

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



 **FUNDESPA**  
Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas

*2º Relatório do Monitoramento Ambiental  
Intensificado para a Dragagem do Trecho 4  
do Canal do Porto de Santos*

## **IDENTIFICAÇÃO**

---

**PRODUTO:** RMI-130411 – 2º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos.

**DATA:** 13 de Abril de 2011.

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

Sendo contratada pela Codesp para coordenar e administrar os trabalhos de “GERENCIAMENTO E IMPLANTAÇÃO DO PLANO BÁSICO AMBIENTAL (PBA) DA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO”, a Fundespa encaminha aqui o 2ª Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos referente às atividades desenvolvidas no período de 08 a 13 de Abril de 2011 .

## SUMÁRIO

<b>17. MONITORAMENTO AMBIENTAL INTENSIFICADO PARA A DRAGAGEM DO TRECHO 4 DO CANAL DO PORTO DE SANTOS .....</b>	<b>1</b>
17.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
17.2. ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS NO PROGRAMA .....	3
17.3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....	10
17.4. RESULTADOS.....	11
17.5. CONSIDERAÇÕES.....	22
17.6. CRONOGRAMA .....	22
17.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23
17.8. ANEXOS .....	24

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

### **17.1. Introdução e Objetivos**

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

Em 4 de outubro de 2011 foi emitida a licença para a dragagem do Trecho 4. Tendo em vista a presença de material de qualidade inferior na região da Alemoa, em particular das áreas identificadas como AL-1 (porção leste) e AL-2 (porção oeste) deste Trecho o IBAMA, por meio de Nota Técnica nº 117/2010 COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA, solicitou a realização de monitoramentos adicionais durante a dragagem destas áreas, através de coletas semanais de amostras para realização de ensaios ecotoxicológicos com as fases sólidas e líquidas do sedimento da área de disposição e análises químicas de mercúrio. Além destas análises semanais foi solicitada a intensificação da avaliação de bioacumulação em tecidos de organismos demersais para periodicidade trimestral. Estes resultados serão apresentados juntamente com os demais resultados do Programa 17 – Monitoramento da área de Descarte em relatórios semestrais encaminhados ao IBAMA.

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

O Plano de Disposição Oceânica estabelece que o material dragado, proveniente de duas áreas (AL 01 e AL 02) de sedimentos de pior qualidade na



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

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

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



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

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

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

O presente monitoramento intensificado prevê a entrega semanal ao IBAMA de laudos de análise química para mercúrio. Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos com elutriatos serão 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 deverão ser finalizados em 45 dias.

Iniciado o monitoramento intensivo, após 15 dias será emitido relatório contendo os laudos bem como breves considerações acerca dos resultados encontrados. Após o primeiro relatório, será entregue semanalmente um relatório de acompanhamento consolidando os resultados dos laudos à medida que os mesmos forem entregues.

### **17.2.1. Metodologia**

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

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

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

Após coletadas, as amostras são acondicionadas e encaminhadas para análises conforme normas técnicas internacionalmente reconhecidas. Cadeias de custódia acompanharão os processos de coleta e encaminhamento das amostras ao laboratório contratado.

O sedimento do trecho 4 são descartados 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 à Laje de Santos, (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 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.

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.



