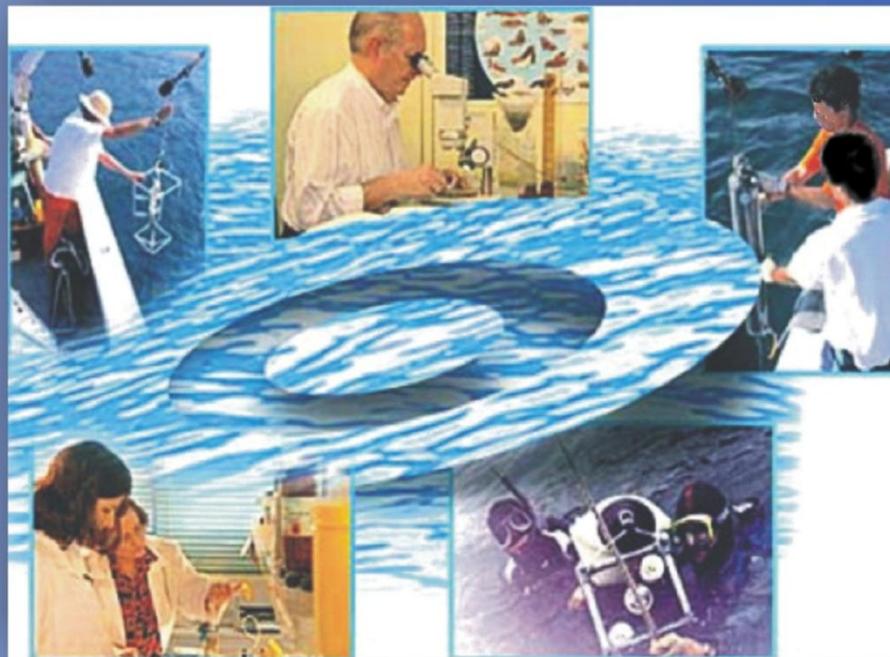


*PLANO BÁSICO AMBIENTAL DA  
DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO  
DO PORTO DE SANTOS*



 **FUNDESPA**  
Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas

*13º/14º Relatório do Monitoramento  
Ambiental Intensificado para a Dragagem do  
Trecho 4 do Canal do Porto de Santos*

## **IDENTIFICAÇÃO**

---

**PRODUTO:** RMI-070711 - 13º/14º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos.

**DATA:** 07 de Julho de 2011.

## **APRESENTAÇÃO**

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 13º/14º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos, consolidando os resultados obtidos até a décima quarta/ décima quinta semana de monitoramento, referente ao período das semanas de 15 a 21 (Campanha XIV) e 22 a 28 (Campanha XV) de junho 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, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII e XIII).

## 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 DESENVOLVIDAS NO MONITORAMENTO INTENSIVO DO PDO .....	9
17.3. ATIVIDADES REALIZADAS.....	17
17.4. RESULTADOS.....	20
17.5. BATIMETRIAS DO TRECHO 4 E VOLUMES DA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO .....	88
17.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	96
17.7. CRONOGRAMA .....	105
17.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	107
17.9. ANEXOS .....	112

## **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 de aprofundamento do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos é um sub-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. Por isso, sua itemização é numerada como 17 e subitens, visto que tal relatório faz parte do Programa 17 do relatório geral do Monitoramento implantado para a dragagem de aprofundamento do canal.

Em 4 de outubro de 2010 foi retificada a Licença de Instalação nº 666/2009 autorizando a dragagem de aprofundamento 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 da Nota Técnica nº 117/2010 COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA, solicitou a realização de monitoramentos adicionais durante a dragagem destas áreas, com 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.

O Trecho 4 foi subdividido em quatro subtrechos (A, B, C e D) (Figura 17.1-1), sendo os subtrechos 4B e 4D com porções de 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).

Após a comprovação da viabilidade da dragagem de aprofundamento e posterior descarte oceânico dos sedimentos de qualidade inferior identificados no Trecho 4, a Retificação da Licença de Instalação (LI) nº 666/2009, condicionou a dragagem de aprofundamento 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 determinou que a disposição de tais sedimentos na área de descarte marinho fosse condicionada à realização de monitoramento intensificado.

O Plano de Disposição Oceânica (aprovado pelo Ibama e condicionante da LI) estabelece que o material dragado, proveniente das duas áreas (AL 01 e AL 02) na região da Alemoa, será destinado ao setor de uso restrito (SUR), correspondendo às quadrículas Q9 e Q10.

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 à 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 intensificado, sendo a campanha I realizada em 24 de março, e a periodicidade do mesmo semanal. No dia 26 de abril de 2011 foi iniciada a dragagem no subtrecho 4D (na área de sedimento de melhor qualidade), sendo que na AL1 (porção oeste) a dragagem do sedimento de qualidade inferior iniciou no dia 28 de abril de 2011.

A segurança do processo de dragagem das áreas AL01 e AL02 pode ser alcançada através deste plano de monitoramento intensificado com respostas rápidas o suficiente, de modo a permitir eventuais interrupções no processo. Desde que detectados rapidamente, os impactos na área de disposição poderão apresentar certo grau de controle através do recobrimento dos sedimentos lançados com 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.

### 17.1.1. Histórico da presença de mercúrio no sedimento da região da Alemoa

- Caracterização da Dragagem de Manutenção

Nas etapas de Dragagem de Manutenção do Canal do Porto de Santos, de 2002 a 2008 na caracterização do sedimento foram verificadas concentrações de HPA, As, Hg, Cu, Pb, Ni entre os níveis 1 e 2 da Resolução Conama 344/04 e PCB totais, BHC e Pb acima de Nível 2 (FRF, 2009b).

Nota-se que estas concentrações são pontuais e que estas disposições foram autorizadas por meio das licenças emitidas em 2004, 2005 e 2008 pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (FRF, 2009b)

- Monitoramento do local de descarte da Dragagem de Manutenção do Canal do Porto de Santos

Para o monitoramento da Dragagem de Manutenção do Porto de Santos foram feitas 29 campanhas amostrais, entre abril de 2006 e outubro de 2008, em

9 pontos amostrais (Figura 17.1.1-1), segundo o relatório consultado. O relatório elaborado pela UNICAMP e que faz parte das complementações do EIA, visou integrar 2 anos de monitoramento da área de disposição da dragagem de manutenção. Na figura, o Ponto 3 é o local que recebe o descarte do material dragado. A sudeste do Ponto 3 localizam-se os Pontos 1 e 2 e os Pontos 5, 6, 7, 8 e 9 são a nordeste. O Ponto 4 está ao sul do local de descarte de material dragado (FRF, 2009a).

Devido à falta de critérios de qualidade de sedimento na legislação brasileira para a avaliação das áreas de disposição oceânica de materiais dragados, para o monitoramento da área em questão, foram utilizados os níveis de ação 1 estabelecidos pela resolução CONAMA 344/04. Para tanto, essa interpretação deve ser feita com cautela, pois os níveis de ação servem para auxiliar na decisão sobre a disposição adequada do material dragado e não devem ser entendidos como critérios de qualidade de sedimentos (FRF, 2009a).

Ao longo deste monitoramento, nos Pontos 1 e 2, apenas para o mercúrio, em três campanhas (22, 23 e 25) as concentrações foram acima do nível 1 da Resolução CONAMA nº 344 (0,15 mg/kg) (Anexo 17.9-1). Para o zinco, estes pontos de coleta apresentaram concentrações mais elevadas do que o valor do nível 1 (150 mg/kg), ambos apenas na Campanha 5. Ainda na mesma campanha, para o cádmio houve uma ultrapassagem do nível 1 (1,2 mg/Kg) da Resolução, no Ponto 2 (FRF, 2009a).

Já no Ponto 3, local de recebimento do material dragado, diversos compostos apresentaram concentrações acima dos níveis 1 da citada resolução. Para mercúrio, foi registrado valores acima de nível 2 (1,43 mg/Kg), na campanha 22. Para os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), observa-se que alguns deles apresentaram concentrações que ultrapassaram o nível 1 da Resolução CONAMA 344 e que essas ocorrências estão concentradas na Campanha 18 (Anexo 17.9-2). Para o cromo, houve apenas um valor acima do nível 1 somente na Campanha 20 (Anexo 17.9-2) (FRF, 2009a).

Nos pontos a nordeste, influenciados pela dispersão da pluma de sedimentos também foi observada a ocorrência de compostos orgânicos e metais acima do nível 1 da Resolução CONAMA 344. No Ponto 4 foi observada uma

concentração de Dibenzo (a,h) antraceno em torno de 2 vezes o valor de nível 1 em apenas 1 campanha, que não foi acompanhada pela presença de valores significativos de outros HPAs, constituindo provavelmente um fato sem importância. Já nos Pontos 7, 8 e 9, para o mercúrio, os três pontos de coleta apresentaram valores acima do nível 1. As concentrações mais elevadas foram observadas nas Campanhas 22, 23 e 25 (FRF, 2009a).

Os pontos de coleta que apresentaram maiores valores foram os 3, 5 e 6, coincidentes com a proximidade dos locais de disposição do material dragado e a pluma de dispersão. Os pontos 1 e 2, poderiam ser considerados como referência, porém apresentaram alguns metais com valores em algumas campanhas acima dos níveis 1 da Resolução CONAMA 344/04 (FRF, 2009a).

De todo modo, mesmo com o registro de concentrações de mercúrio acima de nível 1 e até mesmo nível 2 da Resolução, nos meses seguintes pode-se observar a redução das concentrações deste metal para valores abaixo do nível 1 da referida resolução, sem haver interrupção dos processos de dragagem e consequente descartes dos sedimentos.

Assim, fica claro que o impacto em questão é transitório, tendo o monitoramento a função de acompanhar sua recuperação e dar subsídios para a aceitação temporária.



LEGENDA:

- Área de Descarte
- Ponto de Coleta Realizado de Sedimento e Água de Fundo

CLIENTE

**CODESP - Companhia Docas do Estado de São Paulo**

ASSUNTO

**Monitoramento da Área de Descarte de Material Dragado e Adjacências**

TÍTULO

**Ponto de Coleta de Sedimentos e de Água de Fundo  
Relatório de Atividades de Campo - RC 028**

**DTA Engenharia**

Figura 17.1.1-1. Mapa da localização dos pontos de coleta para o Monitoramento da área de descarte da Dragagem de Manutenção do Porto de Santos. Fonte: (FRF, 2009a).

- Caracterização do Trecho 4 (Mercúrio) para o Licenciamento da Dragagem de Aprofundamento

As análises químicas apresentadas no EIA/RIMA (FRF, 2008) apontaram concentrações acima do valor de referência da Resolução 344, em especial mercúrio e arsênio, além de HPAs e pesticidas organoclorados. Nesta caracterização, constatou-se que o ponto PSS-42 apresentou resultados de mercúrio acima do nível 2 da Resolução CONAMA 344/04 e os outros resultados quantificados estiveram entre os níveis 1 e 2 da resolução (FRF, 2009b).

Em atendimento à Licença Prévia nº 290/2008, um documento intitulado “Relatório de atendimento às condicionantes e às complementações constantes da Licença Prévia nº 290/2008, emitida em 03 de outubro de 2008, pelo IBAMA, para a obtenção da Licença de Instalação para a Dragagem de Aprofundamento do canal de navegação e bacias de evolução do Porto de Santos” foi elaborado. Neste documento consta a recharacterização dos sedimentos, inclusive com amostragem em subsuperfície, e os resultados obtidos possibilitaram a delimitação de duas áreas de sedimento de pior qualidade (AL01 e AL02), sendo também registrados concentrações de metais no sedimento, em um total de 18 amostras, de arsênio e mercúrio. Os mesmos apresentaram resultados acima do nível 1, para 13 e 15 amostras, respectivamente e acima de nível 2 para mercúrio em 3 amostras (FRF, 2009a). Esses resultados (FRF, 2009a) são similares aos resultados da caracterização realizada no EIA-RIMA (FRF, 2008), no entanto, com um maior nível de detalhe permitindo observar que os compostos prioritários são mercúrio e arsênio, os HPAs e alguns pesticidas organoclorados.

Embora estes sedimentos apresentem contaminação potencial e probabilidade de causar efeitos adversos à biota aquática (inclusive devido à característica física, com predominância de material silto-argiloso), a disponibilidade destes contaminantes parece ser baixa, uma vez que os resultados de toxicidade não foram significativos (FRF, 2009a).

Ainda cabe ressaltar que para as complementações ao EIA/RIMA, uma modelagem matemática foi realizada para simular de forma contínua a operação de dragagem. Para o trecho 4, cujo período de operação previsto era de 160 dias, foi adotado um período representativo de 60 dias. Os resultados da simulação

registraram que os sedimentos mais finos, que permanecem mais tempo em suspensão, são descartados nas etapas dos Trechos 3 e Trecho 4, previstos para os meses de inverno, quando são mais frequentes períodos longos com passagem de sistemas frontais. Para as condições oceanográficas cobertas pelo período simulado este fator foi suficiente para reduzir o alcance e a área de abrangência dos descartes da Área 4 em relação às outras áreas. Estes resultados indicam que, durante as operações de descarte, a taxa de deposição é superior à taxa de remobilização de sedimento (FRF, 2009a). E, portanto, logo após a dragagem é de se esperar que o ambiente se recupere.

- Monitoramento Mensal da Dragagem de Aprofundamento do Canal do Porto de Santos

Para o Monitoramento da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos foram realizadas até o momento 17 campanhas mensais, sendo uma Campanha Prévia à dragagem e 16 campanhas nos meses seguintes. Até o momento, foram liberados pelo laboratório responsável os resultados de 15 campanhas (Campanha Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII e XIV).

Para as concentrações de mercúrio os resultados obtidos nas campanhas realizadas até o momento, com exceção, da Campanha XIII, estiveram abaixo do limite de quantificação do método, em todos os pontos de coletas amostrados. Para a Campanha XIII, realizada em 15 de abril de 2011, foram quantificadas concentrações de mercúrio nos pontos PS-Q3 e PS-Q5 (0,0644 e 0,115 mg/Kg, respectivamente). Cabe ressaltar que na campanha seguinte as concentrações de mercúrio registradas estiveram abaixo do limite de quantificação.

Ainda, em função do mesmo monitoramento, são feitas semestralmente amostragens em 6 arrastos para a realização de análises de bioacumulação em tecidos de organismos demersais bentônicos em duas espécies diferentes em cada arrasto.

Considerando todas as Campanhas realizadas até o momento (Campanha Prévia à Campanha IV) foram quantificadas concentrações de mercúrio em

tecidos de organismos, no entanto, todos os registros foram inferiores aos valores estabelecidos pela Legislação Brasileira vigente para o consumo humano.

De todo o modo, essas concentrações quantificadas nos tecidos dos organismos analisados devem ser avaliadas com precaução, considerando que não se tratam de organismos sésseis, mas que se distribuem ao longo da zona costeira e assim podem estar expostos a diversas fontes de contaminação, nas diversas fases do ciclo de vida.

## **17.2. Atividades desenvolvidas no Monitoramento Intensivo do PDO**

Serão realizados monitoramentos com respostas rápidas quanto à qualidade química e ecotoxicológica dos sedimentos da área de descarte para gerenciar a área de disposição oceânica atual, visando à mitigação de eventuais impactos à biota aquática e ao ambiente marinho, resultantes de efeitos dos contaminantes presentes nos sedimentos oriundos das áreas AL1 e AL2.

O presente monitoramento intensificado prevê a entrega semanal de laudos de análise química para mercúrio ao IBAMA. 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 concluídos em 45 dias.

Iniciado o monitoramento intensificado, 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, próximo à Laje de Santos - PS-C1

Estes 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 e padronizadas. Cadeias de custódia acompanham os processos de coleta e encaminhamento das amostras ao laboratório contratado.

O sedimento das áreas AL1 e AL2 com qualidade inferior 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 (PS-N1) 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 apresentada no EIA/RIMA (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.

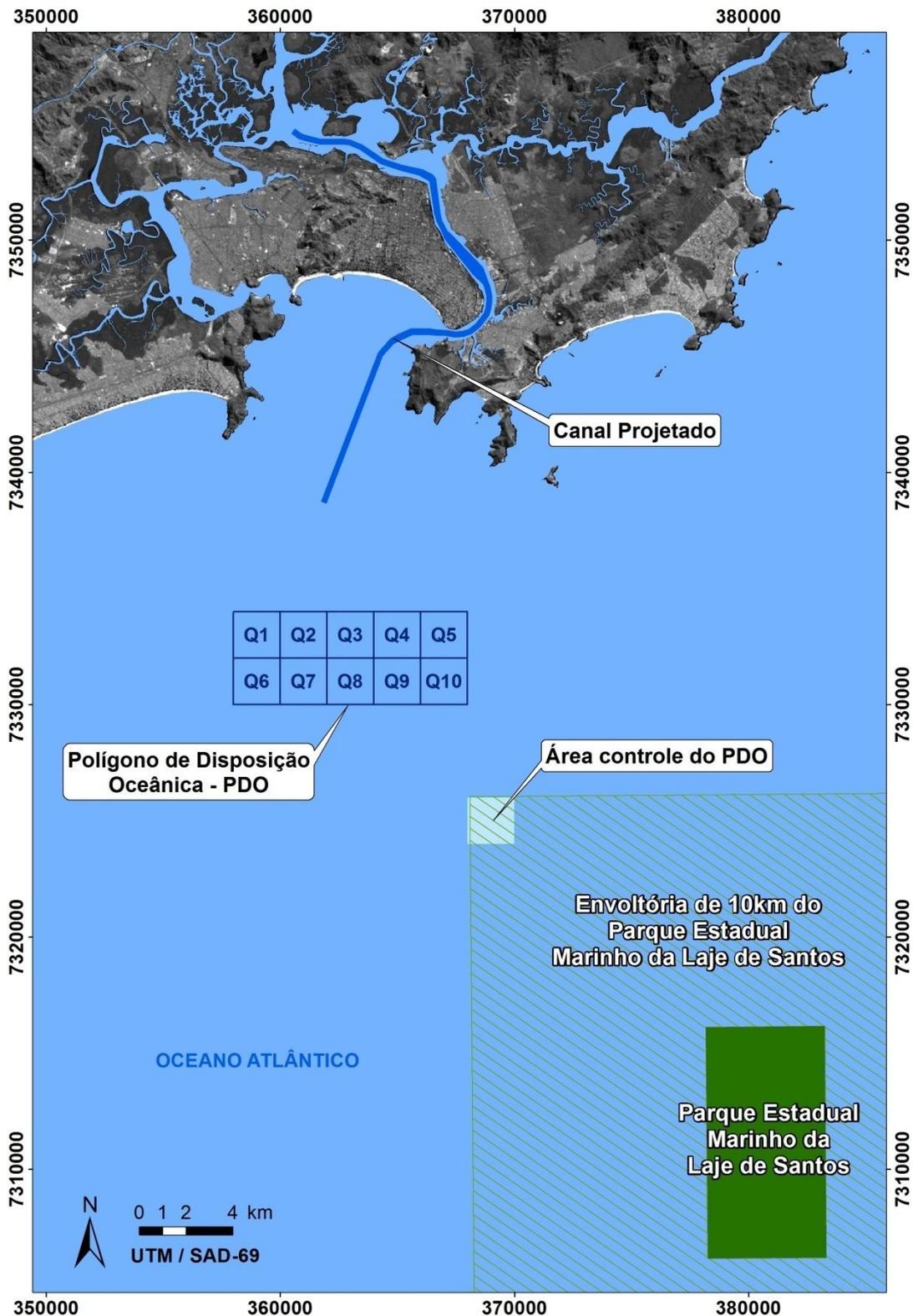


Figura 17.2.1-1. Mapa de localização do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos e do Polígono de Disposição Oceânica (PDO).

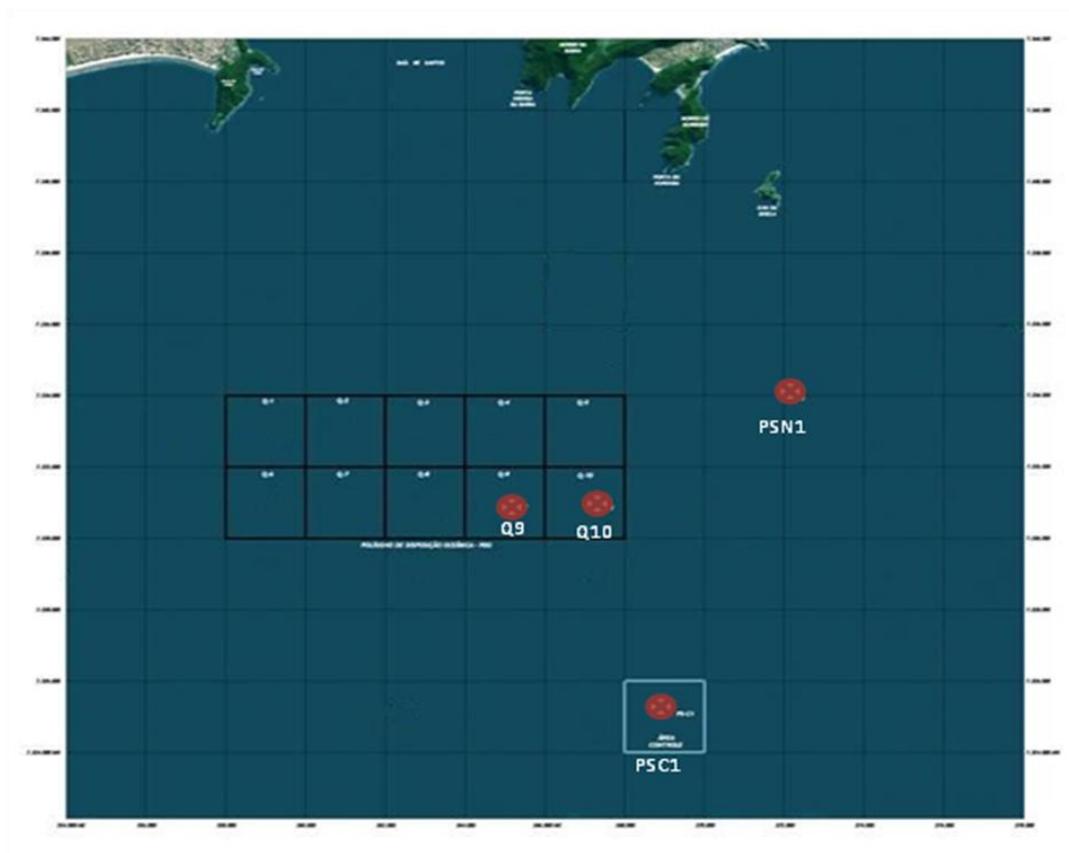


Figura 17.2.1-2. Imagem da região marinha da Baixada Santista, onde pode ser observado o polígono de disposição dos sedimentos dragados, com indicação das áreas monitoradas.

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, tendo sido iniciadas em cerca de 7 dias após início da dragagem na área AL 2, do Trecho 4.

Os dois ensaios ecotoxicológicos apresentam periodicidade semanal. A frequência amostral para estes ensaios pode ser reavaliada a partir dos resultados obtidos ao longo do monitoramento intensificado.

## 17.2.2. Análises

### Mercúrio

A concentração de mercúrio total é analisada 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 a incerteza de medição associada ao terceiro algarismo significativo. No entanto, para facilitar ao usuário a comparação do resultado obtido com a Resolução 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 3.500 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 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. Este 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 esta 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 realizadas**

Até o presente momento foram realizadas 16 campanhas, sendo uma prévia ao início da dragagem nas áreas AL1 (subtrecho 4D) e AL2 (subtrecho 4B) e outras 15 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;
- 10) Campanha IX – 19 de maio de 2011;
- 11) Campanha X – 24 de maio de 2011;
- 12) Campanha XI – 03 de junho de 2011;
- 13) Campanha XII – 10 de junho de 2011;
- 14) Campanha XIII – 17 de junho de 2011;

15) Campanha XIV – 24 de junho de 2011;

16) Campanha XV – 30 de junho 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 16 primeiras campanhas (Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV e XV);
- Ensaio ecotoxicológico no elutriado das 14 primeiras campanhas (Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII e XIII) e;
- Ensaio ecotoxicológico no sedimento total das 11 primeiras campanhas (Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX e X).

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	entregue	1º
					Ecotox. Elutriato	entregue	1º
					Ecotox. Sedimento	entregue	Consolidado
II	23 a 29/03/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5, Q9 e Q10	01/04/11	Mercúrio	entregue	2º
					Ecotox. Elutriato	entregue	2º
					Ecotox. Sedimento	entregue	Consolidado
III	30 a 05/04/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5 e Q10	07/04/11	Mercúrio	entregue	3º
					Ecotox. Elutriato	entregue	4º
					Ecotox. Sedimento	entregue	Consolidado
IV	06 a 12/04/11	4A e 4C	Q3 e Q5	12/04/11	Mercúrio	entregue	4º
					Ecotox. Elutriato	entregue	4º
					Ecotox. Sedimento	entregue	Consolidado
V	13 a 19/04/11	4B e 4C	Q3, Q5 e Q10	18/04/11	Mercúrio	entregue	5º
					Ecotox. Elutriato	entregue	5º
					Ecotox. Sedimento	entregue	11º
VI	20 a 26/04/11	4B e 4C	Q5, Q9 e Q10	28/04/11	Mercúrio	entregue	6º
					Ecotox. Elutriato	entregue	7º
					Ecotox. Sedimento	entregue	12º
VII	27/04 a 03/05/11	4B, 4C e 4D	Q3 e Q9	05/05/11	Mercúrio	entregue	7º
					Ecotox. Elutriato	entregue	7º
					Ecotox. Sedimento	entregue	12º
VIII	04 a 10/05/11	4B, 4C e 4D	Q3 e Q9	09/05/11	Mercúrio	entregue	7º
					Ecotox. Elutriato	entregue	10º
					Ecotox. Sedimento	entregue	13º
IX	11 a 17/05/11	4B	Q9	19/05/11	Mercúrio	entregue	9º
					Ecotox. Elutriato	entregue	10º
					Ecotox. Sedimento	entregue	13º
X	18 a 24/05/11	4D	Q9 e Q10	24/05/11	Mercúrio	entregue	9º
					Ecotox. Elutriato	entregue	10º
					Ecotox. Sedimento	entregue	13º
XI	25 a 31/05/11	4D	Q3 e Q9	03/06/11	Mercúrio	entregue	11º
					Ecotox. Elutriato	entregue	12º
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
XII	01 a 07/06/11	4D	Q10	10/06/11	Mercúrio	entregue	12º
					Ecotox. Elutriato	entregue	13º
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
XIII	08 a 14/06/11	4C e 4D	Q9 e Q10	17/06/11	Mercúrio	entregue	13º
					Ecotox. Elutriato	entregue	13º
					Ecotox. Sedimento	em análise	-
XIV	15 a 21/06/11	4C e 4D	Q9 e Q10	24/06/11	Mercúrio (Lab1)***	entregue	13º
					Mercúrio (Lab2)***	entregue	13º
					Ecotox. Elutriato	em análise	-
XV	22 a 28/06/11	4C e 4D	Q9 e Q10	30/06/11	Mercúrio (Lab1)***	entregue	13º
					Mercúrio (Lab2)***	entregue	13º
					Mercúrio (Lab3)***	entregue	13º
					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 para Draga Xin Hai Hu

\*\*\* Lab 1: Analytical Technology; Lab 2: Ecolabor e Lab 3: CEIMIC

#### 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. Todos os demais laudos ainda não foram liberados pelos laboratórios.

Para as **Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX e X** são apresentados os resultados das análises químicas de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos, tanto no elutriato como no sedimento total.

Para as **Campanhas XI, XII e XIII** são apresentados os resultados das análises químicas de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato.

Para as **Campanhas XIV e XV** são apresentados os resultados das análises químicas de mercúrio.

No 1º 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 e ensaios ecotoxicológicos em elutriato da Campanha Prévia e da Campanha I. No 2º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos das análises de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos em elutriato da Campanha II. No 3º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos das análises de mercúrio da Campanha III e ensaios ecotoxicológicos em sedimento total da Campanha Prévia. No 4º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos das análises de mercúrio da Campanha IV e ensaios ecotoxicológicos em elutriato das Campanhas III e IV. No 5º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos das análises de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos em elutriato da Campanha V. No 6º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foi apresentado o laudo da análise de mercúrio da Campanha VI. No 7º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos das análises de mercúrio das Campanhas VII e VIII e dos ensaios ecotoxicológicos em elutriato das Campanhas VI e VII. No 8º Relatório, Relatório Consolidado do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos dos ensaios

ecotoxicológicos em sedimento total das Campanhas I, II, III e IV. No 9º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos das análises de mercúrio das Campanhas IX e X. No 10º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos das análises dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das Campanhas VIII, IX e X. No 11º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos das análises de mercúrio da Campanha XI e dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total da Campanha V. No 12º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado foram apresentados os laudos das análises de mercúrio da Campanha XII, dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato da Campanha XI e dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total das Campanhas VI e VII.

Os laudos das análises de mercúrio encontram-se nos anexos listados abaixo:

- 17.9-3: Campanha XIII (Analytical Technology);
- 17.9-4: Campanha XIV (Analytical Technology);
- 17.9-5: Campanha XIV (Ecolabor);
- 17.9-6: Campanha XV (Analytical Technology);
- 17.9-7: Campanha XV (Ecolabor);
- 17.9-8: Campanha XV (CEIMIC).

Os laudos dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato, das Campanhas XII e XIII, e dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total, das Campanhas VIII, IX e X, encontram-se, respectivamente, nos Anexos 17.9-9, 17.9-10, 17.9-11, 17.9-12 e 17.9-13.

