

*PLANO BÁSICO AMBIENTAL DA  
DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO  
DO PORTO DE SANTOS*



 **FUNDESPA**  
Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas

*6º Relatório do Monitoramento Ambiental  
Intensificado para a Dragagem do Trecho 4  
do Canal do Porto de Santos*

## **IDENTIFICAÇÃO**

---

**PRODUTO:** RMI-120511 – 6º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos.

**DATA:** 12 de Maio de 2011.

O presente documento apresenta o acompanhamento das atividades do Monitoramento Ambiental Intensificado da área de disposição de sedimentos da dragagem do trecho 4 do Canal de Navegação do Porto de Santos e suas peculiaridades, sendo parte integrante do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos.

Contratada pela Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP para coordenar e administrar os trabalhos de “GERENCIAMENTO E IMPLANTAÇÃO DO PLANO BÁSICO AMBIENTAL (PBA) DA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO”, a FUNDESPA encaminha o 6º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos consolidando os resultados obtidos até a sexta semana de monitoramento, referente ao período de 20 a 26 de Abril de 2011, bem como também apresenta os resultados de todas as demais campanhas anteriores ao período de referência deste monitoramento (Campanhas Prévia, I, II, III, IV e V).

## SUMÁRIO

<b>17. MONITORAMENTO AMBIENTAL INTENSIFICADO PARA A DRAGAGEM DO TRECHO 4 DO CANAL DO PORTO DE SANTOS .....</b>	<b>1</b>
17.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
17.2. ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS NO PROGRAMA .....	3
17.3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....	11
17.4. RESULTADOS.....	13
17.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	33
17.6. CRONOGRAMA .....	33
17.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
17.8. ANEXOS .....	37

## **17. Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos**

### **17.1. Introdução e Objetivos**

O monitoramento ambiental intensificado para a dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos é um programa complementar, que visa à intensificação do monitoramento na área de disposição oceânica para que se possa, de forma rápida e objetiva, dar subsídios para a tomada de decisão quanto à gestão da disposição dos sedimentos dragados da área em questão.

Em 4 de outubro de 2010 foi emitida a licença para a dragagem do Trecho 4. Tendo em vista a presença de material de qualidade inferior na região da Alemoa, em particular das áreas identificadas como AL-1 (porção oeste) e AL-2 (porção leste) deste Trecho o IBAMA, por meio de Nota Técnica nº 117/2010 COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA, solicitou a realização de monitoramentos adicionais durante a dragagem destas áreas, de coletas semanais de amostras para realização de ensaios ecotoxicológicos com as fases sólidas e líquidas do sedimento da área de disposição e análises químicas de mercúrio. Além destas análises semanais, foi solicitada a intensificação da avaliação de bioacumulação em tecidos de organismos demersais para periodicidade trimestral. Estes resultados serão apresentados juntamente com os demais resultados do Programa 17 – Monitoramento da área de Descarte em relatórios semestrais encaminhados ao IBAMA.

Após a comprovação da viabilidade da dragagem e posterior descarte oceânico dos sedimentos de qualidade inferior identificados no Trecho 4, a Retificação da Licença de Instalação nº 666/2009, condiciona a dragagem do Trecho 4, nas áreas denominadas AL 01 (subtrecho 4D) e AL 02 (subtrecho 4B) (Figura 17.1-1) à não execução de *overflow* e a disposição de tais sedimentos, na área de descarte marinho, condicionada à realização de monitoramento intensivo.

O Plano de Disposição Oceânica estabelece que o material dragado, proveniente de duas áreas (AL 01 e AL 02) na região da Alemoa, será destinado



ao setor de uso restrito (SUR), quadrículas Q9 e Q10. O trecho 4 foi então subdividido em quatro subtrechos (A, B, C e D) (Figura 17.1-1), sendo que os subtrechos 4B e 4D apresentam sedimento de qualidade inferior, ou seja, sedimentos com concentrações de alguns elementos acima do nível 1 ou 2 da Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004).

A dragagem no trecho 4 iniciou em 28 de janeiro de 2011 e a dragagem nos subtrechos com sedimento de qualidade inferior iniciou em 16 de março de 2011 no subtrecho 4B. Anteriormente a dragagem do subtrecho 4B foi realizada a campanha prévia no dia 03 de fevereiro de 2011. A data de início de dragagem no subtrecho 4B marcou o início da contagem para o monitoramento intensivo, sendo que a campanha I foi realizada em 24 de março e a periodicidade do mesmo será semanal.

A segurança do processo de dragagem das áreas AL01 e AL02 podem ser alcançadas através deste plano de monitoramento intensivo com respostas rápidas o suficiente, de modo a permitir eventuais interrupções no processo. Desde que detectados rapidamente, os impactos nas áreas de disposição poderão apresentar certo grau de controle através da sobreposição dos sedimentos lançados por recobrimento de sedimentos de melhor qualidade.



Figura 17.1-1. Localização do trecho 4 e seus subtrechos (4A, 4B, 4C e 4D), em destaque para as manchas de material de sedimento com qualidade inferior.

## **17.2. Atividades a serem desenvolvidas no Programa**

São realizados monitoramentos com respostas rápidas quanto a qualidade química e ecotoxicológica dos sedimentos da área de descarte para gerenciar a área de disposição oceânica atual, visando a mitigação de eventuais impactos à biota aquática e ao ambiente marinho, resultantes de efeitos dos contaminantes presentes nos sedimentos oriundos dos subtrechos 4B e 4D.

O presente monitoramento intensificado prevê a entrega semanal ao IBAMA de laudos de análise química para mercúrio. Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos com elutriato são entregues em cerca de 10 dias, dado ao prazo de exposição e processamento das análises, enquanto que os resultados dos ensaios ecotoxicológicos com sedimento total são finalizados em 45 dias.

Iniciado o monitoramento intensivo, após 15 dias é emitido relatório contendo os laudos bem como breves considerações acerca dos resultados encontrados. Após o primeiro relatório, é entregue semanalmente relatório de acompanhamento consolidando os resultados das campanhas realizadas.

### **17.2.1. Metodologia**

As amostras de sedimento são coletadas com amostrador de fundo do tipo *Van Veen* nos seguintes locais, conforme Figura 17.2.1-1:

- 1) Quadrícula Q-9
- 2) Quadrícula Q-10
- 3) Ponto a Nordeste do Polígono de Disposição Oceânica - PS-N1
- 4) Ponto a ser controlado, na Laje de Santos - PS-C1

Esses locais, constituídos por uma área de 1 milha quadrada, foram subdivididos em 4 sub-áreas de onde são obtidas subamostras. Estas subamostras são homogeneizadas para assim, formar uma amostra composta representativa daquela área.

Após coletadas, as amostras são acondicionadas e encaminhadas para análises conforme normas técnicas internacionalmente reconhecidas. Cadeias de

custódia acompanharão os processos de coleta e encaminhamento das amostras ao laboratório contratado.

O sedimento do subtrecho 4B é descartado no Setor de Uso Restrito (quadrículas Q-9 e Q-10), reservado para a disposição controlada dos sedimentos de qualidade inferior. O ponto de coleta localizado próximo ao Parque Estadual Marinho da Laje de Santos (PSC1), (entre a Laje e o local de disposição), no limite da zona de amortecimento do parque (Figura 17.2.1-1), é monitorado visando verificar eventual dispersão de sedimento dragado nesta direção.

O ponto a nordeste do PDO (PSN1) está posicionado fora da área de disposição e tem por finalidade identificar eventual contaminação da região, visto que o mesmo se encontra na direção do transporte e dispersão dos sedimentos, conforme mostrado por modelagem numérica (FRF, 2008).

A Figura 17.2.1-2 apresenta esquema da malha amostral e as coordenadas geográficas dos pontos amostrais estão listadas na Tabela 17.2.1-1.



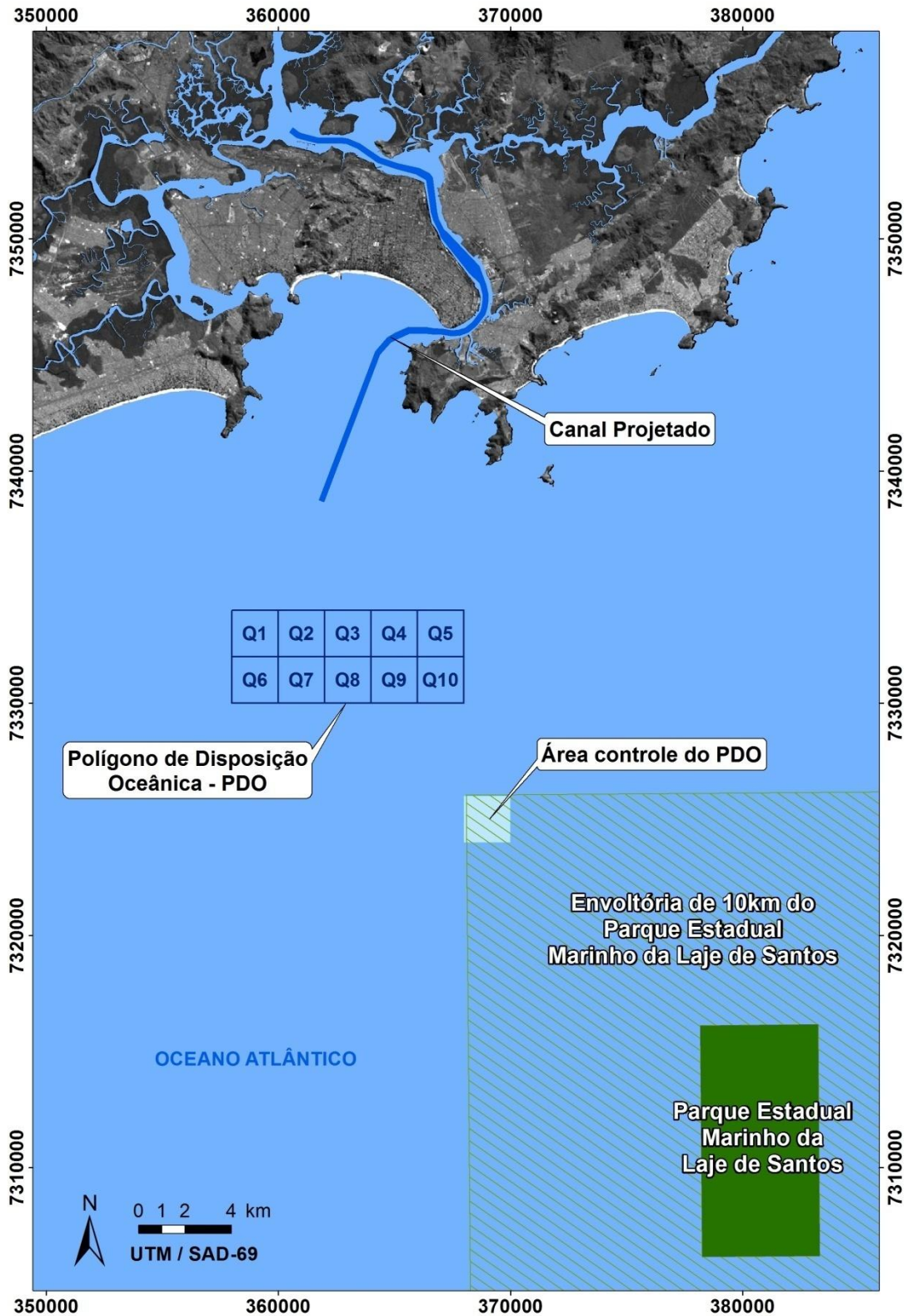


Figura 17.2.1-1. Mapa de localização do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos e do Polígono de Disposição Oceânica (PDO).