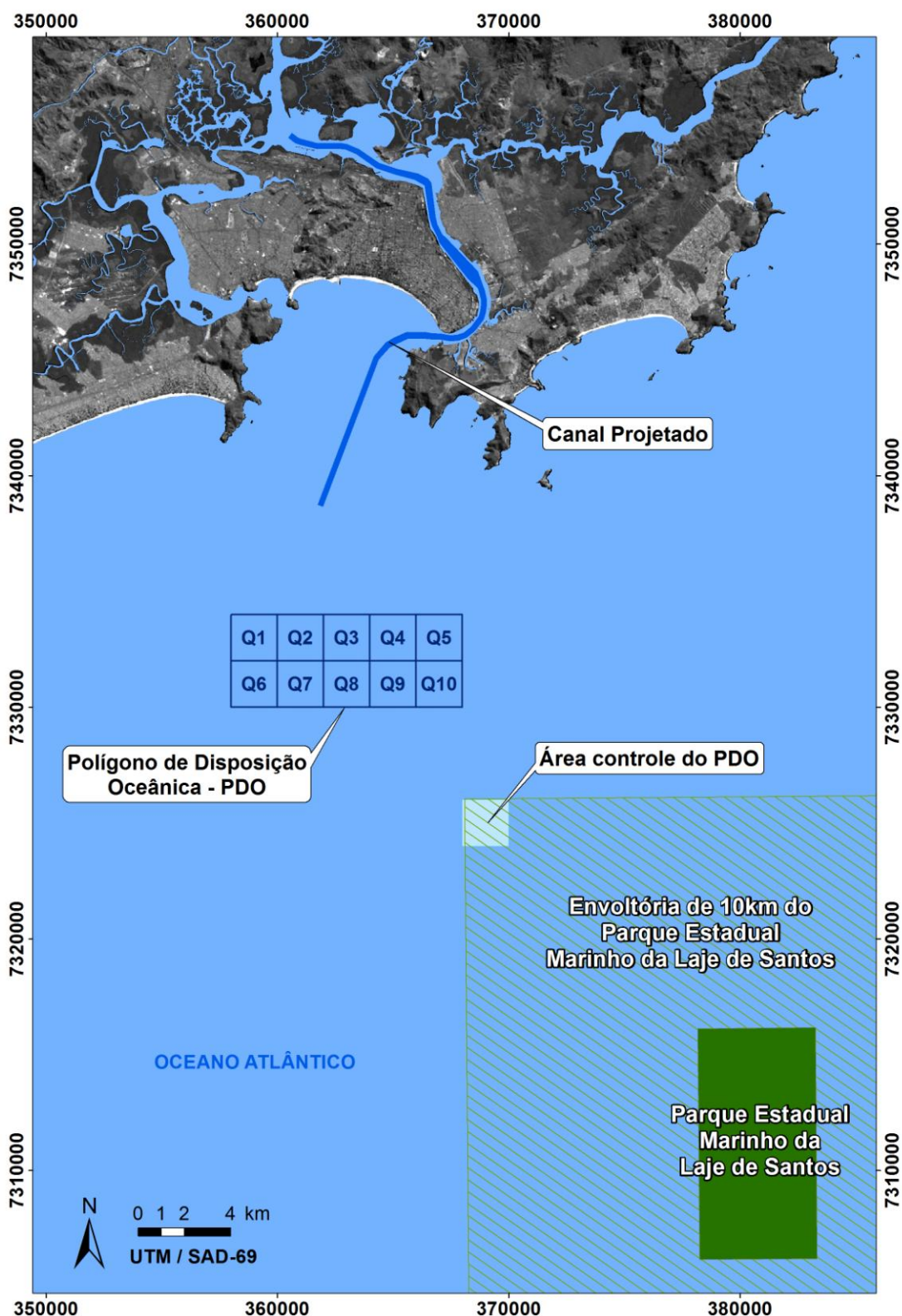


Figura 17.2.1-1. Mapa de localização do Parque Estadual Marinho da Laje Santos e do Polígono de Disposição Oceânica (PDO).

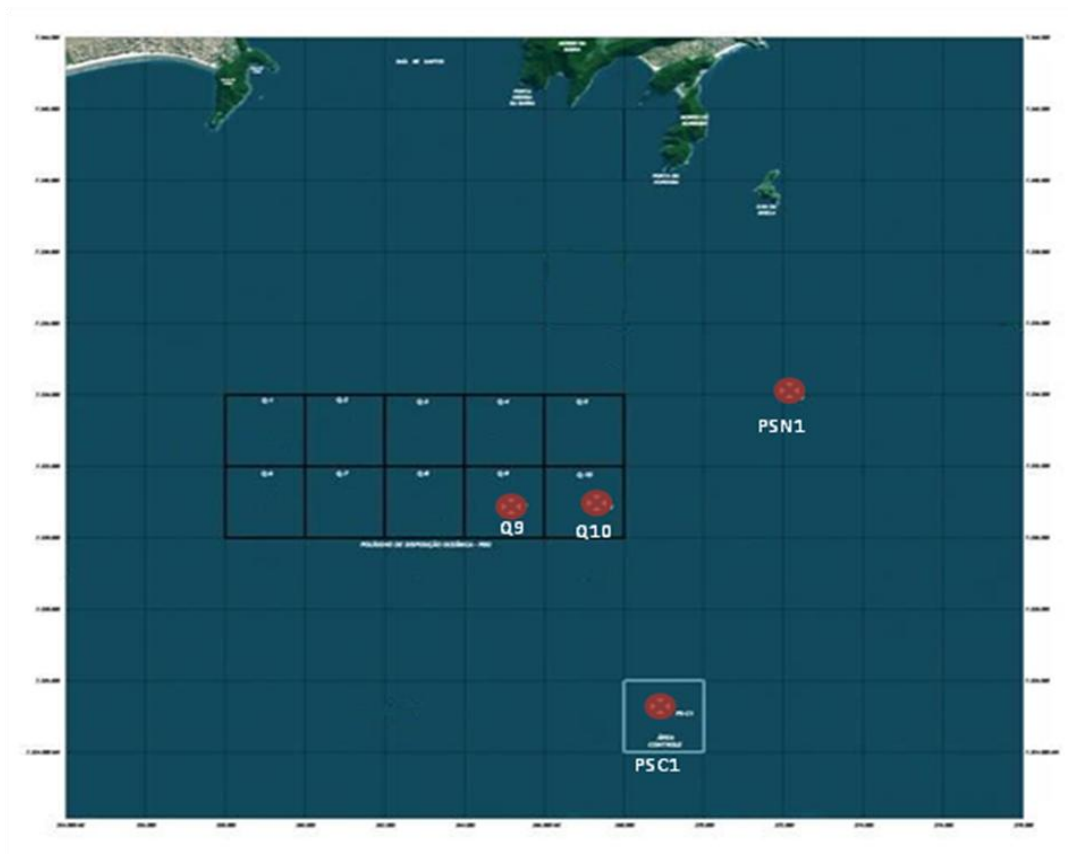


Figura 17.2.1-2. Imagem da região marinha da Baixada Santista, onde pode ser observado o polígono de disposição dos sedimentos dragados, com indicação das áreas monitoradas.

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, sendo iniciada cerca de 7 dias após início da dragagem no Trecho 4.

