

IMPLANTAÇÃO E EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DAS ÁREAS DRAGADAS, DO PERFIL PRAIAL, DO ECOSISTEMA DE MANGUEZAL E DAS ÁREAS DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA (ÁREA ANTIGA E POLÍGONO DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA – PDO)



 **FUNDESPA**
Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas

**8º Relatório do Monitoramento Intensivo – 2013
no Setor de Uso Restrito (SUR) do Polígono de
Disposição Oceânica (PDO)**

RMI – 240613

IDENTIFICAÇÃO

PRODUTO: RMI – 240613 – 8º Relatório do Monitoramento Intensivo - 2013 no Setor de Uso Restrito (SUR) do Polígono de Disposição Oceânica (PDO)

DATA: 24 de Junho de 2013

APRESENTAÇÃO

Contratada pela Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP para coordenar e administrar os trabalhos de **“*IMPLANTAÇÃO E EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DAS ÁREAS DRAGADAS, DO PERFIL PRAIAL, DO ECOSSISTEMA DE MANGUEZAL E DAS ÁREAS DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA (ÁREA ANTIGA E POLÍGONO DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA – PDO)*”,** a FUNDESPA encaminha o 8º Relatório do Monitoramento Intensivo - 2013 no Setor de Uso Restrito (SUR) do Polígono de Disposição Oceânica (PDO), que consolida os resultados obtidos até a Campanha 8, referente ao período de 11 a 17 de junho de 2013, apresentando os resultados das campanhas anteriores ao período de referência deste relatório (Campanhas 1 a 7).

SUMÁRIO

MONITORAMENTO INTENSIVO - 2013 NO SETOR DE USO RESTRITO (SUR) DO POLÍGONO DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA (PDO)	1
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO MONITORAMENTO INTENSIVO – 2013 DO POLÍGONO DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA	2
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	10
4. RESULTADOS	12
5. CONSIDERAÇÕES.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
7. ANEXOS	35

Monitoramento Intensivo - 2013 no Setor de Uso Restrito (SUR) do Polígono de Disposição Oceânica (PDO)

1. Introdução e Objetivos

O Monitoramento Intensivo - 2013 no Setor de Uso Restrito (SUR) do Polígono de Disposição Oceânica (PDO) é um subprograma 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 em áreas de pior qualidade. Este subprograma faz parte do Programa de Monitoramento Ambiental das Áreas Dragadas, do Perfil Praial, do Ecossistema de Manguezal e das Áreas de Disposição Oceânica (Área Antiga e Polígono de Disposição Oceânica – PDO).

Em 5 de dezembro de 2012, foi expedida a Licença de Instalação (LI) nº 898/2012, autorizando a execução da dragagem do canal de acesso aos berços do Terminal Portuário da BTP e bacia de evolução para a profundidade de -15 m na área entre o canal de navegação do Porto de Santos e os berços de atracação do Terminal Portuário da BTP, por parte da Companhia Docas do Estado de São Paulo – Codesp. Tendo em vista a presença de material de qualidade inferior na referida região, o IBAMA solicitou a realização de monitoramentos adicionais nas quadrículas Q9 e Q10 do Setor de Uso Restrito do Polígono de Disposição Oceânica durante a dragagem destas áreas, com coletas semanais de amostras de sedimento para realização de análises químicas de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos com as fases sólidas e líquidas.

A dragagem do canal de acesso aos berços do Terminal Portuário da BTP foi iniciada em 21 de abril de 2013. Esta data disparou o início da contagem para o Monitoramento Intensivo 2013 e, contados 8 dias, a Campanha 1 foi realizada em 29 de abril de 2013.

O Plano de Disposição Oceânica (aprovado pelo IBAMA e condicionante da LI) estabelece que o material de pior qualidade dragado seja destinado ao Setor de Uso Restrito, que corresponde às quadrículas Q9 e Q10. Além disso, caso o

monitoramento evidencie concentrações de mercúrio acima de Nível 1 na área de disposição, segundo Resolução CONAMA 454/2012, o descarte deverá ser suspenso na quadrícula que o resultado foi acusado até que nova quantificação aponte para concentrações inferiores ao Nível 1.

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

2. Atividades desenvolvidas no Monitoramento Intensivo – 2013 do Polígono de Disposição Oceânica

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 que contêm sedimento de pior qualidade.

O presente monitoramento intensivo prevê a entrega semanal de laudos de análise química de mercúrio à Codesp. Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos com elutriato são entregues em cerca de 10 dias, dado o 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 intensivo, após cerca de 7 dias contados a partir da data da campanha de coleta de amostras, é emitido relatório contendo os laudos bem como breves considerações acerca dos resultados encontrados.

2.1. Metodologia

As amostras de sedimento são coletadas nos seguintes locais, conforme Figura 2.1-1:

- 1) Quadrícula Q-9 (PS-Q9);
- 2) Quadrícula Q-10 (PS-Q10);
- 3) Ponto a Nordeste do Polígono de Disposição Oceânica (PS-N1);
- 4) Ponto a ser controlado, próximo à Laje de Santos (PS-C1).

Como já mencionado, o sedimento dragado 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 (PS-C1), entre a Laje e o local de disposição, no limite da zona de amortecimento do parque (Figura 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 principal do transporte e dispersão dos sedimentos, conforme indicado por modelagem numérica apresentada no EIA/RIMA (FRF, 2008).

A Figura 2.1-2 apresenta esquema da malha amostral e as coordenadas geográficas dos pontos amostrais estão listadas na Tabela 2.1-1.

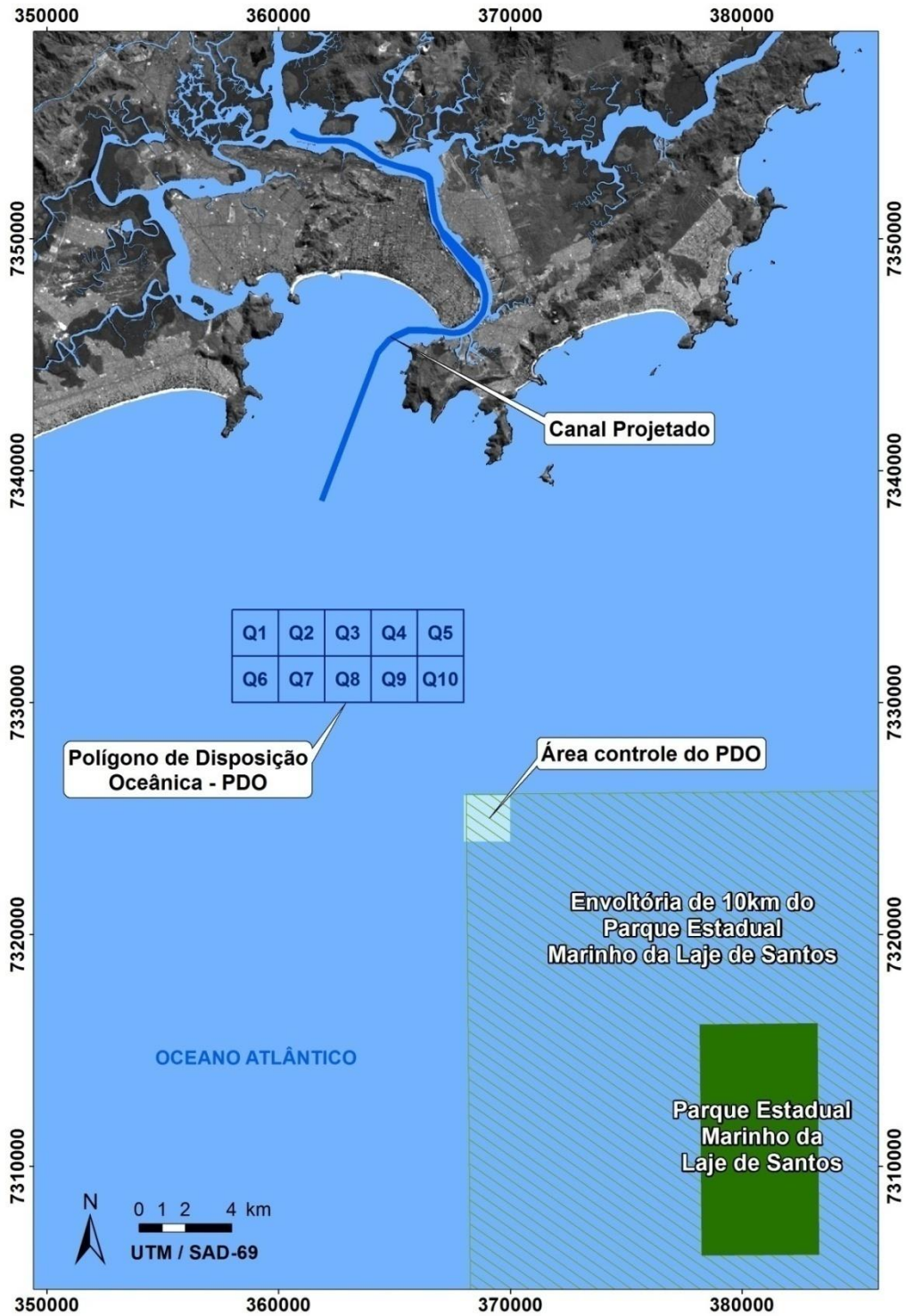


Figura 2.1-1. Mapa de localização do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos e do Polígono de Disposição Oceânica (PDO).

