

12. PROGRAMA DE QUALIDADE DOS ORGANISMOS BIOINDICADORES: ANÁLISE QUÍMICA NOS TECIDOS DE ORGANISMOS AQUÁTICOS NA ÁREA A SER DRAGADA. 1

12.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
12.2. METODOLOGIA.....	1
12.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
12.3.1. Atividades desenvolvidas no ano de 2010	13
12.3.2 Atividades desenvolvidas no ano de 2011	14
12.3.3 Atividades desenvolvidas entre Janeiro a Setembro de 2012	16
12.3.4. Análise integrada	28
12.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
12.4.1. Recomendações ou Análise Crítica do Programa.....	43
12.5. CRONOGRAMA	43
12.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
12.7. EQUIPE TÉCNICA.....	47
12.8. ANEXOS	48

12. Programa de Qualidade dos Organismos Bioindicadores: Análise Química nos Tecidos de Organismos Aquáticos na Área a Ser Dragada.

12.1. Introdução e Objetivos

O objetivo deste programa foi acompanhar a qualidade de organismos de interesse para o consumo humano durante as operações de dragagem de aprofundamento e de manutenção do Canal de Navegação do Porto de Santos, por meio do monitoramento de metais e compostos orgânicos em seus tecidos. Os organismos considerados neste monitoramento foram: peixe parati (*Mugil curema*) e siri-azul (*Callinectes danae*).

Os resultados obtidos por este programa de monitoramento são referentes à qualidade do pescado da região, e trata-se de uma questão de interesse público, sendo que a geração deste banco de dados é bastante relevante, uma vez que não se tem um monitoramento específico com esta finalidade.

Como o foco deste monitoramento foi a avaliação do pescado de interesse comercial, os resultados foram comparados com valores nacionais e internacionais estabelecidos para o consumo humano de alimentos ou pescado.

Entretanto, a relação de causa e efeito com a operação de dragagem não pode ser feita, uma vez que não é possível separar as diversas causas de potencial acumulação de contaminantes em organismos coletados em campo, e que se tratam de organismos que não são sésseis. Além disto, diversos elementos que estão sendo analisados são utilizados como micronutrientes pelos organismos, não podendo ser considerados contaminantes a não ser em situações específicas.

12.2. Metodologia

12.2.1. Localização das regiões de amostragem

O monitoramento abrangeu os quatro trechos do canal do Porto de Santos que foram submetidos à dragagem e uma área no Canal de Bertioga (Largo do

Candinho) que foi utilizada como área controle, a qual foi incluída no monitoramento a partir da segunda campanha de amostragem (Campanha II, julho de 2010).

Em todas as campanhas os quatro trechos de dragagem foram considerados, independente da área que estava sendo dragada na época da amostragem.

Os organismos foram coletados em diversos pontos de cada trecho, de forma a compor uma amostra representativa do mesmo e garantir massa suficiente para as análises químicas.

A descrição e as coordenadas de localização geográfica das áreas monitoradas são apresentadas na Tabela 12.2.1-1. Na Figura 12.2.1-1 é apresentado o mapa com a localização das áreas amostradas.

Tabela 12.2.1-1. Coordenadas geográficas dos limites das áreas de amostragem de organismos para análises químicas dos tecidos

Área de amostragem	Descrição	Zona	Coordenadas UTM de localização das áreas*			
			Início		Final	
			Eastings (mE)	Northings (mN)	Eastings (mE)	Northings (mN)
Área 1	Barra - Entrepasto de pesca	23 K	361.760.3	7.339.150.7	368.549.7	7.346.846.9
Área 2	Entrepasto de pesca - Concais	23 K	368.549.7	7.346.846.9	366.745.8	7.350.273.8
Área 3	Concais - Armazém 06	23 K	366.745.8	7.350.273.8	365.334.2	7.352.778.7
Área 4	Amazém 06 - Alemoa	23 K	365.334.2	7.352.778.7	360.382.7	7.354.455.0
Área 5	Largo do Candinho (Canal de Bertioga)	23 K	373.844.0	7.353.642.0	376.442.0	7.354.894.0

*Coordenadas referenciadas ao datum horizontal WGS-84

Figura 12.2.1-1. Mapa com a localização das áreas amostradas.

12.2.2. Frequência de amostragem

Este programa tem frequência de monitoramento trimestral durante as atividades de dragagem de aprofundamento do canal

Seguindo essa programação, foram realizadas seis campanhas de amostragem no período de janeiro de 2010 a junho de 2011, sendo elas:

- Campanha Prévia: janeiro de 2010,
- Campanha I: abril de 2010,
- Campanha II: julho de 2010,
- Campanha III: outubro de 2010,
- Campanha IV: fevereiro de 2011 e
- Campanha V: abril de 2011.

Após o início das atividades de dragagem de manutenção do Trecho 1, em setembro de 2011, e dos Trechos 2 e 3 em março de 2012, bem como da retomada da dragagem de aprofundamento do Trecho 4D, este programa foi retomado, sendo realizadas quatro campanhas de monitoramento:

- Campanha VI: outubro de 2011;
- Campanha VII: dezembro de 2011;
- Campanha VIII: maio de 2012 e
- Campanha IX: agosto de 2012.

12.2.3. Seleção de organismos para análise química

Foram selecionados dois organismos com base em critérios pré-definidos para avaliar a bioacumulação nas áreas dragadas. Os critérios consideram a biologia dos organismos, a associação dos mesmos com a matriz sedimento e a representatividade destes organismos em relação à fauna local. Os critérios considerados são apresentados a seguir:

- Ocorrência das espécies durante o ano todo na região;

- Espécies cujos indivíduos apresentem biomassa suficiente para compor amostras e realizar as análises químicas necessárias;
- Espécies de interesse ao consumo pela população local;
- Hábito alimentar da espécie/associação com ambiente de fundo e;
- Época de reprodução da espécie.

Os organismos selecionados com base nas considerações realizadas, foram o siri-azul *Callinectes danae* (Smith, 1869) (Figura 6 do Anexo 12.8-1) e o peixe parati *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) (Figura 10 do Anexo 12.8-1), sendo apresentada a seguir uma breve descrição de suas principais características.

A. Siri Azul (*Callinectes danae* - Smith, 1869)

O siri azul distribui-se de forma descontínua pelas costas dos continentes americanos, sendo encontrado na região da Flórida, Golfo do México e Norte da América do Sul, no Brasil ocorre da Paraíba ao Rio Grande do Sul, em águas salobras a hipersalinas de manguezais e estuários lamosos (Melo, 1996).

De acordo com Branco (1996), *Callinectes danae* alimenta-se basicamente de moluscos, poliquetas e outros crustáceos, podendo ainda consumir de forma secundária peixes ósseos e matéria vegetal.

No Estuário de Santos – São Vicente, onde é observada uma constante atividade de captura e comércio destes organismos, foi constatada uma considerável redução na produção de siris, atribuída principalmente ao comprometimento do ambiente, tanto por contaminação química e de resíduos sólidos como por supressão vegetal, em suas áreas mais internas habitadas por essa população (Severino-Rodrigues *et al.*, 2001).

B. Parati (*Mugil curema* - Valenciennes, 1836)

A espécie é catádroma e pertence à guilda trófica dos detritívoros, alimentando-se de microalgas, algas filamentosas, organismos planctônicos e detritos em suspensão na coluna da água, de acordo com o ambiente onde está

inserida. Esta espécie se reproduz entre os meses de março e agosto, e apresenta a primeira maturação com a idade de 2 a 3 anos, com um comprimento total de 23 cm (Froese e Pauly, 2010).

12.2.4. Metodologia de captura dos organismos

A coleta dos organismos é feita de forma seletiva, com o objetivo de capturar exclusivamente a espécie alvo. Em relação à seleção de tamanho, no caso dos peixes, tal seleção é realizada pela utilização de malha de 70 mm entre nós, e no caso dos siris os indivíduos menores de 6 cm (largura total) são devolvidos ao ambiente, bem como as fêmeas ovadas.

Os organismos foram obtidos a partir da aplicação de diferentes artes de pesca nas quatro regiões amostradas, sendo descritas a seguir cada uma destas técnicas aplicadas às diferentes espécies.

- **Metodologia de coleta de siri:** A coleta do siri azul, *Callinectes danae*, é realizada com puçás que consistem em um pequeno cesto, constituído por um aro circular e uma rede de malha pequena, com uma isca no centro (Figuras 1 e 2 do Anexo 12.8-1). Esse puçá é depositado no fundo da coluna de água de forma que a isca fique exposta no centro de sua malha, para que o organismo seja capturado quando o cesto for trazido à superfície.
- **Metodologia de coleta de peixes:** A coleta do peixe parati foi realizada com redes de emalhe, de malha de 70 mm entre nós opostos, respeitando a Portaria IBAMA nº 42, de 15 de março de 2001. A técnica de pesca utilizada foi o cerco (Figura 7 do Anexo 12.8-1), na qual as malhadeiras ficam dispostas de maneira a cercar uma determinada área. Os pescadores, em canoas de madeira, afugentam e encaminham os peixes para dentro do cerco.

As coletas foram realizadas em diversos pontos na área de abrangência de cada um dos 4 trechos de dragagem de aprofundamento do canal, e no largo do Candinho – Canal de Bertioga, de forma a abranger toda região e obter massa suficiente para realização das análises químicas.

Imediatamente após a despesca, os organismos foram submetidos a um procedimento de choque térmico (Figuras 3, 4, 5, 8 e 9 do Anexo 12.8-1), sendo imediatamente transferidos para uma caixa de isopor (120L) contendo água do ambiente e gelo de boa qualidade (feito a partir de água potável) na proporção 1:1, e mantidos nesse ambiente até a sua insensibilização. A quantidade de gelo utilizada foi suficiente para manter a temperatura da água entre 2 e 6°C (Kietzmann *et al.*,1974; Meyer e Ludorff, 1978), sendo garantido rápido abate, menor sofrimento aos animais e preservação da qualidade dos tecidos.

12.2.5. Tratamento das amostras

Em laboratório, os organismos foram submetidos a um procedimento biométrico e posterior extração do tecido muscular para análise.

A. Biometria

Na biometria são aferidas as seguintes medidas para os diferentes organismos (Figura 12.2.5-1 para peixe parati e Figura 12.2.5-2 para siri-azul e Figuras 17 e 18 para parati e 13 e 14 para siri-azul, do Anexo 12.8-1):

Parati:

- Comprimento total (Lt) em cm – comprimento medido a partir das extremidades anteroposterior (extremidade da cabeça ao final da cauda);
- Comprimento padrão (Ls) em cm – comprimento da extremidade anterior ao fim da espinha dorsal;
- Massa em g.

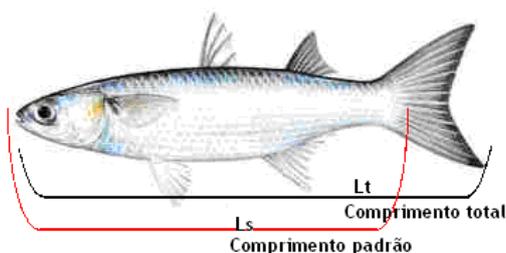


Figura 12.2.5-1. Medidas aferidas para peixes (Parati).

Siri-azul:

- Largura da carapaça (LT) em mm – comprimento medido a partir das extremidades anteroposterior (extremidade da cabeça ao final da cauda);
- Comprimento da carapaça (CT) em mm – comprimento medido de ponta a ponta dos espinhos laterais da carapaça;
- Altura da carapaça (AT) em mm – medida do comprimento dorsoventral.
- Massa em g.

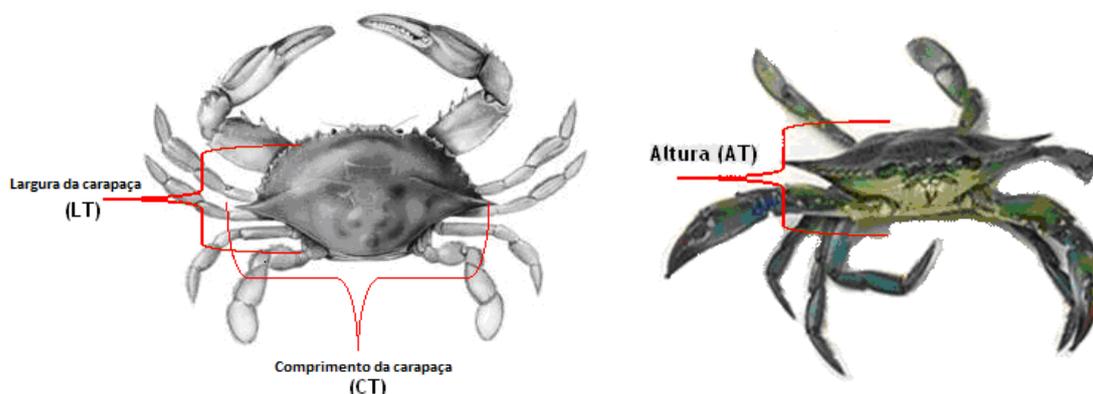


Figura 12.2.5-2. Medidas aferidas para siri-azul.