As análises de mercúrio em sedimentos são realizadas semanalmente durante a dragagem do Trecho 4. Os ensaios ecotoxicológicos apresentam periodicidade semanalmente durante o primeiro mês de dragagem. A frequência amostral para estes ensaios será reavaliada a partir dos resultados obtidos ao longo do primeiro mês de monitoramento intensivo.

### **17.2.2. Análises**

#### **Mercúrio**

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

#### **Ensaio Ecotoxicológicos**

- **Sedimento Total**

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

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.

O teste consiste na exposição de anfípodos adultos (excluindo-se fêmeas ovadas e animais apresentando aparência ou movimentação alterada) às amostras de sedimento, durante 10 dias.

Aproximadamente 24 horas antes do início do experimento, as amostras de sedimento são homogeneizadas e, para cada amostra são preparadas réplicas,

em frascos de polietileno de alta densidade. Em cada frasco são introduzidos 10 anfípodos sadios. Todas as amostras recebem aeração e iluminação constantes e temperatura controlada ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ), em sala climatizada.

Ao final do período de exposição (10 dias), o número de indivíduos vivos e mortos de todas as réplicas é contado. Os resultados das amostras são comparados estatisticamente com a amostra controle, para detecção de diferenças significativas e determinação das amostras tóxicas.

São realizados teste de normalidade de Chi-Quadrado, teste-F para homogeneidade de variância e teste de hipótese por bioequivalência.

- **Elutriato**

Os ensaios ecotoxicológicos são realizados conforme metodologia padronizada na norma ABNT/NBR-1535, utilizando larvas de ouriço da espécie *Lytechinus variegatus*, pelo laboratório contratado.

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.

Para isso, 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. Após agitação, as amostras permanecem em repouso por 24 h, e posteriormente, são sifonados 10 ml do sobrenadante e adicionados a cada réplica do teste, conforme (ABNT NBR 15350, 2006; USEPA, 2001).

A metodologia do ensaio segue a NBR 15350 (2006). Ouriços-do-mar adultos da espécie *Lytechinus variegatus*, podem ser coletados por meio de mergulho livre, em vários trechos do litoral brasileiro.

Machos e fêmeas adultos de ouriço do mar (mínimo três de cada sexo) são estimulados para a liberação de gametas. Os gametas são coletados separadamente e os óvulos, caracterizados pela coloração amarelo alaranjado,

são coletados utilizando-se de um béquer de 400 ml, contendo água de diluição marinha. Uma subamostra dos óvulos de cada fêmea é observada 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 e filtrado através de malha de 350  $\mu\text{m}$  e acrescentada água marinha filtrada, elevando assim, o volume para 600 ml - este processo de lavagem dos óvulos é repetido por três vezes. Os espermatozóides, de coloração branca, são coletados diretamente dos gonoporos, 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 então estimado o volume da solução que contivesse 300 ovos. Este volume é acrescentado aos recipientes teste utilizando-se uma pipeta automática, não ultrapassando 1% do volume da solução teste.

A exposição é conduzida em tubos de ensaio de 15 ml, onde para cada amostra são montadas 4 réplicas. Os experimentos são mantidos em câmara incubadora sob temperatura constante de  $25 \pm 2$  °C e fotoperíodo de 12h/12h. Após 24 h, os experimentos são finalizados e 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 replica, 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.

Os resultados dos testes são submetidos ao método de análises de variância (ANOVA) de uma via, empregando os métodos Dunnett's test para comparar os pontos amostrados com o ponto de referência e *T-Student* para comparações pareadas independentes dos pontos em relação ao controle. Antes



da aplicação, os dados são submetidos à avaliação de normalidade pelo método Chi-quadrado e homogeneidade de variâncias pelo método *Bartlett's test*.

### **17.3. Atividades desenvolvidas**

Neste relatório são apresentadas as atividades referentes ao presente programa de monitoramento, desenvolvidas no período de 08 a 13 de abril de 2011.

Até o presente momento foram realizadas 5 campanhas, sendo uma prévia ao início da dragagem nas áreas AL1 e AL2 e outras 4 nas semanas seguintes ao início da dragagem no trecho em questão.

As campanhas foram realizadas nos dias 03 de fevereiro de 2011 (Campanha Prévia), 24 de março de 2011 (Campanha I), 1º de abril de 2011 (Campanha II), 07 de abril de 2011 (Campanha III) e 12 de abril de 2011 (Campanha IV).

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

O presente relatório consolida os resultados das análises de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das três primeiras campanhas (Campanha Prévia, Campanha I e Campanha II). Os demais resultados ainda não foram liberados pelos laboratórios, estando dentro do período regular de análise.

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 observados.

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	Período anterior ao início da dragagem do trecho contaminado	-	-	03/02/2011	Mercúrio	entregue	1
					Ecotoxicologia (Elutriato)	entregue	
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	-
I	16 a 22/03/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5 e Q9	24/03/2011	Mercúrio	entregue	1
					Ecotoxicologia (Elutriato)	entregue	
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	-
II	23 a 29/03/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5, Q9 e Q10	01/04/2011	Mercúrio	entregue	2
					Ecotoxicologia (Elutriato)	entregue	
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	-
III	30 a 05/04/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5 e Q10	07/04/2011	Mercúrio	em análise pelo laboratório	-
					Ecotoxicologia (Elutriato)	em análise pelo laboratório	
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	
IV	06 a 12/04/11	-	Q3 e Q5	12/04/2011	Mercúrio	em análise pelo laboratório	-
					Ecotoxicologia (Elutriato)	em análise pelo laboratório	
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	
* Informação obtida das planilhas dos fiscais embarcados nas dragas							
** Informação obtida a partir das planilhas da autotracc							

## 17.4. Resultados

Abaixo são apresentados os resultados das análises químicas de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 da **Campanha Prévia**, da **Campanha I** e da **Campanha II**. O laudo das análises de mercúrio e ecotoxicológica no elutriato da Campanha II encontram-se no Anexo 17.8-1 e 17.8-2, respectivamente. Os laudos das análises de mercúrio e ecotoxicológica no elutriato da Campanha Prévia e da Campanha I foram apresentados no 1ª Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos.