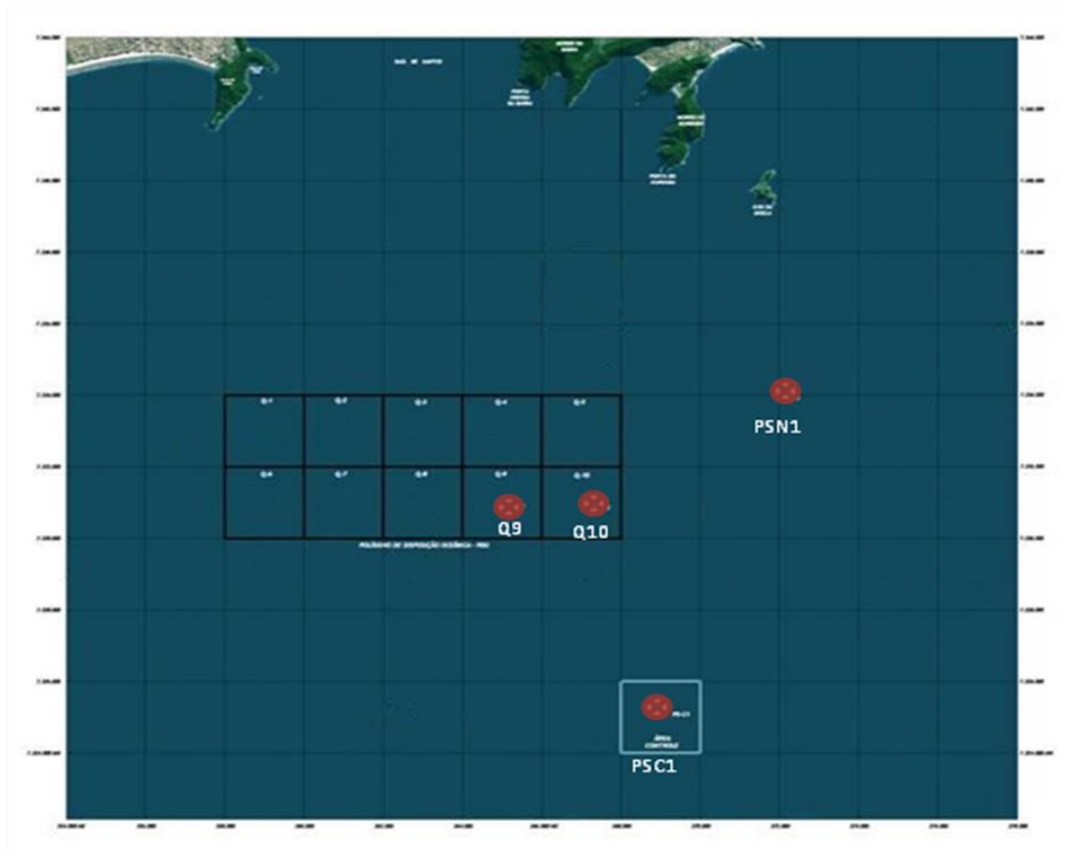


Figura 2.1-2. Imagem da região marinha da Baixada Santista, onde pode ser observado o polígono de disposição dos sedimentos dragados com indicação das áreas monitoradas.

Tabela 2.1-1. Posição geográfica dos pontos de coleta. Projeção UTM. Datum horizontal: SAD 69.

PS-Q9	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	364.552	7.331.369	23 J
B	364.645	7.330.469	23 J
C	365.564	7.330.578	23 J
D	365.426	7.331.517	23 J

PS-Q10	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	366.573	7.331.331	23 J
B	366.744	7.330.452	23 J
C	367.614	7.330.603	23 J
D	367.451	7.331.498	23 J

PS-N1	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	371.522	7.334.381	Fuso
B	371.656	7.333.593	23 J
C	372.589	7.333.698	23 J
D	372.455	7.334.559	23 J

PS-C1	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	368.674	7.325.527	23 J
B	368.802	7.324.695	23 J
C	369.709	7.324.833	23 J
D	369.633	7.325.650	23 J

Cada local de coleta possui área de 4 km² e é subdividido em 4 subáreas de onde são obtidas subamostras de sedimento. Estas subamostras são homogeneizadas para, assim, compor uma amostra representativa do local. A coleta do sedimento é realizada com amostrador de fundo do tipo *van Veen*.

Após coletadas, as amostras são acondicionadas adequadamente 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.

As coletas para análises de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos são realizadas semanalmente, sendo iniciada aproximadamente 7 dias após início das atividades de dragagem das áreas que contêm sedimento de pior qualidade.

2.2. Análises

Mercúrio

A concentração de mercúrio total é analisada em laboratório acreditado pela 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 µg/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 454/12, que está expresso em mg/kg (ppm – parte por milhão), o laboratório converte o resultado obtido para esta unidade, gerando um resultado com quatro casas decimais.

Análises granulométricas

A análise granulométrica é realizada em laboratório acreditado pela norma NBR ISO/IEC 17025:2005, seguindo o método de acordo com Embrapa (1997), conforme vem sendo conduzido no monitoramento implantado.

Os resultados são obtidos para 7 frações granulométricas, em valores de porcentagem, com limite de quantificação de 0,10%.

Ensaio Ecotoxicológicos

- **Elutriato**

Os testes de toxicidade crônica são realizados segundo metodologia ABNT/NBR 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 (35 v). Os gametas são coletados separadamente e os óvulos, caracterizados pela coloração amarelo alaranjado, são coletados utilizando-se um béquer de 400 mL 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 de 1 a 2 mL da solução de esperma 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.

Elutriato 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/NBR15350, 2006; USEPA, 2001).

Os experimentos são mantidos em câmara incubadora sob temperatura constante de 25 ± 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.

- **Sedimento Total**

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

O ensaio com *L. plumulosus* 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 anfípodo *L. 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 que não são encontrados são considerados mortos.

Nos dias 0, 7, 9 e 10 do ensaio 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 e 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 e McDonald, 1995), com aplicação da constante de proporcionalidade ("r") de 0,80, calculada para a espécie *L. plumulosus* (Prósperiet *al.*, 2008).

3. Atividades desenvolvidas

Neste relatório são apresentadas as atividades referentes ao **Programa de Monitoramento Intensivo – 2013 no Setor de Uso Restrito (SUR) do Polígono de Disposição Oceânica (PDO)**, desenvolvidas no período de 11 a 17 de junho de 2013.

Até o presente momento foram realizadas oito campanhas, sendo a Campanha 1 realizada oito dias após o início da dragagem do canal de acesso aos berços do Terminal Portuário da BTP.

Na Tabela 3-1 são apresentadas as datas de cada campanha realizada e a situação de entrega dos resultados das análises pelos laboratórios, assim como

em que relatório de acompanhamento dos períodos de referência os mesmos podem ser encontrados.

No **1º Relatório** do Monitoramento Intensivo - 2013 no Setor de Uso Restrito (SUR) do Polígono de Disposição Oceânica (PDO), foi apresentado o laudo da análise de mercúrio da Campanha 1. No **2º Relatório** do Monitoramento Intensivo – 2013 foi apresentado o laudo das análises de mercúrio da Campanha 2 e o laudo das análises granulométricas da Campanha 1. No **3º Relatório** do Monitoramento Intensivo – 2013, foi apresentado o laudo das análises de mercúrio da Campanha 3 e o laudo das análises granulométricas da Campanha 2. No **4º Relatório** do Monitoramento Intensivo – 2013, foram apresentados de forma consolidada os resultados das análises de mercúrio e granulometria das Campanhas 1, 2 e 3 e o resultado da análise de mercúrio da Campanha 4. No **5º Relatório** foram apresentados os resultados da análise de mercúrio e granulometria das Campanhas de 1 a 4 e o resultado da análise de mercúrio da Campanha 5, juntamente com os resultados dos ensaios de toxicidade crônica no elutriato das Campanhas 1, 2 e 3. No **6º Relatório** foram apresentados os resultados das análises de mercúrio nas amostras da Campanha 6, das análises granulométricas da Campanha 5 e dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total da Campanha 1. No **7º Relatório** apresentou-se os resultados das análises de mercúrio da Campanha 7, das análises granulométricas da Campanha 6 e dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total das Campanhas 2 e 3.

Neste **8º Relatório** são apresentados os resultados das análises de mercúrio total nas amostras da Campanha 8, das análises granulométricas da Campanha 7 e dos ensaios ecotoxicológicos no sedimento total da Campanha 4 e no elutriato das Campanhas 4 e 5, sempre de forma consolidada com os resultados apresentados em relatório anteriores.

Tabela 3-1. Quadro de situação de entrega dos resultados das análises e relatórios de acompanhamento.

Campanha	Período de Dragagem	Data da Coleta	Laudos	Situação dos laudos	Relatório
1	21 a 29/04/13	29/04/13	Mercúrio	entregue	1º
			Granulometria	entregue	2º
			Ecotox. Elutriato	entregue	5º
			Ecotox. Sedimento	entregue	6º
2	30/04 a 06/05/13	07/05/13	Mercúrio	entregue	2º
			Granulometria	entregue	3º
			Ecotox. Elutriato	entregue	5º
			Ecotox. Sedimento	entregue	7º
3	07 a 13/05/13	13/05/13	Mercúrio	entregue	3º
			Granulometria	entregue	4º
			Ecotox. Elutriato	entregue	5º
			Ecotox. Sedimento	entregue	7º
4	14 a 20/05/13	20/05/13	Mercúrio	entregue	4º
			Granulometria	entregue	5º
			Ecotox. Elutriato	entregue	8º
			Ecotox. Sedimento	entregue	8º
5	21 a 27/05/13	27/05/13	Mercúrio	entregue	5º
			Granulometria	entregue	6º
			Ecotox. Elutriato	entregue	8º
			Ecotox. Sedimento	em análise	-
6	28/05 a 03/06/13	03/06/13	Mercúrio	entregue	6º
			Granulometria	entregue	7º
			Ecotox. Elutriato	em análise	-
			Ecotox. Sedimento	em análise	-
7	04 a 10/06/13	10/06/13	Mercúrio	entregue	7º
			Granulometria	entregue	8º
			Ecotox. Elutriato	em análise	-
			Ecotox. Sedimento	em análise	-
8	11 a 17/06/13	17/06/13	Mercúrio	entregue	8º
			Granulometria	em análise	-
			Ecotox. Elutriato	em análise	-
			Ecotox. Sedimento	em análise	-

4. Resultados

A seguir são apresentados os resultados analíticos, disponibilizados pelos laboratórios responsáveis, das amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as campanhas realizadas até o momento. Os resultados dos laudos que ainda não foram liberados pelos laboratórios serão apresentados em relatórios futuros.

