# MONITORAMENTO AMBIENTAL DO ESTUÁRIO DO RIO ITAJAÍ-AÇU NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PORTO DE ITAJAÍ.

Sintese dos Sub-Programas Monitoramento Ambiental Entre 2006 e 2012

UNIVALI
UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS TÉCNOLÓGICAS DA TERRA E DO MAR
CTTMAR

Itajaí – Dezembro de 2012

# Sumário

**EQUIPE EXECUTORA ..... 5**
**INTRODUÇÃO ..... 7**
**1. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PORTO DE ITAJAÍ ..... 10**
**1.1 METODOLOGIA ..... 10**
**1.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 12**
**1.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 13**
**1.4 REFERÊNCIAS ..... 13**
**2 MONITORAMENTO DAS COMUNIDADES DE DIATOMÁCEAS DA PRAIA DE NAVEGANTES ..... 14**
**2.1 METODOLOGIA ..... 14**
**2.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 16**
**2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 17**
**2.4 REFERÊNCIAS ..... 19**
**3 MONITORAMENTO DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA ..... 19**
**3.1 METODOLOGIA ..... 21**
**3.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 22**
**3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 24**
**3.4 REFERÊNCIAS ..... 25**
**4 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA TURBIDEZ E VARIÁVEIS HIDROGRÁFICAS NA REGIÃO DO BAIXO ESTUÁRIO ..... 27**
**4.1 INTRODUÇÃO ..... 27**
**4.2 METODOLOGIA ..... 28**
**4.3 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 31**
**4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 38**
**5 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE SEDIMENTO ..... 38**
**5.1 MONITORAMENTO DAS VARIAÇÕES TEXTURAIS DO SEDIMENTO ..... 38**

5.1.1. METODOLOGIA ..... 39
5.1.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 40
5.1.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 41
5.1.4 REFERÊNCIAS ..... 42
5.2. MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NO SEDIMENTO ..... 42
5.2.1. METODOLOGIA ..... 42
5.2.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 43
5.2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 48
5.2.4 REFERÊNCIAS ..... 49
5.3 ECOTOXICOLOGIA DO SEDIMENTO ..... 50
5.3.1 METODOLOGIA ..... 51
5.3.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 55
5.3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 57
5.3.4 REFERÊNCIAS ..... 59
5.4 MONITORAMENTO DA MACROFAUNA BENTÔNICA ..... 59
5.4.1 METODOLOGIA ..... *61*
5.4.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 63
5.4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 67
5.4.4 REFERÊNCIAS ..... 67
6 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR .....70
6.1 METODOLOGIA ..... 71
6.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 72
6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 76
6.4 REFERÊNCIAS ..... 77
7 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO RUÍDO.....77
7.1 MÉTODOLOGIA ..... 79
7.2 SINTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 81
7.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 82
7.4 REFERÊNCIAS ..... 82

8 AVALIAÇÃO DO RISCO DE INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES EXÓTICAS POR MEIO DE ÁGUA DE LASTRO ..... 83
8.1 METODOLOGIA ..... 83
8.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 84
8.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 87
9 ANÁLISE DO ZOOPLÂNCTON NA ÁGUA DE LASTRO ..... 88
9.1 METODOLOGIA ..... 89
9.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO ..... 90
9.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES ..... 91
9.4 REFERÊNCIAS ..... 92

# EQUIPE EXECUTORA

| | |
|---|---|
| COORDENADORES | Jurandir Pereira Filho<br>José Gustavo N. de Abreu |
| PROGRAMAS DE MONITORAMENTO | RESPONSÁVEIS TÉCNICOS |
| Monitoramento da Qualidade da Água na Área de Influência do Porto de Itajaí | Jurandir Pereira Filho<br>André Oliveira de S. Lima<br>César Augusto Stramoski |
| Monitoramento das Comunidades de Diatomáceas da Praia de Navegantes | Márcio S. Tamanaha |
| Monitoramento das Comunidades Zooplanctônicas | Charrid Resgalla Jr. |
| Programa de Monitoramento da Turbidez e Variáveis Hidrográficas na Região do Baixo Estuário | Lourival A. Alves Jr. |
| Monitoramento das Variações Texturais do Sedimento | João Thadeu de Menezes |
| Monitoramento da Concentração de Metais Pesados no Sedimento | Patrícia F. S. Costódio<br>Kátia Naomi Kuroshima |
| Monitoramento da Macrofauna Bentônica | Tito Cesar M. de Almeida |
| Ecotoxicologia do Sedimento | Charrid Resgalla Jr.<br>Danielle C. Vieira |
| Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar | Claudemir Radetski |

| | |
|---|---|
| Programa de Monitoramento da Qualidade do Ruído | Claudemir Radetski |
| Avaliação do Risco de Introdução de Espécies Exóticas por Meio de Água de Lastro | Altevir Caron |

# INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Itajaí compreende uma área de aproximadamente 15.500 km$^2$, o equivalente a aproximadamente 16% da área do Estado de Santa Catarina, sendo o Itajai-Açu o rio principal da bacia. O Itajai-Açu é formado da confluência dos rios Itajai do Sul e Itajai do Oeste na cidade de Rio do Sul do rio Hercílio ou Itajai do Norte na cidade de Ibirama. Vários rios menores aportam à bacia apartir desta localidade com destaque para o rio Itajaí-Mirim que desemboca no rio Itajai-Açu já próximo da sua foz (FRANCO, 2001).

A bacia hidrográfica abrange 47 municípios que totalizam uma população superior a um milhão de habitantes principalmente nos centros urbanos que estão situados nas 3 sub-regiões em que se divide a bacia: o Alto Vale, o Médio Vale e o Baixo Vale do rio Itajaí. A região do Alto Vale se caracteriza por ser uma região agrícola, já o Médio e o Baixo Vale do Itajaí, se destacam por uma atividade industrial mais marcante além, ainda, da agricultura, principalmente a rizicultura. Dentre os principais centros urbanos aí situados, destacam-se Blumenau, Brusque e Itajaí (SANTA CATARINA, 1997). No Baixo Vale está localizado o estuário, correspondendo à porção final do rio Itajai-Açu.

O estuário apresenta uma extensão total de aproximadamente 70km com área de espelho d´água de aproximadamente 14km$^2$ (SCHETTINI, 2002). Segundo a definição de Fairbridge (1980), o limite superior de um estuário é delimitado pela influência da maré. Dione (1963, *apud* Fairbridge,1980) sugeriu que os estuários geralmente podem ser subdivididos em alto estuário (região onde pode ser observado o efeito da maré, mas não há influência da salinidade), médio estuário (região onde há presença de águas continental e marinha) e baixo estuário, porção final do sistema, próximo a sua desembocadura, com grande influência da água salgada. No caso do estuário do rio Itajai, Schettini (2002) propôs como limites do alto estuário a região compreendida entre os municípios de Blumenau e

Ilhota; o médio entre Ilhota e o município de Itajaí, próximo a confluência com o rio Itajaí-Mirim; e o baixo estuário a partir deste ponto até a foz.

O Porto de Itajaí está localizado na região do baixo estuário do rio Itajaí-Açu correspondendo à porção final do rio, região esta que recebe a totalidade da água que escoa ao longo da bacia hidrográfica pelos canais fluviais naturais, pelos aportes pluviais e por àquela proveniente de escoamentos de sistemas de dranagens residenciais e industriais presentes à montante do baixo estuário.

O programa de monitoramento ambiental no Porto de Itajaí vem sendo executado pelo CTTMar desde o ano de 2005 e no transcorrer deste periodo foi possível caracterizar com bastante detalhe, todos os compartimentos naturais que compõem o estuário do rio Itajaí-Açu. Embora a região de maior interesse no escopo do monitoramento ambiental tenha sido a área portuária, setores mais internas que são diretamente influenciados pelas operações do Porto de Itajaí, estiverem igualmente sob constante monitoramento por representam pontos de controle e/ou referência, a partir dos quais se avalia a dimensão do impacto em áreas potencialmente alteradas por fatores diversos.

Os parâmetros medidos envolvem aspectos biológicos, químicos, físicos e geológicos, indicadores da qualidade ambiental e, portanto, de quaisquer alterações da estrutura natural do ecossistema. Com base em estudos realizados preliminarmente, os quais objetivaram caracterizar o ecossistema da desembocadura do rio Itajaí-Açu (TRUCCOLO, 2010, RÖRIG, 2006, PEREIRA FILHO, 2006, SCHETTINI, 2001), e nos resultados obtidos em sete anos de monitoramento ambiental deste estuário, é possível entender os mecanismos dos processos naturais estando ou não sob efeito de eventos de impacto ambiental.

Como consequência do monitoramento ambiental do estuário do rio Itajaí-Açu muitos dos processos aí atuantes encontram-se bem conhecidos e caracterizados. Exemplificando esta afirmação, quando a região portuária, situada no baixo estuário, se encontra sob influência de uma dragagem, o conjunto de dados adquiridos permite saber como e quando ocorre o restabelecimento, ou a resiliência, dos indicadores ambientais até a condição anterior à essa atividade.

Tendo em vista este entendimento, sobre os mecanismos dinâmicos naturais ou induzidos que operam no estuário do rio Itajaí-Açu e na região sob influência do Porto de Itajaí, a equipe de especialistas do CTTMar/Univali, responsável pelo monitoramento ambiental, síntetisa o programa que vem sendo desenvolvido à sete anos em cada um dos subprogramas. Tais considerações são apresentadas à seguir.

# 1. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PORTO DE ITAJAÍ

O monitoramento da qualidade de água do rio Itajaí-Açu vem sendo executado desde 2006 com o objetivo cumprir as condicionantes ambientais contidas nas licenças ambientais de operação do Porto de Itajaí. Contudo, a Universidade do Vale do Itajaí desenvolve estudos de caracterização e monitoramento da qualidade da água do estuário desde o ano de 2003, com o desenvolvimento de projetos de pesquisa que se entendem desde o município de Indaial até a sua desembocadura entre Itajaí e Navegantes (RORIG, 2005, PEREIRA FILHO, 2006, PEREIRA FILHO et al, 2010).

De maneira sintética se apresenta a seguir os resultados obtidos nestes trabalhos iniciais e no monitoramento ambiental em execução desde 2005.

## 1.1 METODOLOGIA

O monitoramento da qualidade de água se estende entre Indaial, localidade que corresponde à entrada de água do sistema fluvial e que não sofre o efeito da maré, até a região costeira entre Itajaí e Navegantes.

As amostragens são realizadas mensalmente em 12 estações amostrais ao longo do alto, médio e baixo estuário do rio Itajaí-açu, incluindo-se pontos de referência em dois importantes ambientes de entrada (rio Warnow e rio Itajaí-Mirim). O monitoramento concentra-se na região do médio e baixo estuário, onde está situada a área de influência direta do porto de Itajaí. nas estações #6, #6A, #7, #8 e #9. Além desta região, o monitoramento incluiu também a zona fluvial do estuário, que não sofre influência da salinidade e corresponde à entrada do sistema (região do alto estuário), caracterizada pelas estações #1, #2, #3, #4 e #5 (Tabela 1, Figura 1).

Em cada estação são feitas medições de salinidade, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, temperatura e turbidez através de uma sonda multiparamétrica YSI 6600. Também são obtidas amostras de água de superfície

(e superfície e fundo na região do baixo estuário), com o auxílio de uma garrafa de *Van Dorn*. Sobre essas amostras são feitas determinaçõs de nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato), Material Particulado em Suspensão (MPS), Carbono Orgânico Particulado (COP), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), clorofila-a (Cla) e colitormes fecais.

Tabela 1 Localização das estações de amostragem referentes ao monitoramento da qualidade da água do rio Itajaí-Açu nas amostragens do primeiro semestre de 2012.

| Estações | Localização | Latitude | Longitude | Coleta |
|---|---|---|---|---|
| #0 | Rio Warnow (Indaial): estação de referência – ponto branco | 27º1'10,57" | 49º14'6,5" | Sub-superfície |
| #1 | Pontes dos Arcos (Indaial) | 26º53'32,64" | 49º14'14,21" | Sub-superfície |
| #2 | Ponte Itoupava Norte (Blumenau) | 26º53'15,29" | 49º5'5,42" | Sub-superfície |
| #3 | Ponte dos Arcos (Blumenau) | 26º54'54,97" | 49º3'27,68" | Sub-superfície |
| #4 | Ponte (Centro de Gaspar) | 26º55'37,52" | 48º57'27,97" | Sub-superfície |
| #5 | Balsa (Ilhota) | 26º54'1,12" | 48º49'55,13" | Sub-superfície |
| #6 | Ponte BR-101 | 26º50'36,78" | 48º43'5,77" | Sub-superfície e Fundo |
| #6A | Montante Canal Itajaí-Mirim | 26º53'11,4" | 48º41'2,62" | Sub-superfície e Fundo |
| #7 | Em frente ao Porto | 26º53'58,6" | 48º39'41,26" | Sub-superfície e Fundo |
| #8 | Em frente ao CEPSUL - IBAMA | 26º54'31,07" | 48º39'4,68" | Sub-superfície e Fundo |
| #9 | Em frente a praia de Navegantes | 26º53'49,92" | 48º36'58,28" | Sub-superfície e Fundo |
| #IM | Canal do Rio Itajaí-Mirim | 26º54'13,79" | 48º42'46,3" | Sub-superfície |

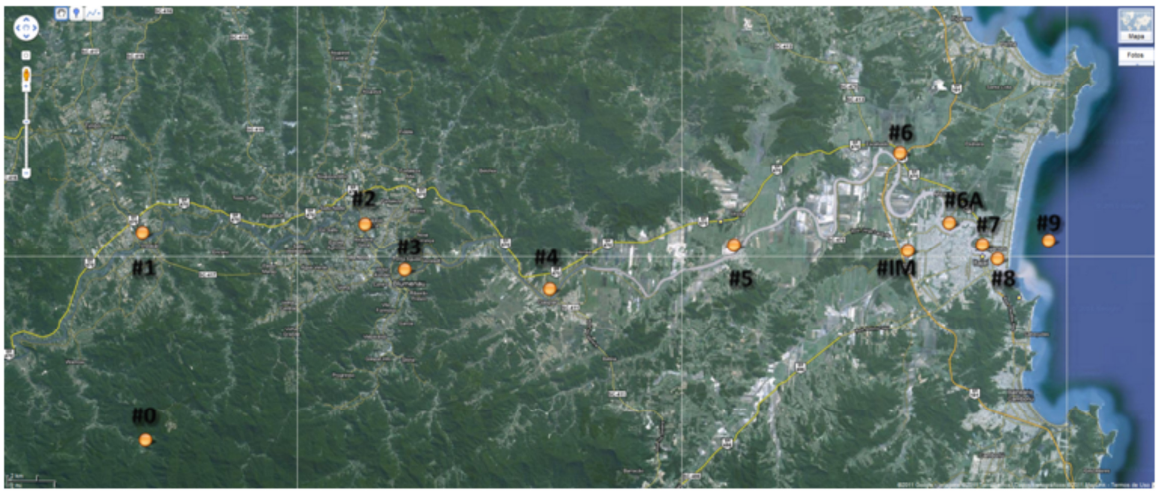


Figura 1 Localização das estações de amostragem referentes ao monitoramento da qualidade da água do rio Itajaí-Açu nas amostragens do primeiro semestre de 2012.

## 1.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

De forma geral, os principais indicadores de qualidade apresentam relação com a descarga fluvial. Em períodos prolongados de baixa descarga, o sistema tende a apresentar acúmulo dos indicadores de matéria orgânica (DBO, nitrogênio amoniacal, nitrito) e coliformes fecais e diminuição do oxigênio dissolvido, principalmente se o período de baixa descarga ocorre em período de temperatura elevada. Essa tendência reflete a maior influência relativa da entrada de esgotos e material orgânico de origem antrópica, em razão da menor capacidade de dispersão e diluição do sistema, pelo menor volume de água em trânsito e pelo consequemte aumento do tempo de residência da água no sistema.

Por outro lado, em períodos de elevada descarga fluvial observa-se um grande aumento do MPS e COP, em função da lixiviação da bacia. Ocasionalmente pode ser percebido também um aumento inicial dos indicadores de material orgânico em função de seu acúmulo na bacia nos períodos de estiagem, de modo que eles são carreados para o estuário. Entretanto com o aumento da descarga a tendência é que esses indicadores tendam a diminuir, funcionamndo como um mecanismo que " lava" a bacia de drenagem.

Espacialmente os indicadores mostram a deterioração da qualidade de água em função da influência dos centros urbanos, como Blumenau e Itajaí, como sumarizado em Pereira Filho et al (2010). Em relação aos pontos amostrais, de forma geral, a pior qualidade de água foi observada no ponto #IM, situada no canal retificado do rio Itajaí-Mirim, que desemboca no estuário do rio Itajaí-Açu, em Itajaí.

Em relação às atividades portuárias, as principais alterações observadas na qualidade da água ocorreram em função de obras realizadas no leito do estuário (estaqueamento, manutenção dos berços de atracação) e à dragagem. As principais alterações observadas foram o aumento de MPS, COP e amônio no fundo e a diminuição do oxigênio dissolvido. Quando relacionadas às perturbações resultantes dessas atividades na região portuária, as variações dos indicadores foram observadas principalmente na estação #7 (no fundo), situada em frente aos portos de Itajaí e Navegantes. Em função da elevada dinâmica do sistema, as

alterações nas variáveis indicativas da qualidade de água tendem a ser minimizadas logo que as perturbações cessam.

## 1.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

O monitoramento realizado desde 2006 permitiu gerar um amplo panorama sobre as principais forçantes responsáveis pela variabilidade da qualidade de água na região do estuário do rio Itajaí-Açu, desde Indaial até a desembocadura, em Itajaí. Essa abrangência foi importante para avaliar de forma integrada a evolução da qualidade da água ao longo de todo o sistema fluvial-estuarino e a complexidade do mesmo. Em função dos resultados encontrados, e considerando que o objetivo é avaliar as alterações relacionadas à atividade portuária, a sugestão é que o monitoramento seja, a partir de agora, concentrado na região do médio e baixo estuário, onde há grande interação da água de origem fluvial e a água costeira, onde está situada a região portuáira. Essa região geralmente corresponde aos cerca de 20 km finais do sistema, mas pode aumentar em períodos de baixa descarga fluvial, com a penetração da intrusão da água até regiões mais a montante.

## 1.4 REFERÊNCIAS

EDBERG, S. C., F. LUDWIG, AND D. B. SMITH. 1991. The Colilert system for total coliforms and *Escherichia coli*. American Water Works Research Foundation, Denver.

PARSONS, T.R.; MAITA, Y. & LALLI, C.M. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Oxford: Pergamon Press. 1989. 173p.

SCHETTINI, C. A. F. 2002. Caracterização física do estuário do Rio Itajaí-açu. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 7 (1), 123-142.

STRICKLAND, J.D. & PARSONS, T.R. 1972. A Pratical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research. Board of Canada Bulletin. 2nd Edition, 1-311.

# 2 MONITORAMENTO DAS COMUNIDADES DE DIATOMÁCEAS DA PRAIA DE NAVEGANTES

O objetivo desse monitoramento é verificar o possível impacto sobre a ecologia de diatomáceas da praia de Navegantes que, por habitarem o ambiente praial entre a coluna dágua e o sedimento, poderiam ser indicadoras de impacto gerado pelo descarte de material dragado no interior do estuário. O entendimento deste ecossistema assume grande importância na avaliação da produção primária, já que essas microalgas apresentam distribuição, dispersão e abundância em resposta compatível com os estudos de impacto ambiental, a nível local e temporal. Desta forma, o conceito de comunidades ou populações indicadoras de contaminação vem sendo colocado a somente em alguns grupos de organismo.

As comunidades de microalgas são controladas por muitos fatores, sejam bióticos ou abióticos, os quais podem por sua vez, ser afetados por espécies químicas estranhas ao meio (contaminantes), produzindo mudanças na estrutura e no funcionamento da comunidade. As microalgas podem sofrer efeitos diretos em curtos períodos de tempo e também efeitos indiretos que são resultantes dos efeitos diretos sobre outros organismos presentes no meio (CID et al., 1995). Assim, qualquer alteração na comunidade de microalgas, afetará toda a cadeia alimentar.

## 2.1 METODOLOGIA

Amostragem

O monitoramento na praia de Navegantes foi realizado quinzenalmente, momento em que foram observados parâmetros físico-quimicos e meteorológicos, além da estrutura das diatomáceas que são residentes na zona de arrebentação da praia. As amostras foram coletadas em três estações, cujas localizações estão descritas a seguir:

Estação 1 - Frente a Rua 650, junto ao Bar Pier.com/canto direito da praia, Coordenadas 26º54´09,6" 48º38´36,1"

Estação 2 - Frente as antenas de Rádio / Terraplanagem / meio da praia
Coordenadas 26º51´30,1" 48º38´07,9"
Estação 3 - Frente a Rua 7200/canto esquerdo da praia
Coordenadas 26º50´12,9" 48º37´44,4"

Nas estações amostrais foram determinados em campo as variáveis físico-químicas: pH, temperatura da água, turbidez, oxigênio dissolvido e salinidade através do uso de um multi-analisador Horiba U-10. A temperatura do ar foi obtida com um termômetro de mercúrio. Também se tomou nota da largura da arrebentação (em metros) e da altura de onda (em centímetros) determinadas por estimativa visual. Já o período de onda (em segundos) foi obtido por contagem do tempo da passagem de 11 ondas por um mesmo ponto e dividindo-se o resultado por 10. Para análises em laboratório, foram tomadas amostras de água nos pontos amostrais para a determinação da clorofila-a (indicativo da biomassa fitoplanctônica), para a análise qualitativa e quantitativa de fitoplâncton e para a determinação de material particulado em suspensão na água. As amostras foram acondicionadas em galões com capacidade de 5 litros e levadas ao laboratório, sendo mantidas em caixa de isopor com gelo até a chegada ao laboratório.

Processamento das Amostras em Laboratório

Para a análise de clorofila-a, volumes conhecidos da amostra bruta foram filtrados em filtro Whatman GF/F (25mm de diâmetro). Em seguida, o filtro foi imerso em 10mL de acetona 90% para extração e reservado em geladeira (temperatura  4ºC) por 24 horas. Após esse período, foi lida a fluorescência de cada amostra. As leituras de fluorescência foram realizadas em fluorímetro Turner TD 700. Para a obtenção dos valores de material particulado em suspensão, um volume conhecido da amostra bruta foi filtrado em filtro Whatman GF/F (47mm de diâmetro), previamente secado por duas horas a 60ºC e pesado. O filtro foi reservado em estufa a 60ºC por 24 horas. Passadas às 24 horas, o filtro foi novamente pesado e o valor de material particulado em suspensão foi obtido pela diferença dos pesos do filtro antes e depois da filtragem. Também foram feitas

análises qualitativa e quantitativa de fitoplâncton, contando-se, com o auxílio de microscópio invertido, os indivíduos presentes em 10mL de amostra sedimentados em câmaras de sedimentação.

