiro aumento na concentração dessa forma nitrogenada, o que não representa um perigo para o estuário, pois segundo a Resolução do CONAMA 357/2005, Classe 1 o limite de nitrito para águas salobras é de $0,07 \text{ mg.L}^{-1}$. Essas baixas concentrações de nitrito pode estar ligada ao fato das altas concentrações de OD no meio, o que promove a oxidação deste em nitrato. Em relação às marés notou-se que no período de menor precipitação as concentrações de nitrito estiveram maiores na maré enchente, exceto no ponto P₄, que foi maior na maré enchente.

As concentrações de nitrato foram maiores em meados do período chuvoso e no início do período seco. Como foi dito anteriormente, o nitrato é a última etapa da oxidação do ambiente no meio, sendo esta forma então, a mais estável. Em relação à variação de maré essa forma nitrogenada não apresentou mudanças expressivas.

Pereira Filho et al (2001) estudaram o estuário do rio Camboriú em Santa Catarina, ambiente bastante impactado devido ao lançamento de efluentes da estação de tratamento do município, e também por esgotos clandestinos, encontraram concentrações médias de nitrato de $173,6 \text{ mg.L}^{-1}$, com valor máximo alcançando 403 mg.L^{-1} . Nota-se que as concentrações de nitrato encontradas no presente trabalho são inferiores, quando comparadas com um ambiente altamente impactado por lançamento de efluentes.

As concentrações de nitrato quando comparadas com a Resolução do CONAMA 357/2005, se encontram acima do valor estabelecido nas coletas realizadas nos meses de março/2012, maio/2012 e julho/2012, nos demais meses os valores se encontraram abaixo do valor estipulado por essa Resolução.

Em conjunto com o nitrogênio, o fósforo representa um elemento de importância estrutural para os organismos e para a conversão de energia para todo o sistema biológico. Esses nutrientes também representam um fator limitante para a produção primária pela comunidade fitoplanctônica (AZEVEDO; BRAGA, 2011), e constitui um dos principais fatores de estímulo para o surgimento de um ambiente eutrófico, por ser também um importante nutriente, contribuindo assim para o crescimento excessivo de algas.

Os valores de fosfato para o estuário do rio Guajará-Mirim se mantiveram equilibrados em ambos os períodos, ou seja, o fosfato não evidenciou sazonalidade. Bastos; Feitosa; Muniz (2005) em estudos realizados no estuário do rio Una-PE, as concentrações de fosfato também não apresentaram sazonalidade. Em relação à maré houve um ligeiro aumento no ponto P₄ em julho/2012, nos demais pontos de coleta as concentrações de fosfato se mantiveram equilibradas. As baixas concentrações de fosfato de acordo com Baumgarten; Niencheski; Kuroshima (1995) podem ocorrer por adsorção ao sedimento de parte do fosfato disponível na água, como por floculação de compostos contendo ferro e fósforo, tanto nas frações inorgânicas do material em suspensão (argilas, siltes, óxidos de ferro, manganês ou alumínio), como orgânicas (substâncias húmicas), que passam a ser um grande reservatório de fósforo, resultando em um efeito tampão de aporte de fosfato.

Outro nutriente utilizado pelas microalgas do grupo das diatomáceas e dos silicoflagelados para formação das suas frústulas é o silicato, considerado como o nutriente inorgânico com as maiores concentrações nos ambientes estuarinos (Delgado Noriega et al., 2005), devido aos aportes fluviais. No presente estudo as concentrações de silicato foram maiores nos meses de março e maio de 2012, ou seja, período de chuva da região, tais concentrações ainda se mantiveram elevadas no início do período de menor precipitação. Enquanto as marés (enchente e vazante) não houve variações significativas nas concentrações do silicato.

As maiores concentrações clorofila *a* foram observadas em setembro 2011 e janeiro de 2012, nos demais meses de coleta não houve variações consideráveis entre as marés. Essa variação da clorofila *a* pode ser associada à diminuição dos valores de material em suspensão na área de estudo. Por meio da análise de componentes principais foi possível observar uma relação inversa entre os dados de clorofila *a* e material em suspensão, ou seja, com a diminuição desta última variável ocorreu um aumento da clorofila *a*.

