

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

**LARISSA ALBINO DA SILVA SANTOS**

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS PARÂMETROS DA  
QUALIDADE DE ÁGUA NO CANAL DA PASSAGEM (VITÓRIA –  
ES)**

VITÓRIA  
2011

**LARISSA ALBINO DA SILVA SANTOS**

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS PARÂMETROS DA  
QUALIDADE DE ÁGUA NO CANAL DA PASSAGEM (VITÓRIA –  
ES)**

Monografia apresentado para  
o Departamento de  
Oceanografia da Universidade  
Federal do Espírito Santo  
como requisito para obtenção  
de grau. Orientador: Prof. Dr.  
Renato Rodrigues Neto

**VITÓRIA  
2011**

**LARISSA ALBINO DA SILVA SANTOS**

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS PARÂMETROS DA  
QUALIDADE DE ÁGUA NO CANAL DA PASSAGEM (VITÓRIA –  
ES)**

Monografia apresentada ao curso Graduação em Oceanografia do Departamento de Oceanografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Oceanógrafo.

Entregue dia 11 de Novembro de 2011

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Renato Rodrigues Neto  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

Prof. Gilberto Fonseca Barroso  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Pesq. Mércia Barcellos da Costa  
Universidade Federal do Espírito Santo

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS PARÂMETROS DA  
QUALIDADE DE ÁGUA NO CANAL DA PASSAGEM (VITÓRIA –  
ES)**

por

**Larissa Albino da Silva Santos**

Submetido como requisito para obtenção de grau de

**Oceanógrafa**

na

**Universidade Federal do Espírito Santo**

Novembro de 2011

© Larissa Albino da Silva Santos

Por meio deste, a autora confere ao Colegiado do Curso de Oceanografia e ao Departamento Oceanografia permissão para reproduzir e distribuir cópias parciais ou totais deste documento de monografia para fins não comerciais.

Assinatura da autora.....  
Curso de graduação em Oceanografia  
Universidade Federal do Espírito Santo

Certificado por.....  
Renato Rodrigues Neto  
Prof. Adjunto /Orientador  
CCHN/DOC/UFES

Certificado por.....  
Prof. Gilberto Fonseca Barroso  
Prof. Adjunto/Examinador interno  
CCHN/DOC/UFES

Certificado por.....  
Pesq. Mércia Barcellos da Costa  
Coordenadora do Laboratório de Malacologia  
CCHN/DBio/UFES

Acreditado por.....  
Prof. Angelo Fraga Bernadino  
Prof. Adjunto/Coordenador do Curso  
CCHN/DOC/UFES

## **Dos Agradecimentos**

As relações estabelecidas durante a minha vida na UFES e anterior a ela, foram primordiais na pessoa que me tornei no presente. E nessa seção gostaria de lembrar e agradecer as pessoas com as quais estabeleci essas relações.

Sou muito grata, primeiramente, ao professor Renato Rodrigues Neto que me orientou, pacientemente, os projetos de iniciação científica e esta monografia. Certamente não é de acordo de todos, mas creio que o entendimento entre orientador e orientando deve ser fundamentado numa relação saudável entre troca de conhecimento acadêmico e também de amizade. E tive isso durante minha passagem no Laboratório de Geoquímica Ambiental. Lembro também dos outros alunos deste laboratório, Dudu, Ric Bizi, Lilian, Carol Grilo, Alexandra, Carina, Bethânia e Roberta, com os quais passei vários momentos no laboratório entre gargalhadas, sufocos, ajuda e muito café!

Aos meus primeiros colegas na UFES, provenientes do curso de Desenho Industrial: Bolotas, Davi, Baiana, Fidel, Ivan, Thiago, Paola, Luísa, Polet e André, com os quais mantenho uma amizade apesar de não compartilhar do mesmo sonho profissional.

Aos coleguinhas meus queridos: sonhadora Tarcila, paciente Geandre, precoce Micaretinha, sábio Jackson, do contra Kyssyjones, louca Izabel, díva Silvinha Nossa, apressadinha Gogógia e hilária Comércio. Fomos além de alunos nota 10, colegas e amigos que prestaram socorro uns aos outros ao longo das diversas madrugadas em que estudamos para as provas de Guisolfhi e Chacaltana. Passamos juntos em tudo, fato.

Ao Nery Neto, pela amizade, suporte e principalmente pela intimidade que temos nos assuntos que compartilhamos em comum. Eu sei que ainda vamos viver muita coisa juntos. Digo o mesmo da Mariana Gripp, com a qual tenho uma bonita amizade apesar da distância que nos separa agora e espero que isso não enfraqueça por conta disso, ainda mais agora com a vida nova que ela carrega dentro de si. Ao Fernando Zorzal Borges, com o qual tive o prazer de conviver durante a faculdade e ao Dani, que tive também o prazer de conhecer apesar do início turbulento da nossa amizade, mas que foi apagado com o laço bonito que estabelecemos desde então.

Meus agradecimentos vão também para as pessoas que me mostraram um outro lado de viver, tais como o Haroldo e a Camila. Tenho muito carinho por vocês.

Aos meus amigos de longa data, alguns deles com mais de dez anos de amizade: Bárbara Bonino, Felipe Corrêa, Bruna Caetano, Iana Carneiro, Marcela Sales e Fernandinha Sossai. Espero fazer parte da vida de vocês por um longo tempo ainda. Gostaria de destacar a Bárbara, que além de ser minha melhor amiga, também é minha irmã de alma e também o Felipe Corrêa, que me orienta a seguir um caminho baseado no respeito à vida e às pessoas.

A minha família, em especial a minha Mãe, meu símbolo de luta e amor, que me deu a pessoa mais importante da minha vida, meu irmão Antônio, menino dos meus olhos.

E por fim, à FACITEC, que financiou o projeto do qual este trabalho faz parte.

Para dona Martha Maria Bonino e  
Senhor Tarcísio Arantes, *In memoriam*.

## Resumo

Cerca de dois terços das maiores áreas metropolitanas mundiais estão nas proximidades dos estuários, portanto são regiões comumente sujeitas à situações de risco impostas pela pressão populacional. Instalações portuárias, efluentes diversos, uso indevido das suas margens, estão entre os riscos potenciais à grande diversidade de seus recursos naturais. A ação das marés e o aporte fluvial interagem tornando bastante complexa a caracterização do seu funcionamento. A presente monografia foca na variação dos principais componentes para caracterização da qualidade de água (Oxigênio dissolvido, Nutrientes inorgânicos dissolvidos, Salinidade, Temperatura, e pH) frente a variação da maré sizígia (vazante e enchente) em cinco pontos ao longo do estuário do Canal da Passagem (Vitória – ES), abordando-se a influência do período seco (Julho) e chuvoso (Março e Outubro). Com a utilização da análise multivariada da Análise Componentes Principais constatou-se que a variação dos parâmetros é devido a influência conjunta do Rio Santa Maria da Vitória (variação temporal) e o aporte de efluentes tratados e não tratados, possibilitando na intensificação da atividade fotossintética. Esse cenário possibilitou que a concentração média de oxigênio dissolvido (OD) é de 10 mg/L com alguns episódios de hipóxia ( $OD < 3 \text{ mg/L}$ ) que indica que o Canal da Passagem se encontra em processo de eutrofização, já que observou-se faixas de concentrações de  $0,11 \mu\text{M}$  a  $8,18 \mu\text{M}$  para Fosfato e  $1,11 \mu\text{M}$  a  $126,10 \mu\text{M}$  para o Nitrogênio Amoniacal Total, equiparando-se com alguns complexos estuarinos poluídos no exterior (ex. Rio Reno) e no Brasil (Lagoa dos Patos). Variações espaciais também foram identificadas verificando-se maiores concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos à jusante do Canal, onde se observa maior assentamento humano. Por fim, a variação da maré não diluiu os parâmetros analisados.

## Lista de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 4-1:</b> Coordenadas em UTM dos pontos amostrais. <i>Datum</i> WGS 1984 Zona 24 S.....  | 18 |
| <b>Tabela 5-1:</b> Estatística descritiva dos Parâmetros Físico-químicos por campanha amostral.....   | 27 |
| <b>Tabela 5-2:</b> Estatística descritiva dos Parâmetros Físico-químicos por campanha amostral categorizando-se por maré (V=Vazante; E=Enchente)....        | 27 |
| <b>Tabela 5-3:</b> Estatística descritiva dos Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos por campanha amostral.....   | 31 |
| <b>Tabela 5-4:</b> Estatística descritiva dos Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos por campanha amostral, categorizados por maré (V=Vazante; E=Enchente)..... | 31 |
| <b>Tabela 5-5:</b> Intervalo de concentrações de Nitrogênio Amoniacal Total em alguns complexos estuarinos no mundo e no Brasil. ....                       | 35 |
| <b>Tabela 5-6:</b> Correlação dos parâmetros com os Componentes Principais da ACP e a contribuição destes na variabilidade dos dados.....                   | 37 |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1-1:</b> Localização dos pontos amostrais no interior do Canal da Passagem. Estação 1 (Ponto 1), Estação 2 (Ponto2), Estação 4 (Ponto 4), Estação 5 (Ponto 5). Fonte: <i>Datum</i> WGS 1984 Zona 24 S.....  | 12 |
| <b>Figura 5-1:</b> Altura da maré para a campanha 1 (Figura 5-1a), campanha 2 (Figura 5-1b) e campanha 3 (Figura 5-1c) (De acordo com as informações adquiridas para o porto mais próximo da área de estudo, que foi o Porto de Tubarão (Vitória, ES)(DHN, 2010).....   | 22 |
| <b>Figura 5-2:</b> Gráficos <i>Boxplot</i> (caixa) da distribuição da Temperatura (a), Salinidade (b), pH (c) e Oxigênio Dissolvido (d) nas campanhas de Março, Julho e Outubro, categorizadas pela maré vazante e enchente.....  | 29 |
| <b>Figura 5-3:</b> Gráficos <i>Boxplot</i> (caixa) da distribuição do NAT (a), Nitrito (b), Nitrato (c) e Fosfato (d) nas campanhas de Março, Julho e Outubro, categorizadas pela maré vazante e enchente.....  | 34 |
| <b>Figura 5-4:</b> A Análise de Componentes Principais com os parâmetros Fosfato (PO <sub>4</sub> ), Nitrito (NO <sub>2</sub> ), Nitrato (NO <sub>3</sub> ), Nitrogênio Amoniacal Total (NAT), Clorofila a (cla), Salinidade (Sal), Oxigênio Dissolvido (OD) e pH. Os parâmetros estão unidos no centro definidos pelas coordenadas 0,0,0.. | 38 |

## Sumário

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Introdução .....   | 9  |
| 2     | Área de Estudo .....   | 14 |
| 2.1   | Aspectos Climáticos da Área de Estudo .....  | 15 |
| 3     | Objetivos .....  | 17 |
| 4     | Metodologia.....   | 18 |
| 4.1   | Amostragem .....   | 18 |
| 4.2   | Análise em Laboratório .....   | 19 |
| 4.2.1 | Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos.....  | 19 |
| 4.3   | Tratamento Estatístico .....   | 20 |
| 5     | Resultados e Discussão.....  | 22 |
| 5.1   | Variação da Maré.....  | 22 |
| 5.2   | Parâmetros Físico-químicos (Temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido).....              | 23 |
| 5.3   | Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos (Nitrogênio Amoniacal Total, Nitrito, Nitrato, Fosfato) ..... | 30 |
| 5.4   | Análise de Componentes Principais.....   | 37 |
| 5.5   | Análise Integrada .....  | 39 |
| 6     | Conclusão .....  | 42 |
| 7     | Referências Bibliográficas.....  | 43 |
| 8     | ANEXO.....   | 58 |

## 1 Introdução

Os estuários estão entre os ecossistemas mais dinâmicos no ponto de vista geomorfológico, físico, químico, físico-químico e biológico, cujas fronteiras entre esses fatores são ocasionalmente difusos, no entanto, inter-relacionam entre si espacialmente e temporalmente.

McLusky *et al.* (2004) descrevem os estuários como ecossistemas costeiros que possuem uma livre conexão com o oceano aberto através da qual a água do mar adentra em seu sistema devido a oscilação da maré, misturando-se com a água doce da bacia hidrográfica da qual pertence. O padrão dessa mistura varia de estuário para estuário, dependendo do volume da água doce, da amplitude da maré e intensidade da evaporação. Esses fatores irão determinar o padrão de escoamento dos estuários, o alcance da maré e da água doce dentro da feição geomorfológica do qual o estuário se encontra e, dependendo desta configuração, modificam a intensidade dos fluxos das correntes de maré e das águas fluviais (DAY *et al.*, 1989).

Dalrymple *et al.* (1992) dividem os estuários em zonas com base na dominância relativa entre os processos marinhos (marés) e os processos fluviais. Na zona interna, mais a montante do estuário (*inner zone*), os processos fluviais se sobrepõem aos processos marinhos, por outro lado, na zona externa (*outher zone*), mais a jusante, a maré é o processo energético mais atuante nos estuários. Geralmente na parte central do estuário percebe-se que tanto a maré quanto a competência do rio são responsáveis pelo regime energético do estuário. Essas zonas não são fixas e variam de acordo com o regime pluviométrico da bacia hidrográfica e da energia das ondas das marés. Evidentemente, fica claro que os gradientes físicos, físico-químico, químicos e biológicos nesses ecossistemas variam bastante tanto em escalas temporais e espaciais, em que a diluição entre dois fluidos com características distintas promovem reações de ordens física e químicas não observáveis nos ecossistemas adjacentes.

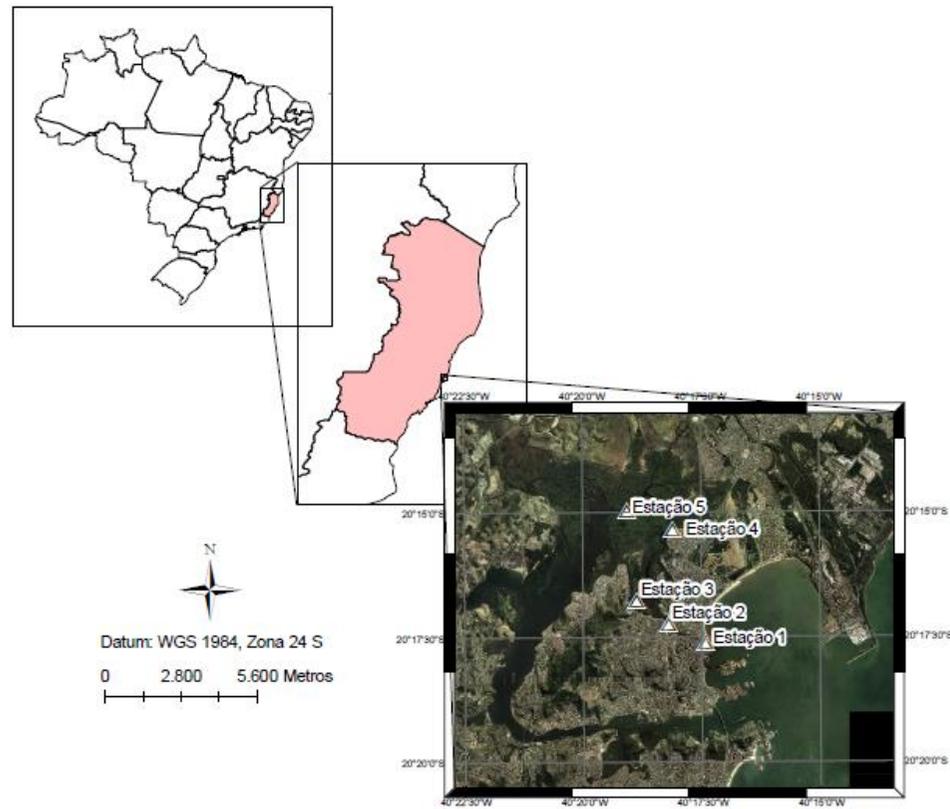
Esses ecossistemas estão entre os mais importantes considerando-se os serviços ecológicos que oferecem, dentre os quais podemos citar: (a) alta produção e exportação de matéria orgânica, (b) remineralização da matéria orgânica e inorgânica, (c) proteção ao continente contra os processos físicos marinhos, (d) berçário de organismos, (e) armadilha de sedimentos e poluentes e (f) meio de subsistência das populações costeiras (MOBERG *et al.* 2003).

