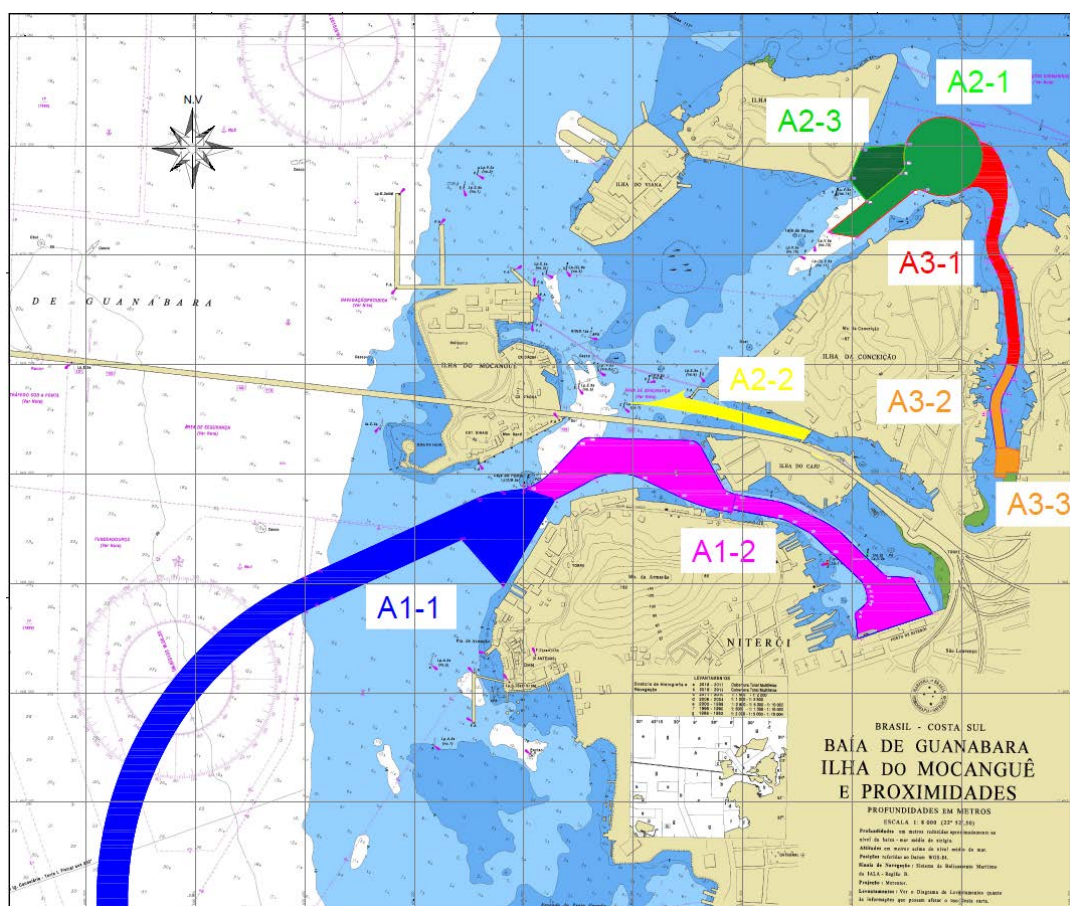


ANTEPROJETO DE DRAGAGEM DO COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DE NITERÓI E SÃO GONÇALO – RJ

Fase 1 – (Município de Niterói)

Revisão 2



Rio de Janeiro
Maio / 2022



Sumário

1	Introdução	5
2	DADOS AMBIENTAIS.....	7
2.1	Maré e Níveis d'água.....	7
2.2	Correntes de Marés	11
2.3	Ventos	13
2.4	Ondas.....	17
2.5	Assoreamento	17
2.6	Batimetria	18
2.7	Geologia Regional	19
3	DESCRIÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS	22
3.1	Modelo Hidrodinâmico - MIKE 21 HD	22
3.2	Modelo de Transporte de Sedimentos Finos em Suspensão - MIKE 21 PA 24	
4	DADOS AMBIENTAIS UTILIZADOS NA MODELAGEM MATEMÁTICA... 28	
4.1	Batimetria	28
4.2	Níveis d'água.....	29
4.3	Ventos	30
5	MODELAGEM HIDRODINÂMICA.....	32
5.1	Parâmetros de Calibração	32
5.2	Resultados das Simulações.....	33
6	MODELAGEM DA PLUMA DE SEDIMENTOS	36
6.1	Área de Bota Fora (Área F)	36
6.2	Parâmetros Numéricos Utilizados	38
6.3	Resultados das Simulações.....	39

7	ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS	41
7.1	ASPECTOS GEOLÓGICOS	42
7.2	Análise de Dados.....	46
7.3	Estaleiro Mauá – Ilha do Caju/ Ilha da Mocanguê/ Ponta da Areia (Área 1)	46
7.3.1	Introdução	46
7.3.2	Descrição dos Serviços	47
7.3.2.1	Levantamento Sismobatimétrico.....	47
7.3.2.2	Sondagens Geológicas.....	48
7.3.3	Modelagem em 2D e 3D da área investigada	49
7.3.4	Perfis Sismobatimétricos	54
7.3.5	Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2004).....	58
7.3.6	Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2000).....	68
7.4	Rolls-Royce Marine Brasil – Ilha do Caju	70
7.4.1	Introdução	70
7.4.2	Descrição dos Serviços	71
7.4.2.1	Levantamento sismobatimétrico	71
7.4.2.2	Sondagens Jet-Probe.....	72
7.4.3	Modelagem em 2D e 3D da área investigada	73
7.4.4	Análise e Interpretação dos Dados	74
7.4.5	Perfis Sismobatimétricos	76
7.4.6	Boletins de Sondagem Jet-Probe	80
7.4.7	Considerações Finais	88
7.5	Wellstream – Ilha da Conceição	90
7.5.1	Introdução	90
7.5.2	Serviços Executados	90
7.5.3	Conclusão	97
8	DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DE ACESSO.....	98
8.1	DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DO CANAL DE ACESSO	101
8.1.1	Fatores Relativos ao Nível D'Água	103
8.1.2	Fatores Relativos ao Navio.....	103



8.1.3	Calado Estático:	103
8.1.4	Tolerância Devido à Incertezas na Medição do Calado e Alterações na Densidade da Água:	104
8.1.5	Squat.....	104
8.1.6	Movimentos dinâmicos de adernamento:.....	106
8.1.7	Efeitos de onda.....	113
8.1.8	Tolerância sob a quilha (TSQ ou NET UKC).....	119
8.1.9	Profundidade Final da Infraestrutura Aquaviária do Complexo Portuário/Industrial de Niterói:	120
8.2	DETERMINAÇÃO DA LARGURA DO CANAL DE ACESSO	120
8.2.1	Largura necessária para canal de acesso	121
8.2.2	Cálculo da largura para Canal de Acesso Trecho A1-1	121
8.2.3	Cálculo da largura para Canal de Acesso Trecho A1-2	122
8.2.4	Cálculo da largura para Canal de Acesso Trecho A2-1	123
8.2.5	Raio de Curvatura no Canal	123
9	Caracterização dos Sedimentos das Áreas de Dragagem.....	129
9.1	Metodologia	129
10	QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES A SEREM DRAGADOS.....	180
11	ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS A SEREM UTILIZADOS E METODOLOGIA EXECUTIVA	182
11.1	Materiais com Disposição em Bota-Fora Oceânico Ponto F	182
11.1.1	Dragas Autotransportadoras.....	184
11.1.2	Dragas Backhoe	186
11.2	Materiais com Disposição em Geotubos.....	187
11.2.1	Draga de Sucção e Recalque	190
11.2.2	Draga Backhoe.....	191
11.2.3	Estação de polímero e enchimento dos geotubos	192
12	PRAZO DOS SERVIÇOS E CRONOGRAMA.....	195

1 Introdução

Os municípios de Niterói e de São Gonçalo, situados na parte leste da Baía de Guanabara, abrigam uma quantidade expressiva de estaleiros e de empresas ligadas ao setor de construção naval. Atividades, ligadas a transportes e serviços de apoio correlatos, nesses municípios e adjacências, tendem a se intensificar em decorrência da exploração de petróleo nas bacias de Campos, Espírito Santos e Santos.

O porto de Niterói, em particular, responde pela segunda maior arrecadação de ISS do município e polo de desenvolvimento Off Shore, emprega centenas de trabalhadores direta e indiretamente. Entretanto, restrições de profundidades impedem o atual acesso de navios com maior calado ao porto, resultando na diminuição da sua capacidade operacional e na consequente redução de postos de trabalho.

Neste contexto, o estabelecimento de condições físicas e ambientais que atendam à realidade que se desenha para aquela região demanda a realização de obras de engenharia que proporcionem o aumento da profundidade do acesso aquaviário ao Porto de Niterói para 9 m, permitindo o tráfego adequado de embarcações e a melhora da troca hídrica, em especial na região da Ilha da Conceição.

A Prefeitura de Niterói pretende viabilizar, com recursos próprios, a implantação de obras que contribuam ao crescimento econômico e social da região, propondo que essas obras ocorram em duas fases.

- Fase 1: Dragagem do acesso aquaviário ao Porto de Niterói, que se fará a leste da ponte Rio-Niterói até o Terminal de Pesca, passando pelos estaleiros e compreendendo parte das Ilhas da Conceição e Santa Cruz. Tais obras visam estabelecer profundidades adequadas ao tráfego de embarcações.
- Fase 2: Dragagem e derrocamento da Laje do Pampo, com vistas à

construção de um canal com respectiva ponte que permita a adequada



circulação hídrica na Ilha da Conceição.

Sob essas premissas, portanto é mister que as obras declaradas sejam executadas tendo como consequência o retorno econômico, social e ambiental para o município de Niterói, e com base o Relatório INPH Nº 59/2011, intitulado **“Projeto de Revitalização e Restauração – Diretrizes de Recuperação das Condições Ambientais e Restabelecimento da Circulação Hídrica da Ilha da Conceição e do Complexo Portuário e Industrial da Parte Leste da Baía de Guanabara”**, elaborado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias/INPH –, a secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico – SEDEN, subordinada à Prefeitura de Niterói, apresenta, neste documento, o anteprojeto de dragagem, referente à primeira fase (Fase 1) das obras, como concebida no escopo das obras pertinentes às duas fases mencionadas no trabalho do INPH.

2 DADOS AMBIENTAIS

É fator essencial para o projeto de qualquer obra de dragagem o conhecimento de como se comporta a região que está sendo estudada. Isto é feito através da análise de alguns condicionantes físicos básicos, tais como o relevo de fundo da área, as marés, os ventos, as correntes, etc.

2.1 Maré e Níveis d'água

Para determinar o comportamento dos níveis d'água no interior da Baía de Guanabara, foram utilizados os dados das medições realizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN na Ilha Fiscal e na Fortaleza de Santa Cruz (março de 1991 a março de 1992) e os dados das medições realizadas pela JICA na Ponta da Armação (entrada da baía) e na Ilha de Paquetá (fundo da baía), para os estudos de despoluição da Baía de Guanabara (outubro a novembro de 1992).

A maré na Baía de Guanabara tem característica semidiurna (período aproximadamente igual a 12,5 horas). Na Tabela 2-1 são mostradas, para cada uma das estações de medições mencionadas acima, as alturas das quatro constantes principais da maré (M2, S2, K1 e O1) e na Figura 2-1 é mostrada uma comparação entre as curvas de maré medidas pela JICA na Ponta da Armação e na Ilha de Paquetá em 10 de novembro de 1992.

Tabela 2-1. Constantes Harmônicas da Maré

Estação	M2 (cm)	S2 (cm)	K1 (cm)	O1 (cm)	Altura da Maré (cm)	Fonte
Ilha Fiscal	30.9	17.9	5.8	10.5	65.1	DHN
Fortaleza de Santa Cruz	31.6	17.4	6.5	10.5	66.0	DHN
Ponta da Armação	34.1	16.7	5.4	10.2	66.4	JICA
Ilha de Paquetá	38.8	19.7	6.0	10.6	75.0	JICA

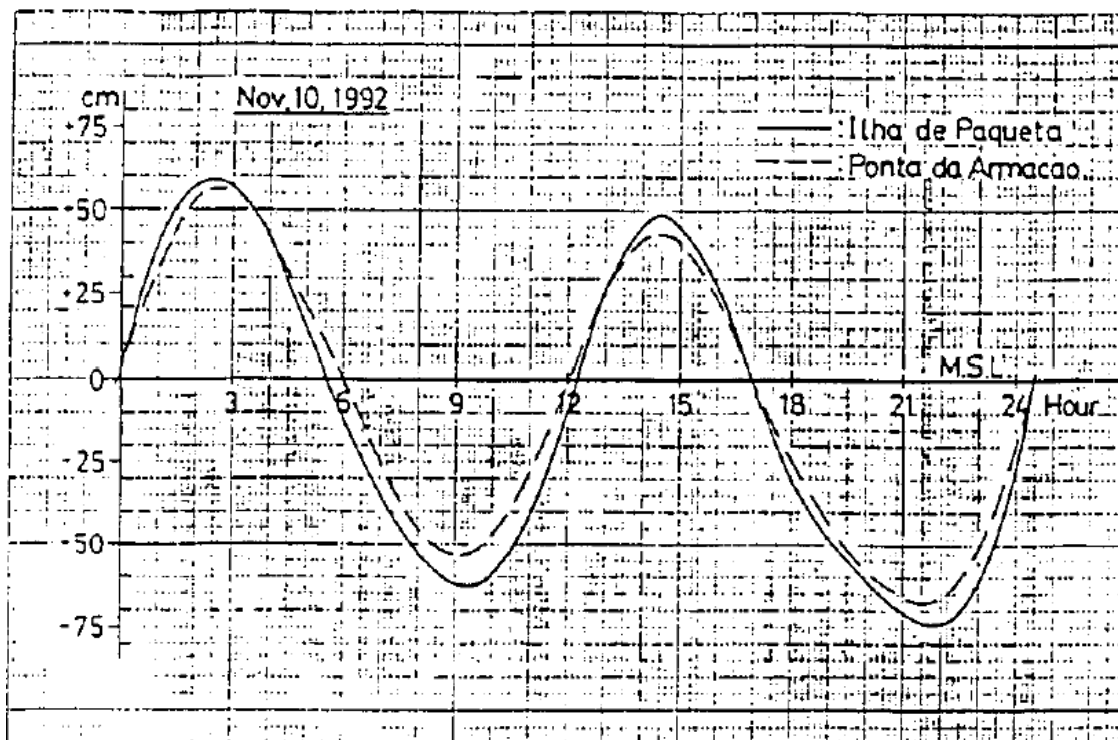


Figura 2-1. Comparação entre curvas de marés.

A partir da Tabela 2-1 e da Figura 2-1, pode-se observar que os níveis d'água na Ilha de Paqueta são cerca de 12 a 13 cm maiores do que na entrada da baía (Ponta da Armação), o que mostra uma amplificação da maré na direção do fundo da baía. Este fenômeno ocorre tanto para a maré de sizígia como para a de quadratura, podendo ser visto também nas medições efetuadas pela HIDROCONSULT e pelo INPH para os estudos de avaliação do impacto causado pelas obras do PROJETO RIO.

A Figura 2-1 mostra, ainda, que praticamente não existe defasagem entre a maré na entrada da baía e no fundo, embora seja possível observar que em Paqueta a passagem da preamar para a baixa-mar ocorre um pouco mais rápida do que na Ponta da Armação.

A Figura 2-2 apresenta a correlação entre os níveis de referência do Porto (Portobras), DHN e IBGE para a área e níveis d'água característicos da Baía da Guanabara. A influência do vento, sobretudo os das direções Norte e Sul, sobre o nível médio da maré na Baía de Guanabara são muito sensíveis. Este efeito, conhecido como maré meteorológica, chega a reduzir o nível médio até cerca de 0,70 cm abaixo do nível médio normal, como pode ser visto na Figura 2-3.

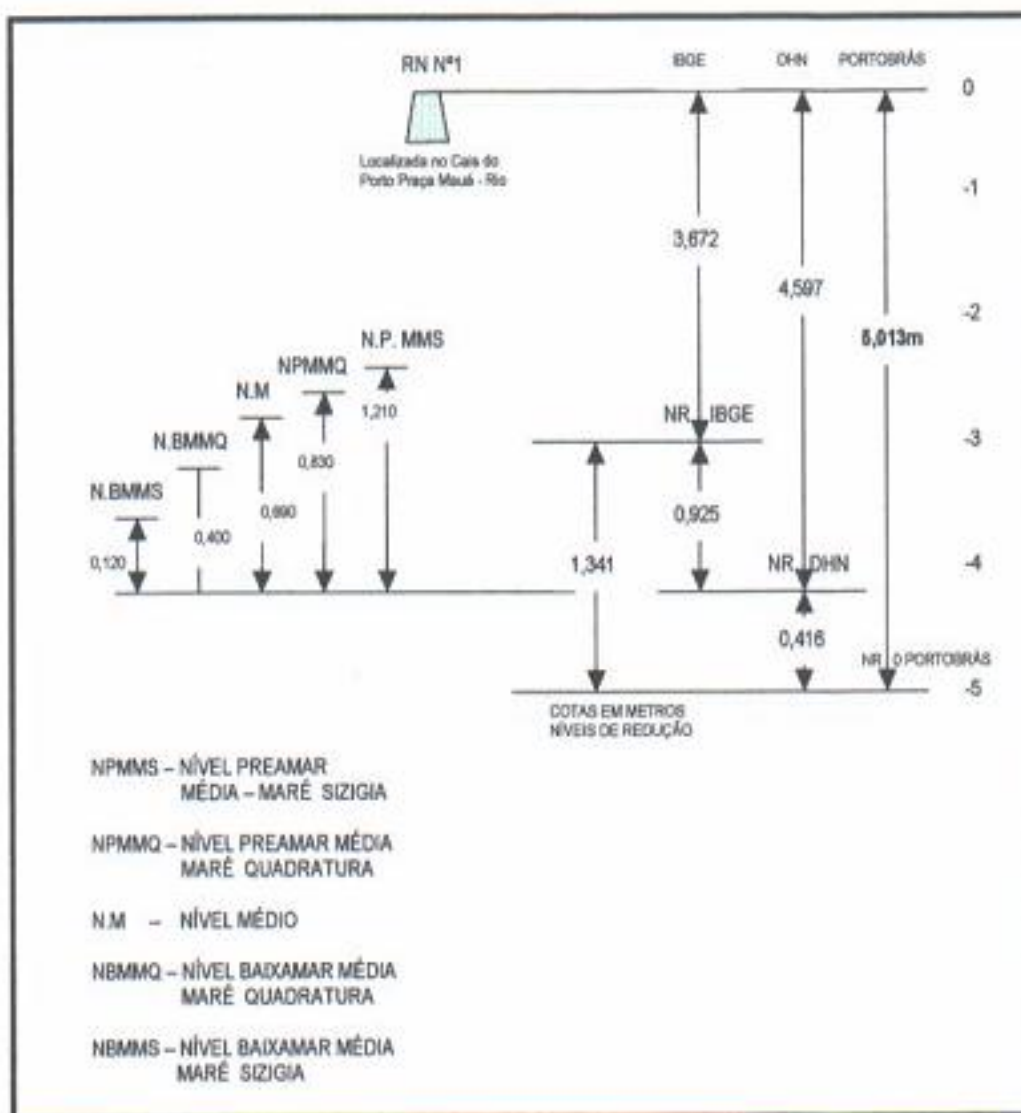


Figura 2-2. Correlação entre os níveis de referência do Porto (Portobras), DHN e IBGE para a área e níveis d'água característicos da Baía da Guanabara

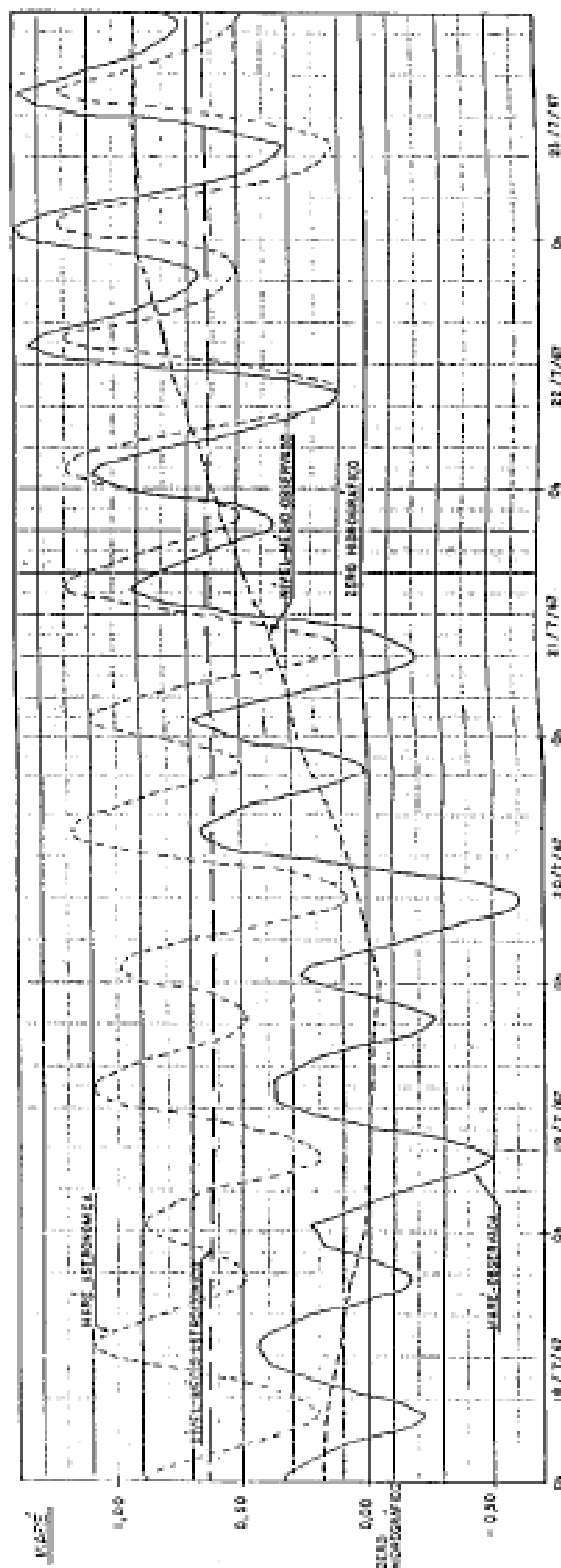


Figura 2-3. Comparação entre Maré Astronômica e Maré Meteorológica

2.2 Correntes de Marés

Os dados aqui apresentados foram obtidos das medições realizadas pela JICA para os estudos de despoluição da Baía de Guanabara. A partir desses, pode-se constatar que a circulação d'água na Baía de Guanabara é governada principalmente pelas marés.

Na Figura 2-4 são mostradas as estações onde as correntes de marés foram medidas e, na Tabela 2-2, são apresentadas as máximas velocidades observadas em cada estação durante a enchente e durante a vazante, com as correspondentes direções das correntes em relação ao Norte.

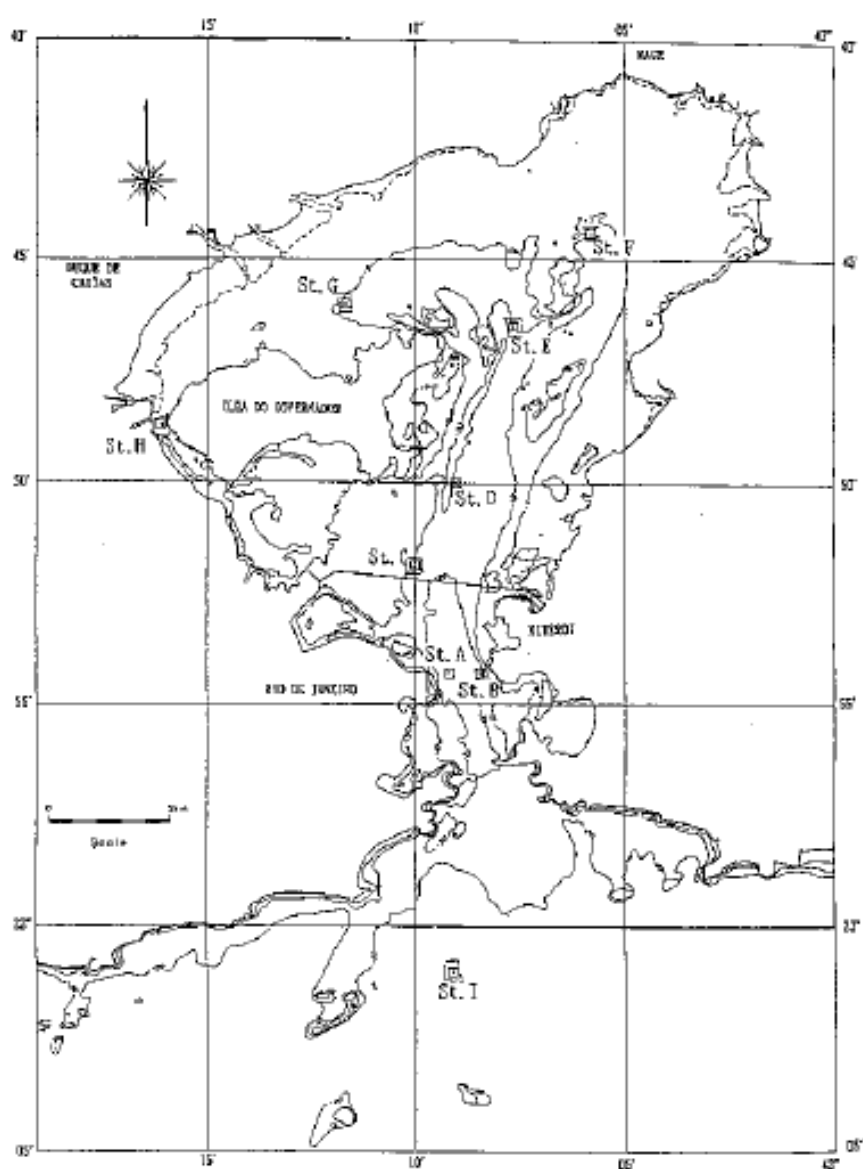


Figura 2-4. Estações de medição das correntes de maré

Tabela 2-2. Velocidades Máximas das Correntes de Maré

Estação	Camada	Maré	Fase 1 - Junho / 1992		Fase 2 - Out/Nov/1992	
			Vel. Máx. (cm/s)	Dir. (°N)	Vel. Máx. (cm/s)	Dir. (°N)
A	superfície	enchente	49	350	85	19
		vazante	65	148	65	169
	fundo	enchente	75	356	96	2
		vazante	40	158	57	188
B	superfície	enchente	67	346	156	358
		vazante	68	171	137	203
	fundo	enchente	52	338	105	3
		vazante	54	167	53	197
C	superfície	enchente	52	359	54	342
		vazante	48	194	44	158
D	superfície	enchente	56	23	62	42
		vazante	45	200	57	201
E	superfície	enchente	-	-	42	5
		vazante	-	-	21	132
F	superfície	enchente	31	2	48	356
		vazante	16	231	19	199
G	superfície	enchente	-	-	24	110
		vazante	-	-	32	262
H	superfície	enchente	-	-	100	20
		vazante	-	-	57	183
I	superfície	enchente	-	-	10	44
		vazante	-	-	31	213

Na Tabela 2-2, pode-se observar que as maiores velocidades das correntes de marés ocorrem na entrada da baía (especialmente na estação B) e no canal situado atrás da Ilha do Governador (estação H). A maior velocidade medida foi de 156 cm/s, tendo sido registrada na estação B, a uma profundidade de 3,0m abaixo do nível do mar. Pode-se observar ainda que a velocidade das correntes de marés na baía tendem a ficar mais fracas à medida que elas se deslocam para o fundo, ou seja, elas são da ordem de 50 - 70 cm/s no centro da baía, 30 - 50 cm/s próximo à Ilha de Paquetá e 20 - 30 cm/s do lado Nordeste da Ilha do Governador. Fora da baía, a máxima velocidade medida foi de 31 cm/s.

2.3 Ventos

Consultando registros técnicos do INPH, tem-se que o regime de ventos no interior da Baía de Guanabara pode ser descrito, de uma forma qualitativa, como se apresenta a seguir, de acordo com o “Roteiro-Costa Sul”, da Diretoria de Hidrografia e Navegação:

- Durante toda a noite, até a parte da manhã, costuma soprar do Norte ou Nordeste, que tem origem nos contrafortes da Serra do Mar. Esta brisa, denominada “terral”, é sucedida por uma calmaria, que dura até cerca de 12 horas, quando vai entrando levemente uma brisa marítima do Sul, que é conhecida como “viração”. Esta brisa dura igualmente até o crepúsculo, quando novamente cai o “terral”.
- No inverno, este regime de ventos pode ser interrompido quando entram as frentes frias, que costumam trazer ventos do Sul e do Sudoeste, com forças 03 e 04 (respectivamente 07 nós a 10 nós e 11 nós a 16 nós).
- No verão, é comum nas partes Oeste e Noroeste da Baía de Guanabara se acumularem grande quantidade de nuvens, que, ao se descarregarem, fazem-no com muita trovoadas e, às vezes, acompanhadas por forte vento Noroeste, conhecido na região como “caju”.

Além desta descrição qualitativa acerca do regime dos ventos no interior da Baía de Guanabara, o “Roteiro-Costa Sul”, da DHN, apresenta alguns dados quantitativos sobre o regime dos ventos no porto do Rio de Janeiro.

Pela proximidade do porto com a região em estudo, estes dados também são pertinentes e, por isto, aqui apresentados:

- Ventos do Sul, com força 04 na escala Beaufort (11 nós a 16 nós) e com percentual de ocorrência de 24% em janeiro. Com força 03 e percentual de ocorrência de 20% a 28% entre fevereiro a abril; com percentual de ocorrência entre 19% e 35%, de agosto a dezembro. Com força 02 e com percentual de ocorrência de 17% nos meses de junho e julho;
- Ventos de Sudeste, com força 03, de janeiro a abril, com percentuais de 12% a 15%, e de agosto a dezembro, com percentuais de 10% a 23%.
- Ventos Noroeste, com força 02 (04 nós a 06 nós), de janeiro a março, com percentual de ocorrência de 8% a 12%; em julho e de setembro a

novembro com percentual de 6% a 11%. Com força 01 (01 nós a 03 nós), em agosto, com percentual de ocorrência de 10%.

- Ventos do Norte com forças 02 (04 nós a 06 nós), em janeiro, de março a agosto e em dezembro, com percentual de 7% a 17%. Com força total 01 (01 nós a 03 nós), com percentual de ocorrência de 10%, em fevereiro.

Com a finalidade de se obter dados quantitativos a respeito do regime de ventos no interior da Baía de Guanabara, foi realizada consulta ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos da DHN.

A Tabela 2-3 apresenta a frequência de ocorrência dos ventos registrados na estação da Ilha Fiscal para intervalos de velocidades de 05 nós, e direções compreendidas em intervalos de 45°.

Tabela 2-3. Frequência de Ocorrência de Ventos - Estação da Ilha Fiscal

CALMOS	CALMOS	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
01 – 05	-	9,2	5,1	4,3	4,5	4,3	1,5	4,1	7,5
06 – 10	-	5,6	2,9	3,8	7,4	11,5	1,3	2,5	5,3
11 – 15	-	0,6	0,3	0,8	4,9	7,4	0,3	0,5	0,3
16 – 20	-	-	-	0,1	0,8	2,0	0,1	0,04	0,1
21 – 25	-	-	-	-	0,04	0,15	-	-	-
26 – 30	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-
30	-	-	0,04	-	-	0,04	-	-	-
TOTAL (%)	0,8	15,4	8,3	9,0	17,6	25,4	3,2	7,1	13,2

Número Total de Observações: 2.87

Fonte: Banco Nacional de Dados Oceanográficos –DHN

A Figura 2-5, Rosa dos Ventos, apresenta os dados da tabela acima sob forma gráfica.

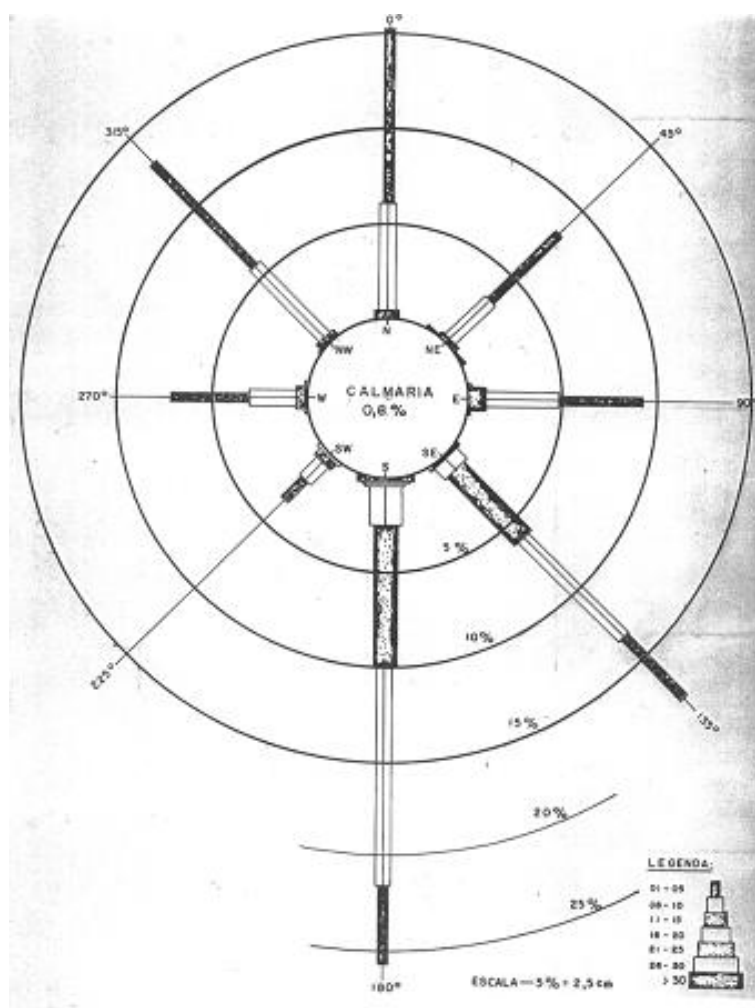


Figura 2-5. Rosa de Ventos - Estação da Ilha Fiscal

Do quadro e Rosa dos Ventos apresentados, conclui-se que:

A ocorrência de calmarias (velocidades menores que 1 nó) é bastante reduzida.

- Apesar da reduzida ocorrência de calmarias, ventos na Baía de Guanabara não são intensos, registrando-se velocidades superiores a 10 nós durante apenas 19% e 17%, para a estação da Ilha Fiscal: ventos com velocidades superiores a 20 nós apresentam freqüência de ocorrência de 0,3% e 0,14%.
- É possível se notar a grande concentração de freqüência de ocorrência de ventos dos quadrantes Norte e Sul: esta observação encontra-se em acordo com a descrição qualitativa constante do “Roteiro Costa Sul”.



Somando-se as frequências de ocorrência para os quadrantes Norte e Sul, tem-se que as mesmas apresentam um total de aproximadamente 83% das observações, como a seguir:

Ilha Fiscal

Quadrante - Norte 36,9%

Quadrante - Sul 46,2%

Ocorrências extremas foi possível obter-se do Banco Nacional de Dados Oceanográficos da DHN, registros mensais “ocorrências extremas (máximas)”.

Considerando-se apenas os valores de velocidades superiores a 20 nós, algumas observações podem ser feitas, como se verá a seguir.

De um total de 12 registros realizados em janeiro (01), fevereiro (06), julho (02), agosto (01), outubro (01) e novembro (01), onze observações referem-se a ventos do quadrante Sul, com direções compreendidas entre 150° N e 180° N. Para estas observações, as intensidades estiveram compreendidas entre 20 e 32 nós.

A observação restante, realizada no mês de agosto, apresenta uma intensidade de 31 nós, sendo a direção do vento proveniente da direção NNE (30°N).

De uma análise realizada sobre medições de vento no Aeroporto Santos Dumont, para um período de 10 anos (janeiro de 1952 a dezembro de 1962), serão a seguir reproduzidas algumas conclusões válidas e pertinentes ao estudo ora realizado, quais sejam:

- O número total de observações realizadas no período de janeiro/1952 a dezembro/1962 foi de 87 672;
- Durante aproximadamente 24% do tempo, os ventos apresentam direções de
- Os ventos na região não são intensos, registrando-se velocidades superiores a 12 nós apenas durante 1,23% do tempo; ventos compreendidos entre 1 nó e 12 nós ocorrem durante 74,41% do tempo;

- Ventos superiores a 24 nós apresentam uma frequência de ocorrência de 0,014% (aproximadamente 12 ocorrências em dez anos); deste total ocorreram ventos do quadrante Norte com velocidades superiores a 24 nós durante 0,004% do tempo (número de ocorrências aproximadamente igual a 4), sempre de direção Norte;
- Vento com intensidade superior a 30 nós ocorreu apenas uma vez, proveniente da direção Norte; esta observação registrou uma velocidade de vento entre 50 nós e 60 nós.

Em que pese a diferença de intervalos de amostragem, todas as medições de vento aqui analisadas e comentadas indicam ser bastante reduzida a ocorrência de intensidade de ventos superiores a 20 nós.

O conhecimento do regime de ventos da região é importante também para o estudo das ondas geradas no interior da baía pela atuação dos ventos locais.

2.4 Ondas

As ondas oceânicas, ou seja, as geradas ao largo da costa do Rio de Janeiro, não são importantes para o presente estudo, pois apesar dessas ondas penetrarem na Baía de Guanabara, elas sofrem um grande amortecimento antes mesmo de chegarem a área de interesse. Assim sendo, apenas as ondulações de pequena altura e de curto período, geradas pelos ventos locais dos quadrantes Norte a Leste, poderão ocorrer na área do porto.

2.5 Assoreamento

O extinto Canal de São Lourenço não está sujeito a taxa de assoreamento elevada. Porém, algum assoreamento existe, ainda que reduzido, produzido por águas pluviais, esgotos e pelo insignificante movimento da maré.

Quanto ao aspecto geológico e geomorfológico, está muito bem exposto no EIA.

O assoreamento local é constituído por argila orgânica cinza escura, com espessura da camada variável; às vezes é mesclada com silte, conchas,

característica de área intensamente revolvida pela intensa movimentação das embarcações.

A profundidade local é variável de Sul para Norte, ou seja, das proximidades do antigo aterro construído, antes mesmo da existência da Ponte Costa e Silva, até atingir a entrada ao Norte.

Assim sendo, as profundidades variam de 0 a 3,8 m (Ref. DHN 1512 - Edição 2000).

2.6 Batimetria

Neste item, constam os dados de batimetria obtidos pelo INPH, através de levantamento realizados pelas empresas, no qual estão materializados carta náutica nº 1512. Os dados obtidos encontram-se na planta no anexo.

A região levantada abrangeu a área leste da Baía de Guanabara – Niterói e São Gonçalo, conforme mostra a Figura 2-6:

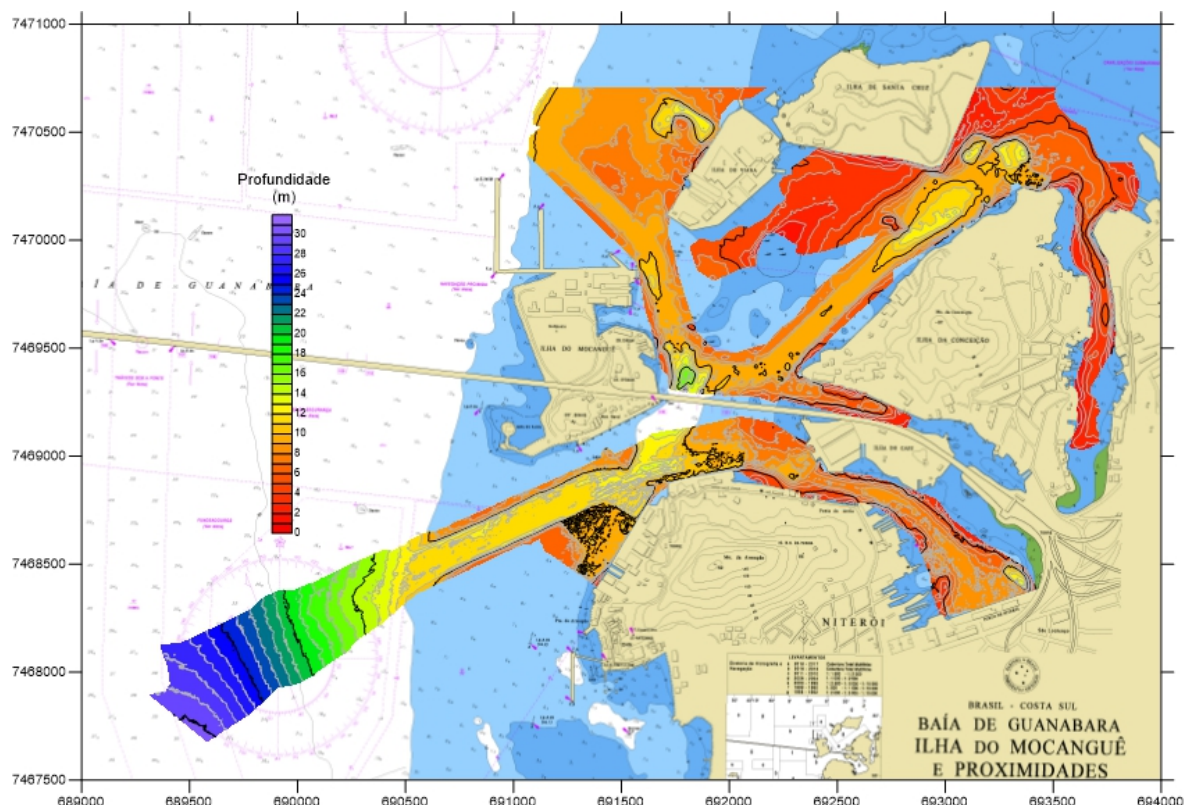


Figura 2-6. Batimetria região do Complexo Portuário/Industrial de Niterói.

2.7 Geologia Regional

Na área relativa à Baía de Guanabara ocorrem superposições de depósitos coluvionares, fluviais, fluviolacustres, marinhos e fluviomarinhos, relacionadas às alterações climáticas e eustáticas, que atingiram o litoral fluminense a partir do Pleistoceno, e à proximidade das escarpas íngremes da Serra do Mar.

Quanto à origem, a Baía de Guanabara, com área atual de 377 Km², é definida como um estuário originado pelo afogamento marinho de uma bacia fluvial pleistocênica complexa, condicionada por compartimentos estruturais do embasamento cristalino, mais rebaixados, como a área ao fundo da baía, e mais elevados, como a faixa correspondente ao alinhamento das ilhas do Governador, Paquetá e Itaoca.

Estratigraficamente, o assoalho da Baía de Guanabara é composto de:

- sedimentos estuarinos holocênicos, que correspondem à sedimentação da baía, após o afogamento marinho que a originou;
- sedimentos fluviais da Formação Caceribu, com idade situada entre 40.000 e 12.000 anos, constituídos por areias feldspáticas grosseiras;
- embasamento cristalino, bastante dissecado, constituído por gnaisses e migmatitos diversos.

Os sedimentos estuarinos possuem uma espessura média de cerca de 10 metros, distribuídos de forma irregular, com trechos mais espessos, nas áreas mais centrais, e mais rasos, nas bordas da baía. Compõem-se de depósitos marinhos, constituídos de areia grossa mal selecionada, geralmente bimodal, e de sedimentos fluviomarinhos finos, silto-argilosos ou argilo-siltosos moles, ricos em matéria orgânica.

Dados pretéritos de perfis geofísicos e sondagens, obtidos na Baía de Guanabara, indicaram a ocorrência de sedimentos da Formação Caceribu, em profundidades superiores a 50 metros, como substrato dos sedimentos marinhos holocênicos.

A idade pleistocênica superior, atribuída a esses depósitos, deve-se à sua

posição estratigráfica bem definida, repousando sobre o embasamento pré-cambriano ou sedimentos da Formação Macacu, e sendo capeados pelos depósitos fluviais, coluviais ou marinhos holocênicos.

No eixo cortado pela Ponte Rio-Niterói, ocorrem, ainda, argilas continentais transicionais de origem fluvial, estratigraficamente situadas entre os sedimentos arenosos da Formação Caceribu, do Pleistoceno Superior, e as lamas e areias estuarinas holocênicas.

Sua idade foi estimada entre 8.000 e 10.000 anos, correspondendo a um nível de estabilização do nível do mar, em cota de aproximadamente 40 a 50 metros abaixo do nível do mar atual, quando, provavelmente, instalou-se um sistema de drenagem meandrante.

Devido à sua origem por afogamento marinho, de uma antiga bacia fluvial pleistocênica, a Baía de Guanabara tem um fundo muito irregular, com as isóbatas orientadas por antigos talwegues fluviais, hoje parcial ou totalmente soterrados pela sedimentação estuarina.

Nesse particular, os canais remanescentes da baía são associados com os talwegues de um sistema fluvial afogado por águas marinhas, podendo-se perceber, claramente, a relação das isóbatas com estes antigos canais.

Vários talwegues, com profundidades que oscilam entre 5 e 10 metros, confluem para um grande talwegue central, de orientação Norte-Sul, segundo o eixo principal da Baía de Guanabara, onde as profundidades superam a 20 metros.

Relata-se, ainda, que perfis geofísicos e perfurações efetuadas à época da construção da Ponte Rio-Niterói confirmam esta depressão alongada, orientada segundo a direção estrutural Norte-Sul, escavada no embasamento cristalino e parcialmente preenchida pelos depósitos pleistocênicos da Formação Caceribu e pelos sedimentos marinhos holocênicos.

Esta grande depressão que, no último período interglacial, passou a capturar a drenagem da Baixada, recebeu a denominação de “Paleo Rio Guanabara”. Este canal antigo remanesce no assoalho da baía, como o talwegue principal, que

chega até as proximidades da ilha de Paquetá.

Finalmente, Amador, em sua obra, afirma que face aos desmatamentos, aterros, modificações da rede de drenagem, lançamento de lixo e esgotos domésticos e industriais, a Baía de Guanabara vem sofrendo uma perda progressiva de profundidade por assoreamento, cujos valores médios evoluíram de 18cm/século, no final do século XIX, para 81cm/século, na atualidade, chegando a alcançar valores absolutos superiores a 500cm/século.

Amostragens superficiais de fundo, realizadas em toda a área da baía, confirmam estes dados, demonstrando a ampla predominância de lamas terrígenas orgânicas, com teor superior a 75% de lama, capeando o fundo, desde a parte mais interna da baía, até cerca de 3 Km ao sul da Ponte Rio-Niterói.

3 DESCRIÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS

3.1 Modelo Hidrodinâmico - MIKE 21 HD

O MIKE 21 HD é o módulo básico do Sistema Computacional MIKE 21. Ele fornece a base hidrodinâmica para os cálculos computacionais realizados na maioria dos outros módulos, tais como, por exemplo, no módulo de Advecção - Dispersão de Poluentes e no módulo de Transporte de Sedimentos.

O modelo simula as variações dos níveis d'água e dos fluxos, em resposta aos diversos esforços atuantes em lagos, estuários, baías e áreas costeiras (marés, ventos, descargas fluviais, tensões de radiação geradas pela propagação das ondas, etc.). Os níveis d'água e os fluxos são resolvidos numa malha retangular, ou quadrada, cobrindo toda a área de interesse. Os dados de entrada para o modelo matemático são a batimetria, os coeficientes de atrito no fundo, o clima de ventos, as condições hidrográficas no contorno do modelo, etc.

O MIKE 21 HD é aplicável à solução de uma vasta gama de fenômenos hidráulicos, tais como prismas e correntes de marés, redemoinhos e vórtices, seiches em portos, ondas de ruptura de barragens, tsunamis, correntes geradas pelas ondas (combinadas com correntes de maré e/ou correntes geradas pelos ventos, se relevantes), etc.

O módulo hidrodinâmico do MIKE 21 resolve as equações, integradas na vertical, da continuidade e da conservação da quantidade de movimento em duas dimensões horizontais, aplicando o mundialmente conhecido esquema implícito de diferenças finitas ADI, com precisão de segunda ordem. Os efeitos abaixo são levados em conta no modelo:

- Termo convectivo e transversal da quantidade de movimento
- Tensão cisalhante no fundo
- Tensão cisalhante do vento na superfície
- Gradientes de pressão barométrica
- Tensões de radiação provenientes de campo de ondas

- Forças de Coriolis
- Dispersão da quantidade de movimento (viscosidade turbulenta)
- Fontes e sumidouros (de massa e de quantidade de movimento)
- Evaporação / precipitação
- Áreas que tanto podem ficar alagadas, quanto secas, durante a simulação.

Os níveis d'água e os fluxos instantâneos são obtidos a partir da solução das equações de continuidade e de momento. Variáveis tais como a elevação da superfície, velocidade e direção das correntes, e as componentes da velocidade nos eixos dos x e dos y, podem ser obtidas a partir dos dados de saída básicos do programa, mediante a utilização dos recursos de pré e de pós-processamento do MIKE 21.

O MIKE 21 HD foi desenvolvido para trabalhar com números de Courant até 5, sem problemas de estabilidade. No entanto, dependendo das características do corpo d'água, esse valor pode chegar até 20. As equações básicas do modelo são dadas por:

➤ **Continuidade:**

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

➤ **Conservação da Quantidade de Movimento em x:**

$$\begin{aligned} & \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ & + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w \partial x} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q \\ & - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \end{aligned}$$

➤ **Conservação da Quantidade de Movimento em y:**

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y}$$

$$+ \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w \partial y} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] + \Omega p$$

$$- fV V_y + \frac{h}{\rho_w \partial y} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0$$

onde:

$h(x,y,t)$ - profundidade

$\zeta(x,y,t)$ - elevação da superfície livre

$p,q(x,y,t)$ - densidades do escoamento nas direções x e y

$C(x,y)$ - coeficiente de Chezy

g - aceleração da gravidade

$f(V)$ - fator de atrito do vento

$V, V_x, V_y(x,y,t)$ - velocidade do vento e de suas componentes nas direções x e y

$\Omega(x,y)$ - parâmetro de Coriolis

$p_a(x,y,t)$ - pressão atmosférica

ρ_w - densidade da água

x,y - coordenadas espaciais

t - tempo

$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ - componentes da tensão de cisalhamento

3.2 Modelo de Transporte de Sedimentos Finos em Suspensão - MIKE 21 PA

O MIKE 21 PA (Advecção de Partículas) pertence ao grupo de módulos ambientais do Sistema Computacional MIKE 21. Ele simula o transporte e o destino final de substâncias em suspensão ou dissolvido na água, quando elas são despejadas acidentalmente ou não em lagos, estuários, áreas costeiras ou no mar aberto.

No MIKE 21 PA o transporte da substância pode ser simulado a duas ou a três dimensões. A substância simulada pode ser um poluente de qualquer tipo, conservativo ou não conservativo. A pluma do poluente é tratada como sendo formada por partículas. A cada uma das partículas é associada uma massa, a qual pode mudar durante a simulação, como resultado do decaimento ou da deposição.

Os movimentos das partículas são definidos como a soma dos deslocamentos

advectivos e dispersivos. A componente advectiva é determinada através do campo hidrodinâmico do escoamento (correntes) e a componente de dispersão como o resultado de processos randômicos (turbulência da água). A componente de dispersão está dividida em três categorias, chamadas de dispersão longitudinal (ΔDL), dispersão transversal (ΔDT) e dispersão induzida por efeitos de gravidade (ΔDo).

Processos de deposição, de decaimento e de re-suspensão estão incluídos no modelo. O módulo 3D inclui formulações de sedimentação e de re-suspensão tanto para sedimentos coesivos (silte e argila), quanto para sedimentos não coesivos (areia). O modelo emprega uma formulação Lagrangiana, o que significa que a resolução da pluma do poluente não fica restrita ao tamanho da célula computacional imposta pelo modelo hidrodinâmico.

Para o instante de tempo i , a equação do transporte da partícula pode ser expressa como:

$$\mathbf{X}_{i+1} = \mathbf{X}_i + \mathbf{V} \cdot \Delta t + \underline{\mathbf{D}} \cdot \mathbf{V} + \gamma$$

Onde:

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ -V_{sett} \end{bmatrix}, \quad U = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$$

$$\underline{\mathbf{D}} = \frac{1}{U} \begin{bmatrix} \Delta D_L & -\Delta D_T & 0 \\ \Delta D_L & \Delta D_T & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\gamma = \begin{bmatrix} \Delta D_o \\ \Delta D_o \\ \Delta D_{om} \end{bmatrix}$$

Os deslocamentos devidos à dispersão são dados por:



- ΔD_L , dispersão longitudinal causada pela turbulência da água
- ΔD_T , dispersão transversal causada pela turbulência da água
- ΔD_o , dispersão induzida por efeitos de gravidade
- ΔD_{ow} , dispersão causada pela ação do vento sobre a superfície d'água

Onde:

$$\Delta D_L = \sqrt{6 \cdot D_L \cdot \Delta t} \cdot ([RND_1] \frac{1}{\sigma} - \frac{1}{2}) \cdot 2$$

$$\Delta D_T = \sqrt{6 \cdot D_T \cdot \Delta t} \cdot ([RND_2] \frac{1}{\sigma} - \frac{1}{2}) \cdot 2$$

$$\Delta D_o = \sqrt{6 \cdot D_o \cdot \Delta t} \cdot ([RND_3] \frac{1}{\sigma} - \frac{1}{2}) \cdot 2$$

$$\Delta D_{ow} = \sqrt{6 \cdot (D_o + D_v) \cdot \Delta t} \cdot ([RND_4] \frac{1}{\sigma} - \frac{1}{2}) \cdot 2$$

O campo hidrodinâmico do escoamento é considerado como sendo uma função da profundidade, de acordo com a lei logarítmica de Nikuradse.

$$\left| \frac{U_{HD}(x,y)}{U_f} \right| = 8.6 + 2.45 \cdot \ln \left(\frac{h}{k / 30} \right)$$

O campo do escoamento inclui a ação do vento através de

$$U(x,y,z) = U_{HD}(x,y,z) - \frac{1}{h_w} \int_0^{h_w} U_w(z) dz + U_w(z)$$

onde a distribuição de velocidades devida às tensões cisalhantes do vento na superfície livre é considerada como sendo dada por

$$U_w(z) = C_w \cdot W \cdot \exp(-k_o z) \quad , \quad k_o = 3 / h_w$$

Os símbolos que aparecem nas equações anteriores correspondem a:

X_i	:	coordenadas tridimensionais da partícula no instante i (m)
x, y, z	:	coordenadas da partícula (m)
Δt	:	incremento de tempo (s)
u_x, u_y	:	componentes horizontais da velocidade da corrente (m/s)
V_{sett}	:	velocidade de queda (m/s)
D_L	:	coeficiente de dispersão longitudinal (m ² /s)
D_T	:	coeficiente de dispersão transversal (m ² /s)
D_o	:	coeficiente de dispersão induzida por efeitos de gravidade (m ² /s)
D_w	:	dispersão devida ao vento (m ² /s)
$[RND]$:	um número randômico uniformemente distribuído [0;1]
U_f	:	velocidade de fricção (m/s)
k	:	rugosidade do fundo (m)
h_w	:	profundidade de influência do vento (m)
h	:	lâmina d'água (m)
C_w	:	coeficiente de fricção do vento (-)
W	:	velocidade do vento (m/s)
$U_{HD}(x,y)$:	campo das velocidades das correntes integrado na vertical (m/s)

4 DADOS AMBIENTAIS UTILIZADOS NA MODELAGEM MATEMÁTICA

4.1 Batimetria

A área representada no modelo matemático está mostrada na Figura 4-1. As informações batimétricas foram extraídas da Carta Náutica DHN nº 1501 (Escala 1:50.000), e de levantamentos recentes, feitos pelo INPH no Porto do Rio de Janeiro, na Enseada de Botafogo, no Porto de Niterói e em outros locais da Baía de Guanabara.

A malha numérica utilizada foi do tipo triangular não estruturada, através do esquema de discretização espacial por volumes finitos.

A referência de níveis adotada foi o Zero da DHN.

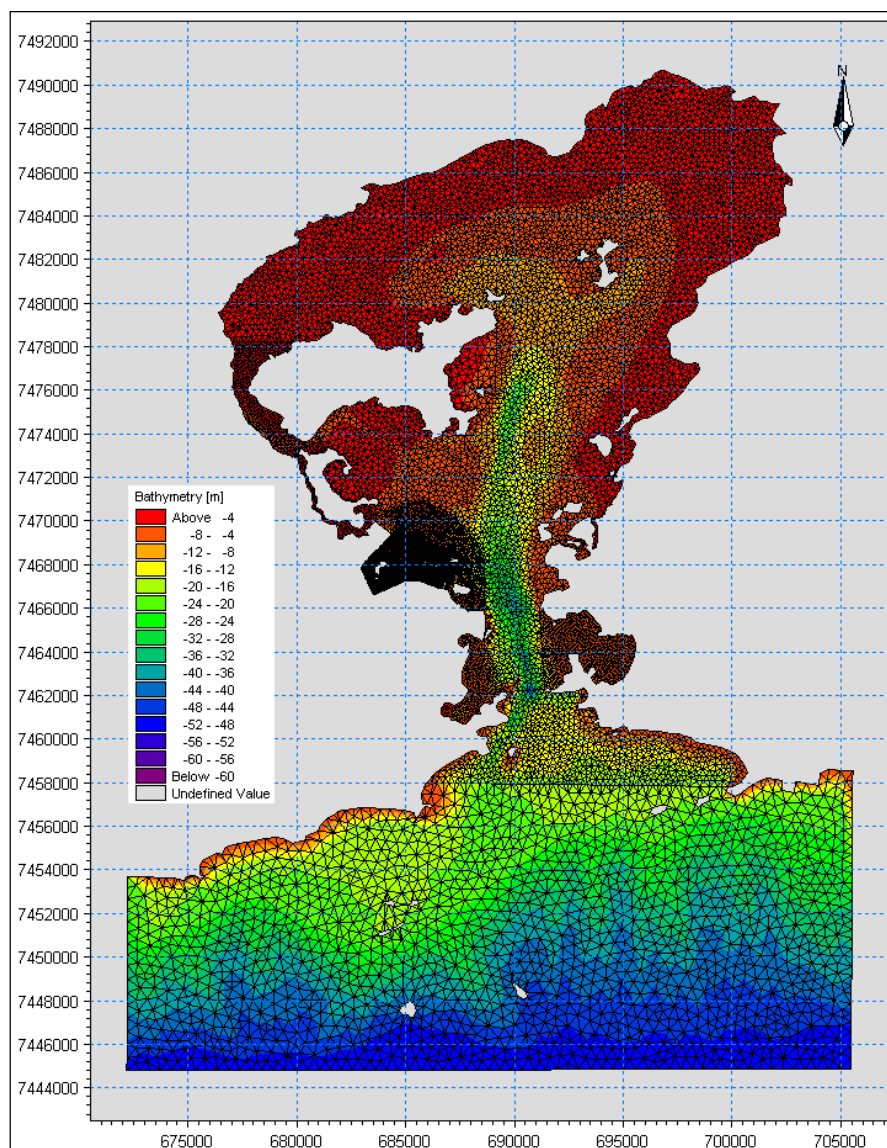


Figura 4-1. Domínio computacional e batimetria utilizada no modelo matemático.

4.2 Níveis d'água

Os níveis d'água nos contornos abertos do modelo foram determinados com base nas constantes harmônicas das marés medidas em Copacabana, no Píer do Salvar do Posto Seis, entre 23/06/93 e 06/03/94, conforme consta do "Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras", elaborado pela Fundação de Estudos do Mar - FEMAR. Essas constantes harmônicas estão apresentadas na Tabela 4-1.

Tabela 4-1. Listagem das Constantes Harmônicas

Nome da Estação: Copacabana - RJ (Píer do Salvar - Posto Seis)

Coordenadas: Lat. 22º 59,1' S Long. 43º 11,2' W

Classificação da Maré: Maré de Desigualdades Diurnas

<i>Componente Harmônica</i>	Semi-Amplitude H (cm)	Fase g (graus)	<i>Componente Harmônica</i>	Semi-Amplitude H (cm)	Fase g (graus)
Q1	2,8	58	S2	17,2	87
O1	10,7	86	MO3	0,5	38
M1	0,9	126	M3	0,5	196
K1	6,3	152	MN4	1,5	351
MU2	1,5	83	M4	3,4	34
N2	3,8	121	MS4	1,5	126
M2	30,3	79			

Na Figura 4-2 está mostrada a série histórica de 12 dias de marés, usada nas simulações (06 a 18/03/95). Essa série foi gerada utilizando-se o programa de serviço MIKE 21 TIDHPC e as constantes harmônicas apresentadas na Tabela 4. Ela abrange marés de quadratura, assim como marés de sizígia.

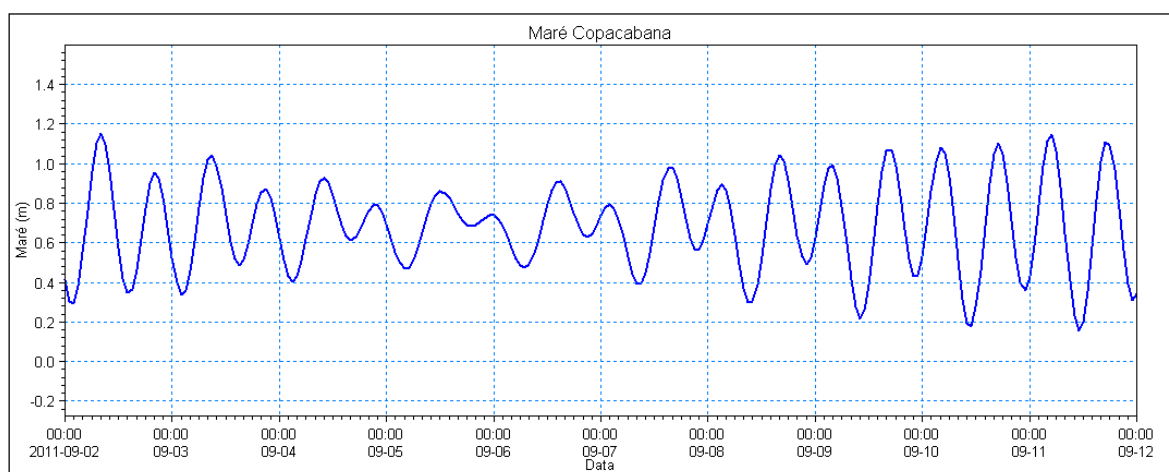


Figura 4-2. Série histórica das marés em Copacabana, usada nas simulações.

4.3 Ventos

Os ventos utilizados nas simulações foram medidos a cada 1 horas em estação localizada no Forte de Copacabana, controlada pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. A Figura 4-3 mostra a velocidade e a direção dos ventos registrados durante o período de 02 a 12/09/2011.

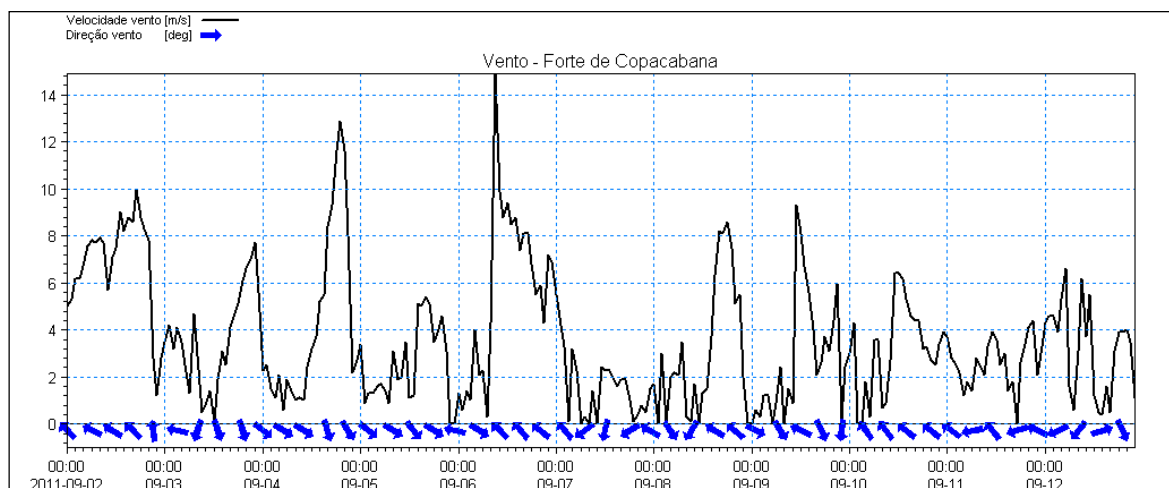


Figura 4-3. Características dos ventos medidos de 02 a 12/09/2011 no Forte de Copacabana, do INMET

5 MODELAGEM HIDRODINÂMICA

5.1 Parâmetros de Calibração

A condição de contorno dada ao modelo foi a série temporal de maré já apresentada. A maré simulada no contorno aberto foi gerada a partir das constantes harmônicas disponíveis para Copacabana. Ela foi propagada e comparada no Porto do Rio com uma série gerada a partir das constantes harmônicas disponíveis para o Porto. Ambas as estações com informações sobre constantes harmônicas foram obtidas no site da FEMAR – Fundação de Estudos do Mar.