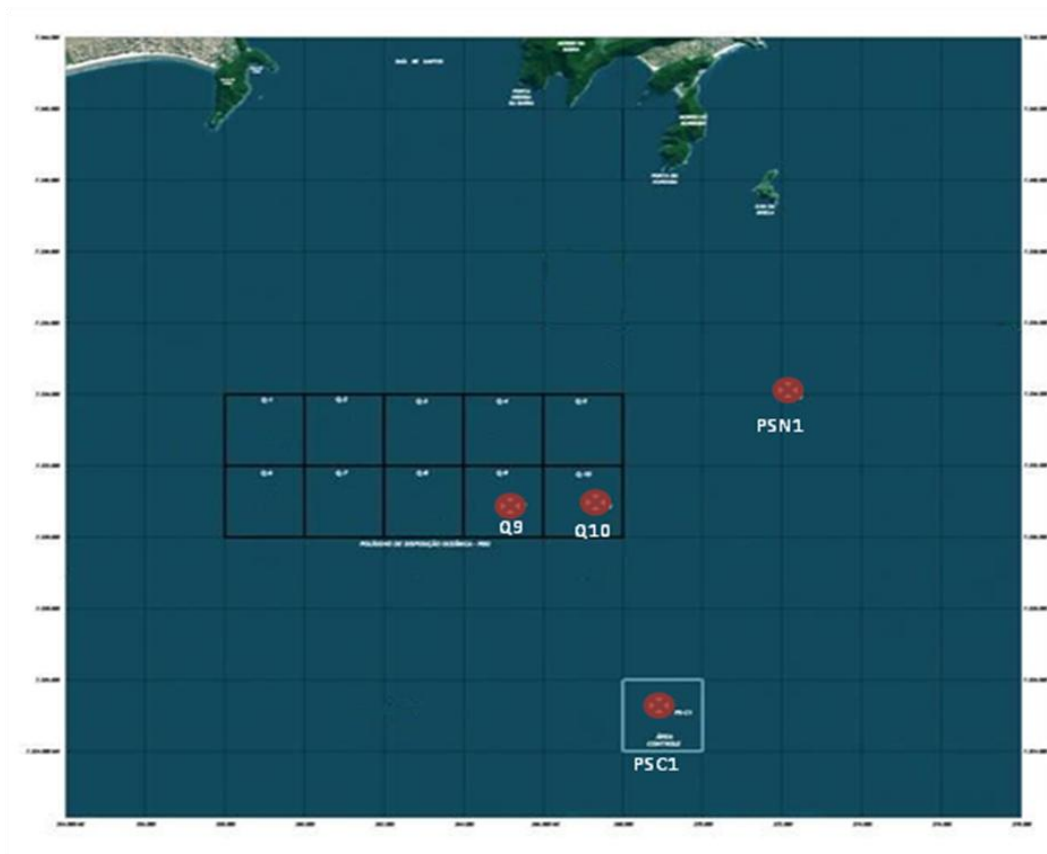


Figura 17.2.1-2. Imagem da região marinha da Baixada Santista, onde pode ser observado o polígono de disposição dos sedimentos dragados, com indicação das áreas monitoradas.

Tabela 17.2.1-1. Posição geográfica dos pontos de coleta. Projeção UTM. Datum horizontal: SAD 69.

PS-Q9	Leste (E)	Norte (N)	Fuso	PS-Q10	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	364.552	7.331.369	23 J	A	366.573	7.331.331	23 J
B	364.645	7.330.469	23 J	B	366.744	7.330.452	23 J
C	365.564	7.330.578	23 J	C	367.614	7.330.603	23 J
D	365.426	7.331.517	23 J	D	367.451	7.331.498	23 J

PS-N1	Leste (E)	Norte (N)	Fuso	PS-C1	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	371.522	7.334.381	Fuso	A	368.674	7.325.527	23 J
B	371.656	7.333.593	23 J	B	368.802	7.324.695	23 J
C	372.589	7.333.698	23 J	C	369.709	7.324.833	23 J
D	372.455	7.334.559	23 J	D	369.633	7.325.650	23 J

As coletas para análises de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos são realizadas semanalmente, e foram iniciadas cerca de 7 dias após início da dragagem no Trecho 4.

Os ensaios ecotoxicológicos apresentam periodicidade semanal durante o primeiro mês de dragagem. A frequência amostral para estes ensaios será reavaliada a partir dos resultados obtidos ao longo do primeiro mês de monitoramento intensivo.

### **17.2.2. Análises**

#### **Mercúrio**

A concentração de mercúrio total é analisado em laboratório acreditado na norma NBR ISO/IEC 17025:2005, seguindo o método SW 846 USEPA-7471B (preparação e análise), conforme vem sendo conduzido no monitoramento implantado.

A técnica analítica empregada para análise de mercúrio nos sedimentos apresenta excelente detectabilidade, sendo possível a quantificação deste elemento em nível de  $\mu\text{g/Kg}$  (ppb – parte por bilhão). Os resultados obtidos são, portanto, expressos nesta unidade, estando à incerteza de medição associada ao terceiro algarismo significativo. No entanto, para facilitar ao usuário a comparação do resultado obtido com o CONAMA 344/04, que está expresso em  $\text{mg/kg}$  (ppm – parte por milhão), o laboratório converte o resultado obtido para esta unidade, gerando um resultado com quatro casas decimais.

#### **Ensaio Ecotoxicológicos**

- **Sedimento Total**

Os ensaios ecotoxicológicos são realizados conforme metodologia padronizada na norma ABNT/NBR-15638, utilizando anfípodos da espécie *Leptocheirus plumulosos*.

O ensaio com *L. plumulosos* é um método internacionalmente aplicado na avaliação ecotoxicológica de sedimentos marinhos, e vem sendo utilizado no monitoramento mensal da área de disposição.

Os testes de toxicidade aguda, com o anfípoda *Leptocheirus plumulosus*, são realizados utilizando-se três réplicas para cada amostra. São transferidas alíquotas de cerca de 175,0 mL de sedimento em cada frasco-teste e adicionados 725,0 mL de água de diluição com auxílio de um disco plástico para minimizar a ressuspensão dos sedimentos. Em cada frasco é introduzida aeração suave na superfície da água e o conjunto é mantido sob repouso por 24 horas antes do início do teste.

Animais em boas condições são distribuídos aleatoriamente nos frascos-teste, sendo utilizados vinte animais em cada réplica. Grupos de vinte animais em três réplicas são colocados em um sedimento-controle, o mesmo utilizado na manutenção dos organismos.

Ao final de 10 dias de exposição, o sedimento contido em cada réplica é peneirado, através de uma malha de 0,5 mm, os organismos sobreviventes são contados e os organismos não encontrados são considerados mortos.

Nos dias 0, 7, 9 e 10 são realizadas análises de pH, salinidade e teor de oxigênio dissolvido da água de interface do controle e de cada amostra. As alíquotas de água para essas análises são cuidadosamente coletadas na interface água-sedimento, cerca de 1 cm acima da superfície do sedimento, formando uma amostra composta por alíquotas de cada réplica.

É preparada uma réplica adicional do controle e de cada amostra, sem adição de animais, para realização de análises de pH, salinidade, teor de oxigênio dissolvido da água intersticial do sedimento no início e no final dos testes, além de nitrogênio amoniacal e amônia não ionizada, no início do teste. Estas amostras de água intersticial são obtidas através da centrifugação do sedimento por 30 minutos a 3500 rpm.

Os valores de amônia não ionizada são obtidos por cálculo a partir dos valores de nitrogênio amoniacal, pH, salinidade e temperatura de cada amostra conforme descrito por Bower & Bidwell (1978).

Após 10 dias de exposição, a mortalidade dos organismos das amostras é comparada com a do controle, utilizando-se as seguintes análises estatísticas:

- Teste de normalidade do Chi-Quadrado (Zar, 1999);
- Teste-F para homogeneidade de variância (Zar, 1999), e
- Teste de hipóteses por bioequivalência (Erickson & McDonald, 1995), com aplicação da constante de proporcionalidade (“r”) de 0,80, calculada para a espécie *Leptocheirus plumulosus* (Prósperi *et al.*, 2008).

- **Elutriato**

Os testes de toxicidade crônica são realizados segundo metodologia ABNT 15350 (2006), com o ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus*, coletados por meio de mergulho livre, na Ilha das Palmas na cidade de Santos (São Paulo).

Machos e fêmeas adultos de ouriço do mar (mínimo três de cada sexo), são estimulados para a liberação de gametas por meio de choque elétrico (35v). Os gametas são coletados separadamente e os óvulos, caracterizados pela coloração amarelo alaranjado, são coletados utilizando-se de um becker de 400ml contendo água de diluição marinha. Uma subamostra dos óvulos de cada fêmea é observado ao microscópio, a fim de confirmar seu formato e tamanho os quais devem ser redondos, lisos e de tamanho homogêneo. Após a sedimentação dos óvulos, é descartado o sobrenadante, filtrado através de malha de 350 µm e acrescentada água marinha filtrada, elevando assim, o volume para 600 ml, este processo de lavagem dos óvulos é repetido por três vezes. Os espermatozoides de coloração branca são coletados diretamente dos gonopóros, utilizando uma micropipeta e depois mantidos em um béquer armazenado em um recipiente com gelo até o momento da fertilização. Uma solução de esperma, é preparada utilizando 1 a 2 ml de espermatozóide e 25 ml de água de diluição marinha, homogeneizando-se bem para dissolução dos grumos.

Para a fecundação são acrescentados 1 a 2 ml da solução de espermas ao recipiente contendo os óvulos, sempre mantendo uma leve agitação. Após 10 minutos, são tomadas três subamostras de 1 ml para contagem de ovos com o



auxílio de câmara de Sedgwick-Rafter. Calculada a média entre as três subamostras, é estimado o volume da solução que contém 300 ovos. Esse volume é acrescentado aos recipientes teste utilizando-se uma pipeta automática, não ultrapassando 1% do volume da solução teste.

