



**DTA Engenharia**

**ESTUDO AMBIENTAL PARA A REGULARIZAÇÃO  
DO PORTO ORGANIZADO DE SANTOS**

**Volume II**

**MA-CODESP-REG-EA-005-11**

Agosto, 2011



---

## SUMÁRIO – Vol. 2

4.1.7	Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira.....	24
4.1.7.1	Marés e Nível Médio do Mar em Santos e Cananéia.....	38
4.1.7.2	Nível Médio do Mar em Cananéia, Verão e Inverno de 2009	42
4.1.7.3	Condições Hidrodinâmicas na Plataforma .....	45
4.1.7.4	Condições Hidrodinâmicas no Estuário Original (antes do aprofundamento) .....	56
4.1.7.5	Condições Hidrodinâmicas no Estuário Atual (após o aprofundamento) .....	69
4.1.7.6	Análise de Ondas e sua Modelagem .....	84
4.1.8	Transporte de Sedimentos .....	92
4.1.8.1	Transporte de Sedimentos no Sistema Estuarino Santos-São Vicente .....	92
4.1.8.2	Objetivos.....	93
4.1.8.3	Metodologia .....	94
4.1.8.4	O Modelo Numérico ROMS .....	97
4.1.8.5	Dados de Entrada de Sedimento .....	99
4.1.8.6	Tempo de Simulação .....	108
4.1.8.7	Resultados .....	109
4.1.8.8	Discussão .....	154
4.1.8.9	Caracterização dos Sedimentos .....	163
4.1.8.9.2	Caracterização dos Berços de Atracação e Áreas de Acesso .....	225
4.1.8.10	Conclusão .....	226
4.1.9.	Diagnóstico do Parâmetro Ambiental Ruído na Zona Lindeira ao Porto de Santos – SP .....	232

---

4.1.9.1	Introdução .....	232
4.1.9.1.2.	Resultados Obtidos.....	238
4.1.9.2	Diagnóstico do Parâmetro Ambiental Vibração na Zona Lindeira ao Porto de Santos – SP.....	247
4.1.10	Qualidade do Ar.....	253
4.1.10.1	Introdução.....	253
4.1.10.2	Metodologia Aplicada .....	255
4.1.10.2.1	Metodologia no Levantamento de Informações e Dados (Secundários).....	255
4.1.10.2.2	Metodologia na Caracterização Qualitativa do Ar “In Loco” – Dados (Primários) .....	261
4.1.10.3	Informações Consolidadas e Resultados Alcançados .....	265
4.1.10.3.1	Informações dos Aspectos Climatológicos e Condições Meteorológicas.....	266
4.1.10.4	Fontes de Emissões na Área do Porto .....	268
4.1.10.5	Qualidade do Ar no município de Santos .....	268
4.1.10.6	Qualidade do Ar no Contexto da Área do Porto .....	272
4.1.10.7	Resultados Alcançados na Caracterização Qualitativa do Ar “in loco” – Dados (Primários) .....	273
4.1.10.8	Considerações Finais e Recomendações .....	284
ANEXOS.....		287

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1.7-1: Batimetria (em metros) da grade da plataforma e localização dos 10 pontos selecionados.....	31
Figura 4.1.7-2: Batimetria (em metros) da grade de plataforma, antes e após a dragagem de aprofundamento (a e b) e posições do 20 pontos selecionados ©. ....	32
Figura 4.1.7-3: Séries temporais de medicos do ADCP (contínuo azul) e de cálculos do modelo (pontilhado vermelho) para a elevação da superfície (superior) e para a componente N S de corrente a 0,5 m de profundidade (inferior).....	36
Figura 4.1.7.1-1: Nível do mar em Santos no decorrer de 2006 (azul) e nível médio do mar (vermelho), no Terminal de Fertilizantes de Conceiçãozinha....	39
Figura 4.1.7.2-1: Oscilações da superfície e do nível médio do mar observadas em Cananéia, em janeiro de 2009. ....	44
Figura 4.1.7.2-2: Oscilações da superfície e do nível médio do mar observadas em Cananéia, em julho de 2009. ....	44
Figura 4.1.7.3-1: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0 m), 5 m e 10 m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 2 da grade da plataforma. ....	46
Figura 4.1.7.3-2: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 2 da grade da plataforma. ....	46
Figura 4.1.7.3-3: Correntes médias diárias na superfície (m/s) na plataforma de Santos, para os dias 11 e 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 12 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).....	48
Figura 4.1.7.3-4: Correntes instantâneas na superfície (m/s) na plataforma de Santos, para 04:00 GMT do dia 11 e 16:00 GMT do dia 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 12 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).....	49
Figura 4.1.7.3-5: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 2 da grade da plataforma. ....	51
Figura 4.1.7.3-6: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 2 da grade da plataforma. ....	51
Figura 4.1.7.3-7: Correntes médias diárias na superfície (m/s) na plataforma de Santos, para os dias 07 e 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 12 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).....	53

Figura 4.1.7.3-8: Correntes instantâneas na superfície (m/s) na plataforma de Santos, para 15:00 GMT do dia 07 e 22:00 GMT do dia 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 12 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).....	54
Figura 4.1.7.4-1: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (antes do aprofundamento).....	57
Figura 4.1.7.4-2: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (antes do aprofundamento).....	57
Figura 4.1.7.4-3: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009 no ponto selecionado 13 da grade do estuário (antes do aprofundamento).....	58
Figura 4.1.7.4-4: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionada 13 do estuário (antes do aprofundamento).....	58
Figura 4.1.7.4-5: Correntes medias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos para os dias 11 e 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (antes do aprofundamento)..	60
Figura 4.1.7.4-6: Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 04:00 GMT do dia 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (antes do aprofundamento).....	61
Figura 4.1.7.4-7: Nível do mar e correntes marinhas a superfície (0m), 5m e 10m calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (antes do aprofundamento).....	63
Figura 4.1.7.4-8: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (antes do aprofundamento).....	64
Figura 4.1.7.4-9: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (antes do aprofundamento).....	64
Figura 4.1.7.4-10: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (antes do aprofundamento).....	65
Figura 4.1.7.4-11: Correntes medias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos, para os dias 07 e 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (antes do aprofundamento).66	
Figura 4.1.7.4-12: Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 15:00 GMT do dia 07 e 22:00 GMT do dia 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (antes do aprofundamento). ....	67

Figura 4.1.7.5-1: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (após o aprofundamento). .....	70
Figura 4.1.7.5-2: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (após o aprofundamento). .....	70
Figura 4.1.7.5-3: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (após o aprofundamento). .....	71
Figura 4.1.7.5-4: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 13 do estuário (após o aprofundamento). .....	71
Figura 4.1.7.5-5: Correntes medias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos, para os dias 11 e 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (após o aprofundamento). .	72
Figura 4.1.7.5-6: Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 04:00 GMT do dia 11 e 16:00 GMT do dia 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (após o aprofundamento). .....	73
Figura 4.1.7.5-7: Diferenças vetoriais das máximas correntes calculadas pelo modelo para condições de verão, nos processamentos antes e após o aprofundamento do canal do Porto, na superfície (a), a 05m (b) e a 10 m (c). 76	
Figura 4.1.7.5-8: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (após o aprofundamento). .....	77
Figura 4.1.7.5-9: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 8 da grade do estuário (após o aprofundamento). .....	77
Figura 4.1.7.5-10: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (após o aprofundamento). .....	78
Figura 4.1.7.5-11: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (após o aprofundamento). .....	78
Figura 4.1.7.5-12: Correntes medias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos para os dias 07 e 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (após o aprofundamento). .	79
Figura 4.1.7.5-13: Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 15:00 GMT do dia 07 e 22:00 GMT do dia 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (após o aprofundamento). .....	80

Figura 4.1.7.5-14: Diferenças vetoriais das máximas correntes calculadas pelo modelo para condições de inverno, nos processamentos antes e após o aprofundamento do canal do Porto, na superfície (a), a 05m (b) e a 10m (c). .	83
Figura 4.1.7.6-1: A grade A delimitada pelos ícones (Fonte: Google Earth, 2011).	86
Figura 4.1.7.6-2: Grade B delimitada pelos ícones (Fonte: Google Earth, 2011).	87
Figura 4.1.7.6-3: Grade C delimitada pelos ícones. (Fonte: Google Earth, 2011).	88
Figura 4.1.8.3-1: Representação da grade utilizada no modelo numérico para a região dos canais estuarinos Santos-São Vicente e Baía de Santos.	95
Figura 4.1.8.3-2: Representação da grade utilizada no modelo numérico para a região da Plataforma Continental adjacente à região da Baixada Santista.	96
Figura 4.1.8.4-1: Esquema dos processos de erosão e deposição da camada ativa do sedimento de fundo utilizado pelo modelo numérico ROMS. Modificado de USGS (2011).	98
Figura 4.1.8.5-1: Mapa de distribuição de silte no fundo para a região estuarina e da Baía de Santos com a representação da grade do modelo numérico executado.	100
Figura 4.1.8.5-2: Mapa de distribuição de argila no fundo para a região estuarina e da Baía de Santos com a representação da grade do modelo numérico executado.	101
Figura 4.1.8.5-3: Mapa de distribuição de areia fina no fundo para a região estuarina e da Baía de Santos com a representação da grade do modelo numérico executado.	102
Figura 4.1.8.5-4: Mapa com a localização dos pontos de aporte de água e sedimentos (pontos em azul) utilizados como dados de entrada do modelo.	104
Figura 4.1.8.5-5: Mapa de distribuição de areia na região da Plataforma Continental de São Paulo. O quadrilátero em preto delimita a área em que foi realizada a modelagem numérica de transporte de sedimentos. Modificado de Rodrigues et al. (2003).	106
Figura 4.1.8.5-6: Mapa de distribuição de silte na região da Plataforma Continental de São Paulo. O quadrilátero em preto delimita a área em que foi realizada a modelagem numérica de transporte de sedimentos. Modificado de Rodrigues et al.(2003).	106
Figura 4.1.8.5-7: Mapa de distribuição de argila na região da Plataforma Continental de São Paulo. O quadrilátero preto delimita a área em que foi realizada a modelagem numérica de transporte de sedimentos. Modificado de Rodrigues et al (2003).	107

Figura 4.1.8.5-8: Mapa de distribuição de areia muito fina com a representação da grade do modelo numérico executado (mapa superior) e o mapa de distribuição do diâmetro segundo a classificação de Folk & Ward (1957) com o quadrilátero em vermelho representando a área simulada (mapa inferior). Adaptado de Furtado <i>et al</i> (1984) <i>apud</i> Rodrigues <i>et al</i> (2003). .....	108
Figura 4.1.8.7-1: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 1 de janeiro de 2009 às 23:00 horas. ....	111
Figura 4.1.8.7-2: Altura significativa e direção das ondas para o dia 1 de janeiro de 2009. ....	111
Figura 4.1.8.7-3: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 6 de janeiro de 2009 às 23:00 horas. ....	112
Figura 4.1.8.7-4: Altura significativa direção das ondas para o dia 6 de janeiro de 2009. ....	112
Figura 4.1.8.7-5: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 11 de janeiro de 2009 às 23:00 horas. ....	113
Figura 4.1.8.7-6: Altura significativa e direção das ondas para o dia 11 de janeiro de 2009. ....	113
Figura 4.1.8.7-7: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 16 de janeiro de 2009 às 23:00 horas. ....	114
Figura 4.1.8.7-8: Altura significativa e direção das ondas para o dia 16 de janeiro de 2009. ....	114
Figura 4.1.8.7-9: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 21 de janeiro de 2009 às 23:00 horas. ....	115
Figura 4.1.8.7-10: Altura significativa e direção das ondas para o dia 21 de janeiro de 2009. ....	115
Figura 4.1.8.7-11: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 26 de janeiro de 2009 às 23:00 horas. ....	116
Figura 4.1.8.7-12: Altura significativa e direção das ondas para o dia 26 de janeiro de 2009. ....	116
Figura 4.1.8.7-13: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 31 de janeiro de 2009 às 23:00 horas. ....	117
Figura 4.1.8.7-14: Altura significativa e direção das ondas para o dia 31 de janeiro de 2009 às 23:00 horas. ....	117

Figura 4.1.8.7-15: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 1 de julho de 2009 às 23:00 horas.....	118
Figura 4.1.8.7-16: Altura significativa das ondas para o dia 1 de julho de 2009. ....	118
Figura 4.1.8.7-17: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 6 de julho de 2009 às 23:00 horas.....	119
Figura 4.1.8.7-18: Altura significativa e direção das ondas para o dia 6 de julho de 2009.....	119
Figura 4.1.8.7-19: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para simulação no dia 11 de julho de 2009 às 23:00 horas. ....	120
Figura 4.1.8.7-20: Altura significativa e direção das ondas para o dia 11 de julho de 2009.....	120
Figura 4.1.8.7-21: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para simulação do dia 16 de julho de 2009 às 23:00 horas. ....	121
Figura 4.1.8.7-22: Altura significativa e direção das ondas o dia 16 de julho de 2009. ....	121
Figura 4.1.8.7-23: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 21 de julho de 2009 às 23:00 horas.....	122
Figura 4.1.8.7-24: Altura significativa e direção das ondas para o dia 21 de julho de 2009.....	122
Figura 4.1.8.7-25: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 26 de julho de 2009 às 23:00 horas.....	123
Figura 4.1.8.7-26: Altura significativa e direção das ondas para o dia 26 de julho de 2009.....	123
Figura 4.1.8.7-27: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 31 de julho de 2009 às 23:00 horas.....	124
Figura 4.1.8.7-28: Altura significativa e direção das ondas para o dia 31 de julho de 2009.....	124
Figura 4.1.8.7-29: Imagens geradas a partir de dados da câmera CCD (Couple Charged Device), acoplada ao satélite sino-brasileiro CBERS2 na faixa espectral 0,52 a 0,59 $\mu\text{m}$ , com a área de descarte dos sedimentos provenientes da dragagem de manutenção indicada pelo quadrilátero em preto. A escala de	

cores é a partir de uma unidade arbitrária (u) de material em suspensão. Modificado de Coelho (2008). ..... 125

Figura 4.1.8.7-30: Pontos onde foram extraídos os perfis temporais de deposição/erosão do sedimento de fundo. As regiões destacadas são: Ponta de Itaipu (círculo preto), oeste da Baía de Santos (círculo vermelho), sul da Ilha da Moela (círculo verde) e região costeira da Praia Grande (círculo azul). ... 126

Figura 4.1.8.7-31: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região da Ponta de Itaipu para o mês de janeiro de 2009. .... 127

Figura 4.1.8.7-32: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região oeste da Baía de Santos para o mês de janeiro de 2009. .... 127

Figura 4.1.8.7-33: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região sul da Ilha da Moela para o mês de janeiro de 2009. .... 127

Figura 4.1.8.7-34: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região costeira da Praia Grande para o mês de janeiro de 2009. .... 128

Figura 4.1.8.7-35: Evolução temporal da quantidade de areia muito fina depositada (valores positivos) e areia erodida (valores negativos) em km/m<sup>2</sup> 128

Figura 4.1.8.7-36: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região da Ponta de Itaipu para o mês de julho de 2009. .... 128

Figura 4.1.8.7-37: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região oeste da Baía de Santos para o mês de julho de 2009. .... 129

Figura 4.1.8.7-38: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região sul da Ilha da Moela para o mês de julho de 2009. .... 129

Figura 4.1.8.7-39: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região costeira da Praia Grande para o mês de julho de 2009. .... 129

Figura 4.1.8.7-40: Evolução temporal da quantidade de areia muito fina depositada (valores positivos) e areia erodida (valores negativos) em kg/m<sup>2</sup> nas regiões da Ponta de Itaipu (linha preta), porção oeste da Baía de Santos (linha vermelha), região sul da ilha da Moela (linha verde) e região costeira da Praia Grande (linha azul) para o mês de julho de 2009. .... 130

Figura 4.1.8.7-41: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 03 de janeiro de 2009 às 09:00 horas. .... 131

Figura 4.1.8.7-42: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 04 de janeiro de 2009 à 01:00 hora. .... 132

Figura 4.1.8.7-43: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 20 de janeiro de 2009 às 11:00 horas. .... 133

Figura 4.1.8.7-44: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 24 de janeiro de 2009 às 03:00 horas. .... 134

Figura 4.1.8.7-45: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 25 de janeiro de 2009 às 11:00 horas. .... 135

Figura 4.1.8.7-46: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 09:00 horas. ....	136
Figura 4.1.8.7-47: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 10:00 horas. ....	137
Figura 4.1.8.7-48: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 11:00 horas. ....	138
Figura 4.1.8.7-49: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 12:00 horas. ....	139
Figura 4.1.8.7-50: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 13:00 horas. ....	140
Figura 4.1.8.7-51: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 14:00 horas. ....	141
Figura 4.1.8.7-52: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 15:00 horas. ....	142
Figura 4.1.8.7-53: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 16:00 horas. ....	143
Figura 4.1.8.7-54: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 17:00 horas. ....	144
Figura 4.1.8.7-55: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 18:00 horas. ....	145
Figura 4.1.8.7-56: Altura normalizada da superfície do mar na região da barra do canal do Porto, representando a variação no nível do mar de 10 de janeiro de 2009 das 09:00 até às 18:00 horas, mesmo período onde foram apresentadas as concentrações de silte na coluna d'água (Referente às Figuras 4.1.8.7-47 até 4.1.8.7-56). ....	146
Figura 4.1.8.7-57: Mapa de concentração média na coluna d'água de argila para o dia 27 de janeiro de 2009 às 04:00 horas. ....	147
Figura 4.1.8.7-58: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 17 de julho de 2009 às 06:00 horas. ....	148
Figura 4.1.8.7-59: Mapa de concentração média na coluna d'água de argila para o dia 28 de julho de 2009 às 15:00 horas. ....	149
Figura 4.1.8.7-60: Mapa da região modelada com os pontos, representados pelos círculos, onde foram extraídos os perfis temporais da batimetria para as simulações dos meses de janeiro de 2009 e julho de 2009. ....	151
Figura 4.1.8.7-61: Evolução da profundidade para diversos pontos do domínio simulado para o mês de janeiro de 2009. Valores negativos indicam que o local sofreu assoreamento enquanto que, valores positivos indicam que o local sofreu erosão. Cada linha tem uma cor, no mapa da Figura 4.1.8.7-60. ....	152

Figura 4.1.8.7-62: Evolução da profundidade para diversos pontos do domínio simulado para o mês de julho de 2009. Valores negativos indicam que o local sofreu assoreamento enquanto que, valores positivos indicam que o local sofreu erosão. Cada linha tem uma cor correspondente ao local representado por um círculo com esta mesma cor no mapa da Figura 4.1.8.7-60. .... 152

Figura 4.1.8.7-63: Diferença da variação do fundo (cm/ano) entre as simulações realizadas, com a batimétrica dos canais do Porto, considerando o aprofundamento e o canal de navegação e acesso com profundidade de 12 metros. Valores na faixa do azul representam locais onde, após o aprofundamento do canal, apresentam menor taxa de sedimentação e valores na faixa do vermelho representam locais onde, apresentam maior taxa de sedimentação. Neste mapa, foi considerada a média das diferenças para os meses de janeiro e julho de 2009, entre as simulações para os canais com profundidade de 12 metros e os canais aprofundados. .... 153

Figura 4.1.8.9-1: Agrupamento de micro-regiões para estudo do estuário. ... 166

Figura 4.1.8.9-2: Localização dos pontos de coleta de sedimento entre 2006 e 2007 (FRF, 2008)..... 173

Figura 4.1.8.9-3: Localização dos trechos de dragagem e Polígono de Disposição Oceânica (PDO) ..... 181

Figura 4.1.8.9-4: Localização dos pontos de coleta de sedimento superficial, na campanha de março de 2011..... 183

Figura 4.1.8.9-5: Distribuição granulométrica ao longo dos pontos de coleta.194

Figura 4.1.8.9-6: Variação do potencial de redução ao longo dos pontos de coleta..... 195

Figura 4.1.8.9-7: Variação da concentração de fósforo total ao longo dos pontos de coleta..... 196

Figura 4.1.8.9-8: Variação da concentração de nitrogênio kjeldahl total ao longo dos pontos de coleta..... 197

Figura 4.1.8.9-9: Variação da concentração de carbono orgânico total ao longo dos pontos de coleta..... 198

Figura 4.1.8.9-10: Variação da concentração de arsênio ao longo dos pontos de coleta..... 199

Figura 4.1.8.9-11: Variação da concentração de cromo ao longo dos pontos de coleta..... 199

Figura 4.1.8.9-12: Variação da concentração de cobre ao longo dos pontos de coleta. .... 200

Figura 4.1.8.9-13: Variação da concentração de níquel ao longo dos pontos de coleta. .... 200

Figura 4.1.8.9-14: Variação da concentração de chumbo ao longo dos pontos de coleta. .... 201

Figura 4.1.8.9-15: Variação da concentração de zinco ao longo dos pontos de coleta.....	201
Figura 4.1.8.9-16: “Antigo” Polígono de Disposição Oceânica. Nos dias atuais recebe material oriundo da dragagem de manutenção dos berços de atracação.....	204
Figura 4.1.8.9-17: Mapa dos pontos de coleta para o monitoramento da qualidade do sedimento.....	205
Figura 4.1.8.9-18: Variação da media das concentrações de fósforo total (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados, Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.....	206
Figura 4.1.8.9-19: Comparação entre as medias de fósforo total até a campanha de dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.	206
Figura 4.1.8.9-20: Variação da media das concentrações de nitrogênio kjeldahl total (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.....	207
Figura 4.1.8.9-21: Comparação entre as medias de nitrogênio kjeldahl total até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.....	208
Figura 4.1.8.9-22: Variação das medias das concentrações de arsênio (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.....	209
Figura 4.1.8.9-23: Comparação entre as medias de arsênio até a campanha Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.....	209
Figura 4.1.8.9-24: Variação da media das concentrações de chumbo (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.....	210

- Figura 4.1.8.9-25: Comparação entre as medias de chumbo até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010..... 211
- Figura 4.1.8.9-26: Variação da media das concentrações de cobre (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão..... 211
- Figura 4.1.8.9-27: Comparação entre as medias de cobre até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010..... 212
- Figura 4.1.8.9-28: Variação da media das concentrações de cromo (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão..... 213
- Figura 4.1.8.9-29: Comparação entre as medias de cromo até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010..... 213
- Figura 4.1.8.9-30: Variação da média das concentrações de níquel (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão..... 214
- Figura 4.1.8.9-31: Comparação entre as medias de níquel até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010..... 215
- Figura 4.1.8.9-32: Variação da media das concentrações de zinco (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, as concentrações abaixo do limite de detecção foram desconsideradas. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão..... 216
- Figura 4.1.8.9-33: Comparação entre as medias de zinco até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010..... 216
- Figura 4.1.8.9-34: Variação da media das concentrações de manganês (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 e SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão..... 217