No Anexo 17.9-14 é apresentado um dossiê fotográfico com imagens da coleta de campo do monitoramento intensificado e nos anexos 17.9-15, 17.9-16 e 17.9-17 são apresentados, respectivamente, as amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 das Campanhas XII, XIII e XV.

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, cujo 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, foram detalhados os níveis 1 e 2 de classificação daquela Resolução. Analisando os laudos referentes às análises químicas de mercúrio e aos ensaios ecotoxicológicos constatou-se que todos os limites de quantificação do método foram inferiores aos padrões de classificação da Resolução Conama nº 344/04.

#### **17.4.1 Análise Química – Mercúrio 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, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV e XV.

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pela análise (Analytical Technology). Além disso, as amostras foram enviadas para os laboratórios Ecolabor (Campanhas XIV e XV) e CEIMIC (Campanha XV) para a comparação dos resultados de mercúrio.

Para a Campanha XV, além das amostras compostas coletadas em cada ponto de coleta, também foram coletadas amostras em cada um dos 4 quadrantes das quadrículas Q9 e Q10.

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, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV e XV são apresentados na Tabela 17.4.1-1 e nas Figuras 17.4.1-1, 17.4.1-2, 17.4.1-3 e 17.4.1-4.

A amostra PS-Q9 apresentou concentração de mercúrio abaixo do limite de quantificação do método em 9 campanhas (Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI,

IX e X). Nas Campanhas VII, VIII, XI e XII o mercúrio foi quantificado, porém apresentou concentração abaixo do nível 1, estabelecido pela resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004). E nas Campanhas XIII, XIV e XV os valores registrados (0,367, 0,302 e 0,186 mg/kg, respectivamente) estiveram acima do nível 1 (0,150 mg/kg) da referida resolução.

A amostra PS-Q10 apresentou concentração de mercúrio abaixo do limite de quantificação do método em 8 campanhas (Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI e X). Nas Campanhas VII, VIII, IX, XI, XII, XIII e XV o mercúrio foi quantificado, porém apresentou concentração abaixo do nível 1, estabelecido pela resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004). Somente na Campanha XIV o valor registrado (0,165 mg/kg) ficou acima do nível 1 (0,150 mg/kg) da referida resolução.

As amostras PS-N1 e PS-C1 apresentaram valores de mercúrio abaixo do limite de quantificação do método em todas as campanhas realizadas até o momento (Campanha XV).

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
I	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0446	< 0,0374	< 0,0429	< 0,0375
II	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0677	< 0,0867	< 0,0616	< 0,0775
III	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0434	< 0,0494	< 0,0489	< 0,0437
IV	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0384	< 0,0424	< 0,0392	< 0,0390
V	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0444	< 0,0380	< 0,0416	< 0,0397
VI	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0387	< 0,0418	< 0,0478	< 0,0400
VII	mg/Kg	0,15	0,71	0,116	0,146	< 0,0478	< 0,0455
VIII	mg/Kg	0,15	0,71	0,0992	0,104	< 0,0441	< 0,0405
IX	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0416	0,124	< 0,0471	< 0,0399
X	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0554	< 0,0524	< 0,0462	< 0,0397
XI	mg/Kg	0,15	0,71	0,0572	0,0643	< 0,0512	< 0,0404
XII	mg/Kg	0,15	0,71	0,108	0,0775	< 0,0508	< 0,0385
XIII	mg/Kg	0,15	0,71	<b>0,367</b>	0,0841	< 0,0417	< 0,0390
XIV	mg/Kg	0,15	0,71	<b>0,302</b>	<b>0,165</b>	< 0,0474	< 0,0364
XV	mg/Kg	0,15	0,71	<b>0,186</b>	0,140	< 0,0434	< 0,0363

**Legenda:** Valor Entre Nível 1 e Nível 2.  
Valor Acima do Nível 2.

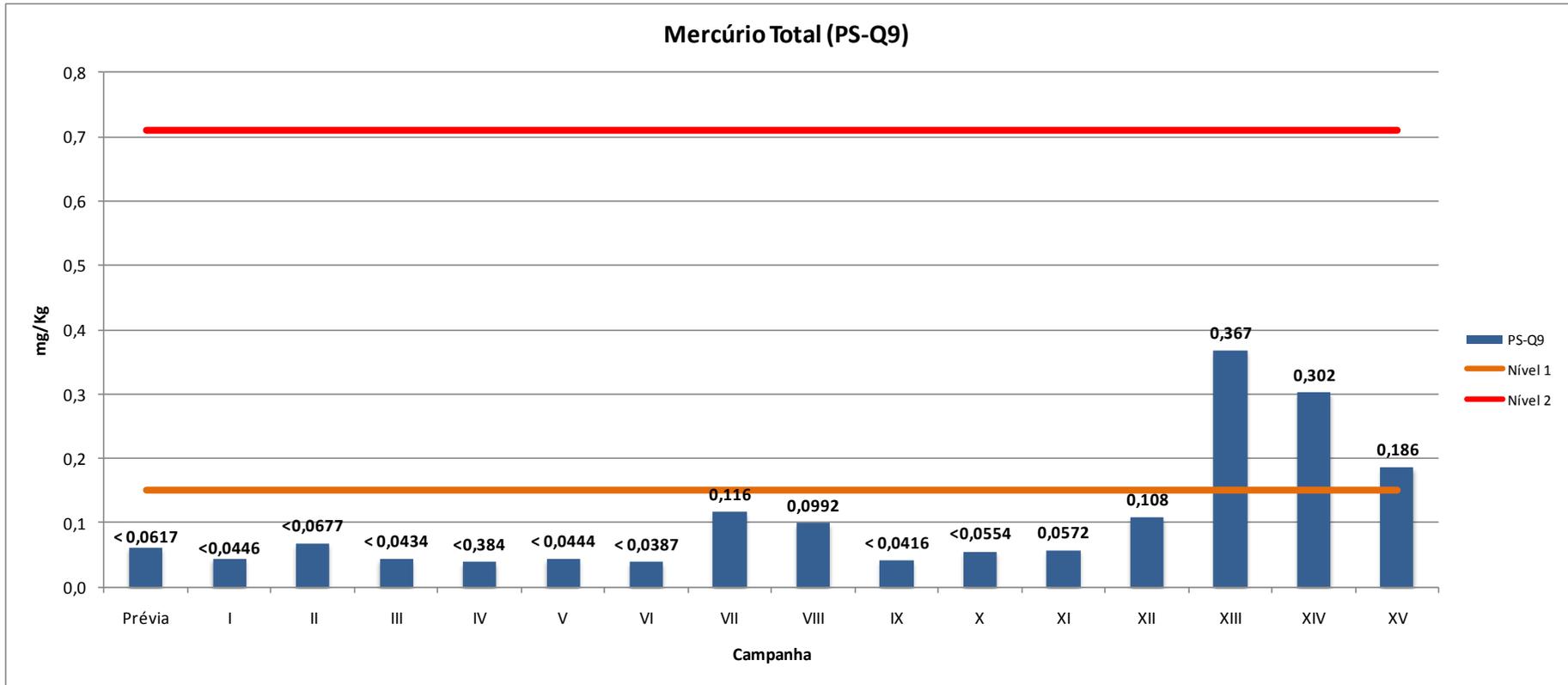


Figura 17.4.1-1. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimento coletadas na quadrícula Q-9 (PS-Q9), referente às campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

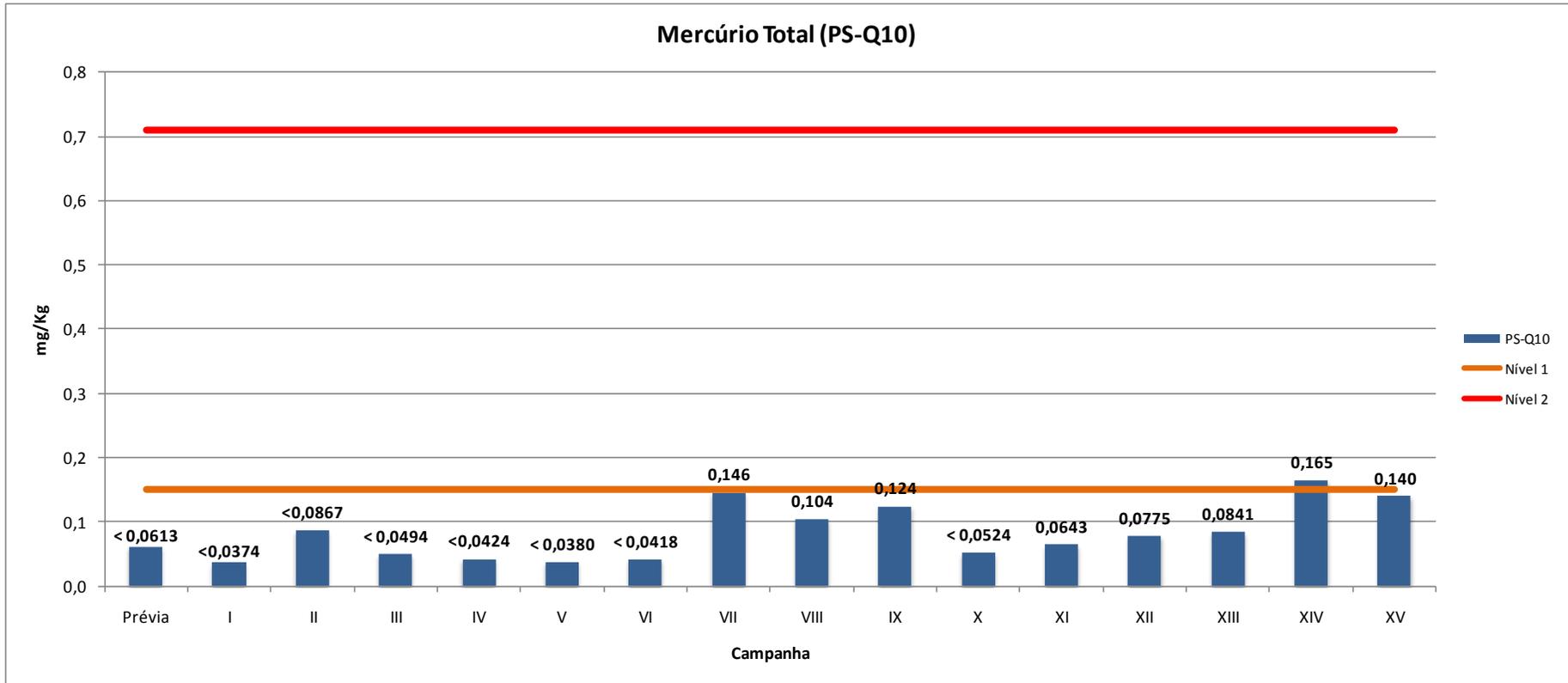


Figura 17.4.1-2. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimento coletadas na quadrícula Q-10 (PS-Q10), referente às campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

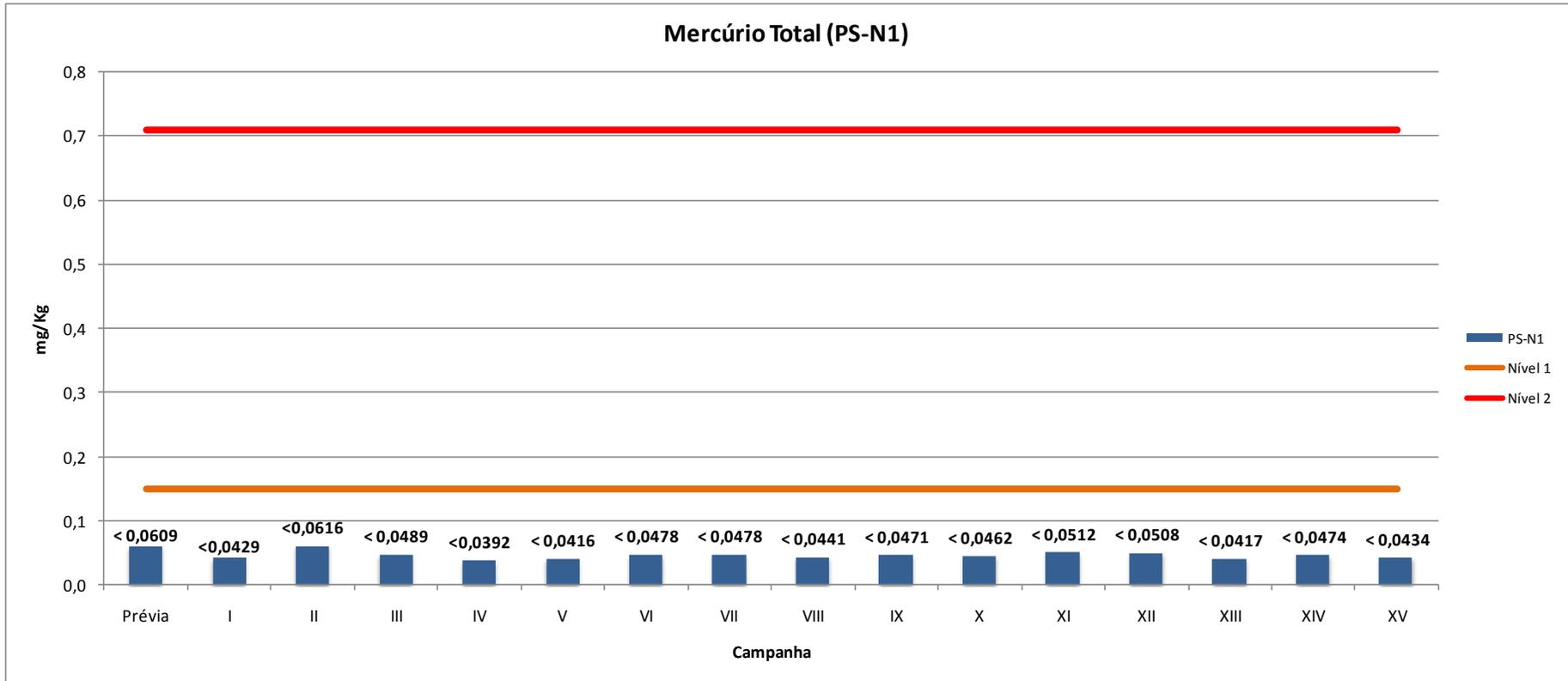


Figura 17.4.1-3. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimento coletadas no ponto a nordeste do PDO (PS-N1), referente às campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

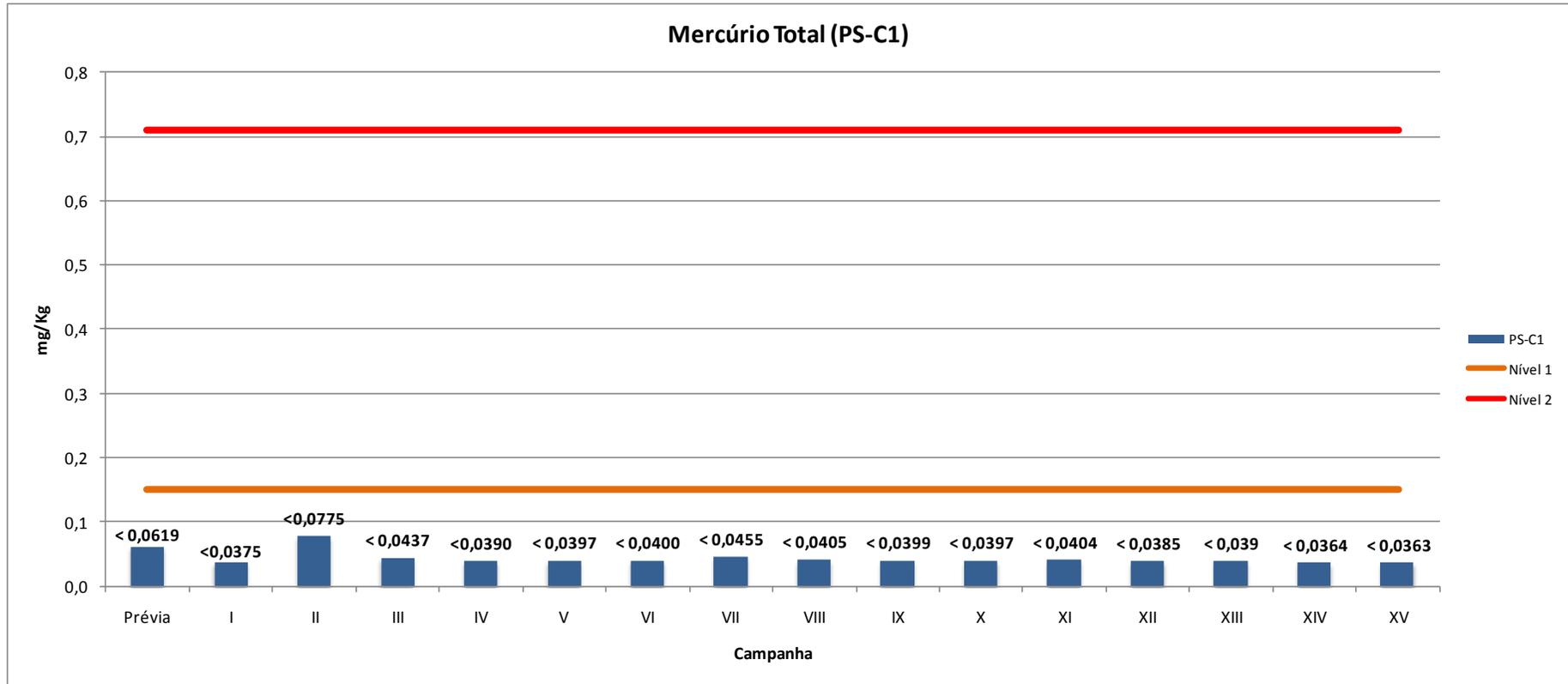


Figura 17.4.1-4. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimento coletadas na área a ser controlada (PS-C1), referente às campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

#### **17.4.1.1 Resultados para Mercúrio Total da Campanhas XIV e XV**

Na Campanha XIII, realizada em 17 de julho de 2011 na amostra PS-Q9 apresentou concentração de mercúrio acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004). Por esse motivo a dragagem de aprofundamento da área AL1 do Trecho 4, foi paralisada pelo IBAMA. Após essa paralisação foram realizadas as Campanhas XIV e XV.

Para a Campanha XIV foram coletadas amostras com réplica e encaminhadas para os laboratórios Analytical Technology e Ecolabor e para a Campanha XV foram coletadas amostras com trélicas e encaminhadas para os laboratórios Analytical Technology, Ecolabor e CEIMIC. Ainda na Campanha XV foi feita amostragem com réplica de cada um dos quadrantes das quadrículas Q9 e Q10 que foram encaminhadas para os laboratórios Analytical Technology e Ecolabor.

- **Campanha XIV**

Segundo o laboratório Analytical Technology (Anatech), as amostras PS-Q9 e PS-Q10 apresentaram concentrações de mercúrio (0,302 e 0,165 mg/kg) acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04 (Brasil,2004), enquanto as amostras coletadas em PS-N1 e PS-C1 apresentaram valores inferiores ao limite de quantificação do método (Tabela 17.4.1.1-1 e Figura 17.4.1.1-1).

Entretanto, segundo as análises realizadas pelo laboratório Ecolabor o mercúrio não foi detectado nas 4 amostras. Os limites de quantificação e de detecção do método obtidos foram, respectivamente, 0,038 e 0,012 mg/kg. Assim, os valores encontrados para o mercúrio, em todas as amostras, ficaram abaixo de 0,038 mg/kg (Tabela 17.4.1.1-1 e Figura 17.4.1.1-1)

As concentrações de mercúrio quantificadas para essa campanha são baixas, ou seja, próximas ao limite de quantificação do método, assim os valores muito diferentes podem ser explicados pela análise ter sido realizada em diferentes laboratórios. Além disso, a heterogeneidade da amostra é um fator que também pode explicar as diferenças nas concentrações de mercúrio, encontradas

em ambos os laboratórios, pois por melhor que tenha ocorrido o processo de homogeneização, as réplicas podem não ser idênticas.

Nessa campanha foi realizada ainda análise granulométrica e os resultados são apresentados na Tabela 17.4.1.1-2 e Figura 17.4.1.1-2. Nas amostras PS-Q9 e PS-Q10 houve predominância das frações areia muito fina (44,5 e 35,4%) e silte (27,3 e 36,8%), e em menores porcentagens foram encontradas areia fina (18,8 e 16%) e argila (8,16 e 10%). As frações areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 1%, em ambas as amostras. No Anexo 17.9-18 pode ser observado o laudo da análise granulométrica da Campanha XIV.

Os resultados granulométricos das amostras PS-N1 e PS-C1 mostraram predominância das frações areia fina (48,9 e 73,3%) e areia muito fina (37,3 e 22,8%). A fração silte contribuiu, respectivamente, com 9,27 e 1,7%, enquanto as frações argila, areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentaram valores menores que 4%, em ambas as amostras.

Tabela 17.4.1.1-1. 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) da Campanha XIV, obtidas pelos laboratórios Anatech (Analytical Technology) e Ecolabor.

Mercúrio Total								
Campanha	Laboratório	Unidade	Resolução		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
			CONAMA 344/04					
			Nível 1	Nível 2				
XIV	Anatech	mg/Kg	0,15	0,71	<b>0,302</b>	<b>0,165</b>	< 0,0474	< 0,0364
	Ecolabor	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,038	< 0,038	< 0,038	< 0,038

**Legenda:** Valor Entre Nível 1 e Nível 2.

Valor Acima do Nível 2.

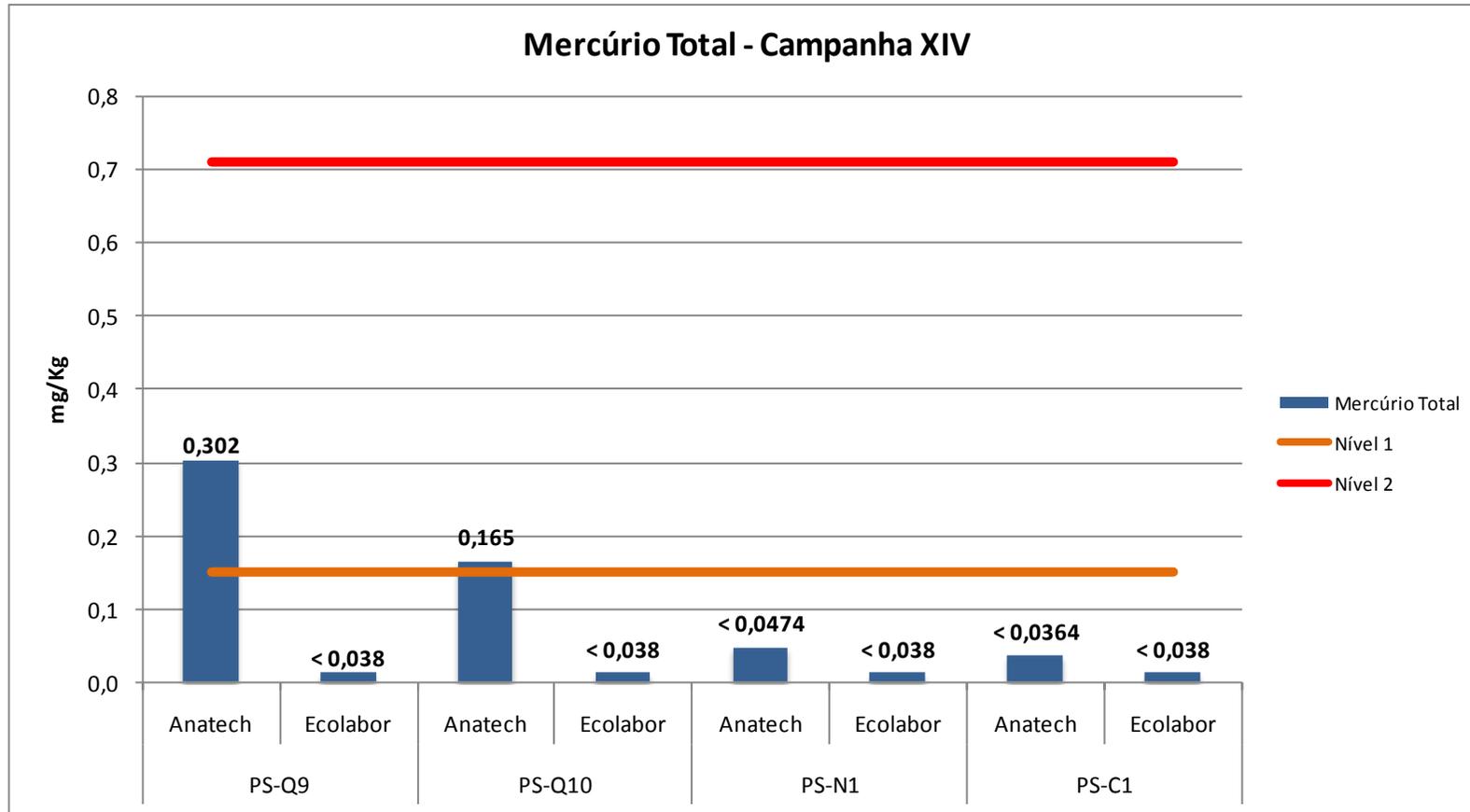


Figura 17.4.1.1-1. Concentração de mercúrio, nas amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha XIV, obtidas pelos laboratórios Anatech (Analytical Technology) e Ecolabor.

Tabela 17.4.1.1-2. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha XIV.

Granulometria					
Fração	Unidade	Campanha XIV			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	8,16	10	3,6	< 0,100
Silte	%	27,3	36,8	9,27	1,7
Areia muito fina	%	44,5	35,4	37,3	22,8
Areia fina	%	18,8	16	48,9	73,3
Areia média	%	0,788	0,925	0,827	2,13
Areia grossa	%	0,324	0,523	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,100	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	64,5	52,9	87	98,2

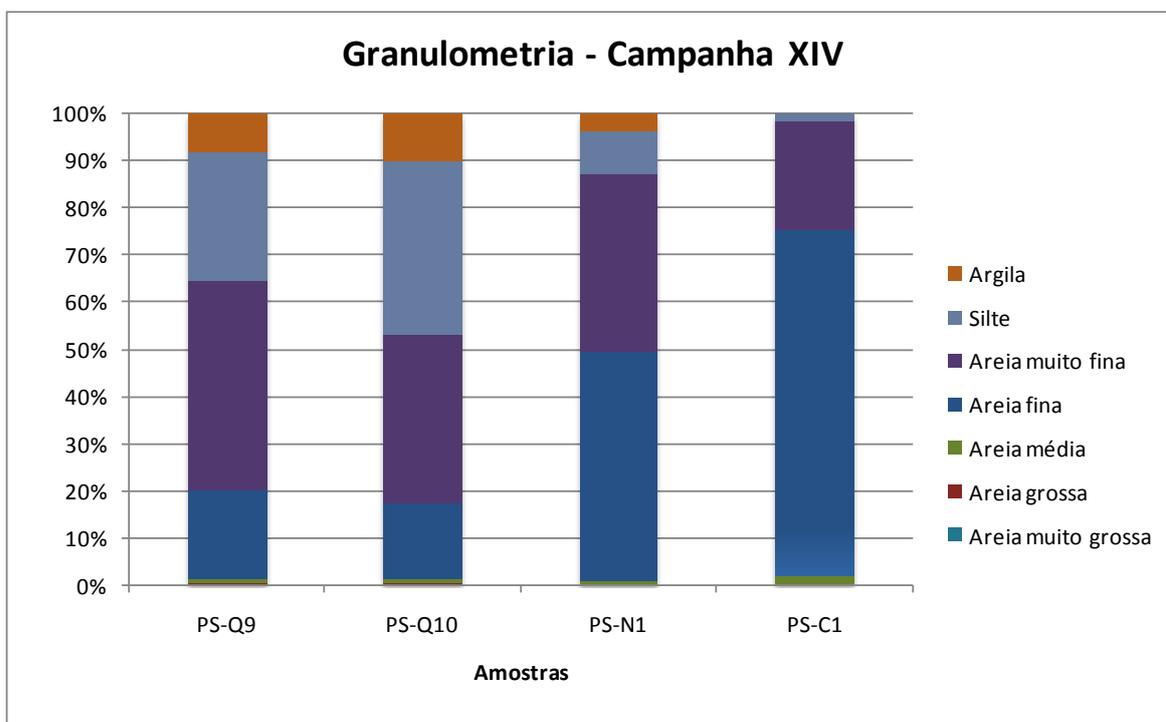


Figura 17.4.1.1-2. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha XIV.

- **Campanha XV**

Para a análise de mercúrio total, desta campanha, as 4 amostras do monitoramento intensivo foram enviadas para três laboratórios: Analytical Technology, Ecolabor e CEIMIC.

Segundo o laboratório Analytical Technology (Anatech), apenas a amostra PS-Q9 apresentou concentração de mercúrio (0,186 mg/kg) acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04 (Brasil,2004). A amostra PS-Q10 foi quantificada (0,140 mg/kg), porém com valor abaixo do nível 1, enquanto as amostras PS-N1 e PS-C1 apresentaram valores inferiores ao limite de quantificação do método (Tabela 17.4.1.1-3 e Figura 17.4.1.1-3).

Segundo as análises realizadas pelo laboratório Ecolabor o mercúrio não foi detectado nas 4 amostras. O limite de quantificação e detecção do método obtido foram, respectivamente, 0,038 e 0,012 mg/kg. Assim, os valores encontrados para o mercúrio, em todas as amostras, ficam abaixo de 0,038 mg/kg (Tabela 17.4.1.1-3 e Figura 17.4.1.1-3).