Elutriado é definido como um processo de homogeneização entre um certo volume de sedimento e um volume de diluente por um determinado período de tempo. Após essa homogeneização, a solução sedimento + água decanta e posteriormente é separado o sobrenadante para realização dos testes de toxicidade.

Os ensaios são conduzidos em tubos de ensaio de 15 ml nos quais, para cada amostra, são montadas 4 réplicas. Uma alíquota de 150 g de sedimento de cada amostra é homogeneizada por 30 minutos com 600 ml de água de diluição marinha filtrada, utilizando agitador Turbo-Floc/2c de marca Policontrol com velocidade constante de 105 rpm. Após agitação, as amostras permaneceram em repouso por 24h e posteriormente, são sifonados 10 ml do sobrenadante, e adicionados a cada réplica do teste, conforme (ABNT NBR 15350, 2006; USEPA, 2001).

Os experimentos são mantidos em câmara incubadora sob temperatura constante de  $25 \pm 2$  °C e fotoperíodo de 12h/12h. Entre o período de 24 a 28 h, as larvas dos controles são analisadas quanto ao desenvolvimento. Os testes são encerrados assim que 80% das larvas atingiram o estágio de *pluteus*, sendo os embriões fixados pela adição de 0,5 ml de formaldeído tamponado com borax aos frascos teste.

Após a fixação, procede-se a leitura do estágio de desenvolvimento dos 100 primeiros organismos de cada réplica, onde é avaliado o desenvolvimento normal das larvas até o estágio equinopluteus. É anotado o número de larvas normais, bem como o número de larvas mal formadas ou com desenvolvimento anômalo para posterior análise estatística (teste t - Bioequivalência).

Durante os testes de toxicidade com *L. variegatus*, são realizadas as seguintes análises físico-químicas iniciais na fração aquosa:

- Temperatura (termômetro de vidro INCOTERM);

- Salinidade (refratômetro Shibuya 145);
- pH (peagâmetro *Laborgraf* – B474);
- Oxigênio dissolvido (método do eletrodo de membrana - Oxímetro *Oxi* WTW 3151);
- Amônia total (Método de destilação e titulação - 4500-C – APHA, 1998) e amônia não ionizada, estimada a partir dos valores de amônia total, de acordo com procedimento proposto por Whitfield 1974.

### **17.3. Atividades desenvolvidas**

Até o presente momento foram realizadas 9 campanhas, sendo uma prévia ao início da dragagem nas áreas AL1 (subtrecho 4D) e AL2 (subtrecho 4B) e outras 8 nas semanas seguintes ao início da dragagem no trecho em questão.

As campanhas foram realizadas nos dias:

- 1) Campanha Prévia - 03 de fevereiro de 2011;
- 2) Campanha I - 24 de março de 2011;
- 3) Campanha II - 1º de abril de 2011;
- 4) Campanha III - 07 de abril de 2011;
- 5) Campanha IV - 12 de abril de 2011;
- 6) Campanha V - 18 de abril de 2011;
- 7) Campanha VI - 28 de abril de 2011;
- 8) Campanha VII – 05 de maio de 2011;
- 9) Campanha VIII – 09 de maio de 2011.

Em todas as campanhas foram coletadas amostras para realização de todas as análises propostas.

O presente relatório consolida os resultados das análises de mercúrio das sete primeiras campanhas (Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V e VI), os resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das seis primeiras campanhas

(Campanhas Prévia, I, II, III, IV e V) e os resultados dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total de uma campanha (Campanha Prévia). Os demais resultados ainda não foram liberados pelos laboratórios.

A Tabela 17.3-1 identifica a situação de entrega dos resultados das análises, assim como em que relatório de acompanhamento dos períodos de referência podem ser encontrados.

Tabela 17.3-1. Quadro de situação de entrega dos resultados das análises e relatórios de acompanhamento.

Campanha	Período de Dragagem	Áreas Dragadas no trecho 4*	Quadrículas utilizada para despejo**	Data da Coleta	Laudos	Situação dos laudos	Relatório
Prévia	Anterior ao início da dragagem nos subtrechos 4B e 4D	-	-	03/02/11	Mercúrio	entregue	1º
					Ecotox. Elutriato	entregue	1º
					Ecotox. Sedimento	entregue	3º
I	16 a 22/03/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5 e Q9	24/03/11	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>1º</b>
					Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>1º</b>
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
II	23 a 29/03/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5, Q9 e Q10	01/04/11	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>2º</b>
					Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>2º</b>
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
III	30 a 05/04/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5 e Q10	07/04/11	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>3º</b>
					Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>4º</b>
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
IV	06 a 12/04/11	4A e 4C	Q3 e Q5	12/04/11	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>4º</b>
					Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>4º</b>
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
V	13 a 19/04/11	4B e 4C	Q3, Q5 e Q10	18/04/11	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>5º</b>
					Ecotox. Elutriato	<b>entregue</b>	<b>5º</b>
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
VI	20 a 26/04/11	4B e 4C	Q5, Q9 e Q10	28/04/11	Mercúrio	<b>entregue</b>	<b>6º</b>
					Ecotox. Elutriato	em análise	-
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
VII	27/04 a 03/05/11	4B, 4C e 4D	Q3 e Q9	05/05/11	Mercúrio	em análise	-
					Ecotox. Elutriato	em análise	-
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
VIII	04 a 10/05/11	-	Q3 e Q9	09/05/11	Mercúrio	em análise	-
					Ecotox. Elutriato	em análise	-
					Ecotox. Sedimento	em análise	-

\* Informação obtida das planilhas dos fiscais embarcados nas dragas

\*\* Informação obtida a partir das planilhas da autotrac

#### 17.4. Resultados

A seguir são apresentados os resultados analíticos e dos ensaios ecotoxicológicos das amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as campanhas realizadas até o momento.

Para a **Campanha Prévia** são apresentados os resultados da análise química de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos tanto no elutriato como no sedimento.

Para as **Campanhas I, II, III, IV e V** são apresentados os resultados das análises de mercúrio e o ensaio ecotoxicológico no elutriato.

Para a **Campanha VI** são apresentados os resultados das análises de mercúrio.

Todos os demais laudos ainda não foram liberados pelos laboratórios.

O laudo das análises de mercúrio da Campanha VI encontram-se no Anexo 17.8-1.

No 1º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensivo para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio e ecotoxicológica no elutriato da Campanha Prévia e da Campanha I. No 2º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensivo para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio e ecotoxicológica no elutriato da Campanha II. No 3º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensivo para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio da Campanha III e ecotoxicológica no sedimento total da Campanha Prévia. No 4º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio da Campanha IV e ecotoxicológica no elutriato das Campanhas III e IV. No 5º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensivo para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio e ecotoxicológica no elutriato da Campanha V.

Para discussão dos resultados obtidos na análise de mercúrio foram utilizados os valores estabelecidos pela Resolução Conama nº 344 (Brasil, 2004), a qual estabelece níveis de classificação do material a ser dragado em águas salinas/salobras e valores orientadores para alguns compostos presentes no sedimento. Esta legislação apresenta duas concentrações-limite, sendo a primeira o limiar abaixo do qual existe baixa probabilidade de ocorrer efeitos adversos à biota (Nível 1) e a segunda, cuja o limiar acima é provável que ocorram efeitos negativos à biota (Nível 2). A classificação dos sedimentos na faixa entre estes dois níveis é indicativo de que já existe a probabilidade de ocorrência de efeitos adversos sobre os organismos.

Assim, adicionalmente aos resultados apresentados, encontram-se detalhados os níveis 1 e 2 de classificação daquela Resolução. Analisando os laudos referentes às análises químicas de mercúrio e aos ensaios ecotoxicológicos constatamos que todos os limites de quantificação do método são inferiores aos padrões de classificação da Resolução Conama nº 344/04.

#### **17.4.1 Análise Química – Mercúrio Total**

Os resultados das análises de mercúrio total nas amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, das Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V e VI, estão apresentados na Tabela 17.4.1-1. As concentrações de mercúrio analisados no sedimento registraram concentrações abaixo do limite de quantificação (<LQ) em todas as amostras (Figuras 17.4.1-1, 17.4.1-2, 17.4.1-3 e 17.4.1-4). As amostras das Campanhas VII e VIII ainda estão em análise.

A validação das medidas de mercúrio foi realizada através da análise de sedimento de referência, cujos resultados indicaram que a porcentagem de recuperação atendeu ao critério de aceitação do método analítico.



Tabela 17.4.1-1. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nas quadrículas Q-9 e Q-10 (PS-Q9 e PS-Q10), no ponto a nordeste do PDO (PS-N1) e na área a ser controlada (PS-C1).

Mercúrio Total							
Campanha	Unidade	Resolução CONAMA 344/04		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
		Nível 1	Nível 2				
Prévia	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0617	< 0,0613	< 0,0609	< 0,0619
Campanha I	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0446	< 0,0374	< 0,0429	< 0,0375
Campanha II	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0677	< 0,0867	< 0,0616	< 0,0775
Campanha III	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0434	< 0,0494	< 0,0489	< 0,0437
Campanha IV	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0384	< 0,0424	< 0,0392	< 0,0390
Campanha V	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0444	< 0,0380	< 0,0416	< 0,0397
Campanha VI	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0387	< 0,0418	< 0,0478	< 0,0400

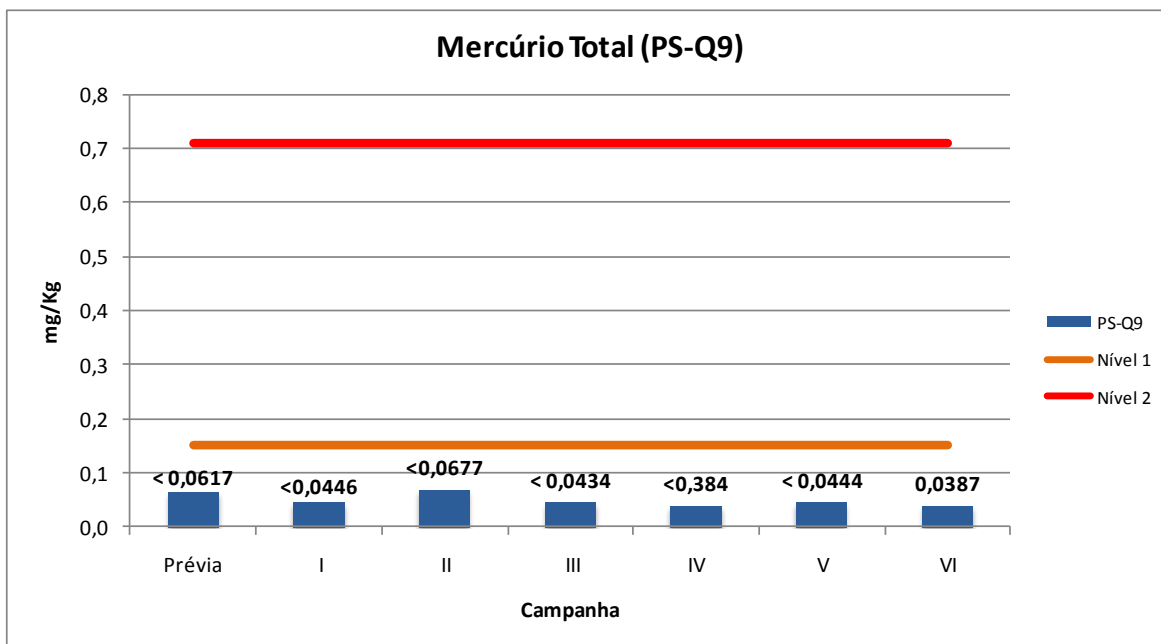


Figura 17.4.1-1. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimento coletadas na quadrícula Q-9 (PS-Q9), referente às Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V e VI.

