
V - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Este capítulo apresenta o diagnóstico ambiental dos meios físico, biótico e socioeconômico da área de influência do empreendimento de forma a caracterizar o ambiente em questão, e a análise integrada, que aborda a relação entre estes diferentes aspectos, realizando uma síntese da qualidade ambiental na área de interesse.

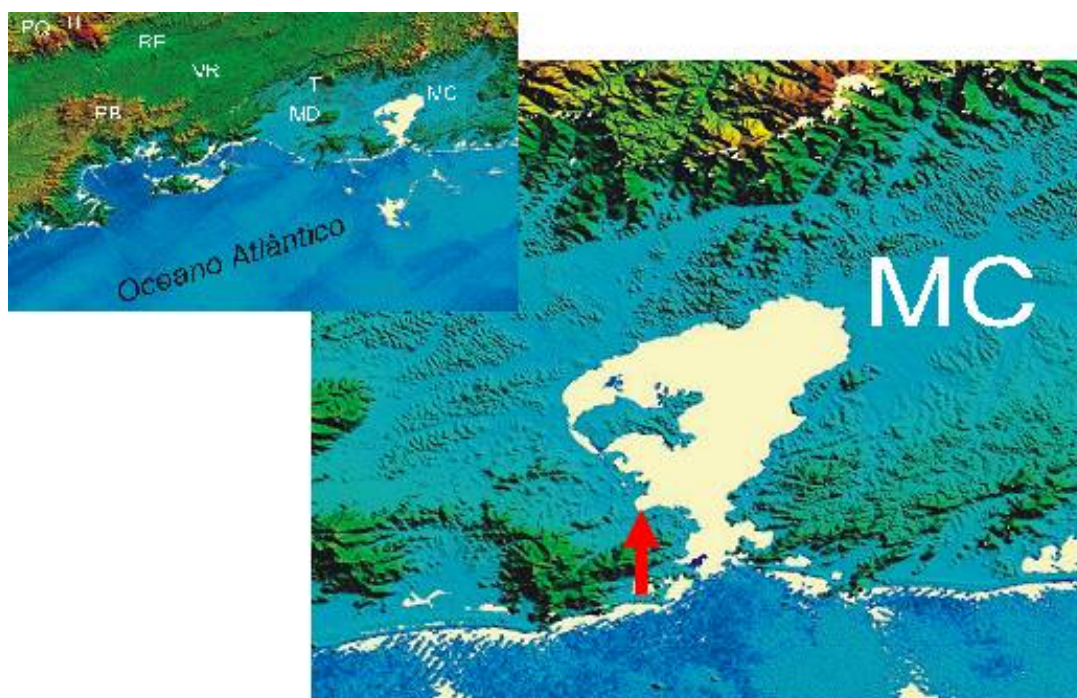
A caracterização ambiental de um ambiente que potencialmente será modificado se mostra imprescindível dentro de estudos de impactos ambientais, pois o conhecimento sobre um determinado ambiente é diretamente proporcional à capacidade de prevenção de impactos ambientais (SÁNCHEZ, 2006). Portanto, quanto maior o conhecimento do ambiente em questão, maior é a capacidade de mitigação dos impactos negativos e potencialização dos impactos positivos.

V.1 - Meio Físico

Neste diagnóstico do Meio Físico são apresentados dados e informações acerca das características morfológicas, sedimentares, hidrológicas, oceanográficas, meteorológicas e climatológicas da Baía de Guanabara. O diagnóstico também apresenta a caracterização das emissões atmosféricas e da qualidade do ar e do nível de ruído.

V.1.1 - Relevo e Topografia

A Baía de Guanabara está inserida na porção central do litoral fluminense e é delimitada pelas latitudes 22°40' S e 23°00' S e pelas longitudes 43°00' W e 43°20' W, aproximadamente (SOARES *et al.*, 2003). A área da Baía é estimada em 384 km² e seu perímetro em 131 km. Sua bacia de drenagem, com uma área de 4.080 km², é constituída por 45 rios, que impelem à Baía uma descarga de água doce média anual de 100 m³/s (KJERFVE *et al.*, 1997). Isto pode ser explicado pelo fato de a região ser composta, basicamente, por planícies com domínios colinosos, à frente da escarpa da Serra do Mar (FERRARI, 2001) como apresentado na Figura V.1.1-1.



Legenda: PQ = Maciço de Passa Quatro, IT = Maciço de Itatiaia, RE = Bacia de Resende, VR = Bacia de Volta Redonda, PB = Planalto da Bocaina, TI = Maciço de Tinguá, MD = Maciço do Mendanha, MC = Macacu. Fonte: Modificado de Riccomini et al. (2004)

Figura V.1.1-1 – Modelo de Elevação do Terreno destacando principais domínios do relevo da região sudeste destacando a região onde está inserido o Porto do Rio de Janeiro

V.1.2 - Caracterização Climatológica, Pluviométrica, Temperatura e Ventos

A Baía de Guanabara está inserida numa região caracterizada por clima tropical, com forte influência marinha. As estações secas e chuvosas são relativamente bem definidas. Os meses de dezembro a abril são os mais chuvosos (acima de 100 mm na média mensal), o que corresponde praticamente ao verão. Os mais secos são junho, julho e principalmente agosto (em torno de 50 mm) correspondendo basicamente ao inverno (FILIPPO, 1997; INMET, 2010).

Com base nos tipos climáticos que utilizam a temperatura como parâmetro, Amador (1996) destaca que a bacia hidrográfica da Baía de Guanabara apresenta uma grande diversidade climática, sendo observados os climas tropical quente, tropical subquente, mesotérmico brando e mesotérmico médio.

Para a caracterização do clima na região de estudo, foram utilizadas as Normais Climatológicas do município do Rio de Janeiro, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2010). As normais climatológicas apresentam dados obtidos pelo cálculo das médias de parâmetros meteorológicos ao longo de 30 anos, segundo critérios da Organização Meteorológica Mundial (OMM) (INMET, 2010). Os gráficos climatológicos apresentados a seguir são referentes à Normal Climatológica de 1961 a 1990 e abordam os parâmetros temperatura média, temperatura mínima, temperatura máxima, precipitação, evaporação e umidade relativa.

Na Figura V.1.2-1 é possível observar o gráfico da temperatura mensal média para o município do Rio de Janeiro na Normal Climatológica de 1961 a 1990. Notam-se as temperaturas mais baixas nos meses de junho a setembro e a temperatura média máxima no mês de fevereiro.

As médias de temperatura mensal mínima e máxima para os anos de 1961 a 1990 são apresentadas na Figura V.1.2-2, onde os valores médios mais baixos estão nos meses de junho a setembro e os mais altos entre dezembro e março. A mínima e máxima são referentes aos meses de julho e fevereiro, respectivamente.

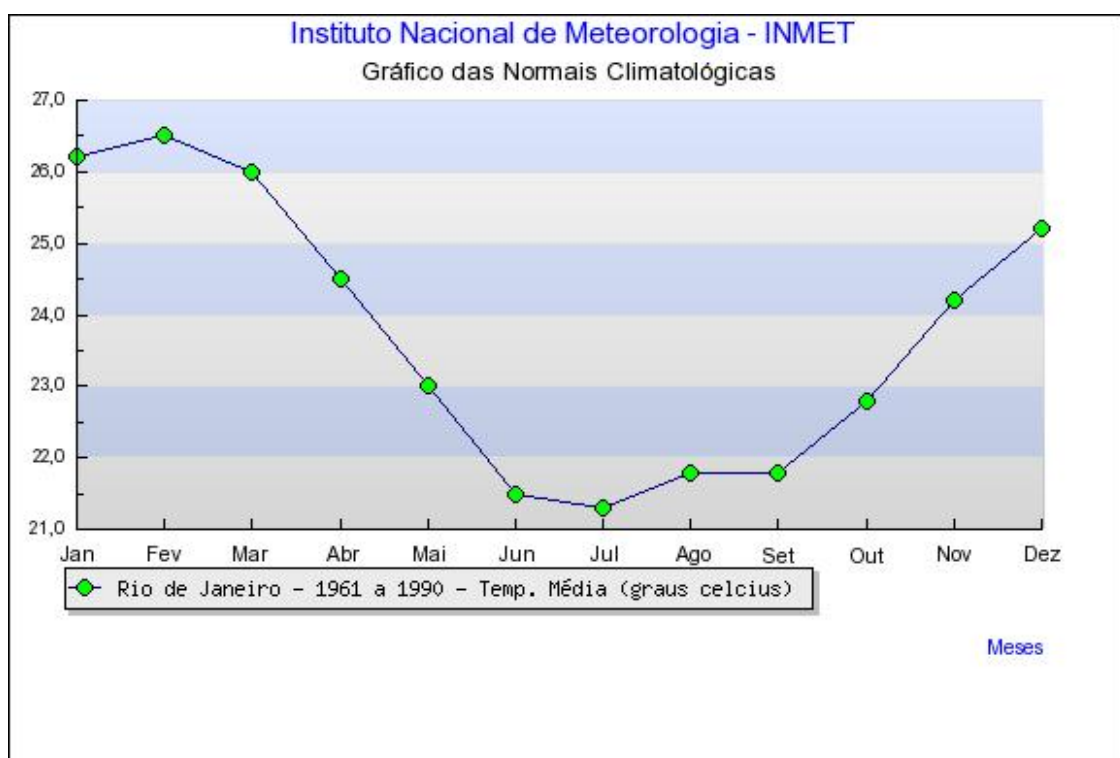


Figura V.1.2-1 – Temperatura mensal média no período de 1961 a 1990 para o município do Rio de Janeiro. Fonte: INMET (2010).

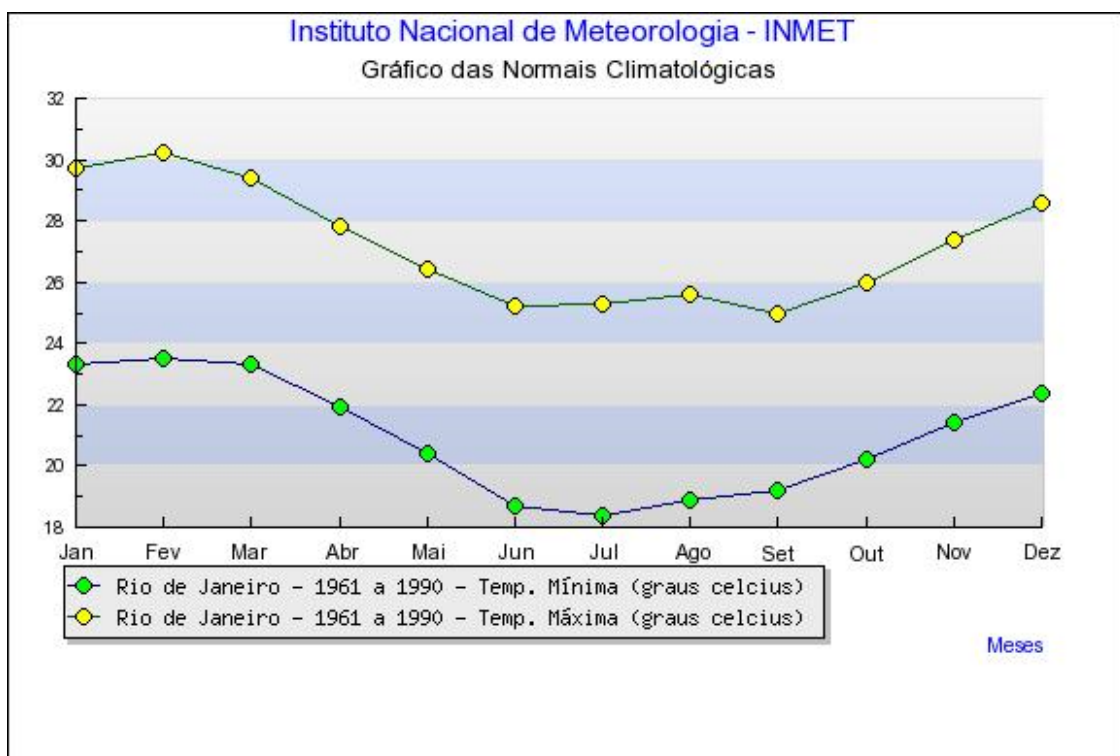


Figura V.1.2-2 – Temperatura mensal mínima e máxima no período de 1961 a 1990 para o município do Rio de Janeiro. Fonte: INMET (2010).

Os valores de precipitação, apresentados na Figura V.1.2-3, indicam o mês de dezembro como sendo o mais chuvoso, enquanto que agosto aparece como o mês menor volume de chuva. Destaca-se, porém que ocorrem chuvas todos os meses.

Já o parâmetro evaporação (Figura V.1.2-4) tem as taxas mais elevadas nos meses de dezembro e janeiro e o valor mais baixo em junho.

A Figura V.1.2-5 apresenta os dados relativos à umidade relativa do ar, onde é possível notar os valores mais altos para os meses de março a maio, além de outubro e dezembro. Os meses com umidade mais baixa são julho e agosto, em valores altos, superiores a 70%.

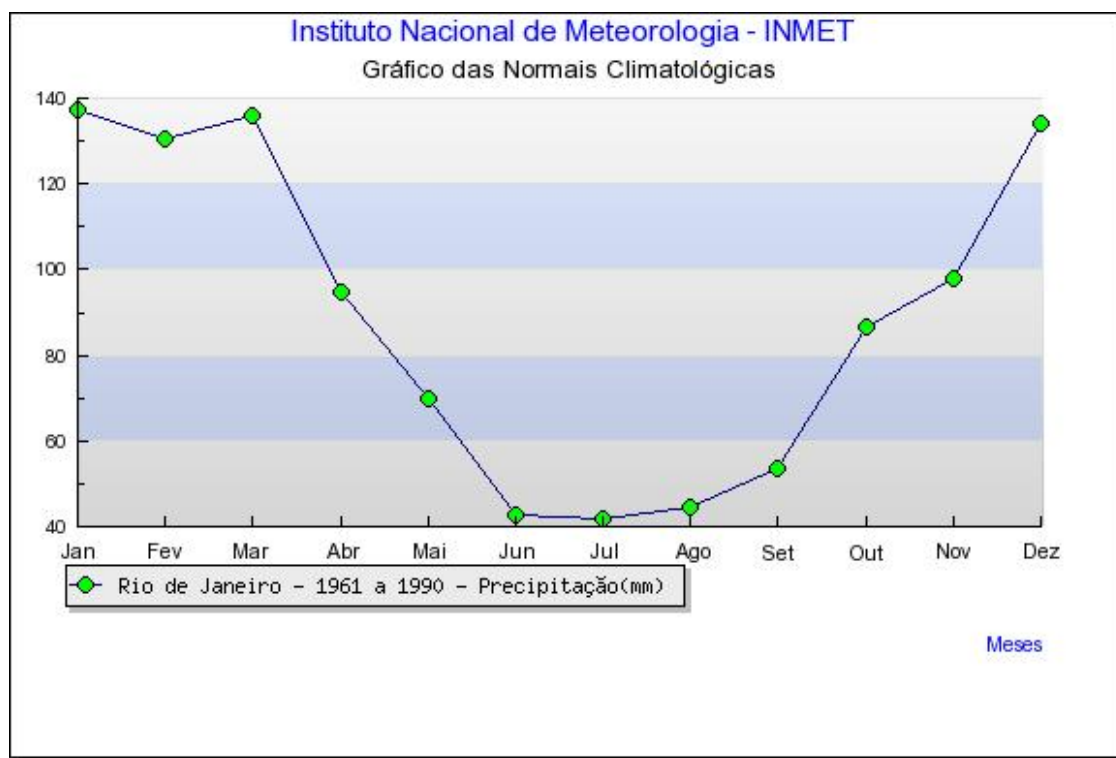


Figura V.1.2-3 – Precipitação mensal no período de 1961 a 1990 para o município do Rio de Janeiro. Fonte: INMET (2010).

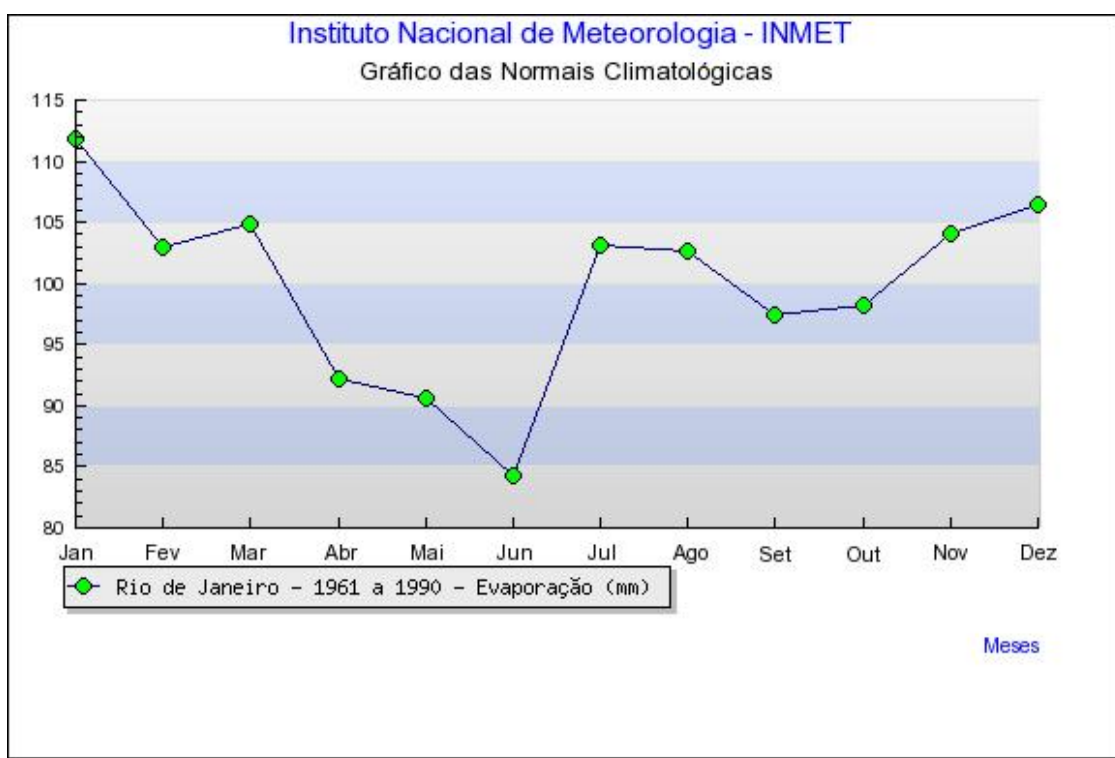


Figura V.1.2-4 – Evaporação mensal no período de 1961 a 1990 para o município do Rio de Janeiro. Fonte: INMET (2010).

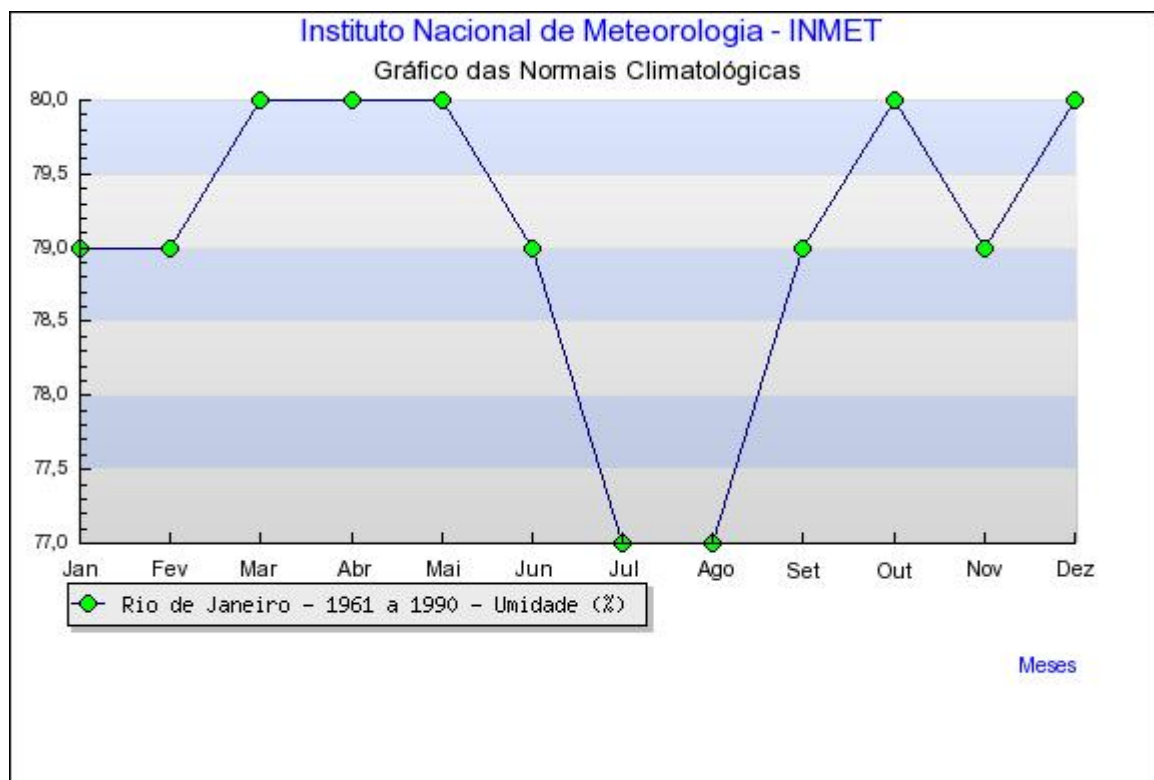


Figura V.1.2-5 – Umidade mensal no período de 1961 a 1990 para o município do Rio de Janeiro. Fonte: INMET (2010)

Vilela (1992) aponta os ventos de norte e sul como sendo os mais frequentes na Baía de Guanabara, com intensidade média mensal de 5 m/s. O vento sul possui as maiores velocidades, chegando a 10m/s ou mais e estando associado à entrada de frentes frias.