## 2.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Os principais resultados estiveram relacionados a biomassa das diatomáceas e clorofila-a. Para o período avaliado, o valor médio da clorofila-a foi de 10,49µg/L, com picos de 70µg/L em Dezembro de 2010. A biomassa média de *A. glacialis* foi de 203.552cél/L e A. australis de 18.991cél/L com picos de densidade de 2.923.258cél/L em Janeiro de 2012 e 246.493cél/L em Novembro de 2011. Oscilações na biomassa das duas microalgas não tiveram relação evidente com a variação de clorofila-a, mostrando que outras microalgas também podem estar contribuindo para a produção primária local. Algumas situações de ressaca proveram o aumento de biomassa, mas não em todos os eventos. Mesmo assim foi observado acumulações das diatomáceas *A. glacialis* e *A. australis* na zona de arrebentação. Considerando as fases da dragagem no ano de 2010 e 2011, as diatomáceas da zona de arrebentação da praia de Navegantes tiveram um comportamento diferenciado, com uma linha de tendência revelando um aumento na biomassa. Este aumento está relacionado tanto a biodisponibilidade de nutrientes liberados do sedimento durante a fase de dragagem, quanto ao aumento de material em suspensão. Contudo esta resposta biológica é rápida, voltando ao ciclo natural com a mesma velocidade. Estas microalgas aumentam a produção primária local, e com isso gera maior conteúdo orgânico para o abastecimento da cadeia trófica marinha subsequente.

Apesar da importância biológica deste grupo de microalgas, e sua contribuição no sistema trófico da zona de arrebentação da praia de Navegantes, os resultados obtidos até o momento, mostram que codições meteorológicas e oceanográficas foram mais efetivas no processo de sucessão das espécies estudadas. Da mesma forma, a hidrodinâmica local influencia diretamente na

riqueza e abundância, minimizando os efeitos da própria atividade de dragagem e/ou da atividade portuária durante o ano.

Assim, para melhorar e aumentar a confiabilidade das respostas, frente a este grupo, seria muito mais indicado o monitoramento de toda comunidade fitoplanctônica dentro do canal do rio Itajai-Açu, onde há influência direta ou indireta sobre esta flora, visto a diversidade e riqueza de informações que serão totalizadas com a análise de toda comunidade na coluna d'água.

Este monitoramento proposto será bastante simples e em conjunto com a coleta de água para os parâmetros físico-quimicos, onde a demanda de esfoço será diluída em somente uma amostragem. Estas amostragens (fitoplancton e parâmetros físico e químicos) no mesmo momento ainda poderão se complementarem para o entendimento dos processos ecológicos e de interpretação sobre o que a atividade portuária. Desta forma, o programa de monitoramento da comunidade fitoplanctônica total no Canal do Rio Itajaí-Açu terá mais eficiência para detectar os possíveis impactos imediatos gerados pela atividade.

## 2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

Ambientes fluviais são habitats sujeitos a constantes mudanças naturais de acordo com variações de vazão controladas pela sazonalidade. Nestes ambientes, a manutenção e o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica pode ocorrer, porém, raramente são mantidos por um longo período porque são continuamente transportados à jusante pela corrente fluvial.

Estudos das populações fitoplanctônicas em ambientes lóticos (aqueles que apresentam águas em movimento por correntezas) em Santa Catarina são escassos e com agravante tendência de crescentes impactos antrópicos sobre tais sistemas que somam-se às alterações de ordem natural. Por essas razões, nos programas de monitoramento da qualidade da água, estudos de biodiversidade nesses ambientes devem ser fundamentalmente acompanhados pelas condições físicas e químicas da água, variáveis essas que controlam os

fluxos ecossistêmicos. As comunidades fitoplanctônicas são as primeiras a apresentarem respostas frente ás modificações na qualidade de água.

Em ambientes estuarinos os nutrientes transportados pelo rio e a rápida troca entre as águas de superfície e sedimentos contribuem para uma produtividade biológica extremamente alta (RICKLEFS, 2001), onde um dos principais contribuintes é o fitoplâncton. A comunidade fitoplanctônica é composta por organismos procariontes e eucariontes fotoautótrofos portadores de clorofila, que liberam oxigênio e consomem o gás carbônico. Estes organismos constituem-se na base da cadeia trófica propiciando a manutenção da vida aquática. Assim, mudanças na comunidade fitoplanctônica podem ocasionar modificações nos demais níveis tróficos. A utilização de espécies ou grupos de espécies como bioindicadoras de impactos antrópicos vem crescendo mundialmente (BRANDINI et al., 1997).

O estudo da comunidade fitoplanctônica é de extrema importância para avaliação ecológica, visto as alterações ambientais que tanto na área adjacente do Rio Itajaí-Açu, quanto no próprio canal. Desta forma, sugere-se que além do monitoramento ambiental na praia de Navegantes, faça-se o monitoramento de toda comunidade fitoplanctônica na extensão do Rio Itajaí-Açu, visando maior abrangência e entendimento deste compartimento autotrófico. Considera-se também a alta viabilidade de amostragem, pois serão utilizados os mesmos pontos que são coletados os parâmetros físicos e quimicos da água o que não compromete o tempo e a logistica durante as amostragens. Assim, para melhorar e aumentar a confiabilidade das respostas, frente a este grupo, seria muito mais indicado o monitoramento de toda comunidade fitoplanctônica dentro do canal do Rio Itajai-Açu, onde há influência direta ou indireta sobre esta flora, visto a diversidade e riqueza de informações que serão totalizadas com a análise de toda comunidade na coluna d'água.

### 2.4 REFERÊNCIAS

BRANDINI et al. (Orgs.) 1997. A Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil: Diagnose e Revisão Bibliográfica. Rio de Janeiro: FEMAR, RJ, v. 1. 196 p.

CID, A.; HERRERO, C.; ENRIQUE, T.; Abalde, J.; Aquat. Toxicol. 1995, 31, 165.

RICKLEFS, R. E. 2001. A economia da natureza. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 503p.

# 3 MONITORAMENTO DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

O principal sistema fluvial da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí-Açu é o rio homônimo em cujo baixo estuário destaca-se pelo elevado contingente populacional, pelo desenvolvimento econômico e turístico. Os variados usos resultam em inúmeras fontes de poluição do rio tais como: aporte de contaminantes provenientes dos grandes centros urbanos, drenagem das lavouras de arroz irrigado com utilização de agroquímicos, dragagem do canal de navegação do estuário com a possibilidade de disponibilização de contaminantes acumulados nos sedimentos. Associado a este último fator a intensificação do fluxo de embarcações de médio e grande porte no porto de Itajaí com disponibilização de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) e da ocorrência potencial de espécies exóticas provenientes da água de lastro.

Todos estes fatores atuando isoladamente ou em conjunto potencializam impactos que podem ser detectados diretamente ou indiretamente nos diversos sub-programas de monitoramento. Entre eles pode ser destacado a acompanhamento da biota-aquática e mais especialmente a comunidade zooplanctônica da desembocadura do rio Itajaí-Açu. Estudos técnico-científicos no estuário do rio Itajaí-Açu começaram a ser implementados a partir de 1998, mas com maior enfoque sobre a influência de sua pluma de baixa densidade sobre a plataforma interna (SCHETTINI et al., 1998 e 2005, RÖRIG et al., 2003 e RESGALLA JR. et al., 2008). Entretanto, a partir de 2006 a UNIVALI, através do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMar), concentrou ações

para caracterização da comunidade zooplactônica a partir do inicio do programa de monitoramento ambiental para acompanhamento do efeito das operações de dragagem do canal do rio na área de influência do Porto de Itajaí. Com esse programa foi possível realizar uma compilação da estrutura da comunidade zooplanctônicas, assim como o seu comportamento em função da sazonalidade e a das variações diárias de salinidade influenciadas pela hidrodinâmica fluvial e das marés (VEADO, 2008).

Como o principal objetivo deste diagnóstico se concentra nas possíveis influências das operações no porto de Itajaí sobre a comunidade zooplanctônicas, em atendimento ao Licenciamento Ambiental de Operação (LAO) do Porto de Itajaí, serão apresentados aqui os padrões que têm sido normalmente observados no rio e que poderão servir de subsídios para a interpretação das amostragens realizadas antes, durante a após as atividades de dragagem.

Em termos gerais, existe uma sazonalidade com relação à temperatura das águas fluviais, com valoreres mínimos no outono e no inverno e mínimos de salinidade no inverno e primavera, proporcionada pela maior precipitação pluviométrica observada neste período. Para a comunidade zooplanctônica, os maiores valores de densidade são observados no inverno e primavera, mas a maior diversidade ocorre no verão. Das espécies típicas ocorrentes dentro do rio, *Moina minuta* (Cladocera) é indicadora de domínio de água límnica apresenta as maiores abundâncias na primavera e verão, enquanto que as espécies marinhas como o Cladocera *Penila avirostris* e Copepoda *Paracalanus quasimodo* apresentam as maiores densidades no inverno e primavera. As espécies indicadoras de condições mixohalinas (águas estuarinas propriamente ditas) como o Copepoda *Pseudodiaptomus richardi* apresenta altas densidades no inverno e primavera. *Acartia lilljeborgi* (Copepoda marinho) é uma espécie residente no ambiente com pouca variação ao longo do ano no rio. E por fim, as larvas de Decapoda, que apresentam interesse econômico na pesca, mas que compreendem uma grande variabilidade de representantes, apresentam picos no verão.

Espacialmente, as águas do rio apresentam uma distinção em relação a região costeira, sendo de menor salinidade e também de menor temperatura. Da mesma forma, a abundância de organismos dentro do rio é baixa assim como a sua diversidade. As espécies apresentadas anteriormente são facilmente classificadas pela sua tolerância a salinidade, sendo de água límnica *Moina minuta*, de água marinha *Penilia avirostris* e *Paracalanus quasimodo* e de condições de mixohalinização *Acartia lilljeborgi* e *Pseudodiaptomus richardi*. Larvas de Decapoda também apresentam como um grupo tipicamente estuarino.

## 3.1 METODOLOGIA

As amostras de zooplâncton foram obtidas em 5 pontos amostrais, dispostos desde a montante do rio Itajaí-Mirim à desembocadura, o que envolve uma área de atuação do porto de Itajaí. Estes dados aqui apresentados contemplam as amostragens de Dezembro de 2005 a Dezembro de 2011 como parte do programa de monitoramento.

Os pontos amostrados com frequência trimestral são:

#6 – Trecho do rio sob a ponte da BR 101

#6 A – Localizado a montante no rio Itajaí-Mirim

#7 – Porto de Itajaí

#8 – CEPSUL

#9 – Localizado a frente de Navegantes

As amostras de zooplâncton são obtidas por arrastos horizontais de superfície utilizando-se uma rede tipo WP-2 cilindro-cônica de 200 μm de tamanho de malha, 30 cm de diâmetro de boca e equipada com fluxômetro. As amostras assim obtidas foram imediatamente fixadas em solução de formaldeido a 4% neutralizado para análise posterior em laboratório.

Em laboratório, as análises qualitativas e quantitativas do zooplâncton são realizadas em câmaras do tipo Bogorov sob microscópio estereoscópico, após o fracionamento da amostra total em alíquotas que variaram de 3 a 10 % do total (BOLTOVSKOY, 1981). A classificação ao menor nível taxonômico é auxiliada

pelo uso das referências de El Moor-Loureiro (1997); Infante (1988); Montú & Gloeden (1986) e Reid (1985).

Dados de densidades das espécies ocorrentes são, com isso calculados pelo volume de água filtrada pela rede, assim como foram também obtidos o índice de riqueza de Margalef segundo Omori & Ikeda (1984):

$$RM = \frac{S-1}{LN(n)}$$

sendo: RM = Riqueza de Margalef; S = Número de categorias taxonômicas; n = Densidade total

## 3.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Apesar de ocorrer a dragagem de manutenção no estuário do rio Itajaí-Açu de forma com frequência às vezes quinzenalmente e outras contínuamente ao longo do ano, foram registrados três eventos de dragagem de aprofundamento. O primeiro em iniciou em Junho de 2006 para readequação do canal, o segundo em Janeiro de 2009 após a enchente de Novembro de 2008 que, devido ao caráter emergencial e pelas condições hidrodinâmicas, não foram realizada amostragens no rio e a terceira dragagem de aprofundamento ocorreu em 2011 (Fig. 2).

A variação da temperatura da água mostrou uma sazonalidade marcante no estuário com mínimos no inverno (15,89°C) e máximo no verão (27,62°C). Para a salinidade não foi observado um padrão bem definido com mínimo de 0 e máximo de 24,22.

A densidade da comunidade zooplanctônica apresentou picos no inverno e primavera, mas sem um comportamento padrão em relação às atividades de dragagem de aprofundamento realizadas no estuário. Existiu uma tendência de menores valores de densidade nos períodos de dragagem, mas que podem também estar relacionadas à sazonalidade da temperatura assim como a influência do aporta de água doce e entrada da água do mar. A riqueza de espécies, quando sazonal, apresenta relação inversa com a densidade de

organismos e, assim como a densidade, não apresenta uma relação clara com as atividades de dragagem.

Especificamente as espécies dominantes do zooplâncton como *A. lilljeborgi, P. avirostris, P. quasimodo* e *P. richardi* acompanham o comportamento geral da comunidade. São espécies comuns na costa brasileira (BJÖRNBERG, 1981; ONBÉ, 1999 e RAMIREZ, 1981) e importantes na produção biológica local.

Por outro lado *Moina minuta* e larvas de Decapoda apresentam baixas densidades nos períodos de dragem de aprodundamento. Para larvas de Decapoda este comportamento é o esperado pois com a retirada da população adulta nos sedimento a sua representatividade no plâncton tenderia a apresentar uma redução (OMORI & IKEDA, 1984). *Moina minuta* é um representante de água doce e que apresenta uma rápida resposta as alterações ambientais, tanto bióticoa como abióticas (CRISPIM et al., 2003).

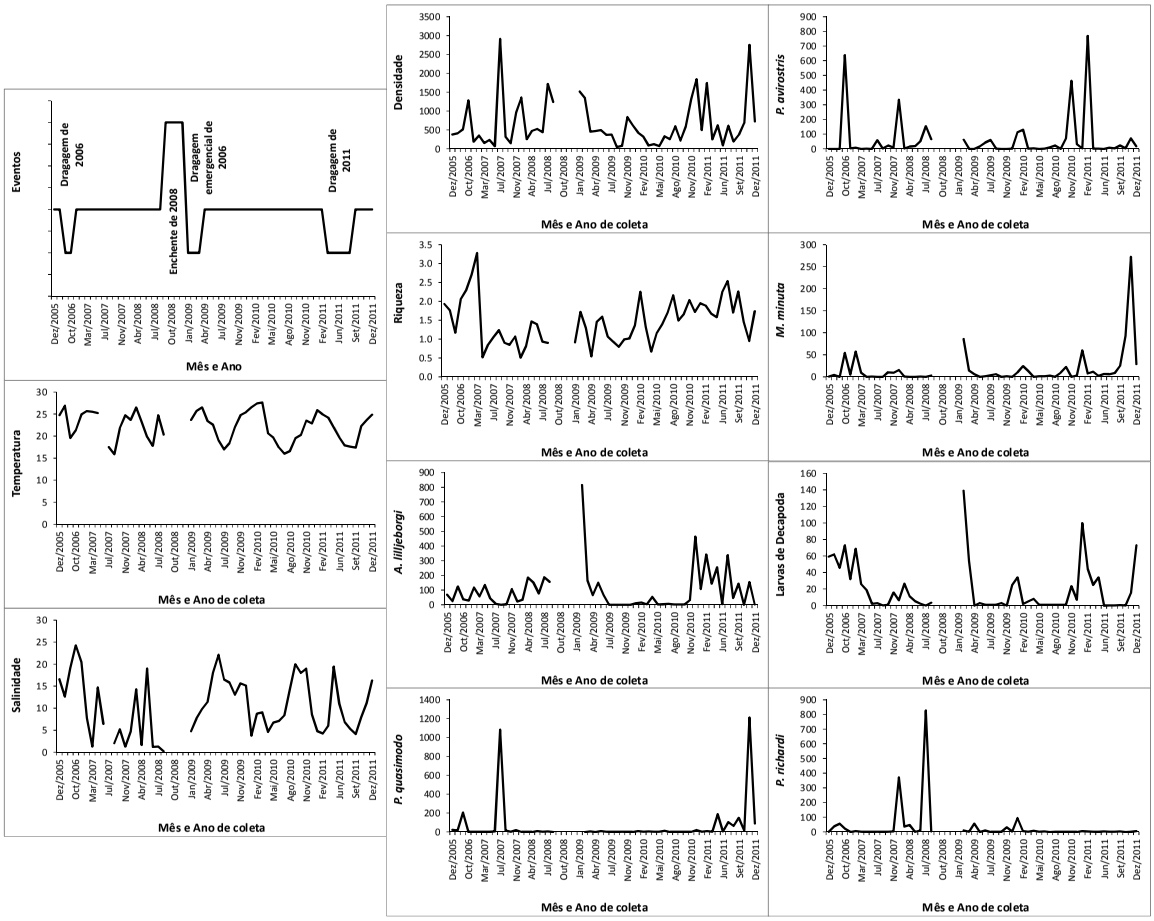


Figura 2 Eventos ocorridos, temperatura média, salinidade média, densidade média (Org./m$^3$) do zooplâncton, riqueza de espécies média do zooplâncton, densidade média (Org./m$^3$) de *Acartia lilljeborgi, Paracalanus quasimodo, Penilia avirostros, Moina minuta,* larvas de Decapoda e *Pseudodiaptomus richardi* entre Dezembro de 2005 a Dezembro de 2011 em pontos de coleta dentro do estuário do rio Itajaí-Açu.

## 3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

Alguns pontos podem ser destacados quanto à variação do zooplâncton observados sobre o monitoramento da comunidade zooplanctônica entre 2005 a 2011 em relação as atividades de dragagem de aprofundamento que ocorrem no estuário do rio Itajaí-Açu.

Em termos de composição específica a comunidade zooplanctônica não apresenta alterações sendo os organismos normalmente observados neste ambiente com ou sem atividades de dragagem.

Entretanto, em termos de densidade de organismos, observou-se que existe uma tendência de redução de valores nos períodos de dragagem, principalmente no período de inverno, quando se esperaria encontrar os maiores valores de densidade da comunidade se não houvesse dragagens.

Não foram observadas alterações na riqueza de espécies em períodos de atividade de dragagem e os picos de número de espécies ocorre nos meses quentes de verão.

Destaca-se uma redução nos valores de densidade de larvas de Decapoda nos períodos de dragagem e que apresentam forte relação com a comunidade bentônica presente no estuário.

*Moina minuta* pode ser considerada uma espécie com resposta rápida as atividades de dragagem devido a sua biologia e ciclo de vida rápido.

Entretanto, deve destacar que a sazonalidade e as variações nas taxas de precipitação induzem uma variabilidade adicional e fundamental na comunidade zooplanctônica, limitando, em muitos casos, um bom diagnóstico da influência das atividades de dragem de aprofundamento que ocorreram no estuário do rio Itajaí-Açu.

O monitoramento da comunidade zooplanctônicas deve ser continuado como forma de se avaliar as alterações no ecossistema estuarino provenientes de operações de dragagem. O zooplâncton representa uma importante nível da cadeia alimentar e será facilmente afetado por ações antropogênicas de qualquer natureza. Portanto a sua utilização como indicador ambiental deverá integrar os futuros PBA'. Merece destaque a importância do monitoramento da comunidade zooplanctônica no estuário devido a potencial presença de espécies exóticas provenientes da água de lastro das embarcações que atracam nas áreas portuários do rio.

## 3.4 REFERÊNCIAS

BJÖRNBERG, T.S.K. Copepoda. In: BOLTVOSKOY, D (ed.). Atlas del zooplankton del atlantico sudocidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publ. Esp. INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 1981. p. 587-680.

BOLTOVSKOY, D. Atlas del zooplancton del Atlantico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publ. Esp. INIDEPE, Mar del Plata. 1981. 936p.

CRISPIM, M.C., PAZ, R.P. & WATANABE, T. Comparation of different *Moina minuta* populations dynamics ecloded from resting eggs in a semi-arid region in Brazil. Braz. J. Ecol. 2003. 1/2: 33-38.

EL MOOR-LOUREIRO, L.M.A. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Editora Universa, UCB, 1997. 156p.

INFANTE, A.G. El plâncton de las aguas continentales. OEA. Serie Biología, N. 33. Washington, 1988. 130p.

MONTÚ, M. & GLOEDEN, I.M. Atlas dos cladocera e copepoda (Crustacea) do estuário da Lagoa dos Patos (Rio Grande, Brasil). Nerítica, Pontal do Sul, PR, 1(2):1-134. 1986.

OMORI M. & IKEDA, T. Method in Marine zooplankton ecology. Jonh wiley & Sons Publ. NewYork. 1984. 332p.

ONBÉ, T. Cladocera. In: BOLTOVSKOY, D. (ed.) Atlas del zooplancton del Atlântico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publ. Esp. INIDEPE, Mar del Plata. 1999. p. 799-813.

RAMIREZ, FC. Cladócera. In: Boltvoskoy, D (ed.). Atlas del zooplankton del atlantico sudocidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publ. Esp. INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 1981. p. 533-541.

REID, J.W. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustácea, Copepoda). Bol. Zool. Univ. S. Paulo. 9:17-143. 1985.

RESGALLA JR., C. et al. Spatial and temporal variation of the zooplankton community in the area of influence of the Itajaí-açu River, SC (BRAZIL). Braz. J. Oceanogr., vol.56, no.3, p.211-224, 2008.

RÖRIG, L.R.; RESGALLA JR., C. & SCHETTINI, C.A.F. Estrutura da assembléia planctônica através do estuário e da pluma do rio Itajaí-Açu. Rev. Estudos Ambientais, Blumenau, 5(1):76-94. 2003.

SCHETTINI, C.A.F.; KUROSHIMA, K.N.; PEREIRA FILHO, J.; RÖRIG, L.R. & RESGALLA JR., C. Oceanographic and ecological aspects of the Itajaí-açu river plume during a high discharge period. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 70 (2), 335-351. 1998.

SCHETTINI, C.A.F.; RESGALLA JR., C.; PEREIRA F.O., J.; SILVA, M.A.C.; TRUCCOLO, E.C. & RÖRIG, L.R. Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-açu. Braz. J. Aquat. Sci. Tech. 9(2):93-102. 2005.

VEADO, L. Variação espaço-temporal do zooplâncton no baixo estuário do rio Itajaí-açu, SC. 2008. 123f. Dissertação de mestrado. Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental. UNIVALI. 2008.

# 4 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA TURBIDEZ E VARIÁVEIS HIDROGRÁFICAS NA REGIÃO DO BAIXO ESTUÁRIO

## 4.1 INTRODUÇÃO

O monitoramento dos parâmetros hidrossedimentológicos do rio Itajai-Açu, na área de influência das dragagens realizadas no baixo estuário, teve seu desenvolvimento iniciado no ano de 2006 por determinação das condicionantes especificas da Licença de Operação do Porto de Itajai. Por ocasião deste monitoramento foram medidos e acompanhados o comportamento da descarga fluvial, do material particulado em suspensão, dos parâmetros de temperatura e salinidade, do nível d'água e correntes, objetivando caracterizar possíveis mudanças no comportamento hidrodinâmico fluvial influenciado pelas cosntantes e sucessivas dragagens para manutenção do calado do canal de acesso e baica de evolução.

Uma síntese dos resultados obtidos entre 2006 e 2012 são apresentados à seguir como forma de avaliação e ponderação sobre os métodos de monitoramento que darão continuidade ao monitoramento da área onde se localiza o Porto de Itajaí nos próximos anos.

Para discutir os dados de turbidez, temperatura e salinidade foram aproveitados para esta síntese, os dados coletados no monitoramento da dragagem de aprofundamento, realizado pelo Centro de Ciências da Terra e do Mar – CTTMar, através de campanhas com duração de 14 horas, cobrindo um ciclo completo de maré.

O CTTMar, já vem desenvolvendo trabalhos no estuário do rio Itajaí-Açu desde 1995 e em 2006, em função da instalação da obra de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Itajaí adotou o monitramentoistemático para atendimento ao licenciamento ambiental. Nessa época já havia planos para a implantação de um sistema de monitoramento automatizado de parâmetros físicos e sedimentológicos no baixo estuário, porém como não sendo possível à

realização desta atividade, foi elaborado um programa de campanhas alternativo para verificar os efeitos da dragagem no baixo estuário do rio Itajaí-Açu.

