



ESTUDO DE ÁREAS ALTERNATIVAS PARA A DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE  
MATERIAL DRAGADO NA REGIÃO DO PORTO DE SANTOS

SANTOS - SP

Março de 2008

## ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO .....	1
II. ESTUDOS PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS ALTERNATIVAS PARA A DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE MATERIAL DRAGADO NA REGIÃO DO PORTO DE SANTOS .....	2
II. 1. OBJETIVOS .....	2
II. 2. ÁREA DE ESTUDO.....	3
II. 2.1. CRITÉRIOS PARA A DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	3
II. 2.1.1. ASPECTOS OPERACIONAIS E DE NAVEGAÇÃO .....	3
II. 2.1.2. ASPECTOS AMBIENTAIS DO LOCAL DE DISPOSIÇÃO .....	4
II. 2.2. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, ÁREA CONTROLE E GRADE AMOSTRAL .....	4
II. 3. ESTUDOS REALIZADOS .....	11
II. 3.1. LEVANTAMENTO DOS VALORES DE <i>BACKGROUND</i> DE METAIS .....	11
II. 3.2. LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS E TEXTURAIS DE FUNDO .....	12
II. 3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SEDIMENTOS .....	12
II. 3.4. ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS .....	13
II. 3.5. AVALIAÇÃO DA FAUNA BENTÔNICA .....	13
II. 3.6. AVALIAÇÃO DA FAUNA DEMERSAL-BENTÔNICA .....	13
II. 3.7. ANÁLISE DE TECIDO DE ORGANISMOS DEMERSAIS-BENTÔNICOS .....	14
II. 3.8. MODELAGEM MATEMÁTICA DE DISPERSÃO DE SEDIMENTOS .....	15
II. 4. ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS .....	15
II. 5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ANÁLISE INTEGRADA .....	28
II. 5.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS DE MONITORAMENTO DA ÁREA DE DESCARTE ATUAL E REGIÃO ADJACENTE .....	28
II. 5.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS LEVANTAMENTOS ATUAIS NA REGIÃO PARA A SELEÇÃO DE NOVAS ÁREAS DE DESCARTE.....	31
II. 6. SELEÇÃO DA NOVA ÁREA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA .....	33
III. PLANO DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE MATERIAIS DRAGADOS NA REGIÃO DO PORTO DE SANTOS .....	37
III.1. INTRODUÇÃO .....	37
III.2. ESTRUTURA E ZONEAMENTO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA .....	37
III.3. PLANEJAMENTO DA DISPOSIÇÃO OCEÂNICA .....	39
III.2.1. VOLUMES PREVISTOS PARA A DISPOSIÇÃO OCEÂNICA .....	39
III.2.2. CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA A DISPOSIÇÃO OCEÂNICA.....	40
III.2.3. CONTROLE DA DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DO MATERIAL DRAGADO .....	42
IV. PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE MATERIAIS DRAGADOS NA REGIÃO DO PORTO DE SANTOS.....	43
IV.1 - OBJETIVOS .....	43
IV.2. METODOLOGIA.....	43
IV.2.1. REDE DE MONITORAMENTO .....	43
IV.2.2. PARÂMETROS, PROCEDIMENTOS E FREQUÊNCIA DE ANÁLISE .....	44
V.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

## I. INTRODUÇÃO

O Estuário de Santos apresenta sedimentos com níveis elevados de contaminantes decorrentes do lançamento pretérito de efluentes e da disposição inadequada de resíduos nas bacias contribuintes em toda a região estuarina. Essa contaminação, cujas principais fontes encontram-se atualmente controladas, constitui um passivo ambiental com reflexos na atividade portuária, por requerer a adoção de medidas especiais de dragagem e disposição do material dragado, dentro de condições seguras do ponto de vista ambiental.

A disposição do material dragado depende da qualidade dos sedimentos, sendo normatizada, a partir de 2004, pela Resolução CONAMA 344/04, que regulamentou sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras. O Porto de Santos realiza suas dragagens de manutenção lançando os sedimentos dragados em um quadrilátero situado em mar aberto ao largo da baía de Santos. Este local, autorizado pela Marinha do Brasil para a disposição oceânica de materiais dragados, passou a ser utilizado a partir de 1996 sem restrições de caráter ambiental.

A partir de 2004, com o advento da Resolução CONAMA 344, os sedimentos dragados no Porto de Santos, que já vinham sendo monitorados quanto a sua qualidade, passaram a ter que atender à nova diretriz. Dados gerados pelo monitoramento dos sedimentos a serem dragados e do local de disposição oceânica indicaram a ocorrência de efeitos potencialmente tóxicos sobre a biota, o que foi entendido como um sinal de saturação da atual área de disposição. Com base em dados de monitoramento, a CETESB – órgão responsável pelo controle ambiental da dragagem no Estado de São Paulo, estabeleceu um limite máximo para o lançamento de material dragado, de 300.000 m<sup>3</sup> por mês, procurando assegurar a redução do efeito tóxico observado por meio de ensaios de laboratório. Paralelamente, a agência ambiental recomendou a realização de estudos de novas áreas de disposição onde as condições fossem mais propícias à redução de impactos decorrentes da dragagem.

No período de 2004 a 2007, o Porto de Santos apresentou uma acentuada tendência de expansão com o surgimento e a ampliação de diversos terminais e houve a determinação do governo federal de realizar o aprofundamento do Canal de Santos para permitir a movimentação de cargas com embarcações de maior calado. Em decorrência desses fatos a demanda por dragagens aumentou de forma expressiva, requerendo uma solução para a disposição dos sedimentos dragados. No final de 2007, três das empresas da região responsáveis por terminais privados existentes (COSIPA e FOSFERTIL) e em implantação (EMBRAPORT) se uniram à CODESP e realizaram a contratação dos estudos necessários ao estabelecimento de novas áreas de disposição oceânica de material dragado e de diretrizes de uso e monitoramento dessas áreas. O presente relatório técnico apresenta os resultados dos estudos e levantamentos realizados e propõe:

1. Uma nova área de disposição oceânica de materiais dragados com condições mais favoráveis à dispersão dos sedimentos e com menor risco para o ambiente marinho;

2. Um Plano de Disposição Oceânica de Materiais Dragados que considera a demanda prevista para os próximos anos e as condições ambientais da nova área de disposição e cria mecanismos para prevenir a saturação do local;
3. Um Plano de Monitoramento Ambiental da Disposição Oceânica de Materiais Dragados que procura, com a experiência acumulada, otimizar os parâmetros de análise e aumentar a eficácia da avaliação para dar respostas de melhor qualidade em menor prazo para o gerenciamento da dragagem.

## II. ESTUDOS PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS ALTERNATIVAS PARA A DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE MATERIAL DRAGADO NA REGIÃO DO PORTO DE SANTOS

### II. 1. OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo são:

1. Realizar a seleção de áreas alternativas para a disposição de material dragado na região do Porto de Santos, com base na avaliação das características de fundo, da qualidade dos sedimentos e do comportamento hidrodinâmico e de transporte da região oceânica adjacente a Baía de Santos.
2. Estabelecer as diretrizes de uso das áreas alternativas e o plano para a disposição do material dragado na nova área, prevendo medidas de prevenção de impactos decorrentes dessa atividade;
3. Definir uma “linha de base” para comparação com os resultados do futuro monitoramento da nova área de disposição; e
4. Propor um plano de monitoramento ambiental que assegure um uso equilibrado do novo local de disposição e impactos em níveis aceitáveis.

O estudo consistiu dos seguintes levantamentos:

- Cadastro cartográfico das interferências existentes na área oceânica adjacente à baía de Santos (cabos submarinos, emissários de esgotos, fundeios, dutos, unidades de conservação) e delimitação da área de estudo;
- Análise e consolidação de dados existentes sobre a distribuição dos sedimentos de fundo na região sob influência do estuário de Santos (estuário, baía e plataforma continental adjacente) e determinação dos valores basais regionais para metais nos sedimentos (valores de *background*);
- Levantamento das características topográficas e texturais do fundo oceânico na área de estudo por meio de sonografia de varredura lateral, ecossondagem e classificação de fundo;

- Avaliação das características físicas, químicas e biológicas (toxicidade) dos sedimentos encontrados na região;
- Avaliação da composição e distribuição dos organismos aquáticos da comunidade bentônica e demersal bentônica da região, através da avaliação dos índices ecológicos de riqueza, diversidade e dominância;
- Simulação, através de modelagem, da dispersão e distribuição dos sedimentos lançados em diversos cenários de condições operacionais e oceanográficas;
- Avaliação dos dados de forma integrada para a seleção de novas áreas de disposição oceânica de material dragado, considerando diferentes graus de capacidade de suporte; e
- Estabelecimento das diretrizes de uso dessas áreas com base nos dados disponíveis sobre a qualidade de sedimentos a serem dragados no estuário.

## II. 2. ÁREA DE ESTUDO

### II. 2.1. CRITÉRIOS PARA A DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região oceânica adjacente à baía de Santos onde atualmente se localiza a área de disposição oceânica de material dragado do Porto de Santos, configura área de uso comum para navegação, fundeio de navios, lançamento de efluentes provenientes de emissários submarinos, fundeio de cabos e tubulações submarinas e presença de áreas ambientalmente sensíveis como o Parque Estadual da Laje de Santos. Para que seja possível o uso disciplinado e compatibilizado desta região é necessária a avaliação de critérios a seleção da região a ser estudada com o objetivo do estabelecimento de novas áreas de disposição de material dragado.

A seguir são listados e justificados os aspectos considerados para a seleção da região de estudo:

#### II. 2.1.1. Aspectos operacionais e de navegação

- **Distância economicamente viável** (cuja relação custo benefício quando comparada com outras alternativas de disposição mostra-se melhor): estima-se que a distância do local de disposição não deve exceder a 12 km a partir do limite da baía de Santos. A partir deste raio, os custos tornam-se cada vez maiores podendo inviabilizar a atividade.
- **Segurança à navegação:** o local de disposição oceânica deverá ser previamente autorizado pela Marinha que avaliará aspectos relativos à segurança à navegação, tais como profundidade, existência de rotas, fundeios, obstáculos, entre outros.

- **Presença de estruturas submarinas:** o local de disposição oceânica não poderá se situar em áreas que existam estruturas submarinas tais como emissários submarinos, tubulações de abastecimento de água, cabos de energia ou telecomunicações e dutos de gás ou petróleo.

## II. 2.1.2. Aspectos ambientais do local de disposição

- **Condições de dispersão do local de disposição:** as correntes marinhas do local deverão garantir o transporte e o espalhamento do material disposto na coluna d'água de forma a impedir sua acumulação no fundo do oceano. Estudos de hidrodinâmica na região da baía de Santos permitiram delimitar um polígono onde as condições de circulação de correntes são favoráveis à dispersão para longe da costa dos sedimentos lançados na coluna d'água.
- **Profundidade do local de disposição:** quanto maior a profundidade do local de disposição maior é à distância da costa e melhor é a condição de dispersão do material na coluna d'água reduzindo-se o impacto sobre o fundo oceânico e o litoral. No caso de Santos, a declividade do fundo é pequena e o deslocamento até áreas de maior profundidade requer grandes deslocamentos. Outro agravante que interfere no lançamento em profundidades maiores é a presença da área de amortecimento do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos situada a cerca de 15 km do litoral. Assim, a diretriz estabelecida é de que a profundidade do local de disposição se situe entre as isóbatas de 20 e 30 metros.
- **Transporte preferencial *offshore*:** As condições hidrodinâmicas devem garantir que o material disposto não seja dispersado para áreas do litoral. Esta condição deverá ser comprovada por meio de modelos matemáticos que avaliem a dispersão na coluna d'água e a remobilização do material depositado no fundo do oceano.
- **Ausência de áreas de interesse biológico especial:** No caso da região litorânea de Santos, as principais áreas de interesse biológico são representadas pelo Parque Estadual Xixová-Japuí e Parque Estadual Marinho da Laje de Santos. A diretriz adotada foi de estabelecer que a disposição não poderá afetar a zona de amortecimento da Laje de Santos e a área marinha do Parque Xixová-Japuí.
- **Ausência de fontes diretas de poluição:** A área de disposição não deverá ser implantada em locais que sofram influência direta de outras fontes de contaminação (emissários de esgotos, influências do litoral) que possam interferir no monitoramento ambiental da disposição de sedimentos dragados.

## II. 2.2. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, ÁREA CONTROLE E GRADE AMOSTRAL

A região de estudo selecionada com base nos critérios estabelecidos encontra-se na Figura 1. A área controle do estudo foi estabelecida no limite da zona de amortecimento (10 km) do Parque Estadual da

Laje de Santos que não deverá sofrer influência da atividade de lançamento do material dragado. Esta área foi escolhida de acordo com os seguintes critérios:

- Apresentar condições oceanográficas similares à da área de estudo;
- Não ter sofrido a influência da atual área de disposição oceânica (com base nos monitoramentos realizados e na modelagem de dispersão dos sedimentos lançados)
- Servir para monitorar o risco de eventual influência da futura área de disposição sobre o Parque da Laje de Santos.

A área controle se localiza no local mais próximo da futura área de disposição dentro do limite da zona de amortecimento do parque marinho e será monitorada com a finalidade de evitar que a disposição ponha em risco a qualidade ambiental da unidade de conservação existente.

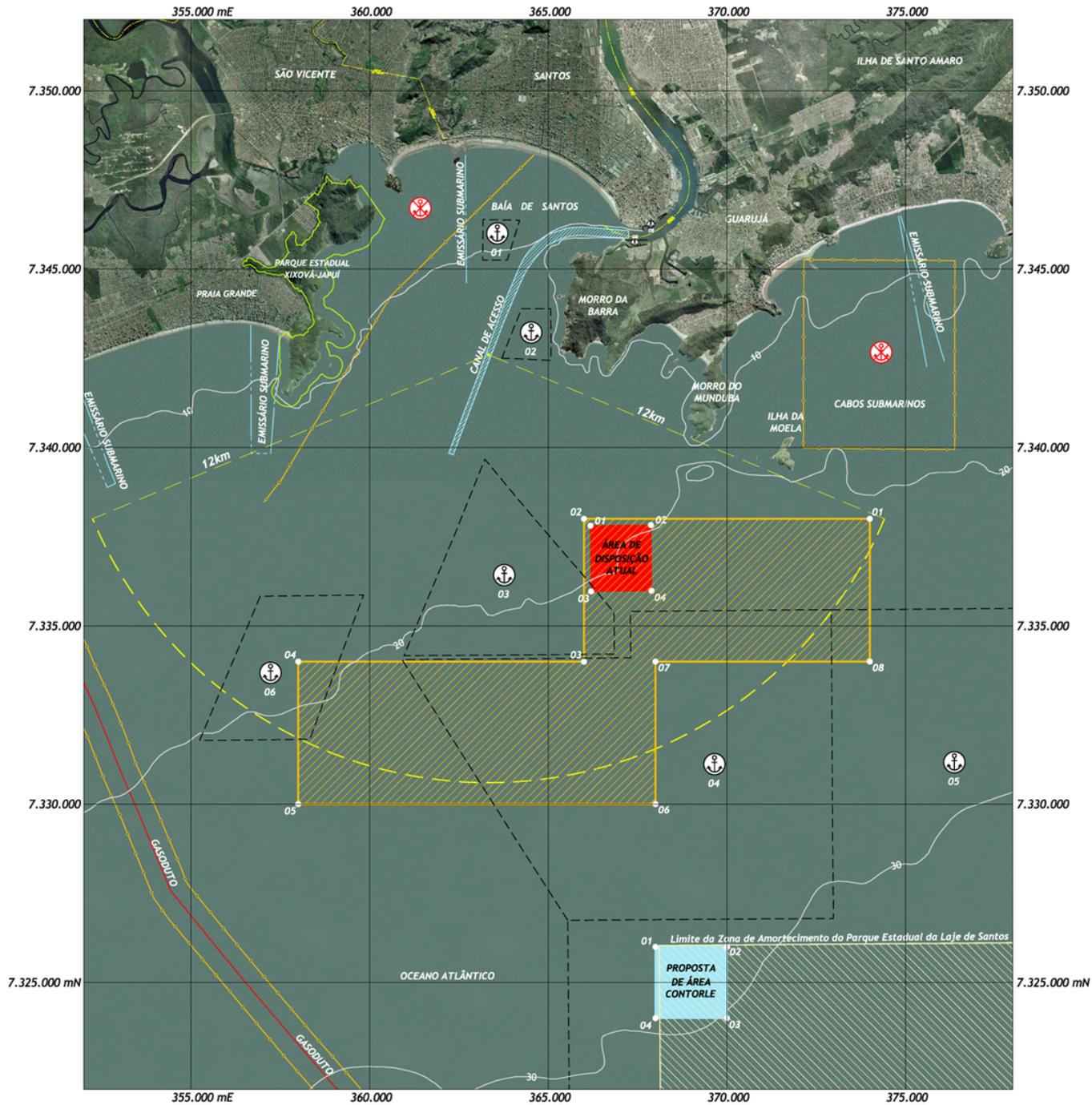


Figura 1. Área de estudo para o estabelecimento de novas áreas de descarte de material dragado no Porto de Santos.