Na Figura 5-1 está apresentado um gráfico com a comparação entre a maré simulada e a maré calculada para o Porto do Rio. A Tabela 5-1 mostra os parâmetros utilizados no modelo hidrodinâmico

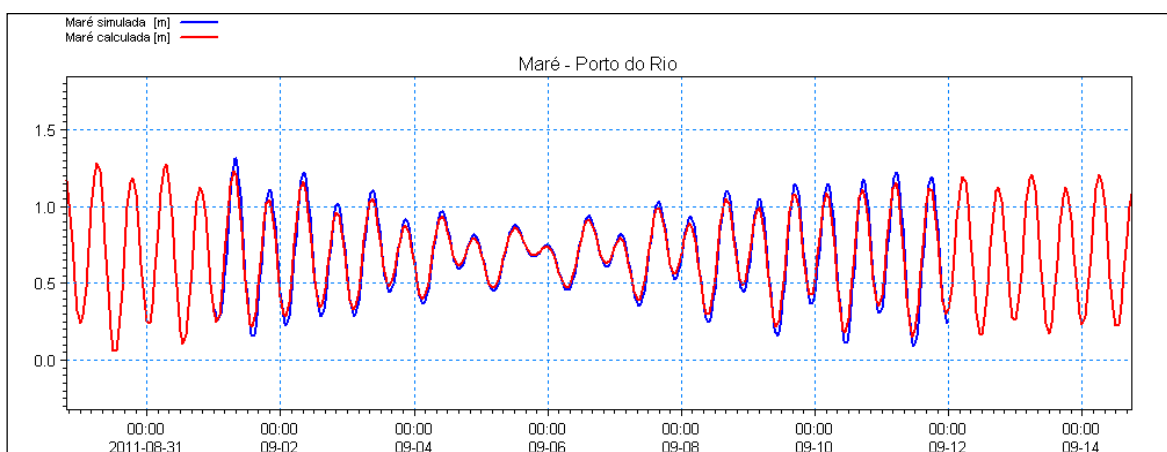


Figura 5-1. Comparação entre a maré simulada e calculada no Porto do Rio.

Tabela 5-1. Parâmetros de calibração

Nº de Manning	32 m ^{1/3} /s
Viscosidade turbulenta	0.28 m ² /s



5.2 Resultados das Simulações

Os resultados das simulações hidrodinâmicas estão apresentados em formas de mapas com as correntes geradas pela ação conjunta da maré e do vento, apenas para um período de maré de Sizígia. Este período de maré possui as maiores velocidades de correntes, possibilitando maiores diferenças entre a situação atual e a situação de projeto.

Na Figura 5-2 pode-se observar o resultado para um instante de maré vazante.

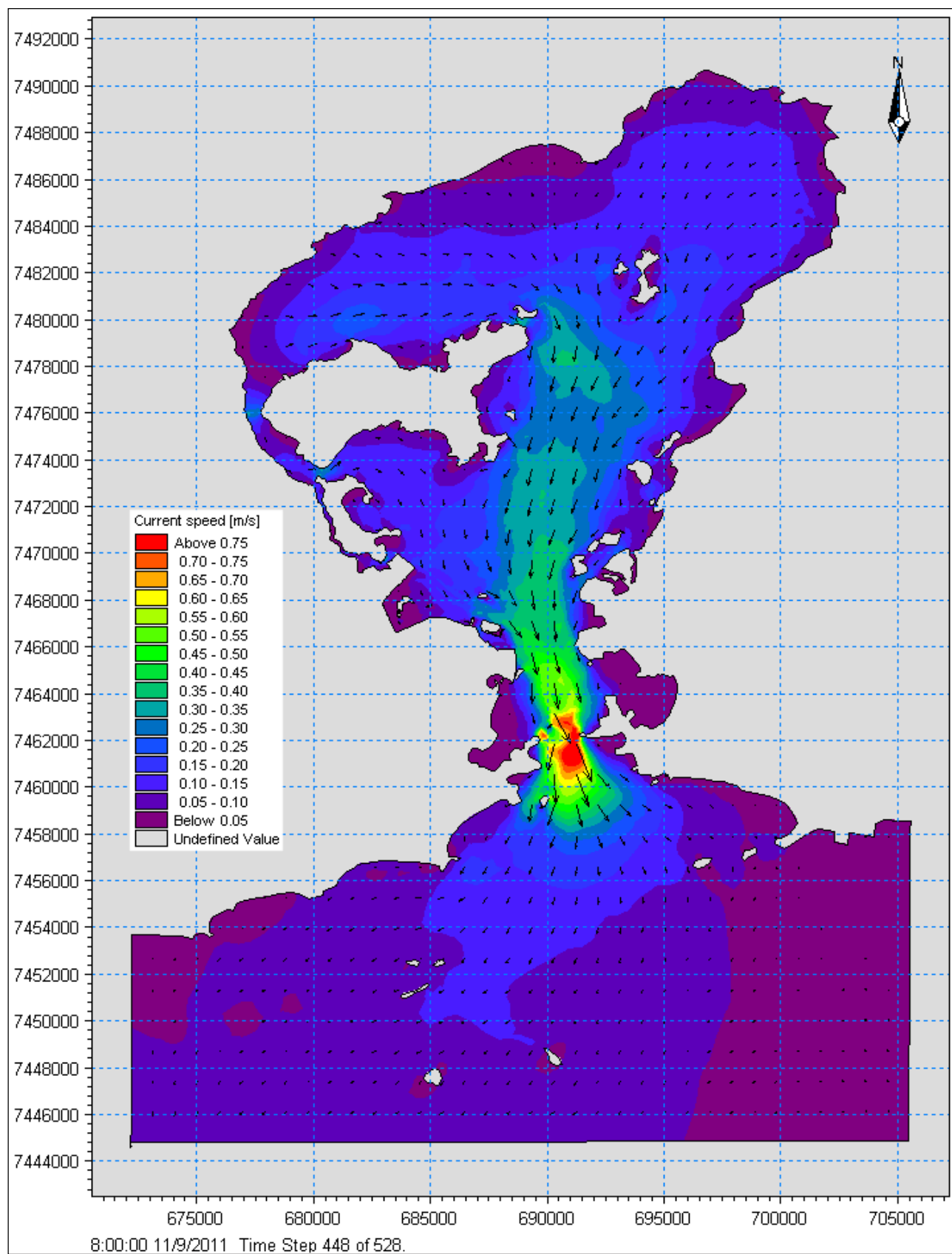


Figura 5-2. Velocidade de corrente na maré vazante.

Na Figura 5-3 pode-se observar o resultado para um instante de maré enchente

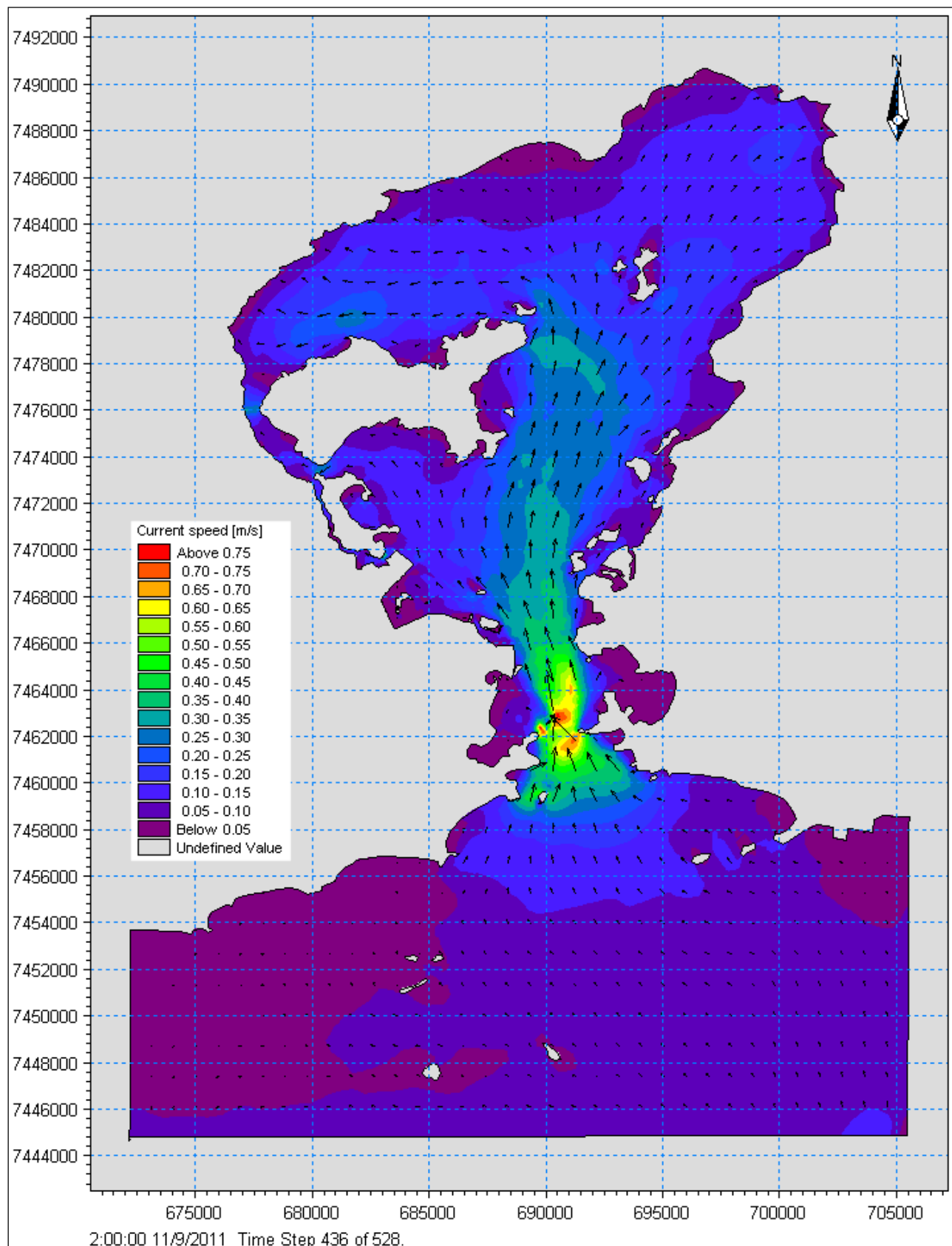


Figura 5-3. Velocidade de corrente na maré enchente.

6 MODELAGEM DA PLUMA DE SEDIMENTOS

6.1 Área de Bota Fora (Área F)

O local para lançamento de material será a Área F. As coordenadas do ponto central da área são 23°06'55.0" S e 043°03'50.9" W, localizada a uma profundidade média de 53m, conforme pode ser visto sobre a Carta Náutica da DHN 1506, como mostra a Figura 6-1.

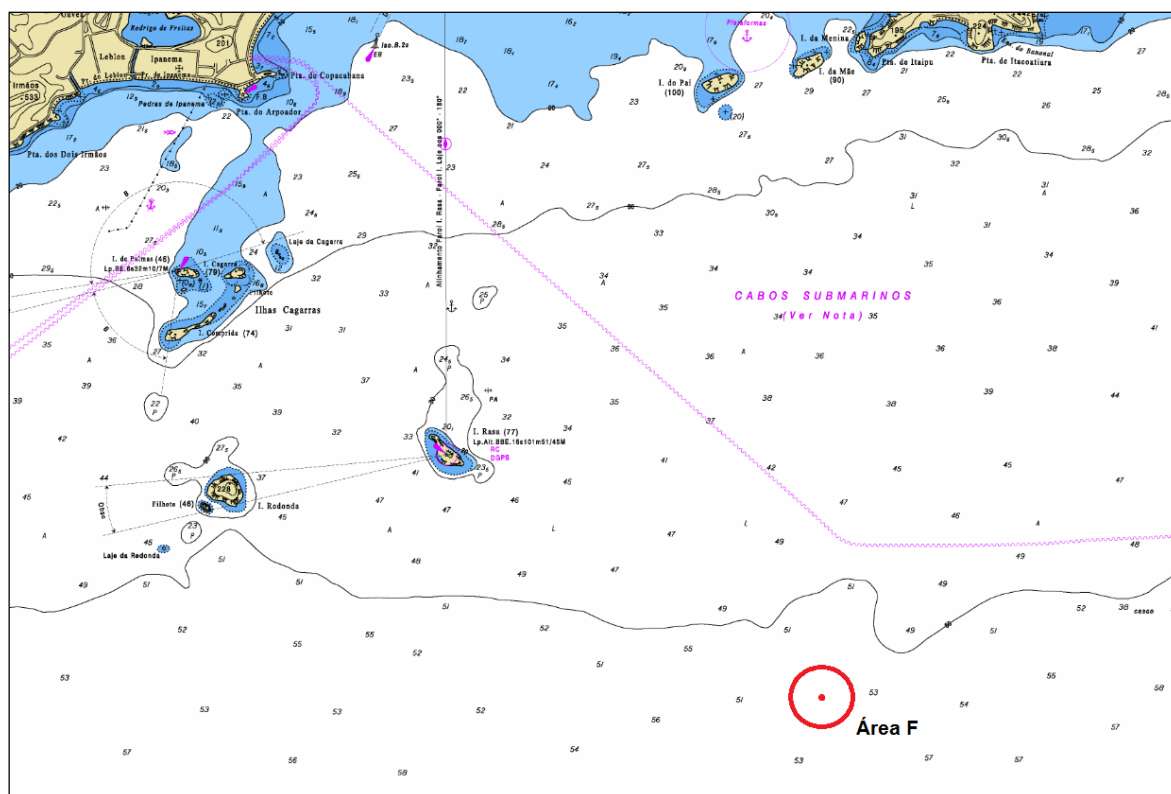


Figura 6-1. Localização Área F de (bota-fora).

A Figura 6-2 apresenta o resultado de distribuição granulométrica na região da Baía de Guanabara segundo estudo de Amador em 1983 e 1992, conforme apresentado por Rosman (2004). Através dos dados da figura, observa-se que a granulometria na área do anteprojeto de dragagem compreende a faixa entre silte e areia fina.

No documento “2º Relatório Analítico Trimestral das Atividades do Programa de Gerenciamento Ambiental das Obras de Dragagem de Aprofundamento do Porto do Rio de Janeiro” emitido pela Secretaria de Portos da Presidência da República em 2010, relatou-se que o material a ser dragado era constituído de cerca de

90% do somatório de areia e argila consolidada, parte do material que sedimenta rapidamente. E cerca de 10% constituído por material fino capaz de entrar em suspensão.

A fim de se obter resultados para as situações limítrofes, em que pode ocorrer maior parcela de sedimentos em suspensão, foram simuladas 3 situações. Cada uma das simulações contemplou uma fração granulométrica do material, a saber, areia muito fina, silte médio e argila. O cenário representado foi o da situação determinada pelos dados de maré e dos ventos medidos, conforme e Figura 4-2 e Figura 4-3, respectivamente.

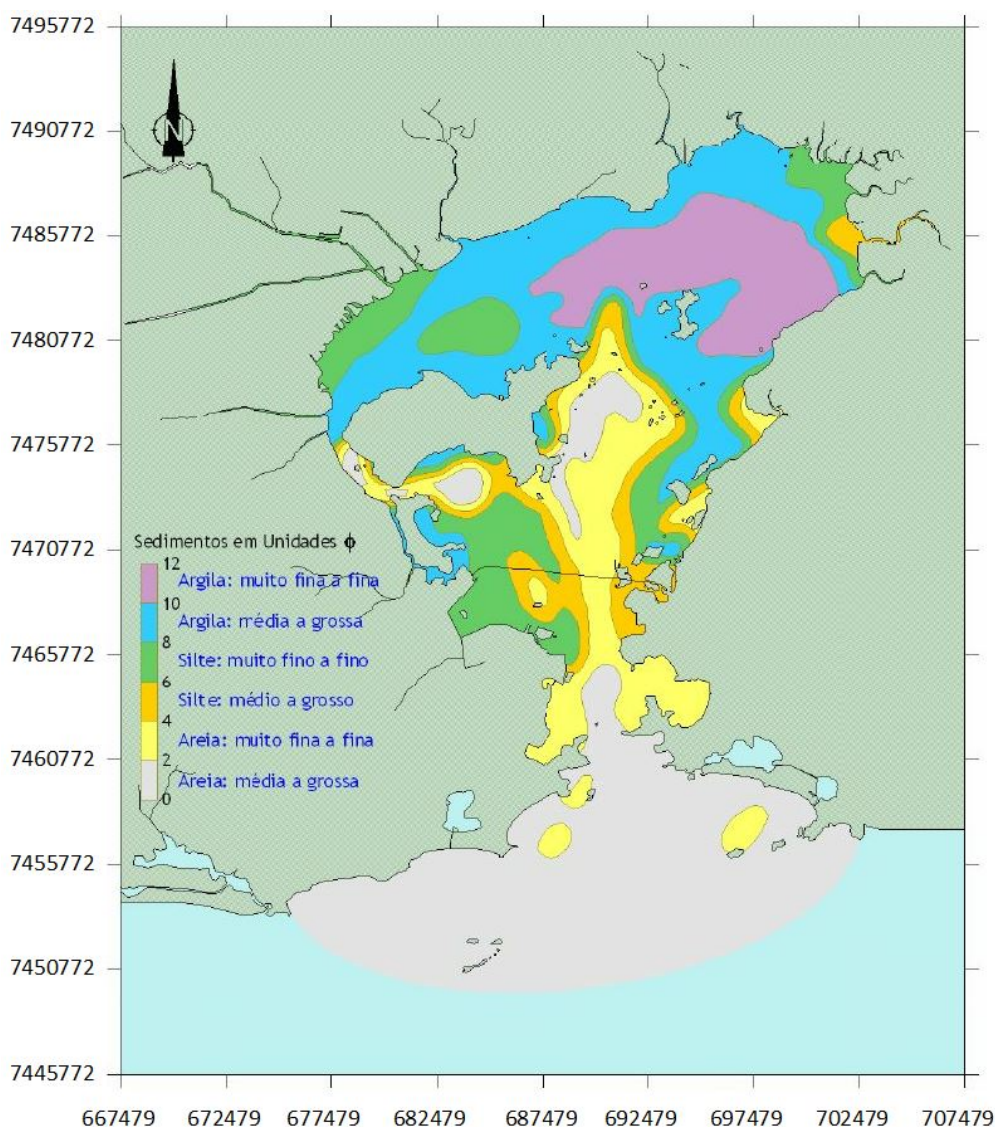


Figura 6-2. Distribuição de sedimentos na Baía de Guanabara. (Fonte: Rosman 2004, baseada em dados de Amador 1983, 1992).

6.2 Parâmetros Numéricos Utilizados

A cada viagem da draga deverão ser lançados no bota fora cerca de 5.000 m³ de material. As simulações foram realizadas considerando-se o lançamento deste volume total para um único tamanho de grão. A primeira apenas com areia muito fina, a segunda apenas com silte médio e a terceira apenas com argila.

A velocidade de queda dos sedimentos foi calculada pela Lei de Stokes, a qual se aplica satisfatoriamente para sedimentos finos, e é dada por:

$$W = \frac{\Delta g D^2}{18\eta}$$

onde:

W = velocidade de queda

Δ = densidade relativa

η = viscosidade dinâmica

g = aceleração da gravidade

D = diâmetro médio do sedimento

Respectivamente, as velocidades de sedimentação foram calculadas para a areia muito fina, silte e argila como 0,00341m/s, 0,00098m/s e 0,000014m/s.

Na simulação do lançamento de argila foi incluída a floculação, fenômeno muito importante na sedimentação dessa fração do material. Na floculação ocorre a agregação de grãos, aumentando significativamente a velocidade de queda. Segundo TRENTO (2005), este fenômeno em água salgada começa a ocorrer para concentrações a partir de 0,1 a 0,3 g/l. Nesta simulação adotou-se a concentração inicial limite de 0,5g/l, o que representaria maior espalhamento da pluma.

Considerando-se que a draga realiza ciclos de lançamentos a cada 6 horas, na simulação foram realizados 40 ciclos consecutivos, num total de 10 dias, cobrindo momentos de maré cheia e vazante, na sizígia e na quadratura.

6.3 Resultados das Simulações

Observa-se uma importante componente das correntes na região na direção Leste-Oeste, o que não permite que as plumas alcancem o litoral ou retornem para a Baía de Guanabara. As abaixo (Figura 6-3, Figura 6-4 e Figura 6-5) mostram o local de sedimentação do material lançado na Área F após o fim dos 40 ciclos, respectivamente para areia muito fina, silte e argila.

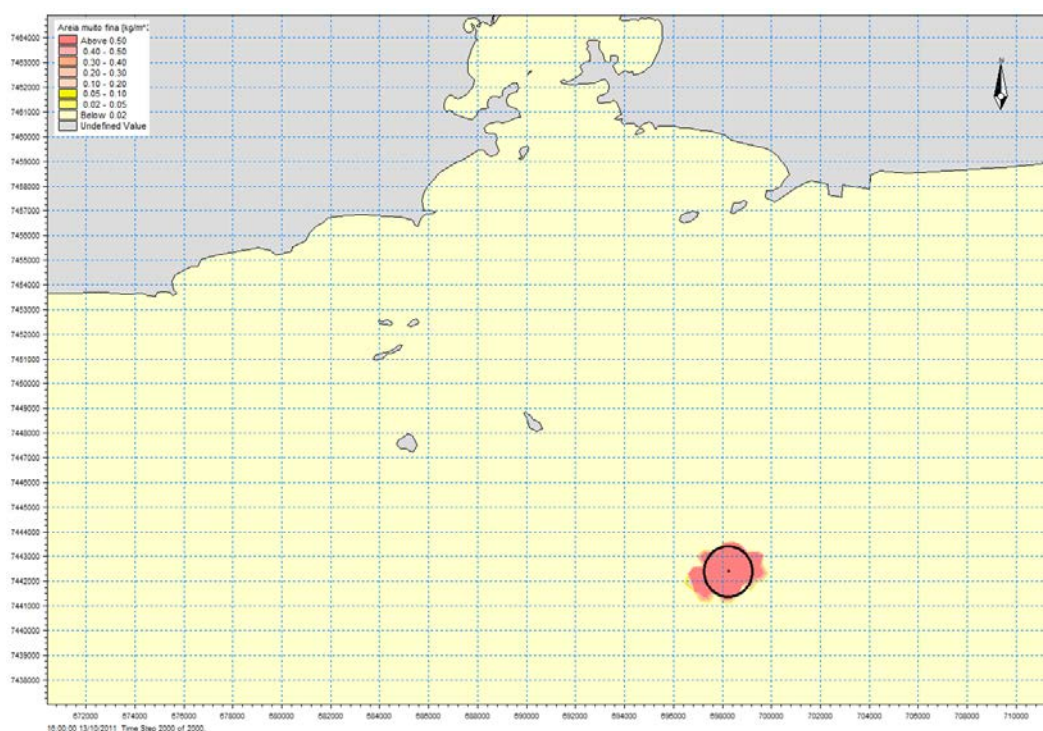


Figura 6-3. Local de deposição de areia muito fina após término dos lançamentos na Área F.

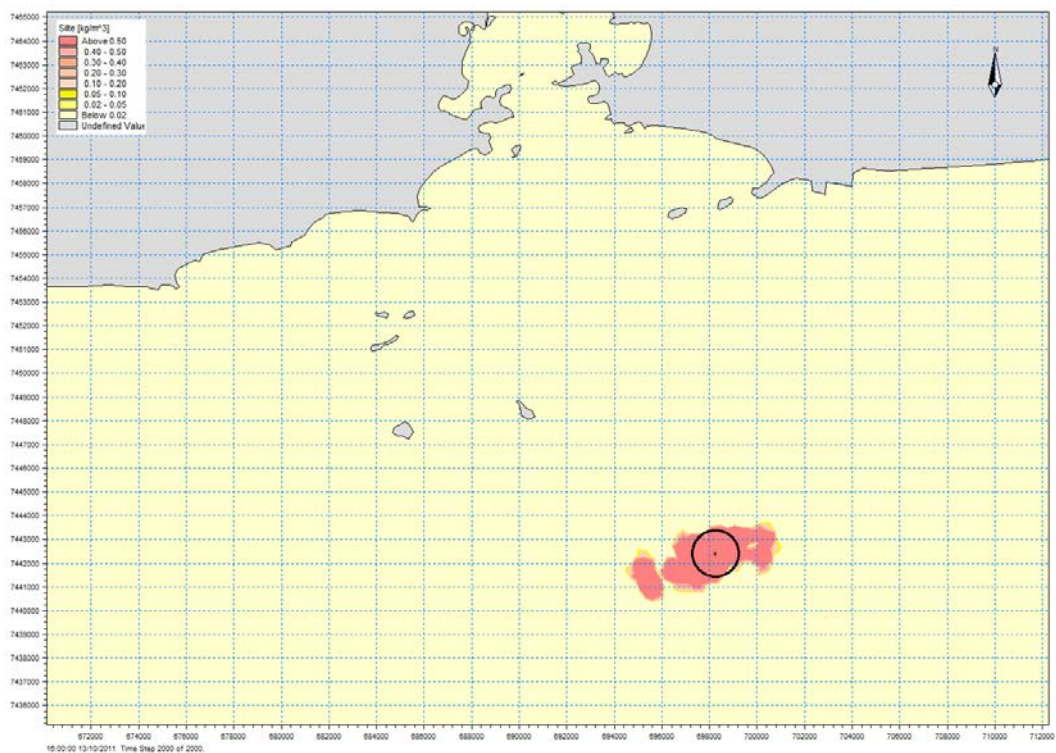


Figura 6-4. Local de deposição de silte após término dos lançamentos na Área F.

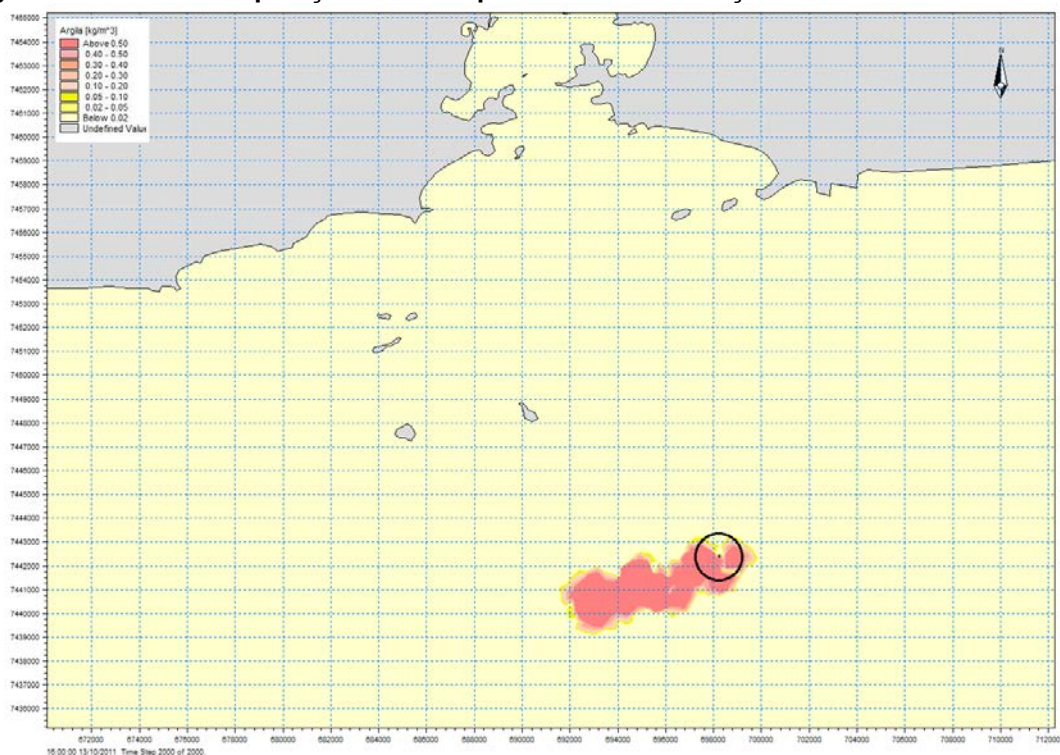


Figura 6-5. Local de deposição de argila após término dos lançamentos na Área F.

7 ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

O presente tópico reúne os dados geológicos básicos, tanto os de cunho geral, quanto aqueles mais específicos à área do Complexo Industrial e Portuário de Niterói, que, obtidos ao longo do tempo, em inúmeras investigações realizadas, embasam os diversos projetos conduzidos pelo INPH, em particular o atual Anteprojeto de (Figura 7-1).

O conhecimento do INPH sobre o conjunto dessas informações tem propiciado, ao longo dos anos, o desenvolvimento de inúmeros projetos e obras de engenharia – sejam de acostagem, dragagem ou derrocagem submarina – voltados aos diversos terminais marítimos públicos e privados do porto.

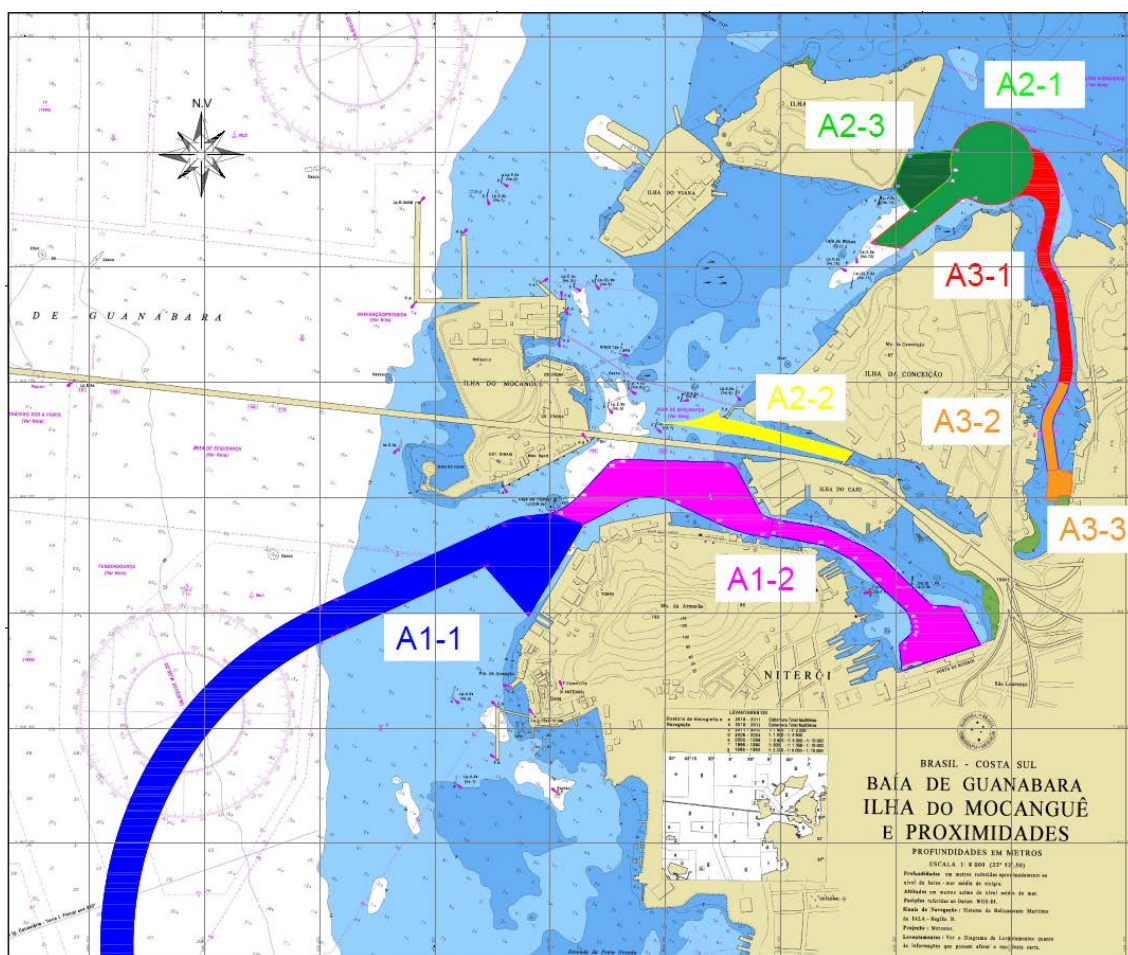


Figura 7-1. Vista parcial da infraestrutura aquaviária do Porto de Niterói, mostrando o traçado relativo do anteprojeto de dragagem aos acessos e áreas de manobra.

7.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

O setor litorâneo que se estende do sul fluminense ao norte do Estado de São Paulo se caracteriza pela presença de um grande número de reentrâncias e saliências, que formam enseadas e “rias”, sendo frequente, em muitos locais, o contato direto do mar com as rochas da Serra do Mar.

Em todo este setor do litoral, e particularmente na área relativa à Baía de Guanabara, ocorrem superposições de depósitos coluvionares, fluviais, flúvio-lacustres, marinhos e flúvio-marinhos, relacionados às alterações climáticas e eustáticas, que atingiram o litoral fluminense a partir do Pleistoceno, e à proximidade das escarpas íngremes da Serra do Mar. A Figura 7-2, a seguir, indica a complexidade litológica, presente no entorno da Baía de Guanabara.

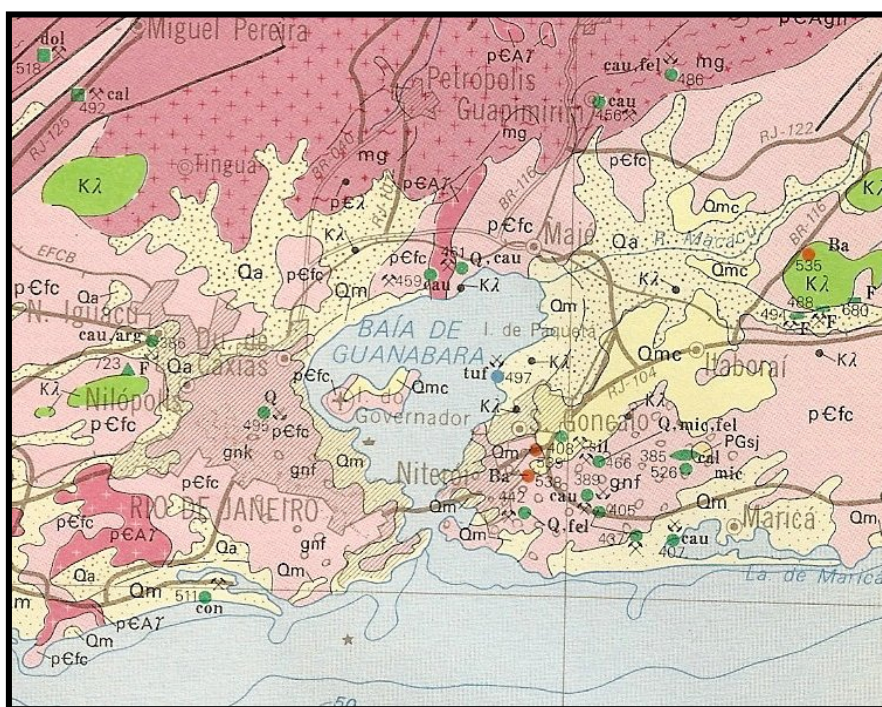


Figura 7-2. Mapa geológico do entorno da Baía de Guanabara.

A literatura técnica relata que as flutuações do nível relativo do mar tiveram papel essencial na definição das características geotécnicas de sedimentos e na morfologia e dinâmica costeiras, tais como os vestígios da drenagem escavada em épocas de nível do mar rebaixado.

Segundo AMADOR (1997)¹, a Baía de Guanabara é definida como um estuário originado pelo afogamento marinho de uma bacia fluvial pleistocênica complexa, condicionada por compartimentos estruturais mais rebaixados do embasamento cristalino, como a área ao fundo da baía, e mais elevados, como a faixa correspondente ao alinhamento das ilhas do Governador, Paquetá e Itaoca.

Estratigraficamente, o assoalho da Baía de Guanabara é composto de:

- sedimentos estuarinos holocênicos, depositados após o afogamento marinho que a originou;
- sedimentos fluviais da Formação Caceribu, constituídos por areias feldspáticas grosseiras;
- embasamento cristalino, constituído por gnaisses e migmatitos diversos.

Os sedimentos estuarinos possuem uma espessura média de cerca de 10 metros, distribuídos de forma irregular, com trechos mais espessos, nas áreas mais centrais, e mais rasos, nas bordas da baía, compostos de depósitos marinhos, constituídos de areia grossa mal selecionada, geralmente bimodal, e de sedimentos flúvio-marinhos finos, silto-argilosos ou argilo-siltosos moles, ricos em matéria orgânica.

Não necessariamente aplicáveis a áreas específicas do Porto do Rio de Janeiro, dados pretéritos de perfis geofísicos e sondagens, obtidos na Baía de Guanabara, indicaram a ocorrência de sedimentos da Formação Caceribu, em profundidades superiores a 50 metros, como substrato dos sedimentos marinhos holocênicos.

A idade pleistocênica superior, atribuída a esses depósitos, deve-se à sua posição estratigráfica bem definida, repousando sobre o embasamento pré-cambriano, ou sedimentos da Formação Macacu, e sendo capeados pelos depósitos fluviais, coluviais ou marinhos holocênicos.

No eixo cortado pela Ponte Rio-Niterói ocorrem, ainda, argilas continentais

¹Amador, E.S., 1997. "Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza". Rio de Janeiro (RJ), REPROART Gráfica e Editora Ltda., 539 pp.

transicionais de origem fluvial, estratigraficamente situadas entre os sedimentos arenosos da Formação Caceribu, do Pleistoceno Superior, e as lamas e areias estuarinas holocênicas.

Sua idade foi estimada entre 8.000 e 10.000 anos, correspondendo a um nível de estabilização do nível do mar, em cota de aproximadamente 40 a 50 metros abaixo do nível do mar atual, quando, provavelmente, instalou-se um sistema de drenagem meandrante.

Devido à sua origem por afogamento marinho, de uma antiga bacia fluvial pleistocênica, a Baía de Guanabara tem um fundo muito irregular, com as isóbatas orientadas por antigos talwegues fluviais, hoje parcial ou totalmente soterrados pela sedimentação estuarina.

Amostragens superficiais de fundo antigas, realizadas em toda a área da baía, demonstram a ampla predominância de lamas terrígenas orgânicas, com teor superior a 75% de lama, capeando o fundo, desde a parte mais interna da baía, até cerca de 3 Km ao sul da Ponte Rio-Niterói (Figura 7-3).

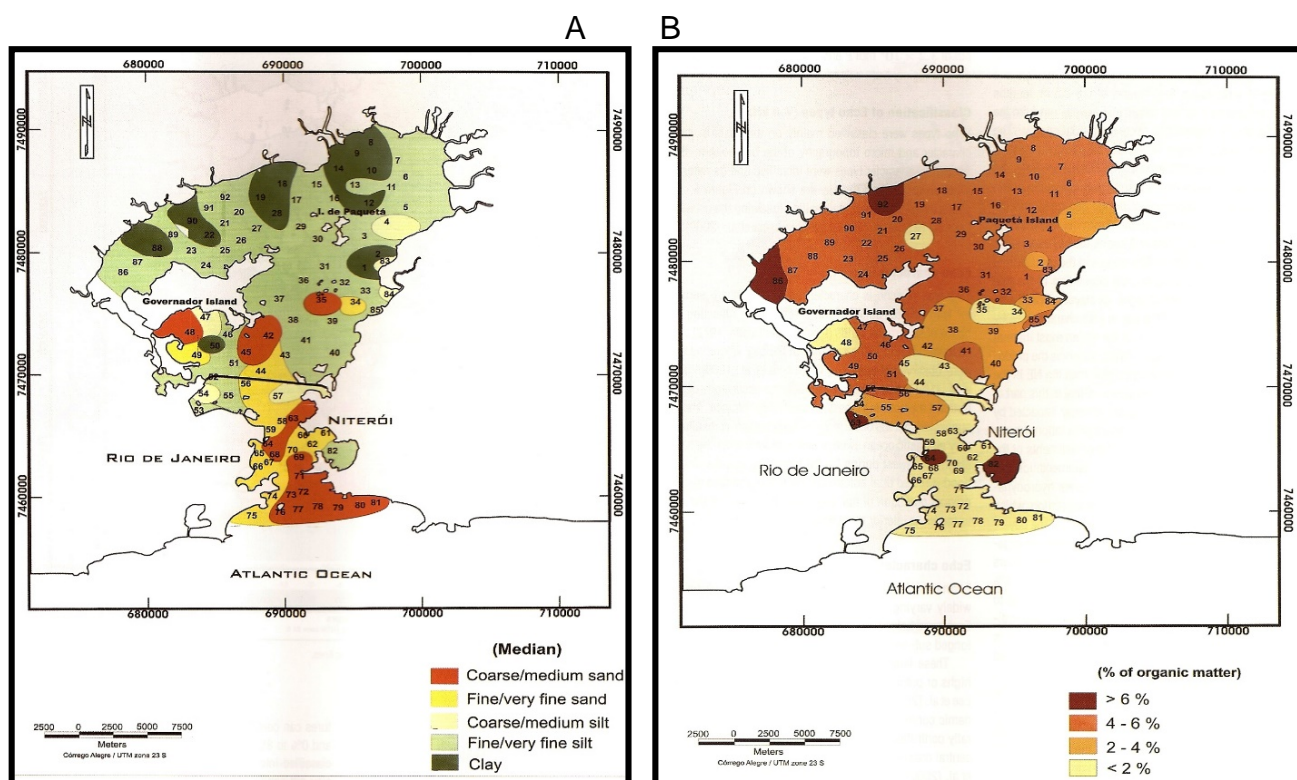


Figura 7-3. Distribuição (A) de sedimentos e (B) de percentuais de matéria orgânica.

Em um estudo específico sobre o comportamento de argilas² em dragagens no Porto do Rio de Janeiro, LIMA (1974) relata que levantamentos, através da execução de sondagens geotécnicas e análises de laboratório, demonstraram a existência de uma camada superficial, encontrada *“em toda a região investigada, com espessura bastante variável, apresentando alguns bolsões, com até 6,50m de profundidade”*.

Esta camada é constituída de argilas siltosas moles a muito moles, orgânicas, com eventual presença de areia, conchas e detritos vegetais, de coloração cinza escura a cinza esverdeada, que, por suas características e baixíssima consistência, pode ser classificada como lama ou vasa, sendo dignos de nota os elevados teores de umidade, superiores a 100%, aí encontrados.

Duas outras camadas subjacentes à primeira, ainda foram identificadas nesse estudo, ambas compostas respectivamente por argila siltosa ou arenosa, com pronunciado aumento da consistência, em função da profundidade.

LIMA (1974) considera que “as características de escoamento e deformação do material de fundo, tanto no seu estado natural como diluído durante o processo de dragagem hidráulica, têm uma ligação direta com a sua dragabilidade” e, por conseguinte, com a própria estabilidade desses materiais.

Quanto aos teores de umidade superiores a 100%, encontrados nas argilas siltosas existentes nessa área, CASTRO (1974) ressalta a variação volumétrica que certas argilas apresentam quando varia o seu teor em água³, lembrando que, *“pela absorção de água origina-se um aumento de volume que pode, com certos tipos de solo, assumir importantes proporções”*.

Além deste e de outros estudos técnicos e científicos, realizados por diversos autores, empresas e instituições universitárias, o INPH e a própria CDRJ, que administra o Porto do Rio de Janeiro – através de recursos técnicos próprios e/ou de contratos com a iniciativa privada ou através desta – tem buscado o pleno

² “Geotécnica Aplicada à Dragagem”, por Maria José C. Porto Alves de Lima, Monografia apresentada à Escola de Engenharia da UFRJ, em Concurso de Docência Livre, 1974.

³ “Expansibilidade, Capilaridade e Sucção”, por Elda de Castro, In: Mecânica dos Solos – Conceitos Fundamentais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC, Lisboa, 1974.

conhecimento do substrato da Baía de Guanabara, prioritariamente nas áreas de influência do mencionado porto, sempre focando as necessidades do projeto que esteja sendo desenvolvido no momento.

Em confirmação ao exposto, o INPH apresenta a documentação geológica que embasa o anteprojeto em apreço, grande parte dela consolidada em duas “Plantas de Integração de Dados Geofísico-Geológicos” (Figuras 4 e 6), sobre as quais foram analisadas, integradamente, todas as informações disponíveis e passíveis de utilização no desenvolvimento deste anteprojeto.

7.2 Análise de Dados

Com vistas a subsidiar projetos e obras de alargamento e aprofundamento em áreas específicas de Niterói - RJ (canais de acesso e bacias de evolução), foram analisados dados geológicos, obtidos em levantamentos geofísicos (sonar de varredura lateral, levantamento sísmico e batimetria), sondagens por jet-probe, sondagens a percussão e sondagens mistas, pelo Estaleiro Mauá, Rolls-Royce Marine Brasil, e Wellstream. Nos tópicos a seguir, são apresentados os serviços e os dados fornecidos pelas respectivas empresas.

Tais resultados servem como base à compreensão do comportamento dos solos existentes em diversas localidades das proximidades de Niterói e São Gonçalo.

Os dados obtidos estão apresentados nas plantas no anexo - INPH - 210 - 10 – E e INPH – 210 – 10 – F.

7.3 Estaleiro Mauá – Ilha do Caju/ Ilha da Mocanguê/ Ponta da Areia (Área 1)

7.3.1 Introdução

Com a finalidade de subsidiar projeto de dragagem de aprofundamento na área dos Terminais Marítimos dos Estaleiros Mauá-Jurong e da CEC, em Niterói – RJ, a **Mauá-Jurong** contratou serviços de **levantamento sismobatimétrico e sondagens geológicas**, visando o estudo preliminar da área de influência do referido projeto. Tais serviços foram executados no período de 01/05/2004 a

19/05/2004.

A região levantada abrangeu a área delimitada conforme mostra a Figura 7-4:



Figura 7-4. Área de coleta.

7.3.2 Descrição dos Serviços

7.3.2.1 Levantamento Sismobatimétrico

A área de abrangência de estudo foi dividida em 3 sub-áreas, para melhor aplicação da metodologia de levantamento e visando o melhor recobrimento de toda a área. Duas sub-áreas foram espaçadas com linhas a cada 20 metros, cumprindo um projeto de levantamento na escala de 1:2.000. A terceira sub-área foi levantada na escala de 1:1.000, detalhando com mais precisão a área em frente ao cais da CEC.

Foram realizadas 52 seções sismobatimétricas, totalizando, em toda a área, aproximadamente 40 km percorridos.

A referência de nível para maregrafia e altimetria foi tomada do marégrafo instalado na estação maregráfica da Ponta da Armação, Niterói – RJ, contendo os valores para a correção das variações de maré durante o período de sondagem.

7.3.2.2 Sondagens Geológicas

Foram executadas 20 sondagens geológicas por Jet-probe, em pontos previamente programados, distribuídos em alguns alto-fundos batimétricos e em locais onde a interpretação prévia da sísmica indicava a necessidade de maior conhecimento do pacote de sedimentos.

A seguir, são informadas as posições dos pontos mencionados, com suas coordenadas, no Sistema UTM, Datum Córrego Alegre:

SONDAGENS JET-PROBE REALIZADAS NO ANO DE 2004

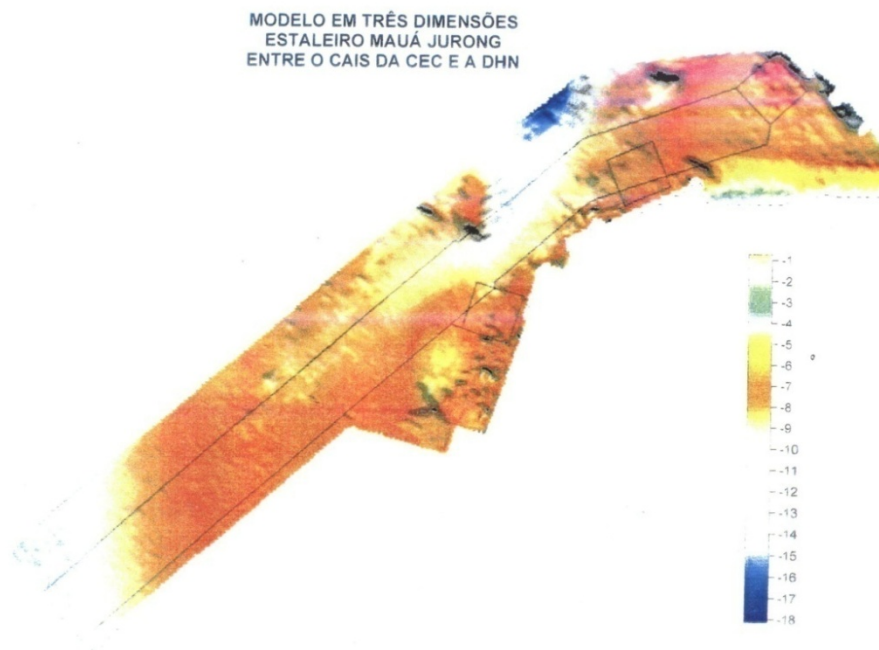
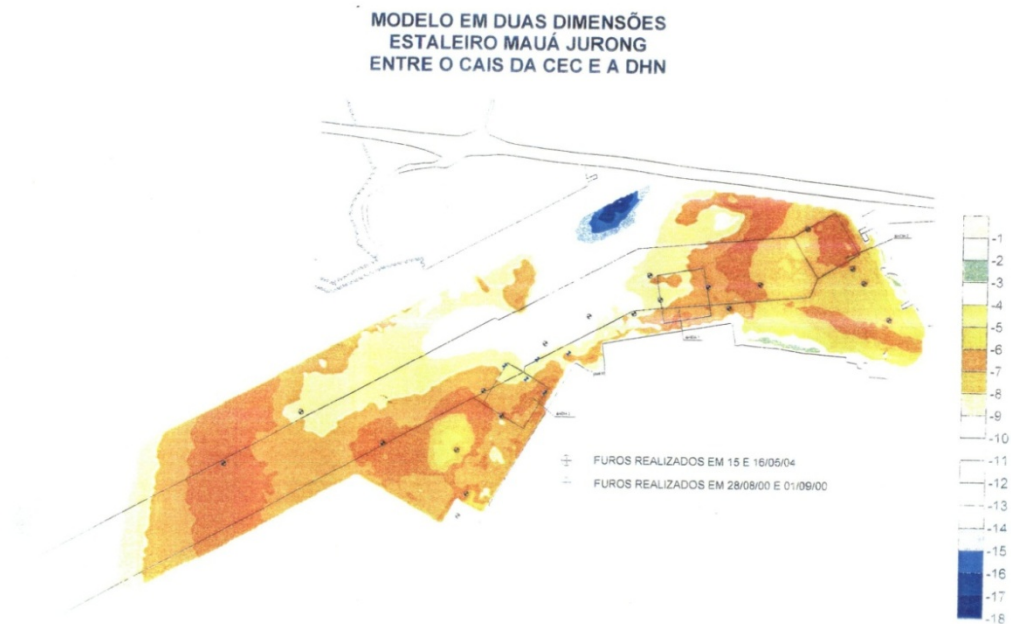
FURO	COORDENADAS UTM (Datum Córrego Alegre)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
J-01	690.869,00	7.468.603,00
J-02	691.047,00	7.468.721,00
J-03	691.237,00	7.468.652,00
J-04	691.416,00	7.468.490,00
J-05	691.410,00	7.468.638,00
J-06	691.435,00	7.468.540,00
J-07	691.513,00	7.468.717,00
J-08	691.470,00	7.468.774,00
J-09	691.712,00	7.468.947,00
J-10	691.610,00	7.468.884,00
J-11	691.816,00	7.468.955,00
J-12	691.852,00	7.469.042,00
J-13	691.877,00	7.468.987,00
J-14	691.987,00	7.469.017,00
J-15	692.036,00	7.468.970,00
J-16	692.108,00	7.469.024,00
J-17	692.215,00	7.469.152,00
J-18	692.318,00	7.469.062,00
J-19	692.344,00	7.469.029,00
J-20	692.400,00	7.468.946,00

SONDAGENS JET-PROBE REALIZADAS NO ANO DE 2000

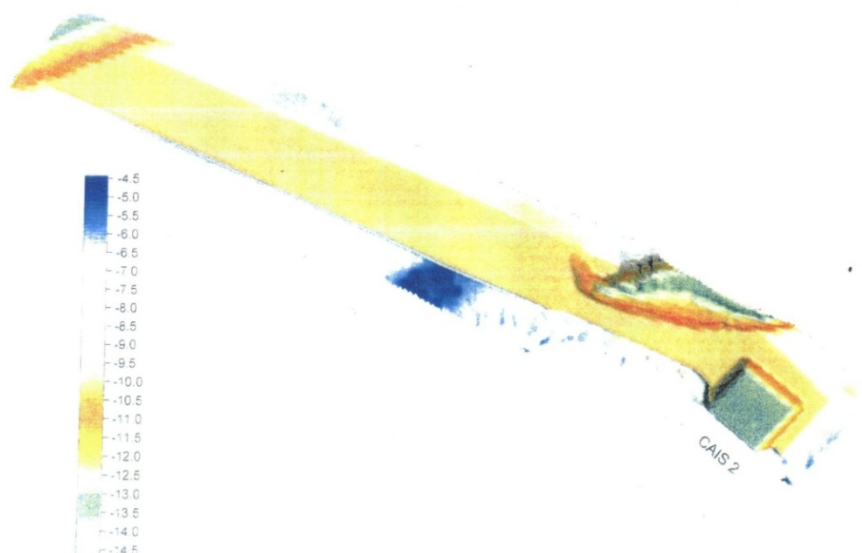
FURO	COORDENADAS UTM (Datum Córrego Alegre)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
F-01	691.611,50	7.468.771,30
F-02	691.567,50	7.468.802,00
F-03	691.518,30	7.468.832,40
F-04	691.593,00	7.468.847,50
F-05	691.665,00	7.468.861,80

Figura 7-5. Coordenadas das Sondagens Executadas

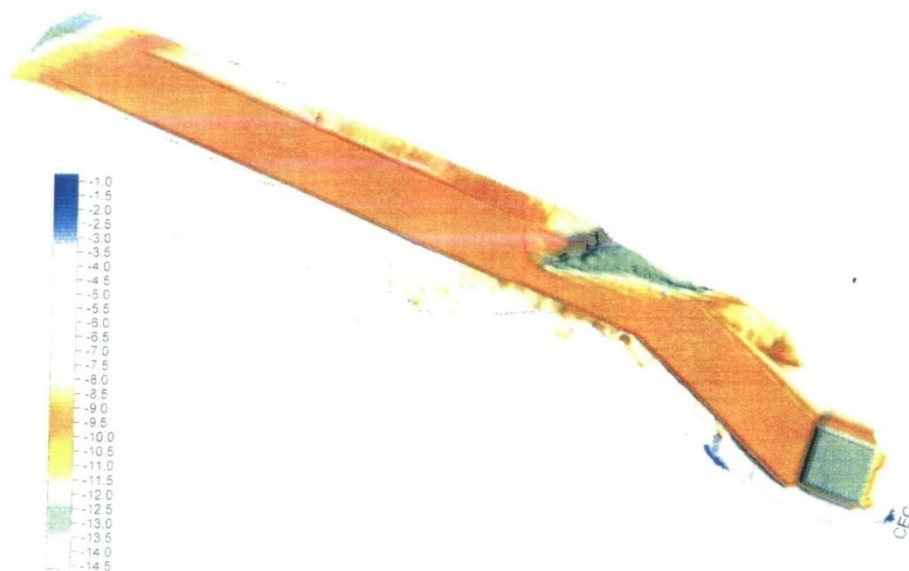
7.3.3 Modelagem em 2D e 3D da área investigada



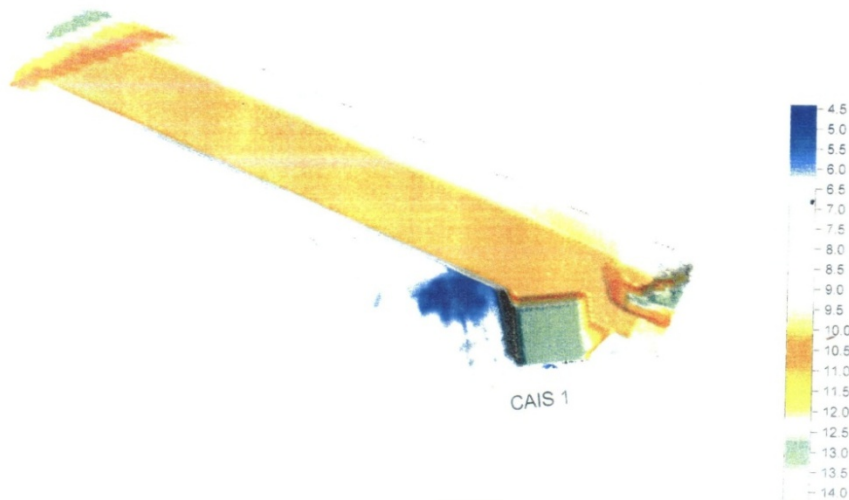
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 1 APÓS A DRAGAGEM
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



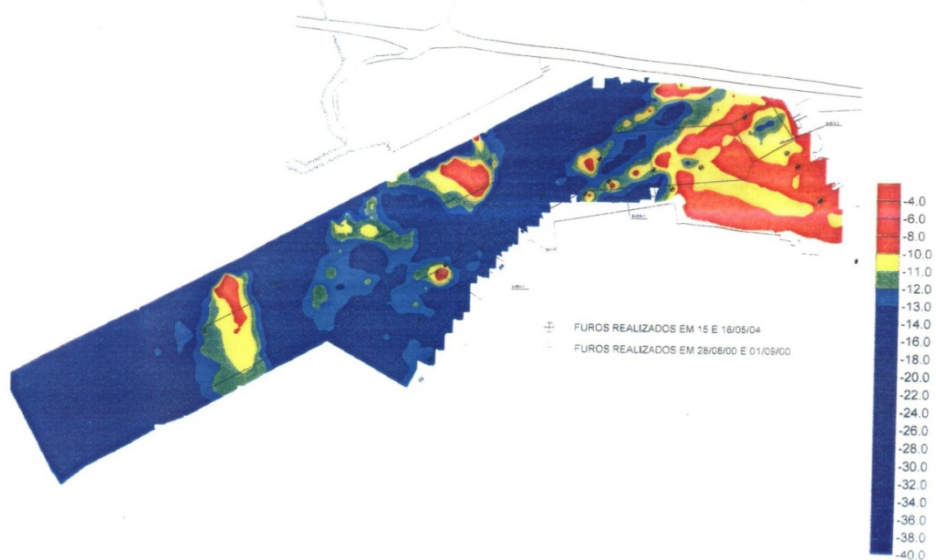
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 2 APÓS A DRAGAGEM
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



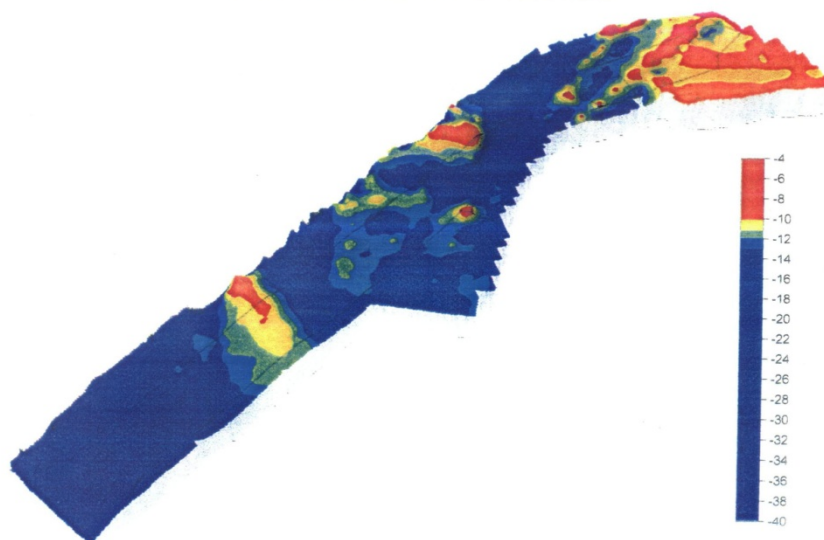
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 3 APÓS A DRAGAGEM
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



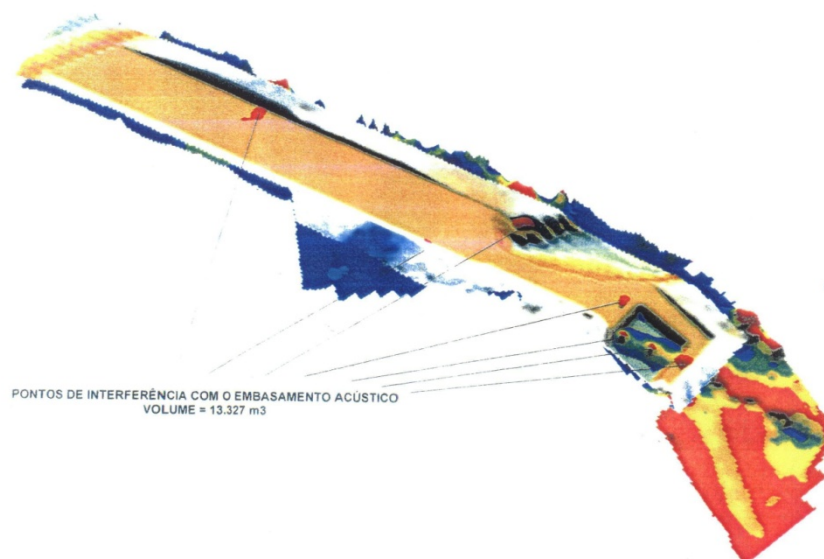
MODELO EM DUAS DIMENSÕES
EMBASAMENTO ACÚSTICO
PROFUNDIDADES INTERPRETADAS (DHN)
MAUÁ JURONG ENTRE O CAIS DA CEC E A DHN



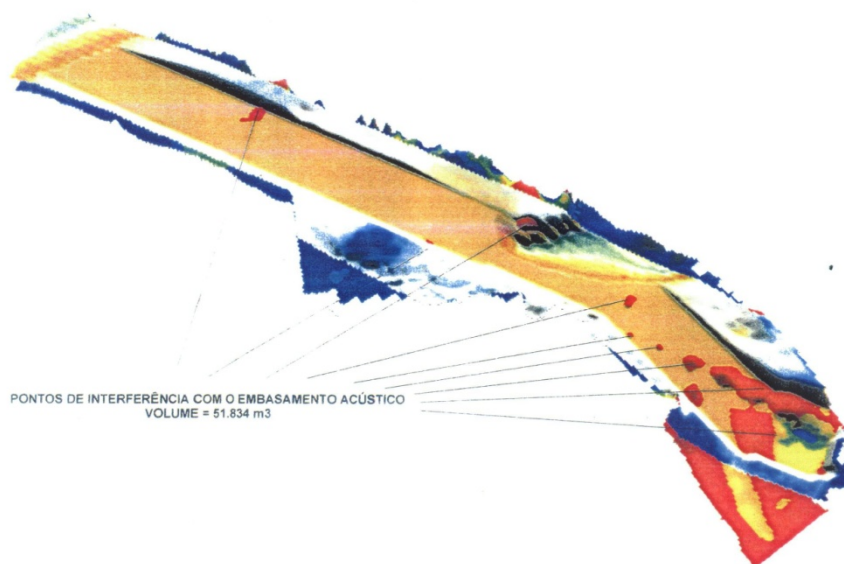
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES
 EMBASAMENTO ACÚSTICO
 PROFUNDIDADES INTERPRETADAS (DHN)
 MAUÁ JURONG ENTRE OS CAIS DA CEC E A DHN



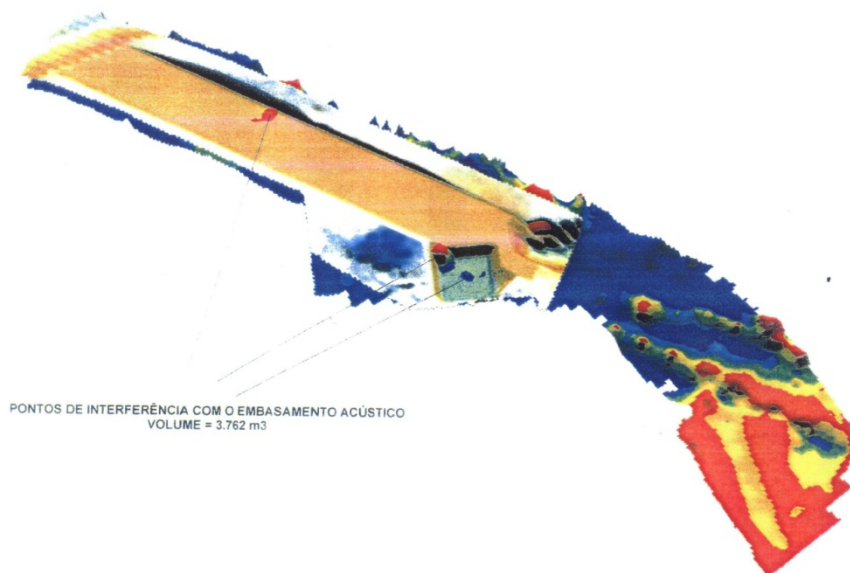
ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 1 APÓS A DRAGAGEM
 PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM O EMBASAMENTO ACÚSTICO
 MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 2 APÓS A DRAGAGEM
PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM O EMBASAMENTO ACÚSTICO
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



ÁREA DO PROJETO PARA BACIA 3 APÓS A DRAGAGEM
PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM O EMBASAMENTO ACÚSTICO
MODELO EM TRÊS DIMENSÕES



7.3.4 Perfis Sismobatimétricos

Com fins ilustrativos, foram gerados perfis da superfície de fundo, obtidos dos modelos digitais de terreno, gerados a partir dos dados do levantamento sismobatimétrico. A obtenção destes perfis da superfície de fundo, do horizonte geofísico e da superfície de projeto foi feita através de seções de corte nestas superfícies, tomando-se uma linha arbitrária como ponto de partida para o corte das seções.