Comparando-se o estuário do rio Guajará-Mirim com outras áreas estuarinas tropicais verifica-se que os teores de clorofila não são compatíveis em termos de sazonalidade, como os resultados encontrados na Ilha de Canela em Bragança-PA, onde os teores de clorofila seguiram um padrão sazonal com valores médios de $4,67 \text{ mg.m}^{-3}$, durante o período seco, e $5,44 \text{ mg.m}^{-3}$, no período chuvoso (SOUSA et al, 2009). Na Bacia do Pina – PE em estudos realizados por Feitosa; Nascimento; Costa (1999) a variação sazonal de clorofila foi muito discreta.

Também foi notado que a clorofila *a* teve uma relação direta com o OD ao longo da PC2, o que indica ser o processo fotossintético uma fonte desse gás para o ambiente.

A análise de componentes principais mostrou que na PC1 a temperatura, salinidade e clorofila-*a* mostraram uma alta correlação entre si e inversa com o material em suspensão, nitrato e silicato, o que demonstra que a clorofila *a* foi favorecida quando ocorreu a diminuição do material em suspensão na água, ou seja, com o aumento de salinidade. Na PC2 a salinidade e nitrito tiveram correlação direta entre si e inversa com o OD e clorofila-*a*, conforme descrito o OD é relacionado ao processo de oxidação existente dentro do ciclo do nitrogênio.

Os escores obtidos pela análise de componentes principais separou de forma clara os períodos de maior e de menor precipitação, ou seja, demonstra a influência da sazonalidade local na dinâmica do estuário.

Os estuários são ambientes considerados ricos em produtividade, com altas concentrações de nutrientes, porém o material em suspensão associado à ação das correntes pode ser considerado um dos principais fatores controladores da produtividade primária em áreas estuarinas.

8 CONCLUSÕES

- A distribuição dos parâmetros abióticos e clorofila *a* no estuário de Guajará-Mirim é influenciada pelos períodos de maior e menor precipitação, fato também observado pela análise de componentes principais.
- As marés enchente e vazante não influenciam de forma significativa na distribuição dos parâmetros abióticos e clorofila *a* no estuário de Guajará-Mirim.
- As águas do estuário mostraram-se com presença de oxigênio no período de estudo, com classificação de zona de baixa saturação a saturada, sem apresentar sinais de zona de poluição.
- A salinidade teve uma nítida diminuição no período de maior precipitação o que demonstrou a influência do regime pluviométrico da região na distribuição desta variável.
- Dentre os nutrientes todos apresentaram padrão sazonal, com exceção do fosfato que não evidenciou nenhum padrão sazonal no estuário de Guajará-Mirim.
- Baseado na Resolução nº357/2005 do CONAMA, o pH esteve abaixo do intervalo compreendido pelo mesmo, em meados do período de menor precipitação e no início do período de maior precipitação, valores esses já esperados para a região de estudo; os valores de N-amoniacoal esteve em sua maioria acima do valor estabelecido; as concentrações de nitrato se mantiveram acima do valor máximo estabelecido, no início do período de menor precipitação e no período de maior precipitação.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA . 1995. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: Library of Congress.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA . **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 ed., Washington, Estados Unidos, 1998. p. 1193.
- AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu Marine**. Paris: 1. ed. Paris: Brest, Center National pour l'exploitation des Océans. 1983.
- ANDREWS, J. E.; BRIMBLECOMBE, P.; JICKELLS, T. D.; LISS, P. S.; REID, B. J. **An introduction to environmental chemistry**. 2^a ed. Blackwell Publishing. 2004. 296 p.
- AZEVEDO, E. B. Poluição vs. Tratamento de água. **Química Nova na Escola**. v. 10 (1), 1999. p. 21-25.
- AZEVEDO, J. S.; BRAGA, E. S. Caracterização hidroquímica para a qualificação ambiental dos estuários de Santos – São Vicente e Cananéia. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 2011, 44(2): 52 – 61.
- BARBOSA, F. G. **Variações espaciais e temporais de nutrientes dissolvidos e metais traço na área portuária da cidade do Rio Grande (Estuário Lagoa dos Patos-RS)**. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2006. p. 135
- BARROSO, G. F. **Development of an evaluation framework for sustainable bivalve aquaculture: a strategic plan approach in Espírito Santo, Brazil**. PhD Thesis (Geography), University of Victoria, Canadá. 2004
- BASTOS, R. B. **Variação espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros abióticos no estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil)**. Recife, PE: 2002. 56f. Monografia (Graduação em Biologia) - Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 2002.
- 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**, v. 33, n. 1, p. 1-18, 2005.
- BAUMGARTEN, M. G. Z; BATISTA, R. N; INFANTE-RIVARD, C; HALEY, J. A; BECKER, R; GAUTHIER, S. 1992. The physiological and physical health of family members caring for an elderly person with dementia. **Journal of Clinical Epidemiology**, 45, 61-70.
- BAUMGARTEN, M. G. Z.; NIENCHESKI, L. F. H.; KUROSHIMA, K. N. Qualidade das águas estuarinas que margeiam o município do Rio Grande (RS, Brasil): Nutrientes e detergentes dissolvidos. **Revista Atlântica**, Rio Grande, 17: 17-34, 1995.