Este fato é corroborado por Filippo (1997), que analisou cinco anos de dados para obter uma caracterização da Baía no tocante à passagem de frentes frias, chegando à conclusão de que durante um ano passam, em média, 46 frentes frias e que os ventos de maior magnitude estão associados à direção norte-sul. No mesmo estudo, é apresentado um diagrama progressivo do vento para o ano de 1990, baseado em dados da estação meteorológica do Aeroporto Santos Dumont (Figura V.1.2-6), onde é possível notar a influência predominante de ventos relacionados ao eixo norte-sul na região. Neste ano de 1990, as maiores velocidades foram registradas no mês de setembro.

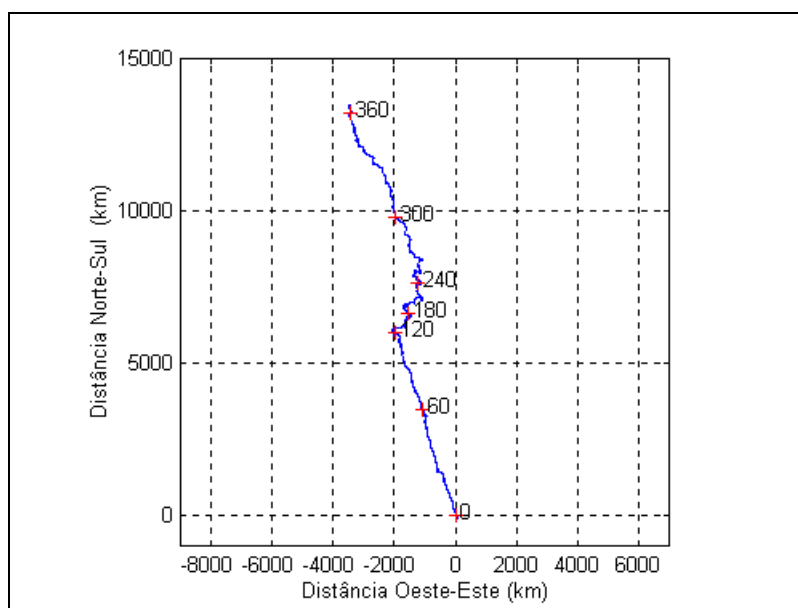


Figura V.1.2-6 – Diagrama progressivo do vento para o ano de 1990 na estação meteorológica do aeroporto Santos Dumont. Fonte: Filippo (1997).

Dados mais recentes da estação meteorológica do Aeroporto Santos Dumont, do período de 2006 a 2010, analisados por de Carvalho (2010) mostram a mesma tendência dos ventos incidirem de N e S, principalmente no que se refere aos

ventos mais intensos, como pode ser observado no histograma direcional apresentado na Figura V.1.2-7.

Há uma predominância secundária nas demais direções do vento, relacionada aos ventos mais fracos, que estão associados ao deslocamento do anticiclone semi-estacionário sobre o Atlântico sul para o continente e refere-se também à própria circulação interna da baía da Guanabara e ao sistema de brisa.

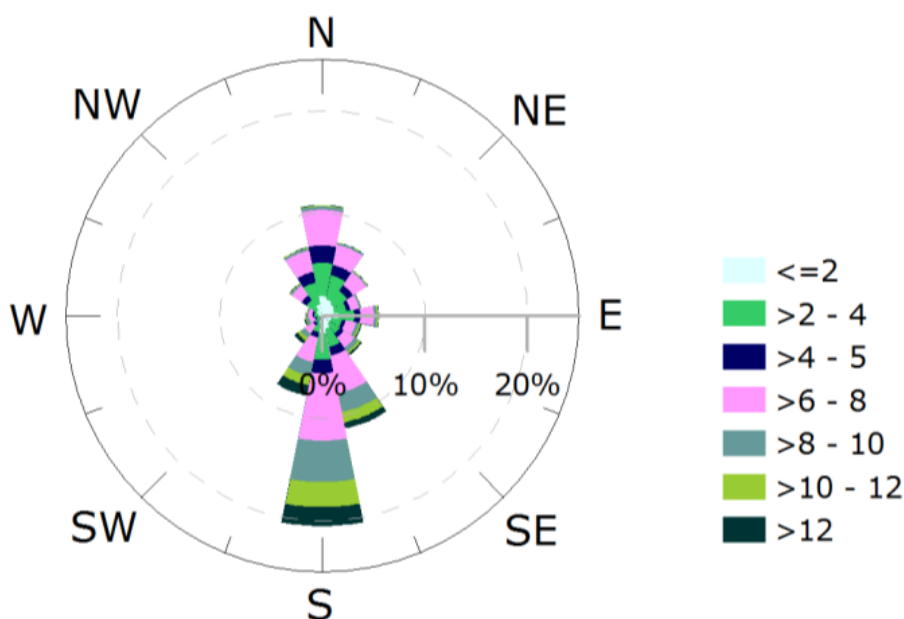


Figura V.1.2-7 – Histograma direcional da Estação do Aeroporto S. Dumont no período de 2006 a 2010. Fonte: de Carvalho (2010).

V.1.3 - Caracterização das Emissões Atmosféricas e da Qualidade do Ar

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro e os municípios de entorno estão dispostos basicamente em quatro bacias aéreas (Figura V.1.3-1). A Baía de Guanabara está inserida nas Bacias Aéreas III e IV.

A região referente à Bacia Aérea III, onde a área do empreendimento está inserida, apresenta expressiva ocupação urbano-industrial com a consequente emissão de grandes quantidades de poluentes para a atmosfera.

As empresas responsáveis pela emissão de poluentes e efluentes são, principalmente, de pequeno e médio porte, ainda que, segundo Amador (1997) a atividade econômica na região esteja relacionada à existência de indústrias de grande porte como a Bayer, Petroflex, Nitriflex e as refinarias Duque de Caxias e Mangueiras.

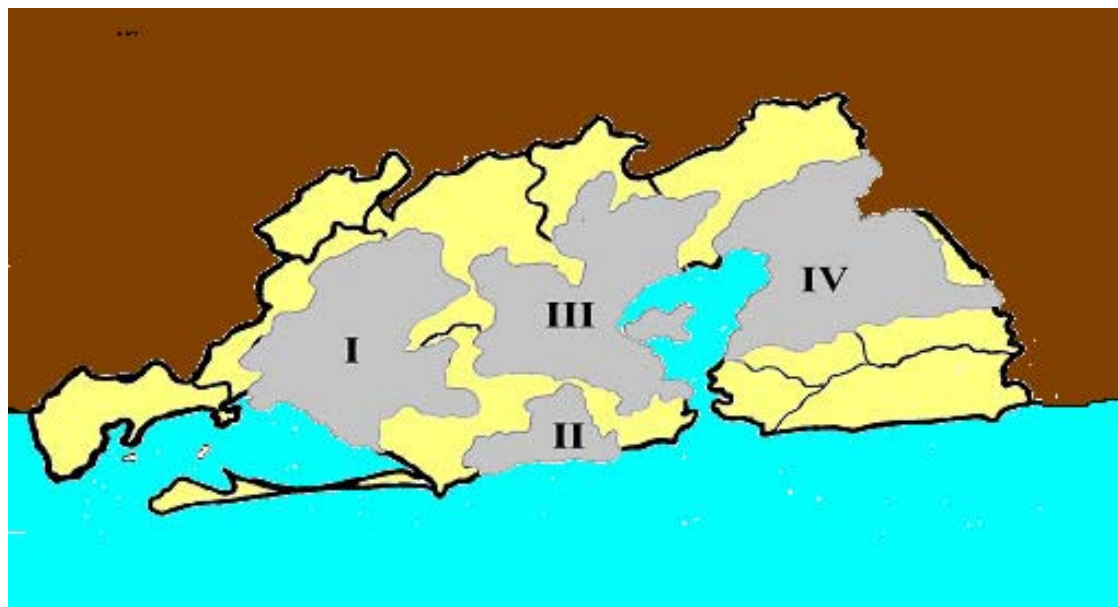


Figura V.1.3-1 – Bacias Aéreas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

O sistema de transporte contribui com parcela expressiva de poluentes na Bacia Aérea III. As emissões veiculares, de um modo geral, dependem muito do tipo e qualidade do combustível utilizado. As vias não pavimentadas contribuem com parcela expressiva de material particulado. As pavimentadas, por sua vez, contribuem para a formação de ilhas de calor na região, devido ao intenso tráfego e o aquecimento do asfalto.

Os fatores supracitados, a cultura da queima de lixo e a localização das indústrias contribuem para a formação de poluentes fotoquímicos e material particulado, incluindo os metálicos.

Para caracterização da qualidade atmosférica na área do empreendimento, foram analisados dados de monitoramento das estações de medição da qualidade do ar dentro de uma região de 20 x 20 km centrada nos Terminais da MultiRio e

MultiCar no Porto do Rio de Janeiro (Figura V.1.3-2), de forma a fornecer conhecimento efetivo da qualidade do ar no entorno do Porto do Rio. O Estudo de Dispersão Atmosférica (EDA) é apresentado integralmente no Anexo V-2.

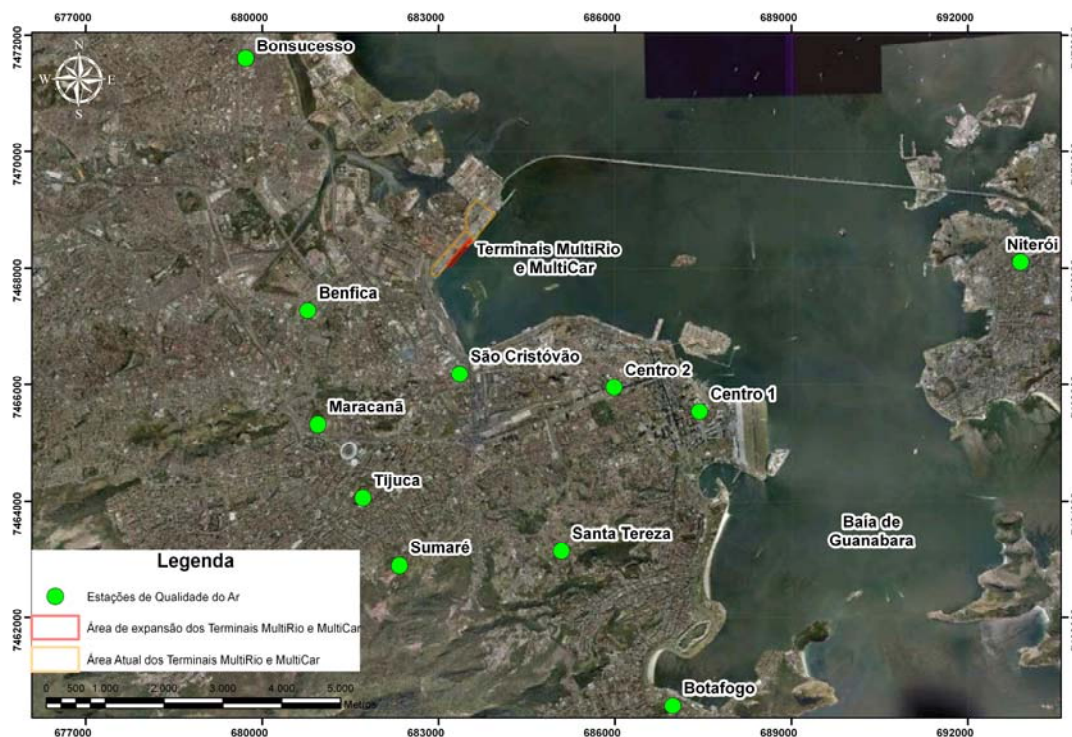


Figura V.1.3-2 – Localização das estações de qualidade do ar na Baía de Guanabara.

Na Figura V.1.3-3 é apresentada a evolução da média anual das concentrações de Partículas Inaláveis (MP_{10}) a partir dos dados das estações de qualidade do ar selecionadas da região metropolitana do RJ no período de 1998 a 2009. Este gráfico mostra um contínuo decréscimo nas concentrações ao longo dos anos. Para os anos de 2008 e 2009 as concentrações ficaram dentro do padrão de qualidade do ar ($50 \mu g/m^3$) para praticamente metade das estações (INEA, 2009).

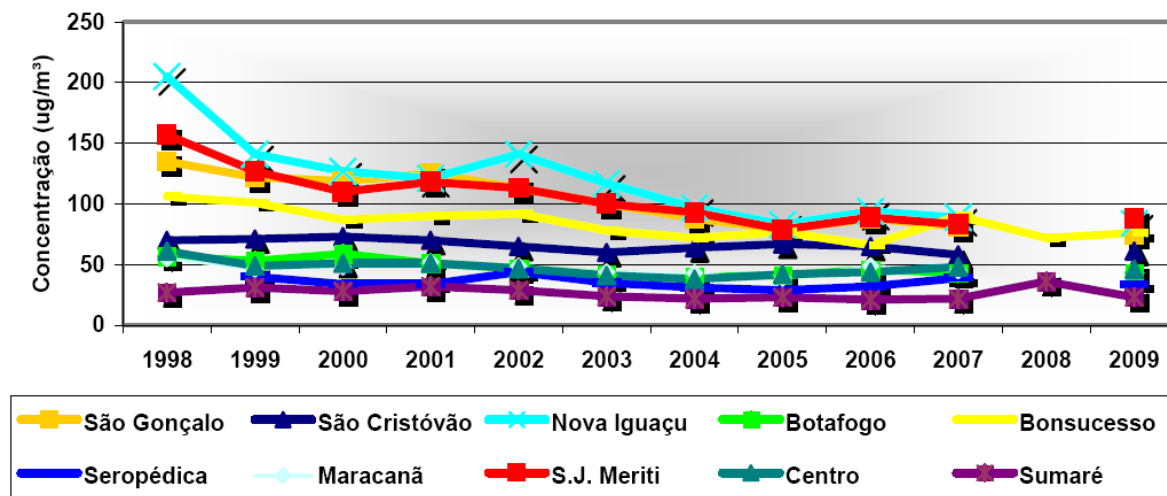


Figura V.1.3-3 – Evolução da média anual da concentração de MP_{10} registrada nas estações de qualidade do ar da RMRJ de 1998 até 2009

Na Figura V.1.3-4 e na Figura V.1.3-5 são apresentados os gráficos que mostram as concentrações das médias mensais por estação para o ano de 2009. Verifica-se que no verão as concentrações são mais baixas devido às condições termodinâmicas mais instáveis da atmosfera e, conseqüentemente, mais propensas a formação de vento e turbulência atmosférica. No inverno, as concentrações apresentam um aumento devido às condições termodinâmicas mais estáveis da atmosfera.

O diagnóstico da qualidade do ar, apresentado no EDA, Anexo V-2, mostra que existem diversas fontes, fixas e veiculares, potencialmente emissoras de poluentes atmosféricos na Bacia Aérea III, além dos Terminais da MultiRio e MultiCar no Porto do Rio de Janeiro. Partindo dessa premissa, é importante ressaltar, que as concentrações registradas nas estações de qualidade do ar na região considerada, representam o efeito do conjunto dessas fontes de emissão.

Segundo INEA (2009), os demais poluentes relevantes (dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e monóxido de carbono), apresentaram conformidade ambiental com os padrões de qualidade do ar de curto e longo período.

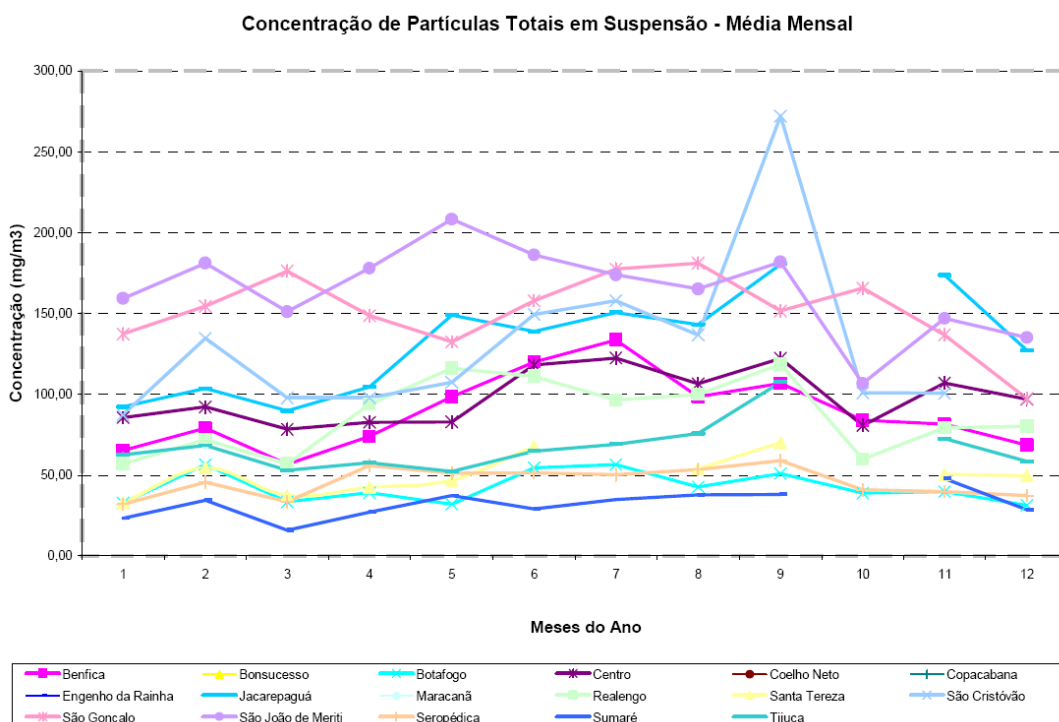


Figura V.1.3-4 – Médias mensais das concentrações de PTS por estação, para o ano de 2009. Fonte: INEA (2009).

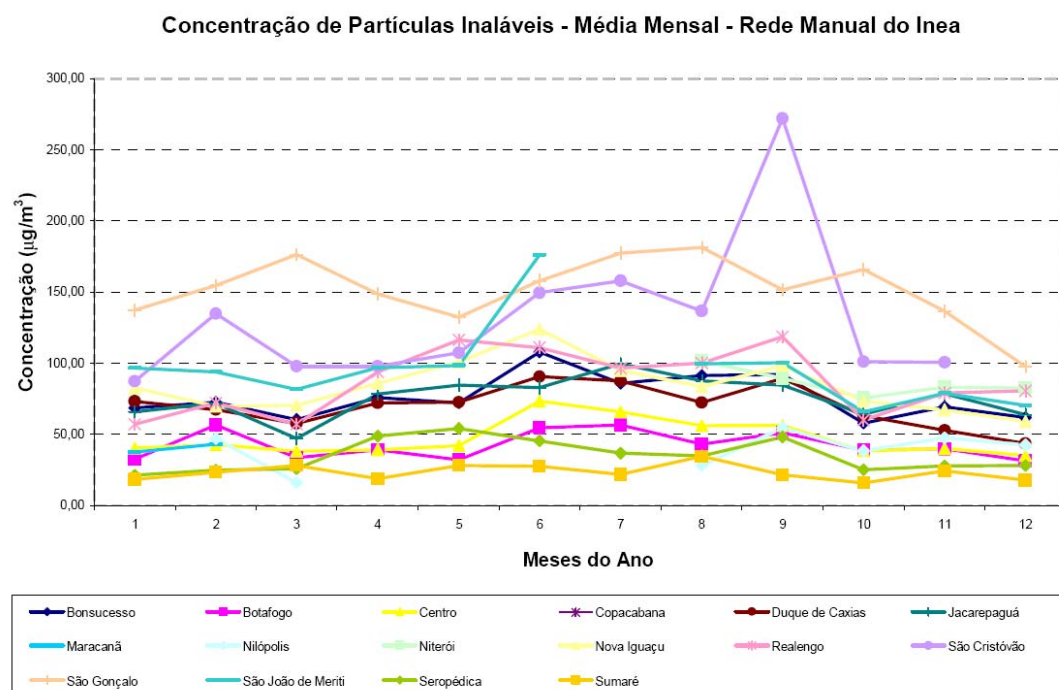


Figura V.1.3-5 – Médias mensais das concentrações de PI por estação da rede manual, para o ano de 2009. Fonte: INEA (2009).

Com base nesses dados, foi realizada uma simulação numérica das taxas de emissão dos poluentes para o cenário atual, cujos resultados estão apresentados na Tabela V.1.3-1.

Tabela V.1.3-1 - Concentrações máximas em receptores distintos para todos os poluentes e períodos analisados no cenário atual.

Parâmetro	Período	Concentrações ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Padrão CONAMA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		1ª Máx.	2ª Máx.	3ª Máx.	Primário	Secundário
CO	1 hora	460,217	389,548	379,107	40.000	40.000
	8 horas	245,809	219,021	215,222	10.000	10.000
MP ₁₀	24 horas	3,50990	3,24201	2,95626	150	150
	Anual	0,97934	0,88178	0,85998	50	50
NO ₂	1 hora	337,064	274,461	271,191	320	190
	Anual	20,4393	18,3846	17,9504	100	100
SO ₂	24 horas	0,97206	0,89669	0,81764	365	100
	Anual	0,27122	0,24517	0,23805	80	40

Os resultados da simulação mostram que as concentrações de CO, MP₁₀ e SO₂ apresentam conformidade ambiental com o padrão secundário de qualidade do ar (mais restritivo) definido pela resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990 (BRASIL, 1990). Para o caso do NO₂ de curto período, o modelo mostra que as concentrações que não atenderam ao padrão primário ocorrem dentro do próprio terminal de contêineres ou sobre o mar.

V.1.4 - Caracterização do Nível de Ruídos

Para caracterização do nível de ruídos, foram considerados como fontes sonoras os equipamentos em funcionamento atualmente nos Terminais MultiRio e MultiCar. Foram feitos cinco perfis de estudo. Em três deles as fontes são os equipamentos dos Terminais MultiRio e MultiCar e os outros dois têm como fonte a ponte Rio – Niterói, conforme ilustra a Figura V.1.4-1. Estes perfis foram simulados tendo como receptores os pontos Caju 1 e Caju 2, representativos da

comunidade de entorno dos terminais em questão. O Estudo de Dispersão Sonora é apresentado integralmente no Anexo V-3.