Analisando-se este último serviço, pode-se observar que a maioria da população mundial se desenvolveu nestes ecossistemas. Mais de um terço da população dos Estados Unidos vivem e trabalham próximos aos estuários e sete das dez maiores cidades do mundo estão situados próximos aos estuários, tais como Londres, Nova Iorque, Tokyo, Shanghai, Buenos Aires, Osaka e Los Angeles (McLUSKY *et al.*, 2004). O Brasil tem 2/3 dos seus 170 milhões de habitantes morando ao longo da costa brasileira (MARQUES *et al.* 2004).

O adensamento populacional em torno desses ecossistemas irá, indubitavelmente, gerar mudanças no funcionamento dos estuários, já que a colonização de populações humanas implica em mudanças em sua geomorfologia (devido à dragagem e construções de estruturas físicas) e mudança na qualidade de água (pela descarga de esgoto) resultando em mudanças previsíveis tais como: alteração na introdução da matéria orgânica devido ao aumento de poluentes e formação de zonas hipóxicas (ELLIOT *et al.* 2002). A alteração na geomorfologia desses ambientes causa uma mudança no tempo de residência de suas águas que, mesmo com a renovação de águas mais oxigenadas provenientes do mar, inibem este processo devido a tempo de residência maior e, conseqüentemente, provocando acúmulo de matéria orgânica, nutriente e a depleção de oxigênio dissolvido.

O Canal da Passagem (Figura 1-1) é um canal estreito e sinuoso com extensão de 10 km e 4,6 metros de profundidade média (9 metros máx.) localizado no Sistema Estuarino da Grande Vitória (ES). Recebe efluentes industriais, portuários e domésticos dos municípios adjacentes (Vitória, Vila Velha, Cariacica e Serra) através de um conjunto de sistemas fluviais tributários de

médio (rio Santa Maria da Vitória) e pequeno porte (rios Bubu, Itanguá, Marinho e Aribiri) ou pelo despejo direto através de dutos de esgoto e águas pluviais (HABTEC, 1997). Além disso, sofreu modificações estruturais representados pela construção da Ponte da Passagem e a urbanização do ecossistema manguezal adjacente, o qual, devido às proclamações de uso de suas áreas, perdeu aproximadamente 14 km<sup>2</sup> de área (NUNES, 2005).



**Figura 1-1:** Localização dos pontos amostrais no interior do Canal da Passagem. Estação 1 (Ponto 1), Estação 2 (Ponto2), Estação 4 (Ponto 4), Estação 5 (Ponto 5). Fonte: *Datum* WGS 1984 Zona 24 S.

A resposta a essas alterações no Canal da Passagem foram observadas em menores tempos de residência de suas águas (RIGO *et al.*, 1993; CHACALTANTA *et al.* 2003), depleção de oxigênio dissolvido (NETO *et al.* 2006), enriquecimento de nutrientes (NETO *et al.* 2006; STERZA *et al.* 2006), modificações fisiológicas nas comunidades zooplanctônicas (STERZA *et al.* 2006) e diminuição da diversidade da comunidade bentônica (NALESSO *et al.* 2005).

A avaliação da variabilidade da química da água em ecossistemas naturais representa uma importante informação elementar no estudo da dinâmica dos elementos biofilicos (i.e carbono, nitrogênio, fósforo e silício; EYRE, 1997). O nitrogênio e o fósforo, em especial, são considerados como blocos de construção de uma cadeia trófica num ecossistema aquático, uma vez que são absorvidos pelos produtores primários para o processamento de suas atividades metabólicas (ODUM, 1983).

No entanto, o enriquecimento de nutrientes, devido ao despejo de esgoto, causa a progradação dos sintomas de eutrofização, a qual se inicia com altas concentrações de clorofila *a* e ou blooms algais (FLINDT *et al.* 1999; DIAZ *et al.* 2008). Este último causa um efeito imediato nas concentrações de oxigênio dissolvido, a qual pode chegar a valores menores de 3 mg/L, ocasionando efeitos deletérios em toda a comunidade biótica do estuário (BRICKER *et al.* 2008). Se a frequência de valores tão baixos de oxigênio dissolvido permanecer num sistema aquático, os efeitos negativos na comunidade biótica podem se tornar grave de modo a mudar a comunidade do ambiente e inviabilizar a sua recuperação. Assim, Almeida *et al.* (2008) apontam que o nitrogênio, fósforo, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura e a salinidade são os principais parâmetros para medir a qualidade sanitária de um estuário, pois dependendo de seus valores, são considerados como indicadores de contaminação.

Dentro de um estuário, as variações de curto prazo (horas/dias) dos parâmetros físicos e químicos são fortemente relacionados às condições meteorológicas (MAGNI *et al.* 1997) e às mudanças na descarga fluvial (EYRE

*et al.* 1999.; PAGE *et al.* 1995) e à estreita relação entre os parâmetros químicos da água e às oscilações da maré (VÖRÖSMARTY *et al.* 1994). Em estuários tropicais algumas diferenças são marcantes comparando-se com os estuários de regiões temperadas. Eyre *et al.* (1999) observaram que a pouca variação da insolação em latitudes baixas e médias e as maiores descargas fluviais acontecerem em estações chuvosas são particulares de regiões tropicais e sub-tropicais.

O estuário do Canal da Passagem possui algumas publicações na área química e bentônica (NETO *et al.* 2004, NALESSO *et al.* 2005), física (RIGO *et al.* 1993; CHACALTANA *et al.*, 2003) e planctônica (SCHAEFFER *et al.* 2005; STERZA *et al.* 2006). Para tanto, convém avaliar esse ecossistema de acordo com as variações espaciais e temporais de parâmetros de qualidade de água, tais como o oxigênio dissolvido, nutrientes, pH, temperatura, salinidade, material particulado em suspensão e turbidez (ALMEIDA *et al.* 2008).

Para tanto, o presente estudo tem como foco averiguar como a maré sizígia controla a variação diurna de alguns parâmetros químicos e físico-químicos (oxigênio dissolvido, amônia, fosfato, nitrato, pH, turbidez, temperatura, sólidos suspensos totais e salinidade) na coluna de água ao longo do Canal da Passagem em dois períodos (chuvoso e seco). Escolheu-se a maré sizígia para se ter uma melhor representatividade desta forçante, uma vez que marés de sizígia alcançam as maiores amplitudes verticais.

## **2 Área de Estudo**

Situado entre as 20°18'00", 20°15'00"S e 40°17'00", 40°19'12"W, o Canal da Passagem (Figura 1-1) é um braço de mar estreito e sinuoso que interliga a Baía de Vitória e a Baía do Espírito Santo, com uma profundidade máxima de 9m e média de 4,7m (GUIMARÃES, 1995). O Sistema Estuarino da Grande Vitória apresenta um fenômeno físico em particular, denominado de Tombo da Maré, o qual foi observado por Rigo *et al.* (1993), Guimarães (1995) e Maciel (2004). O Tombo da Maré é descrita por esses autores como resultado de uma convergência de ondas que é formada por uma coluna de água parada, a qual

sofre deslocamento em direção à Ponte da Passagem na maré vazante e em direção à jusante do estuário na maré enchente. De acordo com Barros (2002) e Maciel (2004), a componente da maré incidente na área é a  $M_2$  (componente lunar semidiurna de período igual a 12,4 h) e a maré vazante domina no Canal da Passagem tanto para as marés de sizígia e de quadratura.

A referida Ponte divide o canal da passagem em duas regiões, a região Sul do canal e a região Norte do canal, chamadas respectivamente de canal sul e canal norte. A sua presença altera o fluxo das marés, aumento o tempo de residência das águas na porção norte do canal (RIGO *et al.* 1993; CHACALTANA *et al.*, 2003), além disso, intensifica as correntes de maré enchente logo próximas à Ponte da Passagem, onde é observada a formação de vórtices (MACIEL, 2004).

Ao norte do Canal da Passagem, existe uma área de 20 km<sup>2</sup> de manguezal (HABTEC, 1997), o qual provavelmente exporta matéria orgânica para este sistema estuarino (NETO *et al.* 2006) e altera o padrão de escoamento dos fluxos pluviais e da maré em até 45% (CHACALTANA *et al.*, 2003). O Canal recebe drenagem continental majoritariamente do Rio Santa Maria da Vitória e em menor intensidade dos rios Bubu, Itananguá, Marinho e Aribiri (HABTEC, 1997).

O município de Vitória, com 314.042 habitantes (IBGE, 2007), drena boa parte de seus efluentes para a Baía de Vitória e o Canal da Passagem através das redes de drenagem. A outra parcela dos efluentes produzidos pelo município é tratada nas estações de Tratamento de Esgoto de Camburi (ETE Camburi) e Estação de Tratamento de Esgoto de Mulambá (ETE Mulambá), os quais também deságuam no Canal da Passagem, com as respectivas vazões médias 220 L/s e 204 L/s (média mensal calculada para o ano de 2007 para ETE Camburi e 2006 para ETE Mulambá, CESAN, 2007 *apud* MORAIS, 2008).

## 2.1 Aspectos Climáticos da Área de Estudo

O clima do Estado do Espírito Santo, segundo Köppen (1948, *apud* ALBINO, 1999), é tropical úmido, com temperaturas médias anuais de 23°C e volume de

precipitação superior a 1.400 mm por ano, especialmente concentrada no verão (MARQUES *et al.* 2004).

De acordo com Albino (1999), o padrão de ventos no estado é devido à entrada do quadrante E-NE e em eventos de tempestade são originados do quadrante S-SE.

### 3 Objetivos

Acompanhar a variação diurna dos principais parâmetros de qualidade de água (Temperatura, Salinidade, pH, Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Amoniaco Total, Nitrito, Nitrato e Fosfato) no Canal da Passagem durante a maré sizígia.

Objetivos específicos:

- a) Avaliar a variação desses parâmetros durante os dois momentos da maré (enchente e vazante) ao longo do Canal da Passagem;
- b) Verificar a variação espacial desses parâmetros ao longo dos cinco pontos monitorados e;
- c) Averiguar a variação temporal em três campanhas (março/08, julho/08 e outubro/08).

## 4 Metodologia

Realizou três campanhas no ano de 2008 (25 de março, 23 de julho e 31 de outubro) para coleta de amostras e dados físico-químicos *in situ* em cinco pontos amostrais (Tabela 4-1) durante a maré sizígia.

A escolha dos pontos foram estabelecidos com o intuito de privilegiar as variações de salinidade esperadas no estuário (todos os pontos), influência da ponte da Passagem (Ponto 2), das galerias pluviais (ponto 1, 2 e 4), influência das ETE's de Mulambá e Jardim Camburi (pontos 3 e 4) e influência da descarga fluvial e aporte do Rio Santa Maria (Ponto 5).

**Tabela 4-1:** Coordenadas em UTM dos pontos amostrais. *Datum* WGS 1984 Zona 24S

| Ponto | Latitude | Longitude |
|-------|----------|-----------|
| 1     | 365263   | 7755528   |
| 2     | 363916   | 7756216   |
| 3     | 362729   | 7757067   |
| 4     | 364063   | 7759694   |
| 5     | 362370   | 7760377   |

### 4.1 Amostragem

As amostras foram coletadas de hora em hora (ao longo de doze horas) simultaneamente nos cinco pontos. Em cada estação amostral coletaram-se amostras de 1L em subsuperfície e em fundo para a determinação dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrogênio amoniacal total, nitrito, nitrato e fosfato). Os parâmetros físico-químicos foram determinados ao longo da coluna d'água, a cada meio metro, com os aparelhos de medição *in loco* da marca Instrutemp®. Antes de cada coleta, esses instrumentos foram devidamente calibrados.

As amostras de água foram coletadas com as garrafas de *Van Dorn* e para a armazenagem para as análises dos nutrientes utilizaram-se garrafas de polietileno previamente descontaminados e etiquetadas. Essas amostras foram armazenadas em isopores contendo gelo para posterior análise em laboratório.

## 4.2 Análise em Laboratório

### 4.2.1 Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos

Logo após a coleta, as amostras foram filtradas com filtro de acetato de celulose com porosidade de 0,45  $\mu\text{m}$  para posterior análise dos nutrientes.

#### 4.2.1.1 Fosfato inorgânico dissolvido

O método de Murphy & Riley (1962, *apud* BAUMGARTEN *et al.*, 1996) foi utilizado, o qual consiste na dosagem do fósforo sob suas formas de íons ortofosfatos que reagem com o molibdato de amônio em meio ácido, formando um complexo fosfomolibdato. Esse complexo é então reduzido pelo ácido ascórbico, resultando num composto azul, cuja absorção máxima em um espectrofotômetro visível-UV é a 885nm de comprimento de onda (BAUMGARTEN *et al.*, 1996). Os resultados serão expressos em  $\mu\text{M}$  e o limite de detecção é de 0,02 $\mu\text{M}$ .

#### 4.2.1.2 Nitrito inorgânico dissolvido

Utilizou-se o método de Bendschneider & Robinson (1952, *apud* BAUMGARTEN *et al.*, 1996) que é fundamentado na Reação de Griess. O princípio de análise é baseado na formação de um íon diazóico entre os íons nitrito e a sulfanilamida em meio ácido que reage com o N-naftil etilindiamina para formar um composto rosa-avermelhado, cuja absorção máxima em um espectrofotômetro-UV é a 543nm (BAUMGARTEN *et al.*, 1996). Os resultados ~~serão foram~~ expressos em  $\mu\text{M}$  e o limite de detecção é de 0,01  $\mu\text{M}$ .