Por fim, segundo o laboratório CEIMIC o mercúrio foi quantificado acima do nível 1 nas amostras PS-Q9 e PS-Q10 e os valores encontrados foram, respectivamente, 0,260 e 0,200 mg/kg. As amostras PS-N1 e PS-C1 apresentaram valores inferiores ao limite de quantificação do método (Tabela 17.4.1.1-3 e Figura 17.4.1.1-3).

Tabela 17.4.1.1-3. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nas quadriculas 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) da Campanha XV, obtidas pelos laboratórios Anatech (Analytical Technology), Ecolabor e CEIMIC.

Mercúrio Total								
Campanha	Laboratório	Unidade	Resolução CONAMA 344/04		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
			Nível 1	Nível 2				
XV	Anatech	mg/Kg	0,15	0,71	<b>0,186</b>	0,140	< 0,0434	< 0,0363
	Ecolabor	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,038	< 0,038	< 0,038	< 0,038
	CEIMIC	mg/Kg	0,15	0,71	<b>0,260</b>	<b>0,200</b>	< 0,120	< 0,110

**Legenda:** Valor Entre Nível 1 e Nível 2.

Valor Acima do Nível 2.

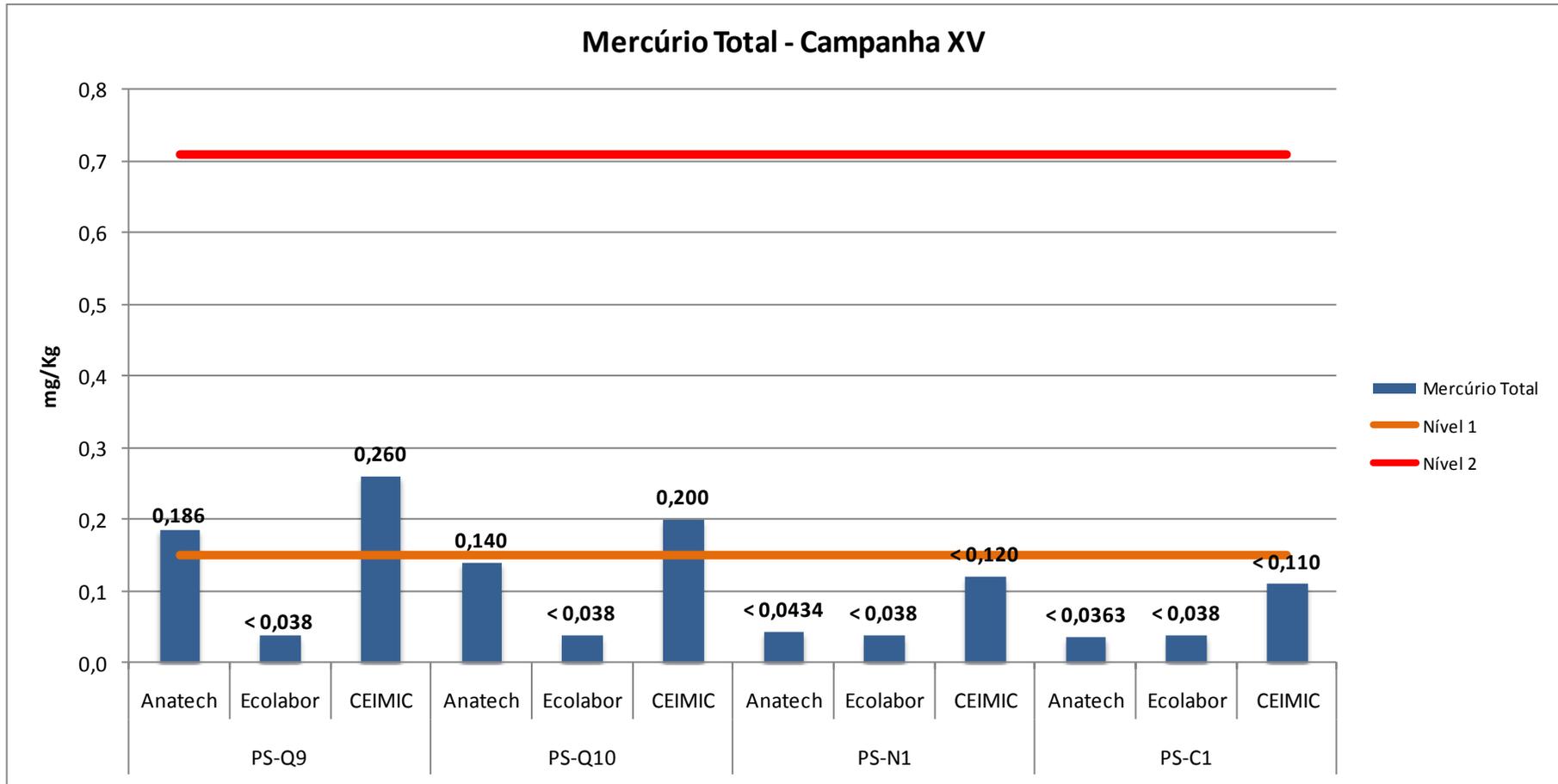


Figura 17.4.1.1-3. Concentração de mercúrio, das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha XV, obtidas pelos laboratórios Analytical Technology, Ecolabor e CEIMIC.

Ainda na Campanha XV, foram realizadas análises de mercúrio para cada quadrante (A, B, C e D) das quadrículas Q9 e Q10 em dois laboratórios (Analytical Technology e Ecolabor).

Segundo o laboratório Analytical Technology, os quadrantes B e C, da quadrícula Q-9, apresentaram concentrações de mercúrio (0,238 e 0,217 mg/kg) acima do nível 1, estabelecido pela Resolução 344/04 (Brasil, 2004), enquanto os quadrantes A e D foram quantificados (0,107 e 0,109 mg/kg), porém abaixo do nível 1. Entretanto, segundo o laboratório Ecolabor apenas o quadrante C apresentou concentração de mercúrio (0,310 mg/kg) acima do nível 1, os demais quadrantes apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método (Tabela 17.4.1.1-4 e Figura 17.4.1.1-4).

A média da concentração de mercúrio, encontrada para as 4 amostras (PS-Q9 A, PS-Q9 B, PS-Q9 C e PS-Q9 D) da quadrícula Q-9, segundo a Analytical Technology foi 0,168 mg/kg, entretanto o valor da amostra composta (PS-Q9), para a mesma campanha, foi 0,186 mg/kg. Os resultados das mesmas amostras, segundo o laboratório Ecolabor, foi 0,106 mg/kg, para a média dos 4 quadrantes e o valor da amostra composta não foi quantificado (< 0,038 mg/kg) (Tabela 17.4.1.1-4 e Figura 17.4.1.1-4).

Segundo o laboratório Analytical Technology, apenas o quadrante B, da quadrícula Q-10, apresentou concentração (0,139 mg/kg) abaixo do nível 1. Enquanto, as amostras dos demais quadrantes (A, C e D) apresentaram valores acima de nível 1 (0,201, 0,227 e 0,255 mg/kg). Entretanto, segundo o laboratório Ecolabor apenas a amostra do quadrante D foi quantificada (0,340 mg/kg) com valor acima do nível 1. As amostras dos demais quadrantes (A, B e C) não foram quantificadas (Tabela 17.4.1.1-5 e Figura 17.4.1.1-5).

A média da concentração de mercúrio, encontrada para as 4 amostras (PS-Q10 A, PS-Q10 B, PS-Q10 C e PS-Q10 D) da quadrícula Q-10, segundo a Analytical Technology foi 0,206 mg/kg, entretanto o valor da amostra composta (PS-Q10), para a mesma campanha, foi 0,140 mg/kg. Os resultados das mesmas amostras, segundo o laboratório Ecolabor, foi 0,114 mg/kg, para a média dos 4 quadrantes e o valor da amostra composta não foi quantificado (< 0,038 mg/kg) (Tabela 17.4.1.1-5 e Figura 17.4.1.1-5).

Tabela 17.4.1.1-4. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nos quadrantes A, B, C e D, da quadrícula Q-9, durante a Campanha XV, obtidas pelos laboratórios Anatech (Analytical Technology) e Ecolabor.

Mercúrio Total										
Campanha	Laboratório	Unidade	Resolução		Quadrantes					PS-Q9 Amostra Composta
			CONAMA 344/04		PS-Q9	PS-Q9	PS-Q9	PS-Q9	Média	
			Nível 1	Nível 2	A	B	C	D		
XV	Anatech	mg/Kg	0,15	0,71	0,107	<b>0,238</b>	<b>0,217</b>	0,109	<b>0,168</b>	<b>0,186</b>
	Ecolabor	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,038	< 0,038	<b>0,310</b>	< 0,038	0,106	< 0,038

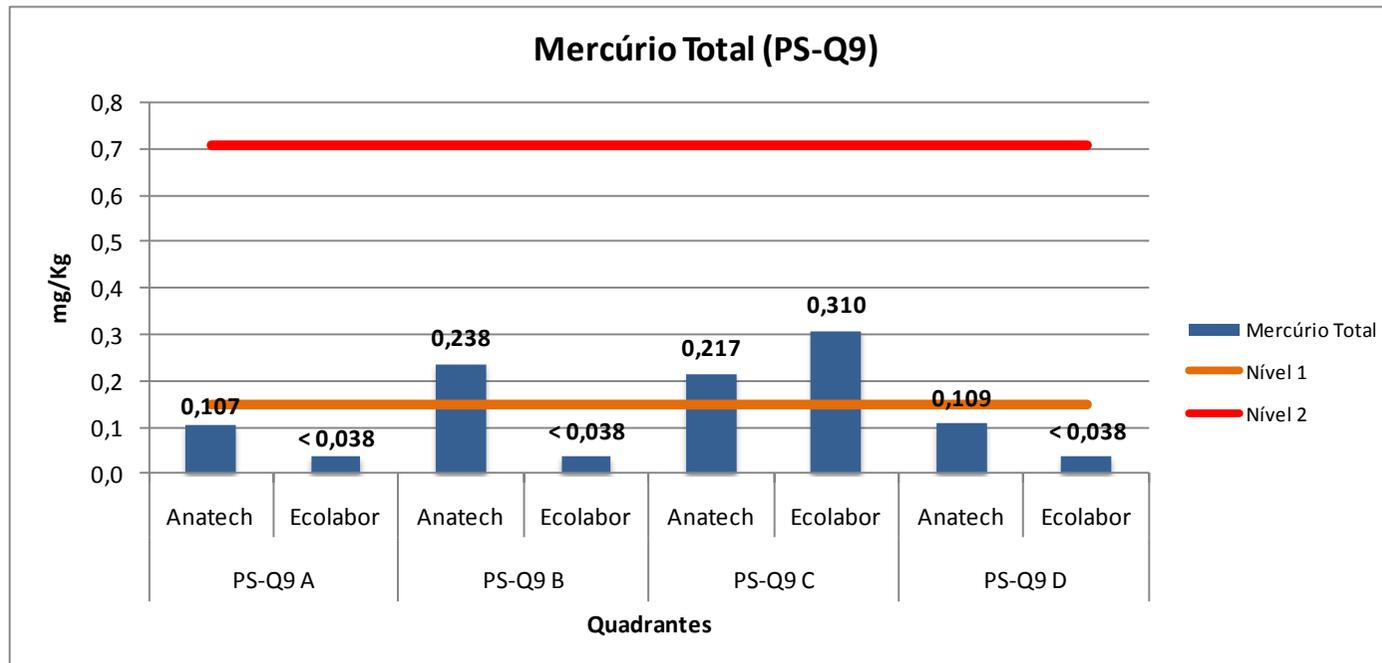


Figura 17.4.1.1-4. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nos quadrantes A, B, C e D, da quadrícula Q-9, durante a Campanha XV, obtidas pelos laboratórios Anatech (Analytical Technology) e Ecolabor.

Tabela 17.4.1.1-5. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nos quadrantes A, B, C e D, da quadrícula Q-10, durante a Campanha XV, obtidas pelos laboratórios Anatech (Analytical Technology) e Ecolabor.

Mercúrio Total										
Campanha	Laboratório	Unidade	Resolução		Quadrantes					PS-Q10 Amostra Composta
			CONAMA 344/04		PS-Q10	PS-Q10	PS-Q10	PS-Q10	Média	
			Nível 1	Nível 2	A	B	C	D		
XV	Anatech	mg/Kg	0,15	0,71	<b>0,201</b>	0,139	<b>0,227</b>	<b>0,255</b>	<b>0,206</b>	0,140
	Ecolabor	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,038	< 0,038	< 0,038	<b>0,340</b>		0,114

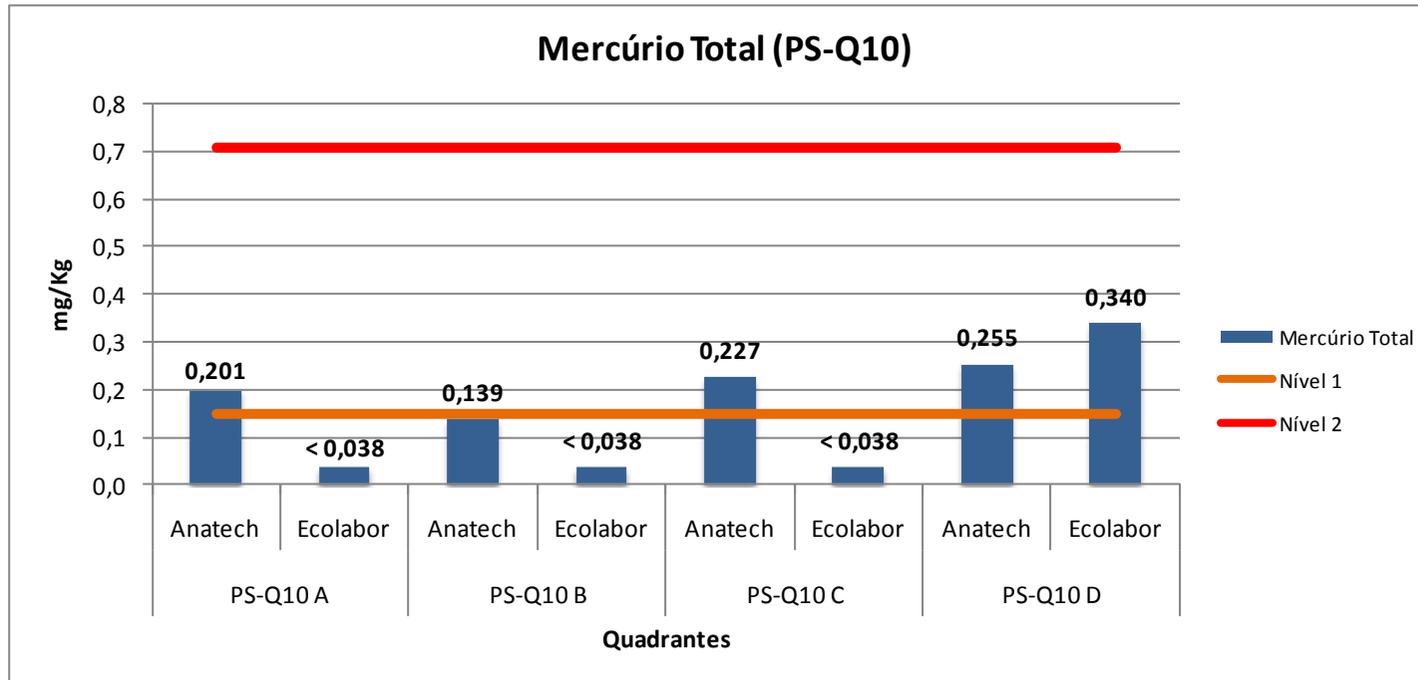


Figura 17.4.1.1-5. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nos quadrantes A, B, C e D, da quadrícula Q10, durante a Campanha XV, obtidas pelos laboratórios Anatech (Analytical Technology) e Ecolabor.

#### **17.4.1.1.1. Aspectos analíticos dos resultados apresentados**

Na campanha XIV, as amostras foram encaminhadas para dois laboratórios distintos: Analytical Technology (Anatech) e Ecolabor. A metodologia analítica empregada por ambos os laboratórios baseia-se na norma SW 846 US EPA 7471B (US EPA, 2007), a qual consiste na lixiviação do mercúrio do sedimento em meio ácido e fortemente oxidante, de forma a levar todas as formas de mercúrio a Hg(II). O mercúrio iônico é então reduzido para o seu estado elementar e aerado da solução em um sistema fechado. O vapor de mercúrio gerado é introduzido no equipamento para quantificação. O laboratório Anatech recorre a ICP-OES (espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado) para medição do mercúrio, enquanto que o laboratório Ecolabor recorre à técnica de absorção atômica. No primeiro caso, os átomos de mercúrio são excitados, por meio de um plasma de argônio, sendo a concentração proporcional à intensidade da energia emitida quando o mercúrio retorna ao estado fundamental; no segundo caso, o vapor de mercúrio absorve radiação ao passar por uma célula posicionada no caminho ótico de um espectrofotômetro de absorção atômica; a absorbância é proporcional à concentração de mercúrio presente na amostra.

Comparando-se os resultados desta campanha entre os dois laboratórios, observa-se que não há concordância para as quadrículas Q-9 e Q-10, tendo sido quantificado mercúrio acima de nível 1 no laboratório Anatech, enquanto que os resultados estiveram abaixo do limite de quantificação da amostra na Ecolabor.

Para a campanha XV, uma alíquota das amostras compostas foi encaminhada também para o laboratório Ceimic. A técnica analítica empregada por este laboratório é similar a da Ecolabor (CV AAS – absorção atômica com geração de vapor frio). É válido ressaltar que os três laboratórios são acreditados para análise de mercúrio em sedimento, pelo INMETRO, na norma NBR ISO/IEC 17.025:2005. O escopo de acreditação dos laboratórios Ecolabor e Ceimic apresentam limite de quantificação do método inferior ou igual ao do nível 1 da Resolução Conama 344/04. O laboratório Anatech apresenta no seu escopo limite de quantificação do método de 0,30 mg/Kg; no entanto, a metodologia empregada

permite que o limite de quantificação da amostra para mercúrio, conforme carta do laboratório apresentada no Anexo 17.9-19, seja inferior a 0,15 mg/Kg.

Da mesma maneira que o observado na campanha anterior, os resultados obtidos não foram concordantes entre os laboratórios. As amostras compostas analisadas pela Ecolabor apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação para todas as amostras. Mercúrio foi quantificado acima de nível 1 na quadrícula Q-9 nos laboratórios Anatech e Ceimic enquanto que para Q-10, mercúrio esteve abaixo de nível 1 na alíquota analisada pela Anatech e superior ao nível 1, na alíquota analisada pela Ceimic.

Os resultados obtidos entre estes dois últimos laboratórios apontaram diferenças percentuais relativas em torno de 35%, o que é considerável aceitável devido ao alto grau de heterogeneidade da matriz sedimento. Alguns estudos realizados pela USEPA (2001) apresentaram uma diferença percentual relativa entre duplicatas de até 50%, as quais foram justificadas pelas variações no ambiente amostral (heterogeneidade da qualidade do sedimento na área de estudo).

Silvério (2003) realizou análises de metais e sulfetos volatilizáveis por acidificação (SVA) em amostras de sedimentos em triplicatas, foi aplicada a análise do coeficiente de variação (CV) nos resultados obtidos entre as amostras. Os CV nas replicatas de análise de metais variaram de 1 a 30% e o CV entre as replicatas de análise de SVA variaram de 14 – 33%. Leonard et al. (1993) reportaram CV variando entre 5 – 60% para replicatas de análise de SVA em amostras de sedimentos lacustres de Minnesota, EUA. Postula-se que essas variações são aceitáveis devido à grande heterogeneidade (vertical e longitudinal) dos sedimentos num ambiente aquático.

Vale ressaltar que o número de variáveis para as análises realizadas nos trabalhos citados acima deve ser inferior ao das replicatas de sedimento coletadas no PDO, visto que no primeiro caso, as amostras foram preparadas e analisadas em um único laboratório, tendo sido mantidas as condições analíticas (mesmo procedimento operacional, técnico, padrões, insumos críticos e equipamento). No caso das análises das replicatas de sedimento coletadas no PDO, estão sendo comparados resultados de amostras preparadas e analisadas

em laboratórios distintos, havendo não apenas variações de analistas e equipamentos, como também dos padrões utilizados, linearidade da curva analítica, materiais volumétricos (pipetas, balões), tempo e temperatura de lixiviação, massa de sedimento (balança analítica), critérios de aceitação dos controles de qualidade (com base nos resultados de carta-controle), entre outros.

Desta forma, leva-se a crer que as variações encontradas entre os resultados são aceitáveis.

Pelo fato de se estar avaliando concentrações muito baixas e próximas ao nível 1, considerando ainda as variações analíticas descritas acima, percebe-se que os resultados de mercúrio da mesma campanha amostral ocasionalmente superam e ocasionalmente permanecem abaixo do valor de referência.

#### **17.4.2 Ensaio Ecotoxicológicos - Elutriato**

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, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV e XV. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pela análise. As amostras das Campanhas XIV e XV 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*. Nas Figuras 17.4.2-1, 17.4.2-2, 17.4.2-3 e 17.4.2-4 são apresentados as porcentagens de larvas normais, com seus respectivos desvios-padrão, 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	
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	
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	
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	

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)	
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	
	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	
VI		Controle	Inicial	25	7,5	7,74	33	n.a	n.a
			Final	25	7,0	7,04	33	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	7,4	7,70	35	0,28	n.d	
		Final	25	7,1	7,47	34	n.a	n.a	
	PS-Q10	Inicial	25	7,1	7,75	35	0,7	0,016	
		Final	25	7,0	7,38	34	n.a	n.a	
	PS-N1	Inicial	25	7,0	7,76	35	1,12	0,030	
		Final	25	6,8	7,44	34	n.a	n.a	
	PS-C1	Inicial	25	7,2	7,52	34	0,63	0,010	
		Final	25	6,9	7,21	33	n.a	n.a	
	VII	Controle	Inicial	25	7,0	7,54	33	n.a	n.a
			Final	25	7,0	7,65	34	n.a	n.a
PS-Q9		Inicial	25	7,0	7,43	33	0,63	0,010	
		Final	25	7,0	7,59	35	n.a	n.a	
PS-Q10		Inicial	25	7,0	7,29	33	1,05	0,011	
		Final	25	7,1	7,56	35	n.a	n.a	
PS-N1		Inicial	25	7,1	7,52	33	0,63	0,010	
		Final	25	7,0	7,65	35	n.a	n.a	
PS-C1		Inicial	25	7,3	7,34	33	1,19	0,011	
		Final	25	6,9	7,61	35	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)
VIII	Controle	Inicial	25	7,6	7,33	32	n.a	n.a
		Final	25	7,0	7,34	32	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	6,8	7,71	33	0,98	0,020
		Final	25	6,9	7,56	33	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	7,9	7,85	33	2,66	<b>0,086</b>
		Final	25	7,3	7,51	32	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	6,9	7,98	33	0,49	0,020
		Final	25	7,0	7,67	32	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	7,7	7,55	34	0,49	0,008
		Final	25	7,1	7,64	33	n.a	n.a
	Controle	Inicial	25	7,4	7,71	33	n.a	n.a
		Final	25	6,7	7,68	33	n.a	n.a
	PS-Q10 Reanálise	Inicial	25	7,8	7,50	35	2,52	<b>0,055</b>
		Final	25	6,9	7,61	35	n.a	n.a
IX	Controle	Inicial	25	7,1	7,69	33	n.a	n.a
		Final	25	6,8	7,40	33	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	7,3	7,63	34	15,12	<b>0,290</b>
		Final	25	6,7	7,79	34	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	7,2	7,61	34	0,49	0,009
		Final	25	6,8	7,61	34	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	7,2	7,68	34	0,35	0,010
		Final	25	6,9	7,52	34	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	7,2	7,65	34	0,21	0,004
		Final	25	7,0	7,58	34	n.a	n.a
	Controle	Inicial	25	7,3	7,39	33	n.a	n.a
		Final	25	6,9	7,54	33	n.a	n.a
	PS-Q9 Reanálise	Inicial	25	7,2	7,70	34	14,21	<b>0,320</b>
		Final	25	6,9	7,79	35	n.a	n.a
X	Controle	Inicial	25	7,3	7,39	33	n.a	n.a
		Final	25	6,9	7,54	33	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	7,2	7,60	35	0,84	0,020
		Final	25	6,9	7,78	35	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	7,3	7,69	35	10,22	<b>0,226</b>
		Final	25	6,9	7,71	35	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	7,3	7,74	35	0,28	0,010
		Final	25	7,0	7,39	35	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	7,2	7,67	35	0,35	0,007
		Final	25	6,9	7,76	35	n.a	n.a
	Controle	Inicial	25	7,4	7,71	33	n.a	n.a
		Final	25	6,7	7,68	35	n.a	n.a
	PS-Q10 Reanálise	Inicial	25	7,4	7,63	35	1,89	0,037
		Final	25	6,7	7,61	35	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)	
XI	Controle	Inicial	25	6,9	7,18	35	n.a	n.a	
		Final	25	6,8	7,50	33	n.a	n.a	
	PS-Q9	Inicial	25	6,9	7,55	34	0,21	n.d.	
		Final	25	6,8	7,53	33	n.a	n.a	
	PS-Q10	Inicial	25	6,9	7,75	35	6,93	<b>0,176</b>	
		Final	25	6,9	7,60	33	n.a	n.a	
	PS-N1	Inicial	25	7,3	7,47	35	0,42	0,010	
		Final	25	6,7	7,59	34	n.a	n.a	
	PS-C1	Inicial	25	7,0	7,58	34	0,28	0,005	
		Final	25	6,7	7,24	33	n.a	n.a	
	XII	Controle	Inicial	25	7,7	7,76	35	n.a	n.a
			Final	25	7,5	7,49	36	n.a	n.a
PS-Q9		Inicial	25	5,2	7,73	36	1,26	0,030	
		Final	25	5,2	7,74	35	n.a	n.a	
PS-Q10		Inicial	25	5,4	7,82	35	13,72	<b>0,407</b>	
		Final	25	5,2	7,79	35	n.a	n.a	
PS-N1		Inicial	25	5,7	7,80	35	0,28	0,010	
		Final	25	5,4	7,76	35	n.a	n.a	
PS-C1		Inicial	25	5,6	7,63	36	0,28	0,005	
		Final	25	5,5	7,81	35	n.a	n.a	
XIII		Controle	Inicial	25	7,4	8,02	34	n.a	n.a
			Final	25	5,9	7,99	36	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	7,3	7,84	34	0,49	0,020	
		Final	25	6,1	8,12	35	n.a	n.a	
	PS-Q10	Inicial	25	7,7	7,98	33	0,49	0,021	
		Final	25	6,0	8,17	36	n.a	n.a	
	PS-N1	Inicial	25	7,3	8,19	34	0,14	0,010	
		Final	25	6,0	8,19	36	n.a	n.a	
	PS-C1	Inicial	25	7,4	8,00	34	0,14	0,006	
		Final	25	6,4	8,23	36	n.a	n.a	

Legenda: **Valor** Acima do limite (0,05 mg/L) para *Lytechinus variegatus*

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				Total Normais/ Total Observados	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		R1	R2	R3	R4				
Prévia	Controle	91	87	89	92	359/400	89,75	2,22	-
	PS-Q9	75	87	88	78	328/400	82,00	6,48	Não Tóxico
	PS-Q10	82	88	90	49	336/400	77,25	19,14	Não Tóxico
	PS-N1	78	75	76	73	302/400	75,50	2,08	Tóxico
	PS-C1	85	78	76	89	328/400	82,00	6,06	Não Tóxico
I	Controle	89	81	87	92	349/400	87,25	4,65	-
	PS-Q9	81	87	87	89	344/400	86,00	3,46	Não Tóxico
	PS-Q10	86	89	83	84	342/400	85,50	2,65	Não Tóxico
	PS-N1	80	88	83	82	333/400	83,25	3,40	Não Tóxico
	PS-C1	82	88	76	85	331/400	82,75	5,12	Não Tóxico
II	Controle	91	90	82	92	355/400	88,75	4,57	-
	PS-Q9	73	85	75	83	316/400	79,00	5,89	Não Tóxico
	PS-Q10	85	81	80	87	333/400	83,25	3,30	Não Tóxico
	PS-N1	85	89	80	80	334/400	83,50	4,36	Não Tóxico
	PS-C1	86	74	77	75	312/400	78,00	5,48	Não Tóxico
III	Controle	90	87	85	87	349/400	87,25	2,06	-
	PS-Q9	86	86	82	83	337/400	84,25	2,06	Não Tóxico
	PS-Q10	88	78	89	80	335/400	83,75	5,56	Não Tóxico
	PS-N1	81	86	70	75	312/400	78,00	6,98	Não Tóxico
	PS-C1	81	77	78	74	310/400	77,50	2,89	Não Tóxico
IV	Controle	88	91	90	90	359/400	89,75	1,26	-
	PS-Q9	73	80	83	85	321/400	80,25	5,25	Não Tóxico
	PS-Q10	89	85	78	81	333/400	83,25	4,79	Não Tóxico
	PS-N1	74	77	78	70	299/400	74,75	3,59	Tóxico
	PS-C1	68	75	77	77	297/400	74,25	4,27	Tóxico
V	Controle	85	86	86	92	355/400	87,25	3,20	-
	PS-Q9	88	85	83	89	345/400	86,25	2,75	Não Tóxico
	PS-Q10	91	90	91	89	361/400	90,25	0,96	Não Tóxico
	PS-N1	87	86	83	87	343/400	85,75	1,89	Não Tóxico
	PS-C1	81	80	86	92	339/400	84,75	5,50	Não Tóxico
VI	Controle	91	85	91	88	355/400	88,75	2,87	-
	PS-Q9	82	80	85	79	326/400	81,50	2,65	Não Tóxico
	PS-Q10	88	93	90	77	348/400	87,00	6,98	Não Tóxico
	PS-N1	97	90	88	91	366/400	91,50	3,87	Não Tóxico
	PS-C1	83	82	86	89	340/400	85,00	3,16	Não Tóxico
VII	Controle	87	90	88	86	351/400	87,75	1,71	-
	PS-Q9	82	92	84	88	346/400	86,50	4,43	Não Tóxico
	PS-Q10	83	86	82	92	343/400	85,75	4,50	Não Tóxico
	PS-N1	88	86	91	86	351/400	87,75	2,36	Não Tóxico
	PS-C1	81	83	86	88	338/400	84,50	3,11	Não Tóxico
VIII	Controle	90	86	90	92	358/400	89,50	2,52	-
	PS-Q9	91	92	92	89	364/400	91,00	1,41	Não Tóxico
	PS-Q10	10	2	4	10	26/400	6,50	4,12	Tóxico
	PS-N1	80	72	81	86	319/400	79,75	5,80	Não Tóxico
	PS-C1	90	86	84	85	345/400	86,25	2,63	Não Tóxico
	Controle	88	86	82	87	343/400	85,75	2,63	-
	PS-Q10 Reanálise	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico

Tabela 17.4.2-2. (Continuação) 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				Total Normais/ Total Observados	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		R1	R2	R3	R4				
IX	Controle	93	94	96	90	373/400	93,25	2,50	-
	PS-Q9	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
	PS-Q10	93	85	95	87	360/400	90,00	4,76	Não Tóxico
	PS-N1	87	89	90	82	348/400	87,00	3,56	Não Tóxico
	PS-C1	94	92	90	87	363/400	90,75	2,99	Não Tóxico
	Controle	89	90	87	89	355/400	88,75	1,26	-
	PS-Q9 Reanálise	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
X	Controle	89	90	87	89	355/400	88,75	1,26	-
	PS-Q9	91	86	90	89	356/400	89,00	2,16	Não Tóxico
	PS-Q10	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
	PS-N1	79	91	79	86	335/400	83,75	5,85	Não Tóxico
	PS-C1	86	89	81	87	343/400	85,75	3,40	Não Tóxico
	Controle	88	86	82	87	343/400	85,75	2,63	-
	PS-Q10 Reanálise	83	85	70	79	317/400	79,25	6,65	Não Tóxico
XI	Controle	90	93	92	89	364/400	91,00	1,83	-
	PS-Q9	91	87	89	83	350/400	87,50	3,42	Não Tóxico
	PS-Q10	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
	PS-N1	92	88	82	85	347/400	86,75	4,27	Não Tóxico
	PS-C1	84	86	86	90	346/400	86,50	2,52	Não Tóxico
XII	Controle	81	86	85	89	341/400	85,25	3,30	-
	PS-Q9	81	78	81	84	324/400	81,00	2,45	Não Tóxico
	PS-Q10	0	0	0	0	0/400	0,00	0,00	Tóxico
	PS-N1	85	88	80	78	331/400	82,75	4,57	Não Tóxico
	PS-C1	81	81	80	79	321/400	80,25	0,96	Não Tóxico
XIII	Controle	92	88	86	89	355/400	88,75	2,50	-
	PS-Q9	64	84	81	88	317/400	79,25	10,56	Não Tóxico
	PS-Q10	84	89	92	84	349/400	87,25	3,95	Não Tóxico
	PS-N1	89	86	88	96	359/400	89,75	4,35	Não Tóxico
	PS-C1	90	82	92	86	350/400	87,50	4,43	Não Tóxico

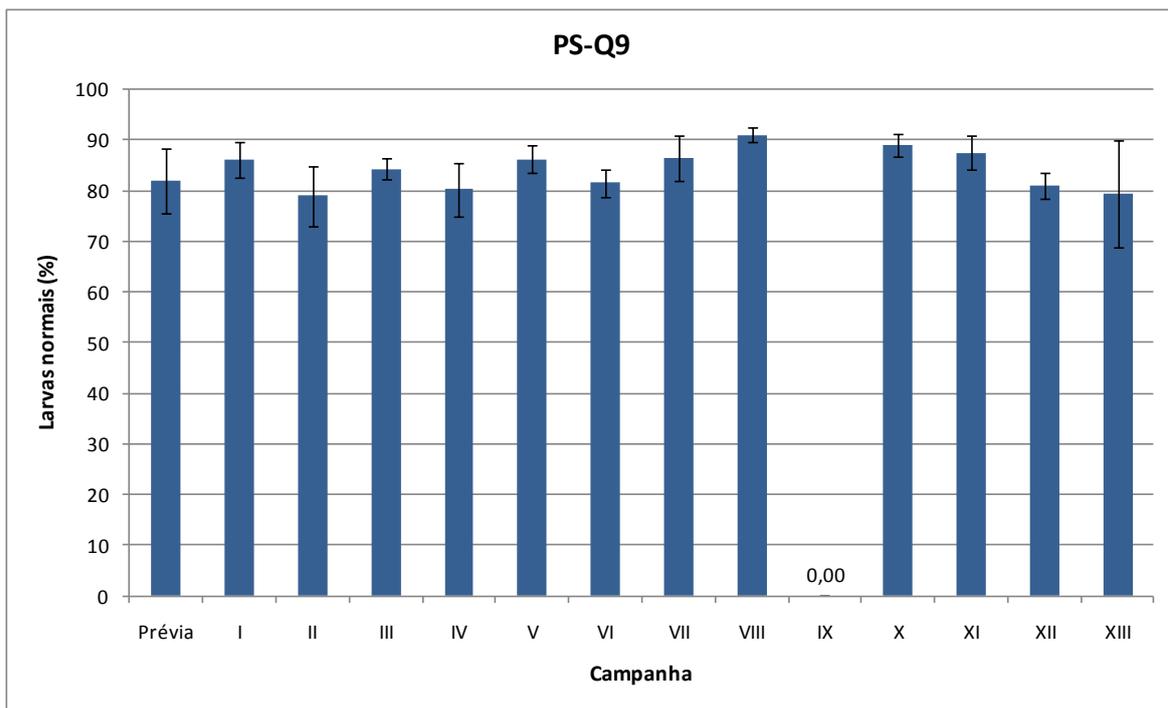


Figura 17.4.2-1. Porcentagens de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para a amostra PS-Q9 das campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

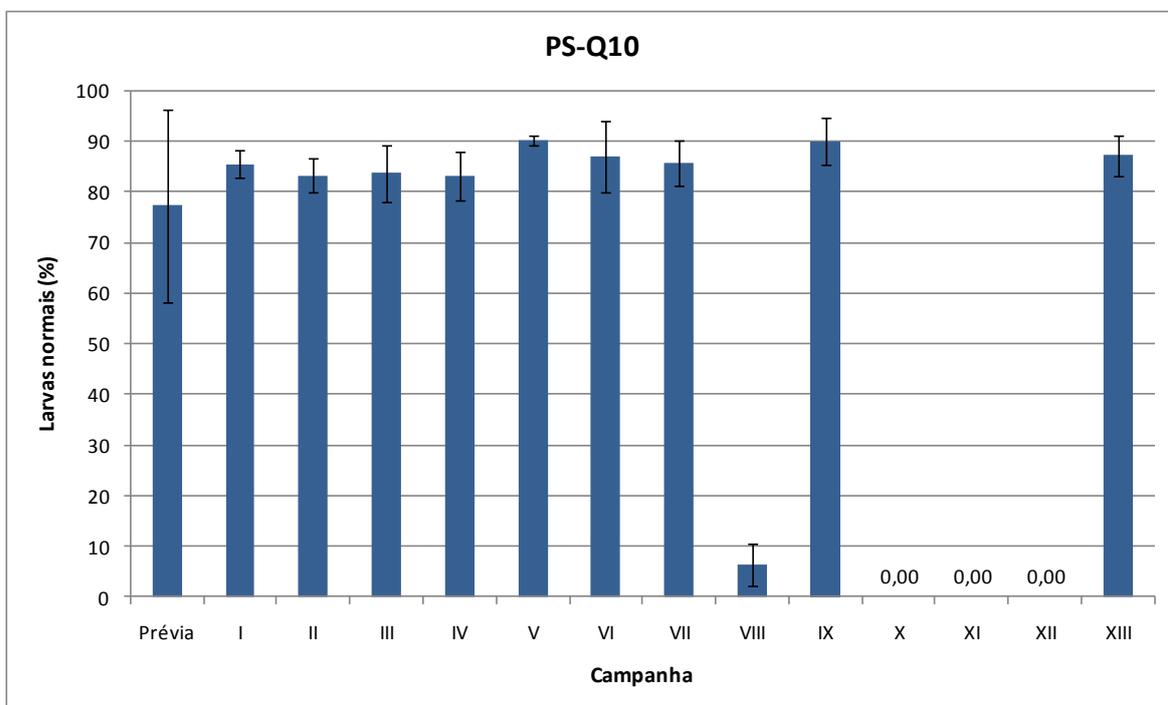


Figura 17.4.2-2. Porcentagens de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para a amostra PS-Q10 das campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

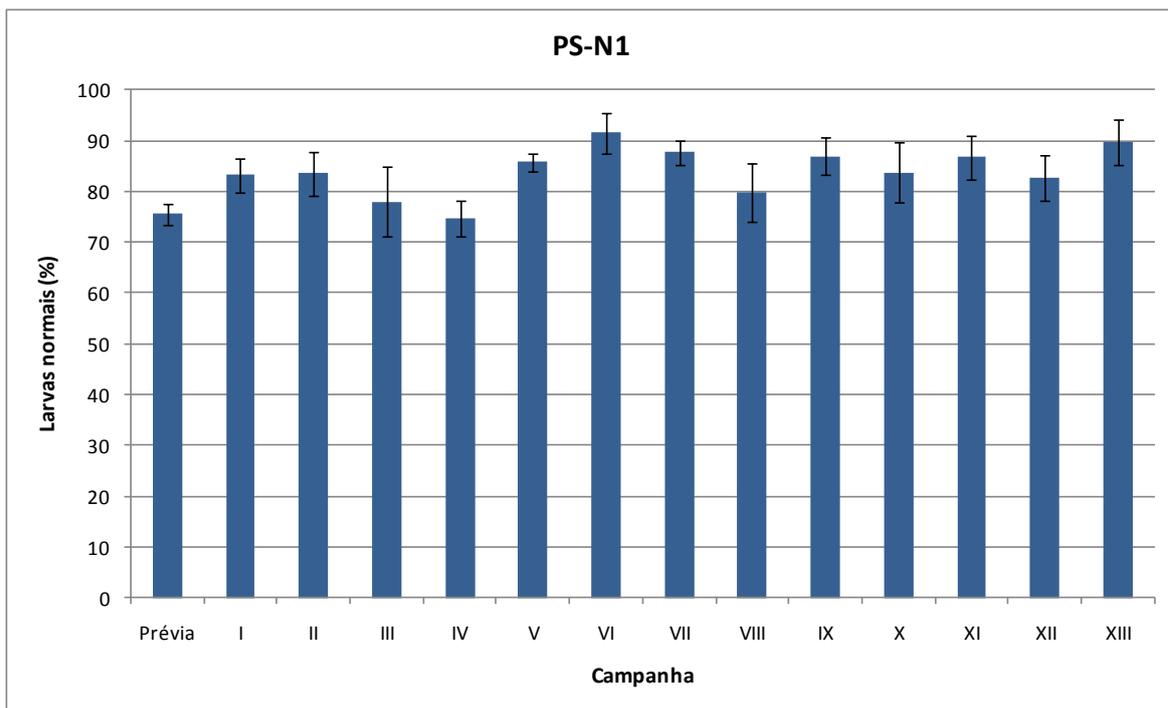


Figura 17.4.2-3. Porcentagens de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para a amostra PS-N1 das campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

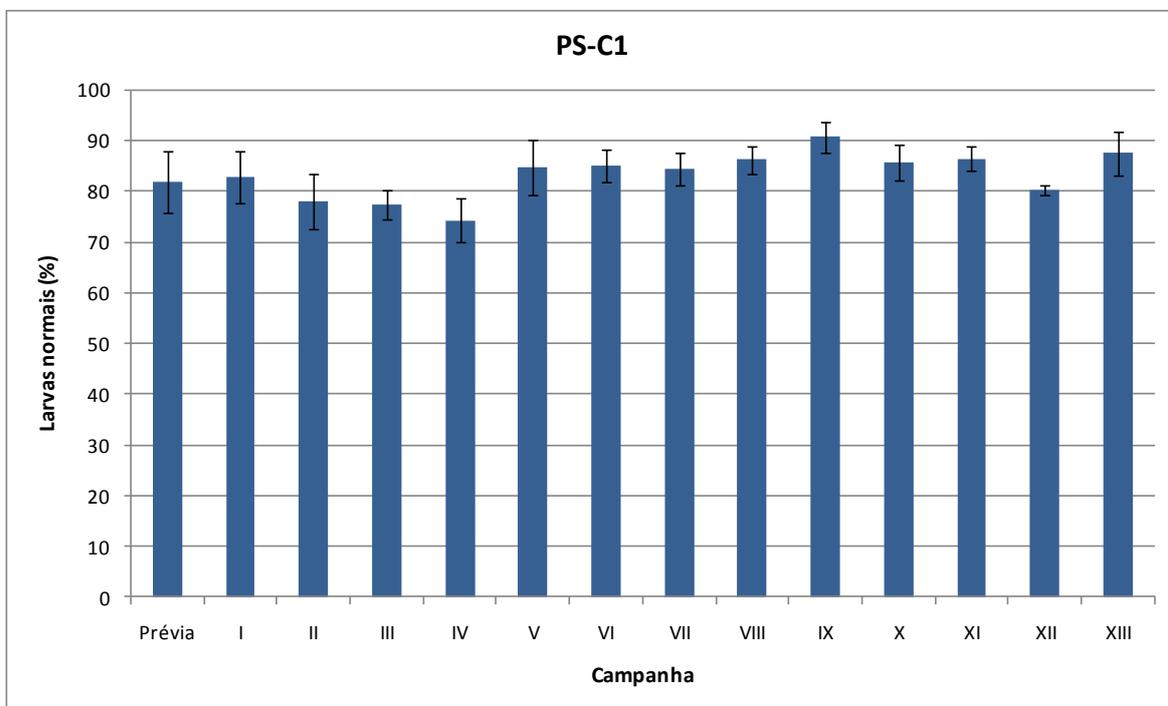


Figura 17.4.2-4. Porcentagens de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para a amostra PS-C1 das campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

- **Campanha Prévia**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado efeito tóxico 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, tendo em vista que 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 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.

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) obtida foi: 0,19 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,06 – 0,22 mg/L ZnSO<sub>4</sub>) conforme carta controle.

- **Campanha I**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi verificada toxicidade crônica para nenhuma das amostras desta campanha, quando em comparação com o 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.

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<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 24h) obtida 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.

- **Campanha II**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi verificada toxicidade crônica para nenhuma amostra desta campanha, quando em comparação com o 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.

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) obtida 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.

- **Campanha III**

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

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<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 24h) obtida 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.

- **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 tóxico em comparação com o controle de laboratório. Não há aparente explicação para tal resultado, visto que as análises de mercúrio realizadas nestas amostras apresentaram valores abaixo do limite de quantificação. As diferenças de sobrevivência médias nestas amostras em relação ao controle, considerando os desvios-padrão foram muito pequenas, indicando, se de fato puder se considerada a toxicidade, que esta é de mínimo efeito.

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.

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) obtida 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.

- **Campanha V**

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

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) obtida 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.

- **Campanha VI**

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

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) obtida 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.

- Considerações sobre a interferência do Ácido Sulfídrico (H<sub>2</sub>S) nos ensaios ecotoxicológicos realizados.

Até a campanha VI apenas três amostras PS-N1 (da Campanha Prévia), PS-N1 e PS-C1 (da Campanha IV) apresentaram efeito ecotoxicológico em elutriato e como os dados não estavam claros nem mostravam relação direta de causa e efeito com os compostos analisados, decidiu-se avaliar se o sulfeto, ou mais especificamente, ácido sulfídrico, estava interferindo nos ensaios ecotoxicológicos. Desta forma, foram realizadas análises destes dois compostos nas quatro amostras da Campanha VI.

Os dados de sulfeto e ácido sulfídrico estão apresentados na Tabela 17.4.2-3. O limite de sulfeto total para ouriço-do-mar é de 0,1 mg/L e o limite para H<sub>2</sub>S é de 0,007 mg/L (Bay *et al.*, 1993; Knezovich *et al.*, 1996; Anderson *et al.*, 1998; Wang & Chapman, 1999). Os resultados mostraram que todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

Tabela 17.4.2-3. Concentração de sulfetos totais e ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) nas amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da Campanha VI.

Amostra (Campanha VI)	Sulfetos Total (mg/L)	H <sub>2</sub> S (mg/L)
PS-Q9	n.d	n.d
PS-Q10	0,008	0,003
PS-N1	0,006	0,002
PS-C1	0,004	0,001

- **Campanha VII**

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

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) obtida 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.

- **Campanha VIII**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado efeito tóxico para as amostras dos pontos PS-Q9, PS-N1 e PS-C1, enquanto que a amostra de sedimento do ponto PS-Q10, nesta campanha, apresentou toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle de laboratório.

Na amostra PS-Q10 foi observado apenas 6,5% de larvas normais, por esta razão decidiu realizar novo teste ecotoxicológico com essa amostra. No novo ensaio (PS-Q10 Reanálise) o efeito tóxico foi confirmado e todas as larvas encontradas estavam mal formadas ou com desenvolvimento anômalo

(Figura 17.4.2-5). Entretanto, vale ressaltar que os valores de amônia não ionizada encontrados, respectivamente, para as amostras PS-Q10 e PS-Q10 Reanálise foram 0,086 e 0,055 mg/L, ou seja, maiores que o limite de 0,05 mg/L, que isoladamente pode causar efeito tóxico.

As demais amostras (PS-Q9, PS-N1 e PS-C1) apresentaram valores de amônia não ionizada abaixo do limite para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002).

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) obtida foi: 0,16 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

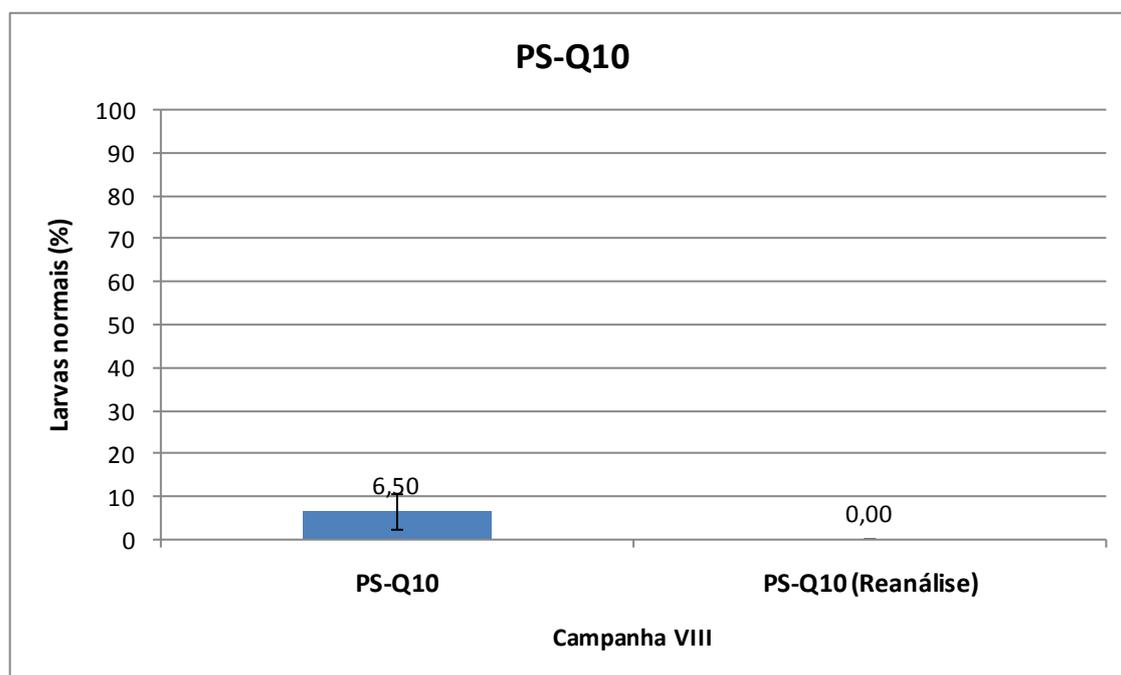


Figura 17.4.2-5. Porcentagens de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para as amostras PS-Q10 e PS-Q10 (Reanálise) da Campanha VIII.

- **Campanha IX**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado efeito tóxico para as amostras dos pontos PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, enquanto que a amostra de sedimento do ponto PS-Q9, nesta campanha, apresentou toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle de laboratório.

A amostra PS-Q9 apresentou 0% de larvas normais, ou seja, todas as larvas encontradas estavam mal formadas ou com desenvolvimento anômalo, por esta razão decidiu realizar novo teste ecotoxicológico com essa amostra. No novo ensaio (PS-Q9 Reanálise) o efeito tóxico foi confirmado e todas as larvas encontradas também estavam mal formadas ou com desenvolvimento anômalo. Entretanto, vale ressaltar que os valores de amônia não ionizada encontrados, respectivamente, para as amostras PS-Q9 e PS-Q9 Reanálise foram 0,29 e 0,32 mg/L, ou seja, maiores que o limite de 0,05 mg/L, que isoladamente pode causar efeito tóxico.

As demais amostras (PS-Q10, PS-N1 e PS-C1) apresentaram valores de amônia não ionizada abaixo do limite para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002).

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) obtida foi: 0,16 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

- **Campanha X**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado efeito tóxico para as amostras dos pontos PS-Q9, PS-N1 e PS-C1, enquanto que a amostra de sedimento do ponto PS-Q10, nesta campanha, apresentou toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle de laboratório.

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) obtida foi: 0,16 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

Novamente foi observado na amostra PS-Q10, má formação ou desenvolvimento anômalo em todas as larvas de ouriço, juntamente com altas concentrações de amônia não ionizada (0,226 mg/L). Por este motivo, decidiu realizar novo ensaio ecotoxicológico, porém com aeração da amostra, na tentativa de reduzir a concentração deste composto.

Um das formas para se observar o grau de responsabilidade da amônia sobre os efeitos observados nos teste ecotoxicológicos é aplicando a metodologia conhecida como TIE – Avaliação e Identificação de Toxicidade, a qual consiste numa série de procedimentos padronizados pelas agências ambientais de todo o mundo, teses, manuais e amplamente aplicadas em monitoramentos e estudos acadêmicos (Amato *et al.*, 1992; Ankley, 1992; Badaró-Pedroso, 1999; Bailey, 1997; Bower & Bidwell, 1978; Burgess *et al.*, 1995; Burkhard & Jensen, 1993; Cherr & Higashi, 1997; Coombe *et al.*, 1999; Mount, 1997; Mount *et al.*, 1997; Rachid, 2002 e Rachid *et al.*, 2000 ).

Os processos consistem na manipulação físico-química da amostra induzindo-a a uma alteração controlada e direcionada na sua composição, ou seja, uma amostra é submetida a processos laboratoriais específicos que geram modificação para a identificação de agentes tóxicos, responsáveis pelo potencial tóxico da amostra.

Tal técnica é baseada no fato de que alguns processos, como alterações do pH, volatilização, eliminação de compostos orgânicos, entre outros, podem reduzir a concentração de compostos específicos, reduzindo ou eliminando a toxicidade de uma amostra.

Comparando os resultados dos ensaios ecotoxicológicos antes e depois das manipulações tem-se a indicação de que procedimentos foram responsáveis pela redução ou eliminação da toxicidade, visto a decorrente diminuição da concentração ou remoção de um composto potencialmente tóxico. Assim,

identifica-se um composto que, ao ser retirado da amostra, reduz a toxicidade da mesma.

Como o composto em questão suspeito por gerar o efeito é a amônia, visto que ela se encontra em concentração acima do nível de interferência da sobrevivência dos embriões de ouriço, foram avaliadas as possíveis manipulações que poderiam ser empregadas para redução deste composto. Entre eles a aeração da amostra.

Assim, no procedimento, uma subamostra é submetida à aeração induzida, visando à eliminação ou redução dos compostos voláteis ou oxidáveis, sendo então determinado, se a toxicidade pode ser atribuída à presença de hidrocarbonetos voláteis, H<sub>2</sub>S, amônia, entre outros possíveis compostos voláteis ou oxidáveis.

Para tanto, o processo metodológico é conduzido em um béquer, onde acontece a aeração, com uma bomba de ar de aquário. O fluxo de ar é ajustado, através dos reguladores, para um modo suave, com produção de bolhas pequenas, por um período de 1 hora. Depois deste processo, a subamostra está pronta para ser utilizada no teste de toxicidade.

Infusão na amostra com a macroalga *Ulva lactuca*, alteração do pH, passagem por colunas específicas como de carvão ativado ou zeólitas também podem contribuir para a redução significativa da concentração da amônia, mas são processos mais complexos e, para este caso não foram conduzidos.

Na Figura 17.4.2-6 observa-se que no novo ensaio ecotoxicológico (PS-Q10 Reanálise) com a utilização de aeração da amostra, 79,25% das larvas encontradas estiveram normais e a concentração de amônia não ionizada reduziu para 0,037 mg/L, ou seja, abaixo do limite de 0,05 para a espécie de ouriço-dormar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). As demais amostras (PS-Q9, PS-N1 e PS-C1) também apresentaram valores de amônia não ionizada abaixo deste limite.

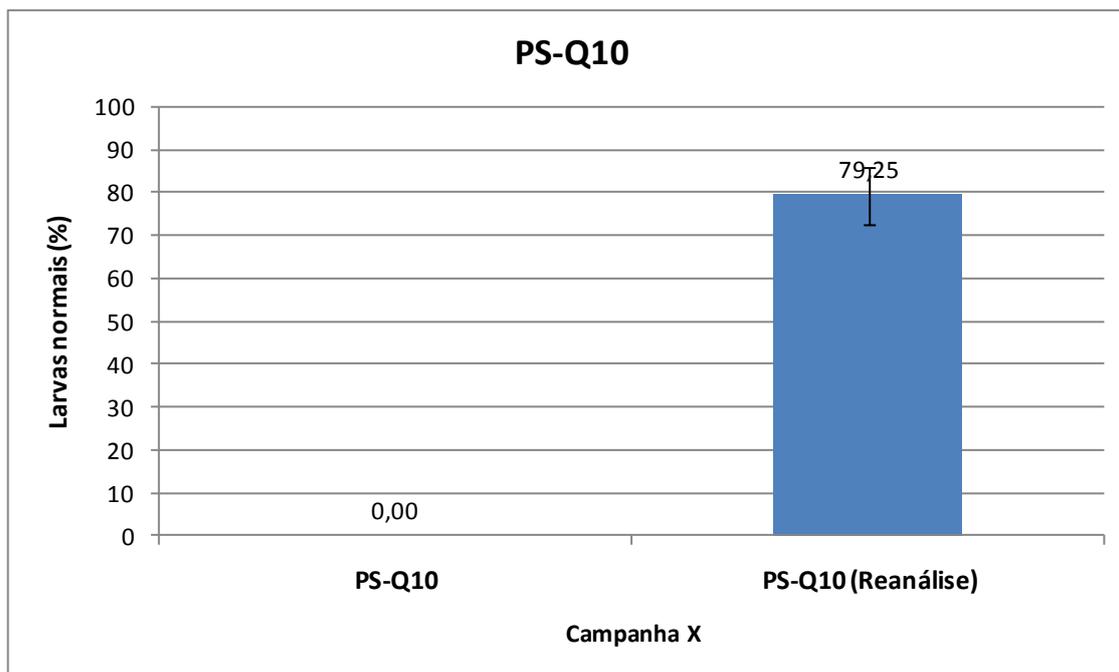


Figura 17.4.2-6. Porcentagens de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais, com seus respectivos desvios-padrão, encontradas para as amostras PS-Q10 e PS-Q10 (Reanálise) da Campanha X.

Como se pode observar, a repetição do ensaio com a amostra submetida à aeração reduziu a concentração da amônia e eliminou a toxicidade da amostra.

Tal constatação pode ser de correlação direta, entretanto, eventuais compostos voláteis presentes na amostra também podem ter sido eliminados, promovendo o resultado observado. De todo modo, o interferente alvo desta avaliação, a amônia, foi medida antes e depois do procedimento, sendo observada redução para valores abaixo do indicado como interferente para o teste (reduzindo de 0,226 mg/L para 0,037 mg/L), resultando em um elevado percentual de desenvolvimento normal dos embriões (aumentando de 0% para 79,25%).

Este efeito já foi constatado em diversas situações. Em Rachid (2002) foram conduzidos ensaios com amostras coletadas na Baixada Santista onde foi apontada a amônia como umas das responsáveis pelo o efeito ecotoxicológico observado.

Quando se analisa amostras de efluentes, verifica-se que raramente mais de dois ou três compostos são responsáveis pela toxicidade, e, as interações, como adição, sinergismo ou antagonismo são menos efetivas do que se imagina.

Pequenos grupos de compostos são, em geral, responsáveis pela toxicidade dos efluentes, como amônia, pesticidas, certos metais, cloro, surfactantes ou íons orgânicos (Mount *et al.*, 1997).