A Figura 2 contém a grade de pontos de coleta de sedimentos para a análise de parâmetros físico-químicos, avaliação ecotoxicológica e análise de organismos bentônicos, bem como as linhas de arrasto para a coleta de organismos demersais bentônicos para o estudo de bioacumulação e avaliação de índices ecológicos. Os pontos de coleta foram denominados “PSS” seguido de numeração crescente. As linhas de arrasto receberam a nomenclatura “A” seguida de numeração crescente.

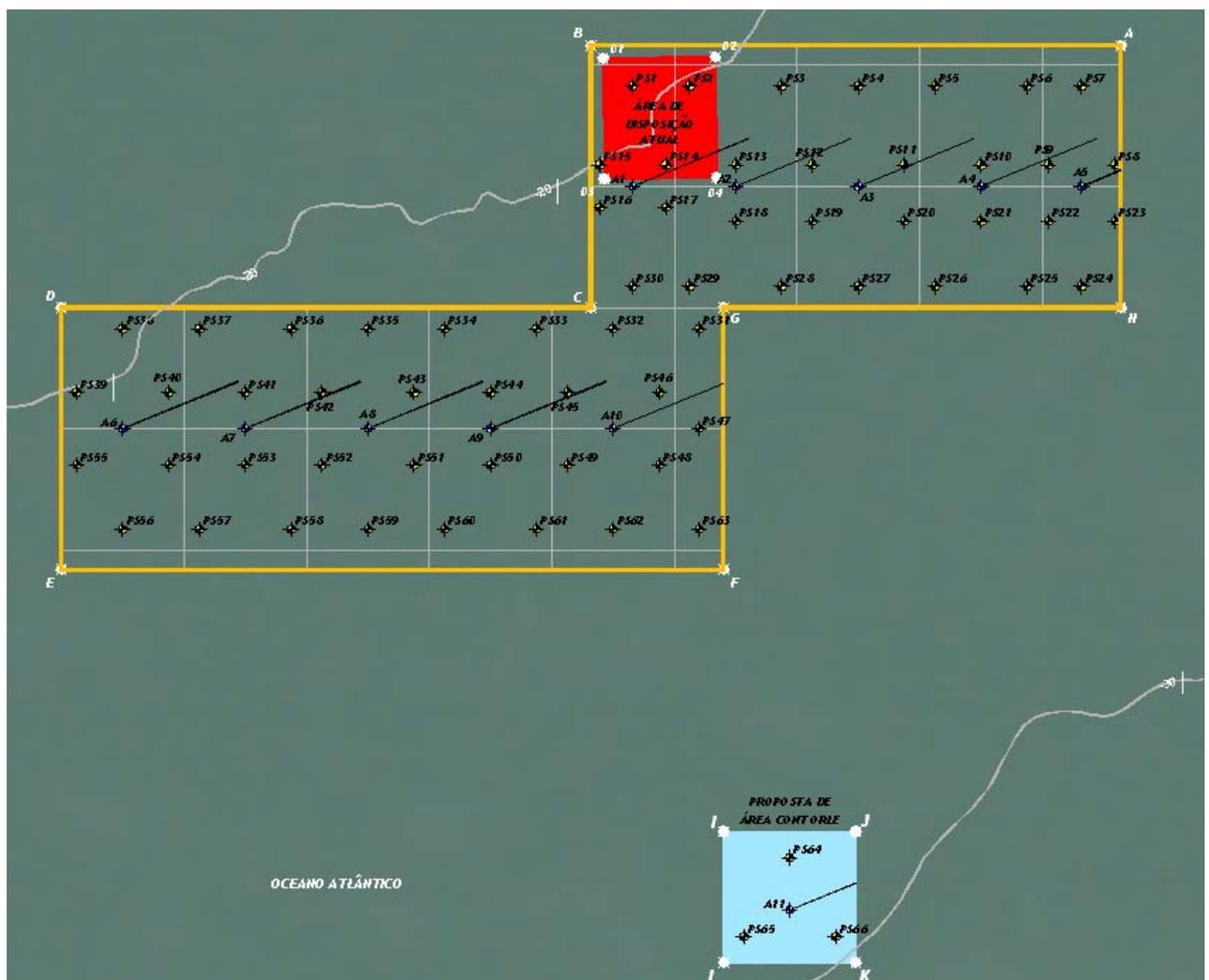


Figura 2. Localização dos pontos de coleta de sedimentos e linhas de arrasto de organismos demersais-bentônicos

As coordenadas dos vértices do quadrilátero, que compõem o conjunto de pontos amostrais, são apresentadas na Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos vértices do quadrilátero contendo o conjunto de pontos amostrais de sedimento superficial**

Vértices	Coordenadas Geográficas	
	Latitude*	Longitude*
1	-24 03' 56,18816"	-46 14' 23,30406"
2	-24 03' 53,82026"	-46 19' 06,53152"
3	-24 06' 03,84934"	-46 19' 07,86187"
4	-24 06' 01,33166"	-46 23' 51,15817"
5	-24 08' 11,35586"	-46 23' 52,57061"
6	-24 08' 14,48545"	-46 17' 58,34922"
7	-24 06' 04,45598"	-46 17' 57,03613"
8	-24 06' 06,22123"	-46 14' 24,55507"

\* Datum horizontal WGS-84

A seguir, na Tabela 2, são mostradas as coordenadas geográficas referentes à área escolhida como controle, localizada no limite da zona de amortecimento do Parque Estadual da Laje de Santos (limite da zona de 10km de distância da unidade de conservação).

**Tabelas 2 - Coordenadas geográficas dos vértices da área controle**

Vértices	Coordenadas Geográficas	
	Latitude*	Longitude*
1	-24 10' 24,51428"	-46 17' 59,66490"
2	-24 10' 25,11383"	-46 16' 48,79874"
3	-24 11' 30,12851"	-46 16' 49,44758"
4	-24 11' 29,52846"	-46 18' 00,32372"

\* Datum horizontal WGS-84

A Tabela 3, a seguir, apresenta as coordenadas geográficas, assim como a denominação dos pontos amostrais de sedimento superficial, localizados dentro do quadrilátero escolhido para o desenvolvimento do estudo para a escolha de novas áreas de disposição de sedimento dragado.

Tabela 3 - Coordenadas geográficas dos pontos amostrais inseridos dentro do quadrilátero escolhido para o estudo das novas áreas

Pontos amostrais	Coordenadas Geográficas	
	Latitude*	Longitude*
PSS1	-24 04' 14,18580"	-46 18' 44,43299"
PSS2	-24 04' 14,44663"	-46 18' 13,93019"
PSS3	-24 04' 14,86357"	-46 17' 24,75674"
PSS4	-24 04' 15,20770"	-46 16' 43,77375"
PSS5	-24 04' 15,54879"	-46 16' 02,79055"
PSS6	-24 04' 15,95402"	-46 15' 13,61629"
PSS7	-24 04' 16,19223"	-46 14' 44,45808"
PSS8	-24 04' 47,98040"	-46 14' 27,05983"
PSS9	-24 04' 47,69197"	-46 15' 02,46775"
PSS10	-24 04' 47,39601"	-46 15' 38,51286"
PSS11	-24 04' 47,05661"	-46 16' 19,49897"
PSS12	-24 04' 46,64536"	-46 17' 08,67618"
PSS13	-24 04' 46,29926"	-46 17' 49,66183"
PSS14	-24 04' 45,98086"	-46 18' 27,05163"
PSS15	-24 04' 45,67700"	-46 19' 02,45848"
PSS16	-24 05' 21,04792"	-46 19' 02,82003"
PSS17	-24 05' 21,35191"	-46 18' 27,41049"
PSS18	-24 05' 21,67046"	-46 17' 50,01784"
PSS19	-24 05' 22,01672"	-46 17' 09,02907"
PSS20	-24 05' 22,42816"	-46 16' 19,84812"
PSS21	-24 05' 22,76771"	-46 15' 38,85888"
PSS22	-24 05' 23,06381"	-46 15' 02,81103"
PSS23	-24 05' 23,35237"	-46 14' 27,40041"
PSS24	-24 05' 55,49889"	-46 14' 45,41803"
PSS25	-24 05' 55,26038"	-46 15' 14,58248"
PSS26	-24 05' 54,85462"	-46 16' 03,76727"
PSS27	-24 05' 54,51310"	-46 16' 44,75923"
PSS28	-24 05' 54,16852"	-46 17' 25,75099"
PSS29	-24 05' 53,75105"	-46 18' 14,93495"
PSS30	-24 05' 53,48988"	-46 18' 45,44428"
PSS31	-24 06' 14,89602"	-46 18' 10,24569"
PSS32	-24 06' 14,50281"	-46 18' 56,14181"
PSS33	-24 06' 14,14837"	-46 19' 37,13474"
PSS34	-24 06' 13,71906"	-46 20' 26,32010"
PSS35	-24 06' 13,35791"	-46 21' 07,31253"
PSS36	-24 06' 12,99370"	-46 21' 48,30474"
PSS37	-24 06' 12,55267"	-46 22' 37,48924"
PSS38	-24 06' 12,18175"	-46 23' 18,48094"
PSS39	-24 06' 43,59995"	-46 23' 43,41589"
PSS40	-24 06' 44,04702"	-46 22' 54,22848"
PSS41	-24 06' 44,41626"	-46 22' 13,23384"
PSS42	-24 06' 44,78245"	-46 21' 32,23897"

Tabela 3 (continuação) - Coordenadas geográficas dos pontos amostrais inseridos dentro do quadrilátero escolhido para o estudo das novas áreas

Pontos amostrais	Coordenadas Geográficas	
	Latitude*	Longitude*
PSS43	-24 06' 45,21780"	-46 20' 43,05068"
PSS44	-24 06' 45,57727"	-46 20' 02,05532"
PSS45	-24 06' 45,93369"	-46 19' 21,05973"
PSS46	-24 06' 46,35731"	-46 18' 31,87059"
PSS47	-24 07' 04,54808"	-46 18' 10,74828"
PSS48	-24 07' 22,37453"	-46 18' 32,23696"
PSS49	-24 07' 21,95071"	-46 19' 21,42992"
PSS50	-24 07' 21,59412"	-46 20' 02,42869"
PSS51	-24 07' 21,23448"	-46 20' 43,42724"
PSS52	-24 07' 20,79894"	-46 21' 32,61935"
PSS53	-24 07' 20,43258"	-46 22' 13,61741"
PSS54	-24 07' 20,06316"	-46 22' 54,61523"
PSS55	-24 07' 19,61588"	-46 23' 43,80647"
PSS56	-24 07' 51,48228"	-46 23' 19,55253"
PSS57	-24 07' 51,85368"	-46 22' 38,55204"
PSS58	-24 07' 52,29527"	-46 21' 49,35701"
PSS59	-24 07' 52,65995"	-46 21' 08,35602"
PSS60	-24 07' 53,02157"	-46 20' 27,35480"
PSS61	-24 07' 53,45143"	-46 19' 38,15890"
PSS62	-24 07' 53,80632"	-46 18' 57,15720"
PSS63	-24 07' 54,20004"	-46 18' 11,25124"
PSS64	-24 10' 37,77226"	-46 17' 24,36215"
PSS65	-24 11' 16,66372"	-46 17' 49,36455"
PSS66	-24 11' 17,08035"	-46 17' 00,14612"
* Datum horizontal WGS-84		

Cabe ressaltar que os pontos amostrais PSS64, PSS65 e PSS66 são referentes à área de controle situada no limite da zona de amortecimento do Parque Estadual da Laje de Santos.

## II. 3. ESTUDOS REALIZADOS

Os estudos realizados para estabelecer as novas áreas de disposição oceânica partiram do princípio de que os impactos decorrentes devem ser avaliados a partir da análise de três vertentes:

1. Qualidade e quantidade do material a ser disposto e a forma de disposição (frequência, volumes, local de lançamento, entre outros). Neste estudo foram considerados os valores históricos da qualidade dos sedimentos dragados no estuário de Santos (parâmetros físicos, químicos e ecotoxicológicos), as tecnologias usualmente empregadas na região (características das dragas e condições operacionais) e os volumes previstos para as dragagens durante os próximos 6 anos (dragagens de aprofundamento, manutenção e de implantação de novos empreendimentos portuários), conforme a previsão do **Estudo de Impacto Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos** da CODESP.
2. Condições oceanográficas do local escolhido, especialmente o comportamento das correntes marinhas, sua capacidade de transporte dos sedimentos e as características físicas e químicas do fundo oceânico. Neste estudo foram descritos e analisados em profundidade os dados e informações existentes sobre a região onde se situa a área de estudo e foram efetuadas coletas de dados primários visando caracterizar os sedimentos de fundo quanto a suas características morfológicas, texturais e químicas. A avaliação de correntes marinhas foi realizada por meio de modelagens matemáticas devidamente validadas para a região com base em série histórica de dados de correntometria. Ao final do estudo foram realizadas modelagens visando prever o comportamento da disposição de sedimentos dragados e seu transporte ao longo da coluna de água e arraste de fundo.
3. A susceptibilidade da biota aquática aos efeitos físicos, químicos e ecotoxicológicos decorrentes da disposição de sedimentos dragados. Neste sentido foram avaliados os efeitos ecológicos por meio de levantamento de parâmetros ecotoxicológicos e de composição e estrutura das comunidades biológicas que mais interagem com os sedimentos (faunas bentônica e demersal-bentônica).

Os estudos realizados também objetivaram: 1. verificar eventuais interferências decorrentes da disposição de material dragado no quadrilátero atual, o qual foi incluído na área de estudo; e 2. estabelecer uma linha de base para fins de monitoramento ambiental da futura área de disposição. A seguir são descritos sumariamente os estudos realizados, cujos relatórios técnicos encontram-se na íntegra nos anexos.

### II. 3.1. LEVANTAMENTO DOS VALORES DE *BACKGROUND* DE METAIS

Uma extensa análise de dados existentes foi realizada para verificar o comportamento da distribuição dos metais nos sedimentos existentes na região marinha sob influência do estuário de Santos, envolvendo o alto e baixo estuário, a baía de Santos e a plataforma continental adjacente. Este estudo, apresentado no Anexo A, procurou descrever o cenário de distribuição dos sedimentos nos diversos

compartimentos relacionados ao seu transporte e deposição na região e determinar os valores basais regionais para metais nos sedimentos (valores de background). O objetivo principal deste estudo foi o de situar a disposição de sedimentos dragados num contexto mais abrangente do ambiente oceânico e avaliar os aspectos relacionados ao enriquecimento dos materiais sedimentados em decorrência das ações antrópicas em geral e das atividades de dragagem em particular.

### II. 3.2. LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS E TEXTURAS DE FUNDO

Na região de estudo foi realizado um levantamento para a determinação das características do fundo oceânico quanto à textura superficial, profundidade e topografia, bem como quanto à presença de interferências físicas e de estruturas de interesse arqueológico (naufrágios e estruturas antigas). Este levantamento foi realizado através de sonografia de varredura lateral, ecossondagem e classificação de fundo. O objetivo principal do estudo foi verificar a presença de anomalias que pudessem interferir no comportamento dos sedimentos depositados, inferir informações relativas à dinâmica de sedimentação costeira e verificar a existência de patrimônio arqueológico em superfície. Os resultados deste estudo são apresentados no **Anexo B**.

### II. 3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SEDIMENTOS

A caracterização físico-química dos sedimentos objetivou verificar a existência de anomalias físico-químicas que pudessem estar relacionadas à disposição de material dragado e/ou ao aporte natural de sedimentos do estuário, bem como compreender melhor o comportamento de contaminantes na área de estudo. O levantamento também visou o estabelecimento de uma linha de base para servir de referência ao monitoramento ambiental da futura área de disposição.

Os parâmetros analíticos determinados nas amostras de sedimento superficial coletados em 66 pontos amostrais seguiram os critérios estabelecidos na Resolução Conama 344/04 e correspondem a análise de:

- metais (arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco),
- HPAs (benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, acenafteno, acenaftileno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, 2-metilnaftaleno, naftaleno, pireno),
- PCBs totais (soma das sete bifenilas),
- carbono orgânico total,
- nitrogênio Kjeldahl total,

- fósforo total e
- granulometria

Os resultados dos estudos bem como a metodologia detalhada encontram-se no **Anexo C**.

#### II. 3.4. ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

A avaliação ecotoxicológica dos sedimentos objetivou verificar a existência de substâncias em níveis tóxicos à biota e que pudessem estar relacionadas à disposição de material dragado na atual área de disposição oceânica ou a outras fontes. Esse levantamento visou, também, o estabelecimento de uma linha de base para servir de referência ao monitoramento ambiental da futura área de disposição.