#### 4.2.1.3 Nitrato inorgânico dissolvido

Nessa análise reduziu-se nitrato à nitrito em uma coluna redutora de cádmio (CARMOUZE, 1994). Conforme as amostras são reduzidas, a eficiência da coluna redutora foi verificada, sendo que o limite de eficiência de redução foi sempre superior a 92%. As amostras reduzidas foram determinadas quanto à

concentração de nitrito pelo método de sulfanilamida e leitura em espectrofotômetro em 540nm (CARMOUZE, 1994). Os resultados serão expressos em  $\mu\text{M}$  e o limite de detecção é de 0,05  $\mu\text{M}$ .

#### 4.2.1.4 Nitrogênio amoniacal total

Como a amônia é bastante volátil, esse nutriente foi analisado na medida em que as amostras eram trazidas de campo para o laboratório, não ultrapassando 30 horas após a coleta. Utilizou-se o método de Koroleff (1969, *apud* BAUMGARTEN *et al.*, 1996) com leitura das amostras em um espectrofotômetro a 630nm. Os resultados serão expressos em  $\mu\text{M}$  e o limite de detecção é de 0,05  $\mu\text{M}$ .

### 4.3 Tratamento Estatístico

Os dados foram devidamente analisados enquanto a sua normalidade com a aplicação do teste *Shapiro-Wilk*. Para as distribuições normais, foi aplicado ANOVA *One-way* para verificar diferenças significativas entre:

- Campanhas amostrais (março, julho e outubro de 2008);
- Marés (enchente e vazante);
- Pontos amostrais (P1 – P5);
- Profundidade.

Nos dados com distribuições não normais, aplicou-se o teste de *Kruskal-Wallis* para verificar os mesmos pressupostos acima itenizados. A estatística que será apresentada para os parâmetros cuja distribuição terá resultado significativo, ou seja, com valores médios distintos, é o “F” para distribuição normal e o “H” para a distribuição não normal. Nos casos em que se encontraram diferenças espaciais significativas das médias, se aplicou o teste *t* de *student* (para as distribuições normais) e o teste *U* de *Mann-Whitney* (para as distribuições não normais), com o intuito de se analisar numericamente a distinção entre pares

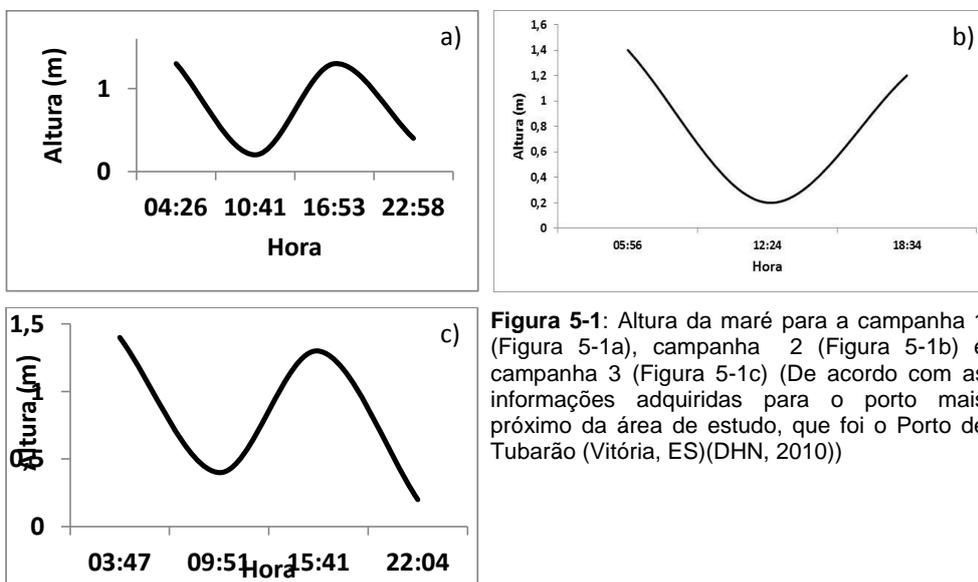
de pontos. As matrizes contendo os valores de  $t$  e de  $U$  estão apresentadas no Anexo deste documento.

E por fim, para verificar a causa da variabilidade dos dados foi efetuado uma Análise de Componentes Principais, em que foi utilizado o método de rotação de Varimax. Este método faz com que, para cada componente principal, existam pesos significativos e todos os outros sejam próximos de zero. Dessa forma, esse tipo de rotação maximiza a variação entre os pesos de cada componente principal e assim, se torna mais fácil de verificar quais parâmetros tem mais peso na variabilidade dos dados (SCRIMSHAW *et al.*, 2001; FIELD, 2000).

## 5 Resultados e Discussão

### 5.1 Variação da Maré

As variações da maré da campanha 1, realizada em 25/03/08, campanha 2, feita em 23/07/08 e campanha 3, realizada em 31/10/2008, estão representadas na Figura 5.1.



**Figura 5-1:** Altura da maré para a campanha 1 (Figura 5-1a), campanha 2 (Figura 5-1b) e campanha 3 (Figura 5-1c) (De acordo com as informações adquiridas para o porto mais próximo da área de estudo, que foi o Porto de Tubarão (Vitória, ES)(DHN, 2010))

Nos meses de março e outubro, a variação da maré foi similar, em que a vazante e a enchente ocorreram praticamente no mesmo horário. A estofa da maré ocorreu entre 16:00 e 17:00H na campanha 1, enquanto que na terceira campanha esse evento ocorreu 1 hora antes, entre 15:00 e 16:00H. Em julho, o mês mais seco em relação aos outros dois, observou-se que a baixamar ocorreu depois das 12:00H, praticamente três e quatro horas de defasagem em relação as marés de março e de julho, respectivamente.

A variação da altura da maré não apresentou diferenças marcantes nos meses estudados (1,1 m para março e julho; e 1 m para outubro).

## 5.2 Parâmetros Físico-químicos (Temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido)

Entre os parâmetros físico-químicos, a temperatura foi o único que apresentou diferença significativa entre as médias por campanha amostral ( $F=18,99$ ;  $p<0,01$ ), o que reflete o padrão de distribuição regular do ciclo radiativo anual, característico de regiões tropicais (EYRE *et al.*, 1999). Observa-se que nos meses chuvosos (março e outubro) as médias foram superiores a registrada para o mês seco (julho), com valores de 28,08 °C, 27,68 °C e 25,17 °C, respectivamente. A maré não alterou a variação da temperatura ao longo dos meses estudados ( $p>0,01$ ), em que se nota que os valores médios entre as marés por campanha amostral ficaram muito próximas uma da outra, tal como pode ser identificado em março, cuja variação entre vazante e enchente foi inferior a 1,5 °C (Tabela 5-2).

Em outros estudos (MARINS *et al.*, 2003; FREITAS *et al.*, 2006; ESCHRIQUE *et al.*, 2008), nos quais se observaram a influência da maré na variação temperatura e também de outros parâmetros (Oxigênio Dissolvido, clorofila *a* e Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos) em estuários tropicais, verificou-se um nítido gradiente espacial da temperatura, onde a foz apresentou menores valores devido a característica térmica da água marinha, a qual é relativamente mais fria do que as águas fluviais (LIBES, 1992).

A variação da maré, conforme os dados adquiridos pelo DHN, não influenciaram significativamente os valores da salinidade entre a vazante e a enchente ( $p>0,05$ ), o que pode ser devido à interferência das planícies de inundação dominada por manguezais na assimetria da maré, observada por Barros Filho (2002) para essa região de estudo. Este mesmo resultado foi encontrado por Duarte *et al.* (2000) e Santos *et al.* (2000) em estuários de regiões tropicais que possuem manguezal.

Foreman *et al.* (1989) delineiam fisicamente esse processo, em que a distorção da maré durante sua propagação em estuários é devido tanto a dissipação da

energia associada a ação das tensões de atritos geradas essencialmente pelo fundo, quanto por perdas de energias não lineares das suas principais componentes. As forças de atrito geradas pelo fundo diminuem a amplitude da maré e criam atrasos em suas fases, e as transferências de energias não lineares produzem componentes de maré secundárias, com amplitudes e fases distintas (FOREMAN *et al.*, 1989).

Deve-se ressaltar também que outros fatores podem interferir na distorção da maré em estuários, tais como o transporte sedimentar em suspensão, a geometria do estuário e a ação de correntes estuarinas não controladas pela maré (i.e. de origem fluvial e oceânica)(SPEER *et al.*, 1991).

A salinidade apresentou diferença significativa dos seus valores médios somente entre os pontos amostrais ( $F=6,47$ ;  $p<0,01$ ). Em março, o ponto mais a jusante do estuário (P1) apresentou valores médios distintos dos outros, cuja diferença máxima observada foi entre este ponto e o P5 ( $t=4,77$ ;  $p<0,001$ , ver Anexo). Nos outros meses (julho e outubro), se verificou diferenças entre os pontos dentro do estuário, sendo que no mês seco a distinção espacial mais acentuada foi entre os P2 e P4 ( $t=10,41$ ;  $p<0,001$ , ver Anexo) e para o mês chuvoso (outubro) a distinção mais marcante foi entre os P3 e P5 ( $t=10,09$ ;  $p<0,001$ , ver Anexo). Esses pontos mais a montante do estuário, P4 e P5, apresentaram, nesses meses, valores relativamente menores de salinidade em relação aos pontos interiores (P2 e P3) devido ao fato de estarem mais próximos dos cursos fluviais que desaguam no Canal da Passagem.

Observa-se que no P2 em março (Figura 5-2 b), este parâmetro apresentou a maior variação ( $\pm 14,18$  PSU), quase o dobro da segunda maior variação identificada para este mês (P5;  $\pm 7,66$  PSU), além disso, no ponto próximo a Ponte da Passagem (P2) registrou-se concentrações de sais tão altas quanto 45,60 PSU (Figura 5-2 b). Leone (2007) observou a formação de vórtices próxima a referida ponte, a qual altera o campo de velocidades e cria esse processo. A geração de vórtices pode proporcionar a ressuspensão de solutos e poluentes que outrora se encontravam soterrados nos sedimentos

umentando a salinidade (McANALLY *et al.* 2001; BAPTISTA NETO *et al.*, 2008).

Os vórtices turbulentos também provocam o aumento na dissolução dos gases (LIBES, 1992), o que, provavelmente, contribuiu com as condições óxicas no P2 (média=9,84 mg/L;  $\pm 4,70$  mg/L) para este mês. O ponto a jusante (P1) teve uma concentração média similar (9,82 mg/L;  $\pm 2,95$  mg/L). A menor concentração observada para o mês de março foi no P3 (média=7,15 mg/L;  $\pm 1,79$  mg/L), enquanto que as maiores concentrações foram identificadas nos P4 (média=10,85 mg/L;  $\pm 1,46$  mg/L) e P5 (média=13,15 mg/L;  $\pm 3,93$  mg/L). Esses resultados foram significativamente diferentes, em que a mais acentuada foi estabelecida entre P1 e P3 ( $U=92$ ;  $p<0,003$ , ver Anexo).

Nos meses de julho e outubro também se constataram diferenças espaciais significativas, permitindo indicar uma variação espacial do OD durante todo o estudo ( $H=14,12$ ;  $p<0,01$ ;  $N=205$ ), sendo as mais representativas notadas entre os pontos P1 e P3 ( $U=92,00$ ;  $p<0,01$  – março) e P2 e P5 ( $U=57,00$ ;  $p<0,01$  - julho).

Em julho, assim como em março, se observa uma elevada concentração deste gás nos P4 e P5, enquanto que em outubro, esses pontos apresentaram concentrações inferiores aos demais (Figura 5-2 d). Para o P4, se identificou uma correlação de *Spearman* negativa com a temperatura neste mesmo ponto em outubro ( $\rho = -0,451$ ;  $p<0,01$ ;  $N=24$ ). O aumento da temperatura, diminui a solubilidade dos gases. O controle inversamente linear da temperatura na concentração de OD também pode explicar as baixas concentrações deste parâmetro no P1 em outubro ( $\rho = -0,406$ ;  $p<0,05$ ;  $N=21$ ), onde se registrou a menor média para todo o estudo (média= 1,50 mg/L;  $\pm 0,50$  mg/L). O OD no P5, por outro lado, não teve sua concentração controlada pela temperatura ( $\rho = -0,302$ ;  $p>0,05$ ;  $N=14$ ) em outubro (Figura 5-2 d). Diaz *et al.* (2008) ressaltam que episódios duradouros de concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 2 mg/L em estuários podem desencadear uma série de problemas, tais como mudança de comportamento dos organismos bênticos e em mortalidade de ictiofauna.

O OD, juntamente com o pH, apresentaram variações temporais significativas ( $H=60,09$ ;  $p<0,01$  e  $H=40,00$ ;  $p<0,01$ , respectivamente), indicando o acoplamento existente entre as reações de redox no sistema (LIBES, 1992). Nos meses de março e julho, as concentrações médias do oxigênio foram semelhantes, com valores de 10,08 mg/L e 10,70 mg/L, respectivamente; por outro lado, o mês de outubro obteve concentrações médias de 5,75 mg/L. O pH, apesar da diferença temporal significativa, os valores médios se mantiveram neutros, entretanto, se registrou valores caracterizados como ácidos em todos os meses (5,59 – março; 6,43 – julho; 5,60 – outubro).

A maré não influenciou a variação tanto do OD quanto do pH, mostrando que os processos físicos de mistura e renovação com água mais oxigenada, geralmente proveniente do mar (WEBB *et al.*, 1980), não foram responsáveis pela concentração destes parâmetros no período estudado, conforme pode ser observado na Tabela 5-2. Como foi dito acima, a variação espaço-temporal foram mais representativos na concentração destes parâmetros. STERZA *et al.*, 2006 e SCHAEFFER *et al.* 2005, entretanto, concluíram em seus estudos realizados na mesma área que há uma influência da maré na variabilidade desses parâmetros. Porém, deve-se ressaltar que esses autores realizaram somente uma análise descritiva, sem a aplicação de testes estatísticos.

Não foram observadas, tão pouco, diferenças significativas destes parâmetros ao longo da coluna de água, o que, provavelmente, se deve ao fato da profundidade do canal, cuja média de 4,6 metros permite a troca vertical dos constituintes e assim, dificulta a formação de estratificações (DAY *et al.*, 1989).