BAUMGARTEN, M. G. Z; ROCHA, J. M. B; NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de Análises de Oceanografia Química**. Rio Grande: Editora da FURG, 1996. 132p.

BAUMGARTEN, M. G. Z; POZZA, S. A. P. **Qualidade de águas – Descrição de parâmetros químicos referidos a legislação ambiental**. Editora FURG, Rio Grande, 2001. p. 164.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2005. 306 p.

CARDOSO, F. F. **Dinâmica da comunidade microfitoplanctônica relacionada com os parâmetros físico-químicos do estuário do rio Guajará-mirim (Vigia-PA)**. 2008. 76f. Dissertação (Mestrado em ecologia aquática e Pesca). Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises química**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, FAPESP, p.253, 1994.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). Resolução nº 357 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/res05/res35705.pdf>> Acesso em: JUL/2012

CONTENTE, C. T.; PALHETA, G. D. A.; MELO, N. F. A. C.; RAMOS, C. A. R.; PAIVA, R. S. Variação nictemeral do ictioplâncton no estuário do rio Curuçá (Pará- Brasil), durante os períodos chuvoso e seco. **Boletim Técnico-científico do CEPNOR**, v.7, n. 1, p. 27–40, 2007.

COSTA, E. C. T. A. **Diagnóstico ambiental das águas dos estuário Jundiá-Pontengi pela determinação dos índices de qualidade de água e toxidez**. Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. 2008. p. 135.

CUNHA, E. M. S. **Caracterização e planejamento ambiental do Estuário do Potengi**. Dissertação de Mestrado. Centro de Biociências, epartamento de Oceanografia e Limnologia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1982. p. 221.

DAVIES P. L.; EYRE B. D. **Estuarine Modification of Nutrient and Sediment Exports to the Great Barrier Reef Marine Park from the Daintree and Annan River Catchments**. *Marine Pollution Bulletin*, 51 (2005) 174–185.

DAY J.W. Jr, HALLI C.A.S., KEMP W.M., YÁNES-ARANCIBIA **Estuarine ecology**. New York: John Wiley and Sons, 1989.

DELGADO NORIEGA, C.; MINIZ, 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**, Recife, v. 33, n. 2, p. 133–145, 2005.

DIAS, R.A. **Salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e descarga fluvial do estuário da Lagoa dos Patos**. Monografia em Oceanologia. Fundação Universidade do Rio Grande – FURG. 42f. 2005.