Os laudos das análises de mercúrio da Campanha 8 e granulométricas da Campanha 7, emitidos pelo laboratório *Analytical Technology*, encontram-se, respectivamente, nos Anexos 7-1 e 7-2. No Anexo 7-3 encontram-se os laudos dos ensaios de toxicidade crônica com o ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* das

Campanhas 4 e 5, emitidos pelo Laboratório de Ecotoxicologia Prof. Caetano Bellibonin da Universidade Santa Cecília. No Anexo 7-4 é apresentado o laudo dos ensaios de toxicidade aguda com o anfípodo *Leptocheirus plumulosus* da Campanha 4, emitido pelo Laboratório TECAM. Por fim, no Anexo 7-5 é apresentado um dossiê fotográfico da Campanha 8, com imagens das amostras coletadas. Os demais laudos ainda não foram liberados pelos laboratórios, estando dentro do período regular de análise.

Para a discussão dos resultados obtidos na análise de mercúrio, foram utilizados os valores orientadores da Resolução CONAMA nº 454/2012 (Brasil, 2012), 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 uma concentração limite abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 1) e outra concentração acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos 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 da supracitada Resolução.

Analisando os laudos das análises químicas de mercúrio referentes à Campanha 8, constatou-se que todos os limites de quantificação do método foram inferiores aos padrões de classificação da Resolução CONAMA nº 454/12 (Brasil, 2012).

4.1 Análise Química – Mercúrio Total

Os resultados das análises de mercúrio total nas amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, das Campanhas 1 a 8, estão apresentados na Tabela 4.1-1 e na Figura 4.1-1.

Tabela 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) das Campanhas de 1 a 8. Valores precedidos do sinal “<” indicam o resultado abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Mercúrio Total								
Campanha	Data da Coleta	Resolução CONAMA 454/12		Unidade	PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
		Nível 1	Nível 2					
1	29/04/13	0,3	1	mg/kg	<0,0545	0,1310	0,0711	<0,0379
2	07/05/13	0,3	1	mg/kg	<0,0393	<0,0406	<0,0465	<0,0537
3	13/05/13	0,3	1	mg/kg	0,4620	0,2760	0,2670	0,2660
4	20/05/13	0,3	1	mg/kg	0,1250	<0,0393	<0,0427	<0,0374
5	27/05/13	0,3	1	mg/kg	0,0704	0,0912	<0,0423	<0,0397
6	03/06/13	0,3	1	mg/kg	<0,0581	<0,0505	<0,0463	<0,0390
7	10/06/13	0,3	1	mg/kg	0,0782	<0,0588	<0,0421	<0,0383
8	17/06/13	0,3	1	mg/kg	0,0952	<0,0602	<0,0382	<0,0398

Legenda: Valor Entre Nível 1 e Nível 2.

Valor Acima do Nível 2.

Desde a Campanha 1 até 7, apenas a amostra do ponto PS-Q9 da Campanha 3 apresentou concentração de mercúrio (0,4620 mg/kg) acima do Nível 1 da Resolução CONAMA 454/2012 (0,3 mg/kg), porém abaixo do Nível 2 (1,0 mg/kg). Tal resultado foi reportado imediatamente à Codesp, para que esta pudesse tomar as devidas decisões de acordo com o disposto na Licença de Instalação nº 898/2012. No entanto, na Campanha 4, a amostra do ponto PS-Q9 já apresentou concentração de mercúrio abaixo do Nível 1.

Nas demais amostras das demais campanhas ou este metal foi quantificado baixo do Nível 1 da referida Resolução, ou a concentração foi abaixo do limite de quantificação do método (<LQ).

Na Campanha 8, apenas a amostra do ponto PS-Q9 quantificou mercúrio total em concentração menor que o Nível 1 da Resolução CONAMA 454/2012 (0,0952 mg/kg). Nas demais amostras desta campanha, não foi quantificado

mercúrio total, ou seja, as concentrações de mercúrio estavam abaixo do limite de quantificação do método.

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

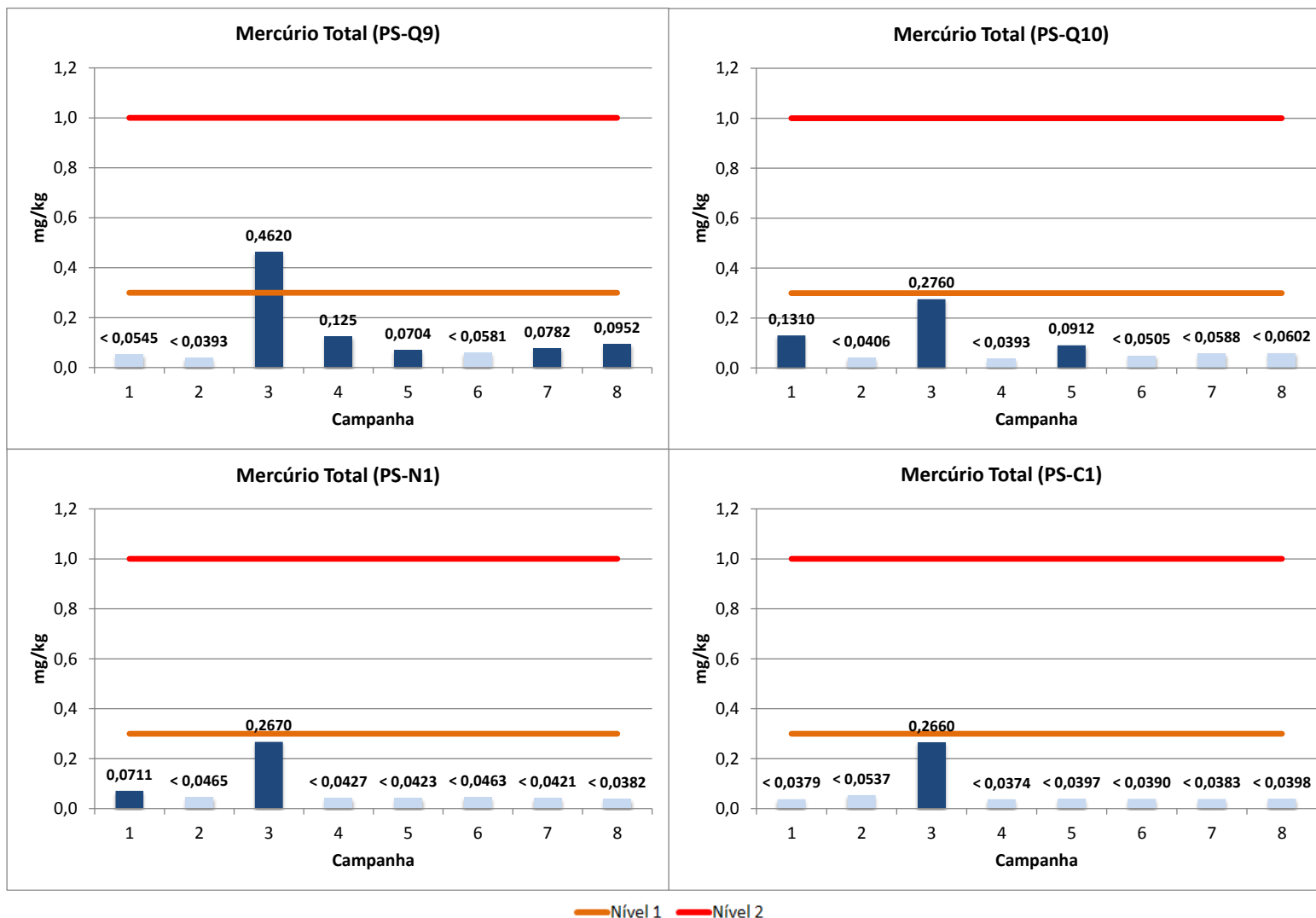


Figura 4.1-1. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nas quadriculas Q-9 e Q-10 (PS-Q9 e PS-Q10), no ponto a nordeste do PDO (PS-N1) e na área a ser controlada (PS-C1), referentes às Campanhas 1 a 8.

4.2. Granulometria

Os resultados das análises granulométricas das Campanhas 1 a 7 estão apresentados na Tabela 4.2-1 e Figura 4.2-1.

Nas amostras de sedimento coletadas em PS-Q9 e PS-Q10 das primeiras 4 campanhas realizadas, a fração areia muito fina foi a predominante. Na Campanha 5, a amostra do ponto PS-Q10 manteve esta predominância de areia muito fina, mas a amostra do ponto PS-Q9 apresentou proporção de areia muito fina menor do que nas campanhas anteriores (36,8%), com aumento da importância das frações areia fina (23,2%) e silte (21,7%).

Na Campanha 6, a amostra do ponto PS-Q9 voltou a apresentar predominância de areia muito fina como nas Campanhas 1 a 4, enquanto que a amostra do ponto PS-Q10 apresentou proporção de areia muito fina menor (47,6%), com aumento da importância da fração areia fina (25,9%) em comparação com as campanhas anteriores.