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 à biota (Nível 1) e a segunda o limiar acima do qual é provável que efeitos adversos ocorram à biota (Nível 2). A classificação dos sedimentos na faixa entre estes dois níveis é indicativo de que já existe a probabilidade de ocorrência de efeitos adversos sobre os organismos.

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

#### 17.4.1 Análise Química – Mercúrio Total

Os resultados das análises de mercúrio total nas amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, da Campanha Prévia, da Campanha I e da Campanha II, estão apresentados na Tabela 17.4.1-1. As concentrações de mercúrio analisados no sedimento registraram concentrações abaixo do limite de quantificação (<LQ) em todas as amostras (Figura 17.4.1-1). A validação das medidas de mercúrio foi feita através da análise de sedimento de referência, cujos resultados indicaram que a porcentagem de recuperação atenderam 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		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
		Nível 1	Nível 2				
Prévia	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0617	< 0,0613	< 0,0609	< 0,0619
Campanha I	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0446	< 0,0374	< 0,0429	< 0,0375
Campanha II	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0677	< 0,0867	< 0,0616	< 0,0775

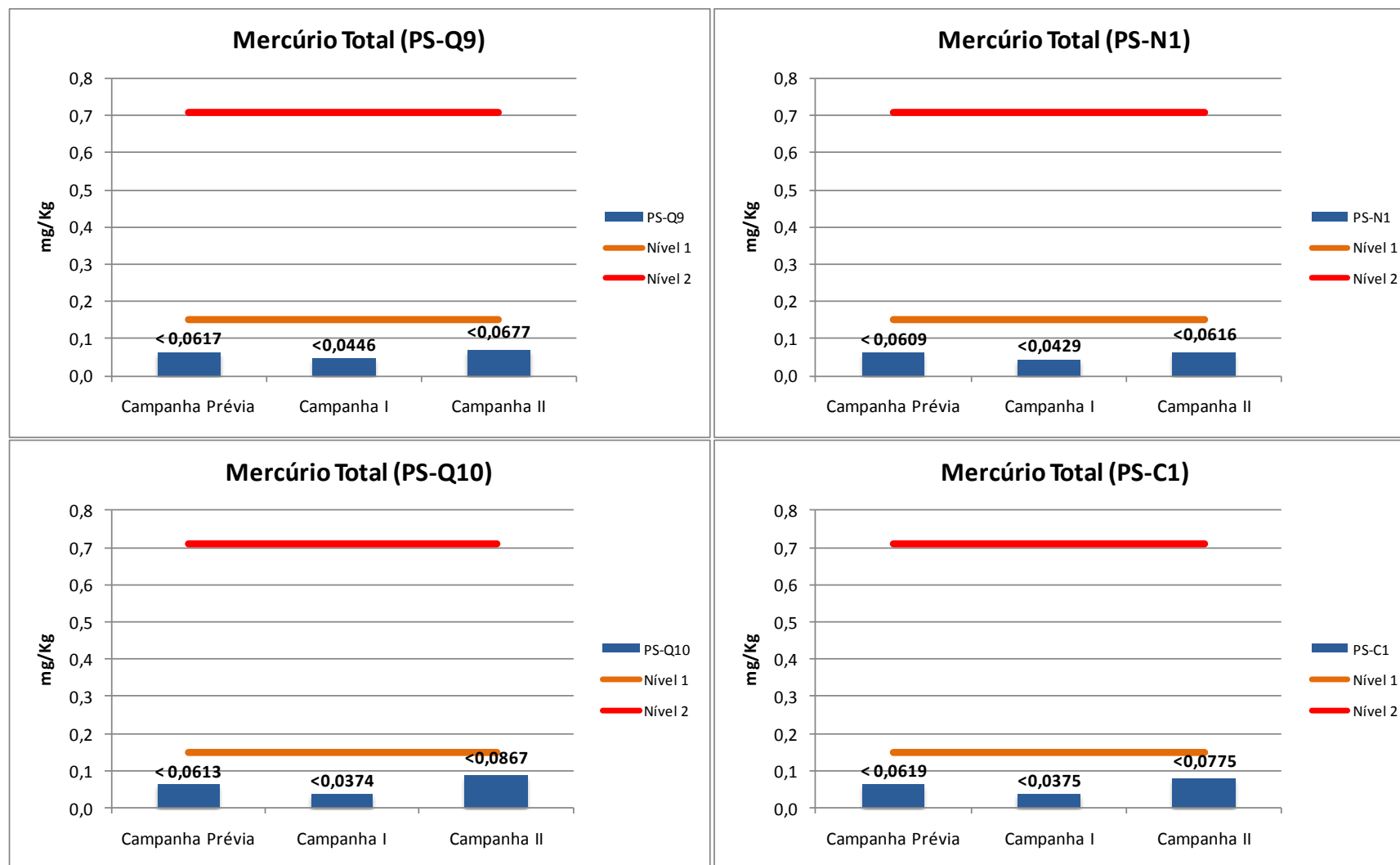


Figura 17.4.1-1. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nas quadrículas Q-9 e Q-10 (PS-Q9 e PS-Q10), no ponto a nordeste do PDO (PS-N1) e na área a ser controlada (PS-C1).