Os ensaios de toxicidade foram realizados com as amostras de sedimento integral proveniente dos 66 pontos de coleta, seguindo o protocolo do teste de toxicidade com o anfípodo *Tiburonella viscana*, cujo procedimento foi adaptado por Melo (1993) e descrito por Melo & Abessa (2002).

Os resultados e a discussão destes dados bem como a metodologia detalhada deste estudo encontram-se no **Anexo D**.

#### II. 3.5. AVALIAÇÃO DA FAUNA BENTÔNICA

A avaliação da composição da fauna representada pelos organismos contidos nos sedimentos de fundo (fauna bentônica) teve o objetivo de avaliar o grau de alteração da comunidade biótica diretamente exposta a eventuais contaminantes presentes no substrato marinho. Da mesma forma que a avaliação química e toxicológica dos sedimentos, a caracterização da fauna bentônica visou o estabelecimento de uma linha de base para servir de referência ao monitoramento ambiental da futura área de disposição.

Nos 66 pontos amostrais foram coletados sedimentos para a análise da macrofauna bentônica e realizada a avaliação dos seguintes descritores da comunidade: (1) a abundância de indivíduos (ind. 0,05 m<sup>-2</sup>); (2) riqueza específica (S: número de espécies/0,05 m<sup>2</sup>); (3) diversidade de espécies de Shannon-Wiener (H': bits/indivíduo); e (4) equitatividade de Pielou (J').

Os resultados e a discussão destes dados bem como a metodologia detalhada deste estudo encontram-se no **Anexo E**.

#### II. 3.6. AVALIAÇÃO DA FAUNA DEMERSAL-BENTÔNICA

A avaliação da fauna demersal-bentônica constitui mais uma análise que visa estabelecer a existência de eventuais impactos da contaminação dos sedimentos sobre a biota aquática por meio de uma avaliação dos organismos (peixes e crustáceos) que se alimentam junto à superfície dos sedimentos. Para a captura desses organismos foram realizadas pescas com arrastos de 30 minutos nos 11 pontos pré-estabelecidos (Figura 2).

Com relação aos atributos das comunidades, foram calculados o índice de riqueza (d) de Margalef (1974) e os índices de diversidade ( $H'$ ) de Shannon-Wiener e o índice de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ).

Os resultados e a discussão destes dados bem como a metodologia detalhada deste estudo encontram-se no **Anexo F**.

## II. 3.7. ANÁLISE DE TECIDO DE ORGANISMOS DEMERSAIS-BENTÔNICOS

Os organismos coletados para a avaliação da comunidade demersal-bentônica (item 4.6) foram triados e selecionados para a realização de análises químicas visando avaliar o nível de contaminantes em seus tecidos. Esta avaliação teve o objetivo de verificar a eventual transferência de contaminantes dos sedimentos para os organismos aquáticos e sua bioacumulação ao longo da cadeia alimentar.

Para realizar as análises de bioacumulação, foram selecionados organismos de diferentes grupos e níveis tróficos e agrupados por espécie. Amostras foram compostas para permitir os volumes adequados de material para a realização das análises químicas.

Os organismos analisados foram os peixes maria-luiza (*Paralonchurus brasiliensis*), robalo (*Centropomus undecimalis*), corvina (*Micropogonias furnieri*), linguado (*Achirus lineatus*), porquinho (*Balistes capriscus*), carapeba branca (*Diapterus rhombeus*), betara (*Umbrina coroides*) e raia anjo (*Zapteryx brevirostris*) e os crustáceos, Camarão sete barbas e Camarão branco.

Os parâmetros analisados nas amostras de tecido destes organismos foram:

- Teor de umidade e de lipídeos,
- Metais e semi-metais (Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco),
- PCB total (somatória de 7 bifenilas),
- Pesticidas organoclorados (alfa-BHC, beta-BHC, gama-BHC (lindano), delta-BHC, Heptacloro, Aldrin, Heptacloro epóxido, alfa-clordano, Endossulfan I, gama-clordano, DDE, Dieldrin, Endrin, Endossulfan II, DDD, DDT, Hexaclorobenzeno e Toxafeno),
- Organoclorados aromáticos: 1,3-Diclorobenzeno, 1,4-Diclorobenzeno, 1,2-Diclorobenzeno, 1,2,4-Triclorobenzeno, Hexaclorobutadieno, 1,2,4,5-tetraclorobenzeno, hexaclorociclopentadieno,
- HPAs: Naftaleno, 2-metilnaftaleno, Acenafteno, fluoreno, Fenantreno, Antraceno, Fluoranteno, Pireno, Benzo(a)antraceno, Benzo(k)fluoranteno, Benzo(a)pireno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Dibenzo(a,h)antraceno e
- Compostos fenólicos: Fenol, 2-clorofenol, 4-nitrofenol, 2,4-dimetilfenol, 2,4-diclorofenol, 2,4,5-triclorofenol, 2,4,6-triclorofenol, 2,4-dinitrofenol, Pentaclorofenol, 2,3,4,6-Tetraclorofenol, 2,3,4,5-Tetraclorofenol

Os resultados e a discussão destes dados bem como a metodologia detalhada deste estudo também encontra-se no **Anexo C**.

### II. 3.8. MODELAGEM MATEMÁTICA DE DISPERSÃO DE SEDIMENTOS

Após o entendimento proporcionado pelos estudos anteriores, foram avaliados diversos cenários conservadores para a disposição de material dragado em três setores distintos e representativos da área de estudo. Esta avaliação foi realizada por meio de modelagem matemática e permitiu identificar as áreas mais propícias à localização dos novos polígonos de disposição oceânica de material dragado, bem como forneceu os subsídios necessários para o estabelecimento do **Plano de Disposição do Material Dragado na região do Porto de Santos**.

O estudo de modelagem numérica da dispersão de sedimentos decorrente de descartes de material dragado na região de estudo considera a simulação do lançamento de um milhão e de metros cúbicos com simulações com duração de 30 dias tanto no período de verão como no período de inverno.

Estas simulações são realizadas para 3 pontos na região de estudo e avaliam, após o período simulado, a espessura e a concentração resultantes do material depositado no fundo. Os resultados e a discussão destas simulações bem como descrição detalhada do modelo utilizado encontram-se no **Anexo G**.

### II. 4. ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS

Para a análise integrada dos resultados relativos aos parâmetros físicos, químicos e ecotoxicológicos dos sedimentos presentes na área de estudo, foi realizado o tratamento estatístico dos dados com o objetivo de verificar possíveis correlações entre os parâmetros levantados. Especificamente foi realizada a correlação entre: metais, compostos orgânicos, resultados dos testes de toxicidade, índices de diversidade da comunidade bentônica e nutrientes. Para a análise de correlação foi utilizada a ferramenta SPLOM (ScatterPLOt Matrix). Na Figura 3, a seguir, são apresentados os gráficos com as distribuições dos pares de variáveis comparadas.

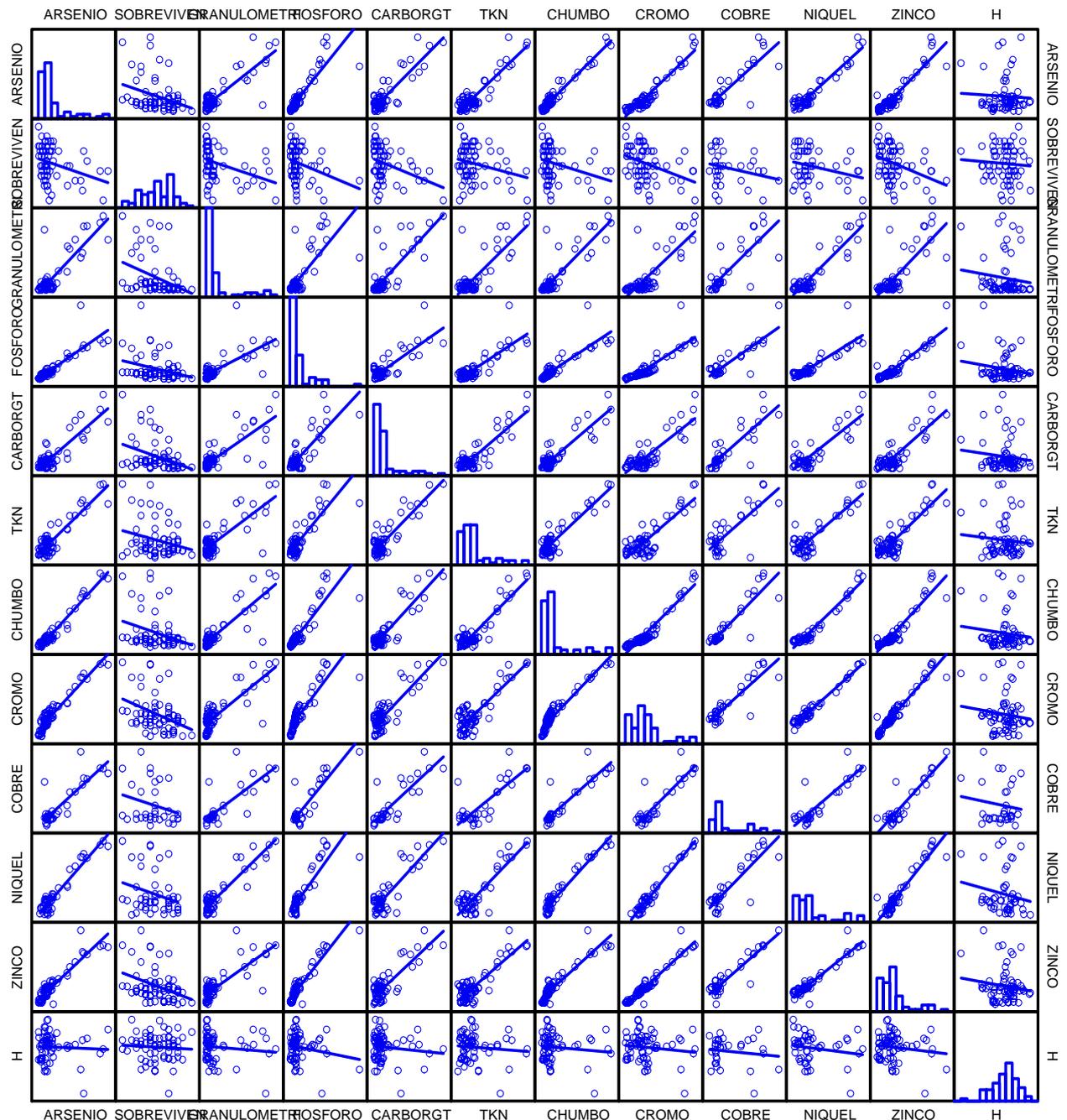


Figura 3. Matriz de correlação SPLOM (*ScatterPLOT Matrix*)

Nesta mesma análise observa-se que a granulometria se correlaciona com as concentrações de nutrientes (fósforo, carbono orgânico total e TKN) e metais (cromo, arsênio, níquel, zinco e mercúrio), como esperado.

Nas Figuras 4, 5 e 6 são mostradas as correlações entre a granulometria com fósforo, carbono orgânico total e nitrogênio total Kjeldhal e nas Tabelas 4, 5 e 6 são apresentados os resultados dos cálculos estatísticos.

Os resultados das análises de regressão linear demonstram que as correlações realizadas entre as variáveis químicas (nutrientes e metais) se correlacionaram com a granulometria (percentual de silte e argila nas amostras). A relação entre granulometria e arsênio foi significativa e positiva, ficando evidente esta relação, onde o modelo foi explicado em 73% a 95 % de confiabilidade.

Tabela 4: Resultados da regressão linear entre a concentração de fósforo e a granulometria (fração fina) dos sedimentos.

Equation: Polynomial; Linear $f=y_0+a*x$				
R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,7436	0,5529	0,5459	148,3526	
	Coefficient	Std. Error	t	P
y0	81,2682	23,7276	3,4250	0,0011
a	7,0592	0,7935	8,8966	<0,0001
Analysis of Variance:				
Uncorrected for the mean of the observations:				
	DF	SS	MS	
Regression	2	4822865,3182	2411432,6591	
Residual	64	1408543,2957	22008,4890	
Total	66	6231408,6139	94415,2820	
Corrected for the mean of the observations:				
	DF	SS	MS	F
Regression	1	1741962,6960	1741962,6960	79,1496
Residual	64	1408543,2957	22008,4890	
Total	65	3150505,9917	48469,3229	

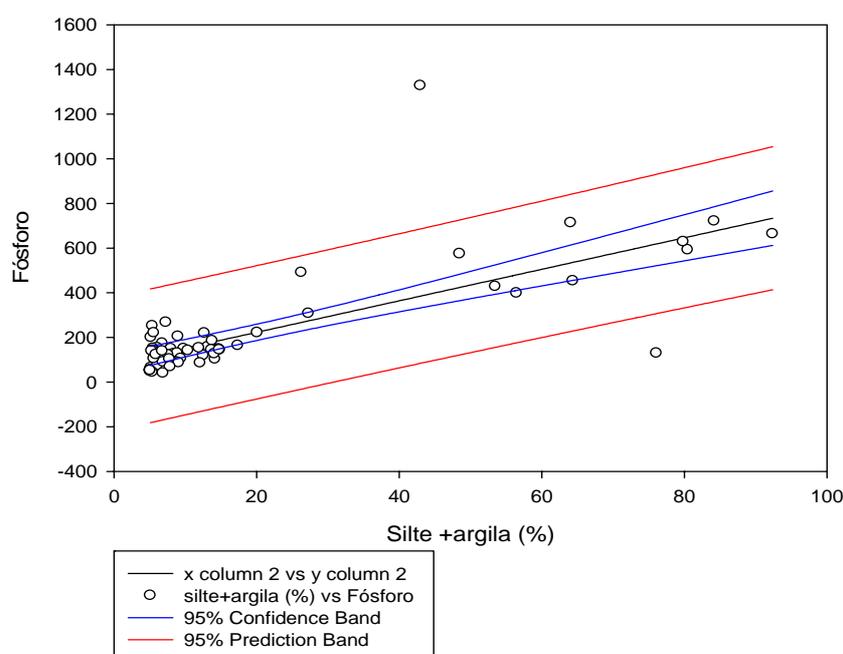


Figura 4: Regressão linear entre granulometria e fósforo para o estudo das novas áreas de disposição de material dragado

Tabela 5: Resultados da regressão linear entre a concentração de carbono orgânico total e a granulometria (fração fina) dos sedimentos

Equation: Polynomial; Linear $f=y_0+a*x$					
R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
0,8147	0,6637	0,6584	0,4657		
	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	0,1173	0,0745	1,5754	0,1201	1,6883
a	0,0280	0,0025	11,2378	<0,0001	1,6883
Analysis of Variance:					
Uncorrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS		
Regression	2	55,4309	27,7154		
Residual	64	13,8805	0,2169		
Total	66	69,3114	1,0502		
Corrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	27,3897	27,3897	126,2875	<0,0001
Residual	64	13,8805	0,2169		
Total	65	41,2702	0,6349		

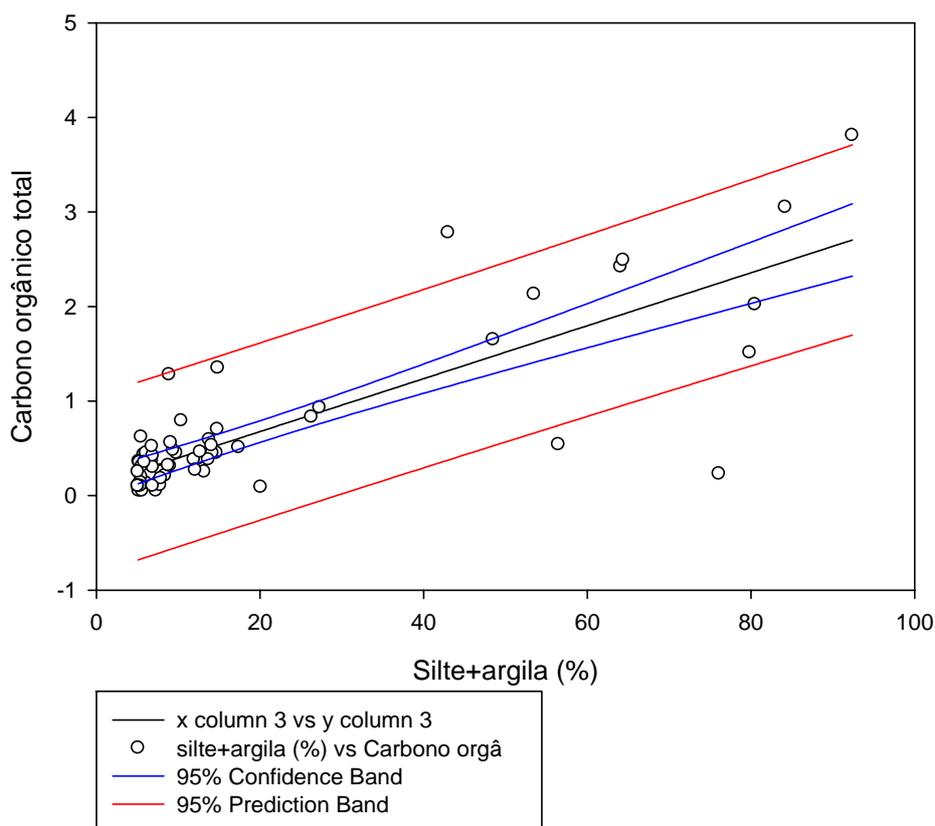


Figura 5: Regressão linear entre granulometria e carbono orgânico total para o estudo das novas áreas de disposição de material dragado

Tabela 6: Resultados da regressão linear entre a concentração TKN e a granulometria (fração fina) dos sedimentos.