Já na Campanha 7, a amostra do ponto PS-Q9 voltou a apresentar uma composição granulométrica semelhante a da Campanha 5, com porcentagem de areia muito fina de 38,7%, de areia fina de 19,9% e de silte de 21,6%. Na amostra do ponto PS-Q10, no entanto, as porcentagens das frações areia fina e areia muito fina continuaram a diminuir e as porcentagens de silte e argila foram as maiores quando comparadas às campanhas anteriores.

Nas amostras dos pontos PS-N1 e PS-C1, a composição granulométrica variou pouco ao longo das 7 campanhas, com predomínio da fração de areia fina, seguida de areia muito fina.

Tabela 4.2-1. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 das Campanhas 1 a 7.

Granulometria									
Fração	Unidade	Campanha 1				Campanha 2			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1	PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	10,70	6,83	12,00	2,73	14,70	4,49	4,88	1,40
Silte	%	12,70	11,70	10,70	< 0,10	21,30	5,93	4,56	0,94
Areia muito fina	%	59,10	68,10	37,90	26,70	51,30	81,20	34,10	27,50
Areia fina	%	16,40	12,60	38,60	67,40	11,90	8,05	55,00	66,60
Areia média	%	0,81	0,41	0,80	2,76	0,57	0,26	1,31	3,53
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	76,31	81,11	77,30	96,86	63,77	89,51	90,41	97,63
Fração	Unidade	Campanha 3				Campanha 4			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1	PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	12,10	2,64	4,39	1,37	12,40	3,26	9,55	1,46
Silte	%	15,10	4,56	4,31	0,83	13,50	3,07	10,90	0,91
Areia muito fina	%	48,30	81,90	38,80	31,40	61,10	76,90	33,20	24,50
Areia fina	%	22,60	10,30	51,30	64,10	11,90	16,20	44,70	69,50
Areia média	%	1,73	0,17	1,26	2,21	0,98	0,35	1,51	3,46
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	72,63	92,37	91,36	97,71	73,98	93,45	79,41	97,46
Fração	Unidade	Campanha 5				Campanha 6			
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1	PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
Argila	%	15,3	8,9	3,15	0,69	9,29	10,9	5,65	2,32
Silte	%	21,7	13,8	5,06	1,5	10,7	14	3,87	0,54
Areia muito fina	%	36,8	68	36,3	26,4	49,8	47,6	38,8	25,3
Areia fina	%	23,2	8,82	54,1	68,8	28,6	25,9	50,5	69
Areia média	%	2,93	0,54	1,14	2,45	1,24	1,32	1,02	2,79
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Areia Total	%	62,93	77,36	91,54	97,65	79,64	74,82	93,32	97,09
Fração	Unidade	Campanha 7							
		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1				
Argila	%	17,9	21,2	6,4	1,86				
Silte	%	21,6	25,6	7,78	0,47				
Areia muito fina	%	38,7	40,9	36,2	26				
Areia fina	%	19,9	11,6	48,3	69,5				
Areia média	%	1,63	0,53	0,74	2,05				
Areia grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10				
Areia muito grossa	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10				
Areia Total	%	60,23	53,03	85,24	97,55				

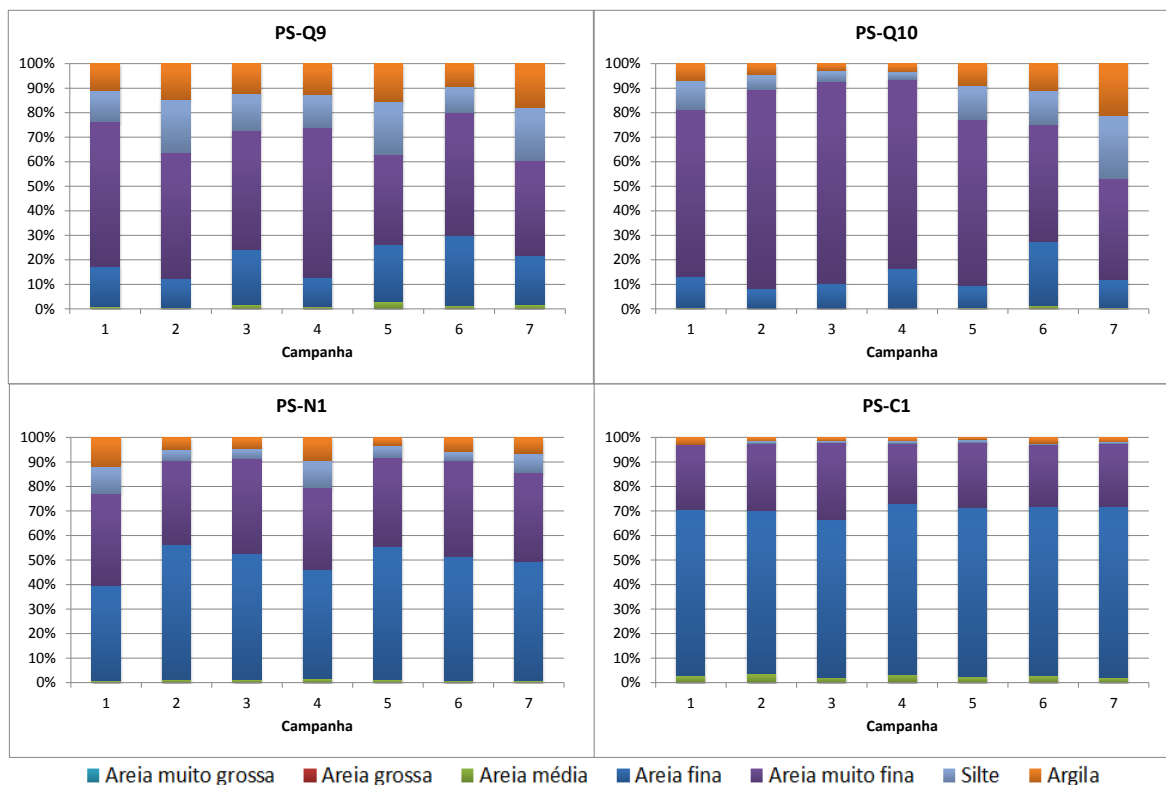


Figura 4.2-1. Composição granulométrica do sedimento das amostras PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 das Campanhas 1 a 7.

4.3. Ensaios ecotoxicológicos – Elutriato

Os resultados obtidos nos ensaios ecotoxicológicos do elutriato com o ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* encontram-se na Tabela 4.3-1. Na Figura 4.3-1 é apresentada a porcentagem média de larvas normais encontradas após os ensaios com as amostras dos pontos de coleta PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, e seus respectivos desvios-padrão, das Campanhas 1 a 5.

Tabela 4.3-1. Efeito tóxico observado nos teste de toxicidade crônica com *L. variegatus* nas amostras coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	Nº de larvas normais por réplica				Total Normais/400 (Total Observados)	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
		R1	R2	R3	R4				
1	Controle	88	93	96	91	368	92,00	3,37	-
	PS-Q9	94	90	89	87	360	90,00	2,94	não tóxico
	PS-Q10	85	91	92	88	356	89,00	3,16	não tóxico
	PS-N1	12	4	6	8	30	7,50	3,42	tóxico
	PS-C1	93	88	91	94	366	91,50	2,65	não tóxico
2	Controle	95	97	92	90	374	93,50	3,11	-
	PS-Q9	87	95	89	95	366	91,50	4,12	não tóxico
	PS-Q10	91	94	93	90	368	92,00	1,83	não tóxico
	PS-N1	0	0	1	7	8	2,00	3,37	tóxico
	PS-C1	95	93	95	94	377	94,25	0,96	não tóxico
3	Controle	95	97	92	90	374	93,50	3,11	-
	PS-Q9	94	89	97	92	372	93,00	3,37	não tóxico
	PS-Q10	95	88	91	92	366	91,50	2,89	não tóxico
	PS-N1	93	92	90	96	371	92,75	2,50	não tóxico
	PS-C1	96	93	94	91	374	93,50	2,08	não tóxico
4	Controle	94	96	93	90	373	93,25	2,50	-
	PS-Q9	91	86	80	93	350	87,50	5,80	não tóxico
	PS-Q10	90	83	91	85	349	87,25	3,86	não tóxico
	PS-N1	87	90	80	83	340	85,00	4,40	não tóxico
	PS-C1	88	91	92	91	362	90,50	1,73	não tóxico
5	Controle	94	96	93	90	373	93,25	2,50	-
	PS-Q9	84	92	91	89	356	89,00	3,56	não tóxico
	PS-Q10	88	83	85	80	336	84,00	3,37	não tóxico
	PS-N1	95	96	94	93	378	94,50	1,29	não tóxico
	PS-C1	93	94	91	95	373	93,25	1,71	não tóxico