#### 17.4.2 Ensaios Ecotoxicológicos - Elutriato

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

Foram medidos parâmetros físicos e químicos na fração aquosa, no início e final 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). Na Tabela 17.4.2-1 são apresentados os parâmetros físicos e químicos medidos na Campanha Prévia e nas Campanhas I e II. A Tabela 17.4.2-2 apresenta os resultados do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*, para a Campanha Prévia e para as Campanhas I e II. Na Figura 17.4.2-1 são apresentados as médias, com seus respectivos desvios-padrões, do número de larvas normais encontradas para cada uma das réplicas do ensaio ecotoxicológico.



Tabela 17.4.2-1. Análises físicas e químicas (iniciais e finais) da fração aquosa realizadas nos testes 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	0,03	
		Final	25	4,1	7,60	36	n.a	n.a	
	PS-Q10	Inicial	25	4,6	7,63	36	0,56	0,01	
		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	0,01	
		Final	25	4,2	7,64	36	n.a	n.a	
	Campanha I	Controle	Inicial	25	5,4	7,41	33	n.d	n.d
			Final	25	5,4	7,76	32	n.a	n.a
PS-Q9		Inicial	25	5,3	7,71	32	0,91	0,01	
		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	0,02	
		Final	25	5,4	7,78	31	n.a	n.a	
PS-C1		Inicial	25	5,5	7,48	33	1,82	0,026	
		Final	25	5,5	7,70	32	n.a	n.a	
Campanha II		Controle	Inicial	25	4,3	7,41	33	n.d	n.d
			Final	25	4,1	7,76	33	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	4,6	7,66	33	0,98	0,02	
		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	0,01	
		Final	25	4,5	7,73	33	n.a	n.a	
	PS-C1	Inicial	25	4,6	7,56	33	2,45	0,041	
		Final	25	4,4	7,54	33	n.a	n.a	

\*na: não analisado e nd: não detectado.

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

Campanha	Amostra	Nº de larvas normais por réplica				Média	Desvio Padrão	Resultado
		R1	R2	R3	R4			
Prévia	Controle	91	87	89	92	89,75	2,22	-
	<b>PS-Q9</b>	75	87	88	78	82,00	6,48	Não Tóxico
	<b>PS-Q10</b>	82	88	90	49	77,25	19,14	Não Tóxico
	<b>PS-N1</b>	78	75	76	73	75,50	2,08	Tóxico
	<b>PS-C1</b>	85	78	76	89	82,00	6,06	Não Tóxico
Campanha I	Controle	89	81	87	92	87,25	4,65	-
	<b>PS-Q9</b>	81	87	87	89	86,00	3,46	Não Tóxico
	<b>PS-Q10</b>	86	89	83	84	85,50	2,65	Não Tóxico
	<b>PS-N1</b>	80	88	83	82	83,25	3,40	Não Tóxico
	<b>PS-C1</b>	82	88	76	85	82,75	5,12	Não Tóxico
Campanha II	Controle	91	90	82	92	88,75	4,57	-
	<b>PS-Q9</b>	73	85	75	83	79,00	5,89	Não Tóxico
	<b>PS-Q10</b>	85	81	80	87	83,25	3,30	Não Tóxico
	<b>PS-N1</b>	85	89	80	80	83,50	4,36	Não Tóxico
	<b>PS-C1</b>	86	74	77	75	78,00	5,48	Não Tóxico