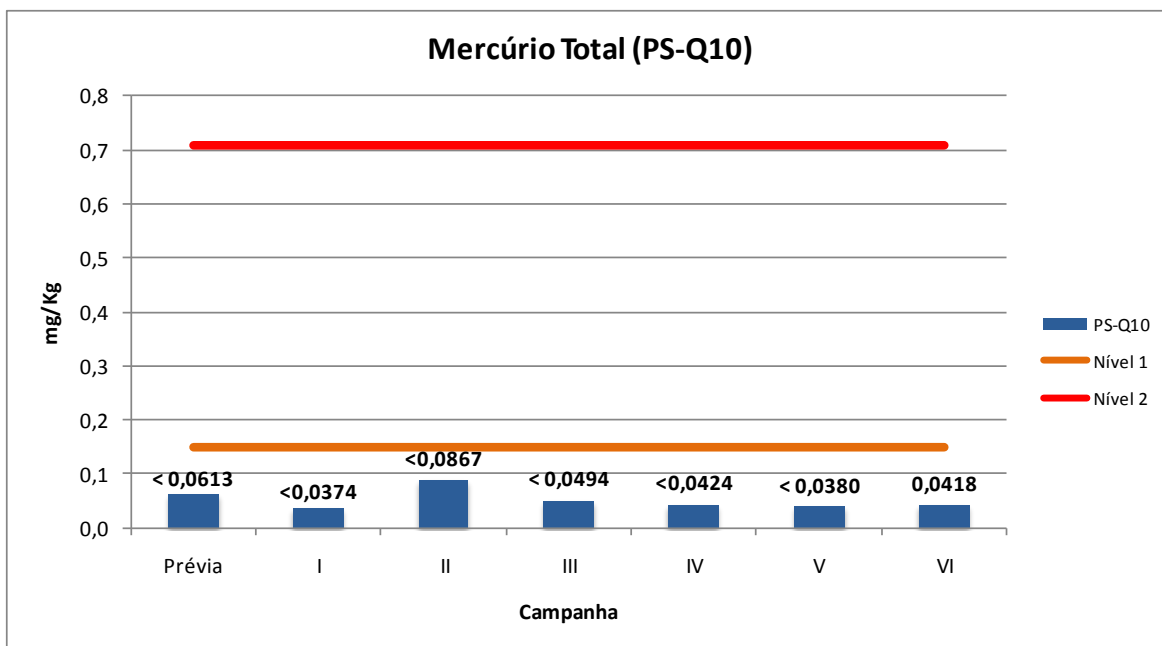


Figura 17.4.1-2. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimento coletadas na quadrícula Q-10 (PS-Q10), referente às Campanhas Prévía, I, II, III, IV, V e VI.

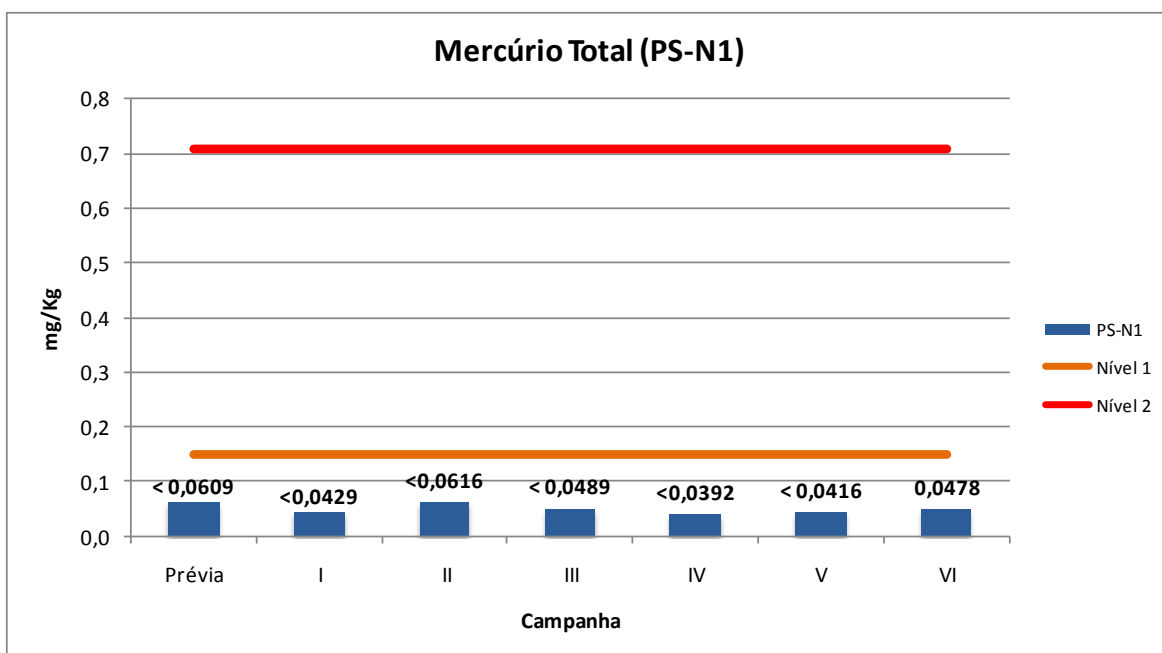


Figura 17.4.1-3. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimento coletadas no ponto a nordeste do PDO (PS-N1), referente às Campanhas Prévía, I, II, III, IV, V e VI.

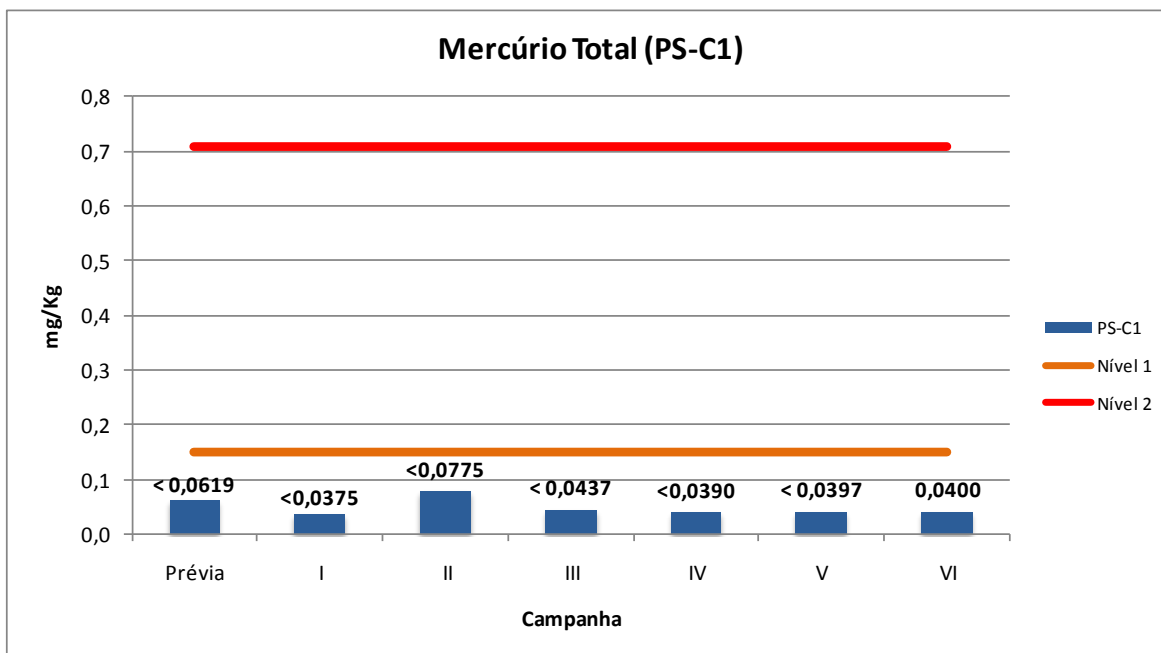


Figura 17.4.1-4. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimento coletadas na área a ser controlada (PS-C1), referente às Campanhas Prévía, I, II, III, IV, V e VI.

#### 17.4.2 Ensaios Ecotoxicológicos - Elutriato

Foram coletadas amostra de sedimento de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as Campanhas Prévía, I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pela análise. As amostras das Campanhas VI, VII e VIII ainda estão em análise.

Foram medidos parâmetros físico-químicos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica, como temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, salinidade (‰) amônia ( $\text{NH}_4^+$  mg/L) e amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$  mg/L). Nas Tabelas 17.4.2-1 e 17.4.2-2 são apresentados, respectivamente, os parâmetros físico-químicos e os resultados do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus* para as Campanhas Prévía, I, II, III, IV e V. Nas Figuras 17.4.2-1, 17.4.2-2, 17.4.2-3 e 17.4.2-4 são apresentados as médias, com seus respectivos desvios-padrão, do número de larvas normais, calculadas a partir dos dados das quatro réplicas, para as amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, respectivamente.

Tabela 17.4.2-1. Parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*.