Equation: Polynomial; Linear					
f=y0+a*x					
R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
0,8110	0,6577	0,6523	177,6536		
	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	430,8422	28,4141	15,1630	<0,0001	1,6883
a	10,5357	0,9502	11,0880	<0,0001	1,6883
Analysis of Variance:					
Uncorrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS		
Regression	2	30243078,7555	15121539,3778		
Residual	64	2019892,2986	31560,8172		
Total	66	32262971,0541	488832,8948		
Corrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	3880206,5211	3880206,5211	122,9438	<0,0001
Residual	64	2019892,2986	31560,8172		
Total	65	5900098,8198	90770,7511		

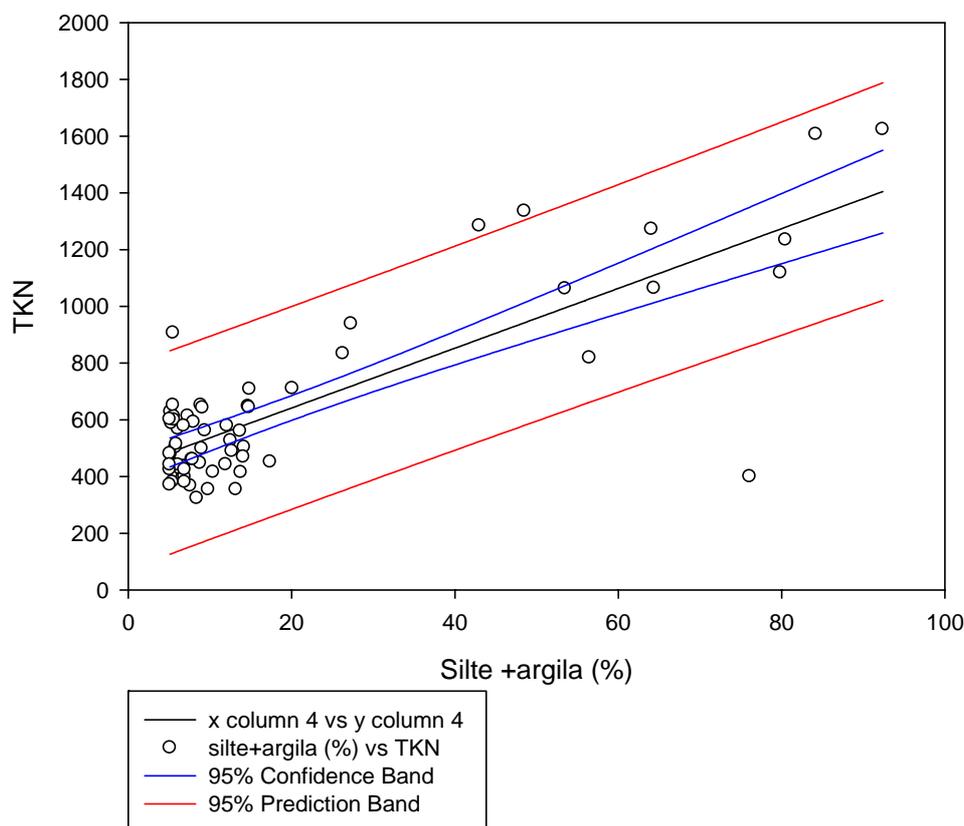


Figura 6: Regressão linear entre granulometria e TKN para o estudo das novas áreas de disposição de material dragado

Nas Figuras 12, 13, 14, 15 e 16 são mostradas as correlações entre a granulometria e as concentrações de metais, sendo que nas Tabelas 7, 8,9 e 10 são apresentados os resultados dos cálculos estatísticos. O mesmo resultado também foi observado para a relação entre granulometria e as demais concentrações de metais, onde as mesmas obtiveram uma relação positiva e significativa no qual o modelo explicando em média 63 % desta relação a 95 % de confiabilidade.

Tabela 7. Resultados da regressão linear entre a concentração de arsênio e a granulometria.

Equation: Polynomial; Linear $f=y0+a*x$					
R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
0,8598	0,7392	0,7351	1,3642		
	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	2,4969	0,2182	11,4433	<0,0001	1,6883
a	0,0978	0,0073	13,4020	<0,0001	1,6883
Analysis of Variance:					
Uncorrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS		
Regression	2	1582,2928	791,1464		
Residual	63	117,2506	1,8611		
Total	65	1699,5434	26,1468		
Corrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	332,3836	332,3836	178,5932	<0,0001
Residual	63	117,2506	1,8611		
Total	64	449,6343	7,0255		

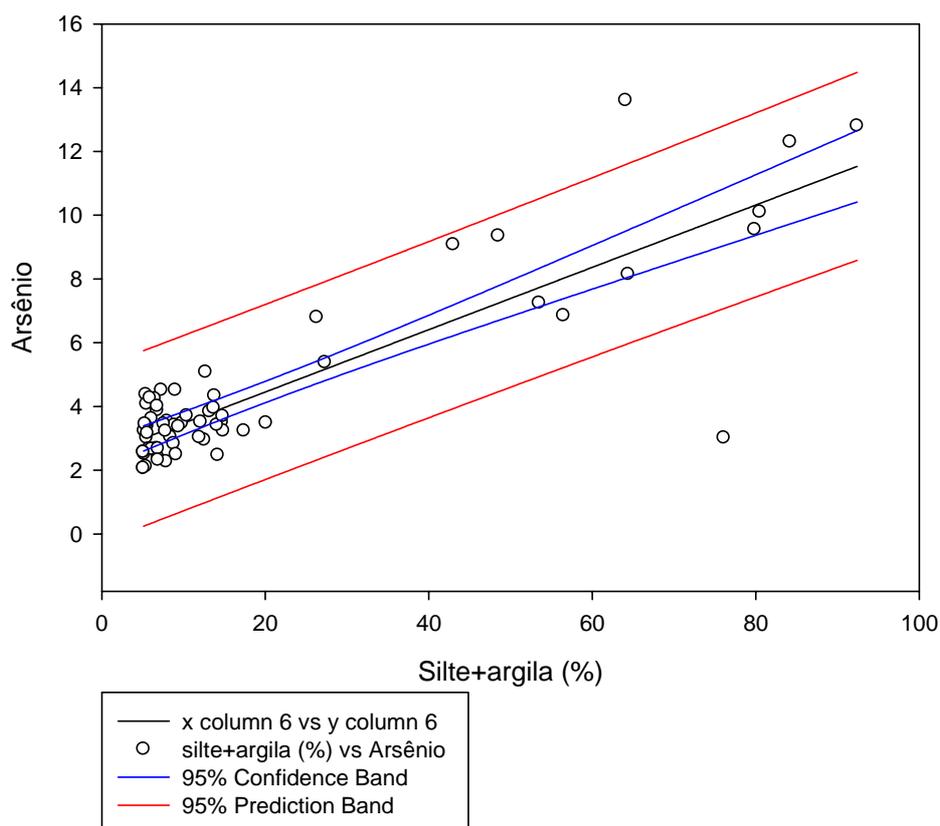


Figura 7. Regressão linear entre granulometria e arsênio para o estudo das novas áreas de disposição de material dragado

Tabela 8. Resultados da regressão linear entre as variáveis granulometria e mercúrio.

Equation: Polynomial; Linear					
f=y0+a*x					
R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
0,7930	0,6288	0,6229	0,0861		
	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	-0,3470	0,0138	-25,0531	<0,0001	1,6814
a	0,0050	0,0005	10,3313	<0,0001	1,6814
Analysis of Variance:					
Uncorrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS		
Regression	2	5,0474	2,5237		
Residual	63	0,4671	0,0074		
Total	65	5,5145	0,0848		
Corrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,7914	0,7914	106,7356	<0,0001
Residual	63	0,4671	0,0074		
Total	64	1,2586	0,0197		

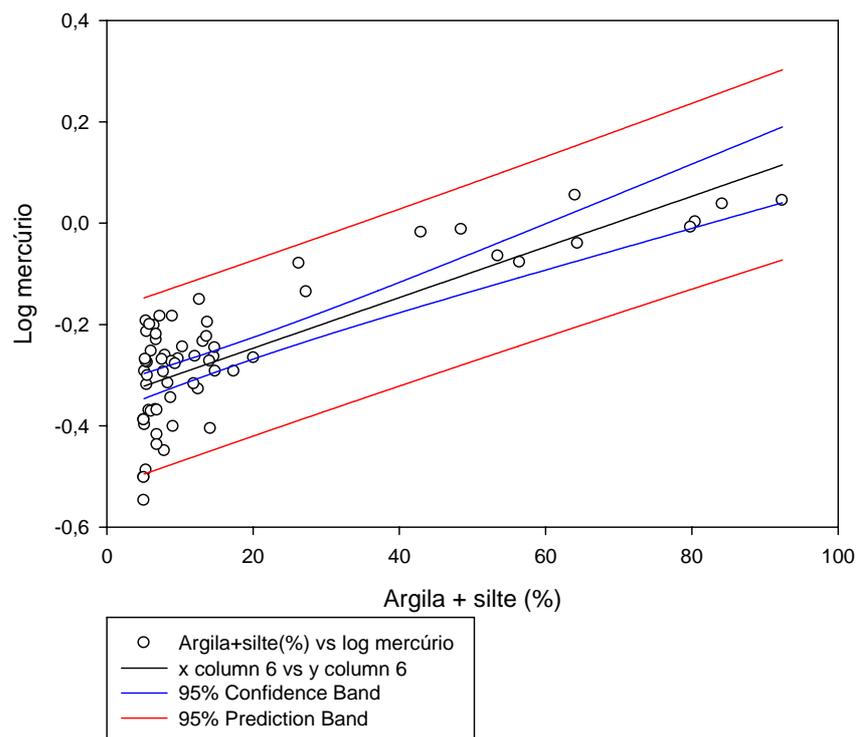


Figura 8. Regressão linear entre granulometria e mercúrio para os dados levantados na região de estudo.

A seguir são apresentados os resultados obtidos do tratamento estatístico correlacionando-se a sobrevivência dos organismos obtida nos testes de toxicidade com algumas variáveis químicas, como a concentração de mercúrio e de arsênio, visto que estes dois metais foram os únicos encontrados acima de Nível 1 nas análises realizadas no sedimento. Nas Figuras 9 e 10 e nas Tabelas 9 e 10 são apresentados os resultados obtidos por este tratamento.

Tabela 9: Resultados da regressão linear entre a concentração de arsênio e a sobrevivência dos organismos nos testes de toxicidade.

Equation: Polynomial; Linear					
f=y0+a*x					
R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
0,3589	0,1288	0,1147	10,5940		
	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	51,3115	2,7506	18,6549	<0,0001	4,3816<
a	-28,9628	9,4433	-3,0670	0,0032	4,3816<
Analysis of Variance:					
Uncorrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS		
Regression	2	222328,4467	111164,2234		
Residual	62	6958,4933	112,2338		
Total	64	229286,9400	3582,6084		
Corrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1028,7661	1028,7661	9,1663	0,0036
Residual	62	6958,4933	112,2338		
Total	63	7987,2594	126,7819		

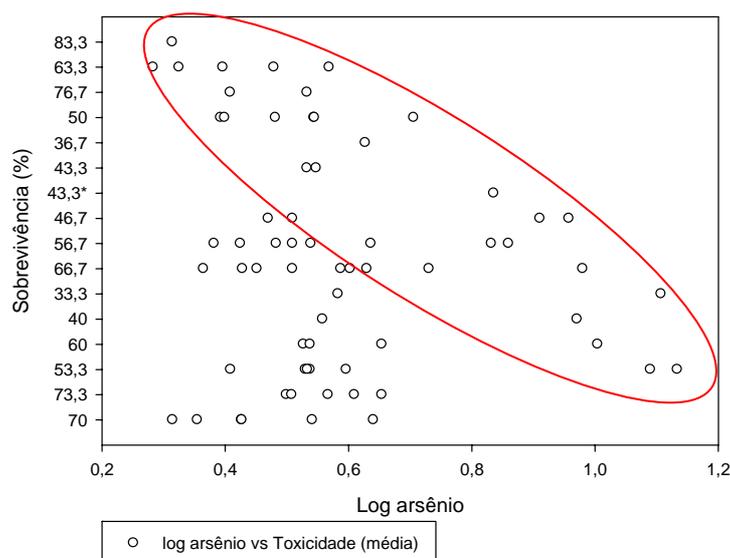


Figura 9. Regressão linear entre a concentração de arsênio e sobrevivência dos testes de toxicidade para os dados levantados no estudo das novas áreas de disposição de material dragado

Tabela 10: Resultados da regressão linear entre a concentração de arsênio e a sobrevivência dos organismos nos testes de toxicidade.

Equation: Polynomial; Linear					
f=y0+a*x					
R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate		
0,3489	0,1217	0,1076	10,6370		
	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
y0	70,0737	4,0452	17,3228	<0,0001	9,4004<
a	-19,3907	6,5350	-2,9672	0,0043	9,4004<
Analysis of Variance:					

Uncorrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS		
Regression	2	222271,8842	111135,9421		
Residual	62	7015,0558	113,1461		
Total	64	229286,9400	3582,6084		
Corrected for the mean of the observations:					
	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	972,2036	972,2036	8,5925	0,0047
Residual	62	7015,0558	113,1461		
Total	63	7987,2594	126,7819		

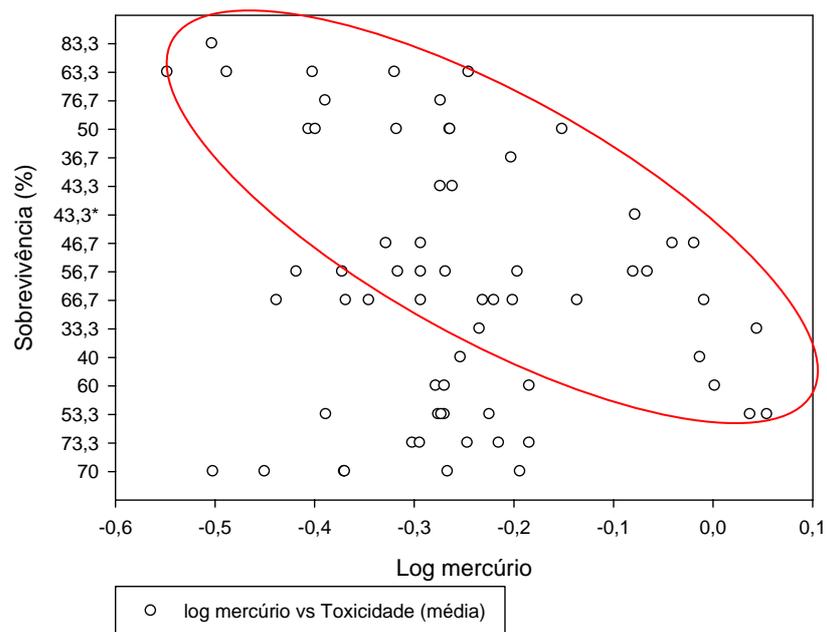


Figura 10. Regressão linear entre concentração de mercúrio e sobrevivência dos testes de toxicidade para os dados levantados na região de estudo.

Os resultados para as regressões lineares entre as variáveis químicas e a sobrevivência dos organismos nos testes de eco toxicologia, apresentaram uma tendência negativa. O modelo não foi tão bem explicado quanto para as relações entre granulometria e as variáveis químicas, explicando apenas em 13 % a 95 % de significância na relação arsênio versus toxicidade e em apenas 12 % com 95% de confiabilidade na relação mercúrio versus toxicidade.

Também foram analisadas correlações entre variáveis biológicas (diversidade e toxicidade) com a distribuição percentual da fração silte e argila das amostras e as concentrações de mercúrio e arsênio.

A correlação entre o índice de diversidade ( $H'$ ) com a granulometria não foi significativa, não apresentando tendência na dispersão dos dados.

Para a correlação entre a concentração de arsênio e mercúrio com o índice de diversidade ( $H'$ ) de organismos bentônicos, a mesma também não apresentou significância.

Os valores dos resultados de sobrevivência dos testes de toxicidade também foram correlacionados com o  $H'$  e não apresentaram correlação significativa.