DUARTE, A. A. L. S.; VIEIRA, J. M. P. Caracterização dos ambientes estuarinos. Mistura em estuários. **Engenharia Civil – UM nº6**. 1997.

EGLER, W. A. ; SCHWASSMANN, H. O. Limnological studies in the Amazon Estuary. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, nova série. n. 1, p.2-25. 1962.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FAIRBRIDGE, R. W. 1989. Estuary. *In*: Fairbridge, R.W. (Ed). **The encyclopedia of geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences Series**. Vol. III. Dowden, Hutchinson & Ross Inc. Stroudsburg, p. 325-330.

FEITOSA, F. A. N.; NASCIMENTO, F. C. R.; COSTA, K. M. P. Distribuição Espacial e Temporal da Biomassa Fitoplanctônica Relacionada com Parâmetros Hidrológicos na Bacia do Pina (Recife - PE). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife**, 27(2):1 - 13. 1999.

FLEMER, D. A.; CHAMP M. A. **What is Future Fate of Estuaries Given Nutrient Overenrichment, Freshwater Diversion and Low Flows?** Marine Pollution Bulletin, 52 (2006) 247-258.

GONZALEZ, J.-L.; THOUVENIN, B.; DANGE, C.; CHIFFOLEAU, J.-F.; BOUTIER, B. (2006). Role of Particle Sorption Properties in the Behavior and Speciation of Trace Metals in Microtidal Estuaries: The Cadmium Example. **Hdb Env Chem.n** Vol 5: 265-301. 2006

GOVERNO DO PARÁ. Conheça o Pará - Vigia. Belém, 2005. Disponível em: <www.governodopara.pa.gov.br/conhecaopara/vigia.asp> Acesso em: JUL/ 2011.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. 1983. **Methods of seawater analysis**. 2. ed. Florida: Verlage Chemie, 417 p.

GREGO, C. K. S.; FEITOSA, F. A. N.; HONORATO-DA-SILVA, M.; FLORESMONTES, M. J. Distribuição espacial e sazonal da Clorofila-a fitoplanctônica e hidrologia do estuário do rio Timbó (Paulista - PE). **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 2, p. 181-199, 2004.

HUANG, X.P.; HUANG, L.M.; YUE, W.Z. **The characteristics of nutrients and eutrophication in the Pearl River estuary, South China**. Marine pollution Bulletin, 47 (2003).

INGMANSON; WALLACE, **Oceanography- An introduction**, 1995 by Wadsworth Publishing Company, Capítulo 13, pp.261-266.

JAWORSKI, N.A; GROFFMAN, P. M; KELLER, A. A; PRAGER, J. C. A watershed nitrogen and phosphorus balance: the upper Potomac River Basin. *Estuaries*, Narragansett, Rhode Island, USA, 1992. v. **15 (1): p. 83-95**.

LIRA, S. R. B.; RIBEIRO, I. S.; BRANCO, J. L. M.; MARQUES, J. A. A.; TORRES, M. A. S. F.; PIEDADE, S. C. M. **A pesca no Pará: a sócio-economia da fauna acompanhante do camarão na Costa Norte do Brasil e a comercialização da pesca artesanal em Belém, Vigia e Bragança**. Belém: IDESP, 1989. 116 p.

MACÊDO, S. J; COSTA, K. M. P. Estudos ecológicos da região de Itamaracá, Pernambuco – Brasil. Condições Hidrológicas do Estuário do Rio Botafogo. **Ciência e Cultura**, São Paulo, **30** n.7, p.346-368. 1978.

MARQUES JR., A.; MORAES, R.; MAURAT, M., C. Poluição Marinha. In: PEREIRA, R. C.; GOMES, A. S. **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 311-334. 2002.

MASSART, D.L; VANDEGINSTE B.G.M; BUYDENS, L.M.C., DE JONG, S; LEWI, P.J; SMEYERS-VERBEKE, J. **Handbook of chemometrics and qualimetrics: Part B**. Elsevier, New York, NY, p. 158-160. 1998.