Adicionalmente, também se realiza a identificação de gênero dos organismos (Figuras 15 e 19 do Anexo 12.8-1), e no caso dos peixes a identificação do estágio de maturação gonadal, utilizando-se o método de identificação visual de maturação gonadal proposto por Vazzoler (1996), baseado em características das gônadas como: turgidez, coloração, tamanho e proporção de preenchimento da cavidade celomática. Assim sendo, são discriminados cinco

estádios de maturação de suas gônadas (IM-imaturo; E1-reposou; E2-em maturação; E3-madura; E4-desovada).

B. Análises químicas

Após a biometria, procedeu-se a evisceração e a extração dos tecidos musculares (Figuras 16, 20 a 23 do Anexo 12.8-1) para a composição das amostras que serão submetidas à análise química. As amostras de tecidos musculares são acondicionadas em frascos de vidro, isentos de contaminação, fornecidos pelo laboratório contratado, e apropriadamente identificados conforme o parâmetro a ser analisado, sendo mantidos congelados até o momento da realização das análises químicas em laboratório.

12.2.6. Parâmetros avaliados nas amostras

Nas análises, são avaliados os seguintes parâmetros:

- Teor de umidade e lipídeos;
- Metais e semimetais (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, Hg);
- Bifenila Policlorada Total (PCB total) - sete bifenilas;
- Pesticidas organoclorados: alfa-BHC, gama-BHC, beta-BHC, delta-BHC, aldrin, dieldrin, endrin, 4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, alfa-clordano, gama clordano, heptacloro, heptacloro epóxido, hexaclorobenzeno e toxafeno;
- Hidrocarbonetos Policíclico Aromático (HPAs) : naftaleno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno e dibenzo(a,h)antraceno;
- Compostos fenólicos: fenol, 2-clorofenol, 2,4-dimetilfenol, 2,4-diclorofenol, 2,4,5 e 2,4,6-triclorofenol, 2,3,4,6-tetraclorofenol, 2,4-dinitrofenol, 4-nitrofenol e pentaclorofenol;

- Clorobenzenos: 1,2 e 1,3-diclorobenzeno, 1,2,4-triclorobenzeno e 1,2,4,5-tetraclorobenzeno;
- Dienos clorados: 1,3-butadieno hexacloro e hexaclorociclopentadieno.

A Tabela 12.2.6-1 apresenta o método de análise, condições de armazenagem, preservação, quantidade de amostras e prazo de análise de cada parâmetro avaliado.

Tabela 12.2.6-1. Métodos analíticos e as condições de armazenamento, preservação e prazo de análise dos parâmetros a serem analisados para a matriz organismo.

Parâmetros	Método de análise	Recipiente de armazenamento	Preservação	Quantidade mínima de amostra	Prazo para análise (amostras congeladas)
Metais e semi-metais	EPA3050 (preparação); EPA 6010 (análise)	Frasco de vidro	Refrigerar a ? - 20°C	4g	6 meses (28 dias para mercúrio)
Pesticidas organoclorados	EPA 3550 (extração); EPA 8081 (análise)	Frasco de vidro	Refrigerar a ? - 20°C	32g	1 ano, se congelado
Bifenilas policloradas totais	EPA 3550 (extração); EPA 8082 (análise)	Frasco de vidro	Refrigerar a ? - 20°C	32g	1 ano, se congelado
Semivoláteis (incluindo HPA)	EPA 3550 (extração); EPA 8270 (análise)	Frasco de vidro	Refrigerar a ? - 20°C	32g	1 ano, se congelado
Via clássica (lipídeos)	PORTARIA N° 01 de 07/10/81	Frasco de vidro	Refrigerar a ? - 20°C	15g	1 ano, se congelado
Via clássica (umidade)	PORTARIA N° 01 de 07/10/81	Frasco de vidro	Refrigerar a ? - 20°C	10g	1 ano, se congelado

Adicionalmente são consideradas amostras de controle de qualidade para as análises químicas, de forma a avaliar a confiabilidade dos métodos analíticos: matriz *spike* e duplicata. Tais amostras foram coletadas nos meses de julho de 2010 e outubro de 2011, e seus resultados são apresentados no Anexo 12.8-2.

12.2.7. Legislações aplicáveis

Os resultados obtidos nestas análises serão comparados com legislações brasileiras que apresentam valores de potenciais contaminantes para consumo humano. Quando o parâmetro não é contemplado pela legislação nacional, optou-se por buscar referências no órgão ambiental americano – USEPA (2010).

As legislações brasileiras utilizadas são: Portaria do Ministério da Saúde nº 685/98 (Brasil, 1998) e Decreto do Ministério da Saúde nº 55.871/65 (Brasil, 1965) para metais e semimetais conforme apresentado na Tabela 12.2.7-1.

No Decreto nº 55.871/65, alguns alimentos (p.ex., bebidas e sucos) apresentam valores máximos diferenciados para cada metal. Quando um alimento não se enquadra em nenhuma das categorias apresentadas no referido decreto, como é o caso dos peixes e siris, ele é classificado como “outros alimentos”. No caso específico do zinco, níquel e cobre, todos os alimentos consumidos são enquadrados na categoria “qualquer alimento”, uma vez que não há diferença nos valores máximos permitidos destes metais para as diferentes categorias alimentícias (Brasil, 1965).

Tabela 12.2.7-1. Considerações sobre os limites para consumo humano, segundo legislações nacionais.

Parâmetro	Legislação	Tipo de alimento
Arsênio	Portaria 685/98	Peixe e produtos de peixe
Cádmio	Portaria 685/98	Peixes e produtos da pesca
Chumbo	Portaria 685/98	Peixes e produtos da pesca
Cobre	Decreto 55.871/65	Outros alimentos
Mercúrio	Portaria 685/98	Peixes e produtos da pesca
Níquel	Decreto 55.871/65	Outros alimentos
Zinco	Decreto 55.871/65	Outros alimentos

Para os compostos orgânicos, a legislação brasileira não contempla valores para consumo humano de alimentos específicos ou pescados, desta forma optou-se por utilizar valores estabelecidos pelo órgão ambiental americano – USEPA, baseados em risco à saúde humana (Tabela 12.2.7-2). Para os metais Cromo e Manganês também se utilizou referências de órgãos ambientais americanos.

Tabela 12.2.7-2. Considerações sobre os limites para consumo humano, segundo legislações internacionais.

Parâmetro	Legislação	Tipo de alimento
Cromo	USFDA (apud CETESB, 2001)	
Manganês	USEPA (2010)	Peixes
PCBs totais e semi-voláteis (incluindo HPA)	USEPA (2010)	Peixes

Os valores estabelecidos pela USEPA são baseados em risco de ingestão de organismos (peixes) determinados com cálculos matemáticos e variáveis populacionais muitas vezes não condizentes com a realidade brasileira. Já as legislações brasileiras são antigas e baseiam-se em consumo de produtos pós-processo de conservação ou produto “*in natura*”.

12.2.8. Identificação das amostras

A sigla de identificação das amostras foi composta da seguinte maneira: MB – identifica material biológico + número referente à região de coleta + diferenciação dos organismos analisados pelas siglas PY (paratis), S ou SI (siris). A Tabela 12.2.8-1 apresenta a localização das áreas de amostragem e identificação das amostras.

Tabela 12.2.8-1. Dados de identificação das amostras.

Área de amostragem	Paratis (<i>Mugil curema</i>)	Siri-azul (<i>Calinectes danae</i>)
	Amostra	Amostra
Área 1 - Barra - Entrepasto de Pesca	MB-01-PY	MB-01-SI
Área 2 - Entrepasto de Pesca - Concais	MB-02-PY	MB-02-SI
Área 3 - Concais - Armazém 6	MB-03-PY	MB-03-SI
Área 4 - Armazém 6 - Alemoa	MB-04-PY	MB-04-SI
Área 5 - Largo do Candinho	MB-05-PY	MB-05-SI

12.3. Resultados e Discussão

12.3.1. Atividades desenvolvidas no ano de 2010

A descrição detalhada das atividades realizadas em 2010 (campanhas realizadas, coordenadas georreferenciadas dos pontos de amostragem, a nomenclatura e localização dos pontos amostrais) assim como os resultados das análises das Campanhas prévia, I, II e III foram apresentados em detalhes nos Relatórios Técnicos Semestrais do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos, (Fundespa, 2010a, b).

Previamente ao início das atividades de monitoramento deste programa, foi realizada uma campanha de amostragem, denominada Campanha Prévia, realizada entre os dias 19 e 21 de janeiro de 2010.

Após o início das atividades de dragagem, iniciou-se o monitoramento, sendo realizadas ao longo de 2010 três campanhas de monitoramento: Campanha I (abril); Campanha II (julho) e Campanha III (outubro).

As análises realizadas, a partir dos tecidos dos organismos coletados, neste período, mostraram que a maioria das concentrações dos compostos orgânicos avaliados (pesticidas organoclorados (POC), bifenilas policloradas (PCB), compostos semivoláteis (SVOC), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)) estiveram abaixo dos limites de quantificação do método analítico, para ambos os organismos, em todas as áreas amostradas, considerando todas as campanhas de amostragem.

Dentre os parâmetros quantificados, destaca-se a presença dos metais cobre, manganês e mercúrio nos tecidos de siris na maioria das regiões de amostragem, porém abaixo do limite estabelecido para consumo humano.

O parâmetro zinco foi quantificado na amostra de siri da região controle, o Largo do Candinho no Canal de Bertioga, em concentração acima dos valores limites estabelecidos para o consumo humano (50 mg/kg) pelo Decreto nº 55.871/65, na Campanha II (julho de 2010). Este metal já havia sido quantificado acima do limite estabelecido em siris das áreas 1, 3 e 4 na Campanha I (abril de

2010). No entanto, as concentrações obtidas excederam em menos de 10% os valores estabelecidos pela legislação considerada. O zinco, assim como outros elementos metálicos, é um micronutriente essencial para mamíferos e peixes e, nas concentrações observadas neste estudo, não causam efeitos prejudiciais aos organismos de estudo. Crustáceos decápodes apresentam a capacidade de regular a concentração de zinco em seus tecidos, ou seja, quando ocorre a ingestão de uma alta concentração de zinco, estes organismos excretam o zinco excedente, de forma a não sofrerem efeitos tóxicos por este metal (Rainbow & White, 1989).

Alguns PCB foram quantificados nos tecidos de peixes das áreas 1, 2, 3 e 4, em amostras da Campanha II. Entretanto, a concentração de PCB total ocorreu abaixo dos valores estabelecidos para consumo humano na legislação consultada (USEPA, 2010) e nenhum PCB foi quantificado nas amostras de siris. Levantamentos anteriores da CETESB (2001) já haviam quantificado PCB em organismos na mesma região. Na área 5, área utilizada como controle (Largo do Candinho no Canal de Bertioga), nenhum dos PCB foi quantificado nas amostras analisada tanto de peixes parati quanto de siri.

12.3.2 Atividades desenvolvidas no ano de 2011

No primeiro semestre de 2011 foram realizadas duas campanhas de monitoramento: Campanha IV (fevereiro de 2011) e Campanha V (abril de 2011), ao longo dos quatro trechos de dragagem de aprofundamento e no Largo do Candinho – Canal de Bertioga, abrangendo o período de dragagem dos Trechos 1, 3 e 4. Ao longo do segundo semestre de 2011 foram realizadas duas campanhas de monitoramento: Campanha VI (outubro de 2011) e Campanha VII (dezembro de 2011), abrangendo o período de atividades da dragagem de manutenção do Trecho 1, que teve início em 23 de setembro de 2011.

A descrição detalhada das atividades realizadas ao longo de 2011 (campanhas realizadas, coordenadas georreferenciadas dos pontos de amostragem, a nomenclatura e localização dos pontos amostrais) assim como os resultados das análises foram apresentados em detalhes nos Terceiro e Quarto

Relatórios Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos (Fundespa, 2011; Fundespa, 2012).

As análises realizadas nas amostras de tecidos musculares dos organismos obtidas ao longo das Campanhas IV a VII indicaram que a maioria dos parâmetros analisados ocorreu em concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos analíticos pertinentes.

Todos os compostos semivoláteis (SVOC), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e pesticidas organoclorados (POC) analisados nas amostras de tecidos musculares de paratis e siris ocorreram em concentrações inferiores aos limites de quantificação do método analítico.

A análise do tecido muscular do peixe parati (*Mugil curema*) indicou quantificação dos metais cobre, manganês, mercúrio e zinco em pelo menos uma das amostras de cada campanha. O zinco foi quantificado em concentração ligeiramente acima do limite máximo estabelecido para consumo humano Decreto nº 55.871/65 (limite 50 mg/kg, valor encontrado de 51,7 mg/kg) na amostra da área controle (área 5) da Campanha IV (fevereiro de 2011). Os demais metais quantificados apresentaram concentrações abaixo dos limites estabelecidos para consumo humano pelas legislações comparadas (Decreto nº 55.871/65; Portaria nº MS 685/98, USEPA, 2010).