Figura 4.1.8.9-35: Comparação entre as medias de manganês até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010. ....	218
Figura 4.1.8.9-36: Concentração de dioxinas e furanos encontradas nas amostras de sediment dos pontos SF 01 a SF 09B nas campanhas de Out/06 a Mai/10. Valores em (pgi-TEQ/kg de sedimento seco). Os limites de detecção foram 35 a 0,04 pg/kg para amostras sólidas (variando para cada congênera dependendo do valor tóxico equivalente estabelecido pela USEPA para cada um deles).....	220
Figura 4.1.8.9-37: “Novo” Polígono de Disposição Oceânico (PDO).....	222
Figura 4.1.9.1-1: Identificação dos Pontos de Medição.....	235
Figura 4.1.9.1.2-1: Vista da Av. Mário Covas a partir do ponto de medição 1. ....	238
Figura 4.1.9.1.2-2: Vista de residências a partir do ponto de medição 1.....	238
Figura 4.1.9.1.2-3: Vista da Av. Mário Covas a partir do ponto de medição 2. ....	239
Figura 4.1.9.1.2-4: Vista de residências a partir do ponto de medição 2.....	239
Figura 4.1.9.1.2-5: Vista da Av. Almirante Tamandaré a partir do ponto de medição 3.....	240
Figura 4.1.9.1.2-6: Vista do ambulatório do hospital Ana Costa a partir do ponto de medição 3. ....	240
Figura 4.1.9.1.2-7: Vista da Av. Xavier da Silveira a partir do ponto de medição 4. ....	240
Figura 4.1.9.1.2-8: Vista de uma praça a partir do ponto de medição 4. ....	240
Figura 4.1.9.1.2-9: Vista da Av. Antonio Prado e linha férrea a partir do ponto de medição 5.....	241
Figura 4.1.9.1.2-10: Vista da Praça Azevedo Junior a partir do ponto de medição 5.....	241
Figura 4.1.9.1.2-11: Vista da Av. Santos Dumont e da linha férrea a partir do ponto de medição 6. ....	242
Figura 4.1.9.1.2-12: Vista do Hospital Ana Costa partir do ponto de medição 6. ....	242
Figura 4.1.9.1.2-13: Vista da Rua Dra Joana Menezes Faro a partir do ponto de medição 7.....	243
Figura 4.1.9.1.2-14: Vista de residências a partir do ponto de medição 7.....	243
Figura 4.1.9.2-1: Acelerômetro fixado <i>pod</i> metálico no eixo z.....	250
Figura 4.1.9.2-2: Acelerômetro fixado no <i>pod</i> metálico no eixo x.....	250
Figura 4.1.9.2-3: Acelerômetro fixado no <i>pod</i> metálico no eixo y.....	251

---

Figura 4.1.10.2-1: Localização das ruas e entorno da Estação Manual da Cetesb no município de Santos. ....	258
Figura 4.1.10.2-2: MP e O <sub>3</sub> – Classificação e graduação de severidade para municípios do Estado de São Paulo. ....	260
Figura 4.1.10.3.1-1: Variação da velocidade do vento (máx.; med.; mín.) média mensal para os anos de 2000 a 2005.....	267
Figura 4.1.10.5-1: Evolução da variação das médias aritméticas anuais (1997 – 2009).....	269
Figura 4.1.10.5-2: Evolução da variação das máximas diárias (1997 – 2006).....	270
Figura 4.1.10.5-3: Classificação e graduação de severidade na UGRHI 07. Fonte: Cetesb, 2010.....	271
Figura 4.1.10.7-1: Localização dos Pontos de Coleta.....	277
Figura 4.1.10.7-2: Localização do Ponto de Coleta - Alamoá.....	279
Figura 4.1.10.7-3: Localização do Ponto de Coleta – Macuco-Outeirinhos. ...	280
Figura 4.1.10.7-4: Localização do Ponto de Coleta – Estuário - Ponta da Praia. ....	281
Figura 4.1.10.7-5: Localização do Ponto de Coleta – Ilha Barnabé.....	282
Figura 4.1.10.7-6: Localização do Ponto de Coleta – Conceiçãozinha.....	283

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 4.1.7-1: Posições geográficas dos 10 pontos de controle da grade da plataforma.....	33
Tabela 4.1.7-2: Posições geográficas dos 20 pontos de controle de grade do estuário.....	33
Tabela 4.1.7-3: Estatística comparativa de medições e resultados do modelo, considerando a elevação e a componente ns de corrente, na superfície e a 05 e 10 m de profundidade (valores totais e contribuição de maré): coeficiente de correlação e seus níveis de significância (correl, _+), médias das diferenças (difmed) e seus desvios padrão (dpadr), média dos erros absolutos (meabs) e parâmetros de Wilmott (skill). ....	37
Tabela 4.1.7.1-1: Constantes harmônicas de maré da Ilha das Palmas e da Ilha Barnabé (Femar, 2000). ....	40
Tabela 4.1.7.1-2: Estatística básica do nível do mar, maré e nível médio do mar dos registros analisados de Santos e Cananéia, com informações sobre a amplitude (Ampl., considerada como a diferença entre os valores máximo e mínimo) e o desvio padrão. ....	42
Tabela 4.1.7.3-1: Estatística básica dos resultados do modelo nos 10 pontos selecionados, com amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos – valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de janeiro de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).....	50
Tabela 4.1.7.3-2: Estatística básica dos resultados do modelo nos 10 pontos selecionados, com a amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de julho de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré). ....	55
Tabela 4.1.7.4-1: Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados (antes do aprofundamento), com amplitude do nível do mar (ampli.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de janeiro de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré). ....	62
Tabela 4.1.7.4-2: Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados (antes do aprofundamento), com a amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de julho de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).....	68
Tabela 4.1.7.5-1: Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados (após o aprofundamento), com amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da	

simulação de janeiro de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).....	74
Tabela 4.1.7.5-2: Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados (após o aprofundamento), com amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de julho de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).....	81
Tabela 4.1.7.6-1: Coordenadas dos pontos delimitadores da Grade A.....	86
Tabela 4.1.7.6-2: Coordenadas dos pontos delimitadores da Grade B.....	87
Tabela 4.1.7.6-3: Coordenadas dos pontos delimitadores da Grade C. ....	88
Tabela 4.1.8.5-1: Relação das vazões mínimas, médias e máximas e de vazões sólidas para os rios/córregos inseridos no modelo numérico. Adaptado de IME (2008). ....	103
Tabela 4.1.8.5-2: Localização geográfica dos pontos de água e sedimentos inseridos no modelo numérico.....	105
Tabela 4.1.8.7-1: Localização geográfica dos pontos apresentados na Figura 4.1.8.7-61. Sistema de coordenada de referência WGS84.....	152
Tabela 4.1.8.9-1: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para TOC. ....	175
Tabela 4.1.8.9-2: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para NKT.....	175
Tabela 4.1.8.9-3: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para dibenzo(a,h) antraceno. ....	176
Tabela 4.1.8.9-4: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para fluoreno. ....	177
Tabela 4.1.8.9-5: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para acenafteno. ....	177
Tabela 4.1.8.9-6: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para benzo(a) antraceno.....	177
Tabela 4.1.8.9-7: Pontos amostrais com concentração acima do Nível 1 para antraceno. ....	177
Tabela 4.1.8.9-8: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para benzo(a) pireno. ....	177
Tabela 4.1.8.9-9: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para arsênio. ....	178
Tabela 4.1.8.9-10: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para mercúrio. ....	178
Tabela 4.1.8.9-11: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para os dados secundários de estudos pretéritos. ....	178

Tabela 4.1.8.9-12: Pontos amostrais com concentrações de metais acima do Nível 2 para os dados secundários de estudos pretéritos. ....	179
Tabela 4.1.8.9-13: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011. ....	185
Tabela 4.1.8.9-14: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011. ....	186
Tabela 4.1.8.9-15: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011. ....	187
Tabela 4.1.8.9-16: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011. ....	188
Tabela 4.1.8.9-17: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011. ....	189
Tabela 4.1.8.9-18: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011. ....	190
Tabela 4.1.8.9-19: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011. ....	191
Tabela 4.1.8.9-20: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011. ....	192
Tabela 4.1.9.1-1: Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos fornecidos pela NBR 10151 (2000). ....	237
Tabela 4.1.9.1.2-1: Localização de cada ponto de medição, sua classificação, NCA sugerido pela NBR 10151 (2000) e o $L_{ra}$ obtido na campanha de medição. ....	245
Tabela 4.1.9.2-1: Limites de velocidade de vibração da partícula em pico, PPV em (mm/s) segundo a norma DIN 4150-3 (1999) para integridade estrutural. ....	248
Tabela 4.1.9.2-2: Limites de velocidade de vibração da partícula em pico, PPV em (mm/s) segundo a norma ISO 2631-2 (1997) para limites de incomodidade. ....	249
Tabela 4.1.9.2-3: Localização de cada ponto de medição, sua classificação, NCA sugerido pela NBR 10151 (2000) e o $L_{ra}$ obtido na campanha de medição. ....	252
Tabela 4.1.10.1-1: Padrões Nacionais de Qualidade do Ar. ....	254
Tabela 4.1.10.2.2-1: Fontes e características dos principais poluentes atmosféricos. ....	262
Tabela 4.1.10.3-1: Caracterização da UGRHI – 07 – Baixada Santista. ....	265
Tabela 4.1.10.3.1-1: Resumo dos aspectos climatológicos e meteorológicos. ....	266
Tabela 4.1.10.3.1-2: Variação da velocidade do vento (máx.; med.; mín.) média mensal para os anos de 2000 a 2005. ....	267

Tabela 4.1.10.6-1: Resultados de Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> ) no Porto entre julho/2008 e setembro/2008.....	272
Tabela 4.1.10.6-2: Resultados de Partículas Totais em Suspensão (PTS) no Porto entre julho/2008 e setembro/2008.....	273
Tabela 4.1.10.7-1: Resultados analíticos das medições de qualidade do ar no Porto (2011).....	275

---

**LISTA DE ANEXOS**

**Anexo 4.1.7-1** – Nível do Mar – CTES-FEMAR.DOCX

**Anexo 4.1.7-2** – Séries temporais de resultados dos modelos nos 10 pontos de controle da plataforma.

**Anexo 4.1.7-3** – Intensidade das correntes na superfície, nos 10 pontos de controle da plataforma.

**Anexo 4.1.7-4** – Resultados das análises de maré e de correntes de maré na superfície.

**Anexo 4.1.7-5** – Séries temporais de resultados do modelo, para processamento com a batimetria original (antes do aprofundamento), nos 20 pontos de controle do estuário.

**Anexo 4.1.7-6** – Intensidades das correntes na superfície, nos 20 pontos de controle do estuário.

**Anexo 4.1.7-7** – Resultados das análises de maré e de correntes de maré na superfície.

**Anexo 4.1.7-8** – Séries temporais de resultados do modelo, para processamento com a batimetria (após o aprofundamento) nos 20 pontos de controle do estuário.

**Anexo 4.1.7-9** – Intensidades das correntes na superfície, nos 20 pontos de controle do estuário.

**Anexo 4.1.7-10** – Resultados das análises de maré e de correntes de maré na superfície.

**ANEXO 4.1.8.9.1-1** - Relatório de Resultados Caracterização dos Sedimentos após Dragagem

**Anexos 4.1.8.9.1-2** - Laudos Sedimento Canal

**Anexo 4.1.8.9.2-1** Relatório - Caracterização Berços e Área de Acesso

**Anexo 4.1.8.9.2-2** - Laudos Berços e Acessos

**Anexo 4.1.8.9-1** – Relatórios de Ensaio

**Anexo 4.1.9.1-1** – Certificado de Calibração

**Anexo 4.1.9.1-2** – Certificado de Calibração

**Anexo 4.1.9.2-1 – Certificado de Calibração**

**Anexo 4.1.10-1 - Laudos Analíticos emitidos pela empresa Environ**

**Anexo 4.1.10-2 - Registros Fotográficos dos Pontos de Coleta e Medição da Qualidade do Ar**

**Anexo 4.1.10-3 - Certificados de Calibração dos Equipamentos utilizados na Medição da Qualidade do Ar**

**Anexo 4.1.10-4 - Certificado de Acreditação**

**Anexo 4.1.10-5 – Cadeia de Custódia**

#### 4.1.7 Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira

Em áreas de plataforma continental, a maré oceânica, devida à atração gravitacional e movimentos do sistema Terra-Sol-Lua, é claramente observada não apenas no nível do mar, mas também como movimentos horizontais periódicos - correntes de maré, com reversões em torno de 24 e 12 horas, principalmente, mas também com períodos maiores (15 dias e 1 mês) e menores (8 e 6 horas). Esses movimentos têm maior amplitude quando há alinhamento entre os três astros (Terra-Sol-Lua) - nos períodos de sizígia, na lua nova ou cheia - e menor amplitude quando a distribuição dos astros forma ângulo de 90° - nos períodos de quadratura, na lua crescente ou minguante.

Além da forçante astronômica da circulação, a tensão de cisalhamento do vento na superfície do mar gera ondas de gravidade superficiais (OGS - com períodos típicos da ordem de 10 s e comprimentos de onda da ordem de 100 m) e movimentos de meso-escala na forma de correntes e oscilações do nível do mar (com escalas de tempo entre horas e dias e escalas espaciais entre dezenas e centenas de quilômetros). Tanto as ondas como os movimentos de meso-escala são dependentes da variabilidade das condições atmosféricas.

Porém, na plataforma continental, ondas de gravidade superficiais (OGS) são relativamente pouco importantes em termos de transporte de partículas e propriedades. Para OGS típicas, com 100 m de comprimento ( $L = 2 \pi / k$ , onde  $k$  é o número de onda), período de 10 s ( $T = 2 \pi / \omega$ , onde  $\omega$  é a frequência angular) e amplitude de 1 m ( $\eta$ ), as intensidades das velocidades horizontais ( $u$ ), na superfície do mar, são da ordem de 1 m/s ( $u = \eta g k / \omega$ , sendo  $g$  a aceleração da gravidade). Essa intensidade diminui em direção ao fundo com  $\exp(-kz)$ , ou seja, a 10m de profundidade a velocidade típica diminui 50% (Le Blond & Mysak, 1978). Entretanto, como o período é curto, essas velocidades produzem um deslocamento horizontal residual dos materiais de apenas poucos metros, aproximadamente  $0,5 \text{ m/s} * 5 \text{ s} = 2,5 \text{ m}$  na superfície para uma OGS típica, em torno da posição inicial.

Por outro lado, campos de vento atuando sobre a plataforma geram divergência / convergência nessa região e, como consequência, movimentos verticais (variações do nível do mar) e horizontais (correntes) intensificados. No Hemisfério Sul (HS), uma costa a oeste de um oceano sob influência de vento sul apresenta nível do mar acima da média e correntes para noroeste, com intensidade proporcional à intensidade do vento, seguindo o modelo clássico de Ekman-Sverdrup (Bowden, 1983); no caso de vento norte, o nível do mar na costa fica abaixo da média e correntes são para sudeste.

Dentre as diversas escalas de atuação do vento na superfície do mar, como a sazonal e a dos sistemas frontais, há também o período diário, com o efeito da brisa marítima na circulação costeira. Entretanto, em geral essa componente da circulação só é significativa muito próximo à costa, sendo na maior parte dos casos considerada com a circulação de maré, através da componente de corrente S2 e, eventualmente, sua modulação sazonal.

Completando os principais componentes de movimentos em plataformas continentais, além das influências de marés e vento, se tem a circulação gerada por variações espaço-temporais de temperatura e salinidade (gerando gradientes baroclínicos de pressão), variações espaciais de pressão atmosférica e desníveis da superfície (gerando gradientes barotrópicos de pressão) e ondas costeiras (como ondas de Kelvin e ondas costeiras aprisionadas) (Gill, 1982; Pedlosky, 2003).

Já muito próximo à costa, os movimentos do oceano são restringidos pela presença dos contornos do fundo e das áreas emersas. As ondas de maré são refletidas e dissipadas e as OGS passam a sofrer influência da presença do fundo marinho, onde mudam seu comprimento, são fortemente dissipadas pelo atrito com o fundo e, eventualmente, quebram na praia. Os movimentos de meso-escala são intensificados próximo aos contornos - nível do mar e correntes têm sua maior variabilidade relativa.

Na região Sudeste do Brasil, a circulação marinha na plataforma continental interna (profundidades menores do que 50 m) é dominada pela dinâmica da

maré e de movimentos gerados pelo vento, com pequena influência das correntes de densidade (Mesquita, 1983; Fundespa, 1999). Esta região, em geral, não é afetada por correntes litorâneas (devidas à quebra de ondas nas praias). Por outro lado, nas regiões estuarinas, correntes de densidade devem ser consideradas, principalmente em função dos aportes fluviais, como é o caso do Estuário de Santos – São Vicente.

Quanto a massas d'água, a plataforma continental interna no Estado de São Paulo é ocupada principalmente por Água Costeira (AC), resultante da mistura das águas sobre a plataforma continental com aporte de água doce, proveniente da drenagem continental e contribuições estuarinas, possuindo baixa salinidade e homogeneidade na vertical, devido à turbulência imposta pela tensão de cisalhamento do vento em coluna de água relativamente pequena. No verão, ocorre a penetração da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na camada subsuperficial da região mais costeira da plataforma continental (ressurgência), enquanto que, no inverno, com o afastamento da ACAS, aumenta o domínio da AC na plataforma interna (Castro et al., 1987).

Na análise de massas d'água, o padrão homogêneo na vertical da plataforma continental interna é observado no litoral Norte do Estado de São Paulo (Castro, 1996), como também na região de Santos, onde correntes de densidade só são importantes quando ocorrem índices de pluviosidade muito altos, que aumentam a vazão de rios e a drenagem continental na área, provocando diminuição da densidade das águas estuarinas e costeiras e gerando correntes na superfície para fora do estuário de Santos – São Vicente. Muitas vezes, esses padrões de alta pluviosidade estão associados a eventos frontais intensos. Ao ultrapassarem a Baía de Santos, as correntes de densidade na superfície defletem para a esquerda, passando a ser para Nordeste, paralelas às isóbatas, e se tornando um adicional ao sistema de correntes geradas por ventos do quadrante Sul.

Nas proximidades de Santos, o nível do mar apresenta oscilações de maré com, aproximadamente, 1 m de amplitude (da crista ao cavado) durante as sizígias e de 0,40 m durante as quadraturas, enquanto as correntes

apresentam amplitudes de 0,20 m/s e 0,05 m/s, respectivamente, com eixos maiores das elipses preferencialmente na direção NW – SE (Mesquita & Harari, 2003; Harari & Camargo, 2003). Quanto à dispersão devido à maré, resultam excursões de materiais em suspensão na água do mar dentro de um raio da ordem de 2 km durante as sizígias e de 500 m nas quadraturas, em torno da posição inicial.

Em relação à circulação gerada por efeitos meteorológicos, sob influência da Alta Subtropical, na região sudeste brasileira prevalecem ventos na superfície do quadrante leste moderados, em geral não ultrapassando 5 m/s, e pressões relativamente altas, da ordem de 1025 hPa. Entretanto, instabilidades provocam um padrão de condições atmosféricas típico da evolução de sistemas frontais frios, com ventos do quadrante leste girando para ventos do quadrante norte, depois de oeste, pressão atmosférica caindo, da ordem de 10 hPa, seguido de ventos do quadrante sul, temperatura diminuindo e pressão atmosférica em elevação. Na seqüência, os ventos de sul vão girando novamente para ventos de leste, com temperatura e pressão aumentando, voltando a influência da Alta Subtropical.

A caracterização de frentes frias pode obedecer a vários critérios, tais como variações dos campos de pressão, temperatura do ar e intensidade e direção dos ventos. Um critério particularmente adequado é baseado na observação do comportamento dos ventos de superfície. Para a plataforma sudeste brasileira, quedas significativas da pressão atmosférica, seguidas de ventos do quadrante sul, com posterior queda de temperatura, podem ser usadas como os padrões de caracterização das frentes. No caso dos ventos, intensidades maiores que 5 m/s, persistentes por mais de 24 horas (intervalo de tempo próximo ao período inercial na região, que corresponde ao tempo necessário para que a circulação marítima entre em equilíbrio com o vento) caracterizam sistemas meteorológicos com energia suficiente para afetar significativamente o deslocamento de materiais e poluentes na superfície do mar. Pode-se considerar que sistemas frontais ocorrem com freqüência de 3 a 5 eventos por mês, sendo as menores freqüência e intensidade observadas no verão –

outono e maiores freqüência e intensidade no inverno – primavera (Andrade, 2005).

Ainda que movimentos transientes no oceano, excitados pelas mudanças das condições atmosféricas, estejam sobrepostos na área costeira, o modelo de Ekman-Sverdrup pode ser utilizado para interpretar correntes geradas pelo vento na região de plataforma ao largo de Santos. Nessa área, correntes marítimas são modeladas e observadas em medições (disponíveis em raras ocasiões), paralelas às isóbatas, e correlacionadas com o vento na superfície. Essas correntes são, em geral, verticalmente homogêneas (barotrópicas) e podem atingir picos de 0,8 m/s a 1 m/s, mas, persistentes por mais de um dia, são da ordem de 0,5 m/s, quando geradas por ventos de sul intensos que acompanham instabilidades atmosféricas na costa sudeste brasileira. Por outro lado, correntes mais fracas, da ordem de 0,2 m/s, raramente excedendo 0,4 m/s, com o sentido geral para sul, estão presentes quando a região está sob influência da Alta do Atlântico Sul, com ventos de nordeste e leste (DTA Engenharia, 2011). Por influência do vento, substâncias na superfície da água podem sofrer deslocamentos de até 40 km em um dia, para nordeste, ou até 20 km para sudoeste, a partir do ponto de lançamento.

No estuário de Santos – São Vicente, os efeitos predominantes na circulação são os de maré e de cisalhamento do vento, mas deve ser considerada adicionalmente a circulação devida a variações de densidade em função dos aportes fluviais, que é típica de áreas estuarinas, com correntes de superfície predominantemente em direção ao mar aberto e correntes em profundidade em direção ao interior do estuário. Experimentos numéricos de Harari et al. (2007) demonstram que essas correntes possuem intensidades em torno de 0,1 m/s.

O estudo da dinâmica costeira na região do Porto foi realizado a partir de modelagem numérica hidrodinâmica, segundo duas grades computacionais. A primeira cobrindo a plataforma interna (na região externa à Baía de Santos até profundidades de 45 m, aproximadamente – com espaçamento de 111,12 m) e a segunda englobando o estuário de Santos – São Vicente (incluindo a Baía de

Santos e os canais do Porto e de São Vicente – com espaçamento de 166,68m).

A grade estuarina foi processada segundo duas versões, antes da dragagem de aprofundamento e após a dragagem, mantendo os limites e espaçamento de grade. As duas grades foram processadas como alinhamentos de uma grade maior cobrindo toda a plataforma do Estado de São Paulo, rotineiramente utilizada desde os trabalhos de Harari & Camargo (1994) e Camargo & Harari (1994).