Na Figura 7-6, pode-se observar o desenho em duas dimensões apresentando a área de levantamento com as seções de corte utilizadas para obtenção dos perfis. Os seis perfis gerados estão ilustrados a seguir, onde se observa a justaposição entre as seções batimétrica, sísmica e de projeto.

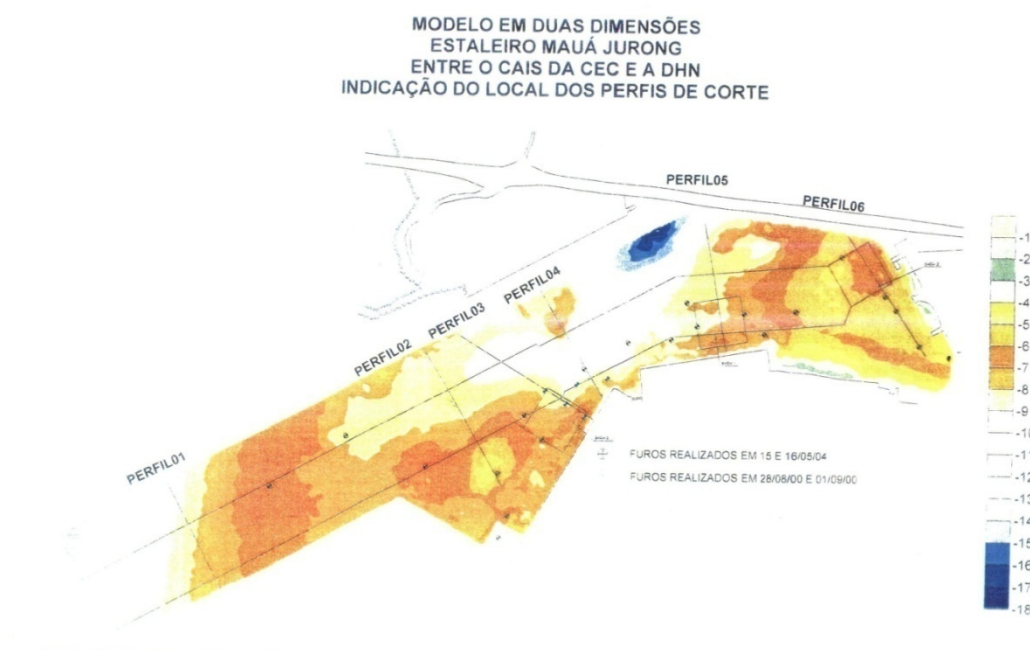
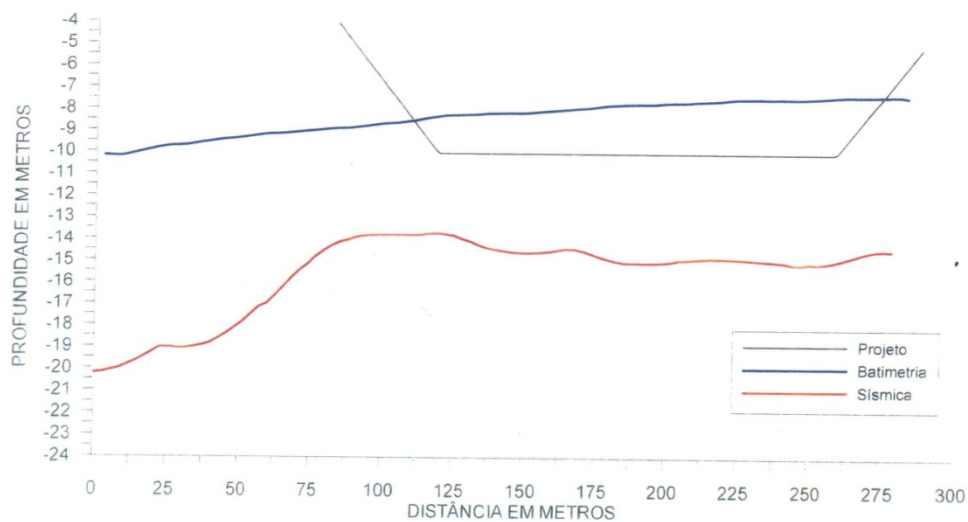


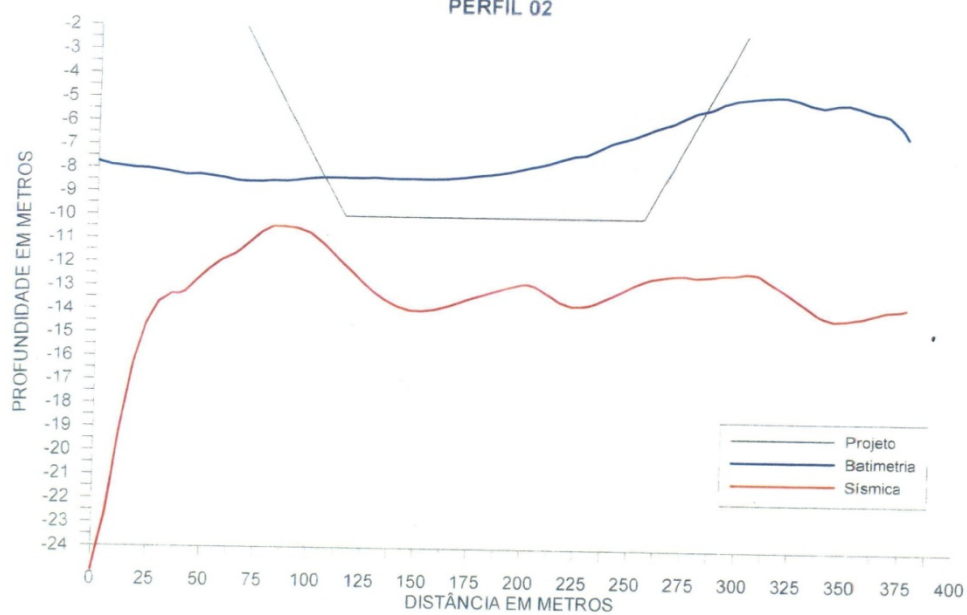
Figura 7-6. Área de levantamento com as seções de corte utilizadas para obtenção dos perfis.

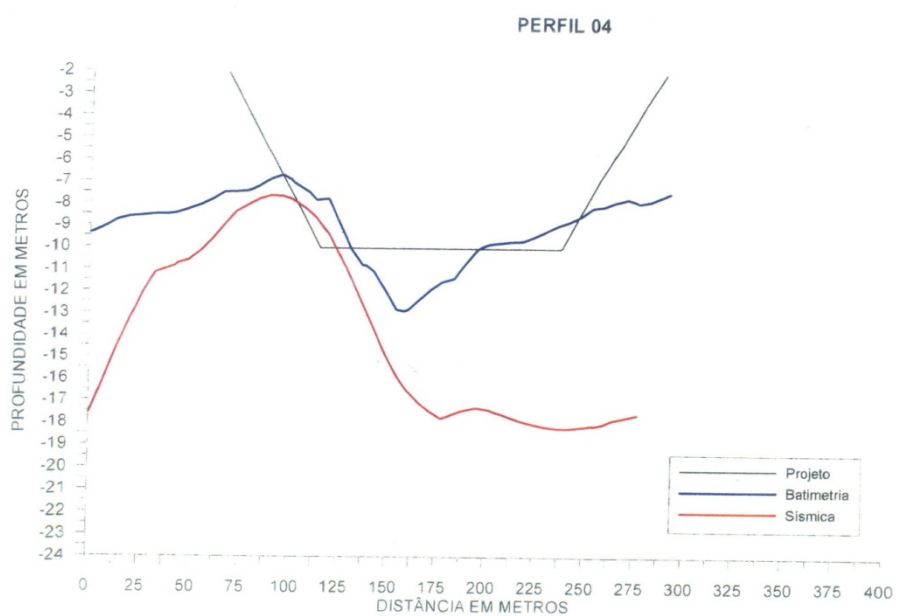
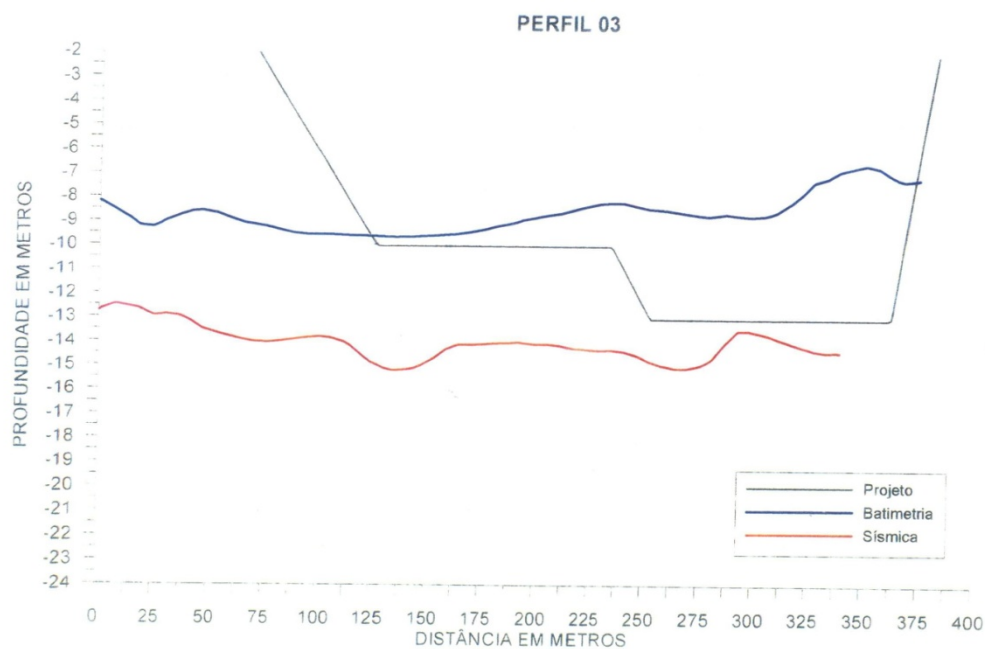


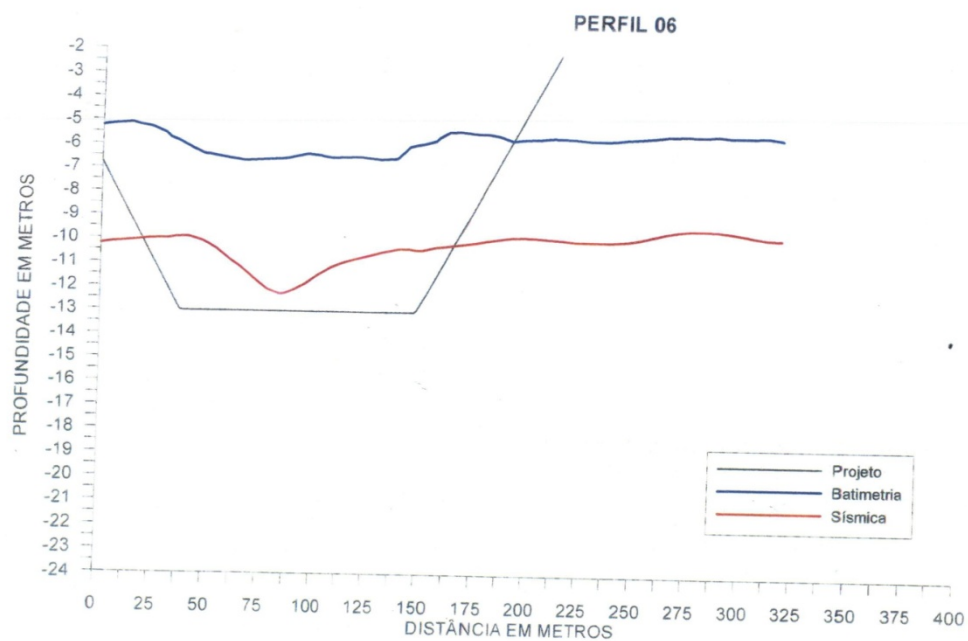
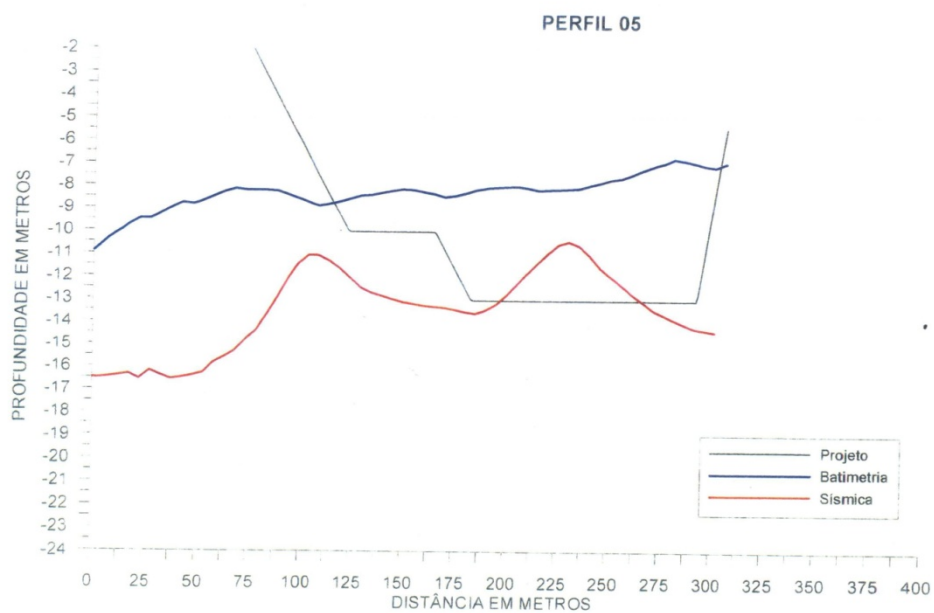
PERFIL 01



PERFIL 02







7.3.5 Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2004)



BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-01 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

[illegible]

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-02 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

[illegible]



BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-03 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	6,90	Areia fina, siltosa, com fragmentos de conchas, cinza esverdeada.
6,50	13,40	Limite de Sondagem.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-04 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	5,00	Areia média e grossa, pouco argilosa, com conchas, cinza escura.
0,50	5,50	Areia grossa e média, com muitos fragmentos de conchas, cinza.
6,50	11,50	Limite de Sondagem.



BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-05 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	5,30	Areia grossa e média, com muitos fragmentos de conchas, cinza.
6,50	11,80	Areia grossa, com muitos fragmentos de conchas, cinza.
7,50	12,80	Limite de Sondagem.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-06 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	6,10	Areia grossa e média, com muitos fragmentos de conchas, cinza.
7,00	13,10	Limite de Sondagem.



BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-07 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	6,80	Areia fina, com poucos fragmentos de conchas, cinza.
6,00	12,80	Limite de Sondagem.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-08 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	7,30	Argila siltosa, com muita areia fina e fragmentos de conchas, cinza esverdeada.
5,50	12,80	Limite de Sondagem. Impenetrável ao Jet-Probe.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-09 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

[illegible]

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-10 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

[illegible]



BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

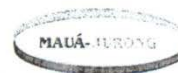
Furo: J-11 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	8,40	Argila siltosa, com areia fina e fragmentos grossos de conchas e cracas, semi-fluida a plástica, cinza esverdeada.
5,00	13,40	Limite de Sondagem. Impenetrável ao Jet-Probe.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-12 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	8,10	Argila siltosa, com areia fina e fragmentos de conchas, cinza esverdeada.
6,00	14,10	Limite de Sondagem.



BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA

Furo: J-13 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	8,30	Argila siltosa, com areia fina, plástica, cinza esverdeada.
5,50	13,80	Limite de Sondagem.

BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA

Furo: J-14 / Data: Maio/2004
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	7,40	Argila siltosa, com areia fina, plástica, cinza esverdeada.
3,00	10,40	Areia média, quartzosa, compacta, cinza.
4,00	11,40	Limite de Sondagem. Impenetrável ao Jet-Probe.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-15 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

[illegible]

BOLETIM DE SONDAAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-16 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói - RJ

[illegible]

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-17 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

[illegible]

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-18 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	5,50	Argila siltosa, com pouca areia fina, semi-fluida, cinza escura.
3,80	9,30	Areia grossa a média, pouco argilosa, com pedregulhos finos de quartzo e feldspato, com poucos fragmentos de conchas, cinza.
5,80	11,30	Limite de Sondagem. Impenetrável ao Jet-Probe.
		Obs.: Possível início de camada de argila dura (tabatinga) amarelada. Sem recuperação de amostra.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-19 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói - RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-tátil)
0,00	5,60	Argila siltosa, orgânica, semi-fluida, cinza escura.
3,00	8,60	Areia grossa a média, quartzosa, com pedregulhos finos de quartzo e feldspato, cinza.
4,50	10,10	Limite de Sondagem. Impenetrável ao Jet-Probe.
		Obs.: Possível início de camada de argila dura (tabatinga) amarelada. Sem recuperação de amostra.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

Furo: J-20 / Data: Maio/2004
 Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
 Local: Niterói – RJ

[illegible]



7.3.6 Boletins de Sondagem Jet-Probe (Ano 2000)



BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA

Furo: J-01 / Ano: 2000
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong

F-01 – Ano 2000

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-5,90	Silte argiloso, com muita areia fina, pouco micáceo, preto.
0,00 a 2,00	-5,90 a -7,90	Argila siltosa, com areia fina, muitos fragmentos de mariscos e restos de matéria orgânica, cinza esverdeada.
2,00 a 4,00	-7,90 a -9,90	Idem.
4,00 a 6,00	-9,90 a -11,90	Argila siltosa, com areia fina a grossa e muitos fragmentos de conchas e mariscos, pouco plástica, cinza esverdeada.
6,00 a 7,50	-11,90 a -13,40	Argila arenosa, com fragmentos de conchas e mariscos, pouco plástica, cinza esverdeada.

BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA

Furo: J-02 / Ano: 2000
Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong

F-02 – Ano 2000

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-7,50	Areia grossa a fina, siltosa, com muitos fragmentos de mariscos e restos orgânicos, grande quantidade de lixo e detritos diversos, castanho-acinzentada.
0,00 a 2,00	-7,50 a -9,50	Argila siltosa, com areia fina e média, presença de núcleos de argila plástica, com fragmentos de mariscos e conchas, cinza esverdeada..
2,00 a 4,00	-9,50 a -11,50	Idem.
4,00 a 6,00	-11,50 a -13,50	Argila arenosa, com fragmentos de conchas e mariscos, pouco plástica, cinza esverdeada.

BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA

F-03 – Ano 2000 00

Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói – RJ

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-7,70	Areia fina a grossa, com muitos fragmentos de mariscos e conchas, pouco micácea, castanho-acinzentada.
0,00 a 2,00	-7,70 a -9,70	Argila siltosa, com presença de núcleos de argila plástica, com fragmentos de conchas e mariscos, plástica, cinza esverdeada.
2,00 a 4,00	-9,70 a -11,70	Idem.
4,00 a 6,00	-11,70 a -13,70	Idem.

BOLETIM DE SONDAÇÃO SUBAQUÁTICA

F-04 – Ano 2000 00

Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong
Local: Niterói – RJ

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-8,60	Silte arenoso, com areia fina e média, e fragmentos de mariscos e conchas, presença de restos de matéria orgânica, pouco micáceo, castanho-acinzentado.
0,00 a 2,00	-8,60 a -10,60	Argila siltosa, com pouca areia fina, presença de núcleos de argila plástica e fragmentos esparsos de mariscos e conchas, cinza esverdeada.
2,00 a 4,00	-10,60 a -12,60	Idem.
4,00 a 6,00	-12,60 a -14,60	Idem.

BOLETIM DE SONDAGEM SUBAQUÁTICA

F-05 – Ano 2000

no: 2000

Cliente: Estaleiro Mauá-Jurong

Local: Niterói – RJ

Profundidade (m)	Cota DHN (m)	Descrição Geológica
Superfície	-7,20	Areia fina a grossa, com muitos fragmentos de mariscos e conchas, pouco micácea, castanho-acinzentada.
0,00 a 2,00	-7,20 a -9,20	Argila siltosa, com areia fina e média, e fragmentos de conchas e mariscos, orgânica, cinza esverdeada.
2,00 a 4,00	-9,20 a -11,20	Argila siltosa, com presença de núcleos de argila plástica e poucos fragmentos de conchas, plástica, cinza esverdeada.
4,00 a 6,00	-11,20 a -13,20	Idem.

7.4 Rolls-Royce Marine Brasil – Ilha do Caju

7.4.1 Introdução

Foram executados serviços de **sondagem por jet-probe, batimetria e perfilagem sísmica contínua**, com a utilização de perfilador de baixa frequência (tipo Boomer), operando com *range* aproximado de frequências entre 200 Hz e 1500 Hz. Tais serviços foram executados, respectivamente, nos dias 11 e 13/03/2008.

As referências de nível para a redução maregráfica foram tomadas da estação maregráfica da Ponta da Armação, em Niterói, mantida e operada pela Marinha do Brasil, através da DHN.

A região levantada abrangeu a área delimitada conforme mostra a Figura 7-7:



Figura 7-7. Área de coleta.

7.4.2 Descrição dos Serviços

7.4.2.1 Levantamento sismobatimétrico

A área de abrangência do estudo foi programada com metodologia de levantamento visando o melhor recobrimento de toda a área, considerando a execução de linhas espaçadas a cada 10 (dez) metros, cumprindo um projeto de levantamento na escala de 1:1.000, e detalhando com máxima precisão possível a área em frente ao cais da ROLLS-ROYCE.

Foi realizado um total de 7 (sete) seções sismobatimétricas subparalelas ao Cais da ROLLS-ROYCE, totalizando, em toda a área, aproximadamente 1500 m percorridos.

A referência de nível para maregrafia e altimetria foi tomada do marégrafo instalado na estação maregráfica da Ponta da Armação, Niterói-RJ, contendo os valores para a correção das variações de maré durante o período da sondagem. Os dados relativos à estação maregráfica foram obtidos da ficha descritiva de estação maregráfica F-41-1501-001/88, obtida junto ao Centro de Hidrografia da Marinha – CHM.

7.4.2.2 Sondagens Jet-Probe

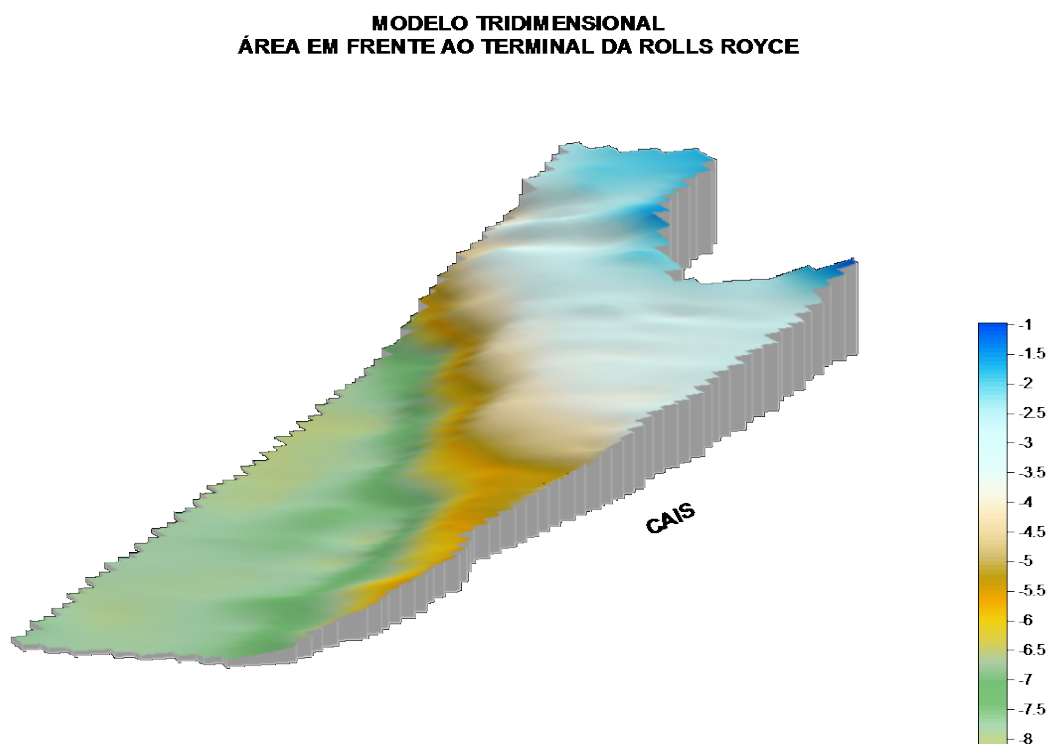
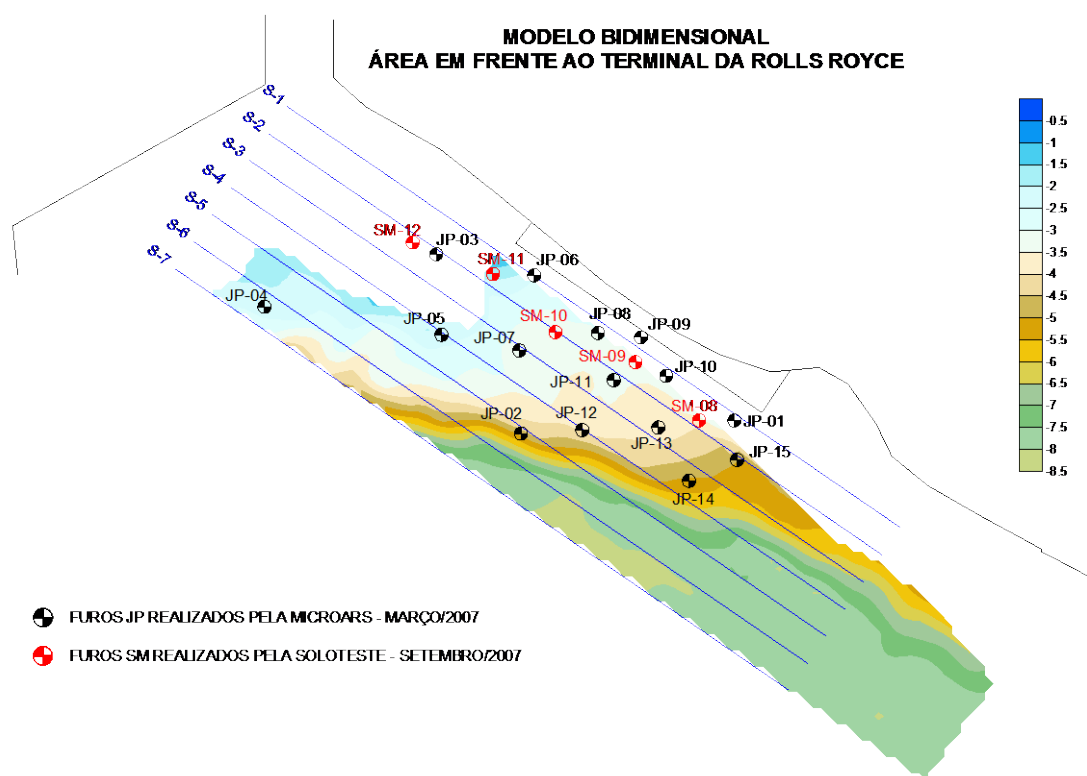
Foram executadas 15 (quinze) sondagens geológicas por jet-probe, com coleta e análise de 30 (trinta) amostras de sedimentos, em pontos previamente programados, de maneira a recobrir a área investigada e verificar a possibilidade de ocorrência de rochas e/ou sedimentos de elevada consistência.

A seguir, são informadas as posições dos pontos mencionados, com suas coordenadas no Sistema UTM (Tabela 7-1):

Tabela 7-1. Sondagens Jet Probe Realizadas

Furo	Coordenadas UTM (Datum Córrego Alegre)		Limite do Furo (m)	Prof. Refletor (m)	Comentários
	Este (m)	Norte (m)			
JP-01	692.771,13	7.468.890,00	9,2	8,0	
JP-02	692.706,22	7.468.886,01	10,2	9,0	
JP-03	692.680,42	7.468.940,55	7,0	--	Base: Batimetria Ago/2007
JP-04	692.628,15	7.468.924,59	8,1	5,0	
JP-05	692.682,01	7.468.916,07	8,5	6,0	
JP-06	692.710,21	7.468.934,16	8,7	5,0	
JP-07	692.705,69	7.468.911,28	9,3	7,2	
JP-08	692.729,63	7.468.916,61	4,0	6,0	Quebra hastes (ferragens)
JP-09	692.742,67	7.468.915,28	7,3	6,0	
JP-10	692.750,38	7.468.903,57	9,4	6,5	
JP-11	692.734,42	7.468.902,24	9,5	7,5	
JP-12	692.724,84	7.468.887,08	10,2	8,0	
JP-13	692.747,99	7.468.887,88	10,1	8,3	
JP-14	692.757,30	7.468.871,65	10,9	9,0	
JP-15	692.771,93	7.468.878,03	10,5	9,5	

7.4.3 Modelagem em 2D e 3D da área investigada



7.4.4 Análise e Interpretação dos Dados

Os serviços foram executados numa área total aproximada de 13.000 m², compreendendo a execução e interpretação de perfis sísmicos e batimétricos, complementados por 15 (quinze) sondagens jet-probe.

As diversas operações, efetuadas no trabalho de campo, visando a aquisição de registros de boa qualidade, e a dificuldade encontrada na fase de interpretação, buscando identificar refletores associados à rocha e/ou sedimentos de maior compacidade, confirmam experiências anteriores, indicando que parte do assoalho e subfundo da Baía de Guanabara não fornece uma resposta acústica favorável.

Considerando o objetivo do levantamento – subsidiar projeto de dragagem de aprofundamento para cerca de 9,00 m (DHN) –, os trabalhos de interpretação dos sismogramas, desde o primeiro instante, dirigiram-se à identificação de um refletor, cujas características acústicas pudessem ser associadas ao embasamento rochoso.

Com essa finalidade, foram utilizadas, em análise conjunta, também as informações das sondagens por jet-probe, executadas pela MICROARS, em 11/03/2008, assim como os resultados das sondagens mistas SM-08, SM-09, SM-10, SM-11 e SM-12, realizadas pela SOLOTESTE, em Setembro/2007, fornecidas pela **Rolls-Royce**.

Principalmente como função das baixas profundidades existentes em toda a área investigada, associadas à presença de sedimentos argilo-siltosos orgânicos, optou-se por determinar apenas um refletor, considerando a impossibilidade de acompanhar o desenvolvimento lateral de outros refletores subjacentes, algumas vezes visíveis, porém difusos e de difícil interpretação.

Tal refletor, face à dificuldade descrita, foi representado em planta como embasamento acústico, definido como o refletor mais profundo observado – limite até o qual não se detectou a presença de rocha –, ocorrendo em toda a área, como o principal refletor mapeável.

Foi também identificada uma área de anomalia acústica, próxima ao Cais da **Rolls-Royce**, representada por hipérboles ocorrentes no fundo e subfundo, que podem estar associadas à simples existência de pontos de maior resistência do solo, a mudanças abruptas na natureza do substrato, à presença de rochas ou a detritos estranhos ao assoalho marinho (objetos metálicos, poitas, âncoras, cabos de aço e outros).

A seguir, apresenta-se a Figura 7-8, mostrando a área de ocorrência de hipérboles mencionadas:

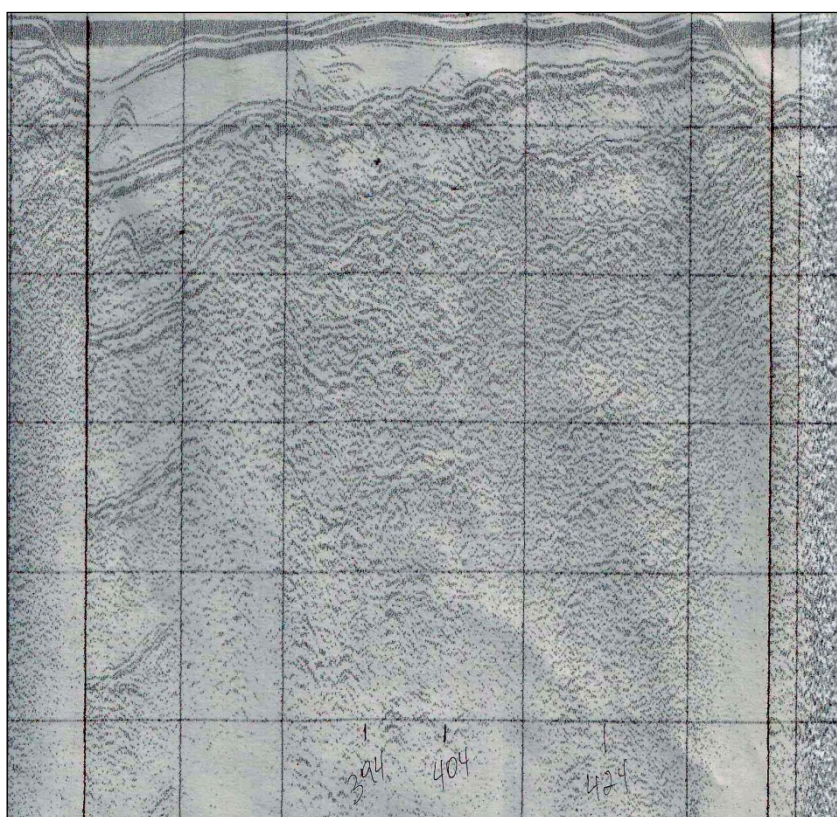


Figura 7-8. Exemplo de registro sísmico colhido na área investigada, ilustrando a baixa qualidade de resposta acústica e o trecho de hipérboles, existente no fundo e subfundo marinhos, colhido próximo ao Cais da Rolls-Royce (Seção L-02, Março/2008).

A representação do embasamento acústico em planta – aqui entendido como o refletor mais profundo, interpretado nos registros – não está obrigatoriamente relacionado ao embasamento rochoso, estando antes associado a uma interface situada entre dois pacotes sedimentares, possivelmente de natureza e/ou consistência distintas.

7.4.5 Perfis Sismobatimétricos

Com fins ilustrativos, foram gerados perfis da superfície de fundo, obtidos dos modelos digitais de terreno, gerados a partir dos dados do último levantamento sismobatimétrico, realizado em 13/03/2008, como também de informações do levantamento realizado pela MICROARS em Agosto/2007.

A obtenção destes perfis da superfície de fundo, do horizonte geofísico e da superfície de projeto, foi feita através de seções de corte nestas superfícies, tomando-se uma linha arbitrária como ponto de partida para o corte das seções.

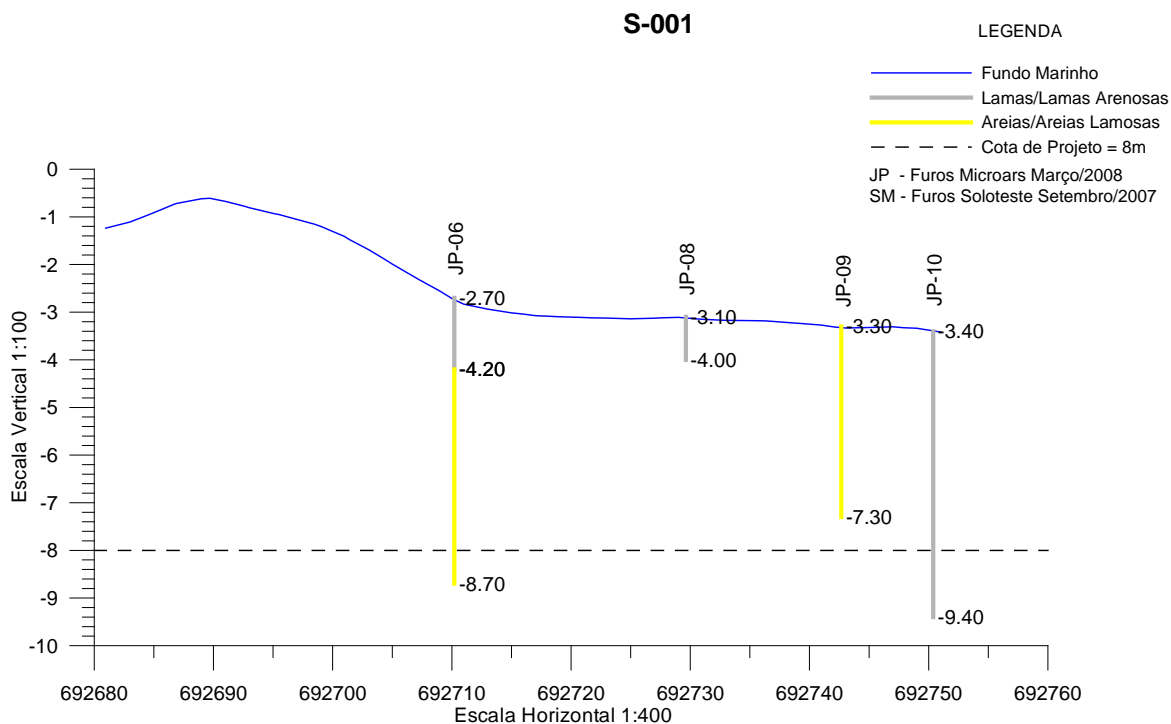
O desenho em duas dimensões, apresentando a área de levantamento com as seções de corte utilizadas para obtenção dos perfis, encontram-se nas figuras a seguir, onde também podem ser encontrados os perfis gerados, nos quais se pode observar a justaposição entre as seções batimétrica, sísmica e de projeto, acrescida das posições das sondagens executadas pela MICROARS e aquelas executadas pela SOLOTESTE.

Finalmente, convém acrescentar que as profundidades, indicadas na vertical de cada sondagem, foram extraídas dos dados do levantamento batimétrico realizado, somando-os às espessuras das sucessivas camadas de solo, conforme informadas nos boletins desses furos.

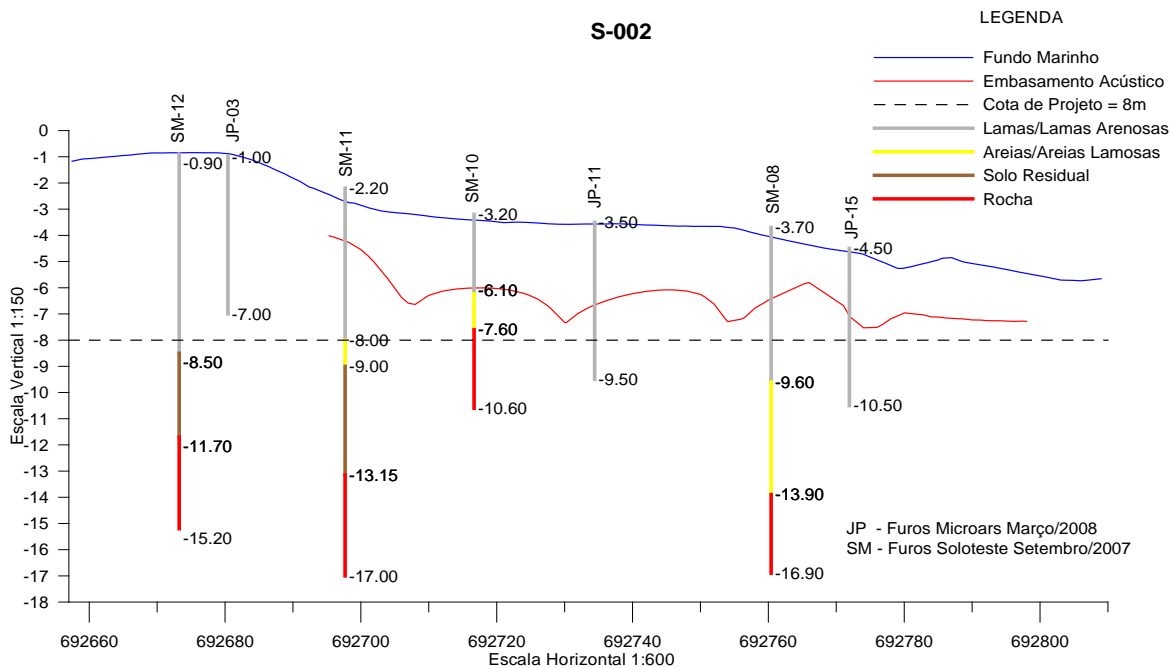
No caso dos furos da SOLOTESTE, foram assumidas as profundidades extraídas da batimetria de Agosto/2007, considerando-se as espessuras de cada camada perfurada, a partir do fundo marinho.



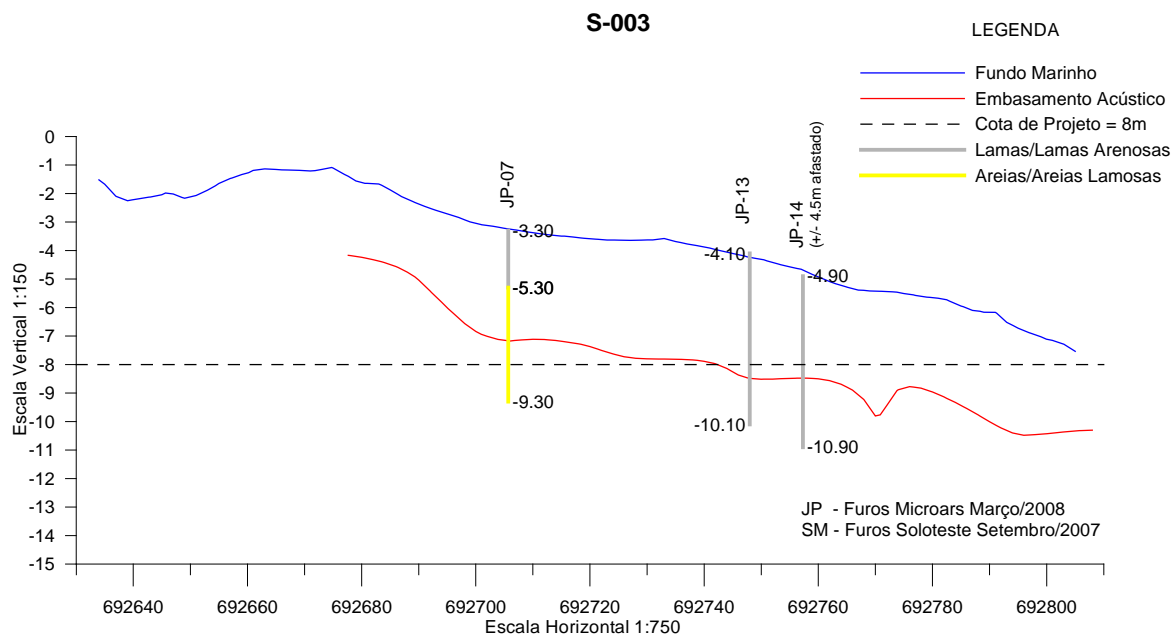
Perfil 1



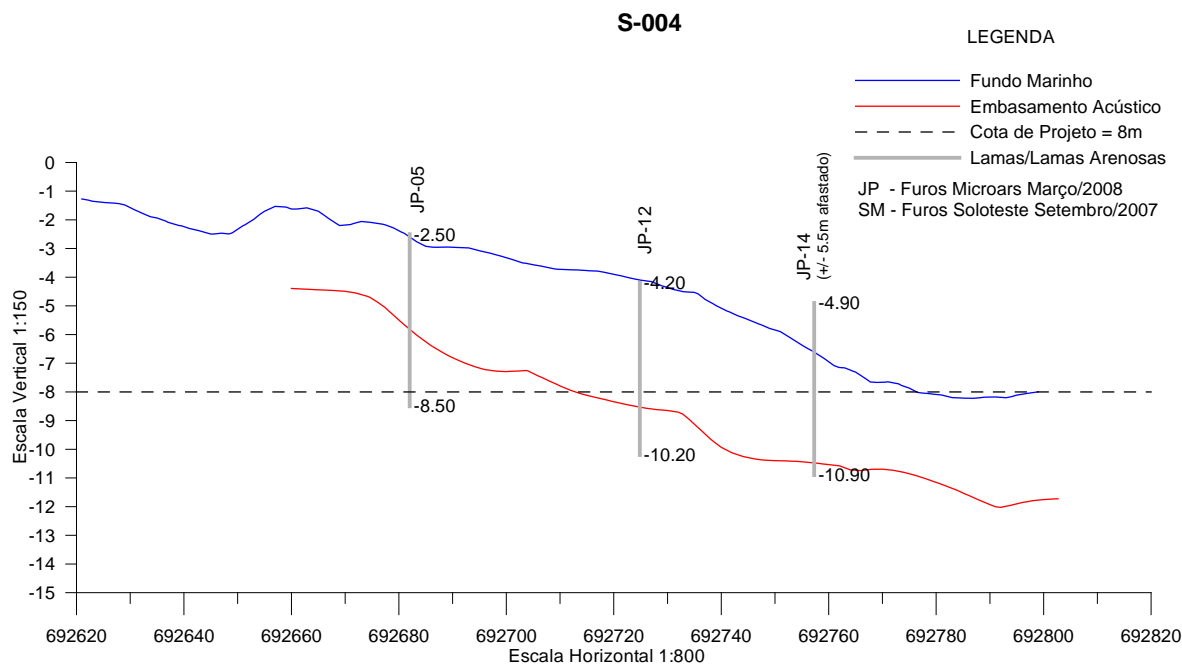
Perfil 2



Perfil 3

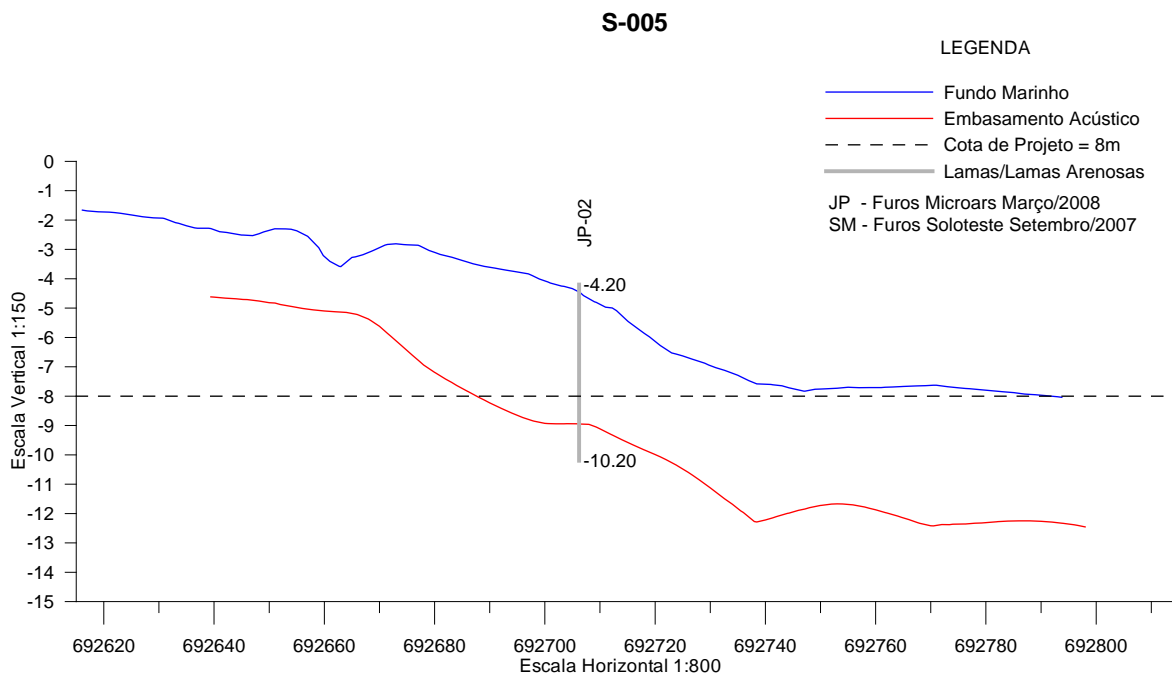


Perfil 4

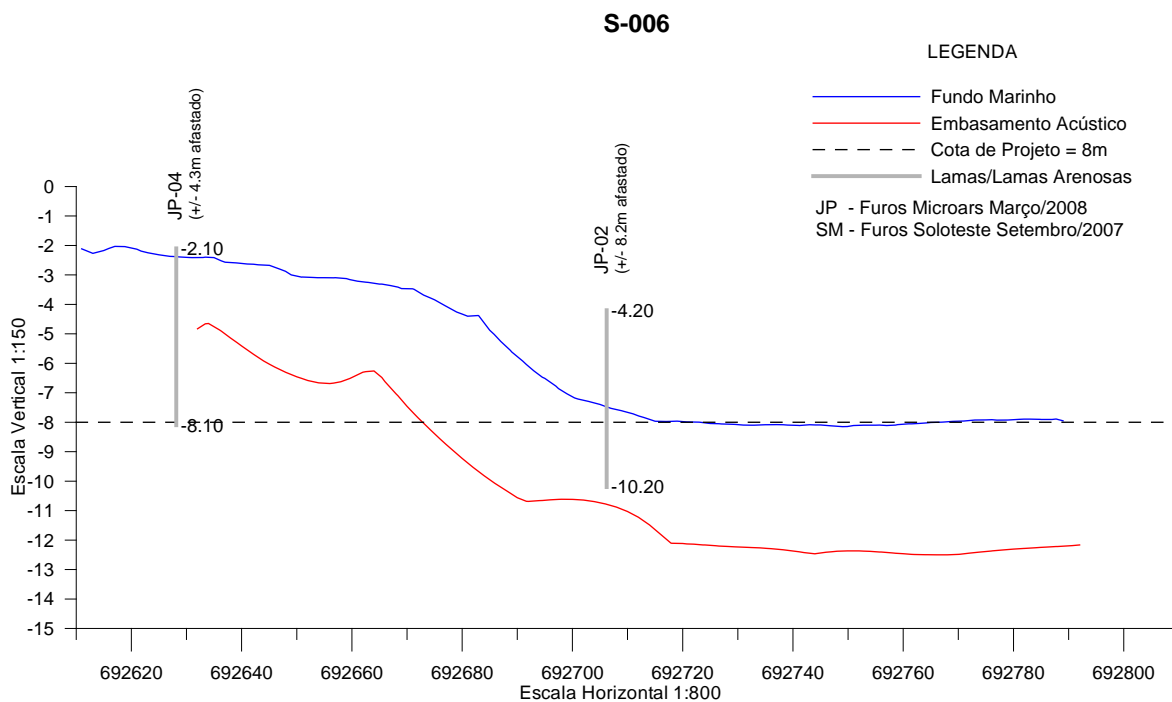




Perfil 5



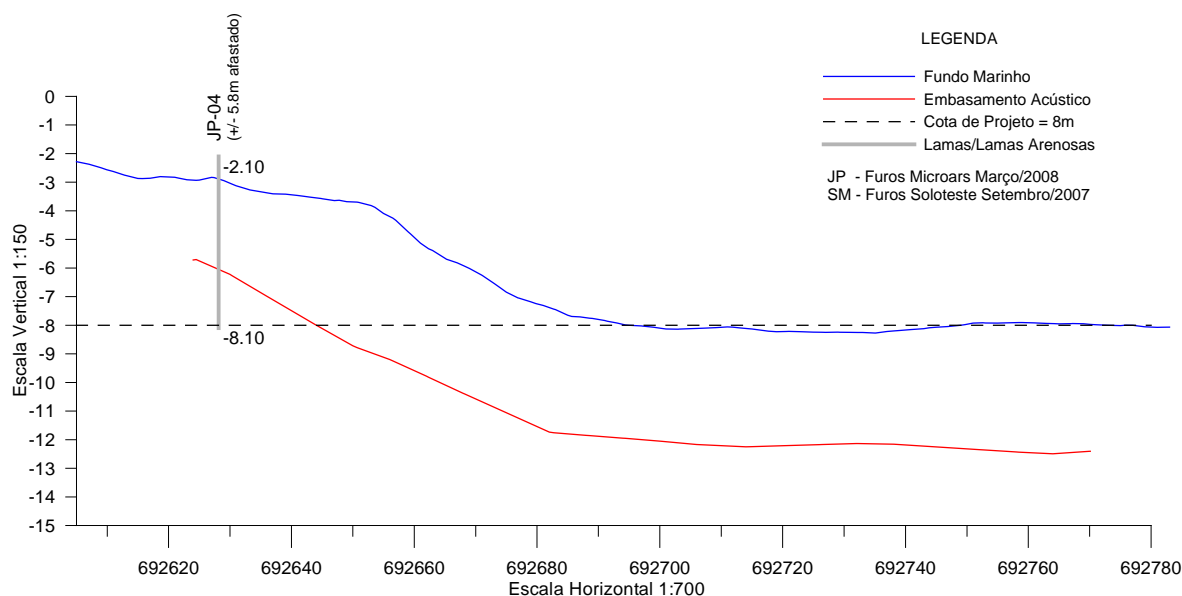
Perfil 6





Perfil 7

S-007



7.4.6 Boletins de Sondagem Jet-Probe

Furo: JP-01 / Data: Março/2008
Cliente: Rolls-Royce
Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,20	Cascalho, com pedregulhos grossos de quartzo e fragmentos de conchas, cinza escuro.
1,20	-4,40	Areia grossa, argilosa, com poucos pedregulhos, orgânica, cinza esverdeada.
6,00	-9,20	Limite de Sondagem.



Furo: JP-02 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,20	Argila siltosa, com poucos pedregulhos, orgânica, cinza esverdeada.
6,00	-10,20	Limite de Sondagem.

Furo: JP-03 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-1,00	Argila siltosa, com areia fina e detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
6,00	-7,00	Limite de Sondagem.
		Obs.: Esta sondagem foi realizada em ponto fora da sismobatimetria realizada em 13/03/2008. Cotas estimadas com base no levantamento batimétrico executado em 10/08/2007 (Desenho Microars 0827-00).



Furo: JP-04 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-2,10	Argila siltosa, orgânica, cinza esverdeada.
6,00	-8,10	Limite de Sondagem.

Furo: JP-05 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-2,50	Argila siltosa, com pouca areia fina e fragmentos de conchas, cinza escura.
6,00	-8,50	Limite de Sondagem.



Furo: JP-06 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-2,70	Argila siltosa, orgânica, cinza esverdeada.
1,50	-4,20	Areia quartzosa, com pedregulhos de quartzo e feldspato, cinza clara.
6,00	-8,70	Limite de Sondagem.

Furo: JP-07 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,30	Argila siltosa, com pouca areia fina e muitos detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
2,00	-5,30	Argila muito arenosa (areia média e grossa), cinza esverdeada.
6,00	-9,30	Limite de Sondagem.



Furo: JP-08 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,10	Argila siltosa, com muitos detritos vegetais, cinza esverdeada.
0,90	-4,00	Limite de Sondagem.
		Obs.: Quebra da composição de sondagem. Mergulhador reportou a existência de ferragens recobertas por sedimentos no local.

Furo: JP-09 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,30	Cascalho argiloso, com muitos fragmentos de conchas e detritos vegetais, cinza esverdeado.
0,50	-3,80	Areia grossa, siltosa, com muitos fragmentos de conchas, cinza esverdeada.
4,00	-7,30	Limite de Sondagem.



Furo: JP-10 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,40	Argila siltosa, com detritos vegetais, orgânica, cinza esverdeada.
6,00	-9,40	Limite de Sondagem.

Furo: JP-11 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-3,50	Argila siltosa, com pouca areia fina e detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
6,00	-9,50	Limite de Sondagem.



Furo: JP-12 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,20	Argila siltosa, com detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
6,00	-10,20	Limite de Sondagem.

Furo: JP-13 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,10	Argila siltosa, com detritos vegetais e animais, orgânica, cinza escura.
6,00	-10,10	Limite de Sondagem.



Furo: JP-14 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,90	Argila siltosa, com detritos vegetais, orgânica, cinza escura.
6,00	-10,90	Limite de Sondagem.

Furo: JP-15 / Data: Março/2008

Cliente: Rolls-Royce

Local: Niterói – RJ

Prof. (m)	Cota (m) DHN	Caracterização Geológica (visual-táctil)
0,00	-4,50	Argila siltosa, com pouca areia grossa e pedregulhos grossos, cinza escura.
6,00	-10,50	Limite de Sondagem.
		Obs.: Furo deslocado da posição original. Mergulhador reportou objeto metálico afundado (chata).

7.4.7 Considerações Finais

Na área investigada, ocorrem sedimentos argilo-siltosos de baixa consistência, dispostos sobre sedimentos areno-argilosos, contendo pedregulhos finos de quartzo e feldspato, de elevada compactidade.

Tais sedimentos são associados, respectivamente, aos sedimentos estuarinos holocênicos e aos sedimentos fluviais da Formação Caceribu, mencionados na literatura técnica comentada.

A existência de padrões hiperbólicos na área investigada, e que por vezes podem ser atribuíveis à ocorrência de rochas, neste caso – considerando a identificação de um refletor bastante difuso e subjacente a tais padrões, na maior parte da área investigada – parece estar mais provavelmente associada a drásticas mudanças na natureza do substrato ou à ocorrência, confirmada em algumas sondagens jet-probe (JP-08 e JP-15), de detritos metálicos, que estão parcial ou totalmente soterrados pelos sedimentos de fundo.

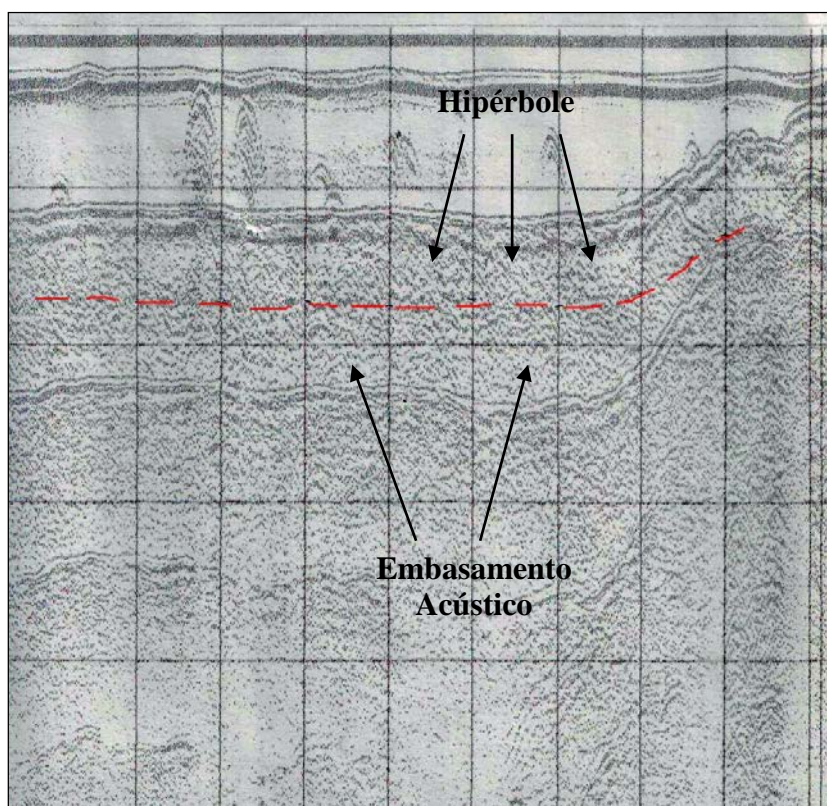


Figura 7-9. Exemplo de registro sísmico colhido na área investigada, com feições hiperbólicas que poderiam sugerir a existência de rocha, hipótese descartada face à verificação de um refletor difuso subjacente, mapeado como embasamento acústico (Seção L-07, Março/2008).

A presença apenas do refletor denominado como embasamento acústico, identificado na área investigada, caracteriza, na verdade, uma extensa região de baixa permeabilidade acústica, cuja resposta sísmica é extremamente prejudicada, graças às pequenas profundidades e/ou ao tipo de sedimento essencialmente lamoso orgânico, aí encontrado.

Considerando os registros sísmicos das linhas realizadas e face às informações contidas nos furos jet-probe, executados pela MICROARS, que em sua maior parte tiveram um avanço a profundidades próximas ou superiores a 8 m (DHN), pode-se praticamente descartar a possibilidade de embasamento rochoso, muito próximo à profundidade de projeto, na maior parte da área.

Contudo, o conjunto de fatos a seguir recomenda uma investigação mais detalhada num pequeno trecho da futura bacia de evolução do Terminal da **Rolls-Royce**, compreendido pela área de influência dos furos SM-09, JP-08, JP-09 e, secundariamente, pelo furo SM-10, considerando que:

- todas essas sondagens encontram-se no interior ou muito próximas da área de anomalia acústica com padrões hiperbólicos de fundo e subfundo (vide planta de interpretação sísmica);
- o furo SM-09 mostra o topo do embasamento rochoso com profundidade de 3,60m (DHN);
- o furo SM-10 mostra o topo do embasamento rochoso com profundidade de 7,60m (DHN);
- o furo JP-08 teve seu limite em 4,00 m (DHN);
- o furo JP-09 teve seu limite em 7,30 m (DHN);
- a interpretação do embasamento acústico, em todos esses pontos, também indica profundidades bem menores do que 8,00 m.

Sendo assim, face às condições listadas, recomenda-se detalhar a área de influência definida pelos furos SM-09, JP-08, JP-09 e SM-10, através da programação e execução de sondagens mistas que alcancem a profundidade de projeto desejada, a fim de subsidiar a adequação do projeto de aprofundamento pretendido.

7.5 Wellstream – Ilha da Conceição

7.5.1 Introdução

Foram executados **levantamentos sísmicos** em 05 (cinco) regiões da Baía de Guanabara nas proximidades da Ilha da Conceição, conforme a Figura 7-10 a seguir, no período de 13 de janeiro de 2011 até o dia 16 de janeiro de 2011. A área da região 01 (um) é de 276.000,00 m², a área da região 02 (dois) é de 160.000,00 m², a área da região 03 (três) é de 87.000,00 m², a área da região 04 (quatro) é de 31.200,00 m² e a área da região 05 (cinco) é de 54.000,00 m², totalizando a área de 608.200,00 m².

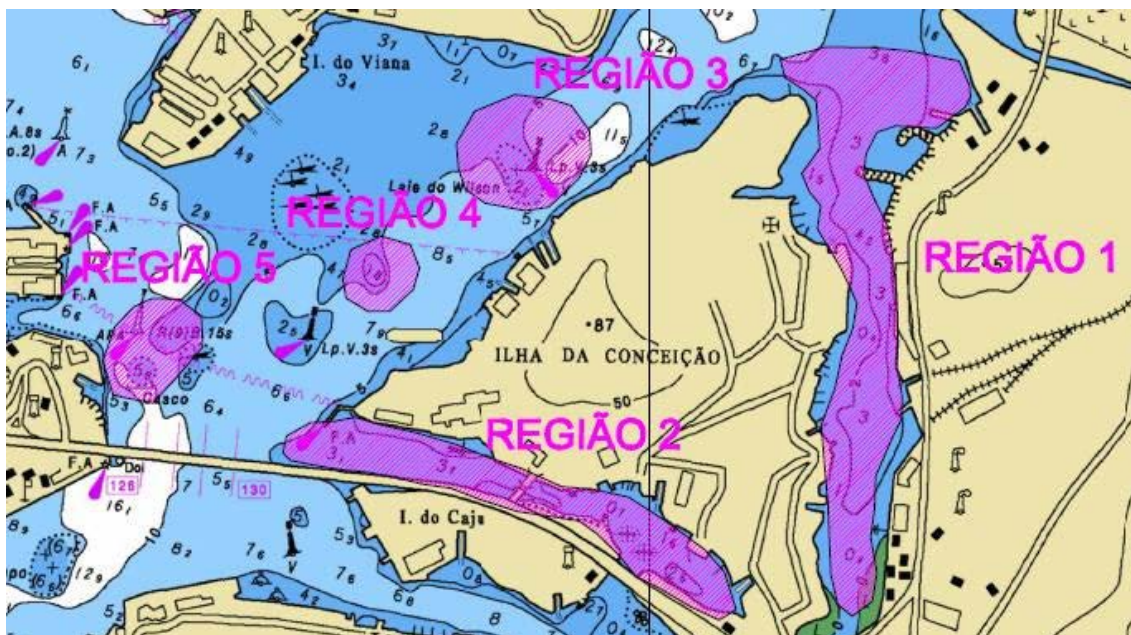


Figura 7-10. Área de abrangência do levantamento sísmico.