Para a caracterização da qualidade dos sedimentos são consideradas, neste estudo, três diferentes linhas de evidência: a componente físico-química, a toxicidade do sedimento e a componente biológica representada pelos índices ecológicos de diversidade e dominância da comunidade bentônica. Estas “linhas de evidência” representam três diferentes níveis de resposta do ambiente a uma possível contaminação dos sedimentos.

A integração dos resultados destas linhas de evidência permite estabelecer relações associativas, este tipo de análise é conhecido por Triáde de Qualidade de Sedimento e foi utilizada de forma bastante abrangente por Abessa, 2002 para analisar sedimentos do estuário santista.

Na Figura 11 a seguir estão representados, de forma esquemática sobre os pontos amostrais, os resultados da composição da comunidade bentônica na região de estudo. Nesta Figura é possível ver com clareza a maior presença do grupo dos poliquetas na região próxima ao atual quadrilátero de lançamento de material dragado.

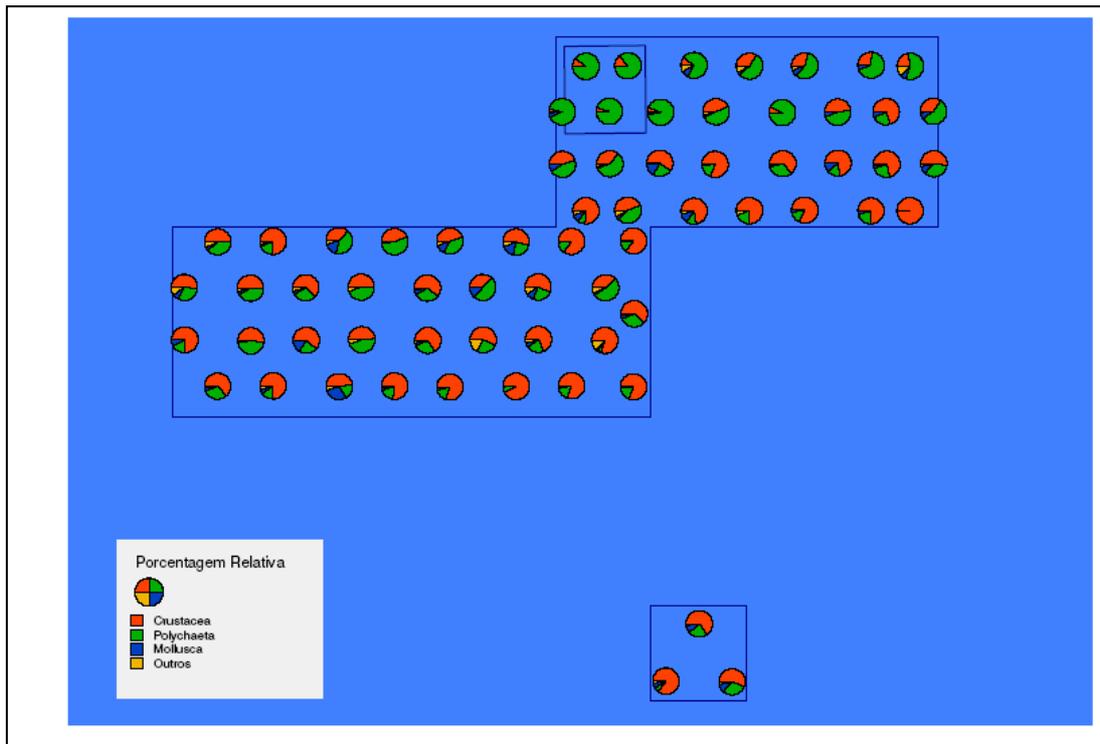


Figura 11. Gráficos de percentual relativo dos grupos que compõem a fauna bentônica nos pontos de coleta da região estudada

Na Figura 12 a seguir estão integradas as informações de granulometria (percentual de silte e argila) e a concentração dos contaminantes encontrados acima de Nível 1. Estas informações estão representadas de forma esquemática sobre os pontos de coleta. Pode ser observado que a incidência de contaminantes ocorre quadrilátero atual de lançamento de material dragado e áreas adjacentes próximas. Esta ocorrência é coincidente com a maior presença de poliquetas nestes pontos e com maiores teores de sedimentos finos.

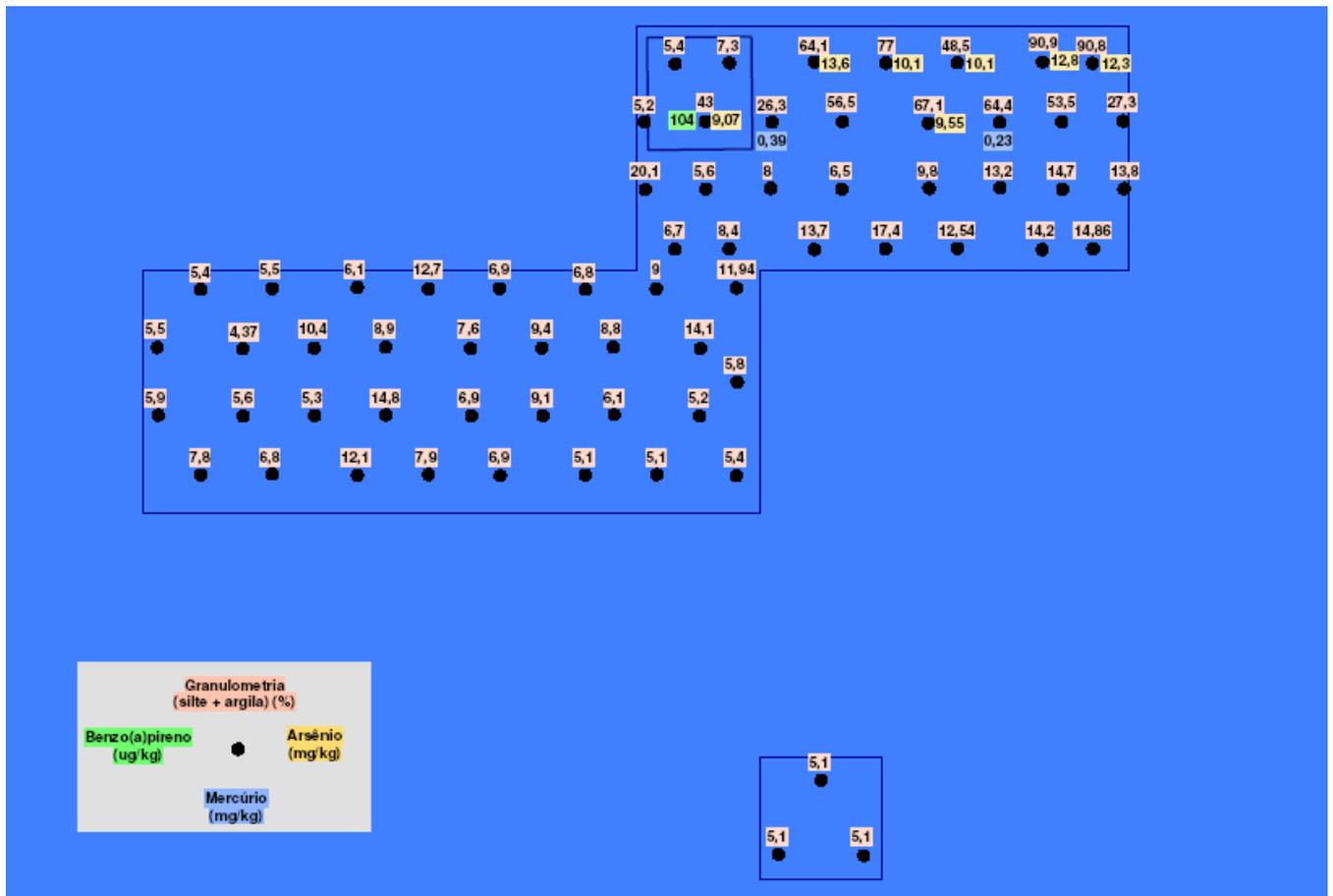


Figura 12. Representação esquemática da ocorrência de contaminantes acima de Nível 1 e do percentual de frações de silte e argila nos pontos de coleta.

Na Figura 13 a seguir encontra-se representada a Tríade de Qualidade dos Sedimentos integrando as três linhas de evidência. As cores representam gradações de qualidade de cada componente analisado. O índice ecológico utilizado para caracterizar a qualidade da comunidade bentônica foi o índice de diversidade ( $H'$ ).  $H'$  inferiores a 1,18 correspondem a uma comunidade bentônica com indícios de degradação, entre 1,18 e 2,36 a uma degradação de nível moderado e acima de 2,36 a uma comunidade sem indícios de degradação.

Nesta representação os resultados de toxicidade foram representados de forma binária (sedimentos tóxicos e não tóxicos) e a componente química comparada aos níveis da Resolução Conama 344/04 (abaixo de nível 1, entre nível 1 e 2 e acima de nível 2). Foram atribuídas cores (vermelho, amarelo e verde) para representar o nível de comprometimento de cada componente: baixa diversidade – vermelho, diversidade moderada – amarelo e diversidade alta – verde; sedimentos tóxicos – vermelho, sedimentos não tóxicos – verde e presença de contaminantes acima de Nível 2 – vermelho, presença de contaminantes acima entre Nível 1 e 2 – amarelo e ausência de contaminantes acima de Nível 1 - verde.

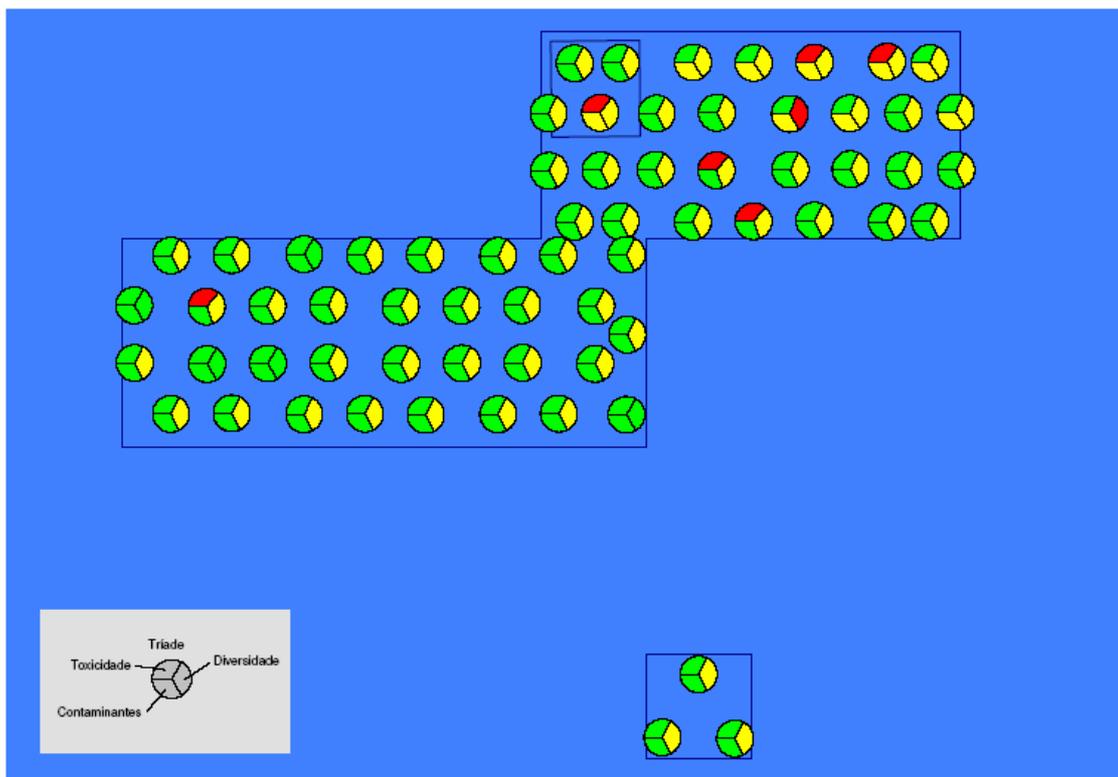


Figura 13. Representação gráfica da Tríade de Qualidade de Sedimentos sobre os pontos de coleta georreferenciados (síntese: cor verde denota boa qualidade do item avaliado, cor amarela - qualidade moderada e cor vermelha qualidade ruim).

De forma geral a qualidade dos sedimentos apresenta-se de moderada a boa. Ressalta-se que a diversidade apresentou-se moderada mesmo na área controle onde não existe influência de lançamento de material dragado. Isto pode estar relacionado às características físicas do sedimento e não necessariamente a degradação deste compartimento. Os pontos que apresentam piores níveis de qualidade estão relacionados ao quadrilátero de lançamento atual de material dragado e áreas adjacentes sobre a influência deste lançamento. No entanto, a avaliação destas linhas de evidência indicam que são poucos os pontos onde são encontrados sedimentos com contaminantes em concentrações acima de Nível 1, sendo provável que parte destes contaminantes estejam disponíveis para causar toxicidade

(indicados pela toxicidade à organismos-teste). Mesmo assim, a linha de evidência de maior relevância ecológica, a diversidade da comunidade bentônica que poderia estar exposta a níveis tóxicos de

contaminantes, apresenta-se de moderada a boa e similar ao encontrado na área controle que localiza-se fora da influência do lançamento de material dragado.

Estas evidências corroboram os estudos de monitoramento que vêm sendo realizados pela CODESP na região do lançamento atual de material dragado.

## II. 5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ANÁLISE INTEGRADA

### II. 5.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS DE MONITORAMENTO DA ÁREA DE DESCARTE ATUAL E REGIÃO ADJACENTE

O quadrilátero atual de descarte de material dragado foi incluído no presente estudo e parte da área continuamente monitorada, adjacente a esta área, também está contemplada nas análises realizadas. Sobre esta região e seu entorno existe um amplo e detalhado conjunto de informações que foram levantadas de forma sistemática nos últimos 3 anos.

Fazendo uma análise geral dos dados pretéritos existentes para esta área e, considerando que os alvos de um estudo de impacto ambiental neste caso são a biota aquática e a contaminação de organismos que possam ser consumidos e comercializados e ainda, observando os dados do monitoramento de forma integrada, é possível afirmar que os impactos que ocorrem na região podem ser qualificados como reversíveis, com uma frequência cíclica ou descontínua, moderadamente relevantes, com abrangência local e magnitude baixa.

A variável mais importante que influencia a distribuição dos sedimentos lançados na área de descarte atual é a corrente de transporte conferindo a área características dispersivas. Esta constatação foi corroborada pelas modelagens realizadas na área, pelo monitoramento que procurou evidenciar a presença da pluma de sedimentos na coluna d'água e pelas batimetrias realizadas ao longo dos anos na área. A dispersão dos sedimentos é, portanto, o fator mais relevante na temporalidade dos impactos provocados pelo lançamento de sedimentos no local. Além disso, a dragagem é uma atividade constante na região, porém, cíclica ou em pulsos. Os dados sobre a região, que foram coletados após períodos de baixa atividade de lançamento, indicam que os compartimentos físicos (água e sedimentos) quase não apresentam evidências da presença de material dragado, principalmente no que se refere aos elementos presentes em qualquer material dragado no estuário de Santos independentemente de sua contaminação como nutrientes e altos teores de silte e argila. Estes dados corroboram com a hipótese de que a presença dos sedimentos na área é temporária e, portanto, seus impactos, químicos ou físicos, também seriam. Sendo assim é preciso observar a resposta das comunidades biológicas a estes impactos que foram medidas de diversas formas e em diversos níveis (toxicidade, mutagenicidade, bioacumulação de contaminantes e ecologia das comunidades).

Já as comunidades biológicas, no local de lançamento (quadrilátero) e nos pontos mais próximos, apresentam uma clara evidência dos sintomas de impacto físico que o lançamento de material dragado provoca. Isto é evidente quando são comparadas as composições e índices ecológicos das comunidades

entre os pontos de amostragem do monitoramento contínuo sob a influência da dispersão da pluma, e principalmente, entre o quadrilátero de lançamento e aqueles pontos mais afastados. Os impactos físicos como o soterramento e o recobrimento de organismos bentônicos são amplamente conhecidos e discutidos na literatura e, mesmo sem a dispersão dos sedimentos estes impactos são considerados temporários já que, com o encerramento da atividade de lançamento de material, os sedimentos podem posteriormente ser colonizados por novos organismos.