A batimetria da grade da plataforma é apresentada na **Figura 4.1.7-1**, sendo composta por 601 x 401 pontos segundo as direções EW e NS, respectivamente. Nesta ilustração são apresentados os 10 pontos de controle para análise de resultados na forma de séries temporais, sendo os dois primeiros pontos referentes às áreas de descarte das dragagens de manutenção e de aprofundamento, enquanto que os demais 8 pontos são distribuídos regularmente na grade.

A grade estuarina possui 220 por 150 pontos, sendo inclinada em relação às direções EW e NS. A batimetria desta grade (nas versões antes e após dragagem) e os 20 pontos de controle são apresentados na **Figura 4.1.7-2**. Os primeiros 18 pontos selecionados estão situados ao longo do canal de navegação, enquanto que os demais são referentes ao ponto do emissário submarino de esgotos e à posição do ADCP cujos dados foram utilizados para validar o modelo.

As posições exatas dos pontos de controle das grades de plataforma e estuarina se encontram nas **Tabelas 4.1.7-1 e 4.1.7-2**, respectivamente.

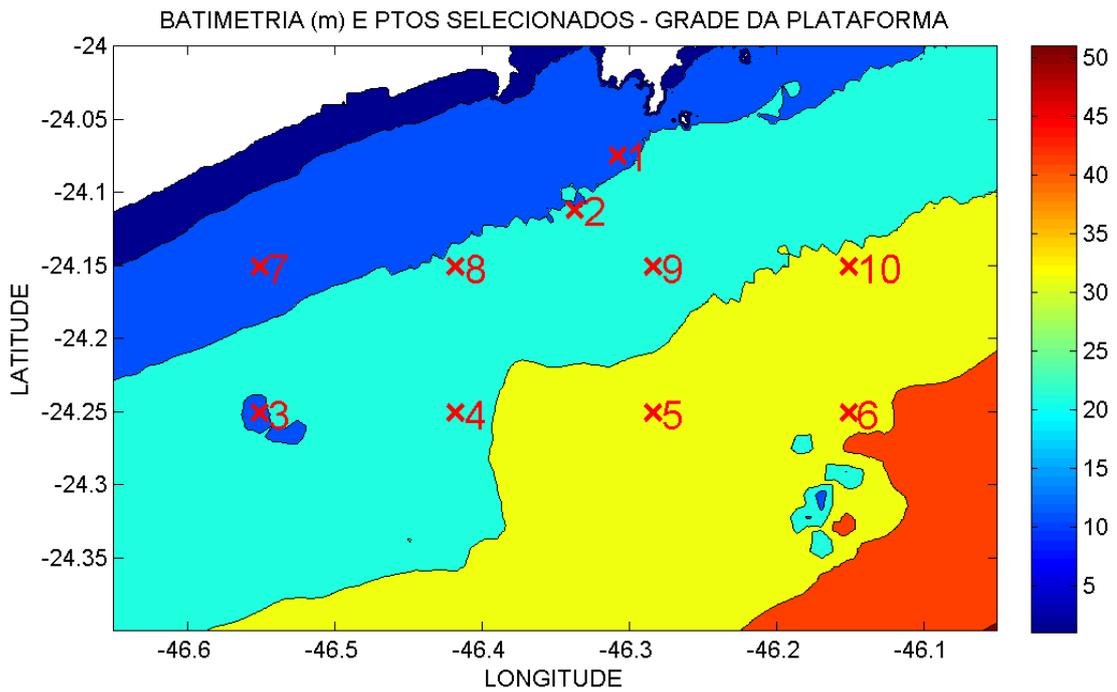
Para estas grades, foi processado modelo baseado no “*Princeton Ocean Model – POM*” (Blumberg & Mellor, 1987), com adaptações de Harari & Camargo (1998, 2003). O POM é um modelo tri-dimensional não linear com as equações hidrodinâmicas completas (nível do mar, correntes, temperatura, salinidade e densidade) cujas soluções são obtidas em sistema de coordenadas sigma (que

acompanha o relevo submarino), considerando a separação de modos e fechamento turbulento de segunda ordem (Mellor, 1998).

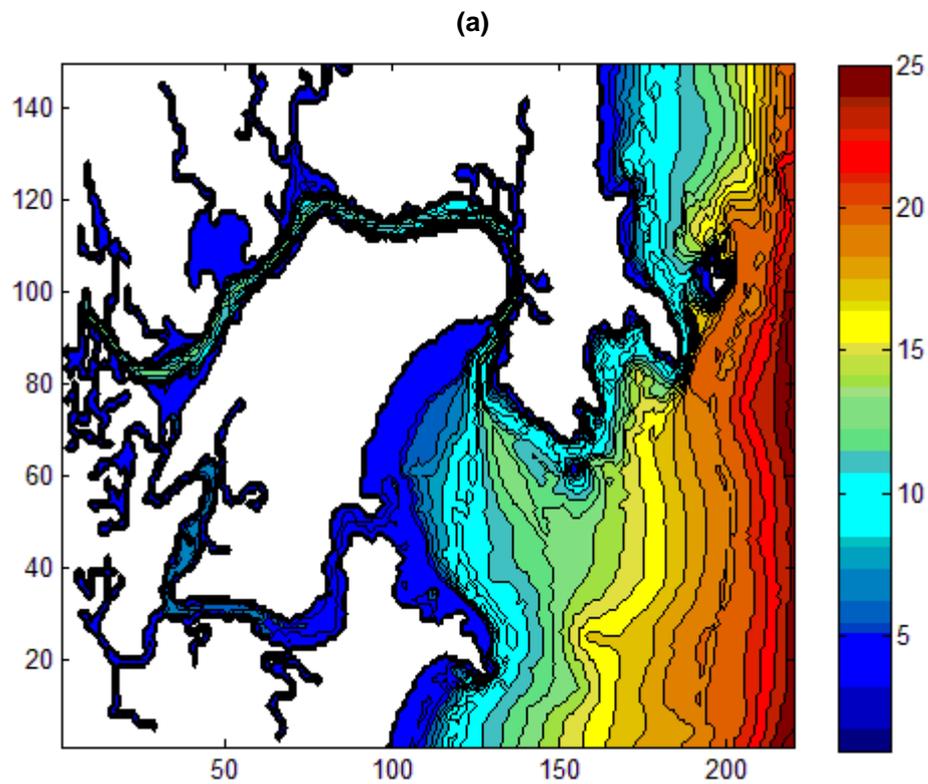
O modelo foi processado considerando como forçantes: (1) as marés nos contornos abertos, especificadas a partir dos resultados do modelo global de maré de Andersen et al. (2006a, b) e do modelo de maré da plataforma de Harari & Camargo (1994); (2) os ventos de superfície, disponibilizados pelo *National Center for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) (Kalnay et al., 1996); (3) dados de temperatura e salinidade do Banco de Dados Levitus 94 (Levitus & Boyer, 1994); e (4) os valores de oscilações de nível médio do mar nas bordas calculados pelo modelo de plataforma de Camargo & Harari (1994), considerando medições de nível do mar das estações maregráficas costeiras permanentes de Cananéia e Ubatuba. Especificamente para a grade estuarina, foram consideradas adicionalmente as seguintes forçantes: (5) dados de vazões fluviais na área do estuário (IME, 2008); e (6) dados de temperatura e salinidade do Projeto CIRSAN (Harari et al, 2009, 2009a).

Este modelo hidrodinâmico tem sido intensamente utilizado na reprodução de elevação do nível do mar e correntes em regiões costeiras e de plataforma (Harari & Camargo, 1998, 2003; Camargo & Harari, 2001; Camargo, Harari & França, 2006; Harari et al., 2006).

De forma similar ao realizado para as condições meteorológicas, as condições de elevações e correntes marítimas foram simuladas para dois meses, compreendendo janeiro e julho de 2009, de modo a cobrir condições de verão e inverno. Nas simulações, foram considerados 11 níveis sigma nas grades e passos de tempo de 12 segundos para o modo externo e 2 segundos para os modos internos.



**Figura 4.1.7-1: Batimetria (em metros) da grade da plataforma e localização dos 10 pontos selecionados.**



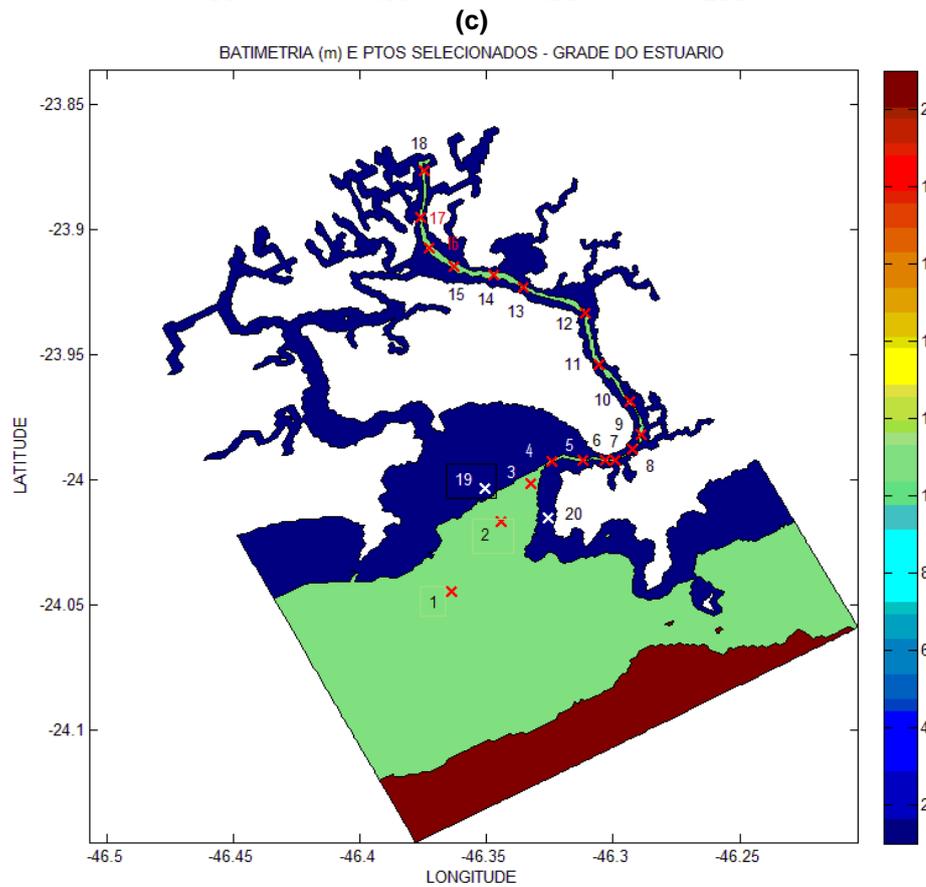
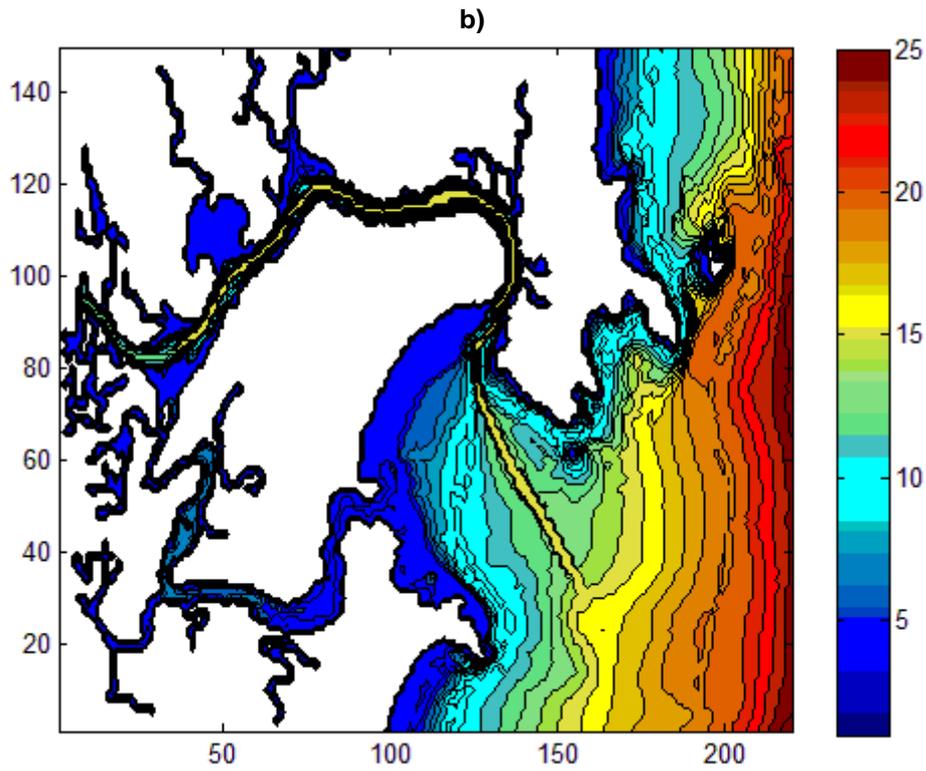


Figura 4.1.7-2: Batimetria (em metros) da grade de plataforma, antes e após a dragagem de aprofundamento (a e b) e posições do 20 pontos selecionados ©.

**Tabela 4.1.7-: Posições geográficas dos 10 pontos de controle da grade da plataforma.**

PONTO	LONGITUDE (W)	LATITUDE (S)	LOCAL
1	-46.308	-24.075	Descarte de manutenção
2	-46.337	-24.112	Descarte de aprofundamento
3	-46.551	-24.251	Mongaguá 1
4	-46.418	-24.251	Praia Grande 1
5	-46.284	-24.251	Guarujá 1
6	-46.151	-24.251	Bertioga 1
7	-46.551	-24.151	Mongaguá 2
8	-46.418	-24.151	Praia Grande 2
9	-46.284	-24.151	Guarujá 2
10	-46.151	-24.151	Bertioga 2

**Tabela 4.1.7-2: Posições geográficas dos 20 pontos de controle de grade do estuário.**

PONTO	LONGITUDE (W)	LATITUDE (S)	LOCAL
1	-46.364	-24.044	Externo à Baía de Santos
2	-46.344	-24.017	Baía de Santos
3	-46.333	-24.001	Canal de acesso
4	-46.324	-23.993	Canal de acesso
5	-46.312	-23.992	Ponta da Praia
6	-46.303	-23.992	Ponta da Praia
7	-46.299	-23.992	Porto – início
8	-46.292	-23.988	Travessia das Balsas
9	-46.289	-23.982	late Clube de Santos
10	-46.293	-23.969	Terminais
11	-46.306	-23.954	Terminais
12	-46.311	-23.933	Canal de Bertioga
13	-46.336	-23.923	Ilha Barnabé
14	-46.347	-23.918	Lagoa de Santa Rita
15	-46.363	-23.915	Lagoa do Caneú
16	-46.373	-23.908	Lagoa do Caneú
17	-46.376	-23.895	Canal da COSIPA
18	-46.375	-23.877	Canal da COSIPA
19	-46.351	-24.004	Emissário submarino
20	-46.326	-24.015	Ilha das Palmas

A validação do modelo foi realizada com medições de perfilador acústico de correntes (ADCP) Sontek Argonaut XR instrumentado com sensor de pressão, sensor de temperatura e três transdutores acústicos operando em 750kHz, fundeado na posição 24° 0,757' S 46° 19,579' W, com profundidade de 11,0 m aproximadamente, local muito próximo ao Ponto selecionado 20 da grade estuarina (próximo à Ilha das Palmas). O registro considerado cobre o período de 16:30 GMT de 16 de fevereiro de 2009 a 13:30 GMT de 30 de março de

2009, em intervalos de 30 minutos, com medidas de correntes na coluna d'água, temperatura no fundo e nível da superfície do mar. O aparelho foi configurado para a obtenção de medições de correntes em 10 células de 1,0 m, a partir de 0,5 m acima do fundo até 0,5 m abaixo do nível da superfície do mar.

A comparação quantitativa das observações com resultados do modelo é apresentada a seguir, a partir da representação gráfica de séries temporais de elevações e da componente NS de corrente a meia água (**Figura 4.1.7-3**). A estatística da comparação é apresentada na **Tabela 4.1.7-3**, que contém as correlações modelo x medições (correl), as médias das diferenças (difmed), seus desvios padrão (dpadr), as médias dos erros absolutos (meabs) e o parâmetro de Wilmott (skill), o qual é mais próximo a 1 quanto melhor o ajuste do modelo às observações e mais próximo a zero quanto maior o desajuste (Wilmott, 1981). Esta estatística considera elevações e correntes totais e as respectivas contribuições de maré. Quanto às correntes, as estatísticas contemplam os valores na superfície e a 05 e 10 m de profundidade, para a componente NS de corrente, cuja amplitude é bem maior que a EW, que é atenuada pela proximidade do contorno continental a leste.

A estatística comparativa demonstra que o modelo reproduz razoavelmente as medições do ADCP, embora o perfilador seja posicionado no interior da Baía de Santos, muito próximo à Ilha das Palmas, com componente de corrente EW muito reduzida. Entretanto, a correlação da componente de corrente mais significativa (NS) atinge 0,73 e o desvio padrão das diferenças é sempre menor que 0,1 m/s, com skill acima de 0,90; para a contribuição de maré, que é a feição dinâmica mais freqüente, os parâmetros estatísticos comparativos são ainda melhores, com correlações que superam 0,75 e desvios padrão que não ultrapassam 0,05 m/s, com skill acima de 0,90 (**Tabela 4.1.7-3**). Uma limitação do modelo na reprodução das correntes medidas se encontra no cálculo de correntes mais fracas em diversos casos de valores extremos observados (**Figura 4.1.7-3**); estas discrepâncias são devidas à ocorrência de fortes jatos de vento locais, que não estão presentes no modelo atmosférico global, mas

que produzem correntes intensas, principalmente na superfície (de fato, os desvios padrão das correntes em profundidade tendem a ser menores que os de superfície). Quanto à reprodução do nível do mar, as correlações são muito elevadas, atingindo 0,95 para o total e para a contribuição de maré, com desvios padrão da ordem de 10% da amplitude e skill acima de 0,98 (**Tabela 4.1.7-3**).

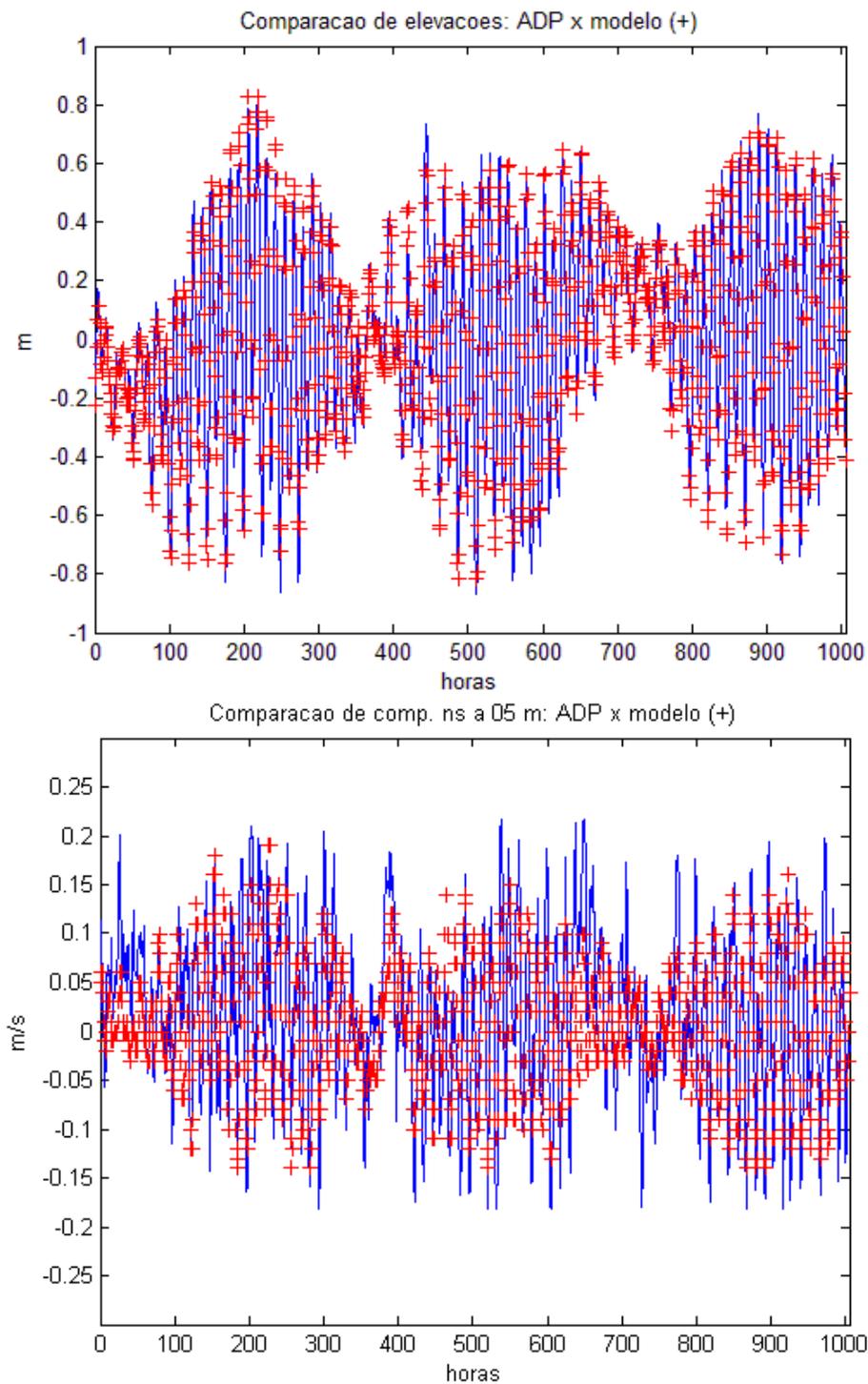


Figura 4.1.7-3: Séries temporais de medicos do ADCP (contínuo azul) e de cálculos do modelo (pontilhado vermelho) para a elevação da superfície (superior) e para a componente N S de corrente a 0,5 m de profundidade (inferior).