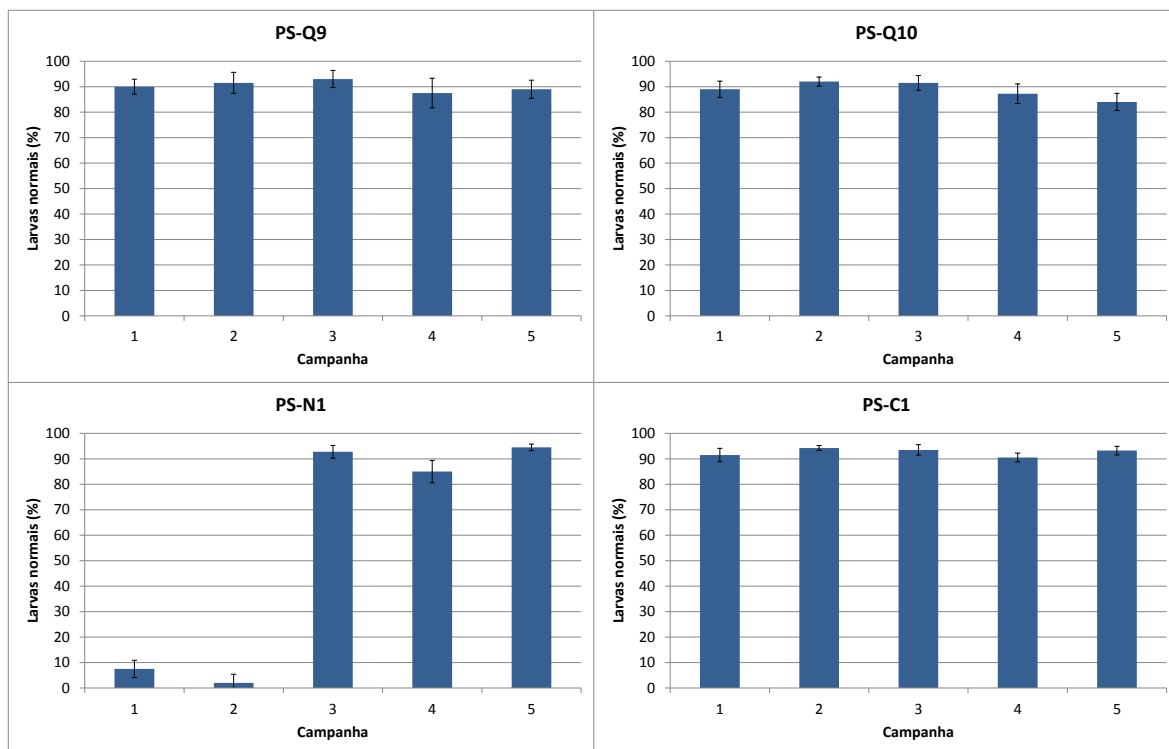


Figura 4.3-1. Porcentagem média (n=4) de larvas (*L. variegatus*) normais e seus respectivos desvios-padrão nas amostras coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Na Tabela 4.3-2 são apresentados os parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa no início e fim dos ensaios.

Tabela 4.3-2. Parâmetros físico-químicos medidos na fração aquosa no início e fim do teste de toxicidade crônica com *L. variegatus*.

Campanha	Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises						
			T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	
1	Controle	Inicial	25	7,8	8,02	35	n.a.	n.a.	
		Final	25	6,7	8,16	35	n.a.	n.a.	
	PS-Q9	Inicial	25	7,4	7,91	34	1,26	0,040	
		Final	25	5,2	7,36	35	n.a.	n.a.	
	PS-Q10	Inicial	25	7,5	7,87	34	1,33	0,040	
		Final	25	5,5	7,42	35	n.a.	n.a.	
	PS-N1	Inicial	25	7,9	7,95	33	0,77	0,030	
		Final	25	4,4	7,26	34	n.a.	n.a.	
	PS-C1	Inicial	25	7,5	7,85	33	0,77	0,020	
		Final	25	5,1	7,27	34	n.a.	n.a.	
	2	Controle	Inicial	25	7,2	8,12	35	n.a.	n.a.
			Final	25	6,8	8,07	36	n.a.	n.a.
PS-Q9		Inicial	25	6,2	7,80	36	1,30	0,030	
		Final	25	6,0	7,72	37	n.a.	n.a.	
PS-Q10		Inicial	25	6,5	7,89	35	1,30	0,040	
		Final	25	6,1	7,80	37	n.a.	n.a.	
PS-N1		Inicial	25	6,4	8,11	36	1,02	0,060	
		Final	25	6,3	7,69	37	n.a.	n.a.	
PS-C1		Inicial	25	6,3	7,93	36	0,91	0,030	
		Final	25	6,1	7,78	37	n.a.	n.a.	
3		Controle	Inicial	25	7,2	8,12	35	n.a.	n.a.
			Final	25	6,8	8,07	36	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	6,0	7,89	36	1,26	0,044	
		Final	25	5,9	7,75	37	n.a.	n.a.	
	PS-Q10	Inicial	25	6,2	7,77	36	1,75	0,046	
		Final	25	5,8	7,79	37	n.a.	n.a.	
	PS-N1	Inicial	25	6,5	8,11	36	0,77	0,040	
		Final	25	6,3	7,64	37	n.a.	n.a.	
	PS-C1	Inicial	25	6,4	7,92	37	0,81	0,030	
		Final	25	5,9	7,67	37	n.a.	n.a.	
	4	Controle	Inicial	25	6,7	7,85	35	n.a.	n.a.
			Final	25	6,6	7,89	36	n.a.	n.a.
PS-Q9		Inicial	25	6,8	7,93	34	1,19	0,045	
		Final	25	6,3	7,89	35	n.a.	n.a.	
PS-Q10		Inicial	25	6,7	7,80	34	1,26	0,036	
		Final	25	6,2	7,84	35	n.a.	n.a.	
PS-N1		Inicial	25	6,6	7,82	34	1,02	0,030	
		Final	25	6,1	7,84	35	n.a.	n.a.	
PS-C1		Inicial	25	6,1	7,89	34	1,19	0,040	
		Final	25	5,2	7,83	36	n.a.	n.a.	
5		Controle	Inicial	25	6,7	7,85	35	n.a.	n.a.
			Final	25	6,6	7,89	36	n.a.	n.a.
	PS-Q9	Inicial	25	6,2	7,76	34	1,44	0,037	
		Final	25	5,8	7,71	36	n.a.	n.a.	
	PS-Q10	Inicial	25	7,0	7,72	35	7,89	0,045	
		Final	25	6,4	7,74	36	n.a.	n.a.	
	PS-N1	Inicial	25	6,4	7,87	34	1,23	0,040	
		Final	25	5,6	7,81	36	n.a.	n.a.	
	PS-C1	Inicial	25	6,5	7,87	34	0,63	0,030	
		Final	25	6,3	7,82	36	n.a.	n.a.	

n.a: não analisado

n.d: não detectado

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

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, desde o início deste monitoramento até a Campanha 5, apenas as amostras do ponto PS-N1 das Campanhas 1 e 2 apresentaram efeito tóxico, em comparação com o controle de laboratório, no teste de toxicidade crônica com *L. variegatus*. As demais amostras não apresentaram efeito tóxico.

Em relação às duas amostras onde foi verificado efeito tóxico, a concentração de amônia não ionizada (NH₃) inicial foi acima do recomendado (0,05 mg/L) para o ouriço-do-mar *L. variegatus* apenas na Campanha 2, podendo, assim, explicar o efeito observado. No entanto, não há uma explicação aparente para a toxicidade observada na amostra do ponto PS-N1 da Campanha 1, uma vez que a concentração de NH₃ inicial estava dentro do limite recomendado para *L. variegatus* (Prósperi, 2002).

A sensibilidade dos indivíduos de *L. variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO₄). A concentração letal mediana (CL₅₀; 24h) obtida foi: 0,20 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,10 – 0,22 mg/L ZnSO₄) conforme carta controle.

4.4. Ensaios ecotoxicológicos – Sedimento Total

Os resultados do teste de toxicidade aguda com o anfípodo *Leptocheirus plumulosus* das amostras dos pontos de coleta PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 das Campanhas 1 a 4 encontram-se na Tabela 4.4-1. Também é apresentado o resultado do controle laboratorial realizado paralelamente aos testes com as amostras coletadas. Na Figura 4.4-1 é apresentada a mortalidade total média (n=3) dos ensaios dessas três campanhas, com seus respectivos desvios-padrão, encontrada após os ensaios no sedimento total das amostras.

Considerando que o organismo utilizado no experimento é exposto tanto à água intersticial quanto à de interface sedimento-água, é importante avaliar descritores físico-químicos interferentes nos ensaios para esses dois meios. Na Tabela 4.4-2 são apresentados os parâmetros físico-químicos (pH, salinidade e oxigênio dissolvido) medidos na água de interface no início e fim do teste de

toxicidade aguda das amostras das Campanhas 1 a 4. Já as análises de pH, salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), nitrogênio amoniacal (mg/L) e amônia não ionizada (NH₃ - mg/L) efetuadas na água intersticial do sedimento no início e final do teste dessas quatro campanhas encontram-se na Tabela 4.4-3.

Assim como nas campanhas anteriores, na Campanha 4 não foi observado, de acordo com o tratamento estatístico aplicado, toxicidade aguda para *L. plumulosus* após 10 dias de exposição, em comparação com o controle, nas amostras de sedimento de superfície dos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

A maior porcentagem de mortalidade dos indivíduos de *L. plumulosus* ocorreu na amostra do ponto PS-Q9 da Campanha 1 (10%) e as menores ocorreram nas amostras do ponto PS-C1 das quatro campanhas, nas quais não foi observada mortalidade.

A sensibilidade dos indivíduos de *L. plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada por meio do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO₄). Nos ensaios da Campanha 4, a concentração letal mediana (CL₅₀; 96h) obtida foi: 0,53 mg Zn/L (I.C.: 0,43 a 0,65 mg Zn/L). Assim como na Campanha 1, nestas duas campanhas a carta-controle de sensibilidade deste sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indicou uma CL₅₀; 96h média de 0,77 mg Zn/L, com limites de controle (média ± 2 desvio padrão) de 0,49 a 1,05 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste.

Tabela 4.4-1. Efeito tóxico observado nos teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 das Campanhas 1 a 4.