A partir de Julho de 2010, houve uma adaptação na metodologia deste programa em função do Plano Básico Ambiental - PBA da Dragagem de Aprofundamento (-14,0 Metros DHN) do Canal de Acesso e da Bacia de Evolução do Porto Organizado de Itajaí, SC. Em 2011 foi finalmente implementado o sistema de monitoramento automatizado de parâmetros físicos no baixo estuário, o qual obteve dados durante um ano a cada dez minutos. Entretanto, devido realização de obras para receber uma etapa Volvo Ocean Race, cujas instalações foram edificadas a poucos metros de onde se localizavam os instrumentos de medição, os equipamentos foram recolhidos no início de 2012 e não puderam contribuir para a presente sintese.

## 4.2 METODOLOGIA

Monitoramento da turbidez das variáveis hidrográficas na região do baixo estuário.

*Salinidade, temperatura e turbidez*

O monitoramento no período de 2006 e 2010 foi realizado através de campanhas bimestrais para coleta de dados físicos em quatro estações amostrais no canal interno e bacia de evolução, acompanhando um ciclo completo de maré semi-diurna (~ 13 horas).

Durante estas campanhas foram coletados em intervalos horários, perfis verticais de salinidade, temperatura e turbidez da água em quatro estações, sendo a primeira enfrente ao estaleiro Itajaí (POES1), a segunda na bacia de evolução (POES2), a terceira no canal enfrente ao píer turístico (POES3) e quarta no canal enfrente a saída do saco da fazenda (POES4).

Os dados foram obtidos por uma sonda tipo CTD marca SAIV modelo SD204 através de perfis verticais realizados em cada estação a cada hora durante 13 horas consecutivas.

A Tabela 2 e a Figura 3 localizam mostram a localização das etações de monitoramento.

Tabela 2 Localização dos pontos amostrais (2006 a 2010).

| ESTAÇÕES | LATITUDE | LONGITUDE |
|---|---|---|
| POES 1 | -26.8905° | -48.6668° |
| POES 2 | -26.9009° | -48.66° |
| POES 3 | -26.9044° | -48.6539° |
| POES 4 | -26.9126° | -48.644° |

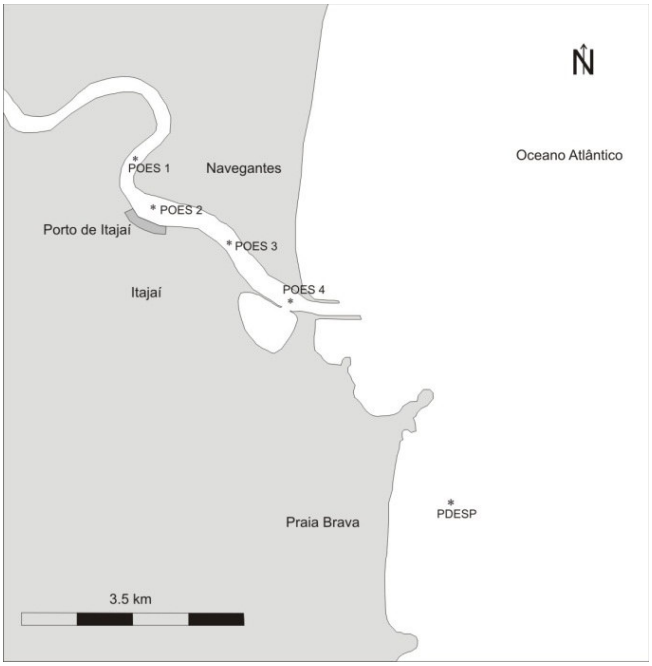


Figura 3 Localização esquemática dos pontos de controle da dragagem.

A partir de 2011, passou-se a utilizar uma sonda marca ALEC, modelo ASTD687 para a coleta dos dados de salinidade, temperatura e turbidez, Durante 14 horas de coleta, em intervalos de 1 hora a sonda foi lançada em cada ponto amostral e configurada para coletar dados a cada 1 segundo da superfície ao fundo em sete pontos amostrais (Figura 44).

*Correntes*

Os dados de correntes discutidos aqui neste relatório foram coletados por um perfilador acústicos de correntes (ADCP), com efeito *Doppler* da marca

*NORTEK* modelo *AQUADOPP PROFILER*, que coletou dados a cada 10 minutos, durante 24 horas por dia. O mesmo encontra-se fundeado através de estaca e fixos a uma estrutura de aço-inox, fora do canal principal. Um localizado nas coordenadas 26º54'29,8"S e 48º39'03,7"W próximo ao píer do CEPSUL, aproximadamente 45 metros do *píer* (Figura 5).

Figura 4 Localização dos pontos amostrais ao longo do rio Itajaí-Açu.

Figura 5 Localização do perfilador no rio Itajaí-Açu na estação do CEPSUL.

*Vazão*

Os valores de vazão para o rio Itajaí-Açu entre o ano de 2010 e 2011 foram adquiridos na estação limnimétrica da Agência Nacional de Águas (ANA) em Indaial, onde foram adquiridas informações diariamente de nível, e estes dados foram convertidos em vazão através de uma curva chave.

## 4.3 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

*Salinidade, temperatura e turbidez*

Os valores dos parâmetros ambientais que foram utilizados nesta discussão são médias obtidas durante os campos de 14 horas realizados nas estações que estão distribuídas no estuário avaliando-se dessa forma se houve ou não modificações significativas das variáveis ambientais entre os anos estudados.

O comportamento dos parâmetros das médias de salinidade, temperatura e turbidez entre 2006 e 2012, são apresentados nas Tabela 3, 4 e 5 e pelas Figura 6, 7 e Figura 8.

Observou-se que 2006 foi o ano que apresentou os maiores valores de turbidez. Deve ser destacado que neste período houve a dragagem de readequação do canal de acesso ao porto e, segundo os relatórios da época, os valores mais elevados de turbidez é cosnequencia desta operação que modificou por modificar as as condições que vinham sendo normalmente observadas no baixo estuário.

É importante salientar que as metodologias adotadas nos dois períodos apresentam diferenças, seguindo as orientações dos PBA's respectivos. No PBA da readequação a medição da turbidez era realizada simultaneamente às operações de dragagem. Mais explicitamente a medição era realizada ao lado da dra e durante sua operação, seja de sucção ou de descarte. No PBA de manutenção o monitoramento é realizado em períodos determinados que podem não coincidir com a ioperação de dragagem. Por esse motivo os valores de turbidez podem estar discrepantes em relação a 2006.

De maneira geral, pode-se afirmar que ocorrem picos nos valores de turbidez e alterações nos demais parâmetros estudados durante as atividades relacionadas à dragagem com as condições estuarinas normais se restabelecendo em um período relativamente curto de tempo. Nesse sentido, medições da turbidez realizadas concomitantemente à operação da dragagem representa uma situação de momento e não das consições estuarinas de maneira geral.

Tabela 3 Médias, máximas e mínimas de salinidade no estuário do rio Itajaí-Açu entre 2006 e 2012.

| Data | | Salinidade | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Média | Máxima | Mínima |
| 1 | 21/03/2006 | 34 | 26 | 36 |
| 2 | 22/03/2006 | 25 | 3 | 35 |
| 3 | 09/05/2006 | 30 | 19 | 35 |
| 4 | 28/06/2006 | 28 | 16 | 34 |
| 5 | 05/09/2006 | 29 | 10 | 34 |
| 6 | 15/11/2006 | 29 | 10 | 34 |
| 7 | 02/02/2010 | 20 | 0 | 34 |
| 8 | 02/02/2010 | 20 | 0 | 34 |
| 9 | 31/03/2010 | 03 | 0 | 34 |
| 10 | 27/08/2010 | 22 | 6 | 32 |
| 11 | 13/07/2011 | 21 | 0 | 35 |
| 12 | 18/08/2011 | 11 | 0 | 33 |
| 13 | 01/12/2011 | 24 | 1 | 34 |
| 14 | 14/03/2012 | 26 | 1 | 35 |
| 15 | 22/03/2012 | 9 | 0 | 33 |
| 16 | 22/05/2012 | 23 | 2 | 34 |
| 17 | 12/06/2012 | 18 | 0 | 36 |
| 18 | 07/08/2012 | 16 | 0 | 32 |

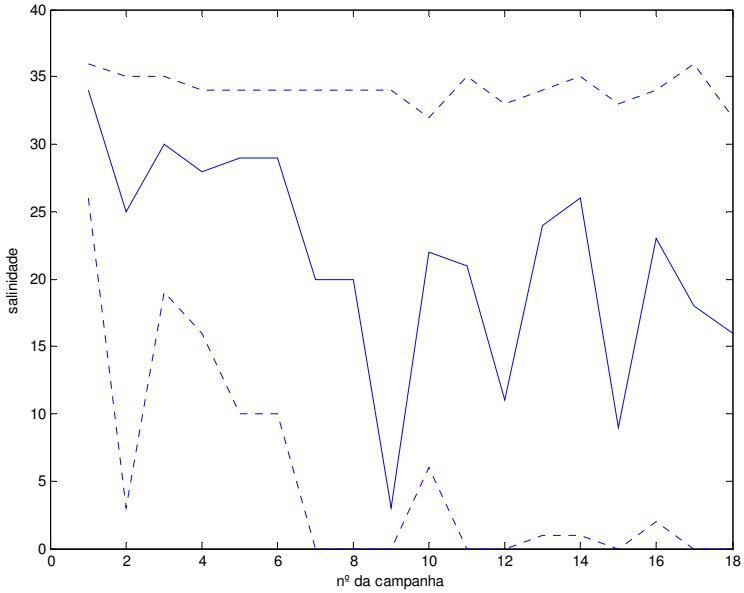


Figura 6 Represntação gráfica das médias, máximas e mínimas de salinidade no estuário do rio Itajaí-Açu entre 2006 e 2012. A linha continua representa os valores das médias de salinidade, a pontilhada superior as máximas e a pontilhada inferior as mínimas.

Tabela 4 Médias, máximas e mínimas de temperatura (ºC) no estuário do rio Itajaí-Açu entre 2006 e 2012.

| Data | | Temperatura (ºC) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Média | Mínima | Máxima |
| 1 | 21/03/2006 | 27 | 26 | 29 |
| 2 | 22/03/2006 | 27 | 27 | 28 |
| 3 | 09/05/2006 | 22 | 21 | 22 |
| 4 | 28/06/2006 | 19 | 19 | 20 |
| 5 | 05/09/2006 | 19 | 18 | 19 |
| 6 | 15/11/2006 | 23 | 22 | 25 |
| 7 | 02/02/2010 | 26 | 22 | 29 |
| 8 | 02/02/2010 | 26 | 22 | 29 |
| 9 | 31/03/2010 | 23 | 19 | 29 |
| 10 | 27/08/2010 | 18 | 17 | 20 |
| 11 | 13/07/2011 | 16 | 13 | 20 |
| 12 | 18/08/2011 | 18 | 17 | 18 |
| 13 | 01/12/2011 | 24 | 23 | 26 |
| 14 | 14/03/2012 | 22 | 18 | 30 |
| 15 | 22/03/2012 | 24 | 23 | 25 |
| 16 | 22/05/2012 | 22 | 20 | 22 |
| 17 | 12/06/2012 | 19 | 16 | 21 |
| 18 | 07/08/2012 | 18 | 15 | 19 |

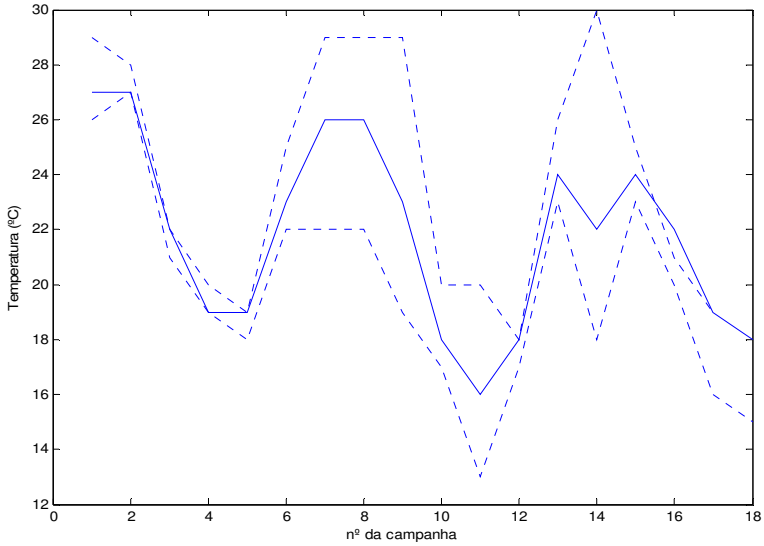


Figura 7 Representação gráfica das médias, máximas e mínimas de temperatura (ºC) no estuário do rio Itajaí-Açu entre 2006 e 2012. A linha continua representa os valores das médias de temperatura, a pontilhada superior as máximas e a pontilhada inferior as mínimas.

Tabela 5 Médias, máximas e mínimas de Turbidez (ftu) no estuário do rio Itajaí-Açu entre 2006 e 2012.

| Data | | Turbidez (ftu) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Média | Mínima | Máxima |
| 1 | 21/03/2006 | 9 | 4 | 144 |
| 2 | 22/03/2006 | 39 | 0 | 502 |
| 3 | 09/05/2006 | 46 | 0 | 550 |
| 4 | 28/06/2006 | 248 | 6 | 1000 |
| 5 | 05/09/2006 | 106 | 3 | 809 |
| 6 | 15/11/2006 | 49 | 4 | 824 |
| 7 | 02/02/2010 | 27 | 0 | 62 |
| 8 | 02/02/2010 | 27 | 0 | 62 |
| 9 | 31/03/2010 | 35 | 0 | 62 |
| 10 | 27/08/2010 | 112 | 3 | 438 |
| 11 | 13/07/2011 | 17 | 0 | 58 |
| 12 | 18/08/2011 | 40 | 0 | 62 |
| 13 | 01/12/2011 | 15 | 3 | 62 |
| 14 | 14/03/2012 | 9 | 0 | 62 |
| 15 | 22/03/2012 | 20 | 3 | 62 |
| 16 | 22/05/2012 | 25 | 0 | 70 |
| 17 | 12/06/2012 | 33 | 0 | 79 |
| 18 | 07/08/2012 | 37 | 0 | 300 |

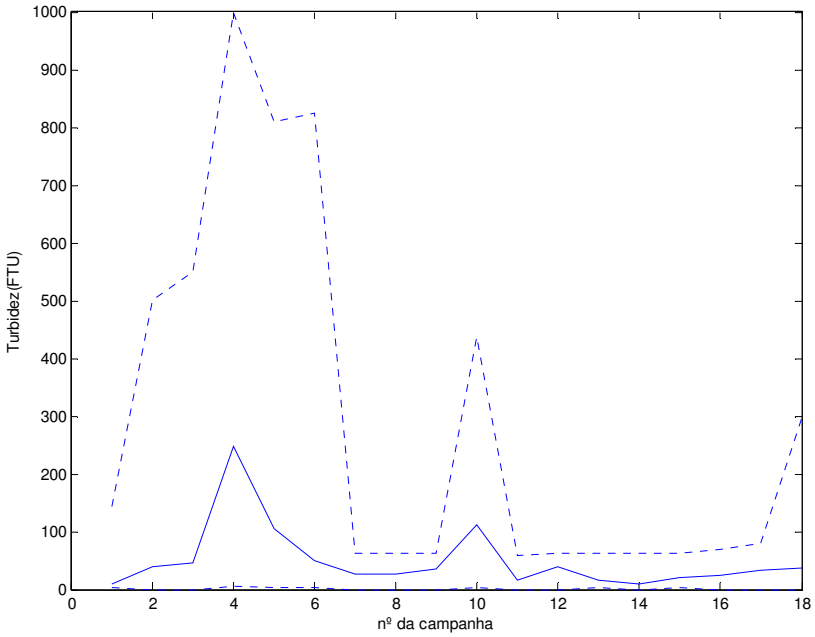


Figura 8 Representação gráfica das médias, máximas e mínimas de Turbidez (ftu) no estuário do rio Itajaí-Açu entre 2006 e 2012. A linha continua representa os valores médios de turbidez, a pontilhada superior representa valôres máximos e a pontilhada inferior, mínimas.

*Correntes*

Para comprarar os dados de vazão coletados em Idaial com os de correntes coletados nas proximidades do CEPSUL/IBAMA no rio Itajaí-Açu, foram considerados 36 meses de coletas entre os anos de 2006 a 2011 e estão representados na Tabela . Estes dados estão plotados na Figura , a qual possibilita observar que ambos os parâmetros apresentram uma forte correlação.

As médias de correntes do estuário do rio Itajaí-Açu durante o período de monitoramento das condições ambientais no baixo estuário do rio Itajaí-Açu, estão representadas na Tabela  as quais permitem observar que no ano de 2008 ocorreu a maiores velocidades, ano este que apresentou alta taxa de precipitação na bacia do Itajaí, onde algumas cidades da região sofreram com as enchentes.

As velocidades de correntes estão diretamente relacionadas com a vazão e com a entrada de maré no estuário, porém é em períodos de grande vazão onde ocorrem os maiores picos de velocidade de correntes, e estes períodos estão associados a eventos naturais, que ocorrem na região.

Tabela 6 Média das vazões no estuário do rio Itajaí-Açu, próximo ao píer do CEPSUL/IBAMA, entre os anos de 2006 a 2011.

| Ano | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2006 | - | - | 117 | - | 39 | - | - | - | 74 | - | 202 | - |
| 2007 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 398 | 225 |
| 2008 | - | 313 | 212 | 207 | 231 | 158 | - | - | 173 | 856 | 950 | 388 |
| 2009 | 278 | 261 | - | - | - | - | - | 254 | 580 | 639 | - | - |
| 2010 | - | 284 | 324 | - | - | - | - | 356 | - | 265 | - | - |
| 2011 | 494.5 | 906 | 435 | 361 | 228 | 168 | 559 | 993 | 1308 | 289 | 227 | 159 |

Tabela 7 Média das velocidades de correntes no estuário do rio Itajaí-Açu, próximo ao píer do CEPSUL/IBAMA, entre os anos de 2006 a 2012.

| Ano | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2006 | - | - | 0,19 | - | 0,33 | - | - | - | 0,4 | - | 0,26 | - |
| 2007 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,22 | 0,22 |
| 2008 | - | 0,42 | 0,23 | 0,34 | 0,35 | 0,29 | - | - | 0,46 | 0,51 | 0,93 | 0,59 |
| 2009 | 0,68 | 0,33 | - | - | - | - | - | 0,3 | 0,5 | 0,67 | - | - |
| 2010 | - | 0,38 | 0,53 | - | - | - | - | 0,35 | - | 0,22 | - | - |
| 2011 | 0,35 | 0,24 | 0,32 | 0,42 | 0,32 | 0,27 | 0,43 | 0,5 | 0,47 | 0,32 | 0,31 | 0,22 |
| 2012 | 0,5 | 0,24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

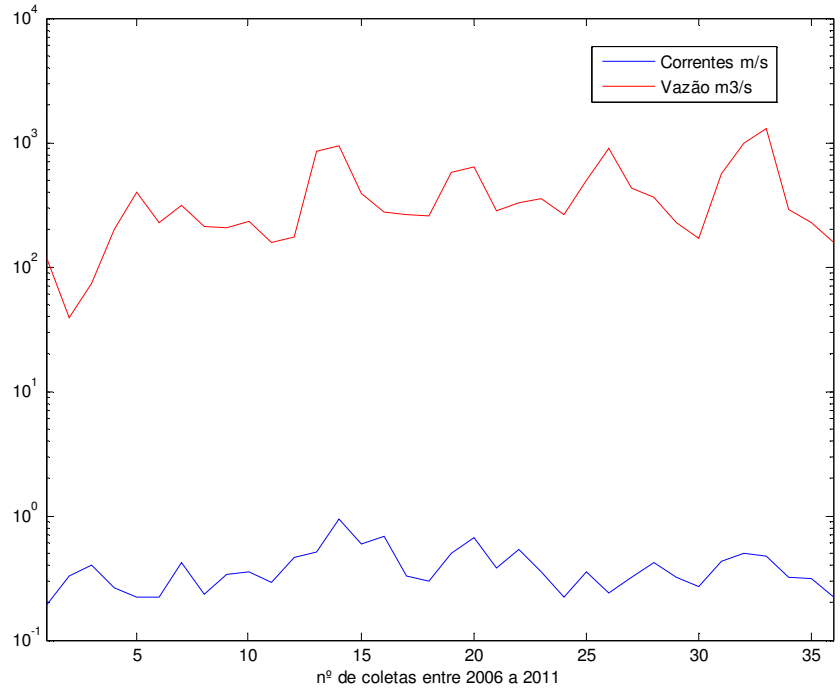


Figura 9 Média das correntes e média das vazões entre 2006 e 2011 no estuário do rio Itajaí-Açu.

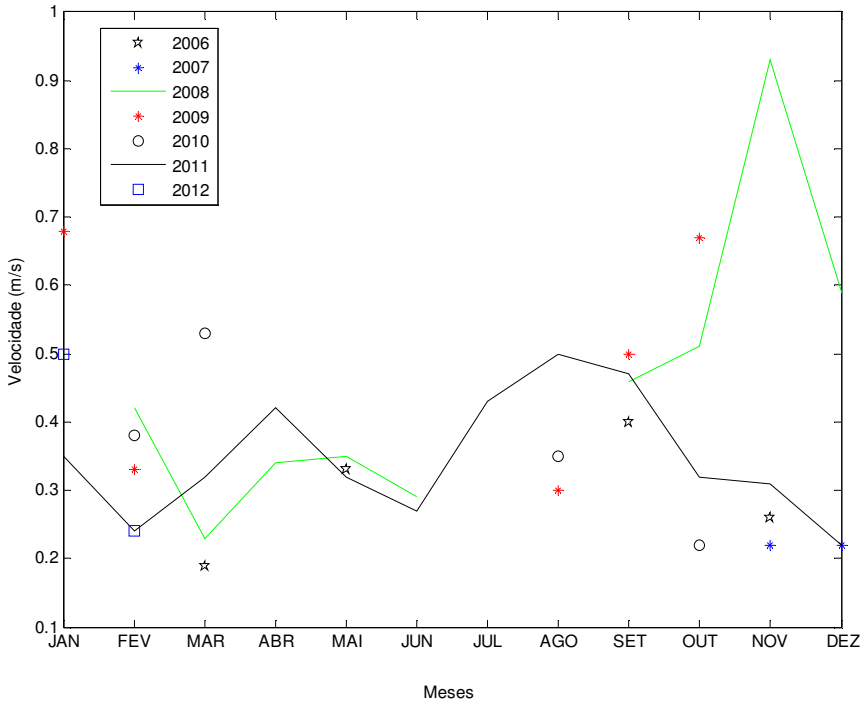


Figura 10 Representação gráfica das média das velocidades de correntes no estuário do rio Itajaí-Açu, próximo ao píer do CEPSUL/IBAMA, entre os anos de 2006 a 2012.

### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

Conforme os dados apresentados relativos aos parâmetros ambientais de turbidez medidos entre 2006 e 2012 e dos demais parâmetros estudados observou-se uma forte alteração durante alguns episódios que ocorrem no estuário, como manobras de embacações e dragagens, porém em um período relativamente curto de tempo, o estuário retorna as condições normais.