7.5.2 Serviços Executados

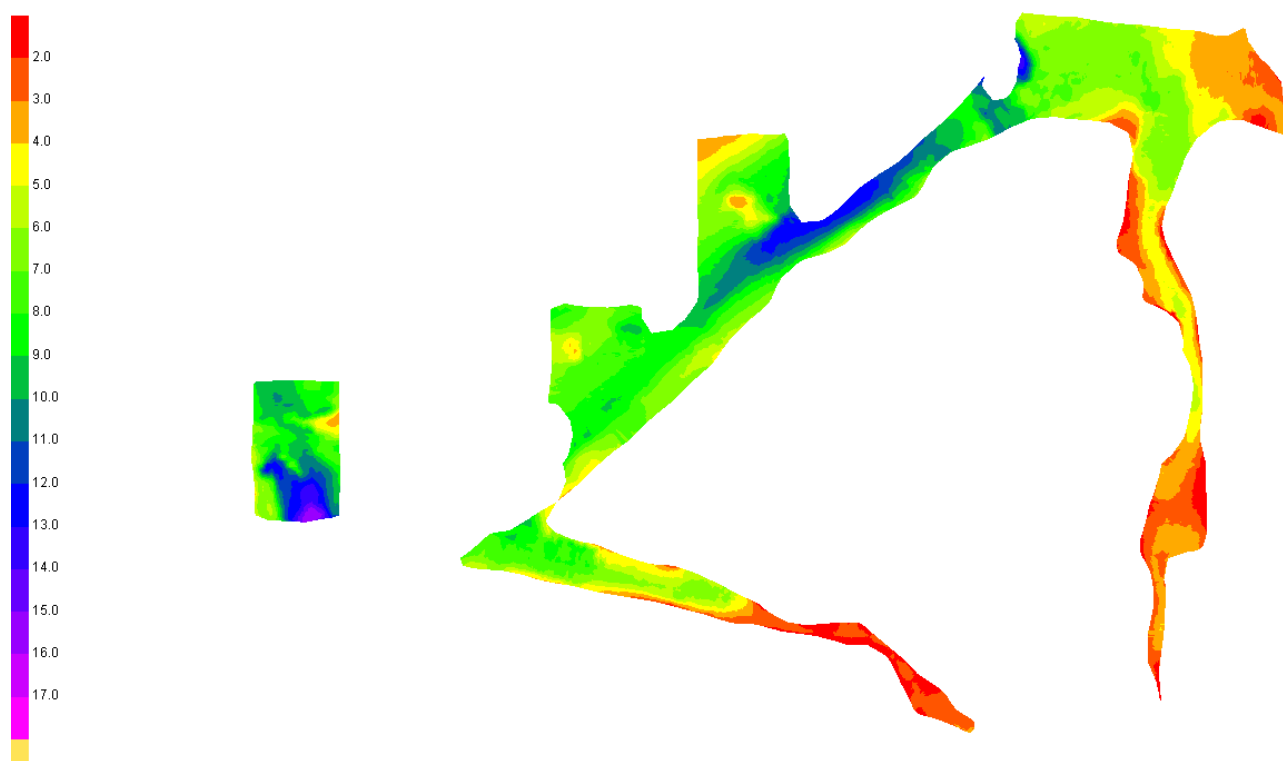
O percurso para o levantamento foi programado visando a abrangência de máxima precisão de toda a área de estudo, considerando a execução de linhas espaçadas a cada 10m.

A aquisição de dados ocorreu no período de 13/01/2011 a 16/01/2011 nas regiões acima descritas e ilustradas. Para a região 01 a distância navegada linearmente foi 28,097 km, para a região 02 foi 10,402 km, para a região 03 foi 7,643 km, para a região 04 foi 4,415 km e para a região 05 foi 5,694 km.

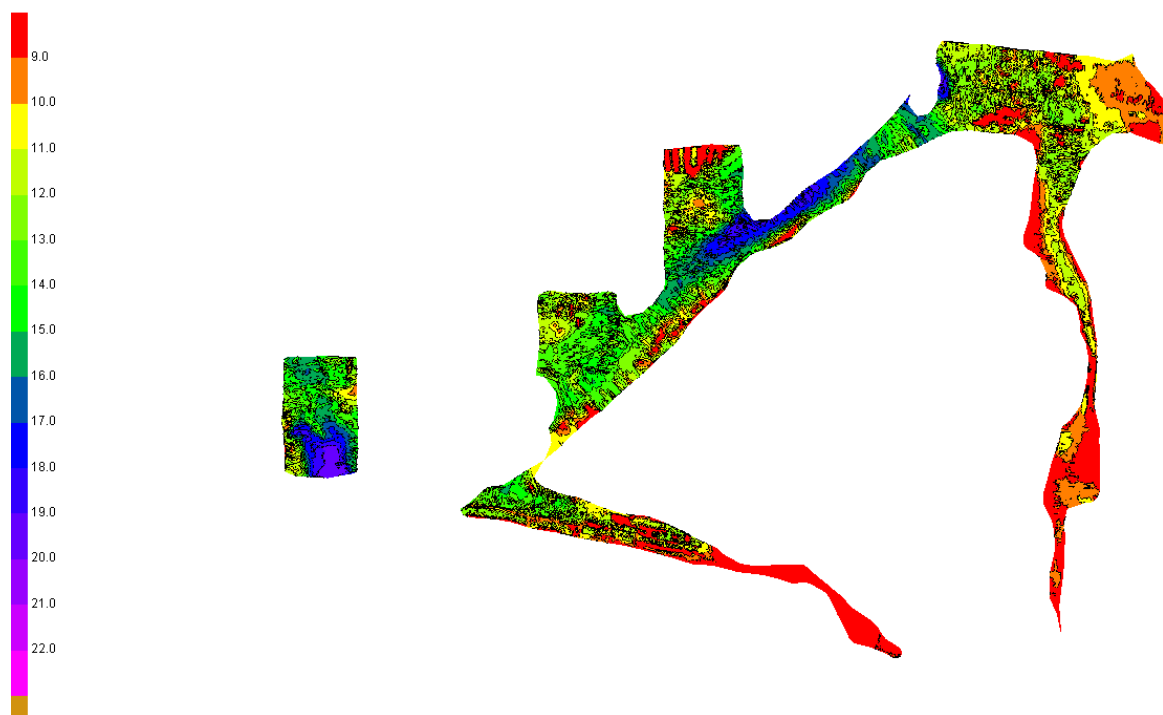


Apresentação das imagens gráficas das regiões do levantamento

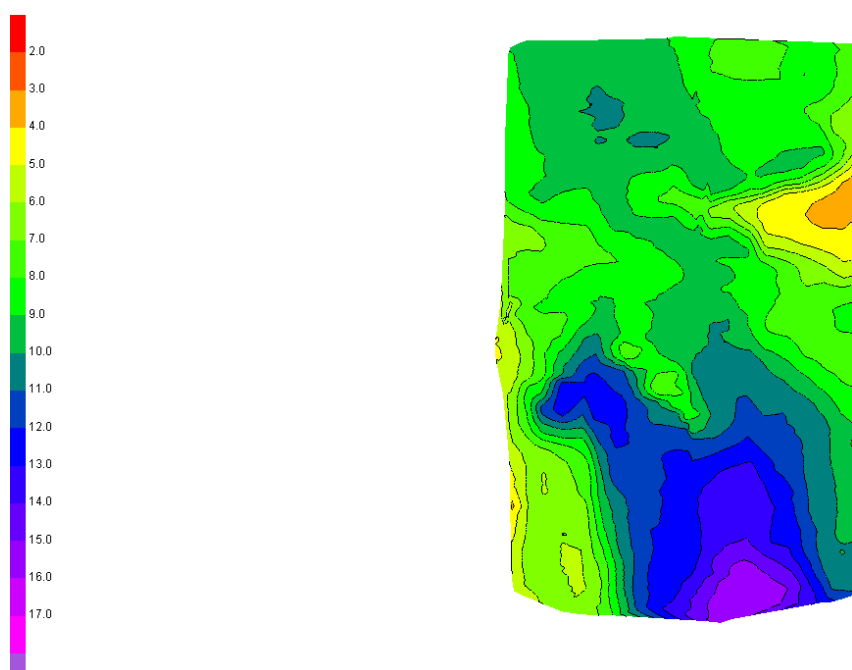
A. Área total levantada – Alta Frequência (200 kHz)



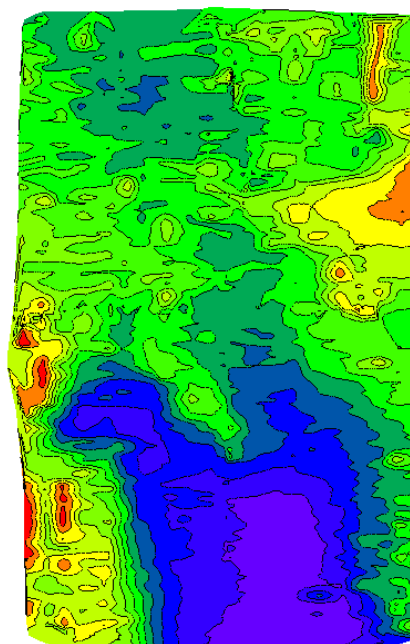
B. Área total levantada – Baixa Frequência (4 kHz)



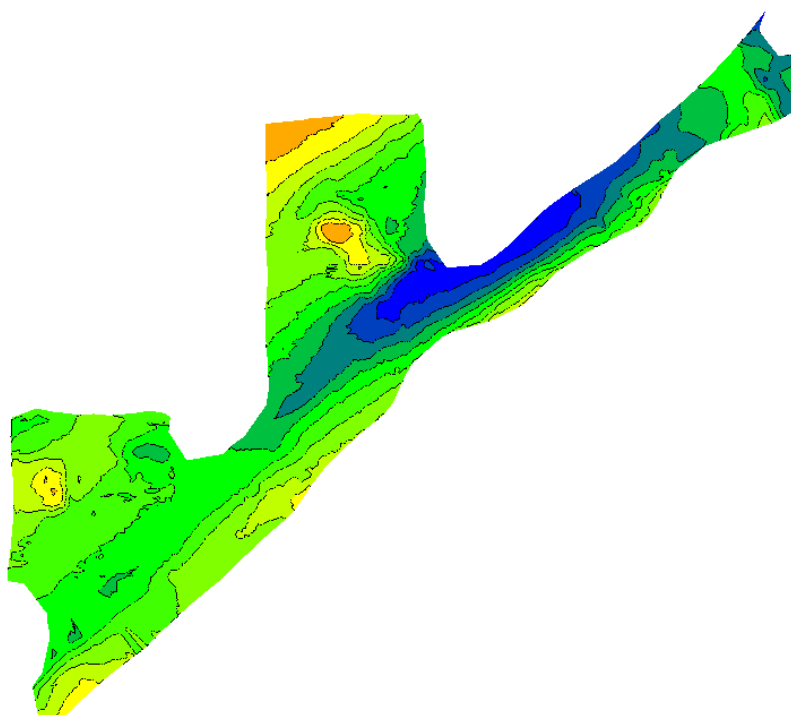
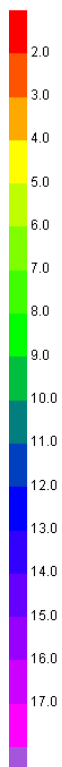
C. Área 1 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Alta Frequência (200 kHz)



D. Área 1 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Baixa Frequência (4 KHz)

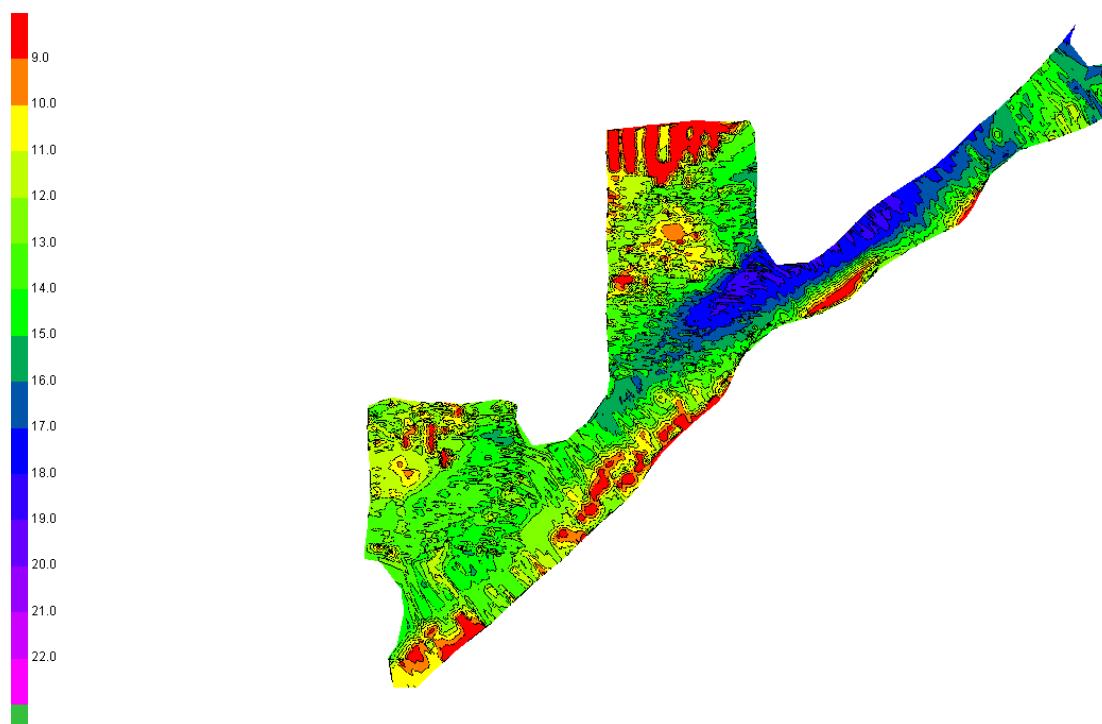


E. Áreas 2 e 3 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Alta Frequência (200 KHz)

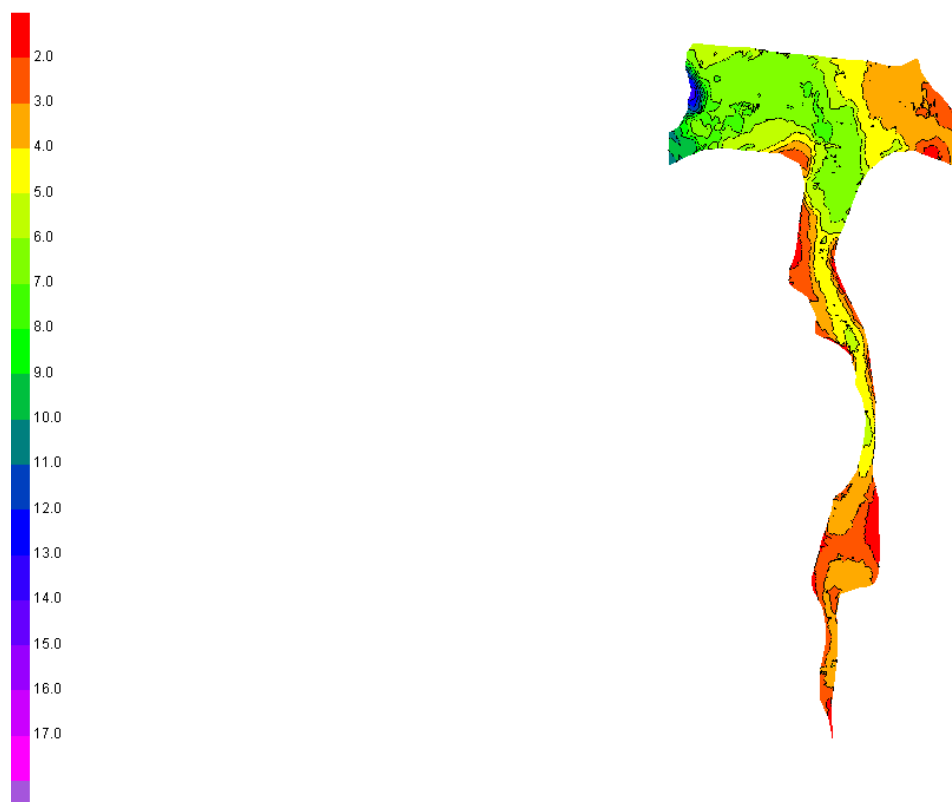


F. Áreas 2 e 3 – Canal de acesso ao terminal Wellstream Baixa Frequência (4 KHz)

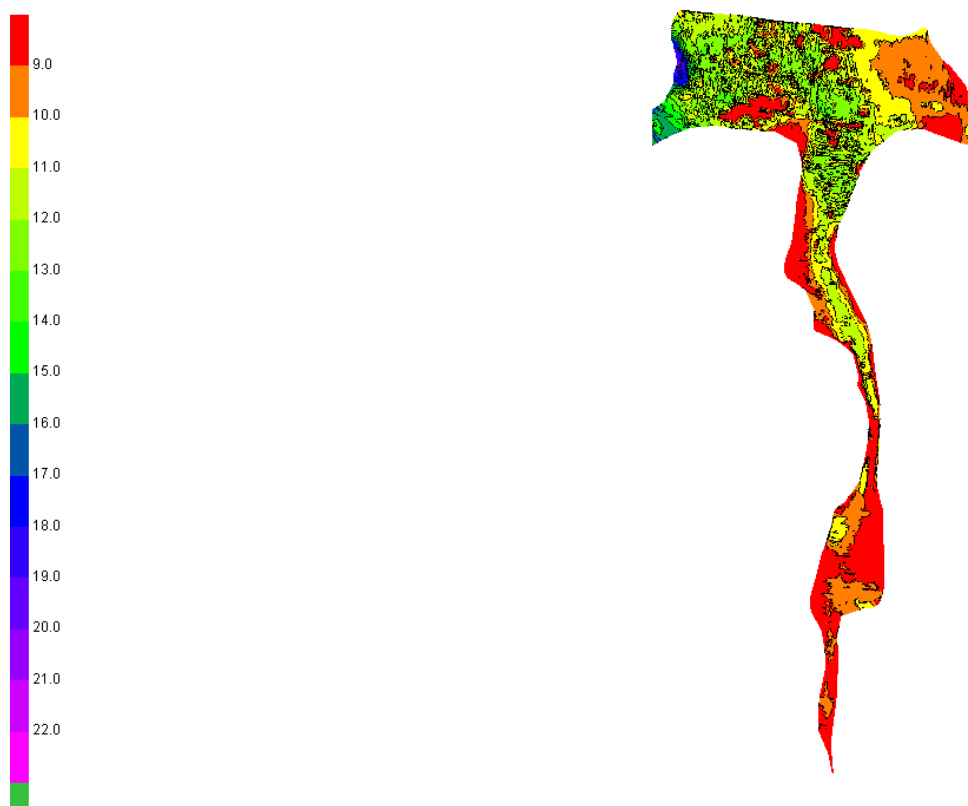
KHz)



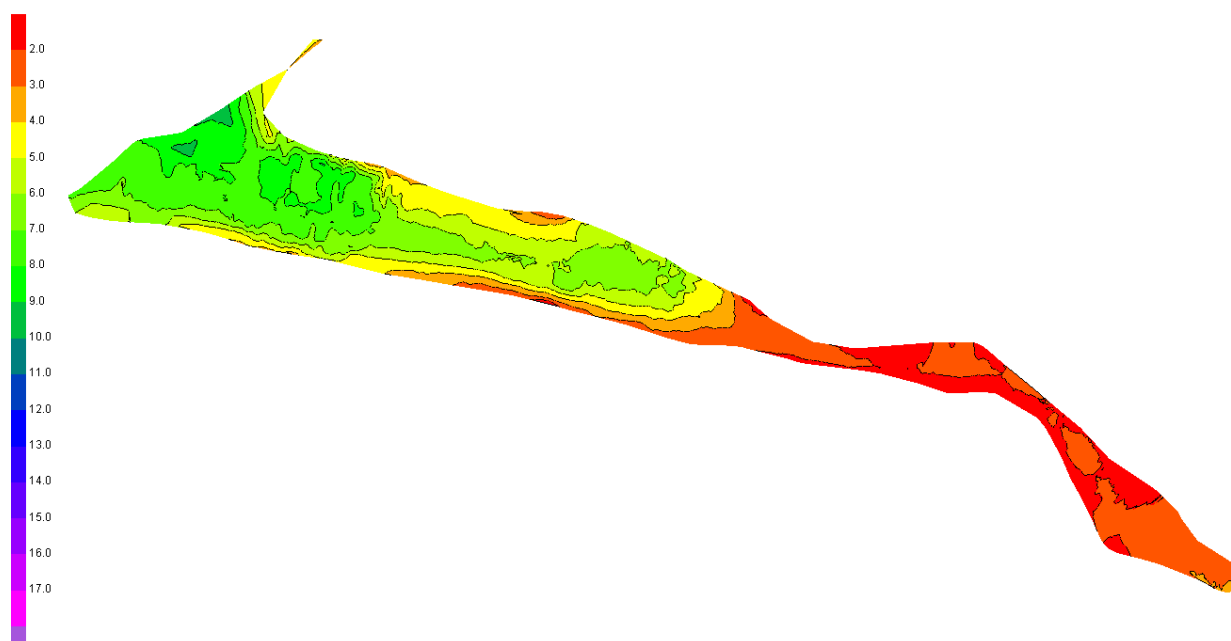
G. Área do Canal de São Lourenço – Alta Frequência (200 kHz)



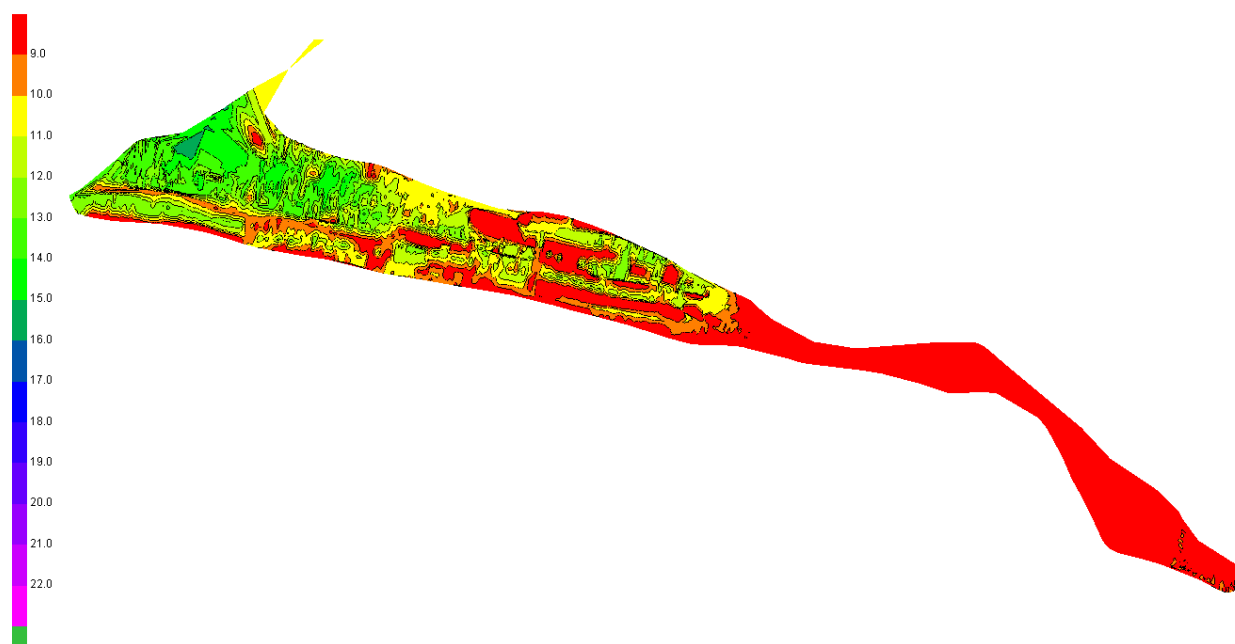
H. Área do Canal de São Lourenço – Baixa Frequência (4 KHz)



I. Área entre as ilhas do Caju e da Conceição – Alta Frequência (200 kHz)



J. Área entre as ilhas do Caju e da Conceição – Baixa Frequência (4 KHz)



7.5.3 Conclusão

Com o levantamento realizado com frequência de 200 kHz, foram obtidas as alturas da coluna de água em toda área de abrangência do levantamento sísmico. O levantamento realizado com a frequência de 4kHz foi conduzido com o objetivo de identificar indícios da presença de material mais consolidado ou embasamento rochoso na área de abrangência. Os resultados do levantamento de 4 kHz foram apresentados na forma de uma superfície localizada abaixo do leito oceânico. Esta superfície identifica as profundidades a partir das quais se espera encontrar a presença de material mais consolidado ou embasamento rochoso. Estes levantamentos, junto com o projeto dos canais de navegação, irão orientar o posicionamento das sondagens por métodos diretos.

8 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DE ACESSO

O dimensionamento dos canais de acesso ao Complexo Portuário/Industrial de Niterói será realizado seguindo a metodologia descrita no Relatório PIANC 121/2014, exceto onde indicado. O relatório apresenta o dimensionamento de canais de navegação como um projeto em dois estágios sendo um estágio inicial denominado projeto conceitual e o segundo estágio denominado projeto detalhado.

O projeto conceitual é uma etapa preliminar que objetiva possibilitar uma ágil e objetiva avaliação de diversos cenários e alternativas, com base, principalmente, em informações existentes, de forma a, através de procedimentos expeditos e mais conservativos de dimensionamento, identificar com uma margem confiável de aproximação as características geométricas, operacionais e os custos envolvidos para a implantação do projeto. Podem haver mais de uma etapa e um grau maior de detalhamento de forma a atingir os objetivos propostos em cada caso. A partir do projeto conceitual são tomadas as decisões de viabilidade técnica, econômica e ambiental do empreendimento e planejadas as próximas etapas de estudo.

O projeto detalhado é um processo mais rigoroso que tem o objetivo de validar e refinar o projeto conceitual e determinar todas as características físicas, geométricas e operacionais da infraestrutura náutica de um terminal portuário. A metodologia do processo detalhado utiliza formulações de cálculo mais precisas e considerações individualizadas para cada parâmetro, assim como modelagem numérica e física, com o uso de simuladores computacionais e depende de uma base de dados extensa e confiável, além de criteriosa avaliação e interpretação dos resultados.

O Complexo Portuário/Industrial de Niterói está localizado na parte leste da Baía de Guanabara junto à cidade de Niterói e próximo à cidade do Rio de Janeiro e capital do estado. Apresenta boas condições de abrigo naturais e grandes profundidades no seu acesso marítimo do canal principal da Baía de Guanabara. A área interna próxima ao porto apresenta geologia heterogênea com superposições de depósitos coluvionares, fluviais, flúvio-lacustres, marinhos e

flúvio-marinhos e afloramentos rochosos.

O projeto aqui proposto objetiva a adequação da geometria dos canais de acesso e áreas de manobra existentes e melhoria da infraestrutura aquaviária no Complexo Portuário de Niterói para as características dos navios de projeto especificados, conforme a solicitação dos usuários, e as condições ambientais vigentes na região.

Para a elaboração deste relatório, não será abordada a etapa de projeto conceitual discutida para esse caso.

No âmbito desse projeto, a infraestrutura aquaviária do Complexo Portuário de Niterói foi dividido em 3 áreas principais, nomeadas Áreas 1, 2 e 3. Para desenvolvimento do projeto detalhado os canais de acesso foram subdivididos e em sete trechos, de acordo com as características dos respectivos navios de projeto e as suas localizações, denominados A1-1, A1-2, A2-1, A2-2, A2-3, A3-1, A3-2 e A3-3, conforme mostra a Figura 8-1 ,a seguir. Essa subdivisão tem o objetivo de refinar as dimensões do canal para as características das solicitações do navio para cada trecho e adequar às condições físicas ambientais, conforme será detalhado a seguir.

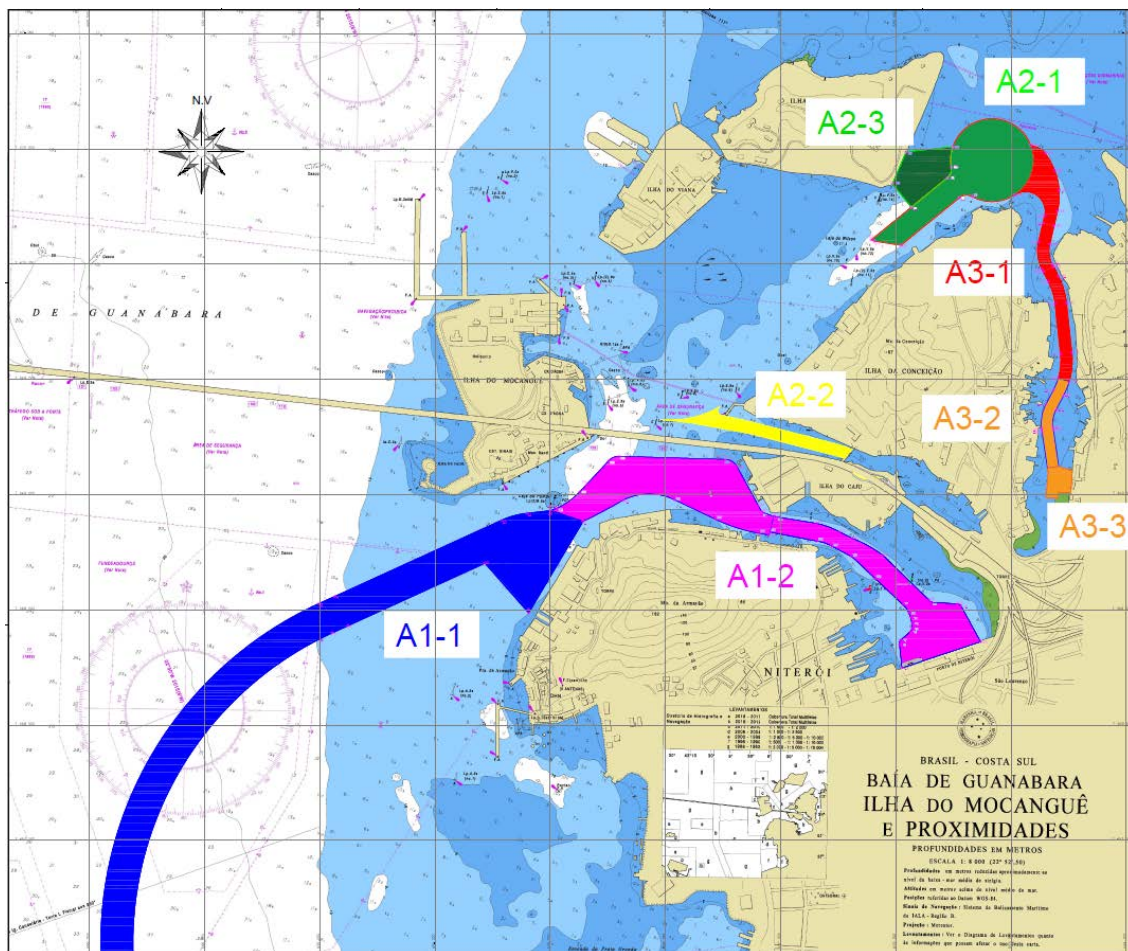


Figura 8-1. Geometria da Infraestrutura Náutica do Complexo Portuário de Niterói e a divisão de áreas adotada.

A Tabela 8-1 apresenta um resumo dos valores dos dados ambientais que serão utilizados para o dimensionamento do canal de acesso ao Porto do Rio de Janeiro.

Tabela 8-1. Resumo dos valores dos dados ambientais.

Tipo de Dado	Resultado
Baixa Maré (Bm) (m)	0
Onda média	Hs = 0,20 m ; Tp = 12 s ; L = 118,9 m
Fundo	Silto-Arenoso; Rocha Alterada
Forma	Laterais taludadas e com banco de areia
Tipo	Abrigado
Vento Transversal (nós)	Leve: < 15
Corrente Transversal (nós)	Desprezível: < 0,2
Corrente Longitudinal (nós)	Fraca: < 1,5

Para o cálculo da profundidade do canal de acesso será adotado o navio Graneleiro, de maior calado. Segue abaixo na Tabela 8-2 as características do navio de projeto.

Tabela 8-2. Características do navio de projeto para cada trecho.

Trecho	LOA (m)	LPP (m)	B (m)	T (m)	Cb	Máx Lateral Windage (m ²)	Max Frontal Windage (m ²)
A1-1	360	340	55	10,0	0,80	11.300	2.475
A1-2	146	135	30	8,2	0,75	1.800	500
A2-1	146	135	30	8,2	0,75	1.800	500
A2-2	85	78	20	7,4	0,75	800	200
A2-3	146	135	30	7,8	0,75	1.800	500
A3-1	85	78	20	7,9	0,75	800	200
A3-2	85	78	20	5,9	0,75	800	200
A3-3	65	55	20	2,9	0,75	500	150

8.1 DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DO CANAL DE ACESSO

Segundo o Relatório PIANC 121/2014 o valor da profundidade nominal e a profundidade de dragagem de um canal de acesso é determinada através da consideração criteriosa dos fatores que influenciam a distância entre o ponto mais baixo do navio (quilha) e o leito do canal. Esses fatores são relativos à: 1 - nível d'água; 2 – navio; 3 – fundo do canal, e são mostrados na Figura 8-2 abaixo.

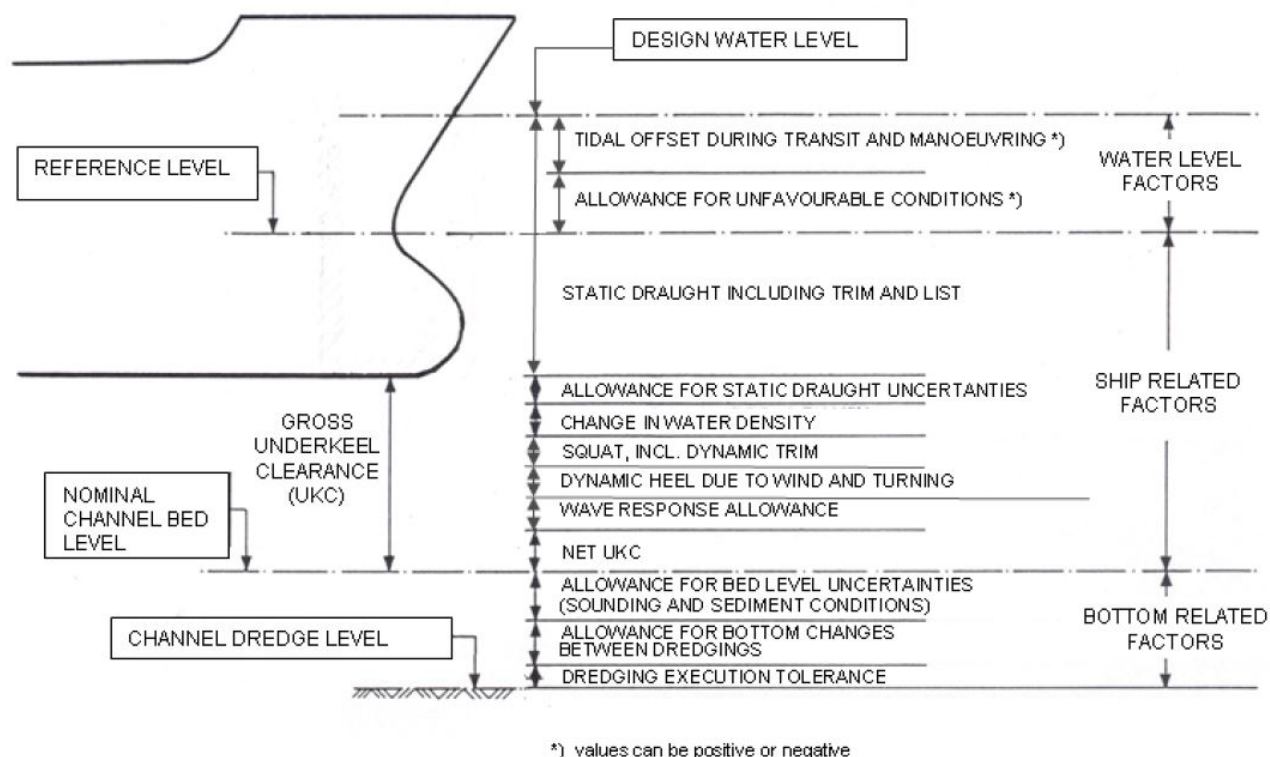


Figura 8-2. Fatores que influenciam a profundidade de canais de acesso – Relatório PIANC 121/2014

Considerando que em águas rasas os navios provocam uma superfície de abatimento sobre a água ao longo de seu perfil, acarretando aumento em sua imersão (squat) e que sob a ação das ondas movem-se também no plano vertical, tolerâncias devem ser observadas.

A tolerância sob a quilha (TSQ ou NET UKC) se torna um fator crítico na navegação segura e eficiente, uma vez que a sua determinação imprecisa para navios de grande calado, entrando ou saindo de portos com profundidade limitada, pode ter sérias consequências econômicas e ambientais. Em muitos projetos de canais de navegação, e mesmo as próprias empresas de navegação, possuem normas claras regulando esta questão, podendo o comandante “gerenciar” a TSQ de seu navio de duas formas:

- (1) tomando ações que afetam o calado dinâmico (ex.: mudando a velocidade do navio), e,
- (2) programando o horário da rota planejada de modo a assegurar que haverá lâmina d' água suficiente para uma passagem segura nos locais de profundidade restrita.

Ao fazer isto, o comandante deve dispor de informações precisas em tempo real e de previsão, o que justifica a implantação de sistema maregráfico no Porto, com moderna tecnologia de obtenção de dados na forma digital, ligado on-line com a área de programação/operação.

8.1.1 Fatores Relativos ao Nível D'Água

Os fatores relativos ao nível d'água incluem o preciso estabelecimento do nível de referência ou datum vertical do projeto e sua variação ao longo da área do canal, quando for o caso e as variação do nível d'água pela ação das marés astronômicas, efeitos meteorológicos, sazonalidades de canais fluviais e efeitos climáticos de longo prazo.

Para esse projeto foi adotado como nível de referência o nível de redução estabelecido pela DHN para o Porto do Rio e não foram considerados eventos de sublevação do nível d'água abaixo da cota 0 DHN, devendo a operação ser suspensão para o navio tipo em eventualidades onde o nível d'água atinja cotas inferiores ao NR.

8.1.2 Fatores Relativos ao Navio

Os fatores relativos ao navio incluem o calado estático do navio máximo (devendo ser medido no ponto mais baixo do navio seja na proa ou na popa, quando for o caso), uma tolerância devido à incertezas na medição do calado (variações na densidade da água desde a medida do calado operacional, incerteza na leitura das marcas do casco devido à ondas, cargas desbalanceadas, etc), alterações na densidade da água, efeito de squat, movimentos dinâmicos de adernamento (devido à efeitos de curva, ventos e correntes), movimentos dinâmicos por efeitos de onda e a tolerância sob a quilha (TSQ ou NET UKC), que é uma margem de segurança adicional acrescida após a consideração de todos os outros fatores relacionados e varia em função do tipo de navio, da carga, do tipo de sedimento do fundo e o risco de dano ao casco do navio e ao meio ambiente.

8.1.3 Calado Estático:

O calado estático do navio deve ser a profundidade máxima medido no ponto

mais baixo do navio seja na proa ou na popa, quando for o caso, a partir da linha d'água. Para o navio de projeto o calado é definido em 8,50 m (Porto de Niterói).

8.1.4 Tolerância Devido à Incertezas na Medição do Calado e Alterações na Densidade da Água:

A margem adicional de tolerância devido à incertezas na medição do calado se deve à possíveis variações na densidade da água desde a medida do calado operacional, geralmente no porto de origem, à incerteza na leitura das marcas do casco devido à ondas, cargas desbalanceadas, entre outras coisas e alterações significativas na densidade da água, como quando um navio ingressa em um ambiente de águas doces, podem alterar significativamente o calado da embarcação.

Para o Porto de Niterói e adjacências o navio de projeto em questão não serão consideradas margens adicionais devido à incertezas na medição do calado e alterações na densidade da água.

8.1.5 Squat

O Squat é a tendência de imersão do navio à velocidade, acompanhado por um trim seja pela proa ou pela popa. Este é um efeito que é mais pronunciado quando a profundidade da água é menor que 1,5 vezes o calado estático, resultando numa folga menor que a esperada.

O valor do squat aumenta aproximadamente com o quadrado da velocidade, de modo ser este um fator importante em sua determinação. Outros fatores que vão afetar o valor do squat incluem: o coeficiente de bloco do navio, a razão profundidade de água/calado do navio, e o trim estático.

Apesar de existirem inúmeras formulações teóricas e empíricas sobre a determinação do Squat, utilizaremos a recomendada por PIANC/IAPH

$$Squat (m) = 2,0 \times \frac{\Delta}{L_{pp}^2} \times \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{(1 - F_{nh}^2)}} \quad (1)$$



Onde:

Δ : $C_b \times L_{pp} \times B \times T$: Volume de deslocamento

L_{pp} : Comprimento da embarcação entre perpendiculares

B : Boca

T : Calado estático

C_b : Coeficiente de Bloco

$$F_{nh} = \frac{V_s}{\sqrt{g \times h}} \quad (2)$$

Onde:

V : Velocidade da embarcação (m/s)

h : Profundidade do canal ($10\%T + T$)

g : Aceleração da gravidade local ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Sendo assim, para o Trecho A1-1 considerou-se:

$C_b = 0,80$;

$L_{pp} = 340 \text{ m}$;

$B = 55 \text{ m}$;

$T = 10 \text{ m}$;

$h = 11 \text{ m}$;

$V = 5 \text{ nós} = 2,57 \text{ m/s}$.

Calculando o Squat:

$$\Delta = C_b \times L_{pp} \times B \times T = 0,80 \times 340 \times 55 \times 10 = 149.600,00 \text{ m}^3$$

Pela Equação (1):

$$\text{Squat} = 2,0 \times \frac{\Delta}{L_{pp}^2} \times \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{(1 - F_{nh}^2)}} = 2,0 \times \frac{149.600,00}{115.600,00} \times \frac{0,061}{\sqrt{0,939}} \cong 0,164 \text{ m}$$

Para os Trechos A1-2 e A2-1 considerou-se:

$C_b = 0,75$;

$L_{pp} = 135 \text{ m}$;

$B = 30 \text{ m}$;

$T = 8,20 \text{ m}$;



$h = 9 \text{ m};$
 $V = 5 \text{ nós} = 2,57 \text{ m/s}.$

Calculando o Squat:

$$\Delta = C_b \times L_{pp} \times B \times T = 0,75 \times 135 \times 30 \times 8,20 = 24.907,50 \text{ m}^3$$

Pela Equação (1):

$$\text{Squat} = 2,0 \times \frac{\Delta}{L_{pp}^2} \times \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{(1 - F_{nh}^2)}} = 2,0 \times \frac{24.907,50}{18.225,00} \times \frac{0,075}{\sqrt{0,925}} \cong 0,213 \text{ m}$$

Os demais trechos seguiram a mesma formulação.

8.1.6 Movimentos dinâmicos de adernamento:

Quando um navio guina ou navega sob a influência de vento ele sofre um efeito dinâmico de adernamento, e, conseqüentemente, o bojo do navio (extremidade lateral inferior do navio onde o costado encontra-se com a quilha) experimenta um movimento vertical para baixo. O cálculo da medida vertical do efeito dinâmico do adernamento é feito pela seguinte fórmula:

$$Z_{WR} = F_K \left(\frac{B}{2} \sin \phi_{WR} \right) \quad (3)$$

Onde:

F_K é um fator de bojo que leva em consideração a curvatura significativa do bojo da embarcação e pode variar entre 0,76 e 0,9 tipicamente;

B = boca do navio

ϕ_{WR} é o ângulo total de adernamento que é composto pela fórmula $\phi_{WR} = \phi_W + \phi_R$

ϕ_W é o ângulo de adernamento devido ao vento e

ϕ_R é ângulo de adernamento devido à curva.



O ângulo de adernamento devido ao vento é calculado conforme a equação abaixo:

$$\phi_W = \frac{M_W}{\Delta \overline{GM}} = \frac{M_W}{\gamma_W \nabla \overline{GM}} \quad (4)$$

Onde

Δ é o peso deslocado do navio na água = volume deslocado ($\nabla \text{ m}^3$) x o peso específico da água do mar $\gamma_W = g \rho_W$ (10,06 kN/m³);
 \overline{GM} é a altura metacêntrica transversa do navio:

$$\overline{GM} = C_1 \left(\frac{B}{25} \right) \quad (5)$$

Onde C1 pode variar entre 0,5 e 2;

M_W é o momento de adernamento devido ao vento e é estimado por:

$$M_W = l_W \times F_{Wy} \quad (6)$$

Onde:

$l_W = \overline{KG_W} - \frac{T}{2}$ é o braço de momento devido ao vento;
 $\overline{KG_W}$ é a altura do centro da área velica lateral, medida a partir da quilha (m) e;
 T é o calado do navio.

$\overline{KG_W}$ pode ser estimado por:

$$\overline{KG_W} = T + \left(\frac{A_{V,L}}{L_{pp}} \right) / 2 \quad (7)$$

Onde:

$A_{V,L}$ é a área velica lateral projetada sobre a linha d'água (m²);
A força lateral do vento na direção y (F_{Wy}) é definida como:

$$F_{Wy} = \frac{1}{2} \rho_a C_{Wy} A_{V,L} V_{WR}^2 \quad (8)$$

Onde:

ρ_a é a densidade do ar (1,25 kg/m³ a 10° C);
 V_{WR} é a velocidade relativa do vento (m/s) e;
 C_{Wy} é o coeficiente de força do vento que é função do ângulo da direção relativa do vento no centro de gravidade do navio, θ_{WR} , e é dado pela equação abaixo:

$$C_{Wy} = \sum_{n=1}^3 C_{Yn} \sin(n\theta_{WR}) \quad (9)$$

Os três coeficientes de regressão C_{Yn} para $n=1, 2$ e 3 são dados por:

$$C_{Yn} = C_{Yn0} + C_{Yn1} \frac{A_{V,L}}{L_{pp}^2} + C_{Yn2} \frac{X_L}{L_{pp}} + C_{Yn3} \frac{L_{pp}}{B} + C_{Yn4} \frac{A_{V,L}}{A_{V,F}} \quad n=1,2,3 \quad (10)$$

Onde:

$A_{V,F}$ é a área vélica frontal projetada sobre a linha d'água (m²) e;
 X_L é a distância entre a perpendicular frontal e o centro de $A_{V,L}$ (m)

Finalmente, os cinco coeficientes empíricos C_{Yn0} à C_{Yn4} são listados na Tabela 8-3, abaixo.

Tabela 8-3. Coeficientes empíricos C_{Ynj} para o cálculo das forças laterais de vento (Relatório PIANC 121/2014)

Coefficient n	Coefficient C_{Ynj} for $j = 0$ to 4				
	C_{Yn0}	C_{Yn1}	C_{Yn2}	C_{Yn3}	C_{Yn4}
1	0.509	4.904	0	0	0.022
2	0.0208	0.23	-0.075	0	0
3	-0.357	0.943	0	0.0381	0

O ângulo de adernamento devido à curva é uma função do raio de curvatura e da velocidade da embarcação e atinge um valor máximo logo após o início do acionamento do leme, ϕ_{MAX} , estabilizando posteriormente em um ângulo ϕ_C , que pode ser obtido através da equação:

$$\phi_C = \frac{l_R U_C^2}{g R_C \overline{GM}} \quad (11)$$

Onde

$l_R = \overline{KG} - \frac{T}{2}$ é o braço de momento devido à curva;
 \overline{KG} é a altura do centro de gravidade do navio medido a partir da quilha;
 U_C é a velocidade do navio durante a curva, e;
 R_C é o raio de curva.

O valor de \overline{KG} é definido pela relação:

$$\overline{KG} = \overline{KB} - \overline{GM} + \overline{BM} \quad (12)$$

Onde:

\overline{KB} é a altura do centro de flutuação do navio, medido a partir da quilha; e
 \overline{BM} é a distância entre o centro de flutuação e a altura metacêntrica.

\overline{KB} pode ser estimado da seguinte maneira:

$$\overline{KB} = T \left(0,84 - \frac{0,33C_B}{0,18 + 0,87C_B} \right) \quad (13)$$

\overline{BM} pode ser estimado utilizando a expressão:

$$\overline{BM} = \frac{I_T}{V} = \left(\frac{\pi L_{pp} B^3}{64} \right) \left(\frac{1}{C_B L_{pp} B T} \right) = \frac{B^2}{20,4 C_B T} \quad (14)$$

O ângulo máximo de adernamento devido à curva ϕ_R pode ser estimado por:

$$\phi_R = \phi_{MAX} = C_\phi \phi_C \quad (15)$$

Onde

C_ϕ é o coeficiente de amplificação do ângulo e depende do ângulo do leme, com valores variando entre 1.3 e 1.7 para ângulo de leme entre 10 e 20°, respectivamente.

Calculando os movimentos dinâmicos de adernamento:

Adernamento relativo ao vento:

Para o Trecho A1-1 considerou-se:

$$\begin{aligned}
 A_{V,L} &= 11.300 \text{ m}^2 \\
 A_{V,F} &= 2475 \text{ m}^2 \\
 X_L &= L_{pp}/2 = 340/2 = 170 \text{ m} \\
 V_{WR} &= 15 \text{ nós} = 7,72 \text{ m/s} \\
 \theta_{WR} &= 90^\circ \\
 \nabla &= C_B L_{pp} B T = \text{volumedeslocado} = 149.600,00 \text{ m}^3 \\
 \overline{GM} &= 1,6 \times \left(\frac{55}{25}\right) = 3,52 \text{ m}.
 \end{aligned}$$

Pela Equação (10), temos: $C_{Y1} = 1,089$; $C_{Y2} = 0,0057$; $C_{Y3} = -0,029$

Logo, pela Equação (9): $C_{Wy} = 1,118$.

Aplicando a Equação (8): $F_{Wy} = 470.220,80 \text{ N}$

Então, obtemos o valor de $\overline{KG}_W = T + \left(\frac{A_{V,L}}{L_{pp}}\right)/2 = 26,62 \text{ m}$, e de $l_W = \overline{KG}_W - \frac{T}{2} = 21,62 \text{ m}$.

Finalmente substituímos o valor de l_W na Equação(6) e encontramos o momento de adernamento devido ao vento $M_W = 10.165 \text{ kNm}$.

Ao substituir esses valores na Equação (4), obtemos:

$$\phi_W = \frac{M_W}{\Delta \overline{GM}} = \frac{M_W}{\gamma_W \nabla \overline{GM}} = \frac{10.165}{10,06 \times 149.600,00 \times 3,52} = 0,11^\circ$$

Para os Trechos A1-2 e A2-1, considerou-se:

$$\begin{aligned}
 A_{V,L} &= 1.800 \text{ m}^2 \\
 A_{V,F} &= 500 \text{ m}^2 \\
 X_L &= L_{pp}/2 = 135/2 = 67,50 \text{ m} \\
 V_{WR} &= 15 \text{ nós} = 7,717 \text{ m/s} \\
 \theta_{WR} &= 90^\circ \\
 \nabla &= C_B L_{pp} B T = \text{volumedeslocado} = 24.907,50 \text{ m}^3 \\
 \overline{GM} &= 1,6 \times \left(\frac{30}{25}\right) = 1,92 \text{ m}.
 \end{aligned}$$

Pela Equação (10), temos: $C_{Y1} = 1,072$; $C_{Y2} = 0,0060$; $C_{Y3} = -0,092$

Logo, pela Equação (9): $C_{Wy} = 1,165$.

Aplicando a Equação (8): $F_{Wy} = 78.041,03 \text{ N}$

Então, obtemos o valor de $\overline{KG}_W = T + \left(\frac{A_{V,L}}{L_{pp}}\right)/2 = 14,87 \text{ m}$, e de $l_W = \overline{KG}_W - \frac{T}{2} = 10,77 \text{ m}$.

Finalmente substituímos o valor de l_W na Equação(6) e encontramos o momento de adernamento devido ao vento $M_W = 840 \text{ kNm}$

Ao substituir esses valores na Equação (4), obtemos:

$$\phi_W = \frac{M_W}{\Delta \overline{GM}} = \frac{M_W}{\gamma_W \nabla \overline{GM}} = \frac{840}{10,06 \times 24.907,50 \times 1,92} = 0,10^\circ$$

Adernamento relativo à curva:

Para o Trechos A1-1 considerou-se:

$$U_C = 5 \text{ nós} = 2,57 \text{ m/s}$$

$R_C = 1.550 \text{ m}$ (como demonstrado no Item 8.2.5)

Inicialmente estimamos o valor de \overline{KB} e \overline{BM} utilizando as Equações(13) e (14):

$$\begin{aligned} \overline{KB} &= 10,0 \left(0,84 - \frac{0,33 \times 0,80}{0,18 + 0,87 \times 0,80} \right) = 5,39 \text{ m}; \\ \overline{BM} &= \frac{55^2}{20,4 \times 0,80 \times 10,0} = 18,54 \text{ m} \end{aligned}$$

Segue pela Equação (12) que: $\overline{KG} = 5,39 - 3,52 + 18,54 = 20,42 \text{ m}$

Por conseguinte, o braço de momento relativo à curva é :

$$l_R = 20,42 - \frac{10,0}{2} = 15,42 \text{ m}$$

Calcula-se, então, o ângulo de adernamento relativo à curva pela Equação (11):

$$\phi_C = \frac{15,42 \times 2,57^2}{9,81 \times 1.550 \times 3,52} = 0,110^\circ$$

Para calcular o ângulo máximo devido à curva aplica-se a Equação (15):

$$\phi_R = \phi_{MAX} = 1,5 \times 0,110^\circ \approx 0,165^\circ$$

Para o Trecho A1-2 considerou-se:

$$U_C = 5 \text{ nós} = 2,57 \text{ m/s}$$

$R_C = 600 \text{ m}$ (raio mais restrito devido às condições geométricas do local)

Inicialmente estimamos o valor de \overline{KB} e \overline{BM} utilizando as Equações(13) e (14):

$$\overline{KB} = 8,2 \left(0,84 - \frac{0,33 \times 0,75}{0,18 + 0,87 \times 0,75} \right) = 4,45 \text{ m};$$
$$\overline{BM} = \frac{30^2}{20,4 \times 0,80 \times 8,2} = 7,17 \text{ m}$$

Segue pela Equação (12) que: $\overline{KG} = 4,45 - 1,92 + 7,17 = 9,70 \text{ m}$

Por conseguinte, o braço de momento relativo à curva é :

$$l_R = 9,70 - \frac{8,20}{2} = 5,60 \text{ m}$$

Calcula-se, então, o ângulo de adernamento relativo à curva pela Equação (11):

$$\phi_C = \frac{5,60 \times 2,57^2}{9,81 \times 600 \times 1,92} = 0,187^\circ$$

Para calcular o ângulo máximo devido à curva aplica-se a Equação (15):

$$\phi_R = \phi_{MAX} = 1,9 \times 0,187^\circ \approx 0,357^\circ$$

Para o Trecho A2-1 considerou-se:

$$U_C = 5 \text{ nós} = 2,57 \text{ m/s}$$

$R_C = 273 \text{ m}$ (raio mais restrito devido às condições geométricas do local)

Inicialmente estimamos o valor de \overline{KB} e \overline{BM} utilizando as Equações(13) e (14):

$$\overline{KB} = 8,2 \left(0,84 - \frac{0,33 \times 0,75}{0,18 + 0,87 \times 0,75} \right) = 4,45 \text{ m};$$
$$\overline{BM} = \frac{30^2}{20,4 \times 0,80 \times 8,2} = 7,17 \text{ m}$$

Segue pela Equação (12) que: $\overline{KG} = 4,45 - 1,92 + 7,17 = 9,70 \text{ m}$

Por conseguinte, o braço de momento relativo à curva é :

$$l_R = 9,70 - \frac{8,20}{2} = 5,60 \text{ m}$$

Calcula-se, então, o ângulo de adernamento relativo à curva pela Equação (11):

$$\phi_C = \frac{5,60 \times 2,57^2}{9,81 \times 273 \times 1,92} = 0,413^\circ$$

Para calcular o ângulo máximo devido à curva aplica-se a Equação (15):

$$\phi_R = \phi_{MAX} = 2,3 \times 0,413^\circ \approx 0,950^\circ$$

Os demais trechos seguiram a mesma formulação.

Dimensionamento do movimento vertical de adernamento resultante:

O quadro abaixo apresenta resumidamente o dimensionamento do movimento vertical resultante para cada trecho do canal.

Trecho	Ângulo de Adernamento Total Adotado	Movimento Vertical Resultante
A1-1	$\phi_{WR} = \phi_W + \phi_R = 0,28^\circ$	$Z_{WR} = 0,9 \left(\frac{55}{2} \text{sen} 0,28^\circ \right) = 0,12 \text{ m}$
A1-2	$\phi_{WR} = \phi_W + \phi_R = 0,45^\circ$	$Z_{WR} = 0,9 \left(\frac{30}{2} \text{sen} 0,45^\circ \right) = 0,11 \text{ m}$
A2-1	$\phi_{WR} = \phi_W + \phi_R = 1,05^\circ$	$Z_{WR} = 0,9 \left(\frac{30}{2} \text{sen} 1,05^\circ \right) = 0,25 \text{ m}$

8.1.7 Efeitos de onda

Um navio está sujeito a seis tipos de movimentos livres, três translacionais conhecidos como, avanço (surge) que é o movimento de translação no eixo longitudinal, desvio (sway) que é o movimento de translação no eixo transversal, afundamento (heave) que é o movimento de translação no eixo vertical e três rotacionais conhecidos com, jogo (roll) que é o movimento de rotação em torno do eixo longitudinal, arfagem (pitch) que é o movimento de rotação em torno do eixo transversal e guinada (yaw) que é o movimento de rotação em torno do eixo vertical, conforme ilustra a Figura 8-3:

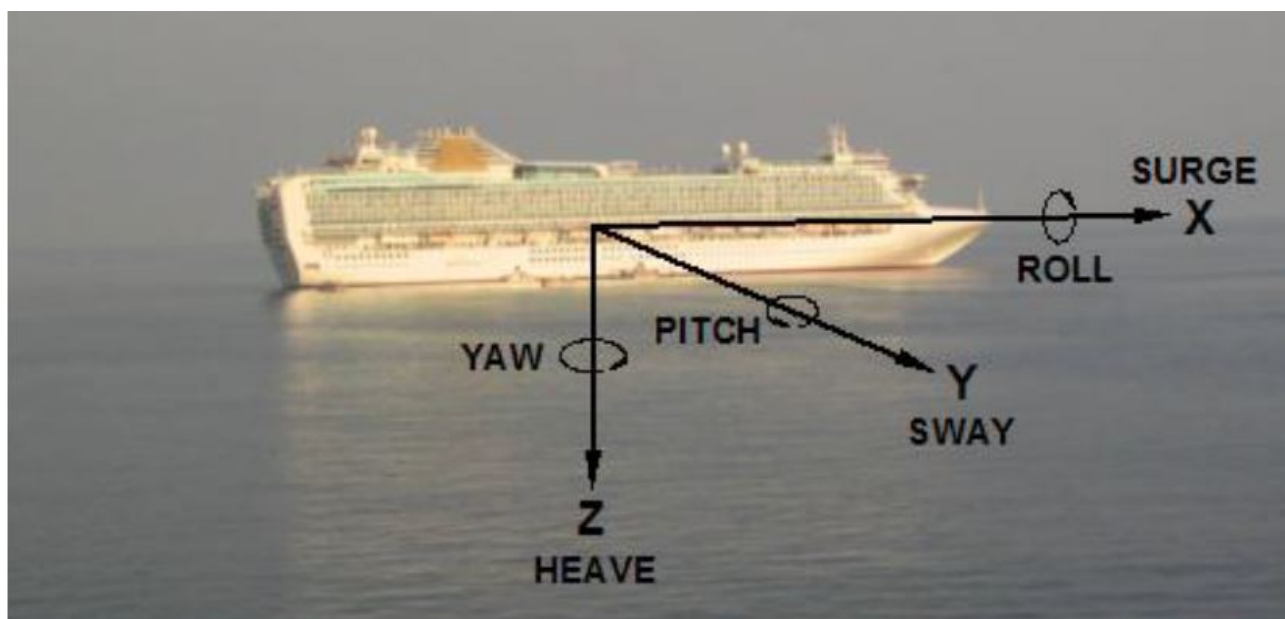


Figura 8-3. Movimentos livres a que está sujeito um navio – Relatório PIANC 121/2014

Os movimentos verticais resultantes dos efeitos de onda são compostos pelos componentes verticais dos movimentos de resposta de um navio devido a uma excitação do mar, notadamente afundamento, jogo e arfagem.

O método de dimensionamento Japonês descrito no relatório PIANC 121/2014 considera que os deslocamentos máximos ocorrem em função de uma combinação de movimentos de afundamento e arfagem na proa, Z2 e afundamento e jogo nos bojos de bombordo e estibordo, Z3. O movimento vertical resultante considerado pelo navio deve ser escolhido como o maior valor entre os dois.

A determinação precisa das respostas de um navio específico à um determinado estado de mar em um dado local só pode ser conhecida através de modelagem analítica e/ou numérica rigorosa. Porém o valor de Z2 pode ser estimado através de uma curva calculada para um navio cargueiro com $C_B = 0,7$ e velocidade relativa $F_{nL} = V_s / \sqrt{gL_{pp}} = 0,1$, cujos resultados são considerados típicos para o valor do afundamento da proa para outros tipos de navio, mostrada na Figura 8-4.

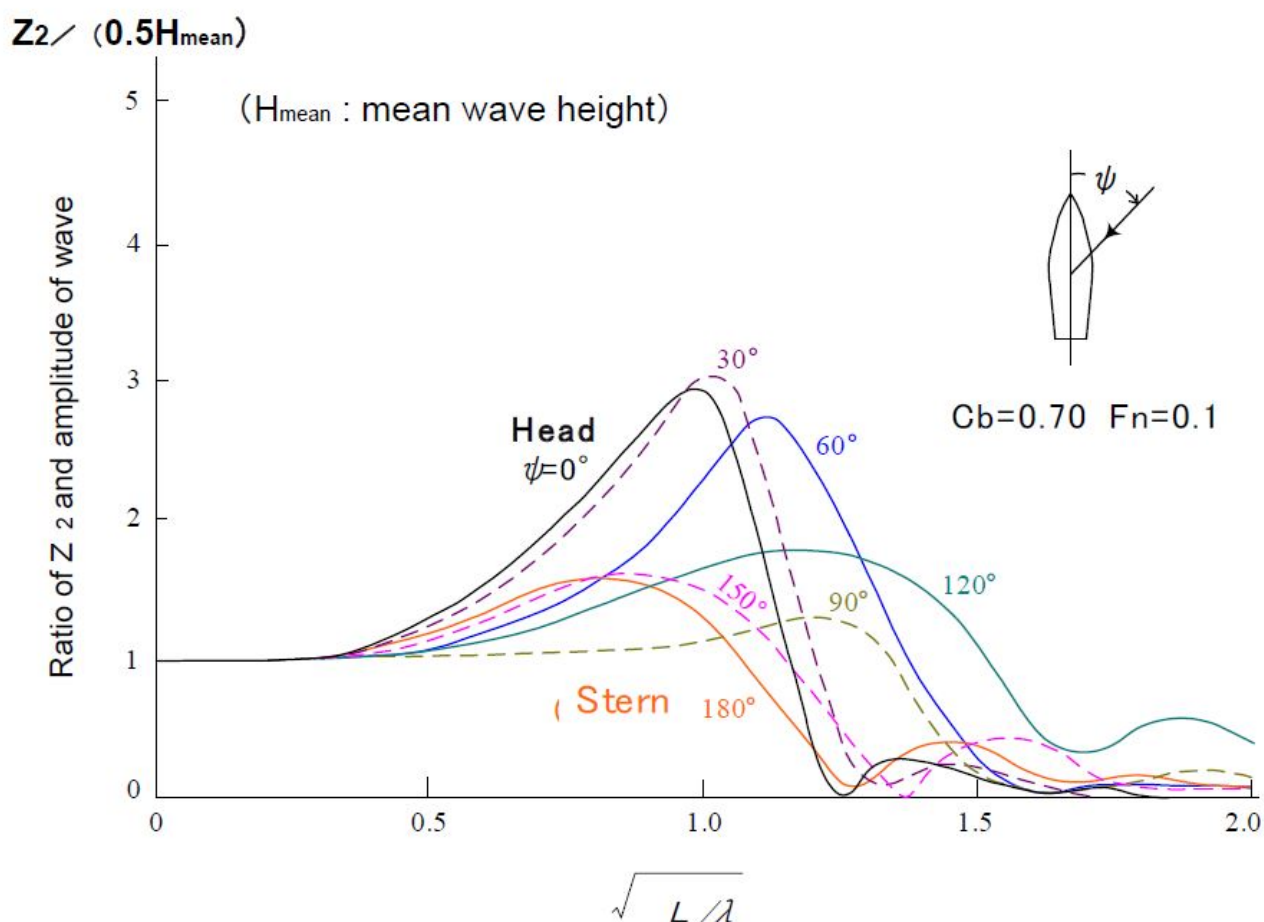


Figura 8-4. Operadores de Resposta de Amplitude (Response Amplitude Operators – RAO) de afundamento de proa Z_2 calculados para um navio cargueiro devido a efeitos de afundamento (heave) e arfagem (pitch), onde $F_n = F_{nL}$ e $L = L_{pp}$.

Nota-se pela figura que, para $\sqrt{L_{pp}/\lambda} > 1,5$, ou $\lambda > 0,45L_{pp}$ os valores do gráfico para todos os ângulos de incidência de ondas apresentam uma tendência a aproximar-se de zero. De fato, o relatório indica que esse limite seja respeitado ao se fazerem estimativas através desse gráfico.

Para o caso em questão, o comprimento de onda em cada trecho foi calculado através do período da onda e a profundidade média do canal estimada em carta náutica:

Trecho A1-1: $T=12$ s; $Prof = 11$ m; $\lambda = 118,9$ m

Foi verificado que o valor de $\sqrt{L_{pp}/\lambda} < 1,5$, e o valor de Z_2 pode ser desconsiderado, adotando-se diretamente o valor de Z_3 , calculado adiante.

Trecho A1-2: $T=12$ s; $Prof = 9$ m; $\lambda = 108,9$ m

Foi verificado que o valor de $\sqrt{L_{pp}/\lambda} = 1,11$. Interpolando no gráfico, o valor de $Z2/(0,5 H_{mean}) = 2,8$, de onde, $Z2 = 2,8 \times 0,5 \times 0,10 \text{ m} = 0,14 \text{ m}$.