Campanha	Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises						
			T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)	
Prévia	Controle	Inicial	25	5,4	7,78	35	n.a	n.a	
		Final	25	5,0	7,83	36	n.a	n.a	
	PS-Q9	Inicial	25	4,8	7,64	36	0,14	0,030	
		Final	25	4,1	7,60	36	n.a	n.a	
	PS-Q10	Inicial	25	4,6	7,63	36	0,56	0,010	
		Final	25	4,1	7,62	35	n.a	n.a	
	PS-N1	Inicial	25	4,3	7,71	36	0,14	0,003	
		Final	25	4,1	7,65	35	n.a	n.a	
	PS-C1	Inicial	25	4,6	7,58	36	0,77	0,010	
		Final	25	4,2	7,64	36	n.a	n.a	
	Campanha I	Controle	Inicial	25	5,4	7,41	33	n.d	n.d
			Final	25	5,4	7,76	32	n.a	n.a
PS-Q9		Inicial	25	5,3	7,71	32	0,91	0,010	
		Final	25	5,3	7,72	31	n.a	n.a	
PS-Q10		Inicial	25	5,4	7,50	32	1,89	0,028	
		Final	25	5,4	7,75	32	n.a	n.a	
PS-N1		Inicial	25	5,4	7,41	33	1,47	0,020	
		Final	25	5,4	7,78	31	n.a	n.a	
PS-C1		Inicial	25	5,5	7,48	33	1,82	0,026	
		Final	25	5,5	7,70	32	n.a	n.a	
Campanha II		Controle	Inicial	25	4,3	7,41	33	n.d	n.d
			Final	25	4,1	7,76	33	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	4,6	7,66	33	0,98	0,020	
		Final	25	4,4	7,74	33	n.a	n.a	
	PS-Q10	Inicial	25	4,4	7,56	33	0,84	0,014	
		Final	25	4,4	7,71	33	n.a	n.a	
	PS-N1	Inicial	25	4,6	7,60	33	0,77	0,010	
		Final	25	4,5	7,73	33	n.a	n.a	
	PS-C1	Inicial	25	4,6	7,56	33	2,45	0,041	
		Final	25	4,4	7,54	33	n.a	n.a	

na: não analisado e nd: não detectado.

Tabela 17.4.2-1. (Continuação) Parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa, no início e no fim do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*.

Campanha	Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises					
			T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)
Campanha III	Controle	Inicial	25	7,4	7,92	33	n.d	n.d
		Final	25	7,0	7,37	33	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	6,9	7,86	34	0,42	0,010
		Final	25	6,8	7,64	34	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	6,9	7,85	34	0,21	0,010
		Final	25	6,5	7,76	34	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	6,7	7,82	33	0,77	0,020
		Final	25	5,5	7,68	33	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	6,9	7,72	33	1,12	0,030
		Final	25	6,6	7,72	33	n.a	n.a
Campanha IV	Controle	Inicial	25	6,6	7,86	31	n.d	n.d
		Final	25	6,9	7,37	30	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	6,9	7,93	32	0,35	0,014
		Final	25	5,3	7,69	32	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	6,8	7,89	32	0,28	0,010
		Final	25	5,2	7,57	31	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	6,8	7,90	31	0,28	0,010
		Final	25	6,1	7,63	31	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	6,9	7,82	32	0,35	0,010
		Final	25	5,9	7,61	32	n.a	n.a
Campanha V	Controle	Inicial	25	7,2	7,26	31	n.a	n.a
		Final	25	7,1	7,53	32	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	6,9	7,53	32	0,28	0,000
		Final	25	7,0	7,73	33	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	7,1	7,57	32	0,56	0,010
		Final	25	7,0	7,62	32	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	6,8	7,71	33	0,63	0,010
		Final	25	7,0	7,74	34	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	6,8	7,61	33	0,49	0,009
		Final	25	7,0	7,69	33	n.a	n.a

na: não analisado e nd: não detectado.



Tabela 17.4.2-2. Efeito tóxico observado nos testes de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus* para as amostras coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	Nº de larvas normais por réplica				Média	Desvio Padrão	Resultado
		R1	R2	R3	R4			
Prévia	Controle	91	87	89	92	89,75	2,22	-
	PS-Q9	75	87	88	78	82,00	6,48	Não Tóxico
	PS-Q10	82	88	90	49	77,25	19,14	Não Tóxico
	PS-N1	78	75	76	73	75,50	2,08	Tóxico
	PS-C1	85	78	76	89	82,00	6,06	Não Tóxico
Campanha I	Controle	89	81	87	92	87,25	4,65	-
	PS-Q9	81	87	87	89	86,00	3,46	Não Tóxico
	PS-Q10	86	89	83	84	85,50	2,65	Não Tóxico
	PS-N1	80	88	83	82	83,25	3,40	Não Tóxico
	PS-C1	82	88	76	85	82,75	5,12	Não Tóxico
Campanha II	Controle	91	90	82	92	88,75	4,57	-
	PS-Q9	73	85	75	83	79,00	5,89	Não Tóxico
	PS-Q10	85	81	80	87	83,25	3,30	Não Tóxico
	PS-N1	85	89	80	80	83,50	4,36	Não Tóxico
	PS-C1	86	74	77	75	78,00	5,48	Não Tóxico
Campanha III	Controle	90	87	85	87	87,25	2,06	-
	PS-Q9	86	86	82	83	84,25	2,06	Não Tóxico
	PS-Q10	88	78	89	80	83,75	5,56	Não Tóxico
	PS-N1	81	86	70	75	78,00	6,98	Não Tóxico
	PS-C1	81	77	78	74	77,50	2,89	Não Tóxico
Campanha IV	Controle	88	91	90	90	89,75	1,26	-
	PS-Q9	73	80	83	85	80,25	5,25	Não Tóxico
	PS-Q10	89	85	78	81	83,25	4,79	Não Tóxico
	PS-N1	74	77	78	70	74,75	3,59	Tóxico
	PS-C1	68	75	77	77	74,25	4,27	Tóxico
Campanha V	Controle	85	86	86	92	87,25	3,20	-
	PS-Q9	88	85	83	89	86,25	2,75	Não Tóxico
	PS-Q10	91	90	91	89	90,25	0,96	Não Tóxico
	PS-N1	87	86	83	87	85,75	1,89	Não Tóxico
	PS-C1	81	80	86	92	84,75	5,50	Não Tóxico

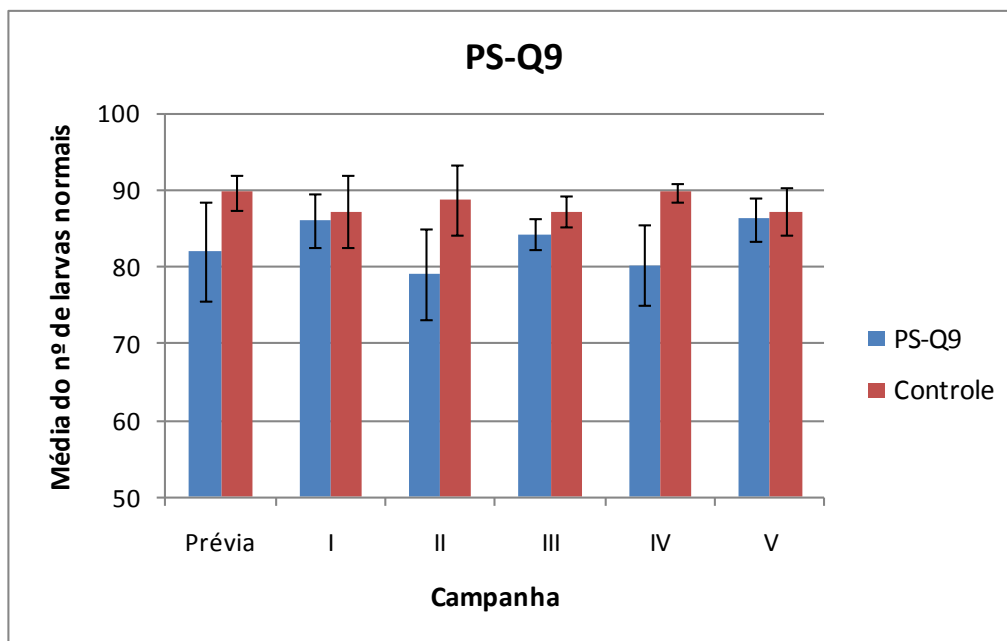


Figura 17.4.2-1. Médias, com seus respectivos desvios-padrão, do número de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais encontradas para a amostra PS-Q9, das Campanhas Prévía, I, II, III, IV e V, e respectivo controle.

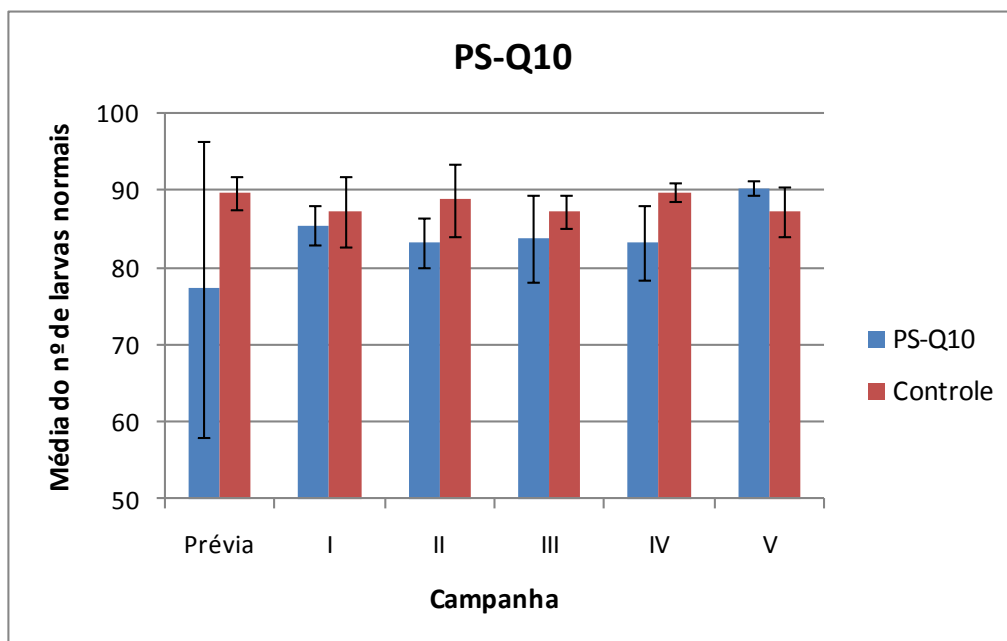


Figura 17.4.2-2. Médias, com seus respectivos desvios-padrão, do número de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais encontradas para a amostra PS-Q10, das Campanhas Prévía, I, II, III, IV e V, e respectivo controle.