Com relação ao impacto relacionado à presença de contaminantes nestes sedimentos os aspectos a serem considerados vão além da capacidade dispersiva do local pois os organismos podem interagir com estes contaminantes podendo ocorrer a incorporação, acumulação e transferência de alguns compostos e elementos e a degradação, depuração e transformação de outros. Desta forma a temporalidade do impacto está relacionada com o tipo e a quantidade de contaminantes lançados juntamente com os sedimentos. Com relação aos efeitos diretos destes contaminantes sobre a biota aquática os ensaios de toxicidade são a ferramenta mais utilizada para inferir a possibilidade dos efeitos tóxicos. Ela simula a via de exposição de organismos-teste para avaliar se contaminantes presentes no sedimento podem afetar a biota que tiver contato com este sedimento por vias similares. Estes efeitos podem ser a toxicidade dos sedimentos ou a mutagenicidade. Com relação aos dados de toxicidade apresentados ao longo do monitoramento da área atual de descarte de material dragado, a sua incidência ocorre de forma descontínua ao longo do tempo e no espaço.

No entanto, analisando a relação entre potenciais causadores da toxicidade e as respostas dos testes realizados e, para que a hipótese de causa e efeito seja testável, é necessária uma concentração de contaminantes nos sedimentos mensurável em níveis compatíveis a uma probabilidade de efeitos tóxicos, como é previsto na Resolução Conama 344/04. Mesmo assim esta relação não é óbvia ou direta como a determinação de uma curva dose-resposta, principalmente porque nas amostras ambientais que pressupõem uma heterogeneidade na composição dos contaminantes, não é possível determinar se os efeitos observados são devido a um contaminante específico, a um conjunto deles ou a sinergia ou antagonia entre tais contaminantes, isso sem mencionar a presença de outros interferentes naturais do sedimento como a amônia ou mesmo a composição granulométrica.

Os contaminantes avaliados nas amostras de sedimentos do monitoramento contínuo apresentam-se abaixo do Nível 1 da Resolução CONAMA 344/04, com algumas exceções bastante pontuais. Em função do conceito técnico por de traz da origem dos valores da Resolução Conama 344/04, não é possível afirmar que a mortalidade dos organismos-teste, esteja relacionada com os contaminantes analisados nas amostras de sedimento. Devido a grande variação entre as réplicas comprometendo a robustez da análise estatística que estes dados permitem, é mais difícil ainda definir uma relação de causa-efeito entre os contaminantes presentes nos sedimentos e os resultados ecotoxicológicos encontrados.

Cabe ressaltar que os parâmetros de efeito (*endpoints*) avaliados são a mortalidade, no caso dos testes de toxicidade, e as alterações nos índices descritores da comunidade, no caso da avaliação das comunidades bentônicas e demersais-bentônicas. No segundo caso, não é possível distinguir se as alterações nestes índices são devidas a alterações nas características químicas do sedimento, incluindo o aporte de contaminantes, ou a fatores físicos, como o soterramento das comunidades. Da mesma forma, os organismos expostos ao sedimento da área de descarte nos testes de toxicidade podem sofrer efeitos físicos, decorrentes das diferenças da granulometria ótima para seu desenvolvimento e da granulometria da amostra, por exemplo. O efeito físico já é esperado e aceito, uma vez que a área já é destinada e utilizada para a disposição de material dragado a muito tempo, mesmo porque trata-se de um efeito temporário e a área em questão apresenta um grande potencial de recuperação uma vez cessado o impacto, como demonstrado pelas campanhas de monitoramento realizadas. Assim, o foco da avaliação e seleção de novas áreas de descarte está sobre a relação da disposição oceânica de sedimentos e os possíveis impactos decorrentes da contaminação química que esta atividade pode acarretar.

Embora os impactos averiguados na área de disposição e adjacências possam ser considerados de baixa magnitude, medidas mitigadoras podem ser aplicadas para a redução e controle dos impactos observados relacionados com o lançamento de material dragado tanto na área atual como em novas áreas. Desta forma o Plano de Disposição e o Plano de Monitoramento (descritos nos capítulos seguintes) tornam-se importantes ferramentas de manejo que podem, além de mitigar os impactos conhecidos da atividade de disposição de material dragado em áreas oceânicas, gerar informações para “retro-alimentar” tanto os planos de dragagem e disposição quanto modular o próprio monitoramento.

Os impactos físicos são normalmente aceitos como inerentes à atividade de dragagem e para tanto as áreas de descarte são selecionadas de modo que este impacto não se torne irreversível ou relevante.

É importante ressaltar que o impacto físico ocorre mesmo quando os volumes descartados são baixos. Uma implicação importante de uma restrição ao volume lançado é que, sendo a dragagem uma atividade imprescindível para a manutenção das condições de segurança de navegação e acesso dos portos, seu ritmo é definido pela taxa de assoreamento dos canais e berços de atracação. A restrição no volume de material lançado mensalmente, portanto, não só implicaria na dragagem contínua do canal, fazendo com que os impactos físicos do lançamento de material dragado fossem constantes, saturando a capacidade de recuperação do ambiente já que não haveriam intervalos entre as dragagens, como também praticamente impediria qualquer outro empreendimento que envolvesse obras de dragagem na região da Baixada Santista, mesmo que o material dragado fosse considerado apto ao lançamento no mar.

A Convenção de Londres de 1972, o Protocolo de 1996 subsequente, a internalização desta convenção internacional no Brasil através do Decreto nº 87.566 de 1982 e a Resolução Conama 344/04 prevêm que todo material de dragagem a ser lançado no mar, deverá apresentar baixa probabilidade de provocar efeitos adversos à biota no local de lançamento e adjacências, independentemente do seu volume. Esta “aptidão” é assegurada pelo atendimento aos critérios estabelecidos na Resolução Conama 344/04. Portanto, a seleção de novas áreas de disposição deve ser feita de acordo com critérios que assegurem o controle da qualidade do material que será lançado.

## II. 5.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS LEVANTAMENTOS ATUAIS NA REGIÃO PARA A SELEÇÃO DE NOVAS ÁREAS DE DESCARTE

No estudo que subsidia a seleção de novas áreas de disposição, apresentado no presente relatório, em vista dos resultados obtidos, é demonstrado que há uma área dentro da região de estudo que está sob a influência do material que atualmente está lançado. Esta constatação é consequência das concentrações de alguns contaminantes, como foi o caso de arsênio e mercúrio e benzo (a) pireno, correlacionados com a presença de sedimentos mais finos nas amostras de sedimento provenientes de uma região adjacente a região atual de descarte. A composição granulométrica nestes pontos diferencia-se das áreas mais profundas da região estudada e assemelham-se a sedimentos oriundos do canal do porto de Santos.

Nas análises realizadas nos organismos demersais, foram encontradas concentrações de arsênio e níquel em algumas espécies de peixes e crustáceos. O que chama a atenção é que estes metais foram encontrados nos tecidos de organismos de diferentes grupos (peixes e crustáceos), nichos e níveis tróficos e que apresentam diferentes padrões de dispersão. A presença de arsênio em crustáceos e até mesmo organismos marinhos de outros grupos não é incomum pois alguns são capazes de metabolizar arsênio do ambiente apresentando, inclusive enzimas específicas para isso (Nørum, *et al.*, 2005). A presença de arsênio nestes organismos pode estar relacionada com a presença difusa deste metal no ambiente.

Devido, principalmente, a mobilidade dos organismos (peixes e alguns crustáceos), e as baixas concentrações de arsênio encontradas em poucas amostras de sedimento, pode-se inferir que a exposição destes organismos não está relacionada a uma fonte ou atividade pontual como é o lançamento do material dragado na região marinha de Santos. Estes organismos provavelmente estão expostos ao arsênio no ambiente dentro e fora do estuário.

O estudo para a determinação dos valores de *background* para metais indica que o Nível 1 da Resolução CONAMA 344/04 está muito próximo do correspondente ao valor basal de arsênio da região, o qual se encontra em valores ligeiramente superiores. Assim, com base nos dados obtidos na região, entende-se o lançamento de sedimentos dragados com níveis de até 12,3 mg/kg não deve alterar a qualidade do ambiente marinho na área de disposição e não representa riscos adicionais à biota aquática.

Quanto ao mercúrio, embora sua presença em níveis mais elevados tenha origem nas atividades antrópicas exercidas na região, observa-se que as concentrações no fundo oceânico excepcionalmente alcançam níveis superiores ao Nível 1 e quando isto ocorre é de forma pontual e errática. Os dados demonstram que, embora os níveis de Hg sejam superiores aos níveis de base regionais, não se evidencia a concentração deste metal nos compartimentos estudados (sedimentos e biota demersal-bentônica) mesmo na área atual de disposição, onde atualmente são lançados sedimentos com Hg em níveis superiores ao Nível 1 por não apresentarem toxicidade. Desta forma entende-se que seja possível o lançamento de sedimentos dragados com níveis próximos ao Nível 1 mesmo que em valores superiores a este, desde que em menores quantidades/área/tempo. A média histórica de mercúrio presente nos

sedimentos lançados no atual local de disposição sem que se observe impacto significativo é de 0,3 micrograma por quilograma de sedimentos, podendo-se admitir este valor como um limite seguro. A tomada de decisão em relação à revisão desse limite deverá ser baseada no monitoramento realizado na nova área de disposição oceânica, nos termos apresentados no capítulo a seguir.

O Dibenzo(a,h)antraceno constitui um contaminante presente em baixas concentrações de forma generalizada nos sedimentos do estuário de Santos, decorrentes de passivos de contaminação por hidrocarbonetos. O valor estabelecido para esta substância é bastante reduzido e sua quantificação analítica nesses níveis apresenta limitações. Por outro lado, os valores encontrados são geralmente ligeiramente superiores ao Nível 1. A média histórica de Dibenzo(a,h)Antraceno presente nos sedimentos lançados no atual local de disposição é de 15,4 micrograma por quilograma de sedimento e o monitoramento realizada não detecta este contaminante em níveis superiores ao Nível 1 no ambiente marinho. Assim, pode-se admitir este valor como um limite seguro para lançamento no novo polígono de disposição. A tomada de decisão em relação à revisão desse limite deverá ser baseada no monitoramento realizado na nova área de disposição oceânica, nos termos apresentados no capítulo a seguir.

Analisando-se os resultados obtidos pela avaliação da comunidade bentônica (**Anexo E**), houve uma alta incidência de poliquetas nesta região adjacente a atual área de disposição. Sendo a presença deste grupo um indicativo da presença de sedimento de composição granulométrica mais fina e conhecidamente, organismos mais resistentes à presença de contaminantes, pode-se inferir que os sedimentos de fundo, enriquecidos por sedimentos finos advindos do material dragado, apresentam condições mais favoráveis a colonização deste grupo de organismos.

Nas outras áreas da região de estudo, por outro lado, houve a presença maior de crustáceos, sendo que este grupo é um indicativo da presença de sedimento de composição granulométrica mais arenosa.

O estudo para a determinação da textura e topografia de fundo (imageamento do fundo) (**Anexo B**) corrobora este fato, indicando uma tendência de aumento da rugosidade e dureza do fundo na mesma direção das isóbatas de maior profundidade (direção a SE-ESE). De uma maneira geral, valores mais altos de rugosidade e dureza caracterizam sedimentos mais grossos ou mesmo fundos rochosos que, correspondem, de uma maneira geral, a áreas submetidas a energias mais elevadas, com capacidade de remobilização de fundo maior.

A expressiva maioria dos 66 pontos sondados indica a existência de sedimentos com granulometria arenosa, com poucos valores indicativos de sedimentos mais grossos (cascalhos) e, em pontos isolados, manchas de sedimentos finos. Essa característica indica que, a região de estudo, apresenta um componente hidrodinâmico que não permite a deposição e redistribui sedimentos finos eventualmente depositados.

O estudo de imageamento do fundo conclui que na região, o fundo é homogêneo com predominância de areia compactada, que existe um gradiente mais favorável à dispersão concordante com a batimetria e que a área controle apresenta características similares.

Os resultados obtidos decorrentes das simulações indicam que as plumas de sedimentos tendem a ocorrer alinhada a linha de costa na direção SE-NE com forte tendência para NE nas simulações do

período de inverno. A análise dos resultados da modelagem indica que a região estudada possui uma boa dispersão para sedimentos descartados, sendo que as maiores espessuras e concentrações no leito

oceânico são encontradas próximas à área de descarte, e reduzem consideravelmente à medida que as plumas se afastam da mesma.

Estes resultados também corroboram os obtidos pelas outras análises, onde foram encontradas concentrações de alguns contaminantes, assim como toxicidade, na região adjacente onde está sendo depositado material dragado, localizada na direção SE-NE.

A análise dos resultados da modelagem indica que a região estudada possui boa dispersão para sedimentos descartados nos 3 pontos simulados, sendo que as maiores espessuras e concentrações no leito oceânico ficariam próximas à área onde será realizado o descarte, havendo uma considerável redução à medida que as plumas se afastam da mesma.

Considerando o padrão de circulação e transporte característico da região, pode-se concluir que os sedimentos depositados não se acumulam na área onde seria realizado o descarte. Os resultados da modelagem mostraram que, para um volume total descartado de 1 (um) milhão de metros cúbicos, o tempo de residência na área de descarte encontra-se na faixa de 10 a 15 dias, coincidindo com período médio entre passagem de sistemas frontais.

Estudos anteriores realizados por Mahiques et al. (2004) indicam que o destino mais provável destes sedimentos é ser transportado pelas correntes de fundo, intensificadas em direção E-NE pela passagem de frentes frias, e se depositarem junto à plataforma continental, preferencialmente ao longo da isóbata de 100m.

Analisando-se conjuntamente todos os resultados obtidos no presente estudo e, realizando uma análise crítica do monitoramento dos lançamentos de material dragado que ocorre no atual quadrilátero de disposição oceânica, conclui-se que o ambiente, na região estudada, demonstra ser capaz receber material dragado na região do Porto de Santos sem que sejam esperados impactos significativos sobre a biota local.

## II. 6. SELEÇÃO DA NOVA ÁREA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA

Com base nos estudos realizados, foi identificada uma área considerada como a mais propícia a receber sedimentos dragados no estuário de Santos: trata-se do polígono retangular medindo 4 km por 10 km totalizando 40 km<sup>2</sup> situado ao sul da área de estudo (vide Figura 14). Sua localização foi estabelecida segundo os seguintes critérios:

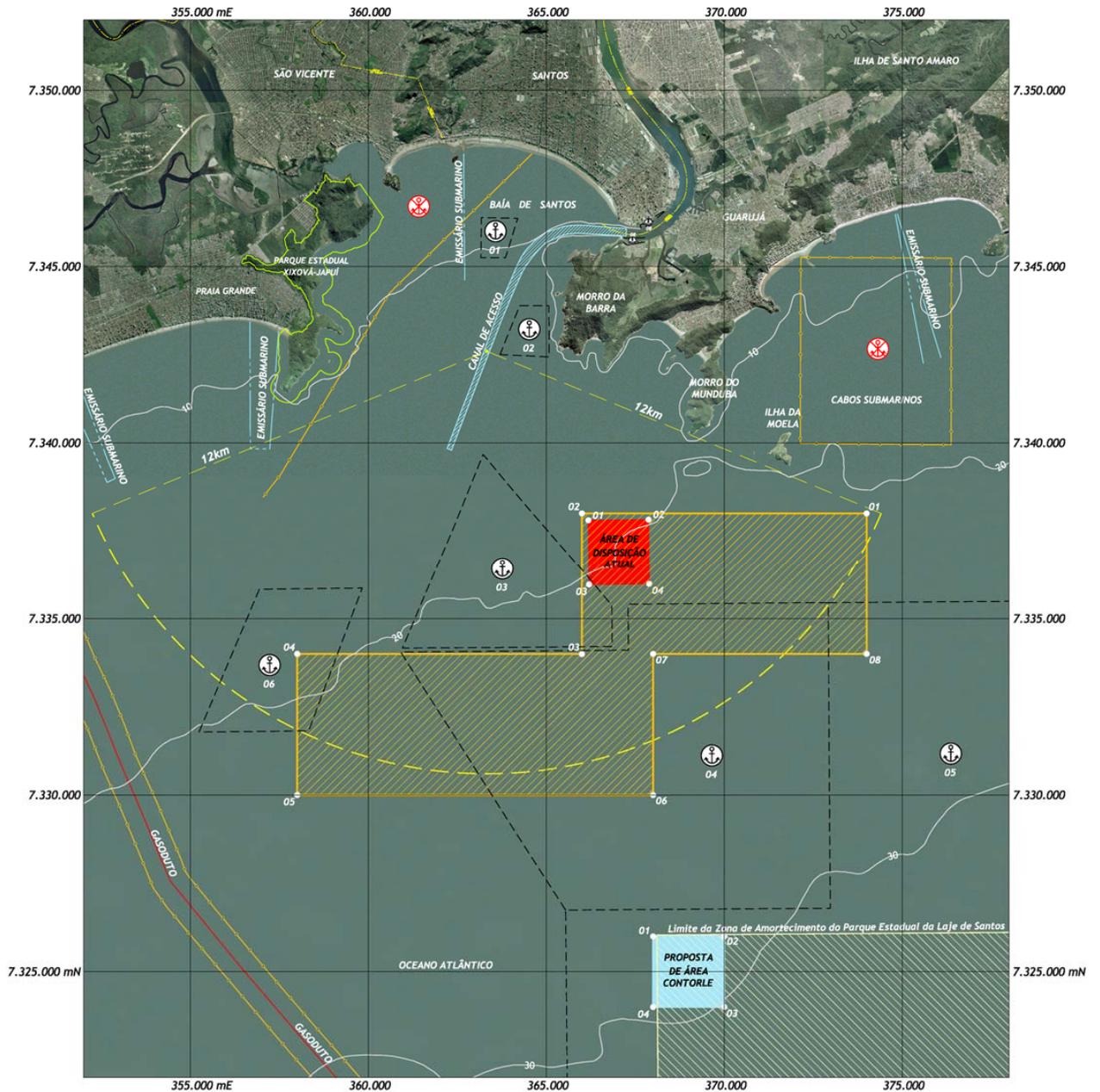
- **Critérios gerais estabelecidos na delimitação da área de estudo**