O movimento vertical nos bojos devido aos movimentos de afundamento (heave) e jogo (roll) apresenta uma resposta bastante acentuada quando o período natural de ressonância do navio, ou seja, quando o período das ondas TE se aproxima ao período natural de jogo do navio TR. O movimento vertical do bojo Z3, para o período natural TR, pode ser estimado por:

$$Z_3 = 0,7 \frac{H_s}{2} + \frac{B}{2} \sin \phi_{Max} \quad (16)$$

Onde:

H_s é a altura significativa da onda (m);

B é a boca do navio (m); e,

ϕ_{Max} é o ângulo máximo de jogo, definido por:

$$\phi_{Max} = \mu \gamma \Phi \quad (17)$$

Onde::

μ é um coeficiente adimensional de amplitude de efeito de jogo em ondas regulares, e;

γ é um coeficiente de declividade efetiva, considerando $\mu \times \gamma = 7$ como um valor máximo.

Φ é o ângulo de declividade da onda em TR, calculado por:

$$\Phi = 360 \left[\frac{0,35 H_s}{\lambda} \right] \sin \psi \quad (18)$$

Onde::

λ é o comprimento da onda; e,

ψ é o ângulo de incidência das ondas em relação ao navio.

Para o cálculo do efeito de onda se a deve-se inicialmente verificar o período natural do de jogo do navio TR e o período de encontro das ondas TE, conforme demonstrado abaixo:

$$T_R = \frac{2,5B}{\sqrt{g\overline{GM}}} \quad (19)$$

Onde:

B é a boca do navio (m);

\overline{GM} é a altura metacêntrica transversa do navio. Para o cálculo do período de ressonância o valor de \overline{GM} será considerado em seus valores máximo e mínimo, dados pela Equação (5).

Logo, para o navio do Trecho A1-1, considerou-se:

$$\overline{GM} = 0,5 \left(\frac{55}{25} \right) = 1,1 ; \overline{GM} = 2 \left(\frac{55}{25} \right) = 4,4$$

Segue pela Equação (19):

$$T_R = \frac{2,5B}{\sqrt{g\overline{GM}}} = \frac{2,5 \times 55}{\sqrt{9,81 \times 1,1}} = 41,85 \text{ s} ; T_R = \frac{2,5B}{\sqrt{g\overline{GM}}} = \frac{2,5 \times 55}{\sqrt{9,81 \times 4,4}} = 20,92 \text{ s}$$

Para o navio do Trecho A1-2, considerou-se:

$$\overline{GM} = 0,5 \left(\frac{30}{25} \right) = 0,6 ; \overline{GM} = 2 \left(\frac{30}{25} \right) = 2,4$$

Segue pela Equação (19):

$$T_R = \frac{2,5B}{\sqrt{g\overline{GM}}} = \frac{2,5 \times 30}{\sqrt{9,81 \times 0,6}} = 30,91 \text{ s} ; T_R = \frac{2,5B}{\sqrt{g\overline{GM}}} = \frac{2,5 \times 30}{\sqrt{9,81 \times 2,4}} = 15,45 \text{ s}$$

Para o cálculo de TE tem-se:

$$T_E = \frac{1}{f_E} = \frac{2\pi}{\omega_E} = \frac{T_z}{(1 - S_{eff})} \quad (20)$$

Onde

f_E é a frequência da onda (Hz);

ω_E é a frequência angular da onda (rad/s);

T_z é o período da onda que corta o eixo zero (s);

S_{eff} é a taxa de velocidade efetiva = $v_x \cos(\psi) / c$;

v_x é a velocidade do navio (m/s);

ψ é o ângulo entre o vetor de velocidade da embarcação e o vetor de propagação

de onda (graus);
 c é a celeridade da onda.

Para o Trecho A1-1, pela Equação (20):

$$T_E = \frac{1}{f_E} = \frac{2\pi}{\omega_E} = \frac{T_z}{(1 - S_{eff})} = \frac{12}{\left(1 - \frac{2,57 \cos(43)}{9,91}\right)} = 14,81 \text{ s}$$

Para o Trecho A1-2, pela Equação (20):

$$T_E = \frac{1}{f_E} = \frac{2\pi}{\omega_E} = \frac{T_z}{(1 - S_{eff})} = \frac{12}{\left(1 - \frac{2,57 \cos(43)}{9,03}\right)} = 15,16 \text{ s}$$

Podemos observar que, para o navio do Trecho A-1, mesmo para o pior caso de TE, o período natural de jogo permanece a uma distância segura acima do período de encontro de ondas para que não sejam esperados efeitos amplificados de ressonância. Já para o navio do Trecho A1-2 o período natural de jogo para o pior caso chega bastante próximo ao período de encontro de ondas e deverá ser tomada atenção para os efeitos de ressonância associados. Será adotado um coeficiente de amplificação do efeito de ângulo máximo de jogo do navio relativo ao período de encontro TE esperado, conforme demonstrado abaixo.

Calculando os valores de Z3:

Para o Trecho A1-1 considerou-se:

$$\begin{aligned} H_s &= 0,20 \text{ m} \\ \lambda &= 118,9 \text{ m} \\ \psi &= 43^\circ \\ \mu \times \gamma &= 5 \end{aligned}$$

Pela Equações (17) e (18):

$$\Phi = 360 \left[\frac{0,35 \times 0,20}{118,9} \right] \sin 43^\circ = 0,15^\circ; \quad \Phi_{Max} = 5 \times 0,15 = 0,72^\circ$$

Pela Equação (16):

$$Z_3 = 0,7 \frac{0,20}{2} + \frac{55}{2} \sin 0,72^\circ = 0,42 \text{ m}$$

Para o Trecho A1-2, considerou-se:

$$\begin{aligned}H_s &= 0,10 \text{ m} \\ \lambda &= 108,4 \text{ m} \\ \psi &= 43^\circ \\ \mu \times \gamma &= 7\end{aligned}$$

Pela Equações (17) e (18):

$$\Phi = 360 \left[\frac{0,35 \times 0,10}{108,4} \right] \text{sen} 43^\circ = 0,08^\circ; \quad \phi_{Max} = 7 \times 0,08 = 0,55^\circ$$

Pela Equação (16):

$$Z_3 = 0,7 \frac{0,10}{2} + \frac{55}{2} \text{sen} 0,55^\circ = 0,18 \text{ m}$$

Para os demais trechos não foram considerados efeitos de onda significativos.

8.1.8 Tolerância sob a quilha (TSQ ou NET UKC)

Para o caso do canal de acesso ao porto de Niterói e adjacência, onde o leito é composto por material arenoso e silte argiloso e a carga transportada para o navio tipo não oferece um risco adicional à segurança ou ao meio ambiente, será considerada uma margem de segurança adicional acrescida de 0,3 m após a consideração de todos os outros fatores relacionados à determinação da profundidade do canal de acesso.

8.1.9 Profundidade Final da Infraestrutura Aquaviária do Complexo Portuário/Industrial de Niterói:

Trecho	Parâmetros Adotados	Profundidade Nominal do Canal
A1-1	$Squat = 0,16 \text{ m}$; $Z_{WR} = 0,12 \text{ m}$; $Z_3 = 0,42 \text{ m}$; $TSQ = 0,30 \text{ m}$	Profundidade = 11,00m
A1-2	$Squat = 0,21 \text{ m}$; $Z_{WR} = 0,11 \text{ m}$; $Z_3 = 0,18 \text{ m}$; $TSQ = 0,30 \text{ m}$	Profundidade = 9,00m
A2-1	$Squat = 0,21 \text{ m}$; $Z_{WR} = 0,25 \text{ m}$; $Z_3 = 0,00 \text{ m}$; $TSQ = 0,30 \text{ m}$	Profundidade = 8,96m
A2-2	$Squat = 0,25 \text{ m}$; $Z_{WR} = 0,02 \text{ m}$; $Z_3 = 0,00 \text{ m}$; $TSQ = 0,30 \text{ m}$	Profundidade = 7,97m
A2-3	$Squat = 0,21 \text{ m}$; $Z_{WR} = 0,19 \text{ m}$; $Z_3 = 0,00 \text{ m}$; $TSQ = 0,30 \text{ m}$	Profundidade = 8,50m
A3-1	$Squat = 0,27 \text{ m}$; $Z_{WR} = 0,19 \text{ m}$; $Z_3 = 0,00 \text{ m}$; $TSQ = 0,30 \text{ m}$	Profundidade = 8,49m
A3-2	$Squat = 0,25 \text{ m}$; $Z_{WR} = 0,23 \text{ m}$; $Z_3 = 0,00 \text{ m}$; $TSQ = 0,30 \text{ m}$	Profundidade = 6,47m
A3-3	$Squat = 0,11 \text{ m}$; $Z_{WR} = 0,10 \text{ m}$; $Z_3 = 0,0 \text{ m}$; $TSQ = 0,30 \text{ m}$	Profundidade = 3,41m

8.2 DETERMINAÇÃO DA LARGURA DO CANAL DE ACESSO

A publicação do PIANC/IAPH define a largura dos canais de acesso nos trechos retilíneos como um somatório da largura da faixa de navegação, mais as diversas larguras adicionais que dependem dos fatores que serão mencionados adiante. O valor da largura, então, varia em função de cada caso. A Figura 8-5 ilustra os elementos que determinam a largura de um canal de acesso em função de um navio tipo de projeto.

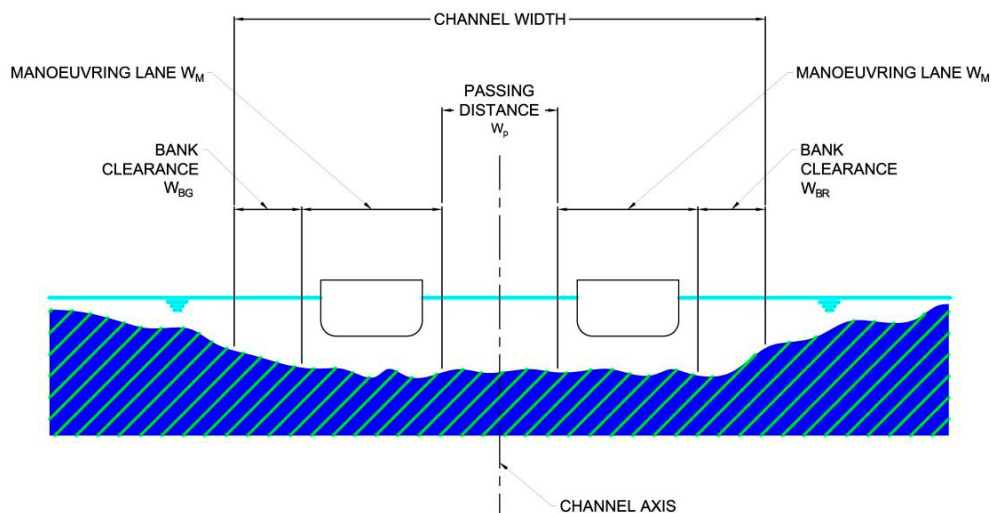


Figura 8-5. Fatores que influenciam a largura de canais de acesso – Relatório PIANC 121/2014.

Para o cálculo da largura dos canais de acesso ao Complexo Portuário de Niterói serão adotados os mesmos navios detalhados acima na Tabela 8-2.

8.2.1 Largura necessária para canal de acesso

A Equação (21) determina o valor da largura do canal de acesso com via única e a Equação (22) determina o valor da largura do canal de acesso com via dupla:

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1} W_i + W_{BR} + W_{BG} \quad (21)$$

$$W = 2 \times W_{BM} + 2 \times \sum_{i=1} W_i + W_{BR} + W_{BG} + \sum W_P \quad (22)$$

Onde

W_{BM} : pista de manobra básica

$W_{BR} = W_{BG}$: larguras adicionais por efeito dos taludes laterais, para uma velocidade da embarcação.

W_i : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade
- ventos transversais
- correntes transversais
- correntes longitudinais
- alturas de ondas
- auxílios à navegação
- superfície de fundo
- profundidade da via navegável
- periculosidade da carga

W_P : largura adicional para distância de passagem

8.2.2 Cálculo da largura para Canal de Acesso Trecho A1-1

W_{BM} : pista de manobra básica, considerada boa = 1,3 B

W_{BR} : largura adicional por efeito de talude – talude íngreme e velocidade da embarcação fraca (5 nós) = 0,3 B

W_{BG} : largura adicional por efeito de talude – talude íngreme e velocidade da embarcação fraca (5 nós) = 0,3 B

- ação da velocidade da embarcação	=	0,0 B
- ventos transversais leves e velocidade da embarcação lenta	=	0,3 B
- correntes transversais desprezíveis	=	0,0 B
- correntes longitudinais baixas	=	0,0 B
- alturas de ondas $H_s < 1$ m	=	0,0 B
- auxílios à navegação (excelente)	=	0,0 B
- superfície do fundo (lisa e suave)	=	0,1 B
- profundidade do canal $< 1,15 T$, águas abrigadas	=	0,2 B
- periculosidade da carga (baixa - contêiner)	=	<u>0,0 B</u>
		0,6 B

Substituindo-se os valores na Equação (21):

$$W = 1,3(55) + 0,6(55) + 0,3(55) + 0,3(55) = 138 \text{ m}$$

8.2.3 Cálculo da largura para Canal de Acesso Trecho A1-2

W_{BM} : pista de manobra básica, considerada boa	=	1,3 B
W_{BR} : largura adicional por efeito de talude – talude íngreme e velocidade da embarcação fraca (5 nós)	=	0,3 B
W_{BG} : largura adicional por efeito de talude – talude íngreme e velocidade da embarcação fraca (5 nós)	=	0,3 B

W_i : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade da embarcação	=	0,0 B
- ventos transversais leves e velocidade da embarcação lenta	=	0,3 B
- correntes transversais desprezíveis	=	0,0 B
- correntes longitudinais baixas	=	0,0 B
- alturas de ondas $H_s < 1$ m	=	0,0 B
- auxílios à navegação (excelente)	=	0,0 B
- superfície do fundo (lisa e suave)	=	0,1 B
- profundidade do canal $< 1,15 T$, águas abrigadas	=	0,4 B
- periculosidade da carga (baixa - contêiner)	=	<u>0,0 B</u>
		0,8 B

Substituindo-se os valores na Equação (21):

$$W = 1,3(30) + 0,8(30) + 0,3(30) + 0,3(30) = 81 \text{ m}$$

8.2.4 Cálculo da largura para Canal de Acesso Trecho A2-1

W_{BM} : pista de manobra básica, considerada boa	=	1,3 B
W_{BR} : largura adicional por efeito de talude – talude íngreme e velocidade da embarcação fraca (5 nós)	=	0,3 B
W_{BG} : largura adicional por efeito de talude – talude íngreme e velocidade da embarcação fraca (5 nós)	=	0,3 B

W_i : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade da embarcação	=	0,0 B
- ventos transversais leves e velocidade da embarcação lenta	=	0,3 B
- correntes transversais desprezíveis	=	0,0 B
- correntes longitudinais baixas	=	0,0 B
- alturas de ondas $H_s < 1 \text{ m}$	=	0,0 B
- auxílios à navegação (bom)	=	0,2 B
- superfície do fundo (áspera e dura)	=	0,2 B
- profundidade do canal $< 1,15 T$, águas abrigadas	=	0,4 B
- periculosidade da carga (baixa - contêiner)	=	<u>0,0 B</u>
		1,1 B

Substituindo-se os valores na Equação (21):

$$W = 1,3(30) + 1,1(30) + 0,3(30) + 0,3(30) = 90 \text{ m}$$

Os demais trechos seguiram a mesma formulação.

8.2.5 Raio de Curvatura no Canal

Para o dimensionamento do raio de curvatura para o navio optou-se por utilizar as curvas disponibilizadas no relatório PIANC30/1997, que relacionam o raio de curvatura com o ângulo de leme e a relação entre a profundidade e o calado, mostrado na Figura 8-6.

Para o Trecho A1-1, interpolando as curvas para o caso do canal de acesso ao Porto de Niterói, para um ângulo de leme de 15° e uma profundidade mínima de 20 m disponível na região da curva junto ao canal principal da Baía de

Guanabara, encontrou-se o resultado plotado na Figura 8-7, cujo valor resultante para o raio de giro da curva é de 1.548,92 m, como mostra a Tabela 8-4. O raio de curvatura adotado foi de 1.550 m.

Para o A2-1, adotando um ângulo de leme de 15° e uma profundidade de 15 m existente na região externa do canal, próximo ao canal principal da Baía de Guanabara, encontrou-se o resultado plotado na Figura 8-8, cujo valor resultante para o raio de giro da curva é de 629,42 m, como mostra a Tabela 8-5. O raio de curvatura adotado foi de 750 m.

Os demais trechos apresentam restrições geográficas que não possibilitam a adoção dos raios mínimos de curvatura recomendados. Nesses trechos foram ajustados ângulos de curvatura de forma a compatibilizar o traçado do canal com as condições existentes na região. Contudo, esses canais já são usados atualmente para navegação nessas condições e deverão ser realizados estudos de simulação computacional de navegação para determinar as condições de segurança à navegação necessárias para as embarcações tipo, conforme recomenda o Relatório PIANC 121/2014.

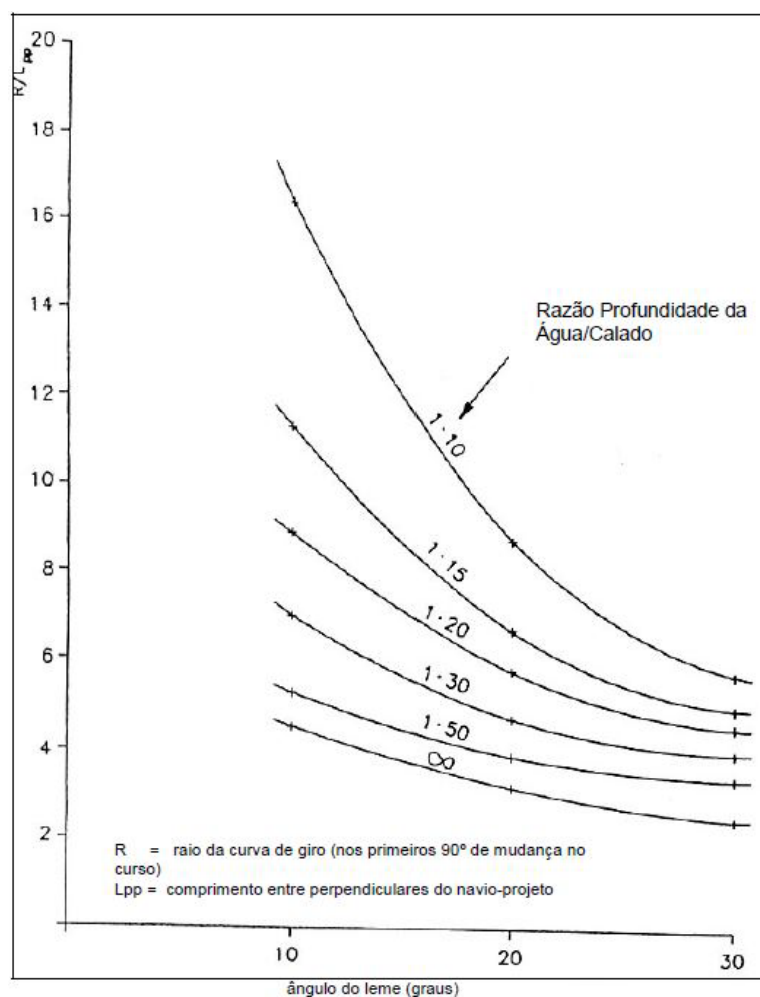


Figura 8-6. Raio da curva descrita pelo navio, em função do ângulo de leme, do calado e da profundidade disponível, Figura 5.8 do PIANC 30/1997.

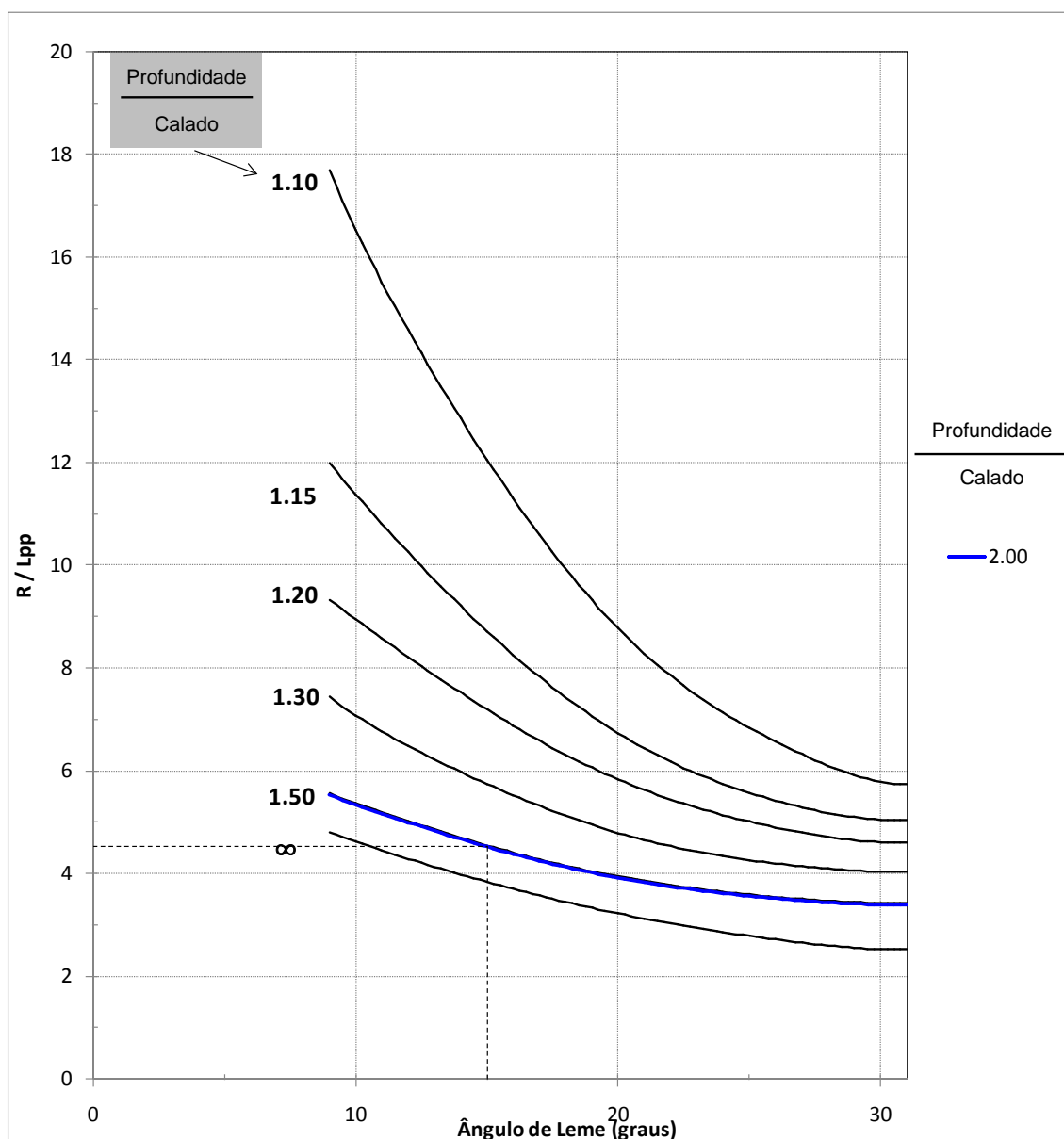


Figura 8-7. Raio da curva descrita pelo navio, em função do ângulo de leme, do calado e da profundidade disponível, interpolada para o caso do Trecho A1-1 do canal em questão.

Tabela 8-4. Interpolação do Raio da Curva para o navio de projeto no Trecho A1-1

Profundidade Mínima do Canal	20.0
Calado do Navio	10.0
Comprimento Total do Navio (LOA)	360
Comprimento Entre Perpendiculares (Lpp)	342
Ângulo de Leme	15.0
R/Lpp	4.53
Profundidade / Calado	2.00
Raio de Giro da Curva	1,548.92

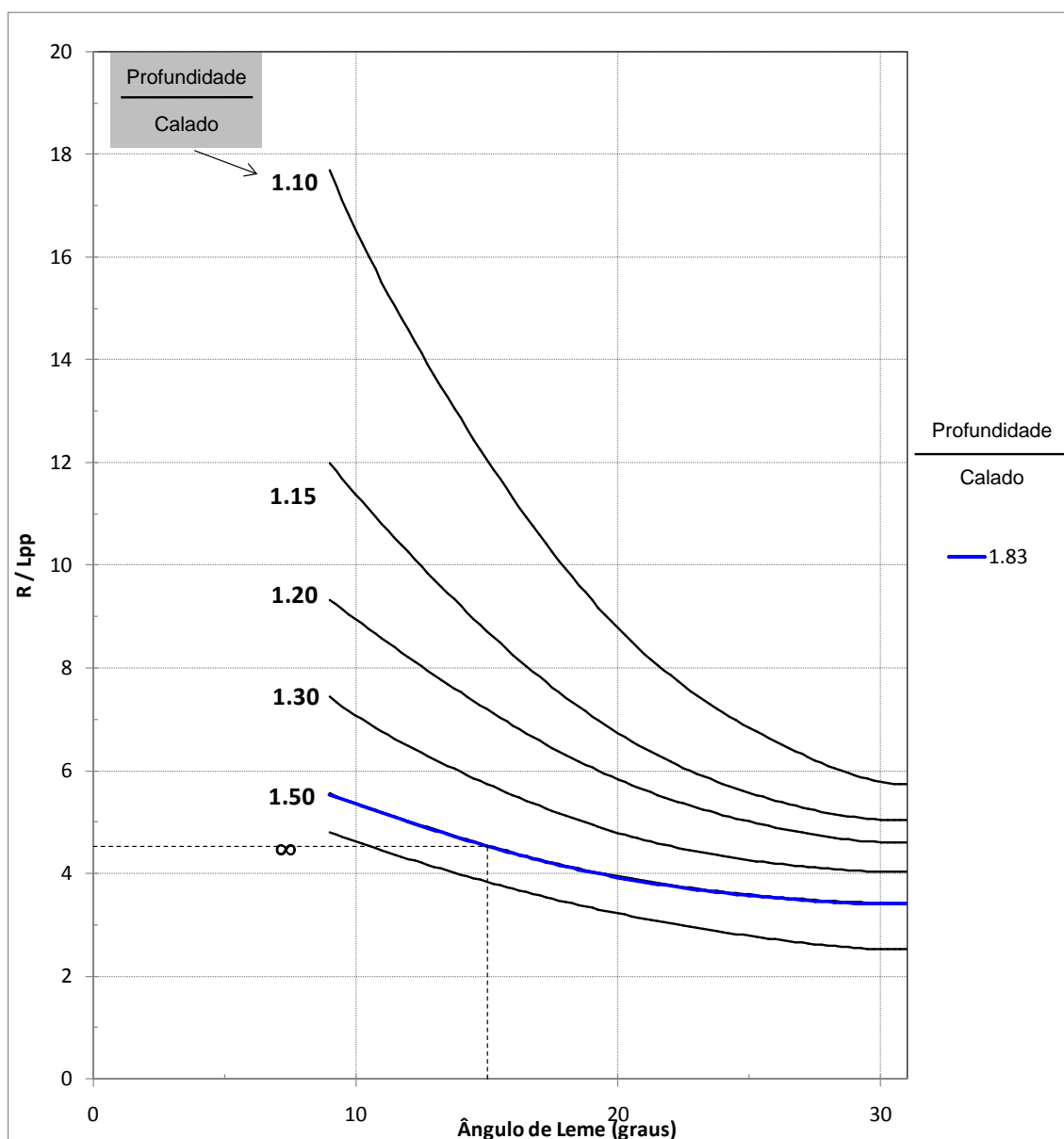


Figura 8-8. Raio da curva descrita pelo navio, em função do ângulo de leme, do calado e da profundidade disponível, interpolada para o caso do Trecho A2-1 do canal em questão.

Tabela 8-5. Interpolação do Raio da Curva para o navio de projeto no Trecho 2

Profundidade Mínima do Canal	15.0
Calado do Navio	8.2
Comprimento Total do Navio (LOA)	146
Comprimento Entre Perpendiculares (Lpp)	139
Ângulo de Leme	15.0
R/Lpp	4.54
Profundidade / Calado	1.83
Raio de Giro da Curva	629.42

Sendo assim, a Tabela 8-6 apresenta os valores adotados, em função dos resultados obtidos para o dimensionamento do canal de acesso em via única, tendo sido considerado para o cálculo um navio tipo Panamax Bulk.

Tabela 8-6. Dimensões adotadas para a Infraestrutura Aquaviária do Complexo Portuário/Industrial de Niterói

Trecho	Profundidade	Largura
A1-1	11,00 m	140 m
A1-2	9,00 m	85/70 m
A2-1	8,50 m	350 m (diâmetro)
A2-2	8,00 m	50 m
A2-3	8,50 m	200 m
A3-1	8,50 m	50 m
A3-2	6,50 m	50 m
A3-3	3,50 m	50 m

9 Caracterização dos Sedimentos das Áreas de Dragagem

9.1 Metodologia

Conforme descrito no EIA, para a caracterização dos sedimentos a serem dragados foi realizada uma campanha de amostragem entre os dias 25 e 28 de abril de 2018.

O quantitativo de amostras coletadas para a caracterização dos sedimentos foi estabelecido em função do volume de material a ser dragado, conforme versa a Resolução CONAMA nº 454/12, a qual estabelece que para até 2.000.000 de m³ de material a ser dragado são necessárias 30 amostras de sedimento e que acima deste volume devem ser coletadas 10 amostras extras para cada milhão de m³ de material adicional.

No projeto preliminar de dragagem para Restauração da Circulação Hidrodinâmica e Revitalização Ambiental do Município de Niterói e São Gonçalo foi calculado um volume de 4.606.129m³ de material sedimentar a ser dragado. Deste modo, 55 amostras foram coletadas em 24 pontos amostrais nas áreas de dragagem e 14 amostras foram coletadas em 07 pontos numa região próxima, como forma de avaliar a qualidade dos sedimentos fora da área de influência direta do empreendimento.

No projeto atual a área de São Gonçalo foi retirada do escopo e, após ajustes realizados na geometria do canal, o volume total calculado é de 2.453.638 m³, e portanto os resultados referentes às áreas de São Gonçalo não serão relacionadas nesse trabalho.

Com base na cota batimétrica local e nas cotas de projeto, as amostras poderiam ser obtidas nas camadas de superfície, meio e fundo. Assim, o critério de amostragem nos estratos considerados foi definido da seguinte forma:

Para estratos a serem dragados superiores a 2,5 m a coluna de sedimento foi classificada em três estratos: Superfície (porção da coluna de sedimento entre 0,0 e 0,5 m de profundidade), Meio (porção da coluna de sedimento entre 0,5 a 2,0 m) e Fundo (porção da coluna de sedimento entre 2,0 m até a profundidade

limite de penetração do amostrador).

Para estratos a serem dragados inferiores a 2,0 m a coluna de sedimento foi classificada em dois estratos: Superfície (porção da coluna de sedimento entre 0,0 e 0,5 m de profundidade) e Fundo (porção da coluna de sedimento entre 0,5 a 2,0 m).

Desta maneira, foi apresentado ao órgão ambiental um plano de amostragem com malha amostral prévia contemplando 18 pontos amostrais (Tabela 9-1). O mapa com a localização das estações de coleta é apresentado Na Figura 2-1 apresenta-se a Localização das Estações de Coleta de Sedimento.

Tabela 9-1. Coordenadas UTM (Datum SIRGAS2000, Fuso 23S) da malha amostral para caracterização do material a ser dragado.

Área	Ponto Amostral	Coordenadas UTM (SIRGAS 2000)	
		E	N
A1	P1	691812	7469063
	P2	692063	7469129
	P3	692298	7468968
	P4	692537	7468861
	P5	692755	7468803
	P6	692944	7468676
	P7	693253	7468498
	P8	693138	7468383
A2	P9	691412	7470192
	P10	692441	7469617
	P11	693619	7470374
	P12	693376	7470529
	P16	692334	7469317
	P17	692930	7469153
	P18	693287	7468933
A3	P13	693625	7470052
	P14	693703	7469042
	P15	693720	7469483

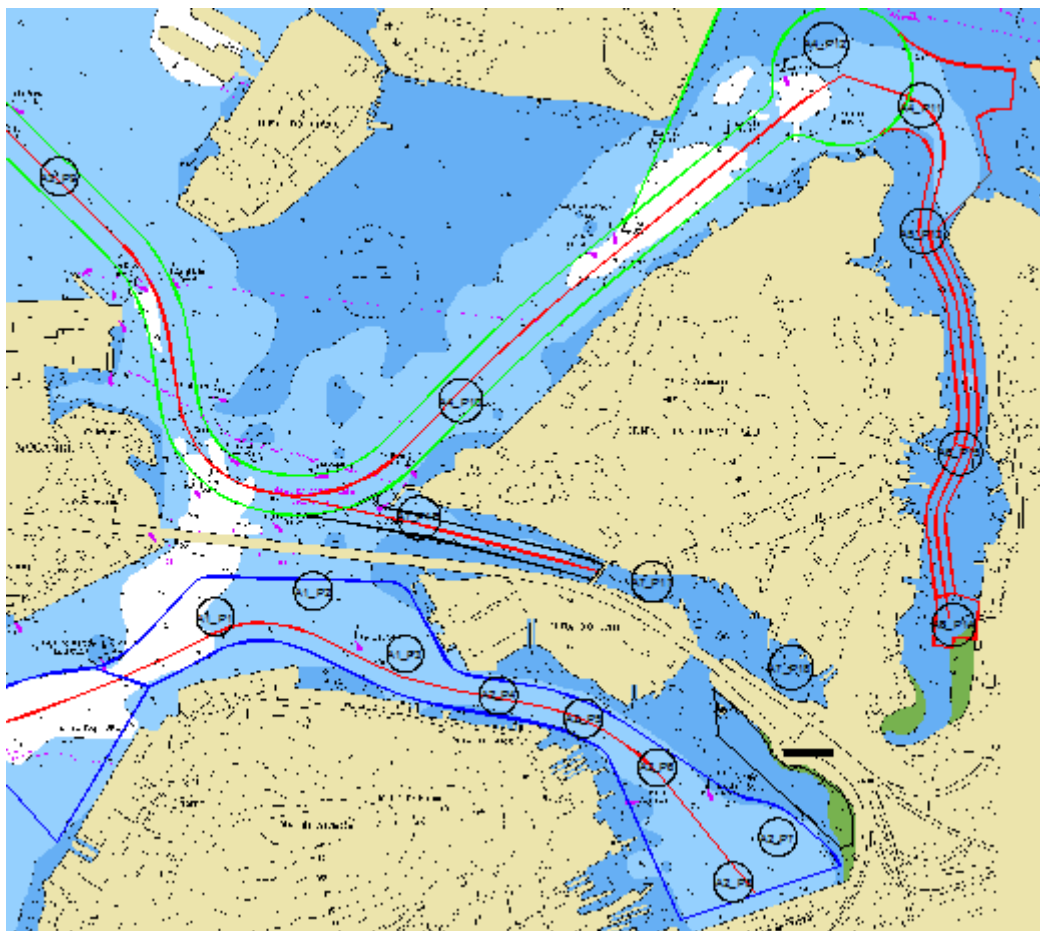


Figura 9-1. Malha amostral adotada para caracterização do material a ser dragado no município de Niterói, RJ. Em violeta: os pontos com amostragem em superfície, meio e fundo. Em cinza: pontos com amostragem em superfície e fundo.

Conforme plano de trabalho apresentado ao INEA, foram utilizados dois equipamentos para coletar as amostras de sedimento:

Gravity Corer

Este equipamento penetra na coluna de sedimentos pela ação da gravidade. Tem como característica principal de manter a integridade da coluna de sedimento amostrada, sua verticalidade e sem perda de partículas finas. Tem estrutura principal composta por metal não corrosivo de alta qualidade, eliminando o risco de contaminação cruzada. Em sua estrutura foram acoplados tubos de PVC especiais que podem ter dimensões de 1,2 e 2,0m.

No momento do lançamento as alavancas superiores do equipamento são acionadas e juntamente com o anel é promovida a vedação do tubo, garantindo assim o isolamento da amostra (Figura 9-2). O conjunto é lançado no mar por

meio de cabo graduado e, quando atingida a profundidade ideal, é liberado, sofrendo uma queda por gravidade, penetrando assim na coluna sedimentar.



Figura 9-2. Amostrador de sedimento tipo Gravity corer.

Após a penetração do equipamento no fundo os dispositivos que isolam o material coletado dentro do tubo são disparados. Deve ser ressaltado que a profundidade de penetração do conjunto é proporcional ao tipo de substrato local, uma vez que a penetração deste equipamento no fundo depende exclusivamente da força da gravidade, e por isso pode variar dependendo da dureza do material encontrado.

O equipamento foi então recolhido da coluna sedimentar por meio do tracionamento do cabo que liga este à embarcação. Com o equipamento no convés da embarcação, o tubo com o material coletado foi desacoplado do conjunto metálico, tomando cuidado para garantir a verticalidade do tubo.

Após a deposição do material presente na camada de água que é aprisionada no tubo, o testemunho foi fracionado nas profundidades de interesse (0 a 0,50m), fazendo uso de um tripé de apoio dotado de um êmbolo composto de material inerte, onde através de tração manual, foi possível extrair o material pelo lado

superior do tubo. Com isso, as amostras foram então homogeneizadas em recipientes de inox, envasadas e acondicionadas em frascos previamente preparados e identificados. Todas as coletas da camada superficial (0 a 0,50m) foram realizadas com este equipamento. Ressalta-se que ainda em campo, após a retirada das amostras do equipamento, foi realizada uma análise tátil visual do sedimento.

Sword Corer

Para as amostras das camadas subsuperficiais, em função do substrato encontrado optou-se pela utilização do testemunhador do tipo espada (sword corer). Este equipamento permite a obtenção de amostras de sedimentos de forma íntegra vertical, ou seja, sem perdas de frações e sem alterações no perfil original destes. É constituído de aço inoxidável não zincado, possui 1,5m de comprimento com o compartimento para amostragem de 1,0m. Em sua extremidade superior existe conexão apropriada, de fácil engate, para integração de hastes, cada qual com 1,5m de comprimento. Na extremidade superior da composição (amostrados + hastes) outra haste em forma de “T” é conectada de modo a propiciar a rotação de toda a composição após a penetração na camada sedimentar. A rotação da composição acarreta no fechamento da aleta do amostrador, preservando a integridade da amostra e permitindo que a mesma seja retirada e recolhida à superfície, sem perdas de frações (Figura 9-3). Importante ressaltar que a aleta do amostrador possui graduação, permitindo verificar a integridade da amostra obtida.

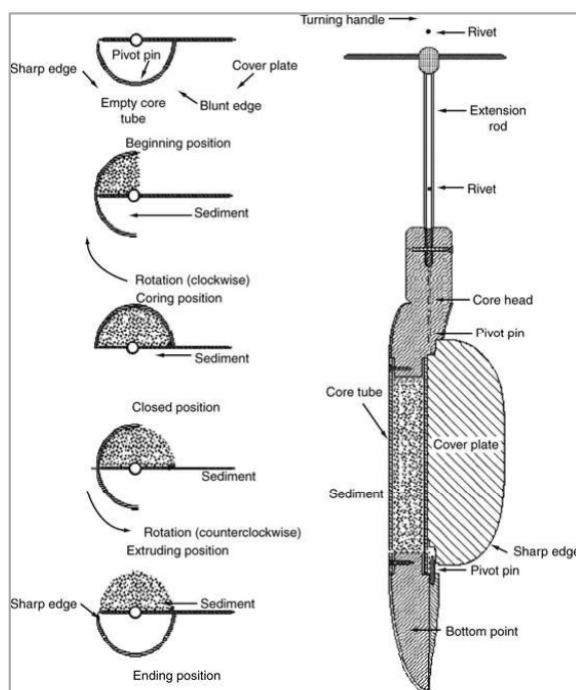




Figura 9-3. Sword corer.

A escolha do equipamento durante as atividades ocorreu em função das dificuldades encontradas em cada um dos pontos em função do tipo de substrato. Assim, a Tabela 8-1 apresenta o equipamento utilizado para coleta de sedimento em cada estação amostral e a profundidade dos estratos obtidos. Na Figura 9-4 a Figura 9-7 são apresentados registros fotográficos da campanha de caracterização do material a ser dragado.

Tabela 9-2. Equipamentos utilizados e estratos de sedimento obtidos nos pontos amostrais durante a campanha de caracterização do material a ser dragado.

Ponto Amostral	Profundidade dos estratos obtidos			Equipamento utilizado
	Superfície	Meio	Fundo	
P1	0,0 a 0,5 m	-	0,5 a 2,0 m	Gravity e Sword corer
P2	0,0 a 0,5 m	0,5 a 1,0 m	1,0 a 2,0 m	Gravity corer
P3	0,0 a 0,5 m	-	0,5 a 2,0 m	Gravity corer
P4	0,0 a 0,5 m	0,5 a 1,0 m	1,0 a 2,0 m	Gravity corer
P5	0,0 a 0,5 m	0,5 a 1,0 m	1,0 a 2,0 m	Gravity corer
P6	0,0 a 0,5 m	0,5 a 1,0 m	1,0 a 2,0 m	Gravity corer
P7	0,0 a 0,5 m	-	1,0 a 1,2 m	Gravity corer
P8	0,0 a 0,5 m	0,5 a 1,0 m	1,0 a 2,0 m	Gravity corer
P9	0,0 a 0,5 m	-	1,0 a 1,2 m	Gravity corer
P10	0,0 a 0,5 m	-	-	Gravity corer
P11	0,0 a 0,5 m	-	0,5 a 2,0 m	Gravity corer

P12	0,0 a 0,5 m	0,5 a 1,5 m	1,5 a 2,5 m	Gravity e Sword corer
P13	0,0 a 0,5 m	-	0,5 a 1,20 m	Gravity corer
P14	0,0 a 0,5 m	0,5 a 2,0 m	2,0 a 3,0 m	Gravity e Sword corer
P15	0,0 a 0,5 m	-	0,5 a 1,20 m	Gravity corer
P16	0,0 a 0,5 m	-	-	Gravity corer
P17	0,0 a 0,5 m	0,5 a 2,0 m	2,0 a 4,5 m	Gravity e Sword corer
P18	0,0 a 0,5 m	0,5 a 2,0 m	2,0 a 4,5 m	Gravity e Sword corer



Figura 9-4. Preparação para amostragem com Gravity Corer.



Figura 9-5. Amostragem com Gravity corer.



Figura 9-6. Sword Corer com sedimentos.



Figura 9-7. Preparação da amostra.

Os procedimentos empregados para a limpeza dos equipamentos durante as coletas, além do acondicionamento e preservação das amostras foram executados segundo as especificações do Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments (USEPA, 2001) e do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).

As amostras foram estratificadas e homogeneizadas in situ com a utilização de recipientes apropriados e, posteriormente, envazadas em frascos/recipientes previamente limpos e identificados por ponto. Após o envaze das amostras, os frascos/recipientes foram adequadamente acondicionados em recipientes térmicos e mantidos refrigerados de maneira a garantir as características originais das amostras até a chegada ao laboratório Innolab do Brasil Ltda., para a realização de ensaios de granulometria e de análises químicas de acordo com a Resolução CONAMA nº 454/2012.

Resultados

A coleta e análise do material sedimentar representam mecanismos de diagnóstico da área de interesse, classificando o material a ser dragado segundo as diretrizes determinadas na Resolução CONAMA 454/12. A caracterização da qualidade de sedimentos apresenta subsídios para a avaliação de impactos ambientais da atividade de dragagem, e permite o estabelecimento de estratégias de operação e disposição do material dragado, minimizando estes impactos, e assim aumentando a eficiência ambiental da referida atividade.

A caracterização física e química das amostras foi realizada a partir da análise

laboratorial do material coletado para mensuração das características granulométricas e avaliação das concentrações de substâncias químicas, listadas na referida Resolução e, quando pertinente, testes ecotoxicológicos das amostras que se enquadraram em seu art. 12.

Caracterização física

O termo granulometria significa, literalmente, medida do tamanho dos grãos. Os resultados são expressos sob a forma de uma escala de fração de tamanho de grãos permitindo estabelecer uma expressão quantitativa da distribuição granulométrica (SUGUIO, 1973).

A análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras, e que devem ser representativas dos sedimentos, bem como o tratamento estatístico dessa informação.

Basicamente, o que é necessário fazer, é determinar as dimensões das partículas individuais e estudar a sua distribuição, quer pelo peso de cada classe dimensional considerada, quer pelo seu volume, quer ainda pelo número de partículas integradas em cada classe. Na realidade, estas três formas têm sido utilizadas (DIAS, 2004).

Assim, para efetuar a descrição adequada de um sedimento, torna-se necessário proceder a uma análise pormenorizada, utilizando classes granulométricas com pequena amplitude. Quanto menor for a amplitude das classes, melhor é a descrição da variabilidade dimensional das partículas que constituem o sedimento (DIAS, 2004).

Desta forma para a análise granulométrica os sedimentos foram classificados segundo a escala de Folk/Wentworth (FOLK, 1974), que consiste em uma escala logarítmica de classificação granulométrica (diâmetro maior) dos fragmentos de sedimentos clásticos (ou detríticos), dos mais finos para os mais grossos, criado em 1922 por C. K. Wentworth. A escala compreende os grãos que compõem a matriz sedimentar, de acordo a divisão mostrada na Tabela 9-3, baseada no diâmetro dos mesmos.

Tabela 9-3. Classificação das frações granulométricas dos sedimentos de acordo com Wentworth (1922).

Classe	Subclasse	Diâmetro
Cascalho	-	>2 mm
Areia	Muito	1 a 2 mm
	Grossa	0,5 a 1 mm
	Média	0,25 a <0,5 mm
	Fina	0,15 a <0,25 mm
	Muito fina	0,062 a 0,125 mm
Silte	-	0,002 a <0,062mm
Argila	-	<0,002 mm

As Tabela 9-4 à Tabela 9-9 relacionam os resultados das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói. A Figura 9-8 demonstra os resultados das amostras de Niterói.

Entretanto, para cumprir os objetivos do presente estudo, a classe granulométrica Areia pode ser resumida, somando-se as frações de suas diferentes subclasses. Sendo assim, as amostras de sedimento coletadas podem ser analisadas em função das frações Areia, Silte e Argila, que são classes granulométricas que possuem características físico-químicas distintas, e consequentemente distinguindo suas afinidades com alguns tipos de substâncias, principalmente em relação à fração fina do sedimento (silte e argila). Neste contexto, a Tabela 9-10 à Tabela 9-16 relacionam os percentuais sintetizados da classe areia das amostras de Niterói.

Conforme pode ser visualizado nos resultados das amostras coletadas em Niterói, que correspondem a um total de 43 amostras, em cerca de 67,5% (29 amostras) o material é composto predominantemente por sedimentos de granulometria fina (silte+argila). Em todas as amostras os percentuais de sedimentos finos variaram entre 2,2 e 94,7%, com mediana de 75,7%, enquanto que a fração composta por areia variou entre 5,3 e 97,9%, com mediana de 24,3%.

No conjunto de amostras de Niterói as estações P1, P10, P12, P16, P17 apresentaram predominância da fração areia em todo o perfil. Além destas, as amostras superficiais das estações P4 e P8, e as amostras de meio e fundo da estação P2 também apresentaram predominância de areia.

Tabela 9-4. Classificação das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Amostral						
	P1(0,0-0,5m)	P1(0,5-2,0m)	P2(0,0-0,5m)	P2(0,5-1,0m)	P2(1,0-2,0m)	P3(0,0-0,5m)	P3(0,5-2,0m)
Areia muito grossa (2 a 1	0,233	4,21	0,146	4,23	4,19	0,518	0,11
Areia grossa (1 a 0,5 mm)	0,699	3,48	1,73	3,51	3,47	0,229	0,333
Areia média (0,5 a 0,25	2,44	3,25	3,3	2,79	2,76	0,518	0,96
Areia fina (0,25 a 0,125	57,3	19,6	13,3	19,7	19	2,41	6,33
Areia muito fina (0,125 a	29,4	31,3	16,8	31,5	30,7	4,87	9,53
Silte (0,0625 a 0,0039 mm)	1,82	18,6	39,1	17,7	21,5	72,8	47,6
Argila (0,0039 a 0,00195	8,07	19,5	25,5	20,5	18,3	18,6	35,2

Tabela 9-5. Classificação das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Amostral								
	P4(0,5-1,0m)	P4(0,5-1,0m)	P4(1,0-2,0m)	P5(0,0-0,5m)	P5(0,5-1,0m)	P5(1,0-2,0m)	P6(0,0-0,5m)	P6(0,5-1,0m)	P6(1,0-2,0m)
Areia muito grossa (2 a	3,27	0,11	3,13	0,625	1,21	0,164	0,11	0,624	0,741
Areia grossa (1 a 0,5	3,5	0,325	2,33	1,76	2,45	0,49	0,176	0,329	0,437
Areia média (0,5 a 0,25	2,79	0,981	1,99	3,83	2,63	1,19	0,27	0,719	0,888
Areia fina (0,25 a 0,125	19,6	6,9	7,28	13,7	8,93	6,84	6,12	2,69	2,92
Areia muito fina (0,125	33,4	10,3	9,53	17,2	11,3	9,65	8,91	5,16	5,42
Silte (0,0625 a 0,0039	21	49	52,7	43,5	47,4	45,2	74	57,5	51,4
Argila (0,0039 a	16,4	32,5	23	19,4	26,1	36,5	10,4	32,9	38,2

Tabela 9-6. Classificação das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Amostral						
	P7(0,0-0,5m)	P7(0,5-1,2m)	P8(0,0-0,5m)	P8(0,5-1,0m)	P8(1,0-2,0m)	P9(0,0-0,5m)	P9(0,5-1,2m)
Areia muito grossa (2	0,155	0,753	1,41	0,63	0,351	0,214	0,361
Areia grossa (1 a 0,5	0,11	0,394	3,15	2,26	0,815	0,64	0,838



Areia média (0,5 a	0,505	0,852	1,91	2,89	1,32	1,11	1,36
Areia f ina (0,25 a	2,33	2,92	17,4	9,55	7,01	6,44	7,07
Areia muito fina	4,72	5,45	31,6	11,7	9,75	8,71	9,83
Silte (0,0625 a 0,0039	65,7	67,7	27,8	46,2	47,4	61,6	54,7
Argila (0,0039 a	26,6	22	16,7	26,8	33,3	21,3	25,8

Tabela 9-7. Classificação das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Am ostral							
	P10 (0,0-0,5m)	P11 (0,0-0,5m)	P-11 (0,5-2,0m)	P12 (0,0-0,5m)	P12 (0,5-1,5m)	P12 (1,5-2,0m)	P13 (0,0-0,5m)	P13 (0,5-1,2m)
Areia muito grossa	1,38	0,951	0,254	15,5	15,2	15,3	1,02	6,76
Areia grossa (1 a 0,5	3,07	1,86	1,31	33,5	33,8	34,4	1,48	10,5
Areia média (0,5 a	1,86	3,66	1,59	36,7	37,2	39,6	2,4	11,3
Areia f ina (0,25 a	16	5,53	2,56	9,87	9,2	7,59	7,73	9,16
Areia muito fina	30	9,4	10,5	2,35	1,93	0,11	12,4	9,82
Silte (0,0625 a	30,4	51,2	48,4	0,322	0,846	0,945	51,4	28,5
Argila (0,0039 a	17,3	27,4	35,4	1,83	1,86	2,15	23,6	24

Tabela 9-8. Classificação das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Am ostral					
	P14 (0,0-0,5m)	P14 (0,5-2,0m)	P14 (2,0-3,0m)	P15(0,0 - 0,5m)	P15 (0,5-1,2m)	P16(0,0 - 0,5m)
Areia muito grossa (2 a 1	0,211	0,212	0,169	1,09	0,45	6,58
Areia grossa (1 a 0,5 mm)	0,759	0,762	0,735	2,66	0,907	12,5
Areia média (0,5 a 0,25	0,753	0,756	0,728	3,64	1,21	12,6
Areia f ina (0,25 a 0,125	1,36	1,27	1,16	9,49	1,99	28,5
Areia muito fina (0,125 a	2,78	2,51	2,53	15,1	3,76	13,6
Silte (0,0625 a 0,0039	78,3	62,9	51,1	43,6	62,8	16,2
Argila (0,0039 a 0,00195	15,8	31,5	43,6	24,5	28,9	10

Tabela 9-9. Classificação das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói

Granulometria (%)	Estação Am os tral					
	P17 (0,0-0,5m)	P17 (0,5-2,0m)	P17 (2,0-4,5m)	P18 (0,0-0,5m)	P18 (0,5-2,0m)	P18 (2,0-4,5m)
Areia muito grossa (2 a 1	6,94	2,28	2,47	1,22	1,2	1,22
Areia grossa (1 a 0,5 mm)	12,7	10,9	10,2	0,624	0,24	0,11
Areia média (0,5 a 0,25	12,9	11,3	10,5	1,43	0,941	1,48
Areia f ina (0,25 a 0,125	28,6	28,4	25,7	2,11	2,26	3,3

Areia muito fina (0,125 a	13,8	12,8	11,8	5,73	5,6	7,12
Silte (0,0625 a 0,0039	14,6	23,5	25,2	68,3	79,1	49,2
Argila (0,0039 a 0,00195	10,3	10,8	14,2	20,7	10,7	37,5

Tabela 9-10. Classificação sintetizada das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Am ostral						
	P1(0,0-0,5m)	P1(0,5-2,0m)	P2(0,0-0,5m)	P2(0,5-1,0m)	P2(1,0-2,0m)	P3(0,0 -0,5m)	P3(0,5-2,0m)
Areia (2 a 0,0625 mm)	90,07	61,84	35,28	61,73	60,12	8,55	17,26
Silte (0,0625 a 0,0039	1,82	18,6	39,1	17,7	21,5	72,8	47,6
Argila (0,0039 a	8,07	19,5	25,5	20,5	18,3	18,6	35,2

Tabela 9-11. Classificação sintetizada das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Am ostral								
	P4(0,5-1,0m)	P4(0,5-1,0m)	P4(1,0-2,0m)	P5(0,5-1,0m)	P5(0,5-1,0m)	P5(1,0-2,0m)	P6(0,0-0,5m)	P6(0,5-1,0m)	P6(1,0-2,0m)
Areia (2 a 0,0625	62,56	18,62	24,26	37,12	26,52	18,33	15,59	9,52	10,41
Silte (0,0625 a	21	49	52,7	43,5	47,4	45,2	74	57,5	51,4
Argila (0,0039 a	16,4	32,5	23	19,4	26,1	36,5	10,4	32,9	38,2

Tabela 9-12. Classificação sintetizada das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Am ostral						
	P7(0,0-0,5m)	P-7 (0,5-1,2m)	P8(0,0-0,5m)	P8(0,5-1,0m)	P8(1,0-2,0m)	P9(0,0-0,5m)	P-9 (0,5-1,2m)
Areia (2 a 0,0625 mm)	7,82	10,37	55,47	27,03	19,25	17,11	19,46
Silte (0,0625 a 0,0039	65,7	67,7	27,8	46,2	47,4	61,6	54,7
Argila (0,0039 a	26,6	22	16,7	26,8	33,3	21,3	25,8

Tabela 9-13. Classificação sintetizada das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Am ostral							
	P10 (0,0-0,5m)	P11 (0,0-0,5m)	P-11 (0,5-2,0m)	P12 (0,0-0,5m)	P12 (0,5-1,5m)	P12 (1,5-2,0m)	P13 (0,0-0,5m)	P13 (0,5-1,2m)
Areia (2 a 0,0625	52,31	21,40	16,21	97,92	97,33	97,00	25,03	47,54
Silte (0,0625 a	30,4	51,2	48,4	0,322	0,846	0,945	51,4	28,5
Argila (0,0039 a	17,3	27,4	35,4	1,83	1,86	2,15	23,6	24

Tabela 9-14. Classificação sintetizada das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Am ostral							
	P10 (0,0-0,5m)	P11 (0,0-0,5m)	P-11 (0,5-2,0m)	P12 (0,0-0,5m)	P12 (0,5-1,5m)	P12 (1,5-2,0m)	P13 (0,0-0,5m)	P13 (0,5-1,2m)
Areia (2 a 0,0625	52,31	21,40	16,21	97,92	97,33	97,00	25,03	47,54
Silte (0,0625 a	30,4	51,2	48,4	0,322	0,846	0,945	51,4	28,5
Argila (0,0039 a	17,3	27,4	35,4	1,83	1,86	2,15	23,6	24

Tabela 9-15. Classificação sintetizada das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói.

Granulometria (%)	Estação Am ostral					
	P14 (0,0-0,5m)	P14 (0,5-2,0m)	P14 (2,0-3,0m)	P15(0,0 - 0,5m)	P15 (0,5-1,2m)	P16(0,0 - 0,5m)
Areia (2 a 0,0625 mm)	5,86	5,51	5,32	31,98	8,32	73,78
Silte (0,0625 a 0,0039	78,3	62,9	51,1	43,6	62,8	16,2
Argila (0,0039 a 0,00195	15,8	31,5	43,6	24,5	28,9	10

Tabela 9-16. Classificação sintetizada das frações granulométricas das amostras de sedimentos coletadas em Niterói

Granulometria (%)	Estação Am ostral					
	P17 (0,0-0,5m)	P17 (0,5-2,0m)	P17 (2,0-4,5m)	P18 (0,0-0,5m)	P18 (0,5-2,0m)	P18 (2,0-4,5m)
Areia (2 a 0,0625 mm)	74,94	65,68	60,67	11,11	10,24	13,23
Silte (0,0625 a 0,0039	14,6	23,5	25,2	68,3	79,1	49,2
Argila (0,0039 a 0,00195	10,3	10,8	14,2	20,7	10,7	37,5

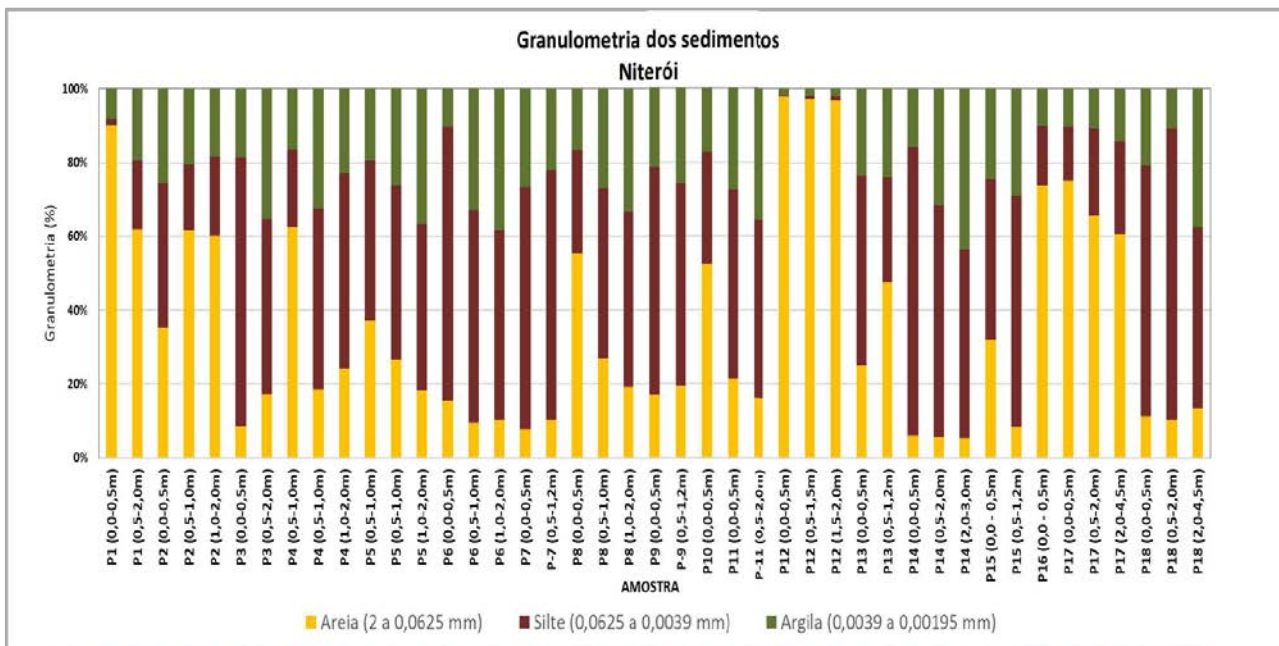


Figura 9-8. Textura granulométrica das amostras de sedimentos coletadas em Niterói. Caracterização química

A caracterização química do material a dragar deve determinar as concentrações das substâncias poluentes contidas na fração total da amostra, como explicitado pelo Anexo da Resolução CONAMA 454/2012.

Metais e Arsênio

Para as amostras de Niterói, os seguintes metais foram quantificados em concentrações superiores aos níveis 1 e/ou 2 de classificação determinado pela Resolução CONAMA 454/2012: Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco. A Tabela 9-17 demonstra as concentrações mínimas, medianas e máximas dos metais das amostras de Niterói. Nesta tabela também é possível observar o total de resultados em desacordo com os níveis de classificação determinados pela Resolução CONAMA 454/2012 e os valores dos Níveis 1 e 2 determinados pela mencionada Resolução.

Tabela 9-17. Estatística dos resultados de metais, totais de resultados em desacordo com os níveis de classificação da Resolução CONAMA 454/2012 e níveis de classificação.

Parâmetro	Mínimo (mg/Kg)	Mediana (mg/Kg)	Máximo (mg/Kg)	Total > Nível 1	Total > Nível 2	CONAMA 454/Nível 1	CONAMA 454/Nível 2
Arsênio	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	19	70
Cádmio	<LQ	<LQ	<LQ	-	-	1,2	7,2
Chumbo	2,84	44,35	408,9	17	2	46,7	218
Cobre	13,3	81,3	300,2	29	4	34	270
Cromo	6,27	28,15	93	1	0	81	370
Mercúrio	0,04	0,43	3,05	23	5	0,3	1
Níquel	4,46	9,12	24,7	1	0	20,9	51,6
Zinco	14,9	191,9	677,4	23	3	150	410

Na Tabela 9-18 à Tabela 9-24 é possível verificar todos os resultados brutos de metais das amostras coletadas em Niterói. Esses resultados também podem ser verificados na Figura 9-10 à Figura 9-14.

Observação: L.Q. = Limite de Quantificação; < X,XXX - Valor inferior ao limite de quantificação da metodologia analítica e “J” significa que o valor é estimado porque sua concentração é menor que o limite de quantificação do método. Os resultados destacados na cor laranja e na cor vermelha estão acima dos Níveis 1 e 2 da resolução CONAMA 454/2012, respectivamente.

