d) Nutrientes (Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Silicatos)

A atividade humana é a principal responsável pelo aumento de nutrientes em zonas costeiras (EGGES & AKSNES, 1992). O subsequente aumento no input de nutrientes produz um impacto ecológico sobre as comunidades biológicas associado a processos de eutrofização (BALD *et al*., 2005).

Segundo alguns autores (LIBES, 1992; VALIELA, 1995; GARCIA *et al*., 2006b), a distribuição e a dinâmica dos nutrientes nos oceanos e zonas costeiras são afetadas por uma série de processos biogeoquímicos e físicos, dentre eles, destacam-se, produção primária marinha, respiração e oxidação de matéria orgânica. Os principais macronutrientes presentes na água do mar são as formas dissolvidas reativas de nitrogênio - amônia, nitrito e nitrato (CAMARGO & ALONSO, 2006), fosfato e silicato (GARCIA *et al., op.cit*.).

Estes compostos são elementos importantes para o desenvolvimento fitoplanctônico, sendo limitantes da atividade fotossintética (SVERDRUP, 1942). Sua distribuição na coluna d'água segue um gradiente de maiores concentrações vinculado ao aumento da profundidade (PARSONS *et al*., 1984), principalmente devido a remineralização da matéria orgânica, excretas depositadas e eventual ressuspensão do sedimento.

Serão apresentados a seguir os resultados compilados para a região de interesse, sendo os nutrientes agrupados em função da composição por nitrogênio, fósforo e silício.

- *Carbono Orgânico Total*

Os oceanos são os maiores reservatórios de carbono da superfície do planeta, sendo a maior parte deste encontrada sob a forma de carbono inorgânico dissolvido (CID). Embora as frações orgânica dissolvidas (COD) e particuladas (COP) sejam uma ou duas ordens de magnitude menores, os processos de produção primária e respiração de material autóctone e alóctone em ambientes costeiros são de fundamental relevância para o ciclo global deste elemento, juntamente com as trocas de CO_2 com a atmosfera (SABINE & FEELY, 2007).

O carbono orgânico total (COT) é uma expressão que denomina toda matéria orgânica presente em uma amostra. Na forma dissolvida o COT assume papel preponderante no desenvolvimento da comunidade algal no ecossistema aquático. Além de se inserir na cadeia trófica de bactérias e algas como agente precipitador de nutrientes na camada bentônica para produção primária. O COT atua também no processo de fotossíntese, por intermédio da interferência na penetração das radiações solares no corpo d'água.

Na caracterização oceanográfica do Sistema Estuarino de Santos efetuada entre 2000 e 2008 (APRILE & SIQUEIRA, 2012). foram obtidas concentrações de carbono inorgânico dissolvido (DIC) entre 2,67 e 32,16 mg/L, com valor médio de 24,39 ± 3,62 mg/L. Os valores mais elevados foram encontrados na parte oriental da Baía de Santos entre as estações 25 e 27 (Figura 2.4.2.1-11).