Campanha	Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Mortalidade (%)	Mortalidade Total (%)	Desvio Padrão (%)	Resultado
			Mortos	Total				
1	Controle	1	1	20	5	2	2,89	-
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-Q9	1	1	20	5	10	5,00	Não Tóxico
		2	3	20	15			
		3	2	20	10			
	PS-Q10	1	2	20	10	7	5,77	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	0	20	0			
	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	0	0,00	Não Tóxico	
	2	0	20	0				
	3	0	20	0				
2	Controle	1	1	20	5	2	2,89	-
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-Q9	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			
	PS-Q10	1	0	20	0	3	5,77	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	2	20	10			
	PS-N1	1	0	20	0	3	2,89	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	1	20	5			
PS-C1	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico	
	2	0	20	0				
	3	0	20	0				
3	Controle	1	1	20	5	2	2,89	-
		2	0	20	0			
		3	0	20	0			
	PS-Q9	1	1	20	5	3	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			
	PS-Q10	1	1	20	5	5	5,00	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	0	20	0			
	PS-N1	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			
PS-C1	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico	
	2	0	20	0				
	3	0	20	0				
4	Controle	1	0	20	0	3	5,77	-
		2	0	20	0			
		3	2	20	10			
	PS-Q9	1	0	20	0	2	2,89	Não Tóxico
		2	0	20	0			
		3	1	20	5			
	PS-Q10	1	0	20	0	7	5,77	Não Tóxico
		2	2	20	10			
		3	2	20	10			
	PS-N1	1	0	20	0	5	5,00	Não Tóxico
		2	1	20	5			
		3	2	20	10			
PS-C1	1	0	20	0	0	0,00	Não Tóxico	
	2	0	20	0				
	3	0	20	0				

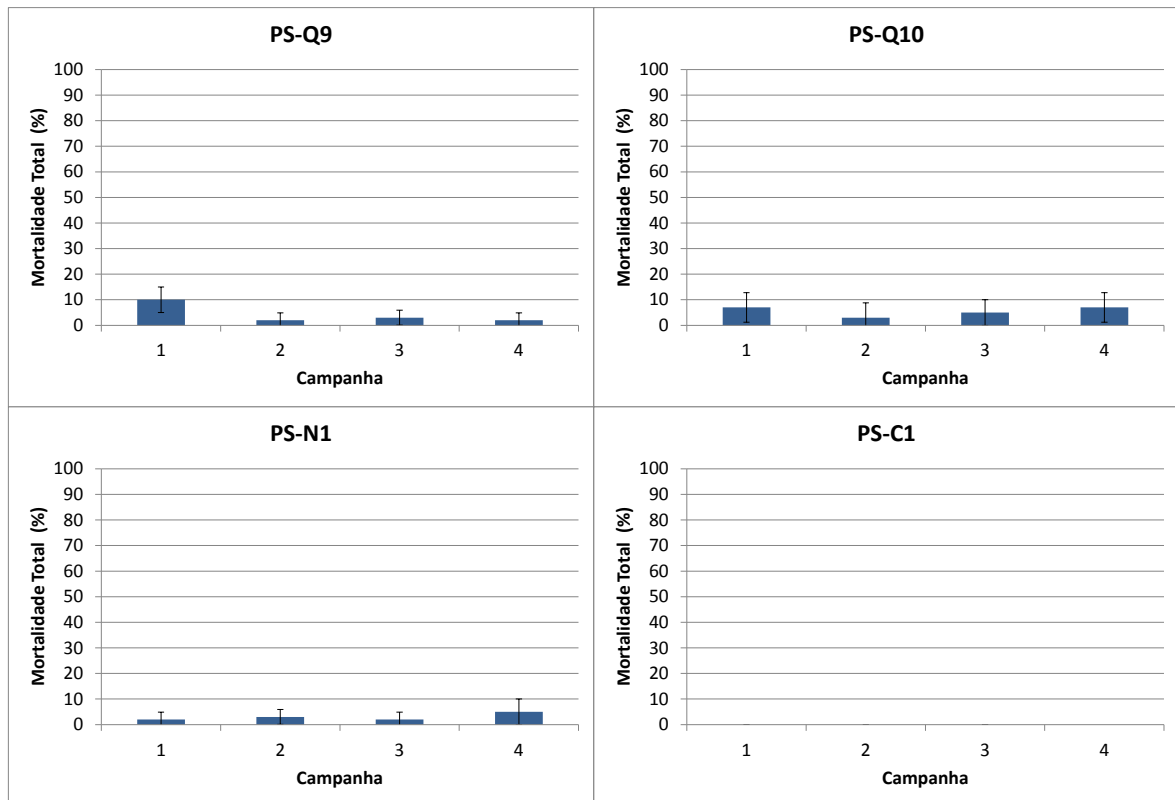


Figura 4.4-1. Mortalidade total média de *Leptocheirus plumulosus* (n=3) e desvio-padrão das amostras coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 das Campanhas 1 a 4.

Tabela 4.4-2. Parâmetros físico-químicos medidos na água de interface no início e fim do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 das Campanhas 1 a 4.

Campanha	Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	Controle	7,88	8,27	20	22	5,81	6,30
	PS-Q9	7,79	8,32	21	23	5,84	6,31
	PS-Q10	7,84	8,11	21	22	5,84	6,33
	PS-N1	7,88	8,31	21	23	6,11	6,20
	PS-C1	7,87	8,17	21	23	6,06	6,12
2	Controle	7,96	8,19	20	23	5,90	6,54
	PS-Q9	8,13	8,49	21	24	6,25	6,35
	PS-Q10	8,05	8,18	22	24	6,19	6,35
	PS-N1	8,06	8,18	22	24	6,23	6,30
	PS-C1	8,05	8,19	22	24	6,12	6,34
3	Controle	7,96	8,19	20	23	5,90	4,32
	PS-Q9	8,01	8,13	22	24	5,83	6,36
	PS-Q10	7,98	8,16	22	25	6,00	6,30
	PS-N1	8,03	8,26	22	24	6,29	6,39
	PS-C1	8,00	8,18	22	24	6,12	6,37
4	Controle	8,14	8,17	20	22	6,38	6,41
	PS-Q9	8,09	8,20	21	24	5,90	6,12
	PS-Q10	8,08	8,13	21	23	6,17	6,35
	PS-N1	8,11	8,36	21	24	6,14	6,27
	PS-C1	8,09	8,20	21	23	6,13	6,21

Tabela 4.4-3. Parâmetros físico-químicos medidos na água intersticial no início e fim do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 das Campanhas 1 a 4.

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
1	Controle	7,59	7,70	24	24	4,89	4,32	24,0	24	5,50	-	0,099	-
	PS-Q9	7,83	7,66	37	25	5,32	4,56	24,0	24	6,75	-	0,190	-
	PS-Q10	7,83	7,68	37	24	5,70	5,24	24,0	24	5,00	-	0,141	-
	PS-N1	7,91	7,74	37	24	5,47	5,23	24,0	24	6,00	-	0,202	-
	PS-C1	*	7,76	*	24	*	5,36	24,0	24	*	-	*	-
2	Controle	7,64	7,68	22	24	4,95	4,32	24,0	24	2,00	-	0,040	-
	PS-Q9	7,75	7,98	36	26	5,50	6,01	24,0	24	2,25	-	0,053	-
	PS-Q10	7,87	7,96	36	26	5,19	5,96	24,0	24	5,50	-	0,170	-
	PS-N1	7,95	7,96	36	26	5,19	5,99	24,0	24	4,50	-	0,166	-
	PS-C1	7,86	7,97	37	27	5,29	6,02	24,0	24	8,50	-	0,256	-
3	Controle	7,64	7,68	32	24	4,95	4,32	24,0	24	2,00	-	0,040	-
	PS-Q9	7,86	7,87	37	26	5,00	5,85	24,0	24	26,00	-	0,784	-
	PS-Q10	7,80	7,88	38	26	4,71	5,93	24,0	24	5,25	-	0,138	-
	PS-N1	7,90	7,99	36	27	4,70	5,97	24,0	24	4,75	-	0,157	-
	PS-C1	7,86	7,95	37	26	4,76	6,01	24,0	24	6,50	-	0,196	-
4	Controle	7,69	7,73	22	22	4,77	5,68	24,9	-	2,25	-	0,058	-
	PS-Q9	7,69	7,65	36	24	4,72	5,03	24,9	-	6,25	-	0,148	-
	PS-Q10	*	7,69	*	22	*	5,01	24,9	-	*	-	*	-
	PS-N1	7,77	7,72	36	22	4,75	5,11	24,9	-	4,00	-	0,113	-
	PS-C1	*	7,81	*	22	*	5,42	24,9	-	*	-	*	-

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

Legenda: Valor Acima do limite (0,8 mg/L) para *Leptocheirus plumulosus*
 N.A. Não analisado

4.4. Variação Espacial

Nas Figuras 4.4-1 a 4.4-8 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio das amostras coletadas nas Campanhas 1 a 8, respectivamente. Nas Figuras 4.4-1 a 4.4-4 também são apresentadas os resultados dos testes de toxicidade crônica (elutriato – E) e aguda (sedimento total – ST) das Campanhas 1 a 4, respectivamente, e na Figura 4.4-5, os resultados do teste de toxicidade crônica da Campanha 5.

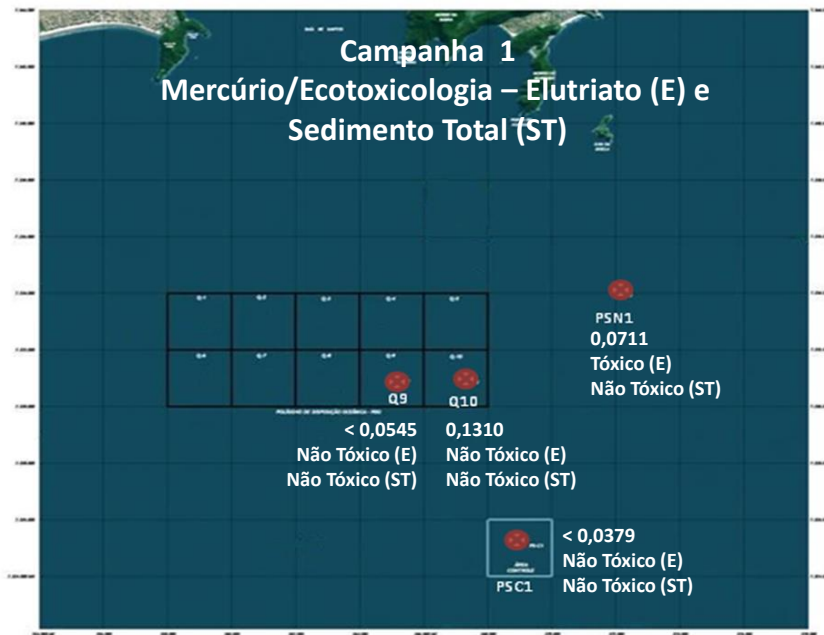


Figura 4.3-1. Variação espacial da concentração de mercúrio (mg/kg) e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato (E) e no sedimento total (ST) das amostras coletadas na Campanha 1.