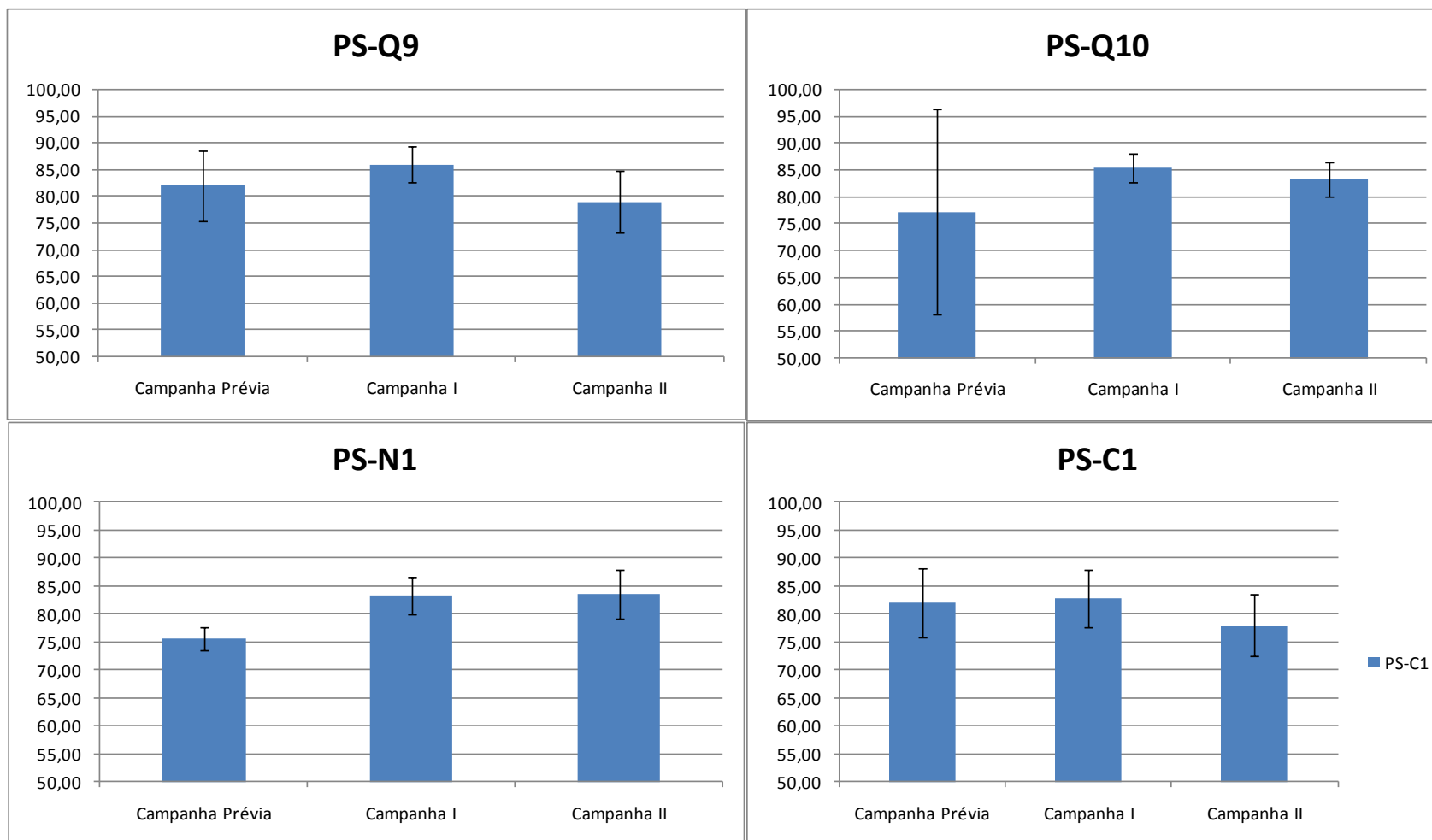


Figura 17.4.2-1. Médias, com seus respectivos desvios-padrões, do número de larvas normais encontradas para cada uma das réplicas do ensaio ecotoxicológico.

- Campanha Prévia

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que a amostra de sedimento do ponto PS-N1, na campanha prévia, apresentou toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle. Não há aparente explicação para tal resultado, onde, de todo modo, as diferenças de sobrevivência em relação ao controle foram pequenas, indicando baixo efeito.

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

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

- Campanha I

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi verificado toxicidade crônica para *L. variegatus* em comparação com o controle.

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

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

- Campanha II

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi verificado toxicidade crônica para *L. variegatus* em comparação com o controle.

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

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



### 17.4.3. Variação Espacial

Nas Figuras 17.4.3-1, 17.4.3-2 e 17.4.3-3 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio e ensaio ecotoxicológico no elutriato encontradas nos pontos de coleta durante a Campanha Prévia e as Campanhas I e II, respectivamente.