E relação aos dados correntes estudados, não foi identificado um padrão de aumento das velocidades no estuário do rio Itajaí-Açu associado à modificações na geometria do canal de acesso e bacia de evolução do Porto de Itajaí. As fortes velocidades observadas foram episódicas e são relacionadas a eventos naturais, que acontecem na região.

# 5 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE SEDIMENTO

## 5.1 MONITORAMENTO DAS VARIAÇÕES TEXTURAIS DO SEDIMENTO

O Laboratório de Geologia e Sedimentologia vem monitorando características granulométricas e texturais do sedimento no estuário do rio Itajaí-Açu desde o ano de 2006 até o ano de 2012 para verificar possíveis alterações ocorridas na textura do sedimento associado às dragagens que se sucederam no canal do rio Itajaí-Açu. Ênfase é dada ao periodo de 2010/12 quando ocrreram as obras de aprofundamento do canal de acesso interno ao Porto de Itajaí para a acota de -14m (cota DHN).

O monitoramento se estende ainda às áreas de bota-fora situadas na região externamente ao extuário, na plataforma continental adjacente aos municípios de Itajaí e Navegantes.

Os métodos de coleta e análise de amostra empregados neste programa de monitoramento desde o seu inicio em 2006 até o mês de Outubro de 2012 são apresentados a seguir.

Até o ano de 2010 o monitoramento ocorreu com amostragens realizadas em quatro estações localizadas no interior do estuário e duas situadas na região marinha externa correspondente às áreas de despejo. A partir de 2010 duas estações foram acrescentadas na região interna e tres na região externa para atender Plano Básico Ambiental da dragagem de aprofundamento. A figura 11 apresentada a seguir localiza as amostras coletadas para cumprimento dos dois planos ambientais que se desenvolveram simultaneamente. As amostragens eram realizadas trimestralmente até 2010 e passaram a ser mensais a partir do aprofundamento. Nos dois casos pós a coleta as amostras foram transportadas ao laboratório onde passaram por um tratamento inicial para posterior análise da distribuição granulométrica definida segundo a metodologia proposta por Suguio (1973) e Folk e Ward (1957). Além da granulometria também foram medidas a porcentagem de carbonato de cálcio e de matéria orgânica

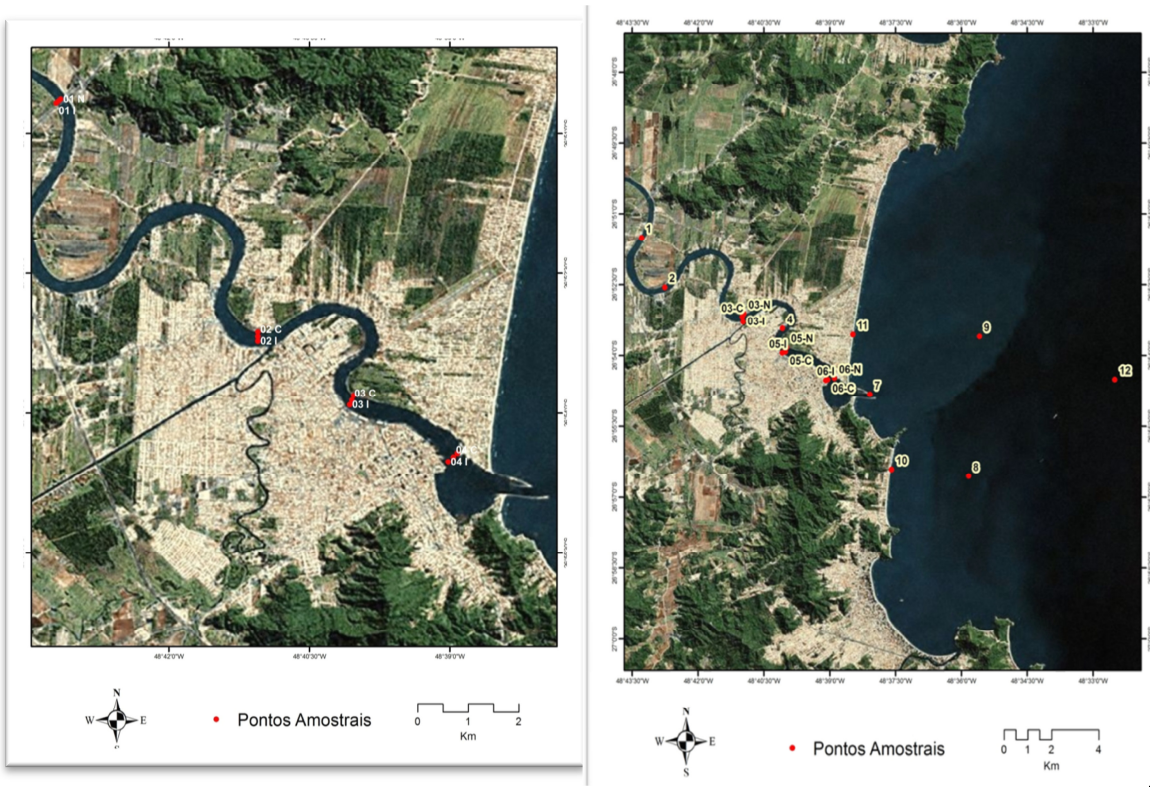


Figura 11 localização das estações de coleta de sedimentos nos diferentes planos amostrais adotados

### 5.1.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Os resultados obtidos durante os últimos seis anos de monitoramento mostraram que não houve modificações importantes no material sedimentar que demonstrassem alterações decorrentes da atividade portuária ou que necessitassem alguma intervenção nas operações.

Nas estações situadas à montante do porto não apresentam modificações nas características sedimentares que se notabilizam pela sedimentação lamosa típica de ambientes estuarinos desenvolvidos em planicies costeiras onde os canais fluviais têm características meandriformes. Já nas estações localizadas na porção do estuário onde as dragagens são atividades recorrentes, os sedimentos apresentam relativa variabilidade dependendo da época entre uma dragagem e outra, quando à deposição e a espessura da cobertura sedimentar removida. Nas coletas realizadas entre duas dragagens os sedimentos tendem para as classes granulométricas siltico-arenosa ou lamo-arenosa e durante ou logo após as dragagens, o sedimento apresenta tendência de granulometria mais grosseira.

Todas as amostras coletadas no estuário do rio Itajaí-açu apresentaram diâmetro médio na fração dos sedimentos finos, silte e argila. As amostras coletadas na plataforma continental apresentaram tamanho médio de grão de areia. Através destes resultados verifica-se um tamanho maior de grão associado às amostras localizadas na área marinha em comparação as amostras fluviais, semelhante ao ocorrido nas amostras coletadas nos levantamentos anteriores, e provavelmente este tamanho de grão maior está associado ao despejo do material dragado nos pontos de bota-fora BF4 e BF5.

Acredita-se que a variação granulométrica temporal nas amostras do rio possui uma relação direta com os processos de variação na descarga fluvial, não sendo verificada alguma variação que possa estar fora da normalidade (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Numa analise da variação granulométrica durante o processo de aprofundamento para os sete pontos amostrais localizados no baixo estuário do rio Itajaí-Açu, demonstrou que a variação observada durante o período de Dezembro de 2010 a Outubro de 2012, está relacionada ao próprio processo de

dragagem e às flutuações na velocidade de transporte de sedimentos produzidas por mudanças pluviométricas na região. Contudo, não foram observadas variações importantes nos sedimentos, sendo que quase a totalizada dos pontos amostrais apresentam condições semelhantes às observadas antes o procedimento de dragagem.

A análise da variação da porcentagem de carbonatos e matéria orgânica apresentaram padrões que variaram durante todo o período de análise, porém estas variações se apresentaram dentro do normal, mostrando que os pontos amostrais possuem porcentagens semelhantes as observadas antes ao inicio das dragagens de aprofundamento.

### 5.1.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

Os resultados obtidos de cada análise são coerentes pois retratam pontualmente o que é esperado para as características texturais em áreas que se encontram momentaneamente sobre influência de dragagens e para aqueles pontos onde não se realizam tais intervenções. As amostras analisadas não apresentaram alterações significativas em seus parâmetros granulométricos e porcentagens de carbonatos e matéria orgânica entre si e quando comparadas as amostras analisadas em levantamentos anteriores, ou seja, não houveram alterações significativas causadas pelos processos de dragagem nos sedimentos do rio e marinhos.

A interpretação dos resultados frente á variações de caráter sazonal também atesta a eficiência deste método de monitoramento e do parâmetro ambiental avaliado.

Por tais razões o programa em questão tem se mostrado eficiente e os pontos amostrais são suficientes para o monitoramento em questão não havendo a necessidade de modificações nos padrões amostrais no monitoramento.

As análises da variação histórica do tamanho de grão e da porcentagem de carbonato e matéria orgânica demonstram que as variações estiveram dentro do comum e demonstram que as condições de quase a totalidade dos pontos são

semelhantes aquelas observadas antes das atividades de dragagem de aprofundamento do canal do Itajaí-Açu.

### 5.1.4 REFERÊNCIAS

FOLK, R. L. & WARD, W. C. Brazos River Bar: A Study of the Significance of Grain Size. Journal of Sediment Petrolgy, 27 (1): 3-26. 1957.

SUGUIO, K. Introdução à Sedimentologia. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1973

## 5.2. MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NO SEDIMENTO

### 5.2.1. METODOLOGIA

Amostras de sedimento superficial foram coletadas trimestralmente durante os anos de 2006 a 2012 para determinação das concentrações totais dos seguintes metais pesados: cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni) e zinco (Zn).

Para a obtenção da amostra foi utilizado um coletor do tipo busca-fundo em campanhas de campo que ocorreram juntamente com outros subprogramas de monitoramento da qualidade dos sedimentos e nas mesmas estações de coleta utilizadas pela equipe de técnicos do Laboratório de Ecologia da Comunidade Aquática e de Variações Texturais do Sedimento.

As amostras destinadas às análises químicas são separadas em sacos plasticos devidamente etiquetados e trazidos para o laboratório de Oceanografia Química. São então colocadas na estufa até secagem total, maceradas, pesadas e posteriormente realizada a abertura da amostra através de extração ácida ($HNO_3$+ HF+ HCl) à quente segundo metodologia descrita em APHA/WWA/WEF (1999).

A concentração total dos metais analisados foi obtida através de determinação quantitativa por Espectrometria de Absorção Atômica com queima em forno grafite ou chama, dependendo das suas concentrações. Todas as

amostras foram processadas em triplicata, e para cada réplica foram realizadas três leituras de metais.

No ano de 2006 existiam apenas quatro pontos de coleta, os quais eram localizados na área central do estuário, identificados como #6, #6A, # 7 e #8. Em 2007 iniciaram as amostragens de sedimento nas margens direita e esquerda do estuário, Itajaí e Navegantes, respectivamente, além do canal, procedimento que segue até o presente ano, totalizando desta forma 12 pontos de coleta. Neste procedimento as estações foram renomeadas e passaram a ser identificadas como segue na Tabela 8, onde a estação 1 está localizada mais à montante, próximo à ponte da BR101; enquanto o ponto 4 representa o ponto mais à jusante, próximo a desembocadura do rio.

Tabela 8: Localização das estações de amostragem referentes ao monitoramento da qualidade do sedimento do rio Itajaí-Açu nas amostragens dos anos 2006- 2012.

| Estações 2006 | Localização | Estações 2007-2012 | Latitude | Longitude |
|---|---|---|---|---|
| | Ponte BR-101- margem Itajaí | #1I | | |
| #6 | Ponte BR-101 | #1C | 26º50'36,78" | 48º43'5,77" |
| | Ponte BR-101- margem Navegantes | #1N | | |
| | Montante Canal Itajaí-Mirim- margem Itajaí | #2I | | |
| #6A | Montante Canal Itajaí-Mirim | #2C | 26º53'11,4" | 48º41'2,62" |
| | Montante Canal Itajaí-Mirim- margem Navegantes | #2N | | |
| | Em frente ao Porto- margem Itajaí | #3I | | |
| #7 | Em frente ao Porto | #3C | 26º53'58,6" | 48º39'41,26" |
| | Em frente ao Porto- margem Navegantes | #3N | | |
| | Em frente ao CEPSUL - IBAMA- margem Itajaí | #4I | | |
| #8 | Em frente ao CEPSUL - IBAMA | #4C | 26º54'31,07" | 48º39'4,68" |
| | Em frente ao CEPSUL - IBAMA- margem Navegantes | #4N | | |

### 5.2.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Os dados de metais pesados apresentados neste documento se referem a forma total encontrada no sedimento superficial, ou seja, estão sendo analisadas todas as formas de associação ao sedimento, inclusive sua fração mineralógica. Em todas as campanhas realizadas durante os seis anos de monitoramento foram avaliados a distribuição espaço-temporal da concentração dos metais pesados nos sedimentos superficiais do estuário do rio Itajaí-Açu. Aliado a isto as concentrações encontradas sempre foram comparadas com a legislação, a

Resolução 344/2004 - CONAMA, para avaliar o nível dentro do qual o sedimento analisado enquadrava-se.

De maneira geral, verificou-se uma acentuada variação espacial dos níveis de metais, tanto ao longo do canal, como ao longo das margens de Itajaí e de Navegantes. As duas margens do estuário (Itajaí e Navegantes) apresentaram comportamento diferenciado a cada campanha em que era realizada, podendo ser reflexo da diferença de velocidade de fluxo de água existente entre as margens. A deposição do material sedimentar ocorre de acordo com a força da vazão do ambiente, sendo que onde a velocidade das correntes é mais intensa, acabam prevalecendo processos de erosão, retirando material mais fino e consequentemente diminuindo a concentração dos metais nestas margens.

Os metais tem baixa afinidade com sedimentos grosseiros, pois apresenta baixa relação superfície x volume neste sedimento diminuindo, portanto, os sítios de adsorção destes. Sua afinidade está intimamente relacionada com sedimentos finos (fração silte e argila), onde há maior relação de superfície para o mesmo volume de sedimento, explicando então a diferença encontrada nos valores para os metais nas margens alternadas.

Este fato ficou bem marcado em várias campanhas, principalmente nas campanhas de Junho de 2011 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**2), onde estava ocorrendo os processos de aprofundamento do canal, ação mais intensa de retirada de sedimentos da área de estudo.

As estações que não sofrem o processo de dragagem (estações 1 e 2) apresentaram certa homogeneidade entre as concentrações encontradas nas margens e no canal, e as estações que tem este procedimento periódico (estações 3 e 4), apresentaram concentrações maiores nas margens e menores no canal. Os pontos 1 e 2 tenderam a apresentar sempre as maiores concentrações de metais. No caso do ponto 2 tal fato pode ser explicado, ao menos em parte, pela contribuição do rio Itajaí-Mirim que deságua próximo a este local e recebe uma grande contribuição de cargas de poluentes provenientes de atividades industriais desenvolvidas nesta área.

Já os pontos 3 e 4, apresentaram sempre as menores concentrações na área do canal durante as operações de aprofundamento, e com o encerramento destes processos, o padrão de distribuição da concentração dos metais nos sedimentos, voltou a ser controlado novamente pela hidrodinâmica do ambiente, apresentando comportamento semelhante entre as margens e o canal. Este comportamento ficou bem evidenciado nas campanhas de Setembro e Dezembro de 2011, período no qual a draga não estava mais operando no canal de acesso ao Porto de Itajaí, proporcionando uma maior deposição de sedimentos mais finos neste local. Em alguns pontos amostrais, para alguns metais, temos as concentrações do canal igualadas as das margens, e por vezes maiores do que as concentrações observadas nas margens.

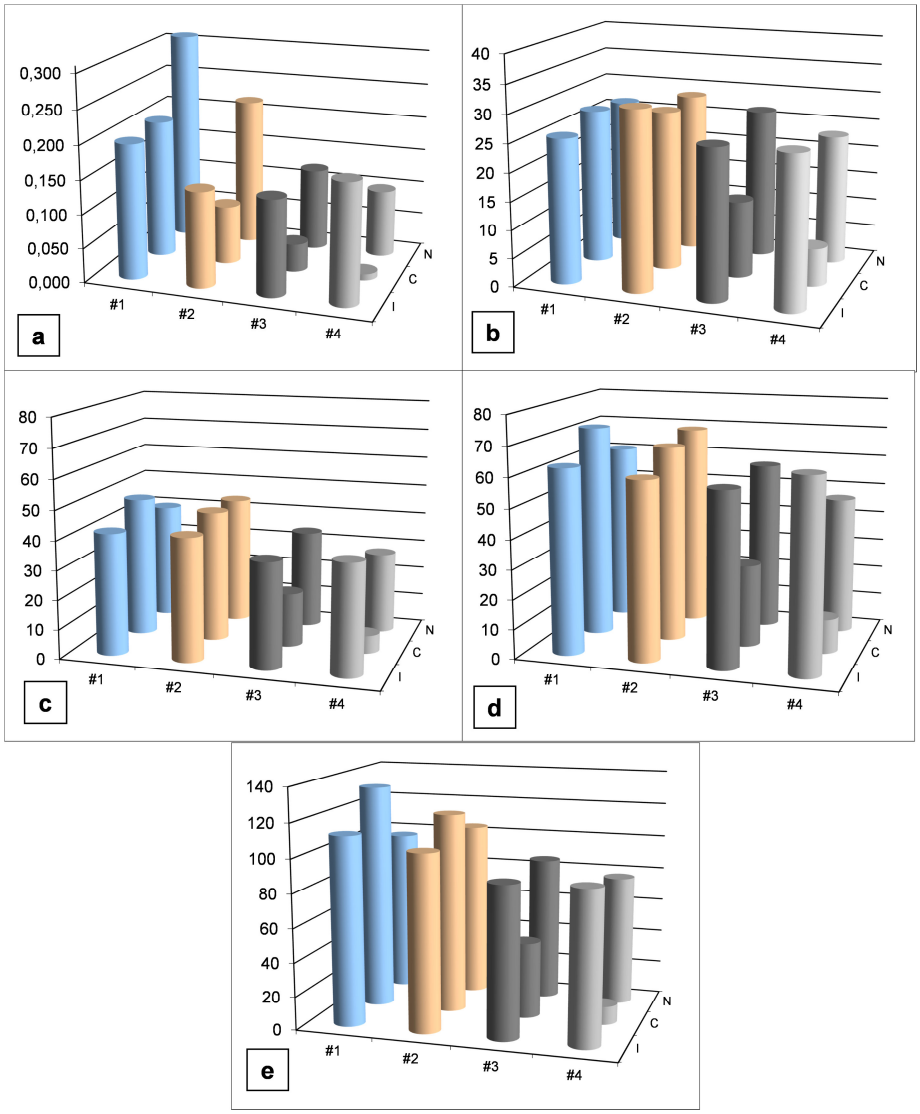


Figura 22 Variação espacial de Cádmio (a), Chumbo (b), Níquel (c), Cromo (d) e Zinco (e) dos sedimentos superficiais ao longo do estuário do rio Itajaí-Açu, das amostras de 06 de Junho de 2011. I - margem de Itajaí; C – canal principal do rio e N - margem de Navegantes. Todos os valores estão expressos em mg/Kg de sedimento seco.

Em relação às concentrações dos metais encontradas no sedimento do estuário do rio Itajaí-Açu, os valores em cada campanha não ultrapassaram os limites estabelecidos pelo CONAMA 344, para áreas dragadas, onde as concentrações ficaram abaixo do nível 1, para os elementos de Cd, Cr, Zn e Pb. Na Figura  são apresentadas as médias anuais para cada elemento evidenciando este comportamento.

Figura 13 Variação temporal das médias gerais das concentrações dos metais cádmio (Cd), Cromo (Cr), Chumbo (Pb) e Zinco(Zn), nos anos de 2006 – 2012 no estuário do rio Itajaí-Açu. Todos os valores estão expressos em mg/Kg de sedimento seco. (----) Nível 1 do CONAMA 344.

Para o Níquel (Ni) em todas as campanhas durante os seis anos foram encontrados valores superiores a 20,9 mg/Kg (Limite do nível 1-CONAMA), porém inferiores ao limite determinado para o nível 2, os quais podem causar efeito adverso a biota.

Vale ressaltar que como este padrão vem sendo observado continuamente, podendo ser um indicativo que este metal deva estar associado à fração mineralógica dos sedimentos avaliados neste ambiente, desta maneira, tornando-se indisponível para biota.

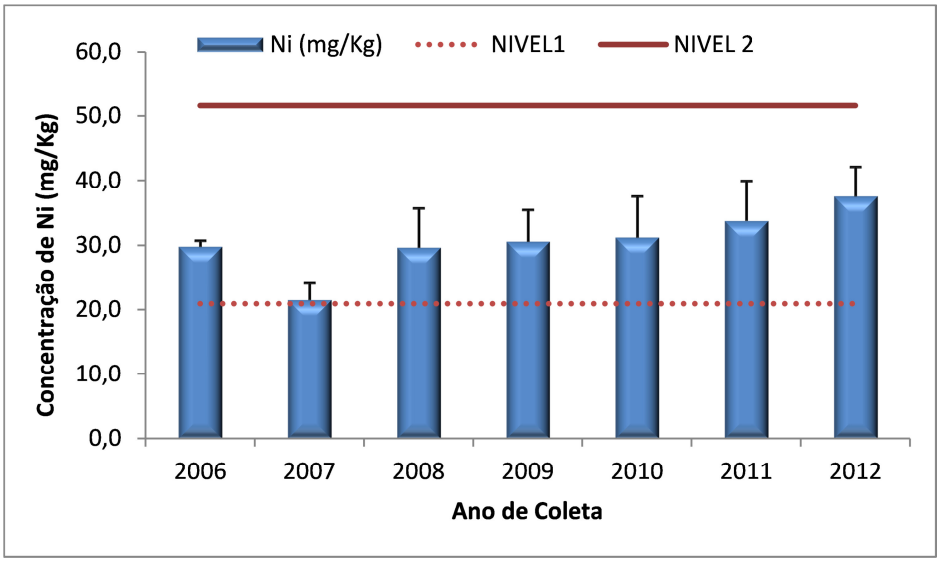


Figura 14 Variação temporal das médias gerais da concentração do metal Níquel (Ni), nos anos de 2006 – 2012 no estuário do rio Itajaí-Açu. Todos os valores estão expressos em mg/Kg de sedimento seco. (----) Nível 1 do CONAMA 344(—) Nível 2 do CONAMA 344.

### 5.2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

Avaliando as campanhas realizadas no programa de monitoramento do Porto de Itajaí, pode-se identificar que as ações de dragagem que vem ocorrendo no canal do estuário têm forte influência no padrão de distribuição das concentrações de metais pesados nos sedimentos superficiais deste ambiente. As variações observadas ficam bem evidenciadas, principalmente na porção final do estuário do rio Itajaí-Açu, quando as operações de dragagem (aprofundamento do canal) estavam interrompidas. Neste período os níveis de metais aumentaram na região do canal, uniformizando as concentrações entre as margens e o canal para a maioria destes elementos.

A atividade de dragagem na região de influência do Porto de Itajaí tende a remobilizar os metais e reduzir a acumulação destes nos sedimentos superficiais. Com a interrupção deste processo, os sedimentos mais finos e recentes, começam novamente a ser depositado, e através de processos de adsorção e sedimentação pela alteração das condições físico-químicas que ocorrem nos ambientes estuarinos, é verificado um aumento nas concentrações dos metais

pesados associados a estes sedimentos. Vale salientar que a característica sedimentar faz com que as concentrações dos metais oscilem significativamente no estuário em questão, onde nas porções que ocorrem extrações de areia as concentrações de metais tendem a diminuir, devido ao aumento da granulometria.

No ano de 2007 com a introdução das amostragens nas margens, pôde-se verificar que as deposições dos sedimentos ocorrem de maneira alternada, seguindo a velocidade da vazão frente aos meandros do rio.