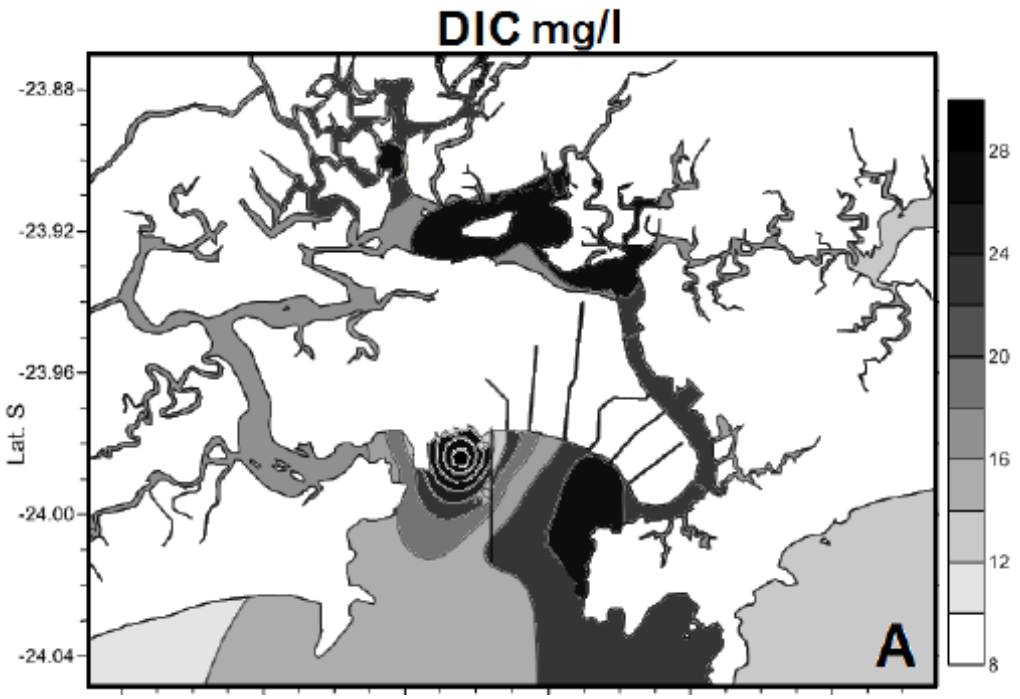


Figura 2.3.2.1-11 - *Perfil de distribuição de carbono inorgânico dissolvido (DIC) obtidos na caracterização oceanográfica do SES.*
Fonte: Aprile & Siqueira (2012).

A partir dos dados também foi verificada ampla variação na concentração vertical do DIC (superfície e fundo), explicado pelo fato das águas superficiais conterem teores de DIC entre 10 e 15% menores que as águas profundas, causada pela diferença no processo de foto-assimilação de carbono pelos organismos, e pelos fluxos de queda de fragmentos de organismos (matéria orgânica) e conchas de carbonato no sedimento (Grasshoff *et al.*, 1999).

Já os níveis de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) oscilaram entre 0,10 e 21,53 mg/L, com teor médio de 9,61± 6,29 mg/L (Figura 2.4.2.1-12). O elevado desvio padrão do parâmetro indica uma alta variabilidade espacial dos tipos de resíduos sólidos e efluentes líquidos liberados no SES.

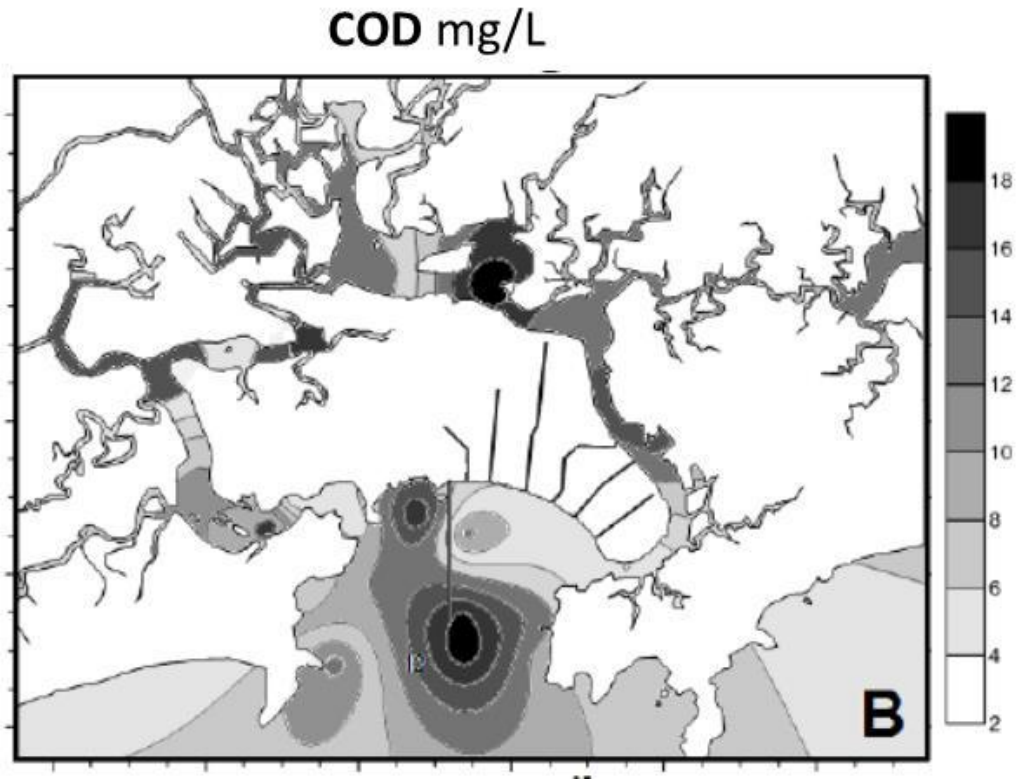


Figura 2.4.2.1-12 - *Perfil de distribuição de carbono orgânico dissolvido (COD) obtidos na caracterização oceanográfica do SES.*
Fonte: Aprile & Siqueira (2012).

Nas campanhas de monitoramento das atividades de dragagem do Porto de Santos efetuadas entre janeiro e março de 2010 (FUNDESPA, 2010) foram obtidas concentrações entre 2,3 e 4,9 mg/L de COT.