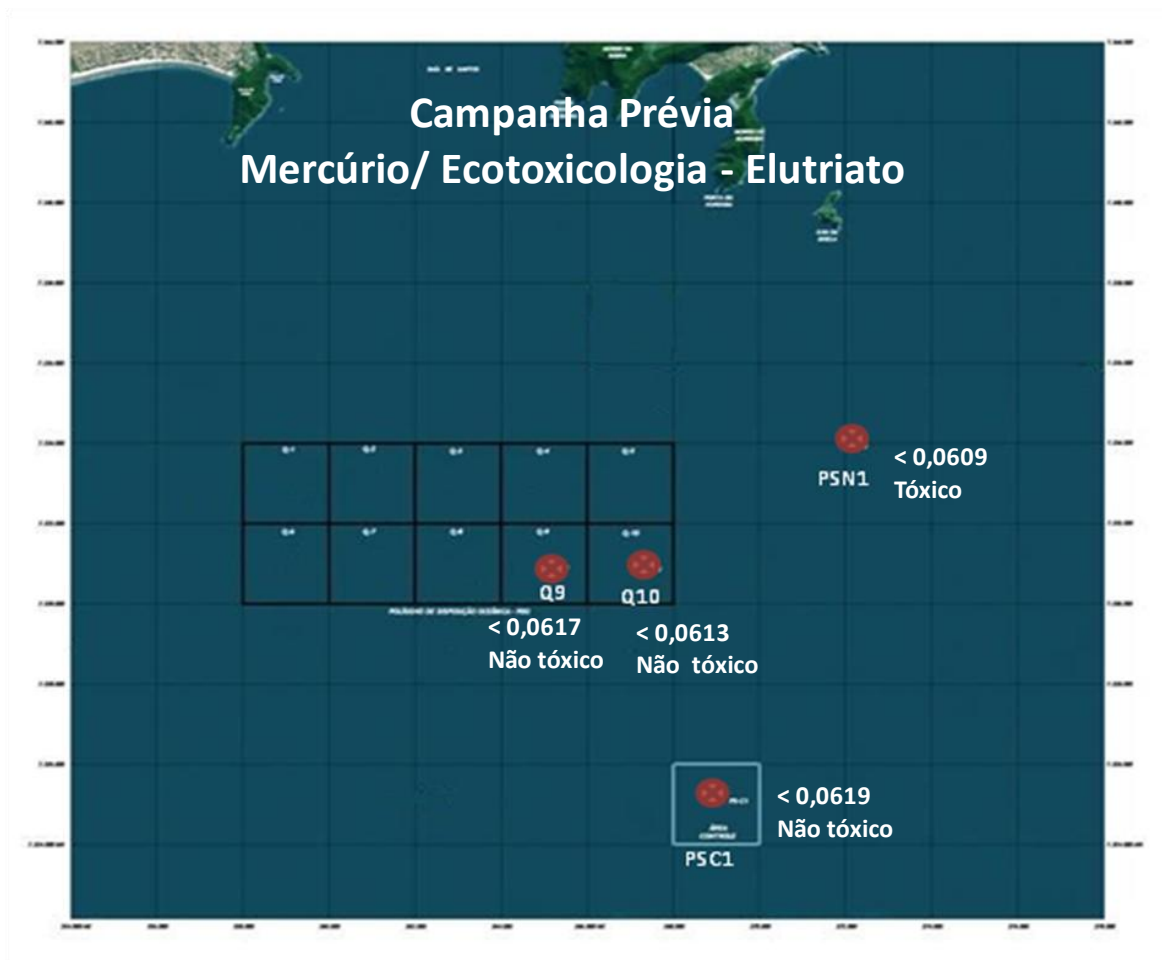


Figura 17.4.3-1. Variação espacial de concentração de mercúrio e ensaio ecotoxicológico no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha Prévia.

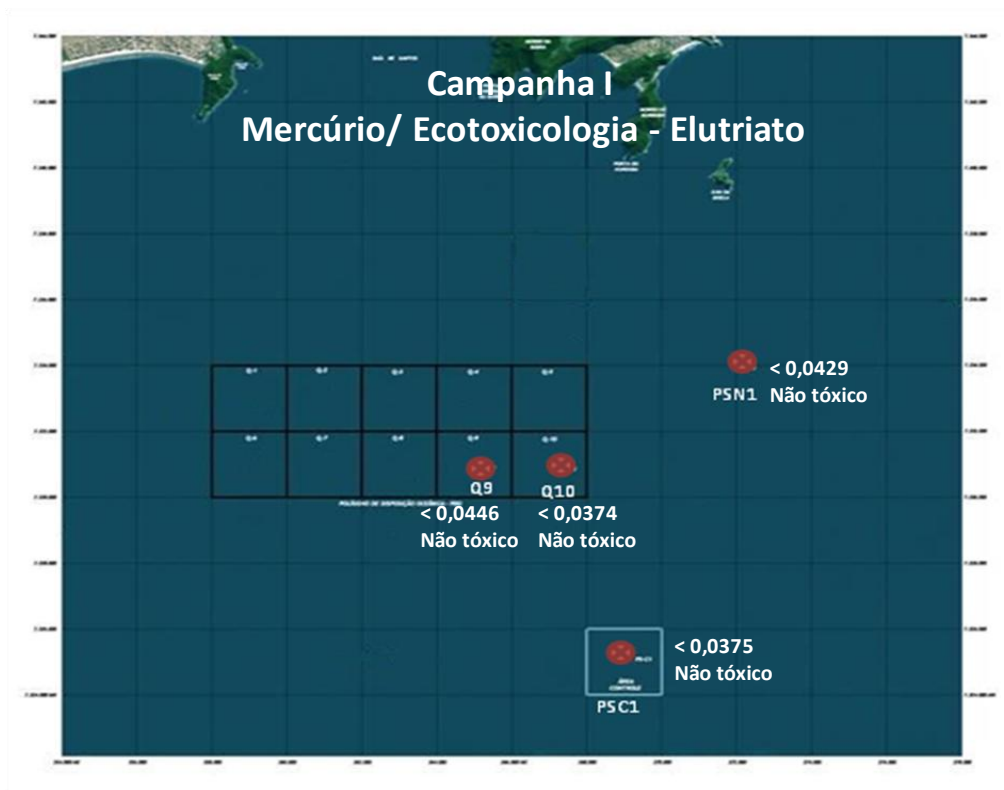


Figura 17.4.3-2. Variação espacial de concentração de mercúrio e ensaio ecotoxicológico no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha I.