Nas análises dos tecidos musculares de siris-azuis (*Callinectes danae*), foram quantificados os metais cobre, manganês, mercúrio e zinco na maioria das amostras analisadas, em concentrações abaixo do limite estabelecido para consumo humano (Decreto 55.871/65; USEPA, 2010; Portaria MS 685/1998). Apenas o zinco foi quantificado em concentrações acima do limite máximo estabelecido para consumo humano pelo Decreto nº 55.871/65 nas amostras das áreas 3 e 4 da Campanha IV e nas amostras das áreas 3, 4 e 5 da Campanha V.

O semimetal arsênio foi quantificado em concentrações acima do estabelecido pela Portaria MS nº 685/98, nas amostras de tecidos musculares de paratis nas amostras da área 1 (Campanhas VI e VII) e áreas 2 e 3 (Campanha VI). Nas amostras de tecidos musculares do siri-azul o arsênio foi quantificado na maioria das amostras analisadas, sendo que em concentrações acima do

estabelecido pela Portaria MS nº 685/98 nas amostras das áreas 1, 2 e 4 da Campanha IV, nas cinco áreas ao longo da Campanha V e VI e nas amostras das áreas 1, 2, 3 e 4 da Campanha VII.

Os demais metais analisados (cádmio, cromo, níquel e chumbo) apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação do método analítico em todas as amostras de tecidos de siris e parati analisadas.

12.3.3 Atividades desenvolvidas entre Janeiro a Setembro de 2012

Ao longo de 2012 foram realizadas duas campanhas de monitoramento: Campanha VIII (maio de 2012) e Campanha IX (agosto de 2012), abrangendo o período de retorno das atividades da dragagem de aprofundamento do Trecho 4, seção D e de manutenção do Trecho 1 e o início das atividades de manutenção dos Trechos 2 e 3 em de março de 2012.

Lembrando que o Trecho 4 foi subdividido em 4 seções (de A a D) de acordo com a qualidade do sedimento a ser dragado. As seções A e C comportam sedimento de melhor qualidade (abaixo de nível 2 da Resolução Conama 344/2004, segundo dados do EIA (FRF, 2008)) enquanto que as seções B e D com material de qualidade inferior (mercúrio acima de nível 2). A dragagem da seção 4D foi paralisada, pela SEP, em 21 de junho de 2011, conforme detalhado no Quarto Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos (Fundespa, 2012), e retomada em 13 de março de 2012.

A Campanha VIII foi realizada nos dias 15, 16, 17 e 18 de maio de 2012 e a Campanha IX nos dias 30 de julho e 01 e 02 de agosto de 2012, ao longo dos quatro trechos de dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos e no Largo do Candinho (Canal de Bertiooga).

Os organismos coletados foram mantidos em caixas térmicas com gelo, em temperatura entre 6°C (evitando o congelamento) desde o momento da captura até seu processamento para obtenção das amostras de tecido muscular.

Em laboratório foi realizada a biometria dos organismos, sexagem e extração de tecido muscular. Os frascos com as amostras foram armazenados sob congelamento desde o momento da obtenção da amostra de tecido até o seu processamento pelo laboratório responsável pelas análises.

O Anexo 12.8-1 apresenta dossiê fotográfico das campanhas de amostragem e dos procedimentos de biometria e extração de tecido muscular. Os Anexos 12.8-3 e 12.8-4 apresentam os relatórios de ensaio de biometria e os relatórios de ensaios da análise química dos tecidos dos organismos, respectivamente, coletados ao longo das Campanhas VIII e IX (maio e agosto de 2012).

A seguir são apresentados os resultados da análise biométrica e das análises químicas dos organismos coletados ao longo destas campanhas amostrais.

12.3.3.1 Resultados Campanha VIII – Maio de 2012

A. Biometria

Um total de 110 indivíduos de parati (*Mugil curema*) foram coletados nas 5 áreas de amostragem, sendo 69 (62,7%) machos e 36 (32,7%) fêmeas e 5 não identificados (4,5%). Entre as fêmeas, 29 indivíduos (80,6%) se encontravam em estágio de maturação 2 e 5 indivíduos (13,9%) em estágio 1, os demais encontravam-se nos estágios 3 e 4 (um organismo em cada, 2,7%). Entre os machos, 45 indivíduos (65,2%) se encontravam em estágio de maturação 2, 20 indivíduos (29%) em estágio 1 e 4 indivíduos (5,8%) no estágio 3, conforme apresentado nas Figuras 12.3.3.1-1 e 12.3.3.1-2.

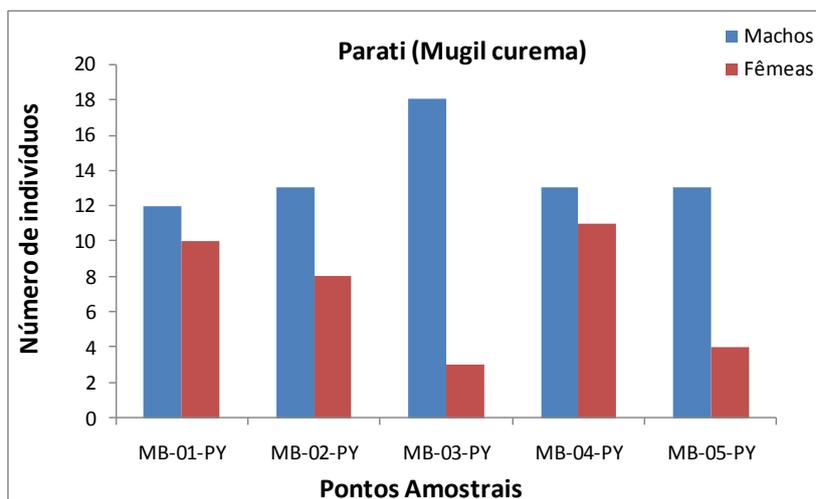


Figura 12.3.3.1-1. Total de indivíduos de parati, machos e fêmeas, por ponto amostral, durante Campanha VIII, maio de 2012.

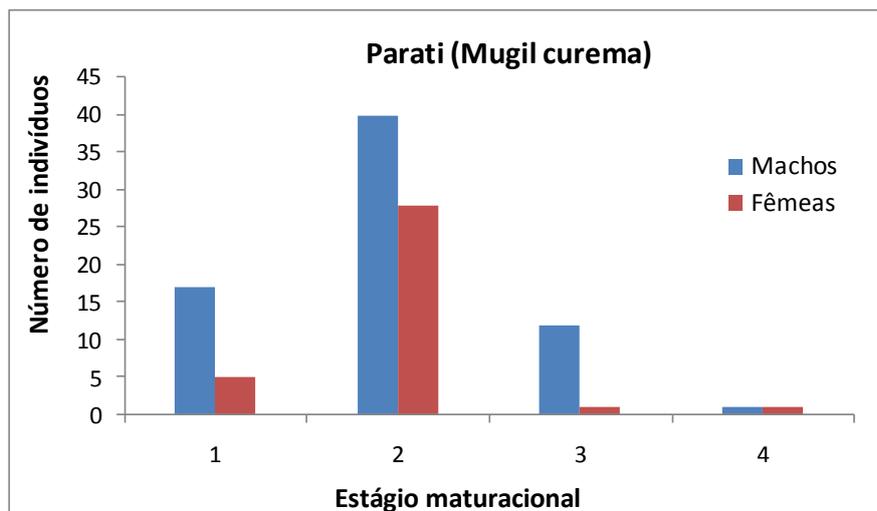


Figura 12.3.3.1-2. Total de indivíduos e estágios maturacionais, amostrados na Campanha VIII, maio de 2012.

Um resumo da análise biométrica (peso, comprimento total e comprimento padrão) é apresentado na Tabela 12.3.4.1-1. Ressalta-se que estes dados são apresentados para indicar como foram compostas as amostras, não sendo válidos para avaliações ecológicas, uma vez que a forma de captura é bastante seletiva, e o esforço amostral direcionado para a obtenção de massa de tecido muscular suficiente para a realização das análises químicas.

Tabela 12.3.3.1-1. Número de paratis (*Mugil curema*) amostrados, peso, comprimento total e comprimento padrão das amostras obtidas em cada área – Campanha VIII, maio de 2012.

Região de Coleta	Qtdd. Organismo	Peso total (g)			Comprimento total (cm)			Comprimento padrão (cm)		
		Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.
Área 1	24	426,46	558,00	301,00	33,73	37,20	30,00	26,61	29,50	22,30
Área 2	21	413,00	632,00	248,00	33,60	38,50	28,00	26,79	31,00	23,00
Área 3	22	357,86	551,00	240,00	32,16	37,20	28,60	25,68	30,20	22,50
Área 4	24	368,92	482,00	292,00	34,41	37,40	31,40	26,38	29,00	24,10
Área 5	19	313,37	400,00	195,00	32,05	37,00	27,50	24,68	28,00	21,00

No caso dos siris (*Callinectes danae*), foram coletados ao total 131 organismos ao longo das 5 áreas de amostragem, sendo 2 (1,5%) fêmeas e 129 (98,5%) machos. O maior número de organismos foi observado nas áreas 2 e 3 (33 e 30, respectivamente), como apresentado na Figura 12.3.3.1-3.

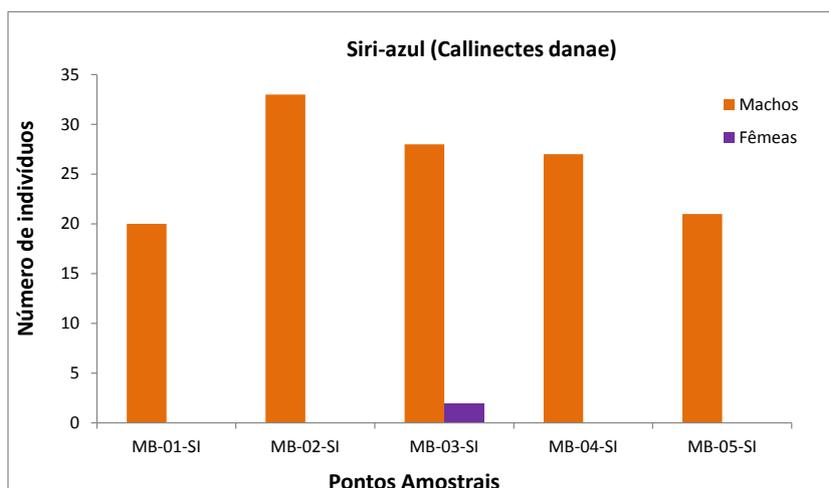


Figura 12.3.3.1-3. Total de indivíduos de siri, machos e fêmeas, por ponto amostral - Campanha VII, maio de 2012.

Um resumo da análise biométrica dos siris-azuis coletados (média peso, comprimento total, largura da carapaça e altura) é apresentado na Tabela 12.3.3.1-2. Conforme mencionado, ressalta-se que estes dados são apresentados para indicar como foram compostas as amostras, não sendo válidos para avaliações ecológicas, uma vez que a forma de captura é bastante seletiva, e o esforço amostral direcionado para a obtenção de massa de tecido muscular suficiente para a realização das análises químicas.

Tabela 12.3.3.1-2. Número de indivíduos de siris-azuis (*Callinectes danae*) amostrados, peso total, comprimento total, largura da carapaça e altura dos organismos amostrados em cada área - Campanha VIII, maio de 2012.

Região de Coleta	Qtdd. Organismo	Peso total (g)			Comprimento total (mm)			Largura da carapaça (mm)			Altura (mm)		
		Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.
Área 1	20	108,55	167,00	42,00	116,65	138,00	86,00	52,90	60,00	40,00	27,20	34,00	20,00
Área 2	33	80,45	135,00	39,00	107,18	130,00	85,00	46,61	56,00	37,00	26,00	33,00	19,00
Área 3	30	66,43	107,00	18,00	96,00	116,00	51,00	44,30	56,00	29,00	23,40	30,00	16,00
Área 4	27	77,89	131,00	43,00	107,60	128,00	87,90	46,52	54,00	40,00	25,00	30,00	21,00
Área 5	21	91,14	129,00	65,00	112,57	129,00	100,00	48,67	57,00	43,00	28,67	34,00	23,00

B. Análise de Metais

Os resultados das análises químicas dos tecidos dos organismos foram comparados com os limites máximos de tolerância para alimentos, estabelecidos pelas legislações brasileiras e pelo órgão ambiental americano – USEPA

(APPENDIX E-1 DEQ/WQAGM, 2010), quando o parâmetro analisado não é contemplado pela legislação nacional, conforme descrito na metodologia.

A Tabela 12.3.3.1-3 apresenta os resultados das análises de metais e do semimetal arsênio nas amostras de tecidos musculares de siris-azuis e paratis, obtidas durante a Campanha VIII, de maio de 2012.