- *Compostos Nitrogenados*

De acordo com Von Sperling (1995) as principais características dos compostos nitrogenados são: a) é indispensável para o crescimento de vegetais e organismos em geral, pois é utilizado para síntese de aminoácidos; b) os processos bioquímicos de oxidação do amônio ao nitrito e deste para nitrato implicam o consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática quando a oxigenação do ambiente é menor que o consumo de oxigênio por esses processos; c) a identificação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio de poluição. Assim quando a poluição for recente, o perigo para a saúde será maior, pois nesse caso o nitrogênio se apresenta na forma orgânica e amoniacal, forma mais tóxica.

O nitrogênio amoniacal ocorre naturalmente nas águas de superfície e em águas residuárias, pois a amônia é o principal produto de excreção dos organismos aquáticos (CAMPBEL, 1973). O nitrogênio amoniacal se apresenta em duas formas dissolvidas: o amoníaco ou amônia não-ionizada (NH_3) e o íon amônio (NH_4), cujas proporções dependem do pH, da temperatura, e da salinidade presentes no ambiente.

O nitrogênio na forma de nitrito é o estado intermediário entre amônio e o nitrato. Em baixas concentrações de oxigênio, pode haver redução do nitrato (denitrificação) parcial, elevando as concentrações de nitrito. Altas concentrações de nitrito podem significar uma grande atividade bacteriana e carência de oxigênio (BAUMGARTEN *et al.*, 1995). De acordo com Andrade *et al*. (1999) e Niencheski *et al.* (1999), o nitrito é encontrado em baixas concentrações, principalmente em ambientes oxigenados. As concentrações normais de nitrito em águas oceânicas são comumente inferiores a 0,005mg/L, podendo atingir concentrações inferiores a 0,0004mg/L, enquanto que nas águas costeiras, as concentrações podem situar-se entre 0,023 a 0,046 mg/L durante o período de inverno e, durante o

verão, decrescerem para menos de 0,006 mg/L, seguindo o ciclo de utilização do nitrogênio pelo fitoplâncton (AMINOT & CHAUSSEPIED,1983).

No ciclo do nitrogênio, o nitrato participa como o principal elemento de suporte ao desenvolvimento fitoplanctônico, o qual é regenerado pelas bactérias, a partir da oxidação de formas orgânicas nitrogenadas. Em função disso, a sua velocidade de regeneração é inferior a sua velocidade de utilização e, por isso, os íons nitrato podem atuar como um fator limitante ao crescimento das algas. Também por este mesmo motivo, suas concentrações encontram-se muitas vezes inferiores aos limites de detecção dos métodos analíticos.

Nas águas costeiras, as concentrações de nitrato no inverno são da ordem de 0,62 a 0,93 mg/L, desde que a produção primária seja negligenciável. Em estuários, onde o efeito dos aportes terrígenos tornam-se importantes, as concentrações podem atingir superiores a 1,0 mg/L (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

Para as formas nitrogenadas, na região do SES foram obtidos níveis de nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) entre 0,04 e 4,71 mg/L e média de 0,61±0,59mg/L (Figura 2.4.2.1-13) (APRILE & SIQUEIRA, 2012). O nitrogênio orgânico dissolvido (DON) variou de 0,01 e 2,29 mg/L e teor médio estimado foi 0,31 ± 0,33 mg/L (Figura 2.4.2.1-14). A distribuição espacial do DON foi similar a do COD, exibindo a tendência de elevadas concentrações na Baía de Santos (estações 19, 20, 22, 23, 26 e 27).

Nas campanhas efetuadas entre maio e outubro de 2005 por Abessa & Ambrozevicius (2007) para caracterização da região estuarina de São Vicente, foram verificadas concentrações variáveis de amônia total, sendo registrados valores oscilando de não detectáveis a >1,5 mg/L.