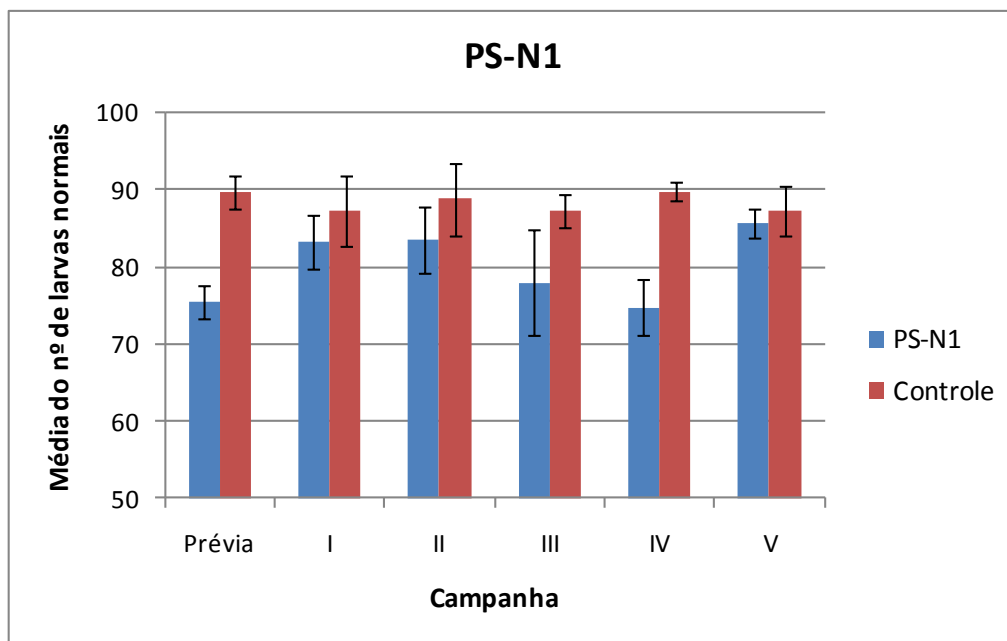


Figura 17.4.2-3. Médias, com seus respectivos desvios-padrão, do número de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais encontradas para a amostra PS-N1, das Campanhas Prévía, I, II, III, IV e V, e respectivo controle.

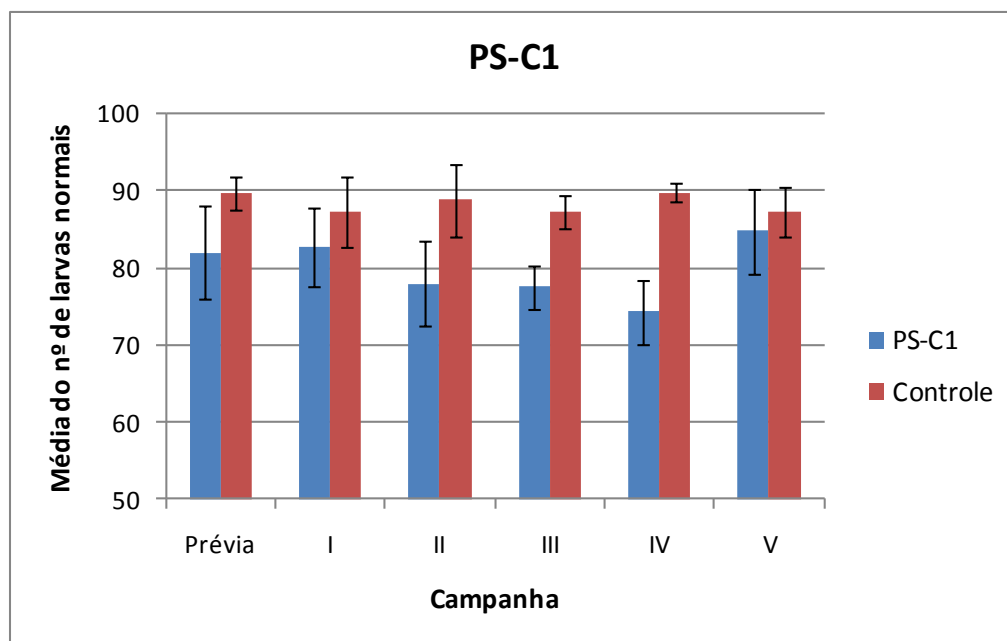


Figura 17.4.2-4. Médias, com seus respectivos desvios-padrão, do número de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais encontradas para a amostra PS-C1, das Campanhas Prévía, I, II, III, IV e V, e respectivo controle.

- Campanha Prévia

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que não se observou efeito ecotoxicológico para as amostras dos pontos PS-Q9, PS-Q10 e PS-C1, enquanto que a amostra de sedimento do ponto PS-N1, nesta campanha prévia, apresentou toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle de laboratório. Não há aparente explicação para tal resultado, onde, de todo modo, as diferenças de sobrevivência em relação ao controle foram pequenas, indicando baixo efeito. Vale lembrar que tal campanha de coleta foi realizada anteriormente ao início da dragagem do trecho a ser monitorado.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 24h) obtido foi: 0,19 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,06 – 0,22 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

- Campanha I

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi verificado toxicidade crônica para nenhuma das amostras avaliadas, para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

- Campanha II

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi verificado toxicidade crônica para nenhuma amostra testada.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

- Campanha III

De acordo com o tratamento estatístico aplicado aos dados obtidos, não foi verificado toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em nenhuma amostra testada, quando em comparação com o controle.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

- Campanha IV

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento dos pontos onde os sedimentos estão sendo descartados, ou seja, PS-Q9 e PS-Q10, não apresentaram toxicidade. Entretanto, os pontos

PS-N1 e PS-C1, na campanha IV, apresentaram efeito em comparação com o controle de laboratório. Não há aparente explicação para tal resultado, visto que as análises de mercúrio realizadas nessas amostras apresentaram valores abaixo do limite de quantificação. As diferenças de sobrevivência médias dessas amostras em relação ao controle, considerando os desvios-padrão foram muito pequenas, indicando, se de fato puder se considerada a toxicidade, que está é de mínimo efeito.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L ZnSO<sub>4</sub>) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

- Campanha V

De acordo com o tratamento estatístico aplicado aos dados obtidos, não foi verificado toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em nenhuma amostra testada, quando em comparação com o controle.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L ZnSO<sub>4</sub>) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.



### 17.4.3. Ensaio Ecotoxicológicos – Sedimento Total

Foram coletadas amostra de sedimento de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII. Após a coleta as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pela análise. As amostras das Campanhas I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII ainda estão em análise.

Os parâmetros físicos e químicos medidos na água de interface no início e final do teste de toxicidade aguda, como pH, salinidade (‰) e oxigênio dissolvido (mg/L), estão apresentados na Tabela 17.4.3-1. Já as análises de pH, salinidade (‰), oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), nitrogênio amoniacal (mg/L) e amônia não ionizada (NH<sub>3</sub> - mg/L), efetuadas na água intersticial dos sedimentos no início e final do teste, estão apresentados na Tabela 17.4.3-2.

Considerando que o organismo utilizado no experimento fica exposto tanto à água intersticial quanto a de interface sedimento-água são apresentados os valores dos descritores físico-químicos interferentes no ensaio para esses dois meios.

Tabela 17.4.3-1. Análises físico-químicas (iniciais e finais) da água de interface realizadas nos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimentos de superfície coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Prévia	Controle	7,88	7,97	21	21	5,85	6,1
	PS-Q9	7,93	8,16	21	23	5,33	5,77
	PS-Q10	7,93	8,19	21	24	5,43	5,8
	PS-N1	7,93	8,09	21	23	5,09	5,75
	PS-C1	7,72	8,15	21	23	4,17	5,82

Tabela 17.4.3-2. Análises físico-químicas efetuadas na água intersticial dos sedimentos no início e final dos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimentos de superfície coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)		Temperatura (°C)		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)		Amônia não ionizada (mg/L)	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Prévia	Controle	7,84	7,85	23	21	5,73	5,45	24,2	24,0	1,50	-	0,048	-
	PS-Q9	*	8,02	*	23	*	5,55	24,2	24,0	*	-	*	-
	PS-Q10	*	7,97	*	25	*	5,15	24,2	24,0	*	-	*	-
	PS-N1	*	8,03	*	24	*	5,33	24,2	24,0	*	-	*	-
	PS-C1	*	8,06	*	30	*	5,38	24,2	24,0	*	-	*	-

\* Não foi obtida água intersticial suficiente para a leitura dos parâmetros físico-químicos, após a centrifugação do sedimento.

A Tabela 17.4.3-3 apresenta os resultados do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para a Campanha Prévia. Os valores obtidos até o momento estão dentro da faixa estabelecida para a aceitação dos resultados.

Paralelamente aos testes com as amostras coletadas foi realizado um controle laboratorial. Os resultados obtidos para esse controle também se encontram na tabela a seguir.

Tabela 17.4.3-3. Efeito tóxico observado nos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimento amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Média do nº de animais mortos	Desvio padrão	Mortalidade Total (%)	Resultado
			Mortos	Total				
Prévia	Controle	1	1	20	0,67	0,58	3	-
		2	0	20				
		3	1	20				
	PS-Q9	1	3	20	4,33	2,31	22	Não Tóxico
		2	3	20				
		3	7	20				
	PS-Q10	1	0	20	6,67	6,51	33	Não Tóxico
		2	13	20				
		3	7	20				
	PS-N1	1	12	20	8,33	3,21	42	Não Tóxico
		2	7	20				
		3	6	20				
	PS-C1	1	8	20	5,67	2,08	28	Não Tóxico
		2	5	20				
		3	4	20				

- Campanha Prévia

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para a Campanha Prévia não apresentaram toxicidade aguda para *Leptocheirus plumulosus*, em comparação com o controle, após 10 dias de exposição.

A sensibilidade dos indivíduos de *Leptocheirus plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 96h) obtido foi: 0,75 mg Zn/L (I.C.: 0,56 a 1,01 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade desse sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indica uma  $CL_{50}$ ; 96h média de 0,72 mg Zn/L, com limites de controle (média  $\pm$  2 desvio padrão) de 0,06 a 1,38 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

#### 17.4.4. Variação Espacial

Na Figura 17.4.4-1 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total encontradas nos pontos de coleta durante a Campanha Prévia. Nas figuras 17.4.4-2, 17.4.4-3, 17.4.4-4, 17.4.4-5 e 17.4.4-6 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato encontradas nos pontos de coleta durante as Campanhas I, II, III, IV e V, respectivamente. E na Figura 17.4.4-7 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio encontradas nos pontos de coleta durante a Campanha VI.