**Tabela 5-1:** Estatística descritiva dos Parâmetros Físico-químicos por campanha amostral. N=número de amostra, Média=Média aritmética, d.p.=desvio-padrão, Máximo=Valor máximo registrado e Mínimo=Valor mínimo registrado.

| Mês/Ano    | Estatística | Temperatura<br>(°C) | Salinidade<br>(PSU) | pH   | OD<br>(mg/L) |
|------------|-------------|---------------------|---------------------|------|--------------|
| Março/08   | N           | 82                  | 82                  | 82   | 82           |
|            | Média       | 28,08               | 22,03               | 7,47 | 10,08        |
|            | d.p.        | 2,02                | 9,24                | 0,60 | 3,78         |
|            | Máximo      | 33,20               | 45,60               | 8,42 | 23,50        |
|            | Mínimo      | 24,90               | 2,30                | 5,59 | 4,00         |
| Julho/08   | N           | 51                  | 51                  | 51   | 51           |
|            | Média       | 25,17               | 21,50               | 7,84 | 10,70        |
|            | d.p.        | 1,89                | 4,74                | 0,45 | 3,87         |
|            | Máximo      | 30,10               | 33,50               | 8,59 | 22,20        |
|            | Mínimo      | 20,60               | 11,60               | 6,43 | 4,20         |
| Outubro/08 | N           | 72                  | 72                  | 72   | 72           |
|            | Média       | 27,68               | 20,51               | 7,42 | 5,78         |
|            | d.p.        | 1,78                | 6,18                | 0,38 | 5,70         |
|            | Máximo      | 34,40               | 35,61               | 8,07 | 25,50        |
|            | Mínimo      | 24,40               | 5,53                | 5,60 | 0,40         |

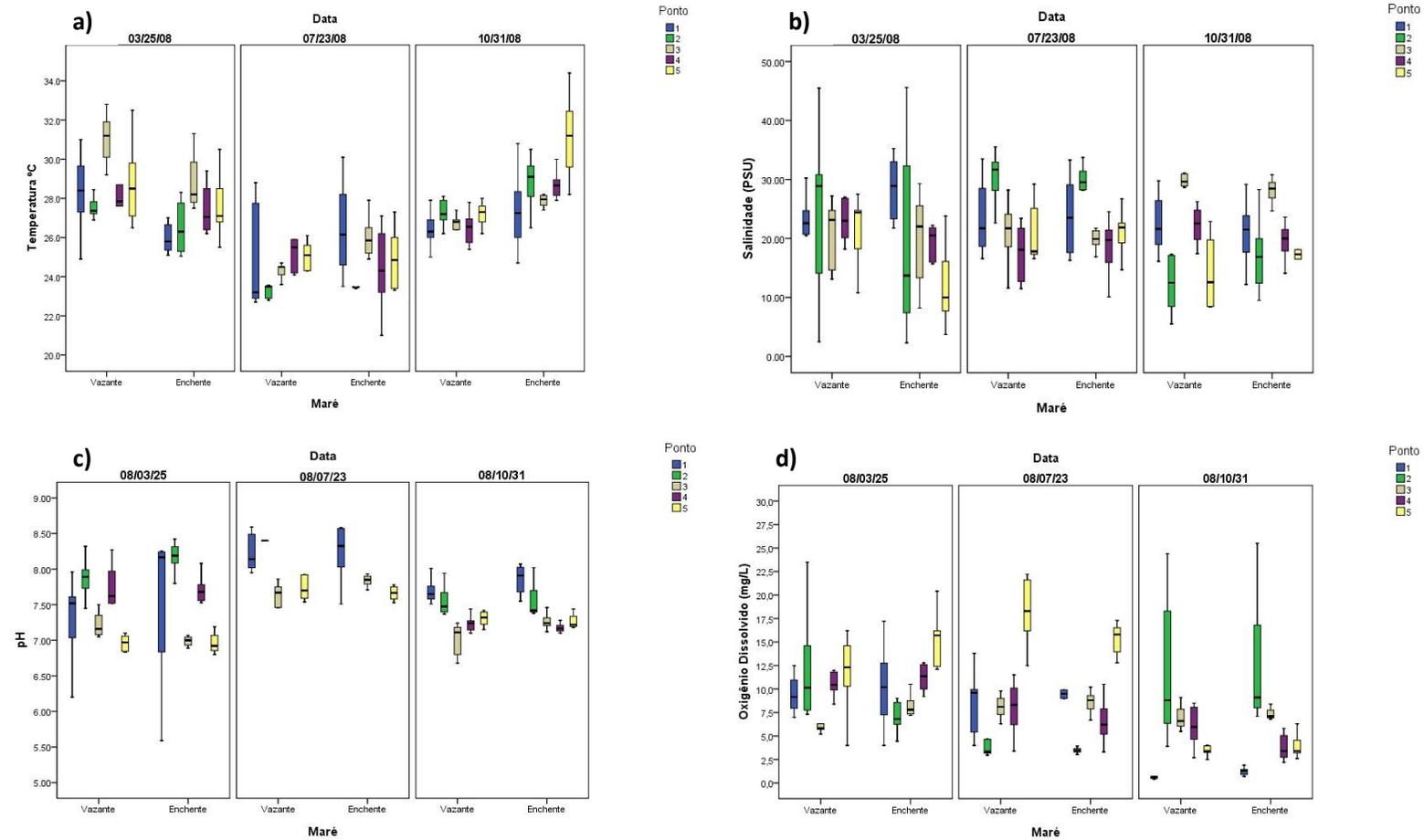
**Tabela 5-2:** Estatística descritiva dos Parâmetros Físico-químicos por campanha amostral categorizando-se por maré (V=Vazante; E=Enchente). N=número de amostra, Média=Média aritmética, d.p.=desvio-padrão, Máximo=Valor máximo registrado e Mínimo=Valor mínimo registrado.

| Mês/Ano  | Maré | Estatística | Temperatura<br>(°C) | Salinidade<br>(PSU) | pH   | OD<br>(mg/L) |
|----------|------|-------------|---------------------|---------------------|------|--------------|
| Março/08 | V    | N           | 38                  | 38                  | 38   | 38           |
|          |      | Média       | 28,67               | 23,16               | 7,40 | 10,33        |
|          |      | d.p.        | 2,00                | 7,76                | 0,49 | 3,98         |
|          |      | Máximo      | 32,8                | 45,50               | 8,27 | 23,50        |
|          |      | Mínimo      | 24,9                | 2,50                | 6,20 | 4,00         |
|          | E    | N           | 44                  | 44                  | 44   | 44           |
|          |      | Média       | 27,48               | 21,06               | 7,53 | 9,87         |
|          |      | d.p.        | 1,88                | 10,34               | 0,68 | 3,63         |
|          |      | Máximo      | 33,20               | 45,60               | 8,42 | 20,40        |
|          |      | Mínimo      | 25,00               | 2,30                | 5,59 | 4,00         |

(Continua)

Tabela 5-2 (continuação)

| Mês/Ano    | Maré | Estatística | Temperatura (°C) | Salinidade (PSU) | pH   | OD (mg/L) |
|------------|------|-------------|------------------|------------------|------|-----------|
| Julho/08   | V    | N           | 25               | 25               | 25   | 25        |
|            |      | Média       | 24,66            | 21,78            | 7,76 | 10,86     |
|            |      | d.p.        | 1,60             | 4,85             | 0,54 | 4,44      |
|            |      | Máximo      | 28,80            | 33,50            | 8,59 | 22,20     |
|            |      | Mínimo      | 20,60            | 11,60            | 6,43 | 6,3       |
|            | E    | N           | 26               | 26               | 26   | 26        |
|            |      | Média       | 25,98            | 21,23            | 7,93 | 10,55     |
|            |      | d.p.        | 1,78             | 4,70             | 0,32 | 3,33      |
|            |      | Máximo      | 30,10            | 33,30            | 8,58 | 17,30     |
|            |      | Mínimo      | 23,30            | 12,70            | 7,51 | 4,20      |
| Outubro/08 | V    | N           | 33               | 33               | 33   | 33        |
|            |      | Média       | 26,71            | 21,15            | 7,33 | 5,89      |
|            |      | d.p.        | 0,94             | 7,37             | 0,42 | 5,58      |
|            |      | Máximo      | 28,50            | 35,61            | 8,01 | 24,40     |
|            |      | Mínimo      | 24,50            | 5,53             | 5,60 | 0,40      |
|            | E    | N           | 39               | 39               | 39   | 39        |
|            |      | Média       | 28,49            | 19,97            | 7,49 | 5,70      |
|            |      | d.p.        | 1,92             | 5,01             | 0,33 | 5,87      |
|            |      | Máximo      | 34,40            | 29,17            | 8,07 | 25,50     |
|            |      | Mínimo      | 24,70            | 9,51             | 7,10 | 0,70      |



**Figura 5-2:** Gráficos *Boxplot* (caixa) da distribuição da Temperatura (a), Salinidade (b), pH (c) e Oxigênio Dissolvido (d) nas campanhas de Março, Julho e Outubro, categorizadas pela maré vazante e enchente. Devido problemas logísticos, não foram medidos os valores de pH nos pontos 2 e 4 em Julho. 50% dos dados encontram-se dentro da caixa, a linha que corta a caixa é a mediana e as linhas se estendem acima e abaixo da caixa até a localização da maior e da menor observação.

### 5.3 Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos (Nitrogênio Amoniacal Total, Nitrito, Nitrato, Fosfato)

O Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) apresentou diferenças significativas somente entre as médias dos valores por campanha amostral ( $H=6,09$ ;  $p<0,05$ ), enquanto todos os demais nutrientes obtiverem resultados significativamente distintos para campanha amostral ( $H=102,37$  – Nitrogênio Amoniacal Total;  $H=33,35$  – Nitrito e  $H=63,37$  - Fosfato) e ponto amostral ( $H=30,20$  – Nitrogênio Amoniacal Total;  $H=10,14$  – Nitrito e  $H=35,75$  - Fosfato), todos com uma confiabilidade de 99%.

A Tabela 5-3 mostra que nos meses chuvosos (março e outubro), as concentrações médias de Nitrogênio Amoniacal Total (NAT), Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) foram superiores ao mês seco, indicando que a pluviosidade foi um parâmetro fundamental no aumento da concentração destes nutrientes no Canal da Passagem. Esse resultado era esperado, já que o maior fluxo dos rios, devido ao aumento da pluviosidade, traz consigo uma quantidade maior de material orgânico e inorgânico de toda a bacia hidrográfica (RODRIGUES, 2009.; PEREIRA *et al.* 2010; MARTINS *et al.*, 2009).

A Bacia do Rio Santa Maria da Vitória possui como principais atividades que geram altas cargas de nutrientes, tal como diluição de efluentes (HABITEC, 1997), que são descarregados diretamente no Canal da Passagem. Castro (2001) salientou que aliado à entrada de nutrientes provenientes da descarga fluvial, há também as entradas locais, como as ETE e as galerias pluviais, as quais despejam uma elevada concentração de matéria orgânica. Dalmaschio (2008) observou ainda que a competência do Rio Santa Maria da Vitória é intensificada nos meses chuvosos.

A maré (Tabela 5-4) e a profundidade, assim como para os parâmetros Físico-químicos tratados na seção 5.2, não influenciaram na concentração dos nutrientes inorgânicos dissolvidos durante o período estudado. Braga *et al.* (2000), observaram que o sistema estuarino da Baixada Santista (SP) encontra-se intensamente eutrofizado por conta dos despejos de efluentes

domésticos e industriais e que a ação da maré não foi suficiente para diluí-los de forma a diminuir a concentração dos nutrientes. Resultado similar foi encontrado por Niencheski *et al.* (1994) na Lagoa dos Patos (RS), que associaram as altas concentrações de nitrogênio e fósforo inorgânico dissolvido a ocupação de refinarias de petróleo e indústrias de fertilizantes.

**Tabela 5-3:** Estatística descritiva dos Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos por campanha amostral. N=número de amostra, Média=Média aritmética, d.p.=desvio-padrão, Máximo=Valor máximo registrado e Mínimo=Valor mínimo registrado.

| Mês/Ano    | Estatística | NAT ( $\mu\text{M}$ ) | $\text{NO}_2^-$ ( $\mu\text{M}$ ) | $\text{NO}_3^-$ ( $\mu\text{M}$ ) | $\text{PO}_4^{3-}$ ( $\mu\text{M}$ ) |
|------------|-------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Março/08   | N           | 82                    | 82                                | 82                                | 82                                   |
|            | Média       | 41,81                 | 2,32                              | 6,30                              | 1,47                                 |
|            | d.p.        | 21,29                 | 1,41                              | 3,54                              | 0,91                                 |
|            | Máximo      | 102,00                | 6,58                              | 23,85                             | 4,51                                 |
|            | Mínimo      | 5,97                  | 0,16                              | 0,41                              | 0,11                                 |
| Julho/08   | N           | 51                    | 51                                | 51                                | 51                                   |
|            | Média       | 16,15                 | 1,39                              | 7,89                              | 1,09                                 |
|            | d.p.        | 9,28                  | 0,59                              | 3,87                              | 0,73                                 |
|            | Máximo      | 18,57                 | 2,71                              | 19,04                             | 4,19                                 |
|            | Mínimo      | 1,11                  | 0,07                              | 1,94                              | 0,07                                 |
| Outubro/08 | N           | 72                    | 72                                | 72                                | 72                                   |
|            | Média       | 51,11                 | 2,34                              | 8,19                              | 2,51                                 |
|            | d.p.        | 23,97                 | 1,29                              | 2,70                              | 1,51                                 |
|            | Máximo      | 126,10                | 4,93                              | 16,38                             | 8,18                                 |
|            | Mínimo      | 8,19                  | 0,04                              | 3,93                              | 0,27                                 |

**Tabela 5-4:** Estatística descritiva dos Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos por campanha amostral, categorizados por maré (V=Vazante; E=Enchente). N=Número de amostra, Média=Média aritmética, d.p.=Desvio-padrão, Máximo=Valor máximo registrado e Mínimo=Valor mínimo registrado.

| Mês/Ano  | Maré | Estatística | NAT ( $\mu\text{M}$ ) | $\text{NO}_2^-$ ( $\mu\text{M}$ ) | $\text{NO}_3^-$ ( $\mu\text{M}$ ) | $\text{PO}_4^{3-}$ ( $\mu\text{M}$ ) |
|----------|------|-------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Março/08 | V    | N           | 38                    | 38                                | 38                                | 38                                   |
|          |      | Média       | 43,55                 | 2,54                              | 6,11                              | 1,41                                 |
|          |      | d.p.        | 18,02                 | 1,28                              | 3,22                              | 0,88                                 |
|          |      | Máximo      | 74,52                 | 6,02                              | 23,85                             | 3,97                                 |
|          |      | Mínimo      | 11,53                 | 0,52                              | 0,56                              | 0,15                                 |
|          | E    | N           | 44                    | 44                                | 44                                | 44                                   |
|          |      | Média       | 40,31                 | 2,13                              | 6,47                              | 1,52                                 |
|          |      | d.p.        | 23,86                 | 1,50                              | 3,83                              | 0,94                                 |
|          |      | Máximo      | 102,00                | 6,58                              | 15,88                             | 4,51                                 |
|          |      | Mínimo      | 5,97                  | 0,16                              | 0,41                              | 0,11                                 |

(Continua)