Entre os metais analisados nas amostras de tecido de siris-azuis, foram quantificados cobre, manganês e zinco. Os parâmetros cobre e zinco foram quantificados nas cinco áreas amostradas e manganês foi quantificado nas áreas 3 e 4, todos em concentrações abaixo dos limites estabelecidos para consumo humano pelas legislações vigentes (Decreto nº 55.871/65; USEPA, 2010).

Para as amostras de tecido muscular do peixe parati foi quantificado o metal zinco nas cinco áreas de monitoramento, todas em concentrações abaixo do limite estabelecido para consumo humano pela legislação vigente (Decreto nº 55.871/65).

Os demais metais analisados (cádmio, cromo, chumbo, níquel e mercúrio) apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação do método analítico para todas as amostras de tecido muscular de siris-azuis e paratis.

Tabela 12.3.3.1-3. Resultados das análises químicas de metais e semimetal arsênio nas amostras de tecidos musculares de siris-azuis (*Callinectes danae*) e paratis (*Mugil curema*) – Campanha VIII, maio de 2012.

Parâmetros	Legislações	Crustáceo (Siri)				
Organismo		MB-01-SI	MB-02-SI	MB-03-SI	MB-04-SI	MB-05-SI
Localização		Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Metais (mg/kg)						
Arsênio	1*	2,40	1,43	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cádmio	1*	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Cromo	11****	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Cobre	30**	12,8	10,3	9,92	7,89	7,14
Chumbo	2*	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Manganês	54***	< 0,50	< 0,50	0,71	0,57	< 0,50
Níquel	5**	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zinco	50**	42,7	48,5	44,2	45,1	44,5
Mercúrio	0,5*	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Parâmetros	Legislações	Peixe (Parati)				
Organismo		MB-01-PY	MB-02-PY	MB-03-PY	MB-04-PY	MB-05-PY
Localização		Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Metais (mg/kg)						
Arsênio	1*	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cádmio	1*	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Cromo	11****	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Cobre	30**	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Chumbo	2*	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Manganês	54***	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Níquel	5**	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zinco	50**	5,55	4,60	5,36	6,38	4,62
Mercúrio	0,5*	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08

* Portaria MS 685/98

** Decreto 55.871/65

*** US EPA

****USFDA (apud CETESB, 2001)

O semimetal arsênio foi quantificado nas amostras de tecido muscular de siris-azuis das áreas 1 (Barra - Entrepasto de pesca) e 2 (Entrepasto de pesca - Concais), em concentrações acima do estabelecido pela Portaria MS nº 685/1998. Nas demais amostras, assim como nas cinco amostras de tecido muscular do peixe parati, foram observadas concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

C. Demais parâmetros analisados

Todos os compostos de bifenilas policloradas (PCB), compostos semivoláteis (SVOC), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e pesticidas organoclorados (POC) analisados nas amostras da Campanha VIII (maio de 2012) apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos analíticos utilizados, tanto para parati como para siri-azul. A Tabela 1 do Anexo 12.8-5 apresenta os resultados observados nas amostras de parati e siri-azul da Campanha VIII.

O valor médio de umidade para as amostras de tecidos de paratis foi de 77,1% e de gorduras totais foi de 0,67%, já para as amostras de tecidos de siris o valor médio de umidade foi de 80,7% e de gorduras totais foi de 0,13%. A Tabela 1 do Anexo 12.8-5 apresenta os resultados observados na análise do teor de umidade e gordura das amostras de parati e siri-azul da Campanha VIII.

12.3.3.2. Resultados Campanha IX – Agosto de 2012

A. Biometria

Um total de 109 indivíduos de parati (*Mugil curema*) foram coletados nas 5 áreas de amostragem, sendo 82 (75,22%) fêmeas e 25 (22,93%) machos e 2 não identificados (1,83%). Entre as fêmeas, 50 indivíduos (60,97%) se encontravam em estágio de maturação 2 e 18 indivíduos (21,95%) em estágio 1, os demais 14 indivíduos (17,07%) encontravam-se nos estágios 3 e 4. Entre os machos, 14 indivíduos (56%) se encontravam em estágio de maturação 2, 7 indivíduos (28%) em estágio 1 e 4 indivíduos (16%) no estágio 3, conforme apresentado nas Figuras 12.3.3.2-1 e 12.3.3-2.

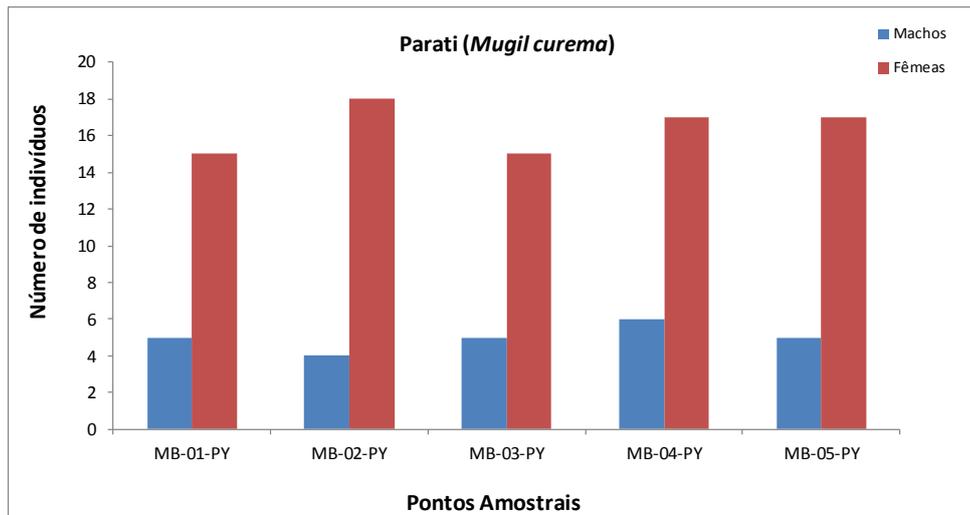


Figura 12.3.3.2-1. Total de indivíduos de parati, machos e fêmeas, por ponto amostral - Campanha IX, agosto de 2012.

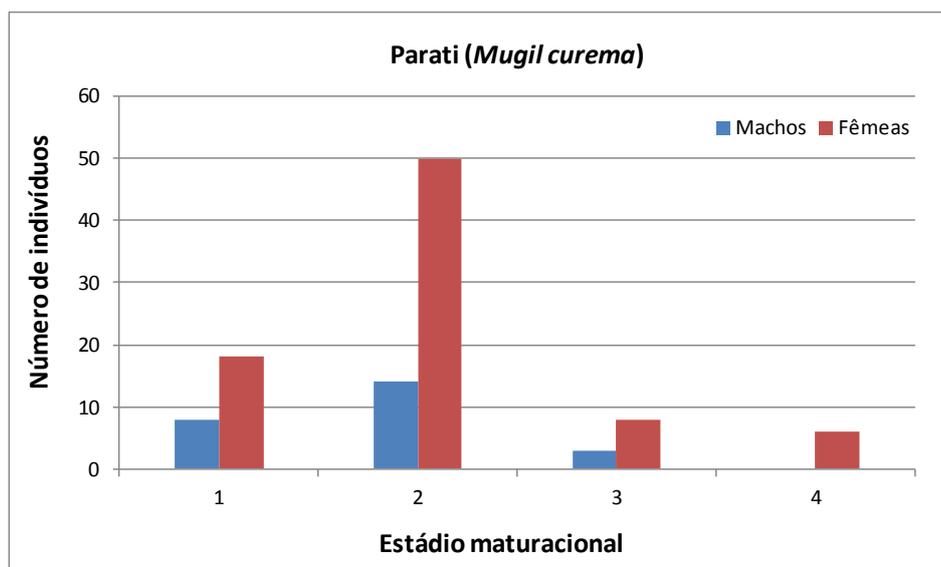


Figura 12.3.3.2-2. Total de indivíduos e estádios maturacionais, de peixe parati - Campanha IX, agosto de 2012.

Um resumo da análise biométrica (peso, comprimento total e comprimento padrão) é apresentado na Tabela 12.3.3.2-1. Ressalta-se que estes dados são apresentados para indicar como foram compostas as amostras, não sendo válidos para avaliações ecológicas, uma vez que a forma de captura é bastante seletiva, e o esforço amostral direcionado para a obtenção de massa de tecido muscular suficiente para a realização das análises químicas.

Tabela 12.3.3.2-1. Número de paratis (*Mugil curema*) amostrados, peso, comprimento total e comprimento padrão das amostras obtidas em cada área - Campanha IX, agosto de 2012.

Região de Coleta	Qtdd. Organismo	Peso total (g)			Comprimento total (cm)			Comprimento padrão (cm)		
		Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.
Área 1	21	386,19	515,00	286,00	32,81	36,30	30,00	25,40	28,50	22,70
Área 2	22	385,59	510,00	254,00	33,50	36,40	28,90	25,98	28,90	22,30
Área 3	21	368,61	490,00	278,00	32,76	36,00	30,50	26,59	29,00	24,50
Área 4	23	332,47	457,00	225,00	32,15	35,50	27,50	25,84	29,00	22,50
Área 5	22	329,77	427,00	263,00	32,86	37,00	30,00	25,84	29,00	23,50

No caso dos siris (*Callinectes danae*), foram coletados ao total 75 organismos ao longo das 5 áreas de amostragem, sendo 75 (100%) machos. A Tabela 12.3.3.2-2 apresenta o número total de indivíduos de siris-azuis, a média, o máximo e o mínimo do peso total, comprimento total, largura da carapaça e altura medida nos organismos de cada área de amostragem.

Conforme informado anteriormente, ressalta-se que estes dados são apresentados para indicar como foram compostas as amostras, não sendo válidos para avaliações ecológicas, uma vez que a forma de captura é bastante seletiva, e o esforço amostral direcionado para a obtenção de massa de tecido muscular suficiente para a realização das análises químicas.

Tabela 12.3.3.2-2. Número de indivíduos de siris-azuis (*Callinectes danae*) amostrados, peso total, comprimento total, largura da carapaça e altura dos organismos amostrados em cada área - Campanha IX, agosto de 2012.

Região de Coleta	Qtdd. Organismo	Peso total (g)			Comprimento total (mm)			Largura da carapaça (mm)			Altura (mm)		
		Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.
Área 1	11	101,54	144,00	68,00	117,00	135,00	100,00	54,18	60,00	47,00	27,45	30,00	25,00
Área 2	22	77,77	138,00	48,00	106,50	134,00	85,00	47,77	56,00	42,00	24,90	31,00	22,00
Área 3	9	84,88	245,00	41,00	102,55	124,00	86,00	49,55	70,00	41,00	24,88	38,00	20,00
Área 4	18	83,77	120,00	42,00	108,66	122,00	86,00	49,05	57,00	41,00	24,83	28,00	20,00
Área 5	15	77,80	121,00	34,00	106,26	128,00	83,00	47,86	56,00	39,00	24,53	29,00	20,00

B. Metais e semimetais

A Tabela 12.3.3.2-3 apresenta os resultados das análises de metais e do semimetal arsênio nas amostras de tecidos musculares de siris-azuis e paratis, obtidas durante a Campanha IX de agosto de 2012.

Entre os metais analisados, nas amostras de tecido de siris-azuis, foram quantificados cobre, manganês e zinco. Os parâmetros cobre e zinco foram quantificados nas amostras das cinco áreas analisadas, sendo que cobre foi quantificado em concentrações abaixo do limite estabelecido para consumo humano segundo a legislação vigente (Decreto nº 55.871/65) em todas as amostras. O zinco foi quantificado em concentração acima do limite estabelecido pelo Decreto nº 55.871/65, nas amostras das áreas 3, 4 e 5. O manganês foi quantificado nas áreas 2, 3 e 4 em concentrações abaixo dos limites estabelecidos para consumo humano pelas legislações vigentes (USEPA, 2010).

Para as amostras de tecido muscular do peixe parati foi quantificado o metal zinco nas cinco áreas de monitoramento, todas em concentrações abaixo do limite estabelecido para consumo humano pela legislação vigente (Decreto nº 55.871/65).

Os demais metais analisados (cádmio, cromo, chumbo, níquel e mercúrio) apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico em todas as amostras de tecido muscular de siris-azuis e paratis.

O semimetal arsênio foi quantificado nas amostras de tecido muscular de siris-azuis das áreas 1 (Barra - Entrepasto de pesca), 2 (Entrepasto de pesca - Concais), 3 (Concais – Armazém 6) e 4 (Armazém 6 - Alemoa) e na amostra de tecido muscular do peixe parati da área 2 em concentrações acima do estabelecido pela Portaria MS nº 685/1998. Nas demais amostras apresentou concentração abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

Tabela 12.3.3.2-4. Resultados das análises químicas de metais e semimetal arsênio nas amostras de tecidos musculares de siris-azuis (*Callinectes danae*) e paratis (*Mugil curema*) – Campanha IX, agosto de 2012.