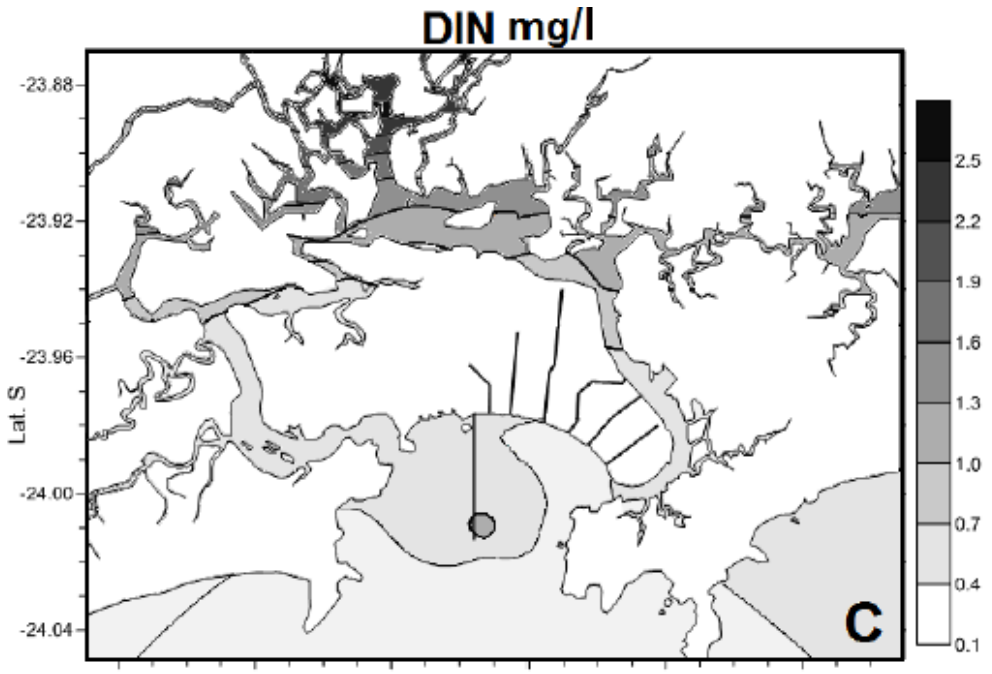


Figura 2.4.2.1-13 - *Perfil de distribuição de nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) obtidos na caracterização oceanográfica do SES.*
Fonte: Aprile & Siqueira (2012).

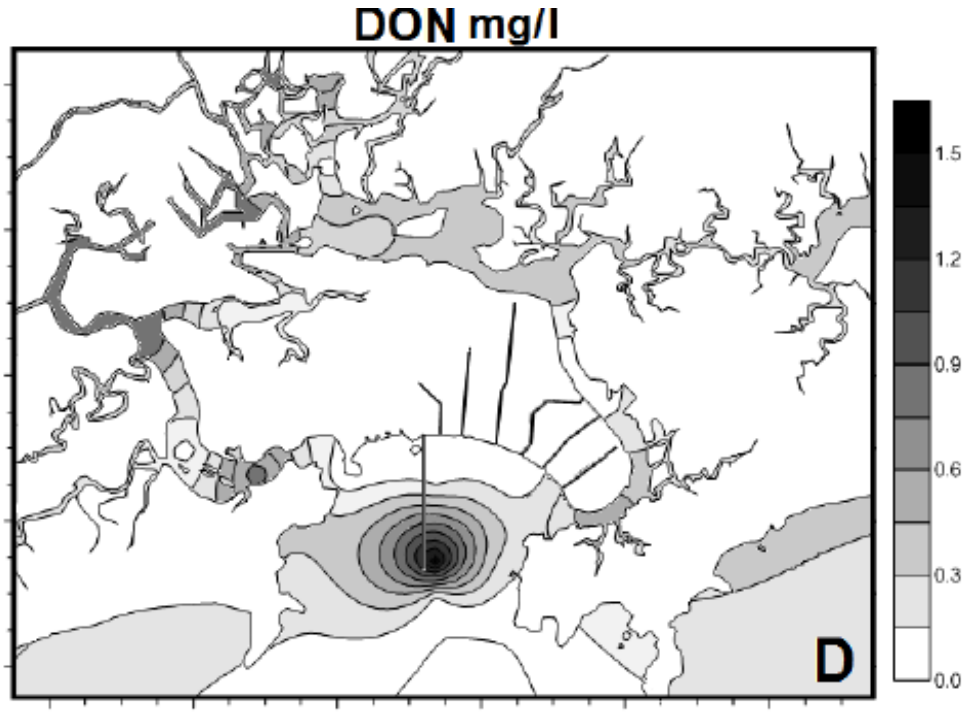


Figura 2.4.2.1-14 - *Perfil de distribuição de nitrogênio orgânico dissolvido (DON) obtidos na caracterização oceanográfica do SES.*
Fonte: Aprile & Siqueira (2012).

Comparativamente, os níveis de nitrogênio inorgânico foram significativamente mais elevados nas águas de fundo do que na camada superficial e de maneira geral, na Baía de Santos foram obtidos elevados níveis de compostos orgânicos, especialmente as formas de NH_3, indicando uma intensa poluição da região por efluentes domésticos.