Figura V.1.4-1 – Cenário atual dos Terminais MultiRio e MultiCar com os perfis estudados

A Tabela V.1.4-1 apresenta os níveis de ruído em cada receptor obtido através de simulação numérica. Para os perfis 1 e 2, o receptor simulado foi o ponto Caju 2. O receptor Caju 1 foi utilizado para os demais perfis. Também são apresentados os níveis de conforto acústico (NCA) para “área mista predominantemente residencial” conforme estabelecido na NBR 10151/2000, utilizados como padrões balizadores para avaliar o nível de incômodo à comunidade.

Tabela V.1.4-1 - Nível de ruído total equivalente, observado em cada receptor no cenário atual e seu respectivo NCA.

Perfil	Nível de Ruído (Leq) em dB(A)	NCA em dB(A)	
	Atual	Diurno	Noturno
1	14,8	55	50
2	14,4		
3	9,3		
4	18,5		
5	10,6		
Total (1+2)	17,6		
Total (3+4+5)	19,6		

Verifica-se que não ocorre nenhuma ultrapassagem do NCA noturno e diurno no cenário atual em todos os receptores considerados.

Os níveis de ruídos efetivamente registrados nas comunidades Caju 1 e Caju 2 se mostraram consideravelmente superiores aos ruídos que essas comunidades recebem dos Terminais MultiRio e MultiCar. Isto indica que os níveis de ruído observados nessas comunidades são resultados de outras fontes mais próximas delas do que os Terminais MultiRio e MultiCar.

V.1.5 - Caracterização Oceanográfica

Temperatura e Salinidade

A Baía de Guanabara é caracterizada por salinidade e temperatura altas (KJERFVE *et al.*, 1997).

Medições de salinidade e temperatura realizadas pela FEEMA (atual INEA) no período de 1980-1993, em 13 estações distribuídas ao longo de toda a Baía, com amostras superficiais e de fundo, indicaram uma média de salinidade de 29,5, com variação total de 9,9 a 36,6. A temperatura teve média de 24,2°C, variando de 17,0 a 31,0°C. Como esperado, a salinidade diminuiu horizontalmente do oceano para as regiões mais interiores de 31,8 para 21,0, na superfície e de 34,59 para 26,1, próximo ao fundo, em decorrência da descarga marginal de água

doce. A temperatura, por sua vez, apresentou aumento desde as estações mais próximas à boca da Baía para as mais interiores. Na superfície, esse aumento foi de 24,6°C para 26,5°C e próximo ao fundo, de 21,4°C para 25,5°C, em resposta à advecção de águas oceânicas mais frias para o interior da Baía (KJERFVE *et al.*, 1997). Nasser (2001) também observou maiores temperaturas nas estações mais próximas à costa analisando dados coletados pela FEEMA em agosto de 1991. Esta instituição também coletou dados em três estações relativamente próximas à área do empreendimento entre os anos de 2003 e 2005, onde foi observada uma variação de salinidade entre 16,4 e 33,9 e de temperatura entre 21°C e 29°C, com média de 24,45°C (NASSER, 2001). Ao comparar estes parâmetros amostrados durante a preamar e a baixamar, Nasser (2001) observou a influência dos movimentos de maré e da intrusão da cunha salina nos valores observados dentro da Baía

As distribuições da salinidade superficial e no fundo são apresentadas nas Figura V.1.5-1 e Figura V.1.5-2, respectivamente. Com base nestes dados, Kjerfve *et al.* (1997) classificaram a área próxima à entrada da Baía de Guanabara como um sistema bem misturado, passando a moderadamente estratificado na altura da Ponte Rio - Niterói.

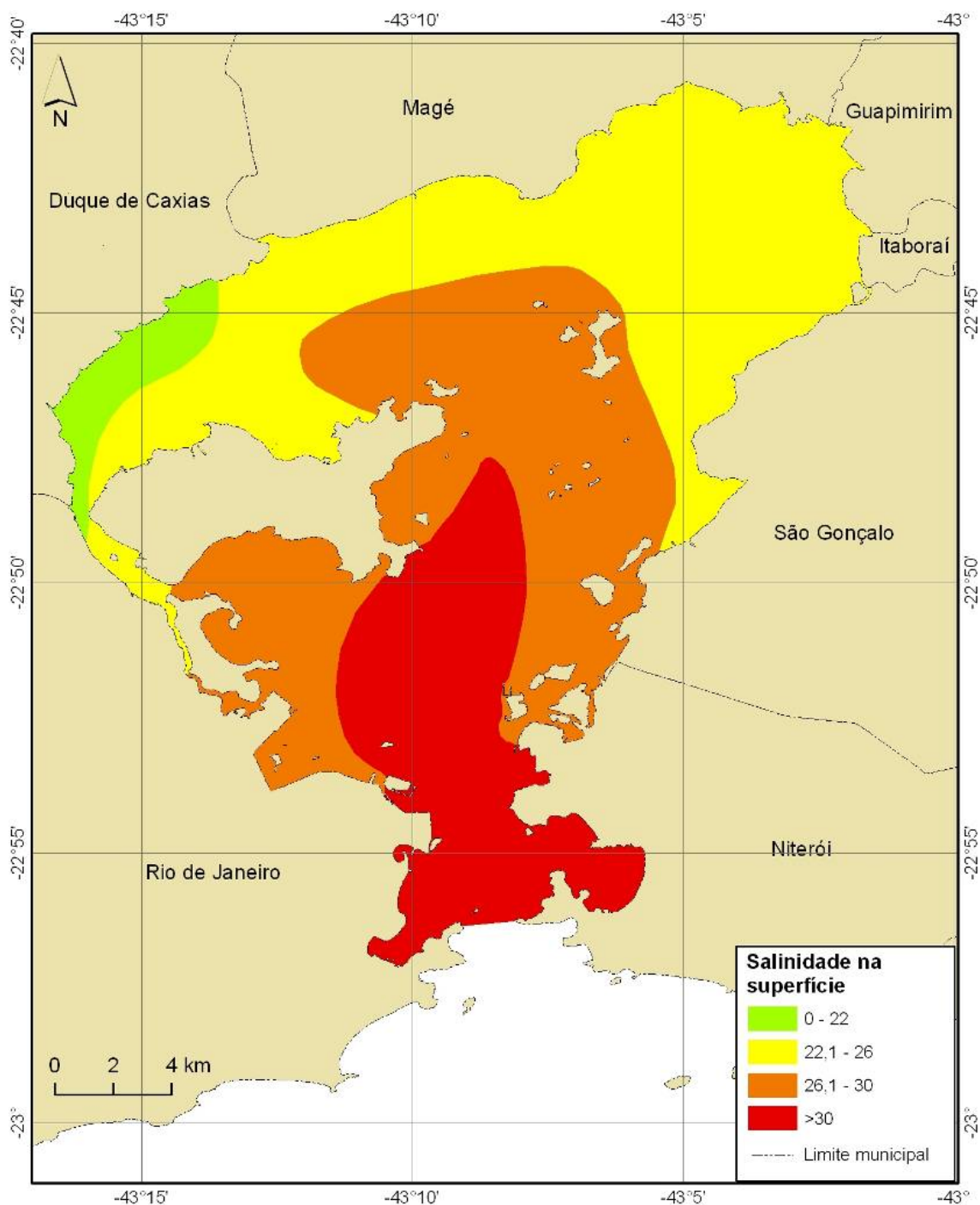


Figura V.1.5-1 – Distribuição de salinidade na superfície para as estações de coleta da FEEMA. Fonte: adaptado de Kjerfve et al. (1997).

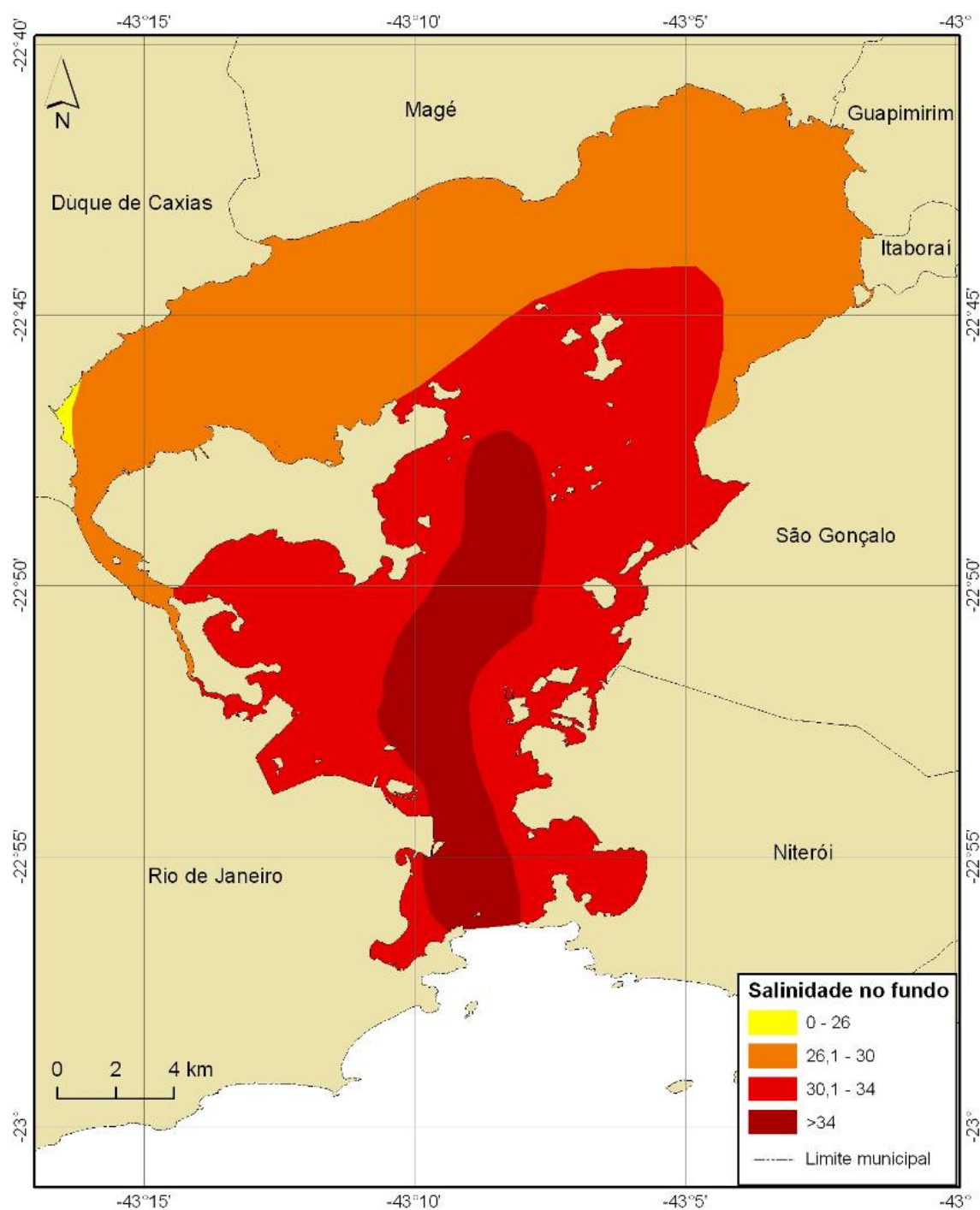


Figura V.1.5-2 - Distribuição de salinidade no fundo para as estações de coleta da FEEMA. Fonte: adaptado de Kjerfve et al. (1997).

Segundo Cunha (1982), há o desenvolvimento de uma cunha salina propiciada pela alta estratificação na porção externa da Baía, onde a água doce, menos densa, flui sobre a água salgada, mais densa. Quando isto ocorre, a troca de água entre essas duas massas d'água é mínima e a amplitude de maré e o aporte de água doce determinam a penetração desta cunha salina, que é mais bem desenvolvida em condições de alta descarga fluvial e baixa amplitude de maré.

Mayr *et al.* (1989) identificaram correlação positiva entre os maiores gradientes verticais de salinidade na coluna d'água e o período de verão, quando ocorre maior precipitação. Da mesma forma, os gradientes termohalinos tendem a se manter nas marés de quadratura e serem mais instáveis nas marés de sizígia, quando a coluna d'água é induzida à maior mistura vertical.

Ondas

Na área litorânea compreendida entre o Rio de Janeiro e Cabo Frio, há predominância da incidência de ondas pelos quadrantes S (44%), SW (39%) e SE (14%) (MEUHE, 1979 *apud* QUARESMA, 1997). Em situações de bom tempo, as alturas significativas observadas encontram-se entre 1,3 e 1,8 m, com período de 7 s (SOUZA, 1988 *apud* KJERFVE *et al.*, 1997)

De maneira geral, a Baía de Guanabara possui águas calmas com pequenas oscilações. A exceção é feita pela passagem de frentes frias, que geram ondas oceânicas de até quatro metros de altura e período de oito a doze segundos (KJERFVE *et al.*, 1997). Ao incidirem nas praias de maior exposição e na entrada da Baía, é comum que estes eventos tenham efeito sobre a estabilidade sedimentar dos terrenos costeiros.

No caso destes eventos extremos, as praias cariocas da Baía de Guanabara somente são atingidas por ressacas quando as ondas possuem direção SE e atingem o litoral com forte intensidade. Nos últimos anos isto tem ocorrido com mais frequência, podendo estar indicando uma variação nas direções de entrada das ondas em respostas as mudanças globais. Na Figura V.1.5-3, temos as principais direções das ondas de ressacas que atingem o litoral carioca.

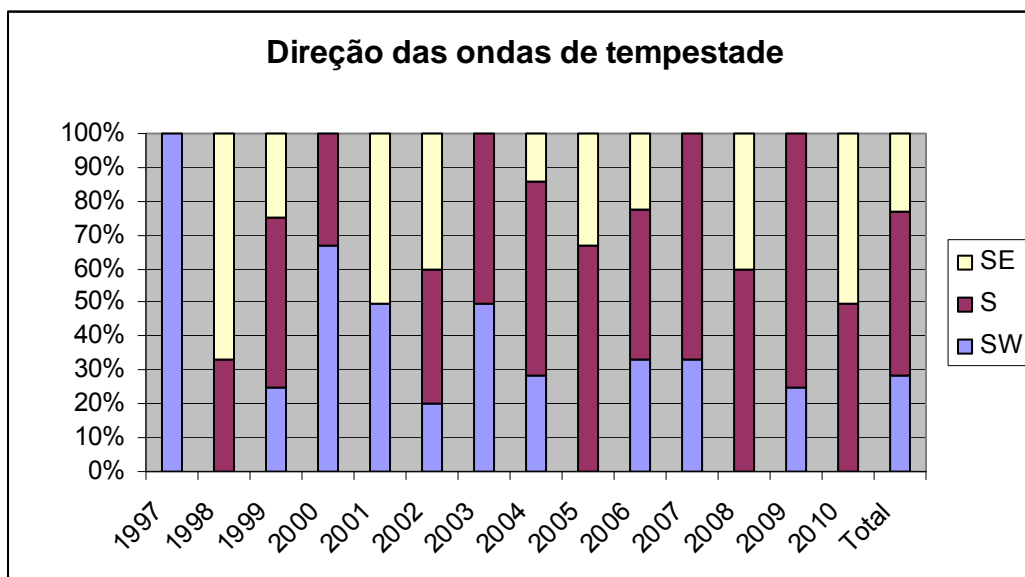


Figura V.1.5-3 - Direções de ataque das ondas de ressacas a partir de dados de reanálise do WW3. Fonte: Pontes, 2010.

Na Baía de Guanabara, tais eventos interferem nos sistemas de transportes aéreos e marinhos. O serviço de barcas fica comprometido e no aeroporto Santos Dumont os pousos e decolagens são cancelados devido à grande quantidade de água na cabeceira da pista no aeroporto (Figura V.1.5-4), além do mau tempo.



Figura V.1.5-4 - Ondas invadindo a cabeceira da pista no Santos Dumont (Foto de Paulo Vitor/ AE, 2010). Fonte: Pontes, 2010

Maré

O número de forma N_f (DEFANT, 1960) calculado para o registro de maré da estação da Ilha Fiscal, indica uma maré mista com predominância semidiurna ($N_f=0,33$) para a Baía de Guababara (KJERFVE *et al.*, 1997).

A amplitude média da maré é de aproximadamente 0,7 m, com amplitudes em torno de 1,1 m e 0,3 m em marés de sizígia e de quadratura, respectivamente. Pela análise comparativa entre as forças motrizes da maré e a resposta do nível d'água, Kjerfve *et al.* (1997) comprovaram a atenuação de algumas componentes harmônicas e a amplificação de outras, indicando a influência da batimetria e da morfologia da Baía na propagação da onda de maré.

Dados analisados pela DEC/INPH (2009), coletados na Ilha Fiscal, Fortaleza de Santa Cruz, Ponta da Armação e na Ilha de Paquetá entre março de 1991 e março de 1992 indicam a maior amplitude média para a Ilha de Paquetá, com 0,75 m. As alturas das principais componentes harmônicas da maré (M2, S2, K1 e O1) são apresentadas na Tabela V.1.5-1. Uma comparação entre as curvas de maré obtidas em 10 de novembro de 1992 na Ponta da Armação e na Ilha de Paquetá é apresentada na Figura V.1.5-5.

Tabela V.1.5-1 - Componentes Harmônicas da Maré. Fonte: DEC/INPH (2009)

Estação	M2 (cm)	S2 (cm)	K1 (cm)	O1 (cm)	Amplitude 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

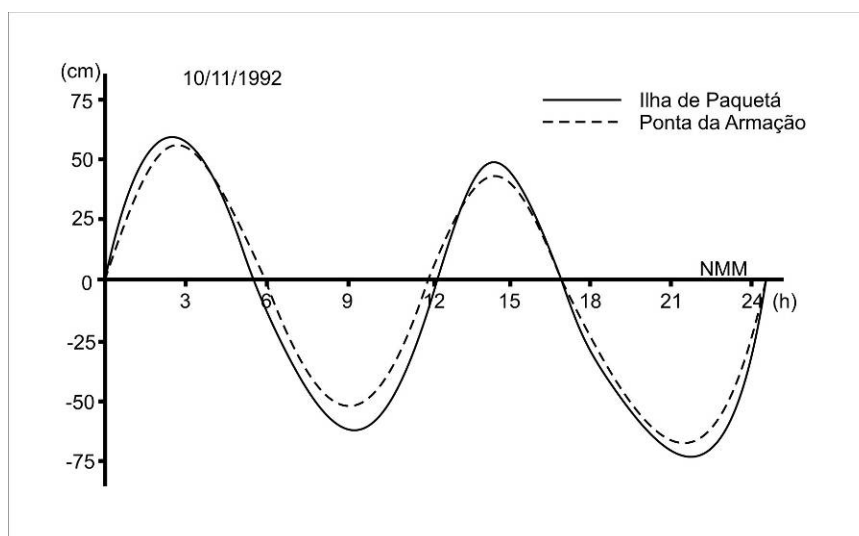


Figura V.1.5-5– Comparação entre curvas de marés obtidas por JICA (1994) em 10 de novembro de 1992, na Ponta da Armação e na Ilha de Paquetá. Adaptado de DEC/INPH (2009).

A partir da Tabela V.1.5-1 e da Figura V.1.5-5 pode-se observar que o nível da água na Ilha de Paquetá é cerca de 12 a 13 cm maior do que na Ponta da Armação, na entrada da Baía. Esta diferença confirma a amplificação da maré em direção ao fundo da Baía tanto para a maré de sizígia como para a de quadratura.

A componente meteorológica da maré pode ser bastante significativa no caso da Baía de Guanabara. Esta componente é gerada pela ação dos ventos de tempestade que empilham a água junto à costa. Devido à ocorrência de frentes frias, que trazem ventos de quadrante Sul, pode ocorrer o represamento da água dentro da Baía. O aumento na altura da maré devido a este efeito varia de 15 a 35 cm na Ponta da Armação (KJERFVE *et al.*, 1997).

Correntes

A circulação na Baía de Guanabara é eminentemente regida pela ação da maré (VILELA, 1992; JICA, 1994; FILIPPO, 1997; KJERFVÉ *et al.*, 1997 e BÉRGAMO, 2006). A BG sofre uma forte influência causada pelo regime de marés, tanto nas oscilações da superfície livre quanto nas correntes (DEFANT, 1960).

As correntes de maré são dominadas principalmente pelas componentes semidiurnas, apresentando direções paralelas às isóbatas locais e valores típicos de 0,8-1,5 m/s no canal da entrada da Baía, 0,3-0,5 m/s no corpo central e menos de 0,3 m/s na área interna (MAYR *et al.*, 1989).

Para a execução do Projeto de despoluição da Baía de Guanabara, foram realizados estudos envolvendo medidas das correntes em nove pontos no interior da Baía (JICA, 1994), destacados na Figura V.1.5-6.