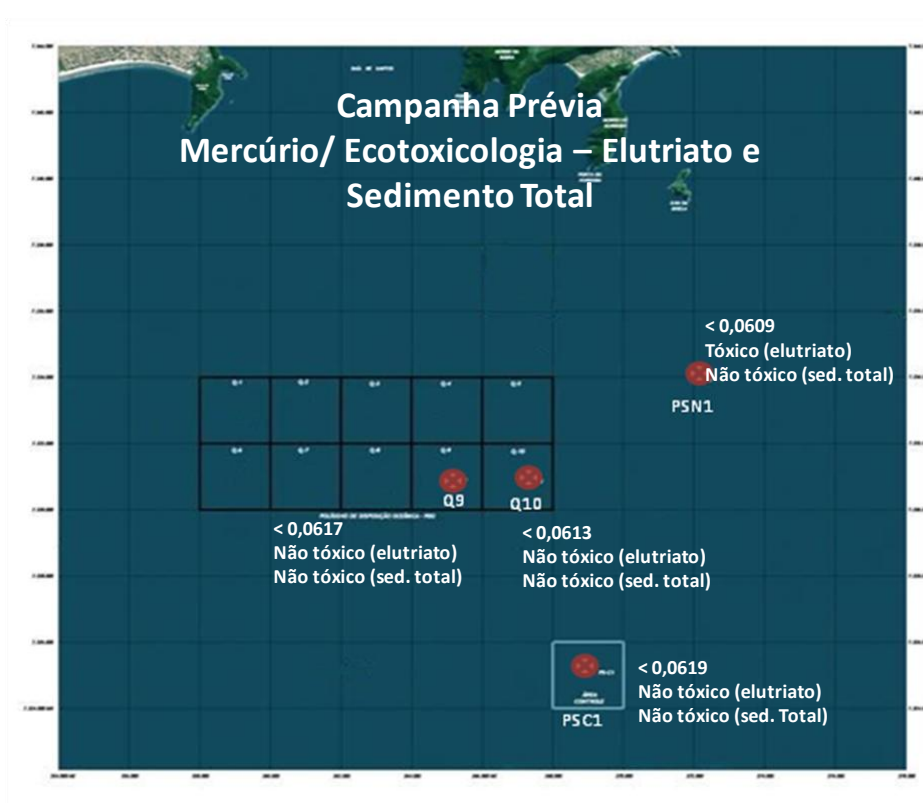


Figura 17.4.4-1. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha Prévia, realizada no dia 3 de fevereiro de 2011.

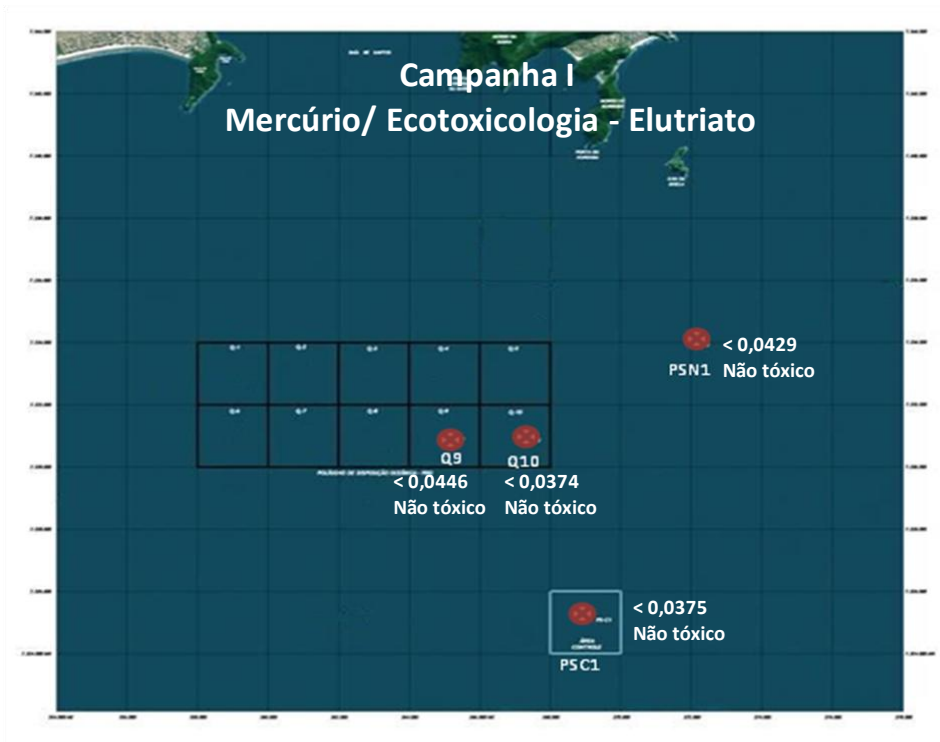


Figura 17.4.4-2. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha I, realizada no dia 24 de março de 2011.

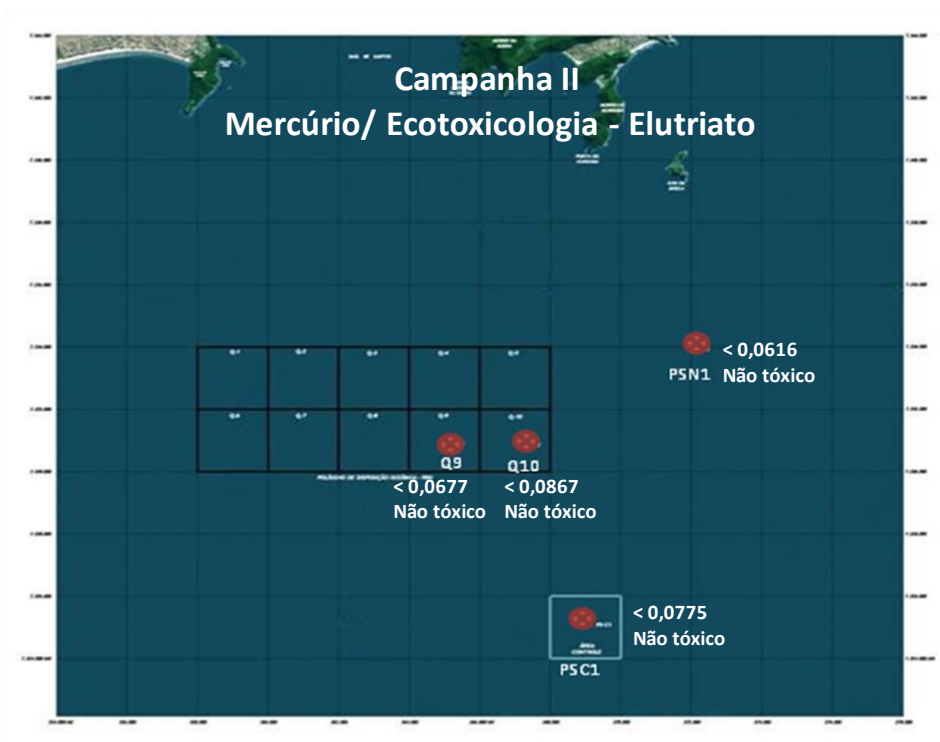


Figura 17.4.4-3. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha II, realizada no dia 1º de abril de 2011.

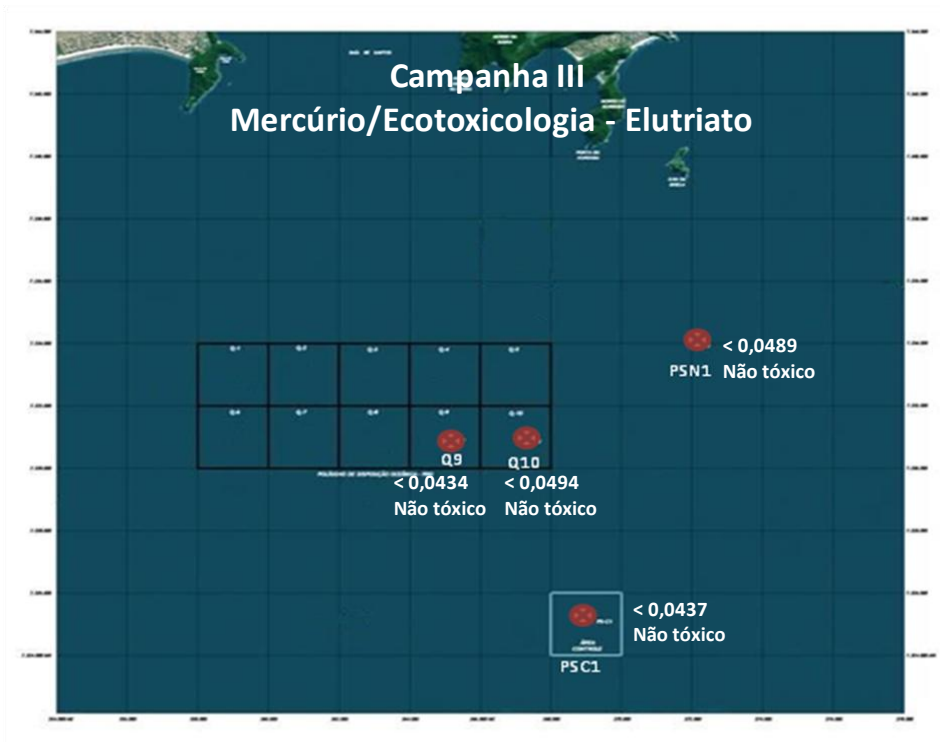


Figura 17.4.4-4. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha III, realizada no dia 7 de abril de 2011.

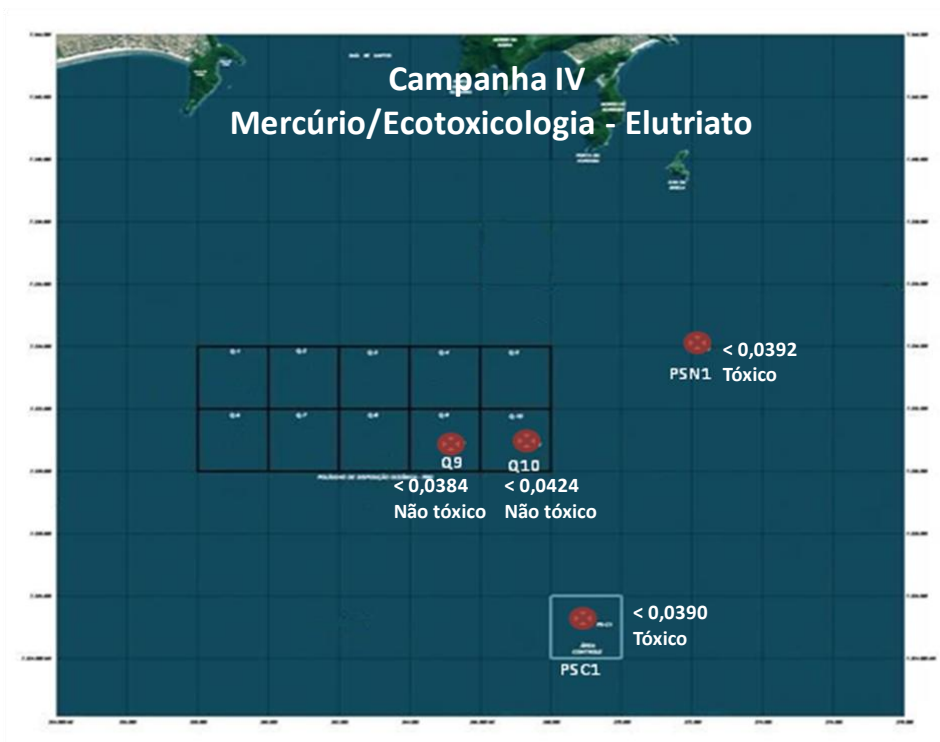


Figura 17.4.4-5. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha IV, realizada no dia 12 de abril de 2011.