METZLER, P. M.; GLIBERT, P. M.; GAETA, S. A.; LUDLAM, J. M. **New and regenerated production in the South Atlantic off Brazil**. *Deep-Sea Research I*, 44 (3) (1997) 363-34.

MIZERKOWSKI, B. D. **Modelo comparativo do estado trófico estuarino: Babitonga, Guaratuba, Laranjeiras e Cananéia**. 2007. 134 f. Dissertação de Mestrado em sistemas Costeiros e Oceânicos. UFPR. 2007

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA - UNESCO. 1973. **International oceanographic table**. 141 p.

PALHETA, G. D. A. **Composição e distribuição espaço-temporal de ovos e larvas de peixe nos estuários dos rios Curuçá e Muriá (Curuçá - Pará)**. 2005. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Centro Agropecuário, Núcleo de Estudos em Ciência Animal, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

PENNEY, R. W; MACKENZIE, C. H; MILLS, T. J. (2001). Assessment of the particulate food supply available for mussel (*Mytilus spp.*) farming in a semi-enclosed orthern Inlet. **Estuarine, Coastal and Shelf Sciences** (53): 107-121.

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 Camboriú River Estuary, Brazil. **Estuary, Coastal and Shelf Science**, 53: 249-257, 2001.

PEREIRA-FILHO, J.; SPILLERE, L.C.; SCHETTINI, C.A.F. Dinâmica de nutrientes na região portuária do estuário do Rio Itajaí-Açu, SC. **Atlântica**, Rio Grande, 25 (1) (2003) 11-20.

- PRITCHARD, D.W. What is an Estuary: Physical View Point. In: LAUFF, G.H. **Estuaries**. Washington, American Association for Advance of Science, 1967. p.3-5.
- SANTANA, D. S. **Composição florística e variação espaço-temporal dos parâmetros ambientais e da biomassa fitoplanctônica do estuário do rio Marapanim (Pará, Brasil)**. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas Costeiros e Estuarinos) - Departamento de Biologia, Universidade Federal do Pará, Bragança, 2004.
- SANTOS, M. L. S. **Influência dos rios Amazonas e Pará sobre a biomassa fitoplanctônica**. Dissertação de Mestrado, universidade Federal de Pernambuco, Recife. 92 p. 2000.
- SCHMIEGELOW, J. M. M. **O Planeta Azul. Uma Introdução às Ciências Marinhas**. Ed. Interciência. Rio de Janeiro. 2004.
- SCHWASSMANN, H.O; BARTHEM, R.B; CARVALHO, M. L. A. note on the seasonally shifting zone of high primary production in the Baya of Marajó. Pará. Brazil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.2, n.1, p.165-174, 1989.
- SCHROEDER, W.W., DINNEL, S.P. e WISEMAN JR., W.J.; Salinity structure of a shallow, tributary estuary; **Coastal and estuarine studies, vol.40, pp. 135-171**.1992
- SOUSA, E. B; COSTA, V. B; PEREIRA, L. C. C; COSTA, R. M. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). **Acta bot. bras.** 23(4): 1084-1095. 2009.
- STRICKLAND, J. D. H; PARSONS, T. R. **A Practical Handbook of Seawater Analysis**. Bull. Fish. Res. Bd. Canada 767. **1972**. 311p.
- TAPPIN, A. D. **An Examination of the Fluxes of Nitrogen and Phosphorus in Temperate and Tropical Estuaries: Current Estimates and Uncertainties**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 55 (2002) 885–901.
- TEIXEIRA, C. 1973. Introdução aos métodos para medir a produção primária do fitoplâncton marinho. **Bol. Inst. Oceanog.** São Paulo, v. 22, p. 59-92.
- TROUSSELLIER, M.; GOT, P.; BOUVY, M.; M0BOUP, M.; ARFI, R.; LEBIHAN, F.; MONFORT, P.; CORBIN, D.; BERNARD, C. Water quality and health status of the Senegal River estuary. **Marine Pollution Bulletin**, 48 (2004) 852–862.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 2ª Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p.