Tabela 9-18. Resultados de metais das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado							CONAMA 454/12 Águas Salinas		Unidade
	P1(0,0-0,5m)	P1(0,5-2,0m)	P2(0,0-0,5m)	P2(0,5-1,0m)	P2(1,0-2,0m)	P3(0,0-0,5m)	P3(0,5-2,0m)	Nível 1	Nível 2	
Arsênio	< 2,26	< 2,45	< 3,96	< 4,14	< 2,63	< 6,33	< 4,73	19	70	mg/kg
Cádmio	<	<	<	<	<	< 1,41*J	< 1,05*J	1,2	7,2	
Chumbo	4,88	27,30	16,00	22,40	18,30	41,60	38,00	46,7	218	
Cobre	18,00	23,40	25,90	50,10	49,30	45,60	64,10	34	270	
Cromo	9,22	10,20	20,70	22,80	17,80	< 19,0	24,00	81	370	
Mercúrio	0,04	0,27	0,14	0,21	0,18	0,41	0,42	0,3	1,0	
Níquel	< 3,02	4,46	7,71	7,75	4,86	13,20	10,80	20,9	51,6	
Zinco	26,60	78,80	67,80	103,50	89,60	209,70	158,30	150	410	

**Tabela 9-19. Resultados de metais das amostras coletadas em Niterói.**

Parâmetro	Resultado									CONAMA 454/12 Águas Salinas		Unidade
	P4(0,0-0,5m)	P4(0,5-1,0m)	P4(1,0-2,0m)	P5(0,0-0,5m)	P5(0,5-1,0m)	P5(1,0-2,0m)	P6(0,0-0,5m)	P6(0,5-1,0m)	P6(1,0-2,0m)	Nível 1	Nível 2	
Arsênio	< 4,40	< 5,49	< 4,52	< 4,27	< 4,11	< 3,72	< 5,03	< 4,41	< 3,99	19	70	mg/kg
Cádmio	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,2	7,2	
Chumb	< 5,87	73,30	74,90	408,90	93,80	104,00	66,10	85,60	66,60	46,7	218	
Cobre	< 5,87	204,50	158,30	189,20	96,40	61,10	139,40	121,30	87,30	34	270	
Cromo	< 13,2	44,20	40,30	57,60	32,80	19,40	32,60	32,40	30,30	81	370	

Tabela 9-20. Resultados de metais das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado									CONAMA 454/12 Águas Salinas		Unidade
	P4(0,0-0,5m)	P4(0,5-1,0m)	P4(1,0-2,0m)	P5(0,0-0,5m)	P5(0,5-1,0m)	P5(1,0-2,0m)	P6(0,0-0,5m)	P6(0,5-1,0m)	P6(1,0-2,0m)	Nível 1	Nível 2	
Mercúrio	0,49	0,76	1,12	3,05	1,16	1,45	0,74	1,14	0,85	0,3	1,0	
Níquel	< 5,87	12,80	11,90	12,70	9,12	9,86	10,10	9,64	8,67	20,9	51,6	
Zinco	< 14,7	284,90	297,60	677,40	239,20	255,60	271,10	262,50	214,90	150	410	

Tabela 9-21. Resultados de metais das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado								CONAMA 454/12 Águas Salinas		Unidade
	P7(0,0-0,5m)	P7(0,5-1,2m)	P8(0,0-0,5m)	P8(0,5-1,0m)	P8(1,0-2,0m)	P9(0,0-0,5m)	P-9 (0,5-1,2m)	P10 (0,0-0,5m)	Nível 1	Nível 2	
Arsênio	< 4,56	< 4,21	< 2,85	< 3,73	< 4,01	< 7,01	< 4,56	< 3,59	19	70	mg/kg
Cádmio	<	<	<	<	<	<	<	<	1,2	7,2	
Chumb	376,50	71,20	20,20	76,00	63,00	39,40	43,80	34,80	46,7	218	
Cobre	246,00	262,50	31,10	280,90	96,60	98,50	92,10	67,10	34	270	
Cromo	34,70	32,90	22,60	35,90	24,30	40,40	38,90	25,90	81	370	
Mercúrio	0,64	0,60	0,26	0,65	0,77	0,39	0,40	0,30	0,3	1,0	
Níquel	10,50	9,39	5,74	12,90	7,89	14,10	12,90	8,02	20,9	51,6	
Zinco	361,30	319,20	70,40	290,00	206,60	174,00	169,30	120,30	150	410	

Tabela 9-22. Resultados de metais das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado							CONAMA 454/12 Águas Salinas		Unidade
	P11 (0,0-0,5m)	P11 (0,5-2,0m)	P12 (0,0-0,5m)	P12 (0,5-1,5m)	P12 (1,5-2,0m)	P13 (0,0-0,5m)	P13 (0,5-1,2m)	Nível 1	Nível 2	
Arsênio	< 4,62	< 4,04	< 1,89	< 1,93	< 1,88	< 3,96	< 2,95	19	70	mg/kg
Cádmio	< 1,03*J	<	<	<	<	<	<	1,2	7,2	
Chumbo	30,40	42,30	2,84	4,35	14,80	55,50	78,50	46,7	218	
Cobre	79,60	101,70	13,30	31,40	42,00	81,90	63,30	34	270	
Cromo	26,00	30,60	6,45	< 5,79	6,27	32,60	93,00	81	370	
Mercúrio	0,31	0,43	< 0,013	< 0,013	< 0,013	0,45	0,77	0,3	1,0	

Níquel	7,67	9,21	< 2,52	< 2,57	< 2,50	9,06	24,70	20,9	51,6
Zinco	140,20	183,40	14,90	25,40	84,70	200,40	279,50	150	410

Tabela 9-23. Resultados de metais das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado						CONAMA 454/12Águas Salinas		Unidade
	P14 (0,0-0,5m)	P14 (0,5-2,0m)	P14 (2,0-3,0m)	P15 (0,0-0,5m)	P15 (0,5-1,2m)	P16 (0,0-0,5m)	Nível 1	Nível 2	
Arsênio	< 5,10	< 4,07	< 3,41	< 3,05	< 3,07	< 3,56	19	70	mg/kg
Cádmio	< 1,13*J	< 0,903*J	< 0,758*J	< 0,678*J	< 0,683*J	< 0,792*J	1,2	7,2	
Chumbo	77,00	73,40	20,10	35,50	31,40	16,70	46,7	218	
Cobre	294,00	162,10	22,50	39,40	30,90	50,10	34	270	
Cromo	32,90	35,90	30,50	25,40	20,90	18,20	81	370	
Mercúrio	0,42	0,37	0,10	0,28	0,26	0,19	0,3	1,0	
Níquel	11,90	8,62	8,69	7,40	5,81	5,46	20,9	51,6	
Zinco	636,20	346,60	68,10	123,50	101,60	78,00	150	410	

Tabela 9-24. Resultados de metais das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado						CONAMA 454/12Águas Salinas		Unidade
	P17 (0,0-0,5m)	P17 (0,5-2,0m)	P17 (2,0-4,5m)	P18 (0,0-0,5m)	P18 (0,5-2,0m)	P18 (2,0-4,5m)	Nível 1	Nível 2	
Arsênio	< 2,92	< 3,13	3,64	< 6,36	< 4,85	< 4,29	19	70	mg/kg
Cádmio	< 0,649*J	< 0,694*J	< 0,587*J	< 1,41*J	< 1,08*J	< 0,952*J	1,2	7,2	
Chumbo	10,40	47,50	46,10	137,60	108,20	44,90	46,7	218	
Cobre	27,90	287,20	93,60	300,20	172,00	80,70	34	270	
Cromo	8,75	18,60	16,10	34,60	26,00	31,90	81	370	
Mercúrio	0,10	0,92	0,98	0,76	0,96	0,22	0,3	1,0	
Níquel	< 3,89	6,09	5,35	11,10	8,09	9,77	20,9	51,6	
Zinco	42,70	202,30	207,20	568,40	373,50	154,70	150	410	

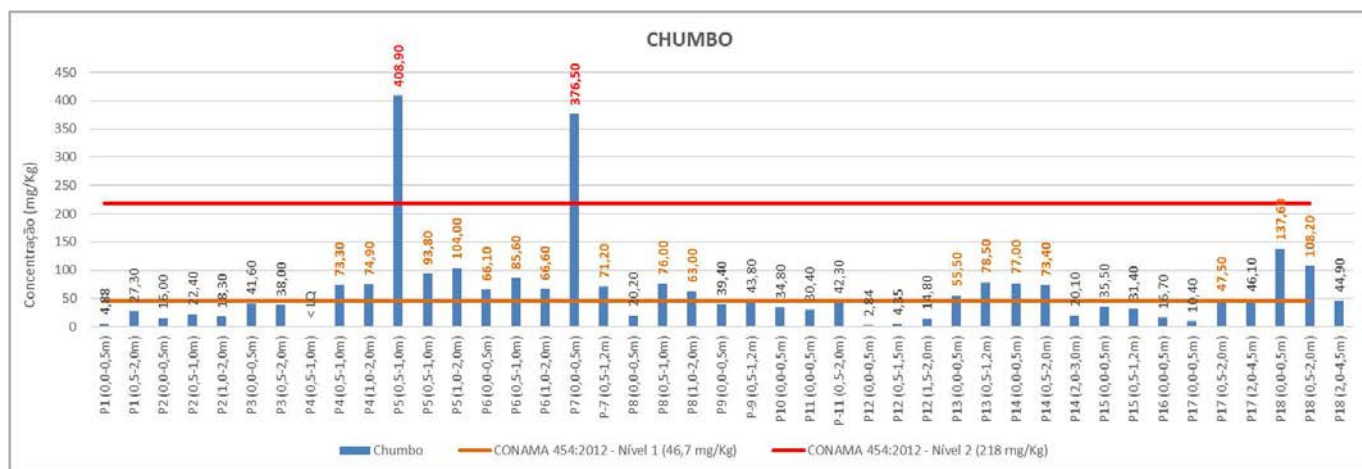


Figura 9-9. Concentrações de chumbo nas amostras de Niterói.

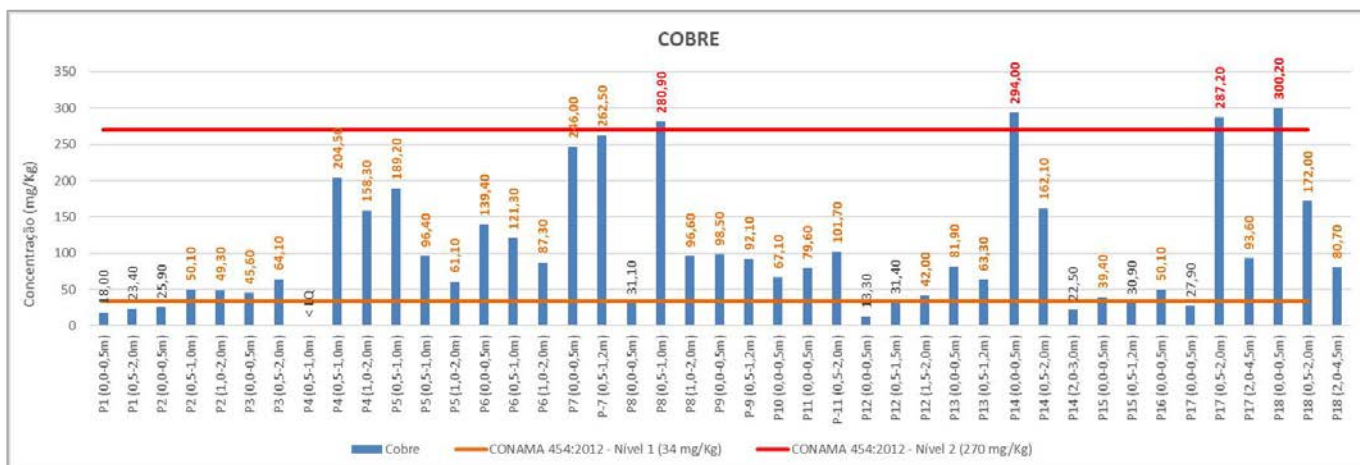


Figura 9-10. Concentrações de cobre nas amostras de Niterói.

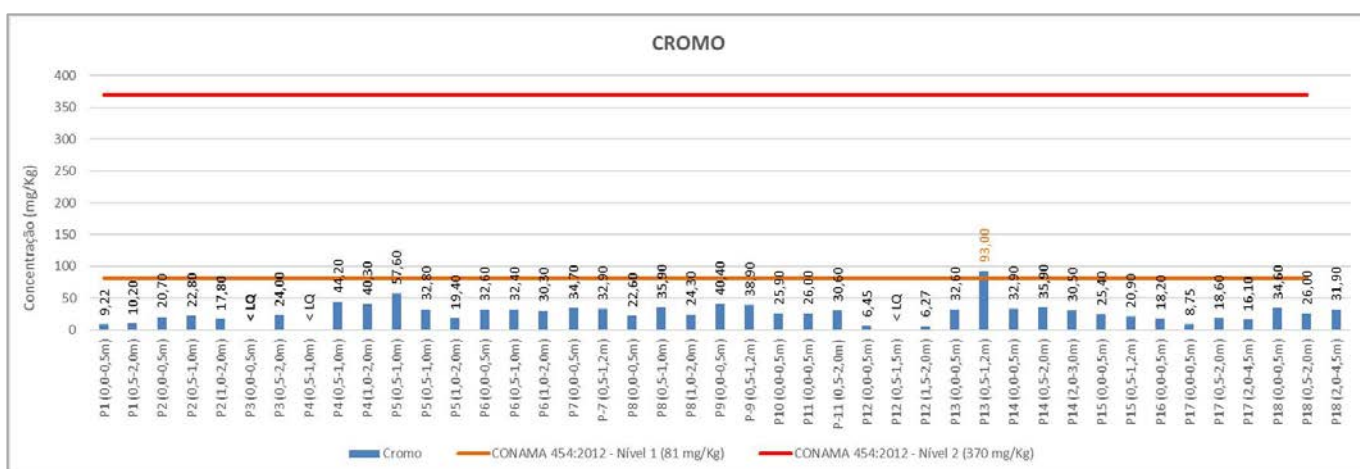


Figura 9-11. Concentrações de cromo nas amostras de Niterói.

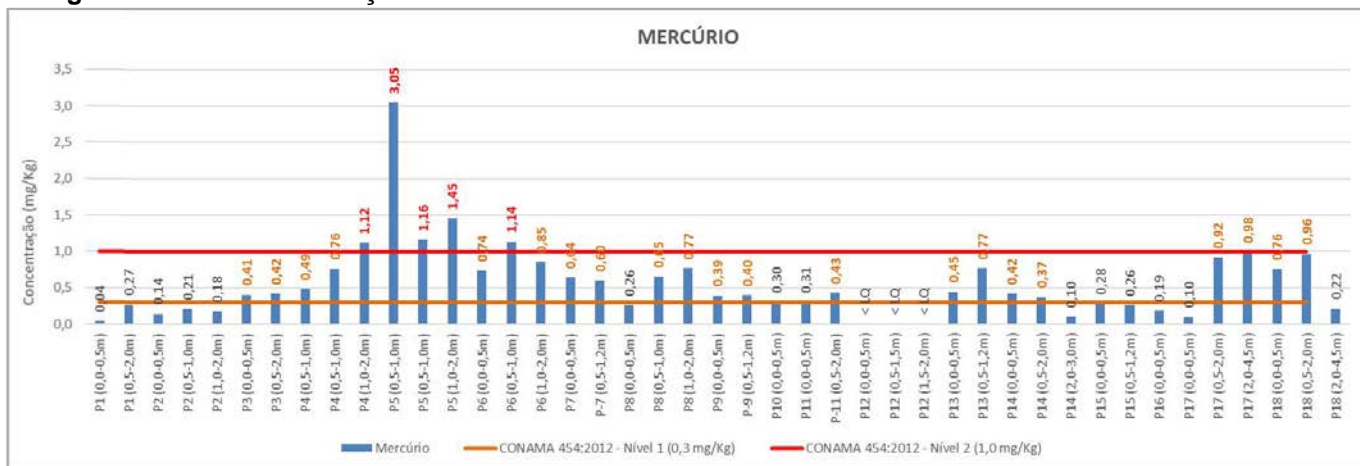


Figura 9-12. Concentrações de mercúrio nas amostras de Niterói.

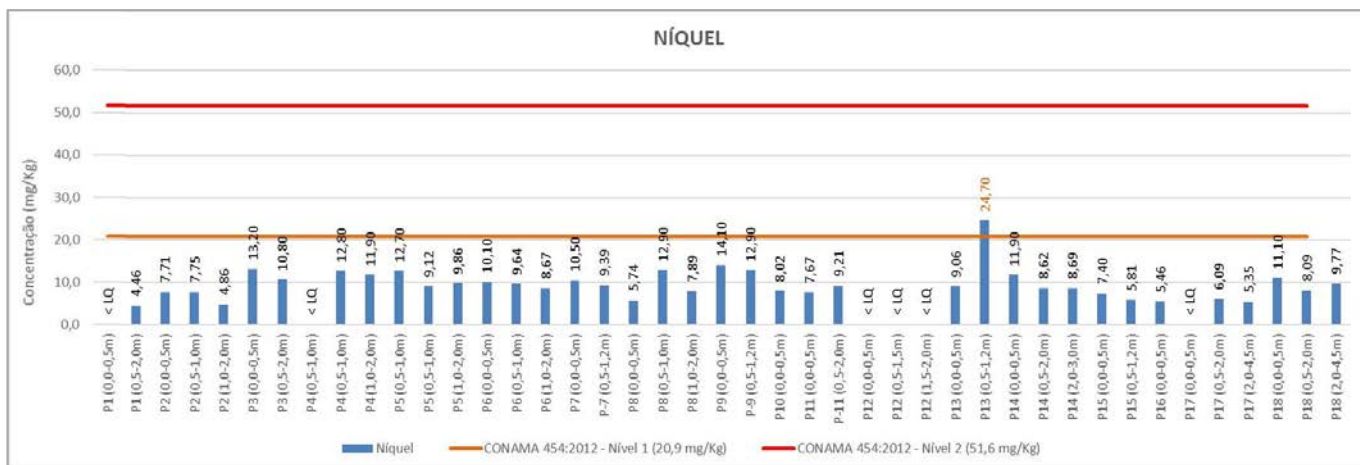


Figura 9-13. Concentrações de níquel nas amostras de Niterói.

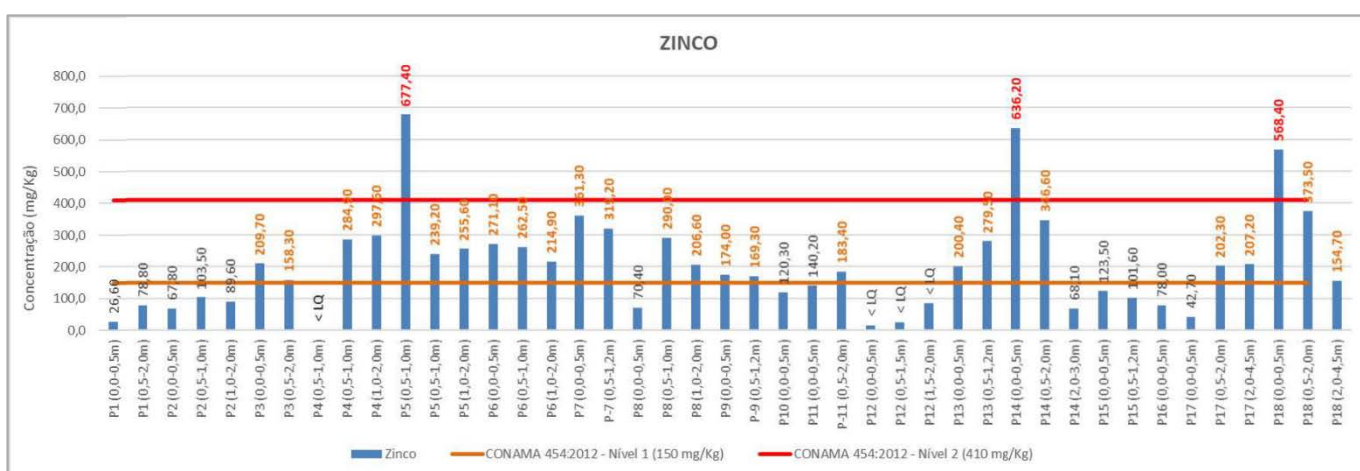


Figura 9-14. Concentrações de zinco nas amostras de Niterói.

Na Tabela 9-25 à Tabela 9-30 é possível verificar todos os resultados brutos de PCBs das amostras coletadas em Niterói. Esses resultados também podem ser verificados na Figura 9-15.

Observação: < LQ - Valor inferior ao limite de quantificação da metodologia analítica.

Tabela 9-25. Resultados de PCBs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado							CONAMA 454/12Águas Salinas		Unidade
	P1(0,0-0,5m)	P1(0,5-2,0m)	P2(0,0-0,5m)	P2(0,5-1,0m)	P2(1,0-2,0m)	P3(0,0-0,5m)	P3(0,5-2,0m)	Nível 1	Nível 2	
Bifenilas Policloradas	0,75	< 0,0980	< 0,1583	1,31	1,41	1,46	1,12	22,7	180	µg/kg

Tabela 9-26. Resultados de PCBs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado									CONAMA 454:2012 Águas Salinas		Unidade
	P4(0,5-1,0m)	P4(0,5-1,0m)	P4(1,0-2,0m)	P5(0,0-0,5m)	P5(0,5-1,0m)	P5(1,0-2,0m)	P6(0,0-0,5m)	P6(0,5-1,0m)	P6(1,0-2,0m)	Nível 1	Nível 2	
Bifenilas Policloradas Somatória	4,10	4,30	2,37	2,70	4,10	2,58	4,94	7,06	6,33	22,7	180	µg/kg

Tabela 9-27. Resultados de PCBs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultados									CONAMA 454:2012 Águas Salinas		Unidade
	P7(0,0-0,5m)	P7(0,5-1,2m)	P8(0,0-0,5m)	P8(0,5-1,0m)	P8(1,0-2,0m)	P9(0,0-0,5m)	P-9(0,5-1,2m)	P10(0,0-0,5m)		Nível 1	Nível 2	
Bifenilas Policloradas	4,96	5,81	< 0,1139	5,11	4,64	< 0,2804	7,80	1,38		22,7	180	µg/kg

Tabela 9-28. Resultados de PCBs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultados								CONAMA 454:2012 Águas Salinas		Unidade
	P11(0,0-0,5m)	P11(0,5-2,0m)	P12(0,0-0,5m)	P12(0,5-1,5m)	P12(1,5-2,0m)	P13(0,0-0,5m)	P13(0,5-1,2m)		Nível 1	Nível 2	
Bifenilas Policloradas Somatória das 7	< 0,1846	1,51	< 0,0757	< 0,0772	1,73	5,12	< 0,1179		22,7	180	µg/kg

Tabela 9-29. Resultados de PCBs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultados							CONAMA 454:2012 Águas Salinas		Unidade
	P14(0,0-0,5m)	P14(0,5-2,0m)	P14(2,0-3,0m)	P15(0,0-0,5m)	P15(0,5-1,2m)	P16(0,0-0,5m)		Nível 1	Nível 2	
Bifenilas Policloradas Somatória das 7	4,32	9,22	< 0,1364	3,95	< 0,1230	< 0,1425		22,7	180	µg/kg

Tabela 9-30. Resultados de PCBs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultados						CONAMA 454:2012 Águas Salinas		Unidade
	P17(0,0-0,5m)	P17(0,5-2,0m)	P17(2,0-4,5m)	P18(0,0-0,5m)	P18(0,5-2,0m)	P18(2,0-4,5m)	Nível 1	Nível 2	
Bifenilas Policloradas Somatória das 7	< 0,1167	7,26	3,23	12,10	10,20	4,58	22,7	180	µg/kg

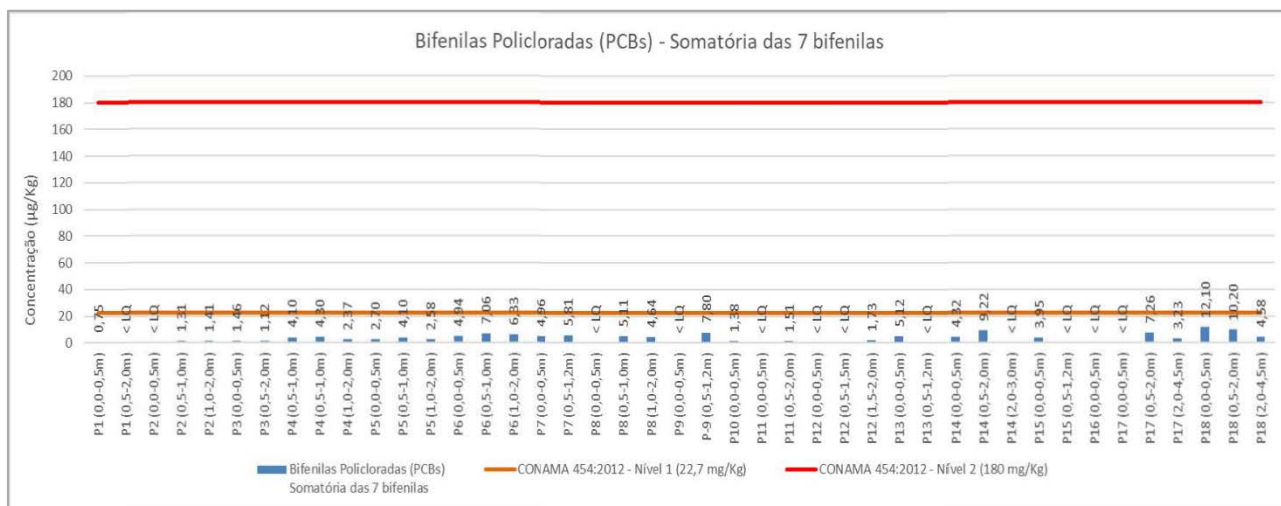


Figura 9-15. Concentrações de PCBs nas amostras de Niterói.

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)

No âmbito dos resultados das amostras de Niterói, destacaram-se as amostras das estações P4 (1,0-2,0m), P5 (0,0-0,5m / 0,5-1,0m), P9 (0,5-1,2m), P13 (0,0-0,5m), P15 (0,5-1,2m), e P17 (0,5-2,0m) que revelaram alguns dos compostos HPAs em concentrações superiores aos valores de nível 1 da Resolução CONAMA nº 454:2012. Deste conjunto de amostras, o grande destaque foi a amostra intermediária da estação P5 (0,5-1,0m), que apresentou também concentração de Dibenzo[a,h]antraceno (197,2 µg/Kg) superior ao valor de 140 µg/Kg estabelecido para o nível 2 de e cuja somatória de HPAs apresentou o valor de 4.530,8 µg/Kg. Todos esses resultados podem ser verificados na Tabela 9-31 à Tabela 9-36, além de visualizados na Figura 9-16 à Figura 9-25.

"Observação: < LQ - Valor inferior ao limite de quantificação da metodologia analítica. *Calculado com base em todos os HPAs analisados, incluindo: benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno e indeno(1,2,3 cd)pireno".

Tabela 9-31. Resultados de HPAs das amostras coletadas em Niterói.

Tabela 5.6.11 - Resultados de PA As duas amostras coletadas em Niterói.											
Parâmetro		Resultado							CONAMA 454/12Águas Salinas		Unidade
		P1(0,0-0,5m)	P1(0,5-2,0m)	P2(0,0-0,5m)	P2(0,5-1,0m)	P2(1,0-2,0m)	P3(0,0-0,5m)	P3(0,5-2,0m)	Nível 1	Nível 2	
Benzo[a]antrac	Grupo	17,8	65,6	11,0	38,8	84,0	45,4	38,0	280	690	µg/kg



Benzo[a]pireno	A	37,7	63,9	15,9	52,3	72,2	58,6	49,2	230	760
Criseno		14,1	47,2	< 7,92	27,3	57,7	36,0	29,8	300	850
Dibenzo[a,h]an		4,6	6,4	< 7,92	< 8,29	8,1	< 12,66	< 9,46	43	140
Acenafteno	Grupo A	< 4,52	11,8	< 7,92	< 8,29	8,9	< 12,66	< 9,46	16	500
Acenaftileno	B	< 4,52	7,9	< 7,92	14,6	15,3	23,3	19,7	44	640
Antraceno		< 4,52	13,9	< 7,92	10,7	17,1	13,6	12,4	85	1.100
Fenantreno		8,4	49,2	< 7,92	20,5	62,2	18,4	28,4	240	1.500
Fluoranteno		21,5	100,0	13,7	54,7	137,1	65,8	51,3	600	5.100
Fluoreno		< 4,52	5,0	< 7,92	< 8,29	< 5,25	< 12,66	< 9,46	19	540
2-Metil-		< 4,52	< 4,90	< 7,92	< 8,29	< 5,25	< 12,66	< 9,46	70	670
Naf taleno		5,9	< 4,90	9,2	< 8,29	< 5,25	< 12,66	12,0	160	2.100
Pireno		20,2	92,0	16,1	58,9	135,3	77,8	63,1	665	2.600
Somatória de HPAs*		261,0	654,4	104,9	434,1	837,7	560,4	450,4	4.000	-

Tabela 9-32. Resultados de HPAs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro		Resultado									CONAMA 454/12Águas Salinas		Unidade
		P4(0,0-0,5m)	P4(0,5-1,0m)	P4(1,0-2,0m)	P5(0,0-0,5m)	P5(0,5-1,0m)	P5(1,0-2,0m)	P6(0,0-0,5m)	P6(0,5-1,0m)	P6(1,0-2,0m)	Nível 1	Nível 2	
Benzo[a]antrac	Grupo A	133,8	41,6	36,3	282,9	503,5	34,4	41,4	82,9	58,0	280	690	µg/kg
Benzo[a]pireno		112,3	63,2	45,2	319,2	239,9	48,4	58,0	111,8	77,9	230	760	
Criseno		94,7	29,7	26,3	232,3	434,0	26,3	27,2	54,2	37,1	300	850	
Dibenzo[a,h]an		13,8	<	< 9,04	47,5	197,2	<	<	16,4	11,7	43	140	
Acenafteno	Grupo B	14,4	<	419,1	< 8,55	<	<	<	< 8,82	<	16	500	
Acenaftileno		31,7	20,1	16,9	53,9	128,3	14,8	24,7	31,8	22,3	44	640	
Antraceno		37,6	11,9	52,9	52,3	172,9	9,3	12,9	25,4	14,0	85	1.10	
Fenantreno		140,5	22,6	191,6	56,1	455,0	15,3	29,5	42,2	23,2	240	1.50	
Fluoranteno		288,4	69,8	101,6	521,2	624,6	57,2	77,6	194,3	94,3	600	5.10	
Fluoreno		12,4	<	113,3	< 8,55	61,4	<	<	< 8,82	<	19	540	
2-Metil-		<	<	< 9,04	< 8,55	<	<	<	< 8,82	<	70	670	
Naf taleno		15,6	<	< 9,04	12,3	<	<	11,5	< 8,82	<	160	2.10	
Pireno		335,4	84,2	102,6	554,3	601,8	77,0	92,0	238,2	110,5	665	2.60	
Somatória de HPAs*		1.590	538,7	1.258	3.264	4.530	434,0	597,3	1.176	716,6	4.000	-	

Tabela 9-33. Resultados de HPAs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro		Resultado								CONAMA 454/12Águas Salinas		Unidade
		P7(0,0-0,5m)	P7(0,5-1,2m)	P8(0,0-0,5m)	P8(0,5-1,0m)	P8(1,0-2,0m)	P9(0,0-0,5m)	P-9(0,5-1,2m)	P10(0,0-0,5m)	Nível 1	Nível 2	
Benzo[a]antra	Grupo A	65,1	80,3	93,0	35,2	70,8	33,9	98,8	81,0	280	690	µg/kg
Benzo[a]piren		77,0	91,6	78,6	46,7	94,0	45,8	109,7	81,9	230	760	
Criseno		15,0	29,5	78,5	21,1	39,1	24,5	70,6	67,2	300	850	
Dibenzo[a,h]a		15,0	19,5	8,8	< 7,46	16,4	<	16,4	8,7	43	140	

Acenafteno	Grupo B	< 9,12	< 8,43	< 5,69	< 7,46	< 8,02	<	< 9,12	< 7,18	16	500
Acenaftileno		19,0	18,9	19,3	8,9	< 8,02	16,0	53,7	15,5	44	640
Antraceno		24,6	23,5	17,7	< 7,46	14,7	<	29,6	14,3	85	1.100
Fenantreno		39,9	37,5	36,7	14,5	20,2	<	41,5	29,6	240	1.500
Fluoranteno		204,7	240,1	164,9	64,5	118,0	51,9	136,3	118,9	600	5.100
Fluoreno		< 9,12	< 8,43	< 5,69	< 7,46	< 8,02	<	< 9,12	< 7,18	19	540
2-Metil-		< 9,12	< 8,43	< 5,69	< 7,46	< 8,02	<	< 9,12	< 7,18	70	670
Naf taleno		10,0	13,8	8,6	< 7,46	< 8,02	<	< 9,12	11,4	160	2.100
Pireno		185,3	256,4	190,4	79,1	149,5	96,7	188,8	149,5	665	2.600
Somatória de HPAs*		941,6	1.159,	930,2	434,9	860,8	406,6	1.063,	818,5	4.000-	

Tabela 9-34. Resultados de HPAs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro		Resultado							CONAMA 454/12 Águas Salinas		Unidade
		P11 (0,0-0,5m)	P11 (0,5-2,0m)	P12 (0,0-0,5m)	P12 (0,5-1,5m)	P12 (1,5-2,0m)	P13 (0,0-0,5m)	P13 (0,5-1,2m)	Nível 1	Nível 2	
Benzo[a]antrac	Grupo A	42,9	39,2	9,3	< 3,86	30,5	206,2	13,2	280	690	µg/kg
Benzo[a]pireno		57,7	50,4	9,5	< 3,86	38,3	137,5	10,9	230	760	
Criseno		34,6	32,0	6,3	< 3,86	26,7	173,6	11,5	300	850	
Dibenzo[a,h]an		< 9,23	8,5	< 3,78	< 3,86	< 3,75	18,4	< 5,89	43	140	
Acenafteno	Grupo B	< 9,23	< 8,09	< 3,78	< 3,86	< 3,75	24,8	< 5,89	16	500	
Acenaftileno		20,1	19,8	< 3,78	< 3,86	< 3,75	54,6	7,8	44	640	
Antraceno		9,5	9,5	< 3,78	< 3,86	4,9	162,9	< 5,89	85	1.100	
Fenantreno		21,8	19,9	5,9	< 3,86	18,5	258,6	6,4	240	1.500	
Fluoranteno		59,3	54,1	14,2	< 3,86	59,6	253,4	14,3	600	5.100	
Fluoreno		13,4	< 8,09	< 3,78	< 3,86	< 3,75	48,8	< 5,89	19	540	
2-Metil-		< 9,23	< 8,09	< 3,78	< 3,86	< 3,75	11,7	< 5,89	70	670	
Naf taleno		< 9,23	< 8,09	< 3,78	< 3,86	< 3,75	34,0	16,4	160	2.100	
Pireno		70,7	62,4	12,2	4,2	68,1	284,9	17,2	665	2.600	
Somatória de HPAs*		547,2	510,9	92,8	8,4	369,8	2.028,9	120,0	4.000	-	

Tabela 9-35. Resultados de HPAs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro		Resultado						CONAMA 454:2012 Águas Salinas		Unidade
		P14 (0,0-0,5m)	P14 (0,5-2,0m)	P14 (2,0-3,0m)	P15 (0,0-0,5m)	P15 (0,5-1,2m)	P16 (0,0-0,5m)	Nível 1	Nível 2	
Benzo[a]antrac	Grupo A	37,1	28,0	15,1	53,2	52,7	21,0	280	690	µg/kg
Benzo[a]pireno		31,2	23,5	15,7	56,5	63,2	14,4	230	760	
Criseno		34,5	35,1	13,9	39,4	52,6	24,4	300	850	
Dibenzo[a,h]antr		13,0	10,0	< 6,82	16,2	18,7	< 7,13	43	140	
Acenafteno	Grupo B	< 10,20	< 8,13	< 6,82	< 6,10	< 6,15	< 7,13	16	500	
Acenaftileno		< 10,20	< 8,13	12,5	29,4	64,8	25,3	44	640	
Antraceno		27,4	18,7	< 6,82	42,0	19,6	7,9	85	1.100	
Fenantreno		47,5	12,9	10,4	31,8	25,5	9,6	240	1.500	



Fluoranteno		76,6	76,2	25,6	82,8	67,5	20,1	600	5.100
Fluoreno		16,5	< 8,13	< 6,82	9,2	8,8	< 7,13	19	540
2-Metil-		< 10,20	< 8,13	< 6,82	< 6,10	< 6,15	< 7,13	70	670
Naf taleno		23,2	< 8,13	< 6,82	6,9	< 6,15	< 7,13	160	2.100
Pireno		115,4	106,6	28,9	170,9	111,6	26,9	665	2.600
Somatória de HPAs*		539,1	393,6	163,3	686,4	662,7	203,0	4.000	-

Tabela 9-36. Resultados de HPAs das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro		Resultado						CONAMA 454:2012 Águas Salinas		Unidade
		P17 (0,0-0,5m)	P17 (0,5-2,0m)	P17 (2,0-4,5m)	P18 (0,0-0,5m)	P18 (0,5-2,0m)	P18 (2,0-4,5m)	Nível 1	Nível 2	
Benzo[a]antraceno	Grupo A	41,6	96,6	19,1	43,2	30,3	16,4	280	690	µg/kg
Benzo[a]pireno		30,3	72,8	19,2	35,3	27,5	13,6	230	760	
Criseo		38,8	103,9	18,8	51,8	44,9	26,0	300	850	
Dibenzo[a,h]antr		9,5	25,4	7,1	16,2	11,6	< 8,57	43	140	
Acenafteno	Grupo B	< 5,84	29,4	< 5,28	< 12,71	< 9,71	< 8,57	16	500	
Acenaftileno		16,5	50,3	37,7	18,1	21,5	< 8,57	44	640	
Antraceno		7,3	98,0	11,1	< 12,71	32,7	11,4	85	1.100	
Fenantreno		11,1	94,8	19,3	24,6	19,5	16,0	240	1.500	
Fluoranteno		44,1	159,6	28,5	107,4	92,8	41,8	600	5.100	
Fluoreno		< 5,84	53,4	< 5,28	< 12,71	< 9,71	< 8,57	19	540	
2-Metil-		< 5,84	19,3	< 5,28	< 12,71	< 9,71	< 8,57	70	670	
Naf taleno		< 5,84	18,9	< 5,28	< 12,71	9,7	< 8,57	160	2.100	
Pireno		58,1	180,1	39,2	156,3	151,4	56,5	665	2.600	
Somatória de HPAs*		332,3	1.219,8	248,0	585,4	533,5	227,4	4.000	-	

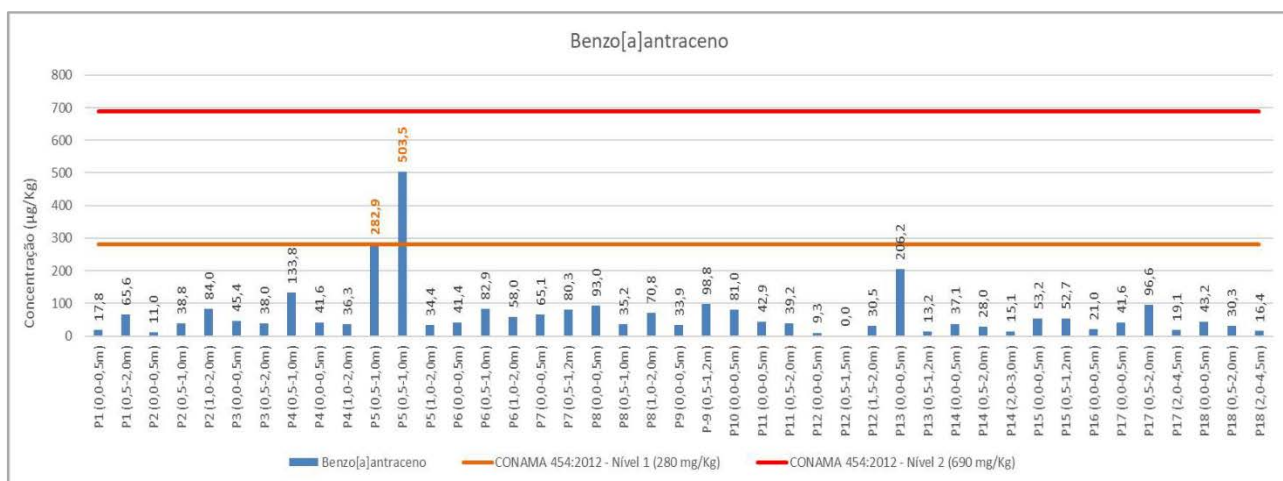


Figura 9-16. Concentrações de Benzo(a)antraceno nas amostras de Niterói.

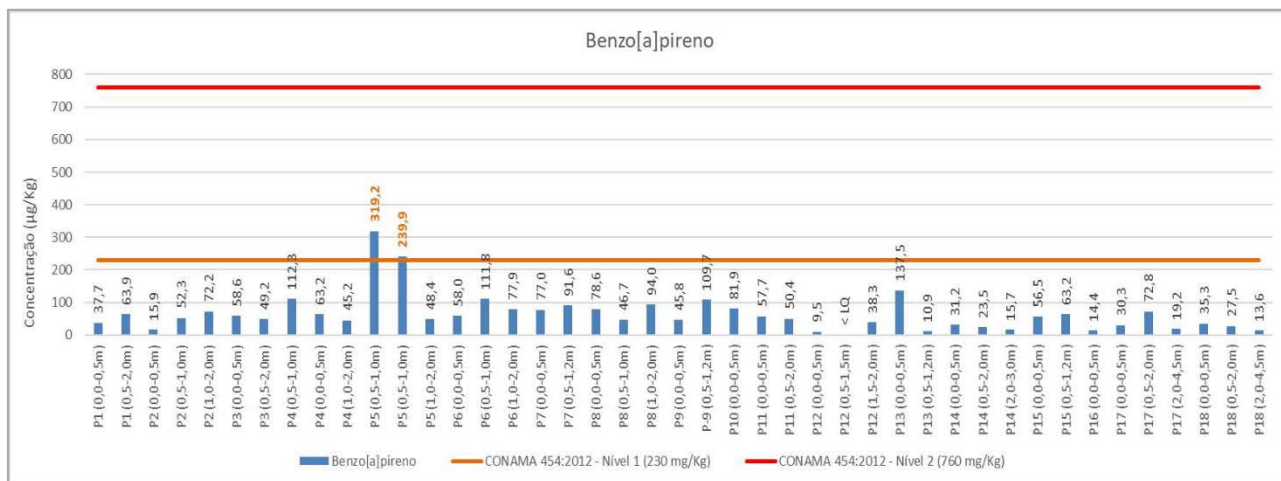


Figura 9-17. Concentrações de Benzo(a)pireno nas amostras de Niterói.

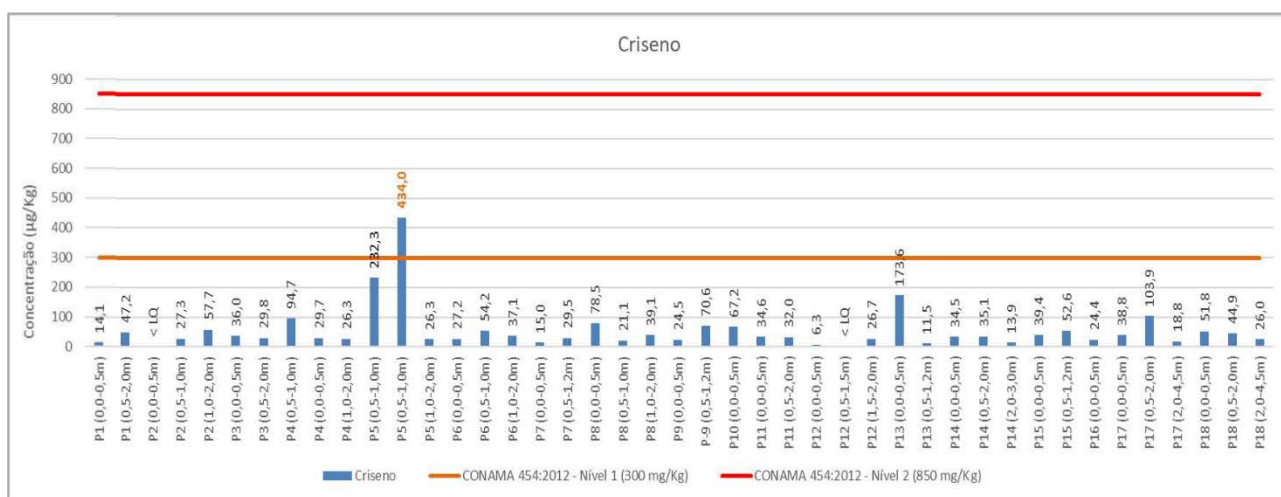


Figura 9-18. Concentrações de Criseno nas amostras de Niterói.

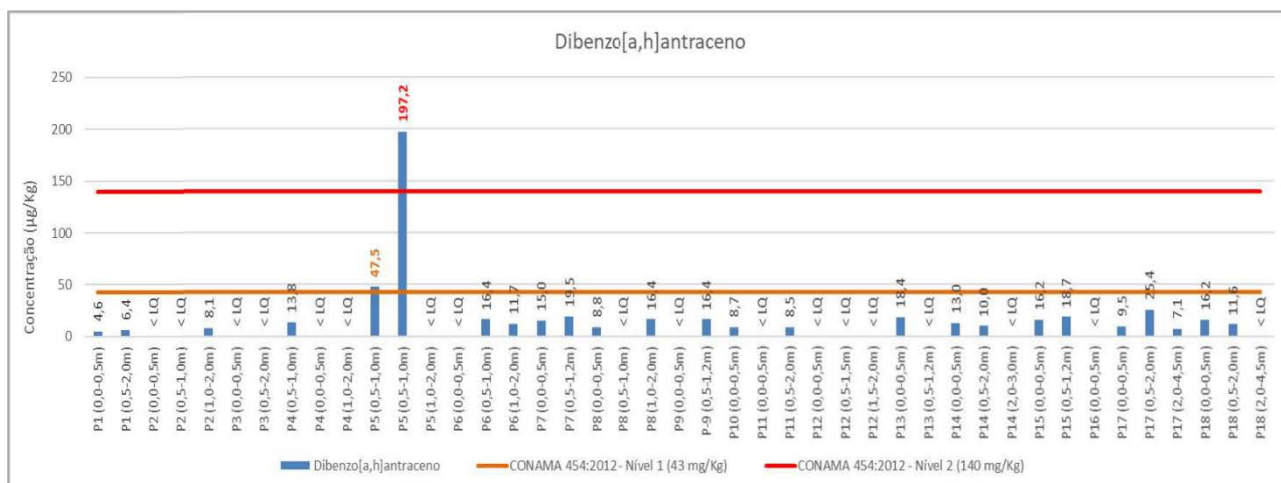


Figura 9-19. Concentrações de Dibenzo(a,h)antraceno nas amostras de Niterói.

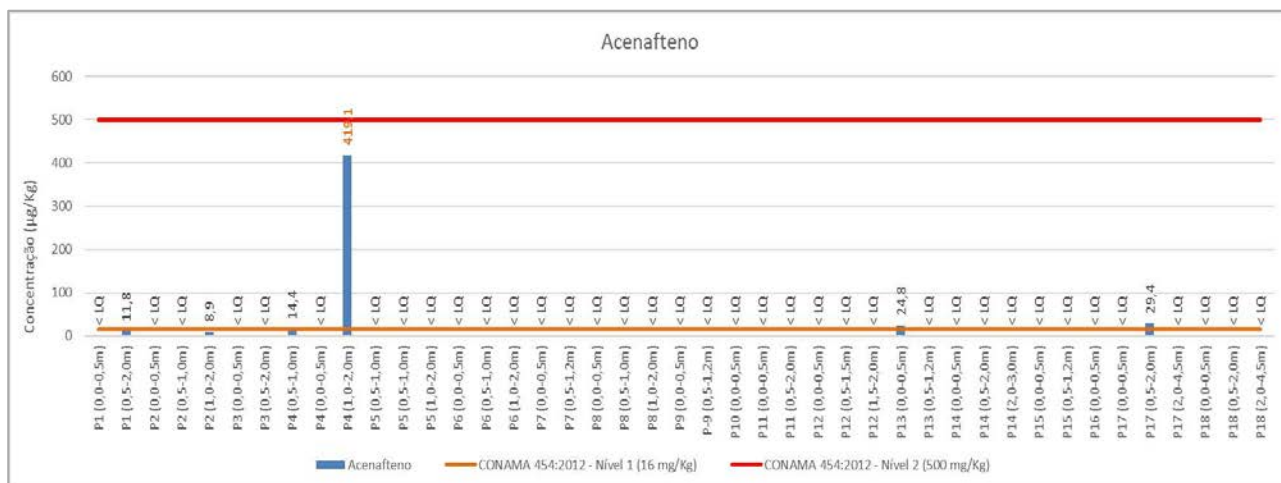


Figura 9-20. Concentrações de Anenafteno nas amostras de Niterói.

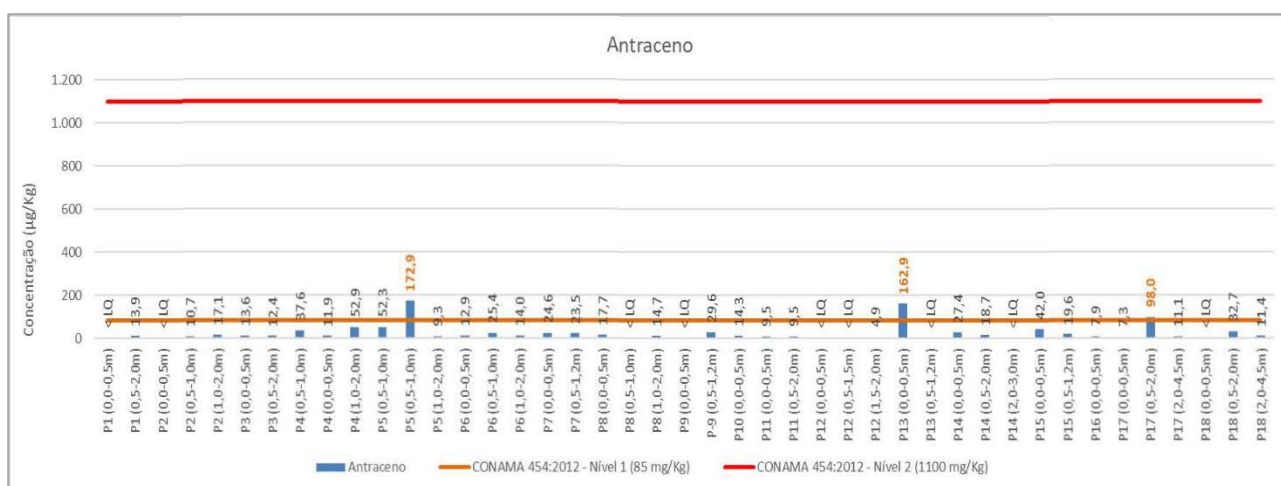


Figura 9-21. Concentrações de Antraceno nas amostras de Niterói.

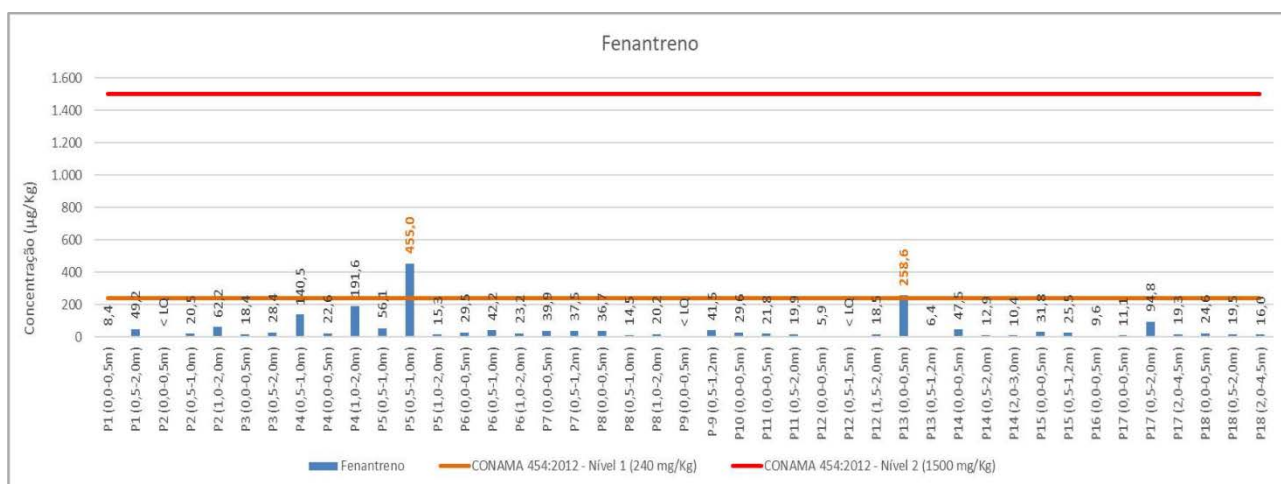


Figura 9-22. Concentrações de Fenantreno nas amostras de Niterói.

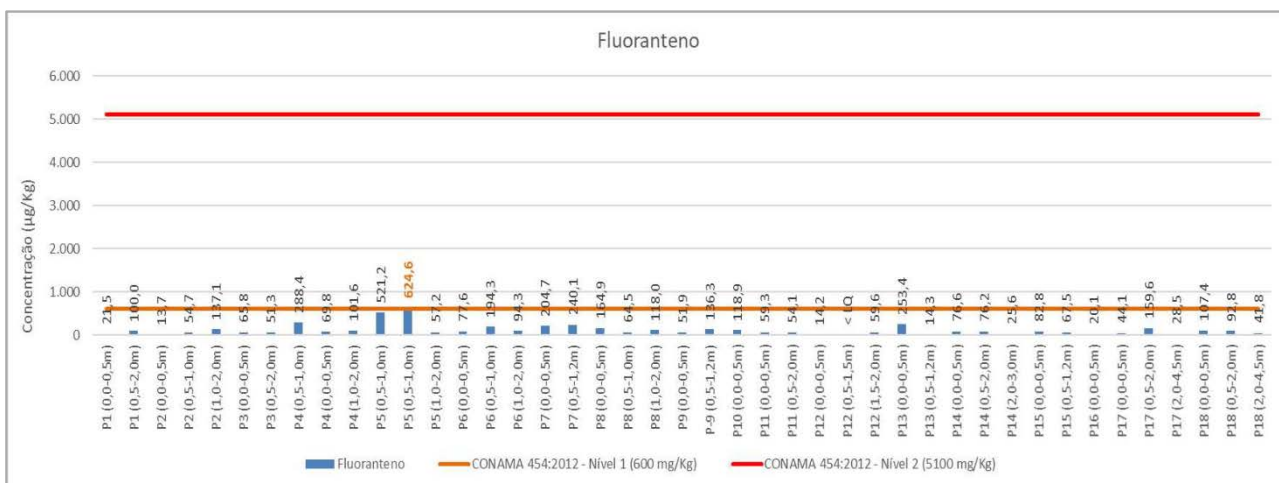


Figura 9-23. Concentrações de Fluoranteno nas amostras de Niterói.

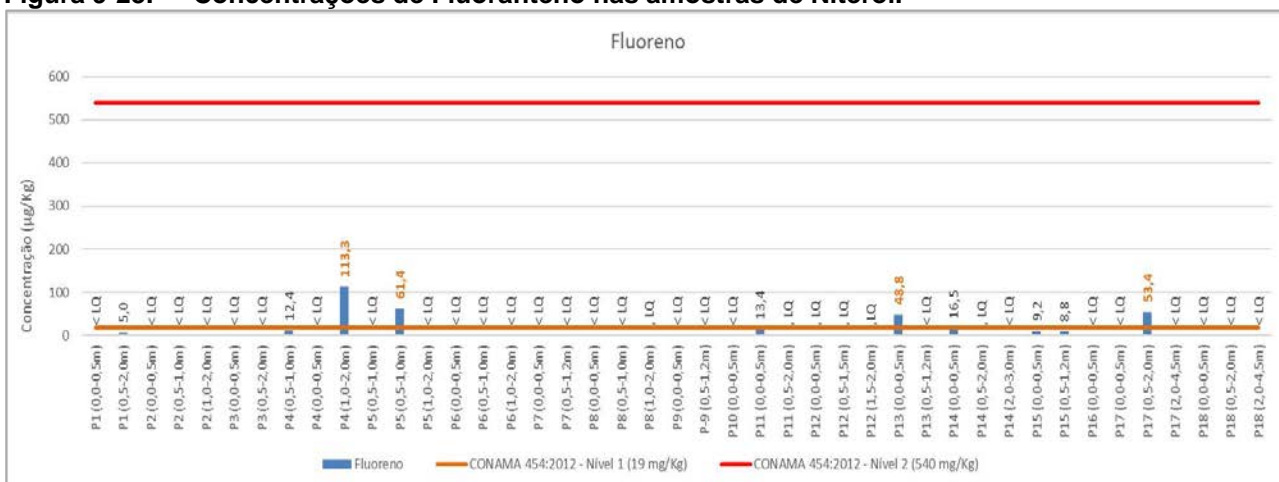


Figura 9-24. Concentrações de Fluoreno nas amostras de Niterói.

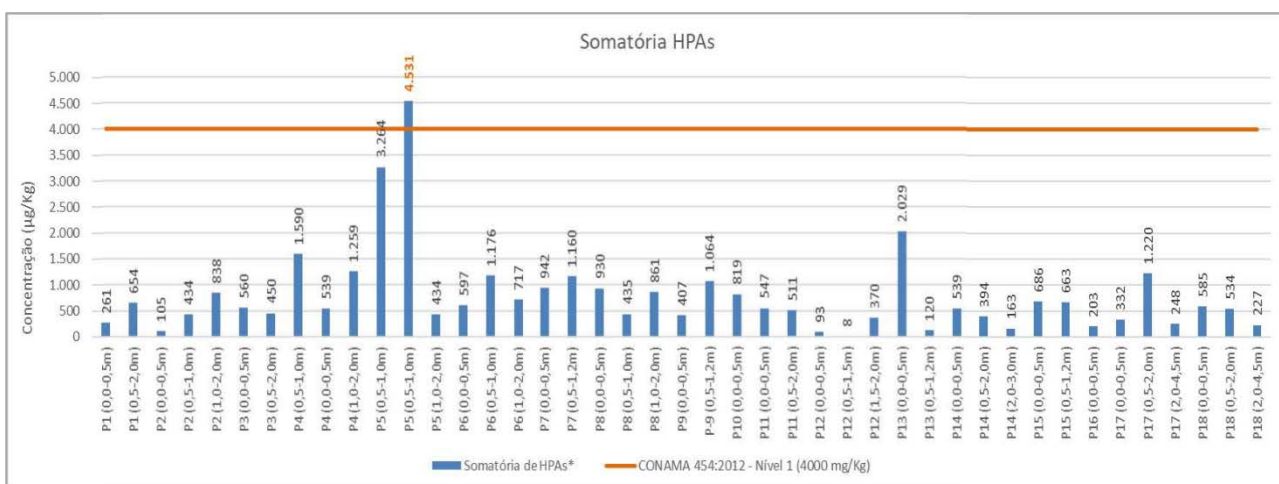


Figura 9-25. Somatória de HPAs nas amostras de Niterói.

COT e Nutrientes.

Quanto às concentrações de fósforo total, os valores variaram entre 49 e 1.489 mg/Kg, com mediana de 501,6 mg/Kg para as amostras de Niterói. Desta forma, todos os resultados foram inferiores ao valor de alerta de 2.000 mg/Kg.

O nitrogênio Kjeldahl esteve presente nas amostras de Niterói em concentrações variando entre 64,4 e 2.546 mg/Kg, com mediana de 591,7 mg/Kg, ou seja, todos os valores foram inferiores ao valor de alerta de 4.800 mg/Kg definido pela Resolução CONAMA nº454:2012.

Os resultados destes parâmetros podem ser verificados na Tabela 9-37 à 9-42.

Tabela 9-37. Resultados de COT e Nutrientes das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultad	Resultad	Resultad	Resultad	Resultad	Resultad	Resultad	Valor de Alerta (CONAMA)
	P1(0,0-0,5m)	P1(0,5-2,0m)	P2(0,0-0,5m)	P2(0,5-1,0m)	P2(1,0-2,0m)	P3(0,0-0,5m)	P3(0,5-2,0m)	
Carbono Orgânico	< 0,740	1,96	2,59	2,27	2,67	5,17	4,31	10%
Fósforo Total (mg/Kg)	167,60	356,40	363,00	474,10	307,10	933,40	726,90	2.000
Nitrogênio Kjeldahl	337,5	422,2	743,9	1.283,3	676,5	1.923,2	1.101,1	4.800

Tabela 9-38. Resultados de COT e Nutrientes das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado									Valor de Alerta (CONAMA)
	P4(0,5-1,0m	P4(0,5-1,0m	P4(1,0-2,0m	P5(0,0-0,5m	P5(0,5-1,0m	P5(1,0-2,0m	P6(0,0-0,5m	P6(0,5-1,0m	P6(1,0-2,0m	
Carbono Orgânico	3,14	4,39	3,92	4,4	4	3,21	4,07	4,23	4,31	10%
Fósforo Total (mg/Kg)	< 8,80	1072,	751,1	385,6	454,8	571,2	636,6	592,1	635,5	2.000
Nitrogênio Kjeldahl	1.079,	2.546,	1.328,	911,8	1.064,	724,7	1.177,	1.218,	152,4	4.800

Tabela 9-39. Resultados de COT e Nutrientes das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado								Alerta (CONAMA)
	P7 (0,0-	P7 (0,5-	P8 (0,0-	P8 (0,5-	P8 (1,0-	P9 (0,0-	P9 (0,5-	P10 (0,0-	
Carbono Orgânico	5,46	5,92	2,15	4,46	3,92	4,61	4,46	2,84	10%
Fósforo Total	745,70	625,10	355,60	544,90	526,80	947,80	812,50	541,50	2.000
Nitrogênio	1.184,8	591,7	290,2	582,7	424,5	2.458,2	1.200,6	490,0	4.800

Tabela 9-40. Resultados de COT e Nutrientes das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado							Valor de Alerta (CONAMA 454/12)
	P11 (0,0-0,5m)	P11 (0,5-2,0m)	P12 (0,0-0,5m)	P12 (0,5-1,5m)	P12 (1,5-2,0m)	P13 (0,0-0,5m)	P13 (0,5-1,2m)	
Carbono Orgânico	3,79	4,27	0,77	0,77	< 0,740	4,19	1,12	10%
Fósforo Total (mg/Kg)	476,30	598,90	49,00	63,50	90,10	671,40	1489,20	2.000
Nitrogênio Kjeldahl	1.672,3	1.131,8	111,2	156,9	156,4	525,9	64,4	4.800

Tabela 9-41. Resultados de COT e Nutrientes das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado						Valor de Alerta (CONAMA 454/12)
	P14 (0,0-0,5m)	P14 (0,5-2,0m)	P14 (2,0-3,0m)	P15 (0,0-0,5m)	P15 (0,5-1,2m)	P16 (0,0-0,5m)	
Carbono Orgânico Total	5,92	4,79	2,24	2,55	2,55	1,5	10%
Fósforo Total (mg/Kg)	927,60	796,70	447,00	418,40	387,70	295,80	2
Nitrogênio Kjeldahl	641,8	579,4	464,4	119,0	323,0	357,7	4.8

Tabela 9-42. Resultados de COT e Nutrientes das amostras coletadas em Niterói.

Parâmetro	Resultado						Valor de Alerta (CONAMA 454/12)
	P17 (0,0-0,5m)	P17 (0,5-2,0m)	P17 (2,0-4,5m)	P18 (0,0-0,5m)	P18 (0,5-2,0m)	P18 (2,0-4,5m)	
Carbono Orgânico Total (COT) (%)	2,65	2,65	3,26	5,81	5,51	3,3	10%
Fósforo Total (mg/Kg)	229,90	303,50	353,40	756,40	427,30	409,00	2
Nitrogênio Kjeldahl (mg/Kg)	281,0	517,9	332,0	1.483,3	1.057,3	348,9	4.8

Ensaio Ecotoxicológicos

O parágrafo §1º do art. 12 da Resolução CONAMA nº 454/2012 estabelece que a opção pela realização dos ensaios agudos ou crônicos é do empregador que considerará a disponibilidade de laboratórios na região ou estado onde será executado o projeto de dragagem”.

Os ensaios toxicológicos foram empregados para avaliação do grau de biodisponibilidade das substâncias geoquímicas detectadas nas amostras. Foram realizados ensaios ecotoxicológicos agudos, utilizando o *G. bonnieroides*. Tais ensaios são conduzidos em frascos de 500 ml, com 6 réplicas para cada concentração e para o controle, e 10 anfípodes por réplica. Os testes são

mantidos em sala incubadora com temperatura de 25 ± 2 °C e luz constante. Ao final de 10 dias o ensaio é encerrado, cada réplica peneirada e o número de organismos vivos contados para determinação da sobrevivência.

Alguns dos resultados obtidos durante a caracterização química do sedimento a ser dragado se enquadraram nas condições estabelecidas no art. 12 da Resolução CONAMA nº 454/2012, de modo que determinadas amostras foram enviadas ao laboratório para a realização de ensaios ecotoxicológicos. Conforme estabelecido pela mencionada Resolução, a necessidade da realização de tais ensaios está associada as seguintes condições:

I - a concentração de HAPs do Grupo A, arsênio, cádmio, chumbo ou mercúrio for superior ao Nível 1;

II - a concentração de HAPs do Grupo B estiver entre os Níveis 1 e 2, desde que a soma das concentrações individuais de todos os HAPs (Grupos A e B) presentes na amostra seja maior que o valor orientador para o HAP total, indicado na Tabela I I;

III - a concentração de qualquer substância relacionado na Tabela I I for superior ao Nível 2.

De modo a sintetizar o enquadramento dos resultados às condições estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 454/2012, o Quadro 3.2.9-62 demonstra a relação de todas as amostras de Niterói com destaque para as que foram encaminhadas para a realização de ensaios ecotoxicológicos agudo, que correspondem a um total de 28 (vinte e oito) amostras ou cerca de 65% do total.

A seguir são apresentados os resultados obtidos para o ensaio agudo.

Tabela 9-43. Relação de amostras de Niterói encaminhadas (em destaque) para a realização de ensaios ecotoxicológicos com o enquadramento dos resultados em função das condições estabelecidas na Resolução CONAMA nº 454/2012.

Amostras	Inciso I			Inciso II	Inciso III
	HPAA > N1	Chumbo > N1	Mercúrio > N1	HPAB > N1 e < N2	Parâmetro > N2
P1(0,0-0,5m)	-	-	-	-	-
P1(0,5-2,0m)	-	-	-	-	-



Amostras	Inciso I			Inciso II	Inciso III
	HPAA > N1	Chumbo > N1	Mercúrio > N1	HPAB > N1 e < N2	Parâmetro > N2
P2(0,0-0,5m)	-	-	-	-	-
P2(0,5-1,0m)	-	-	-	-	-
P2(1,0-2,0m)	-	-	-	-	-
P3(0,0-0,5m)	-	-	X	-	-
P3(0,5-2,0m)	-	-	X	-	-
P4(0,0-0,5m)	-	-	X	-	-
P4(0,5-1,0m)	-	X	X	-	-
P4(1,0-2,0m)	-	X	-	-	X
P5(0,0-0,5m)	X	-	-	-	X
P5(0,5-1,0m)	X	X	-	X	X
P5(1,0-2,0m)	-	X	-	-	X
P6(0,0-0,5m)	-	X	X	-	-
P6(0,5-1,0m)	-	X	-	-	X
P6(1,0-2,0m)	-	X	X	-	-
P7(0,0-0,5m)	-	-	X	-	X
P7(0,5-1,2m)	-	X	X	-	-
P8(0,0-0,5m)	-	-	-	-	-
P8(0,5-1,0m)	-	X	X	-	-
P8(1,0-2,0m)	-	X	X	-	-
P9(0,0-0,5m)	-	-	X	-	-
P9(0,5-1,2m)	-	-	X	-	-
P10(0,0-0,5m)	-	-	X	-	-
P11(0,0-0,5m)	-	-	X	-	-
P11(0,5-2,0m)	-	-	X	-	-
P12(0,0-0,5m)	-	-	-	-	-
P12(0,5-1,5m)	-	-	-	-	-
P12(1,5-2,0m)	-	-	-	-	-
P13(0,0-0,5m)	-	X	X	-	-
P13(0,5-1,2m)	-	X	X	-	-
P14(0,0-0,5m)	-	X	X	-	-

Amostras	Inciso I			Inciso II	Inciso III
	HPAA > N1	Chumbo > N1	Mercúrio > N1	HPAB > N1 e < N2	Parâmetro > N2
P14(0,5-2,0m)	-	X	X	-	-
P14(2,0-3,0m)	-	-	-	-	-
P15(0,0-0,5m)	-	-	-	-	-
P15(0,5-1,2m)	-	-	-	-	-
P16(0,0-0,5m)	-	-	-	-	-
P17(0,0-0,5m)	-	-	-	-	-
P17(0,5-2,0m)	-	X	X	-	-
P17(2,0-4,5m)	-	-	X	-	-
P18(0,0-0,5m)	-	X	X	-	-
P18(0,5-2,0m)	-	X	X	-	-
P18(2,0-4,5m)	-	-	-	-	-

Na Tabela 9-44 são apresentadas as relações de amostras SEM (Efeito Tóxico Medido < 50%) e COM (Efeito Tóxico Medido > 50%) efeito tóxico significativo para Niterói. O ensaio agudo com *Grandierella bonnieroides* revelou um equilíbrio nos resultados, com cerca de 43% das amostras (12 amostras) não apresentando efeito tóxico significativo e cerca de 57% (16 amostras) apresentando efeito tóxico significativo para as amostras de Niterói.