O método TIE vem desmistificando a carga de responsabilidade de toxicidade que alguns compostos possuíam a priori, e identificam outros, até então sem muito “peso”, sobre a toxicidade de uma amostra complexa, por exemplo, onde a amônia e alguns outros íons podem causar efeitos ecotoxicológicos de maior intensidade do que compostos tidos inicialmente como mais críticos.

- **Campanha XI**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado efeito tóxico para as amostras dos pontos PS-Q9, PS-N1 e PS-C1, enquanto que a amostra de sedimento do ponto PS-Q10, nesta campanha, apresentou toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle de laboratório.

A amostra PS-Q10 apresentou 0% de larvas normais, ou seja, todas as larvas encontradas estavam mal formadas ou com desenvolvimento anômalo. Entretanto, vale ressaltar que a concentração de amônia não ionizada encontrada foi 0,176 mg/L, ou seja, maior que o limite de 0,05 mg/L, que isoladamente pode causar efeito tóxico. Assim como visto na Campanha X, a amônia parece ter sido responsável pelo efeito tóxico apresentado na presente campanha.

As demais amostras (PS-Q9, PS-N1 e PS-C1) apresentaram valores de amônia não ionizada abaixo do limite para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002).

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) obtida foi: 0,16 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L ZnSO<sub>4</sub>) conforme carta controle.

- **Campanha XII**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi observado efeito tóxico para as amostras dos pontos PS-Q9, PS-N1 e PS-C1, enquanto que a amostra de sedimento do ponto PS-Q10, nesta campanha, apresentou toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle de laboratório.

A amostra PS-Q10 apresentou 0% de larvas normais, ou seja, todas as larvas encontradas estavam mal formadas ou com desenvolvimento anômalo. Entretanto, vale ressaltar que a concentração de amônia não ionizada encontrada foi 0,407 mg/L, ou seja, maior que o limite de 0,05 mg/L, que isoladamente pode causar efeito tóxico. Assim, como visto na Campanha X, a amônia parece ter sido responsável pelo efeito tóxico apresentado na presente campanha.

As demais amostras (PS-Q9, PS-N1 e PS-C1) apresentaram valores de amônia não ionizada abaixo do limite para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus*.

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) obtida foi: 0,16 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

- **Campanha XIII**

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

Vale ressaltar que a concentração de amônia não ionizada encontrada, em todas as amostras, ficou abaixo do limite de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002).

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) obtida 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.

### **17.4.3. Ensaios 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, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV e XV. Após a coleta as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pela análise. As amostras das Campanhas XI, XII, XIII, XIV e XV 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 é exposto tanto à água intersticial quanto à 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 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	6,10
	PS-Q9	7,93	8,16	21	23	5,33	5,77
	PS-Q10	7,93	8,19	21	24	5,43	5,80
	PS-N1	7,93	8,09	21	23	5,09	5,75
	PS-C1	7,72	8,15	21	23	4,17	5,82
I	Controle	7,91	7,99	20	23	6,64	6,75
	PS-Q9	7,96	8,13	22	24	6,39	7,53
	PS-Q10	8,00	8,11	22	24	6,33	6,65
	PS-N1	7,98	8,19	22	25	6,33	6,40
	PS-C1	7,98	8,10	22	25	6,34	6,69
II	Controle	7,91	7,99	20	23	6,64	6,75
	PS-Q9	7,95	8,19	22	25	6,12	6,64
	PS-Q10	7,89	8,12	22	25	6,00	6,64
	PS-N1	7,97	8,16	22	25	5,99	6,66
	PS-C1	7,78	8,12	22	25	4,94	6,63
III	Controle	7,91	7,99	20	23	6,64	6,75
	PS-Q9	7,72	8,08	22	24	5,26	6,74
	PS-Q10	7,80	8,19	22	25	5,87	6,45
	PS-N1	7,84	8,27	22	25	5,70	6,61
	PS-C1	7,93	8,10	23	25	5,69	6,64
IV	Controle	7,91	7,99	20	23	6,64	6,75
	PS-Q9	8,00	8,22	23	25	6,08	6,63
	PS-Q10	8,01	8,15	23	25	6,06	6,60
	PS-N1	7,93	8,30	23	25	5,13	6,54
	PS-C1	7,95	8,17	23	25	5,56	6,61
V	Controle	7,75	7,80	20	21	6,10	6,39
	PS-Q9	7,88	8,15	21	23	5,66	6,32
	PS-Q10	7,74	7,99	21	22	4,74	6,45
	PS-N1	7,73	7,99	21	22	4,75	6,52
	Controle	7,64	7,88	20	22	5,62	6,58
	PS-C1	7,85	8,12	21	22	6,25	6,61
VI	Controle	7,59	7,97	21	21	5,85	6,56
	PS-Q9	7,68	8,06	21	22	5,51	6,00
	PS-Q10	7,64	8,02	21	23	5,69	6,15
	PS-N1	7,74	8,11	21	23	5,48	6,43
	PS-C1	7,69	8,06	21	23	5,19	6,38
VII	Controle	7,59	7,97	21	21	5,85	6,56
	PS-Q9	7,69	7,97	20	24	5,58	6,39
	PS-Q10	7,60	7,98	21	23	5,25	6,20
	PS-N1	7,67	8,20	21	23	5,94	6,30
	PS-C1	7,65	8,14	21	22	5,46	6,31

Tabela 17.4.3-1. (Continuação) Análises físico-químicas (iniciais e finais) da água de interface realizadas nos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimentos 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
VIII	Controle	7,67	8,17	21	21	6,06	6,75
	PS-Q9	7,77	8,20	22	23	6,00	6,64
	PS-Q10	7,76	8,15	22	23	5,84	6,62
	PS-N1	7,87	8,21	22	23	6,43	6,59
	PS-C1	7,77	8,19	21	22	6,04	6,62
IX	Controle	7,67	8,17	21	21	6,06	6,75
	PS-Q9	7,60	8,09	22	24	4,13	6,56
	PS-Q10	7,78	8,15	22	25	5,92	6,55
	PS-N1	7,82	8,22	22	25	6,02	6,58
	PS-C1	7,72	8,19	21	24	5,03	6,58
X	Controle	7,67	8,17	21	21	6,06	6,75
	PS-Q9	7,72	8,15	22	24	5,30	6,56
	PS-Q10	7,56	8,14	22	24	4,00	6,54
	PS-N1	7,77	8,12	22	23	5,71	6,26
	PS-C1	7,61	8,23	22	23	4,59	6,51

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 coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido		Temperatura (°C)		Nitrogênio Amoniacal		Amônia não ionizada	
		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	*	-	*	-
I	Controle	7,35	7,88	23	21	6,05	6,63	24,4	25,0	1,75	-	0,019	-
	PS-Q9	*	7,85	*	24	*	6,42	24,4	25,0	*	-	*	-
	PS-Q10	*	7,80	*	24	*	6,29	24,4	25,0	*	-	*	-
	PS-N1	6,99	7,92	38	24	5,85	6,18	24,4	25,0	11,00	-	0,047	-
	PS-C1	7,60	7,80	36	25	4,59	6,25	24,4	25,0	15,00	-	0,259	-
II	Controle	7,85	7,88	23	21	6,05	6,63	24,4	25,4	1,75	-	0,058	-
	PS-Q9	7,97	7,91	40	26	5,10	6,18	24,4	25,4	20,00	-	0,793	-
	PS-Q10	7,94	7,88	36	25	5,71	5,95	24,4	25,4	15,00	-	0,556	-
	PS-N1	*	7,96	*	25	*	6,28	24,4	25,4	*	-	*	-
	PS-C1	7,59	7,83	36	25	4,62	5,97	24,4	25,4	17,50	-	0,296	-
III	Controle	7,85	7,88	23	21	6,05	6,63	24,4	25,4	1,75	-	0,058	-
	PS-Q9	7,82	7,81	39	25	5,51	5,90	24,4	25,4	5,00	-	0,142	-
	PS-Q10	7,77	7,94	36	26	5,70	6,11	24,4	25,4	4,50	-	0,114	-
	PS-N1	7,77	7,95	38	26	5,42	5,23	24,4	25,4	8,00	-	0,203	-
	PS-C1	7,72	7,78	36	30	5,00	5,20	24,4	25,4	20,00	-	0,454	-
IV	Controle	7,85	7,88	23	21	6,05	6,63	24,4	25,4	1,75	-	0,058	-
	PS-Q9	7,94	7,89	34	27	5,96	5,86	24,4	25,4	10,00	-	0,371	-
	PS-Q10	7,95	7,90	36	26	5,74	5,76	24,4	25,4	8,00	-	0,303	-
	PS-N1	7,80	7,89	36	27	5,43	5,61	24,4	25,4	20,00	-	0,543	-
	PS-C1	7,78	7,86	36	27	5,77	5,65	24,4	25,4	8,00	-	0,208	-
V	Controle	7,76	7,90	25	24	5,94	6,64	24,2	25,6	1,50	-	0,038	-
	PS-Q9	7,81	7,96	36	25	5,24	6,69	24,2	25,6	7,00	-	0,192	-
	PS-Q10	7,80	7,85	36	25	5,80	6,05	24,2	25,6	7,00	-	0,187	-
	PS-N1	*	7,99	*	25	*	6,70	24,2	25,6	*	-	*	-
	Controle	7,82	7,69	22	23	6,12	4,79	25,2	25,4	3,00	-	0,099	-
	PS-C1	7,89	7,63	35	25	5,76	4,38	25,2	25,4	7,50	-	0,264	-
VI	Controle	7,79	7,84	22	23	6,19	6,41	25,6	25,8	3,25	-	0,103	-
	PS-Q9	7,81	7,88	37	25	5,36	6,43	25,6	25,8	10,75	-	0,325	-
	PS-Q10	7,66	7,88	36	25	5,07	6,35	25,6	25,8	5,00	-	0,108	-
	PS-N1	7,82	7,94	37	24	5,05	6,32	25,6	25,8	9,00	-	0,279	-
	PS-C1	*	7,86	*	25	*	6,22	25,6	25,8	*	-	*	-
VII	Controle	7,79	7,84	22	23	6,19	6,41	25,6	25,8	3,25	-	0,103	-
	PS-Q9	7,54	7,86	36	25	4,81	6,30	25,6	25,8	6,25	-	0,103	-
	PS-Q10	7,58	7,88	36	26	5,08	6,52	25,6	25,8	6,50	-	0,117	-
	PS-N1	7,62	7,81	36	26	4,56	6,44	25,6	25,8	5,00	-	0,099	-
	PS-C1	8,00	7,90	38	23	5,93	6,40	25,6	25,8	12,25	-	0,565	-

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

Tabela 17.4.3-2. (Continuação) 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 coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido		Temperatura (°C)		Nitrogênio Amoniacal		Amônia não ionizada	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
VIII	Controle	7,92	7,81	23	24	5,80	6,09	25,8	25,8	3,50	-	0,150	-
	PS-Q9	7,48	7,82	31	26	4,80	5,96	25,8	25,8	7,50	-	0,112	-
	PS-Q10	7,55	7,95	36	26	4,84	5,91	25,8	25,8	7,00	-	0,120	-
	PS-N1	7,88	8,02	36	25	5,74	5,83	25,8	25,8	6,00	-	0,215	-
	PS-C1	*	7,98	*	26	*	5,53	25,8	25,8	*	-	*	-
IX	Controle	7,92	7,81	23	24	5,80	6,09	25,8	25,8	3,50	-	0,150	-
	PS-Q9	7,74	7,86	35	26	4,85	5,96	25,8	25,8	52,50	-	1,379	-
	PS-Q10	7,52	7,79	35	31	3,99	5,54	25,8	25,8	3,50	-	0,056	-
	PS-N1	7,75	7,93	36	26	4,41	5,62	25,8	25,8	5,25	-	0,141	-
	PS-C1	*	7,99	*	25	*	5,62	25,8	25,8	*	-	*	-
X	Controle	7,92	7,81	23	24	5,80	6,09	25,8	25,8	3,50	-	0,150	-
	PS-Q9	7,39	7,91	36	26	3,74	6,41	25,8	25,8	4,50	-	0,054	-
	PS-Q10	7,45	7,89	36	26	3,74	5,70	25,8	25,8	31,00	-	0,423	-
	PS-N1	7,68	8,02	36	26	4,25	5,91	25,8	25,8	4,25	-	0,098	-
	PS-C1	*	7,98	*	27	*	5,76	25,8	25,8	*	-	*	-

**Legenda:** Valor Acima do limite (0,8 mg/L) para *Leptocheirus plumulosus*

\* 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. Os valores obtidos até o momento estão dentro da faixa estabelecida para a aceitação dos resultados. Nas Figuras 17.4.3-1, 17.4.3-2, 17.4.3-3 e 17.4.3-4 são apresentadas a mortalidade total, com seus respectivos desvios-padrão, calculadas a partir dos dados de três réplicas para as amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, respectivamente.

Paralelamente aos testes com as amostras coletadas foi realizado um controle laboratorial. Os resultados obtidos para este 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 coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
			Mortos	Total				
Prévia	Controle	1	1	20	5	3	2,89	-
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			
	PS-Q9	1	3	20	15	22	11,55	Não Tóxico
		2	3	20	15			
		3	7	20	35			
	PS-Q10	1	0	20	0	33	32,53	Não Tóxico
		2	13	20	65			
		3	7	20	35			
	PS-N1	1	12	20	60	42	16,07	Não Tóxico
		2	7	20	35			
		3	6	20	30			
PS-C1	1	8	20	40	28	10,41	Não Tóxico	
	2	5	20	25				
	3	4	20	20				
I	Controle	1	0	20	0	5	5,00	-
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
	PS-Q9	1	0	20	0	8	7,64	Não Tóxico
		2	3	20	15			
		3	2	20	10			
	PS-Q10	1	0	20	0	3	5,77	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	0	20	0			
	PS-N1	1	1	20	5	2	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-C1	1	2	20	10	25	18,03	Não Tóxico
		2	4	20	20			
		3	9	20	45			
II	Controle	1	0	20	0	5	5,00	-
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
	PS-Q9	1	2	20	10	17	11,55	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	6	20	30			
	PS-Q10	1	3	20	15	18	10,41	Não Tóxico
		2	6	20	30			
		3	2	20	10			
	PS-N1	1	4	20	20	35	15,00	Não Tóxico
		2	7	20	35			
		3	10	20	50			
	PS-C1	1	1	20	5	3	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			

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

Campanha	Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
			Mortos	Total				
III	Controle	1	0	20	0	5	5,00	-
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
	PS-Q9	1	0	20	0	3	5,77	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	0	20	0			
	PS-Q10	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			
	PS-N1	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	0	20	0			
PS-C1	1	0	20	0	3	5,77	Não Tóxico	
	2	2	20	10				
	3	0	20	0				
IV	Controle	1	0	20	0	5	5,00	-
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
	PS-Q9	1	0	20	0	3	2,89	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	1	20	5			
	PS-Q10	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-N1	1	1	20	5	12	16,07	Não Tóxico
		2	6	20	30			
		3	0	20	0			
PS-C1	1	2	20	10	7	2,89	Não Tóxico	
	2	1	20	5				
	3	1	20	5				
V	Controle	1	0	20	0	8	7,64	-
		2	2	20	10			
		3	3	20	15			
	PS-Q9	1	0	20	0	3	5,77	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	0	20	0			
	PS-Q10	1	0	20	0	13	12,58	Não Tóxico
		2	5	20	25			
		3	3	20	15			
	PS-N1	1	0	20	0	12	12,58	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	5	20	25			
Controle	1	3	20	15	7	7,64	-	
	2	1	20	5				
	3	0	20	0				
PS-C1	1	1	20	5	7	2,89	Não Tóxico	
	2	2	20	10				
	3	1	20	5				

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

Campanha	Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
			Mortos	Total				
VI	Controle	1	1	20	5	3	2,89	-
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			
	PS-Q9	1	5	20	25	20	8,66	Não Tóxico
		2	5	20	25			
		3	2	20	10			
	PS-Q10	1	2	20	10	15	8,66	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	5	20	25			
	PS-N1	1	2	20	10	12	2,89	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	3	20	15			
PS-C1	1	1	20	5	10	5,00	Não Tóxico	
	2	2	20	10				
	3	3	20	15				
VII	Controle	1	1	20	5	3	2,89	-
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			
	PS-Q9	1	3	20	15	17	2,89	Não Tóxico
		2	3	20	15			
		3	4	20	20			
	PS-Q10	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-N1	1	0	20	0	18	16,07	Não Tóxico
		2	6	20	30			
		3	5	20	25			
PS-C1	1	3	20	15	7	7,64	Não Tóxico	
	2	0	20	0				
	3	1	20	5				
VIII	Controle	1	1	20	5	10	5,00	-
		2	2	20	10			
		3	3	20	15			
	PS-Q9	1	0	20	0	5	8,66	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	3	20	15			
	PS-Q10	1	3	20	15	8	5,77	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	1	20	5			
	PS-N1	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
PS-C1	1	0	20	0	28	40,72	Não Tóxico	
	2	2	20	10				
	3	15	20	75				

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

Campanha	Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
			Mortos	Total				
IX	Controle	1	1	20	5	10	5,00	-
		2	2	20	10			
		3	3	20	15			
	PS-Q9	1	6	20	30	28	7,64	Não Tóxico
		2	4	20	20			
		3	7	20	35			
	PS-Q10	1	12	20	60	60	25,00	Tóxico
		2	17	20	85			
		3	7	20	35			
	PS-N1	1	2	20	10	10	10,00	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	4	20	20			
PS-C1	1	3	20	15	10	5,00	Não Tóxico	
	2	1	20	5				
	3	2	20	10				
X	Controle	1	1	20	5	10	5,00	-
		2	2	20	10			
		3	3	20	15			
	PS-Q9	1	2	20	10	8	2,89	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
	PS-Q10	1	2	20	10	7	5,77	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	2	20	10			
	PS-N1	1	4	20	20	22	2,89	Não Tóxico
		2	5	20	25			
		3	4	20	20			
	PS-C1	1	6	20	30	22	10,41	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	5	20	25			

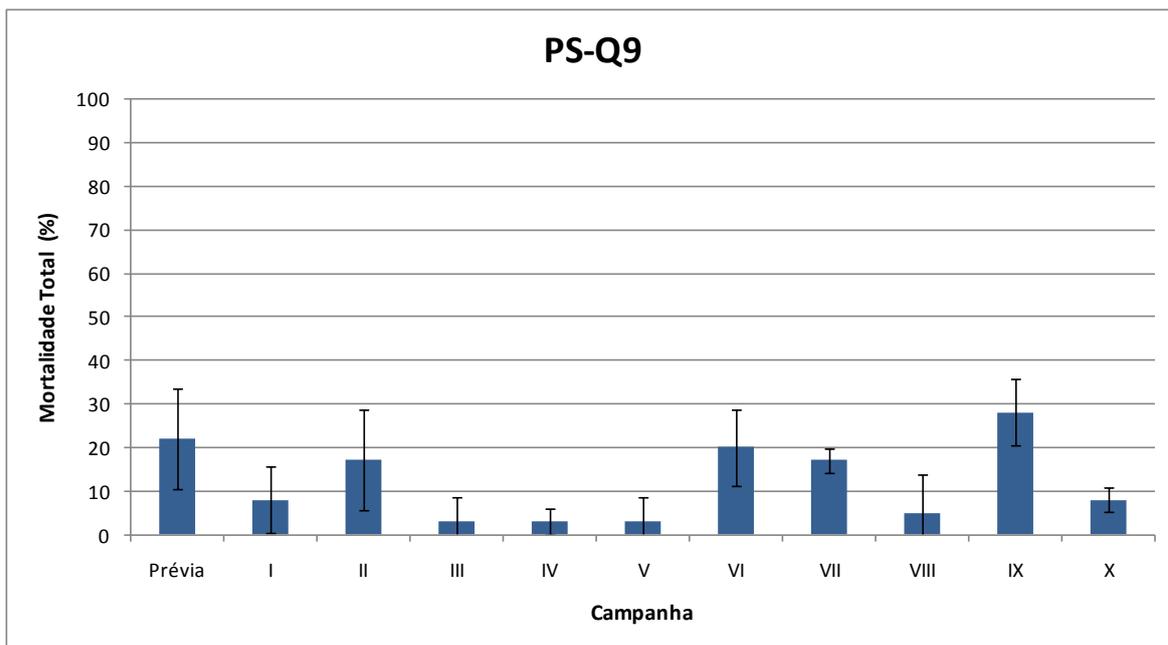


Figura 17.4.3-1. Mortalidade total (*Leptocheirus plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para a amostra PS-Q9 das campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

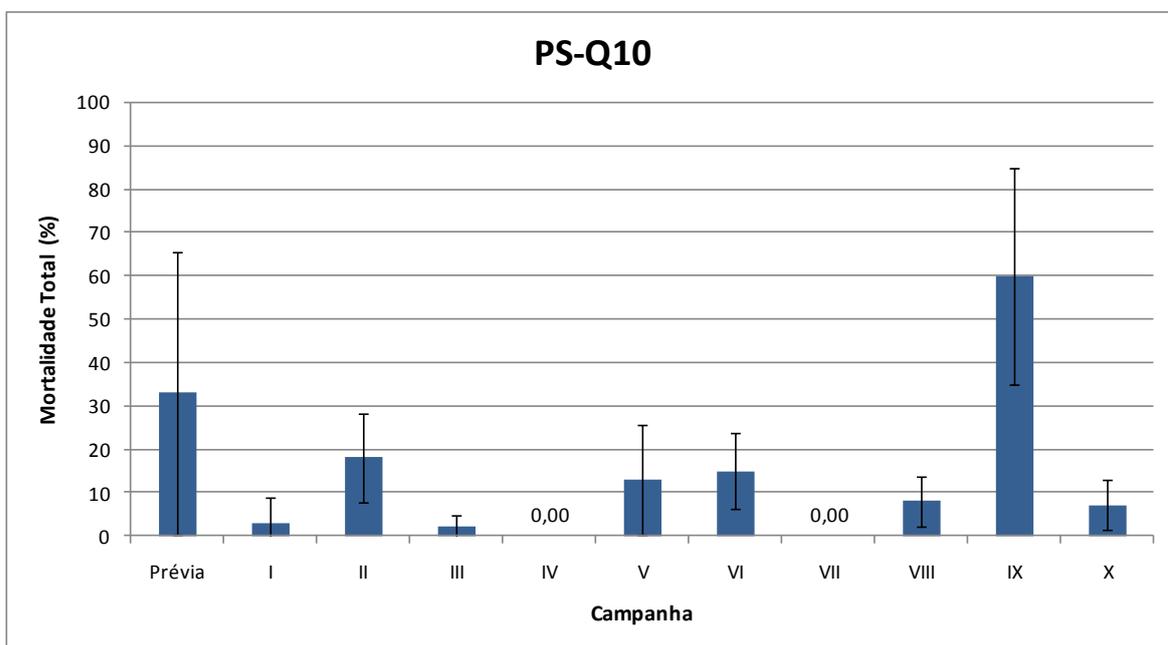


Figura 17.4.3-2. Mortalidade total (*Leptocheirus plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para a amostra PS-Q10 das campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

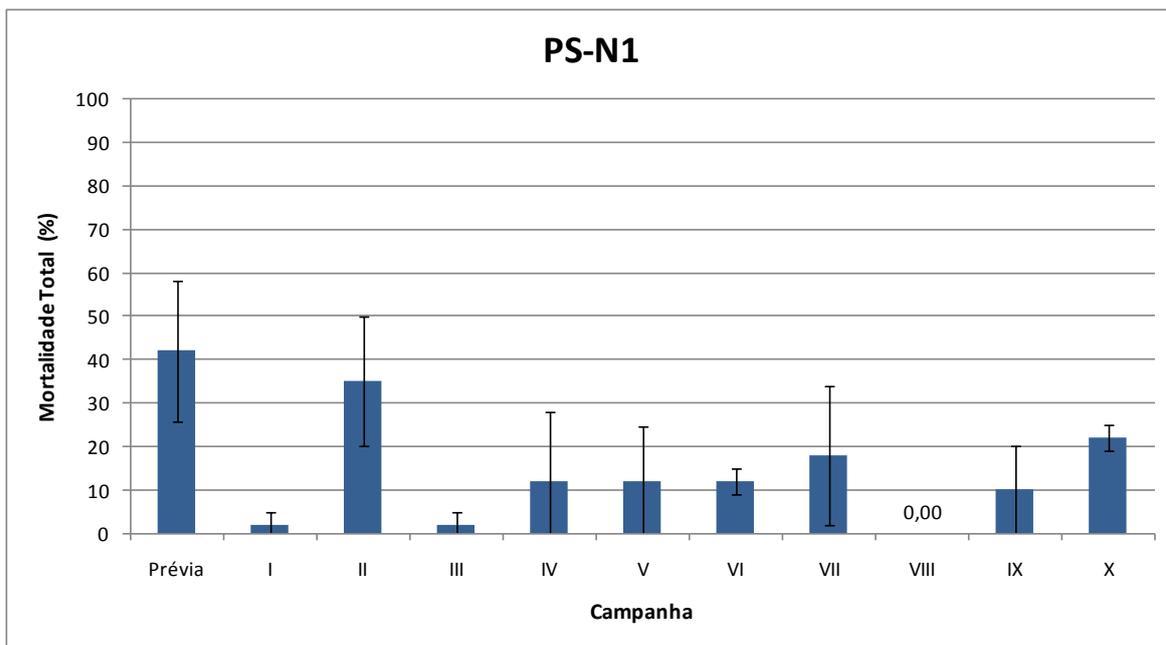


Figura 17.4.3-3. Mortalidade total (*Leptocheirus plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para a amostra PS-N1 das campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

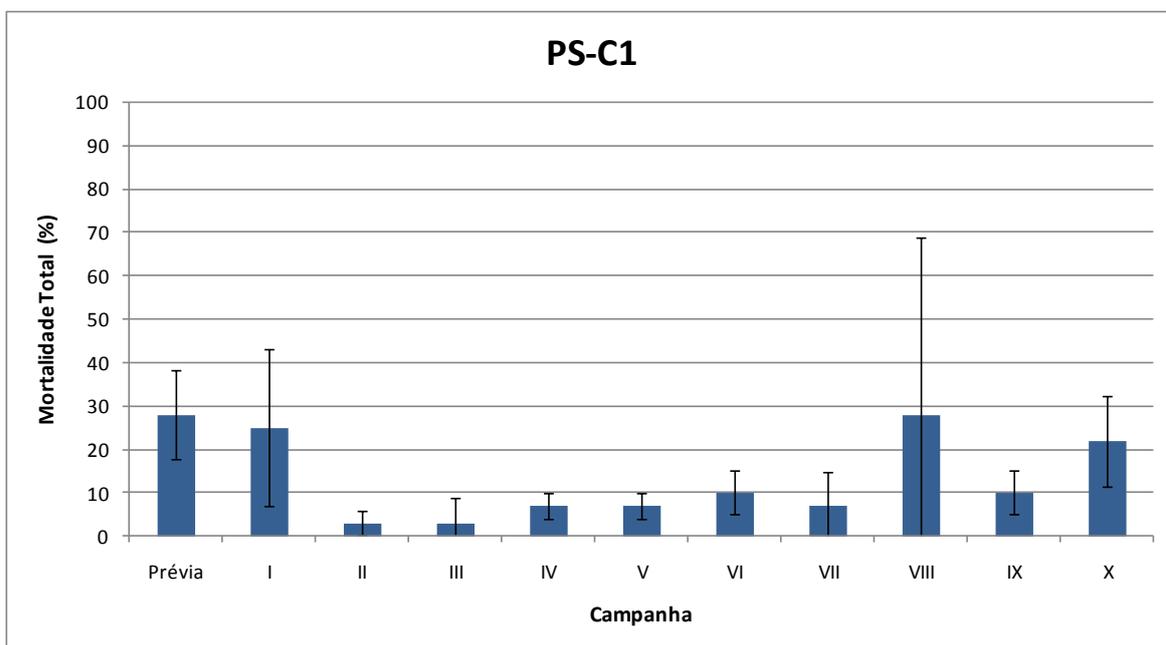


Figura 17.4.3-4. Mortalidade total (*Leptocheirus plumulosus*), com seus respectivos desvios-padrão, encontrada para a amostra PS-C1 das campanhas cujos resultados foram liberados até o momento.

- **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) obtida foi: 0,75 mg Zn/L (I.C.: 0,56 a 1,01 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou 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.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha I**

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 I 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) e respectivo intervalo de confiança obtidos foram: 0,81 mg Zn/L (I.C.: 0,57 a 1,16 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou 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.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha II**

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 II 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<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 96h) e respectivo intervalo de confiança obtidos foram: 0,81 mg Zn/L (I.C.: 0,57 a 1,16 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma CL<sub>50</sub>; 96h média de 0,72 mg Zn/L, com limites de controle (média ± 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.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha III**

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 III 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<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 96h) e respectivo intervalo de confiança obtidos foram: 0,81 mg Zn/L (I.C.: 0,57 a 1,16 mg Zn/L). A

carta-control de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou 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.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha IV**

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 IV 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) e respectivo intervalo de confiança obtidos foram: 0,81 mg Zn/L (I.C.: 0,57 a 1,16 mg Zn/L). A carta-control de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou 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.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha V**

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 V 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) e respectivos intervalos de confiança obtidos para as amostras PS-Q9, PS-Q10 e PS-N1 foram: 1,29 mg Zn/L (I.C.: 1,09 a 1,54 mg Zn/L) e para a amostra PS-C1 foram: 1,31 mg Zn/L (I.C.: 1,14 a 1,51 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou 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.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha VI**

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 VI 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) e respectivo intervalo de confiança obtidos foram: 0,65 mg Zn/L (I.C.: 0,51 a 0,83 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma  $CL_{50}$ ; 96h média de 0,72 mg Zn/L, com limites de controle (média  $\pm$  2 desvio padrão) de 0,51 a 0,83 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha VII**

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 VII 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) e respectivo intervalo de confiança obtidos para foram: 0,65 mg Zn/L (I.C.: 0,51 a 0,83 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma  $CL_{50}$ ; 96h média de 0,72 mg Zn/L, com limites de controle (média  $\pm$  2 desvio padrão) de 0,51 a 0,83 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha VIII**

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 VIII 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) e respectivo intervalo de confiança obtidos para foram: 0,83 mg Zn/L (I.C.: 0,70 a 0,98 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou 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.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

- **Campanha IX**

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que a amostra PS-Q10 apresentou toxicidade para *Leptocheirus plumulosus*, em comparação com o controle, após 10 dias de exposição. As demais amostras (PS-Q9, PS-N1 e PS-C1) não apresentaram toxicidade aguda para o mesmo organismo.