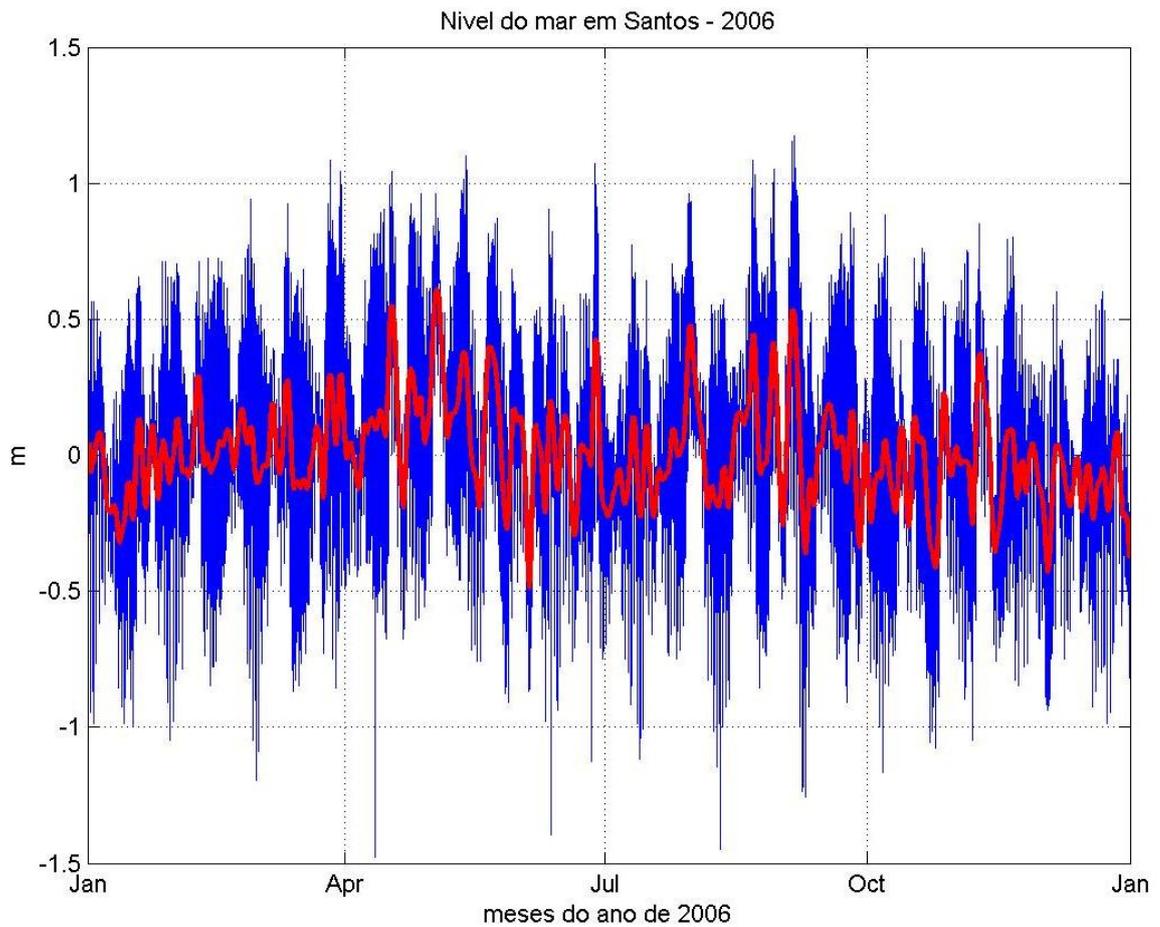
**Tabela 4.1.7-3: Estatística comparativa de medições e resultados do modelo, considerando a elevação e a componente ns de corrente, na superfície e a 05 e 10 m de profundidade (valores totais e contribuição de maré): coeficiente de correlação e seus níveis de significância (correl,  $\pm$ ), médias das diferenças (difmed) e seus desvios padrão (dpadr), média dos erros absolutos (meabs) e parâmetros de Wilmott (skill).**

	Total					Contribuição de maré				
	Correl $\pm$	Difmed (m)	Dpadr (m)	Meabs (m)	Skill	Correl $\pm$	Difmed (m)	Dpadr (m)	Meabs (m)	Skill
Elevação (m)	0,95 0,01	0	0,12	0,09	0,98	0,95 0,01	0	0,11	0,08	0,99
	Correl $\pm$	Difmed (m/s)	Dpadr (m/s)	Meabs (m/s)	Skill	Correl	Difmed (m/s)	Dpadr (m/s)	Meabs (m/s)	Skill
Comp. ns na sup	0,69 0,03	0,02	0,06	0,06	0,9	0,76 0,03	0	0,05	0,04	0,93
Comp. ns a 05 m	0,73 0,03	0,01	0,06	0,05	0,91	0,78 0,02	0	0,05	0,04	0,93
Comp. ns a 10 m	0,7 0,03	0,02	0,06	0,04	0,91	0,83 0,02	0	0,04	0,03	0,92

#### 4.1.7.1 Marés e Nível Médio do Mar em Santos e Cananéia

Medições de nível do mar em Santos (de 2006) e Cananéia (2007, 2008 e 2009) foram processadas, de modo a determinar as características da maré e das oscilações do nível médio do mar. A **Figura 4.1.7.1-1** apresenta a série temporal horária do nível do mar em Santos, referente a 2006. No **Anexo 4.1.7-1** (arquivo 'nível do mar - ctes femar.docx') são listadas as constantes harmônicas de vários pontos de interesse na área costeira de Santos e de Cananéia (Femar, 2000), sendo aqui reproduzidas apenas as de Ilha das Palmas e Ilha Barnabé (**Tabela 4.1.7.1-1**).

As constantes harmônicas desta tabela demonstram uma pequena amplificação das principais componentes de maré na sua propagação da Baía de Santos para o interior do estuário, com a componente M2 passando de 35,3 cm para 35,8 cm de Ilha das Palmas para Ilha Barnabé e a S2 passando de 22,9 cm para 24,9 cm, sendo esta amplificação acompanhada de um aumento das respectivas fases (locais), de 81° para 85° (M2) e de 75° para 91° (S2). As marés em Santos são semi-diurnas com desigualdades diurnas, tendo número de forma igual a 0,36, calculado através da relação de amplitudes das componentes em Ilha Barnabé  $(H(M2)+H(S2))/(H(K1)+H(O1))$ .



**Figura 4.1.7.1-1: Nível do mar em Santos no decorrer de 2006 (azul) e nível médio do mar (vermelho), no Terminal de Fertilizantes de Conceiçãozinha.**

Tabela 4.1.7.1-1: Constantes harmônicas de maré da Ilha das Palmas e da Ilha Barnabé (Femar, 2000).

Nome da Estação :		ILHA DAS PALMAS – SP			
Localização :		Barra do Porto de Santos - no Trapiche do Clube de Pesca			
Organ. Responsável :		DHN / INPH			
Latitude :		24° 00,5' S	Longitude : 46° 19,6' W		
Período Analisado :		28/03/90 a 27/04/90		Nº de Componentes : 24	
Análise Harmônica :		Método Almirante Santos Franco			
Classificação :		Maré de Desigualdades Diurnas			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		III H 31 min	Nível Médio (Zo):		77 cm acima do NR.
Média das Preamares Superiores (MHHW) :		140 cm acima do NR.	Média das Preamares Inferiores (MLHW) :		130 cm acima do NR.
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :		29 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :		9 cm acima do NR.
<b>CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS</b>					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU <sub>2</sub>	-	-
Ssa	-	-	N <sub>2</sub>	4,6	149
Mm	-	-	NU <sub>2</sub>	0,9	140
Mf	-	-	M <sub>2</sub>	35,3	081
MTM	-	-	L <sub>2</sub>	-	-
Msf	-	-	T <sub>2</sub>	1,3	076
Q <sub>1</sub>	3,2	033	S <sub>2</sub>	22,9	075
O <sub>1</sub>	9,6	084	K <sub>2</sub>	6,2	075
M <sub>1</sub>	-	-	MO <sub>3</sub>	-	-
P <sub>1</sub>	2,2	104	M <sub>3</sub>	4,5	198
K <sub>1</sub>	6,7	106	MK <sub>3</sub>	3,1	080
J <sub>1</sub>	-	-	MN <sub>4</sub>	-	-
OO <sub>1</sub>	-	-	M <sub>4</sub>	1,7	351
MNS <sub>2</sub>	-	-	SN <sub>4</sub>	-	-
2N <sub>2</sub>	0,6	217	MS <sub>4</sub>	1,6	105
<b>Referências de Nível:</b> RN instalada numa pedra junto à rampa de acesso ao Clube.					

<b>Nome da Estação :</b>		<b>BARNABÉ – SP</b>			
<b>Localização :</b>		No terminal da CODESP na Ilha de Barnabé			
<b>Organ. Responsável :</b>		DHN / CODESP			
<b>Latitude :</b>		23° 55,7' S	<b>Longitude :</b>		46° 20,2' W
<b>Período Analisado :</b>		04/09/95 a 04/10/95		<b>Nº de Componentes :</b> 22	
<b>Análise Harmônica :</b>		Método Almirante Santos Franco			
<b>Classificação :</b>		Maré de Desigualdades Diurnas			
<b>Estabelecimento do Porto: (HWF&amp;C)</b>		III H 00 min	<b>Nível Médio (Zo):</b>		87 cm acima do NR.
<b>Média das Preamares Superiores (MHHW) :</b>		155 cm acima do NR.	<b>Média das Preamares Inferiores (MLHLW) :</b>		141 cm acima do NR
<b>Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :</b>		40 cm acima do NR.	<b>Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :</b>		12 cm acima do NR.
<b>CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS</b>					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU <sub>2</sub>	-	-
Ssa	-	-	N <sub>2</sub>	3,7	134
Mm	-	-	NU <sub>2</sub>	0,7	128
Mf	-	-	M <sub>2</sub>	35,8	085
MTM	-	-	L <sub>2</sub>	-	-
Msf	-	-	T <sub>2</sub>	1,5	090
Q <sub>1</sub>	-	-	S <sub>2</sub>	24,9	091
O <sub>1</sub>	9,5	074	K <sub>2</sub>	6,8	091
M <sub>1</sub>	-	-	MO <sub>3</sub>	4,8	016
P <sub>1</sub>	4,2	142	M <sub>3</sub>	6,9	224
K <sub>1</sub>	12,6	147	MK <sub>3</sub>	7,1	237
J <sub>1</sub>	5,7	345	MN <sub>4</sub>	-	-
OO <sub>1</sub>	-	-	M <sub>4</sub>	3,5	357
MNS <sub>2</sub>	-	-	SN <sub>4</sub>	2,9	125
2N <sub>2</sub>	0,5	084	MS <sub>4</sub>	-	-
<b>Referências de Nível:</b> RN 1 e 2 instaladas no capeamento da cais de atracação do terminal					

Na **Tabela 4.1.7.1-2** são fornecidos parâmetros estatísticos do nível do mar, das marés e do nível médio do mar, para os registros de Santos e Cananéia analisados, onde se nota a similaridade entre estas estações, com amplitudes do nível do mar em torno de 2,5 m e desvio padrão de 0,4 m. A maré é a componente mais importante e a variação do nível médio do mar, que é devida principalmente a efeitos meteorológicos, tem contribuição menor no nível do mar.

Tabela 4.1.7.1-2: Estatística básica do nível do mar, maré e nível médio do mar dos registros analisados de Santos e Cananéia, com informações sobre a amplitude (Ampl., considerada como a diferença entre os valores máximo e mínimo) e o desvio padrão.

Registro	Nível do mar		Maré		Nível médio	
	Ampl (m)	DP(m)	Ampl (m)	DP(m)	Ampl (m)	DP(m)
Santos 2006	2.650	0.394	2.436	0.342	1.103	0.180
Cananéia 2007	2.461	0.401	2.026	0.351	1.050	0.175
Cananéia 2008	2.350	0.395	1.900	0.349	0.959	0.169
Cananéia 2009	2.440	0.391	1.814	0.347	0.849	0.159

#### 4.1.7.2 Nível Médio do Mar em Cananéia, Verão e Inverno de 2009

Nos processamentos do modelo numérico hidrodinâmico da plataforma e do estuário de Santos, para janeiro e julho de 2009, foram utilizadas medições de nível do mar na costa disponíveis, referentes às estações maregráficas do Instituto Oceanográfico da USP, para a determinação das oscilações do nível médio do mar nos contornos abertos das grades.

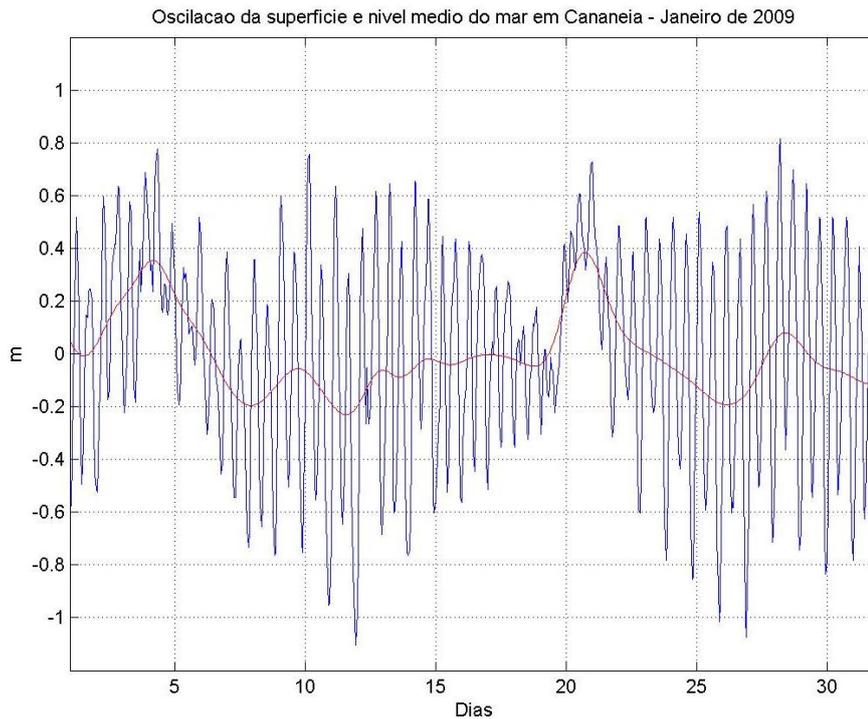
Medições do nível do mar em Cananéia nos meses de janeiro e julho de 2009 são apresentadas nas **Figuras 4.1.7.2-1 e 4.1.7.2-2**, juntamente com os valores do nível médio do mar, calculados através de filtragem de médias móveis das observações horárias.

Em janeiro de 2009, o nível do mar em Cananéia variou entre -1,10 m e +0,82 m, com desvio padrão de 0,39 m, enquanto que o nível médio do mar variou entre -0,23 m e +0,38 m, com desvio padrão de 0,15 m. Nesse mês, condições típicas de verão prevalecem (**Figuras 4.1.2.1-1 e 4.1.2.1-2**) e apenas duas frentes frias foram responsáveis por elevações significativas do nível médio do mar em Cananéia, atingindo +0,35 m no início do dia 04 e +0,38 m ao final do dia 20 do mês; foram registrados três períodos de rebaixamento do nível médio do mar, até cerca de -0,20 m, nos dias 07-08, 11 e 25-26 (**Figura 4.1.7.2-1**).

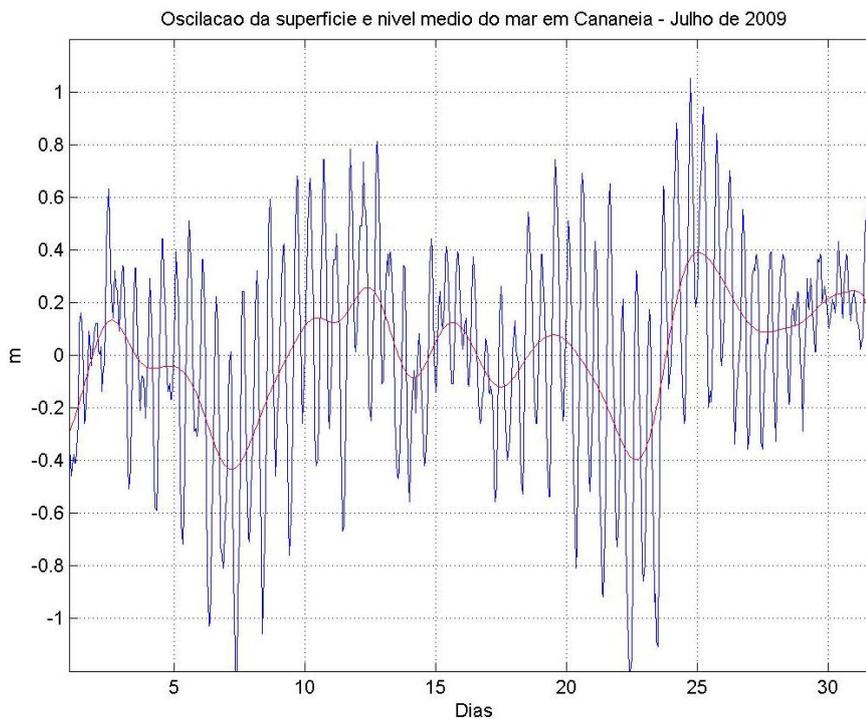
No mês de julho de 2009, o nível do mar em Cananéia variou entre -1,34 m e +1,05 m, com desvio padrão de 0,40 m, enquanto que o nível médio do mar variou entre -0,43 m e +0,39 m, com desvio padrão de 0,19 m. Em função dos

seis períodos com ventos do quadrante Sul na Baixada Santista (**Figuras 4.1.2.2-1 e 4.1.2.2-2**), foram observados seis períodos com elevações do nível médio do mar (**Figura 4.1.7.2-2**): nos dias 01 e 02 (associado ao sistema frontal 0, com o máximo de 0,13 m); nos dias 11 a 13 (devido aos sistemas 2-3, com elevação de +0,26 m); no dia 15 (devido ao sistema 4, com +0,12 m); no dia 19 (por influência do sistema 5, com pequena elevação de +0,08 m); do dia 24 ao 26 (associado ao sistema 7, que provocou a máxima elevação do nível médio do mar, com +0,39 m); e nos dias 29-31 (por influência do sistema 9, que elevou o nível médio a +0,24 m).

É importante notar que os dois períodos com tempo bom em julho de 2009 na região da Baixada Santista (e Estado de São Paulo), com ventos do quadrante Leste, tiveram como consequência uma significativa redução do nível médio do mar em Cananéia, com mínimos de -0,43 m (no dia 7) e -0,40 m (no dia 22). Concluindo a análise das variações do nível do mar em Cananéia, deve-se observar que os extremos (negativo e positivo) do nível médio do mar em julho de 2009 ocorreram em períodos de maré de sizígia, gerando o mínimo e o máximo anual do nível da superfície. Ademais, o máximo do nível médio do dia 25 foi antecedido do mínimo do dia 22, com uma variação de +0,80 m, o que provocou grande transporte de volume em direção à costa neste período.



**Figura 4.1.7.2-1: Oscilações da superfície e do nível médio do mar observadas em Cananéia, em janeiro de 2009.**



**Figura 4.1.7.2-2: Oscilações da superfície e do nível médio do mar observadas em Cananéia, em julho de 2009.**

#### 4.1.7.3 Condições Hidrodinâmicas na Plataforma

Séries temporais de resultados do modelo nos 10 pontos de controle da plataforma são apresentadas no **Anexo 4.1.7-2**, referentes aos meses de janeiro e julho de 2009, nos arquivos stAAAAMMtwd\_PPPP.jpg, onde AAAA é o ano (2009), MM é o mês (01 ou 07, para janeiro ou julho) e PPPP é o ponto selecionado (01 a 10) – ver **Tabela 4.1.7-1**; as séries temporais são de nível do mar e correntes a 00, 05 e 10 m de profundidade. As intensidades das correntes na superfície, nesses pontos, se encontram nos arquivos do **Anexo 4.1.7-3** – st\_sup\_AAAAMMtwd\_PPPP.jpg. No **Anexo 4.1.7-4** são fornecidos os resultados das análises de maré e de correntes de maré na superfície, nos arquivos anamar\_nimAAAAMMtwd\_PPPP.dat (para o nível do mar) e anamar\_corAAAAMMtwd\_PPPP.dat (para as correntes de superfície).

#### Condições de verão (janeiro de 2009)

A seguir, serão apresentados resultados referentes ao Ponto 2 da grade da plataforma, para janeiro de 2009 (**Figuras 4.1.7.3-1 e 4.1.7.3-2**).

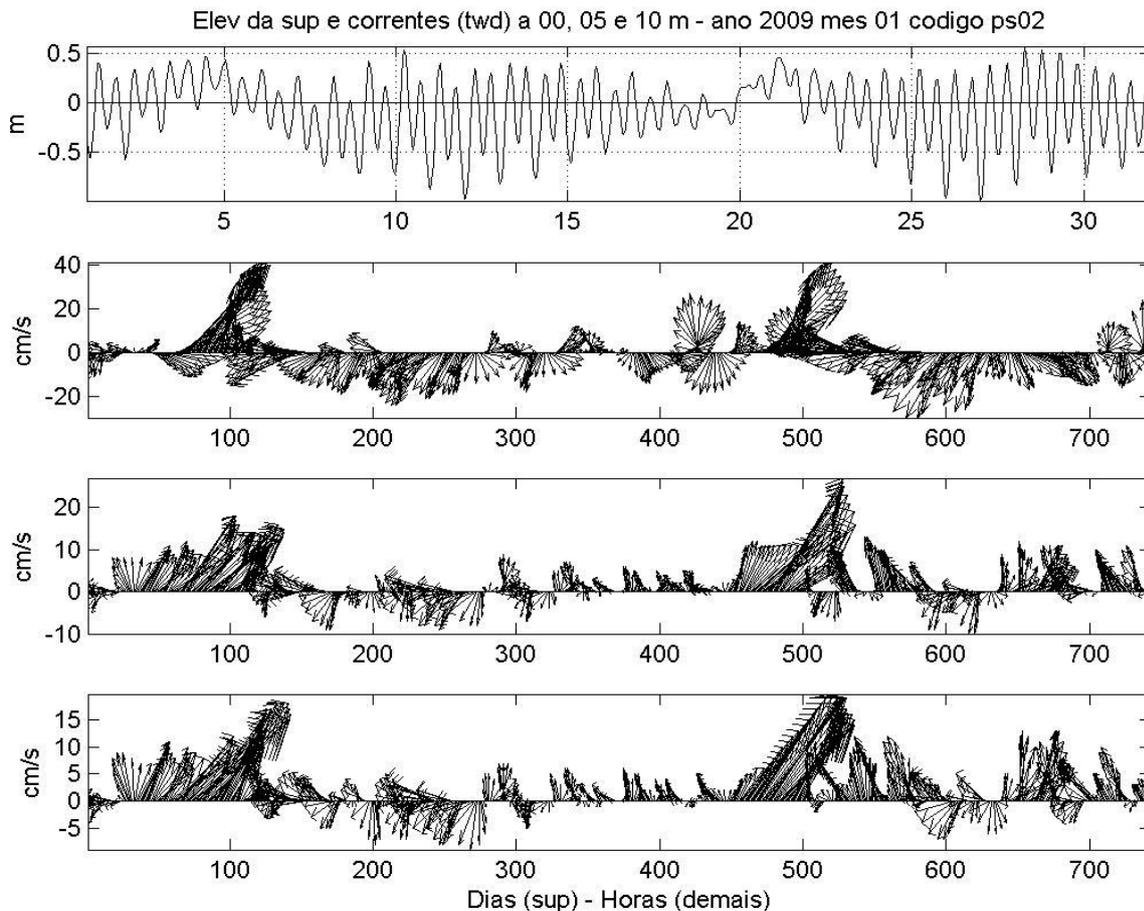


Figura 4.1.7.3-1: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0 m), 5 m e 10 m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 2 da grade da plataforma.