Tabela 5-4 (Continuação)

| Mês/Ano    | Maré | Estatística | NAT ( $\mu\text{M}$ ) | $\text{NO}_2^-$ ( $\mu\text{M}$ ) | $\text{NO}_3^-$ ( $\mu\text{M}$ ) | $\text{PO}_4^-$ ( $\mu\text{M}$ ) |
|------------|------|-------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Julho/08   | V    | N           | 25                    | 25                                | 25                                | 25                                |
|            |      | Média       | 16,98                 | 1,27                              | 7,51                              | 1,02                              |
|            |      | d.p.        | 8,59                  | 0,55                              | 3,62                              | 0,85                              |
|            |      | Máximo      | 48,57                 | 2,43                              | 19,04                             | 4,19                              |
|            |      | Mínimo      | 4,75                  | 0,18                              | 3,04                              | 0,07                              |
|            | E    | N           | 26                    | 26                                | 26                                | 26                                |
|            |      | Média       | 15,36                 | 1,50                              | 8,25                              | 1,16                              |
|            |      | d.p.        | 10,01                 | 0,61                              | 4,14                              | 0,59                              |
|            |      | Máximo      | 39,11                 | 2,71                              | 16,47                             | 2,53                              |
|            |      | Mínimo      | 1,11                  | 0,07                              | 1,94                              | 0,11                              |
| Outubro/08 | V    | N           | 33                    | 33                                | 33                                | 33                                |
|            |      | Média       | 47,13                 | 2,07                              | 8,61                              | 2,23                              |
|            |      | d.p.        | 20,45                 | 1,24                              | 2,93                              | 1,34                              |
|            |      | Máximo      | 76,07                 | 4,20                              | 16,38                             | 5,41                              |
|            |      | Mínimo      | 8,76                  | 0,04                              | 4,07                              | 0,33                              |
|            | E    | N           | 39                    | 39                                | 39                                | 39                                |
|            |      | Média       | 54,49                 | 2,56                              | 7,83                              | 2,75                              |
|            |      | d.p.        | 26,39                 | 1,31                              | 2,46                              | 1,61                              |
|            |      | Máximo      | 126,10                | 4,93                              | 13,02                             | 8,18                              |
|            |      | Mínimo      | 8,19                  | 0,11                              | 3,93                              | 0,27                              |

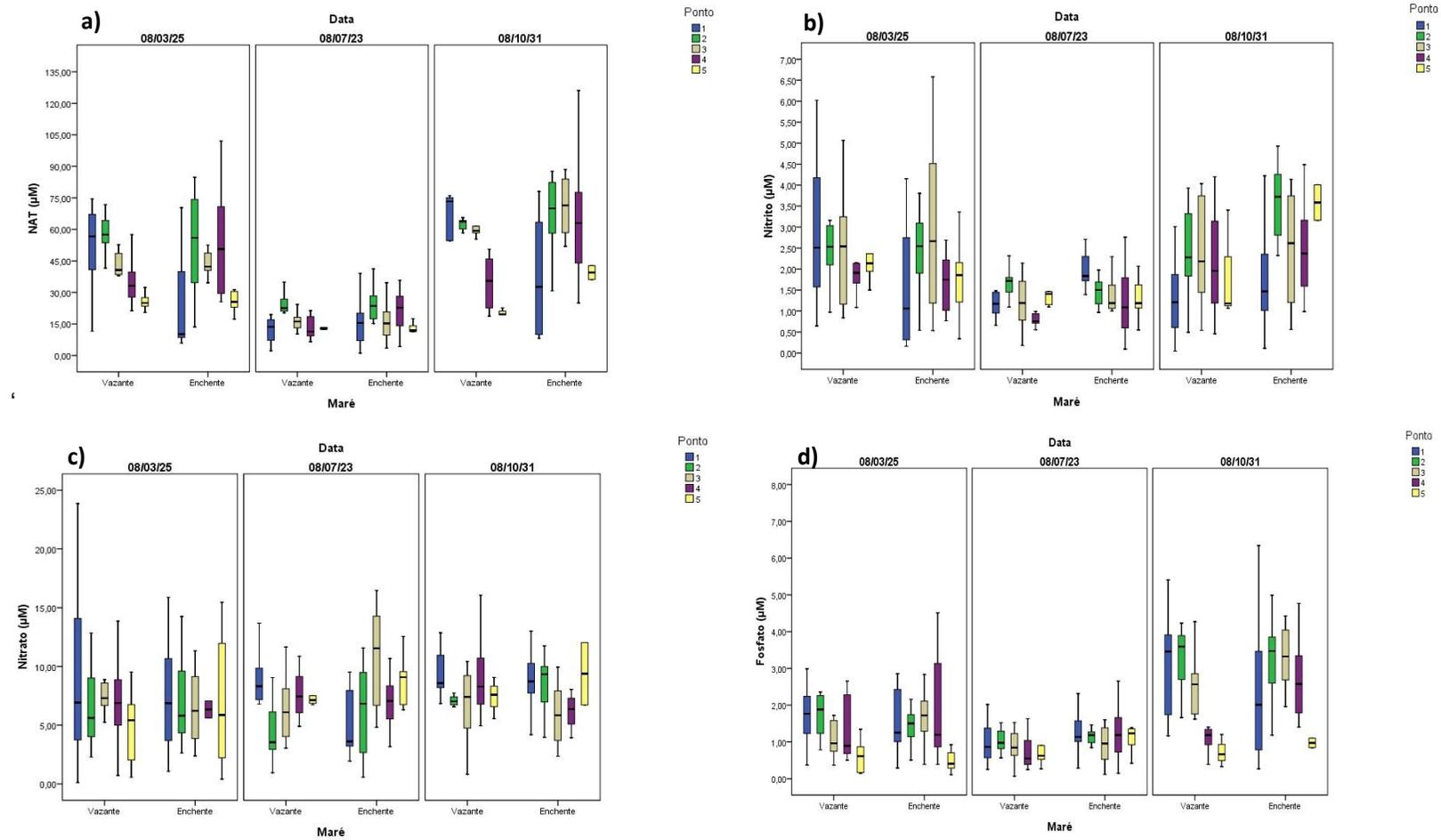
Em ambientes costeiros não poluídos, valores médios de NAT,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}_3^-$  são consideradas aceitáveis se estiverem próximas de 5  $\mu\text{M}$ , 1  $\mu\text{M}$  e 15  $\mu\text{M}$ , respectivamente (Aminot et al., 1983). Para o Fósforo, se observa comumente uma concentração em torno de 1,2  $\mu\text{M}$  em estuários não poluídos (LISS, 1976). Segundo Baumgarten *et al.*, (2001), altas concentrações de NAT e Fósforo são comumente associados a locais com elevada entrada de matéria orgânica de origem antrópica (i.e. esgoto). Para o NAT, Görbényi *et al.* (2005) o destacam como um eficaz traçador químico de matéria orgânica recentemente degradada.

As elevadas concentrações dos nutrientes analisados indicam que o Canal da Passagem é alvo de intensos despejos recentes de matéria orgânica, que pode ser de esgoto tanto de origem doméstica e industrial quanto do manguezal. A influência do despejo dos efluentes também foram observados por Neto *et al.* (2006), NALESSO *et al.* (2005), STERZA *et al.* (2006) e JESUS *et al.* (2004) para a mesma área de estudo. Reforça-se esse argumento pela escala de

valores observados para o NAT, a qual é bem superior em relação aos demais nutrientes nitrogenados inorgânicos (Figura 5-3). Enquanto que para o Nitrito e o Nitrato os valores foram encontrados na faixa de 0 a 6,50  $\mu\text{M}$  e 0 a 25,00  $\mu\text{M}$ , respectivamente, tem-se uma faixa de concentrações de 0 a 125,00  $\mu\text{M}$  para o Nitrato.

Como pode ser observado na Figura 5-3 a, os valores mais elevados de NAT se concentraram entre os pontos P1 a P3, sendo que nos pontos mais próximos do Rio Santa Maria da Vitória (P4 e P5), os valores foram relativamente inferiores. O mesmo pode ser dito para  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ , cujas concentrações mais acentuadas foram proeminentes nos pontos P1 a P3. Esse fato possibilitou que houvesse uma variação espacial significativa (ver Anexo), tal como foi dito anteriormente, e essas diferenças ocorreram principalmente entre os pontos mais a jusante (P1 ao P3) e montante (P4 e P5).

Ressalta-se que para a maioria dos pontos (considerando-se todas as campanhas), as concentrações de NAT ficaram bem acima de 5  $\mu\text{M}$  (Figura 5-3 a), o mesmo pode ser visto para o  $\text{NO}_2^-$  (Figura 5-3 b), com valores acima de 1  $\mu\text{M}$ . O  $\text{PO}_4^{3-}$ , por outro lado, apresentou concentrações acima de 1,2  $\mu\text{M}$  principalmente nos P1 a P3, ainda assim, essa configuração foi observada nos meses chuvosos (Figura 5-3 d).



**Figura 5-3:** Gráficos *Boxplot* (caixa) da distribuição do NAT (a), Nitrito (b), Nitrato (c) e Fosfato (d) nas campanhas de Março, Julho e Outubro, categorizadas pela maré vazante e enchente. A título de esclarecimento, 50% dos dados encontram-se dentro da caixa, a linha que corta a caixa é a mediana e as linhas se estendem acima e abaixo da caixa até a localização da maior e da menor observação.

A região de influência do efluente tratado da ETE de Jardim Camburi se dá mais diretamente nos pontos mais a jusante (P1 ao P3), além disso, deve-se destacar que nessa área há a presença de galerias pluviais. As galerias de drenagem pluviais possuem uma elevada concentração de poluentes, tanto de origem orgânica e quanto inorgânica (TUCCI *et al.*,2005), sendo que em épocas de elevadas precipitações, há um aumento quantitativo desses constituintes, devido a elevação da lavagem das superfícies urbanizadas (FAULKNER, 1999).

**Tabela 5-5:** Intervalo de concentrações de Nitrogênio Amoniacal Total em alguns complexos estuarinos no mundo e no Brasil. Atualizada de Mendes Filho (2009).

| Valores de NAT  |                       |                            |
|---|-----------------------|----------------------------|
| Rio / Estuário  | NAT ( $\mu\text{M}$ ) | Referência                 |
| Zaire – África  | 0,50                  | VAN BENNEKON, 1978         |
| Mississipi – EUA  | <4,00                 | DEGENS, 1988               |
| Ganges - Índia  | 10,00                 | DEGENS, 1988               |
| Reno – Europa   | 90,00                 | CHESTER, 1998              |
| Bermejo – Argentina   | 1,00 a 27,70          | PEDROZO <i>et al.</i> 1987 |
| Bacanga – São Luís (MA)                                     | 1,00 a 100,00         | MELO, 1998                 |
| Lagoa dos Patos (RS), com aportes de efluentes domésticos.  | 28,60 a 35,80         | BAUMGARTEN, 2003           |
| Lagoa dos Patos (RS), sem aportes antrópicos.               | 13,20 a 16,60         | BAUMGARTEN, 2003           |
| Lagoa dos Patos (RS), com aportes de efluentes industriais. | 24,50 a 27,30         | BAUMGARTEN, 2003           |
| Paciência – Paço do Lumiar (MA).                            | 0,55 a 86,20          | MENDES FILHO (2009)        |
| Canal da Passagem – Vitória (ES)                            | 1,11 a 126,10         | Este estudo                |

A Tabela 5-5 mostra os valores de NAT em diversos rios-estuários do mundo. O Reno é um rio europeu poluído, que em 1993 já apresentava valores médios de 90  $\mu\text{M}$  (CHESTER, 1998). Melo (1998) identificou valores de NAT de até 100  $\mu\text{M}$  no rio Bacanga em São Luís do Maranhão, onde o sistema de tratamento de esgoto é ineficiente e/ou inexistente. O presente trabalho

apresentou a maior faixa de valores de NAT, indicando que o Canal da Passagem encontra-se sob intenso aporte de matéria orgânica, comparáveis com outros estuários poluídos no Brasil e em outros países.

#### 5.4 Análise de Componentes Principais

A Tabela 5-6 mostra a Análise de Componentes Principais (ACP) de todos os parâmetros estudados, os quais estão unidos pela linha com origem nas coordenadas 0,0,0. Essa figura foi elaborada a partir da extração dos dados expostos na Tabela 5-6, cujos autovetores aceitos como fatores significantes (i.e. componentes principais) foram aqueles acima de 1 (ZITKO, 2004).

**Tabela 5-6:** Correlação dos parâmetros com os Componentes Principais da ACP e a contribuição destes na variabilidade dos dados.

|   | Componente 1 | Componente 2 | Componente 3 |
|---|--------------|--------------|--------------|
| <b>Contribuição parcial da Variação (%)</b>   | 30,04        | 16,07        | 15,48        |
| <b>Contribuição acumulada da Variação (%)</b> | 30,04        | 46,12        | 61,60        |
| <b>Temperatura</b>                            | 0,73         | 0,33         | -0,02        |
| <b>PO<sub>4</sub></b>                         | 0,74         | -0,34        | 0,07         |
| <b>NAT</b>                                    | 0,86         | -0,08        | 0,08         |
| <b>NO<sub>2</sub></b>                         | 0,66         | 0,15         | 0,21         |
| <b>OD</b>                                     | -0,14        | 0,63         | -0,37        |
| <b>Cla</b>                                    | -0,04        | 0,66         | 0,33         |
| <b>pH</b>                                     | -0,21        | 0,59         | -0,30        |
| <b>NO<sub>3</sub></b>                         | 0,05         | -0,45        | -0,54        |
| <b>Salinidade</b>                             | -0,35        | -0,32        | 0,71         |

**Nota:** Clorofila *a* foi analisada pelo Laboratório de Fitoplâncton do Departamento de Oceanografia da UFES e não faz escopo desse trabalho explicar a variação destes parâmetros.

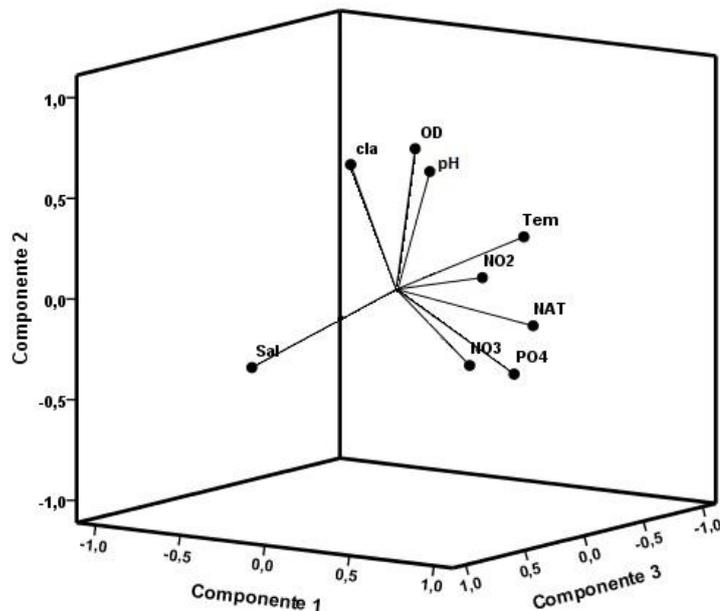
Observa-se que três componentes foram responsáveis por mais da metade da variação dos parâmetros (61,60%). As contribuições parciais dos Componentes 1, 2 e 3 são de 30,04%, 16,07% e 15,48%, respectivamente.