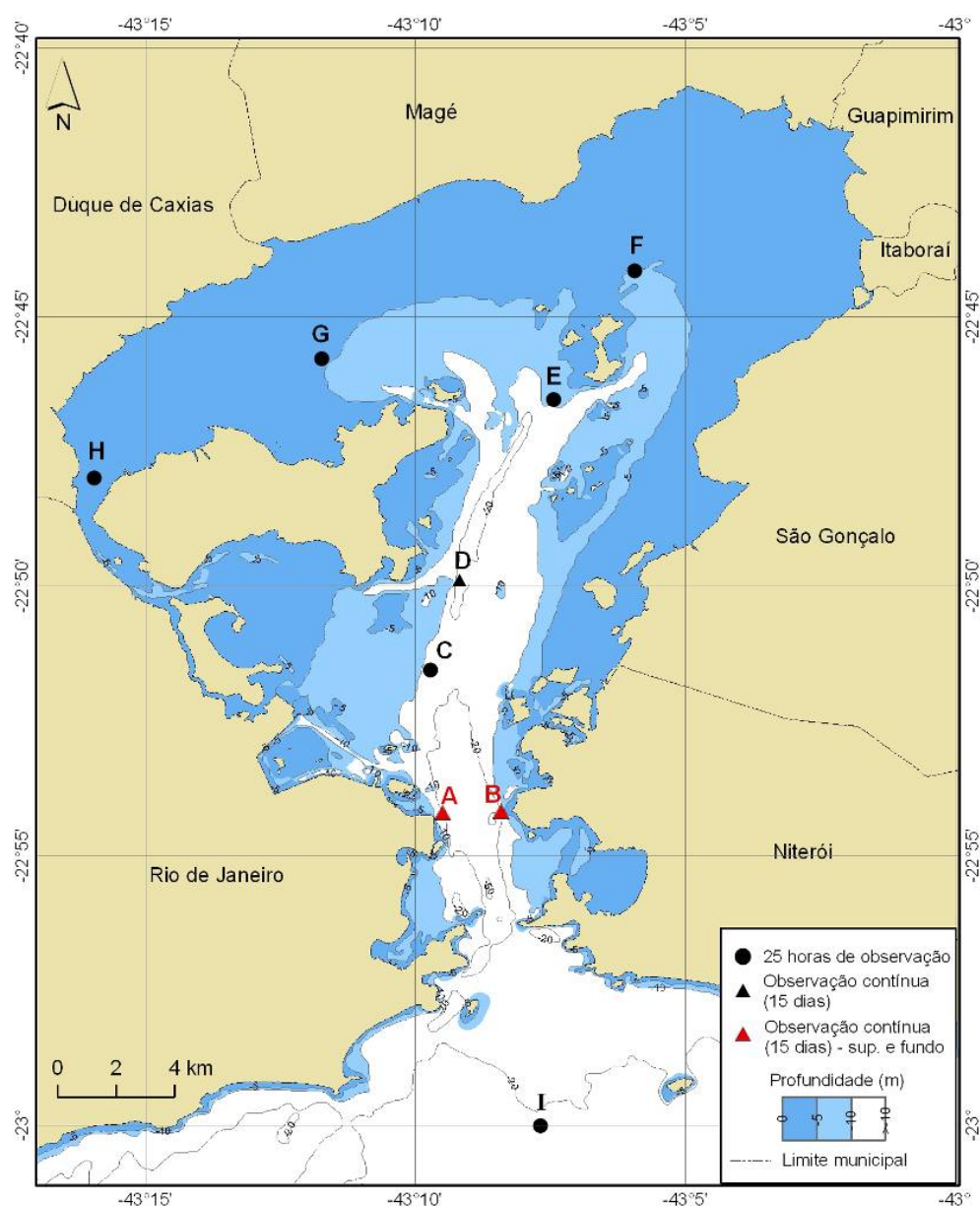


Figura V.1.5-6 – Batimetria e estações de coleta de dados de corrente na Baía de Guanabara. Fonte: JICA (1994).

Nos pontos A, B e D foram coletados dados contínuos por quinze dias, enquanto que nos demais foram realizadas campanhas de vinte e cinco horas contínuas durante a maré de sizígia. Os pontos A e B foram amostrados em dois níveis da coluna d'água, a três metros abaixo da superfície e a cinco metros acima do fundo.

As estações A e B, próximas à boca da barra apresentaram as maiores velocidade de corrente, assim como o canal entre a Ilha do Governador e o continente. De maneira geral, observa-se que as correntes no interior da Baía apresentam maiores velocidades relacionadas aos períodos de maré enchente (KJERFVE, 1997).

Na Figura V.1.5-7 e na Figura V.1.5-8 são apresentadas as direções e as velocidades das correntes de maré vazante e de maré enchente, respectivamente três e onze horas após a preamar de sizígia.

Além dos fluxos relacionados à co-oscilação da maré, a introdução de água marinha dentro da Baía interage com a descarga fluvial e batimetria, repercutindo na qualidade de suas águas e suas características hidrológicas (VALENTIN, 1999).

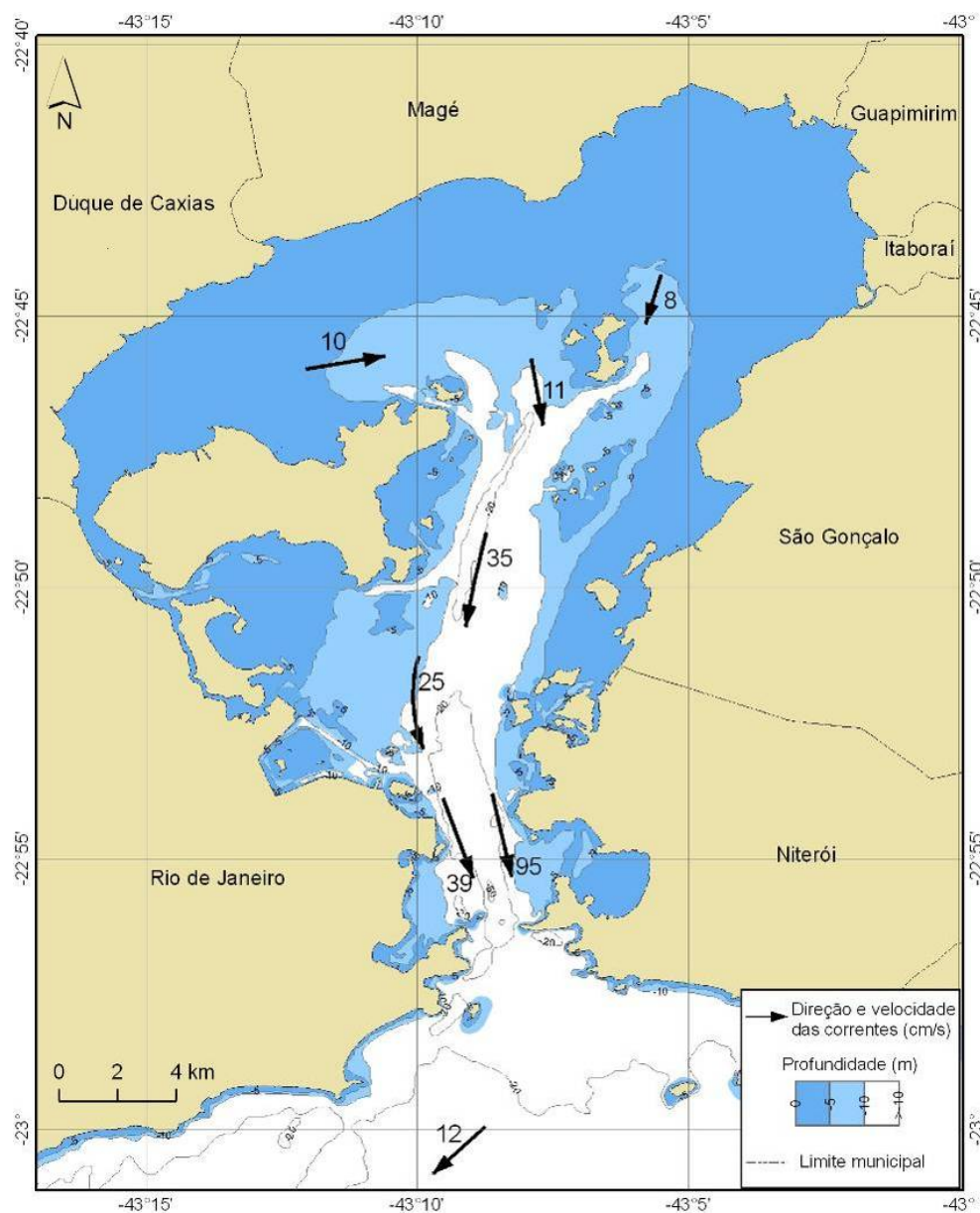


Figura V.1.5-7 – Direções e velocidades das correntes três horas após a preamar de sizígia (maré vazante). Fonte: JICA (1994).

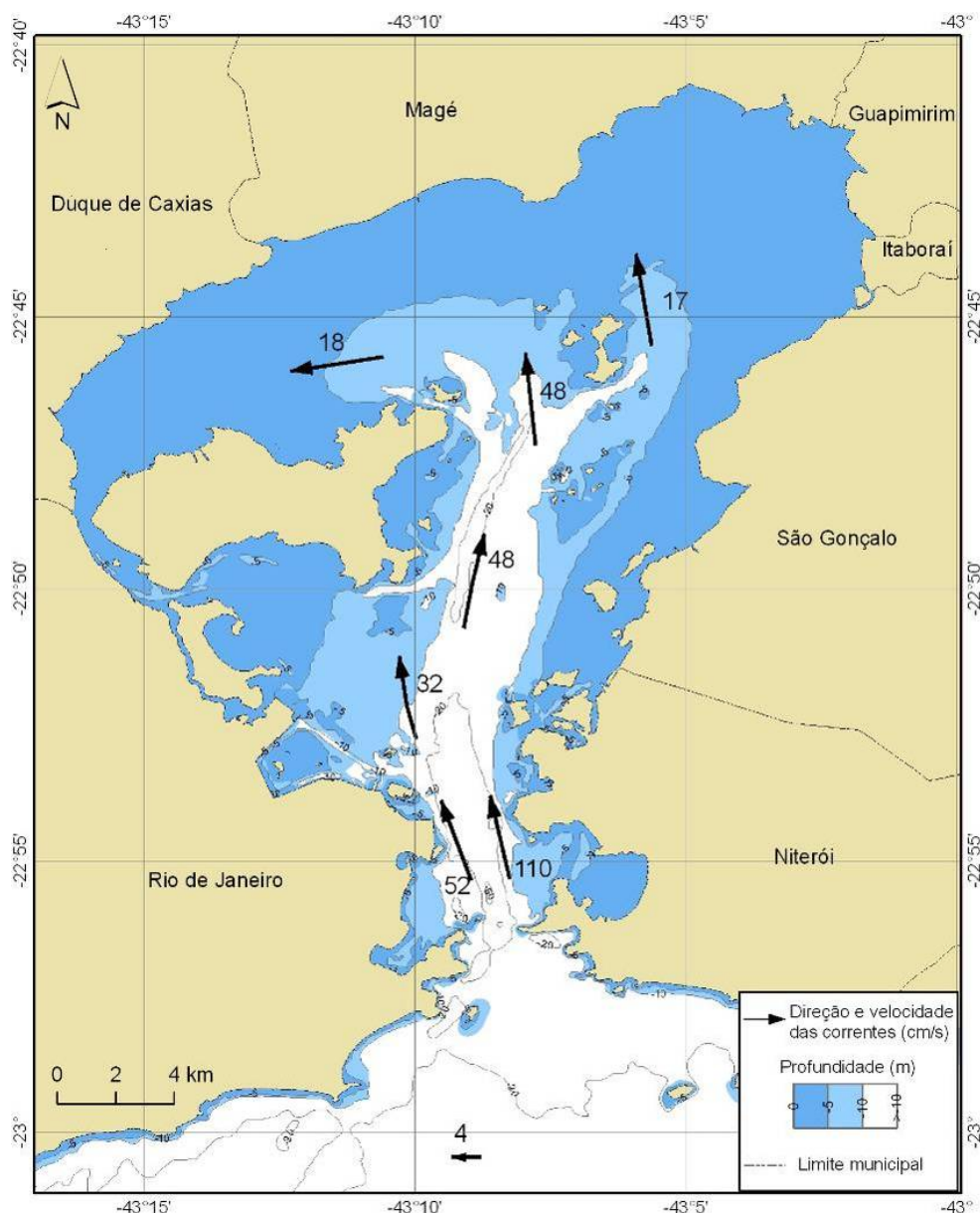


Figura V.1.5-8 – Direções e velocidades de correntes onze horas após a preamar de sizígia (maré enchente). Fonte: JICA (1994).

O Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH) realizou um estudo caracterizando a circulação hidrodinâmica na área do empreendimento, apresentado integralmente no Anexo V-1 – Modelagem Hidrodinâmica. Para tal, foi utilizado o módulo hidrodinâmico do sistema de modelagem MIKE 21 FM, que emprega uma malha de resolução flexível. Na área de maior interesse foi aplicada uma resolução mais fina (INPH, 2011).

A Figura V.1.5-9 apresenta a velocidade e direção das correntes na região dos terminais no cenário atual, considerando uma condição típica de maré enchente.

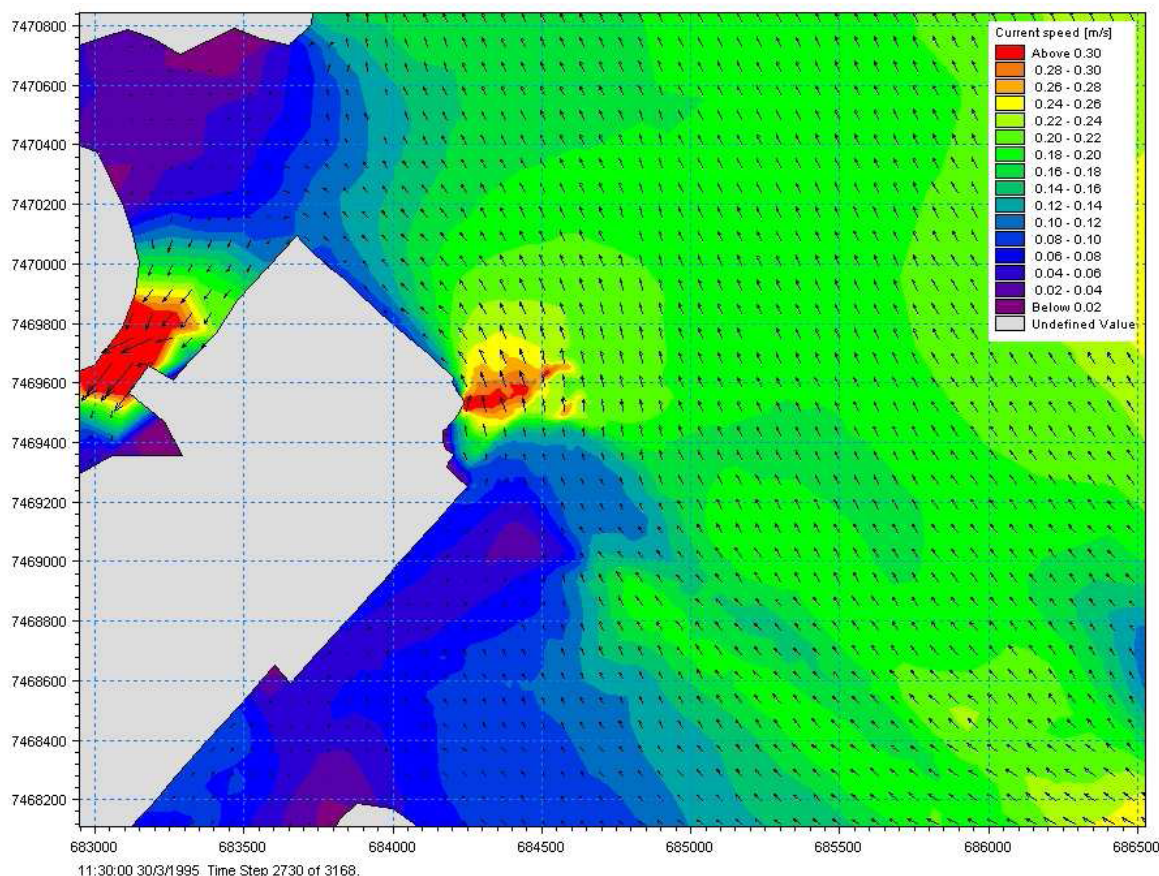


Figura V.1.5-9 – Velocidade e direção de corrente na situação atual em período de maré enchente. Fonte: INPH, 2011.

Neste cenário, as velocidades presentes no local do empreendimento variaram de abaixo de 0,02m/s, nas áreas mais abrigadas adjacentes ao cais e à Ilha da Pombeba, a cerca de 0,30m/s, no limite do Porto do Rio, próximo à Ponte Rio-Niterói. Como esperado, as velocidades na área do cais são muito baixas, não causando transtornos para as manobras necessárias de atracação e desatracação.

A Figura V.1.5-10 mostra a velocidade e direção das correntes num cenário típico de maré vazante. Notam-se intensidades de corrente semelhantes ao

cenário de maré enchente, mas com fluxo para S-SE. Novamente, as velocidades variaram de abaixo de 0,02m/s a cerca de 0,30

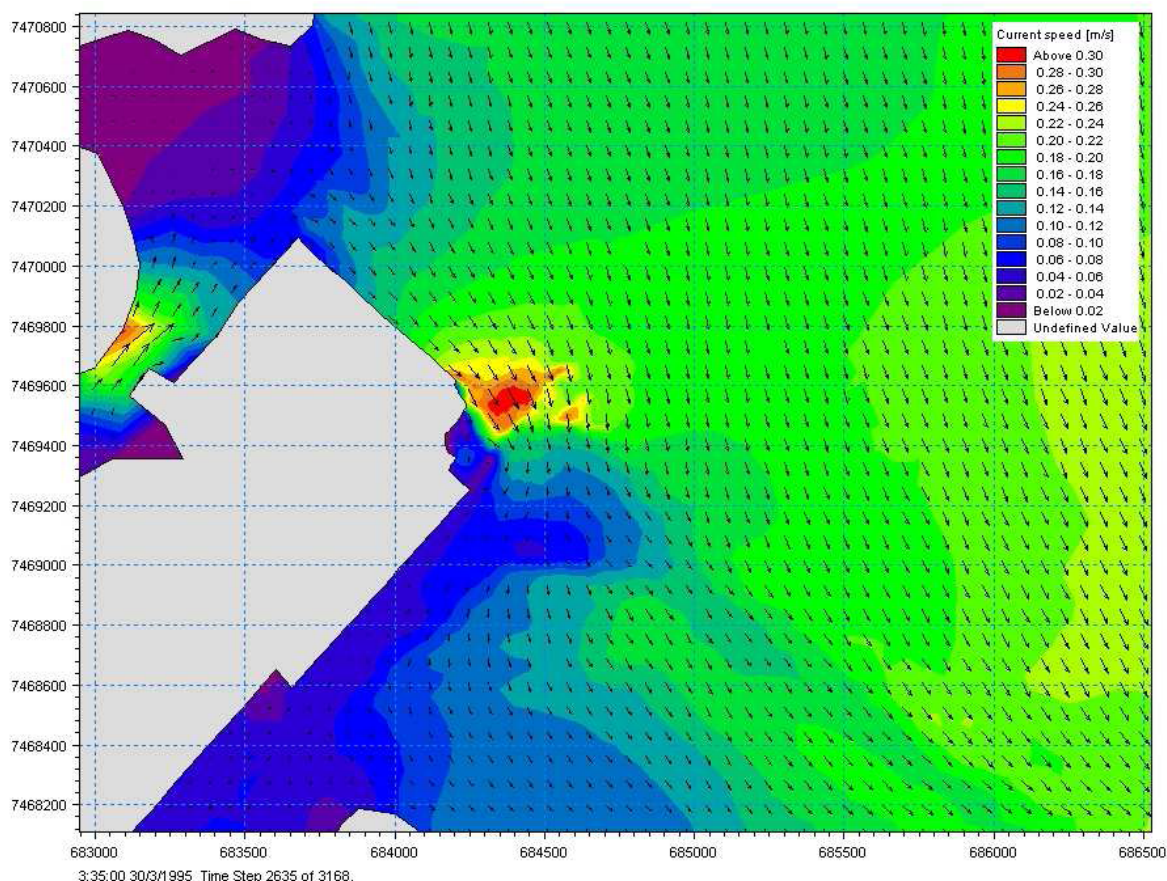


Figura V.1.5-10 – Velocidade e direção de corrente na situação atual em período de maré vazante. Fonte: INPH, 2011.

V.1.6 - Dinâmica e Caracterização de Sedimentos no Fundo Marinho

Ao estudar a caracterização textural dos sedimentos superficiais de fundo e a dinâmica sedimentar da Baía de Guanabara, Guimarães *et al.*(2007) utilizaram o diagrama triangular de Pejrup. Este diagrama oferece a possibilidade de classificar, granulometricamente, o sedimento, com base no conteúdo de areia e lama e também descrever a hidrodinâmica do ambiente deposicional baseada na

composição granulométrica da fração lamosa. Ele é utilizado para classificação de sedimentos estuarinos, através do qual podem ser identificados os teores de argila nos sedimentos lamosos e as condições hidrodinâmicas vigentes durante o processo deposicional dos sedimentos (BAPTISTA NETO & SILVA, 1996).

A Figura V.1.6-1 mostra o mapeamento dos resultados das condições hidrodinâmicas em função das análises granulométricas dos sedimentos de fundo através do diagrama supracitado (GUIMARÃES *et al.* 2007). Pode-se observar que há um decréscimo de energia da parte mais externa (próxima à boca) para a parte mais interna. Pode-se observar, ainda, que a zona de maior hidrodinâmica está localizada no canal central da Baía de Guanabara que se localiza na sua entrada. Nesta área, as amostras são classificadas, de acordo com o diagrama, como A,IV e B,IV, que correspondem, respectivamente, a sedimentos, que contém de 90 a 100% e 50 a 90% de areia, depositados sob condições hidrodinâmicas bastante intensas (Figura V.1.6-1). Nesta área, estão localizadas as maiores profundidades, o que demonstra a forte influência de ondas e correntes de maré.