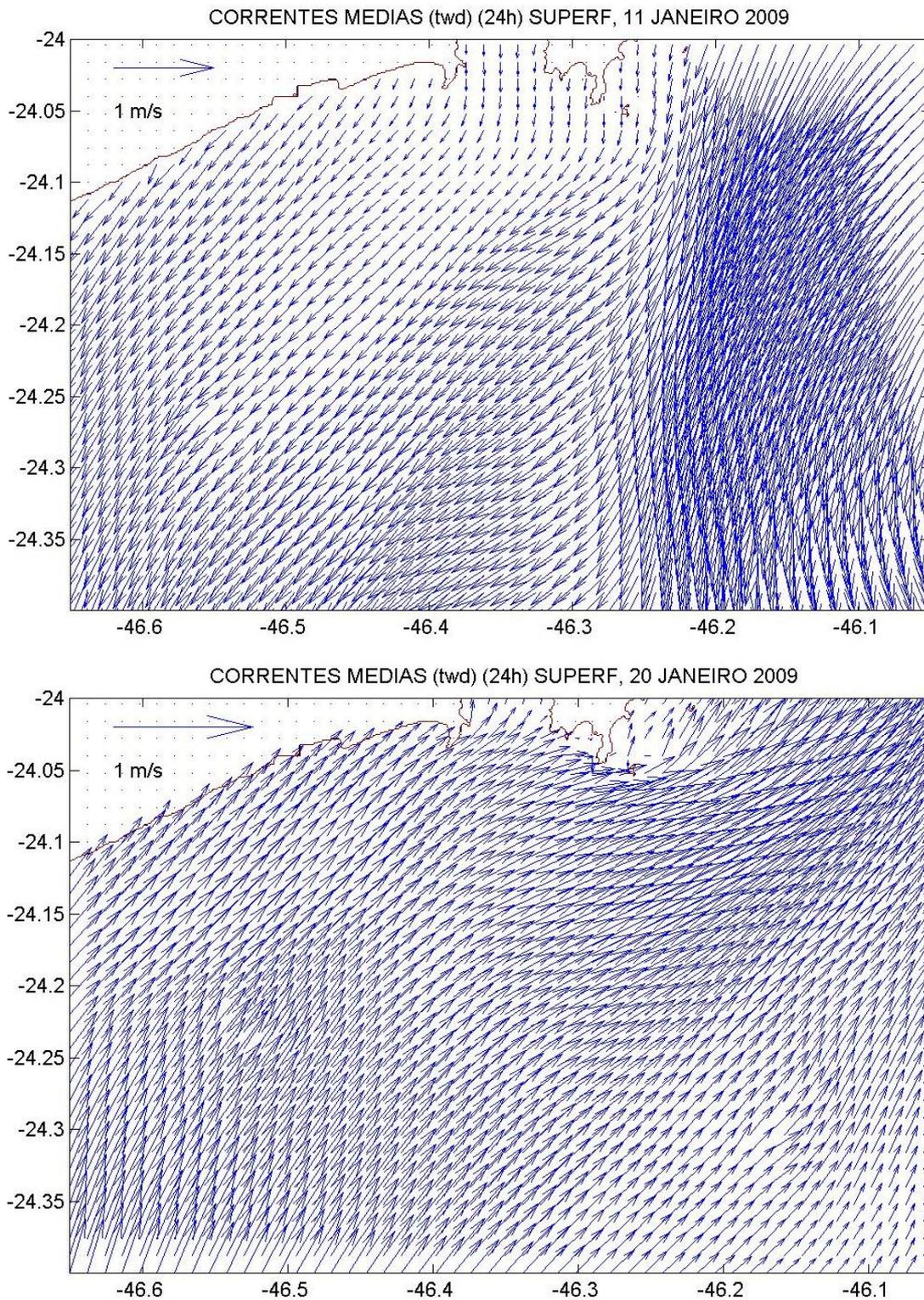


Figura 4.1.7.3-2: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 2 da grade da plataforma.

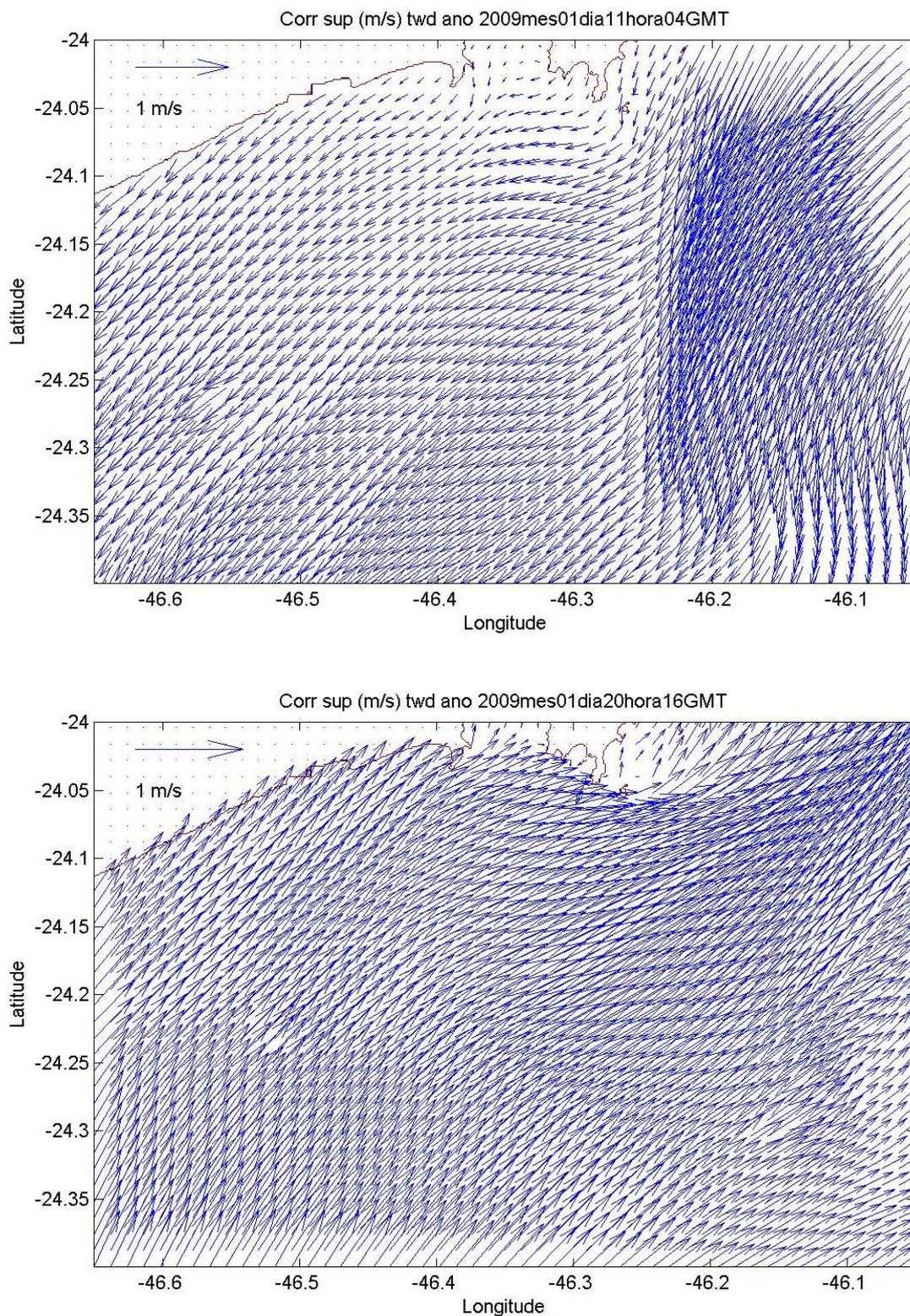
A dinâmica do oceano na região da plataforma ao largo de Santos é dominada pelas forçantes de maré e vento, com forte influência batimétrica; as correntes de maré são fracas e rotativas no tempo (no sentido anti-horário), com eixo maior orientado aproximadamente na direção Noroeste – Sudeste (contra a costa), enquanto que as correntes geradas pelos ventos predominantes são persistentes e um pouco mais fortes, para Oeste – Sudoeste (paralelas à costa), tornando-se para Leste – Nordeste (e em geral mais intensas) sob influência de sistemas e ondas frontais (**Figuras 4.1.7.2-1 e 4.1.7.3-1**).

Em janeiro de 2009, o padrão de verão prevalece e são observados apenas dois períodos com correntes para Leste – Nordeste intensas, em toda a coluna d'água (**Figuras 4.1.7.3-1 e 2**): nos dias 03-04 e 20-21 (com valores acima de 0,6 m/s), por serem os períodos associados às duas frentes frias mais significativas do mês. Por outro lado, longos períodos com correntes para Sudoeste são observados em toda a coluna, como pode ser visto no período entre os dias 05 e 20 (**Figuras 4.1.7.3-1 e 2**).

No mês de janeiro de 2009, uma feição dinâmica importante é referente às correntes nos dias 11 e 20 do mês, que são mostradas na forma de correntes médias diárias na superfície, na **Figura 4.1.7.3-3**: no dia 11 prevalece o tempo bom e as correntes são para Sudoeste, enquanto que no dia 20 se tem a influência do segundo sistema frontal do mês, gerando correntes para Nordeste. As correntes instantâneas mais intensas nesses dias são apresentadas na **Figura 4.1.7.3-4**.



**Figura 4.1.7.3-3: Correntes medias diárias na superfície (m/s) na plataforma de Santos, para os dias 11 e 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 12 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).**



**Figura 4.1.7.3-4: Correntes instantâneas na superfície (m/s) na plataforma de Santos, para 04:00 GMT do dia 11 e 16:00 GMT do dia 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 12 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).**

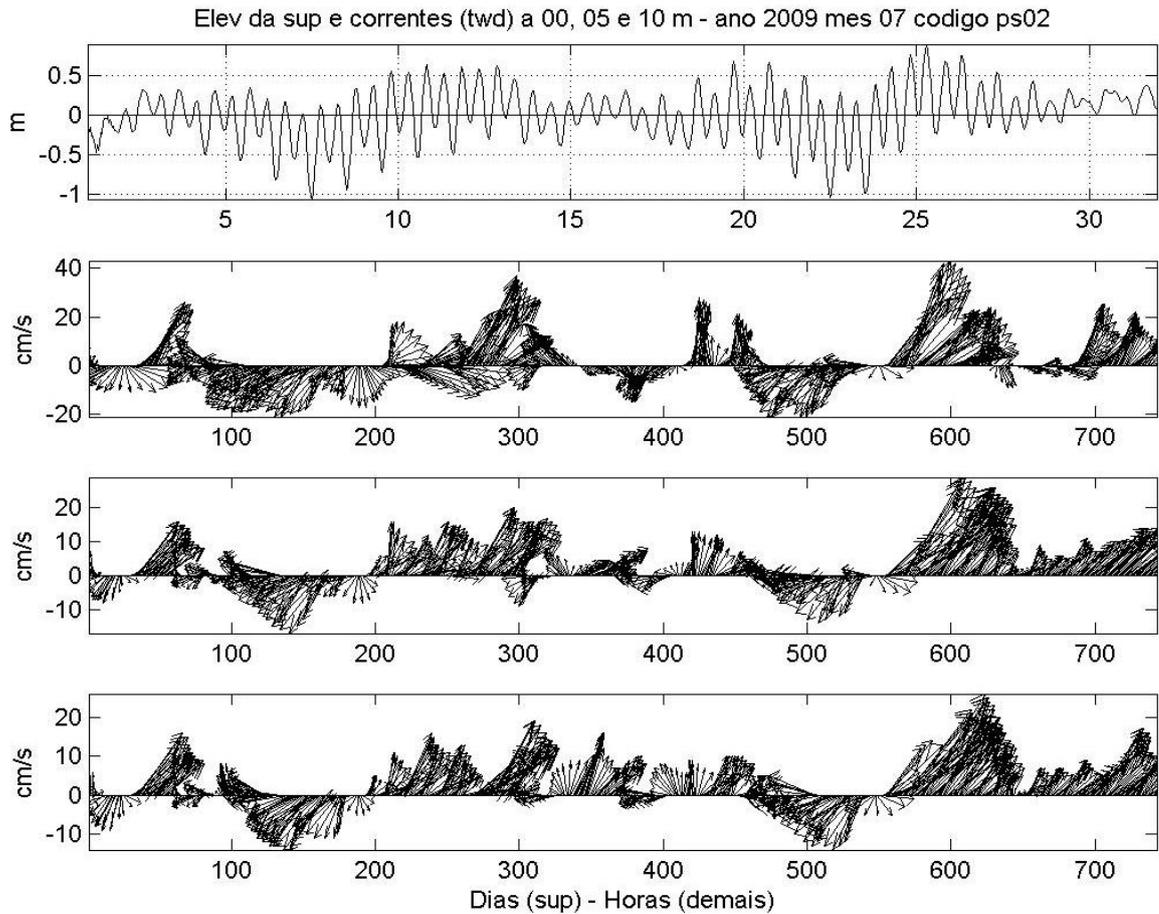
A **Tabela 4.1.7.3-1** apresenta a estatística básica das séries temporais de elevação e correntes na superfície nos 10 pontos selecionados da plataforma, para janeiro de 2009, considerando também suas componentes de maré e residual (total – maré). Esta Tabela demonstra que a maré é o fator predominante no nível do mar, mas os efeitos meteorológicos produzem correntes mais intensas que as de maré.

**Tabela 4.1.7.3-1: Estatística básica dos resultados do modelo nos 10 pontos selecionados, com amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos – valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de janeiro de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).**

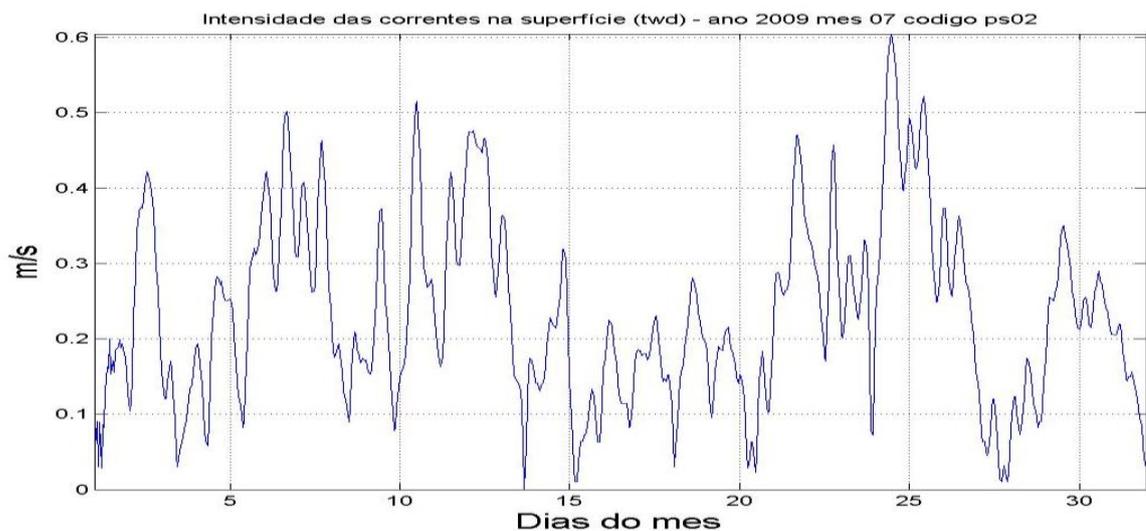
PTO	TOTAL				MARÉ				RESIDUAL (TOTAL – MARÉ)			
	Ampl (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)
1	1.560	0.324	0.716	0.138	1.443	0.293	0.286	0.055	0.481	0.128	0.532	0.105
2	1.560	0.324	0.687	0.133	1.452	0.295	0.296	0.055	0.472	0.126	0.506	0.111
3	1.590	0.328	0.778	0.180	1.493	0.305	0.323	0.062	0.429	0.116	0.591	0.157
4	1.540	0.320	0.734	0.173	1.451	0.297	0.353	0.065	0.422	0.114	0.571	0.159
5	1.490	0.310	0.717	0.165	1.420	0.289	0.402	0.075	0.388	0.105	0.515	0.146
6	1.420	0.296	1.242	0.302	1.364	0.281	0.506	0.083	0.330	0.089	1.051	0.273
7	1.620	0.336	0.659	0.150	1.502	0.306	0.325	0.051	0.487	0.130	0.479	0.129
8	1.570	0.326	0.675	0.130	1.466	0.298	0.288	0.056	0.463	0.124	0.466	0.113
9	1.520	0.317	0.778	0.159	1.432	0.291	0.372	0.064	0.443	0.119	0.529	0.148
10	1.450	0.304	1.438	0.384	1.383	0.283	0.431	0.084	0.387	0.104	1.293	0.347

### Condições de inverno (julho de 2009)

A seguir, serão apresentados resultados apenas referentes ao Ponto 2 da grade da plataforma, para julho de 2009 (**Figuras 4.1.7.3-5 e 6**).



**Figura 4.1.7.3-5: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 2 da grade da plataforma.**

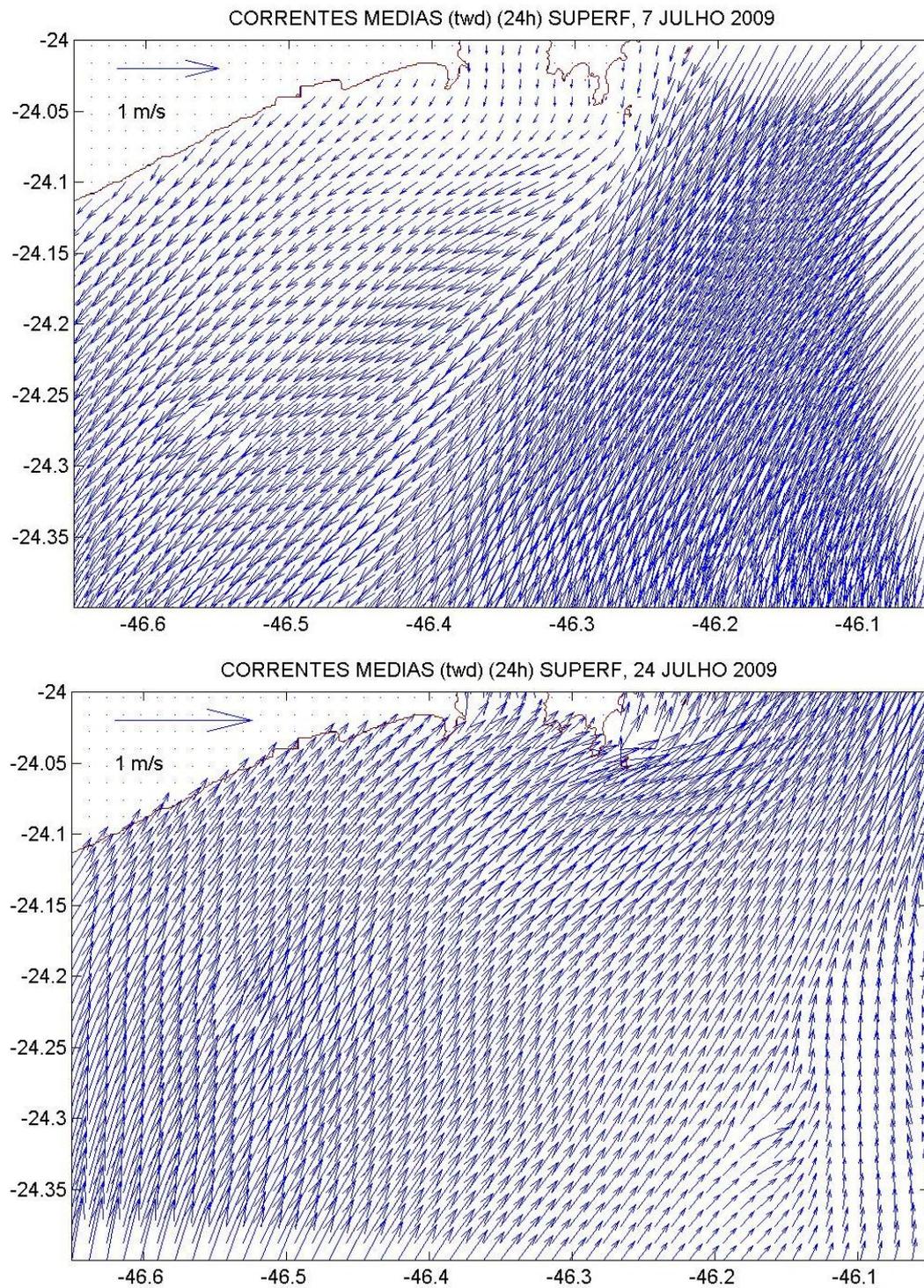


**Figura 4.1.7.3-6: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 2 da grade da plataforma.**

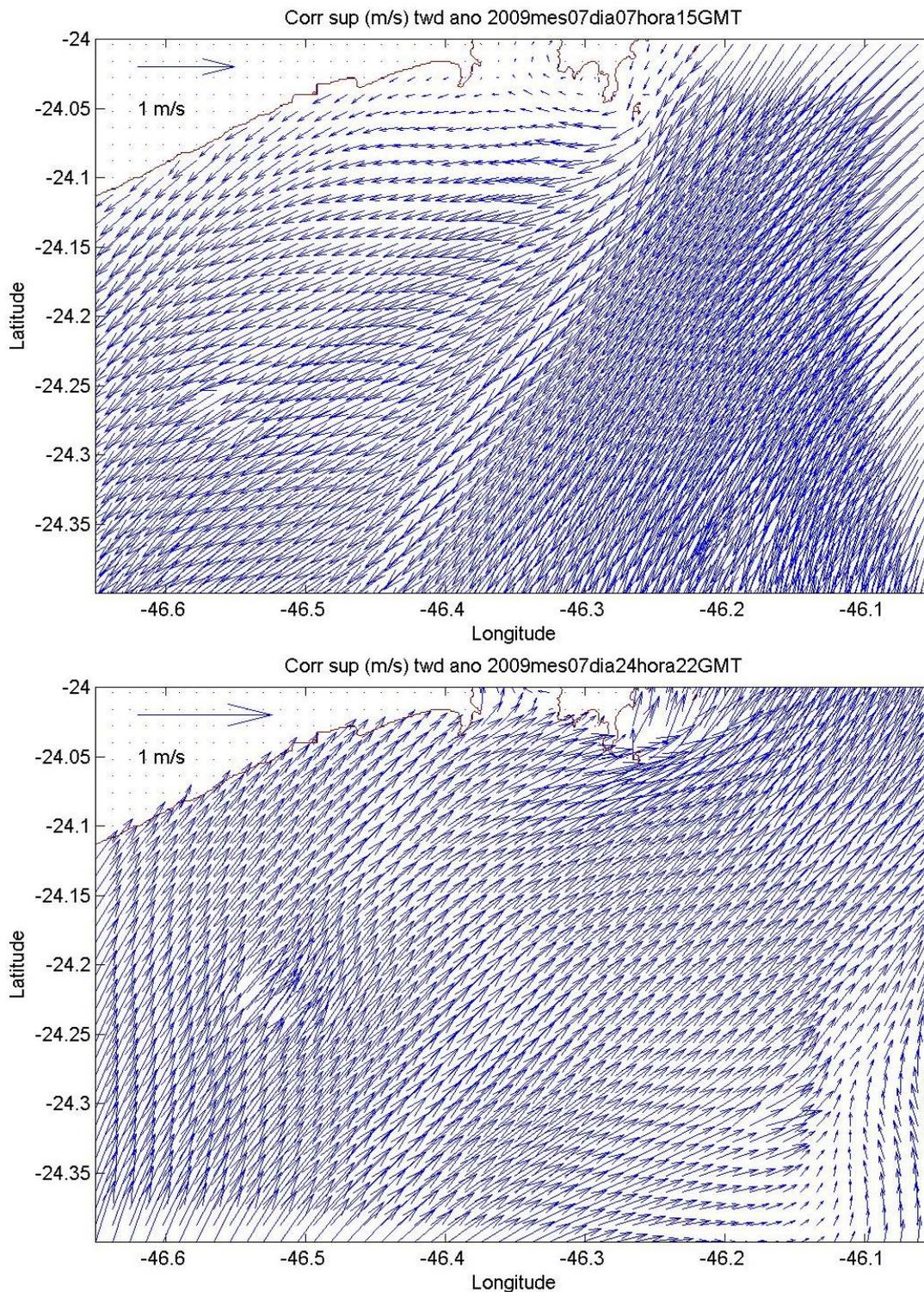
Tal como na análise de verão, também no inverno a dinâmica do oceano na região da plataforma ao largo de Santos é dominada pelas forçantes de maré e vento, com forte influência batimétrica; as correntes de maré são fracas e rotativas no tempo (no sentido anti-horário), com eixo maior orientado aproximadamente na direção Noroeste – Sudeste (contra a costa), enquanto que as correntes geradas pelos ventos predominantes são persistentes e um pouco mais fortes, para Oeste – Sudoeste (paralelas à costa), tornando-se para Leste – Nordeste (e em geral mais intensas) sob influência de sistemas e ondas frontais (**Figuras 4.1.7.2-2 e 4.1.7.3-5**).