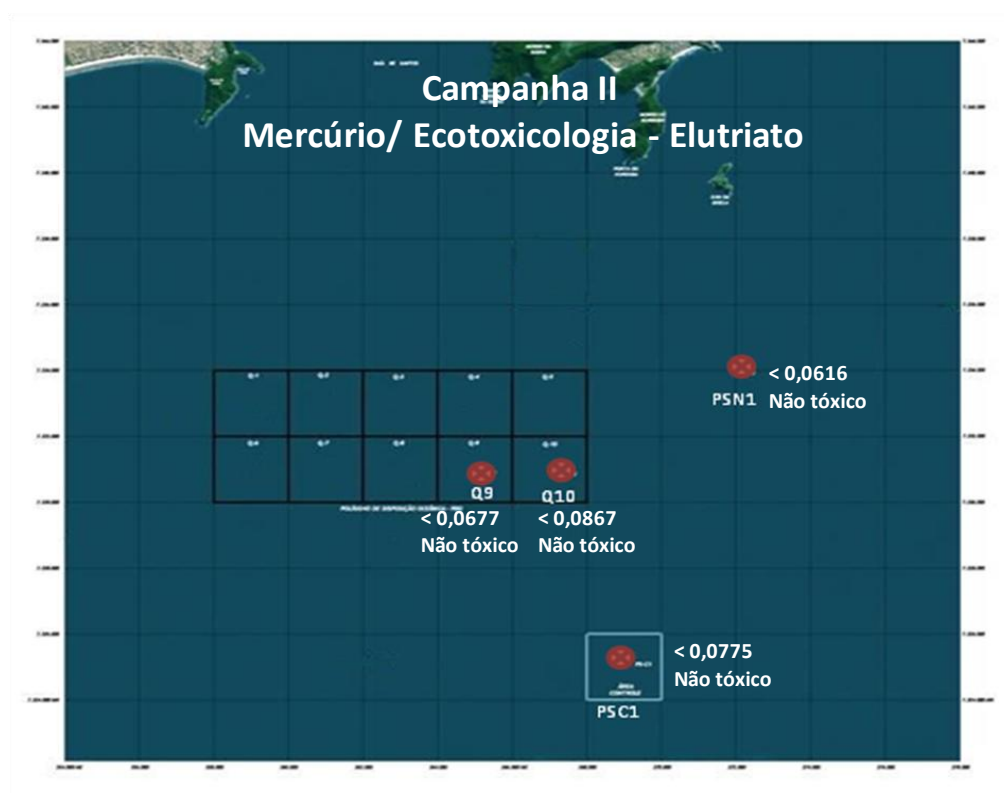


Figura 17.4.3-3. Variação espacial de concentração de mercúrio e ensaio ecotoxicológico no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha II.

### **17.5. Considerações**

As atividades realizadas neste período fazem parte da Campanha Prévia e das Campanhas I e II para o monitoramento intensivo do setor de uso restrito (quadrículas Q-9 e Q-10) do PDO, além do ponto a nordeste da área do PDO (PS-N1) e da área a ser controlada (PS-C1). Nas três campanhas realizadas as concentrações de mercúrio apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método e, portanto abaixo do nível 1 da Resolução Conama 344/04.

Os resultados das análises ecotoxicológicas no elutriato, para a Campanha Prévia, apresentaram toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* apenas no ponto PS-N1. Entretanto, neste ponto de coleta não foram encontradas concentrações altas de mercúrio. Vale lembrar também que não foi observado toxicidade nos locais de lançamento dos sedimentos (Q9 e Q10). Os resultados das análises ecotoxicológicas no elutriato para as Campanhas I e II não apresentaram toxicidade para nenhuma amostra coletada. Como essa metodologia está sendo empregada especialmente para essa etapa, cabe aguardar um número maior de dados para avaliação conjunta da tendência observada.

As amostras, para a realização dos testes ecotoxicológicos no sedimento, da Campanha Prévia e das Campanhas I e II, foram enviadas para os laboratórios responsáveis e os resultados serão apresentados em relatórios futuros.

### **17.6. Cronograma**

Em função do cronograma de dragagem para o Trecho 4, disponibilizado pela Codesp, o início da dragagem na área AL 01 (sub-trecho 4B) ocorreu no dia 16 de março de 2011. A partir do início da dragagem da área AL 01 (sub-trecho 4B) o monitoramento deste programa seguirá o cronograma apresentado na Tabela 17.6-1.

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

	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Coleta das amostras</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Análise do Mercúrio</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Ecotox - Elutriato</i>	■	■	■	■												
<i>Ecotox Sedimento(Q-9, Q-10, PS-C1)</i>	■	■	■	■				■			■					■
<i>Ecotox Sedimento (PS-N1)</i>	■	■	■	■												
<i>Relatório Expedido - Mercúrio</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Relatório Expedido - Ecotox</i>				■												
<i>Relatório consolidado</i>					■					■						■

### 17.7. Referências Bibliográficas

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

ABNT/NBR 15638 – Qualidade da água – Determinação da toxicidade aguda de sedimentos marinhos ou estuarino com anfípodos. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT/NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2005.

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.

LICENÇA PRÉVIA Nº 290/2008. Brasília, 03 de junho de 2008.

NOTA TÉCNICA Nº 117/2010-COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA. Monitoramento intensivo da dragagem de trecho 4 do Porto de Santos. Brasília, 23 de setembro de 2010.

Prósperi, V. A. 2002. Comparação de métodos ecotoxicológicos na avaliação de sedimentos marinhos e estuarinos. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos.

RETIFICAÇÃO DE LICENÇA DA INSTALAÇÃO Nº 666/2009. Brasília, 04 de outubro de 2010.

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

### **17.8. Anexos**

- 17.8-1. Laudo da análise química de mercúrio nas amostras de sedimento da Campanha II.
- 17.8-2. Laudo da análise ecotoxicológica no elutriato da Campanha II.



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

17.8-2. LAUDO DA ANÁLISE ECOTOXICOLÓGICA NO ELUTRIATO DA CAMPANHA II.