Na campanha de avaliação da toxicidade das águas da Baía de Santos (ABESSA *et al.*, 2008b) foram obtidas concentrações de nitrogênio amoniacal entre 0,42 e 1,17 mg/L. De modo geral, não foi verificada toxicidade tanto para as águas de fundo quanto de superfície para indivíduos adultos de ouriço-do-mar da espécie *Lytechinus variegatus*, coletados nos costões rochosos da região.

Segundo dados do Programa de Monitoramento da Qualidade de Água nas Áreas Dragadas do Porto de Santos (FUNDESPA, 2010) os valores de nitrogênio total Kjedahl entre janeiro e março de 2010 oscilaram de 0,42 a 1,62 mg/L e o nitrato entre <0,03 e 0,073 mg/L. Para o nitrito foram obtidas concentrações <0,015 mg/L, enquanto a amônia oscilou de <0,02 a <0,068 mg/L.

No Quadro 2.4.2.1-6 são apresentadas as concentrações de nutrientes obtidas nas amostras coletadas na Ilha da Moela em fevereiro de 2014. Para a série nitrogenada, foram obtidos valores nitrato em superfície entre 0,02 e 0,37 mg/L, de nitrito entre 0,01 e 0,06 mg/L e de amônio entre 0,005 e 0,10 mg/L com concentração de N total oscilando entre 0,07 e 0,21 mg/L (Figura 2.4.2.1-15).

Quadro 2.4.2.1-6 - *Concentrações de compostos nitrogenados obtidas na amostragem realizada na Ilha da Moela entre 13 e 19 de fevereiro de 2014.*

PONTO	mg/L			
	N_{total}	NO_3	NO_2	NH_4
IM 01 S	0,074	0,155	0,012	0,023
IM 01 F	0,084	0,078	0,015	0,044
IM 02 S	0,098	0,109	0,020	0,047
IM 02 F	0,116	0,078	0,016	0,042
IM 03 S	0,133	0,093	0,011	0,018
IM 03 F	0,119	0,124	0,015	0,037
IM 04 S	0,098	0,140	0,014	0,023

(continua)

Quadro 2.4.2.1-6 (conclusão)

PONTO	mg/L			
	N_{total}	NO_3	NO_2	NH_4
IM 04 F	0,203	0,202	0,015	0,029
IM 05 S	0,165	0,155	0,014	0,024
IM 05 F	0,112	0,202	0,018	0,044
IM 06 S	0,144	0,372	0,022	0,023
IM 06 F	0,091	0,186	0,018	0,020
IM 07 S	0,109	0,171	0,017	0,046
IM 07 F	0,144	0,341	0,021	0,039
IM 08 S	0,123	0,264	0,021	0,044
IM 08 F	0,063	0,031	0,032	0,017
IM 09 S	0,091	0,109	0,024	0,039
IM 09 F	0,105	0,078	0,021	0,043
IM 10 S	0,119	0,109	0,057	0,014
IM 10 F	0,088	0,047	0,025	0,015
IM 11 S	0,165	0,078	0,030	0,026
IM 11 F	0,119	0,016	0,023	0,039
IM 12 S	0,200	0,078	0,030	0,095
IM 12 F	0,214	0,078	0,023	0,085
IM 13 S	0,207	0,016	0,023	0,030
IM 13 F	0,168	0,078	0,032	0,057
IM 14 S	0,105	0,016	0,022	0,085
IM 14 F	0,105	0,047	0,022	0,042
IM 15 S	0,088	0,047	0,020	0,005
IM 15 F	0,074	0,047	0,026	0,013
LD	0.003	0.003	0.046	0.001

De maneira geral, junto ao fundo foi observado um maior enriquecimento da concentração de nutrientes, com exceção apenas do amônio, que apresentou níveis ligeiramente mais elevados no estrato de superfície. Na camada de fundo o teor de nitrato oscilou entre 0,02 e 0,34 mg/L, o de nitrito entre 0,01 e 0,03 mg/L, enquanto para o amônio e nitrogênio total os valores oscilarem entre 0,01 e 0,09 mg/L e 0,06 e 0,21 mg/L, respectivamente.

Para os nutrientes da série nitrogenada não foram verificados valores acima dos limites máximos estabelecidos para nitrato e nitrogênio amoniacal (0,70 mg/L) e nitrito (0,20 mg/L) segundo Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salinas classe 1 (Figura 2.4.2.1-16).

A partir dos Mapas 2.4.2.1-6 a 2.4.2.1-8 e nota-se que no entorno da região da Ilha são encontrados concentrações menores de amônio e nitrato que as reportados para a Baía de Santos por FUNDESPA (2010) e Abessa *et al*. (2008), enquanto para o nitrito as concentrações obtidas na Ilha da Moela são até quatro vezes maiores.