Tabela 9-44. Resultados do ensaio agudo (*Grandierella bonnieroides*) das amostras de Niterói.

Amostras	ENSAIO AGUDO (<i>Grandierella bonnieroides</i>)	
	SEM Efeito Tóxico Significativo* Percentual de mortalidade de anfípodos ≤ 50%	COM Efeito Tóxico Significativo* Percentual de mortalidade de anfípodos ≥ 50%
P3(0,0-0,5m)	x	-
P3(0,5-2,0m)	x	-
P4(0,0-0,5m)	x	-
P4(0,5-1,0m)	x	-
P4(1,0-2,0m)	x	-
P5(0,0-0,5m)	-	x
P5(0,5-1,0m)	-	x
P5(1,0-2,0m)	x	-



P6(0,0-0,5m)	x	-
P6(0,5-1,0m)	x	-
P6(1,0-2,0m)	-	x
P7(0,0-0,5m)	x	-
P7(0,5-1,2m)	-	x
P8(0,5-1,0m)	-	x
P8(1,0-2,0m)	x	-
P9(0,0-0,5m)	-	x
P9(0,5-1,2m)	x	-
P10(0,0-0,5m)	-	x
P11(0,0-0,5m)	x	-
P11(0,5-2,0m)	-	x
P13(0,0-0,5m)	-	x
P13(0,5-1,2m)	-	x
P14(0,0-0,5m)	-	x
P14(0,5-2,0m)	-	x
P17(0,5-2,0m)	-	x
P17(2,0-4,5m)	-	x
P18(0,0-0,5m)	-	x
P18(0,5-2,0m)	-	x

***Critério da Resolução CONAMA nº 454/12**

Volume de material a ser dragado com concentrações de substâncias acima do nível 2 ou com efeito tóxico significativo, de acordo com a Resolução CONAMA nº 454/12.

Com base nos resultados da caracterização geoquímica e ecotoxicológica do sedimento realizou-se a estimativa do volume de material a ser dragado com concentrações de substâncias acima do nível 2 ou com efeito tóxico significativo, de acordo com a Resolução CONAMA nº 454/12.

O descarte deste material ocorrerá em unidades de confinamento (geotubos), a serem dispostas próximas às áreas de dragagem.

Metodologia

Para o cálculo da estimativa do volume de sedimento com concentrações de substâncias acima do nível 2 ou com efeito tóxico significativo, segundo a Resolução CONAMA n° 454/12, foram realizadas interpolações com os resultados obtidos nas análises físico-químicas das amostras coletadas na região de interesse em abril de 2018. Em cada camada (superfície, meio e fundo) realizou-se a interpolação espacial dos dados e, em seguida, a integração das áreas resultando no volume, utilizando o software Golden Surfer.

Foram consideradas as premissas da Resolução CONAMA n° 454/2012, especificamente o art. 12 e o art. 19, que citam os parâmetros arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio, HPAs do Grupo A e do Grupo B como indicadores da necessidade de ensaios ecotoxicológicos com as amostras coletadas.

Como os resultados apresentados de chumbo e mercúrio acima do nível 1, foram considerados estes dados para a realização das interpolações, em todas as camadas de testemunhos coletados. Portanto, a estimativa do volume de sedimentos a serem dispostos em geotubos foi realizada com base nas concentrações destes metais.

Considerou-se taxa de sedimentação de 1,5 e de 2cm/ano, levando-se em consideração o início do acúmulo de substâncias químicas da Baía de Guanabara em 1948 (AMADOR et al, 1980; AMADOR et al, 1997; Godoy et al, 1998; OLIVEIRA, 2009; GODOY et al, 2012). Desta forma, as profundidades estimadas de material crítico são de 105 e 140 cm, respectivamente.

Salienta-se que não foi considerado o talude do projeto de dragagem na estimativa de volume de material com concentrações de substâncias acima do nível 2 ou com efeito tóxico significativo, segundo a Resolução CONAMA n° 454/12.

A espessura do estrato da camada superficial, considerada entre 0,0 e 0,5m, permaneceu a mesma em todas as áreas. Já a espessura das camadas de meio e fundo variou em cada área, conforme será descrito a seguir.

Estimativa do volume de material com concentrações de substâncias acima do nível 2 ou com efeito tóxico significativo, de acordo com a Resolução CONAMA nº 454/12.

Área 1 (A1-1)

Na Área 1 estão localizadas as estações amostrais P1, P2 e P3. Foram observados valores acima do Nível 1 (N1) para mercúrio nas amostras P3SUP (0,0-0,5m) e P3FUNDO (0,5-2,0m) - Tabela 9-45. Estas amostras foram encaminhadas para ensaios ecotoxicológicos, de ensaio agudo com *Grandidierella bonnieroides*, e não foram observados efeitos tóxicos medidos nos organismos.

Tabela 9-45. Resultados analíticos das amostras da área A1-1.

Área	Amostra	Estação	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercúrio	Níquel	Zinco
A1-1	P1 (0,0-0,5m)	P1	4,9	18,0	9,22	0,04	< 3,02	26,6
A1-1	P1 (0,5-2,0m)	P1	27,3	23,4	10,20	0,27	4,46	78,8
A1-1	P2 (0,0-0,5m)	P2	16,0	25,9	20,70	0,14	7,71	67,8
A1-1	P2 (0,5-1,0m)	P2	22,4	50,1	22,80	0,21	7,75	103,5
A1-1	P2 (1,0-2,0m)	P2	18,3	49,3	17,80	0,18	4,86	89,6
A1-1	P3 (0,0-0,5m)	P3	41,6	45,6	< 19,0	0,41	13,20	209,7
A1-1	P3 (0,5-2,0m)	P3	38,0	64,1	24,00	0,42	10,80	158,3
Resolução CONAMA 454/2012		Nível 1	46,7	34	81	0,3	20,9	150
		Nível 2	218	270	370	1	51,6	410

A predominância granulométrica nas amostras coletadas nesta área é de areia em P1; silte em P2SUP e areia em P2FUNDO e silte em P3.

Não foi realizado cálculo de volume de material nesta área com base nos resultados negativos para os testes ecotoxicológicos.

Área 1 (A1-2)

As estações amostrais que compõem a Área A1-2 são P4, P5, P6, P7 e P8. Foram observados valores acima do Nível 1 (N1) de HPAs dos Grupos A e B (amostras P5SUP e P5MEIO, respectivamente); chumbo; mercúrio e outros metais, a saber chumbo, cobre, mercúrio e zinco, acima do Nível 2 (N2) (Quadro 3.2.9-67).

Todas as amostras foram encaminhadas para ensaios ecotoxicológicos, com exceção da P8SUP, que apresentou resultados enquadrados frente à legislação, ressaltando-se o percentual de 55% de areia para esta amostra. As demais amostras apresentaram efeito nos testes realizados, sendo elas: P5SUP e P5MEIO; P6FUN; P7FUN; P8MEIO.

Foram realizadas interpolações para chumbo e mercúrio, considerando as amostras de todo o segmento a ser dragado, isto é, as amostras da A1 (P1, P2 e P3) também foram utilizadas nos cálculos das curvas de concentração.

Tabela 9-46. Resultados analíticos das amostras da área A1-2.

Área	Amostra	Estação	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercúrio	Níquel	Zinco
A1-2	P4 (0,0-0,5m)	P4	< 5,87	< 5,87	< 13,2	0,49	< 5,87	< 14,7
A1-2	P4 (0,5-1,0m)	P4	73,3	204,5	44,20	0,76	12,80	284,9
A1-2	P4 (1,0-2,0m)	P4	74,9	158,3	40,30	1,12	11,90	297,6
A1-2	P5 (0,0-0,5m)	P5	408,9	189,2	57,60	3,05	12,70	677,4
A1-2	P5 (0,5-1,0m)	P5	93,8	96,4	32,80	1,16	9,12	239,2
A1-2	P5 (1,0-2,0m)	P5	104,0	61,1	19,40	1,45	9,86	255,6
A1-2	P6 (0,0-0,5m)	P6	66,1	139,4	32,60	0,74	10,10	271,1
A1-2	P6 (0,5-1,0m)	P6	85,6	121,3	32,40	1,14	9,64	262,5
A1-2	P6 (1,0-2,0m)	P6	66,6	87,3	30,30	0,85	8,67	214,9
A1-2	P7 (0,0-0,5m)	P7	376,5	246,0	34,70	0,64	10,50	361,3
A1-2	P7 (0,5-1,2m)	P7	71,2	262,5	32,90	0,60	9,39	319,2
A1-2	P8 (0,0-0,5m)	P8	20,2	31,1	22,60	0,26	5,74	70,4
A1-2	P8 (0,5-1,0m)	P8	76,0	280,9	35,90	0,65	12,90	290,0
A1-2	P8 (1,0-2,0m)	P8	63,0	96,6	24,30	0,77	7,89	206,6
Resolução CONAMA 454/2012	Nível 1		46,7	34	81	0,3	20,9	150
	Nível 2		218	270	370	1	51,6	410

Na camada de superfície, as curvas de níveis de concentração de mercúrio indicaram uma área de distribuição menor que a área indicada por chumbo.

Para as demais interpolações nas camadas de meio e fundo, tanto para chumbo como para mercúrio, toda a área a ser dragada foi identificada como de ocorrência de material a ser disposto confinado em geotubos(

Tabela 9-47).

Tabela 9-47. Localização na A1-2 onde o material a ser dragado a ser disposto em geotubos em função das concentrações de chumbo e mercúrio. Os estratos das camadas analisadas estão descritos em metros.

Amostra	Localização do material a ser disposto em geotubos
Hg SUP	Ao redor do P5
Pb SUP	Toda área, exceto ao redor de P4
Hg MEIO	Apenas no polígono entre P5 e P6
Pb MEIO	Toda área
Hg FUNDO	Toda área
Pb FUNDO	Toda área
Camada	Estrato
SUP	0-0,5 m
MEIO	0,5-1,0 m
FUNDO	1,0-2,0 m

As Figura 9-26, Figura 9-27 e Figura 9-28 ilustram os resultados e as curvas de concentração de chumbo e mercúrio calculadas.

A Figura 9-29 ilustra a área na camada de superfície (~160.793m²) cujos sedimentos serão destinados para confinamento e geotubos, com base nas curvas de concentração de chumbo. Para as camadas de meio e fundo foi considerada a área total a ser dragada (~171.931m²), portanto, não há figura representativa destas camadas. A integração para a estimativa de volume na camada de fundo utilizou a profundidade de 0,5m de estrato, pois o acúmulo de substâncias químicas foi considerado até 1,5m, com base nas taxas de sedimentação históricas. Deste modo, o volume total da área A1-2 a ser disposto em geotubos correspondeu a **250.632 m³**.

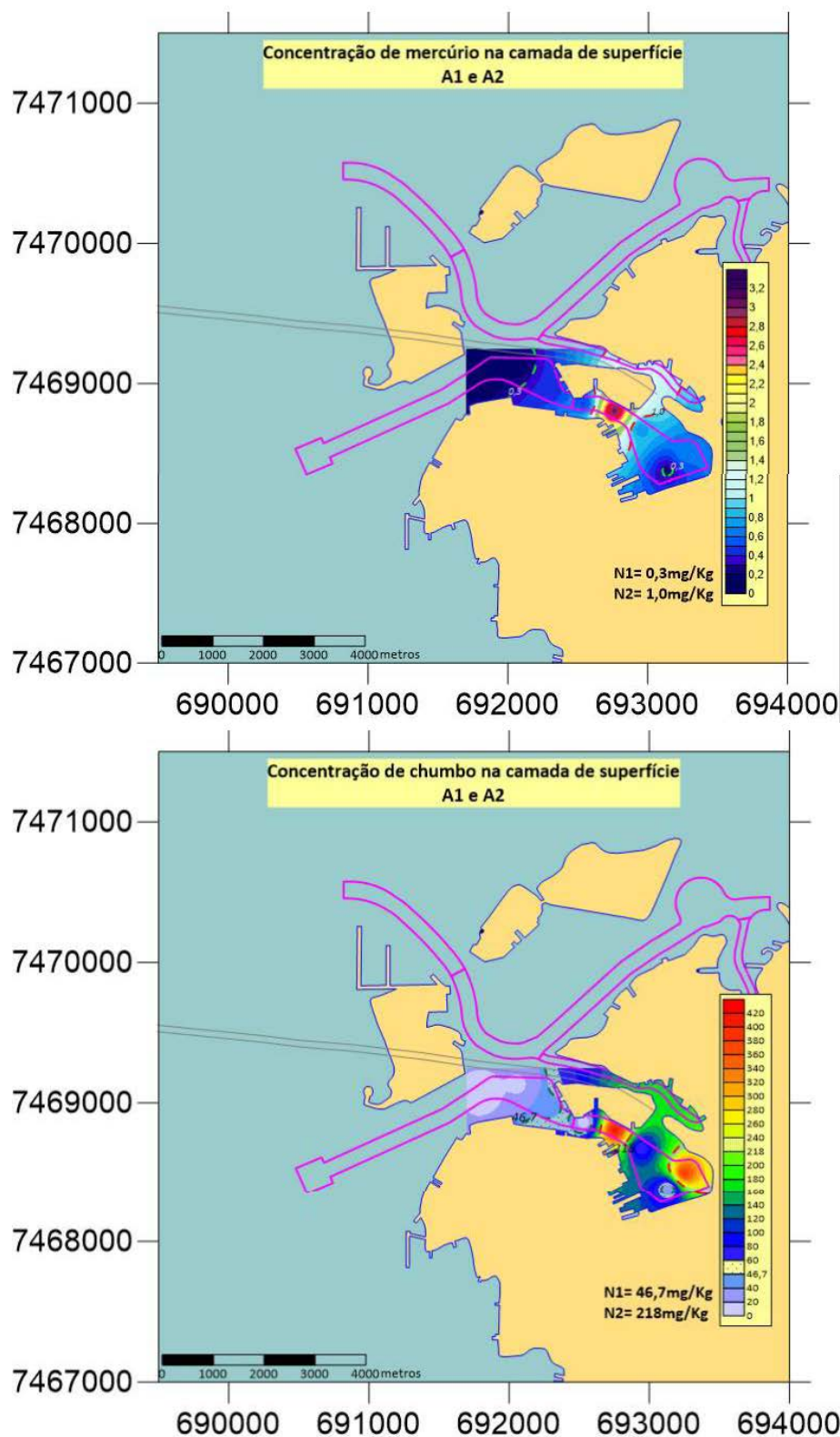


Figura 9-26. Curvas de concentração de mercúrio e de chumbo na camada de superfície do canal entre as áreas A1-1 e A1-2.

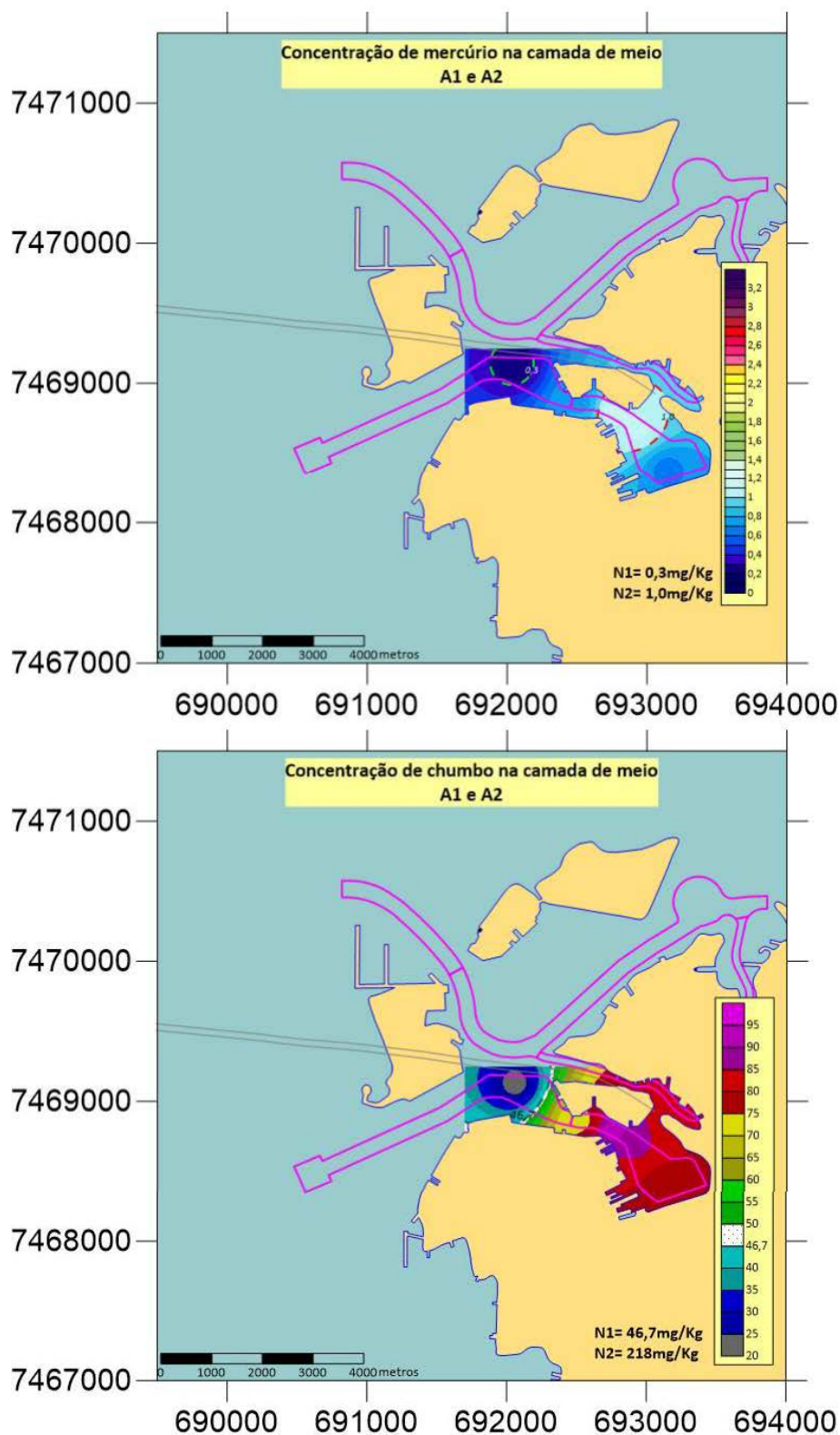


Figura 9-27. Curvas de concentração de mercúrio e de chumbo na camada de meio do canal entre as áreas A1-1 e A1-2.

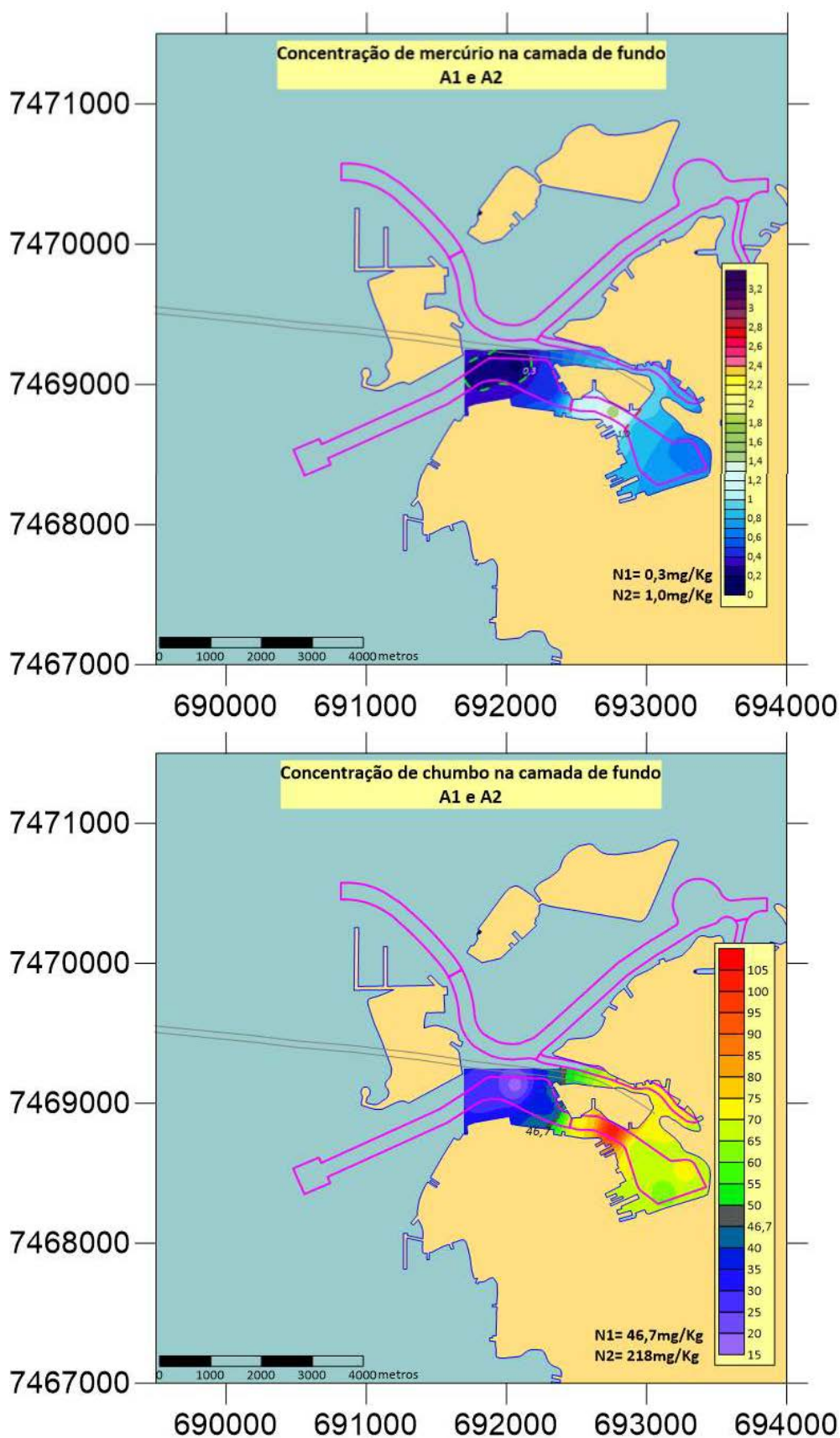


Figura 9-28. Curvas de concentração de mercúrio e de chumbo na camada de fundo do canal entre as áreas A1-1 e A1-2. Área com acúmulo de chumbo na camada de superfície A1-2

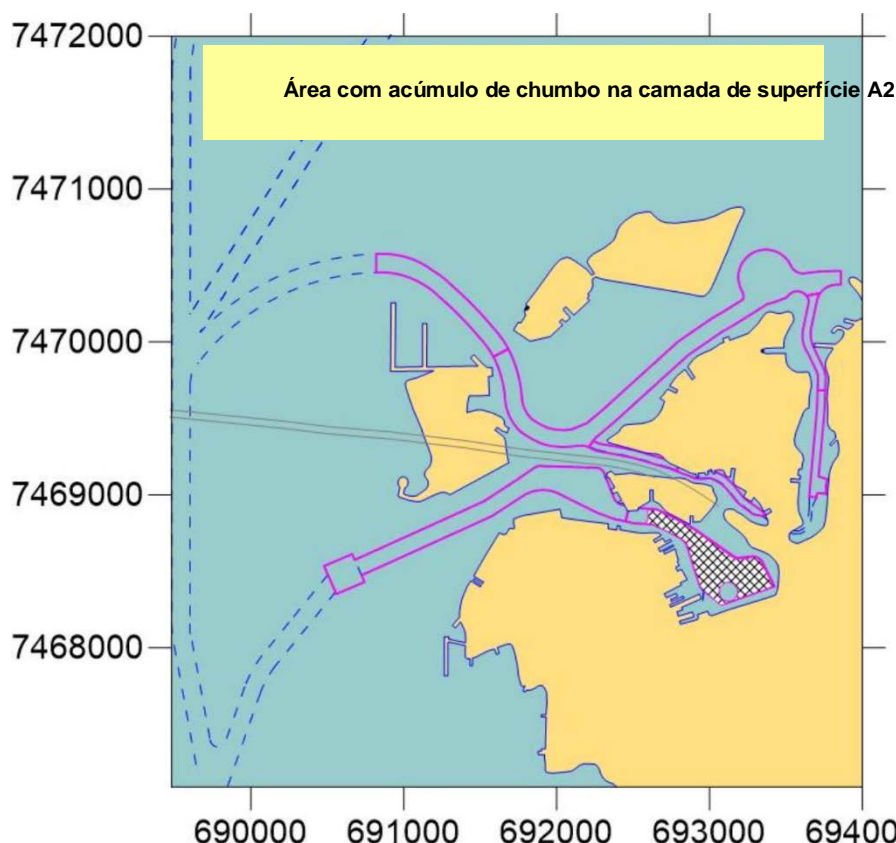


Figura 9-29. Indicação da área considerada como contendo acúmulo de substâncias químicas (hachurada) na camada de superfície na A1-2.

Área 2-1

A Área 2-1 é caracterizada pela estação, P9, P10, P11 e P12, com amostras nas camadas de SUP (0,0-0,5m) e de FUNDO (0,5-1,2m) em P9 SUP (0,0-0,5m) em P10, SUP (0,0-0,5m) e FUNDO (0,5-1,2m) em P11; e na estação P12, com grande predominância de material arenoso, foram coletadas amostras de SUP, MEIO (0,5-1,5m) e FUNDO (1,5-2m). Os resultados para metais são apresentados na Tabela 9-48. Esta área deverá ser dragada em um volume de 65.021m³. As amostras apresentaram valores ligeiramente acima do N1 para cobre, mercúrio e zinco (Tabela 9-48).

Tabela 9-48. Resultados analíticos da amostra da área A2-1.

Área	Amostra	Estação	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercúrio	Níquel	Zinco
A2-1	P9(0,0-0,5m)	P9	39,4	98,5	40,40	0,39	14,10	174,0
A2-1	P9(0,5-1,2m)	P9	43,8	92,1	38,90	0,40	12,90	169,3
A2-1	P10 (0,0-0,5m)	P10	34,8	67,1	25,90	0,30	8,02	120,3
A2-1	P11 (0,0-0,5m)	P11	30,4	79,6	26,00	0,31	7,67	140,2
A2-1	P11 (0,5-2,0m)	P11	42,3	101,7	30,60	0,43	9,21	183,4
A2-1	P12 (0,0-0,5m)	P12	2,8	13,3	6,45	< 0,013	< 2,52	14,9
A2-1	P12 (0,5-1,5m)	P12	4,4	31,4	< 5,79	< 0,013	< 2,57	25,4
A2-1	P12 (1,5-2,0m)	P12	14,8	42,0	6,27	< 0,013	< 2,50	84,7
Resolução CONAMA 454/2012		Nível 1	46,7	34	81	0,3	20,9	150
		Nível 2	218	270	370	1	51,6	410

As amostras P9, P10 e P11 SUP e FUNDO foram submetidas aos ensaios ecotoxicológicos. Os resultados em P9 mostraram efeitos nos organismos-teste com o material de SUP e sem efeitos para o material de FUNDO. Desta forma, considerou-se para o cálculo de volume de material a ser disposto confinado em geotubos apenas a camada superior desta região. Os resultados demonstraram que P10 e P11 FUNDO tiveram efeito tóxico significativo e P11 SUP sem efeito. Com base nesses dados foi realizada a interpolação de mercúrio na camada superficial. Assim, foi realizada a interpolação da camada superior (0,0-0,5m) entre as amostras P9, P10, P16, P1, P2 e P3 para estimativa de mercúrio, resultando no volume de sedimentos da A2-1 a serem confinados correspondente a **47.969m³**, aproximadamente.

Para efeito de interpolação matemática da camada de SUP, foram utilizados os dados das estações P9 a P13 e P16 (Figura 9-30). Foi determinada uma pequena área de sedimentos a serem dispostos em geotubos na região da estação P11 (prolongando-se até a estação P13), na camada superficial até 0,5m, tendo sido estimada a área em aproximadamente 13.200m² e um volume de 6.600m³ (Figura 9-30). Todavia, não há variação de concentração nesta camada, sendo apenas 0,3mg/Kg de mercúrio, ou seja, exatamente no limite de nível 1. Sugere-se verificar junto ao órgão ambiental a possibilidade de disposição deste volume de material em águas sob jurisdição nacional, através da realização de estudos complementares, durante o processo de dragagem, que indiquem que os efeitos a serem observados no ambiente serão aceitáveis, bem como indicado para a área A2-1.

Área 3-1 e A3-2

Para o cálculo da camada de fundo, que apresentou concentração relevante de mercúrio, foi realizada interpolação com os dados das estações P13, P14, P15, das áreas A3-1 e A3-2 (Figura 9-31). A estação P10 não foi utilizada neste cálculo. Nesta interpolação também foi definida uma área na região de P11, porém maior que a da camada superficial, tendo uma área de aproximadamente 41.369m^2 , sendo estimado um volume de 41.369m^3 , pois nesta camada o estrato possui 1 metro (Figura 9-31). Da mesma maneira que para a camada de superfície, sugere-se para a camada de fundo, a verificação da possibilidade de disposição deste volume de material em águas sob jurisdição nacional, através da realização de estudos complementares que indiquem que os efeitos a serem observados no ambiente serão aceitáveis.

Todavia, como as concentrações são apenas $0,1\text{mg/Kg}$ acima do nível 1 determinado pela Resolução CONAMA 454/2012, que é de $0,3\text{mg/Kg}$ e nível 2 de $1,0\text{mg/Kg}$, sugere-se que neste trecho a ser dragado sejam realizados estudos complementares durante a atividade de dragagem a fim de buscar evidências que indiquem que os efeitos a serem observados no ambiente, em caso de disposição em águas sob jurisdição nacional, serão aceitáveis.

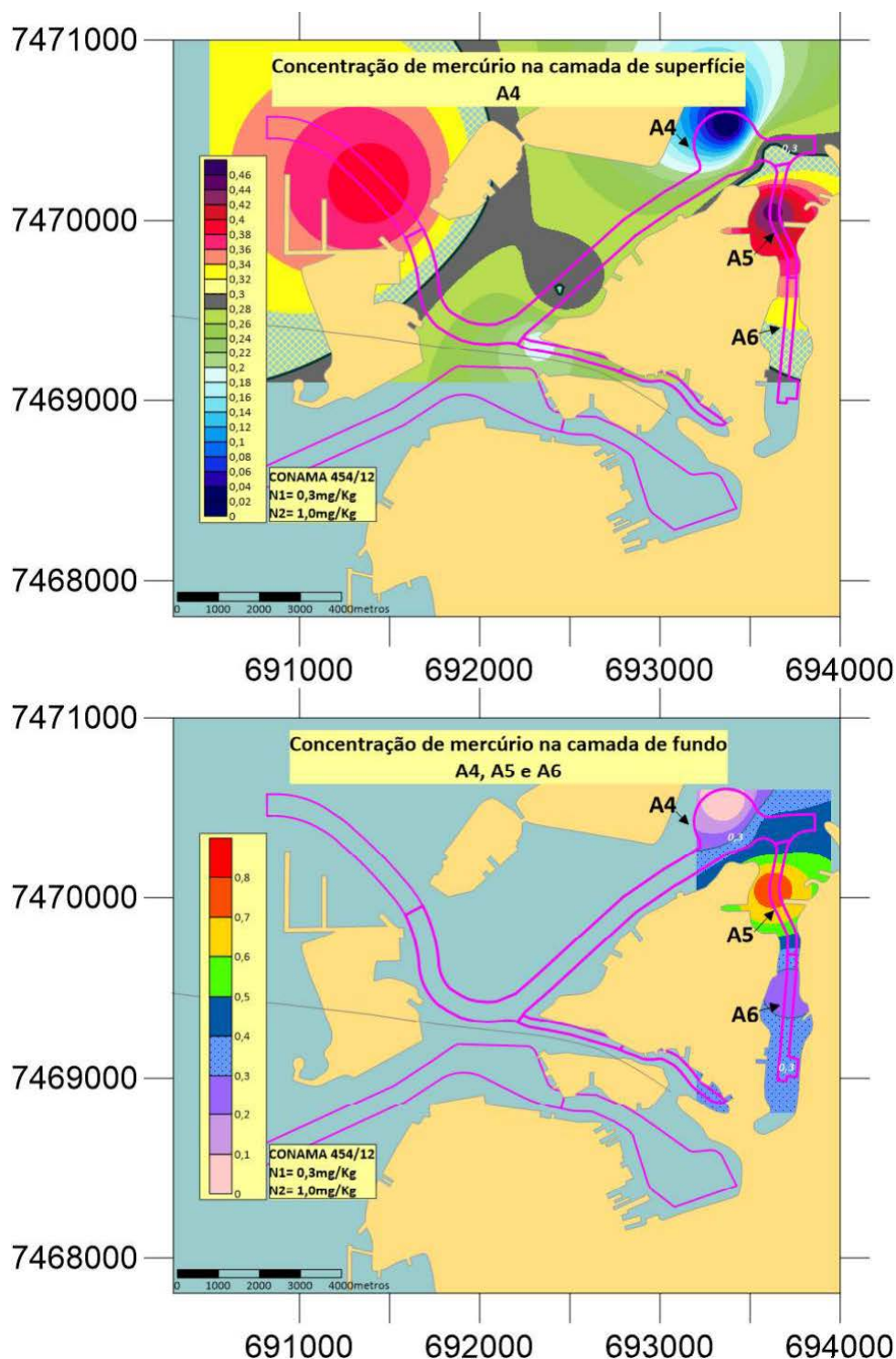


Figura 9-30. Curvas de concentração de mercúrio na camada de superfície do canal entre as áreas A3 e A4 e na camada de fundo no canal entre porção da área A2-1 e áreas A3-1 e A3-2.

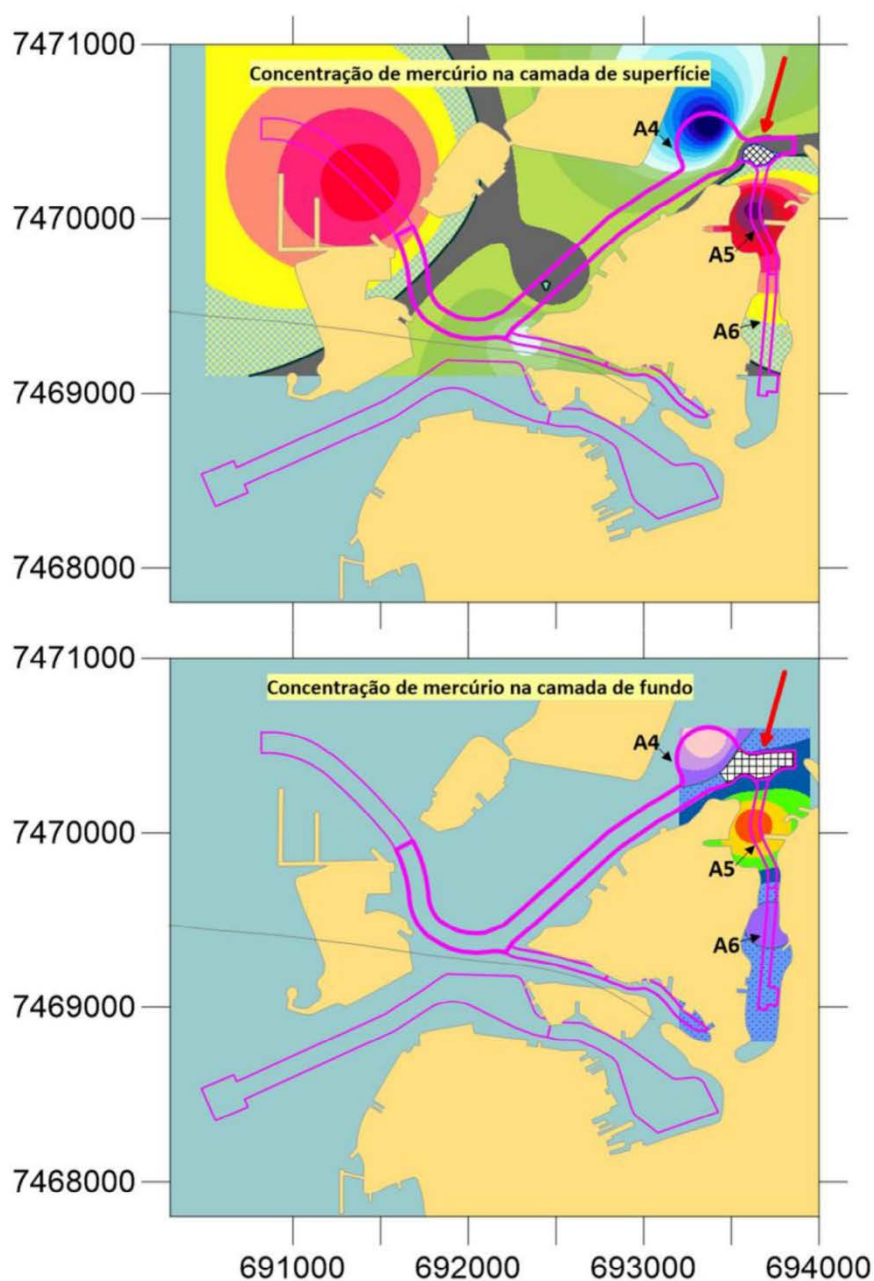


Figura 9-31. Indicação das áreas consideradas como com acúmulo de substâncias químicas (hachuradas e indicadas pela seta vermelha) nas camadas de superfície e de fundo na A2-1.

Como estão dispostas no mesmo canal, as áreas A3-1 e A3-2 foram analisadas em conjunto, inclusive em singularidade não seria possível, pois para a realização da interpolação numérica são necessários no mínimo três dados espacialmente diferentes e a A3-1 apresenta apenas uma amostra coletada em sua área. A estação P11 da área A2-1 também foi inserida nos cálculos. Os

resultados de metais para estas áreas são apresentados a seguir (Tabela 9-49).

Tabela 9-49. Resultados analíticos das amostras nas áreas A3-1 e A3-2.

Área	Amostra	Estação	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercúrio	Níquel	Zinco
A3-1	P13 (0,0-0,5m)	P13	55,5	81,9	32,6	0,45	9,06	200,4
A3-1	P13 (0,5-1,2m)	P13	78,5	63,3	93,0	0,77	24,70	279,5
A3-2	P14 (0,0-0,5m)	P14	77,0	294,0	32,9	0,42	11,90	636,2
A3-2	P14 (0,5-2,0m)	P14	73,4	162,1	35,9	0,37	8,62	346,6
A3-2	P14 (2,0-3,0m)	P14	20,1	22,5	30,5	0,10	8,69	68,1
A3-2	P15 (0,0-0,5m)	P15	35,5	39,4	25,4	0,28	7,40	123,5
A3-2	P15 (0,5-1,2m)	P15	31,4	30,9	20,9	0,26	5,81	101,6
Resolução CONAMA 454/2012	Nível 1		46,7	34	81	0,3	20,9	150
	Nível 2		218	270	370	1	51,6	410

Algumas amostras tiveram alcance de penetração até 1,2 m nas estações P13 e P15; até 1,5m na estação P12e outras até 2m nas estações P11 e P14. Foram consideradas para estas estações amostras de SUP (variando entre 0,0 e 0,5 m) e de FUNDO, tendo sido considerado o estrato de 0,5-1,5 m para a área A5. Para a área A6 a camada de fundo foi considerada até 1,2m, sendo a espessura do estrato desta camada de 0,7m (0,5 1,2m). A amostra P14 FUNDO, com profundidade de 2-3m, não foi utilizada nos cálculos, com base na taxa de sedimentação. Estas amostras foram consideradas na interpolação para chumbo e mercúrio.

Foram enviadas para teste ecotoxicológico as amostras P13(SUP e FUNDO) e P14 SUP e MEIO;as quatro amostras tiveram efeito tóxico significativo observado. Com base nos resultados destes testes foi realizada a interpolação de chumbo e mercúrio nas duas primeiras camadas analisadas - até 1,5 m, como dito (Figura 3.2.9-39 e Figura 3.2.9-40).

Os resultados para A3-1 na camada de superfície indicaram concentrações de mercúrio chegando apenas a 0,4 mg/Kg (apenas 0,1 mg/Kg acima do nível 1) e as concentrações de chumbo chegaram a 55 mg/Kg (nível 1 sendo 46,7mg/Kg). Mesmo assim foi estimado o volume de material a ser disposto em geotubos para efeitos de conhecimento, o qual correspondeu a **12.343 m³**. Sugere-se que a camada de superfície, até 0,5 m, seja disposta em água sob jurisdição nacional com a ressalva da realização de estudos complementares que indiquem se os

possíveis efeitos a serem observados no ambiente serão aceitáveis. Por sua vez, os sedimentos da camada de fundo, que totalizam **24.685 m³**, deverão ser dispostos em geotubos, em função das suas concentrações de chumbo e mercúrio.

A A3-2 apresentou duas regiões de acúmulo de substâncias químicas, a norte e a sul da estação P15, em ambas as camadas analisadas. A região desta estação (P15), portanto, foi excluída da determinação das áreas onde o material dragado será disposto em geotubos, seguindo as curvas de níveis de concentração dos metais analisados. Considerou-se as camadas de superfície e fundo como contendo acúmulo de substâncias químicas, a partir das curvas de níveis de chumbo na A6, com concentrações variando entre 46,7 e 80 mg/Kg, ao sul da estação P15. As concentrações de mercúrio nesta área chegaram a 0,4 mg/Kg na camada de superfície e somente a 0,3 mg/Kg na camada de fundo.

Foi calculado o volume de material a ser disposto em geotubos, portanto, com base nas concentrações e áreas de chumbo, para a camada de superfície (o qual correspondeu a **8.553 m³**) e de fundo (**11.674 m³**), na porção sul do canal, nas proximidades da estação P14, com áreas bem similares (**17.105m²** para superfície e **16.677m²** para fundo).

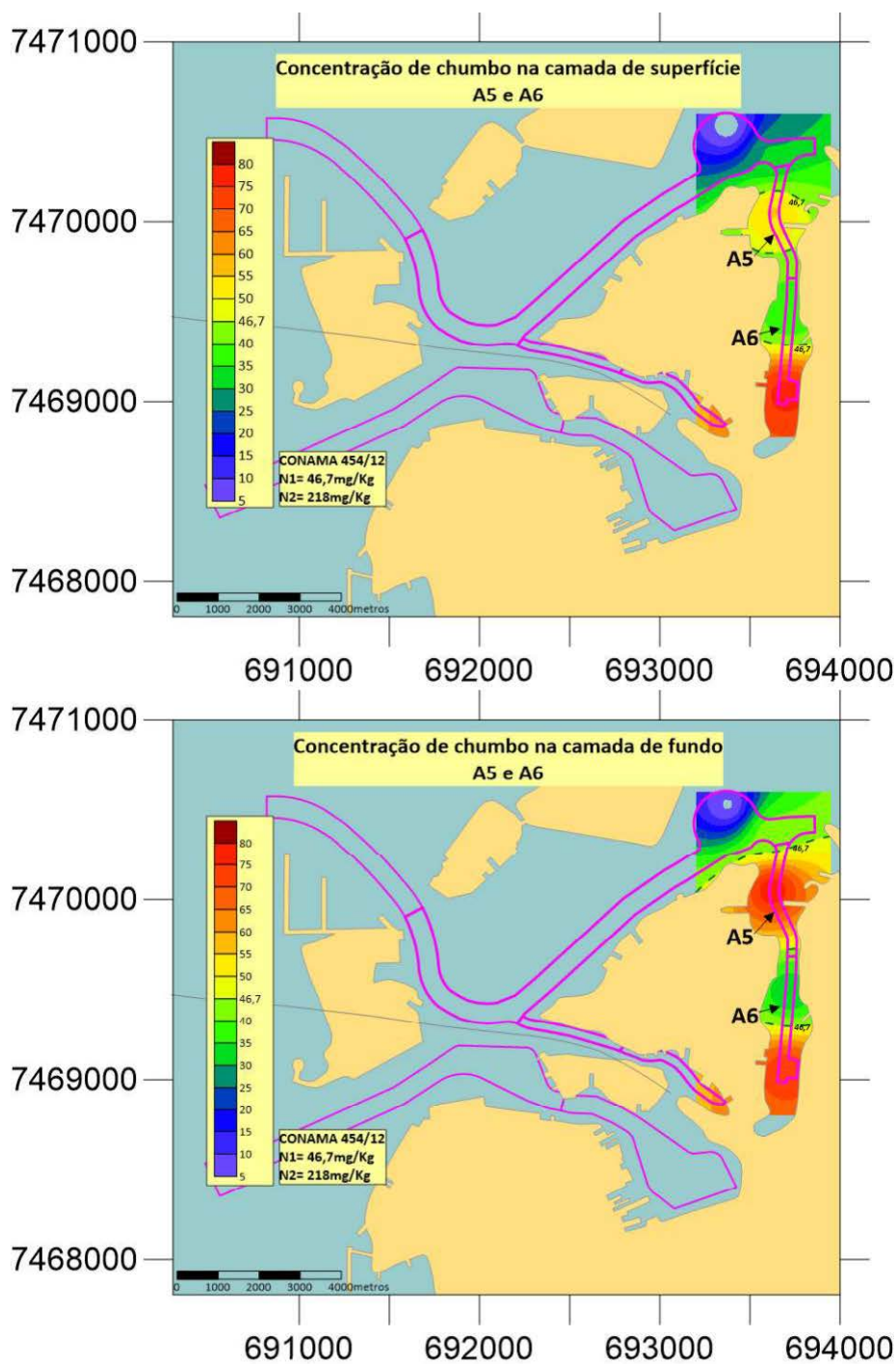


Figura 9-32. Concentrações de chumbo nas camadas de superfície e fundo nas áreas A5 e A6.

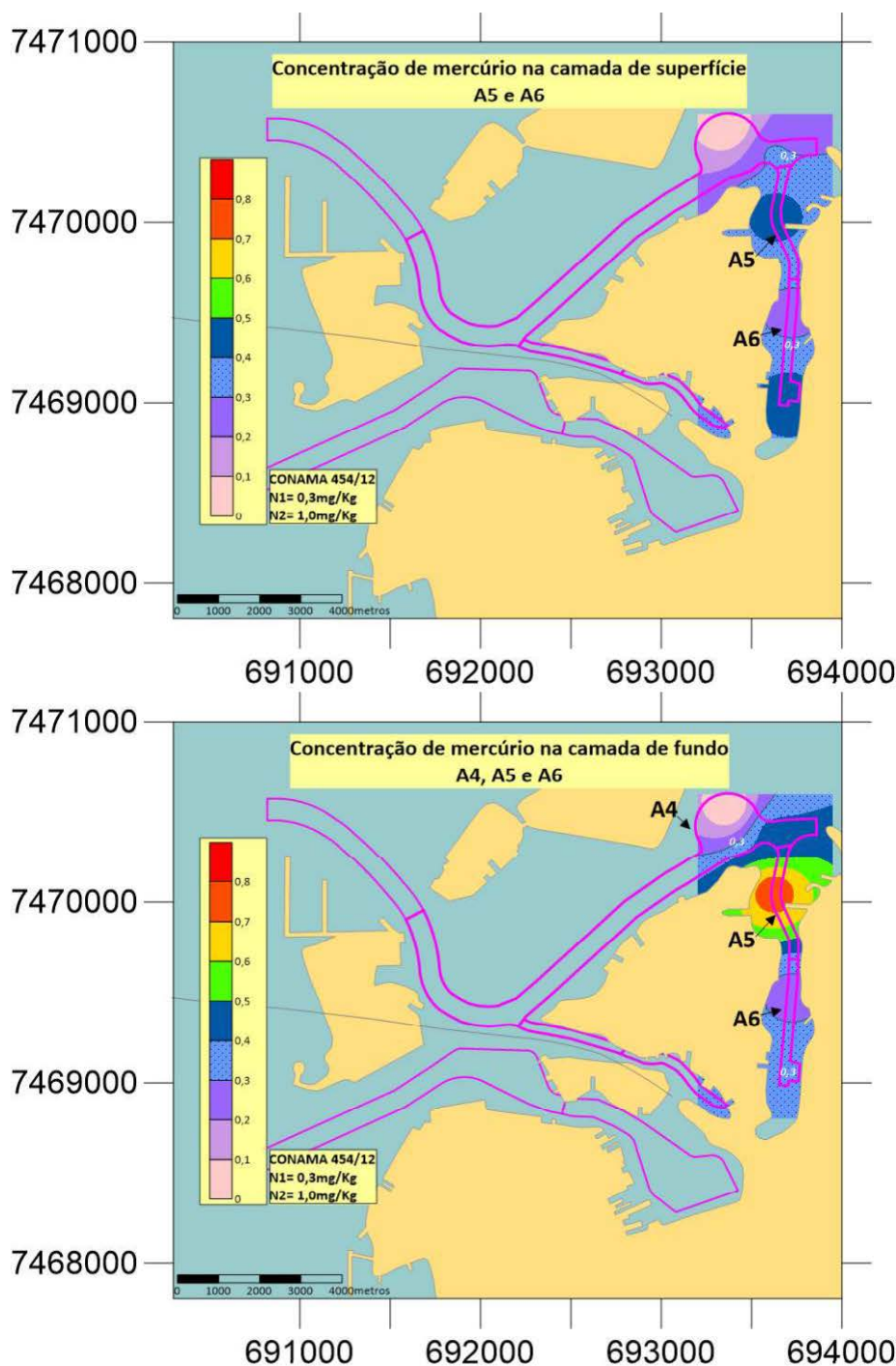


Figura 9-33. Concentrações de mercúrio nas camadas de superfície e fundo nas áreas A3-1 e A3-2.

Salienta-se que o talude do projeto de dragagem não foi considerado na estimativa do volume de material a ser disposto em geotubos.

Seguindo a Resolução do CONAMA 454/2012, tendo por base os art. 12 e art. 19 desta Resolução, foram considerados os metais chumbo e mercúrio como norteadores do cálculo da estimativa de volume de material a ser dragado e



dispostos em geotubos neste estudo, através das curvas de interpolação dos resultados analíticos com as amostras coletadas em abril de 2018.

O resultado da avaliação realizada neste estudo é sintetizado na Tabela 10-1, que ilustra o volume de material a ser disposto confinado em geotubos (estimado por área e por estrato).

10 QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES A SEREM DRAGADOS

Em função dos estudos analisados foi quantificado o volume a dragar através do software Surfer, desenvolvido pela Golden Software. As áreas de dragagem e estão ilustradas na Figura 10-1 e seus respectivos volumes, parâmetros de cálculo e distâncias de transporte de material dragado até a área de disposição autorizada estão assim discriminados na Tabela 10-1.

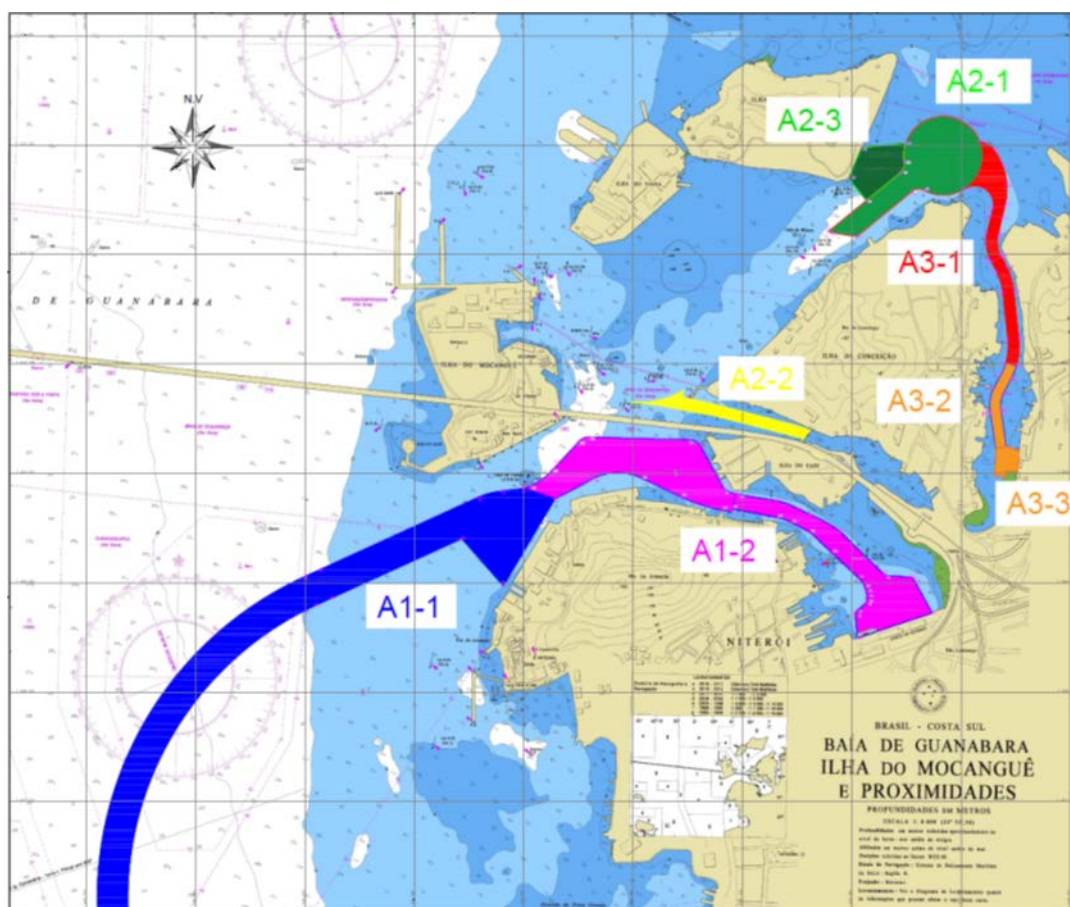


Figura 10-1. Áreas de dragagem destacadas no projeto.

Tabela 10-1. Planilha de Volumes de Dragagem

Volume de Dragagem - Descarte em Bota-Fora Oceânico (Fase1)								
Áreas	Trechos	Cota (m)	Tol. (m)	Talude	DMT (MN)	Volume Projeto (m³)	Volume Tol. (m³)	Volume Total (m³)
Área 1	A1-1	-11	0.3	01:05	15.83	77.09	22.868	99.957
	A1-2	-9	0.3	01:03	16.71	271.873	59.681	331.554
Área 2	A2-1	-9	0.3	01:05	18.76	275.926	27.981	303.907
	A2-2	-8	0.3	01:05	18.20	40.962	18.443	59.405
	A2-3	-8.5	0.3	01:05	18.86	89.068	8.638	97.706
Área 3	A3-1	-8.5	0.3	01:05	19.17	295.172	33.454	328.626
	A3-2	-6.5	0.3	01:05	19.60	71.244	7.492	78.736
	A3-3	-3.5	0.5	01:05	19.75	29.904	8.24	38.144
Total Não Contaminado						1.151.239	186.797	1.338.035
Volume de sedimento contaminados								
Áreas	Trechos	Cota (m)	Tol. (m)	Talude	DMT (MN)	Volume Projeto (m³)	Volume Tol. (m³)	Volume Total (m³)
Área 1	A1-2	1.5	-	01:05	1,68	208.265	42.366,69	250.632
Área 2		1.5	-	01:05	0,37	-	-	29.400
Área 3	A3-1	1.5	-	01:05	0,53	12.343	-	37.028
						24.685		
	A3-3	01:05	-	01:05	0,76	11.674	-	20.227
						8.553		
Total Contaminado						421.254	-	337.287

As alturas de corte de material foram calculadas, considerando a diferença vertical entre a profundidade atual do leito e a profundidade de projeto em cada nó da malha do modelo digital do terreno gerada pela interpolação dos dados batimétrico.

11 ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS A SEREM UTILIZADOS E METODOLOGIA EXECUTIVA

11.1 Materiais com Disposição em Bota-Fora Oceânico Ponto F

Os materiais não contaminados passíveis de serem dispostos em bota-fora oceânico, deverão ser transportados e lançados no ponto F, com o raio de 1 milha náutica centralizada no ponto de coordenadas Lat: 23° 06' 56.79" S e Long: 43° 03' 52.42" O (WGS-84) na região oceânica em frente à baía de Guanabara, bota-fora licenciado pelo INEA (Figura 11-1).

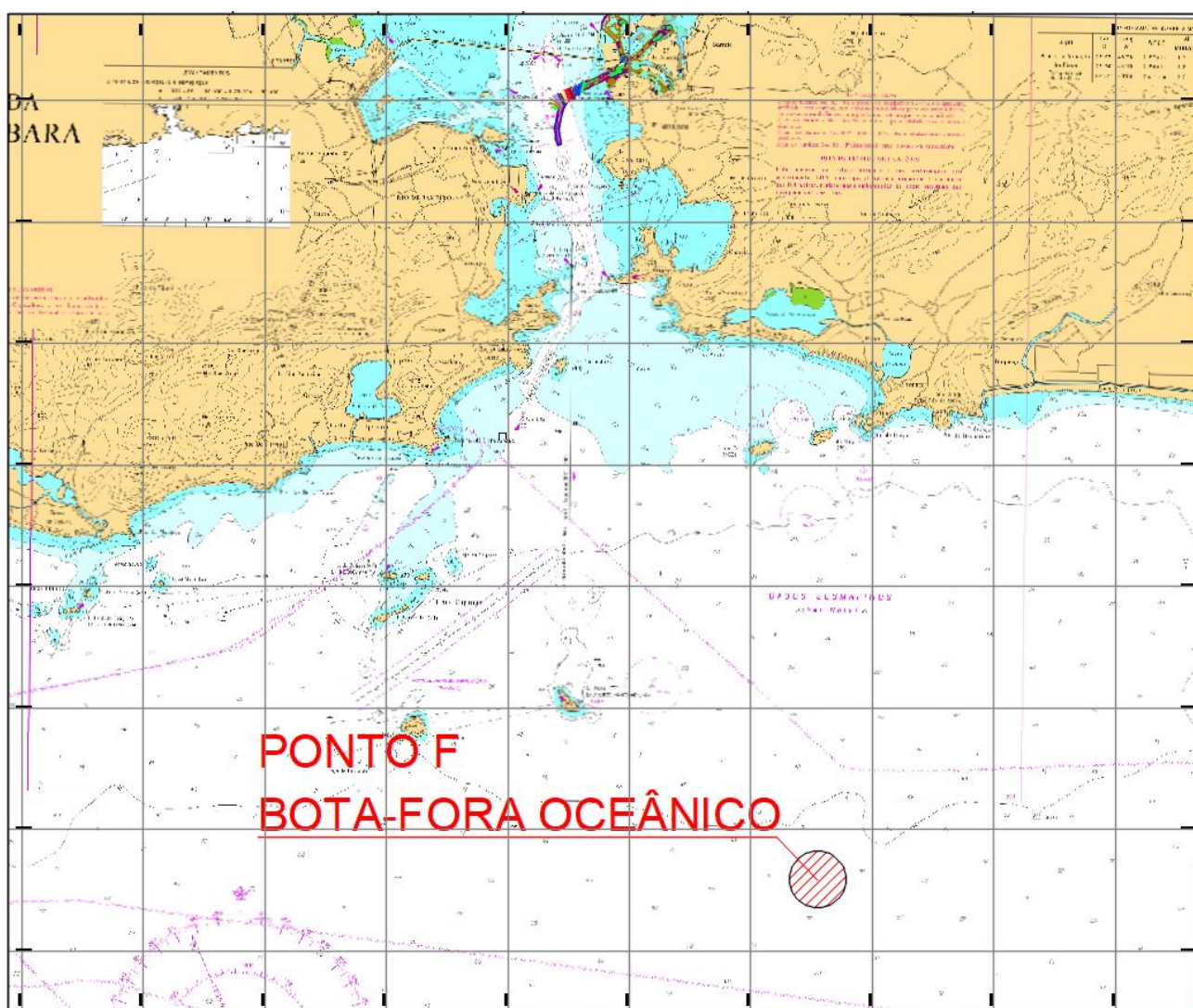


Figura 11-1. Localização do Bota-Fora Oceânico Ponto F

Sugere-se a utilização dos seguintes equipamentos de dragagem:

DRAGA AUTOTRANSSPORTADORA – AT 7.700 m³

A Draga Autotransportadora executará seus serviços nas áreas: A1-1, A1-2, A2-1 com volume total estimado em 735.418m³.

Características

Capacidade nominal da cisterna: 7.700 m³

Velocidade média de transporte: 11 MN/h

Potência total instalada: 14.684 HP

De acordo com as características e derrocagem:

DRAGA BACKHOE (retroescavadeira) + 2 BATELÕES DE CARGA AUTOPROPULSADOS

A Draga Backhoe executará seus serviços nas áreas: A2-2 e A2-3, com volume total estimado em 157.111 m³.

Características (Dragas Backhoe)

Capacidade nominal da caçamba: 11 m³

Potência total instalada: 900 kW

Características (2 Batelões de Carga Autopropulsado)

Capacidade nominal da cisterna: 1000 m³.

Velocidade média de transporte: 9 MN/h

Potência total instalada: 1006 HP

DRAGA CLAMSHELL + 2 BATELÕES

A Draga Clamshell executará seus serviços nas áreas: A3-1, A3-2 e A3-3, com volume total estimado em 445.506 m³.

Características (Draga Clamshell)

Capacidade nominal da caçamba: 6 m³

Potência de escavação: 280 kW

Características (2 Batelões)

Capacidade nominal da cisterna: 600 m³.

Velocidade média de navegação: 9 MN/h

Potência total instalada: 550 HP

11.1.1 Dragas Autotransportadoras

Dragas Autotransportadoras (Hopper) são navios autopropelidos que dispõem de uma cisterna para armazenamento do material dragado no interior dos seus cascos e são usados principalmente para dragar materiais soltos, como areia, argila ou cascalho. A capacidade das dragas autopropelidas é medida pelo volume que comporta sua cisterna, atingindo valores desde 1.000 à 44.000 m³ (Figura 11-2).

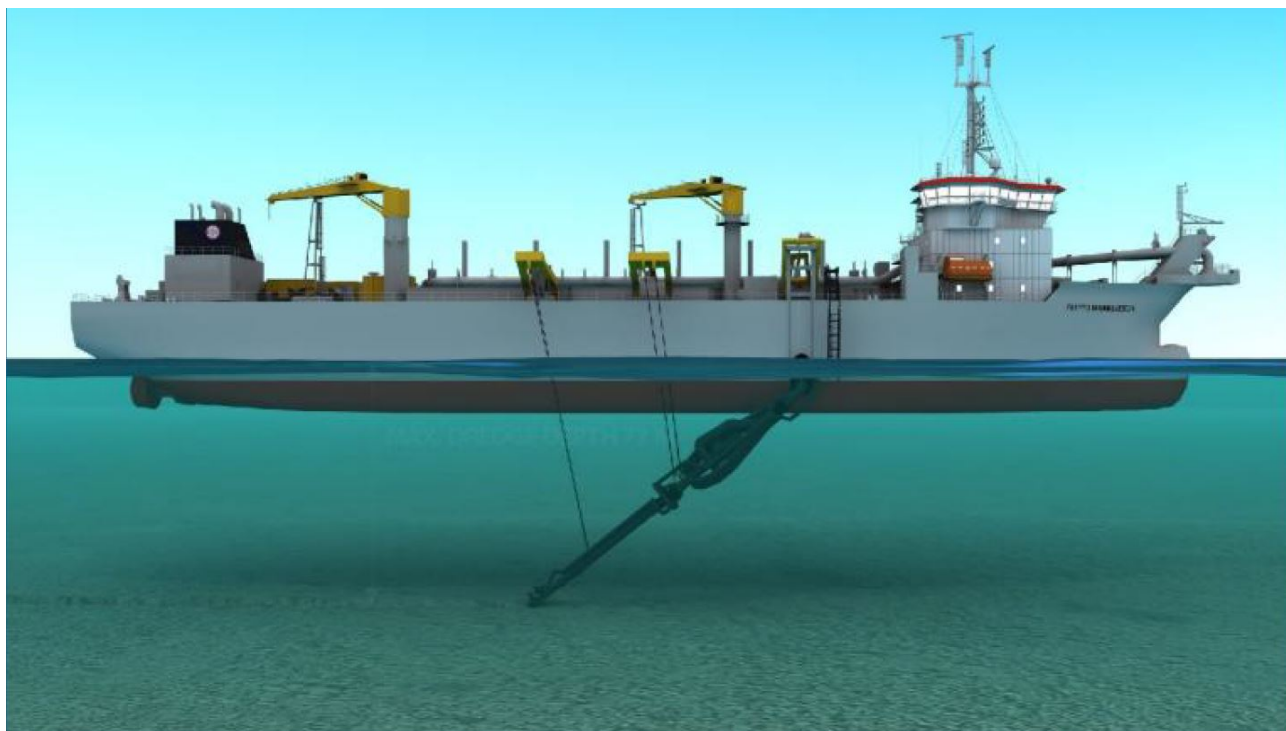


Figura 11-2. Draga Autotransportadora em operação

São dragas hidráulicas dotadas de um ou dois braços laterais compostos de tubos de sucção conectados em cabeças de arrasto. Em operação os tubos de sucção são abaixados e as cabeças de arrasto são "arrastadas" sobre o fundo do mar, sugando o material conforme o navio se move lentamente para frente.