Parâmetros	Legislações	Crustáceo (Siri)				
Organismo		MB-01-SI	MB-02-SI	MB-03-SI	MB-04-SI	MB-05-SI
Localização		Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Metais (mg/kg)						
Arsênio	1*	2,94	2,35	2,04	1,19	< 1,00
Cádmio	1*	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Cromo	11****	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Cobre	30**	13,5	13,3	8,22	10,2	9,10
Chumbo	2*	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Manganês	54***	< 0,50	1,40	0,55	0,79	< 0,50
Níquel	5**	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zinco	50**	43,3	47,2	70,2	56,0	52,4
Mercúrio	0,5*	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Parâmetros	Legislações	Peixe (Parati)				
Organismo		MB-01-PY	MB-02-PY	MB-03-PY	MB-04-PY	MB-05-PY
Localização		Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Metais (mg/kg)						
Arsênio	1*	< 1,00	2,19	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Cádmio	1*	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Cromo	11****	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Cobre	30**	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50	< 1,50
Chumbo	2*	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Manganês	54***	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Níquel	5**	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zinco	50**	4,27	4,30	3,70	9,06	8,29
Mercúrio	0,5*	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08

* Portaria MS 685/98

** Decreto 55.871/65

*** US EPA

****USFDA (apud CETESB, 2001)

C. Demais parâmetros analisados

Todos os compostos de bifenilas policloradas (PCB), compostos semivoláteis (SVOC), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e pesticidas organoclorados (POC) analisados nas amostras da Campanha IX (agosto de 2012) apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos analíticos utilizados, tanto para parati como para siri-azul. A Tabela 2 do Anexo 12.8-5 apresenta os resultados observados nas amostras de parati e siri-azul da Campanha IX.

O valor médio de umidade para as amostras de tecidos de paratis foi de 76,7% e de gorduras totais foi de 0,51%, já para as amostras de tecidos de siris o valor médio de umidade foi de 79,42% e de gorduras totais foi de 0,31%. A Tabela 2 do Anexo 12.8-5 apresenta resultados da análise do teor de umidade e gordura nas amostras da Campanha IX.

12.3.4. Análise integrada

Durante o período de janeiro de 2010 a setembro de 2012 foram realizadas:

- 10 (dez) campanhas de monitoramento da qualidade dos organismos bioindicadores ao longo dos quatro trechos de dragagem e no Largo do Candinho (área controle);
- Campanha prévia (janeiro de 2010) realizada anteriormente ao início das atividades de dragagem e;
- 9 (nove) campanhas de monitoramento após o início da dragagem, sendo cinco campanhas durante as atividades de dragagem de aprofundamento do Canal de Navegação do Porto de Santos, duas durante as atividades de dragagem de manutenção do Trecho 1 e duas durante as atividades de dragagem de manutenção dos Trecho 2 e 3, em atendimento às Licenças de Instalação nº 666/2009, 814/2011 e 852/2011 emitidas pelo IBAMA.

A seguir é apresentada uma análise integrada dos parâmetros quantificados nas amostras de tecido muscular de parati e siri azul ao longo deste monitoramento.

A. Análises de Metais

Parati (*Mugil curema*)

Ao longo deste monitoramento foram analisadas 48 amostras de tecido muscular do peixe parati (*Mugil curema*). Dentre os metais, foram quantificados cobre, manganês, zinco e mercúrio, e o semimetal arsênio.

O cobre foi quantificado uma única vez em amostras de tecido muscular de parati da área 5 (canal de Bertioga), durante a Campanha IV (Figura 12.3.4-2), em concentração abaixo do valor estabelecido para consumo humano, conforme Decreto nº 55.871/65.

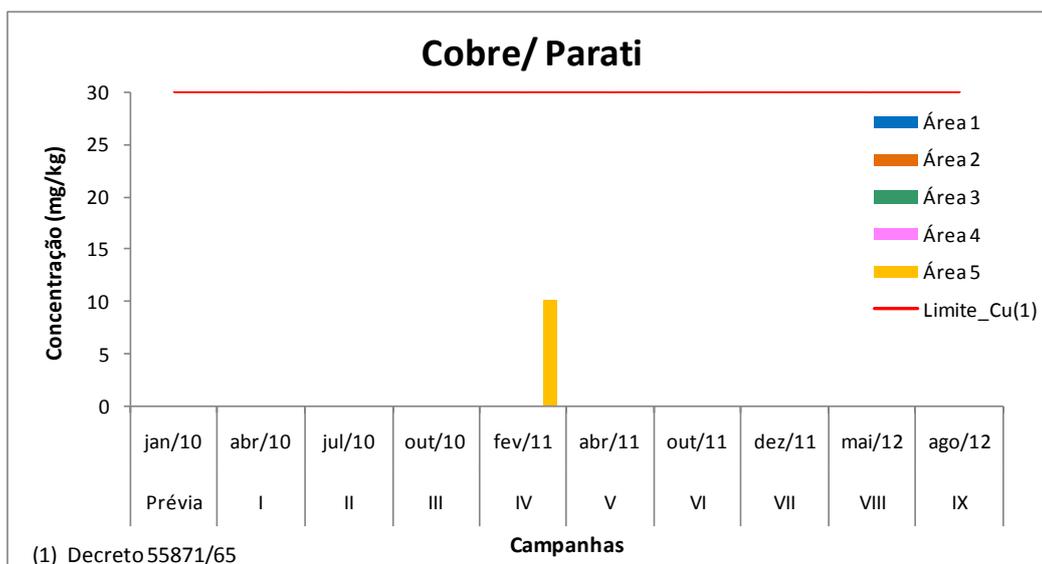


Figura 12.3.4-2. Variações na concentração do metal cobre no tecido muscular do peixe parati (*Mugil curema*).

O manganês foi quantificado em amostras de tecido muscular de parati coletados na área 1 (campanhas I, II, III e V), área 2 (campanhas I, III, V e VI), área 3 (campanhas I, III a VII), área 4 (campanhas I, II, III, V e VI) e na área 5 (campanhas IV a VII). No entanto, todas as amostras quantificadas apresentaram concentrações inferiores ao valor estabelecido para consumo humano (USEPA, 2010) (Figura 12.3.4-3).

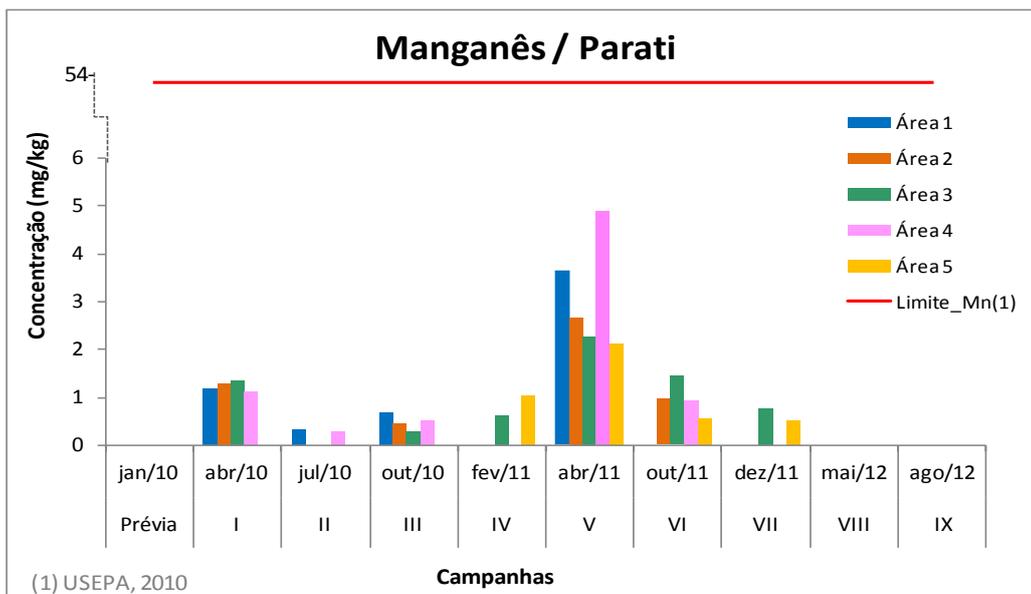


Figura 12.3.4-3. Variações na concentração do metal manganês no tecido muscular do peixe parati (*Mugil curema*).

O zinco foi quantificado em amostras de tecido muscular de parati coletados na área 1 (todas as campanhas), áreas 2, 3 e 4 (Campanhas Prévia, I a IV, VI a IX) e na área 5 (Campanhas II, III, IV, VI a IX), todas em concentrações inferiores ao limite estabelecido para consumo humano, conforme Decreto nº 55.871/1965, com exceção apenas da amostra da área 5 (Largo do Candinho), coletada durante Campanha IV, na qual foram quantificados 51,7 mg/kg de zinco, valor ligeiramente acima do limite estabelecido para consumo humano (50 mg/kg) (Figura 12.3.4-4).

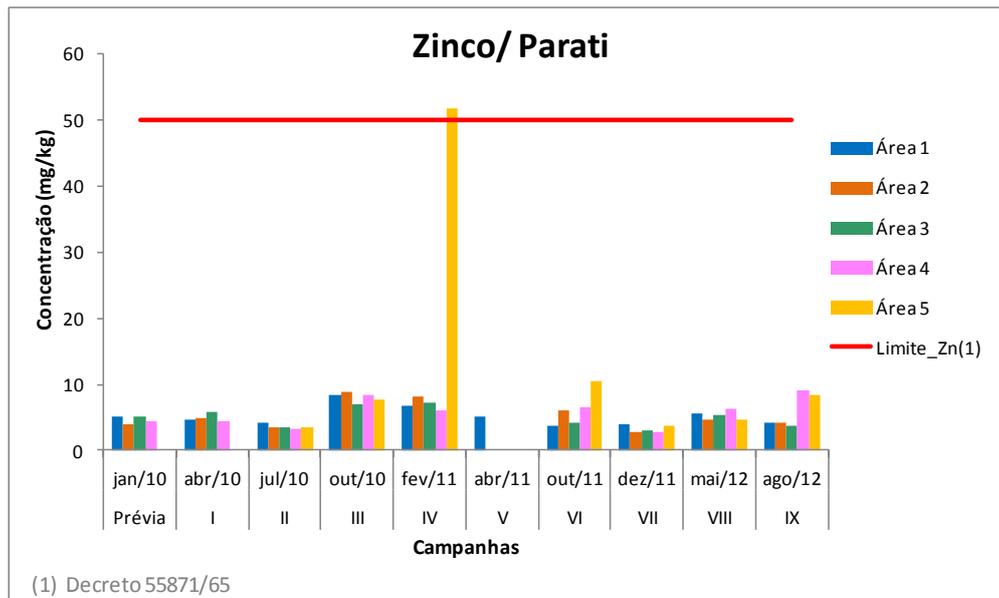


Figura 12.3.4-4. Variações na concentração do metal zinco no tecido muscular do peixe parati (*Mugil curema*).

O mercúrio foi quantificado em amostras de tecido muscular de parati coletados nas áreas 2 e 3 (Campanhas Prévia, III e V) e na área 4 (Campanhas Prévia, I a V), no entanto, todos apresentaram concentração inferior ao valor máximo estabelecido para consumo humano, conforme Portaria MS nº 685/1998 (Figura 12.3.4-5).

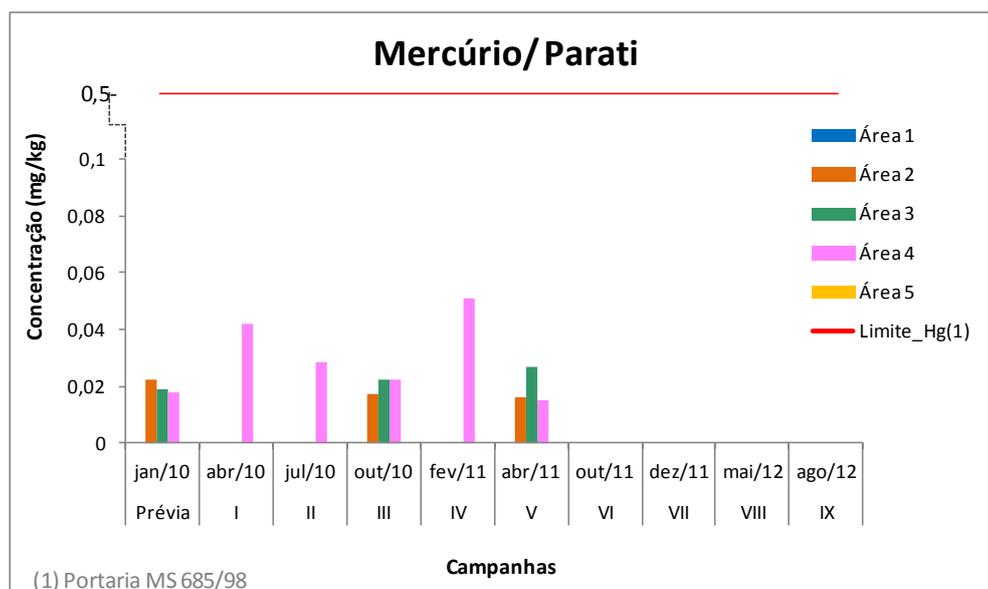


Figura 12.4.4-5. Variações na concentração do metal mercúrio no tecido muscular do peixe parati (*Mugil curema*).