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) e respectivo intervalo de confiança obtidos para foram: 0,83 mg Zn/L (I.C.: 0,70 a 0,98 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou 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.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, o valor da amostra PS-Q9 esteve acima do limite de 0,8 mg/L que, isoladamente, pode causar efeito tóxico para *Leptocheirus plumulosus* (USEPA, 2001), entretanto tal interferente é menos sensível para este tipo de análise com o organismos em questão, não sendo registrado efeito ecotoxicológico para esta amostra.

- **Campanha X**

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 X 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) e respectivo intervalo de confiança obtidos para foram: 0,83 mg Zn/L (I.C.: 0,70 a 0,98 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou 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.

Quanto à concentração de amônia não ionizada da água intersticial no início do teste, os valores obtidos foram inferiores ao limite de 0,8 mg/L aceito para esta espécie (USEPA, 2001).

#### **17.4.4. Variação Espacial**

Nas Figuras 17.4.4-1, 17.4.4-2, 17.4.4-3, 17.4.4-4, 17.4.4-5, 17.4.4-6, 17.4.4-7, 17.4.4-8, 17.4.4-9, 17.4.4-10 e 17.4.4-11 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 as Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX e X, respectivamente. Nas figuras 17.4.4-12, 17.4.4-13 e 17.4.4-14 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato encontradas nos pontos de coleta durante as Campanhas XI, XII e XIII, respectivamente. E nas figuras 17.4.4-15 e 17.4.4-16 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio encontradas nos pontos de coleta durante as Campanhas XIV e XV.

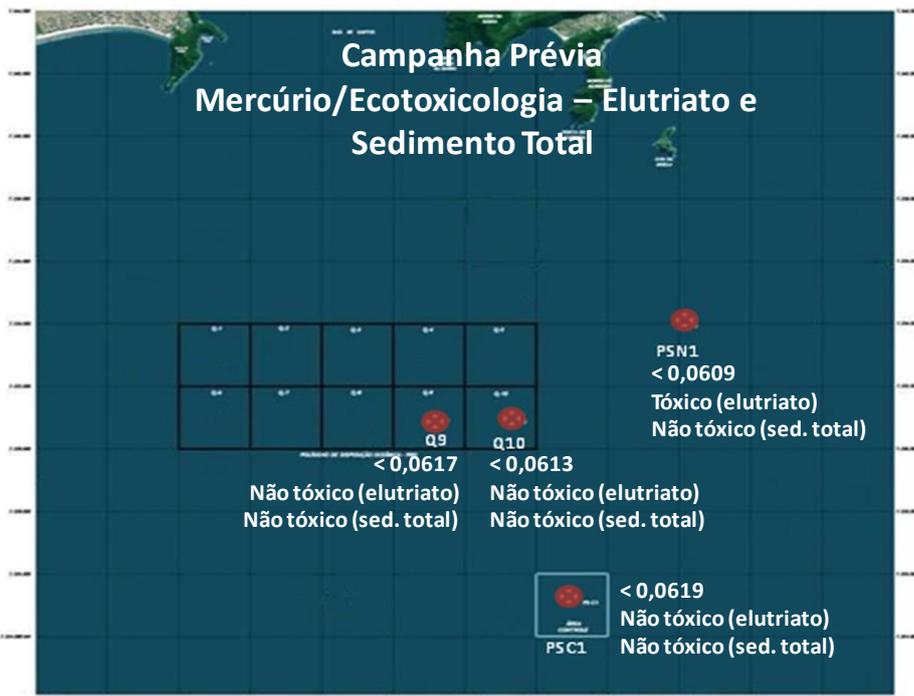


Figura 17.4.4-1. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha Prévia, realizada no dia 3 de fevereiro de 2011.

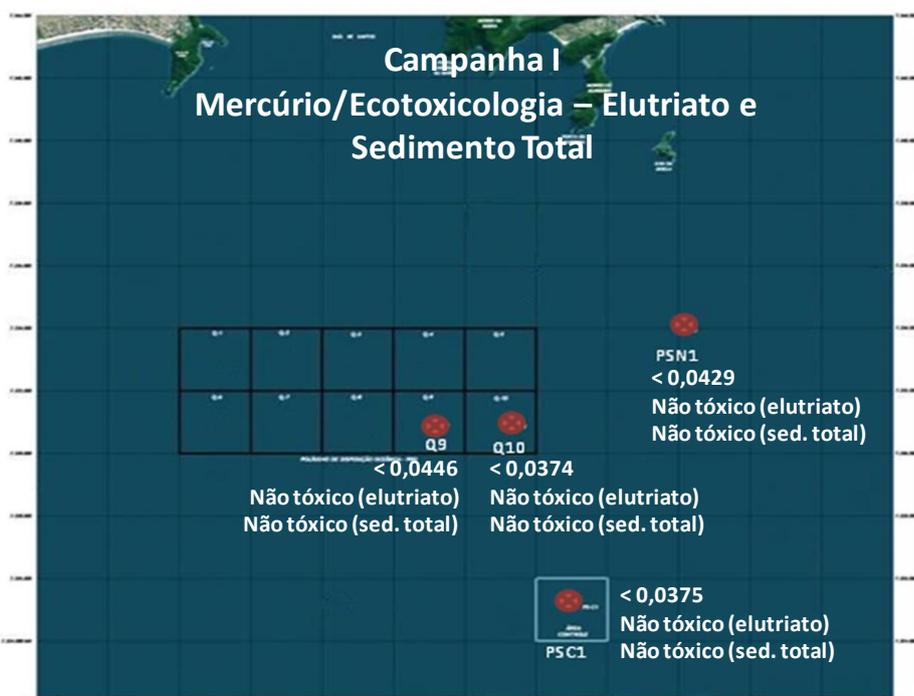


Figura 17.4.4-2. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha I, realizada no dia 24 de março de 2011.

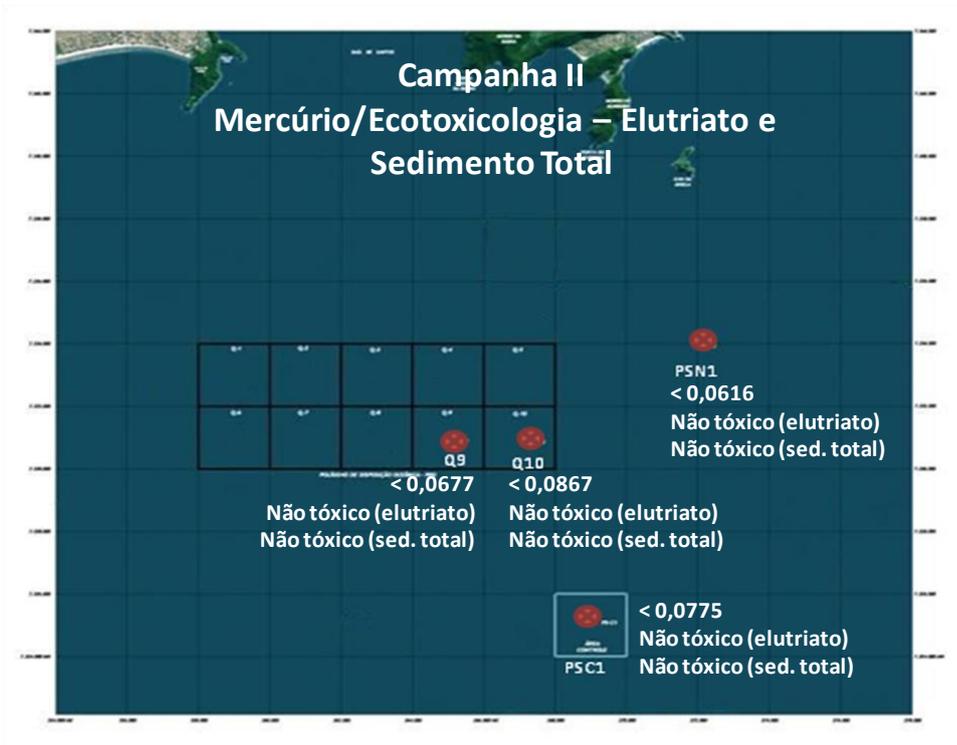


Figura 17.4.4-3. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha II, realizada no dia 1º de abril de 2011.

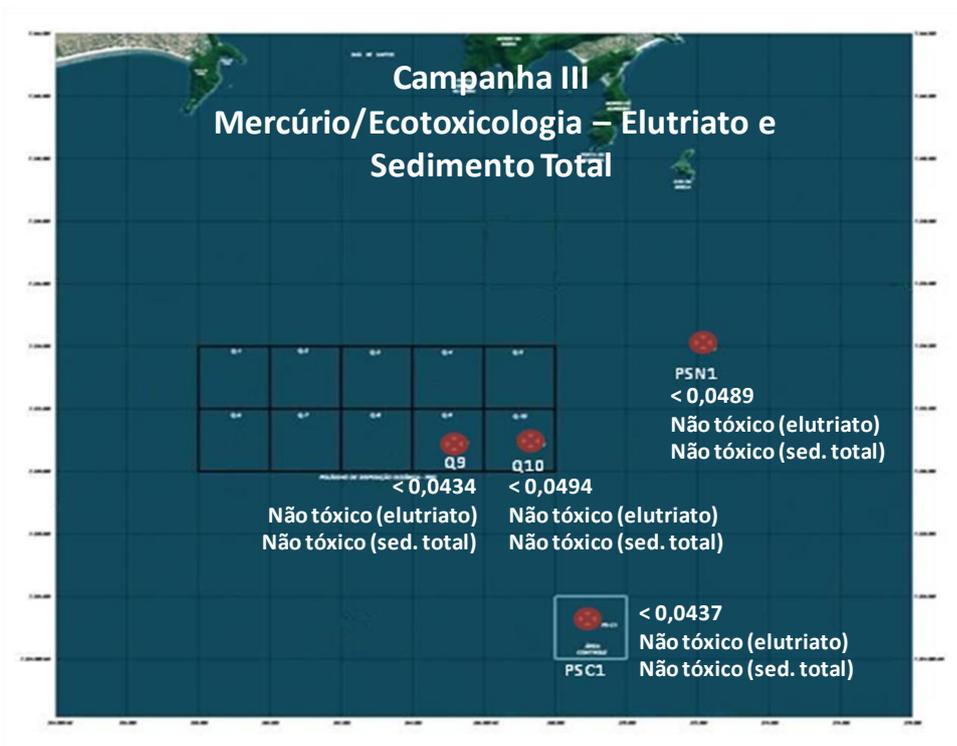


Figura 17.4.4-4. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha III, realizada no dia 7 de abril de 2011.

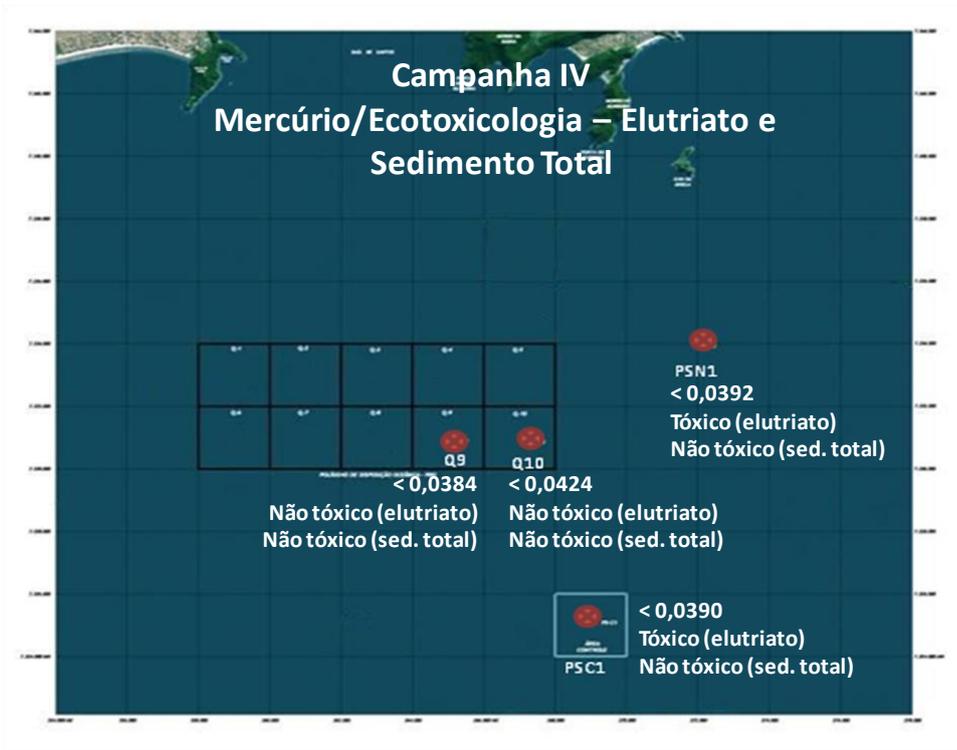


Figura 17.4.4-5. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha IV, realizada no dia 12 de abril de 2011.

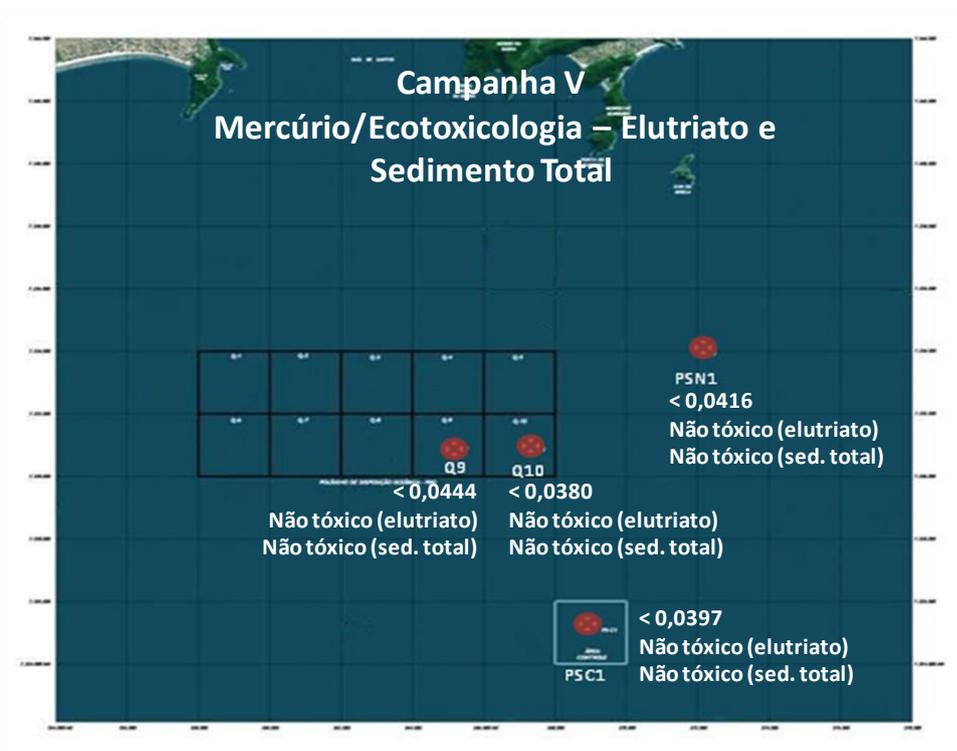


Figura 17.4.4-6. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha V, realizada no dia 18 de abril de 2011.

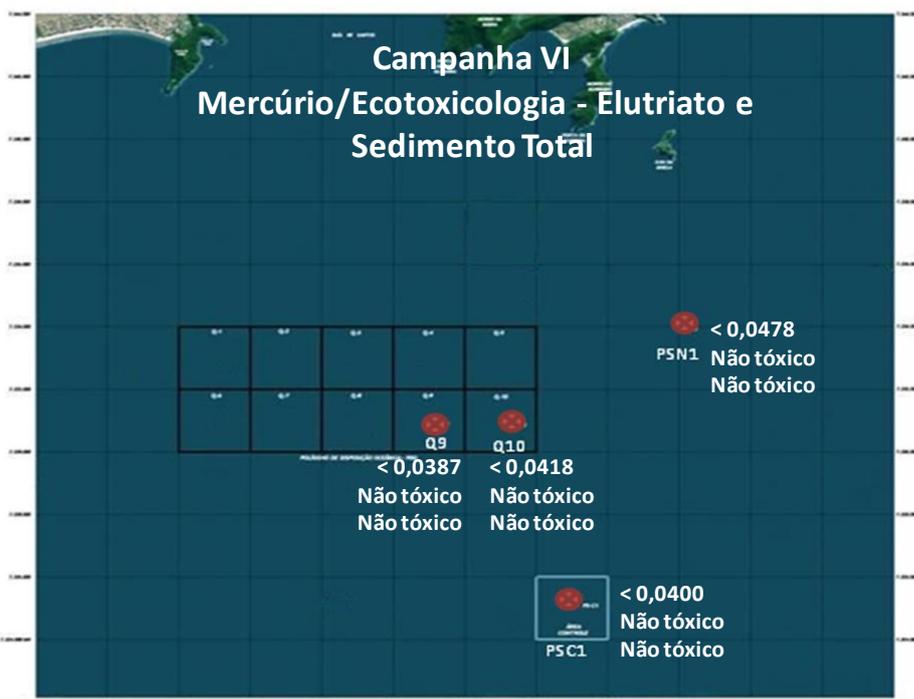


Figura 17.4.4-7. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha VI, realizada no dia 28 de abril de 2011.

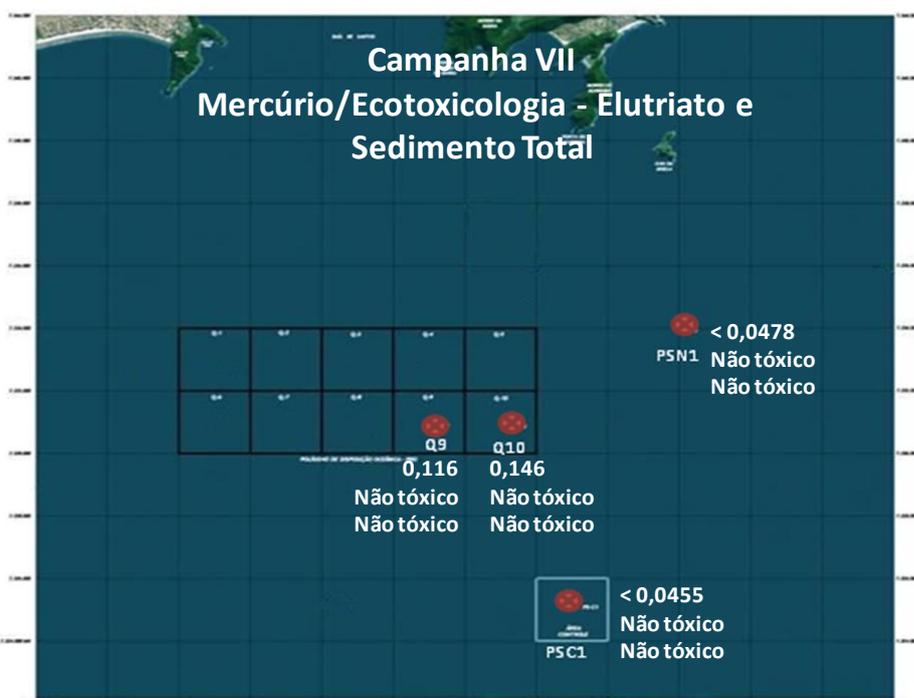


Figura 17.4.4-8. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha VII, realizada no dia 05 de maio de 2011.

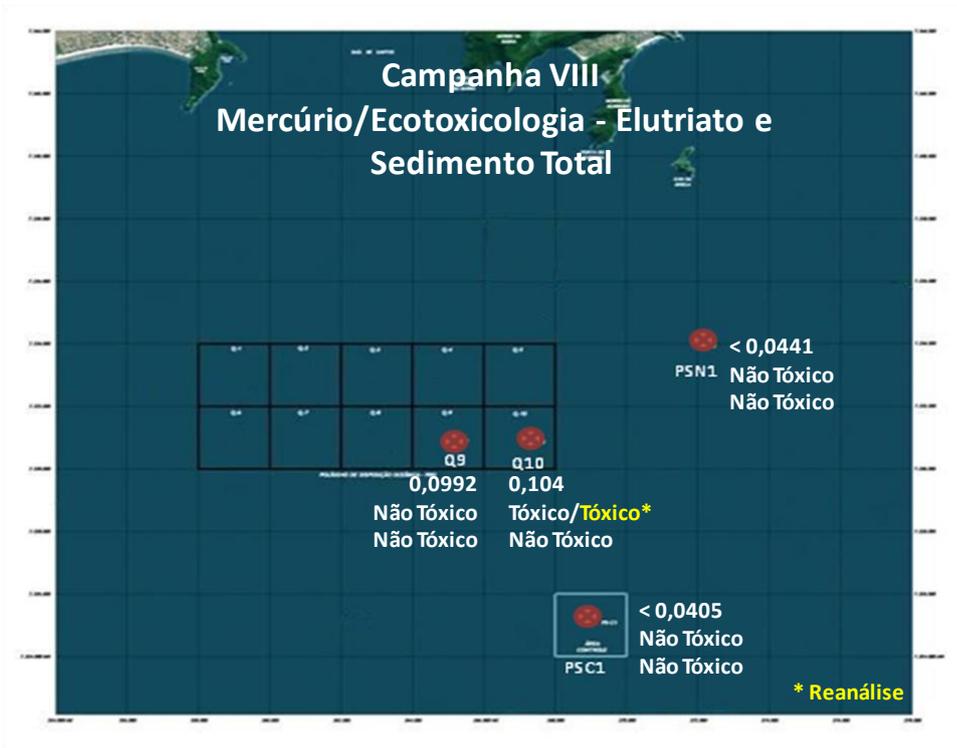


Figura 17.4.4-9. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha VIII, realizada no dia 09 de maio de 2011.

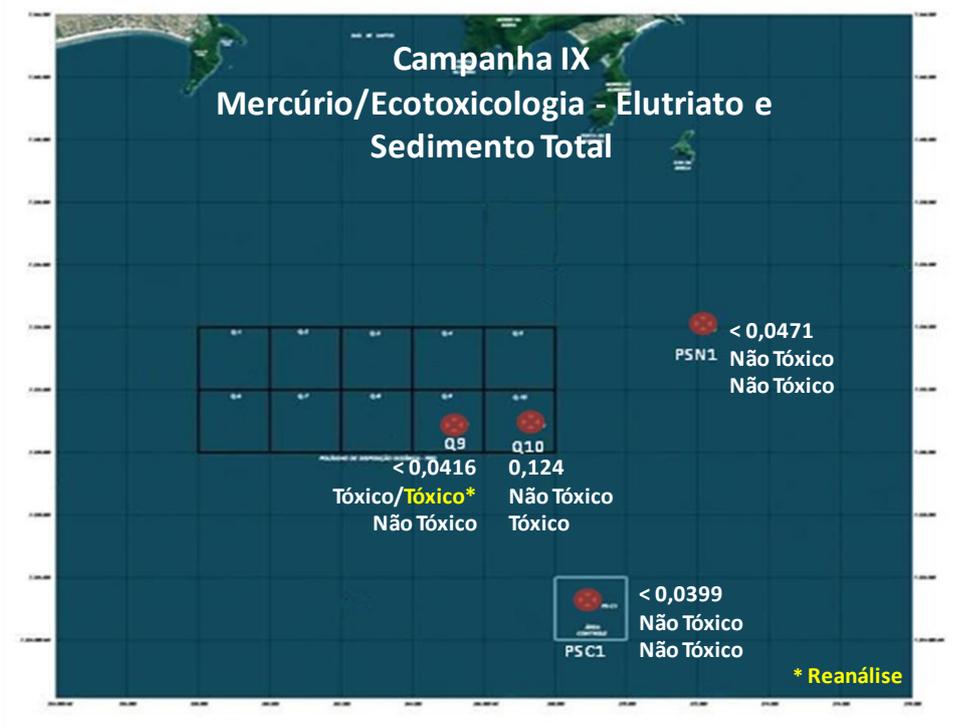


Figura 17.4.4-10. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha IX, realizada no dia 19 de maio de 2011.

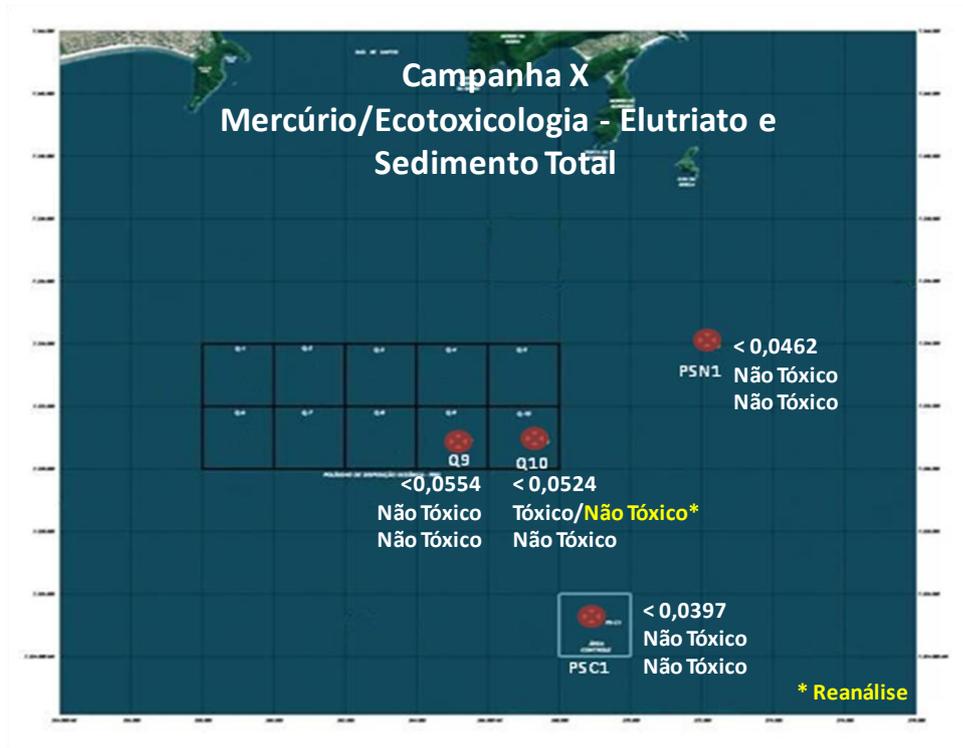


Figura 17.4.4-11. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha X, realizada no dia 24 de maio de 2011.

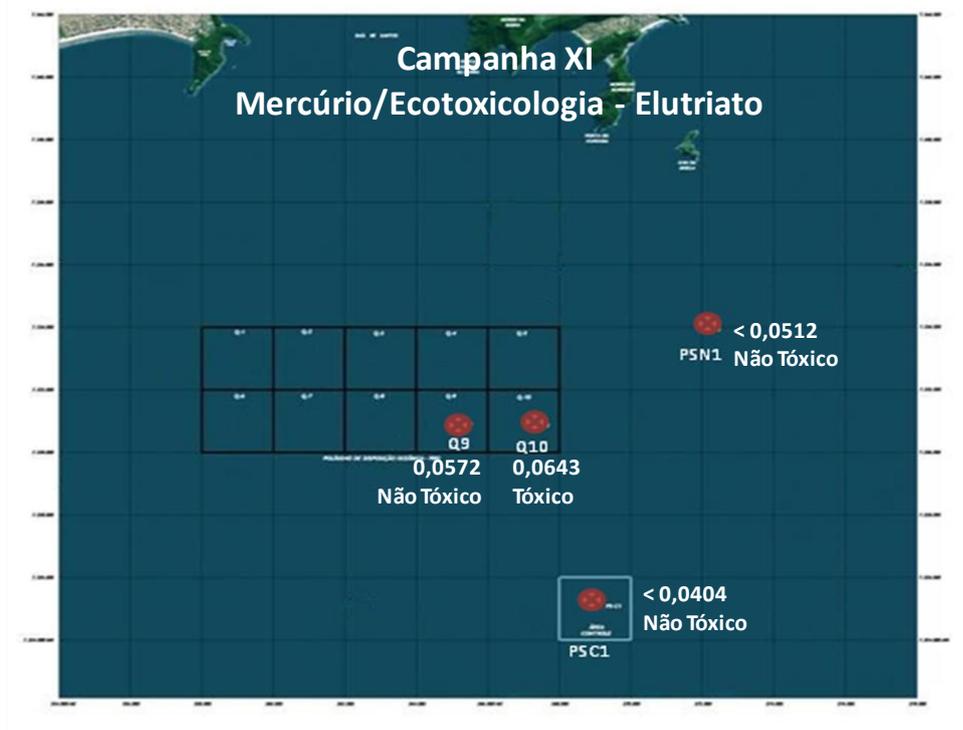


Figura 17.4.4-12. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha XI, realizada no dia 03 de junho de 2011.