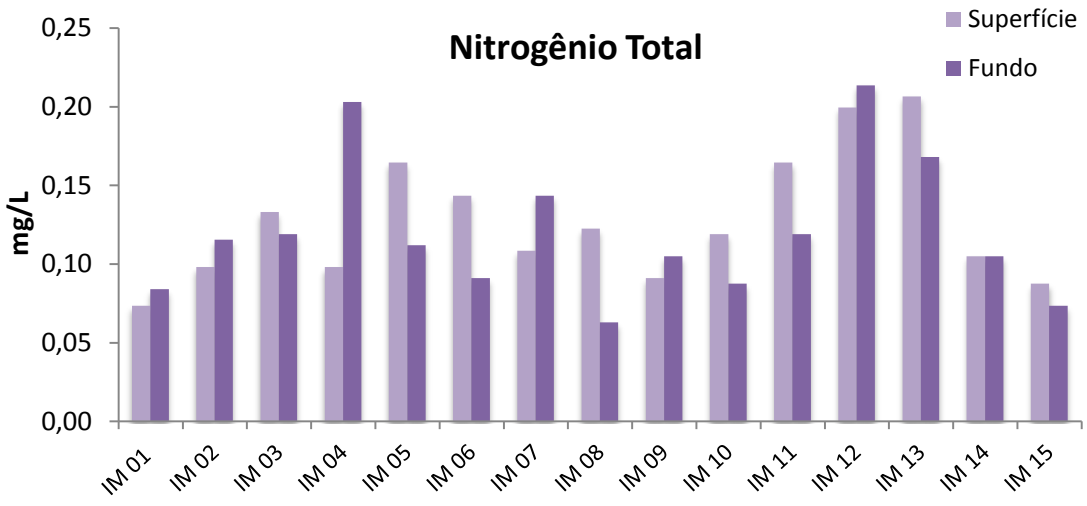


Figura 2.4.2.1-15 - *Distribuição espacial de nitrogênio total nas amostras de água de superfície e fundo coletadas na Ilha da Moela.*