No mês de julho de 2009, os seis períodos com sistemas frontais que influenciaram as circulações atmosféricas da Baixada Santista (**Figura 4.1.7.2-2**), provocaram correntes com fortes componentes para Norte – Nordeste nos dias 04, 10-14, 19-20, 24-26 e 29-31. Correntes predominantemente para Sudoeste foram observadas nos dias 05-09 e 21-23 (**Figuras 4.1.7.3-5 e 6**).

No mês de julho de 2009, uma feição dinâmica importante é referente às correntes nos dias 07 e 24 do mês, que são mostradas na forma de correntes médias diárias na superfície, na **Figura 4.1.7.3-7**: no dia 07 prevalece o tempo bom e as correntes são para Sudoeste, enquanto que no dia 24 se tem a influência de um sistema frontal, gerando correntes para Nordeste. As correntes instantâneas mais intensas nesses dias são apresentadas na **Figura 4.1.7.3-8**.



**Figura 4.1.7.3-7: Correntes médias diárias na superfície (m/s) na plataforma de Santos, para os dias 07 e 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 12 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).**



**Figura 4.1.7.3-8: Correntes instantâneas na superfície (m/s) na plataforma de Santos, para 15:00 GMT do dia 07 e 22:00 GMT do dia 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 12 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico).**

A **Tabela 4.1.7.3-2** apresenta a estatística básica das séries temporais de elevação e correntes na superfície nos 10 pontos selecionados da plataforma, para julho de 2009, considerando também suas componentes de maré e residual (total – maré). Esta Tabela novamente demonstra que a maré é o fator predominante no nível do mar, mas os efeitos meteorológicos produzem correntes mais intensas que as de maré.

**Tabela 4.1.7.3-2: Estatística básica dos resultados do modelo nos 10 pontos selecionados, com a amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de julho de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).**

PTO	TOTAL				MARÉ				RESIDUAL (TOTAL – MARÉ)			
	Ampl (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)
1	1.950	0.332	0.649	0.120	1.429	0.282	0.302	0.058	0.661	0.163	0.448	0.099
2	1.950	0.332	0.605	0.123	1.435	0.283	0.285	0.055	0.649	0.160	0.428	0.104
3	1.940	0.334	0.856	0.197	1.479	0.293	0.328	0.061	0.611	0.149	0.733	0.181
4	1.890	0.325	0.667	0.150	1.450	0.285	0.313	0.063	0.591	0.145	0.544	0.133
5	1.790	0.312	1.094	0.221	1.406	0.277	0.387	0.079	0.542	0.134	0.872	0.190
6	1.680	0.297	1.304	0.305	1.370	0.269	0.401	0.081	0.475	0.118	1.138	0.278
7	2.020	0.344	0.664	0.139	1.489	0.294	0.246	0.045	0.677	0.166	0.522	0.124
8	1.950	0.333	0.538	0.117	1.452	0.287	0.265	0.051	0.644	0.158	0.400	0.100
9	1.880	0.323	0.842	0.163	1.426	0.279	0.330	0.069	0.612	0.151	0.627	0.142
10	1.770	0.308	1.409	0.332	1.385	0.271	0.429	0.085	0.545	0.135	1.213	0.292

Um ponto importante a salientar é que a dinâmica da plataforma é em geral mais energética no inverno do que no verão, devido à maior freqüência e intensidade dos sistemas frontais. Entretanto, frentes frias também ocorrem no verão e, mesmo com pequena freqüência, podem chegar a produzir ventos mais intensos que no inverno, como foi o caso aqui estudado, na comparação de janeiro e julho de 2009.

#### 4.1.7.4 Condições Hidrodinâmicas no Estuário Original (antes do aprofundamento)

Séries temporais de resultados do modelo, para processamento com a batimetria original (antes do aprofundamento), nos 20 pontos de controle do estuário, são apresentadas no **Anexo 4.1.7-5**, referentes aos meses de janeiro e julho de 2009, nos arquivos stAAAAMMtwdr\_PPPP.jpg, onde AAAA é o ano (2009), MM é o mês (01 ou 07, para janeiro ou julho) e PPPP é o ponto selecionado (01 a 20) – ver **Tabela 4.1.7-2**; as séries temporais são de nível do mar e correntes a 00, 05 e 10 m de profundidade. As intensidades das correntes na superfície, nesses pontos, se encontram nos arquivos do **Anexo 4.1.7-6** – st\_sup\_AAAAMMtwdr\_PPPP.jpg. No **Anexo 4.1.7-7** são fornecidos os resultados das análises de maré e de correntes de maré na superfície, nos arquivos anamar\_nimAAAAMMtwdr\_PPPP.dat (para o nível do mar) e anamar\_corAAAAMMtwdr\_PPPP.dat (para as correntes de superfície).

#### Condições de verão (janeiro de 2009)

A seguir, serão apresentados resultados apenas referentes aos Pontos 07 e 13 da grade do estuário, antes do aprofundamento, para janeiro de 2009 (**Figuras 4.1.7.4-1 a 4**).

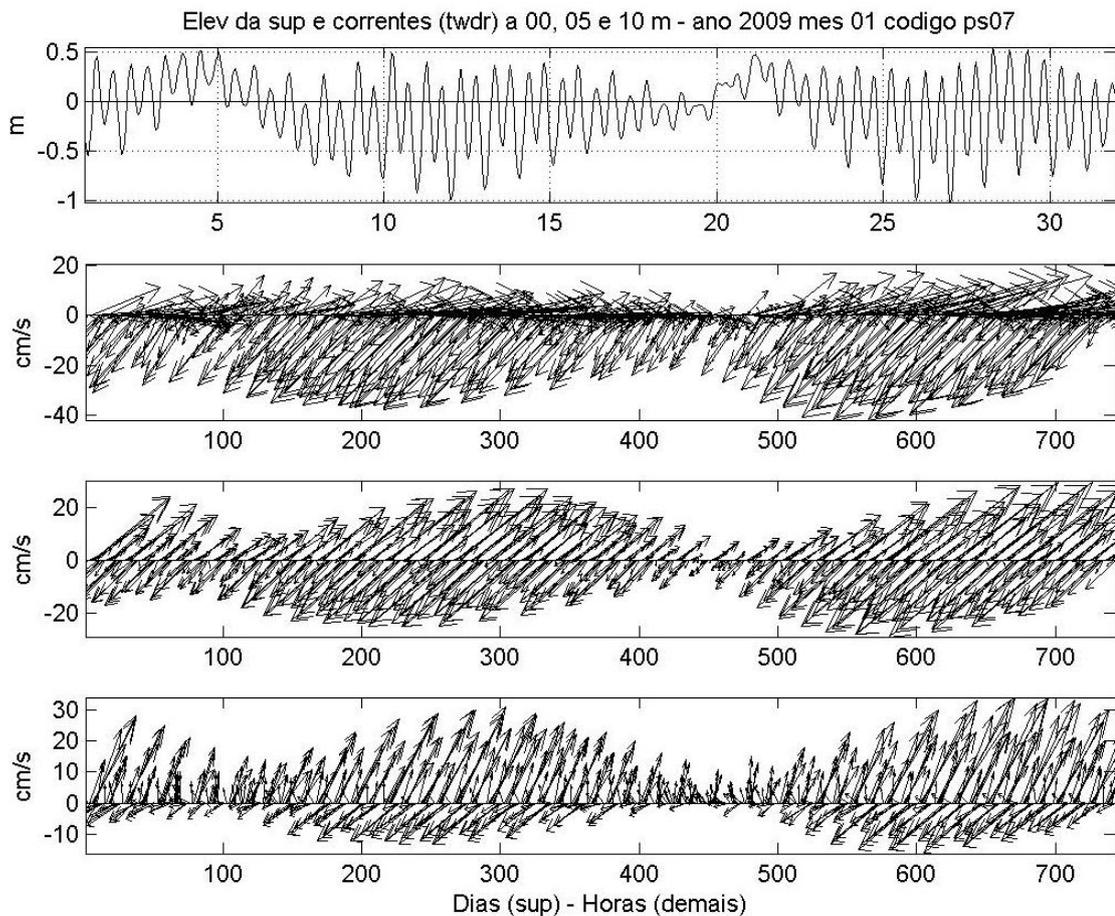


Figura 4.1.7.4-1: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (antes do aprofundamento).

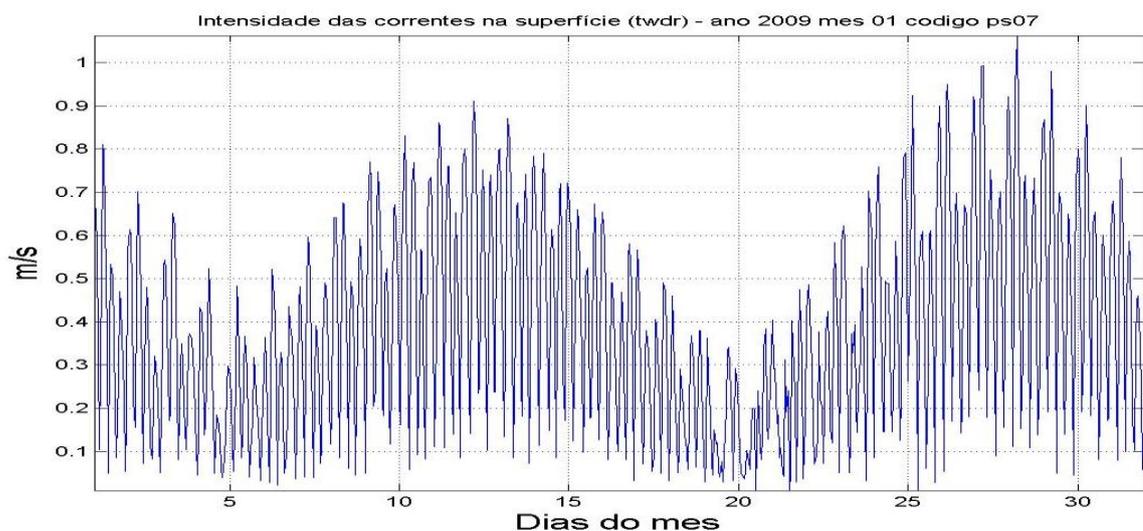
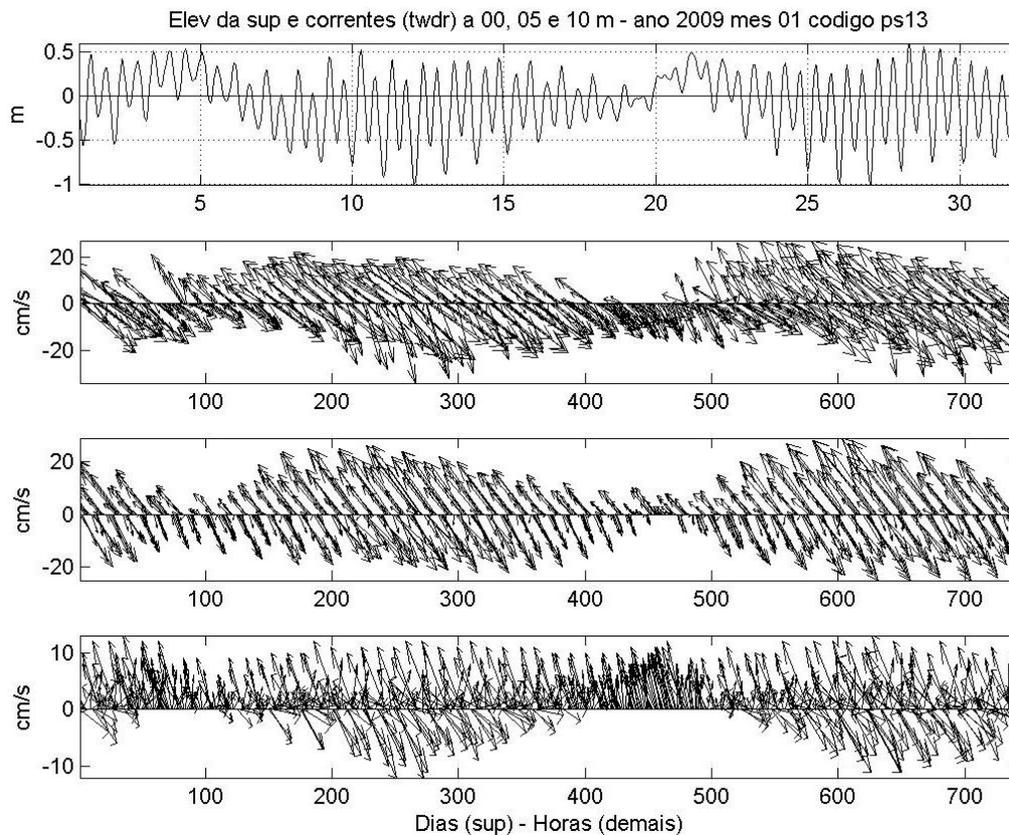
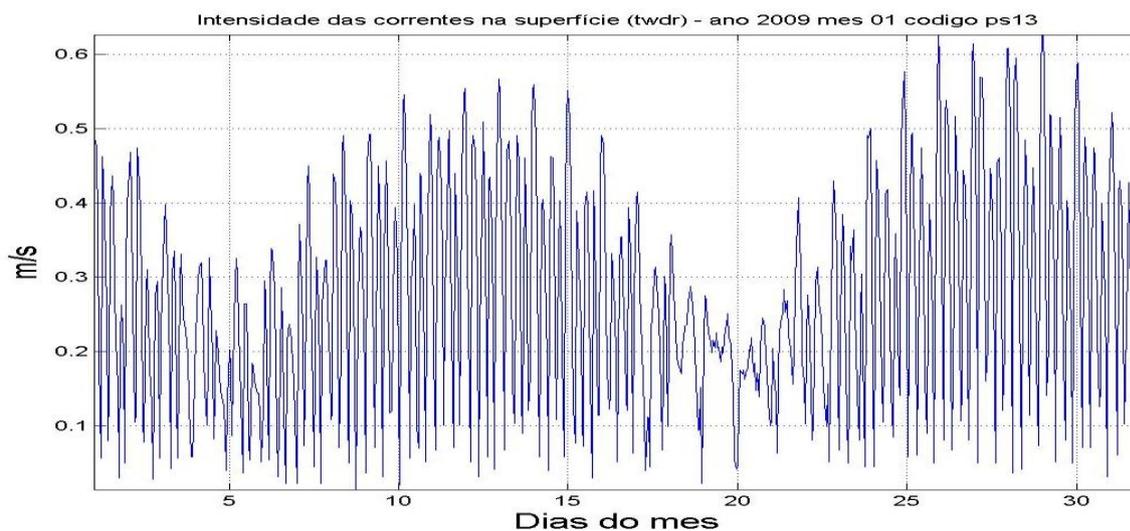


Figura 4.1.7.4-2: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (antes do aprofundamento).



**Figura 4.1.7.4-3: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009 no ponto selecionado 13 da grade do estuário (antes do aprofundamento).**



**Figura 4.1.7.4-4: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionada 13 do estuário (antes do aprofundamento).**

A dinâmica do oceano na região do estuário, especialmente ao longo do Canal do Porto de Santos, é dominada pela forçante de maré, de modo que o vento possui influência menor. Correntes de densidade também têm importância bem menor que as de maré, embora possam ser muito amplificadas em períodos de grande pluviosidade e significativa vazão fluvial. Evidentemente, a orientação do canal é muito importante no alinhamento das correntes, como pode ser visto na comparação das **Figuras 4.1.7.4-1 e 4.1.7.4-3**.

As correntes médias diárias nos dias 11 e 20 de janeiro de 2009 demonstram que os efeitos de frentes frias tem influência limitada na dinâmica da Baía de Santos e progressivamente menor para o interior do estuário (**Figura 4.1.7.4-5**), sendo que no dia 11 prevalece o tempo bom e no dia 20 se tem a influência do segundo sistema frontal do mês, gerando correntes para Nordeste na plataforma; as correntes instantâneas mais intensas nesses dias são apresentadas na **Figura 4.1.7.4-6**.

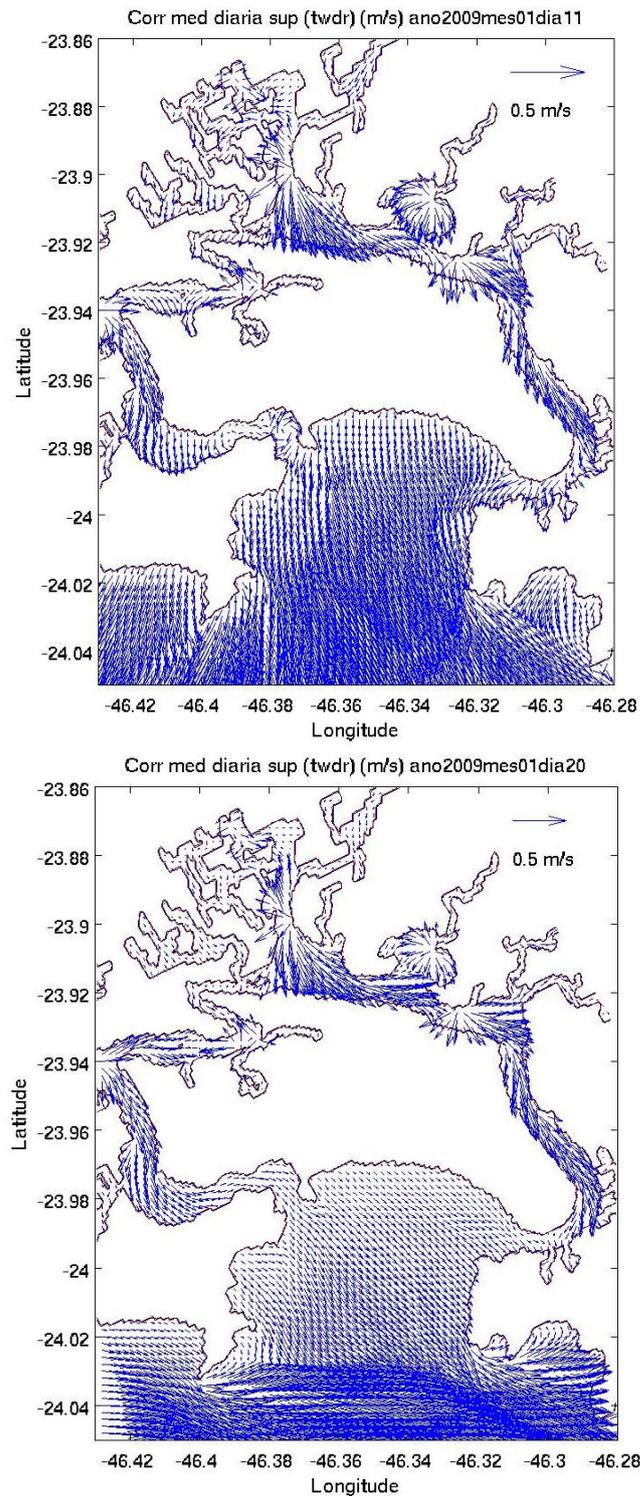
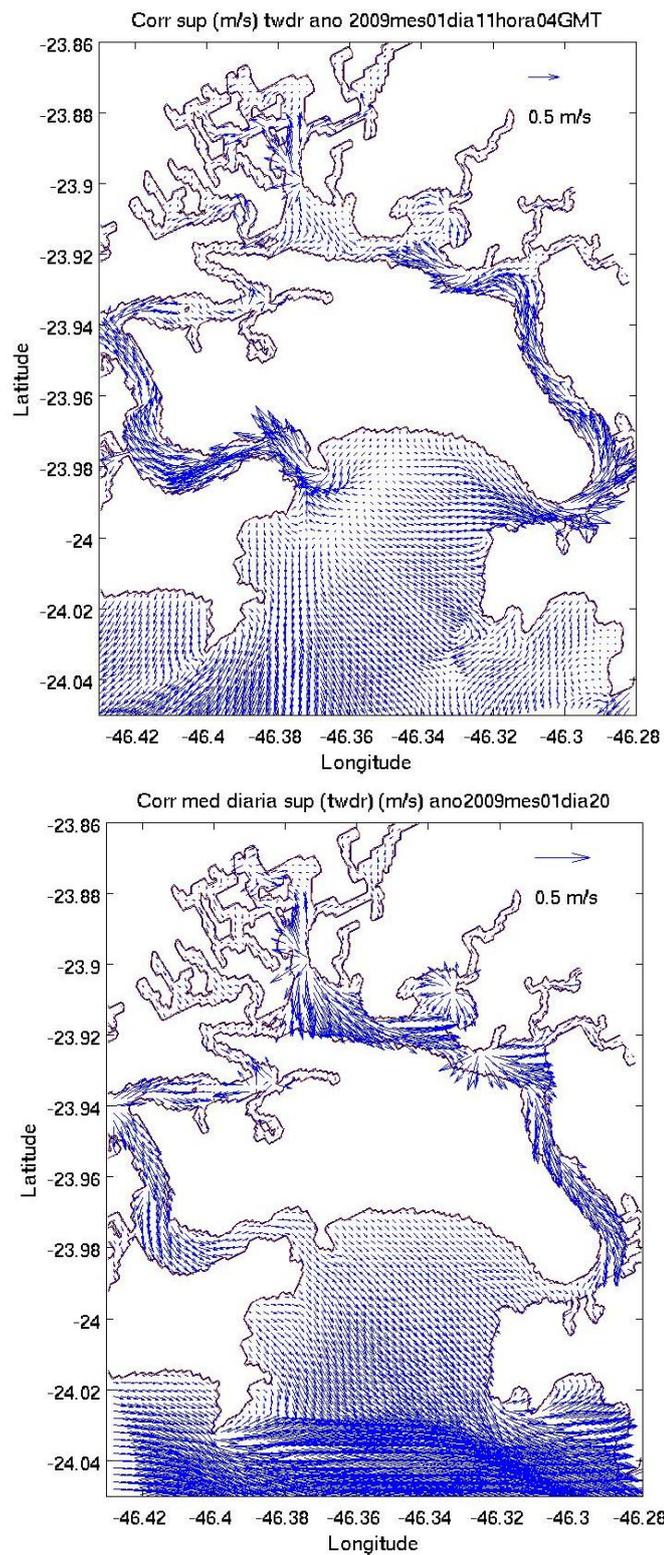


Figura 4.1.7.4-5: Correntes medias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos para os dias 11 e 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (antes do aprofundamento).