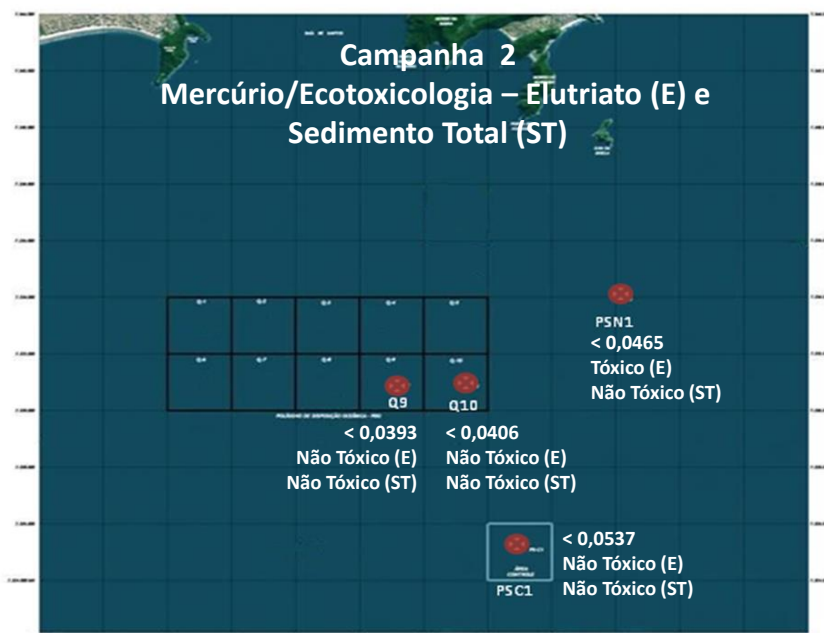


Figura 4.3-2. Variação espacial da concentração de mercúrio (mg/kg) e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato (E) e no sedimento total (ST) das amostras coletadas na Campanha 2.

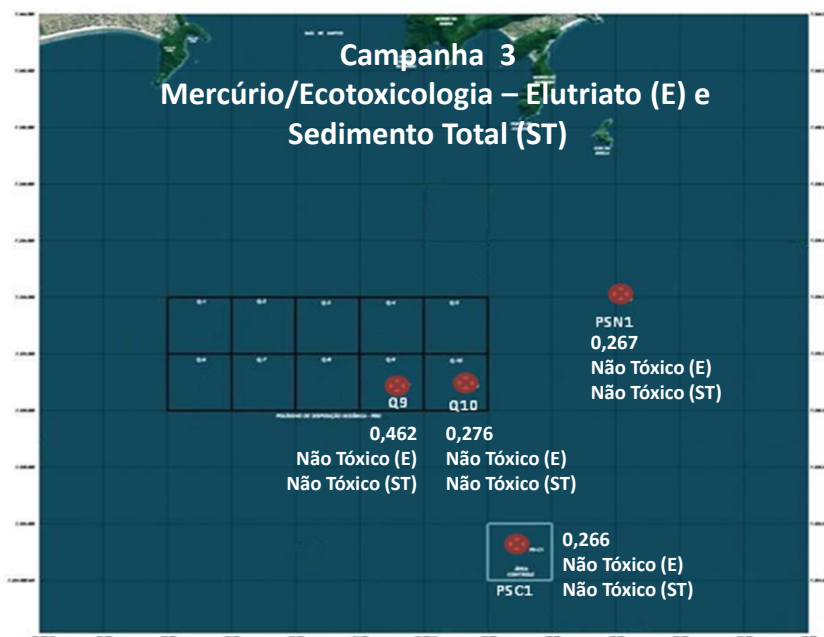


Figura 4.3-3. Variação espacial da concentração de mercúrio (mg/kg) e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato (E) e no sedimento total (ST) das amostras coletadas na Campanha 3.

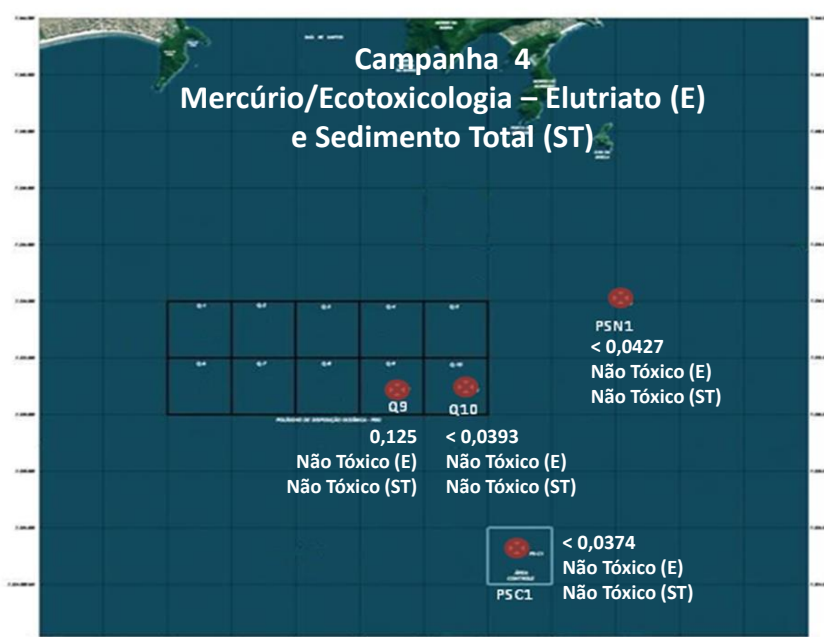


Figura 4.3-4. Variação espacial da concentração de mercúrio (mg/kg) e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato (E) e no sedimento total (ST) das amostras coletadas na Campanha 4.

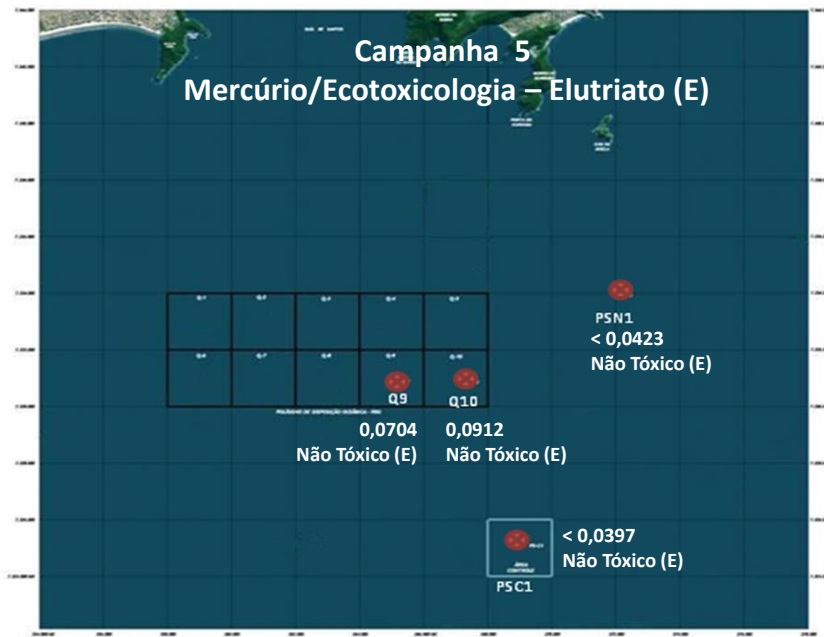


Figura 4.3-5. Variação espacial da concentração de mercúrio (mg/kg) e resultados dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato (E) das amostras coletadas na Campanha 5.

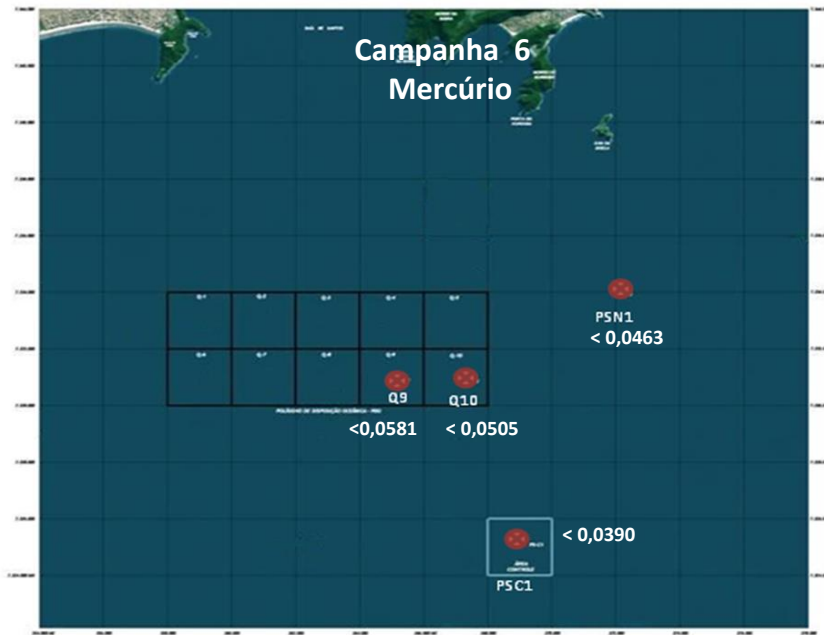


Figura 4.3-6. Variação espacial da concentração de mercúrio (mg/kg) das amostras coletadas na Campanha 6.