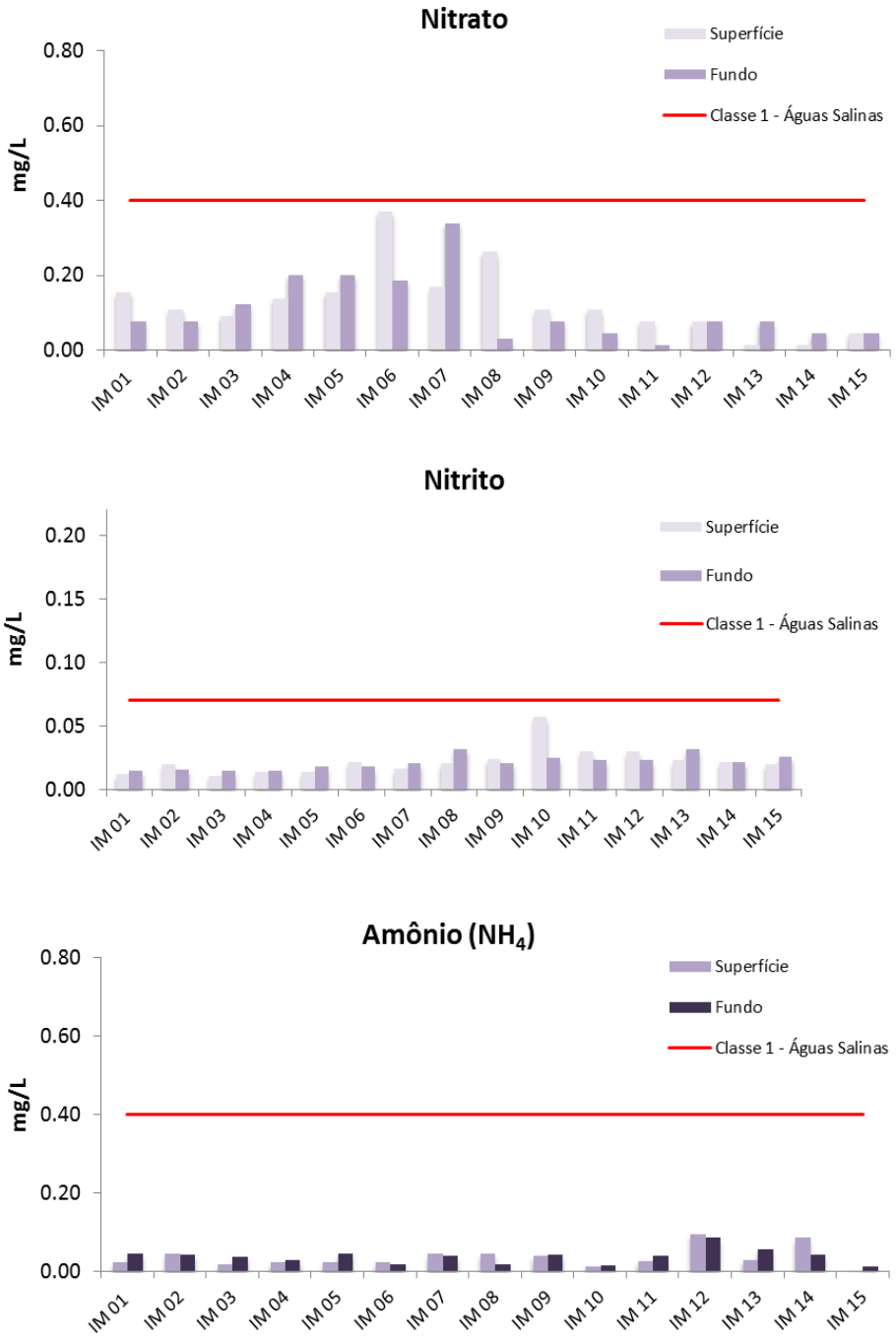
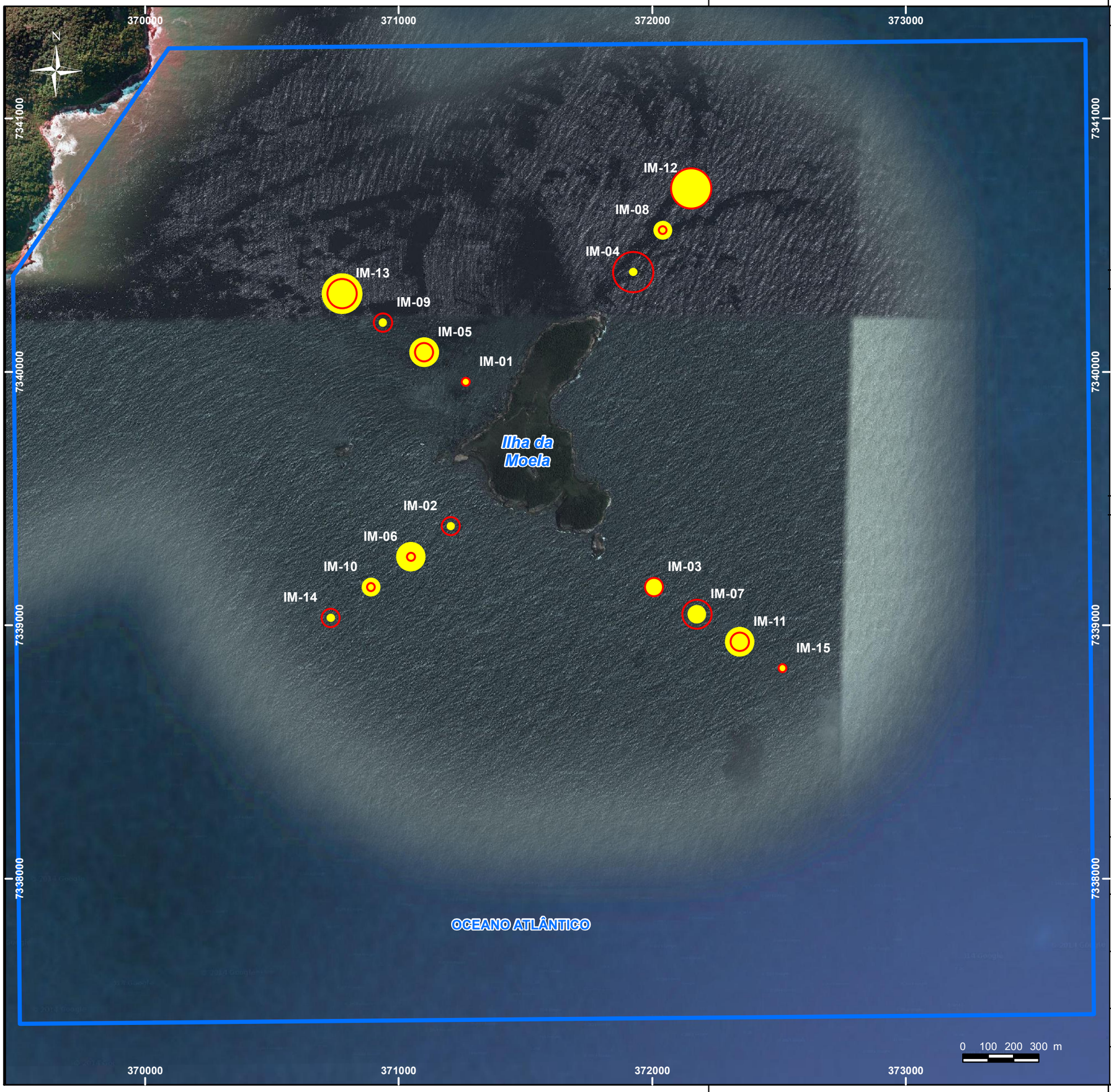