Conclui-se que apesar da área de estudo estar continuamente sofrendo processos de dragagens, as concentrações dos metais avaliados neste ambiente sempre se encontraram dentro dos limites de nível 1 estabelecido pela resolução 344 do CONAMA, não oferecendo risco a biota. A exceção fica para o elemento Ni, o qual durante todas as campanhas os valores ficaram entre nível 1 e 2, podendo causar um provável efeito a biota. Entretanto em trabalho desenvolvido por Zarzour (2009) ficou evidenciado que este metal encontra-se na forma indisponível, ou seja, associado à fração mineralógica do sedimento.

Em razão dessas considerações, as amostragens devem er continuidade como procedimento para a determinação das concetrações de metais pesados nos sedimentos cujas fontes para o ambiente em questão são diversas. A dragagem é uma atividade que faz variar suas concentrações na medida em que movimenta a fração fina do sedimento que é que apresenta maior associação com os metais pesados. Portanto, o monitoramento se continuará por meio de coletas em pontos que se disporão à montante e jusante das áreas sob influência direta da dragagem e nas áreas externas onde ocrre o descarte do volume sedimentar retirado do estuário interno. As análises indicarão níveis de risco à biota de acordo com as resoluções do CONAMA.

### 5.2.4 REFERÊNCIAS

APHA/ AWWA/ WEF; American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater.20th ed. Washington. D.C: APHA, 1999.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). 2004. Decreto no 99.274 de 6 de julho de 1990. Resolução no 344, de 25 de Março de 2004.

ZARZOUR, F.C. Evolução espacial da acumulação de metais nos sedimentos no estuário do rio Itajaí-Açu, SC. Trabalho de Conclusão do Curso de Oceanografia.UNIVALI. 55p.2009.

## 5.3 ECOTOXICOLOGIA DO SEDIMENTO

O rio Itajaí-Açu é o maior escoadouro do estado de Santa Catarina, sendo que a sua região estuarina se caracteriza por ser uma região de considerável concentração demográfica, industrial pesqueira e naval e, por conta, disso bastante impactada por fatores antropogênicos. Apesar de receber contribuições de água, sedimentos e poluentes de toda a bacia num significativo aporte de poluentes, o estuário do rio Itajaí-Açu, possui a capacidade de "neutralizar" a maioria dos contaminantes como $N\text{-}NH_4^+$, surfactantes e cobre total, em processos de adsorção e sedimentação (RORIG, 2005), compostos estes que promovem a contaminação sedimentar por substâncias orgânicas e por metais (LAITANO & RESGALLA Jr., 2000).

Na região estuarina estão localizados os portos de Itajaí e Navegantes além de diversos terminais portuários menores, sendo o primeiro a principal via de comércio marítimo do estado. Esta região portuária é constantemente dragada para a manutenção do canal de navegação (SCHETTINNI, 2001) o que ocorre em com certa frequência dependendo das condições de navegabilidade ou da adequação para receber navios de porte crescente.

Em função do exposto, o estuário do rio Itajaí-Açu, bem como a região costeira adjacente utilizadas para descarte de sedimentos dragados, deve ser alvo de estudos ecotoxicológicos de modo particular o seu sedimento que é o material remobilizado pelas dragagens, quando elas ocorrem.

O monitoramento ecotoxicológico (ensaios de toxicidade) do sedimento do rio Itajaí-Açu vem sendo realizado desde 2002 e que tem como um dos principais objetivos, o enquadramento da qualidade do sedimento frente aos critérios apresentados pela Resolução CONAMA 344 de 2004.

### 5.3.1 METODOLOGIA

O CTTMar acompanha os niveis de toxicidade do sedimento do estuário do rio Itajaí-Açu desde o ano de 2002 mas, a partir de 2006, o monitoramento passou a ser realizado sistemáticamente por se tratar de uma das condicionantes ambientais do Licença de Operação do porto de Itajaí. Neste amplo intervalo de estudo diferentes planos amostrais foram implementados e modificados devido ao uso e ocupação das margens do rio e aos programas ambientais instaurados. As estações de coleta no rio Itajaí-Açu e regiões costeiras adjacente para cada plano amostral estão demonstradas nas figuras 15 e 16 e descritas a seguir.

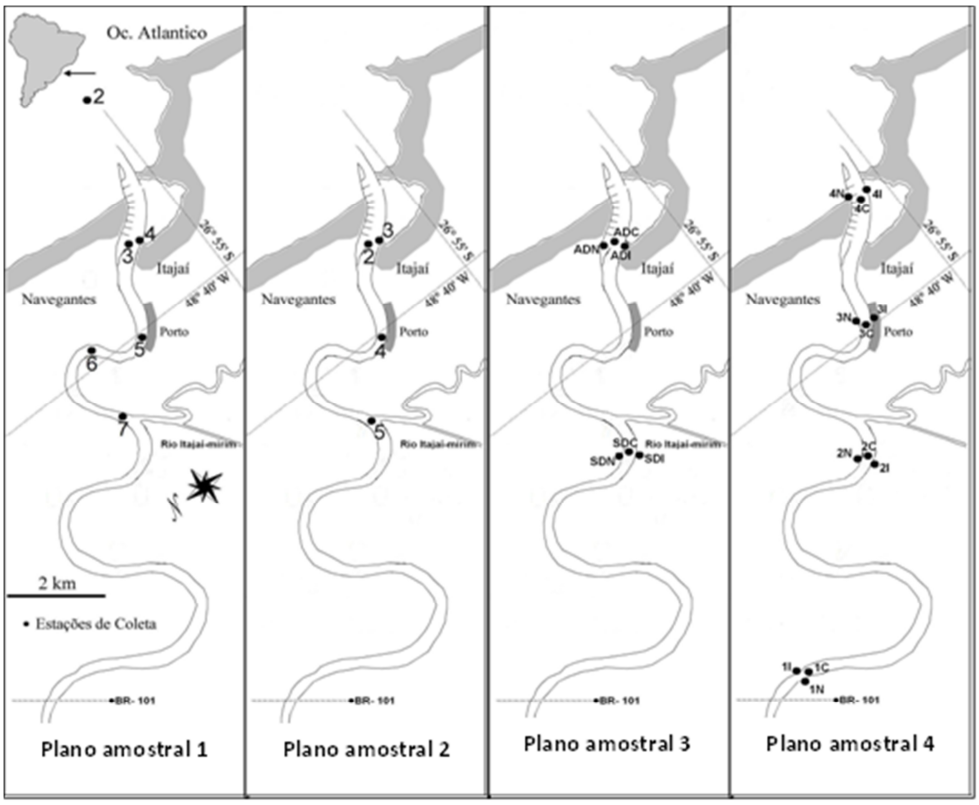


Figura 15 Planos amostrais e localização dos pontos de coleta de sedimentos no baixo estuário do rio Itajaí-Açu.
Obs,. SDC (sem dragagem-canal), SDI (sem dragagem margem Itajaí), SDN (sem dragagem margem Navegantes), ADC (área dragada-canal), ADI (área dragada margem Itajaí) e ADN (área dragada margem Navegantes). C (canal de navegação), N (Margem de Navegantes) e I (Margem de Itajaí).

1. Amostragens entre 2002 e 2004: seis (6) pontos de coleta, sendo: Ponto 2: canal de acesso ao estuário; Ponto 3: canal de navegação (em frente ao

CEPSUL-IBAMA); Ponto 4: Margem do canal de navegação; Ponto 5: bacia de evolução do Porto de Itajaí e Pontos 6 e 7: áreas fora das atividades de dragagem, sendo a partir de 2003 mantido apenas o ponto 7.

2. Amostragens de Dezembro de 2005: quatro (4) pontos de coleta: Ponto 2: canal de navegação (em frente ao CEPSUL-IBAMA); Ponto 3: margem do canal de navegação; Ponto 4: bacia de evolução do Porto de Itajaí e Ponto 5: desembocadura do rio Itajaí- Mirim.
3. Amostragens entre 2006 e Agosto de 2007: três (3) pontos de coleta a montante do Porto de Itajaí e que não sofrem efeito de dragagem (SD), sendo SDI – margem de Itajaí, SDN - margem de Navegantes e SDC – canal de navegação e três (3) pontos de coleta a jusante do Porto de Itajaí e que sofrem dragagem (AD), sendo ADI - margem de Itajaí, ADN - margem de Navegantes e ADC – canal de navegação.
4. Amostragens entre Novembro de 2007 e 2012: quatro (4) pontos de coleta: Ponto 1: fora das atividades de dragagem (referência); Ponto 2: área dragada por outras empresas instaladas no estuário; Ponto 3: bacia de evolução do Porto de Itajaí e Ponto 4: canal de acesso ao Porto de Itajaí. Em cada ponto amostral foram obtidas 3 amostras de sedimento referentes ao: canal de navegação (C), margem do município de Itajaí (I) e margem do município de Navegantes (N), sendo nestes dois últimos, margens de erosão (ativa) e de deposição (passiva) alternados.

Na região costeira adjacente para o período de 2002 a 2005, uma estação de coleta em frente à praia Brava foi mantida (P1) sendo originalmente ali posicionada em função de monitoramentos de dragagens anteriores e mantida com estação de referência e fora da região de influência direta da dinâmica sedimentar do estuário. O período de 2006 a 2008 compreenderam uma estação de coleta localizada em frente a praia de Navegantes, sobre o chamado bota-fora (BF), onde o sedimento dragado foi despejado. A partir deste, quatro estações controle de coleta foram definidas radialmente a 500 metros de distância para as direções Norte (N500), Sul (S500), Oeste (O500), e Leste (L500) e duas a 1000

metros para as direções Norte (N1000) e Sul (S1000). Para o ano de 2010, as áreas de despejo de sedimentos foram alteradas para atender também ao Plano Básico Ambiental da dragagem de aprofundamento para a cota de -14m do canal de acesso e bacia de evolução. O despejo ocorre em dois locais, um ponto localizado em frente a praia de Navegantes (NVG) e sua respectiva área controle (C1) localizada ao norte da área de despejo e outro localizado em frente a praia Brava, constituída de 4 pontos (B1, B2, B3 e B4) e suas respectivas áreas controle, sendo duas localizadas em frente a praia do Buraco (C2 e C4) e duas em frente a praia de Balneário Camboriú (C3 e C5).

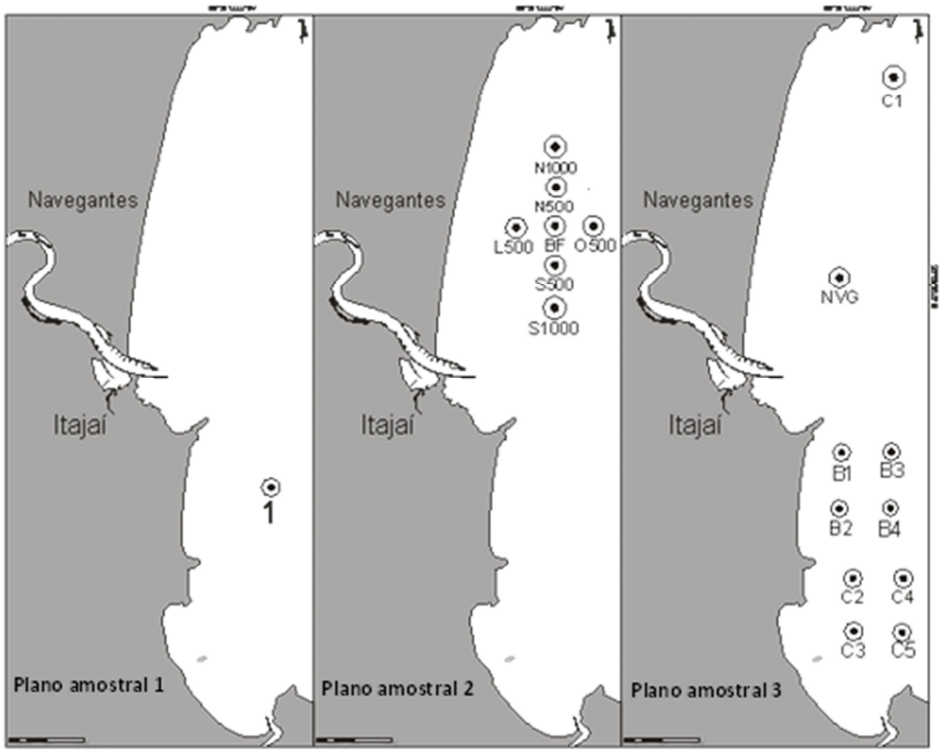


Figura 16 Localização dos pontos de coleta de sedimento na região costeira adjacente. BF, NVG, B1, B2, B3 e B4 - Regiões de despejo de sedimentos; N500 - 500 metros em direção norte); L500 - 500 metros em direção leste; O500- 500 metros em direção oeste; S500 - 500 metros em direção sul; N1000- 1000 metros em direção norte; S1000 - 1000 metros em direção sul; C1, C2, C3, C4 e C5- regiões controle.

Em função das mudanças de planos amostrais para desenvolver o Programa de Monitoramento Ambiental da Área de Abrangência do Porto de Itajaí,

para as análises espaço-temporais dos pontos localizados no interior do estuário, este foi dividido em secções em função da similaridade na localização dos pontos de coleta para os períodos distintos avaliados (Figura 17).

As amostras para os ensaios ecotoxicológicos no sedimento foram obtidas com um busca fundo do tipo Ponar, sendo utilizada somente a camada dos primeiros 5cm superficiais para as análises ecotoxicológicas. Após as coletas os sedimentos são acondicionados em sacos plásticos e mantidas resfriadas em geladeira até o preparo dos elutriatos.

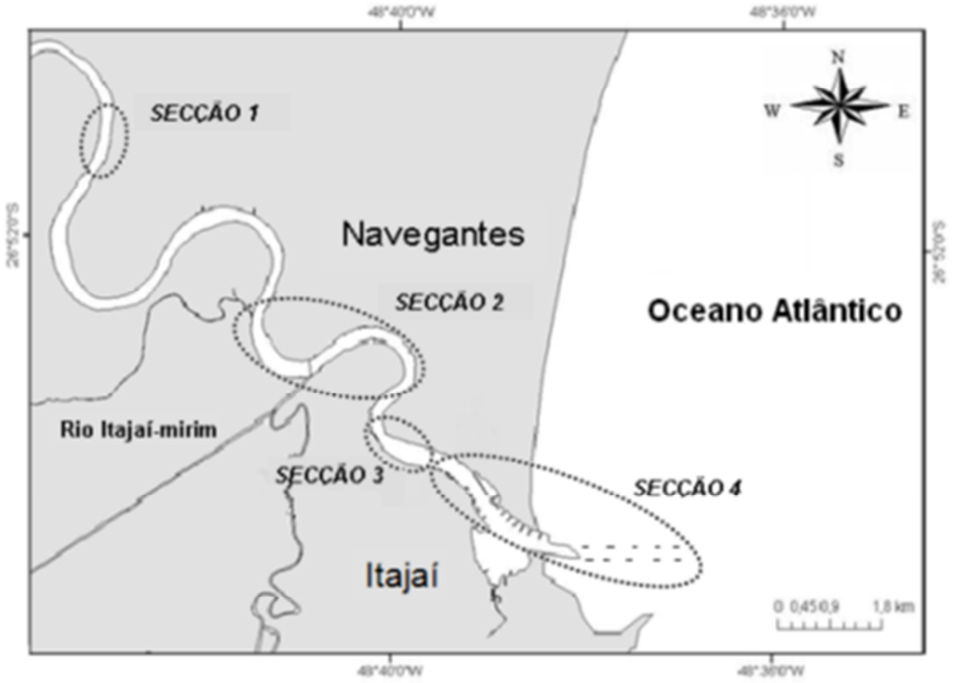


Figura 17 Baixo estuário do rio Itajaí-Açu dividida em secções para efeitos comparativos espaço-temporais.

Segundo a norma da USEPA (1998), para o preparo dos elutriatos, os sedimentos devem ser misturados com água do mar de manutenção na proporção de 1:4. A mistura é homogeneizada com o auxílio de um agitador mecânico por 30 minutos e após a agitação, o homogeneizado é deixado em repouso para decantação durante a noite. Após este período o sobrenadante é filtrado em filtro de fibra de vidro Whatmann® (GF/F) e armazenado em vidro âmbar a 4°C até a realização dos testes de toxicidade.

Após o preparo dos elutriatos, as análises de amônio ($NH_4^+$) são realizadas com o auxilio do kit Spectroquant® MERCK e a leitura do complexo colorido em leitora de microplacas BIOTECK, no comprimento de onda de 690 nm. A amônia não-ionizada ($NH_3$) é estimada em base das características de pH, temperatura e salinidade do elutriato que, em média, corresponderam a 3% dos valores de $NH_4^+$ (REIS & MENDONÇA, 2009).

Os testes de toxicidade de desenvolvimento embrio-larval com o ouriço *Arbacia lixula*, seguem a metodologia apresentada por Máximo et al. (2007). A espécie utilizada, apesar de não ser padronizada pela ABNT, apresenta sensibilidade similar a *Lytechinus variegatus* (MÁXIMO et al., 2007). Os adultos de *A. lixula* foram coletados no município de Penha/SC e mantidos em laboratório para aclimatação antes da realização dos testes de toxicidade.

Para a obtenção dos gametas, os animais devem ser submetidos à descarga elétrica (35A e 30W), o que é feito com uma fonte elétrica marca ICEL PS4100. Com isso os gametas são liberados e os ovos obtidos por fecundação *in vitro*. Os embriões então, são expostos as amostras, sendo mantidos controles contendo somente água do mar, sob condições controladas de temperatura (25ºC) e fotoperíodo (12:12) por um período de 24h (até que as larvas do controle atinjam o estágio de larva pluteus), sendo o teste finalizado por adição de formol a 4%.

Através de exame microscópico e com auxílio de uma Câmara de Sedgwick–Rafter, o desenvolvimento dos embriões é quantificado pelo número de larvas pluteu normais, deformadas e embriões não desenvolvidos, e considerado o percentual de efeito dos frascos controle, sendo amostras com percentuais de efeito acima de 20% considerados tóxicos.

Os resultados dos ensaios de toxicidade são comparados com as análises granulométricas (fornecidos pelo Lab. de Sedimentologia e Geologia da UNIVALI) e com os conteúdos em amônia não ionizada.

### 5.3.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

A variação da toxicidade do sedimento no estuário e o conteúdo de amônia não ionizada ($NH_3$) presentes nos elutriatos, referentes aos pontos amostrais

localizados nos canais, margens e regiões costeiras adjacentes, são apresentados na figura 18. A sensibilidade dos embriões do ouriço *Arbacia lixula* frente ao $NH_3$, em experimento realizado com o cloreto de amônia (MÁXIMO et al., 2007), também é representada, a fim de se comparar com os resultados encontrados nas amostragens. A norma NBR15350 de 2006 destaca que os efeitos tóxicos em embriões e larvas do ouriço ocorrem em valores de amônia não ionizada ($NH_3$) superiores a 50µg/L, sendo as amostras com efeitos superiores a 20% consideradas tóxicas.

Do total de 260 amostras analisadas, 45% apresentaram toxicidade e conteúdos de $NH_3$ baixos. Por outro lado, 32,31% das amostras apresentaram toxicidade alta à conteúdo elevados de $NH_3$ (>50 µg/L) e 20% das amostras apresentam toxicidade alta a baixo conteúdo de $NH_3$. Um comportamento anômalo foi observado em apenas 2,31% das amostras, com alto conteúdo em $NH_3$ (>50 µg/L), porém com baixos percentuais de efeito.

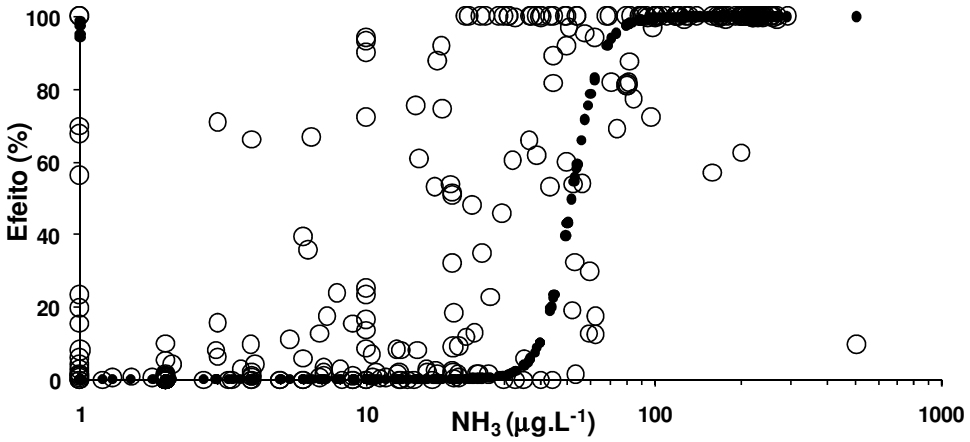


Figura 18 Relação entre a concentração de amônia não ionizada ($NH_3$) e o efeito tóxico sobre embriões do ouriço *Arbacia lixula* para os elutriatos provenientes do rio Itajaí-Açu e região costeira adjacente (○). Sensibilidade do organismo teste frente ao $NH_3$ (experimento realizado como Cloreto de amônia) (●).

Em termos espaciais, a toxicidade do sedimento do estuário do rio Itajaí-Açu apresenta um gradiente de diminuição de montante para a sua desembocadura acompanhando o teor de finos e de matéria orgânica, numa

relação direta com as características granulométricas do sedimento (Figura 19). Este comportamento é o esperado quando a amônia é presente em contaminantes do sedimento. A comparação entre os pontos de coleta indicam que existe a tendência do canal apresentar menor toxicidade em relação às margens.

Em termos temporais existe uma grande variabilidade dos resultados o que pode ser atribuído às operações de dragagem para manutenção e aprofundamento que ocorreram ao longo dos anos. Esta atividade de dragagem também explica as diferenças observadas entre o sedimento do canal e das margens, não sendo observada correlação com a vazão do rio. Esta diferença entre margens e o canal indicam que as atividades de dragagem removem sedimentos contaminados de dentro do estuário.

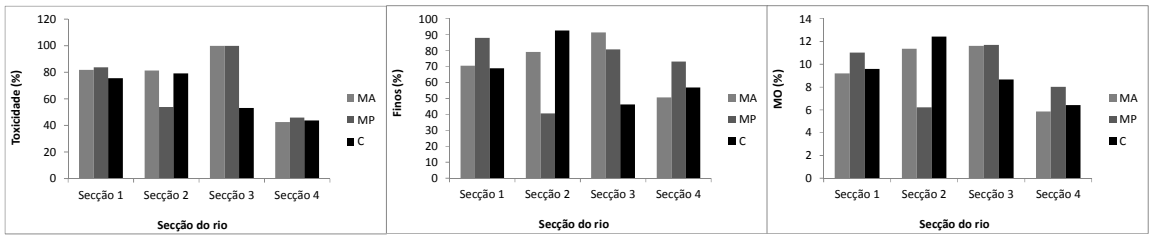


Figura 19 Valores médios da toxicidade (%), Finos (%) e da Matéria Orgânica do sedimento do estuário do rio Itajaí-Açu em diferentes secções.

Para a região do bota fora observou-se que áreas ao norte da desembocadura do rio Itajaí-Açu apresentam teores de areia elevados e, quando utilizados como zona de despejo de sedimento, podem causar contaminação da área. Para a região sul da desembocadura do rio, a alta variabilidade do sedimento, com percentuais de finos e areia limitam as interpretação dos ensaios ecotoxicológicos devido a interferência da amônia não ionizada.