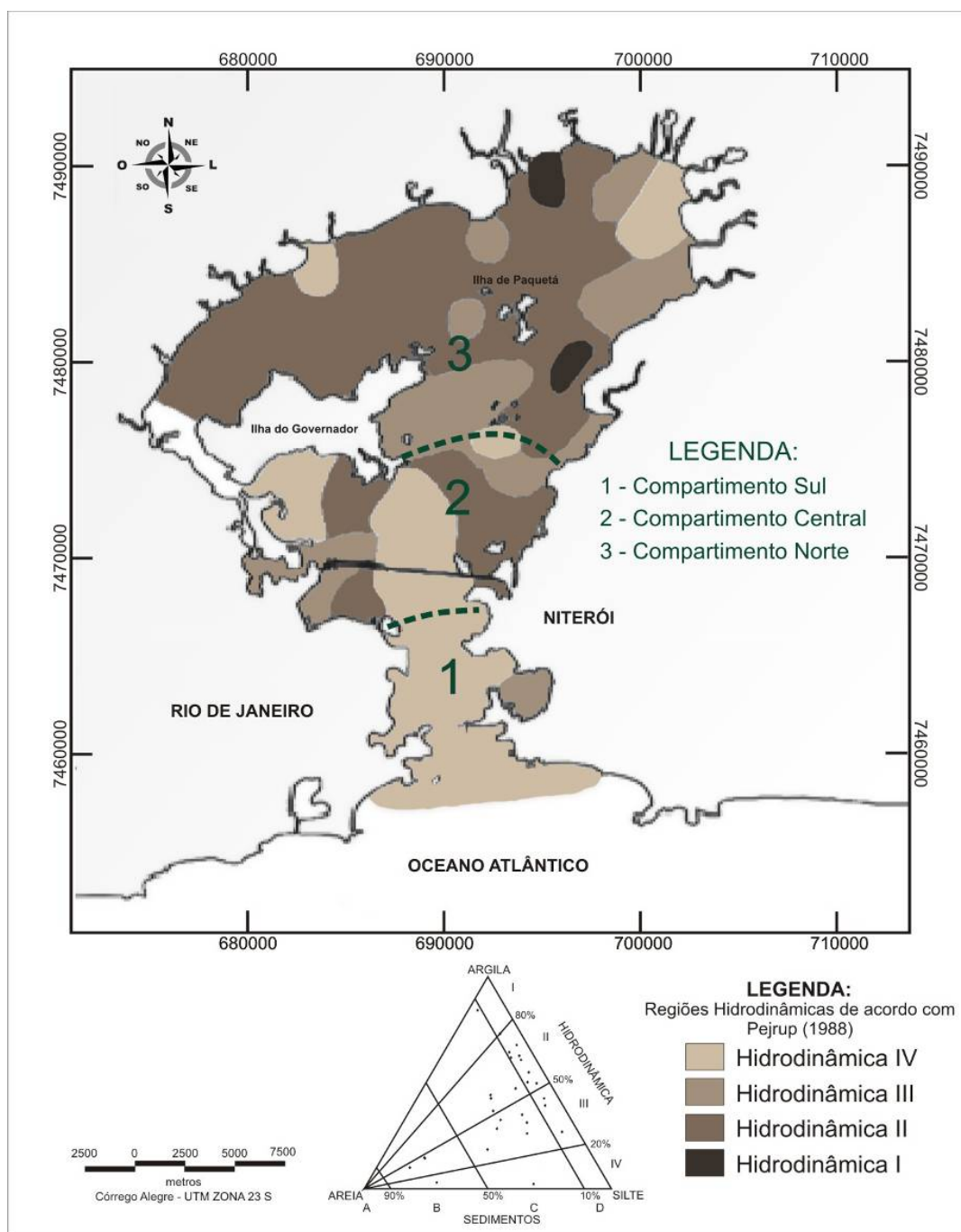


Figura V.1.6-1 – Mapa de hidrodinâmica baseado no Diagrama de Pejrup. Fonte: Adaptado e modificado de Guimarães et al.(2007).

Ainda segundo Guimarães et al.(2007), a Baía pode ser delimitada em três zonas hidrodinâmicas distintas, a saber:

- **Compartimento Sul:** Da entrada da Baía até as proximidades da ponte Rio-Niterói, são encontradas as maiores profundidades e sofrem uma ação mais intensa das correntes de marés. Esta área apresenta hidrodinâmica mais alta (Figura V.1.6-1) impedindo a sedimentação lamosa e promovendo um seccionamento do sedimento. As areias ali presentes apresentam-se como bem a moderadamente selecionadas, com diâmetro médio que varia de areia grossa/média à areia fina/muito fina e com baixa percentagem de matéria orgânica. Ainda nessa área observa-se a existência de um fundo com feições do tipo “sand waves” indicadores de uma dinâmica atuante (CATANZARO, 2002 *apud* GUIMARÃES *et al.*, 2007).
- **Compartimento Central:** A parte central da Baía funciona como uma zona de transição entre um regime hidrodinâmico de maior energia para um de menor energia. Nessa área existem diversas classes granulométricas devido a uma grande mistura de sedimentos. Os sedimentos predominantemente apresentam-se de pobremente a muito pobremente selecionados e com diâmetro médio que varia de areia grossa/média a argila (Figura V.1.6-2). A diminuição das correntes de marés em direção ao interior da Baía induz à diminuição gradativa da granulometria, desde areia fina a muito fina até silte fino a muito fino.
- **Compartimento Norte:** A parte mais interna da Baía de Guanabara, a partir da Ilha do Governador, que é um ambiente de energia muito baixa, abrigado da ação das ondas e correntes de marés, onde são observadas as menores profundidades, com médias inferiores a 5 metros. Os sedimentos apresentam-se de moderadamente a pobremente selecionados, com diâmetro médio que varia de silte fino/muito fino a argila e apresentam altas concentrações de matéria orgânica, demonstrando uma hidrodinâmica muito baixa e forte influência dos sistemas fluviais. O ambiente deposicional desta zona é dominado por águas calmas e as partículas vão decantando lentamente pela coluna d’água.

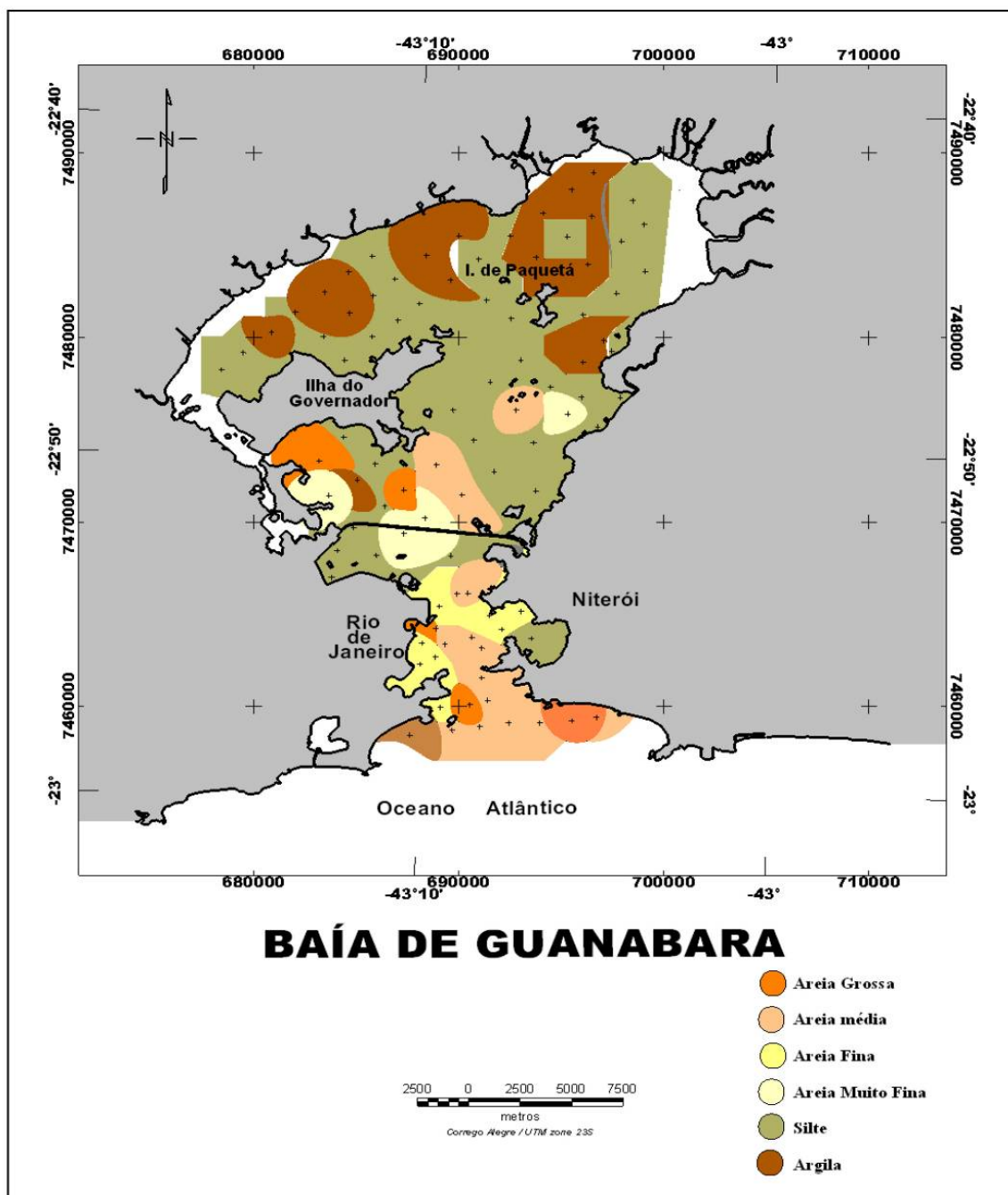


Figura V.1.6-2 – Mapa de Faciologia da Baía de Guanabara. Fonte: Malta (2005).

Nota-se que na área do Porto do Rio, segundo Malta (2005) há predominância da fração silte nos sedimentos.

A empresa Geologus (2011) realizou sondagens do tipo JET-PROBE na área do Porto do Rio nos pontos apresentados na Figura V.1.6-3.

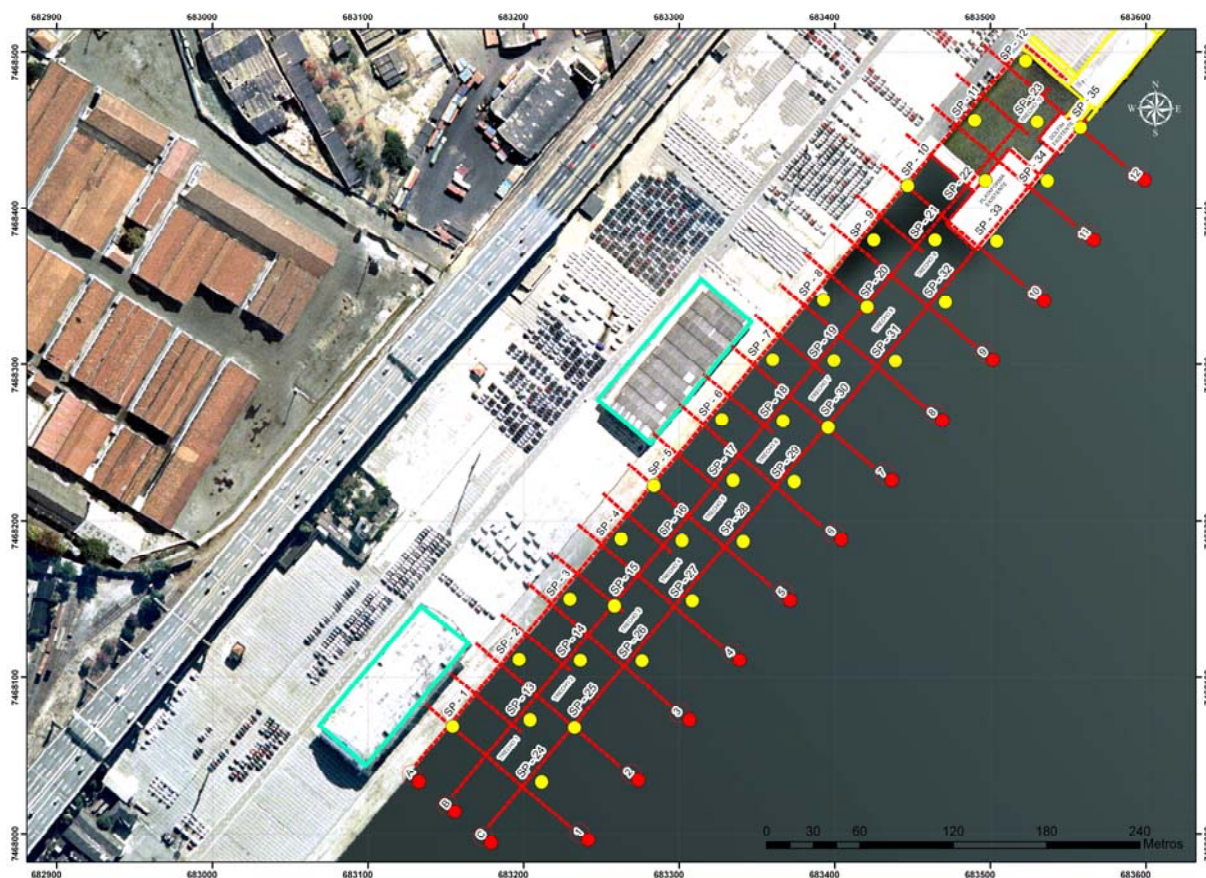


Figura V.1.6-3 – Malha dos pontos de sondagem e JET-PROBE. Fonte: Geologus (2011).

Os resultados indicam que a maioria das amostras é composta de argilas orgânicas nas camadas mais superficiais. A análise granulométrica de algumas amostras consideradas de interesse (SP-1, SP-2, SP-3, SP-4, SP-5, SP-6, SP-13, SP-15, SP-16, SP-17, SP-24, SP-25, SP-26, SP-27 e SP-29) revelou que a partir de 13m abaixo do assoalho, mais de 50 % dessas amostras são compostas por material de compactação compacta.

V.1.7 - Qualidade da Água

A seguir são apresentadas análises de diversos parâmetros para avaliação da qualidade da água na área do empreendimento.

Os dados mais recentes apresentados foram disponibilizados pela Gerência de Qualidade de Água (GEQUAM) do INEA e abordam os seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólidos em Suspensão Totais, Fósforo, Nitrato e Nitrito Totais. Os dados em questão foram coletados pontualmente e estão apresentados por mês sem exprimir, no entanto, a média mensal. Houve alguns períodos em que os dados não foram coletados ou analisados.

Os valores de referência utilizados são recomendados pela Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), que também estabelece Classes de Qualidade da Água, sendo estas um conjunto de condições e padrões necessários ao atendimento dos usos preponderantes atuais e futuros, conforme apresentado no Quadro V.1.7-1. Ressalta-se que o local do empreendimento em questão, destina-se a atividades de navegação, sendo enquadrado, portanto, na Classe 3 de Qualidade da Água.

Os valores de referência utilizados nos dados disponibilizados pelo INEA são referentes a águas salobras, já que para todas as amostras analisadas em que a salinidade foi medida, foram encontrados valores entre 0,5 e 30 (RESOLUÇÃO CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005)).

Quadro V.1.7-1 – Classes de qualidade para águas salobras e seus respectivos usos de destino. Fonte: Resolução Conama 357/2005.

Classe	Destinação
1	Recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; proteção das comunidades aquáticas; aquicultura e atividade de pesca; abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; irrigação de hortaliças, parques, jardins, campos de esporte e lazer.
2	Pesca amadora; recreação de contato secundário
3	Navegação; harmonia paisagística.

Oxigênio Dissolvido (OD)

Segundo Nasser (2001), a descarga de matéria orgânica, mais elevada na parte interna da Baía de Guanabara, e a entrada de águas oceânicas mais oxigenadas influenciam a distribuição do oxigênio dissolvido (OD).

Dados de JICA (1992 *apud* NASSER, 2001) mostram a influência do aporte de água oceânica, relacionado aos valores mais altos de OD observados na porção mais externa da Baía durante o período de maré cheia. Kjerfve *et al.* (1997) não observaram variações significativas na distribuição horizontal dos valores de OD, com exceção dos locais próximos à descarga de poluentes. Variações maiores foram verificadas verticalmente, ao longo da coluna d'água.

Devido à fotossíntese realizada pelas populações fitoplanctônicas, os maiores valores de OD são observados na superfície e limitados pela profundidade máxima de penetração da luz, quando as concentrações de OD diminuem até praticamente zero, no fundo (VALENTIN *et al.*, 1999). Nesta profundidade há elevada taxa de oxidação da matéria orgânica e diminuição da atividade fotossintética, o que explica os baixos valores de OD (VALENTIN *et al.*, 1999).

O efeito da oscilação da maré sobre os valores de OD pode ser observado na Figura V.1.7-1. A numeração das estações cresce na medida em que os pontos de coleta se aproximam da parte interior da Baía.

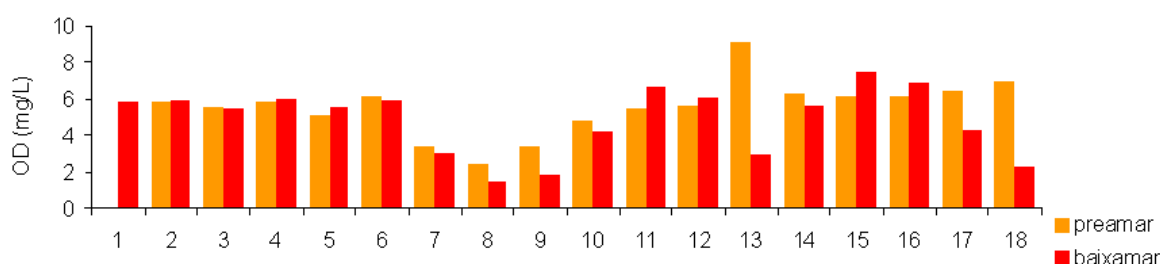


Figura V.1.7-1 - Dados de OD coletados pelo JICA no dia 18 de maio de 1992, durante a preamar e baixamar, na Baía de Guanabara. Fonte: Nasser (2001).

A estação 7 é a estação mais próxima à área do empreendimento, apresentando, para OD, os valores de 3,4 e 2,97 mg/L na preamar e baixamar, respectivamente.

A variação temporal dos valores de OD foi avaliada pela FEEMA (2005), entre 2003 e 2005, para as estações GN22, que se localiza próxima à área do Porto do Rio, GN43, localizada numa região mais costeira próxima a Ilha do Governador e GN64, mais próxima ao limite externo da Baía. Foi observada uma variação de até 12,4 mg/L entre as medidas de OD em um mesmo ponto.

Dados superficiais mais recentes, para os anos de 2007, 2008 e 2010, disponibilizados pela Gerência de Qualidade de Água (GEQUAM), do INEA, são apresentados na Figura V.1.7-2. É possível observar uma variação de aproximadamente 16 mg/L ao longo do período amostrado.

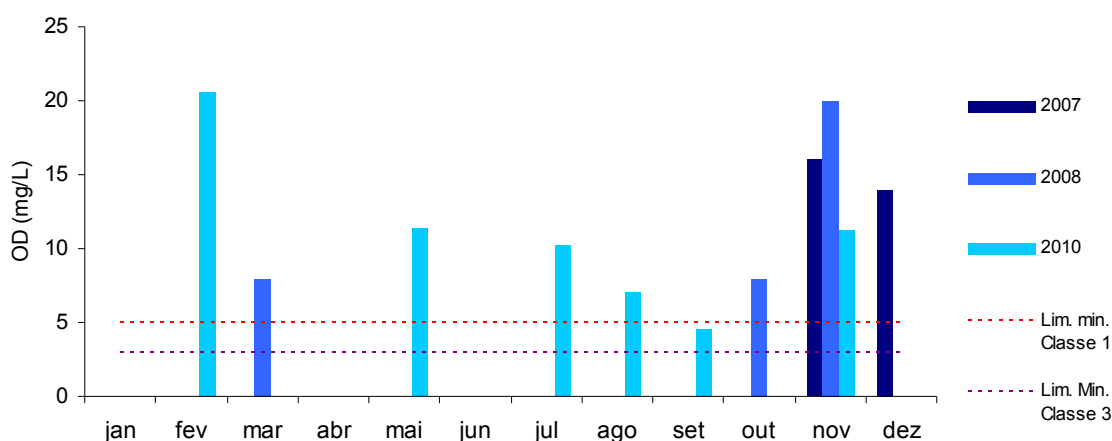


Figura V.1.7-2 - Concentrações de OD da estação de monitoramento do INEA GN22, próxima ao Porto do Rio. Intervalos sem dados indicam ausência de coleta e/ou análise. Fonte: INEA - Gerência de Qualidade de Água.

As linhas pontilhadas no gráfico acima indicam os limites mínimos de OD para enquadramento do corpo d'água nas classes 1 e 3. Nota-se que apenas em uma das amostras, referente ao mês de setembro de 2010, o valor observado foi inferior ao de referência relativo à Classe 1. Porém, todos os valores estão acima da referência para a Classe 3 (3mg/L), no que tange ao parâmetro analisado.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é o parâmetro considerado mais eficiente para se medir os efeitos da poluição causada por efluentes compostos por altas cargas de matéria orgânica em um ambiente aquático (NASSER, 2001). A DBO é considerada um indicador simplificado do complexo fenômeno de eutrofização da Baía de Guanabara.

Segundo Kjerfve *et al.* (1997), os altos índices de DBO observados nos locais mais ao fundo da Baía se devem ao consumo de oxigênio dissolvido na oxidação da matéria orgânica originada de esgoto.

JICA (1994) destaca o esgoto doméstico como a maior fonte de poluição da Baía, sendo responsável por 84,26% da carga total de DBO. Nasser (2001) também identifica as regiões de manguezais como tendo baixo teor de OD e elevada DBO.

Dados da FEEMA (1997 *apud* SCHEEFFER, 2001), de monitoramento entre 1975 e 1992 quando comparados com dados pretéritos revelam a degradação da Baía, com nível médio de DBO variando entre 2,5 e 4 mg/L, na estação seca, e entre 2,3 e 6,3 mg/L, na estação chuvosa. Nos dados da FEEMA (2005), entre 2003 e 2005, o valor máximo, de 13,6 mg/L, foi encontrado no mês de agosto de 2005 (Figura V.1.7-3).

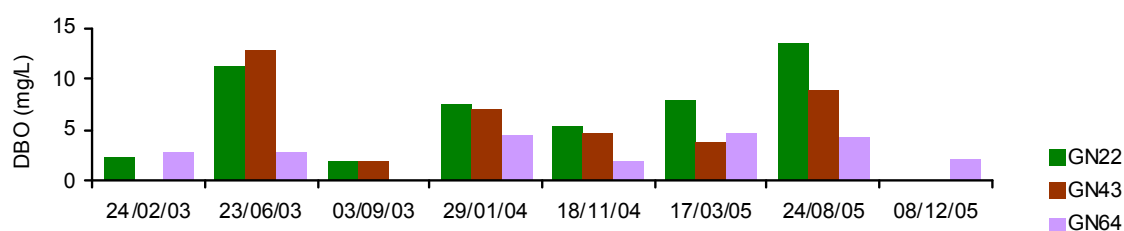


Figura V.1.7-3 - Valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para o período de 2003 a 2005, em três estações de monitoramento da FEEMA na Baía de Guanabara. Fonte: FEEMA (2005).