O Primeiro Componente Principal (CP 1) se correlacionou ( $r > 0,50$ ) com temperatura e com todos os nutrientes (exceto o NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sendo o NAT ( $r = 0,86$ ) o componente mais representativo. Desta forma, o CP 1 mostra a influência do mês em que foram medidos os parâmetros, em que há um aumento na concentração dos nutrientes nos meses mais quentes (março e outubro), que correspondem a estação chuvosa.

O OD, clorofila *a* e o pH foram os parâmetros mais representativos do Segundo Componente Principal (CP 2), cada qual com uma correlação  $r$  de *Pearson* de

0,63, 0,66 e 0,59, respectivamente. Pode-se observar a relação direta existente entre a variação de clorofila *a*, OD e pH, indicando que para o CP 2, a atividade fotossintética contribuiu significativamente pela concentração do OD e pH no canal.

O Terceiro Componente Principal (CP 3) teve somente como parâmetros mais representativos o Nitrato ( $r = -0,54$ ) e a Salinidade ( $r = 0,71$ ), mostrando que a fonte deste nutriente encontra-se em águas menos salinas.



**Figura 5-4:** A Análise de Componentes Principais com os parâmetros Fosfato (PO<sub>4</sub>), Nitrito (NO<sub>2</sub>), Nitrato (NO<sub>3</sub>), Nitrogênio Amoniacal Total (NAT), Clorofila *a* (cla), Salinidade (Sal), Oxigênio Dissolvido (OD) e pH. Os parâmetros estão unidos no centro definidos pelas coordenadas 0,0,0. A porcentagem de variância explicada dos eixos 1, 2 e 3 são, respectivamente, 30,04%, 16,07% e 15,48%, resultando uma porcentagem de explicabilidade acumulada dos eixos 1, 2 e 3 de 61,60%.

## 5.5 Análise Integrada

O cenário delineado pela ACP e com as exposições dos resultados discutidos **5.2** e **5.3** mostram que o Canal da Passagem encontra-se em processo de eutrofização, devido ao despejo de esgoto tratado das ETE's (Jardim Camburi e Mulambá) e das galerias pluviais. Esse estado é potencializado nos meses chuvosos e se dá de forma diferenciada nos pontos a jusante (P1 ao P3) e a montante (P4 e P5). Além disso, a maré e a profundidade não alteraram a concentração dos parâmetros analisados.

A fotossíntese ocorre em maior extensão em águas eutrofizadas, onde a decomposição dos compostos orgânicos leva à liberação dos compostos nitrogenados, que são utilizadas como nutrientes pelos organismos fotossintetizantes (RODRIGUES, 2009). Além disso, ambientes eutrofizados podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas maiores que 20°C (BRAILE *et al.*, 1993).

Conforme a Tabela 5-3, as maiores concentrações dos nutrientes são observados principalmente nos meses chuvosos, atingindo valores considerados como indicativos de elevado aporte de matéria orgânica (AMINOT *et al.* 1983; BAUMGARTEN *et al.*, 2001). Esse fato possibilitou que 30,04% da variação dos dados fossem devido à contribuição conjugada do Rio Santa Maria da Vitória e dos lançamentos pontuais de efluentes tratados e dos não tratados. Eyre *et al.*(2009) e Sassi (1991) demonstram que em regiões tropicais e subtropicais, o regime pluviométrico parece ser o principal fator de controle na distribuição das variáveis abióticas e bióticas.

Observa-se, também, elevadas concentrações médias de oxigênio dissolvido, cujos valores ficaram acima de 10 mg/L, exceto pelo mês de outubro, que apresentou uma média de 5,78 mg/L ( $\pm$  5,70 mg/L)(Tabela 5-1). Atribui-se que a atividade fotossintética seja responsável pelas elevadas concentrações médias deste gás, uma vez que na ACP tanto o OD quanto o pH se correlacionaram significativamente ( $r > 0,50$ ) com a clorofila para o CP 2, o qual

explicou 16,07% da variabilidade dos dados. Diante do exposto acima, a disponibilidade dos nutrientes favoreceu a atividade fotossintética, resultando em elevados valores médios de OD.

Nos pontos mais a jusante (P1 ao P3) nota-se as maiores concentrações de NAT,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  em comparação aos pontos mais a montante, P4 e P5, (Figura 5-3 a, b e c). Embora a variação do OD e do pH não tenham acompanhado a variação desses nutrientes, já que se pressupõe que disponibilidade de OD esteja relacionada a produção primária, se verifica condições óxicas mesmo com uma carga de nutrientes elevada nos pontos a jusante, reforçando a hipótese de um ambiente em processo de eutrofização. Neto *et al.* (2006), Schaeffer *et al.* (2005) e Jesus *et al.* (2004) também identificaram elevadas concentrações de poluentes orgânicos e inorgânicos em locais próximos aos representados neste trabalho pelos pontos P1 ao P3.

Nos meses de março e julho, a concentração média de OD nos P4 e P5 foram superiores (ver Anexo) aos identificados nos pontos a jusante, enquanto que os valores médios dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (NAT,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ ) nos pontos a montante foram superiores aos da jusante. Possivelmente, o consumo de nutrientes por parte da comunidade primária associado a fatores hidrodinâmicos permitiram a elevação de oxigênio na localidade mais próxima à desembocadura do Rio Santa Maria da Vitória.

No entanto, esse cenário se alterou no mês de Outubro, quando se identificou concentrações médias de 4,92 mg/L (P4) e 4,01 mg/L (P5). Fonseca (2005), estudando a ictiofauna como ferramenta de qualidade de água, em pontos próximos a estes, registrou concentração média de 3,8 mg/L, a qual afugentou certas espécies de peixes. O autor apontou que a atividade heterotrófica consumiu o oxigênio disponível. Esse fato pode sugerir o que ocorreu para o P5 neste mês, devido a um maior aporte de matéria orgânica, uma vez que não houve interferência da Temperatura na solubilidade deste gás ( $p > 0,05$ ). Porém, o controle linear da Temperatura sobre a solubilidade do OD foi responsável pela concentração média de 4,92 mg/L, uma vez que se observou uma correlação significativa de Spearman ( $\rho = -0,451$ ;  $p < 0,01$ ;  $N = 24$ ). O mesmo

aconteceu para o P1, onde se identificou as menores concentrações médias para todo o estudo, com valores de 1,05 mg/L ( $\pm 0,50$  mg/L) ( $\rho = -0,406$ ;  $p < 0,05$ ;  $N=21$ ). Conforme foi exposto ao longo do texto, condições em que organismos são expostos a baixas concentrações de OD, tais como observado neste ponto, impactam negativamente a comunidade biótica e podem se tornar irreversíveis (DAY *et al.*, 1989).

As concentrações de nitrato em relação às de nitrito nas águas do estuário mostraram-se sempre maiores, o que era de se esperar, uma vez que o  $\text{NO}_3^-$  é mais estável em ambientes estuarinos (CARMOUZE, 1994), como pode ser visto na Figura 5-3 c, além disso, este nutriente foi passível a diluição durante o período estudado, uma vez que o CP 2 indicou este processo.

A profundidade do Canal da Passagem não apresentou valores distintos entre si, já que não foi verificado nenhum resultado estatisticamente significativo. Isso mostra que os parâmetros encontram-se diluídos ao longo da profundidade média de 4,3 metros e assim, qualquer entrada de poluente no sistema estuarino deve sofrer processos de mistura, os quais, aliada ao fato de que o estuário é raso, dispersam a concentração ao longo da profundidade em marés de sizígia.

Além disso, a variação da maré não foi suficiente para os parâmetros analisados, entre eles, indicadores de elevada entrada de matéria orgânica, como o NAT, o qual se encontra em concentrações comparáveis a outros estuários poluídos em outros países (Reno) e no Brasil (Lago dos Patos), caracterizando, assim, o Canal da Passagem como um ambiente em processo de eutrofização, corroborando com os outros estudos (BARROS, 2002; NETO *et al.*, 2006; NALESSO *et al.*, 2005, STERZA *et al.*, 2006).

## 6 Conclusão

Os resultados apresentados mostram que para os parâmetros analisados não são alterados pela variação diurna da maré sizígia tanto para estação chuvosa (Março/2008 e Outubro/2008) quanto seca (Julho/2008). Além disso, não se observou variação vertical desses parâmetros. Provavelmente, a baixa profundidade do canal, cuja média é de 4,6 metros, não é suficiente para formar estratificação na vertical e assim, os constituintes analisados não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) ao longo da coluna d'água. A morfologia do canal, associado a presença do ecossistema manguezal podem explicar a defasagem que ocorre entre os resultados para as marés enchentes e vazantes em comparação com os dados obtidos da Diretoria de Hidrografia e Navegação. Resultados significativos ( $p < 0,05$ ) foram encontrados entre as estações (chuvosas e seca) e os pontos amostrais, que, através da Análise de Componentes Principais, se observou que há uma influência da competência do Rio Santa Maria da Vitória, além dos aportes de efluentes tratados e não tratados, as quais tendem a elevar a concentração dos indicadores de poluição por esgoto (Nitrogênio Amônico Total e Fósforo), principalmente nos pontos a jusante (P1 ao P3). Esse cenário possibilita a atividade da comunidade primária, as quais possuem nutrientes inorgânicos disponíveis e assim, há um aumento na concentração de oxigênio dissolvido, configurando o Canal da Passagem como um ambiente em processo de eutrofização. Entretanto, episódios de hipóxia ( $OD < 3 \text{ mg/L}$ ) foram observados praticamente em todos os pontos monitorados, explicados tanto pelo controle termodinâmico quanto pela atividade heterotrófica.

## 7 Referências Bibliográficas

ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga e Povoação, ES**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação Geologia Sedimentar. 182 pp. São Paulo: USP, 1999.

ALMEIDA, J. R. Gestão Ambiental. Rio de Janeiro: Thex. 1 ed, 566, 2008.

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Brest. CNEXO. 395 p., 1983.

ARAÚJO, R. As unidades do sistema. In: NUVOLARI, A. (Org.). *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2003.

BAPTISTA NETO, J.A.; WALLNER-KERSANACH, M.; PATCHINELAM, S.M. **Poluição Marinha**. São Paulo: Interciência, 412 pp, 2008.

BARROS FILHO, G. C., **Identificação dos Processos Físicos na Hidrodinâmica das Águas do Entorno da Ilha de Vitória**. Dissertação (Mestrado de Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental 2002.

BAUMGARTEM, M. G. Z.; NIENCHESKI, L. F. & VEECK, L. Nutrientes na coluna da água e na água intersticial de sedimentos de uma enseada rasa estuarina com aportes de origem antrópica. *Atlântica*, vol: 23: 101–116. 2003.

BAUMGARTEN, M. G.Z.; POZZA, S. **Qualidade das águas**: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande: Ed. FURG. 196 p, 2001.

BAUMGARTEN, M.G.Z.; ROCHA, J.M.;NIENSCHESKI, L.F.H. Manual de

Análises em Oceanografia Química. Rio Grande: Editora da FURG, 1996.

BECK, N. G.; BRULAND, K. W. *Diel Biogeochemical Cycling in a Hyperventilating Shallow Estuarine Environment. Estuaries*, v. 23, n. 2, p. 177-187, 2000.

BENDSCHNEIDER, K.; ROBINSON, R. J. *A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. J. Mar. Res.*, v., 11, p. 87-96, 1952.

BILLEN, G. *Nitrification in the Scheldt Estuary (Belgium and the Netherlands). Estuarine Coastal Mar. Sci.*,v. 3:79-89, 1975.

BRAGA, E. S., BONETTI, C. V. D. H., BURONE, L., BONETTI FILHO, J. *Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System-Brazil. Mar. Pollut. Bull*, v. 40, n.2, p.165-173, 2000.

BRAILE, P.M. & CAVALCANTI, J.E., **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. São Paulo, CETESB, 1993.

BRANCO, S. M. **A água e o homem**. In: - PORTO, R. 1ª L. (org) *et al.* Hidrobiologia Ambiental, São Paulo, SP – Ed. USP. 1991.

BRAUNSCHWEIG, F.; MARTINS, F.; CHAMBEL, P.; NEVES, F. *A methodology to estimate renewal time scales in estuaries: the Tagus Estuary case. Ocean Dynamics*,v.53, n. 3, p. 137-145, 2003.

BRICKER, S. B.; LONGSTAFF, B.; DENNISON, W.; JONES, A.; BOICOURT,

K.; WICKS. C.; WOERNER, J. *Effects of nutrients enrichment in the nation's estuaries: A decade of change. Harmful Algae*, v. 8, p. 21 – 32, 2008.

BROWN, J. *et al. Waves, tides and Shallow-water Processes*. Walton Hall: Open University, 1999.

CARMO, T.M.S.; PERRONE, E.C.; FUNDÃO, D.N.; MELO, R.M.S.; ZANOTI-XAVIER, S. **Macrofauna de Invertebrados do estuário do rio Santa Maria da Vitória, ES**. In: Anais do Simpósio de Ecossistemas da costa brasileira, subsídios a um gerenciamento ambiental. SP. ACIESP, nº87-I, 305-314,1994.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo: Edgard Blücher/FAPESP, 1994.

CASTRO, M.S.M. **Análise da influência das águas do Canal da Passagem sobre o padrão de escoamento na Baía do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado de Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2001.

CHACALTANA, J. T. A; RIGO, D.; MARQUES, A. C. ; PACHECO, C. G. **Influência do Manguezal no Padrão de Escoamento do Sistema Estuarino da Ilha de Vitória**. In: V Seminário Estadual Sobre Saneamento e Meio Ambiente, Vitória-ES. p. 1-7, 2003.

CLARK, J.R. **Coastal Zone Management Handbook**. Florida: CRCPRESS, N.W., Boca Raton,1996, 693 p.

COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO – CESAN. **Comunicação pessoal**. Gerência de coleta e tratamento de esgoto. 2007.

CORY, R. L. *Changes in oxygen and primary production of the Patuxent estuary, Maryland, 1963 through 1969. Chesapeake Science, v. 15, nº 2, p. 78 – 83, 1974.*

DALMASCHIO, R. G. **Análise da vazão e descarga sólida na região de transição entre estuário e o Rio Santa Maria da Vitória – ES, Brasil.** Monografia de Graduação do Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.

DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A.; BOYD, R. *Estuarine facies models: Conceptual basis and stratigraphic implications. Journal of Sedimentary Petrology, v. 20, p. 1130-1146, 1992.*

DAY, Jr., J. W.; HALL, C. A. S., YAÑEZ-ARANCIBIA, A. ***Estuarine Ecology.*** Canada: John Wiley & Sons. 1989, 379 pp.

DIAZ, R. J.; ROSENBERG, R. *Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystem. Science, v. 321, 2008.*

DIAZ, R.J., ROSENBERG, R. *Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioral responses of benthic macrofauna. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, v. 33, p. 245 – 303, 1995.*

DIXON, W.; CHISWELL, B. *Review of aquatic monitoring program design. Water Res v. 30, p. 1935–1948, 1996.*

DUARTE, D.N.R., BLANTON, J.O., BOSKI, T. & DIAS, J.M.A. Estudo da Propagação não Linear da Maré no Estuário do Mondego (Portugal), com base

na componente M4. 3º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica: 31-32, Faro, 2000.