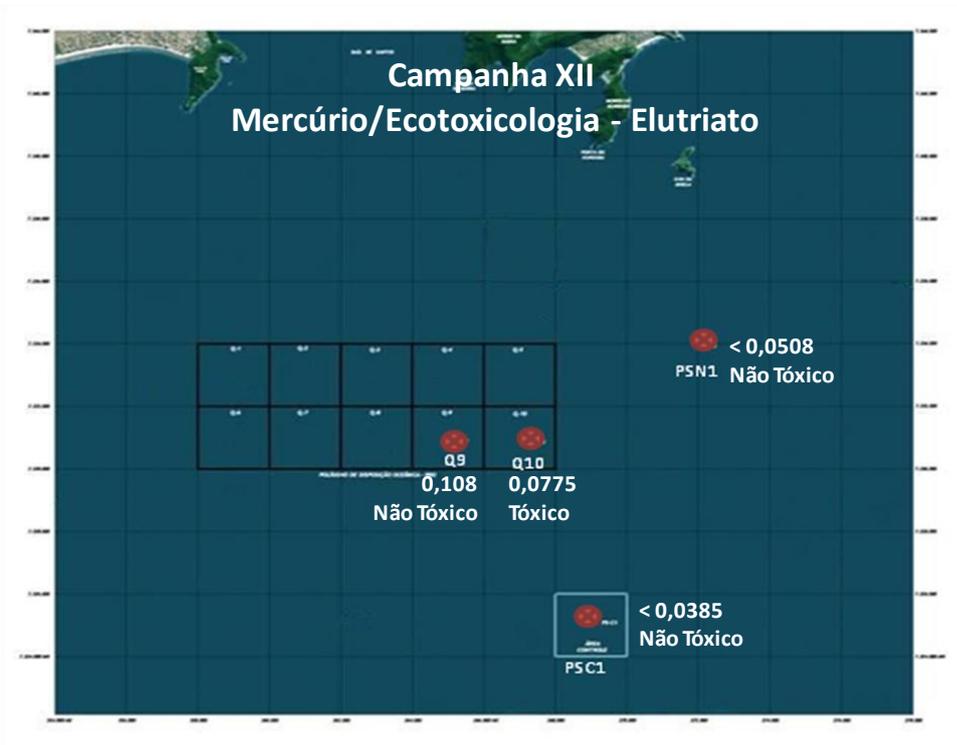


Figura 17.4.4-13. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha XII, realizada no dia 10 de junho de 2011.

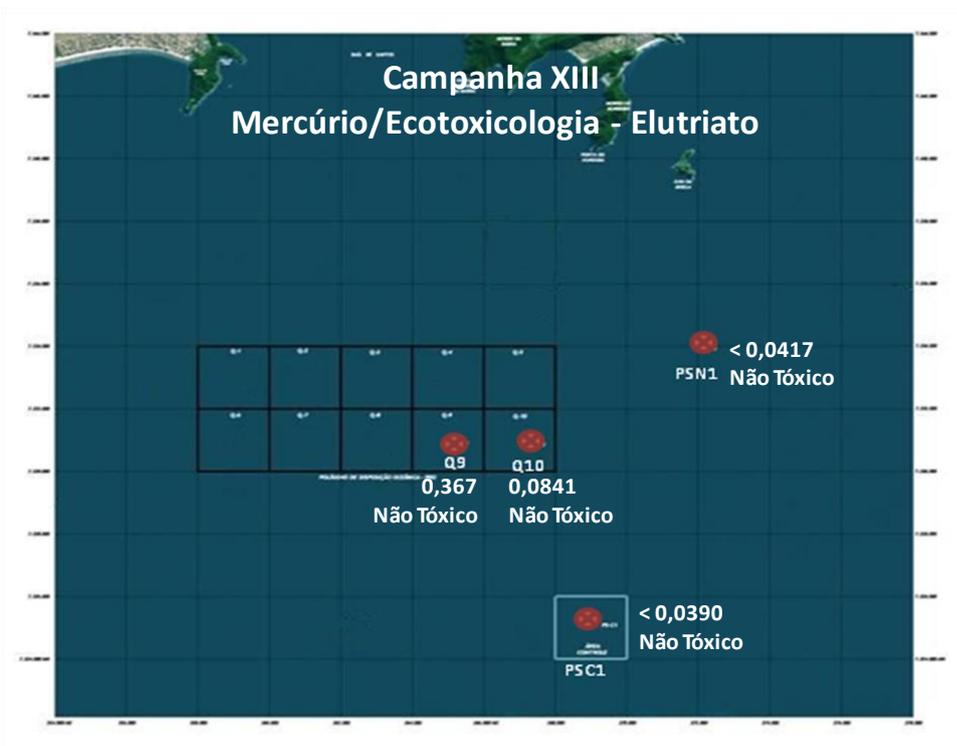


Figura 17.4.4-14. Variação espacial das concentrações de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha XIII, realizada no dia 17 de junho de 2011.

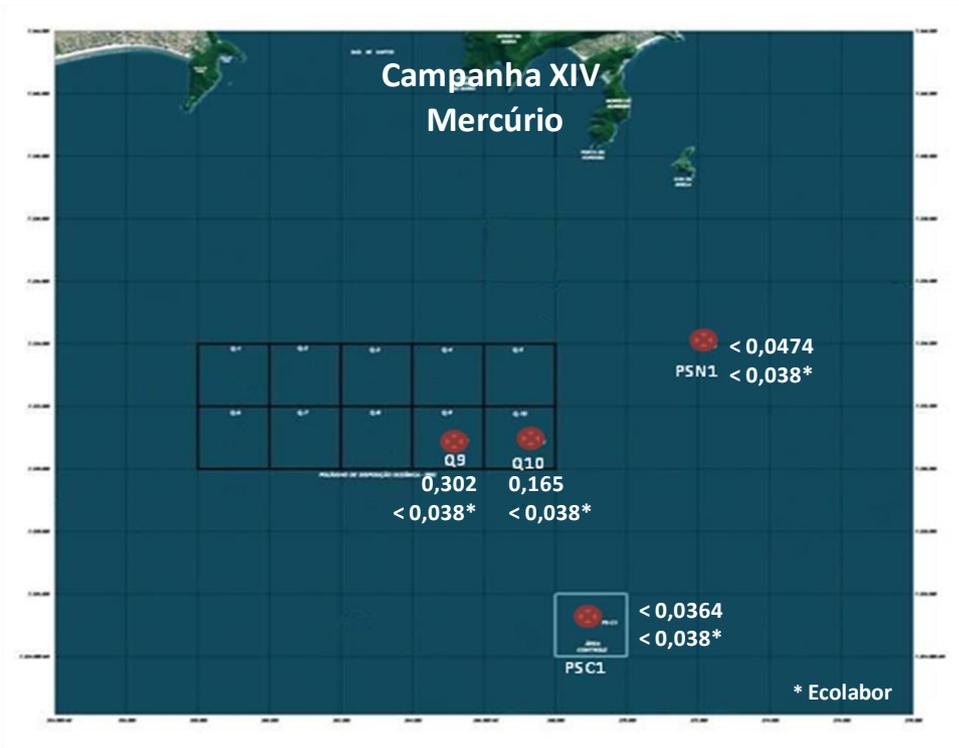


Figura 17.4.4-15. Variação espacial das concentrações de mercúrio, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha XIV, realizada no dia 24 de junho de 2011.

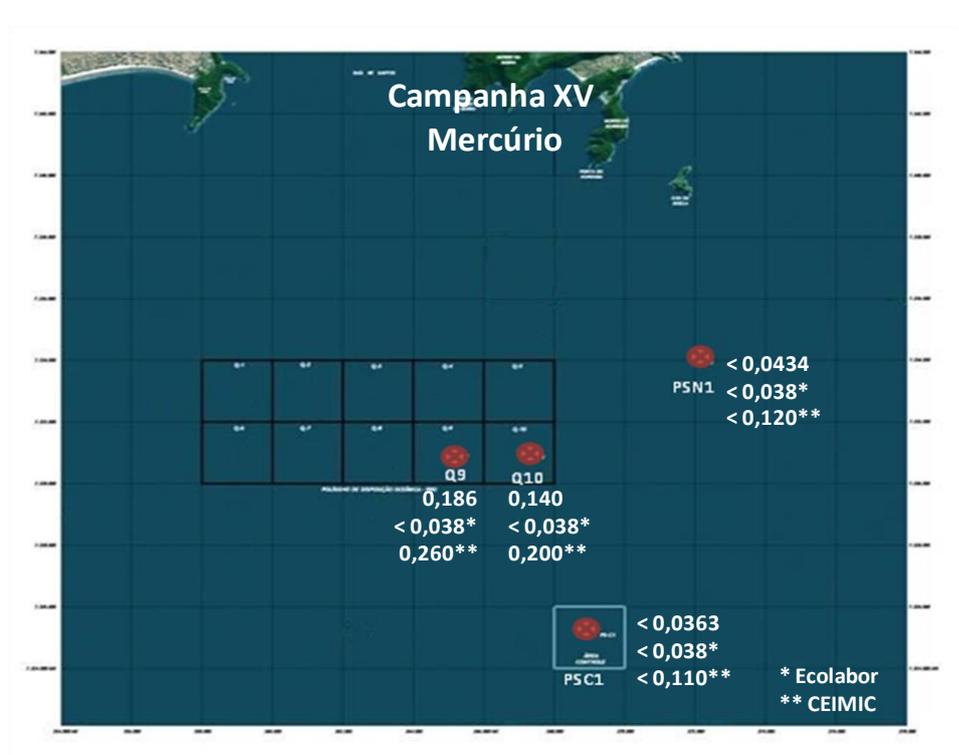


Figura 17.4.4-16. Variação espacial das concentrações de mercúrio, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha XV, realizada no dia 30 de junho de 2011.

### **17.5. Batimetrias do Trecho 4 e Volumes da Dragagem de Aprofundamento**

Avaliando as plantas dos levantamentos batimétricos produzidas antes e depois do início da dragagem no trecho 4, mais especificamente na sub-área 4-D, ou área AL1, percebe-se que o canal de navegação tornava-se mais raso a medida que adentrava ao estuário, cujas cotas no meio do canal apresentavam variações aproximadas entre -13,5 m na sua porção de jusante, chegando a até cerca de -10,5 m, com posterior aprofundamento para cotas de -12,5 m no trecho final de montante. Percebe-se também a ocorrência de zonas de alternância batimétricas ao longo de seções. (Planta Batimétrica de dezembro de 2010 - Anexo 17.9-20).

Comparando-se tais dados com o levantamento batimétrico realizado em junho de 2011 (Anexo 17.9-21), percebe-se que a dragagem parcial do trecho promoveu uma suavização das diferenças de cotas, atingindo cerca de -14,0 m em várias seções do trecho. Os gradientes até então observados desde o centro do canal foram adensados e restritos ao talude.

Assim, percebe-se que as zonas de montante sofreram aprofundamento relativo superior ao observado no início do trecho, ou seja, mesmo que o subtrecho 4D apresente a desejada batimetria homogênea, em sua porção mais de Sudeste foi dragado algo em torno de 1m, enquanto na porção de final, mais a Noroeste, aparentemente passou por uma dragagem que removeu uma coluna sedimentar de até 3 m. As ações da dragagem podem ser também observadas nas bases dos taludes.

A outra área do trecho 4 com sedimentos de pior qualidade, o subtrecho 4B (ou AL-2), já teve sua dragagem finalizada com a cota aproximada de -15,0 m atingida.

No que se refere à qualidade dos sedimentos de origem nesses locais, como já citado, com base nos dados de caracterização obtidos no processo de licenciamento da dragagem, percebe-se que o trecho 4 apresentou mosaico de qualidade do sedimento, tendo sido dividido em 4 subtrecho (4A, 4B, 4C e 4D), sendo a 4D (AL-1) e 4B (AL-2) indicadas como as áreas com sedimentos de pior

qualidade, enquanto demais apresentavam sedimento de boa qualidade, quando tomada a referência da Resolução CONAMA 344/2004.

As áreas tiveram os sedimentos caracterizados em superfície e subsuperfície. A área AL-1, a maior das duas e que ainda está em fase de dragagem, apresentou valores de Mercúrio em alguns pontos na ordem de 0,5 mg/kg. Já na área AL-2, cuja dragagem já encontra-se encerrada, apresentou valores superiores ao acima citado.

Com base no Cronograma de Dragagem apresentado pela SEP/Codesp, (Anexo 17.9-22), a partir do dia 30 de junho até 09 de agosto de 2011 a dragagem deverá ser assim desenvolvida:

- No Trecho 4C a draga *Hang Jun 5001* realizará ciclos diários de dragagem (com volumes estimados de 12.000 m<sup>3</sup> cada), e disposição na quadrícula **Q3** nos períodos de 30/junho a 11/julho; 14 a 18/julho; 21 a 25/julho; 28 a 30/julho; e de 07 a 09/agosto. Nos dias 13, 20 e 27 de julho a *Hang Jun 5001* fará a disposição na quadrícula **Q9**; e nos dias 12, 19 e 26 de julho; e 03, 05 de agosto na quadrícula **Q10**. O volume total a ser dragado e disposto neste período foi estimado em 456.000 m<sup>3</sup>.
- No Trecho 4C a draga *Xin Hai Hu* realizará ciclos diários de dragagem (com volumes estimados de 18.000 m<sup>3</sup> cada), e disposição na quadrícula **Q3** nos períodos de 30/junho a 01 de julho; 12 a 14/julho; 19 a 21/julho e 26 a 28/julho, totalizando 198.000 m<sup>3</sup> de sedimento.
- No Trecho 4D, na porção com sedimento de melhor qualidade, a draga *Xin Hai Hu* realizará ciclos diários de dragagem (com volumes estimados de 18.000 m<sup>3</sup> cada), e disposição na quadrícula **Q3** nos dias 02 a 07 de julho, totalizando 108.000 m<sup>3</sup> de sedimento neste período.
- No Trecho 4D, na porção com sedimento de pior qualidade, a draga *Xin Hai Hu* realizará ciclo diários de dragagem (com volumes estimados sem o *overflow* de 12.000 m<sup>3</sup> cada), e disposição na quadrícula **Q9** nos dias 09 e 11/julho; 16 e 18/julho; 23 e 25/julho; 30/julho e 01/agosto; e na quadrícula **Q10** nos dias 08 e 10/julho; 15 e 17/julho; 22 e 24/julho; e 29 e 31/julho;

totalizando 192.000 m<sup>3</sup> de sedimento. Neste mesmo trecho, a draga *Hang Jun 5001* realizará ciclos diários de dragagem (com volumes estimados sem o *overflow* de 6.000 m<sup>3</sup> cada), e disposição na quadrícula **Q9** no dia 01/agosto e na quadrícula **Q10** nos dias 31/julho e 02/agosto; totalizando 18.000 m<sup>3</sup> de sedimentos de pior qualidade.

No Anexo 17.9-23 é apresentada uma planilha ainda em fase de validação, mas já com informações dos volumes dragados do Trecho 4, de 1 de fevereiro a 23 de junho de 2011, apresentados pela SEP/CODESP. As Tabelas 17.5-1 e 17.5-2 e Figuras 17.5-1 e 17.5-2 apresentam as informações fornecidas pela SEP/Codesp sobre os volumes dragados semanalmente em cada subtrecho do Trecho 4, e dispostos nas quadrículas Q9 e Q10 no período compreendido entre 16 de março a 28 de junho de 2011. Pode-se observar também, os volumes de sedimento de melhor qualidade dispostos simultaneamente nas quadrículas Q9 e Q10, para o recobrimento do sedimento de pior qualidade. Ao longo da dragagem deste trecho foi realizada coleta semanal de amostras de sedimento para o monitoramento intensivo, cujos resultados serão aqui apresentados.

Tabela 17.5-1. Volumes de sedimento dragado semanalmente no Trecho 4 e dispostos na quadrícula Q9 e avaliados no monitoramento intensivo.

Semana	Data da Coleta do Monitoramento Intensivo	Volume de sedimento de <b>pior qualidade</b> dragado por Subtrecho e disposto em <b>Q-09</b>			Volume de sedimento de <b>melhor qualidade</b> dragado por Subtrecho e disposto em <b>Q-09</b>			
		4B	4D	Total	4A	4C	4D	Total
16 a 22/03	24/mar	72.496,20		<b>72.496,20</b>				<b>0,00</b>
23 a 29/03	01/abr			<b>0,00</b>				<b>0,00</b>
30/03 a 05/04	07/abr			<b>0,00</b>				<b>0,00</b>
06 a 12/04	12/abr			<b>0,00</b>				<b>0,00</b>
13 a 19/04	18/abr			<b>0,00</b>				<b>0,00</b>
20 a 26/04	28/abr			<b>0,00</b>		31.064,40	31.092,60	<b>62.157,00</b>
27/04 a 03/05	05/mai	7.835,10	50.468,40	<b>58.303,50</b>		10.098,45		<b>10.098,45</b>
04 a 10/05	09/mai		5.268,60	<b>5.268,60</b>		28.977,30	35.730,20	<b>64.707,50</b>
11 a 17/05	19/mai	57.847,30		<b>57.847,30</b>		5.190,75		<b>5.190,75</b>
18 a 24/05	24/mai		20.563,65	<b>20.563,65</b>		2.265,75	25.933,60	<b>28.199,35</b>
25 a 31/05	03/jun		125.796,60	<b>125.796,60</b>		37.745,55		<b>37.745,55</b>
01 a 07/06	10/jun			<b>0,00</b>		25.947,00	77.160,60	<b>103.107,60</b>
08 a 19/06	17/jun		26.050,05	<b>26.050,05</b>		70.824,60	50.353,60	<b>121.178,20</b>
15 a 21/06	24/jun			<b>0,00</b>		39.351,60	12.931,05	<b>52.282,65</b>
22 a 28/06	30/jun	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 17.5-2. Volumes de sedimento dragado semanalmente no Trecho 4 e dispostos na quadrícula Q10 e avaliados no monitoramento intensivo.

Semana	Data da Coleta do Monitoramento Intensivo	Volume de sedimento de <b>pior qualidade</b> dragado por Subtrecho e disposto em <b>Q-10</b>			Volume de sedimento de <b>melhor qualidade</b> dragado por Subtrecho e disposto em <b>Q-10</b>			
		4B	4D	Total	4A	4C	4D	Total
16 a 22/03	24/mar	88.261,60		<b>88.261,60</b>				<b>0,00</b>
23 a 29/03	01/abr	56.249,90		<b>56.249,90</b>	5.398,65			<b>5.398,65</b>
30/03 a 05/04	07/abr			<b>0,00</b>				<b>0,00</b>
06 a 12/04	12/abr			<b>0,00</b>				<b>0,00</b>
13 a 19/04	18/abr			<b>0,00</b>		23.230,80		<b>23.230,80</b>
20 a 26/04	28/abr			<b>0,00</b>		109.709,10		<b>109.709,10</b>
27/04 a 03/05	05/mai			<b>0,00</b>				<b>0,00</b>
04 a 10/05	09/mai			<b>0,00</b>				<b>0,00</b>
11 a 17/05	19/mai			<b>0,00</b>			52.406,20	<b>52.406,20</b>
18 a 24/05	24/mai		47.467,35	<b>47.467,35</b>			31.711,90	<b>31.711,90</b>
25 a 31/05	03/jun		63.355,50	<b>63.355,50</b>		20.332,35		<b>20.332,35</b>
01 a 07/06	10/jun		90.052,65	<b>90.052,65</b>		27.216,00		<b>27.216,00</b>
08 a 19/06	17/jun		5.284,80	<b>5.284,80</b>		22.064,85	25.814,80	<b>47.879,65</b>
15 a 21/06	24/jun			<b>0,00</b>		14.697,45	116.029,10	<b>130.726,55</b>
22 a 28/06	30/jun	-	-	-	-	-	-	-

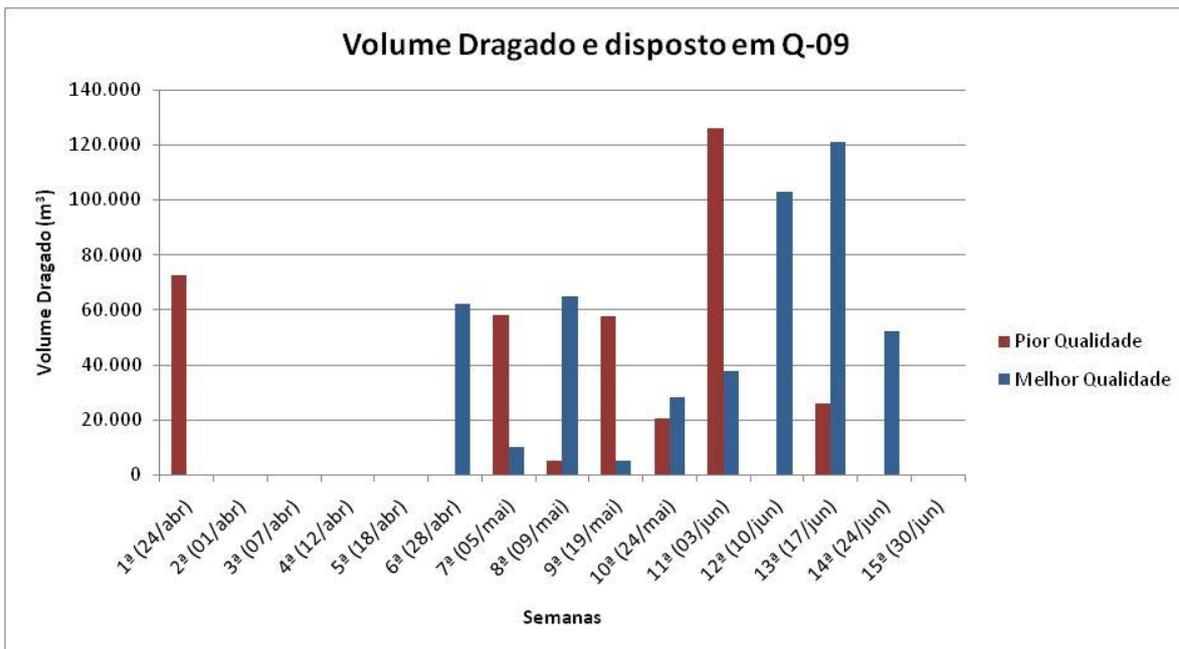


Figura 17.5-1. Volumes de sedimento dragado semanalmente no Trecho 4 e dispostos na quadrícula Q9 e avaliados no monitoramento intensivo.

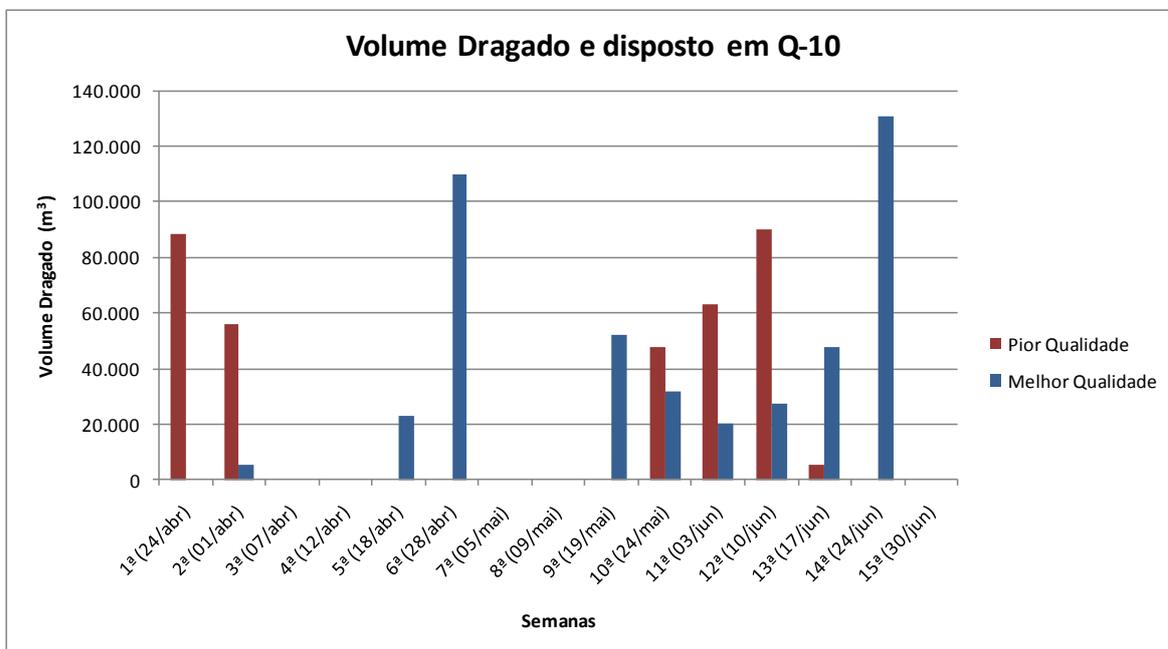


Figura 17.5-2. Volumes de sedimento dragado semanalmente no Trecho 4 e dispostos na quadrícula Q10 e avaliados no monitoramento intensivo.

A tabela 17.5-3, construída a partir dos dados fornecidos pela SEP/Codesp, apresenta os volumes já dragados em cada subtrecho do Trecho 4 e os volumes que ainda faltam para ser dragados. Observa-se que, do total de sedimento do Trecho 4, 76,3% já foram dragados, restando 23,7% para finalizar o previsto inicialmente para a obra. A dragagem nos subtrechos 4 A e 4 B já foi finalizada, restando 28,1% do subtrecho 4 C e 19% do subtrecho 4 D de melhor qualidade e 32,6% de pior qualidade.

Tabela 17.5-3. Volumes totais dragados e a serem dragados nos subtrechos do Trecho 4.

Trecho	Dragado		A ser Dragado		Volume Total
	Volume (m <sup>3</sup> )	%	Volume (m <sup>3</sup> )	%	
4 A	277.681,95	100	0	0	<b>277.681,95</b>
4 B	290.748,50	100	0	0	<b>290.748,50</b>
4 C	1.673.756,55	71,9	654.000,00	28,1	<b>2.327.756,55</b>
4 D boa qualidade	459.163,50	81,0	108.000,00	19,0	<b>567.163,50</b>
4 D pior qualidade	434.307,60	67,4	210.000,00	32,6	<b>644.307,60</b>
<b>Volume Total</b>	<b>3.135.658,10</b>	<b>76,3</b>	<b>972.000,00</b>	<b>23,7</b>	<b>4.107.658,10</b>

Considerando o volume total de 935.056,1 m<sup>3</sup> de sedimento de pior qualidade inicialmente presentes nos subtrechos 4B e 4D, verifica-se que 77,5% desse já foram dragados e dispostos no PDO, restando 22,5% (Figura 17.5-1 e Tabela 17.5-4).

## Volume de pior Qualidade

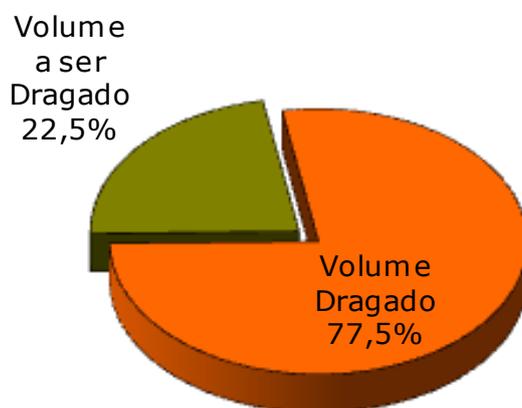


Figura 17.5-1. Distribuição do volumes de pior qualidade do Trecho 4 dragados e a serem dragados

Tabela 17.5-4. Volumes de pior qualidade do Trecho 4 dragados e a serem dragados.

<b>Volume Total de pior qualidade</b>	935.056,1 m <sup>3</sup>
<b>Volume Dragado de pior qualidade</b>	725.056,1 m <sup>3</sup>
<b>Volume a ser dragado de pior qualidade</b>	210.000 m <sup>3</sup>
<b>Porcentagem a ser dragado</b>	22,5%

## 17.6. Considerações Finais

As atividades realizadas neste período contemplam as Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV e XV do 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 Campanhas Prévia, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI e XII as concentrações de mercúrio apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método na maioria das amostras, com exceção dos pontos PS-Q9, das Campanhas VII, VIII, XI e XII, e PS-Q10, das Campanhas VII, VIII, IX, XI e XII. Entretanto os valores encontrados apresentaram concentrações abaixo do nível 1 estabelecido pela Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004).

Na amostra PS-Q9 da Campanha XIII, amostras PS-Q9 e PS-Q10 da Campanha XIV e amostra PS-Q9 da campanha XV, o mercúrio apresentou concentração acima do nível 1 estabelecido pela resolução citada acima. Na amostra PS-Q10 da Campanha XIII o mercúrio foi quantificado, porém abaixo do valor alerta (nível 1) e nas amostras PS-N1 e PS-C1 das Campanhas XIII, XIV e XV, o mercúrio apresentou concentrações abaixo do limite de quantificação do método.

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. As considerações apresentadas no 4º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos buscaram trazer entendimento aos fatos. Além disto, os resultados das análises ecotoxicológicas no sedimento total, para estas campanhas (Campanha Prévia e Campanha IV), não apresentaram toxicidade aguda para *Leptocheirus plumulosus*.