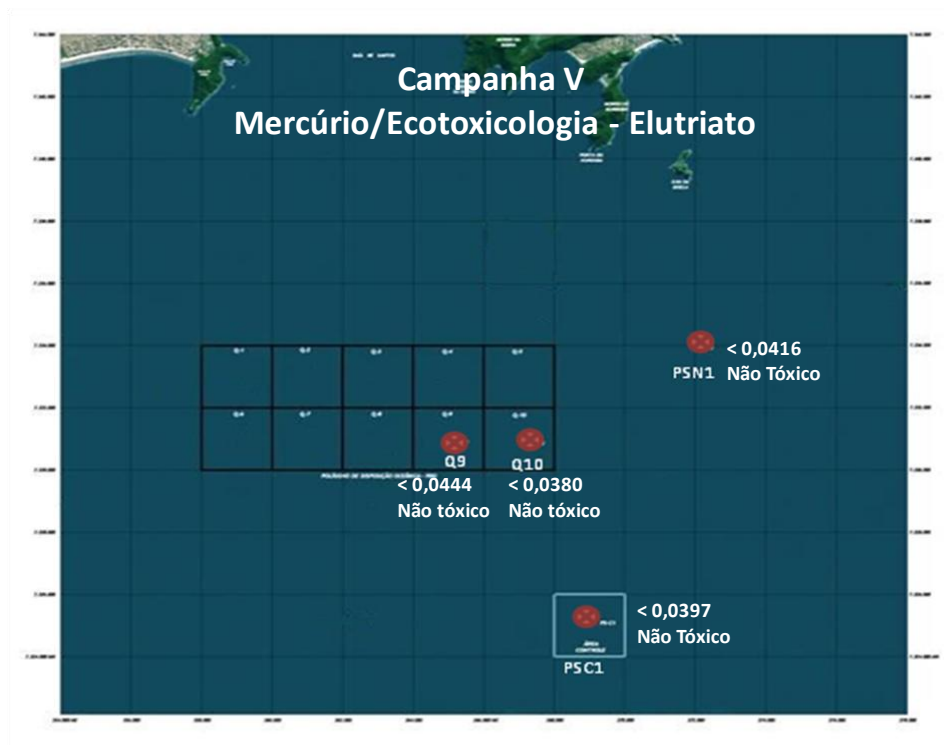


Figura 17.4.4-6. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha V, realizada no dia 18 de abril de 2011.

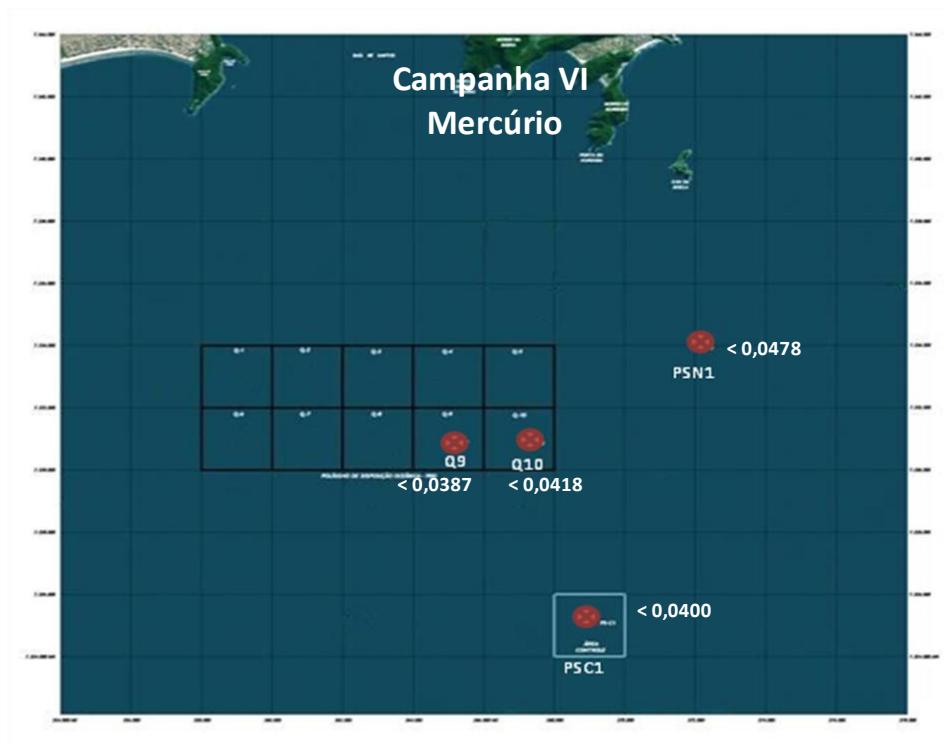


Figura 17.4.4-7. Variação espacial das concentrações de mercúrio, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha VI, realizada no dia 28 de abril de 2011.

### 17.5. Considerações Finais

As atividades realizadas neste período fazem parte das Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII para o monitoramento intensivo do setor de uso restrito (quadrículas Q-9 e Q-10) do PDO, além do ponto a nordeste da área do PDO (PS-N1) e da área a ser controlada (PS-C1).

Nas sete campanhas realizadas (Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V e VI) as concentrações de mercúrio apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método e, portanto abaixo do nível 1 da Resolução Conama 344/04.

É importante ressaltar que nenhuma amostra coletada nos pontos de lançamento dos sedimentos dragados da área AL 02 (subtrecho 4B), ou seja, as amostras coletadas nas quadrículas Q-9 e Q-10, apresentaram efeitos ecotoxicológicos até o presente momento.

Os resultados das análises ecotoxicológicas no elutriato apresentaram toxicidade para *Lytechinus variegatus* no ponto PS-N1 da Campanha Prévia e nos pontos PS-N1 e PS-C1 da Campanha IV, entretanto as considerações apresentadas no 4º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensivo para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos buscaram trazer entendimento aos fatos. As amostras de sedimento coletadas nas Campanhas VI, VII e VIII foram enviadas para os laboratórios responsáveis e os resultados serão apresentados em relatórios futuros.

Os resultados das análises ecotoxicológicas no sedimento total, para a Campanha Prévia, não apresentaram toxicidade crônica para *Leptocheirus plumulosus*. As amostras de sedimento coletadas nas Campanhas I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII foram enviadas para os laboratórios responsáveis e os resultados serão apresentados em relatórios futuros.

### 17.6. Cronograma

Em função do cronograma de dragagem para o Trecho 4, disponibilizado pela Codesp, o início da dragagem na área AL 02 (subtrecho 4B) ocorreu no dia

16 de março de 2011. A partir do início da dragagem da área AL 02 (subtrecho 4B) o monitoramento deste programa seguirá o cronograma apresentado na Tabela 17.6-1.

Tabela 17.6-1. Cronograma de atividades para o Programa de Monitoramento Ambiental Intensivo para a Dragagem do Trecho 4 do Porto de Santos.

ATIVIDADES	2011																									
	MÊS																									
	fev				mar				abr					mai				jun					jul			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
<b>Programa 17 Monitoramento Intensivo</b>	X																									
Coleta da Campanha Prévia	X																									
Coleta da Campanha I								X																		
Coleta da Campanha II									X																	
Coleta da Campanha III										X																
Coleta da Campanha IV											X															
Coleta da Campanha V												X														
Coleta da Campanha VI													X													
Coleta da Campanha VII														X												
Coleta da Campanha VIII															X											
Campanha IX																X										
Campanha X																	X									
Campanha XI																		X								
Campanha XII																			X							
Campanha XIII																				X						
Campanha XIV																					X					
Campanha XV																						X				
Campanha XVI																							X			
Campanha XVII																								X		
Campanha XVIII																									X	
Campanha XIX																										X
Relatório Semanal								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Atividades Realizadas								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

## 17.7. Referências Bibliográficas

- ABNT/NBR 15350 – Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio do ouriço-do-mar (Echinodermata: Echinoidea), Rio de Janeiro, 2006.
- ABNT/NBR 15638 – Qualidade da água – Determinação da toxicidade aguda de sedimentos marinhos ou estuarino com anfípodos. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT/NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2005.
- Bower, C.E. & Bidwell, J.P. 1978. Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature, pH and salinity. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 35: 1012-1016.
- Brasil, 2004. Resolução Conama nº 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama.
- Erickson, W.P. & McDonald, L.L. 1995. Tests for bioequivalence of control media and test media in studies of toxicity. Environ. Toxicol. Chem., v. 14, p. 1274-1256.
- Fundação Ricardo Franco. 2008. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): projeto de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, Santos, SP. São Paulo, 2008.
- Licença Prévia Nº 290/2008. Brasília, 03 de junho de 2008.
- Nota Técnica Nº 117/2010-COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA. Monitoramento intensivo da dragagem de trecho 4 do Porto de Santos. Brasília, 23 de setembro de 2010.
- Prósperi, V. A. 2002. Comparação de métodos ecotoxicológicos na avaliação de sedimentos marinhos e estuarinos. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos.

Prósperi, V. A.; Romanelli, M. F.; Buratini, S. V.; Cachattori, D. ; Sáfadi, R. S. ; Tiritan, A.R. 2008. Determinação da constante de proporcionalidade utilizada no Teste t por bioequivalência para o ensaio com o anfípoda estuarino *Leptocheirus plumulosus*. In: X Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia. Livro de Resumos. Bento Gonçalves, RS. p. 158.

Rachid, B.R.F. 2002. Avaliação Ecotoxicológica dos efluentes domésticos lançados pelos sistemas de disposição oceânica da Baixada Santista, SP. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da USP. 303p.

Retificação de Licença da Instalação Nº 666/2009. Brasília, 04 de outubro de 2010.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2001. Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites – Peer Review Draft. Washington DC.

Whitfield, M. 1974. The hydrolysis of ammonia ions in sea water - a theoretical study, Journal of Marine Biology. Ass. U.K., 54: 565-580.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. 4.ed. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice-Hall, Inc.

## **17.8. Anexos**

- 17.8-1. Laudo da análise química de mercúrio nas amostras de sedimento da Campanha VI.



ANEXO 17.8-1. LAUDO DA ANÁLISE QUÍMICA DE MERCÚRIO NAS  
AMOSTRAS DE SEDIMENTO DA CAMPANHA VI.