### 5.3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

1. Os percentuais tóxicos encontrados para as amostragens nas margens e no canal de navegação evidenciaram a diminuição da qualidade dos sedimentos em direção a montante, pelo fato das regiões situadas no interior do estuário (rio acima) exibirem condições de menor dinâmica em relação as demais

secções, tanto no aspecto hidrodinâmico, quanto na influência de atividades de dragagem.

2. As margens apresentaram-se mais tóxicas em relação ao canal de navegação, podendo estas parcelas do estuário serem denominadas como pontos de referência em relação as atividades de dragagem efetuadas no canal.

3. As atividades de dragagem constantemente realizadas nas regiões à jusante do estuário, em frente ao complexo portuário, são o principal fator determinante na qualidade dos sedimentos do estuário do rio Itajaí-açu, evitando o acúmulo de substâncias tóxicas na região dragada, uma vez que evita o acúmulo e compactação de sedimentos contaminados. Porém, a ressuspensão destes sedimentos possivelmente ocasiona um aumento da contaminação à montante do estuário, bem como a disponibilização destes para a biota residente. Devido à esta observação é sugerida a execução das dragagens de manutenção somente em períodos de alta descarga fluvial.

4. Em relação às regiões costeiras e em função da dispersão observada nas regiões controle referentes aos pontos de despejo, os resultados indicaram a necessidade de estudos para definção de outras regiões de despejo de sedimentos em profundidades maiores, visto a capacidade de locomoção do sedimento despejado e a contaminação de áreas próximas;

5. A predominância de elevados conteúdos de amônia nas amostragens de sedimentos no estuário do rio Itajaí-Açu causou interferência na avaliação da qualidade destes sedimentos, evidenciando, na avaliação de corpos hídricos, a necessidade de maiores discussões quanto aos aspectos legislativos referentes a este constituinte.

6. De maneira geral, os percentuais granulométricos foram acompanhados pelos conteúdos de matéria orgânica, sendo observada a relação direta entre estas variáveis e a toxicidade.

7. Os ensaios ecotoxicológicos do sedimento devem ser executados de tal forma que a amônia não ionizada deve ser eliminada evitando a sua interferência nos resultados.

8. Espacial e temporalmente as amostragens estão adequadamente dispostas para obtenção de resultados com qualidade e precisão necessários para um perfeito monitoramento ambiental.

### 5.3.4 REFERÊNCIAS

LAITANO, K. & RESGALLA Jr., C. Uso de testes de toxicidade com larvas de *Arbacia lixula* e juvenis de *Metamysidopsis elongata atlantica* na avaliação da qualidade do sedimentos dos rios Camboriú e Itajaí-Açú (Santa Catarina). In: ESPÍNDOLA, G.; PASCHOAL, C. M. R.; ROCHA, O.; BOHRER, M. B. C. & OLIVEIRA NETO, A. L. (Org.). Ecotoxicologia. Perspectivas para o século XXI. São Carlos: Rima, 2000. p. 29-42.

MÁXIMO, M. V.; MOTTOLA, L. S. M. & RESGALLA Jr. C. Sensibilidade do ouriço Arbacia lixula (Equinodermata: Equinoidea) em testes de toxicidade. Journal Brazilian Society Ecotoxicology, v. 2, n. 4, p. 1-6, 2007.

PEREIRA-FILHO, J.; SPILLERE, L. C. & SCHETTINI, C. A. F. Dinâmica de nutrientes na região portuária do estuário do rio Itajaí-açu, SC. Atlântica, v. 25, p. 11-20, 2003.

REIS, J. A. T. & MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14, n. 3, p. 353-362, 2009.

RORIG, L. R. Usos múltiplos e qualidade das águas da bacia do baixo Itajaí-açu, SC. Elementos para um gerenciamento integrado. 2005. 295 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2005.

SCHETTINI, C. A. F. Dinâmica de sedimentos finos do rio Itajaí-açu, SC. Tese de Doutorado – FURG, Porto Alegre, 2001.

USEPA. Evaluation of dredged material proposed for discharge in Waters of the U.S. Testing Manual. EPA 823-B-98-004. 1998.

## 5.4 MONITORAMENTO DA MACROFAUNA BENTÔNICA

Os macroinvertebrados bentônicos compreendem um grupo de organismos com tamanho a partir de 0,5mm, que apresentam relação direta com o substrato marinho, estuarino ou fluvial o que, apesar das diferenças filogenéticas, resulta em certa uniformidade nos modos de vida. Estão presentes em todos os ambientes

marinhos, mesmo nos poluídos ou extremamente alterados (BRUSCA & BRUSCA, 1990, LALLI & PARSONS, 1999), tornando-os importantes indicadores da biodiversidade (BOYD et al., 2003; CARVALHO et al., 2001; MAIA et al., 2001; NEWELL et al., 2004). A distribuição, ocorrência e abundância da macrofauna bentônica dependem muito das características ambientais predominantes, principalmente quanto às características do substrato como: disponibilidade de alimento, estabilidade e características físico-químicas (GIMÉNEZ et al., 2005; Gray, 1974).

Em regiões estuarinas e na plataforma continental, esses animais constituem a mais importante ligação entre os produtores primários, com os produtores secundários e terciários (BEMVENUTI et al., 1978). Compõem elos da cadeia alimentar marinha provendo alimento para uma grande variedade de espécies (ANDERSEN & KRISTENSEN, 1992; ROSA & BEMVENUTI, 2006), muitas destas de interesse econômico (BORNATOWSKI et al., 2004).

Os invertebrados dominantes nos fundos inconsolidados são comumente os moluscos, os crustáceos e os anelídeos poliquetas (NYBAKKEN & BERTNESS, 2004). Destes, os poliquetas são frequentemente os mais abundantes, correspondendo a mais de 2/3 de toda a comunidade (ROUSE & PLEIJEL, 2006).

Estudos que utilizam a macrofauna bentônica como indicadora de modificações ambientais são frequentemente utilizados em monitoramentos ambientais. Dentre os estudos realizados destacam-se trabalhos envolvendo dragagem e despejo de material dragado (JONES & LEE, 1981; WITT et al., 2004; PALMER et al., 2008), estudos a espeito dos impactos provocados pela pesca de arrasto (THRUSH et al., 2001), projetos de engordamento de praias (BENEDET et al., 2004; BENEDET et al., 2007) e construção de molhes e quebra mares (MARTIN et al., 2005). A macrofauna bentônica geralmente apresenta modificações na riqueza e abundância de espécies relacionadas a tais atividades, alterando a estrutura e composição das suas associações de espécies. Em alguns casos a recuperação da comunidade pode ocorrer rapidamente (VAN DOLAH et al., 1984; RADENAC et al., 1997; ROBERTS & FORREST, 1999), mas em outros

os efeitos podem modificar permanentemente as associações macrobentônicas (HARVEY et al., 1998).

A presente avaliação tem por objetivo de abordar de forma resumida as alterações da macrofauna bentônica decorrente das dragagens realizadas no canal de acesso e na bacia de evolução do porto de Itajaí, bem como nas regiões de descarte deste material situadas ao largo da praia Brava em (Itajaí) e da praia Central de Navegantes.

### 5.4.1 METODOLOGIA

*Área de Estudo*

A região dragada possui uma extensão de 7,5 km ao longo do rio Itajaí-Açu, desde a bacia de evolução do Porto de Itajaí até o canal externo de navegação, na plataforma continental interna. A região de despejo encontra-se a 3,5 Km SE da desembocadura do rio Itajaí-Açu em frente à praia Brava, Itajaí-SC e a Norte, ao largo da praia de Navegantes.

A região dragada é composta predominantemente por lama e areia fina, também observado areias médias e grossas dependendo do período da campanha amostral. A dragagem de aprofundamento que teve inicio em 2011 expôs sedimentos de granulometria mais grosseira característicos de estratos sedimentares mais antigos. Na área de despejo da mesma forma, encontra-se lama e areia fina.

Amostragem

O plano amostral adotado para o monitoramento da macrofauna bentônica é o mesmo utilizado no acompanhamento das variáveis texturais do sedimento. Até o ano de 2010 o monitoramento ocorreu com amostragens realizadas em quatro estações localizadas no interior do estuário e duas situadas na região marinha externa correspondente às áreas de despejo. A partir de 2010 duas estações foram acrescentadas na região interna e três na região externa para atender Plano Básico Ambiental da dragagem de aprofundamento e desde então os dois PBA's passaram a ser executados simultaneamente. Esse fato acarretou

multiplicação no esforço amostral, mas, por outro lado, representou incremento na densidade de informações e, por conseguinte, na melhor caracterização da estrutura macrofaunística e suas respostas frente ao fator modificador.

Cada campanha de coleta de amostras foi composta de 2 áreas amostrais: na área de dragagem no rio Itajaí-Açu e na área de despejo, entre a praia de Central (Navegantes) e praia Brava (Itajaí). A área de dragagem compreende as estações 1, 2, 3 e 4. Cada uma destas estações é formada por 3 transectos: Itajaí (I), Calha (C) e Navegantes (N) e cada ponto possui 5 réplicas, totalizando 60 amostras. A área de despejo está formada por 2 grupos de pontos, o primeiro pelas estações BRV de 1 a 4 e o segundo, CNT de 2 a 5. Cada estação com 5 réplicas, totalizando 40 amostras.

Para cada dia de coleta, cinco amostras de sedimento foram coletadas em cada ponto com um van-Veen de área amostral de 0,042 m², para análises da macrofauna. As amostras coletadas para macrofauna foram fixadas em solução salina de formol 4%.

Processamento das Amostras em Laboratório

As amostras são lavadas em peneira com 0,5mm de abertura de malha. O material retido na peneira foi triado em microscópio estereoscópio. Os organismos da macrofauna encontrados foram identificados ao menor nível taxonômico possível, quantificados e transferidos para potes com solução alcoólica 70% e armazenados.

Os poliquetas foram classificados em famílias segundo Amaral & Nonato (1996), e em seguida foram classificados ao menor nível taxonômico possível por meio de chaves de gênero e espécie de diversos autores (AMARAL et al., 2005; BOLÍVAR, 1986; BOLÍVAR, 1990; DAY, 1967; LANA, 1984; ROUSE & PLEIJEL, 2001; SALAZAR-VALLEJO, 1990; STEINER, 2000).

Os Crustacea (Cumacea) foram identificados conforme Heard et al. (2007), Watling (2005), e Roccatagliata (1998). Os Tanaidacea foram analisados apenas em famílias com base em Gutu (1998) e Larsen (2002). Os Crustacea Decapoda foram identificados conforme Melo (1996,1999). Os Moluscos (Bivalvia) foram

identificados com base em Rios (1994), Amaral et al. (2004) e Lavrado et al. (2007).

Os dados foram separados em dois conjuntos formados respectivamente pela Área de Dragagem e Área de Despejo. Conjuntos que foram analisados em função do tempo (trimestral) e espaço (ponto amostral). Para cada conjunto de dados foram calculados os descritores ecológicos de: riqueza, abundância, Equitabilidade de Pielou e Diversidade de Shannon-Weaver.

### 5.4.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Regiões estuarinas e de influência fluvial estão sujeitas a frequentes distúrbios considerados naturais (NEWELL et al., 1998) devido a frequente variabilidade na salinidade pela entrada e saída de água salgada, elevado conteúdo de matéria orgânica e anoxia do sedimento (ATTRILL, 2002).

O rio Itajaí passa por frequentes dragagens desde a década de 1950. Além disto. Trabalhos anteriores à 2006 realizados por pesquisadores do CTTMar no estuário do rio Itajaí-Açu dão subsídios para concluir que a macrofauna bentônica está muito bem adaptada as atividades humanas dentro deste ambiente, uma vez que não apresentaram modificações em sua estrutura e composição após as atividades de dragagem ocorrida em 2006. Aparentemente a dragagem não afeta de forma significativa a composição dos organismos em longo prazo, havendo um padrão natural de recolonização por espécies adaptados ao ambiente em questão. Em outras palavras foram verificadas alterações temporais em todos os descritores ecológicos. Com isso pode-se afirmar com certeza que durante todo o período em que a atividade antropogênica afetou as comunidades faunísticas que originalmente habitavam o estuário do rio Itajaí-Açu algumas espécies se beneficiaram, seja pela supressão de predadores, entrada de matéria orgânica ou mesmo o aumento da hidrodinâmica local. Ao mesmo tempo, outras podem ter sido prejudicadas ou mesmo desapareceram da região, por condições desfavoráveis a sua sobrevivência e reprodução.

Os dados analisados nas campanhas amostrais realizadas desde 2006 indicam um impacto ambiental, obviamente, nas estações de coleta onde as obras de dragagem são realizadas mais intensamente.

Os pontos localizados nesta área apresentaram abundâncias relativamente baixas. Quando comparados com os resultados do monitoramento da primeira dragagem em 2006, foi notada uma diferença significativa tanto na abundância quanto na riqueza de espécies. A abundância diminuiu cerca de 10 vezes em relação a meses anteriores. Isso pode ter sido causado pelas fortes chuvas de Novembro de 2008 que atingiram o estado de Santa Catarina, principalmente o Vale do Itajaí, onde se localiza a bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu. A abundância praticamente dobrou em Fevereiro de 2009, quando comparada à Dezembro de 2008 demostrando que a macrofauna recupera-se após eventos extremos como àquele ocorrido e Novembro de 2008. Esses resultados reforçam a hipótese de que As condições climáticas e hidrológicas registradas em Novembro de 2008 alteraram os padrões de abundância e dominância de espécies dentro do rio Itajaí-Açu de maneira mais eloquente que a atividade de dragagem, uma vez que esta vem ocorrendo a muitos anos neste ambiente. No caso do rio Itajaí-Açu, a fauna do passado possivelmente apresentava uma composição bem diferente desta que se desenvolve atualmente para a qual já existe uma adaptação. Entende-se por "adaptada" a situação de organismos que não são afetados por determinada condição ambiental.

Dos cinco taxa mais abundantes encontrados neste período, dois deles: Spionidae e Capitellidae, são comedores de depósito não seletivos, ou seja, organismos considerados oportunistas quando encontrados em elevadas abundâncias no ambiente, como o caso do rio Itajaí-Açu. São encontrados com frequência em ambientes modificados pelo homem, e com grande entrada de nutrientes (esgoto doméstico). No período de elevada vazão do rio Itajaí-Açu provavelmente houve o arrastamento da macrofauna bentônica, o que explica a baixa abundância encontrada em Dezembro de 2008. Os gastrópodes que ocorriam dentro do rio Itajaí-Açu antes das chuvas, têm hábitos herbívoros pastadores, vivem sobre o sedimento se alimentando de microalgas. A vazão

elevada do rio afetou estes organismos, e em Fevereiro de 2009 foi possível notar que estes organismos estão voltaram a se desenvolver no local.

A comparação entre área controle quanto a área de dragagem, com características muito similares em relação à composição da fauna e padrões de dominância permite concluir que existem fatores condicionantes fora da área de influência das operações de dragagem exercendo historicamente certa pressão sobre o ambiente (eventos naturais, descarte da indústria pesqueira, efluentes, etc.).

Área de Dragagem

Os filos mais importantes são Mollusca e Arthropoda correspondendo mais de 80% de toda macrofauna bentônica coletada.

Os quatro descritores ecológicos na Área de Dragagem mostraram um comportamento distinto entre si, em que os maiores valores médios de abundância e riqueza foram registrados nos pontos à jusante do Ponto 1 e Na margens de Itajaí e Navegantes. Enquanto os maiores valores de equitalidade e diversidade estiveram associados aos pontos a montante e a jusante do porto de Itajaí.

Área de Despejo

Os filos mais importantes identificados nesta área são Anellida, Arthropoda e Mollusca correspondendo aproximadamente a 98% de toda macrofauna bentônica. A área de despejo é composta predominantemente pelos táxons Capitellidae, Magelonidae e Amphinomidae

Organismos oportunistas, comumente encontrados nestas áreas, possuem capacidade de recolonizar rapidamente o ambiente em caso de distúrbios, caracterizando-se por apresentarem grandes populações de uma variedade restrita de espécies (ROSA & BEMVENUTI, 2006). Isto se confirma na área estudada onde houve uma grande dominância de uma única espécie, no caso o gastrópode do gênero *Heleobia*. Esta espécie é considerada oportunista, pois

apresenta alta capacidade de dispersão em curtos períodos de tempo, podendo colonizar rapidamente áreas perturbadas.

A suspensão nas atividades de dragagem de aprofundamento a partir de Dezembro 2011 pode ter permitido um aumento na concentração de matéria orgânica associada ao sedimento, beneficiando estes organismos, devido à maior disponibilidade de alimento. Estes resultados corroboram com os resultados obtidos por Tommasi (1970), onde foram encontradas grandes densidades deste gastrópode em áreas com altas concentrações e matéria orgânica.

Ademais, em regiões subtropicais dominadas pela sazonalidade é comum que os organismos pertencentes à macrofauna bêntica apresentem maior abundância durante os meses de primavera e verão. Quando a temperatura da água se eleva, aumentando as taxas metabólicas dos organismos e consequentemente as taxas de reprodução e recrutamento.

A área de despejo foi composta predominantemente por anelídeos. Os táxons mais abundantes foram Paraonidae, Lumbrineridae, Onuphidae, Magelonidae, Spionidade e Pilargidae, espécies comumente encontradas na maior parte das regiões costeiras entre 10 e 20 metros (AMARAL & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2004).

Quando comparada com a área controle, a área de despejo apresentou diferenças significativas na abundância. Não foram encontradas diferenças significativas na área de despejo quando considerados os índices de riqueza, equitabilidade e diversidade. Esta situação foi observada em Dezembro 2010 quando, comparativamente aos resultados obtidos durante o mesmo ano, período em que a área de bota-fora esteve sendo utilizada como descarte de material dragado à montante. Sem o efeito do descarte observou-se que a macrofauna bentônica da área voltou a apresentar padrões estruturais e de composição de taxa semelhantes aos encontrados antes do início das atividades de despejo. Esta recuperação pode ser atribuída às próprias condições presentes na plataforma continental interna, onde estes organismos estão sujeitos a variações climáticas e ambientais frequentes, como por exemplo, a entrada de frentes frias, aporte de

água doce continental, variação nas taxas de oxigênio dissolvido e atividades antrópicas.

Segundo Bolam & Whomersley (2005), operações de despejo em áreas de pouca ação antrópica acarretam em um longo período de recuperação, onde o restabelecimento da fauna bêntica pode chegar a 4 anos, e ainda assim podem ocorrer modificações permanentes na composição das espécies. As boas condições ambientais verificada na área deste estudo pode ser atribuída ao elevado potencial de colonização das espécies presentes na área (Berge, 1990), visto que atividades portuárias e industriais acontecem a muito tempo ao longo do rio Itajaí-Açu, que deságua em frente a área de despejo. Além da pesca de arrasto, que ocorre na região, e é conhecida como fonte direta de modificações para a macrofauna bêntica (THRUSH et al., 2001).

### 5.4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

Os resultados evidenciaram os efeitos da dragagem e despejo na comunidade macrobentônica em dois desenhos amostrais diferentes. Em ambos foi evidente a redução da abundância de organismos, principalmente nas áreas próximas ao Porto de Itajaí. Condição sinergicamente associada ao despejo de efluentes domésticos e fertilizantes agrícolas ao longo de todo rio. No mar foi visto um comportamento semelhante, em que os pontos mais distantes da costa apresentaram uma qualidade ambiental maior. Condições normalmente associadas a ambientes com menor atividade portuária, despejo de resíduos domésticos e despejo de material dragado.

Sugere-se a continuidade do monitoramento de acordo com o PBA encaminhado ao órgão ambiental.

### 5.4.4 REFERÊNCIAS

AMARAL, A.C.Z., ROSSI-WONGTCHOWSKI, C.L.del.B., 2004. Biodiversidade Bentônica da Região Sudeste-Sul do Brasil-Plataforma Externa e Talude Superior. Instituto Oceanográfico-USP, São Paulo. Série Documentos Revizee: Score Sul.

ANDERSEN, F. O. & KRISTENSEN, E. 1992. The importance of benthic macrofauna in decomposition of microalgae in a coastal marine sediment. Limnol. Oceanogr. 37(7): 1392-1403.

ATTRILL, M. J. 2002. A Testable Linear Models for Diversity Trends in Estuaries. Journal of Animal Ecology. 71:262-269.

BEMVENUTI, C. E.; CAPÍTOLI, R. R. & GIANUCA, N. M. 1978. Estudos de ecologia bentônica na região estuarial da Lagoa dos Patos. II - Distribuição quantitativa do macrobentos infralitoral. Atlântica. 3: 23-32.

BENEDET, L.; FINKL, C. W. & HARTOG, W. M. 2007. Processes controlling development of erosional hot spots on a beach nourishment project. Journal of Coastal Research. 23(1): 33–48.

BENEDET. L., FINKL; C. W., CAMPBELL, T. & KLEIN, A. 2004. Predicting the effect of beach nourishment and cross-shore sediment variation on beach morphodynamic assessment. Coastal Engineering (51): 839– 861.

BOLAM, S., WHOMERSLEY, P. 2005. Development of macrofaunal communities on dredged material used for mudflat enhancement: a comparison of three beneficial use schemes after one year. Marine Pollution Bulletin. 50(1): 40-47.

BORNATOWSKI, H.; ABILHOA, V. & BROGIM, R. A. 2004. A alimentação do linguado Etropus crossotus (Pleuronectiformes, Paralichthydae) em um banco areno-lodoso na ilha do mel, Paraná, Brasil. Revista Estudos de Biologia, 26: 11-15.

BOYD, S. E.; REES, H. L.; VIVIAN M. G. & Limpenny D.S. 2003. Review of current state of knowledge of the impacts of marine aggregate extraction-a U.K. perspective. In EMSAGG Conference Papers 20-21 February 2003, The Netherlands.

BRUSCA, R. C. & BRUSCA, G. J. 1990. Invertebrates. Sinauer associates, Sunderland.

CARVALHO, S.; RAVARA, A.; QUINTINO, V. & RODRIGUES, A. M. 2001. Macrobenthic community characterization of on estuary from the western coast of Portugal (Sado estuary) prior to dredging operations. Boletín Instituto Español de Oceangrafía. 17 (1, 2): 179-190.

GRAY, J. S. 1974. Animal-Sediment Relationships. Oceanogr. Mar. Biol. Rev., 12, 223-261, London.

HARVEY, M.; GAUTHIER, D. & MUNRO, J. 1998. Temporal Changes in the Composition and Abundance of the Macrobenthic Invertebrate Communities at Dredged Material Disposal Sites in the Anse a` Beaufils, Baie des Chaleurs, Eastern Canada. Marine Pollution Bulletin 36 (1), 41–55.

JONES, R. A. & LEE, G. F. 1981. The Significance of Dredging and Dredged Material Disposal as a Source of Nitrogen and Phosphorus for Estuarine Waters. in: Estuaries and Nutrients, Humana Press, Clifton, NJ, pp 517-530.

LALLI, C. M. & PARSONS, R. P. 1999. Biological Oceanography: an Introduction. 2nd ed. U.K.: the Open University. 314p.

MAIA, N. B.; MARTOS, H. L. M. & BARELLA, W. (Orgs.). 2001. Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC.

MARTIN, D.; BERTASI, F.; COLANGELO, M. A;, VRIES, M.; FROST, M.; HAWKINS, S. J.; MACPHERSON, E.; MOSCHELA, P. S.; SATTA, M. P.; Thompson, R. C. & Ceccherelli, V. U. 2005. Ecological impacts of coastal defense structures on sediment and mobile fauna: evaluating and forecasting consequences of unavoidable modifications of native habitats. Coastal Engeneering. 52: 1027-1051.