Além das amostras PS-N1 da Campanha Prévia e PS-N1 e PS-C1 da Campanha IV, foi observado efeito tóxico para *Lytechinus variegatus*, nos pontos PS-Q9 da Campanha IX e PS-Q10 das Campanhas VIII, X, XI e XII. Tal efeito tóxico esteve relacionado com as altas concentrações de amônia não ionizada

encontradas nessas amostras. Nas demais campanhas não foram observados efeitos ecotoxicológicos para nenhum outro ponto de coleta.

Os resultados das análises ecotoxicológicas no sedimento total apresentaram toxicidade apenas em uma amostra (PS-Q10) da Campanha IX. As demais Campanhas (Prévia, I, II, III, IV, V, VI VII, VIII e X) não apresentaram toxicidade crônica para *Leptocheirus plumulosus*.

As amostras de sedimento coletadas para os ensaios ecotoxicológicos no elutriato das Campanhas XIV e XV e para os ensaios ecotoxicológicos no sedimento total das Campanhas XI, XII, XIII, XIV e XV foram enviadas para os laboratórios responsáveis e os resultados serão apresentados em relatórios futuros.

Até o momento foram apresentados os resultados de mercúrio de 76 amostras, considerando as 16 campanhas (Campanha Prévia até a Campanha XV), inclusive as realizadas em diferentes laboratórios. Desse total, apenas 6 amostras (7,89% - PS-Q9, da Campanha XIII, XIV e XV e PS-Q10 da Campanha XIV), registraram concentração de mercúrio acima do nível 1, estabelecido pela Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004).

Do total de 103 amostras, considerando os resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato de 14 campanhas (Campanha Prévia até a Campanha XIII), mais as 3 reanálises realizadas nas amostras PS-Q9 (Campanha IX) e PS-Q10 (Campanhas VIII e X) e no sedimento total de 11 campanhas (Campanha Prévia até a Campanha X), 11 amostras apresentaram toxicidade, ou seja, 10,68%. Entretanto, vale ressaltar que o efeito tóxico de ambas as análises (no elutriato e sedimento total) não foi observado em uma mesma amostra, não se mostra correlacionada aos valores de mercúrio e estavam influenciadas por interferentes (amônia).

Para as amostras cujas concentrações de mercúrio apresentaram valores acima de nível 1 foram liberados pelo laboratório responsável os resultados dos ensaios ecotoxicológicos em elutriato da Campanha XIII, coletada no dia 17 de junho. Nesta Campanha não foi registrado efeito ecotoxicológico em nenhum ponto de coleta. Esses resultados corroboram o que vários autores tem reportado

em trabalhos científicos, onde mostram baixa correlação entre concentração de mercúrio e resultados de ensaios ecotoxicológicos em amostra de sedimentos estuarinos e marinhos, principalmente na faixa de concentração dos níveis 1 e 2 da Res. CONAMA 344/04.

Os outros resultados dos ensaios ecotoxicológicos, cujas concentrações de mercúrio apresentaram valores acima de nível 1, ainda não foram liberados pelos laboratórios responsáveis, devido a diferença de tempo necessária para a realização das análises.

MacDonald *et al* (1996) já citava a baixa confiabilidade dos índices TEL e PEL para alguns metais, incluindo o mercúrio, no que se refere a previsão de efeitos.

Em uma avaliação ecotoxicológica com sedimentos contaminados com mercúrio em região estuarina da Louisiana, Sferra *et al* (1999) sugere que quando observado efeito ecotoxicológico, esse não foi atribuído ao mercúrio. O trabalho avaliou diluições seriadas do sedimento, não indicando efeitos ecotoxicológicos em amostras com até 2,8 mg/Kg de mercúrio. Mesmo acima deste valor, o efeito foi mínimo, com sobrevivências entre 70% a 80% em relação ao controle. O trabalho cita que o limiar de efeito para anfípodas (*Leptocheirus plumulosus*) está acima de 4,1 mg/Kg de mercúrio pelas amostras avaliadas. O mesmo autor informa que as diretrizes de qualidade de sedimentos indicam uma faixa que varia, para mercúrio, de 0,13 mg/kg (MacDonald, 1994) a 2 mg/kg (Jaagumagi 1993). Estas referências são baseadas em compilações de dados associando concentrações de mercúrio com medidas de toxicidade e que seu sucesso em prever toxicidade de sedimentos não é elevado.

Os dados utilizados por MacDonald (1994) para gerar as referências de concentração e efeitos ecotoxicológicos em sedimentos, inclui estudos em que as concentrações de mercúrio foi da ordem de 254 mg/kg em sedimento sem gerar efeitos (Salazar *et al.* 1980), podendo indicar assim, pequena capacidade de previsão de efeitos com base em concentrações médias do mercúrio. Tal fato pode se dar pelas características específicas do sedimento, do mercúrio ou até mesmo da sinergia entre compostos, podendo refletir a baixa fração biodisponível do mercúrio total analisado (Sferra *et al.* 1999).

Wolf *et al.* (1996) também avaliou os efeitos ecotoxicológicos em função dos valores de referência para a concentração de alguns metais. Para chumbo e zinco as amostras apresentaram efeitos ecotoxicológicos em valores próximos dos valores de ERM. Entretanto, os efeitos ecotoxicológicos foram observados, em média, para valores de mercúrio cerca de 3 a 4,5 acima do valor ERM, apesar de ter sido encontrado correlação entre toxicidade e concentração de mercúrio para os valores obtidos.

Em um trabalho de Horne *et al.* (1999), foram conduzidos ensaios com sedimentos com concentração de mercúrio variando de 15 a 170 mg/Kg, não tendo sido encontrado efeitos ecotoxicológicos para *Leptocheirus plumulosus*.

Um estudo com diluição de sedimentos não mostrou efeitos observados de toxicidade mesmo em concentrações de 390 mg/kg (PTI, 1998; apud Sferra, *et al.* 1999). Estudos realizados com sedimentos de uma baía do Texas, não mostraram evidência de efeitos sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados ao mercúrio e ausência de toxicidade para *Leptocheirus* sp. em concentrações que variam de 0,3 a 4,6 mg/kg (Sferra *et al.* 1999).

O nível 01 e o nível 02 da Resolução Conama 344/04 para mercúrio foi adotado da seguinte referência:

*Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L. & Calder F.D. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management 19 (1): 81-97.*

Com base neste documento, o nível 01 corresponde ao ERL – *Effects Range-Low* – intervalo de efeitos baixos e o nível 02 corresponde ao ERM – *Effects Range-Median* – intervalo de efeitos médios.

No trabalho apresentado por Long *et al.* (1995), que gerou o ERL/ERM, os dados foram adicionados a um banco de dados e rearranjados em ordem crescente de concentração em forma de tabelas. As distribuições dos dados de efeitos foram determinadas usando percentis e dois valores foram derivados para cada substância química ou grupo químico: o 10º percentil dos dados de efeitos para cada composto químico era identificado e referido como o intervalo de menor

efeito (ERL), a média, ou o percentil 50º dos dados de efeito era identificado e referido como o intervalo de efeito médio (ERM).

O limite inferior (ERL) e o superior (ERM) estabeleceram os níveis em termos de porcentagem onde, as concentrações desses contaminantes estão abaixo dos valores em que os efeitos adversos raramente ocorreriam (ERL) e acima do qual os efeitos ocorreriam freqüentemente (ERM).

Esses dois valores orientadores ERL e ERM determinaram **três intervalos** de concentração para cada parâmetro químico.

A concentração abaixo do valor de ERL representa um intervalo de “Efeitos Mínimos” – neste intervalo é esperado que os efeitos sejam raramente observados. ( $\leq N1$ )

Concentrações iguais ou maiores a ERL e menores que ERM representam um intervalo de “efeitos Possíveis”, neste intervalo, espera-se que os efeitos ocorram ocasionalmente. ( $\geq N1$  e  $< N2$ )

Finalmente, concentrações iguais ou superiores ao ERM representam valores de “Efeitos Prováveis”, intervalo no qual os efeitos freqüentemente ocorreriam. ( $\geq N2$ ).

Portanto quantificações de concentração de mercúrio em amostras de sedimento  $\geq N1$  e  $< N2$  estariam na faixa dos “efeitos possíveis”, no entanto, no próprio trabalho de onde foram adotados os níveis da Resolução Conama 344 encontram-se os seguintes trechos (página 14 do documento):

*However, for a few chemicals (**especially mercury**, nickel, total PCBs, total DDT, and p,p'-DDE) there were relatively **weak relationships between their concentrations and the incidence of effects**.*

*The numerical guidelines **should be used as informal screening tools in environmental assessments**.*

Ou seja, os valores orientadores adotados na Resolução Conama 344/04 apresentaram relações fracas/baixas entre concentração do parâmetro no sedimento e incidência de efeitos para alguns compostos, **especialmente mercúrio**, entre outros. E os próprios autores afirmam que estes valores

orientadores devem ser utilizados como ferramentas iniciais na avaliação ambiental da qualidade de sedimentos.

Os autores remetem a outros ensaios para avaliação de efeitos adversos, tais como ensaios de toxicidade e de bioacumulação.

Portanto, o fato da quantificação de concentrações superiores ao nível 01 da Resolução Conama 344 não pode ser tomada como uma necessidade imediata de ação.

Quanto aos dados aqui obtidos, os da campanha XII são os únicos em que já se encontram liberados os dados de ecotoxicologia, para elutriatos e de valores de mercúrio, podendo-se perceber a não ocorrência de efeitos na amostra que apresentou mercúrio acima do nível 1 da Res. CONAMA 344.

É de se esperar que possa ser encontradas dentro do PDO concentrações de mercúrio acima do nível 1 da Res. CONAMA 344, já que o sedimento que está sendo nele lançado apresenta essa característica. O PDO pode ser entendido como uma área tampão, de mistura, que visa receber os sedimentos de forma concentrada e não contribuir para o comprometimento do entorno com valores acima da citada referência.

Não se pode negar o fato de que a dispersão dos sedimentos é inerente aos procedimentos de dragagem e disposição, ou seja, após um determinado período espera-se que ocorra dispersão dos sedimentos dispostos no PDO. Porém neste caso, em que a dragagem ocorre 24 horas por dia e a coleta com periodicidade semanal, é de se esperar que sejam coletadas amostras de uma área com sedimentos pouco perturbados ou recentemente lançados, indicando concentrações relativamente elevadas. Adicionalmente, deve ser lembrado que a dragagem está acontecendo sem o *overflow*, minimizando os processos de perdas de sedimentos finos no ato da dragagem.

Ainda neste sentido, as coletas das amostras não estão acontecendo após espera da dispersão, transporte ou do recobrimento dos sedimentos de pior qualidade pelos sedimentos de melhor qualidade, sendo realizada semanalmente, ao acaso.

Vale lembrar que as quadrículas Q-9 e Q10 do PDO, destinadas ao lançamento dos sedimentos dragados do Trecho 4, não são áreas cujo uso se vale da preservação da fauna bentônica durante o processo de dragagem. Seu entorno sim, deve ser monitorado e alvo de sanções, caso sejam detectados impactos. A melhor das qualidades de sedimentos já geraria impacto sobre a macrofauna bentônica, visto seu potencial de soterramento físico dessas comunidades.

Assim, pode-se considerar a grande importância do monitoramento das concentrações de mercúrios de mercúrio entorno ou fora do PDO, garantindo-se com o monitoramento que nessa área não sejam elevadas as concentrações, cujos usos necessitam de medidas de manutenção de sua qualidade. Dentro do PDO, entretanto, espera-se que terminada a dragagem não mais se encontrem concentrações de mercúrio acima da referência, visto a transitoriedade da questão, devendo ser periodicamente avaliada, do ponto de vista ecológico, a necessidade tomada de medidas impeditivas dos processos, uma vez que não está se diagnosticando algo diferente do esperado.

Considerando a intenção ser a manutenção da qualidade dos sedimentos, os valores orientadores devem ser aplicados na avaliação da área de disposição e adjacências como uma meta de qualidade, sem, no entanto significar que os valores do material dragado já devam contemplar essa qualidade, pois o ambiente selecionado criteriosamente como área de disposição deve apresentar uma boa capacidade de suporte para atenuar níveis mais elevados de contaminantes. Um paralelo dessa lógica está na própria Resolução CONAMA 357/05 que trata de qualidade de água para diversos usos. Os níveis aceitáveis para efluentes são diversas vezes acima dos padrões de qualidade dos corpos receptores das Classes previstas na Resolução. Tal fato considera a capacidade de assimilação deste corpo receptor.

No caso do monitoramento semanal, a amostragem é realizada durante a dragagem (que tem operação de 24 horas), coletando-se o material recém depositado no PDO, não considerando tempo algum para os processos atuantes no corpo receptor.

Por esta razão, além do monitoramento das quadrículas são monitorados também semanalmente dois pontos adjacentes, na direção preferencial da pluma, além da área a ser controlada. O monitoramento destes pontos não apresentou mercúrio, o que mostra que o mercúrio está sendo quantificado no local de disposição devido à disposição ininterrupta do sedimento e a ocasional coleta de sedimentos recém dragados/lançados.

De fato foi possível notar um recente incremento na concentração de mercúrio nas quadrículas Q9 e Q10 do PDO. Mas este fato seria esperado considerando que estas quadrículas estão recebendo material de dragagem do trecho 04, que apresentou mercúrio em concentrações superiores ao nível 02 da Resolução Conama 344 em algumas regiões. Adicionalmente, houve aumento de volume lançado nas áreas, podendo mostrar relação com a coleta ocasional de sedimentos muito semelhantes aos do local de dragagem.

Deve ser considerado também, para uma análise completa da questão, que o PDO está sendo monitorado mensalmente com escopo abrangente e complexo, incluindo diferentes linhas de evidencia como análises químicas abrangendo a resolução CONAMA 344 completa, avaliações ecológicas da ictiofauna e macrofauna bentônica e ensaios ecotoxicológicas. Tais resultados dão mais robustez de avaliar o processo de forma integrada e não dando pesos específicos a descritores específicos.

Neste sentido, com base nas considerações acima tecidas, julga-se adequado dar continuidade à dragagem do trecho em questão assim que às novas análises semanais mostrarem resultados abaixo do valor de referência da Resolução CONAMA 344/04.

Como relação às ações de gerenciamento que podem ser tomadas no sentido de retomada e acompanhamento do restante da dragagem e consequente disposição dos sedimentos, são aqui propostas linhas de atuação para avaliação entre Empreendedor, órgão licenciador e demais partes.

- 1) Com base na licença original (LI nº 666/2009), onde as ações de gerenciamento são deflagradas a partir do 3º resultado considerado

elevado, aplicando ainda maior caráter mais restritivo, é sugerido que a reavaliação da continuidade/paralisação da dragagem aconteça por avaliação conjunta dos dois indicadores, ou seja, análises de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos. Assim, quando ambos acusarem resultados inadequados, ou seja, quando a concentração de mercúrio superar o valor de referência por 2 semanas consecutivas na mesma quadrícula (não 3 valores como na licença original ou 1 valor como na retificadora) e quando os dados ecotoxicológicos apresentarem efeitos (não os associados a amônia), a continuidade será revista. Vale observar que o mecanismo ideal para gerenciamento da disposição deve ser embasado em diferentes linhas de evidência, incluindo resultados de bioacumulação e da macrofauna bentônica, entretanto, tais resultados não tem compatibilidade com a atual necessidade de tempo de resposta para o monitoramento em questão. De todo modo, não podem ser desconsiderados tais dados já obtidos no monitoramento mensal.

- 2) A continuidade do processo de dragagem pode ser revista/reiniciada assim que as concentrações voltarem aos níveis baixos.
- 3) Rever a proporção de sedimento de melhor qualidade para recobrimento dos sedimentos de pior qualidade, reavaliando a proporção em volume e a proporção em número de ciclos.
- 4) Aplicar rodízio diário para os lançamentos dos sedimentos nas quadrículas Q-9 e Q-10.
- 5) Realizar recobrimento diário com sedimentos de melhor qualidade, seguindo o mesmo padrão diário dos lançamentos dos sedimentos da área AL-1.
- 6) Manter equivalência diária entre os volumes lançados semanalmente em cada quadrícula (Q9 e Q10).

### **17.7. 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 e na área AL 01 (subtrecho 4D) ocorreu no dia 28 de abril de 2011. A partir do início da dragagem da área AL 02 (subtrecho 4B) o monitoramento deste programa está seguindo o cronograma apresentado na Tabela 17.7-1.

Tabela 17.7-1. Cronograma de atividades para o Programa de Monitoramento Ambiental Intensificado 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 Prévía	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												
Coleta da Campanha IX																X											
Coleta da Campanha X																	X										
Coleta da Campanha XI																		X									
Coleta da Campanha XII																			X								
Coleta da Campanha XIII																				X							
Coleta da Campanha XIV																					X						
Coleta da Campanha XV																						X					
Campanha XVI																							X				
Campanha XVII																								X			
Campanha XVIII																									X		
Campanha XIX																										X	
Relatório Semanal											1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º			9º	10º	11º	12º	13º/14º	X	X	X
Relatório Consolidado																		X									

X Atividades Realizadas

## 17.8. 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.
- Amato, J. R.; Mount, D. I.; Drhan, E. J.; Lukasewycz, M. T.; Ankley, G. T.; Robert, E. D. 1992 An exemple of identification of diazinon as a primary toxicant in na effluent. Environ. Toxicol. Chem. Vol. 11 p. 209 – 216
- Anderson, B. S., Hunt, B. M., Phillips, S., Newman, J., Tjeerdema, R. S., Fairey, R., Oakden, J., Wilson, C. J., Kapahi, G., Stephenson, M. D., Puckett, Lyons, M. and Birosik, S.: 1998, 'Chemistry, Toxicity and Benthic Community Conditions in Selected Sediments of the Los Angeles Region', *Final Report*, State Water Resources Control Board, Sacramento California. pp 232.
- Ankley, G.; Burkhard, L. P. (1992). Identification of surfactants as toxicants in primary effluent. Environmental Toxicology and Chemistry, v.11, p.1235-1248.
- Badaró-Pedroso, C. 1999 Avaliação dos efeitos e identificação da toxicidade da água de produção de petróleo sobre algumas espécies marinhas. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 248 p.
- Bailey, H. 1997 Cost-effective TIEs through "fingerprint". SETAC News, Vol. 17(1):p 19.
- Bay, S.; Burgess, R.; Nacci, D. 1993. Status and applications of echinoid (Phylum Echinodermata) toxicity test methods. In: Landis W, Hughes JS, Lewis MA (eds) Environmental toxicity and risk assessment, ASTM STP 1179. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 281-321.

- Bower, C. E.; Bidwell, J. P. 1978 Ionization of ammonia in seawater: Effects of temperature, pH, and salinity. J. Fish. Res. Board Can., Vol. 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.
- Burgess, R. M.; Ho, K. T.; Morrison, G. E.; Chapman, G.; Denton, D. L. 1996 Marine Toxicity Identification Evaluation (TIE) Phase I Guidance Document. EPA/600/R-96/054. U. S. Environmental Protection Agency. Narragansett, Rhode Island. 54p.
- Burgess, R., M.; Ho, K., T.; Tagliabue, M. D.; Kuhn, A.; Comeleo, R.; Comeleo, P.; Modica, G.; Morrison, G. E. 1995 Toxicity characterization of an industrial and municipal effluent discharge to the marine environment. Mar. Poll. Bull., Vol. 30 nº 8, p. 524 – 535.
- Burkhard, L., P.; Jensen, J., J. 1993 Identification of ammonia, chlorine, and diazinon as toxicant in a municipal effluent. Arch. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 25, p. 506 – 515.
- Cherr, G. N.; Higashi, R. M. 1997 TIEs are inherently research projects. SETAC News, Vol. 17(1):p 19 - 20.
- Coombe, V. T.; Moore, K. W.; Hutchings, M. J. 1999 TIE and TER: An abbreviated guide to dealing with Toxicity. Wat. Sci. Tech., Vol. 39, nº 10-11, pp 91 – 97.
- 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.

Fundação Ricardo Franco. (2009)a. Relatório de atendimento às condicionantes e às Complementações constantes da Licença Prévia nº 290/2008 emitida em 03 de outubro de 2008 pelo IBAMA para a obtenção da Licença de Instalação para a dragagem de aprofundamento do canal de navegação e bacias de evolução do Porto de Santos, SP. São Paulo.

Fundação Ricardo Franco. (2009)b. Estudos complementares referentes ao Trecho 4 da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos para atendimento à condicionante 2.1 da Licença de Instalação IBAMA no. 666/2009 de 26.11.2009. São Paulo.

Horne, M. T., Finley, N. J., and Sprenger, M. D. (1999) Polychlorinated Biphenyl- and Mercury-Associated Alterations on Benthic Invertebrate Community Structure in a Contaminated Salt Marsh in Southeast Georgia. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 37, 317-325.

Knezovich, J. P.; Steichen, D. J.; Jelinski, J. A.; Anderson, S. L. 1996. Sulfide tolerance of four marine species used to evaluate sediment and porewater toxicity. Bull. Environ. Contam. Toxicol 57:450–457.

Licença Prévia Nº 290/2008. Brasília, 03 de junho de 2008.

MacDonald DD (1994) Approach to the assessment of sediment quality in Florida coastal waters, volume 1—Development and evaluation of sediment quality guidelines. Prepared for Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, FL. MacDonald Environmental Sciences Ltd, Ladysmith, BC

MacDonald, D. D., Carr, R. S., Calder, F. D., Long, E. R., and Ingersoll, C. G. (1996) DEVELOPMENT AND EVALUATION OF SEDIMENT QUALITY GUIDELINES FOR FLORIDA COASTAL WATERS. Ecotoxicology 5, 253-278.

Mount, D. 1997 Properly done TIEs are cost-effective and work. SETAC News, Vol. 17 (1): 17 – 18.

Mount, D. R; Ankley, G. T.; Norberg-King, T. J. 1997 Development and application of the TIEs to effluent toxicity: A retrospective. SETAC News, Vol. 17 (1): 18 – 19.

Mount, D.R.; GulleY, D.D.; Hockett, J.R.; Garrison, T.D.; Evans, J.M. 1997. Statistical models to predict the toxicity of major ions to *C. dubia*, *D. magna*, and *P. promelas* (Fathead minnows). *Environmental Toxicology and Chemistry*. 16 (10): 2009-2019.

Nota Técnica N° 117/2010-COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA. Monitoramento intensificado 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.

PTI (1998) Ecological risk assessment of the marsh area of the LCP chemical site in Brunswick, Georgia. Prepared for Allied Signal Inc. by PTI Environmental Services, Bellevue,WA.

Rachid, B. R. F., Sousa E. C. P. M., Abessa, D. M. S. & Zaroni, L. P. 2000 Avaliação e Identificação de Toxicidade (TIE) – Aplicação em Área Afetada por Efluente de Esgoto Doméstico. Resumo VI Encontro de Ecotoxicologia, 3 - 6/9/00, São Carlos, SP.

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 Universidade de São Paulo. 286 p.

Retificação de Licença da Instalação N° 666/2009. Brasília, 04 de outubro de 2010.

Salazar M, U'ren S, Steinert S (1980) Sediment bioassays for NAVSTA San Diego dredging project. Technical Report 570, Naval Ocean Systems Center, San Diego, CA

- Sferra JC, Fuchsman PC, Wenning RJ, Barber TR (1999) A Site-Specific Evaluation of Mercury Toxicity in Sediment. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 37:488-495.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2001. Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites – Peer Review Draft. Washington DC.
- Wang, F.; Chapman, P. M. Biological implications of sulfide in sediment – a review focusing on sediment toxicity. Environmental Toxicology and Chemistry. 1999. V.18, n. 11, p.2526-2532
- Whitfield, M. 1974. The hydrolysis of ammonia ions in sea water - a theoretical study, Journal of Marine Biology. Ass. U.K., 54: 565-580.
- Wolfe, D.A., Long, E.R. and Thursby, G.B. (1996) Sediment toxicity in the Hudson–Raritan estuary distribution and correlations with chemical contamination, Estuaries 19 (4) 901–912.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. 4.ed. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice-Hall, Inc.

## 17.9. Anexos

- 17.9-1. Dados de mercúrio do monitoramento do local de descarte da dragagem de manutenção do canal do Porto de Santo.
- 17.9-2. Dados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e cromo do monitoramento do local de descarte da dragagem de manutenção do canal do Porto de Santo.
- 17.9-3. Laudo das análises químicas de mercúrio nas amostras de sedimento da Campanha XIII.
- 17.9-4. Laudo das análises químicas de mercúrio, nas amostras de sedimento da Campanha XIV, do laboratório Analytical Technology.
- 17.9-5. Laudo das análises químicas de mercúrio, nas amostras de sedimento da Campanha XIV, do laboratório Ecolabor.
- 17.9-6. Laudo das análises químicas de mercúrio, nas amostras de sedimento da Campanha XV, do laboratório Analytical Technology.
- 17.9-7. Laudo das análises químicas de mercúrio, nas amostras de sedimento da Campanha XV, do laboratório Ecolabor.
- 17.9-8. Laudo das análises químicas de mercúrio, nas amostras de sedimento da Campanha XV, do laboratório CEIMIC.
- 17.9-9. Laudo das análises ecotoxicológicas no elutriato da Campanha XII.
- 17.9-10. Laudo das análises ecotoxicológicas no elutriato da Campanha XIII.
- 17.9-11. Laudo das análises ecotoxicológicas no sedimento total da Campanha VIII.
- 17.9-12. Laudo das análises ecotoxicológicas no sedimento total da Campanha IX.
- 17.9-13. Laudo das análises ecotoxicológicas no sedimento total da Campanha X.
- 17.9-14. Dossiê fotográfico – coleta de campo.
- 17.9-15. Dossiê fotográfico – amostras da Campanha XII.
- 17.9-16. Dossiê fotográfico – amostras da Campanha XIII.
- 17.9-17. Dossiê fotográfico – amostras da Campanha XV.

- 17.9-18. Laudo das análises de granulometria nas amostras da Campanha XIV.
- 17.9-19. Documento do laboratório Analytical Technology.
- 17.9-20. Planta Batimétrica – Anterior ao início da dragagem - Dezembro de 2010.
- 17.9-21. Planta Batimétrica – Posterior ao início da dragagem Junho de 2011.
- 17.9-22. Cronograma de dragagem (fonte SEP/CODESP).
- 17.9-23. Planilhas dos volumes dragados no trecho 4 de 01 de fevereiro a 23 de junho de 2011.

ANEXO 17.9-1. DADOS DE MERCÚRIO DO MONITORAMENTO DO LOCAL DE  
DESCARTE DA DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO DO CANAL DO PORTO DE  
SANTO.

ANEXO 17.9-2. DADOS DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS E CROMO DO MONITORAMENTO DO LOCAL DE DESCARTE DA DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO DO CANAL DO PORTO DE SANTO.

ANEXO 17.9-3. LAUDO DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE MERCÚRIO NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO DA CAMPANHA XIII.

ANEXO 17.9-4. LAUDO DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE MERCÚRIO, NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO DA CAMPANHA XIV, DO LABORATÓRIO ANALYTICAL TECHNOLOGY.

ANEXO 17.9-5. LAUDO DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE MERCÚRIO, NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO DA CAMPANHA XIV, DO LABORATÓRIO ECOLABOR.

ANEXO 17.9-6. LAUDO DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE MERCÚRIO, NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO DA CAMPANHA XV, DO LABORATÓRIO ANALYTICAL TECHNOLOGY.

ANEXO 17.9-7. LAUDO DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE MERCÚRIO, NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO DA CAMPANHA XV, DO LABORATÓRIO ECOLABOR.

ANEXO 17.9-8. LAUDO DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE MERCÚRIO, NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO DA CAMPANHA XV, DO LABORATÓRIO CEIMIC.

ANEXO 17.9-9. LAUDO DAS ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS NO ELUTRIATO  
DA CAMPANHA XII.

17.9-10. LAUDO DAS ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS NO ELUTRIATO DA CAMPANHA XIII.

17.9-11. LAUDO DAS ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS NO SEDIMENTO  
TOTAL DA CAMPANHA VIII.

17.9-12. LAUDO DAS ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS NO SEDIMENTO  
TOTAL DA CAMPANHA IX.

17.9-13. LAUDO DAS ANÁLISES ECOTOXICOLÓGICAS NO SEDIMENTO  
TOTAL DA CAMPANHA X.

17.9-14. DOSSIÊ FOTOGRÁFICO – COLETA DE CAMPO.

17.9-15. DOSSIÊ FOTOGRÁFICO – AMOSTRAS DA CAMPANHA XII.

17.9-16. DOSSIÊ FOTOGRÁFICO – AMOSTRAS DA CAMPANHA XIII.

17.9-17. DOSSIÊ FOTOGRÁFICO – AMOSTRAS DA CAMPANHA XV.

17.9-18. LAUDO DAS ANÁLISES DE GRANULOMETRIA NAS AMOSTRAS DA CAMPANHA XIV.

17.9-19. DOCUMENTO DO LABORATÓRIO ANALYTICAL TECHNOLOGY.

17.9-20. PLANTA BATIMÉTRICA – ANTERIOR AO INÍCIO DA DRAGAGEM -  
DEZEMBRO DE 2010.

17.9-21. PLANTA BATIMÉTRICA – POSTERIOR AO INÍCIO DA DRAGAGEM - JUNHO DE 2011.

17.9-22. CRONOGRAMA DE DRAGAGEM (FONTE SEP/CODESP).

17.9-23. PLANILHAS DOS VOLUMES DRAGADOS NO TRECHO 4 DE 01 DE FEVEREIRO A 23 DE JUNHO DE 2011.