Figura 2.4.2.1-16 - *Distribuição espacial da série nitrogenada nas amostras de água de superfície e fundo coletadas na Ilha da Moela e limites estabelecidos para águas salinas Classe 1 segundo Resolução CONAMA Nº 357/2005.*

Mapa 2.4.2.1-5 - *Mapa de distribuição dos valores de nitrogênio total na Ilha da Moela e região adjacente.*



Macrolocalização



Mapa de Localização



Legenda

Área de Manejo Especial da Ilha da Moela

Qualidade da Água

N Total - Superfície (mg/L)	N Total - Fundo (mg/L)
0,074 - 0,107	0,063 - 0,101
0,108 - 0,140	0,102 - 0,138
0,141 - 0,173	0,139 - 0,176
0,174 - 0,207	0,177 - 0,214

Referências

IBGE, 2007; Google Earth Pro, 2013 - 2014.

PETROBRAS | Habtec Mott MacDonald

Projeto

AVALIAÇÃO ECOLÓGICA RÁPIDA

Título

CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO TOTAL OBTIDAS NA COLUNA D' ÁGUA DA REGIÃO ADJACENTE A ILHA DA MOELA

Projeção	Datum	Escala
UTM - Zona 23S	SIRGAS 2000	1:15.000

Data	Número	Autor	Revisão
Março, 2015	Mapa 2.4.2.1-5	Leonardo Dias	02

Mapa 2.4.2.1-6 - *Mapa de distribuição dos valores de nitrato na Ilha da Moela e região adjacente.*

Município de Santos

Município de São Vicente

Baía de Santos

PA01 - SA/SB (média)

PA14

Município de Guarujá

PA13

PA07 ao PA11 (média)

PA12

OCEANO ATLÂNTICO

IM-12

IM-08

IM-04

IM-13

IM-09

IM-05

IM-01

Ilha da Moela

IM-02

IM-06

IM-10

IM-03

IM-14

IM-07

IM-11

IM-15

OCEANO ATLÂNTICO

0 200 400 600 m

1:12.000

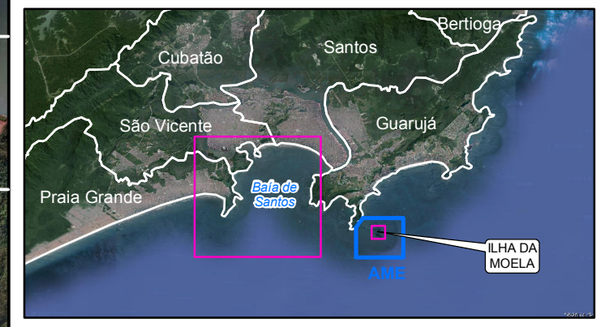
0 500 1,000 1,500 m

1:40.000

Macrolocalização



Mapa de Localização



Legenda

Qualidade da Água

NO3 - Superfície (mg/L)	NO3 - Fundo (mg/L)
0,016 - 0,087	0,016 - 0,097
0,088 - 0,158	0,098 - 0,178
0,159 - 0,229	0,179 - 0,260
0,230 - 0,301	0,261 - 0,341
0,302 - 0,372	

Notas:
1 - Referência dos pontos IM 01 ao 15: Presente Estudo;
3 - Referência dos pontos PA: FUndespa, 2010.

Referências
IBGE, 2007; Google Earth Pro, 2013 - 2014.

PETROBRAS

Habtec Mott MacDonald

Projeto
AVALIAÇÃO ECOLÓGICA RÁPIDA

Título
CONCENTRAÇÕES DE NITRATO OBTIDAS NA COLUNA D' ÁGUA DA REGIÃO ADJACENTE A ILHA DA MOELA

Projeção	Datum	Escala
UTM - Zona 23S	SIRGAS 2000	INDICADA

Data	Número	Autor	Revisão
Março, 2015	Mapa 2.4.2.1-6	Leonardo Dias	02