NEWELL, R. C., SEIDERER, L. J., HITCHCOCK, D. R. 1998. The Impact of Dredging Works in Coastal Waters: a Review of the Sensitivity to Disturbance and Subsequent Recovery of Biological Resources on the Sea Bed. Oceanography and Marine Biology Annual Review 36, 127-178.

NEWELL, R., SEIDERER, L., SIMPSON, N. & ROBINSON, J. 2004. Impacts of marine aggregate dredging on benthic macrofauna of the south coast of the United Kingdom. Journal of Coastal Research, West Palm Beach, v.20, n.1, p. 115-125.

PALMER, T. A.; MONTAGNA, P. A. & NAIRN, R. B. 2008. The Effects of a Dredge Excavation Pit on Benthic Macrofauna in Offshore Louisiana. Environmental Management. 41(4): 573-583.

RADENAC, G.; MIRAMAND, P. & TARDY, J. 1997. Serch for Impact of a Dredged Material Disposal Site on Growth and Metal Contamination of Mytilus edulis (L.) in Charente-Maritime (France). Marine Pollution Buletin, Vol. 34, No 9, pp.721-729.

ROBERTS, R. D., FORREST, B. M. 1999. Minimal Impact from Long-Term Dredge Spoil Disposal at a Dispersive Site in Tasmanian Bay, New Zeland. New Zeland Journal of Marine and Freshwater Research. Vol. 33: 623-633.

ROSA, L. C. & BEMVENUTI, C. E. 2006. Temporal variability of the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon, Brazil. Revista de Biología Marina y Oceanografía 41(1): 1 – 9.

THRUSH, S. F.; HEWITT, J. E.; FUNNELL, G. A.; CUMMINGS, V. J.; ELLIS, J.; SCHULTZ, D.; TALLEY & D. NORKKO, A. 2001. Fishing disturbance and marine biodiversity: the role of habitat structure in simple soft-sediment systems. Marine Ecology Progress Series. 223: 277-286.

VAN DOLAH, R. F., CALDER, D. R., KNOTT, D. M. 1984. Effects of dredging and Open-Water Disposal on Benthic Macroinvertebrates in a South Carolina Estuary. Estuaries, Vol. 7, No 1, p. 28-37.

WITT, J.; SCHROEDER, A.; KNUST, R. & ARNTZ, W. E. 2004. The Impact of Harbour Sludge Disposal on Benthic Macrofauna Communities in the Weser Estuary. Helgol. Mar. Res. 58:117-128.

# 6 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

O presente monitoramento da qualidade do ar tem objetivo de analisar, de forma panorâmica, a qualidade do ar em consequência do tráfego de equipamentos e máquinas, assim como de caminhões de contêineres na área de influência do Porto de Itajaí. Este resumo permitirá avaliar a situação legal a partir dos dados obtidos, com relação ao impacto que o porto possa ter sobre a qualidade do ar nas proximidades, visto que ele se localiza em área urbana.

Assim, o resumo dos dados monitorados sobre a qualidade do ar recaiu mais especificamente sobre as emissões automotivas, incluindo as de navios. Estas emissões de gases provocadas pelo setor dos transportes têm uma particular importância devido à sua rápida taxa de crescimento. As principais emissões causadas pelo tráfego motorizado são de óxidos de nitrogênio e enxofre (NOx e $SO_2$), hidrocarbonetos (HC) e monóxido de carbono (CO), como também material particulado fuliginoso. Enquanto os níveis de emissões nos países economicamente mais desenvolvidos têm sido cada vez mais estáveis, nos países menos desenvolvidos continuam a aumentar. Segundo a OECD (2011), as emissões liberadas por motores de combustão estão entre as mais comuns que se pode encontrar em portos, pois muitos navios possuem várias máquinas de combustão à diesel, inclusive os geradores de eletricidade. Entre navios cargueiros de baixa velocidade, 95% usam os chamados óleos pesados (*heavy fuel oil* - HFO), enquanto só 5% usam óleos destilados. Nos navios de velocidade média, 70% usam HFO, enquanto o restante usam óleos destilados a diferentes graus. Aproximadamente 80% dos óleos consumidos no transporte marítimo internacional são HFO o que preocupa em termos ambientais ou portuários, pois estes óleos quando queimados, liberam grandes quantidades de óxidos com potencial de impacto sobre a saúde humana e sobre os ecossistemas.

Constatada a gravidade da poluição gerada pelos veículos, a CETESB, durante a década de 1980, desenvolveu as bases técnicas que culminaram com a Resolução Nº 18/86 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, que

estabeleceu o PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, posteriormente complementada por outras Resoluções do CONAMA. A Lei Federal Nº 8723 de 28 de Outubro de 1993 (e republicada no Diário Oficial da União por incorreções em 29 de Outubro de 1993), definiu os limites de emissão para veículos leves e pesados. Assim, todos os novos modelos de veículos e motores nacionais e importados são submetidos obrigatoriamente à homologação quanto à emissão de poluentes. O PROCONVE foi baseado na experiência internacional dos países desenvolvidos e exige que os veículos e motores novos atendam a limites máximos de emissão, em ensaios padronizados e com combustíveis de referência. O programa impõe ainda a certificação de protótipos e de veículos da produção, a autorização especial do órgão ambiental federal para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento e reparo dos veículos ou motores encontrados em desconformidade com a produção ou o projeto e proíbe a comercialização dos modelos de veículos não homologados segundo seus critérios. Todas estas medidas foram tomadas para que a qualidade do ar ambiental não cause danos à saúde pública e nem aos ecossistemas que comportam a biodiversidade de organismos vivos.

## 6.1 METODOLOGIA

Amostragem do Ar

As amostragens de ar para a realização das análises dos gases são realizadas nas duas quinzenas de cada mês em datas aleatórias em três (03) pontos distribuídos na área de influência do empreendimento, sendo: (i) no Gate 1 (26°54'06.09"S; 48°39'54.21"O); (ii) no Gate 2 (26°54'11.72"S; 48°39'45.70"O); (iii) na região urbana de Itajaí sem muita circulação automotiva (26°54'54.41"S; 48°39'56.58"O).

As amostras são obtidas com um amostrador de gás modelo AA-1 (Ambiotec, RJ) e com um amostrador de gás e poeira modelo Gilair-5 (Gilian - EUA), conforme adaptação das metodologias da ABNT.

Para cada momento amostral buscou-se dados meteorológicos contemplando os seguintes parâmetros:

• Temperatura atmosférica;

• Velocidade do vento (média e máxima);

• Direção predominante do vento;

• Umidade relativa do ar; e,

• Precipitação.

Metodologia Analítica

Os parâmetros avaliados no período foram: $SO_2$, $NO_2$, CO, $O_3$ e Partículas Inaláveis (diâmetro ≥10 µm). As metodologias analíticas foram baseadas nas seguintes Normas e Métodos:

• Gases – Determinação do teor de dióxido de nitrogênio – Reação de Gress-Saltzman (ABNT-MB-3176; Novembro/1989):

• Atmosfera – Determinação da concentração de dióxido de enxofre pelo método do peróxido de hidrogênio (ABNT-NBR 12979 Setembro/1993):

• Determinação do Monóxido de Carbono por sensor eletroquímico:

• Determinação de Ozônio pelo método Iodométrico (APHA *et al.*, 1999).

• Material Particulado em suspensão no ar ambiente (Partículas Inaláveis). Adaptação da ABNT-NBR 9547 Setembro/1997) para Partículas Totais em Suspensão.

## 6.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Inicialmente deve-se salientar que o presente resumo do programa de monitoramento não analisou a qualidade do ar na área de influência do Porto de Itajaí com relação à fuligem emitida pelos veículos automotores, pois este parâmetro está sendo monitorado pela própria equipe da Gerência Ambiental do Porto de Itajaí.

A Tabela 9 mostra os valores mínimos e máximos dos principais parâmetros físico-químicos analisados nos pontos amostrais de maior interesse

nos últimos quatro anos, pois a definição da forma de coleta nos pontos amostrais só foi padronizada depois de 2007. Também deve ser ressaltado que o monitoramento é de caráter ambiental e não tem como objetivo mensurar as emissões veiculares, apesar das mesmas serem a principal contribuição para degradação da qualidade do ar na região em estudo. É dentro deste contexto que a posição dos coletores de gases deve ser entendida, pois, quanto mais próximo do escapamento do veículo, maior é a concentração de contaminantes emitidos e mensurados e menos ambiental se torna a medida. Ou seja, a medida é das condições do veículo em particular e não do meio ambiente como um todo. Assim, a partir de 2008, as amostras coletadas são representativas do ar ambiente, sem muita proximidade com os escapamentos dos veículos.

Tabela 9. Valores mínimos e máximos dos principais parâmetros analisados na região do Porto de Itajaí para avaliar a qualidade do ar nos meses entre 2008 e 2011.

| Período | Ponto Amostral | Parâmetros (unidade) | |
|---|---|---|---|
| | | $SO_2$ (µg/m$^3$) | $NO_2$ (µg/m$^3$) |
| Janeiro – Junho 2008 | Gate 1 | 232 - 267 | 154 - 175 |
| | Pátio interno ou Gate 2 | 169 – 185 | 89 - 97 |
| Julho – Dezembro 2008 | Gate 1 | 249 -284 | 277 - 295 |
| | Pátio interno ou Gate 2 | - | - |
| Janeiro – Junho 2009 | Gate 1 | 109 - 235 | 88 – 215 |
| | Pátio interno ou Gate 2 | 85 - 176 | 71 - 168 |
| Julho – Dezembro 2009 | Gate 1 | 88 – 224 | 12 – 255 |
| | Pátio interno ou Gate 2 | 80 - 209 | 25 - 228 |
| Janeiro – Junho 2010 | Gate 1 | 242 - 284 | 118 – 201 |
| | Pátio interno ou Gate 2 | 106 - 159 | 75 - 129 |
| Julho – Dezembro 2010 | Gate 1 | 149 - 284 | 78 – 257 |
| | Pátio interno ou Gate 2 | 123 - 248 | 54 – 275 |
| Janeiro – Junho 2011 | Gate 1 | 156 - 232 | 97 – 294 |
| | Pátio interno ou Gate 2 | 125 - 230 | 118 – 238 |
| Julho – Dezembro 2011 | Gate 1 | 125 - 278 | 102 – 308 |
| | Pátio interno ou Gate 2 | 145 - 323 | 119 - 302 |

Conforme se pode observar na tabela acima os intervalos das concentrações dos gases analisados neste período estão dentro dos limites legais, sem nenhum caso de extrapolação com relação aos padrões de qualidade do ar instituídos pelo CONAMA 03/90.

Estes valores encontrados podem ser melhor interpretados quando comparados com os valores da Tabela 10, a seguir, que mostram os níveis de classificação da qualidade do ar, segundo a Resolução CONAMA N° 03/1990.

Tabela 10. Nível de qualidade do ar em função dos valores dos parâmetros regulamentares (Resolução CONAMA N° 03/1990).

| PARÂMETROS | NÍVEL DE QUALIDADE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50% PQAR | PQAR | ATENÇÃO | ALERTA | EMERGÊNCIA | CRÍTICO |
| **$SO_2$** - Dióxido de Enxofre (µg /m³) | 80 | 365 | 800 | 1.600 | 2.100 | 2.620 |
| **CO** - Monóxido de Carbono (ppm) | 4,5 | 9,0 | 15,0 | 30,0 | 40,0 | 50,0 |
| **$O_3$** - Ozônio (µg /m³) | 80 | 160 | 200 | 800 | 1.000 | 1.200 |
| **$NO_2$** - Dióxido de Nitrogênio (µg /m³) | 100 | 320 | 1.130 | 2.260 | 3.000 | 3.750 |
| **PTS –** Particulados Inaláveis (µg/$m^3$) | 50 | 150 | 250 | 420 | - | - |
| **PQAR** - Padrão de qualidade do ar / **µg** - micrograma / **ppm** - partes por milhão | | | | | | |

Fonte: CETESB.

Os valores PQAR (Padrões de Qualidade do Ar) são os valores limites para uma qualidade do ar aceitável, ou seja, não acarrete risco ou danos à saúde pública ou ao meio ambiente. Assim, com relação aos valores das concentrações dos gases e material particulado (MP) analisados, estes apresentam valores bem variáveis, dependendo da movimentação/quantidade de veículos automotores que circulam na área monitorada e da velocidade dos ventos predominantes. Segundo a classificação da qualidade do ar da CETESB, a classificação da qualidade do ar nos pontos críticos foi classificada como “BOA” em poquíssimas ocasiões e “REGULAR” em quase todas as campanhas realizadas.

Os valores medidos para o $SO_2$ estão diretamente relacionados com a queima de combustível fóssil. Levando em consideração os valores analisados para o Dióxido de Enxofre (Tabela 11) e seguindo a classificação da CETESB (Tabela 3), a qualidade do ar em 2 pontos amostrais foi, na maioria das vezes, “REGULAR” (Gates 1 e 2), enquanto no outro ponto amostral analisado (Contrôle) a qualidade sempre foi “BOA” (resultados não mostrados).

Tabela 11. Qualidade do ar em função da concentração de Dióxido de Enxofre.

| **Dióxido de Enxofre Padrão diário de qualidade do ar - 365 µg /m³ - média de 24 horas** | | | |
|---|---|---|---|
| Faixa de Concentração | Qualidade | Índice | |
| 0 - 80 µg /m³ | Boa | 0 - 50 | Atende ao padrão |
| 81 - 365 µg /m³ | Regular | 51 - 100 | |
| 366 - 800 µg /m³ | Inadequada | 101 - 198 | Não atende ao padrão |
| 801 – 1600 µg /m³ | Má | 200 - 299 | |
| 1601 – 2100 µg /m³ | Péssima | 300 - 398 | |
| > 2101 µg /m³ | Critica | > 400 | |

Fonte: CETESB.

Com relação ao $NO_2$, a contextualização feita para o caso do $SO_2$ também é válida. Assim, levando em consideração os valores analisados para o Dióxido de Nitrogênio (Tabela 1) e seguindo a classificação da CETESB (Tabela 1222), a qualidade do ar em 2 pontos amostrais foi, na maioria das vezes "REGULAR" (Gates 1 e 2), enquanto no outro ponto amostral analisado (Contrôle) a qualidade sempre foi "BOA" (resultados não mostrados).

Tabela 12. Qualidade do ar em função da concentração de Dióxido de Nitrogênio.

| **Dióxido de Nitrogênio Padrão diário de qualidade do ar - 320 µg/m³ - valor máximo de 1 hora** | | | |
|---|---|---|---|
| Faixa de Concentração | Qualidade | Índice | |
| 0 – 100 µg /m³ | Boa | 0 - 50 | Atende ao padrão |
| 101 - 320 µg /m³ | Regular | 51 - 100 | |
| 321 - 1130 µg /m³ | Inadequada | 101 - 198 | Não atende ao padrão |
| 1131 - 2260 µg /m³ | Má | 200 - 299 | |
| 2261 - 3000 µg /m³ | Péssima | 300 - 398 | |
| > 3001 µg /m³ | Critica | > 400 | |

Fonte: CETESB.

Com relação ao Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio ($O_3$) os resultados das análises mostraram valores baixos e segundo a classificação da CETESB, a qualidade do ar, considerando as concentrações desses gases foi "BOA" em todas as campanhas (resultados não mostrados).

Com relação aos valores mensurados de Material Particulado, estes só começaram a ser monitorados em Julho de 2011 e os valores levantados estão dentro dos padrões permitidos para a qualidade ambiental estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90. Contudo, deve ser salientado que medidas deste parâmetro segundo as diretrizes de Segurança do Trabalho não foram realizadas pois a metodologia de mensuração, nesses casos, é específica para os trabalhadores que estão expostos às condições de trabalho onde existe MP no ar em quantidades suspeitas de causarem problemas de saúde.

## 6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

Os valores dos parâmetros analisados variam em função da intensidade do tráfego de veículos automotores e das condições meteorológicas. Em todas as campanhas realizadas até a presente data, a qualidade do ar no ponto amostral Controle foi "BOA", segundo a classificação da CETESB, enquanto que os pontos amostrais no Porto de Itajaí (Gates 1 e 2) apresentaram a classificação de "REGULAR" em quase todas as ocasiões, apesar de estarem dentro dos valores legais preconizados pela Resolução CONAMA 03/90.

Cabe ressaltar que está ocorrendo um aumento na circulação automotiva na região portuária e que este monitoramento da qualidade do ar é de suma importância para se evitar uma deterioração da qualidade do ar que as pessoas respiram na região portuária. Por ora, os valores mensurados não indicam a necessidade de se tomar medidas preventivas ou mitigatórias com relação à concentração dos principais contaminantes do ar emitidos pelos veículos automotores. Sabe-se que a deterioração da qualidade do ar causa impacto imediato sobre os ecossistemas, assim como pode causar efeitos nefastos imediatos sobre a saúde pública.

Considerando o exposto acima a continuidade do monitoramento da qualidade do ar nos entornos do Porto de Itajaí é de fundamental importância no acompanhamento da qualidade ambiental e na verificação dos índices de crescimento e desenvolvimento da atividade portuária que é diretamente proporcional ao desenvolvimento econômico do município de Itajaí. `Por conta

disso as estatísticas que descrevem o desenvolvimento econômico de Itajaí poderá ter nesse monitoramento, outra fonte de informação

### 6.4 REFERÊNCIAS

ABNT. Gases – Determinação do teor de dióxido de nitrogênio – Reação de Gress-Saltzman (MB-3176 Nov/1989).

ABNT. Atmosfera – Determinação da concentração de dióxido de enxofre pelo método do peróxido de hidrogênio (NBR 12979 Set/1993).

APHA , AWWA, WEF. 1999. Ozone – Demand/Requirement – Semi-Batch Method 2350 E, 20 th ed.

CONAMA. Resolução N 3 de 28/06/1990 – Estabelece os critérios, procedimentos e limites máximos para os padrões de qualidade do ar.

CONAMA Resolução No. 7 de 31/08/1993 - Estabelece os critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento dos veículos automotores do ciclo Diesel, a serem utilizados em programas de I/M.

CONAMA Resolução No. 256 de 30/06/1999 - Aprova a inspeção de emissões de poluentes e ruído prevista no Artigo n.º 104 da Lei 9.503 de 23 de setembro de 1997.

CONAMA Resolução No 315 de 29/10/2002 - Dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle de Emissões Veiculares-PROCONVE.

EPAGRI/CIRAM/CLIMERH (http://ciram.epagri.rct-sc.br).

FELLENBERG G. Introdução aos problemas da poluição ambiental. São Paulo: Editora. da Universidade de São Paulo, 1980.

MANAHAN S E. Environmental Chemistry. 6a ed. CRC Press. 1994.

OECD (2011), *Environmental Impacts of International Shipping: The Role of Ports*, OECD Publishing. Edited by Nils Axel Braathen.

# 7 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO RUÍDO

A poluição sonora ocorre quando num determinado ambiente, o som altera a condição normal de audição, o que pode perturbar seriamente o comportamento dos organismos e mesmo, causar danos à saúde dos mesmos. O ruído, isto é, o som indesejável e excessivo é o que mais colabora para a existência da poluição

sonora. Ele é provocado pelo som excessivo das indústrias, canteiros de obras, meios de transporte, áreas de recreação, etc. Estes ruídos provocam efeitos negativos para o sistema auditivo das pessoas, além de provocar alterações comportamentais e orgânicas. A OMS (Organização Mundial de Saúde) considera que um som deve ficar em até 50 db (decibéis – unidade de medida do som) para não causar prejuízos ao ser humano. A partir de 50 db, os efeitos negativos começam. Alguns problemas podem ocorrer a curto prazo, outros levam anos para serem notados. Ainda segundo a OMS, a poluição sonora é considerada hoje como um dos problemas que mais atingem pessoas no mundo, depois da poluição do ar e das águas.

A questão do ruído está muito relacionado com o crescimento dos centros urbanos, principalment no que diz respeito ao tráfego, às construções, entre outras. É de grande importância também, as atividades geradoras de ruído adjacentes a centros urbanos – citando-se como exemplo as regiões portuárias onde o tráfego pode ser intenso. No Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) de Ampliação do Porto de Itajaí, descreve-se como atividades geradoras de ruído, os processos de retroporto, ou seja, atividades adjacentes relativas ao funcionamento do Porto.

Para uma correta análise da questão do ruído com relação às fontes geradoras, é importante verificar se existem conflitos entre as zonas de uso de solo e o Nível Equivalente (Leq) - medido em dB. O Quadro 01 abaixo define os valores máximos permitidos, e, em destaque, as áreas correspondentes ao monitoramento do Ruído ao longo do tempo.

A região de estudo se encontra dentro de três tipos de áreas segundo o ANEXO I e II da Lei Municipal nº 2543/89, temos: ZAP ( Área predominantemente industrial), ZR2 (Área mista, predominantemente residencial), ZMS1 e ZMS2 (Área mista, com vocação comercial e administrativa).

Quadro 1 - Níveis máximos de pressão sonora (em dB) permitidos (NBR 10.151)

| Tipos de Área | Diurno | Noturno |
|---|---|---|
| Área de Sítios e Fazendas | 40 | 35 |
| Área estritamente residencial urbana ou de hospitais/escolas | 50 | 45 |
| Área mista, predominantemente residencial | 55 | 50 |
| Área mista, com vocação comercial e administrativa | 60 | 55 |
| Área mista, com vocação recreacional | 65 | 55 |
| Área predominantemente industrial | 70 | 60 |

Onde:

Correspondente a área ZR2, dos pontos de coletas 3, 5, 6, 8, 11, 13, 16, 18 e 19.
Correspondente às áreas ZMS1 e ZMS2, dos pontos de coleta 9, 14, 17 e 20.
Correspondente a área ZAP, dos pontos de coleta 1, 2, 4, 7, 10, 12, 15, 21 e 22.

Para maiores detalhes da localização dos pontos amostrais, ver seção da Metodologia, abaixo. O aspecto legal relativo à poluição sonora pode ser consultado na legislação pertinente (BRASIL, 1980, 1990a e 1990b)

## 7.1 MÉTODOLOGIA

A medição dos níveis de pressão sonora (NPS), foi realizadas com a utilização de um aparelho ou medidor denominado decibelímetro, respeitando, desta forma, os padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA Nº 01/90 e, pela Norma ABNT- NBR 10.151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas da ABNT, visando o conforto da comunidade (ABNT, 2000). No período que compreende esta revisão dos resultados (2008 -2011) foi realizada uma medição em cada um dos diferentes pontos de coleta, com uma duração média de cinco (5)

minutos em cada ponto a cada 15 dias. Das leituras instantâneas (Li) de cada ponto, obteve-se a leitura equivalente (Leq), segundo NBR 10151 (ABNT, 2000).

Foram realizadas medições em 22 diferentes pontos de coleta em diferentes horários – abrangendo coletas diurnas e noturnas. Em cada ronda o percurso realizado abrangeu todos os 22 pontos de coleta. Três pontos amostrais na área interna do Porto foram monitorados quanto ao ruído: Ponto 1 (Gate 1), Ponto 2 (em frente ao Armazém B) e Ponto 3 (Pátio). Das leituras instantâneas (Li) de cada ponto de coleta, obteve-se a leitura equivalente (Leq – Nível Equivalente), segundo prescreve a NBR 10151 (ABNT, 2000).

Area de Estudo

O Quadro 02 abaixo apresenta as coordenadas respectivas de cada ponto de coleta com coordenadas em UTM.