**Figura 4.1.7.4-6: Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 04:00 GMT do dia 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (antes do aprofundamento).**

A **Tabela 4.1.7.4-1** apresenta a estatística básica das séries temporais de elevação e correntes na superfície nos 20 pontos selecionados do estuário (antes do aprofundamento), para janeiro de 2009, considerando também suas componentes de maré e residual (total – maré). Esta Tabela demonstra que a maré é o fator predominante no nível do mar e os efeitos meteorológicos e de densidade produzem correntes bem mais fracas.

**Tabela 4.1.7.4-1: Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados (antes do aprofundamento), com amplitude do nível do mar (ampli.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de janeiro de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).**

PTO	TOTAL				MARÉ				RESIDUAL (TOTAL – MARÉ)			
	Ampl (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)
1	1.560	0.336	0.670	0.118	1.462	0.299	0.264	0.043	0.536	0.148	0.520	0.086
2	1.560	0.337	0.436	0.065	1.462	0.300	0.237	0.044	0.537	0.149	0.297	0.050
3	1.570	0.339	0.354	0.059	1.473	0.301	0.266	0.049	0.536	0.148	0.202	0.039
4	1.580	0.340	0.379	0.074	1.476	0.303	0.406	0.086	0.537	0.149	0.139	0.031
5	1.580	0.342	0.591	0.135	1.476	0.304	0.572	0.138	0.539	0.149	0.126	0.026
6	1.560	0.340	1.026	0.238	1.454	0.301	1.020	0.232	0.543	0.150	0.138	0.029
7	1.570	0.341	1.062	0.237	1.463	0.303	1.040	0.232	0.545	0.150	0.150	0.028
8	1.500	0.332	1.337	0.293	1.397	0.292	1.280	0.285	0.545	0.151	0.171	0.027
9	1.520	0.333	0.665	0.155	1.410	0.295	0.677	0.160	0.539	0.149	0.254	0.047
10	1.530	0.336	0.884	0.219	1.431	0.298	0.713	0.165	0.537	0.149	0.345	0.042
11	1.550	0.339	0.917	0.225	1.442	0.301	0.783	0.189	0.540	0.149	0.333	0.042
12	1.570	0.342	0.709	0.170	1.465	0.304	0.782	0.143	0.540	0.149	0.249	0.030
13	1.610	0.347	0.626	0.145	1.502	0.310	0.611	0.160	0.540	0.149	0.180	0.043
14	1.610	0.348	0.563	0.138	1.510	0.312	0.673	0.122	0.537	0.148	0.355	0.077
15	1.620	0.350	0.524	0.109	1.508	0.314	0.226	0.051	0.538	0.148	0.354	0.044
16	1.620	0.351	0.531	0.099	1.517	0.315	0.365	0.059	0.536	0.148	0.392	0.025
17	1.630	0.353	0.485	0.103	1.526	0.317	0.247	0.058	0.538	0.148	0.282	0.016
18	1.630	0.353	0.271	0.045	1.528	0.317	0.218	0.032	0.538	0.148	0.093	0.025
19	1.570	0.338	0.414	0.073	1.474	0.301	0.216	0.039	0.537	0.148	0.230	0.042
20	1.570	0.338	0.330	0.055	1.464	0.300	0.202	0.035	0.536	0.148	0.197	0.038

### Condições de inverno (julho de 2009)

A seguir, serão apresentados resultados apenas referentes aos Pontos 07 e 13 da grade do estuário, antes do aprofundamento, para julho de 2009 (Figuras 4.1.7.4-7 a 10).

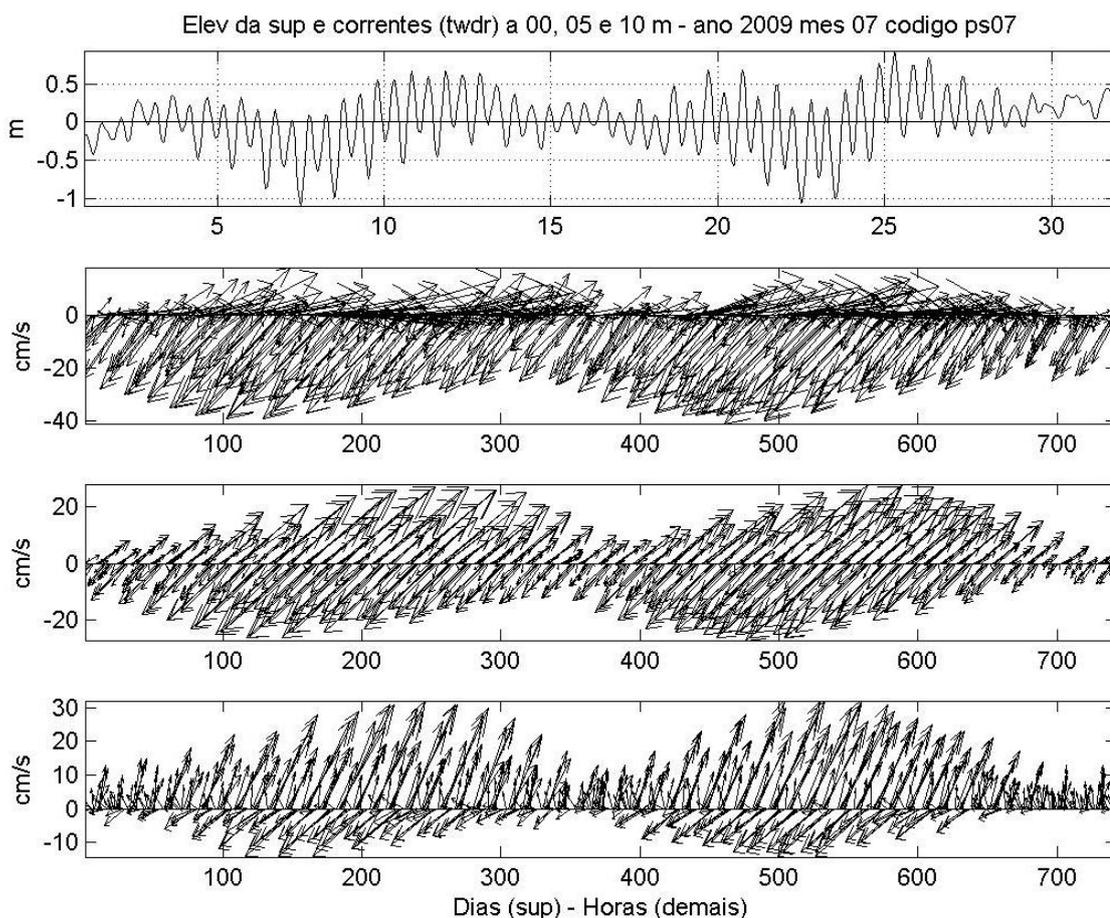


Figura 4.1.7.4-7: Nível do mar e correntes marinhas a superfície (0m), 5m e 10m calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (antes do aprofundamento).

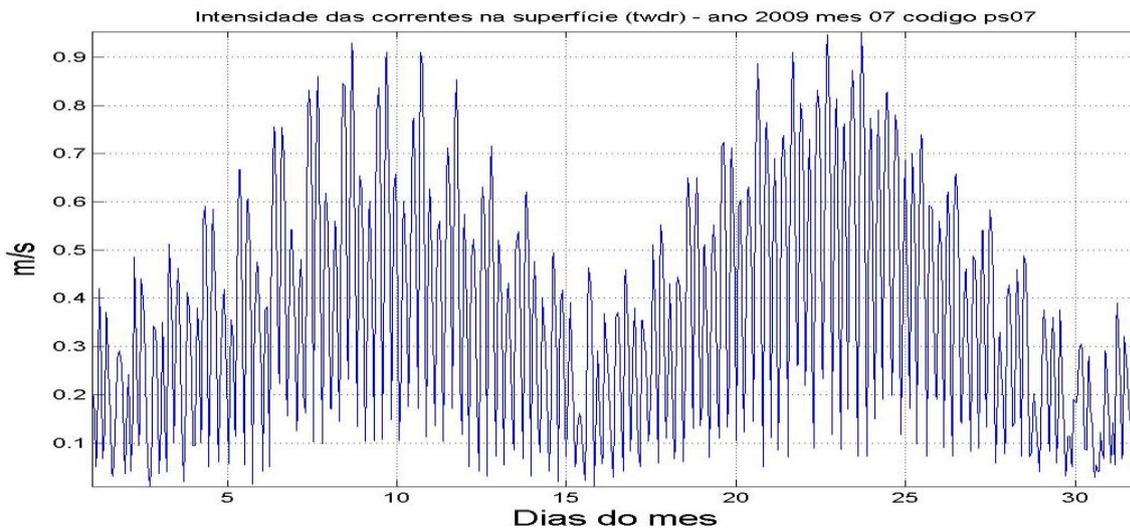


Figura 4.1.7.4-8: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (antes do aprofundamento).

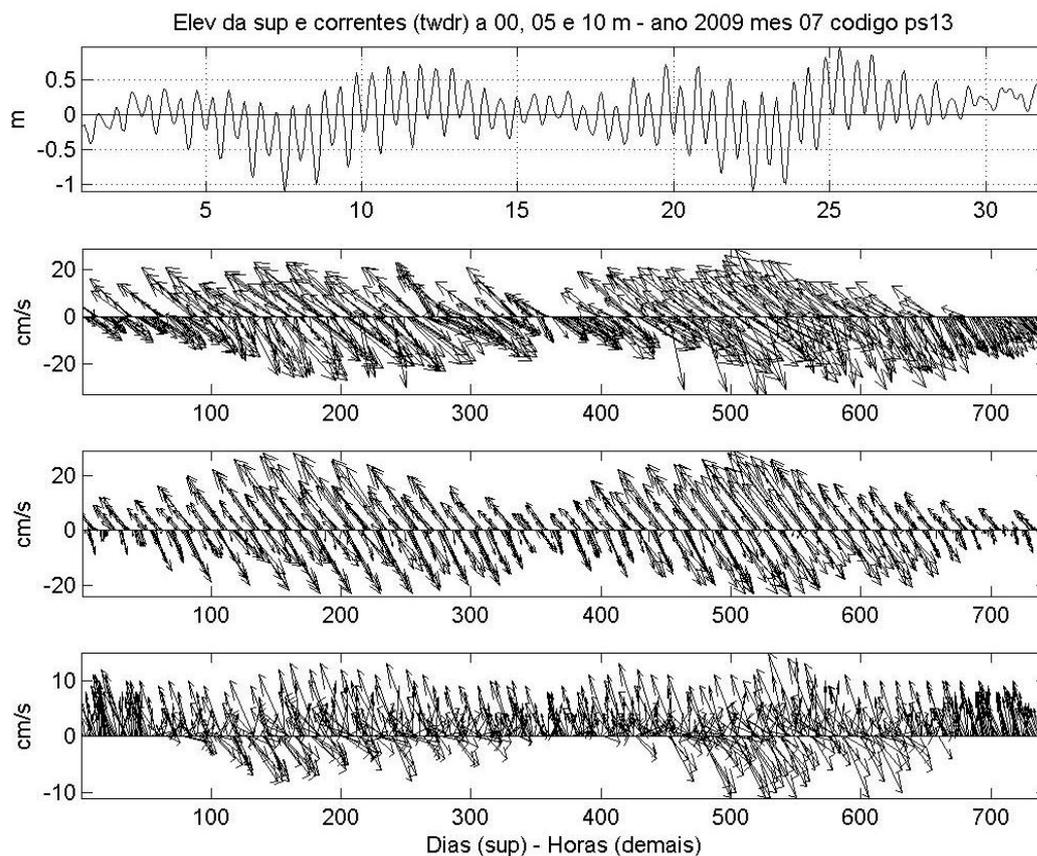
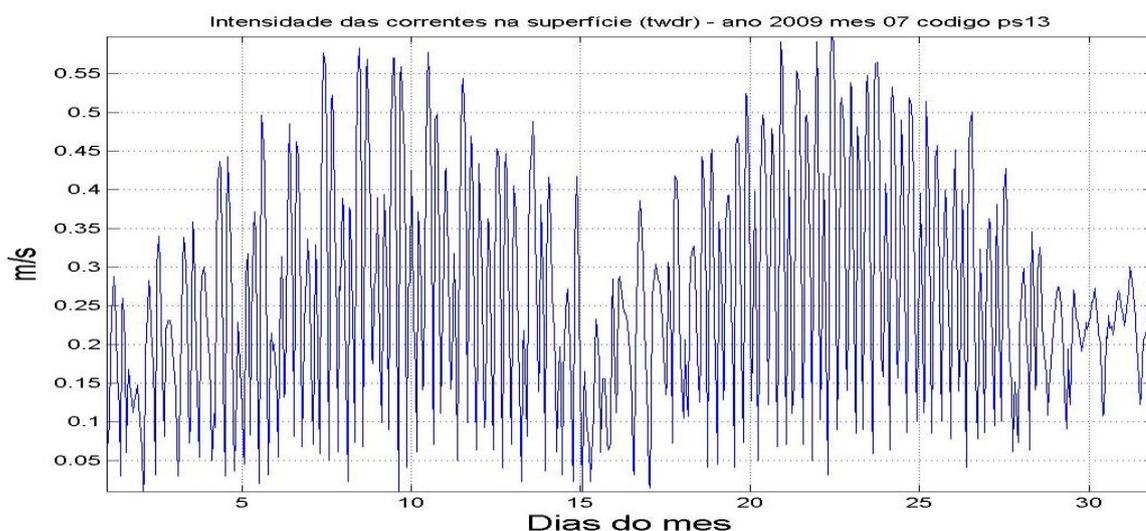


Figura 4.1.7.4-9: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (antes do aprofundamento).



**Figura 4.1.7.4-10: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (antes do aprofundamento).**

A análise de inverno também demonstra que a dinâmica do oceano na região do estuário, especialmente ao longo do Canal do Porto, é dominada pela forçante de maré, de modo que o vento possui influência menor; correntes de densidade também tem importância bem menor que as de maré, embora possam ser muito amplificadas em períodos de grande pluviosidade e significativa vazão fluvial. Evidentemente, a orientação do canal é muito importante no alinhamento das correntes, como pode ser visto na comparação das **Figuras 4.1.7.4-7 e 4.1.7.4-9**.

De forma similar à análise de verão, as correntes médias diárias nos dias 07 e 24 de julho de 2009 demonstram que os efeitos de frentes frias tem influência limitada na dinâmica da Baía de Santos e progressivamente menor para o interior do estuário (**Figura 4.1.7.4-5**), sendo que no dia 11 prevalece o tempo e no dia 20 se tem a influência do segundo sistema frontal do mês, gerando correntes para Nordeste na plataforma; as correntes instantâneas mais intensas nesses dias são apresentadas na **Figura 4.1.7.4-6**.

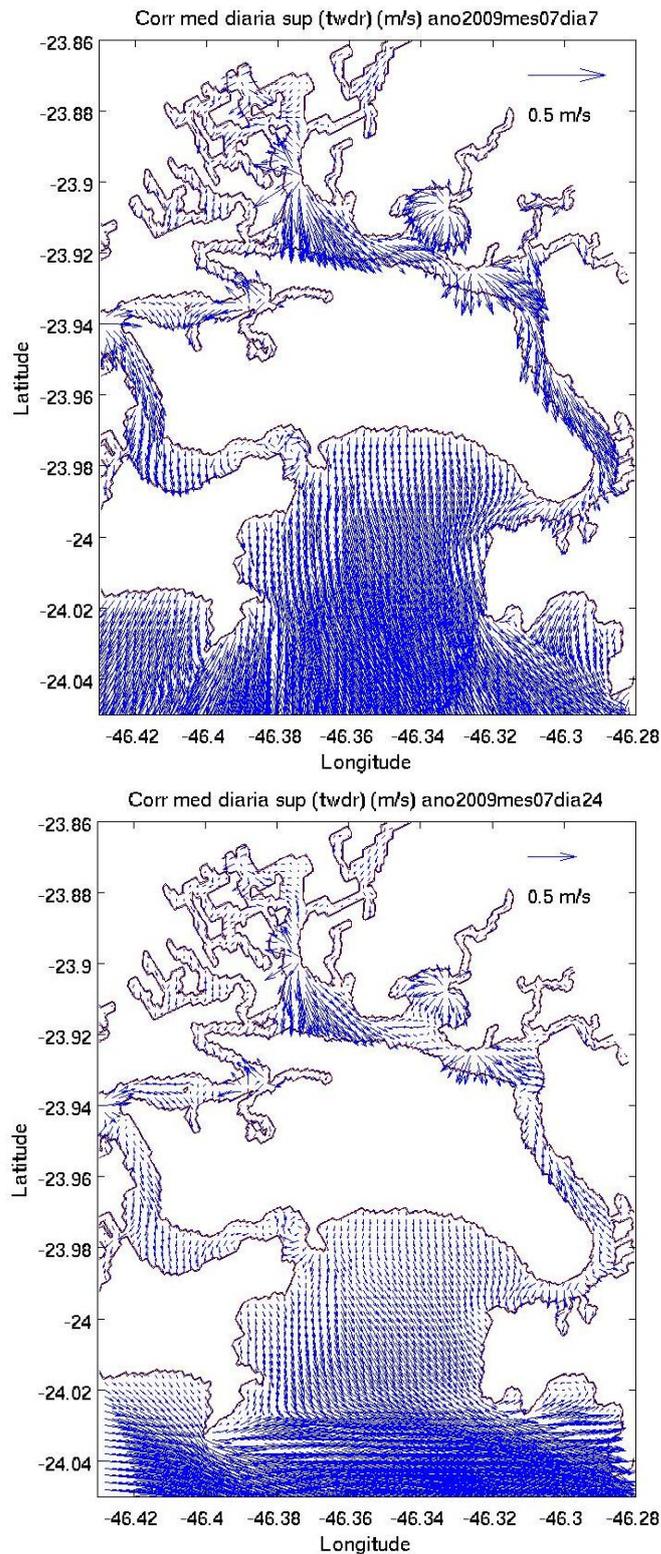
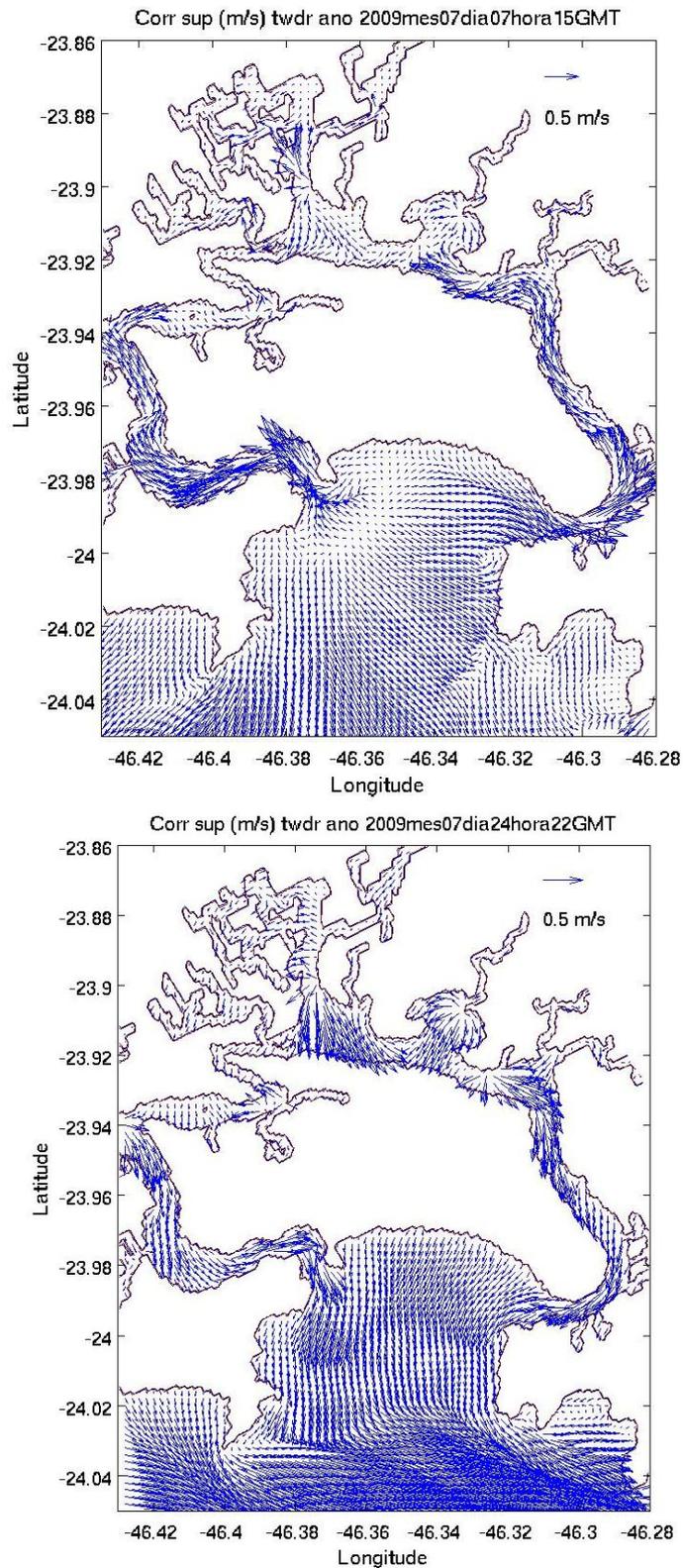


Figura 4.1.7.4-11: Correntes medias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos, para os dias 07 e 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (antes do aprofundamento).