O trabalho da cabeça de arrasto é escavar o material do fundo do mar e misturar esse material com água para criar lama. A cabeça de arrasto é o primeiro local de 'toque' para contato com o solo. Em geral, a força que faz com que as pontas da cabeça de arrasto penetrem no solo é o peso da cabeça de arrasto e do tubo

de sucção. Ao dragar solos duros, no entanto, se esse peso não for suficiente, a cabeça de arrasto não penetrará o suficiente e se arrastará no topo da superfície sem cortar o solo. Isso resulta em uma baixa densidade de mistura que diminui a produção da draga de tremonha. Quanto maior for a densidade da mistura criada pela cabeça de arrasto, melhor será o desempenho.

Por meio de um sistema de bomba, a mistura de areia / água, chamada lama, é bombeado para cima através dos tubos de sucção até a cisterna do navio. Após estar totalmente carregado, o navio dirige-se à área de descarte, onde o material dragado é descarregado mediante abrir as comportas no fundo do navio. Alternativamente, o material dragado pode ser bombeado através de tubulação flutuante e depositado em terra.

O material dragado é uma mistura de água e sólidos. Uma vez que o objetivo final do TSHD é coletar os sedimentos, água extra deve ser separada e lançada de volta ao mar. A parte sólida e arenosa da lama irá sedimentar na cisterna, mas precisa de tempo para que esse processo ocorra. Um sistema de transbordamento fornece os meios para separar os sólidos e a água, reduzindo a turbulência da mistura e permitindo tempo suficiente para que a parte sólida (areia, cascalho) assente no fundo. Em seguida, a água se separa e esse excesso é drenado para o mar através do sistema de overflow, como mostra a Figura 11-3.

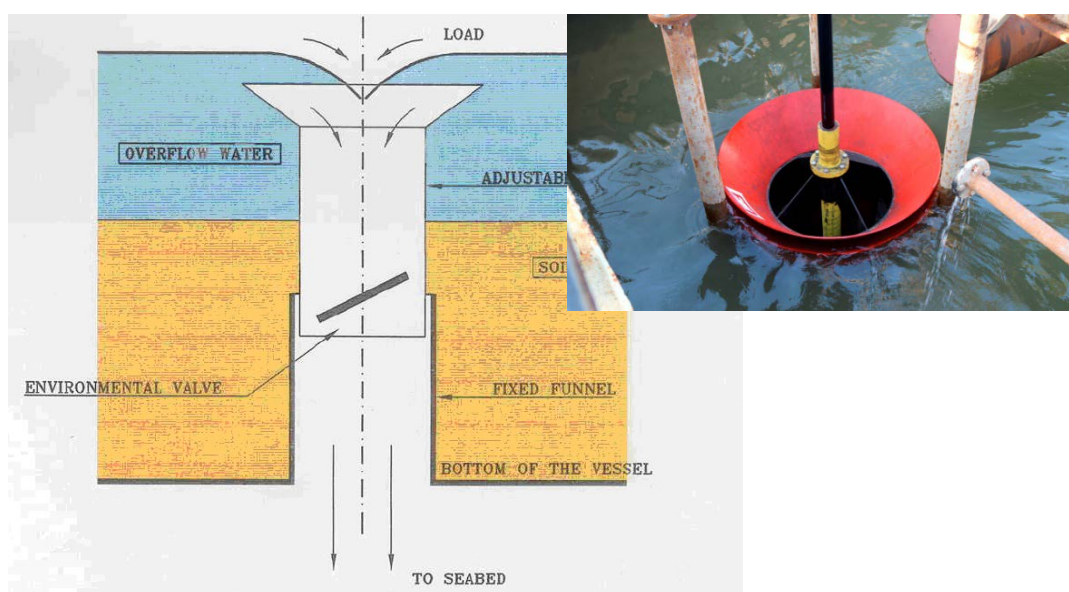




Figura 11-3. Ilustração da operação de um sistema de overflow

As dragas Autotransportadoras podem ser utilizadas para um grande número de operações, pois estão entre as plantas de dragagem mais flexíveis disponíveis. Essa flexibilidade é evidente nos tipos de material que eles podem dragar, onde esse material pode ser colocado e onde eles podem trabalhar. Por exemplo, eles podem dragar areias, argilas, silte ou cascalho e hoje em dia até alguns tipos de rocha. Eles podem trabalhar em águas calmas e protegidas ou em águas mais turbulentas, como em canais de entrada ou no mar distante, onde o clima e as ondas podem ser mais ativos. Ao contrário das embarcações estacionárias, os TSHDs podem trabalhar em portos movimentados porque não têm âncoras ou cabos e são autopropelidos para que possam se mover livremente. Além disso, eles podem trabalhar em grandes profundidades ou em áreas rasas. As embarcações maiores têm a vantagem econômica de poder dragar materiais em locais de empréstimo a uma grande distância da área de recuperação. Eles têm taxas de produção relativamente altas, embora possam variar dependendo do tipo de material, da profundidade do fundo do mar e das condições climáticas.

11.1.2 Dragas Backhoe

Nas áreas onde as dragas de sucção e arrasto tem dificuldades para manobrar e para se posicionar, uma draga estacionaria é boa alternativa.

Uma draga tipo backhoe é uma draga estacionaria constituída principalmente de uma escavadeira montada acima de uma balsa. Dragas estacionarias operam principalmente em conjunto com um ou mais batelões para o descarte dos materiais dragados. A Figura 11-4 mostra a apresentação geral de uma draga tipo backhoe em operação.

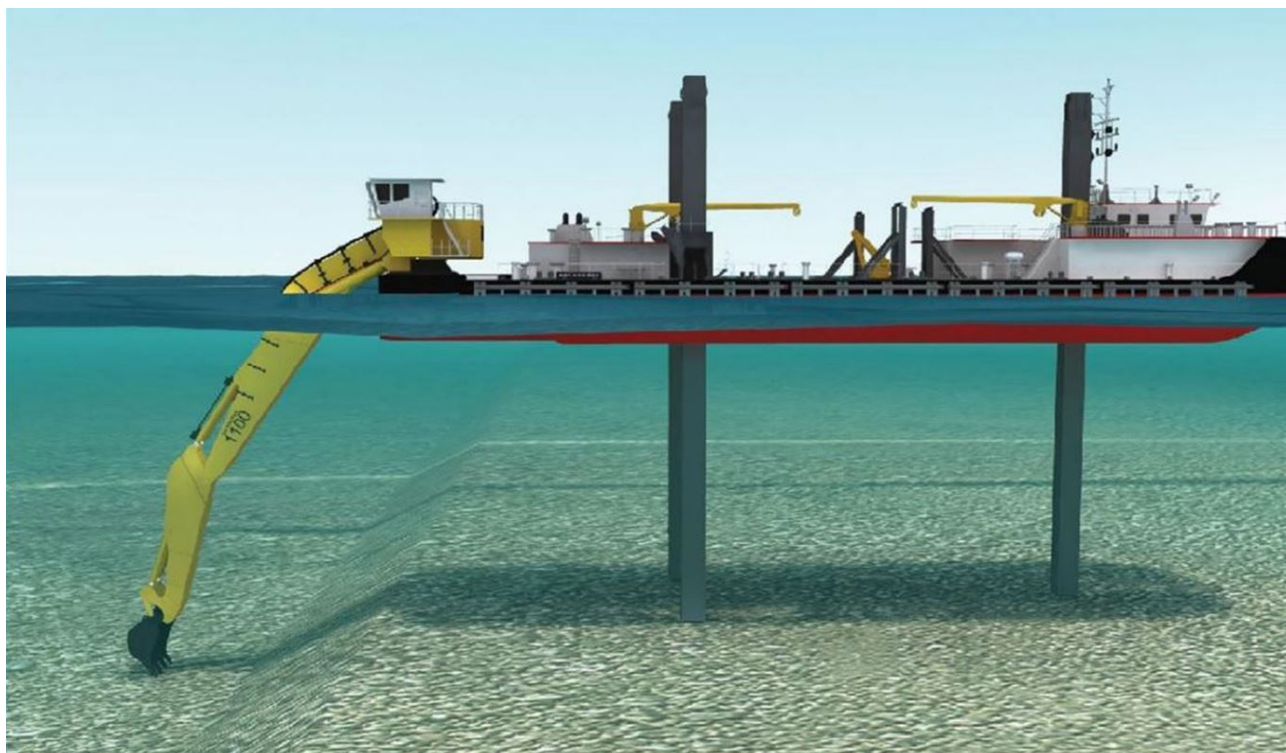


Figura 11-4. Draga tipo backhoe em operação

O pontão das dragas backhoe tem dimensões típicas entre 20 e 60 metros de comprimento e entre 8 e 20 metros de largura, dependendo do porte da draga. O calado varia entre 1 e 4 metros.

Para manter a posição durante operações de dragagem, as dragas são equipadas com um sistema de estacas ou spuds.

Um sistema com spuds consiste de duas ou mais estacas que tem como função ancorar o pontão. As estacas podem ser içadas através da própria escavadeira ou através de um sistema com guinchos, dependendo do porte da draga.

A draga backhoe irá trabalhar em conjunto com 2 batelões, que receberão o material escavado pela draga na sua cisterna e transportarão até a área do bota-fora oceânico no Ponto F.

11.2 Materiais com Disposição em Geotubos

Para os materiais considerados não passíveis de disposição oceânica, conforme a Resolução CONAMA nº 454/12, o descarte do material será feito em

recipientes de geotêxteis, também conhecidos como geotubos. Os materiais serão confinados em área selecionada nas proximidades do Porto de Niterói, Área A1-2. A Área deverá ser previamente preparada com a instalação de cerca de 450 m de estacas pranchas, com comprimento variando entre 11 e 15, para garantir o confinamento e estabilidade dos geotubos.

A Figura 11-5 mostra o contorno definido para a área de instalação dos geotubos e disposição do material e as coordenadas limítrofes encontram-se na Tabela 11-1.

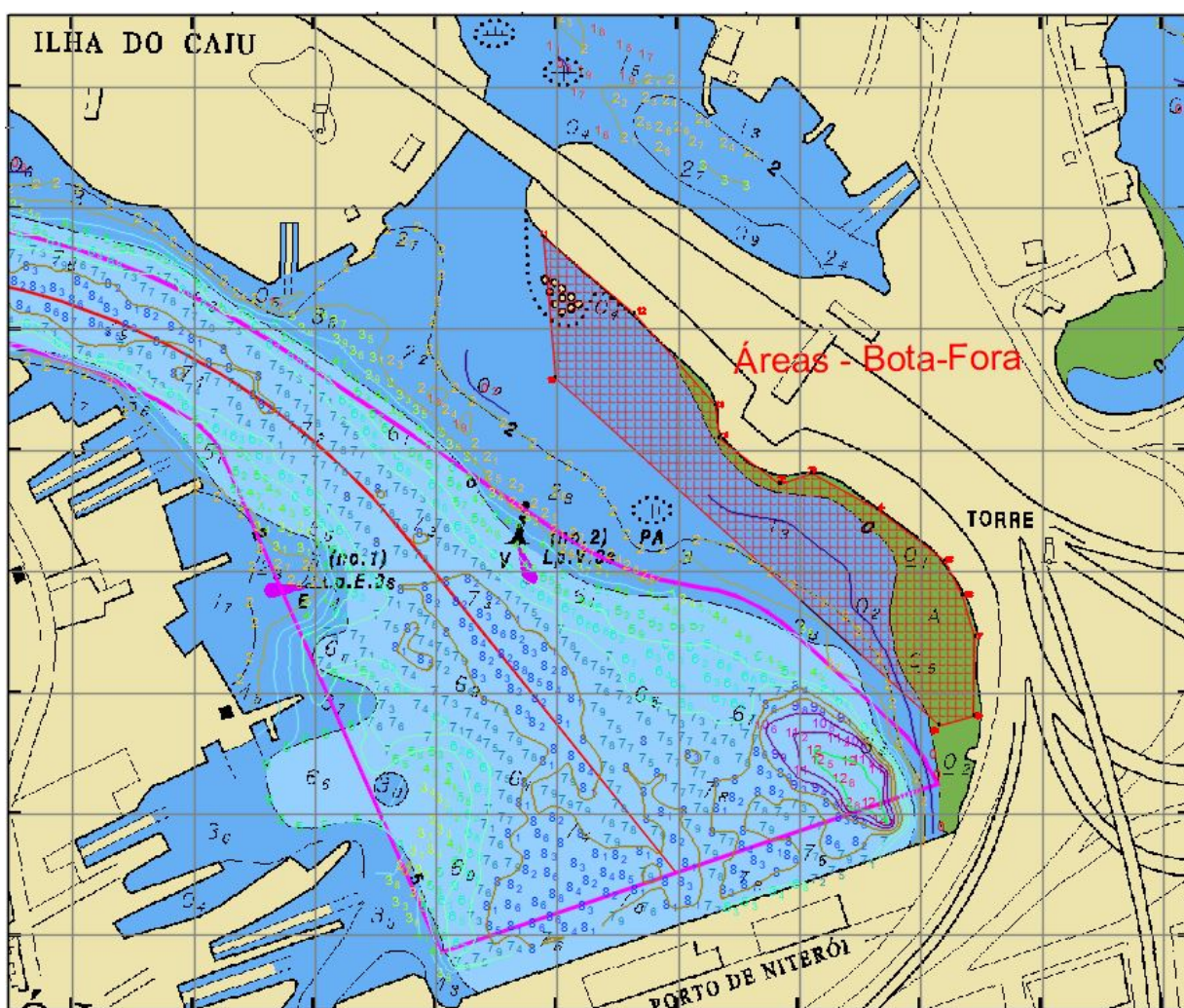


Figura 11-5. Layout da área de disposição dos geotubos

Tabela 11-1. Coordenadas da área de Bota-Fora em Geotubos

Áreas Geotubos	Coordenadas				
	Pontos	UTM		Geográficas	
		E	N	Lat	Long
Área 1	1	693233.2	7468710	22° 52' 42.1146" S	43° 06' 58.9693" W

2	693283.4	7468672	22° 52' 43.3158" S	43° 06' 57.1915" W
3	693309.6	7468681	22° 52' 43.0221" S	43° 06' 56.2764" W
4	693363.7	7468652	22° 52' 43.9585" S	43° 06' 54.3654" W
5	693419.3	7468609	22° 52' 45.3265" S	43° 06' 52.3959" W
6	693434	7468580	22° 52' 46.2402" S	43° 06' 51.8675" W
7	693444.1	7468546	22° 52' 47.3476" S	43° 06' 51.4979" W
8	693443.1	7468481	22° 52' 49.4673" S	43° 06' 51.5037" W
9	693414.7	7468473	22° 52' 49.7358" S	43° 06' 52.4963" W
10	693098.9	7468760	22° 52' 40.5582" S	43° 07' 03.7025" W
11	693088.5	7468876	22° 52' 36.7791" S	43° 07' 04.1194" W
12	693163.8	7468812	22° 52' 38.8118" S	43° 07' 01.4496" W
13	693230.5	7468737	22° 52' 41.2348" S	43° 06' 59.0761" W
14	693233.2	7468710	22° 52' 42.1146" S	43° 06' 58.9693" W

Sugere-se a utilização dos seguintes equipamentos de dragagem:

DRAGA DE SUCÇÃO E RECALQUE 12"

A Draga de Sucção e Recalque executará seus serviços nas áreas: A1-2 nos trecho com material contaminado com volume total estimado em 250.632 m³.

Características

Diâmetro da tubulação de sucção: 12"

Potência total instalada: 400 Kw em média

A draga de sucção e recalque irá trabalhar em conjunto com estação de tratamento com polímero que será montada sobre balsas posicionadas em área próxima aos Geobags.

DRAGA BACKHOE (retroescavadeira) + 2 BATELÕES DE CARGA AUTOPROPULSADOS

A Draga Backhoe executará seus serviços nas áreas: A2-1, A3-1 e A3-3 com volume total estimado em 86.655m³.

Características (Dragas Backhoe)

Capacidade nominal da caçamba: 11 m³

Potência total instalada: 900 kW

Características (2 Batelões de Carga Autopropulsado)

Capacidade nominal da cisterna: 700 m³.

Velocidade média de transporte: 9 MN/h

Potência total instalada: 1006 kW

11.2.1 Draga de Sucção e Recalque

A Draga de Sucção e Recalque é uma draga estacionária que possui um dispositivo de corte chamado desagregador, que escava e remexe o solo antes do material ser sugado através da bomba de dragagem. A Figura 11-6 apresenta um desenho esquemático da draga de sucção e recalque.

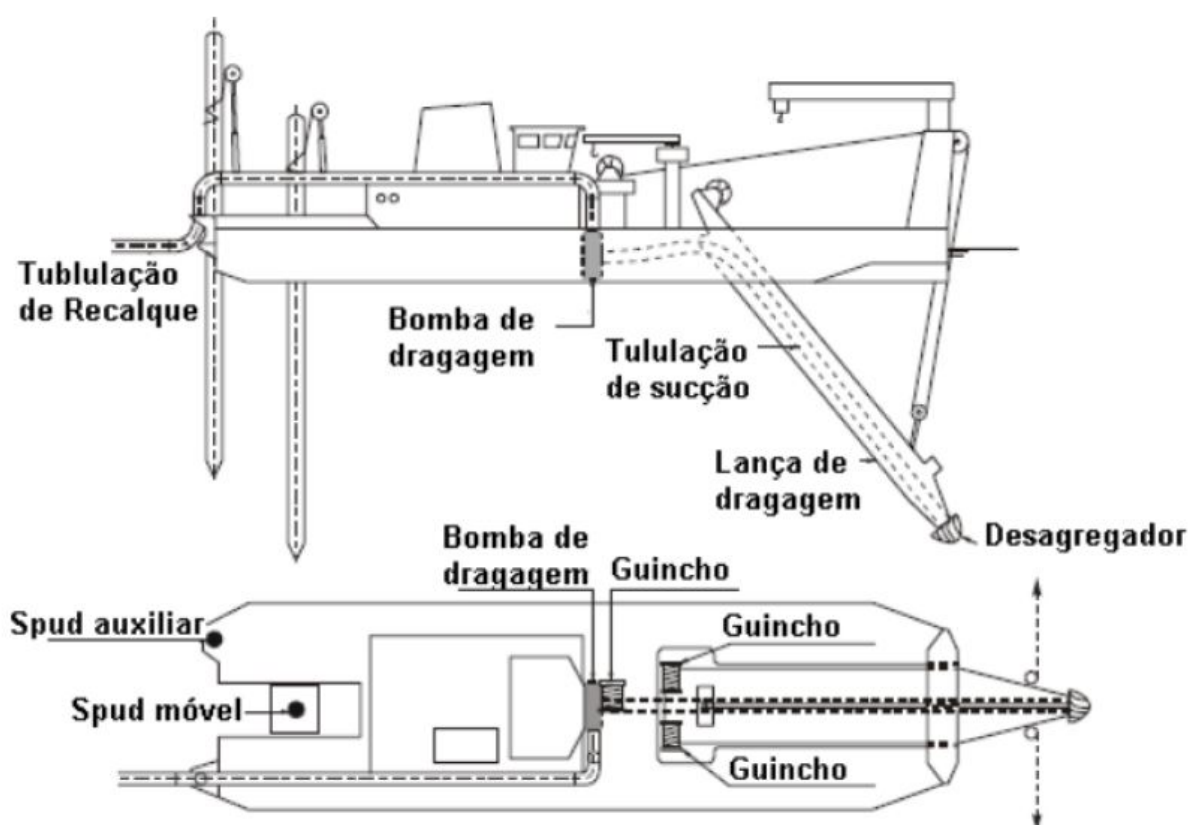


Figura 11-6. Desenho esquemático de uma draga de sucção e recalque

As dragas de sucção e recalque contam com estacas (spuds) para posicionamento, o que confere mais precisão à dragagem. Com a cravação da estaca no assoalho marinho, a dragagem pode ocorrer em semicírculos em torno do ponto de fixação.

O desagregador (elétrico ou hidráulico) promove o corte do solo marinho, facilitando sua remoção. Ele está localizado na extremidade da lança de dragagem, junto com a tubulação de sucção. A profundidade da dragagem varia de acordo com o porte do equipamento, e pode chegar a 30 metros. O transporte

do material dragado até o local de descarte é realizado através da tubulação de recalque, com extensão que varia de acordo com a granulometria do material e o desnível a ser superado. Para grandes distâncias ou desníveis significativos, pode ser necessária a inclusão de um sistema de bombeamento intermediário, o que incrementa a complexidade e o custo da operação.

No caso em tela, a draga de sucção e recalque irá trabalhar na região próxima à área de disposição em geotubos e fará o bombeamento do material diretamente para a estação de tratamento com polímero que fará a distribuição do material transportado para os geotubos através da manobra de manifolds.

A Figura 11-7 apresenta o fluxograma de trabalho para a draga de sucção e recalque.

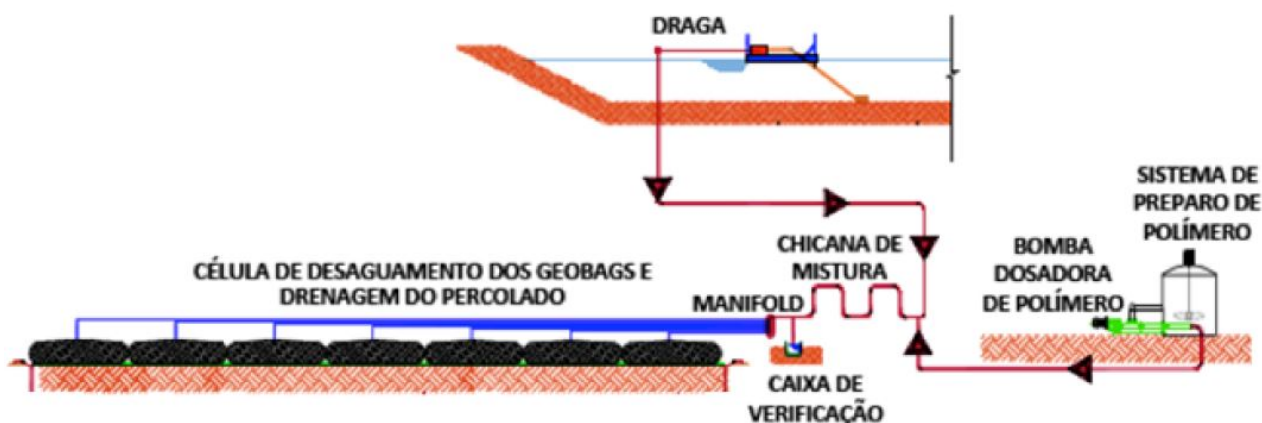


Figura 11-7. Fluxograma de trabalho para a draga de sucção e recalque

11.2.2 Dragagem Backhoe

Conforma descrito no item 11.1.2, acima, a draga backhoe lançará os materiais escavados nos batelões autopropelidos que transportarão o material até a balsa de tratamento de polímero e fará o bombeamento do material para a estação de polímero, que fará a distribuição para os geotubos através de operação de manifold.

A Figura 11-8 mostra o fluxograma de trabalho pra disposição do material através dos batelões.

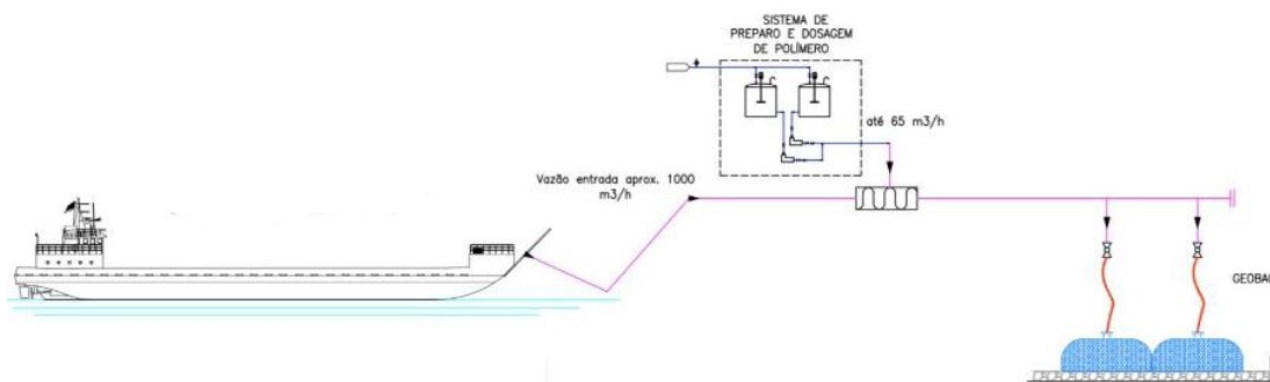


Figura 11-8. Fluxograma de trabalho pra disposição do material através dos batelões

11.2.3 Estação de polímero e enchimento dos geotubos

A tecnologia de bags consiste na utilização de geotubos confeccionados com tecido de polipropileno de alta tenacidade, capaz de suportar altas pressões internas sem perder seu índice de permissividade.

Nesses casos, o lodo é bombeado para o interior dos sacos confeccionados com geotêxtil de alta resistência. Como em um filtro, os sólidos ficam retidos no interior da bolsa, enquanto a água é continuamente removida através dos poros do tecido. Adicionalmente, para melhorar a qualidade da água percolada podem ser acrescidos produtos químicos, como coagulantes e/ou floculantes.

Para garantir a eficiência no desagüe dos sedimentos, será utilizado polímero floculante para separação da fração sólida da líquida presente no sedimento. O polímero em pó diluído em água e preparado em tanques com agitadores. A dosagem da solução será através de bomba helicoidal.

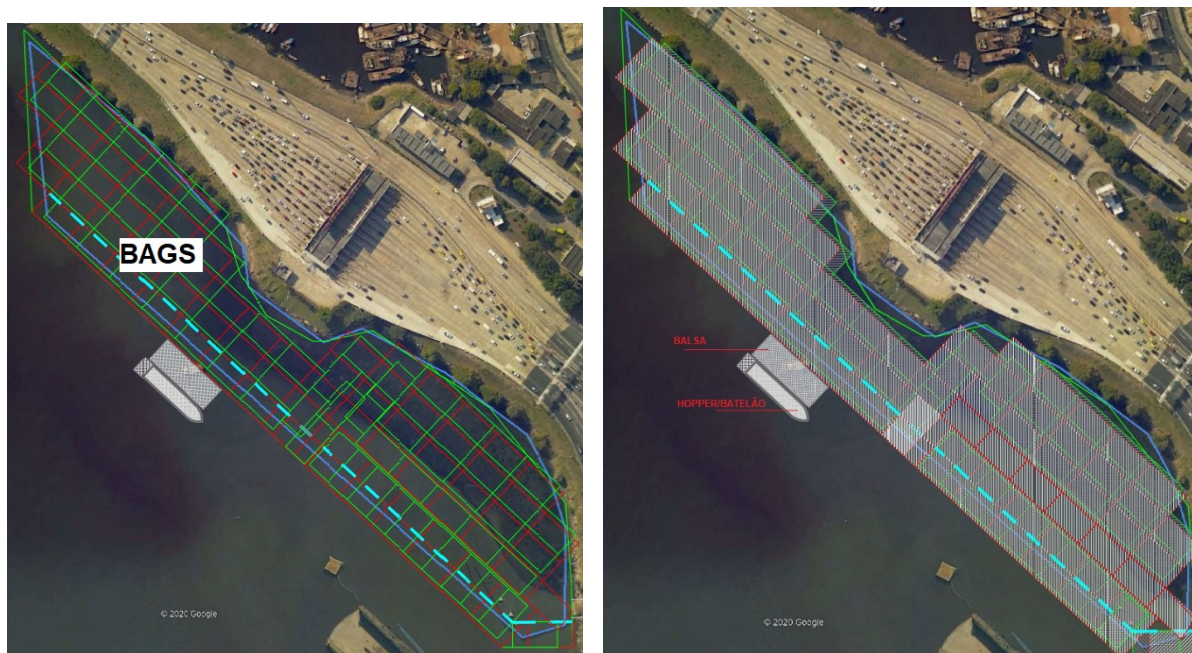


Figura 11-9. Layout da área de disposição de geobags e estação de tratamento de polímeros.

Todos os serviços a serem executados, deverão garantir a plena funcionalidade operacional das empresas que margeiam ou sejam limítrofes às áreas dragadas, portanto deverão apresentar fases, interfaces e cronogramas com aquelas empresas e sua concordância.

Para garantia do acondicionamento seguro a perene dos “Geobags” na área determinada no edital, deverão os licitantes demonstrar em memorial descritivo:

- a) Estudo de engenharia com as soluções possíveis para aquele acondicionamento perene.
- b) Projeto executivo para aquela contenção, e sua estabilidade ao longo do tempo.
- c) Projeto executivo para a canalização do extravasor existente junto ao canto esquerdo do Porto de Niterói, no vértice do ângulo de acondicionamento dos “Geobags”. O extravasor em questão é oriundo da junção de três riachos da bacia hidrográfica da cidade.



- d) A canalização deverá garantir a fluidez do extravasor, para além dos limites da bacia de evolução do porto, evitando seu assoreamento.

Os serviços de dragagem do material contaminado deverão observar além das condicionantes ambientais:

- a) Sinalização Náutica
- b) Monitoramento Ambiental
- Plano de amostragem e monitoramento ambiental.
 - Amostragem e monitoramento de água.
 - Amostragem e monitoramento de biota.
 - Amostragem e monitoramento de bioacumulação.
 - Monitoramento de cetáceos e quelônios.
 - Relatório Final.
- c) Serviços de Mergulho



12 PRAZO DOS SERVIÇOS E CRONOGRAMA

Os serviços de dragagem do material não contaminado terão o prazo total de aproximadamente 207 dias e de aproximadamente 337 dias para material contaminado, conforme estabelecido no Cronograma Físico apresentado abaixo na Figura 12-1.

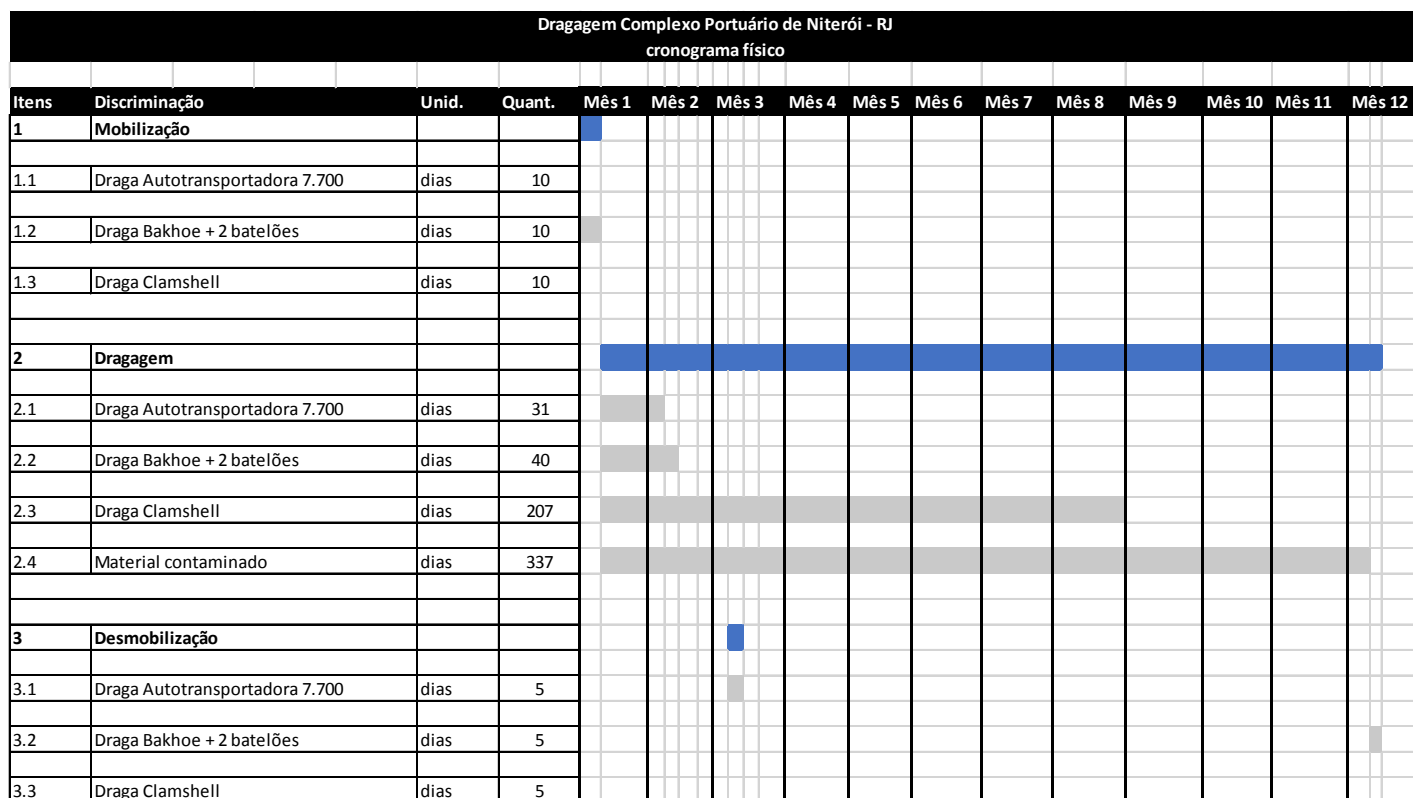
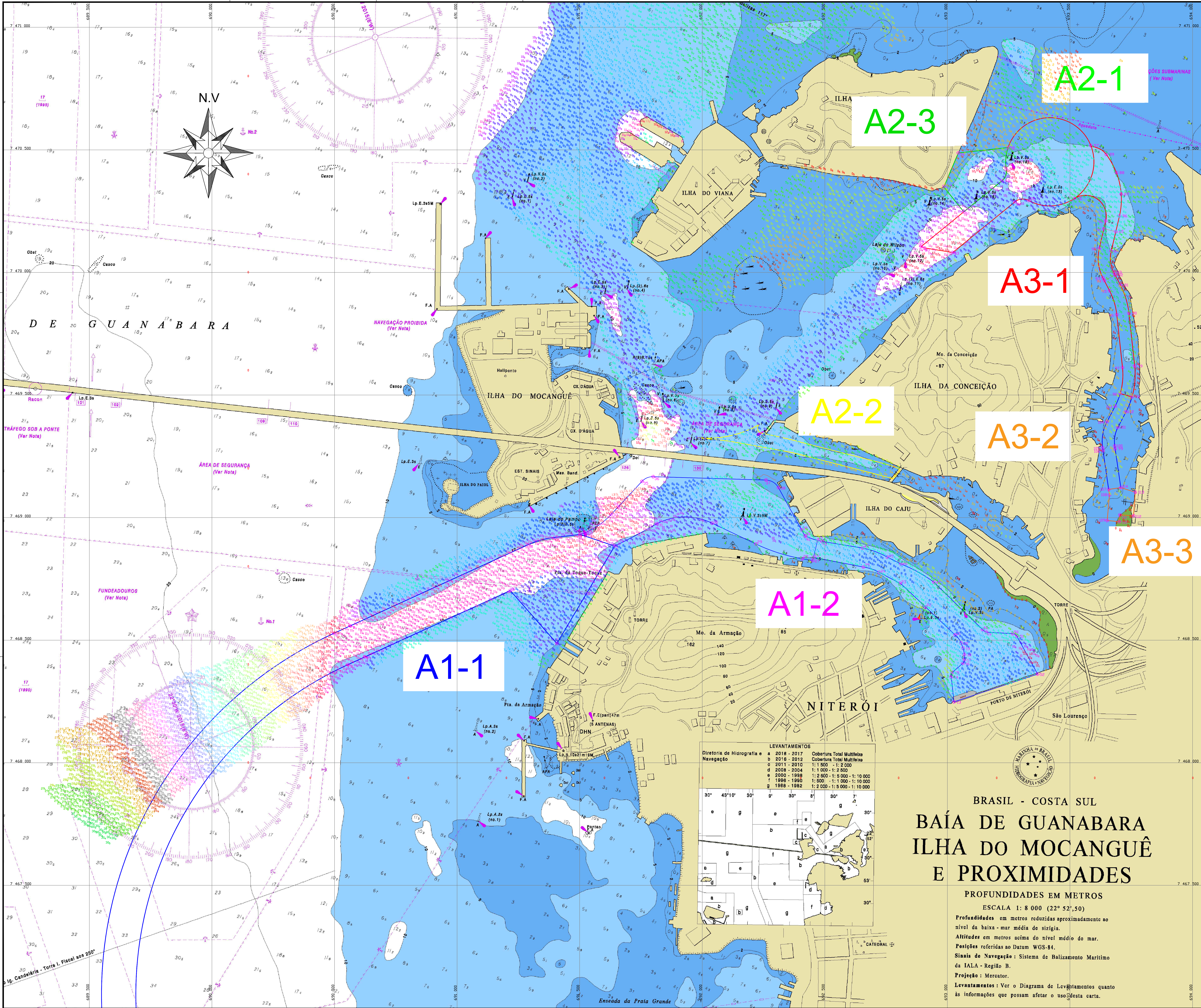


Figura 12-1. Cronograma físico da obra.



ANEXO

PLANTAS



LEGENDA

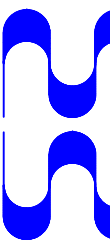
VERTICES	PONTOS DE INFLExÃO				
	COORDENADAS - DATUM WGS-84		E	UTM	N
	Lat	Long			
ÁREA A1-1					
1	-22° 52' 37.11955" S	-43° 07' 54.83103" W	691 642,91	7 468 883,83	
2	-22° 52' 37.11955" S	-43° 07' 54.83103" W	691 642,91	7 468 883,83	
3	-22° 52' 43.19352" S	-43° 08' 09.8057" W	691 216,99	7 468 702,35	
4	-22° 52' 52.25085" S	-43° 08' 30.41361" W	690 622,81	7 468 431,20	
5	-22° 52' 53.26208" S	-43° 08' 32.70693" W	690 555,08	7 468 400,33	
6	-22° 52' 53.26208" S	-43° 08' 50.96708" W	690 186,94	7 468 576,94	
7	-22° 52' 54.38088" S	-43° 09' 04.19657" W	689 535,91	7 469 531,85	
8	-22° 52' 49.16006" S	-43° 08' 54.71779" W	690 496,94	7 468 527,69	
9	-22° 52' 48.13484" S	-43° 08' 32.50679" W	690 564,69	7 468 558,57	
10	-22° 52' 37.06038" S	-43° 08' 32.50679" W	691 288,63	7 468 589,06	
11	-22° 52' 38.05346" S	-43° 08' 03.41599" W	691 538,62	7 469 019,41	
12	-22° 52' 35.62118" S	-43° 07' 59.83719" W	691 500,80	7 468 931,73	
ÁREA A1-2					
13	-22° 52' 57.18031" S	-43° 07' 05.95999" W	693 038,02	7 469 548,73	
14	-22° 52' 53.90336" S	-43° 07' 06.93444" W	693 015,73	7 468 549,88	
15	-22° 52' 53.30213" S	-43° 07' 06.29232" W	693 020,07	7 468 568,43	
16	-22° 52' 52.09199" S	-43° 07' 04.62487" W	693 082,38	7 468 405,12	
17	-22° 52' 51.60685" S	-43° 07' 04.59305" W	693 086,17	7 468 419,55	
18	-22° 52' 50.86177" S	-43° 07' 04.59305" W	693 082,33	7 468 419,55	
19	-22° 52' 50.07811" S	-43° 07' 04.78899" W	693 064,19	7 468 467,05	
20	-22° 52' 49.38103" S	-43° 07' 05.08135" W	693 056,13	7 468 488,29	
21	-22° 52' 48.51259" S	-43° 07' 05.08859" W	693 031,28	7 468 521,79	
22	-22° 52' 44.68037" S	-43° 07' 10.24644" W	692 511,38	7 468 537,07	
23	-22° 52' 41.57220" S	-43° 07' 13.96411" W	692 806,01	7 468 732,04	
24	-22° 52' 40.16007" S	-43° 07' 16.93458" W	692 721,90	7 468 776,54	
25	-22° 52' 39.48341" S	-43° 07' 19.20181" W	692 657,54	7 468 788,20	
26	-22° 52' 38.27095" S	-43° 07' 26.97741" W	692 453,76	7 468 837,82	
27	-22° 52' 38.71181" S	-43° 07' 26.47349" W	692 450,57	7 468 824,58	
28	-22° 52' 38.48891" S	-43° 07' 27.67214" W	692 407,94	7 468 832,04	
29	-22° 52' 38.60833" S	-43° 07' 34.63009" W	692 218,90	7 468 862,29	
30	-22° 52' 35.30203" S	-43° 07' 40.83398" W	691 540,77	7 468 977,24	
31	-22° 52' 34.08607" S	-43° 07' 48.81416" W	691 515,60	7 468 975,52	
ÁREA A2-1					
1	-22° 52' 37.11955" S	-43° 07' 54.83103" W	691 642,91	7 468 883,83	
12	-22° 52' 35.62118" S	-43° 07' 59.83719" W	691 500,80	7 468 931,73	
32	-22° 52' 35.30203" S	-43° 07' 58.83757" W	691 528,95	7 468 941,19	
33	-22° 52' 32.53880" S	-43° 07' 55.60294" W	691 638,25	7 469 012,70	
34	-22° 52' 31.88705" S	-43° 07' 54.37245" W	691 658,02	7 469 044,82	
35	-22° 52' 28.40030" S	-43° 07' 51.03037" W	691 754,35	7 469 147,93	
36	-22° 52' 27.86228" S	-43° 07' 49.44605" W	691 800,01	7 469 168,55	
37	-22° 52' 28.10786" S	-43° 07' 53.26671" W	692 260,18	7 469 153,22	
38	-22° 52' 29.06987" S	-43° 07' 51.50139" W	692 311,02	7 469 122,07	
39	-22° 52' 34.63260" S	-43° 07' 28.13068" W	692 404,85	7 468 950,66	
40	-22° 52' 35.43104" S	-43° 07' 27.64765" W	692 418,39	7 468 925,52	
41	-22° 52' 36.52072" S	-43° 07' 27.64765" W	692 423,07	7 468 923,07	
42	-22° 52' 36.02922" S	-43° 07' 25.91563" W	692 470,38	7 468 906,65	
43	-22° 52' 36.02933" S	-43° 07' 25.18429" W	692 486,32	7 468 902,61	
44	-22° 52' 36.02934" S	-43° 07' 19.32239" W	692 655,09	7 468 875,76	
45	-22° 52' 38.12714" S	-43° 07' 15.29712" W	692 758,28	7 468 838,68	
46	-22° 52' 36.01042" S	-43° 07' 13.84011" W	692 910,55	7 468 810,80	
47	-22° 52' 41.35002" S	-43° 07' 09.10645" W	692 944,50	7 468 737,11	
48	-22° 52' 47.88414" S	-43° 07' 02.05893" W	693 143,01	7 468 943,39	
49	-22° 52' 47.06019" S	-43° 07' 01.66719" W	693 158,93	7 468 932,88	
50	-22° 52' 48.00088" S	-43° 06' 57.69577" W	693 267,16	7 468 926,52	
51	-22° 52' 48.35810" S	-43° 06' 57.12716" W	693 283,25	7 468 917,17	
52	-22° 52' 53.38089" S	-43° 06' 54.06513" W	693 367,98	7 468 931,56	
ÁREA A2-2					
53	-22° 51' 57.8248" S	-43° 07' 7" W	693 021,59	7 470 081,38	
54	-22° 51' 50.7914" S	-43° 06' 58.1789" W	693 275,90	7 470 288,37	
55	-22° 51' 50.6028" S	-43° 06' 56.2328" W	693 331,46	7 470 293,46	
56	-22° 51' 50.2857" S	-43° 06' 49.7443" W	693 516,55	7 470 300,85	
57	-22° 51' 43.2290" S	-43° 06' 41.4254" W	693 545,43	7 470 171,06	
58	-22° 51' 43.6127" S	-43° 06' 56.2643" W	693 247,79	7 470 509,59	
59	-22° 51' 46.4600" S	-43° 06' 59.4836" W	693 240,40	7 470 421,16	
60	-22° 51' 48.0305" S	-43° 07' 0.8486" W	693 222,67	7 470 373,99	
61	-22° 51' 52.2103" S	-43° 07' 0.8486" W	693 267,08	7 470 312,98	
62	-22° 51' 56.4688" S	-43° 06' 38.4483" W	692 993,19	7 470 105,80	
63	-22° 51' 57.0625" S	-43° 07' 11.0553" W	692 906,39	7 470 100,15	
ÁREA A2-3					
61	-22° 51' 52.2103" S	-43° 07' 0.8486" W	693 267,08	7 470 312,98	
60	-22° 51' 48.0303" S	-43° 07' 00.8460" W	693 222,67	7 470 373,99	
59	-22° 51' 46.4600" S	-43° 06' 59.4840" W	693 240,40	7 470 421,16	
58	-22° 51' 43.61362" S	-43° 06' 59.27549" W	693 247,79	7 470 509,59	
78	-22° 51' 44.61647" S	-43° 07' 04.17603" W	693 344,70	7 470 367,86	
77	-22° 51' 48.8644" S	-43° 07' 08.3533" W	692 986,57	7 470 351,29	
ÁREA A3-1					
78	-22° 52' 16.47280" S	-43° 06' 41.08204" W	693 753,16	7 469 492,15	
79	-22° 52' 12.30348" S	-43° 06' 42.15078" W	693 704,07	7 469 517,51	
80	-22° 52' 05.38194" S	-43° 06' 41.67459" W	693 740,64	7 469 553,53	
81	-22° 52' 01.66800" S	-43° 06' 42.94184" W	693 705,98	7 469 548,24	
82	-22° 52' 00.33167" S	-43° 06' 43.71408" W	693 684,49	7 469 589,62	
83	-22° 51' 59.86335" S	-43° 06' 43.91420" W	693 676,82	7 470 500,35	
84	-22° 51' 57.18831" S	-43° 06' 44.32861" W	693 668,18	7 470 498,54	
85	-22° 51' 54.58205" S	-43° 06' 43.70683" W	693 686,96	7 470 496,49	
86	-22° 51' 52.51084" S	-43° 06' 43.21882" W	693 701,89	7 470 230,02	
87	-22° 51' 49.60843" S	-43° 06' 42.96954" W	693 706,13	7 470 219,28	
88	-22° 51' 48.72389" S	-43° 06' 41.91919" W	693 686,89	7 470 498,71	
89	-22° 51' 44.36054" S	-43° 06' 45.20433" W	693 648,30	7 470 481,46	
90	-22° 51' 43.22955" S	-43° 06' 47.42539" W	693 585,43	7 470 517,06	
91	-22° 51' 50.28570" S	-43° 06' 49.74441" W	693 516,55	7 470 300,85	
92	-22° 51' 53.17428" S	-43° 06' 45.16671" W	693 545,90	7 470 210,33	
93	-22° 51' 54.23057" S	-43° 06' 45.41922" W	693 638,29	7 470 177,92	
94	-22° 51' 56.83702" S	-43° 06' 46.94218" W	693 619,50	7 470 067,87	
95	-22° 52' 00.72584" S	-43° 06' 45.46033" W	693 634,55	7 469 977,31	
96	-22° 52' 01.06985" S	-43° 06' 45.26022" W	693 540,12	7 469 986,59	
97	-22° 52' 02.43528" S	-43° 06' 44.48977" W	693 661,60	7 469 925,20	
98	-22° 52' 05.57783" S	-43° 06' 43.41588" W	693 690,93	7 469 828,14	
99	-22° 52' 12.58939" S	-43° 06' 42.40694" W	693 714,38	7 469 612,12	
100	-22° 52' 16.04097" S	-43° 06' 42.77302" W	693 705,13	7 469 508,04	
ÁREA A3-2					
99	-22° 52' 23.38235" S	-43° 06' 43.40085" W	693 684,34	7 469 280,44	
100	-22° 52' 22.86728" S	-43° 06' 43.46649" W	693 682,62	7 469 292,31	
101	-22° 52' 20.51945" S	-43° 06' 43.93889" W	693 695,64	7 469 338,38	
102	-22° 52' 18.46837" S	-43° 06' 41.91155" W	693 728,73	7 469 431,43	
78	-22° 52' 16.47280" S	-43° 06' 41.08204" W	693 753,16	7 469 492,15	
98	-22° 52' 16.04097" S	-43° 06' 42.77302" W	693 705,13	7 469 508,04	
103	-22° 52' 17.71953" S	-43° 06' 43.47491" W	693 684,49	7 469 548,67	
104	-22° 52' 19.76267" S	-43° 06' 44.60727" W	693 651,67	7 469 561,67	
105	-22° 52' 23.25152" S	-43° 06' 45.19884" W	693 633,14	7 469 285,13	
110	-22° 52' 23.63662" S	-43° 06' 45.13007" W	693 634,86	7 469 273,26	
ÁREA A3-3					
107	-22° 52' 28.77084" S	-43° 06' 44.25557" W	693 657,85	7 469 115,00	
108	-22° 52' 28.50048" S	-43° 06' 44.13074" W	693 661,12	7 469 092,51	
109	-22° 52' 32.80191" S	-43° 06' 44.00968" W	693 651,82	7 468 987,08	
110	-22° 52' 33.02515" S	-43° 06' 42.68115" W	693 701,62	7 468 983,55	
111	-22° 52' 32.13289" S	-43° 06' 42.56789" W	693 704,08	7 469 014,08	
112	-22° 52' 32.21648" S	-43° 06' 40.84700" W	693 759,35	7 469 007,69	
113	-22° 52' 29.10335" S	-43° 06' 40.44554" W	693 766,32	7 469 103,38	
114	-22° 52' 28.51654" S	-43° 06' 42.52318" W	693 707,33	7 469 122,19	

NOTAS:

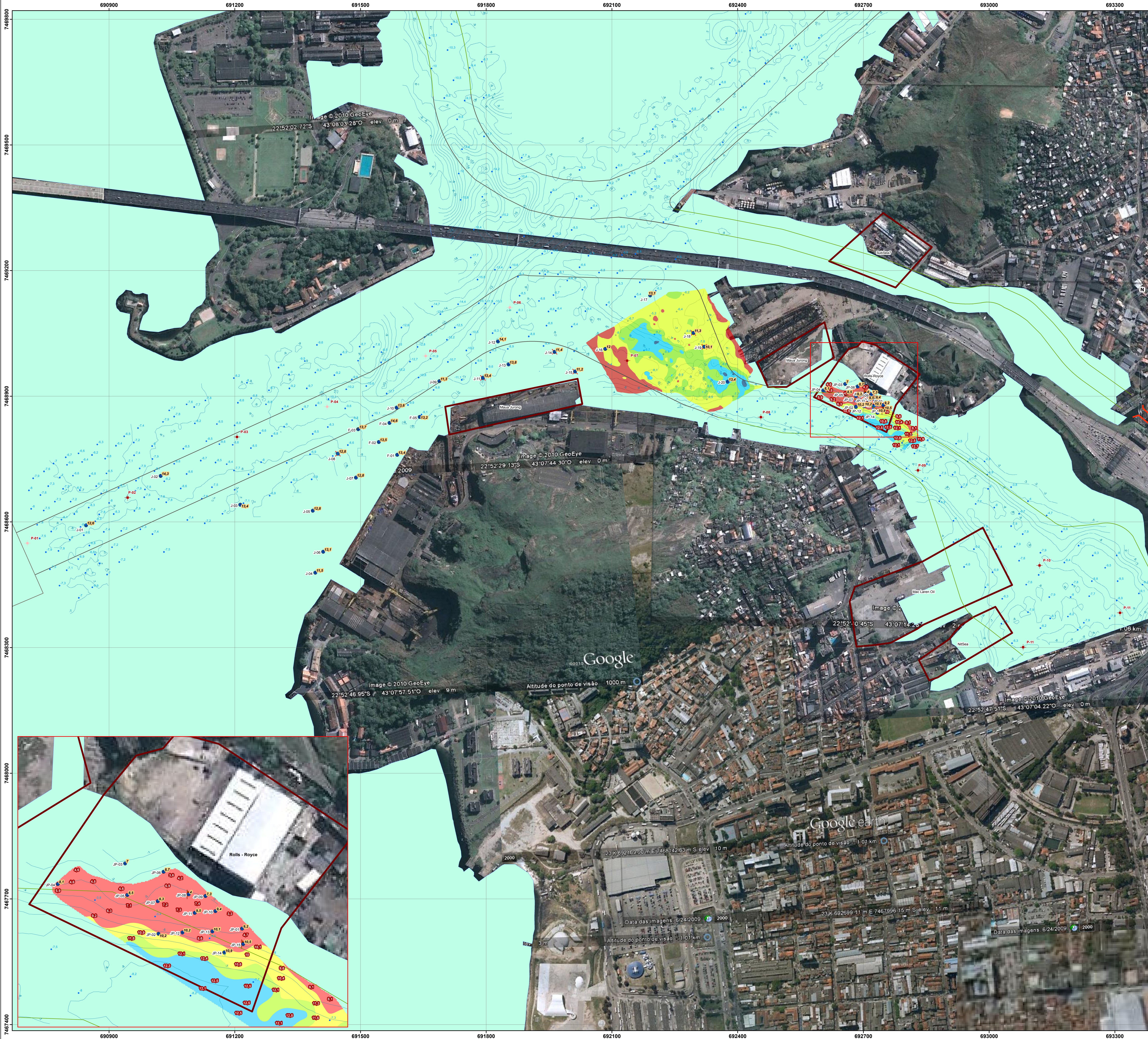
- 1- POSICIONAMENTO SUBMÉTRICO - GPS MODO DIFERENCIAL EM TEMPO REAL
2- PROJEÇÃO PLANA, COORDENADA UTM DATUM WGS-84

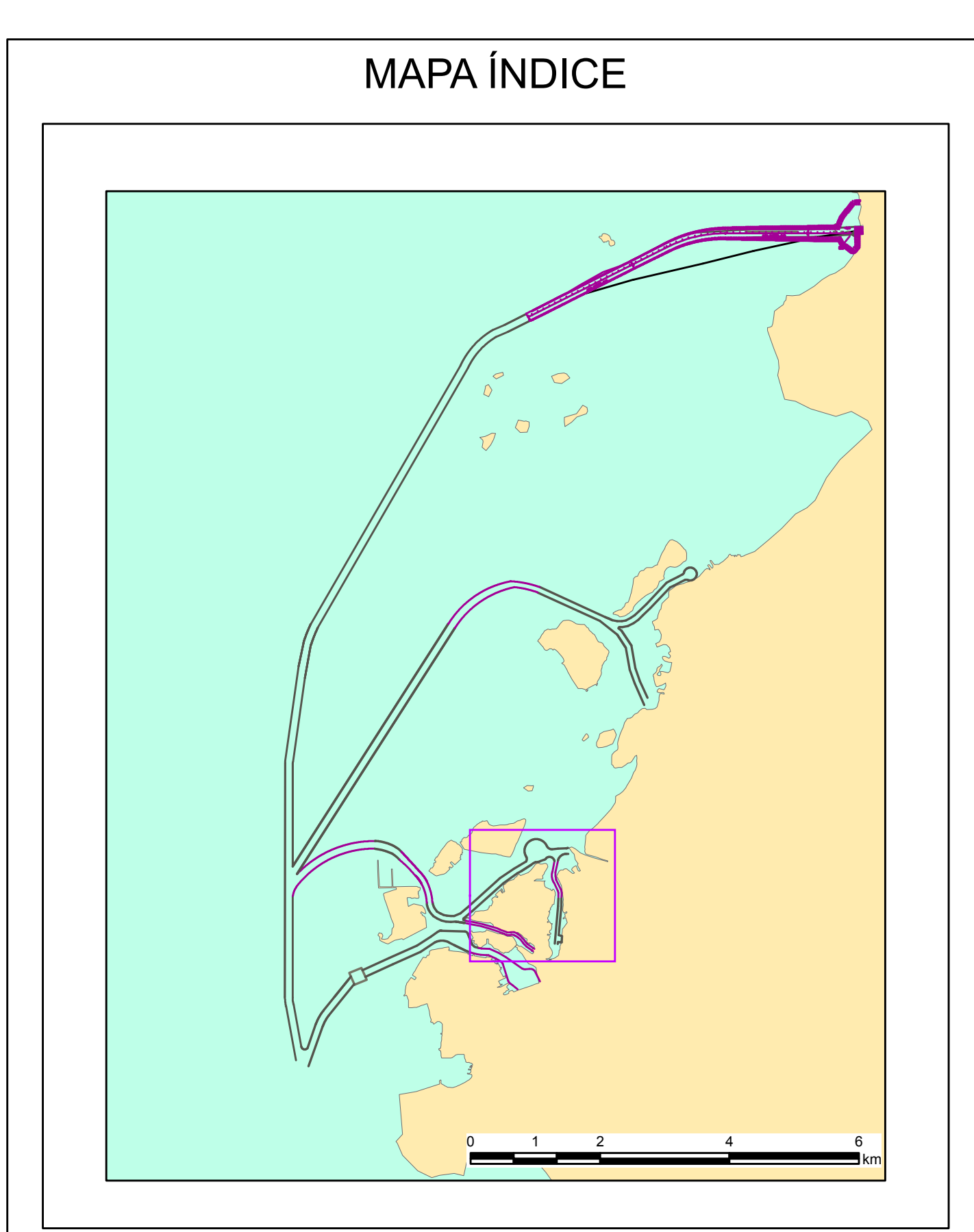
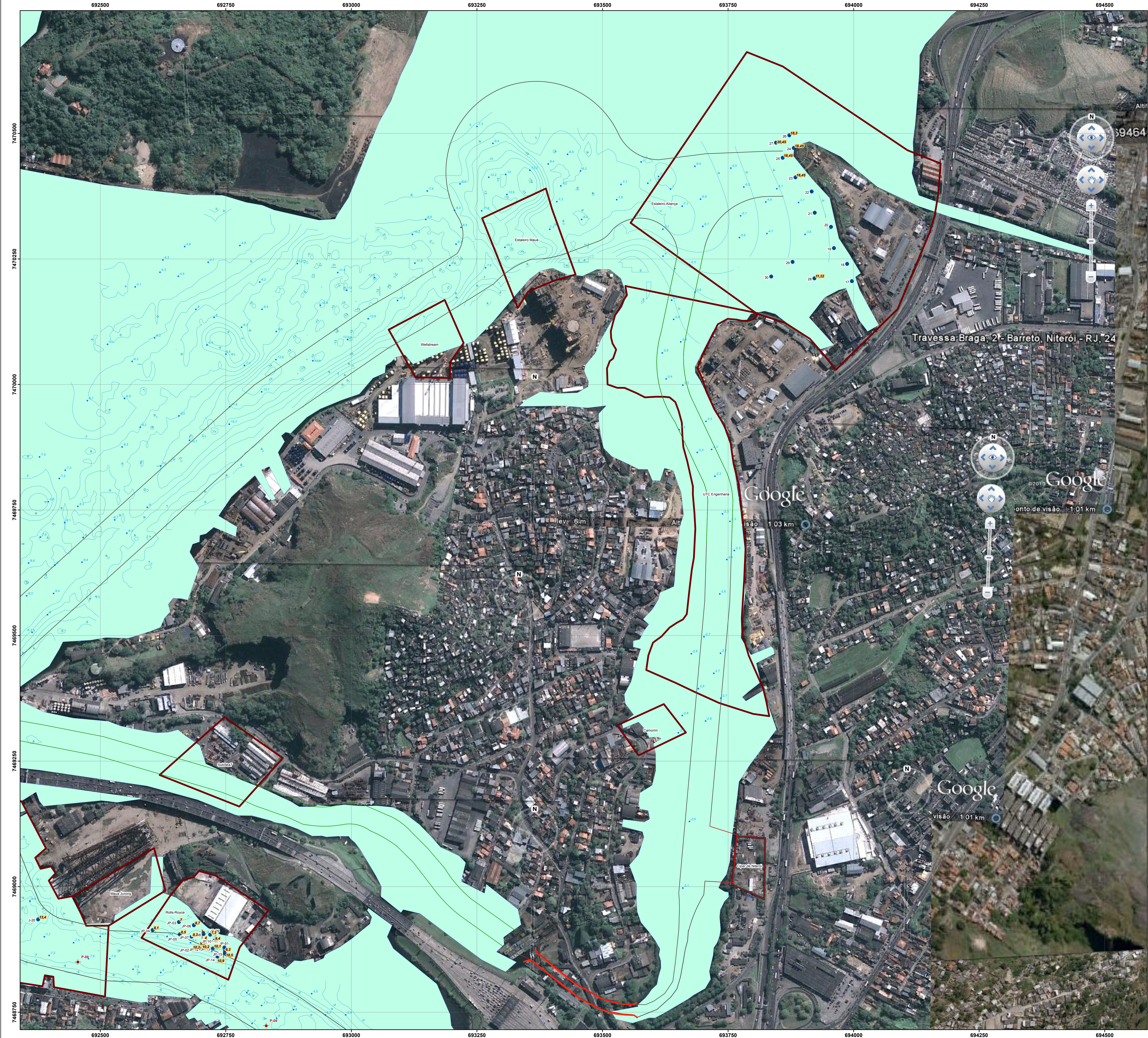


MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
DPP - Diretoria de Planejamento e Pesquisa
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS - INPH



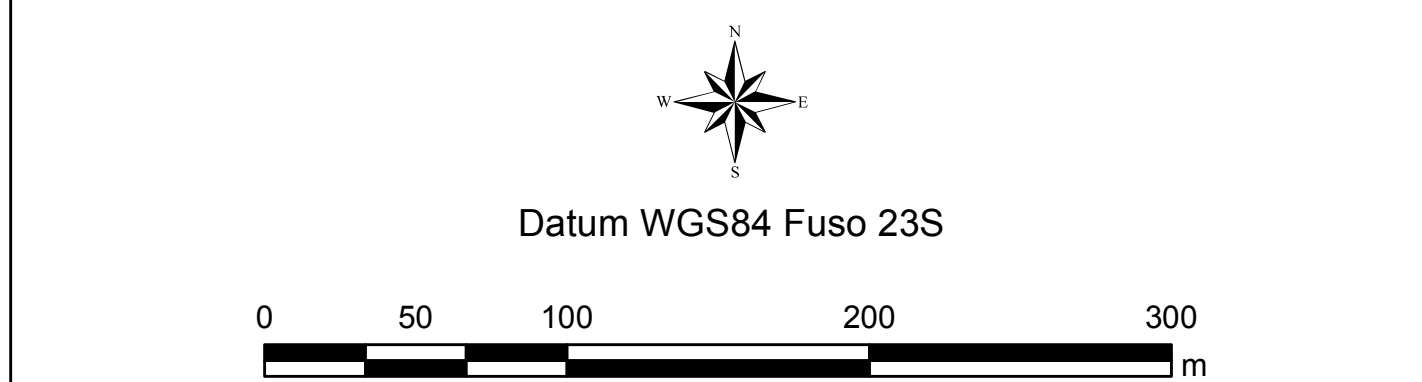
TÍTULO				
PROJETO GEOMÉTRICO DO PORTO DE NITERÓI-RJ E PROXIMIDADES				
PROJETO GEOMÉTRICO				
ESCALA	1/5000	CONTRATO No.	DS No.	ASSINATURAS
PROJETO				DATA
INPH			PROJETO	08/06/2022
			DESENHO	
			VERIFICADO	
			APROVADO	
ESTA PLANTA INTEGRA DO RELATÓRIO	DESENHO No. 0708NEC0000	DESENHO No. CNPH INPH-210-10-REV 01		REVISÃO 01
INPH-05/2022-REV 01	COPIADA 300			





LEGENDA

- 12.1 Profundidade da sondagem
- 2.3 Pontos Batimétricos
- Sondagens Jet - Probe
- Área de influência das empresas
- Abertura do Canal de Niterói



inea
Instituto Estadual do Ambiente

SECRETARIA DE PORTOS
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS - INPH

DADOS GEOLÓGICOS
PROJETO DE REVITALIZAÇÃO E RESTAURAÇÃO, SOB AS DIRETRIZES DE RECUPERAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E RESTABELECIMENTO DA CIRCULAÇÃO HÍDRICA DA ILHA DA CONCEIÇÃO E DO COMPLEXO PORTUÁRIO E INDUSTRIAL DA PARTE LESTE DA BAÍA DE GUANABARA.

MUNICÍPIO DE NITERÓI E SÃO GONÇALO (RJ)

ESCALA	CONTRATO Nº	CS Nº	ASSINATURAS	DATA
1:2500				
PROJETO				
INPH				
DESENHO				
VISTO				
APROVADO				
DESENHO Nº (FONTECEDOR)				
INPH - 210 - 10 - F				

ESTA PLANTA INTEGRA O RELATÓRIO Nº 002/11 CODIGO 300/1

REVISÃO

0