Quadro 2 - Coordenadas dos pontos de coleta.

| PONTO | COORDENADAS X - UTM | COORDENADAS Y - UTM |
|---|---|---|
| 1 | 731290,46 | 7022293,94 |
| 2 | 731233,81 | 7022255,53 |
| 3 | 731151,36 | 7022424,79 |
| 4 | 731007,55 | 7022420,82 |
| 5 | 731037,77 | 7022663,54 |
| 6 | 731302,37 | 7022093,10 |
| 7 | 731207,17 | 7022598,77 |
| 8 | 731511,30 | 7022387,05 |
| 9 | 731457,62 | 7022258,37 |
| 10 | 731252,79 | 7022427,97 |
| 11 | 731488,63 | 7022071,17 |
| 12 | 731557,69 | 7022253,84 |
| 13 | 731632,55 | 7022292,69 |
| 14 | 731635,18 | 7022208,61 |
| 15 | 731642,84 | 7021963,76 |
| 16 | 731707,61 | 7022263,19 |
| 17 | 731747,87 | 7022174,00 |
| 18 | 731818,87 | 7022016,69 |
| 19 | 731806,96 | 7022280,61 |
| 20 | 732001,58 | 7022090,09 |
| 21 | 731383,57 | 7022532,08 |

| | | |
|---|---|---|
| 22 | 731420,22 | 7021890,21 |

## 7.2 SINTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Os valores da Leq – Leitura ou Nível Equivalente (dB(A)), os quais foram medidas na área interna e externa do Porto dependem de dois fatores: a qualidade e a intensidade do tráfego. Nesse sentido, ainda existem caminhões que circulam fora das normas no que tange a emissão de ruídos, assim como um tráfego intenso acaba promovendo o somatório de ondas sonoras aumentando a intensidade do ruído.

Tomando por base o valor limite permitido pela legislação, percebe-se que na maioria das mensurações na área interna do Porto, os valores encontrados estão acima do permitido pela legislação em cerca de 80 – 90% das mensurações, justificando o uso de protetores auditivos para quem circula/trabalha na área interna do Porto, conforme norma interna estabelecida pela Gerência Ambiental do Porto.

A maioria dos pontos analisados na área externa do Porto apresentou valores acima do permitido pela legislação. Cabe salientar que em certos locais não há o trânsito pesado relativo às atividades portuárias e que portanto, os valores mensurados deveriam ser baixos. Contudo, todos os pontos amostrais apresentaram episódios com valores acima do permitido pela legislação. No total de todos os episódios medidos, somente entre 5 e 15% das mensurações apresentaram valores dentro da legalidade. Isto significa que o trânsito da cidade já apresenta valores de ruído acima do permitido pela legislação, mesmo sem a movimentação de cargas relativas às atividades do Porto. Essa generalização da presença de ruídos é devido ao comportamento da propagação da pluma sonora que é influenciada por diversos fatores urbanos e climatológicos. Entre os fatores determinantes para o comportamento da pluma sonora estão a temperatura do ar, o direcionamento e intensidade do vento, o solo, o posicionamento de ruas, presença de edifícios, tráfego e muitos outros. No entanto, a rota obrigatória de

caminhões com seu tráfego intenso de veículos pesados é um fator preponderante para a dispersão de ruídos para quase todos os pontos amostrais avaliados.

## 7.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

Durante o período compreendido entre 2008 e 2012, verificou-se uma maior concentração de pressão sonora (decibéis medidos) ao norte e oeste da área de estudo, lugar este, onde se encontram os Recintos Alfandegários e a Rota Obrigatória de Caminhões. De uma forma geral, verificou-se que em cerca de 90% das coletas realizadas (todos os pontos amostrais confundidos) mostraram valores de ruído acima do permitido pela legislação pertinente.

Como preconiza a lei, compete aos órgãos responsáveis pela liberação de circulação de veículos automotivos fazer cumprir os limites de liberação de emissões de ruídos pelos veículos, incitando os proprietários dos mesmos à adotarem medidas mitigatórias para diminuir a pressão sonora produzida quando do funcionamento dos seus veículos automotores.

Os dados gerados pelo monitoramento são importantes para embasar as medidas/políticas de tráfego que poderão ser implantadas, caso a decisão seja de melhorar o conforto ambiental na área portuária com relação à emissão de ruídos.

## 7.4 REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10151: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto acústico da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

BRASIL, Lei 6.803/80. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências.

BRASIL. CONAMA. Resolução 001/90, de 08 de março de 1990a. Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais.

BRASIL, CONAMA. Resolução 002/90, de 08 de março de 1990b. Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – SILÊNCIO.

CONAMA No. 256 de 30 de junho de 1999 - Aprova a inspeção de emissões de poluentes e ruído prevista no Artigo n.º 104 da Lei 9.503 de 23 de setembro de 1997.

# 8 AVALIAÇÃO DO RISCO DE INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES EXÓTICAS POR MEIO DE ÁGUA DE LASTRO

O Porto de Itajaí mantêm, desde 2006, um programa de monitoramento e análise de risco de introdução de espécies exóticas via água de lastro. O diagnóstico visa apresentar uma síntese comparativa dos dados obtidos durante o desenvolvimento desse programa e com isso se avaliar a eficiência do acompanhamento deste parâmetro indicador de impacto ambiental para sul continuidade nos padrões que é realizado até este momento.

A atividade portuária de Itajaí vem apresentando desde 2006 uma oscilação que pode ser atribuída à diversos fatores de origem econômica, com crises na Comunidade Européia e nos Estados Unidos da América e, também, de origem natural como em 2008 por ocasião da grande inundação que vitimou o município e região.

Como reflexo desses acontecimentos em números totais e absolutos, a atracação de navios oscilou entre máximos anotados em 2006 (984) e mínimos (313) em 2009, o que se torna bastante significativo no conexto do monitoramento da água de lastro dos tanques de navios que atracam e desatracam no porto de Itajaí.

## 8.1 METODOLOGIA

A análise de risco de introdução de espécies exóticas é conduzida a partir do processamento de formulários contendo dados de carga e troca da água do interior dos tanques de lastro preenchido por cada uma das embarcações que operam com movimentação de cargas no Porto de Itajaí. A partir destes formulários os dados são agrupados por porto de origem e é calculado o deslastro anual de cada um. Com os resultados, confrontados com os coeficientes de similaridade entre os portos e suas respectivas pontuações, se obtém o nível de risco de cada porto doador de lastro. Para efeito de cálculo foi considerada a

pontuação mínima para todos os portos de origem que não tinham resultados de volume de deslastro anual ou coeficiente de similaridade.

Nas coletas de água são sempre retiradas duas amostras, uma para analise zooplanctonica e outra para analise fitoplanctonica. Com a elipse do tanque de lastro aberta é inserida uma bomba submersa da marca RULE ® modelo 500GPM acoplada a um cabo elétrico anti chamas de 15m conectado a uma bateria automotiva de 12v e 45A. Para a coleta da amostra de fitoplâncton é acoplada a boca de saída da bomba submersa uma garrafa filtradora (garrafa plástica com duas "janelas" cobertas por rede de malha de 40µ) e a bomba é acionada por 7min perfazendo um volume de 210 litros, após isso a garrafa filtradora é "lavada" com um pisetti (contendo água do próprio tanque amostrado) sobre um funil que leva o concentrado para um frasco de amostragem de 200ml contendo formol a 2% para preservação da amostra, para a amostragem de zooplâncton é repetido o mesmo processo sendo que a garrafa filtradora possui rede de malha de 80µ, a bomba é acionada por 10min perfazendo um volume de 300 litros e o frasco de amostra possui formol a 4%. Também é coletado um frasco com 200ml da água do tanque para a determinação da salinidade. A metodologia de cada tipo de analise estará descrita nos relatórios dos respectivos laboratórios nos anexos 2 e 3.

## 8.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Análise dos Formulários

Na análise dos formulários sobre água de lastro, dois dados se sobressaem. Nota-se ao longo de todo o período de desenvolvimento do programa de monitoramento de água de lastro que é praticamente insignificante o número de formulários em que é declarado o deslastro, frente aos números de movimentação total de cargas. O ano de 2010 foi período em que se observou o maior índice de declarações de deslastro, um pouco acima de 11%, quando na melhor das estimativas seria esperado um mínimo de 25% de formulários com deslastro declarado. Portanto, índices muito aquém do esperado. Outro dado relevante, sempre considerado na avaliação de riscos de introdução de espécies

exóticas, é o preenchimento de formulários com informação de trocas oceânicas. As declarações de troca em ambiente oceânico aumentaram marcadamente no decorrer dos anos, principalmente depois da entrada em vigor da NORMAM 20, contudo a análise das amostras, principalmente salinidade e os organismos identificados, fazem crer que as declarações não são muito confiáveis.

Origem do Lastro

A alteração de rotas de navios, devido aos fatores já citados anteriormente, foi o fato mais relevante no âmbito do estudo de águas de lastro.

Traçando-se um comparativo resumido entre os anos do programa, pode-se dizer:

- Os portos brasileiros e da América do Sul ainda permanecem como as principais origens de lastro durante o transcorrer dos anos de monitoramento;
- Em 2006 e 2008 os portos europeus do Mediterrâneo são os que aparecem na mioria das estatísticas seguidos dos bálticos. Já em 2010 e 2011 os portos europeus da costa atlântica passam a predominar e na costa mediterrânea os portos espanhóis aparecem com mais destaque;
- De 2006 a 2008 os portos africanos são dos mais diversos países, sendo que esse cenário modifica-se do decorrer dos anos até 2011, quando os portos sul-africanos e angolanos passam a ter destaque como portos de origem de cargas;
- Os portos caribenhos sofrem uma nítida redução com o passar dos anos;
- A partir de 2008 surgem os portos do sudeste asiático que aumentam sua importância até 2011.

Análise do Nível de Risco

Durante todo o período do programa os portos brasileiros e sul-americanos permaneceram como aqueles de maior risco de introdução de espécies exóticas e esse panorama deve perdurar por alguns anos.

Nos primeiros anos vários portos caribenhos e africanos apresentavam risco alto, já no último ano somente os portos sul-africanos mantiveram essa condição.

Os portos norte-americanos deixam de apresentar risco alto após 2009.

No caso dos portos europeus o porto espanhol de Algeciras sempre mantem um risco alto e, nos últimos anos, cresce o número de portos europeus da costa atlântica com risco alto.

Em 2009 surge o primeiro porto do sudeste asiático com risco alto, devemos ver um aumento deles nos próximos anos.

Análise das Amostras de Lastro

Apesar de ser programada a coleta de amostras de dois navios por mês, sendo uma amostra para analise zooplânctonica e uma para analise fitoplânctonica de cada navio, essa meta não foi alcançada até agosto de 2011 devidos a vários problemas técnicos e burocráticos. Mesmo contando com todo o apoio da atual Gerência de Meio Ambiente do Porto de Itajaí e dos agentes das Empresas Marítimas, varias coletas não tiveram sucesso.

A principal dificuldade na obtenção das amostras esta ligada ao fato de que não existe nenhuma legislação que obrigue as embarcações a fornecer ou oferecer condições para que a mesma seja coletada. Soma-se a isso, o fato de por ser o navio uma extensão do território ao qual pertence, o acesso do amostrador ao navio só ocorre com a permissão do comandante. Por esta razão, em muitos ocasiões mesmo com permissão de subir a bordo a coleta não ocorreu pois o comandante não permitiu recolher amostra da água de lastro.

O principal problema técnico que dificulta a coleta é o fato que, para que esta seja realizada é necessário o acesso a elipse do tanque (tampa hermeticamente fechada com o formato oval geralmente localizada no alto do tanque) ou outra abertura para o tanque com, no mínimo, 20cm de diâmetro. Na maioria das vezes, contudo, só foi oferecido o cano de respiro do tanque que possui diâmetro máximo de 5,0cm. Esses obstáculos fizeram com que em muitas

oportunidades a coleta não pode ser concretizada embora se tivesse autorização para embarcar.

A partir de Agosto de 2011 a Marinha do Brasil, através da Delegacia dos Portos de Itajaí, passou a colaborar com as coletas, permitindo que o amostrador subisse a bordo com os Oficiais da Marinha encarregados de realizar a inspeção da embarcação. Isto acarretou que todas as cotas de amostragem pudessem ser realizadas, essa colaboração mostrou-se altamente eficiente e deve permanecer durante todo o monitoramento. A presença dos Oficiais da Marinha aumenta o índice de aceitação da coleta por parte dos comandantes dos navios.

## 8.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

Baseando-se nas situações ocorridas e nos resultados obtidos, as seguintes recomendações foram apresentadas nos relatórios anuais e continuam valendo para esse comparativo:

- Para que o estudo possa prosseguir conforme o programado é urgente a necessidade de uma legislação que permita o acesso aos navios e tanques do técnico responsável pela amostragem, sem restrições, exceto por questões de segurança.
- Ingerências da Superintendência do Porto de Itajaí junto à FATMA e outros órgãos ambientais, à autarquias ANTAQ e setores da administração direta do setor portuário como a SEP, junto à lideranças políticas no sentido de apresentar sugestões para a solução da questão do risco de introdução de espécies exóticas em águas nacionais pela água de lastro. O Brasil é signatário da Convenção Internacional de Água de Lastro e sedimentos de Navios da IMO, desde 2004, e até o momento o Congresso Brasileiro ainda não regulamentou sua participação efetiva na convenção;
- A inconsistência nas declarações de troca oceânica torna esse dado não confiável fazendo com que os resultados obtidos estejam longe de espelhar a realidade. É importante lembrar que a NORMAM 20 tornou a operação de troca oceânica obrigatória aos navios que vão atracar em portos brasileiros.

Seria proveitosa uma campanha de esclarecimento junto aos capitães e oficiais das embarcações no sentido de alertar sobre a correta e eficiente execução da NORMAN 20, além do correto e completo preenchimento dos formulários sobre água de lastro. Essa campanha poderia ser feita em conjunto com a Delegacia da Capitania dos Portos para se obter uma melhor conscientização e aceitação pelo publico alvo;

- Os formulários sobre água de lastro apresentam um alto índice de preenchimento incompleto e incorreto;
- Apesar do pequeno número obtido de amostras, as mesmas se mostraram representativas por serem totalmente aleatórias;
- As análises das amostras demonstram que mais de 50% das mesmas possuíam organismos potencialmente nocivos e com possibilidade de tornarem-se invasores, sendo que o entorno do Porto de Itajaí possui forte vinculo com as atividades de: Turismo, pesca e aqüicultura os danos ambientais e econômicos podem vir a ser expressivos;
- Essas mesmas análises demonstram que a informação sobre a troca oceânica que consta dos formulários sobre água de lastro, não são confiáveis;
- A porcentagem de formulários com deslastro relatado é insignificante dentro de um universo de formulários analisados em um porto que tem (no último ano) mais de 50% de sua movimentação de carga para exportação;

# 9 ANÁLISE DO ZOOPLÂNCTON NA ÁGUA DE LASTRO

Entre os organismos estudados e de interesse nos impactos advindos da contaminação das águas brasileiras por espécies exóticas, o zooplâncton apresenta um destaque especial. Este grupo de organismos é constituído por muitas larvas de organismos bentônicos os quais já vem sendo registrados como exóticas na costa brasileira e tendo com principal exemplo o Cirripedia (craca) *Megabalanus coccopoma* (YOUNG, 1995). Para os próprios constituintes da

comunidade zooplanctônica, Lopes (2004) destaca várias espécies invasoras que já são consideradas, hoje, integrantes estabelecidas da comunidade costeira.

Desta forma, monitorar a água de lastro quanto à presença de organismos zooplanctônicos é uma estratégia mínima de prevenção quanto a futuros impactos ambientais proporcionados pela introdução acidental de organismos exóticos ao ecossistema costeiro do sul do Brasil.

Os resultados apresentados a seguir são referentes as amostragens realizadas na água de lastro de cargueiros que operam no Porto de Itajaí (Itajaí - Santa Cataria) entre os anos de 2006 a 2012.

## 9.1 METODOLOGIA

Obtenção de amostras

Para a obtenção de amostras da comunidade zooplanctônica potencialmente presente na água de lastro das embarcações presentes no Porto de Itajaí, foi desenvolvido um sistema de filtragem de água constituído por uma bomba tipo Rule® de 500 gpm cuja saída de água está conectada a um copo coletor de 200 mL e janelas com malha de 80 μm de tamanho de poro. A bomba é alimentada por uma bateria automotiva de 12 volts.

Em todas as amostragens, o sistema (bomba e copo coletor) foi introduzido no tanque de lastro e operado com movimentos verticais por 10 minutos o que equivale a 300 litros de água filtrada. Após a operação, o material retido nos copos foi transferido para garrafas de 200mL em formol a 4 % para fixação.

Trabalhos em laboratório

Uma vez transportado para o laboratório de Oceanografia Biológica do CTTMar (UNIVALI), as amostras são analisadas na íntegra sob microscópio esterioscópico e biológico. Para auxiliar na identificação dos organismos é utilizado referências bibliográficas de Boltovskoy (1981) e Wells (1983).

Dados de salinidade da água de lastro, histórico resumido da água informada pelo comandante e observações feitas no momento da coleta são sempre incorporados para auxiliar a interpretação dos resultados.

## 9.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Em seis anos de monitoramento da água de lastro em navios atracados no Porto de Itajaí (2006 a 2012), foram obtidos e analisados um total de 25 amostras. As análises destas amostras apontaram que somente 10% delas não apresentaram organismos zooplanctônicos (Fig. 20). Os mais representativos foram espécies da costa brasileira e de águas costeiras quentes (e.g. gêneros *Penila*, *Paracalanus* e *Temora*) seguida por representantes de Copépodas bentônicos (gênero *Tisbe*) típicos da ocorrência de sedimentos depositados nos lastros das embarcações e originários do material particulado em suspensão presente na água captada para os lastros.

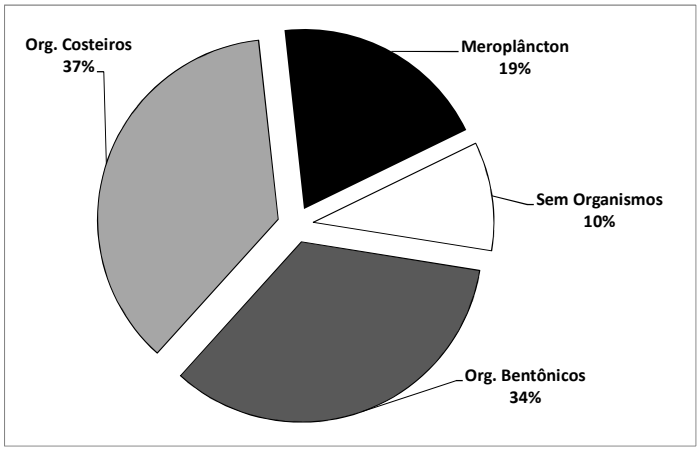


Figura 20 Percentuais dos organismos ocorrentes nas amostras de água de lastro de navios atracados no Porto de Itajaí entre os anos de 2007 a 2012.

Merece destaque o percentual de 20% de organismos meroplanctônicos, ou seja, formas larvais de organismos bentônicos e que apresentam grande potencial de indicativo de via de invasão de espécies exóticas. São representantes deste grupo larvas de Decapoda, Cirripedia e de Moluscos.

As correlações entre a ocorrência destes organismos com a salinidade da água de lastro indicam a presença de água envelhecida nos tanques devido a ausência de organismos nas amostras. A presença marcante de organismos bentônicos é entendida por estes apresentarem maior sobrevivência em relação aos planctônicos favorecido pelos depósitos de sedimento no fundo do tanque (Fig. 21).

Por outro lado, quando a água de lastro apresentou menores valores de salinidade, existiu uma maior abundância de organismos assim como uma maior riqueza de espécies, indicando que a água foi recentemente bombeada em águas costeiras. Essa afirmação pode ser comprovada pela presença de espécies tipicas de baixa salinidade e de formas larvais de organismos bentônicos. Isso alerta para o fato que as trocas oceânicas da água não é uma prática realizada embora seja recomendado pela ANVISA,

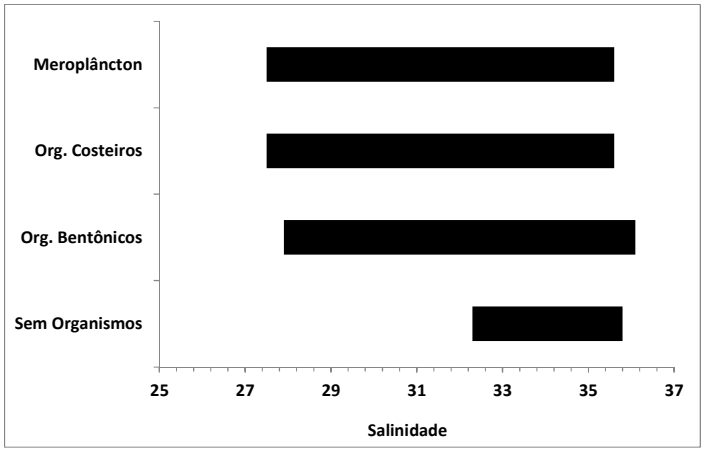


Figura 21 Limites inferior e superior da salinidade da água de lastro classificadas segundo a ocorrência de grupos de organismos zooplanctônicos presentes nas amostras de embarcações atracadas no Porto de Itajaí entre os anos de 2007 a 2012.

## 9.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

A identificação dos organismos normalmente é realizada tendo como referência a literatura utilizada para costa brasileira. Por essa razão, até o momento não foram observadas espécies exóticas na água de lastro.

A identificação de organismos bentônicos, em especial de copépodas, só é possível por especialistas da área, profissionais estes que são carentes no Brasil. Associado a isto, existe uma carência de trabalhos sobre a fauna natural deste grupo no Brasil, o que dificulta ainda mais o melhor diagnóstico dos exemplares como potenciais organismos em situação de invasores na costa brasileira.

As informações obtidas nas embarcações não refletem a realidade sobre as operações com a água de lastro conforme recomendada e solicitada pela ANVISA. Esta recomendação envolve a sua troca ao longo da derrota da embarcação antes da sua chegada ao destino e em águas oceânicas.

O monitoramento da água de lastro representa uma prática de grande relevância na gestão ambiental portuária e, atualmente e atualmente representa um diferencial em favor do Porto de Itajaí onde este trabalho vem sendo realizado pioneiramente em relação aos demais portos brasileiros. Negligenciar este risco pode ser considerado uma espécie de cumplicidade com a possibilidade de risco e de potencial de impacto ambiental para a região e o país e nisso reside a importância do monitoramento de águas de lastro. No entanto, o monitoramento sistemático não representa medida para evitar a invasão se as trocas forem feitas em áreas costeiras e os formulários não forem preenchidos corretamente. Este controle imposição da obrigatoriedade do preenchimento dos formulários de água de lastro deve partir das autoridades portuárias, Departamentos e Secretarias de Vigilância Sanitária e da Capitania dos Portos, atuando diretamente junto aos armadores, comandantes e despachantes.

## 9.4 REFERÊNCIAS

BOLTOVSKOY, D. 1981. Atlas del zooplancton del Atlantico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publ. Esp. INIDEPE, Mar del Plata. 936p.

LOPES R.M. 2004. Bioinvasões aquáticas por organismos zooplanctônicos: uma breve revisão.. In: J.S.V. Silva; R.C.C.L. Souza. (Org.). Água de Lastro e Bioinvasão. Rio de Janeiro: Interciência, p. 113-131.

YOUNG, P.S. 1995. New interpretations of South Americam patterns of barnacle distribution. In: SCHRAN, F.R. & HOEG, J.T. (eds.), New frontiers in barnacles evolution. Crustaceana, 10:229-253.

WELLS, J.B.J. 1983. Keys to Aid in the Identification of Marine Harpaticoid Copepods. Amendment Bulletin No. 4. Zoology Publications from Victoria University of Wellington, No. 77.