EDMOND, J. M.; BOYLE, E. A.; GRANT, B.; STALLARD, R. F. *The chemical mass balance in the Amazon plume I: The nutrients. Deep-Sea Research*, v. 28A, p. 1339 – 1374, 1981.

ELLIOT, M.; McLUSKY, D. S. *Estuarine definitions in understanding estuaries. Estuarine Coastal and Shelf Science*, v. 55, p. 815 - 827, 2002.

EPIFANIO, C.E., MAURER, D., DITTEL, A.I. *Seasonal changes in nutrients and dissolved oxygen in the Gulf of Nicoya, a tropical estuary on the Pacific coast of Central America. Hydrobiologia* 101, 231–238, 1983.

ESCHRIQUE, S.A.; MARINS, R.V.; MOREIRA, .MO.P.; ALMEIDA, M.D. **Hidrogeoquímica do Fósforo no Estuário do Jaguaribe (CE)**. In: *Braga, E.S (Org.)*. Oceanografia e mudanças globais, 1ª edição, III Simpósio Brasileiro de Oceanografia, São Paulo/SP, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (Ed), 629 – 647, 2008.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

EYRE, B. *Nutrient biogeochemistry in the tropical Moresby River Estuary system North Queensland, Australia. Estuarine Coastal and Shelf Science*, v. 39, p. 15 – 31, 1994.

EYRE, B.; BALLS, P. *A Comparative Study of Nutrient Behavior along the Gradient of Tropical and Temperate Estuaries Salinity. Estuaries*, v. 22, nº 2, p.

313 – 326, 1999.

FAULKNER, B. *The control of surface water runoff from new development – UK National policy in need of review?* In: *Urban Water*, Vol. 1, Issue 3, Setembro 1999, pg. 207 – 215.

FIELD, A., 2000. ***Discovering Statistics Using SPSS for Windows***. Sage Publications Ltd., Londres, 2000.

FLINDT, R. M.; PARDAL, A. P.; LILLEBO, A. I.; MARTINS, I.; MARQUES, J. C. *Nutrient cycling and plant dynamics in estuaries: A brief review*. *Acta Oecologica*, v. 20, nº 4, p. 237-248, 1999.

FONSECA, F. R. **Análise da viabilidade da utilização de informações a respeito da comunidade de peixes e de variáveis ambientais no monitoramento da qualidade da água em canais de manguezal do estuário da baía de Vitória**. Dissertação de Mestrado, Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

FOREMAN, M.G.G.; HENRY, R.F. *The harmonic analysis of tidal time series*. *Adv. Water Resources*. 12: 109 – 120, 1989.

FREITAS, L. E. L.; FEITOSA, C. V. & ARAÚJO, M. E. *Mangrove oyster (*Crassostrea rhizophorae*) (Guilding, 1928) farming area as artificial reefs for fish: a case study in the state of Ceará, Brazil*. *Brazilian Journal of Oceanography*, 54 (1): 31-39, 2006.

FRIEDRICHS, CARL T.; AUBREY, DAVID G. **Non linear Tidal Distortion in Shallow Well-mixed Estuaries: a Synthesis**. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Elsevier Science Publishers B.V. v. 27. p 521-545, 1988.

GAIA. Monitoramento Ambiental do Canal da Passagem. 1999.

GÖRGÉNYI, M.; DEWULF, J.; LANGENHOVE, H.V.; KIRÁLY, Z. *Solubility of volatile organic compounds in aqueous ammonia solution. Chemosphere*, v. 59, n. 8, p.1083-1090, 2005.

GUIMARAES, M.B. **Modelo matemático hidrodinâmica unidimensional para o canal de interligação entre as Baías de Vitória e Espírito Santo**. 130p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 1995.

HABTEC. **Engenharia Sanitária e Ambiental Ltda**. Diagnóstico do Plano Diretor das Bacias dos rios Santa Maria da Vitória e Jucu. Relatório Diagnóstico -Vol. 1, 2 e 3.

IBGE (2007). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível: [tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2001/a03.htm](http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2001/a03.htm). Acesso em 7 de maio de 2010.

KAZI, T. G.; ARAIN, M. B.; JAMALI, M. K.; JALBANI, N.; AFRIDI, H. I.; SARFRAZ, R. A.; BAIG, J. A.; SHAH, A. Q. *Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 72, p. 301– 309, 2009.

KENNISH, M.J. **Ecology of estuaries: Physical and Chemical aspects**. v I, 1994, 254 p.

KJERVE, B. **Hydrodynamics of Estuaries**. Florida: CRC Press Inc, 1988.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 479p, 1948.

KOROLEFF, F. *Determination of total nitrogen in natural seawaters by means*

*of persulfate oxidation*. Int. Count. Explor. Sea (ICES). Pap. CM. 1969/C: 8; revised 1970.

KRESS, N., HERUT, B. *Hypernutrification in the oligotrophic easternMediterranean. A study in Haifa Bay (Israel)*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 46, 645–656, 1998.

LEE, Y. J.; LWIZA, K. M. M. *Characteristic of bottom dissolved oxygen in Long Island Sound, New York*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 76, p. 187 – 200, 2008.

LIBES, S.M. ***An Introduction to Marine Biogeochemistry***. Estados Unidos, 1992.

LISS, P.S. *Conservative and non conservative behaviour of dissolved constituents during estuarine mixing*. In: BURTON, J.D.; LISS, P. S. ***Estuarine Chemistry***. London: Academic Press, 229 p., 1976.

MACIEL, M.A. **Modelagem do padrão de escoamento no Canal da Passagem (Vitória- ES)**. Dissertação (Mestrado de EngenhariaAmbiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2004.

MAGALHÃES, A.; BESSA, R. S. C.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. *Varição temporal da composição, ocorrência e distribuição dos Copepoda (Crustacea) do estuário do Taperaçu, Pará, Brasil*. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.* v. 4, n. 2, p. 133-148, 2009.

MAGNI, P.; MONTANI, S. *Development of benthic microalgal assemblages on an intertidal flat in the Seto Inland Sea, Japan: effects of environmental variability*. *La mer*,v. 35, p. 137–148, 1997.

MAGNI, P.; MONTANI, S. *Water chemistry variability in the lower intertidal zone of an estuary in the Seto Inland Sea, Japan: Seasonal patterns of nutrients and particulate compounds. Hydrobiologia*, v. 432, p. 9 – 23, 2000.

MALLIN M. A.; CAHOON, L. B.; TOOTHMAN, B. R.; PARSONS, D. C.; McIVER, M. R.; ORTWINE, M. L.; HARRINGTON, R. N. *Impacts of a raw sewage spill on water and sediment quality in an urbanized estuary. Marine Pollution Bulletin*, v. 54, p. 81 – 88, 2007.

MARINS, R.V & DIAS, F. J. S. *Alterações na hidrogeoquímica do estuário do Rio Jaguaribe (CE): Descarga ou retenção de materiais. Anais do IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, Belém – PA, 480 – 482, 2003.*

MARQUES, M.; COSTA, M.; MAYORGA, M. I. O.; PINHEIRO, P. *Water Environments: Anthropogenic Pressures and Ecosystem Changes in the Atlantic Drainage Basins of Brazil. Ambio*, v. 33, 2004.

MARTINS, A. G. L. A.; NASCIMENTO, A. R.; VIEIRA, R. H. S. F.; SERRA, J. L.; ROCHA, M. M. R. M. *Quantificação e Identificação de Aeromonas spp. em águas de Superfície do Estuário d'ório Bacanga em São Luis / MA (Brasil). CEPPA*, v. 27, n. 1, p. 107 – 118, 2009.

MCANALLY, W.H.; MEHTA, A.J. *Collisional Aggregation in Fine Estuarine Sediment. In: Coastal and Estuarine Fine Sediment Process. Amsterdam: Elsevier, 19-37 p., 2001.*

McLUSKY, D. S.; ELLIOT, M. *The Estuarine Ecosystem: ecology, threats and management. Nova Iorque: Oxford University Press, 3 ed, 2004, 2208 p.*

MELO, O. T. **Comportamento biogeoquímico de nutrientes no estuário do**

**Rio Bacanga - Ilha de São Luis.** Belém, Programa de Pós-Graduação em geoquímica e Petrologia, UFPA, 1998. Dissertação de mestrado, 118p.

MENDES FILHO, N. V. **Caracterização química da matéria orgânica nos sedimentos do solo do manguezal e dinâmica de nutrientes nas águas superficiais e intersticiais no médio Estuário do Rio Paciência em Iguaiá – Paço do Lumiar (MA).** Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, 2009, Tese de Doutorado.

MILLERO, F. J. *The conductivity-density-salinity-chlorinity relationships for estuarine waters.* *Limnol. Oceanogr.*, v. 29, nº 6, p. 1317 – 1321, 1984.

MINABERRY, Y. S.; GORDILLO, G. J. *Complexing capacity of natural waters carrying a great amount of suspended matter.* *Chemosphere*, v. 69, p. 1465–1473, 2007.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERVE, B. *Circulation and Mixing Due to Tidal Forcing in the Bertioga Channel, São Paulo, Brazil.* *Estuaries*, vl. 21, No. 2, p. 204-214, 1998.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERVE, B. *Princípios de oceanografia física de estuário.* São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002, 414 p.

MOBERG, F.; RÖNNBÄCK, P. *Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restorations.* *Ocean & Coastal Management*, v. 46, p. 27 – 46, 2003.

MORAIS, A. C. **Estimativa de cargas poluidoras na Baía de Vitória com uso de sistemas de informações geográficas e sensoriamento remoto Vitória.** Tese de Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. *A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta*, v. 27, p. 31–36, 1962.

NALESSO, R. C.; JOYEUX, J. C.; QUINTANA, C. O.; TOREZANI, E.; OTEGUI, A. C. P. *Soft Bottom macrobenthic communities of the Vitória Bay Estuarine System, South-Eastern Brazil. Brazilian Journal of Oceanography*, v. 53, p. 23 – 38, 2005.

NETO, R.R.; BARROSO, G.F.; OLIVEIRA, T.K.P. **Utilização de Biomarcadores Lipídicos na Avaliação da Poluição Ambiental na Baía De Vitória e Canal da Passagem.** *Relatório final para o Fundo de Apoio à Ciência e à Tecnologia*, 2006.

NIENCHESKI, L.F.; WINDOM, H.L. *Nutrient Flux and Budget in Patos Lagoon Estuary. The Sci. of Total Environ.*, 149: 53 – 60, 1994.

NUNES, A. L. **Modelo histórico das alterações fisiográficas recentes da Baía de Vitória (ES) e áreas adjacentes, com o uso de sistema de informações geográficas.** Monografia do Curso de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1983, 434 p.

PAGE, H. M.; PETTY, R. L.; MEADE, D. E. *Influence of watershed runoff on nutrient dynamics in a southern California salt marsh. Estuar. coast. shelf Sci.* v.

41, p. 163–180, 1995.

PEDROSO, F.; BONETTO, C. *Nitrogen and phosphorus transport in the Bermejo River in South America. International Review of Hydrobiology*, vol: 20: 91 – 99, 1987.

PEREIRA, F. B. P.; BASTOS, A. T. C.C.; ESCHRIQUE, S. A.; GONÇALVES, J. L.; BRAGA E. S. *Oxigênio Dissolvido e Silicato como indicadores de alterações em Sistemas Costeiros – Caso do Complexo Estuarino – Lagunar de Cananéia - Iguape (SP)*. III Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO' 2010, 2010.

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. Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 53, p 249–257, 2001.

PRITCHARD, D. W. ***What is an estuary, physical viewpoint***. In: G. H. Lauf (editor): *Estuaries. American Association for the Advancement of Science*, Washington D.C., publ. no. 83, 1967.

RIGO, D; SARMENTO, R; GUIMARÃES, M.B. **Determinação do Tombo da Maré para o Canal da Passagem**. Relatório de pesquisa feita pela CESAN em parceria com a UFES. Vitória , 1993.

ROCHA, A.B. **Estudo da hidrodinâmica e do transporte de solutos na Baía do Espírito Santo através de modelagem computacional**. Dissertação (Mestrado de Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2000.

RODRIGUES, C. S. P. **Perfil da Comunidade Microbiana e Distribuição de Nutrientes ao longo do Estuário do Rio Cachoeira (Ilhéus, BA)**. Programa

de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais. Universidade Estadual de Santa Cruz. 2009.

SANTOS, A.I., SILVA, A.J., GARCIA, A.C. & MACHADO, A. Fluxos de Matéria Particulada em Suspensão no Baixo Estuário do Guadiana e Trocas com a Plataforma Interna adjacente durante um Ciclo de Maré. 3º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica: 29-30, Faro, 2000.

SANTOS, I, R.; COSTA, R. C.; UBIRATAN, F.; FILMANN, G. *Influence of Effluents from Wastewater Treatment Plant on Nutrient Distribution in a Coastal Creek from Southern Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 51, pp. 153 – 162, 2008.

SCHAEFFER, L. S.; JUNIOR, C. D. Distribuição espacial quali-quantitativa do fitoplâncton no Canal da Passagem, Baía de Vitória e Baía do Espírito Santo (Vitória, Espírito Santo). 2005. Disponível em: [www.unisinos.br/publicacoes\\_cientificas/neotropical/.../getdoc.php?id](http://www.unisinos.br/publicacoes_cientificas/neotropical/.../getdoc.php?id). Acesso em: 2 de maio de 2010.

SCRIMSHAW, M.D., LESTER, J.N., 2001. *Multivariate analysis of UK salt marsh sediment contaminant data with reference to the significance of PCB contamination. Environmental Science and Technology* 35, p., 2676–2681, 2001.

SEWELL, G. H. **Controle da zona costeira**. In: Administração e Controle da Qualidade Ambiental, São Paulo, EPU/EDUSP, p. 110-135, 1978.

SPEER, P.E.; AUBREY, D.G.; FREDERICHS, C.T. *Tidal hydrodynamic*. New York: John Wiley & Sons, pp. 321 – 339, 1991.

STERZA, J. M.; LOUREIRO-FERNANDES, L. *Zooplankton community of the Vitória Bay estuarine system (southeastern Brazil). Characterization during A three-year study. Brazilian Journal of Oceanography*, v. 54, p. 95 – 105, 2006.

THOMSON, C.; TRACEY, D. *River Science: Water quality in the Swan-Canning estuary and catchment*, Australia, 2005. Disponível em: [www.swanrivertrust.wa.gov.au](http://www.swanrivertrust.wa.gov.au). Acesso em 20 de maio de 2010.

TUCCI, C. E. M.; MELLER, A. **Regulação das águas pluviais urbanas**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2005.

TYLER, R.M, TARGETT, T.E. *Juvenile weakfish *Cynoscion regalis* distribution in relation to diel-cycling dissolved oxygen in an estuarine tributary*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 333:257-269, 2007.