Destaca-se a variação dos valores de DBO de 2 a 13,6 mg/L para a estação GN22, localizada próxima a área do empreendimento, para os anos de 2007, 2008 e 2010. Na Figura V.1.7-4 são apresentados dados de superfície mais recentes desta mesma estação, onde nota-se que o valor máximo encontrado foi 7,2 mg/L, em setembro de 2010 e o mínimo foi 2,0 mg/L, em maio do mesmo ano.

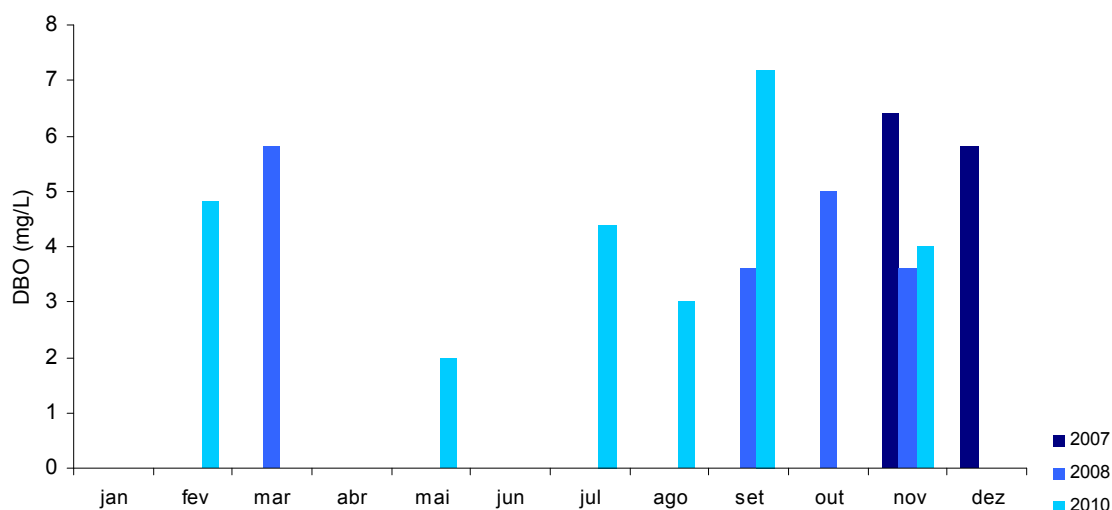


Figura V.1.7-4 - Valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para a estação de monitoramento do INEA GN22, próxima ao porto do Rio. Intervalos sem dados indicam ausência de coleta e/ou análise. Fonte: INEA - Gerência de Qualidade de Água.

Coliformes Totais e Coliformes Fecais

As maiores concentrações de coliformes totais e fecais são observadas na região oeste da Baía de Guanabara, provavelmente em função da proximidade dos locais de despejo de esgoto (NASSER, 2001).

Segundo Kjerfve *et al.* (1997), são observados níveis relativamente baixos de coliformes fecais para a maior parte da Baía, com médias muito mais altas nas regiões ao fundo, como entre a Ilha do Governador e o Fundão. Estas regiões são fortemente impactadas com altos níveis de nitrogênio e fósforo, intensa produção fitoplanctônica, baixo nível de oxigênio dissolvido e altas concentrações de

clorofila-a e coliformes fecais. Os gráficos (a) e (b) da Figura V.1.7-5 apresentam os resultados para coliformes fecais e totais para o dia 18 de maio de 1992.

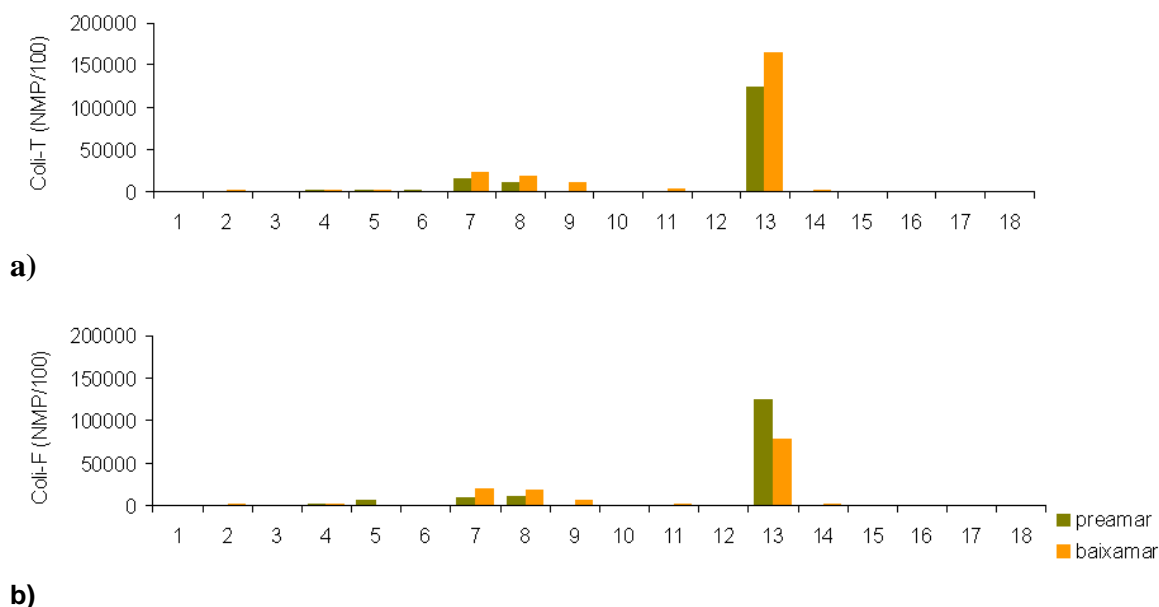


Figura V.1.7-5 - Variação de coliformes fecais (a) e coliformes totais (b) a partir de dados coletados no dia 18 de maio de 1992, durante a preamar e a baixamar, na Baía de Guanabara. Fonte: Nasser (2001).

Para a estação 7, mais próxima à área do Porto do Rio foram encontrados os valores de 16.000 NMP/100 para coliformes totais e 9.000 NMP/100 para coliformes fecais na preamar. Já na baixamar, os resultados foram 23.333,33 NMP/100 e 21.333,33 NMP/100 para coliformes fecais e totais, respectivamente. Os valores mais altos na Baía foram encontrados na estação 13, localizada a noroeste da Ilha do Governador, apresentando 125.000 NMP/100 para coliformes totais e fecais na preamar e 165.000 NMP/100 e 80.000 NMP/100 para coliformes totais e fecais, respectivamente, na baixamar.

De acordo com Lima (2006), há lançamento significativo de efluentes brutos ou parcialmente tratados, provenientes das áreas industriais e residenciais de baixa renda nas áreas ao norte do município do Rio de Janeiro. A qualidade da água no canal entre as Ilhas do Governador e do Fundão, devido à circulação

local restrita, foi qualificada pela FEEMA (1998 *apud* LIMA, 2006) como similar à dos esgotos sanitários parcialmente tratados.

Transparência (Profundidade de Secchi)

A baixa transparência das águas da Baía de Guanabara, observada principalmente em sua área interna e durante períodos chuvosos se deve ao caráter eutrófico da Baía e a grande quantidade de detritos (VALENTIN, 1999). Segundo estes autores, a parte central da Baía apresenta as melhores condições para penetração da luz, o que pode ser atribuído a influência das correntes de maré, que provavelmente diminuem o caráter eutrófico desta região. Nasser (2001) atribui a maior transparência na região à influência de águas oceânicas, em particular durante a maré enchente.

Em campanha de monitoramento realizada entre os anos de 1975 e 1992 para o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara, observou-se a redução da transparência das águas de 0,5 m, em média em todos os pontos monitorados (PDBG/FEEMA, 1997 *apud* SCHEEFFER, 2001)

Considerando as estações de coleta da FEEMA (2005) GN22, GN43 e GN64 no período de 2003 a 2005, o valor médio encontrado para a transparência foi de aproximadamente 1,0 m. Estes dados estão expressos na Figura V.1.7-6.

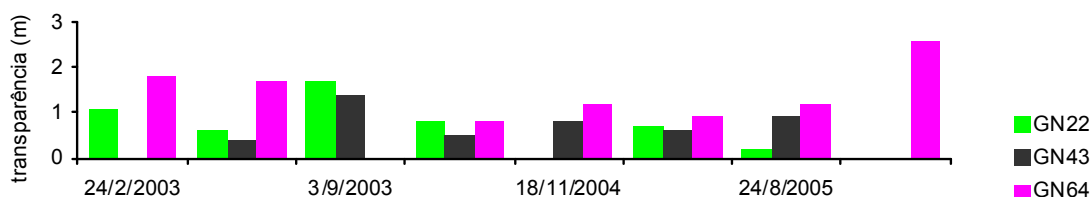


Figura V.1.7-6 - Valores de transparência (profundidade de Secchi) para o período de 2003 a 2005, em três estações de monitoramento na Baía de Guanabara. Fonte: FEEMA (2005).

Sólidos em Suspensão

A concentração de sólidos em suspensão é, geralmente, inversamente proporcional ao valor de transparência. Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos de água.

De acordo com Nasser (2001), a concentração dos sólidos em suspensão dentro da Baía de Guanabara varia na faixa de 5 mg/L a 32,5 mg/L. Observou-se ainda, com base em modelos, concentrações mais elevadas no entorno da Baía, com destaque para a região do rio Sarapuí. A concentração de sólidos é menor no canal central da Baía e nas regiões mais diretamente influenciadas pelas águas oceânicas.

Na região em avançado estado de degradação entre as Ilhas do Governador e do Fundão verificou-se valores de sólidos em suspensão acima de 25 mg/L (JICA, 1994). Essa área está sendo alvo de um projeto de dragagem, que integra o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG), para remoção de sedimentos contaminados visando melhorar a circulação e consequentemente a qualidade da água.

No programa de monitoramento da FEEMA (2005), a concentração de sólidos em suspensão apresentou variações bruscas, apresentando valores desde 9 mg/L, próximo à porção central da entrada da Baía (GN64), até 215 mg/L, em uma estação mais costeira (GN43) (Figura V.1.7-7).

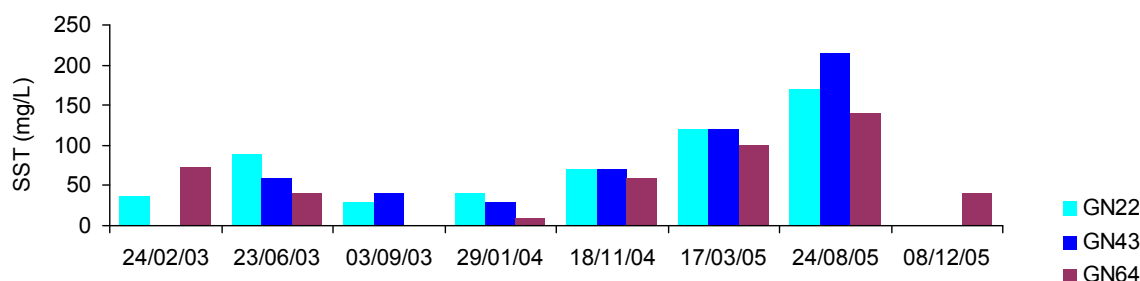


Figura V.1.7-7 - Valores de sólidos em suspensão totais (SST) para o período de 2003 a 2005, em três estações de monitoramento da FEEMA na Baía de Guanabara. Fonte: FEEMA (2005)

A Figura V.1.7-8 apresenta de sólidos em suspensão totais (SST) em águas superficiais na estação GN22 para os anos de 2007, 2008 e 2010. Os valores variaram de 65 a 160 mg/L no período amostrado.

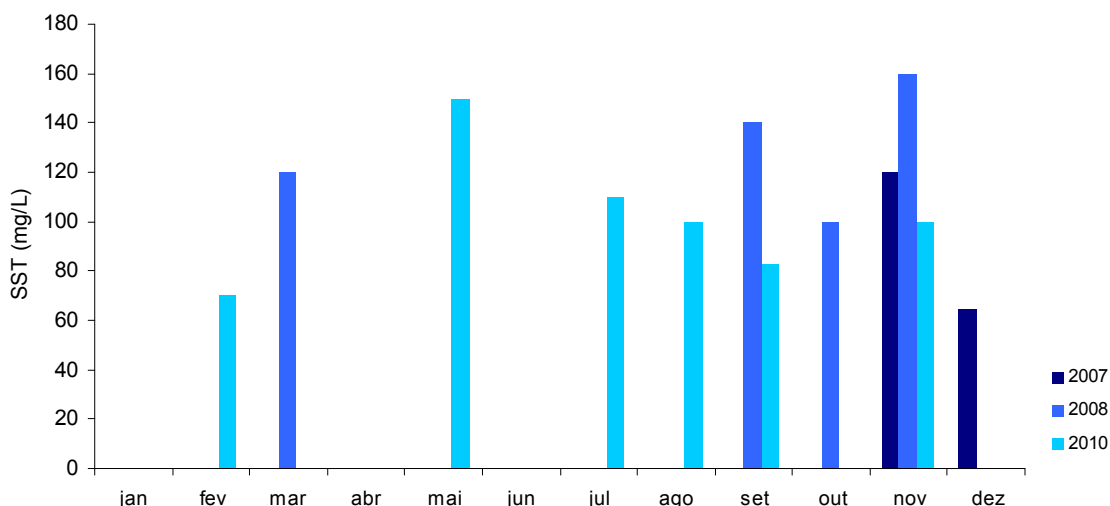


Figura V.1.7-8 - Valores de sólidos em suspensão totais (SST) analisados na estação de monitoramento do INEA GN22. Intervalos sem dados indicam ausência de coleta e/ou análise. Fonte: INEA - Gerência de Qualidade de Água.

Clorofila-a

A maior concentração de clorofila-a na água está relacionada com a maior disponibilidade de nutrientes e à presença de luz. JICA (1992 *apud* NASSER, 2001) encontrou concentrações mais altas de clorofila-a em torno do eixo do canal central da Baía e intermediários entre as ilhas do Governador e do Fundão e na enseada de Botafogo. As concentrações variaram entre 0,46 µg/L e 148,62 µg/L, como mostra a Figura V.1.7-9.

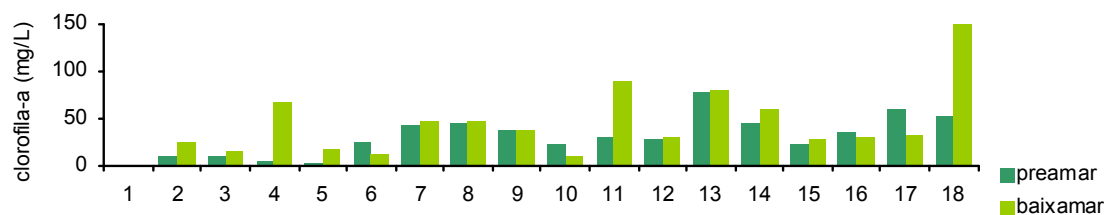


Figura V.1.7-9 - Variação de clorofila-a a partir de dados coletados no dia 18 de maio de 1992, durante a preamar e a baixamar, na Baía de Guanabara. Fonte: Nasser (2001).

Kjerfve *et al.* (1997) encontraram uma concentração média de clorofila-a na Baía de 57 $\mu\text{g/L}$, com maiores valores na sua porção mais interna. No canal central, não foram observados valores maiores que 25 $\mu\text{g/L}$, enquanto que na porção norte, as concentrações variaram de 50 a 134 $\mu\text{g/L}$. A exceção a este padrão de distribuição ocorreu nas proximidades do manguezal de Guapimirim, onde foi observada uma concentração de 27 $\mu\text{g/L}$ de clorofila-a.

Dados do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara apresentaram concentrações 3,7 e 38,7 $\mu\text{g/L}$, na estação seca, e entre 4,8 e 40,8 $\mu\text{g/L}$, na estação chuvosa (SCHEEFFER, 2001)

O rápido crescimento de algas nas regiões sudoeste e noroeste é, segundo Lima (2006), o impacto mais preocupante na Baía. Este crescimento contribui para o aumento da carga total de poluição orgânica na região. São esperados *blooms* com concentrações de clorofila acima de 200 $\mu\text{g/L}$, o que ameaçaria o equilíbrio do ecossistema.

pH

Guimarães (2005), obteve a distribuição do pH para as águas da Baía de Guanabara entre os dias 5 e 7 de abril de 2004, em diferentes condições de maré, onde foi constatado um pH médio de 8,50 ($\pm 0,18$). A enseada de Icaraí apresentou o valor mínimo de 8,02 e o valor máximo de 8,85 foi encontrado ao norte da Ilha do Governador. Os valores de pH tiveram relação indireta com a

temperatura e a salinidade, sendo o maior valor de pH obtido em águas menos salinas de origem continental.

Quiroga, (1999) realizou coletas trimestrais durante os períodos chuvoso e seco em 5 pontos da Baía e encontrou um pH médio 8,45 ($\pm 0,28$). Contador (2000) realizou coletas quinzenais na altura da ponte Rio-Niterói e encontrou um valor médio de 8,13 ($\pm 0,24$).

A Figura V.1.7-10 apresenta os resultados do monitoramento da FEEMA entre os anos de 2003 e 2005.

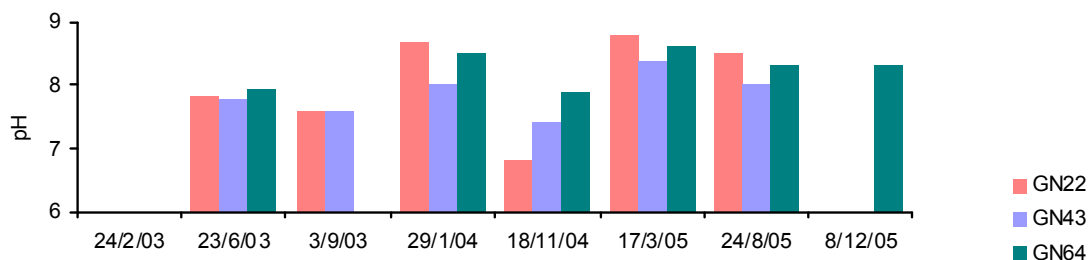


Figura V.1.7-10 - Valores de pH para o período de 2003 a 2005, em três estações de monitoramento na Baía de Guanabara. Fonte: FEEMA (2005).

Foram observadas variações de 6,8 até 8,7, sendo o mínimo em uma estação mais próxima a costa e ao Porto do Rio (GN22) e máximo em uma estação próxima a entrada da Baía (GN64).

Os dados de pH dos anos de 2008 e 2010 da estação GN22 são apresentados na Figura V.1.7-11. Os valores variaram de 7,4 a 8,6, estando dentro do nível de referência para Classe 3, que compreende os valores de 5 a 9.

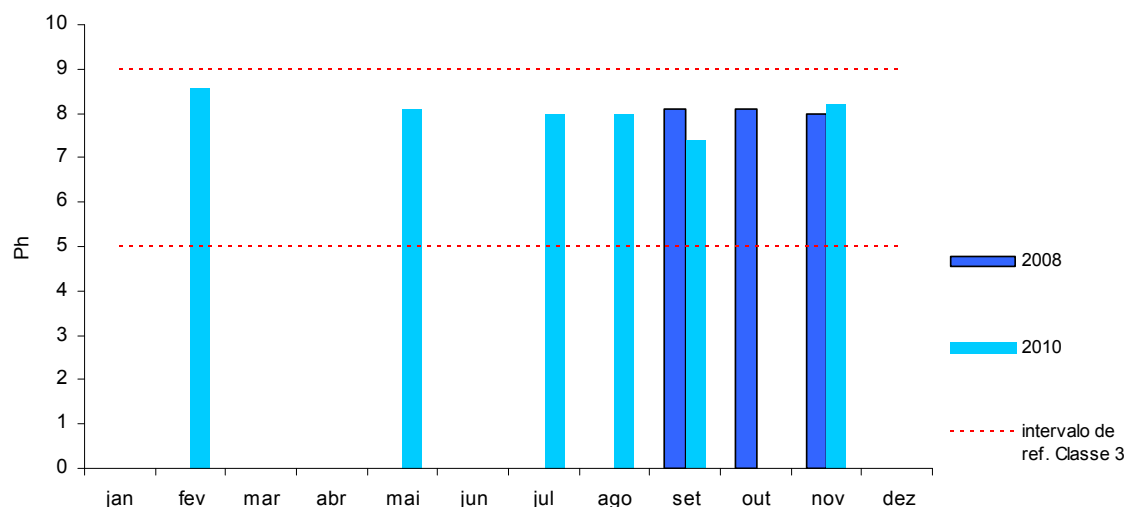


Figura V.1.7-11 - Valores de pH analisados na estação de monitoramento do INEA GN22. Intervalos sem dados indicam ausência de coleta e/ou análise.
Fonte: INEA - Gerência de Qualidade de Água

Metais

Segundo Scheffer (2001), mudanças nos níveis de oxigênio e na carga orgânica podem reciclar os metais retidos nos sedimentos, disponibilizando-os para a coluna d'água. Este processo manteria os níveis de contaminação elevados mesmo após a redução dos lançamentos diretos.

Segundo SEMADS/GTZ (2001a), os principais metais lançados na Baía de Guanabara são o cromo (Cr), oriundo da indústria química e de eletrodeposição; o chumbo (Pb) e o cobre (Cu), da indústria química e petroquímica; e o mercúrio (Hg).