- **Ausência de estruturas submarinas:** o local de disposição oceânica não se situa em áreas que existam estruturas submarinas tais como emissários submarinos, tubulações de abastecimento de água, cabos de energia ou telecomunicações e dutos de gás ou petróleo.
  - **Ausência de áreas de interesse biológico especial:** A área de estudo situa-se afastada das unidades de conservação marinhas da região.
  - **Profundidade do local de disposição:** quanto maior a profundidade do local de disposição maior é a distância da costa e melhor é a condição de dispersão do material na coluna d'água reduzindo-se o impacto sobre o fundo oceânico e o litoral. O critério geral adotado foi de situar o novo local de disposição em isóbatas superiores a 20 metros de profundidade.
  - **Distância economicamente viável:** embora o polígono se situe na área mais distante dentre as estudadas, excedendo 12 km a partir do limite do canal da barra de Santos, a segurança e as vantagens ambientais da localização justificam o custo adicional de deslocamento das dragas.
- 
- **Critérios específicos detalhados pelos estudos realizados**
    - **Condições oceanográficas favoráveis à dispersão dos sedimentos lançados:** os estudos do fundo oceânico e de modelagem matemática indicaram que as condições de transporte dos sedimentos pelas correntes marinhas se tornam mais favoráveis em direção ao sul da área estudada. No polígono selecionado, tende a ocorrer um eficiente transporte do material disposto na coluna d'água reduzindo sua acumulação no fundo do oceano e o transporte posterior do material sedimentado para áreas mais profundas da plataforma continental. O tempo de residência estimado para cargas simuladas de 1 milhão de metros cúbicos/mês foi de 10 a 15 dias, demonstrando a grande energia do sistema marinho local e seu grande potencial de assimilação do material depositado.
    - **Transporte preferencial offshore:** As condições hidrodinâmicas do novo local de disposição garantem que o material disposto não seja dispersado para áreas do litoral. Os modelos matemáticos de transporte indicam que as plumas de sedimentos dispersos na coluna d'água e remobilizados do fundo tendem a ocorrer alinhada a linha de costa na direção SE-NE com forte tendência para NE nas simulações do período de inverno. Os estudos oceanográficos realizados indicaram que o destino mais provável destes sedimentos transportados pelas correntes de fundo, intensificadas em direção E-NE pela passagem de frentes frias, é a própria plataforma continental ao longo da isóbata de 100 metros, onde ocorrem sedimentos de granulometria mais fina. O Parque Estadual Marinho da Laje de Santos encontra-se fora dessa rota de

transporte preferencial sendo pouco provável que venha a atingir a zona de amortecimento dessa Unidade de Conservação.

- **Ausência de áreas de interesse arqueológico:** Os estudos de fundo oceânico demonstraram ausência de vestígios arqueológicos de maior porte, especialmente de possíveis naufrágios.
- **Ausência de influência direta de fontes de contaminação (emissários de esgotos, influências do litoral):** Os resultados dos estudos dos sedimentos por meio de tríades indicaram que o trecho norte da área de estudo apresentam uma influência da atual da área de disposição, onde está sendo depositado material dragado, localizada na direção SE-NE. Assim, a área sul, além de apresentar melhores condições oceanográficas para o transporte dos sedimentos, praticamente não sofreu com o uso do atual polígono de disposição e, portanto, seu monitoramento permitirá avaliar com maior segurança os efeitos reais da disposição oceânica dos sedimentos.

Figura 14: Polígono de estudo



### III. PLANO DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE MATERIAIS DRAGADOS NA REGIÃO DO PORTO DE SANTOS

#### III.1. Introdução

Este **Plano de Disposição Oceânica de Materiais Dragados na Região do Porto de Santos** foi elaborado visando à mitigação de eventuais impactos à biota aquática e ao ambiente marinho, resultantes dos efeitos dos contaminantes presentes nos sedimentos dragados nos canais de navegação, bacias de evolução e berços de terminais públicos e privados existentes no estuário de Santos.

Os estudos oceanográficos apresentados neste relatório e a série histórica de dados de monitoramento ambiental da área de influência do atual quadrilátero de disposição oceânica no período 2005/2007 permitiram verificar a existência de viabilidade ambiental de lançamento dos sedimentos a serem dragados no Porto de Santos, incluindo aqueles enquadrados nos incisos II e III da Resolução CONAMA 344/2004.

O objetivo deste plano é o de assegurar que a disposição oceânica das dragagens de manutenção e aprofundamento sejam realizadas sem que a biota aquática da área de disposição venha sofrer efeitos adversos superiores àqueles esperados para sedimentos com parâmetros de qualidade dentro do Nível 1, estabelecido nos termos da Resolução CONAMA 344/2004.

O planejamento da disposição oceânica foi baseado na capacidade de transporte e assimilação do material dragado na nova área de disposição, visando impedir que a eventual acumulação de sedimentos venha a alterar a qualidade do ambiente marinho com reflexos sobre a biota aquática.

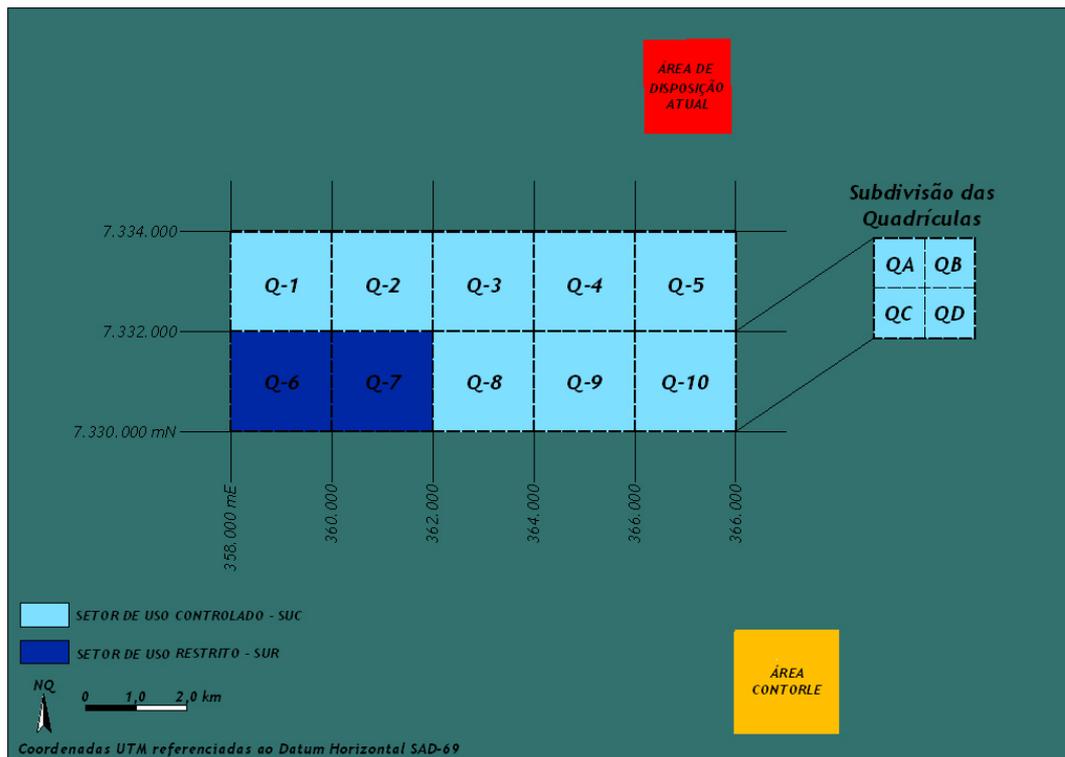
O princípio que norteou este plano foi o de garantir a manutenção de padrões aceitáveis de qualidade dos sedimentos marinhos nas áreas de disposição e adjacências por meio de um monitoramento de indicadores de contaminação que permita verificar de forma preventiva a tendência de saturação de uma determinada área de disposição. Observado o risco de saturação num determinado local, a disposição seria transferida para outra área com menor influência desta anterior, de forma a assegurar que não venham perdurar situações de toxicidade ou níveis de contaminação incompatíveis com aqueles preconizados pela Resolução CONAMA 344/2004.

#### III.2. ESTRUTURA E ZONEAMENTO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA

Para a elaboração do presente plano foi estabelecido um Polígono de Disposição Oceânica – PDO, em formato retangular com 4 por 10 km com uma área total de cerca de 40 km<sup>2</sup> definido pelos estudos oceanográficos apresentados no Capítulo II deste relatório (Figura 15).

O PDO compõe-se de 10 (dez) quadrículas de 2,0 km de lado destinadas à disposição de materiais dragados na região do Porto de Santos, em regime de rodízio quando verificada o risco de saturação da quadrícula. As quadrículas são identificadas pelo número sequencial precedido da letra “Q”.

Cada quadrícula é dividida em quatro quadrantes de 1 km de lado, em que os materiais dispostos serão lançados em volumes equivalentes ao longo de períodos mensais de forma a favorecer seu transporte pelas correntes marinhas. Os quadrantes receberão, para fins de referência as denominações Q-A, Q-B, Q-C e Q-D, no sentido horário (Figura15).



**Figura 15 – Setorização do Polígono de Disposição Oceânica**

O PDO foi zoneado em dois setores de acordo com sua capacidade de transporte (**Figura 15**):

- **Setor de Uso Controlado – SUC** – constituído por oito quadrículas de disposição (Q-1 a Q-5 e Q-8 a Q-10) com potencial equivalente de transporte dos sedimentos lançados, sendo destinadas a materiais de dragagem de Classe A (vide item III.2.2).
- **Setor de Uso Restrito – SUR** – constituído por duas quadrículas de disposição (Q-6 e Q-7) situadas em local de maior potencial de transporte dos sedimentos lançados na coluna d’água, sendo destinadas a materiais de dragagem de Classe B (vide item III.2.2).

### III.3. PLANEJAMENTO DA DISPOSIÇÃO OCEÂNICA

Visando à minimização dos impactos no ambiente marinho, o planejamento da disposição do material dragado foi definido segundo os seguintes critérios e diretrizes:

- Disposição de sedimentos de pior qualidade (Classe B) nas áreas onde as características oceanográficas sejam mais favoráveis à menor exposição da biota aquática aos sedimentos lançados na coluna d'água, ou seja, em Setores onde a modelagem matemática e as características do fundo oceânico demonstram que o transporte de sedimentos apresenta menor risco litoral e da Zona de Amortecimento do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos.
- Melhor distribuição espacial e temporal do material dragado por toda a superfície da quadrícula evitando acúmulos pontuais de sedimentos e contaminantes.
- O uso dos setores ocorrerá em rodízio entre as quadrículas, sempre que os dados do monitoramento mensal indicarem níveis próximos aos valores de saturação do fundo oceânico de uma determinada da quadrícula, de acordo com o Plano de Disposição apresentado no item III.2.2.
- Os parâmetros indicadores de saturação devem ser definidos com base em sua presença em níveis próximos ou superiores ao Nível 1 nos sedimentos a serem dragados e em seus efeitos potenciais sobre o ambiente marinho.
- A ocorrência de efeitos de natureza química ou ecotoxicológica comprovados na Área Controle levarão à revisão do Plano de Disposição.

#### III.2.1. Volumes previstos para a disposição oceânica

De acordo com recomendação do IBAMA feita à Autoridade Portuária do Porto de Santos, o EIA/RIMA da dragagem de aprofundamento do Porto de Santos, que se encontra em fase de elaboração, deve prever, para fins de avaliação da disposição oceânica, toda a demanda existente ou prevista para as dragagens de implantação e manutenção no horizonte de tempo de vigência da futura licença ambiental da atividade, ou seja, 5 anos mais 1, totalizando 6 anos. O objetivo dessa medida é avaliar os efeitos e impactos do lançamento de material dragado nas novas áreas de disposição oceânica, considerando não somente o volume gerado pelo aprofundamento do porto como também o volume referente à implantação dos empreendimentos co-localizados, licenciados ou em estudo, bem como as dragagens de manutenção do canal de Santos e do canal de Piaçagüera.

Com base em consultas realizadas junto à CODESP e no levantamento de empreendimentos co-localizados na região do Porto de Santos, foi estimada a demanda de dragagens e respectivos volumes de

materiais dragados, calculando-se o volume total a ser disposto em mar nos próximos 6 anos (Tabela I). A este volume foi acrescida uma margem adicional de 20% para atender necessidades não previstas. O período considerado para a modelagem da disposição deste volume corresponderá a 6 anos (5 da licença a ser emitida + 1 ano de renovação). Assim sendo, o volume total previsto para este Plano de Disposição é de aproximadamente 54 milhões de metros cúbicos em 6 anos, conforme a tabela a seguir. Este volume corresponde a um valor médio anual de 9 milhões de metros cúbicos. No entanto, este valor pode variar no tempo em função dos cronogramas de dragagem. Estima-se que em situações de maior intensidade de dragagem os volumes médios anuais sejam da ordem de 12 milhões de metros cúbicos. Assim, a modelagem matemática de transporte de sedimentos lançados no PDO baseou-se nesse cenário de dragagem, considerando um aporte médio mensal de 1 milhão de metros cúbicos.

**Tabela I - Previsão de volume de material a ser dragado no Porto de Santos nos 6 anos subseqüentes considerados nos estudos das novas áreas de disposição oceânica**

EMPREENDIMENTO	ESTIMATIVA DE VOLUME A SER DRAGADO
Dragagem de aprofundamento (incluindo os berços)	12.000.000
Embraport	5.500.000
BTP	4.100.000
TPG	2.000.000
Manutenção Canal de Piaçagüera (1)	3.600.000
Manutenção Canal da CODESP (2)	18.000.000
Total (previsto em 6 anos)	45.200.000
Outros empreendimentos e margem de segurança (~20%)	9.040.000
<b>TOTAL</b>	<b>54.240.000</b>

(1) – Volume calculado para assoreamento do canal da ordem de 600.000 m<sup>3</sup> / ano

(2) – Volume calculado para assoreamento do canal da ordem de 3.000.000 m<sup>3</sup> / ano

### III.2.2. Critérios e procedimentos para a disposição oceânica

A destinação do material dragado será efetuada com base na qualidade dos sedimentos seguindo critérios da Resolução CONAMA 344/2004 e estudos efetuados para o monitoramento da disposição oceânica da dragagem de manutenção realizada pela CODESP. Também foram considerados os resultados dos estudos apresentados neste relatório técnico, sintetizados no item II.5.2.

Para efeito da disposição prevista no PDO e visando reduzir eventuais riscos decorrentes do lançamento de sedimentos de pior qualidade, o material dragado deverá ser classificado de acordo com sua qualidade em duas classes (Tabela II).

Tabela II - Classificação do material de dragagem

Classificação do material dragado	Critérios para classificação				
	Teor de Arsênio	Teor de Dibenzo(a,h)antraceno	Teor de Mercúrio	Demais contaminantes (1)	Toxicidade
Classe A	< 12,3 mg/kg	15,4 µg/kg	>Nível 1	>Nível 1	Não tóxico
			< Nível 1	< Nível 1	-
Classe B	Entre Nível 1 e 2	Entre Nível 1 e 2	Entre Nível 1 e 2	Entre Nível 1 e 2	-

(1) Lista de contaminantes que constam do Anexo da Resolução 344

Considerando que parte do material dragado vem sendo disposto no atual polígono de disposição oceânica apresenta características de Classe B e considerando que foi comprovado pelo monitoramento ambiental que o impacto para volumes de 300.000 metros cúbicos por mês são aceitáveis, foi adotado este valor como diretriz de limite a ser atendido para a disposição oceânica deste tipo de material. Como descrito no item anterior, os sedimentos Classe B serão destinados ao Setor de Uso Restrito - SUR do Polígono de Disposição Oceânica.

Os critérios de destinação dos materiais dragados estão apresentados na Tabela III a seguir e poderão ser revistos com base nos dados de monitoramento ambiental da disposição.