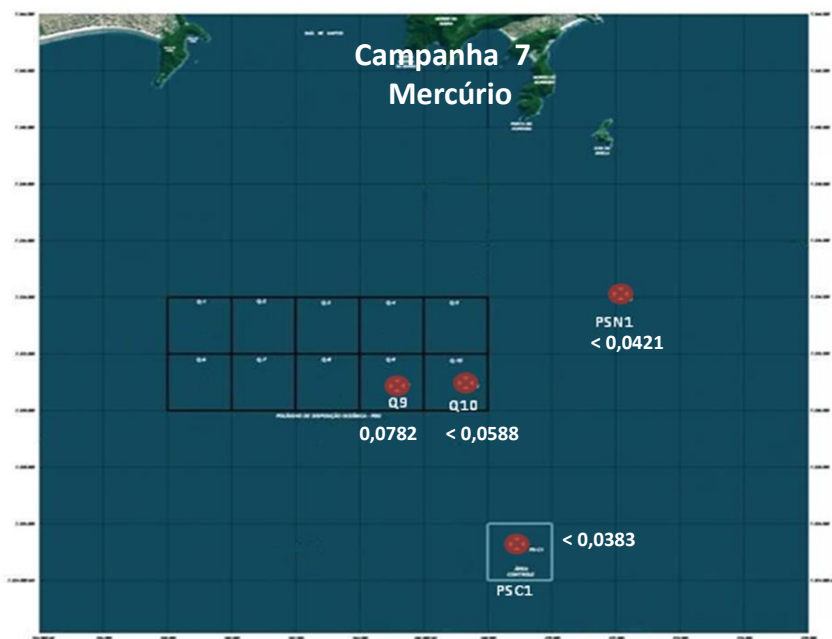


Figura 4.3-7. Variação espacial da concentração de mercúrio (mg/kg) das amostras coletadas na Campanha 7.

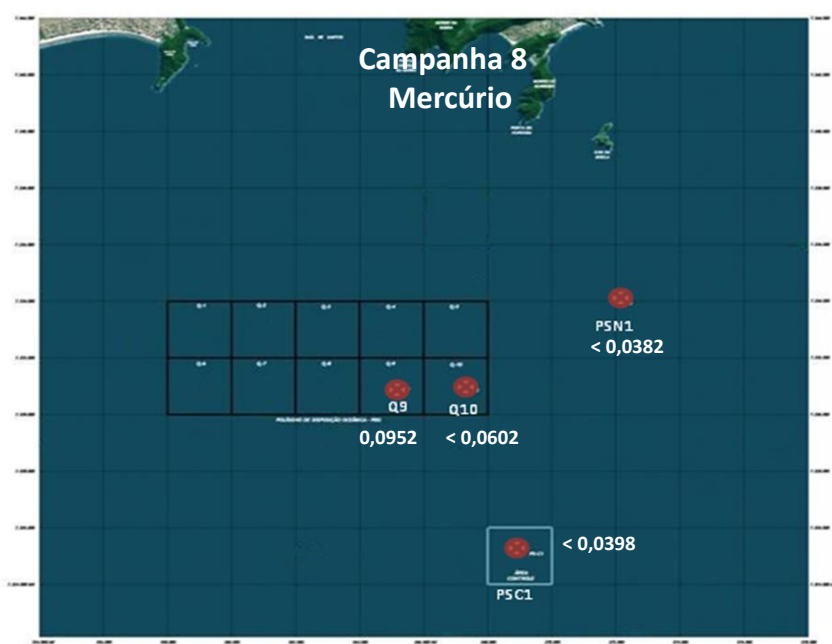


Figura 4.3-8. Variação espacial da concentração de mercúrio (mg/kg) das amostras coletadas na Campanha 8.

5. Considerações

As atividades realizadas neste período contemplam as Campanhas 1 a 8, para o Monitoramento Intensivo - 2013 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).

Segundo os resultados de mercúrio total, fornecidas pelo laboratório *Analytical Technology*, do total de 32 amostras (Campanhas 1 a 8):

- 21 apresentaram concentração de mercúrio total abaixo do limite de quantificação do método, sendo:
 - 3 do ponto PS-Q9,
 - 5 do ponto PS-Q10,
 - 6 do ponto PS-N1, e
 - 7 do ponto PS-C1.
- 10 amostras quantificaram o mercúrio, porém abaixo do Nível 1, estabelecido pela Resolução CONAMA 454/12, sendo:
 - 4 do ponto PS-Q9,
 - 3 do ponto PS-Q10,
 - 2 do ponto PS-N1, e
 - 1 do ponto PS-C1.
- 1 amostra quantificou mercúrio acima do Nível 1, estabelecido pela Resolução CONAMA 454/12, sendo:
 - 1 do ponto PS-Q9,

O resultado de mercúrio acima do Nível 1 da Resolução CONAMA 454/12 do ponto PS-Q9 na Campanha 3 foi reportado imediatamente à Codesp, para que esta pudesse tomar as devidas decisões de acordo com o disposto na Licença de Instalação nº 898/2012. No entanto, na Campanha 4, a amostra do ponto PS-Q9 já apresentou concentração de mercúrio abaixo do Nível 1.

Em relação aos ensaios de toxicidade crônica no elutriato com o ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus*, desde o início deste monitoramento até a Campanha 5, apenas as amostras do ponto PS-N1 das Campanhas 1 e 2 apresentaram efeito tóxico, sendo que na Campanha 3 tal efeito já não foi

observado. Em relação à Campanha 2, o efeito tóxico observado pode ser explicado pela concentração de amônia não ionizada (NH_3) acima do valor recomendado para a espécie teste utilizada. Porém, no caso da Campanha 1, não há uma explicação aparente, pois a concentração de NH_3 inicial estava dentro do limite recomendado para *L. variegatus*.

Já em relação ao ensaio de toxicidade aguda no sedimento total com o anfípodo *Leptocheirus plumulosus*, nenhuma amostra das Campanhas 1 a 4 apresentou efeito tóxico após 10 dias de exposição.

As amostras para a realização dos testes ecotoxicológicos no elutriato das Campanhas 6 a 8 e no sedimento total das Campanhas 5 a 8 foram enviadas para os laboratórios responsáveis e os resultados serão apresentados em relatórios futuros.

6. Referências Bibliográficas

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas 2006. ABNT/NBR 15350. Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio do ouriço-do-mar (Echinodermata:Echinoidea). Rio de Janeiro, 17 p.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas 2008. ABNT/NBR 15638. Qualidade da água – Determinação da toxicidade aguda de sedimentos marinhos ou estuarino com anfípodos. Rio de Janeiro, 17 p.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas 2005. ABNT/NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 31 p.

Bower, C.E. & Bidwell, J.P. 1978. Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature, pH and salinity. J. Fish. Res. Board. Can., 35: 1012-1016.

Brasil, 2012. Resolução CONAMA nº 454, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Diário Oficial da União nº 216 de 08/11/2012, Seção 1, p. 66.

Embrapa, 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Embrapa/CNPS, Rio de Janeiro, p. 212.

Erickson, W.P. & McDonald, L.L. 1995. Tests for bioequivalence of control media and test media in studies of toxicity. Environ. Toxicol. Chem., 14: 1274-1256.

FRF, 2008. Fundação Ricardo Franco. 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.

LICENÇA DE INSTALAÇÃO Nº 898/2012. Brasília, 05 de dezembro de 2012.

Prósperi, V. A.; Romanelli, M. F.; Buratini, S. V.; Cachattori, D. ; Sáfyadi, 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.

USEPA, United States Environmental Protection Agency 2001. Method for assessing the chronic toxicity of marine and estuarine sediment associated contaminants with the amphipod *Leptocheirus plumulosus*. EPA-600/R-01/020. Environmental Protection Agency, Cincinnati, U. S., 120 p.

Whitfield, M. 1974. The hydrolysis of ammonia ions in sea water - A Theoretical Study. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 54: 565-580.

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

7. Anexos

- Anexo 7-1. Laudo das análises químicas de mercúrio nas amostras de sedimento da Campanha 8.
- Anexo 7-2. Laudo das análises de granulometria nas amostras da Campanha 7.
- Anexo 7-3. Laudos dos ensaios de toxicidade crônica ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* no sedimento total das Campanhas 4 e 5.

- Anexo 7-4. Laudos dos ensaios de toxicidade aguda com anfípodo *Leptocheirus plumulosus* no sedimento total da Campanha 4.
- Anexo 7-5. Dossiê fotográfico – amostras da Campanha 8.

ANEXO 7-1. LAUDO DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE MERCÚRIO NAS
AMOSTRAS DE SEDIMENTO DA CAMPANHA 8.

ANEXO 7-2. LAUDO DAS ANÁLISES DE GRANULOMETRIA NAS AMOSTRAS
DA CAMPANHA 7.

ANEXO 7-3. LAUDOS DOS ENSAIOS DE TOXICIDADE CRÔNICA OURIÇO-DO-MAR *LYTECHINUS VARIEGATUS* NO SEDIMENTO TOTAL DAS CAMPANHAS 4 E 5.

ANEXO 7-4. LAUDOS DOS ENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA COM ANFÍPODO *LEPTOCHEIRUS PLUMULOSUS* NO SEDIMENTO TOTAL DA CAMPANHA 4.

ANEXO 7-5. DOSSIÊ FOTOGRÁFICO – AMOSTRAS DA CAMPANHA 8.