Existem diversos ambientes dentro da Baía, como por exemplo, a Enseada de Jurujuba, localizada próxima a sua entrada, onde Baptista Neto *et al.* (2000) reportam altas concentrações de Pb (61 µg/g), Zn (158 µg/g), Cu (51 µg/g), Cr (89 µg/g) e Ni (48 µg/g) nos sedimentos de fundo. Na região oeste, são observadas algumas das maiores concentrações de metais pesados no sedimento como o cobre e o cromo (ambos provenientes da REDUC). No entanto, os metais que apresentam concentrações em níveis mais críticos são o cádmio, o ferro e o zinco.

Kehrig *et al.* (2002) identificaram que a concentração dissolvida do mercúrio nas amostras de água da Baía de Guanabara variaram de 0,72 a 5,23 ng/L. Ao avaliar a magnificação trófica do metilmercúrio (MeHg), os mesmos autores observaram uma diferença significativa no percentual de MeHg entre os níveis tróficos, o mexilhão apresentou porcentagem mais baixa de MeHg (33%) do que os peixes planctívoros (54%) e os peixes carnívoros (98%). Os autores observaram, ainda, os maiores valores nas amostras da Marina da Glória (5,2 ng/L), que constitui um local com uma baixa circulação e alto tráfego de embarcações, e os menores valores sob a Ponte Rio – Niterói (0,7 ng/l), um local de alta energia e com maior renovação de água.

Nutrientes

Valentin *et al.* (1999) encontraram elevadas concentrações de fósforo (≤ 308 mM) e amônia (≤ 650 mM) associadas ao impacto antrópico nas áreas internas da Baía. Lima (2006) também relacionou os altos valores de nutrientes ao agravamento da degradação do ambiente, especialmente nas áreas oeste e noroeste, e aos *blooms*, ligados ao processo de eutrofização.

Scheeffer (2001) encontrou baixas concentrações de ortofosfato e nitrogênio amoniacal associadas às regiões contendo águas com maior salinidade. Esta situação foi observada no canal central e é inversa à dos pontos próximos à margem oeste (área relativamente mais degradada). O autor destacou ainda que, quando acumulados nos sedimentos, fósforo e nitrogênio poderão ser liberados para a coluna d'água continuamente durante longo intervalo temporal.

Kjerfve *et al.* (1997) encontraram diferenças significativas nas concentrações de nitrogênio total, fósforo total, amônia, e fosfato, entre as águas superficiais e inferiores na porção mais interna da Baía. Foram observadas concentrações de nutrientes mais elevadas nas águas superficiais, menos salinas.

Na parte interna da Baía, a amônia foi duas vezes maior e o fosfato, cinco vezes maior em comparação aos valores obtidos perto da entrada da Baía.

JICA (2002 *apud* LIMA, 2006) estimou para o ano 2000 uma carga poluidora lançada na Baía de 72 t de nitrogênio e 18,4 t de fósforo totais por dia. A partir destes valores, Lima (2006) definiu o balanço de massa para o nitrogênio, demonstrando

que a carga deste nutriente proveniente da bacia hidrográfica é de 26.280 t/ano e que a carga exportada para o Oceano Atlântico é de 22.500 t/ano. Portanto, 14,5% da carga lançada é retida na Baía (imobilizada a uma taxa de 9,97 t/km²/ano). Para o fósforo, a carga total que entra na Baía, proveniente da bacia hidrográfica, foi estimada em 6.716 t/ano, das quais 6.149 t são exportadas para o Oceano Atlântico, estimando uma retenção de 8,4% da carga de fósforo (imobilização de 1,48 kg/km²/ano).

Ao correlacionar os valores de OD com amônia entre 1980 e 1990, Lavrado *et al.* (1991) notaram a diminuição da concentração de OD na parte interna, mais a noroeste da Baía ao mesmo tempo em que houve aumento dos teores de amônia.

Guimarães (2005) apresenta uma quantidade significativa de dados coletados no período de 5 a 7 de abril de 2004, em diferentes condições de maré e em 35 estações distribuídas por grande parte da Baía. Todos os resultados indicaram maior concentração de nutrientes no setor oeste da Baía de Guanabara.

O nitrito foi encontrado em menores concentrações (inferiores a 0,5 µM) em estações do canal central, chegando a não detectáveis em estações próximas à Ilha de Paquetá, e em maiores concentrações (superiores a 1,5 µM) ao sul e oeste da Ilha do Governador (GUIMARÃES, 2005). Já as concentrações de nitrato foram menores na região mais interna da Baía e em algumas estações no setor noroeste e oeste. Valores abaixo de 0,5 µM foram observados em estações ao norte da Baía, na altura das praias do Imperador e da China, no município de Magé, a leste da Ilha do Boqueirão, a oeste da praia de Itaoca do município de São Gonçalo e entre a Ilha do Governador e o continente. Concentrações maiores, acima de 1,5 µM, foram encontradas em algumas estações do canal central, a leste e a oeste da Ilha do Governador (GUIMARÃES, 2005).

O nitrogênio amoniacal teve concentrações variando de 2,3 µM a 143 µM. Um pequeno número de amostras apresentou concentrações bem maiores em relação às demais, sendo a costa oeste e noroeste da Ilha do Governador com os maiores valores (143 µM, 101 µM, 88 µM e 85 µM). As concentrações variaram significativamente com a maré, sendo menores na maré enchente; médias durante a estufa de preamar; e maiores do que a média no nível mínimo da baixa-mar (GUIMARÃES, 2005). As concentrações do óxido nitroso variaram de 5,6 nM a 11,8

nM, sem grandes discrepâncias entre os valores e com um padrão de distribuição semelhante ao nitrito e ao nitrogênio amoniacal (maiores no setor oeste e noroeste da Baía) (GUIMARÃES, 2005).

No período de 2003 a 2005, os valores do monitoramento da FEEMA (2005) na Baía de Guanabara, em três estações (GN22, GN43 e GN64); para fósforo total variaram de 0,07 a 0,8 mg/L. Os valores de nitrato ficaram entre 0,01 e 0,1 mgN/L. As concentrações de nitrito apresentaram ampla variação: de 0,001 a 0,62 mgN/L. Para nitrogênio amoniacal solúvel, as concentrações encontradas variaram entre 0,02 e 2 mgN/L e, para o nitrogênio Kjeldhal, entre 0,33 e 9 mgN/L. O ortofosfato apresentou valores entre 0,01 e 0,5 mg/L. Tais resultados são apresentados na Figura V.1.7-12 e na Figura V.1.7-13.

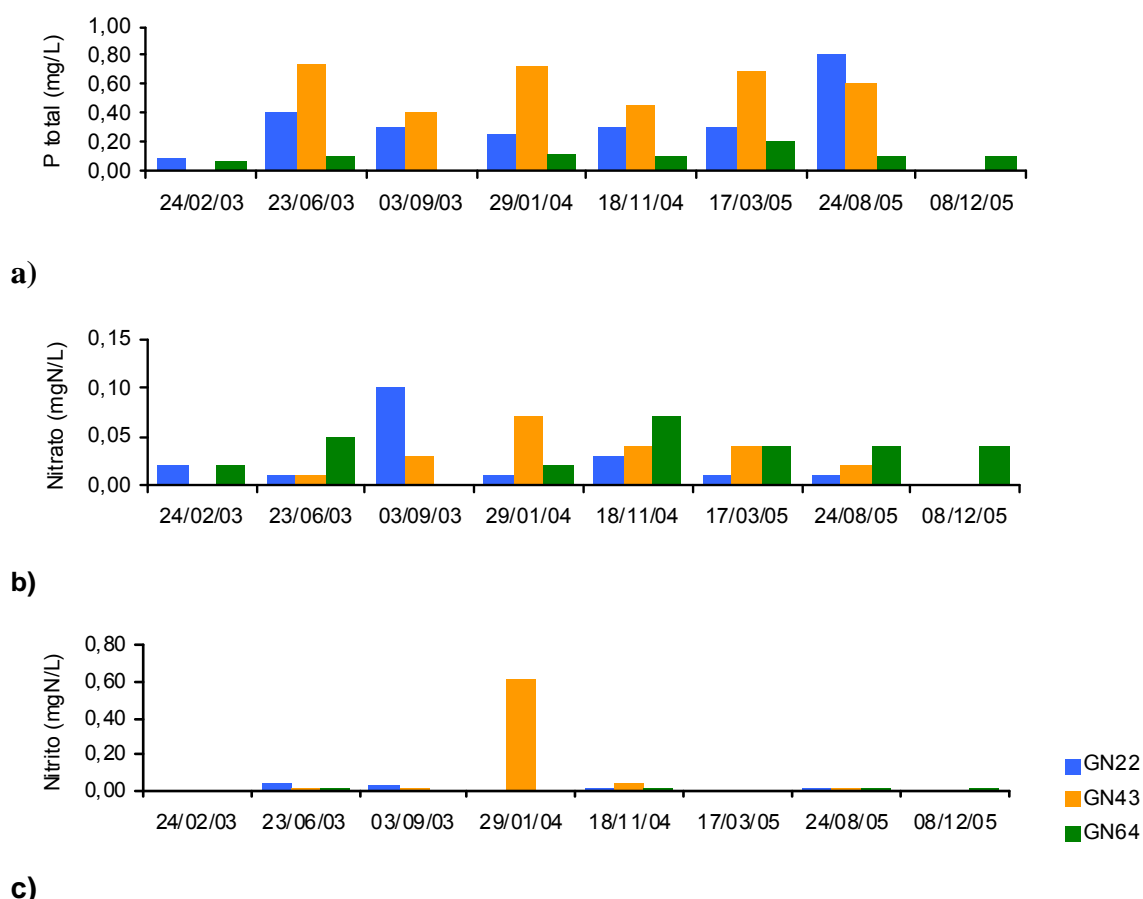
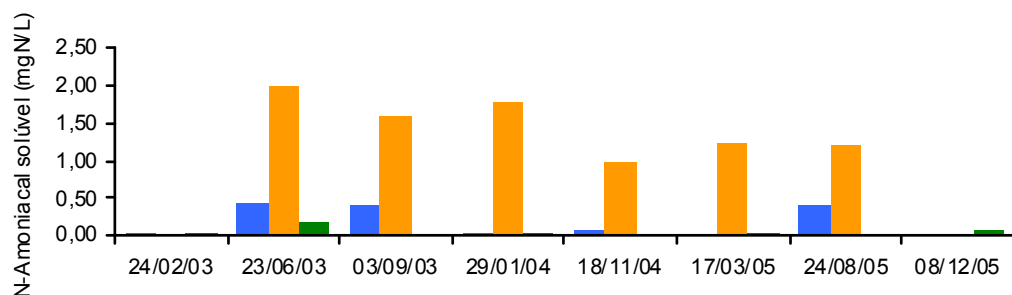
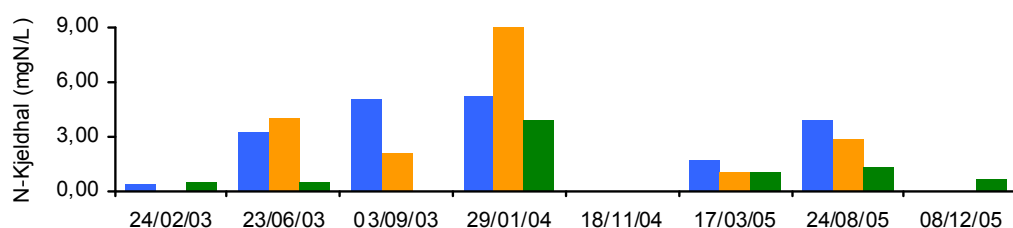


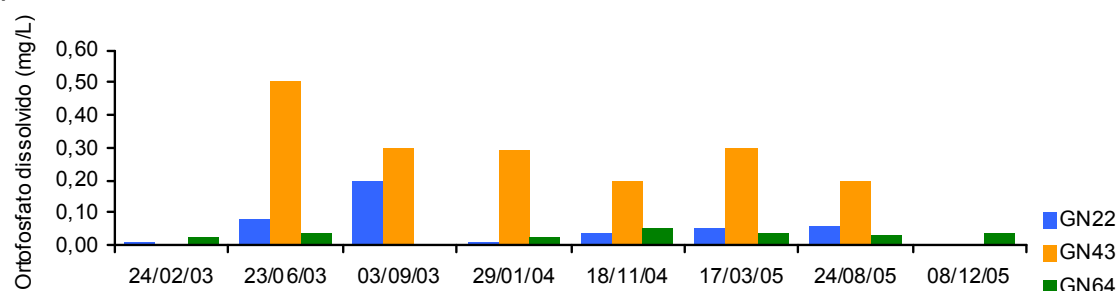
Figura V.1.7-12 – Valores de fósforo total (a), nitrato (b) e nitrito (c) para o período de 2003 a 2005, em três estações de monitoramento na Baía de Guanabara. Fonte: FEEMA (2005)



a)



b)



c)

Figura V.1.7-13 – Valores de nitrogênio amoniacal solúvel (a), nitrogênio Kjeldhal (b) e ortofosfato dissolvido (c) para o período de 2003 a 2005, em três estações de monitoramento na Baía de Guanabara. Fonte: FEEMA (2005)

A Figura V.1.7-14, a seguir, apresenta os dados mais recentes de fósforo, para os anos de 2007, 2008 e 2010, no ponto de monitoramento do INEA mais próximo aos Terminais MultiRio e MultiCar, no Porto do Rio. Nota-se que para a maioria das amostras, a concentração esteve acima do valor de referência tolerado para a Classe 2 de qualidade da água, com exceção das amostras referentes aos meses de outubro de 2008 e agosto de 2010, estando esta última abaixo inclusive do valor de referência para a Classe 1, o que lhe confere qualidade superior.

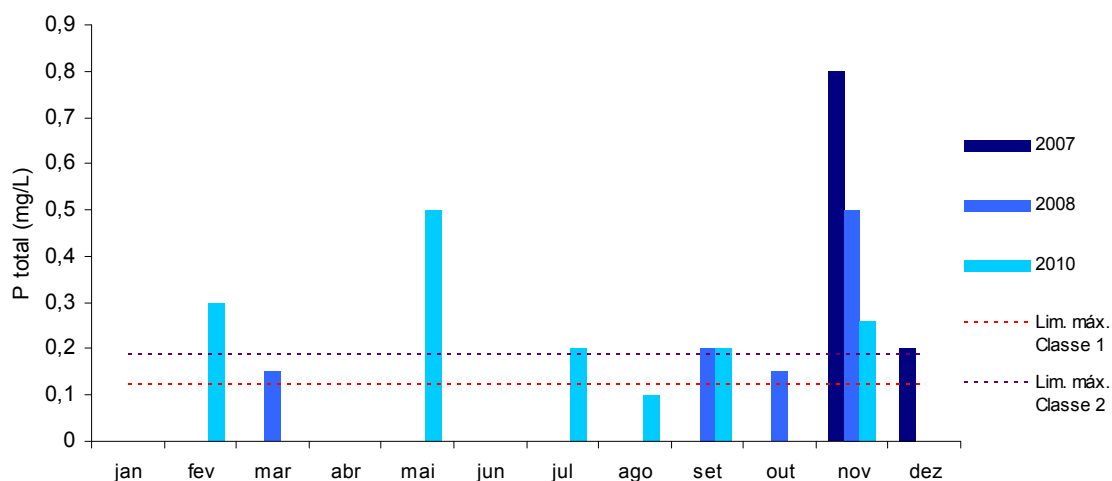


Figura V.1.7-14 – Valores de fósforo total analisados na estação de monitoramento do INEA GN22. Intervalos sem dados indicam ausência de coleta e/ou análise. Fonte: INEA - Gerência de Qualidade de Água.

Na Figura V.1.7-15, são apresentadas as concentrações de nitrato nos dados de monitoramento do INEA. Todos os dados coletados estiveram abaixo do valor de referência da Classe 1 para o parâmetro.

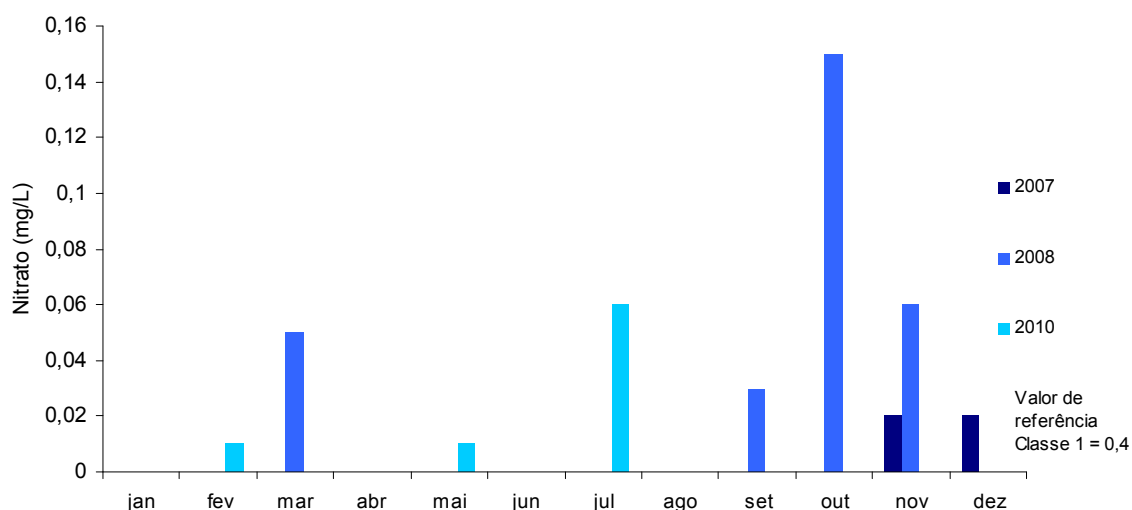


Figura V.1.7-15 – Valores de Nitrato analisados na estação de monitoramento do INEA GN22. Intervalos sem dados indicam ausência de coleta e/ou análise. Fonte: INEA - Gerência de Qualidade de Água.

Os valores de Nitrito para os anos de 2007, 2008 e 2010 estão apresentados na Figura V.1.7-16, onde nota-se que somente dois valores estiveram acima do limite para Classe 1 deste parâmetro. Porém, todas as amostras apresentaram concentrações inferiores ao limite de referência do parâmetro para Classe 2

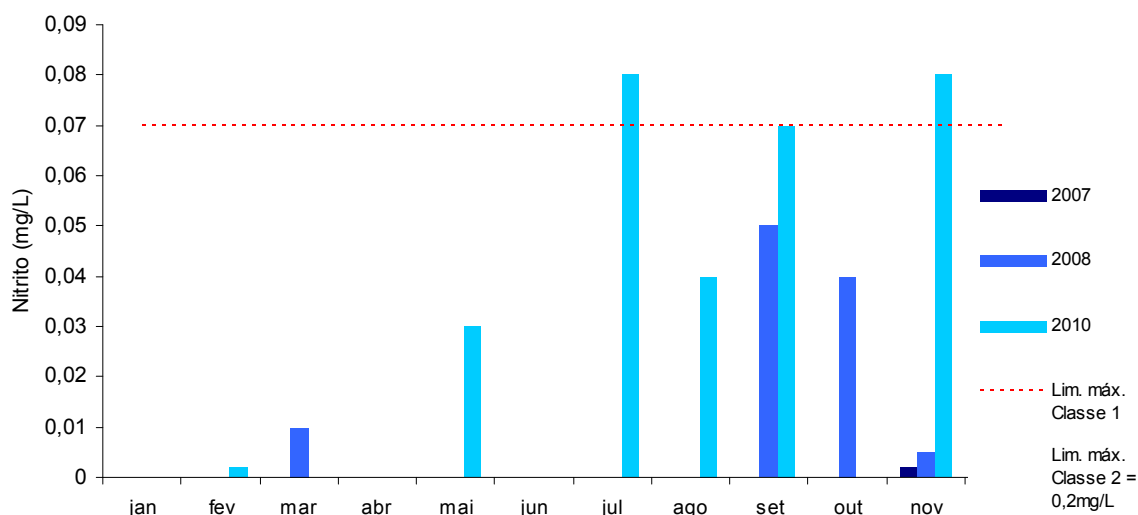


Figura V.1.7-16 – Valores de Nitrito analisados na estação de monitoramento do INEA GN22. Intervalos sem dados indicam ausência de coleta e/ou análise.
Fonte: INEA - Gerência de Qualidade de Água.

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's)

Perin *et al.* (1997) observaram maiores concentrações de HPA's a noroeste da Baía de Guanabara, com índices elevados de compostos carcinogênicos como benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno e benzo(a)fenantreno.

O Consórcio de Universidades REDUC/DTSE (2000) realizou uma análise nas águas da Baía de Guanabara, constatando um aumento da concentração de HPA's após o derramamento de óleo de 18 de janeiro de 2000.

Silva *et al.* (2007) apresentam valores de HPA's nas águas da Baía de Guanabara, identificados e quantificados com o objetivo de verificar o grau de contaminação do ecossistema afetado após o derramamento de janeiro de 2.000 (Figura V.1.7-17).

Médias em percentagem de HPA's (n=15)

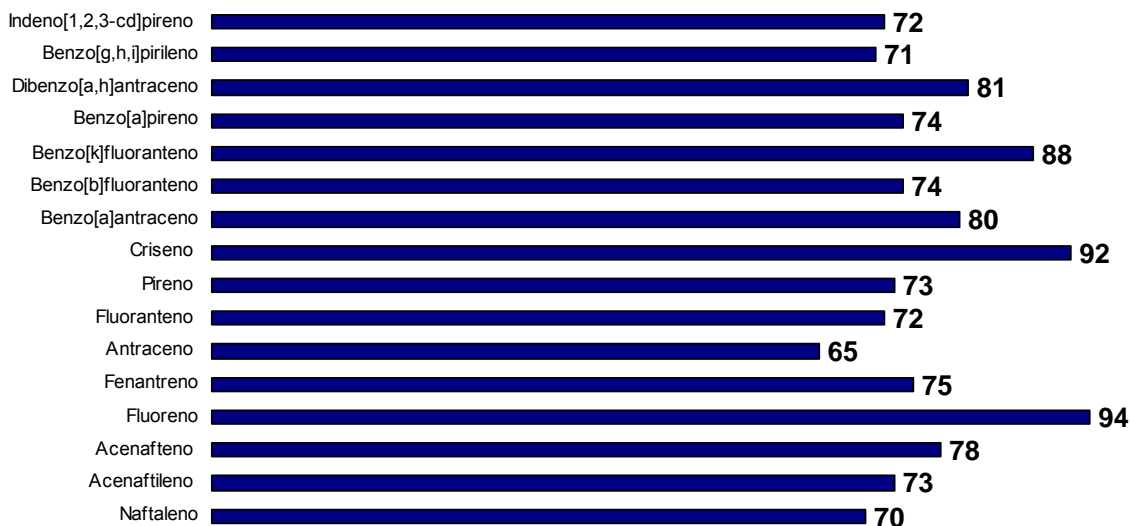


Figura V.1.7-17 - Representação das médias em percentagens de HPA's encontrados.
Fonte: Silva et al. (2007).