O semimetal arsênio foi quantificado em cinco amostras de tecido muscular de parati analisadas, duas amostras da área 1 (Campanhas VI e VII), duas da área 2 (Campanhas VI e IX) e em uma da área 3 (Campanha VI). Para este semimetal, todas as amostras apresentaram concentrações acima do limite estabelecido para consumo humano, segundo Portaria MS nº 685/1998 (Figura 12.3.4-6).

Esta quantificação de arsênio nas amostras de tecido muscular do peixe parati obtidas em 2011 e 2012, assim como nas amostras de siri-azul, coincidem com o período de melhorias no processo analítico das amostras pelo laboratório. Buscando aprimorar o atendimento das demandas de análises geradas por este programa, assim como, visando melhorias contínuas na análise de metais e semimetais, a partir de janeiro de 2011, foram realizadas, pelo laboratório contratado, adequações na estrutura física e investimentos na compra de equipamentos. Estas mudanças resultaram em um aumento na eficiência do processo de digestão das amostras, na sensibilidade, reprodutibilidade e detectabilidade (limites de detecção mais baixos) dos resultados, culminando na obtenção da acreditação do laboratório para metais e semimetais em organismos pela norma NBR ISO/IEC 17025, junto ao INMETRO (em junho de 2012), como demonstra carta emitida pelo laboratório CEIMIC responsável pelas análises (Anexo 12.8-4).

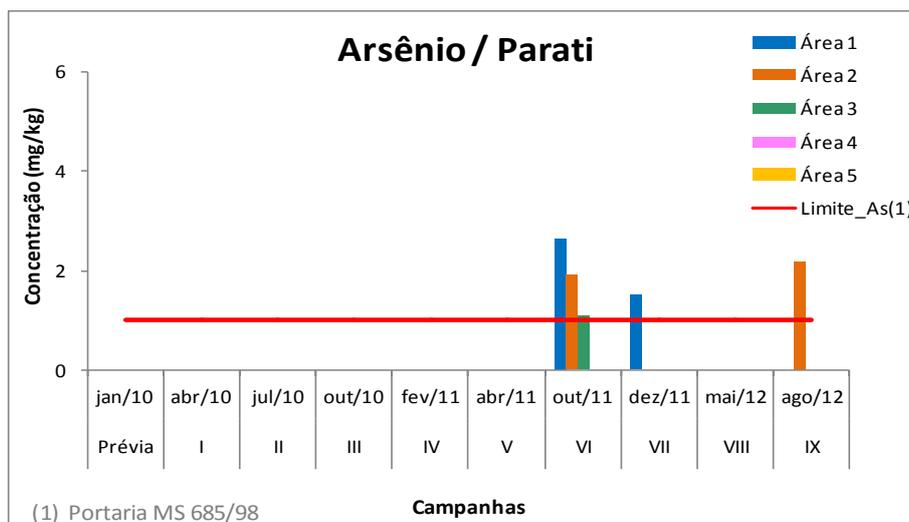


Figura 12.3.4-6. Variações na concentração do semimetal arsênio no tecido muscular do peixe parati (*Mugil curema*).

Siri-azul (*Callinectes danae*)

Dentre os metais analisados nas 48 amostras de tecido muscular de siris-azuis (*Callinectes danae*), foram quantificados cobre, manganês, zinco, mercúrio, e o semimetal arsênio.

O cobre foi quantificado em amostras de tecido muscular de siris coletados nas áreas 1, 2 e 4 (todas as campanhas), na área 3 (Campanhas Prévia, I, II, III, V, VI, VII e IX) e na área 5 (Campanhas II, III, V a IX), lembrando que o monitoramento da área 5 teve início na Campanha II (julho de 2010) (Figura 12.3.4-7). No entanto, todas as amostras apresentaram concentrações abaixo do limite estabelecido para consumo humano, conforme Decreto nº 55.871/1965.

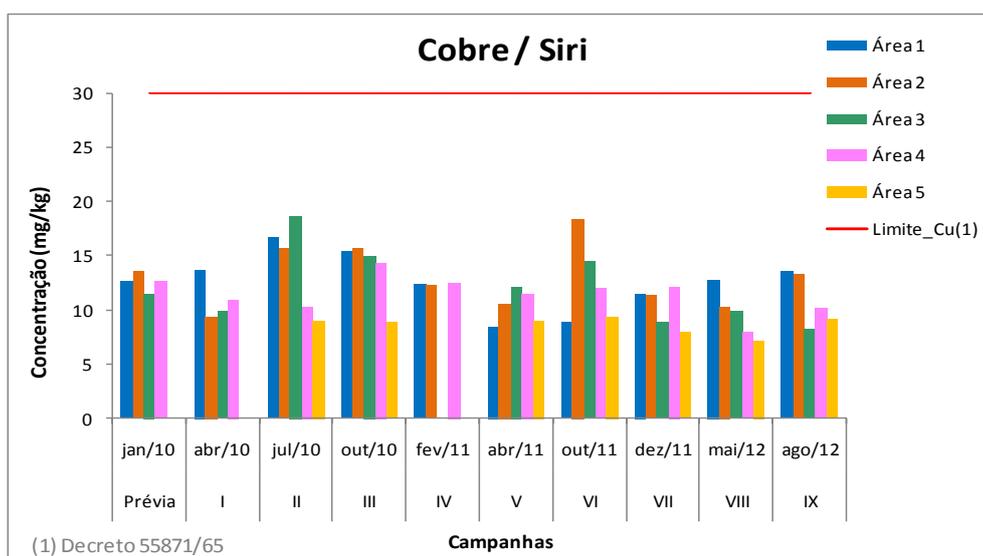


Figura 12.3.4-8. Variações na concentração do metal cobre no tecido muscular do siri-azul (*Callinectes danae*).

O manganês foi quantificado em amostras de tecido muscular de siris coletados na área 1 (Campanhas I a VI), área 2 (Campanhas I a VI e IX), área 3 (Campanhas I a VI, VIII e IX), área 4 (todas as campanhas) e na área 5 (Campanhas II, III, V, VI e VII). Todas as concentrações estiveram abaixo do limite estabelecido para consumo humano (USEPA, 2010). (Figura 12.3.4-9).

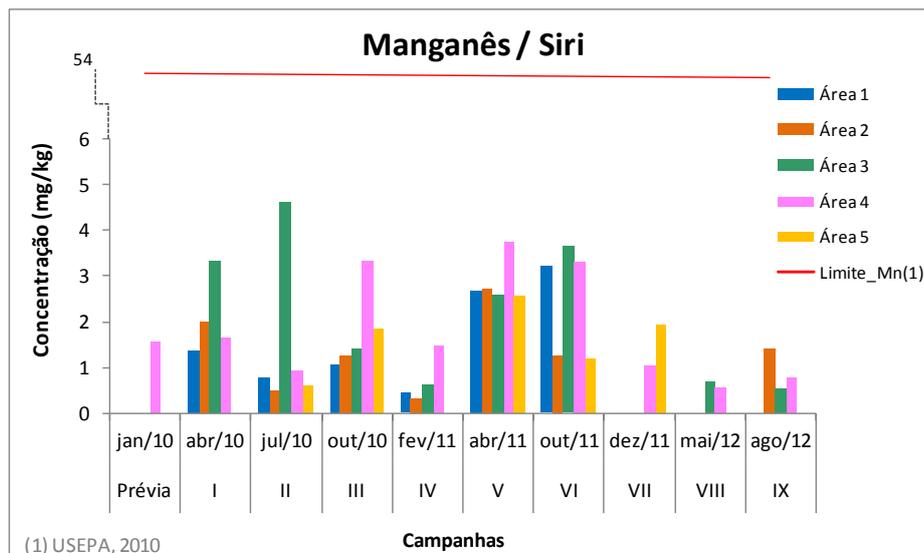


Figura 12.3.4-9. Variações na concentração do metal manganês no tecido muscular do siri-azul (*Callinectes danae*).

O zinco foi quantificado nas amostras de tecido muscular de siris coletados nas cinco áreas de monitoramento em todas as campanhas (Prévía, I a IX), com exceção apenas da área 5 durante as Campanhas Prévía e I, quando não houve coleta nesta área (Figura 12.3.5-10). Das 48 amostras analisadas 13 (27,1%) apresentaram concentrações acima do limite estabelecido para consumo humano para zinco, conforme Decreto nº 55.871/1965.

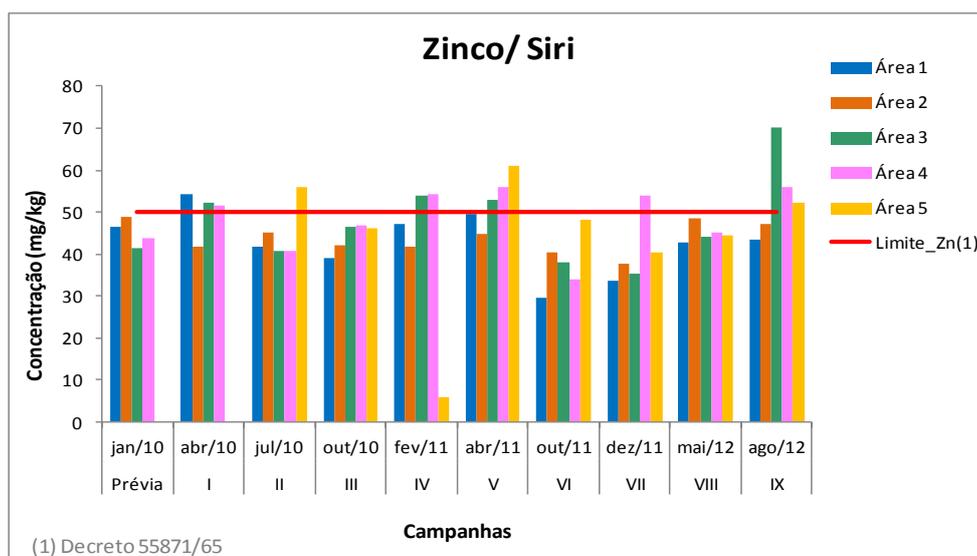


Figura 12.3.4-10. Variações na concentração do metal zinco no tecido muscular do siri-azul (*Callinectes danae*).

O mercúrio foi quantificado em amostras de tecido muscular de siri das áreas de monitoramento 1, 2, 3 e 4 coletadas nas Campanhas Prévia, I a VI e na área 5 nas Campanhas II a VI (Figura 12.3.11-11), no entanto, em todos os casos apresentou concentração inferior ao limite estabelecido para consumo humano (Brasil, 1998).

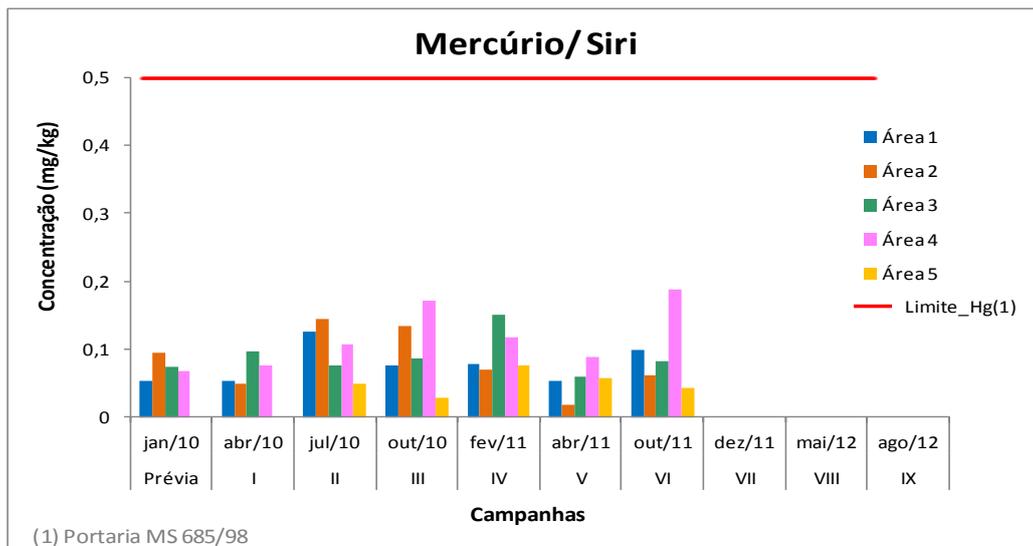


Figura 12.3.4-10. Variações na concentração do metal mercúrio no tecido muscular do siri-azul (*Callinectes danae*).

O semimetal arsênio foi quantificado em amostras de tecido muscular de siri nas áreas 1 e 2 das Campanhas IV a IX, nas áreas 3 e 4 das Campanhas IV, V, VI, VII e IX) e na área 5 nas Campanhas V e VI. Das 24 amostras onde o arsênio foi quantificado 23 ocorreram em concentrações acima do limite estabelecido para consumo humano, conforme Portaria MS nº 685/1998 (Figura 12.3.4-11).