Tabela III - Critérios para a destinação do material dragado no Polígono de Disposição Oceânica segundo sua classificação de qualidade

Classe do material	Destinação	Volume mensal (m <sup>3</sup> /mês)
<b>Classe A</b>	Setor de Uso Controlado - SUC	1.000.000
<b>Classe B</b>	Setor de Uso Restrito - SUR	300.000

A disposição oceânica foi planejada de forma a garantir a melhor distribuição do material dragado, estabelecendo uma seqüência de lançamentos entre os Quadrantes da Quadrícula de Disposição. As dragas deverão alternar de quadrante a cada viagem e abrir a cisterna em áreas diferentes do quadrante em relação às viagens anteriores.

A prevenção de eventuais impactos ao ambiente marinho - ou a revisão de volumes lançados caso necessário, será condicionada pelo monitoramento da área de disposição e seu entorno (Capítulo IV). Para realizar este controle da disposição foram estabelecidos critérios de saturação do ambiente marinho nas quadrículas de disposição e critérios para a revisão deste plano caso se observe sinais de impactos na zona de amortecimento do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos.

1. Critérios para se considerar saturado o ambiente marinho de uma determinada quadrícula de disposição:
  - a. Ocorrência confirmada de um ou mais contaminantes acima de Nível 2;
  - b. Ocorrência de 1 ou mais contaminantes acima de Nível 1 por 3 meses consecutivos e com a ocorrência de toxicidade em teste com sedimento total.
  - c. Aumento da cota batimétrica em mais de 1 metro.
  
2. Critérios para se considerar existência de risco ao ambiente marinho na zona de amortecimento:
  - a. Ocorrência de um ou mais contaminantes acima de Nível 1 por 2 meses consecutivos e com a ocorrência de toxicidade em teste com sedimento total em mais de 1/3 das amostras.

O plano de contingências para o caso de se observar saturação do ambiente na área de lançamento prevê a troca de quadrícula para uma outra que não apresente efeitos da disposição de sedimentos dragados. No caso de se observar riscos ao Parque da Laje de Santos, os volumes de disposição serão imediatamente reduzidos em 30% e o Plano será revisto em conjunto com o órgão ambiental responsável.

### III.2.3. Controle da disposição oceânica do material dragado

O pressuposto básico do gerenciamento da disposição é o controle quantitativo e qualitativo do material dragado. Portanto, o atendimento às diretrizes apresentadas neste plano de disposição depende diretamente do controle sobre o local a ser dragado e do local de lançamento. Para tanto, todas as embarcações envolvidas no transporte e disposição de materiais dragados deverão apresentar cisternas estanques (cujo fechamento impeça a perda de sedimentos pelo fundo durante o transporte) e ser dotadas de sistema de rastreamento por satélite, com dispositivo automatizado e inviolável que indique o momento da abertura da cisterna para liberação do material dragado, registrando sua rota e seu posicionamento no momento do lançamento. Da mesma forma, o sistema de rastreamento deverá registrar o local e o momento em que a draga está succionando os sedimentos. Os dados deverão ser disponibilizados *on line* à Autoridade Portuária e aos órgãos ambientais de forma a permitir a verificação das operações a qualquer instante pelo órgão ambiental fiscalizador.

O lançamento de sedimentos deverá ser evitado sob condições oceanográficas atípicas de correntes eventos que representem risco de transporte de material particulado em direção às praias;

A cada mês será consolidado o registro do início e final e do volume real disposto por área dragada, indicando a procedência (trecho dragado) do material lançado. Essas informações serão disponibilizadas

para o órgão ambiental sob a forma de relatórios periódicos sob a responsabilidade da Autoridade Portuária.

## IV. PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE MATERIAIS DRAGADOS NA REGIÃO DO PORTO DE SANTOS

### IV.1 - OBJETIVOS

Este plano de monitoramento tem o objetivo de:

- Detectar possíveis efeitos deletérios sobre a biota e os processos ecológicos do local de disposição,
- Evidenciar tecnicamente (através de parâmetros químicos e biológicos) que a disposição de sedimento dragado na área de disposição não esteja provocando impactos significativos à biota nesta área,
- Subsidiar o gerenciamento ambiental das atividades de dragagem, a fim de minimizar eventuais danos ao ambiente.
- Propor a alternância das quadrículas de disposição ou a revisão do Plano de Disposição de Materiais Dragados sempre que se observar saturação do local ou riscos para o Parque Estadual Marinho da Laje de Santos

### IV.2. METODOLOGIA

O monitoramento terá a duração da atividade de dragagem de aprofundamento do canal e bacias de evolução e berços e durante as dragagens de manutenção do porto de Santos ao longo do período de 6 anos, estendendo-se por um período de 6 (seis) meses após o término dos lançamentos.

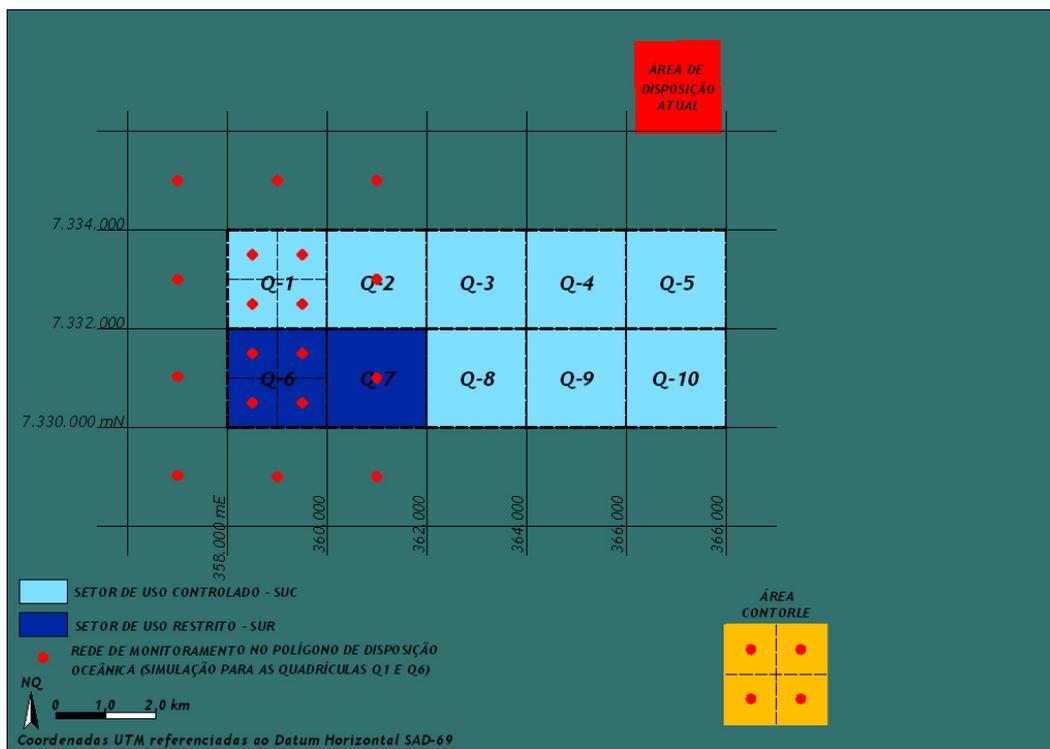
#### IV.2.1. Rede de monitoramento

A determinação das estações de monitoramento foi realizada com base no avanço das plumas de sedimentos em suspensão (na coluna de água e pelo arraste de fundo) de forma a ser representativa do local diretamente afetado (Quadrícula de Disposição) e de seu entorno. As estações situadas no interior das quadrículas, em número de 4, foram posicionadas no centro dos quadrantes A, B, C e D e

representam todo o polígono. Fora das quadrículas foram posicionadas estações coleta no centro das quadrículas circunvizinhas (vide Figura 16).

A área controle foi estabelecida no limite da Zona de Amortecimento do Parque Estadual Marinho da Laje de Santos mais próxima ao Polígono de Disposição Oceânica – PDO. Assim sua função além de

referência para comparação de dados, constitui um instrumento de prevenção de impactos sobre a Laje de Santos à medida em que efeitos da disposição oceânica observados neste local levarão a medidas corretivas da atividade de dragagem, antes que o local protegido venha a ser afetado.



**Figura 16 – Localização das estações de monitoramento da área de disposição oceânica do Porto de Santos**

O monitoramento de bioacumulação será feito a partir de pesca de arraste para a coleta de organismos demersais-bentônicos que serão efetuadas no interior das quadrículas onde estiver sendo realizado o lançamento de sedimentos dragados e na Área Controle, sempre após o período de defeso, quando os organismos deverão representar melhor as condições do local em que se encontram.

#### IV.2.2. Parâmetros, procedimentos e frequência de análise

O monitoramento da área de disposição será realizado por meio de parâmetros químicos, ecotoxicológicos e biológicos. O monitoramento de maior frequência e que orientará as ações corretivas

em curto prazo será efetuado por meio de análises químicas de sedimentos, visando a quantificação dos contaminantes prioritários para a região do Porto de Santos, ou seja, aqueles contaminantes que ocorrem acima de Nível 1 no estuário. Estas substâncias vão ser monitoradas como indicadores de impacto e são as seguintes:

- Metais – Arsênio e mercúrio.
- Orgânicos – série de HPAs presentes no Anexo da Resolução CONAMA 344/04

A cada 6 meses serão realizadas coletas de sedimentos destinadas a uma avaliação química mais detalhada envolvendo todos os parâmetros do Anexo da Resolução CONAMA 344/2004. Nestas campanhas será avaliada a toxicidade dos sedimentos e será realizada uma avaliação da comunidade bentônica. A avaliação da toxicidade dos sedimentos será realizada por meio de testes com sedimento integral, conforme descrito no Anexo D. A interpretação desses resultados se dará por meio da análise das tríades, seguindo os procedimentos que constam do Anexo F deste relatório.

Para avaliar eventuais efeitos de contaminantes na cadeia trófica do ambiente marinho, será realizada a coleta de organismos demersais-bentônicos nas áreas diretamente afetadas pela disposição de materiais dragados e na área controle. Os organismos serão triados e partes dos tecidos serão analisados para verificar a concentração dos contaminantes e sua acumulação. Os parâmetros analisados serão os mesmos da Resolução CONAMA 344/2004.

Os procedimentos de coleta, preparação de amostras e análises químicas e biológicas deverão seguir as metodologias descritas nos Anexos C, D e F deste relatório.

Para avaliar alterações de fundo resultantes da sedimentação do material lançado, será realizada anualmente uma batimetria detalhada e uma varredura da superfície seguindo as mesmas descritas no Anexo B deste relatório.

O cronograma das ações de monitoramento encontra-se na **Figura 17** a seguir:

Parâmetros	Meses												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Avaliação química de As, Hg e HPA e ecotoxicologia	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tríades (química completa, ecotoxicológica e bentos)						■							■
Bioacumulação e avaliação de fundo (1)													■

(1) – A avaliação da bioacumulação deverá ocorrer logo após a fase de defeso e pelo menos 6 meses após a disposição.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181 (1984) - Ensaio de granulometria por peneiramento e sedimentação. Rio de Janeiro, 13p.
- ALMEIDA, F. V. (2003). Bases técnico – científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos referentes a compostos orgânicos persistentes. Tese de doutorado – Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Química. Campinas, SP. 127 pp.
- ASTM – Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes. (1992) Annual Book of ASTM Standards, D 2487, Volume 04.08. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA..
- Casado-Martínez, M.C.; Buceta, J.L.; Belzunce, M.J. e DelValls, T.A.. 2006. Using sediment quality guidelines for dredged material management. *Environment International*, Vol. 32, p388-396
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (no prelo). Guia de coleta e preservação de amostras, capítulo – Sedimentos.
- CETESB (2001) Sistema Estuarino de Santos e São Vicente. *Relatório Técnico*, 178p.
- CETESB. (1979). Poluição das águas no Estuário e Baía de Santos. Relatório Técnico. Vol. 1. 71p
- EPA. 2004. Evaluating environmental effects of dredged material management alternatives – a technical framework. 95p
- Froese, R. & Pauly, D (2006) .FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (07/2006).
- HortellanI, M. A.; Sarkis, J. E. S.; Bonetti, J e Bonetti, C. (2005). Evaluation of mercury contamination in sediments from Santos-São Vicente estuarine system, São Paulo State, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 16, No. 6A, p1140-1149.

- Johnscher-Fornasaro, G. e Zagatto, P.A. (1985). Utilização da comunidade bentônica como indicador da qualidade de rios da região de Cubatão. Anais do 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Nº 105. 8p.
- Kietzmann, U.; Priebe, K.; Rakow, D.; Reichstein, K. (1974). Inspeccion veterinaria de pescados. Editora ACRIBIA, Zaragoza Spain. pp325.
- King, M. (1995). Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books, Oxford, 341 pp.
- Lucena F. M. (1997) Pesca da anchova *Pomatomus saltatrix* (Pisces. Pomatomidae) na costa do Rio Grande do Sul: Estrutura do estoque e seletividade da rede de emalhar. Tese de Mestrado, Depto. de Oceanografia Biológica, Universidade do Rio Grande. 153p.
- Metcalf, J.L. and M.N. Charlton (1990) Freshwater mussels as biomonitors for organic industrial contaminants and pesticides in the St. Lawrence River. *Sci. Total Environ.* **97/98**:595-615.
- Meyer, V. & Ludorff; W. (1978). El pescado y los productos de la pesca. Editora ACRIBIA, 1974, Zaragoza Spain. pp:341.
- Moore, H.B. (1958) Marine Ecology. New York. Wiley & Sons. 493p
- Nørum, U.; Vivian, W.-M. Lai; Spiros A. P. & Cullen, W. R. (2005) Arsenic compounds in the haemolymph of the Dungeness crab, *Cancer magister*, as determined by using HPLC on-line with inductively coupled plasma mass spectrometry. *J. Environ. Monitor.*, 7, pp. 122-126
- Phillips, D.J.H. and Rainbow, P.S. (1993) *Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants*, Elsevier Applied Science, London.
- Ribeiro Filho, R.A. (1999). Caracterização de dietas alimentares de peixes predadores em açudes de Pernambuco e no Lago Paranoá (Brasília – DF). Monografia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 52p.
- Salazar M. H. and Salazar, S. M. (1997) Using caged bivalves to Characterize exposure and Effects associated with pulp and Paper mill effluents *Wat. Sci. Tech. Vol. 35, No. 213-220*.
- Santos, E.P. (1978). Dinâmica de populações aplicada a pesca e piscicultura. São Paulo, Ed. Hucitec.
- Siqueira, G. W.; Braga, E. S., Pereira, S. F. P. e Silva, E. (2005). Distribuição do mercúrio em sedimentos de fundo no Estuário de Santos-SP/Brasil. *R. Esc. Minas, Ouro Preto*, vol. 58. No. 4, p309-316
- Souza, R. C. P.M.; Abessa, D, M. S.; Rachia, B, R. F.; Gasparo, M. R. e Zaroni, L. P. (2007). Ecotoxicological assessment of sediments from the port of Santos and the disposal sites of dredged material. *Brazilian Journal of Oceanography*, Vol. 55, nº 2, p75-81

- Tommasi, L.R. (1979). Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos (SP). Tese de livre docência. USP. Inst. Oceanográfico. 2V. 489p
- UNEP – United Nations Environment Programme (2004). Disponível em: <http://www.unep.org/>. Acessado em agosto de 2004.
- USEPA – U.S. Environmental Protection Agency (1995). QA/QC Guidance for Sampling and Analysis of Sediments, Water, and Tissues for Dredged Material Evaluations— Chemical Evaluations. EPA 823-B-95-001. Office of Water, Washington, DC, and Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.
- USEPA – U.S. Environmental Protection Agency (2000). Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories Volume 1: Fish Sampling and Analysis –Third Edition. Office of Science and Technology Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC.
- USEPA – US Environmental Protection Agency (1983). Methods for chemical analysis of water and wastes. Publisher: Environmental Monitoring and Support Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Report Number EPA-600/4-79-020;PB84-128677.
- USEPA – US Environmental Protection Agency (1991a). Evaluation of dredged material proposed for ocean disposal – Testing Manual (inland testing manual) prepared by Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. and Department of the Army United States Army Corps of Engineers Washington, D.C.
- USEPA – US Environmental Protection Agency (1998). Evaluation of dredged material proposed for discharge in waters of the U.S. – Testing Manual (inland testing manual) prepared by Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Science and Technology Washington, D.C. and Department of the Army United States Army Corps of Engineers Operations, Construction, and Readiness Division Washington, D.C.
- USEPA – US Environmental Protection Agency. (1991b). Methods for the Determination of Metals in Environmental Samples. EPA/600-4-91-010. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati, OH.
- USEPA– Environmental Protection Agency (2004). US. EPA National Exposure Research Laboratory (NERL) e Test method: SW – 846 on-line methods. Disponível em: <http://www.epa.gov/> Acessado em julho de 2004.
- Vazzoler, A.E.A.M. (1981). Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes; reprodução e crescimento. Brasília, CNPq. Programa Nacional de Zoologia. 108 p.