A partir dos dados de 34 amostras analisadas em 16 HPA's na área próxima ao acidente, obtidos entre os meses de julho e setembro de 2002, foram encontradas desde concentrações não detectáveis, na praia de Mauá (em julho), até 1,592 ng/L, na Montagem Grandioso (em setembro).

Essas concentrações de HPA's na água não representam valores suficientemente altos para causar alguma toxicidade aos organismos aquáticos. Além disso, foi utilizada a razão entre HPA's de baixa massa molar e HPA's de alta massa molar (BMM/AMM), fenantreno/antraceno e benzo[a]antraceno/criseno como indicadores da origem dos HPAs. Os resultados demonstraram que a grande parte da contaminação da Baía de Guanabara é derivada da queima de combustíveis fósseis.

Foi constatado que, dois anos mais tarde, as concentrações encontradas estavam bem abaixo das observadas 10 dias após o acidente de derramamento de óleo. Em comparação com águas de outras áreas costeiras urbanizadas do mundo inteiro, o índice medido de HPA's da Baía de Guanabara poderia classificá-la como moderadamente contaminada (SILVA et al., 2007).

V.1.8 - Qualidade dos sedimentos

A qualidade dos sedimentos da área do empreendimento foi realizada com base no Relatório de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos para o Projeto de Dragagem do Canal de Acesso, Bacia de Evolução e Berços de Atracação do Porto do Rio de Janeiro realizado pelo INPH (2008a). Foram analisadas amostras superficiais (0 a 0,5 m) e subsuperficiais (0,5 a 1,5 m) nas estações apresentadas na Figura V.1.8-1.

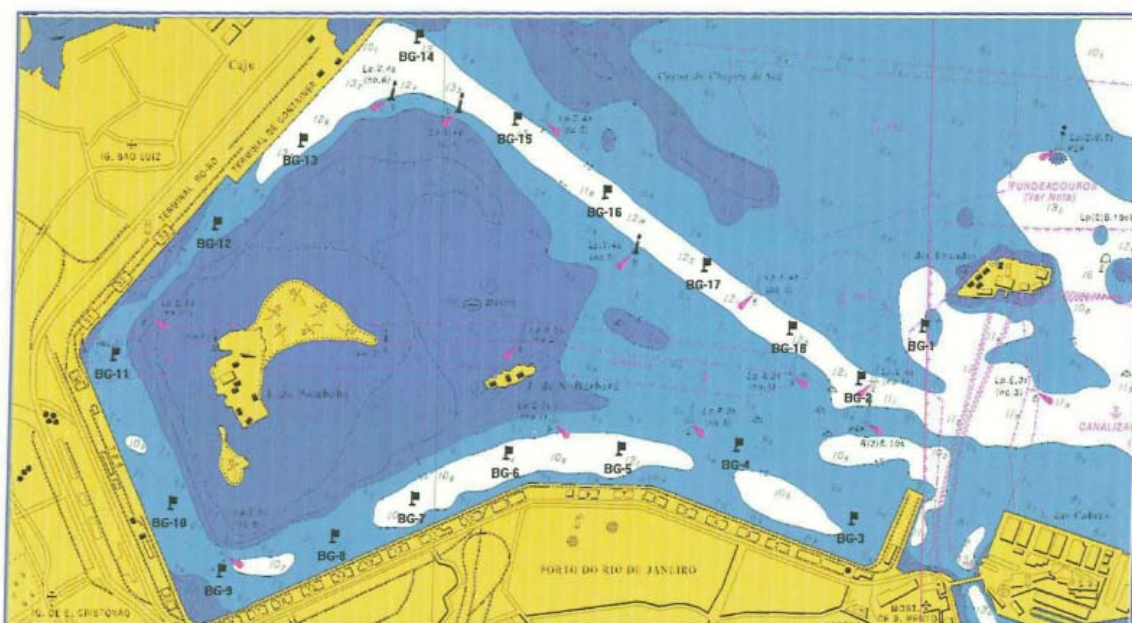


Figura V.1.8-1 – Estações de coleta de sedimentos na área do Porto do Rio de Janeiro.
Fonte: INPH (2008a)

Para a avaliação da qualidade dessas amostras de sedimento, foram considerados os níveis de classificação do material a ser dragado estabelecido pela Resolução CONAMA nº 344 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004), descritos no Tabela V.1.8-1.

Tabela V.1.8-1 – Níveis de classificação do material a ser dragado

Classificação do material a ser dragado	
Nível 1	Limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota
Nível 2	Limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota

Fonte: Brasil (2004)

Em todos os pontos monitorados, com destaque para as estações localizadas nas proximidades do canal do Mangue, parte dos resultados de elementos traços e HPA's encontraram-se entre os níveis 1 e nível 2, e em alguns casos acima do nível 2. Portanto, o canal do Mangue foi identificado como um expressivo exportador de poluentes, onde se observa uma maior concentração de substâncias potencialmente tóxicas para a região do empreendimento e, ainda, modificador substancial das condições da linha de contorno da área portuária, devido a processos de assoreamento causados por fatores antrópicos.

Metais

Nas amostras analisadas, o cobre apresentou teores abaixo do nível 2 para todas as estações de coleta. As maiores concentrações estão entre as estações BG-04 e BG-12, com valores acima no nível 1, chegando até aproximadamente 180 mg/kg tanto em superfície como em subsuperfície.

Para o metal cromo, somente foi observada uma localidade com valor superior ao nível 1 de referência. A estação BG-11 apresentou concentração subsuperficial de cromo em torno de 85 mg/kg.

O níquel também apresentou concentrações abaixo do nível 2 para todos os pontos de coleta. As maiores concentrações, acima do nível 1 foram encontradas da estação BG-08 à BG-11, com valores máximos em torno de 35 mg/kg para a estação BG-11.

Já o mercúrio e zinco apresentaram concentrações acima do nível 2 de referência principalmente nas áreas sob maior influência do Canal do Mangue.

O mercúrio teve concentrações acima do nível 2 na estação BG-01, da estação BG-04 à BG-12 (nesta última somente superficial) e na estação BG-17. Os valores máximos observados giram em torno de 2,00 a 2,20 mg/kg (BG-08, BG-09 e BG-11).

As concentrações acima do nível 2 para o metal zinco são referentes às estações BG-05 a BG-11, com valores máximos próximos a 800 mg/kg na estação BG-11.

Carbono Orgânico Total e Nutrientes

Todas as amostras apresentaram percentuais de carbono orgânico total abaixo do valor alerta preconizado pela Resolução CONAMA nº 344 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004).

As concentrações de fósforo também ficaram abaixo do valor de alerta para todos os pontos de coleta.

Já o N-Kjeldahl apresentou valores acima do nível de alerta na amostra superficial da estação BG-09 e nas amostras superficial e subsuperficial da estação BG-10.

Bifenilas Policloradas (PCB's)

Os valores indicativos de PCB's apresentaram valores abaixo do nível 2. Os valores acima do nível 1 são referentes às estações BG-06, BG-08, BG-10 e BG-11.

Pesticidas Organoclorados

Não foram detectados pesticidas organoclorados em nenhuma das estações do estudo apresentado pelo INPH (2010).

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's)

Com relação aos treze hidrocarbonetos aromáticos policíclicos quantificados nos sedimentos, os pontos amostrados onde o somatório ultrapassou o valor do nível 2 de referência, inserem-se, como nos demais parâmetros analisados, somente no trecho sob influência direta do canal do Mangue - do BG-06 ao BG-11. Vale destacar, ainda, que nos outros pontos amostrados os resultados mostram-se abaixo dos valores preconizados pela resolução de referência (RESOLUÇÃO CONAMA 344/2004), ou mesmo como não detectável. Quanto ao somatório e os níveis percentuais dos HPA's relacionados como pirogênicos e petrogênicos, em função de seu peso molecular, nota-se que os pirogênicos destacam-se dos petrogênicos. Portanto, o impacto da malha viária se destaca no cenário de degradação da qualidade ambiental na Baía de Guanabara. Não obstante, o ponto que indica a presença de petrogênicos encontra-se na região próxima a terminais de produtos petroquímicos e de intensa movimentação de navios petroleiros (canal externo)

Qualidade dos sedimentos utilizados para preenchimento do aterro

Para o preenchimento da área aterrada, serão utilizados sedimentos provenientes da dragagem executada nos canais do Cunha e do Fundão ou de outras dragagens ocorridas no Porto do Rio de Janeiro. Cabe ressaltar que só será aproveitada a fração areia deste material, devidamente descontaminada segundo critérios estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 344 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004). Destaca-se que a areia tem fraco poder de adsorção de nutrientes ou outros poluentes.

V.1.9 - Caracterização Batimétrica da Área de Intervenção

A Baía de Guanabara apresenta uma estreita entrada, com aproximadamente 1,6 km entre as pontas de São João e de Santa Cruz (QUARESMA, 1997). À

medida em que adentra-se os 30 km de extensão N-S em direção ao fundo da Baía, ocorre um alargamento na direção E-W até o máximo de 28 km (KJERFVE *et. al.*, 1997).

Na entrada da barra há um grande banco arenoso que se eleva desde profundidades de 20 m até o mínimo de 11 m (DHN, 1998). Quaresma (1997) atribui a esta feição “uma grande importância no padrão de circulação da Baía, pois o mesmo provoca a canalização das correntes”.

Tomando como base a isóbata de 10 m, pode-se estimar que 70 a 80% da Baía tem profundidades inferiores a 10 m. Como resultado tem-se uma profundidade média de 5,7 m (SEMA, 1998). A mesma isóbata de 10 m pode servir de base para a descrição da feição mais proeminente da Baía, que é o seu canal central (Figura V.1.9-1).

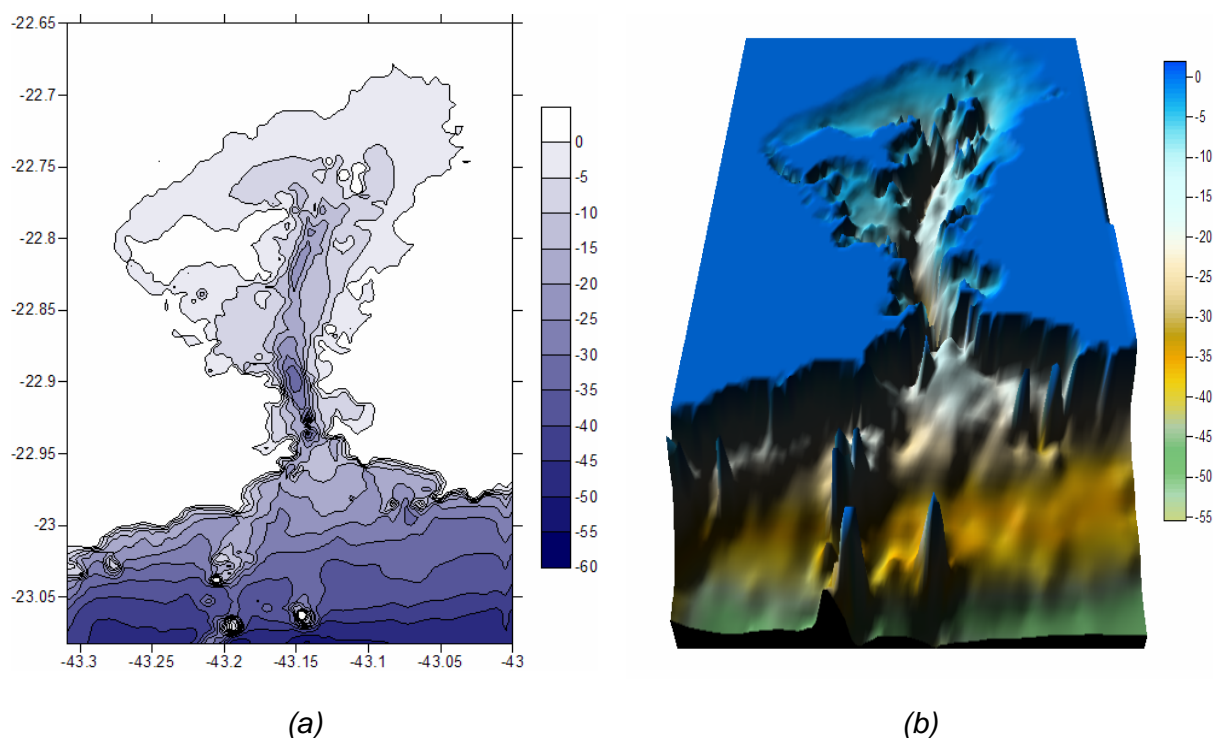


Figura V.1.9-1 – Distribuição das isobatimétricas (a) e relevo do fundo submarino (b) da Baía de Guanabara, obtidos através da digitalização da Carta 1501- DHN. Fonte: Bérnago (2006).

Da entrada da barra até a ponte Rio-Niterói o canal tem direção 348° e largura variando de 1,6 km na boca da barra a 2,0 km. As profundidades mais comuns estão entre 30 e 40 m (QUARESMA, 1997). Na margem leste do canal é descrito um campo de ondas de areia entre as profundidades de 10 m e 26 m, com altura entre 0,5 m e 2,5 m e comprimento de onda variando de 20 m a 100 m (DIAS & QUARESMA, 1996). A partir da ponte Rio-Niterói as profundidades são, em geral, inferiores à 20 m. Apenas à altura da ilha do Governador, na face mais à oeste do canal, a isóbata de 20 metros reaparece.

Na Figura V.1.9-2 é possível observar a batimetria na área do empreendimento expressa no detalhe da carta náutica da região, onde se destaca o canal de navegação do Porto do Rio de Janeiro, com profundidades máximas em torno de 13,3 m.

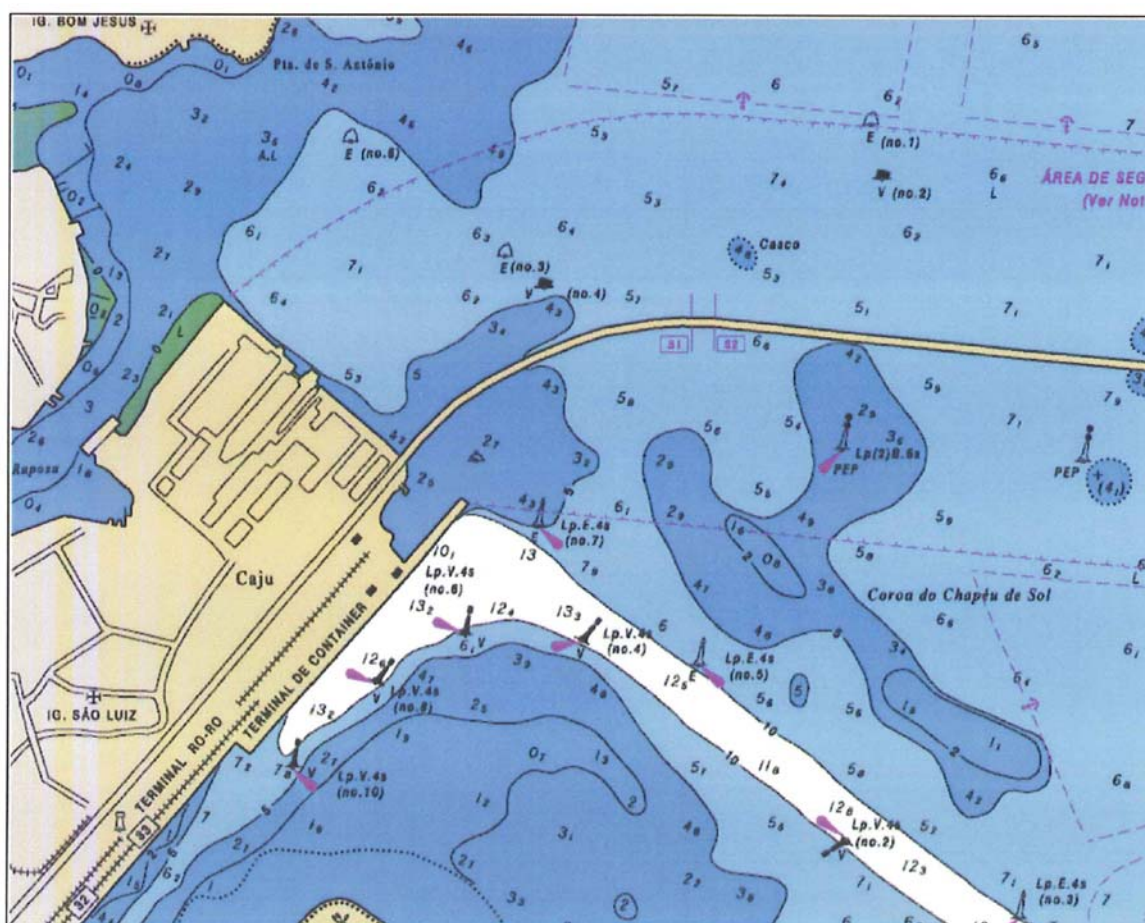


Figura V.1.9-2 – Detalhe da batimetria do canal de navegação do Porto do Rio de Janeiro. Fonte: INPH (2010).

A batimetria mais detalhada da área do empreendimento a ser modificada é apresentada no Mapa V.1.9-1 – Batimetria da Área do Empreendimento. A área a ser aterrada tem profundidades de 1 a 5m, enquanto que a área adjacente aos atuais berços de atracação tem profundidade máxima de 15 m.

V.1.10 - Estabilização dos sedimentos

Na área a ser modificada, foram realizadas sondagens à percussão conforme o plano apresentado na Figura V.1.6-3. Destes pontos, foram obtidos quinze perfis, que embasam a análise a seguir, aonde a estabilidade dos sedimentos é avaliada em relação à distribuição estratigráfica do material e suas respectivas composições granulométricas.

As amostras foram agrupadas em cinco pontos (SP-24, SP-25, SP-26, SP-27 e SP-29) com maior homogeneidade, na porção mais afasta do cais atual. A lâmina d'água nesses pontos varia de uma profundidade de 13m a 15m. Dos cinco pontos, quatro apresentam solo residual constituindo a primeira camada do perfil, não havendo nenhum outro tipo de camada até o limite da sondagem (50 SPT – limite de resistência à penetração). Apenas o ponto SP-25 apresentou uma curta camada (1,78m) de argila marinha de consistência variando de mole à rija de acordo com a profundidade.

Em relação aos solos residuais, foi possível observar uma predominância da ocorrência dos solos jovens (SP-25, SP-26, SP-27 e SP-29), alguns apresentando como rocha matriz o gnaiss e outros o granito feldspático. A argila destacou-se como a granulometria predominantes, no entanto, a presença do silte não deve ser desconsiderada. Destaca-se também a relevante concentração de mica em duas das amostras.

A consistência dos solos residuais nesses pontos apresentou variação de 4 SPT (muito mole) à 50 SPT (duro). Ao longo do perfil há uma ocorrência predominante de sedimentos com consistência média, rija e dura.

De acordo com os resultados obtidos pode-se afirmar que, em geral, o fundo marinho nesse local apresenta grande estabilidade, não sendo necessárias perfurações profundas para a colocação das estacas.

Os demais pontos, localizados à margem do cais atual, não apresentaram a mesma homogeneidade. Nesses, a lâmina d'água apresentou variação de 3,5m a 5m de profundidade; e entre a lâmina d'água e o solo residual foram encontrados de uma a cinco camadas com espessura total entre 8,2m a 18m.

Essas camadas são constituídas por uma diversidade de materiais com variada classificação de consistência e compacidade. Dentre as constituições sedimentológicas observadas nestes perfis, foram encontradas camadas de: areia fina; areia excessivamente fina, pouco argilosa e orgânica; argila; argila arenosa; argila excessivamente arenosa; argila orgânica arenosa; argila orgânica; e argila arenosa com um pouco de pedregulhos.

Nesta área mais próxima ao cais, o SPT máximo observado para a camada superior variou entre zero (P/86) a 34, revelando uma consistência diversificada entre muito mole e dura, predominantemente muito mole à média, enquanto a compacidade apresentou uma alternância entre fofa e compacta, com predomínio de pouco compacta e medianamente compacta.

A heterogeneidade desses perfis estende-se também para a diversidade dos solos residuais encontrados, sendo possível encontrar dois solos diferentes até o limite de resistência à penetração. Contudo, a sondagem revelou que os solos residuais desses pontos são semelhantes aos dos outros cinco pontos analisados na área mais afastada do cais. Constituem exceções as amostras que contêm concentrações excessivas de mica, e a ocorrência do leptinito como rocha matriz de solo residual jovem.

Os resultados das sondagens indicaram que nesses pontos o valor do SPT variou entre 8 e 50, apresentando consistência entre mole e dura.

Em todas as amostras analisadas, os graus de consistência e de compacidade demonstraram tendência de aumentar com a profundidade, porém não de forma proporcional ou linear.

Em geral, os pontos mais próximos ao cais atual caracterizaram-se pela presença de fundo marinho instável a pouco estável nas camadas superficiais. A

partir de profundidades entre 12m e 20m, a estabilidade dos sedimentos é maior, associada à ocorrência de solos residuais. Destacam-se os pontos SP-01 e SP-13, que apresentaram camada superficial com valor de STP igual a zero até profundidades superiores a 9m, superpostas à camada de solo residual estável.