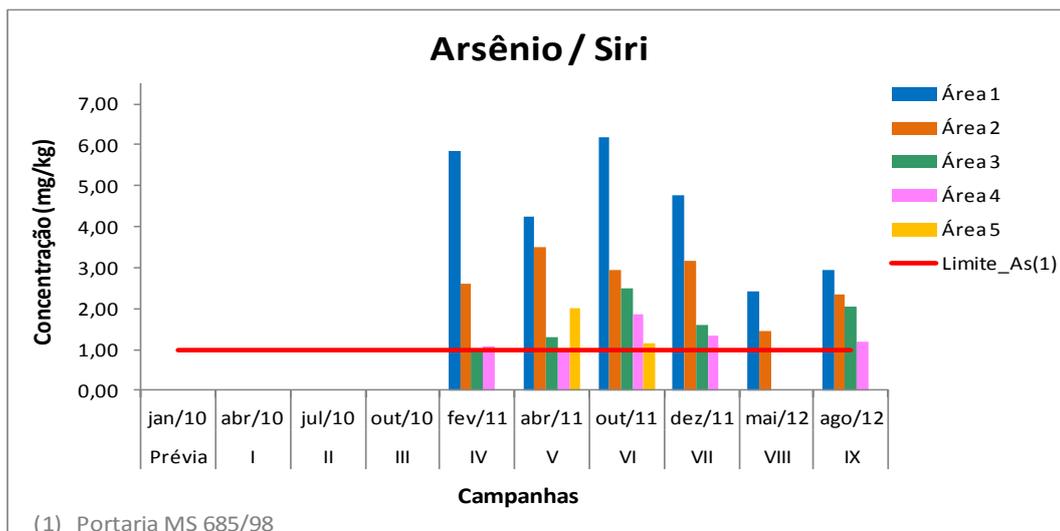


Figura 12.3.4-11. Variações na concentração do metal arsênio no tecido muscular do siri-azul (*Callinectes danae*).

Como descrito anteriormente, a quantificação do arsênio nas amostras de tecido muscular obtidas em 2011 e 2012 coincide com o período de melhorias no processo de análise das amostras pelo laboratório responsável, realizadas a partir de janeiro de 2011, visto que o arsênio foi quantificado em todas as áreas de monitoramento, incluindo a área 5 (Largo do Candinho), utilizada como área controle. Acrescenta-se que arsênio esteve abaixo do limite de quantificação do método analítico em todas as amostras de sedimento coletadas na área dragada, segundo os dados apresentados pelo Programa de Monitoramento da Qualidade dos Sedimentos nas Áreas Dragadas: Sedimentologia, Geoquímica e Ecotoxicologia – PBA 10 (Fundespa, 2011b), não apresentando, portanto, eventual correlação entre os resultados encontrados e o processo de dragagem. Destaca-se que a bioacumulação de arsênio em zonas costeiras ocorre principalmente devido a baixa discriminação entre fosfato e arsenato, em relação equimolar próximas (até 10 vezes) pelos produtores marinhos primários, sendo este rapidamente reduzido e metilado a arsênio orgânico, em particular, arsenobetaina, conforme ilustra a Figura 12.3.4-12.

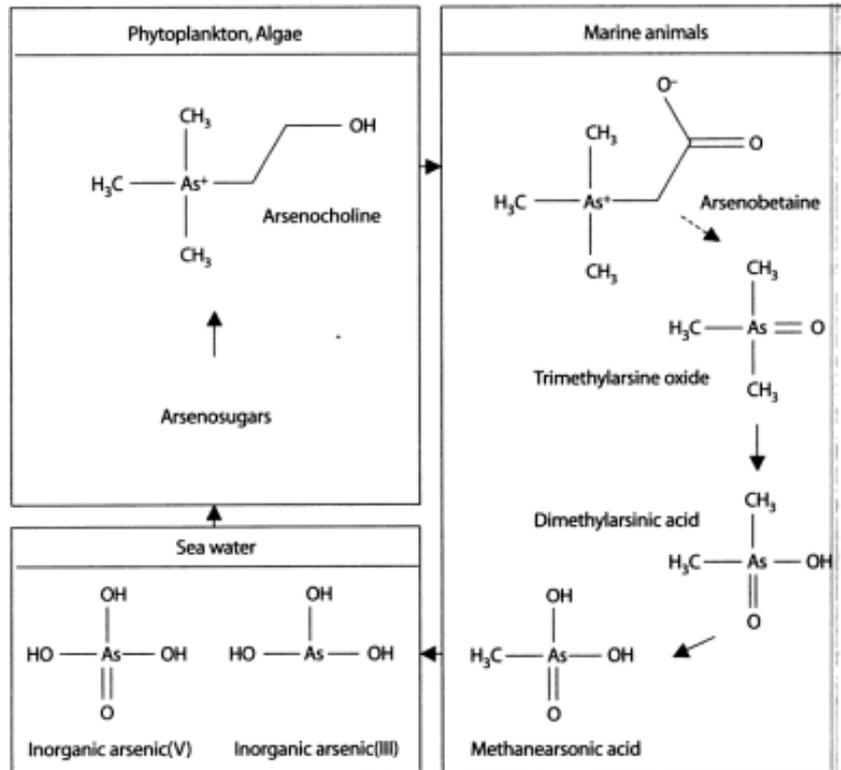


Figura 12.3.4-12. Sequencia metabólica de redução do arsênio no ambiente marinho.

Observou-se que entre os metais e o semimetal quantificados no tecido muscular de peixes e siri (arsênio, cobre, manganês, mercúrio e zinco), apenas arsênio e zinco ocorrem em concentrações acima do limite estabelecido para consumo humano, segundo legislações vigentes. Os demais metais analisados (cádmio, cromo, chumbo e níquel) apresentaram concentração abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado em todas as amostras de parati e siri analisadas neste monitoramento.

B. Demais parâmetros analisados

O parâmetro bifenilas policloradas (PCB) foi quantificado nas amostras de tecido muscular de peixe durante a Campanha II (áreas 1 a 4) e Campanha III (área 3), entretanto, as concentrações de PCB totais quantificadas nestas amostras estiveram abaixo do limite estabelecido para consumo humano pela USEPA, 2010. (Figura 12.3.4-13)

Já as amostras de tecido muscular de siri apresentaram concentração de PCB abaixo do limite de quantificação do método analítico utilizado.

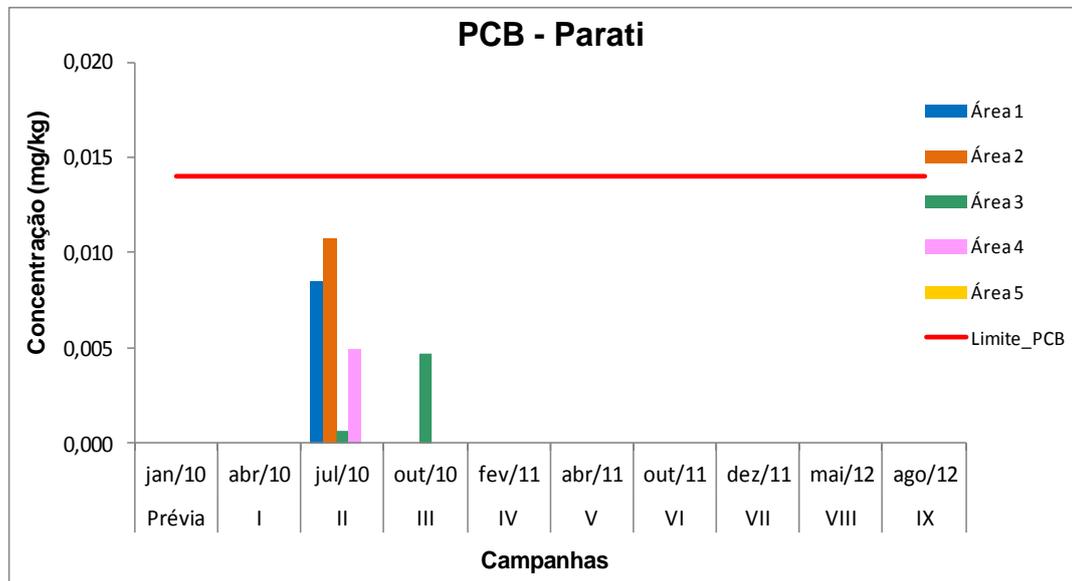


Figura 12.3.4-13. Variações na concentração de PCB no tecido muscular do peixe parati (*Mugil curema*).

Todos os demais parâmetros analisados (POC, HPA e SVOC) apresentaram concentrações abaixo dos limites de quantificação do método analítico utilizado, tanto para amostras de parati quanto de siri, ao longo de todas as campanhas de monitoramento.

A maioria dos compostos orgânicos avaliados neste programa são altamente solúveis em lipídeos e pouco solúveis em água; assim, a absorção destes compostos, que são hidrofóbicos, pode ser influenciada pelo teor de lipídeos nos organismos.

Uma forma de avaliar a influência dos lipídeos na bioacumulação de compostos orgânicos em organismos aquáticos é realizar estudo comparativo dos resultados a partir da normalização da concentração encontrada com o teor de lipídeos (razão entre concentração, em mg/kg e porcentagem de lipídeos) (Thomann, 1989).

Dentre os compostos orgânicos analisados nos organismos neste programa, observa-se que apenas PCB foi determinado em concentrações acima do limite

de quantificação em quatro amostras da Campanha II (julho de 2010) e em uma amostra da Campanha III (outubro de 2010), porém em níveis muito abaixo do padrão para consumo humano estabelecido pela USEPA (2010), em virtude da excelente detectabilidade da técnica utilizada para determinação de PCB (GC-ECD). Como estes resultados de PCB foram pontuais e nenhuma outra substância orgânica foi quantificada acima do seu limite analítico ao longo das dez campanhas de monitoramento, não foi avaliada a influência do teor de lipídeos na bioacumulação dos compostos orgânicos, a saber: PCB, pesticidas organoclorados e compostos semivoláteis.

12.4. Considerações Finais

A maioria dos parâmetros analisados nos tecidos dos organismos avaliados ocorreram em concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos analíticos pertinentes. Ressalta-se que todos os compostos semivoláteis (SVOC), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e pesticidas organoclorados (POC) analisados nas amostras de tecidos musculares de paratis (*Mugil curema*) e siris (*Callinectes danae*) ocorreram em concentrações inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado em todas as campanhas avaliadas no presente monitoramento (Campanha Prévia e Campanhas I a VII).

Valores de concentração de zinco próximos ao limite estabelecido para consumo humano pelo Decreto nº 55.871/1965 foram identificados em diversas amostras de tecido muscular de parati e siri-azul, inclusive em amostras da área 5, Largo do Candinho – Canal de Bertiooga, considerada como uma área controle. Entretanto, é importante considerar que a legislação brasileira não possui um valor específico de zinco para os organismos aquáticos destinados ao consumo humano. A referência adotada, de 50 mg/kg, é a mesma considerada pela CETESB (2001), presente na categoria “outros alimentos” do Decreto nº 55.871/1965, a qual enquadra a matriz analisada. Este valor foi utilizado como base de comparação de eventuais efeitos biológicos adversos.

O zinco, como outros metais considerados micronutrientes, é encontrado naturalmente no ambiente e encontra-se em constante mobilização e transporte,

oriundo de processos naturais como erosão, lixiviação do solo, incêndios florestais, erupções vulcânicas, atividade biológica, aporte de esgoto doméstico, entre outros. Sua biodisponibilidade depende de fatores diversos como propriedades químicas e físicas do meio ambiente, processos biológicos, temperatura, pH, dureza da água, idade e tamanho dos organismos, entre outros (Lacerda *et al.*, 1989).

O semimetal arsênio, quantificado em concentrações acima do limite estabelecido para consumo humano (conforme Portaria nº 685/1998) em amostras de parati e siri-azul, existe na natureza em uma variedade de formas químicas, inorgânicas e orgânicas, sendo que seu efeito tóxico depende principalmente de sua forma química, na qual a forma inorgânica é considerada a mais tóxica ao homem. Contudo, as formas orgânicas, consideradas não tóxicas, são de especial interesse ao homem por estarem presentes em diversos organismos aquáticos utilizados como fontes de alimento para o homem (Baird, 2002; Borak & Hosgood, 2007; Sharma & Sohn, 2009; Kuniyoshi *et al.*, 2011).

Em ambientes marinhos as principais formas de arsênio inorgânico encontrados são: Arsenito (As^{3+}) e Arsenato (As^{5+}), as quais representam apenas uma pequena fração do arsênio total encontrado nos organismos marinhos, variando de 1 a 4% (Codex, 1999; Baird, 2002; LI *et al.*, 2003; Borak & Hosgood, 2007; Sharma & Sohn, 2009; Kuniyoshi *et al.*, 2011).