VALE, C., SUNDBY, B. *Suspended sediment fluctuations in the Tejo estuary on semidiurnal and fortnightly time scales*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 27: 495-508, 1987.

VAN BENNEKON, B. *Nutrient distribution in the Zaire Estuary and river plume*. *Journal Sea Research*. vol:12: 296-323, 1978.

VAN BEUSEKOM, J.E.E.; DE JONGE, V.N. *The role of suspended matter in the distribution of dissolved phosphate, iron and aluminium in the Ems estuary*. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, v. 28, p. 383 - 395, 1994.

VERITY, G. P. *Expansion of potential harmful algal taxa in a Georgia Estuary (USA)*. Skidaway Institute of Oceanography, 10 Ocean Science Circle, 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Volume 1: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. **Tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria**. Brasília: ABEAS, 1997, 92 p.

VÖRÖSMARTY, C. J.; LODER, T. C. *Spring-neap tidal contrasts and nutrient dynamics in a marsh-dominated estuary*. *Estuaries* v.17, p 537- 551, 1994.

WEBB, K. L.; D'ELIA, C. F. *Nutrient and Oxygen Redistribution during a Spring Neap Tidal cycle in a Temperate Estuary* . *Science*, Vol. 207, 29, 1980.

ZHANG, Y.; YANG, Z.; YU, X. **Ecological network and emergy analysis of urban metabolic systems**: Model development and a case study of four Chinese cities. *Ecological Modelling*, v. 220, p. 1431 – 1442, 2009.

**8 ANEXO**

## Salinidade

### Março 2008

Matriz Correlação (*t*-student)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1   | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|------|----|----|----|----|
| P1 |      |    |    |    |    |
| P2 | 1,09 |    |    |    |    |
| P3 | 3,48 |    |    |    |    |
| P4 | 3,14 |    |    |    |    |
| P5 | 4,77 |    |    |    |    |

### Julho 2008

Matriz Correlação (*t*-student)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|----|----|----|----|
| P1 |       |    |    |    |    |
| P2 | -4,29 |    |    |    |    |
| P3 |       |    |    |    |    |
| P4 | 3,65  |    |    |    |    |
| P5 |       |    |    |    |    |

### Outubro 2008

Matriz Correlação (*t*-student)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2    | P3    | P4   | P5 |
|----|-------|-------|-------|------|----|
| P1 |       |       |       |      |    |
| P2 | 2,92  |       |       |      |    |
| P3 | -6,44 | -8,02 |       |      |    |
| P4 |       | -2,98 | 9,39  |      |    |
| P5 | 2,82  |       | 10,09 | 3,40 |    |

### Estatística Descritiva

| Ponto | Média (PSU) | Desvio padrão (PSU) |
|-------|-------------|---------------------|
| P1    | 26,52       | 5,09                |
| P2    | 22,50       | 14,18               |
| P3    | 19,98       | 6,68                |
| P4    | 21,23       | 3,59                |
| P5    | 16,77       | 7,66                |

### Estatística Descritiva

| Ponto | Média (PSU) | Desvio padrão (PSU) |
|-------|-------------|---------------------|
| P1    | 23,83       | 6,07                |
| P2    | 30,33       | 3,04                |
| P3    | 20,55       | 3,99                |
| P4    | 17,90       | 4,48                |
| P5    | 21,13       | 4,20                |

### Estatística Descritiva

| Ponto | Média (PSU) | Desvio padrão (PSU) |
|-------|-------------|---------------------|
| P1    | 21,70       | 4,81                |
| P2    | 16,10       | 7,07                |
| P3    | 29,15       | 2,20                |
| P4    | 20,93       | 3,11                |
| P5    | 15,16       | 5,68                |

## pH

Março 2008

## Matriz Correlação (Mann-Whitney - U)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|----|----|----|----|
| P1 |       |    |    |    |    |
| P2 | 15,00 |    |    |    |    |
| P3 |       |    |    |    |    |
| P4 | 17,00 |    |    |    |    |
| P5 | 13,60 |    |    |    |    |

Julho 2008

## Matriz Correlação (Mann-Whitney - U)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|----|----|----|----|
| P1 |       |    |    |    |    |
| P2 |       |    |    |    |    |
| P3 | 19,00 |    |    |    |    |
| P4 |       |    |    |    |    |
| P5 | 13,00 |    |    |    |    |

Obs: P2 e P4 não foram computados devido a problemas logísticos.

Outubro 2008

## Matriz Correlação (Mann-Whitney - U)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2    | P3 | P4   | P5 |
|----|-------|-------|----|------|----|
| P1 |       |       |    |      |    |
| P2 | 7,00  |       |    |      |    |
| P3 | 8,00  | 15,50 |    |      |    |
| P4 | 9,01  | 9,00  |    |      |    |
| P5 | 15,00 | 25,00 |    | 9,50 |    |

## Estatística Descritiva

| Ponto | Média | Desvio padrão |
|-------|-------|---------------|
| P1    | 7,64  | 0,77          |
| P2    | 8,01  | 0,26          |
| P3    | 7,06  | 0,15          |
| P4    | 7,73  | 0,24          |
| P5    | 6,93  | 0,40          |

## Estatística Descritiva

| Ponto | Média | Desvio padrão |
|-------|-------|---------------|
| P1    | 8,25  | 0,09          |
| P2    |       |               |
| P3    | 7,62  | 0,17          |
| P4    |       |               |
| P5    | 7,69  |               |

Obs: P2 e P4 não foram computados devido a problemas logísticos.

## Estatística Descritiva

| Ponto | Média | Desvio padrão |
|-------|-------|---------------|
| P1    | 7,79  | 0,19          |
| P2    | 7,55  | 0,20          |
| P3    | 7,10  | 0,38          |
| P4    | 7,20  | 0,08          |
| P5    | 7,28  | 0,10          |

## Oxigênio Dissolvido

Março 2008

Matriz Correlação (Mann-Whitney - U)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2    | P3    | P4    | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|----|
| P1 |       |       |       |       |    |
| P2 | 20,20 |       |       |       |    |
| P3 |       |       |       |       |    |
| P4 |       | 17,35 | 11,00 |       |    |
| P5 | 19,20 | 17,89 | 20,00 | 25,54 |    |

Julho 2008

Matriz Correlação (Mann-Whitney - U)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2    | P3    | P4    | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|----|
| P1 |       |       |       |       |    |
| P2 | 24,00 |       |       |       |    |
| P3 |       | 25,00 |       |       |    |
| P4 |       | 42,00 |       |       |    |
| P5 | 50,00 | 52,00 | 58,00 | 48,00 |    |

Outubro 2008

Matriz Correlação (Mann-Whitney - U)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1     | P2     | P3    | P4 | P5 |
|----|--------|--------|-------|----|----|
| P1 |        |        |       |    |    |
| P2 | 231,00 |        |       |    |    |
| P3 | 231,00 | 26,50  |       |    |    |
| P4 | 231,00 | 45,00  | 29,50 |    |    |
| P5 | 230,00 | 110,50 | 6,50  |    |    |

Estatística Descritiva

| Ponto | Média (mg/L) | Desvio padrão (mg/L) |
|-------|--------------|----------------------|
| P1    | 9,82         | 2,95                 |
| P2    | 9,84         | 4,70                 |
| P3    | 7,15         | 1,79                 |
| P4    | 10,85        | 1,46                 |
| P5    | 13,15        | 3,93                 |

Estatística Descritiva

| Ponto | Média (mg/L) | Desvio padrão (mg/L) |
|-------|--------------|----------------------|
| P1    | 8,85         | 2,54                 |
| P2    | 4,01         | 2,23                 |
| P3    | 8,11         | 1,42                 |
| P4    | 7,27         | 2,42                 |
| P5    | 16,41        | 2,97                 |

Estatística Descritiva

| Ponto | Média (mg/L) | Desvio padrão (mg/L) |
|-------|--------------|----------------------|
| P1    | 1,05         | 0,50                 |
| P2    | 12,65        | 6,96                 |
| P3    | 7,15         | 1,21                 |
| P4    | 4,92         | 2,02                 |
| P5    | 4,01         | 1,56                 |

### Nitrogênio Amoniacal Total

Março 2008

Matriz Correlação (Mann-Whitney - *U*)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2    | P3    | P4    | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|----|
| P1 |       |       |       |       |    |
| P2 |       |       |       |       |    |
| P3 | 53,00 | 27,00 |       |       |    |
| P4 |       |       |       |       |    |
| P5 |       | 16,70 | 14,99 | 15,21 |    |

Julho 2008

Matriz Correlação (Mann-Whitney - *U*)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2     | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|--------|----|----|----|
| P1 |       |        |    |    |    |
| P2 | 45,00 |        |    |    |    |
| P3 |       | 101,00 |    |    |    |
| P4 |       |        |    |    |    |
| P5 |       | 17,00  |    |    |    |

Outubro 2008

Matriz Correlação (Mann-Whitney - *U*)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1     | P2     | P3    | P4    | P5 |
|----|--------|--------|-------|-------|----|
| P1 |        |        |       |       |    |
| P2 | 114,00 |        |       |       |    |
| P3 |        |        |       |       |    |
| P4 |        | 103,00 | 91,00 |       |    |
| P5 |        | 17,00  | 15,00 | 22,00 |    |

Estatística Descritiva

| Ponto | Média ( $\mu\text{M}$ ) | Desvio padrão ( $\mu\text{M}$ ) |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| P1    | 39,48                   | 26,17                           |
| P2    | 55,47                   | 18,25                           |
| P3    | 42,33                   | 12,13                           |
| P4    | 45,14                   | 23,51                           |
| P5    | 35,85                   | 3,79                            |

Estatística Descritiva

| Ponto | Média ( $\mu\text{M}$ ) | Desvio padrão ( $\mu\text{M}$ ) |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| P1    | 14,20                   | 10,37                           |
| P2    | 23,77                   | 8,13                            |
| P3    | 18,26                   | 10,11                           |
| P4    | 20,82                   | 14,92                           |
| P5    | 12,61                   | 4,17                            |

Estatística Descritiva

| Ponto | Média ( $\mu\text{M}$ ) | Desvio padrão ( $\mu\text{M}$ ) |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| P1    | 45,56                   | 28,56                           |
| P2    | 64,39                   | 14,23                           |
| P3    | 67,90                   | 12,21                           |
| P4    | 50,03                   | 25,52                           |
| P5    | 28,08                   | 10,72                           |

## Nitrito

### Março 2008

#### Matriz Correlação (Mann-Whitney - U)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1     | P2     | P3    | P4    | P5 |
|----|--------|--------|-------|-------|----|
| P1 |        |        |       |       |    |
| P2 |        |        |       |       |    |
| P3 | 230,00 | 101,00 |       |       |    |
| P4 |        |        |       |       |    |
| P5 |        | 42,00  | 38,00 | 40,00 |    |

### Julho 2008

#### Matriz Correlação (Mann-Whitney - U)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2     | P3 | P4 | P5 |
|----|-------|--------|----|----|----|
| P1 |       |        |    |    |    |
| P2 | 45,00 |        |    |    |    |
| P3 |       | 101,00 |    |    |    |
| P4 |       |        |    |    |    |
| P5 |       | 17,00  |    |    |    |

### Outubro 2008

#### Matriz Correlação (Mann-Whitney - U)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1     | P2     | P3    | P4    | P5 |
|----|--------|--------|-------|-------|----|
| P1 |        |        |       |       |    |
| P2 |        |        |       |       |    |
| P3 | 114,00 |        |       |       |    |
| P4 |        | 103,00 | 91,00 |       |    |
| P5 |        | 17,00  | 15,00 | 22,00 |    |

#### Estatística Descritiva

| Ponto | Média ( $\mu\text{M}$ ) | Desvio padrão ( $\mu\text{M}$ ) |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| P1    | 2,23                    | 1,73                            |
| P2    | 2,44                    | 1,02                            |
| P3    | 2,81                    | 1,79                            |
| P4    | 1,75                    | 0,58                            |
| P5    | 2,03                    | 0,85                            |

#### Estatística Descritiva

| Ponto | Média ( $\mu\text{M}$ ) | Desvio padrão ( $\mu\text{M}$ ) |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| P1    | 1,57                    | 0,72                            |
| P2    | 1,55                    | 0,37                            |
| P3    | 1,27                    | 0,51                            |
| P4    | 1,08                    | 0,70                            |
| P5    | 1,39                    | 0,50                            |

#### Estatística Descritiva

| Ponto | Média ( $\mu\text{M}$ ) | Desvio padrão ( $\mu\text{M}$ ) |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| P1    | 1,62                    | 1,15                            |
| P2    | 2,98                    | 1,33                            |
| P3    | 2,41                    | 1,32                            |
| P4    | 2,34                    | 1,13                            |
| P5    | 2,56                    | 1,35                            |

## Fosfato

Março 2008

Matriz Correlação (Mann-Whitney - *U*)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1    | P2    | P3    | P4    | P5 |
|----|-------|-------|-------|-------|----|
| P1 |       |       |       |       |    |
| P2 |       |       |       |       |    |
| P3 |       |       |       |       |    |
| P4 |       |       |       |       |    |
| P5 | 53,50 | 33,00 | 54,00 | 46,00 |    |

Julho 2008

Matriz Correlação (Mann-Whitney - *U*)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----|----|----|----|----|----|
| P1 |    |    |    |    |    |
| P2 |    |    |    |    |    |
| P3 |    |    |    |    |    |
| P4 |    |    |    |    |    |
| P5 |    |    |    |    |    |

Outubro 2008

Matriz Correlação (Mann-Whitney - *U*)

Apenas resultados significativos ( $p < 0,05$ )

|    | P1 | P2    | P3    | P4    | P5 |
|----|----|-------|-------|-------|----|
| P1 |    |       |       |       |    |
| P2 |    |       |       |       |    |
| P3 |    |       |       |       |    |
| P4 |    | 81,50 | 35,00 |       |    |
| P5 |    | 16,00 | 15,00 | 13,50 |    |

Estatística Descritiva

| Ponto | Média ( $\mu\text{M}$ ) | Desvio padrão ( $\mu\text{M}$ ) |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| P1    | 1,68                    | 0,82                            |
| P2    | 1,65                    | 0,72                            |
| P3    | 1,52                    | 0,80                            |
| P4    | 1,59                    | 1,27                            |
| P5    | 0,58                    | 0,41                            |

Estatística Descritiva

| Ponto | Média ( $\mu\text{M}$ ) | Desvio padrão ( $\mu\text{M}$ ) |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| P1    | 1,19                    | 0,64                            |
| P2    | 1,13                    | 0,37                            |
| P3    | 0,90                    | 0,53                            |
| P4    | 1,17                    | 1,11                            |
| P5    | 1,27                    | 1,09                            |

Estatística Descritiva

| Ponto | Média ( $\mu\text{M}$ ) | Desvio padrão ( $\mu\text{M}$ ) |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| P1    | 2,61                    | 1,66                            |
| P2    | 3,27                    | 0,99                            |
| P3    | 3,07                    | 0,90                            |
| P4    | 2,20                    | 1,65                            |
| P5    | 0,82                    | 0,35                            |