A concentração de arsênio total em organismos marinhos varia de 1 a mais de 30 $\mu g/g$, e a arsenobetaina, fração orgânica do arsênio total, é a maior fração extraída nesses organismos (excedendo 98%), e que não apresenta toxicidade aos seres humanos (Ballin *et al.*, 1994; LI *et al.*, 2003; Peshut *et al.*, 2008; Sakurai *et al.*, 2004).

O elevado nível de concentração do arsênio em organismos marinhos é conhecido desde o início do século XX e recentes estudos demonstraram que os organismos marinhos acumulam quantidades substanciais de arsênio orgânico (em especial, arsenobetaina) de modo mais eficiente que os organismos terrestres e/ou de água doce. Além disso, os organismos terrestres, incluindo os seres humanos, não acumulam a arsenobetaina ingerida através do consumo

desses organismos, excretando-a através da urina em poucos dias (Clowes & Francesconi, 2004; Kuniyoshi *et al.*, 2011; Nifes, 2004).

Com isso, uma vez que a maior parte dos componentes de arsênio em organismos marinhos é o arsênio orgânico, e que este apresenta baixa toxicidade e é rapidamente excretado pela urina, as concentrações de arsênio nas amostras analisadas devem ser avaliadas com cautela, visto que as diferentes formas de arsênio não foram analisadas. Além disso, a legislação brasileira deve ser interpretada com cuidado, pois não distingue as frações do elemento durante a análise, não verificando, assim, o possível potencial tóxico desse composto nos organismos (Kuniyoshi *et al.*, 2011).

Cabe ressaltar que, anteriormente ao início das obras de dragagem, a análise do sedimento ao longo do canal de navegação do Porto de Santos (FRF, 2008) indicou a presença de arsênio ao longo de todo o canal de navegação, em alguns casos acima do nível 1 estabelecido pela Resolução CONAMA nº 344/2004 (de 8,2 mg/kg). A análise de bioacumulação da macrofauna bentônica para o estudo de alternativas de novas áreas de disposição de material dragado, realizada em 2007 para o EIA/RIMA da dragagem de aprofundamento do canal do Porto de Santos, no qual foram encontradas concentrações de arsênio em camarão branco, porquinho e raia que variaram de 1 a 3,56 mg/kg (FRF, 2008). Estes resultados podem indicar presença natural deste semimetal nos organismos do canal e no sistema estuarino da Baixada Santista.

Nas Campanhas II e III (julho e outubro de 2010), foram quantificados em amostras de tecidos musculares de paratis pelo menos um dos sete congêneres de PCB analisados, entretanto, as concentrações de PCB totais quantificadas nessas amostras estiveram abaixo do limite estabelecido para consumo humano pela USEPA, 2010. Os PCBs são compostos sintéticos, que podem estar presentes em efluentes industriais e em emissões atmosféricas resultantes da queima de plásticos e de outros resíduos, sendo frequentes em incineradores nos quais o processo de queima é incompleto e na queima de combustíveis. Segundo relatório da CETESB (2001), as concentrações de bifenilas policloradas na Baixada Santista, sugerem uma contribuição difusa desses poluentes para o meio aquático, ocorrendo em todos os pontos avaliados por eles, com níveis de

concentração nos sedimentos acima do TEL (valores abaixo dos quais efeitos adversos são raramente esperados) na região da saída do emissário, rio Cubatão e canal de Piaçaguera. Nesse mesmo relatório, a CETESB observou acumulação de PCB em alguns organismos coletados no estuário de Santos, especialmente nos sésseis e filtradores (ostras e mexilhões), ocorrendo alguns valores acima do critério para consumo humano (CETESB, 2001).

A concentração de PCB em organismos aquáticos depende de uma série de fatores, tais como as espécies expostas, o conteúdo de gordura das mesmas, tamanho, metabolismo e tipo de dieta alimentar. Segundo Moore & Ramamoorthy (1984) *apud* CETESB (2001), os valores de PCB nos peixes podem ser bastante variáveis em termos sazonais dependendo do ciclo reprodutivo, alimentação e atividade dos peixes.

Desta forma, apesar de congêneres de PCB terem sido quantificados em paratis, não há como estabelecer uma relação com a dragagem, uma vez que diversas fontes podem estar contribuindo para sua ocorrência no estuário, como demonstrado acima e pelo fato de não ter sido quantificado nenhum PCB nas amostras de siris.

As análises realizadas nas amostras de tecidos musculares dos organismos realizadas neste monitoramento (peixe parati e siri-azul), indicaram que a maioria dos parâmetros analisados ocorreram em concentrações abaixo dos limites de quantificação dos métodos analíticos pertinentes. Entre os parâmetros quantificados, observou-se sua ocorrência tanto em amostras coletadas ao longo do Canal de Santos quanto no Canal de Bertioga, área sem influência das atividades de dragagem e utilizada neste monitoramento como área controle.

Conclui-se que não há como estabelecer relação direta entre os parâmetros quantificados nas amostras de siris e paratis com a atividade de dragagem, visto que os parâmetros quantificados podem ocorrer naturalmente no ambiente ou ser oriundos de fontes difusas.

12.4.1. Recomendações ou Análise Crítica do Programa

Entre os parâmetros analisados neste monitoramento (metais, PCBs, POC, SVOC e HPAs) os únicos parâmetros quantificados foram metais e PCBs. Os demais parâmetros apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação dos métodos analíticos utilizados, em todas as amostras analisadas.

Sugere-se que o parâmetro hidrocarboneto policíclico aromático (HPA) não seja mais analisado, considerando que este não foi quantificado em nenhuma amostra de tecido muscular dos organismos coletados no canal do Porto de Santos. Além disso, o tempo de meia-vida dos compostos HPA nos organismos aquáticos é muito curto, devido a degradações biológicas. Os HPAs são facilmente metabolizados pelos organismos em substâncias mais hidrofílicas (polares), como fenóis, dihidrodíóis, quinonas e epóxidos, e excretados na forma de seus metabolitos.

Visto que a eliminação de HPAs é geralmente eficiente em peixes, não é observada bioacumulação destes compostos. Concentrações de HPA no tecido de organismos não são, portanto, indicativos dos níveis aos quais os mesmos foram expostos e não devem ser usados como marcadores de bioacumulação.

Considerando tais resultados e a possível continuidade do monitoramento das atividades de dragagem no Canal do Porto de Santos, sugere-se a continuidade do monitoramento da qualidade dos organismos bioindicadores, como forma de conhecer a qualidade do pescado na região, analisando os parâmetros metais e semimetals (arsênio) e PCBs. Com relação à frequência amostral utilizada neste monitoramento (trimestral), observou-se que os resultados para os parâmetros quantificados apresentaram pouca variação entre os meses e se sugere a alteração da frequência amostral para semestral.

12.5. Cronograma

O cronograma das atividades desenvolvidas por este programa deste monitoramento é apresentado na Tabela 12.5-1, na qual são discriminadas as amostragens realizadas até setembro de 2012.

Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo 2001. Sistema Estuarino Santos e São Vicente. Relatório Técnico, CETESB, São Paulo, 141 p.

Clowes, L.A. & Francesconi, K.A. 2004. Uptake and elimination of arsenobetaine by the mussel *Mytilus edulis* is related to salinity. Comparative Biochemistry and Physiology Part. C, 137: 35-42.

Codex Alimentarius Commission. 1999. Thirty-first session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants, Haia, Holanda, 22-26 de Março 1999. Report. FAO/WHO Food Standards Programme, FAO, Rome, Italy, 73 p.

FRF- 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.

Froese, R. & Pauly, D. 2010. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Disponível em: <www.fishbase.org>. Acesso em março de 2010.

Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2010a. Segundo Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS–1118-140611. Fundespa, São Paulo, 1555 p.

Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2010b. Primeiro Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS–0618-140910. Fundespa, São Paulo, 1447 p.

Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2011a. Terceiro Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS–071011. Fundespa, São Paulo.

- Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2011b. Terceiro Relatório Técnico Semestral do Programa de Monitoramento da Qualidade dos Sedimentos nas Áreas Dragadas: Sedimentologia, Geoquímica e Ecotoxicologia (Programa 10 e 11). Relatório Técnico, RTS-091211 Revisão 1. Fundespa, São Paulo, 91 p.
- Fundespa, Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2012. Quarto Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos. Relatório Técnico, RTS-030912. Fundespa, São Paulo
- Kietzmann, U.; Priebe, K.; Rakow, D. & Reichstein, K. 1974. Inspección veterinaria de pescados. Editora ACRIBIA, Zaragoza, Espanha, 325 p.
- Kuniyoshi, L.S.; Braga, E.S. & Favaro, D.I.T. 2011. Uso do arsênio na avaliação da qualidade do pescado: Necessidade de adequação da legislação ambiental. *In*: V Simpósio Brasileiro de Oceanografia, Santos, SP, Brasil. Resumo expandido. Sociedade Brasileira de Oceanografia, p. 1-5.
- Lacerda, L.D.; Carvalho, C.E.V. & Gomes, M.P. 1989. Nota sobre a distribuição de Mn, Zn e Cu em siris da Baía de Sepetiba. *Revista Brasileira de Biologia*. 49(3): 847-849
- Li, W.; Wei, C.; Zhang, C.; Van Hulle, M.; Cornelis, R. & Zhang, X. 2003. A survey of arsenic species in Chinese seafood. *Food and Chemical Toxicology*, 41; 1103-1110.
- Melo, G.A.S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do litoral brasileiro. Editora Plêiade/FAPESP, São Paulo, 604p.
- Meyer, V. & Ludorff, W. 1978. El pescado y los productos de la pesca. Editora ACRIBIA, Zaragoza, Espanha, 341 p.
- Nifes, National Institute of Nutrition and Seafood Research. 2004. Is arsenic in fish and fish feed a problem for food safety?. Disponível em: <http://www.nifes.no/index.php?page_id=131&article_id=454&lang_id=2>. Acesso em 29 de abril de 2011.

- Peshut, P.J.; Morrison, R.J. & Brooks, B.A. 2008. Arsenic speciation in marine fish and shellfish from American Samoa. *Chemosphere*, 71: 484-492.
- Rainbow, P.S. & White, S.L. 1989. Comparative strategies of heavy metal accumulation by crustaceans: zinc, copper and cadmium in a decapod, an amphipod and a barnacle. *Hydrobiologia*, 174 (3): 245-262.
- Thomann, R.V. 1989. Bioaccumulation Model of Organic Chemical Distribution in Aquatic Food Chains. *Environmental Science & Technology*, 23:699-707.
- Sakurai, T.; Kojima, C.; Ochiai, M.; Ohta, T. & Fujiwara, K. 2004. Evaluation of in vivo acute immunotoxicity of a major organic arsenic compound arsenobetaine in seafood. *International Immunopharmacology*, 4: 179-184.
- Severino-Rodrigues, E.; Pita, J.B. & Graça-Lopes, R. 2001. Pesca artesanal de siris (Crustácea, Decápoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 27(1): 7-19.
- Sharma, V.K. & Sohn, M. 2009. Aquatic arsenic: toxicity, speciation, transformation and remediation. *Environmental internacional*, 35: 743-759.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency 2010. Water Quality Assessment Guidance Manual. *In: Integrated Water Quality Report (Y2010 305(b)/303(d)); APPENDIX E-1 - Fish Tissue Values (TVs)*. Disponível em: <<http://www.deq.virginia.gov/water>>. Acessado em 2010.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM, Maringá:, 169 p.

12.7. Equipe Técnica

Denise Germano Pinto - Bióloga

Dra. MSc Mariana Beraldo Masutti - Química

MSc Cristina Gonçalves - Química

Clarice Yumi Hiramatsu - Química

Débora Petzold Camargo - Oceanógrafa

Flávia Belloni Passaglia Pereira – Estagiária

Lívia Huln Fenili - Oceanógrafa

MSc Priscilla Bosa - Oceanógrafa

Tábata Sarti Prado - Oceanógrafa

Vanessa Ferreira Rocha - Técnica em saneamento

Victor Carrozza Barcellini – Biólogo

12.8. Anexos

- Anexo 12.8-1. Dossiê fotográfico;
- Anexo 12.8-2. Controle de qualidade;
- Anexo 12.8-3. Relatório de ensaio biométrico;
- Anexo 12.8-4. Relatório ensaio análises químicas.
- Anexo 12.8-5. Resultados da análise química do tecido dos organismos (parati e siri-azul) Campanhas VIII e IX.

ANEXO 12.8-1. DOSSIÊ FOTOGRÁFICO

ANEXO 12.8-2. CONTROLE DE QUALIDADE

ANEXO 12.8-3. RELATÓRIO DE ENSAIO BIOMÉTRICO

ANEXO 12.8-4. RELATÓRIO ENSAIO ANÁLISES QUÍMICAS E CARTA
ENCAMINHADA PELO LABORATÓRIO RESPONSÁVEL SOBRE MELHORIAS
NO PROCESSO ANALÍTICO

ANEXO 12.8-5. RESULTADOS ANÁLISE QUÍMICA DO TECIDO DOS ORGANISMOS (PARATI E SIRI-AZUL) CAMPANHAS VIII E IX.