**Figura 4.1.7.4-12: Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 15:00 GMT do dia 07 e 22:00 GMT do dia 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (antes do aprofundamento).**

A **Tabela 4.1.7.4-2** apresenta a estatística básica das séries temporais de elevação e correntes na superfície nos 20 pontos selecionados do estuário (antes do aprofundamento), para julho de 2009, considerando também suas componentes de maré e residual (total – maré). Esta Tabela demonstra que a maré é o fator predominante no nível do mar e os efeitos meteorológicos e de densidade produzem correntes bem mais fracas. Na comparação com as condições de verão, se nota maiores variações nas amplitudes do nível do mar e do nível do mar residual, mas as correntes residuais não apresentam aumento de valores máximos.

**Tabela 4.1.7.4-2: Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados (antes do aprofundamento), com a amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de julho de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).**

PTO	TOTAL				MARÉ				RESIDUAL (TOTAL – MARÉ)			
	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)
1	2.020	0.346	0.772	0.118	1.450	0.286	0.330	0.049	0.727	0.183	0.553	0.079
2	2.030	0.347	0.424	0.068	1.450	0.287	0.215	0.042	0.728	0.183	0.317	0.051
3	2.040	0.348	0.326	0.058	1.461	0.289	0.246	0.049	0.727	0.183	0.206	0.039
4	2.040	0.350	0.400	0.072	1.463	0.291	0.382	0.079	0.728	0.183	0.150	0.033
5	2.050	0.351	0.541	0.133	1.469	0.292	0.533	0.134	0.728	0.183	0.129	0.031
6	2.030	0.349	0.934	0.230	1.456	0.289	0.935	0.223	0.725	0.184	0.132	0.031
7	2.040	0.349	0.953	0.227	1.466	0.290	0.945	0.221	0.726	0.184	0.141	0.026
8	1.980	0.341	1.240	0.283	1.416	0.281	1.199	0.276	0.724	0.183	0.128	0.029
9	1.980	0.343	0.644	0.152	1.437	0.283	0.652	0.160	0.723	0.182	0.274	0.059
10	2.000	0.345	0.851	0.207	1.451	0.286	0.709	0.161	0.723	0.182	0.325	0.043
11	2.020	0.347	0.942	0.222	1.470	0.288	0.724	0.188	0.725	0.183	0.346	0.050
12	2.050	0.350	0.661	0.161	1.474	0.292	0.732	0.143	0.725	0.182	0.279	0.038
13	2.070	0.355	0.598	0.139	1.491	0.298	0.584	0.158	0.722	0.182	0.222	0.052
14	2.090	0.356	0.561	0.131	1.504	0.300	0.693	0.125	0.722	0.182	0.345	0.073
15	2.090	0.357	0.530	0.105	1.513	0.301	0.232	0.051	0.721	0.182	0.348	0.046
16	2.090	0.358	0.532	0.095	1.529	0.302	0.307	0.057	0.722	0.182	0.395	0.024
17	2.100	0.360	0.466	0.099	1.526	0.304	0.237	0.058	0.722	0.182	0.283	0.017
18	2.110	0.360	0.271	0.042	1.542	0.305	0.216	0.034	0.723	0.182	0.081	0.018
19	2.030	0.348	0.403	0.074	1.461	0.289	0.210	0.042	0.729	0.183	0.256	0.045
20	2.030	0.347	0.340	0.062	1.461	0.288	0.178	0.037	0.728	0.183	0.233	0.045

#### 4.1.7.5 Condições Hidrodinâmicas no Estuário Atual (após o aprofundamento)

Séries temporais de resultados do modelo, para processamento com a batimetria nova (após o aprofundamento), nos 20 pontos de controle do estuário, são apresentadas no **Anexo 4.1.7-8**, referentes aos meses de janeiro e julho de 2009, nos arquivos stAAAAMMtwdr\_a\_\_PPPP.jpg, onde AAAA é o ano (2009), MM é o mês (01 ou 07, para janeiro ou julho) e PPPP é o ponto selecionado (01 a 20) – ver **Tabela 4.1.7-2**; as séries temporais são de nível do mar e correntes a 00, 05 e 10 m de profundidade. As intensidades das correntes na superfície, nesses pontos, se encontram nos arquivos do **Anexo 4.1.7-9** – st\_sup\_AAAAMMtwdr\_a\_\_PPPP.jpg. No **Anexo 4.1.7-10** são fornecidos os resultados das análises de maré e de correntes de maré na superfície, nos arquivos anamar\_nimAAAAMMtwdr\_a\_\_PPPP.dat (para o nível do mar) e anamar\_corAAAAMMtwdr\_a\_PPPPP.dat (para as correntes de superfície).

#### Condições de verão (janeiro de 2009)

A seguir, serão apresentados resultados apenas referentes aos Pontos 07 e 13 da grade do estuário, após o aprofundamento, para janeiro de 2009 (**Figuras 4.1.7.5-1 a 4**). Distribuições das correntes médias diárias e das correntes instantâneas, para dias e instantes de máximas correntes nos sentidos W e E, são apresentadas nas **Figuras 4.1.7.5-5 e 6**.

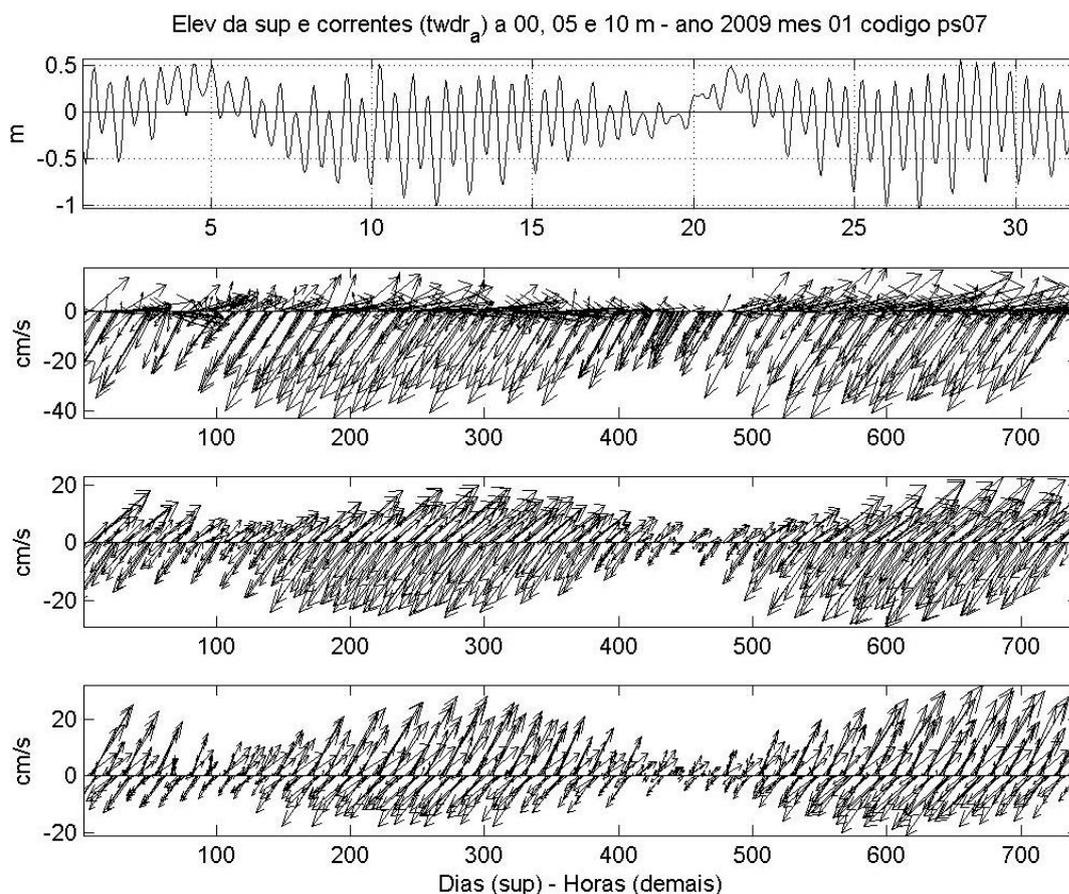


Figura 4.1.7.5-1: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto seleccionado 07 da grade do estuário (após o aprofundamento).

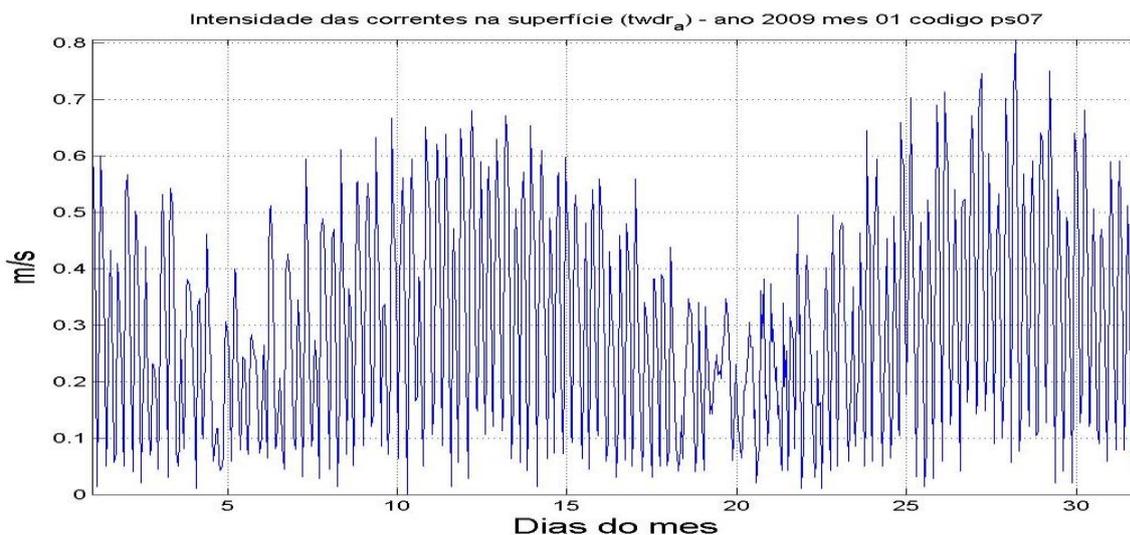


Figura 4.1.7.5-2: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto seleccionado 07 da grade do estuário (após o aprofundamento).

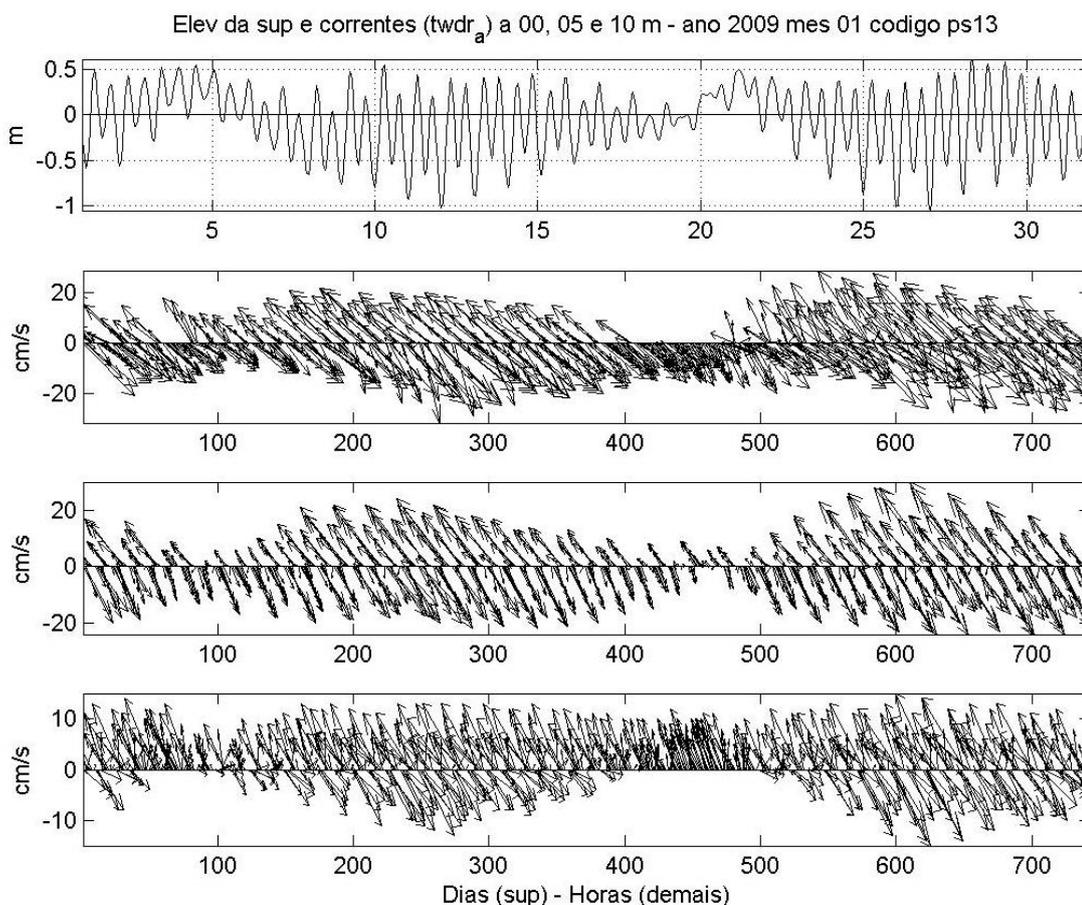


Figura 4.1.7.5-3: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (após o aprofundamento).

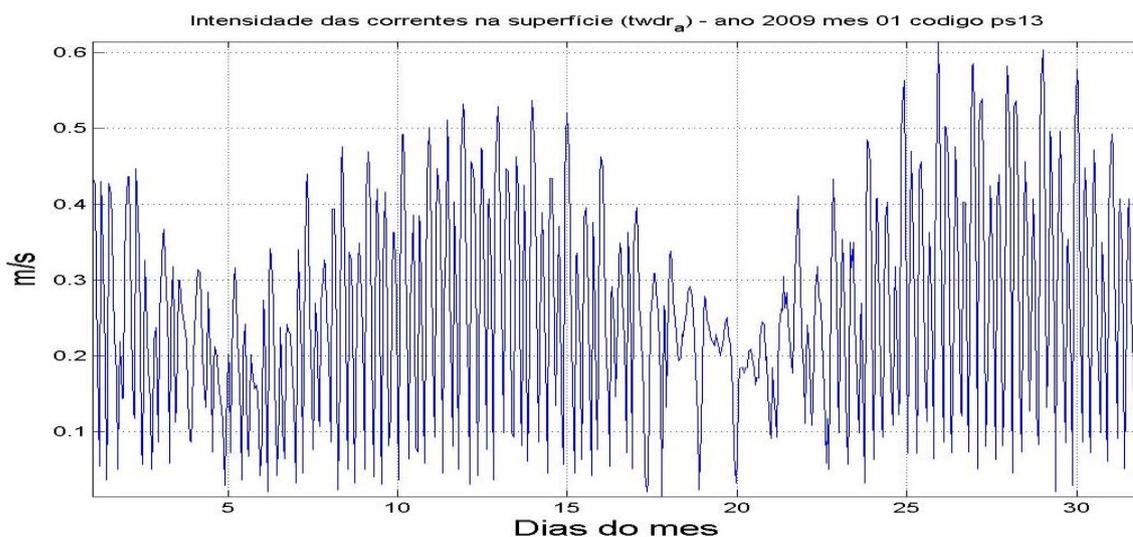


Figura 4.1.7.5-4: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 13 do estuário (após o aprofundamento).

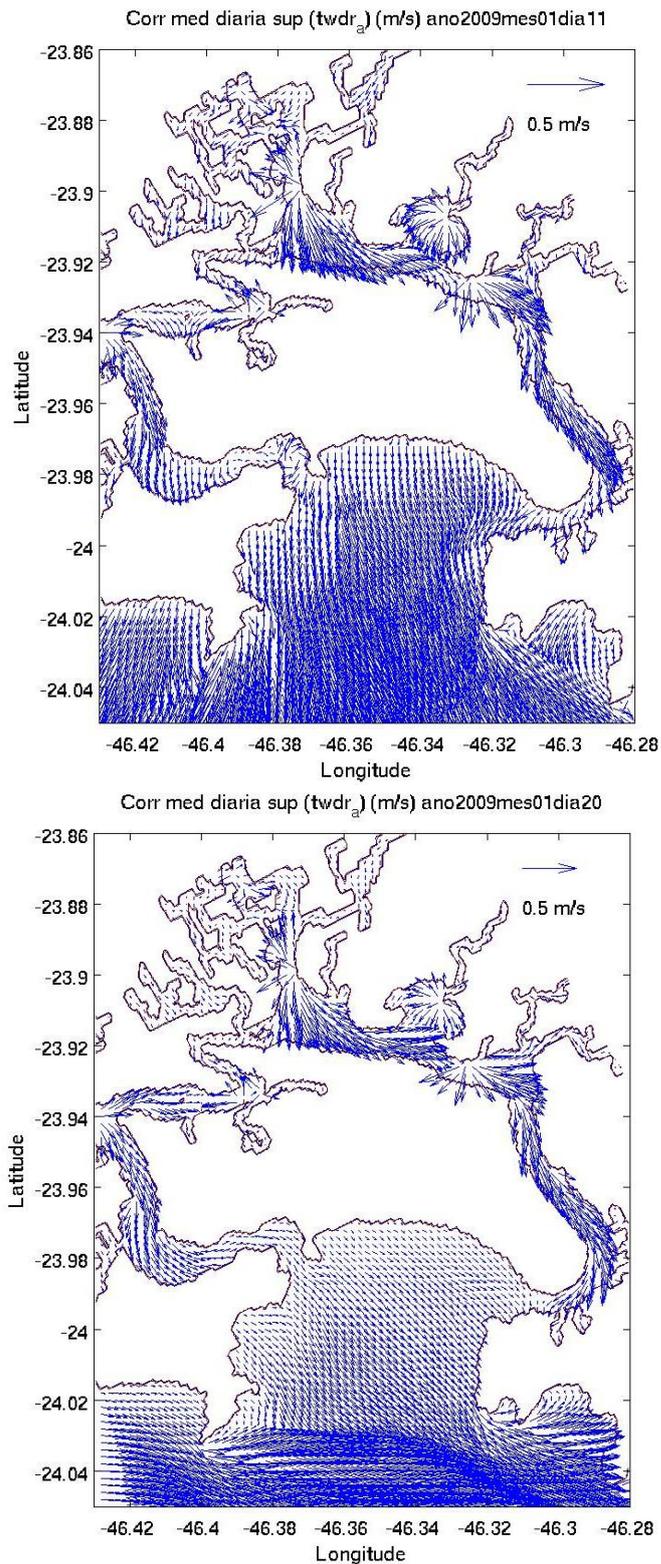
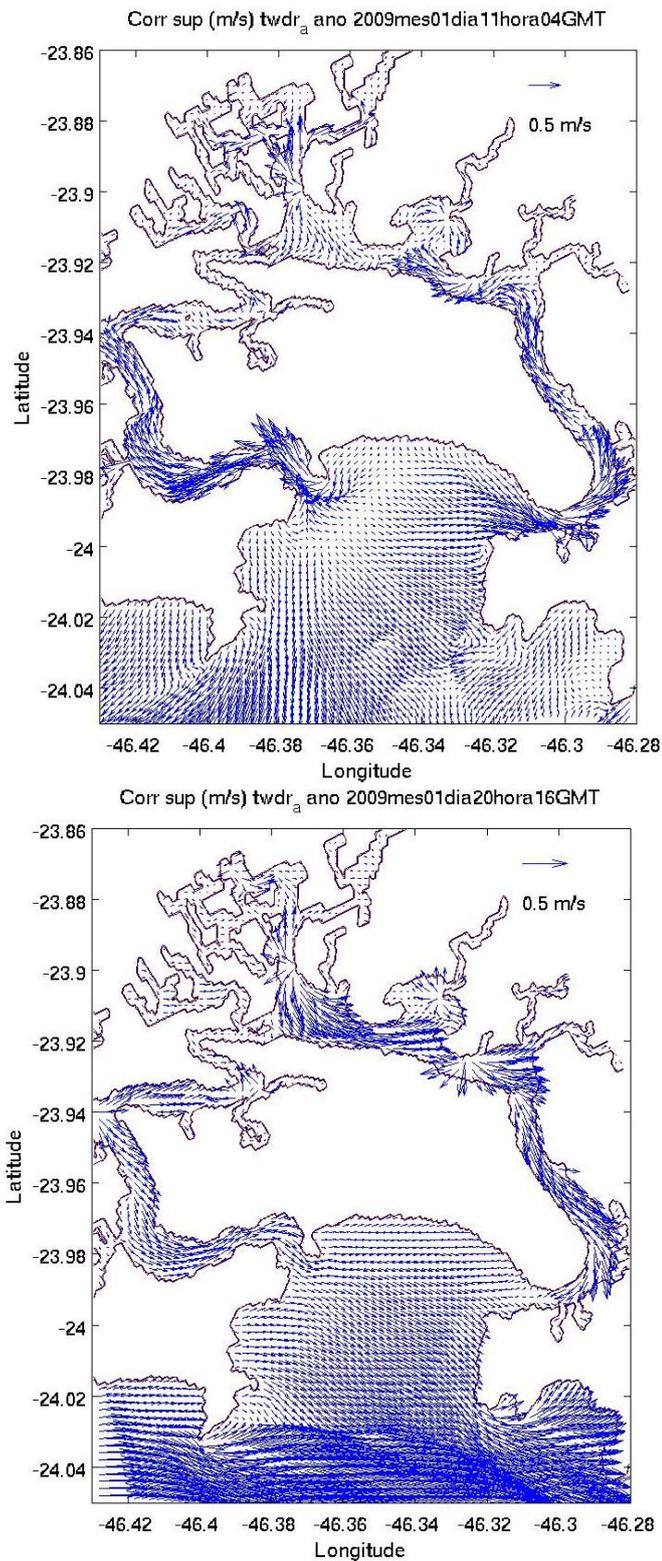


Figura 4.1.7.5-5: Correntes medias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos, para os dias 11 e 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a Ada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (após o aprofundamento).



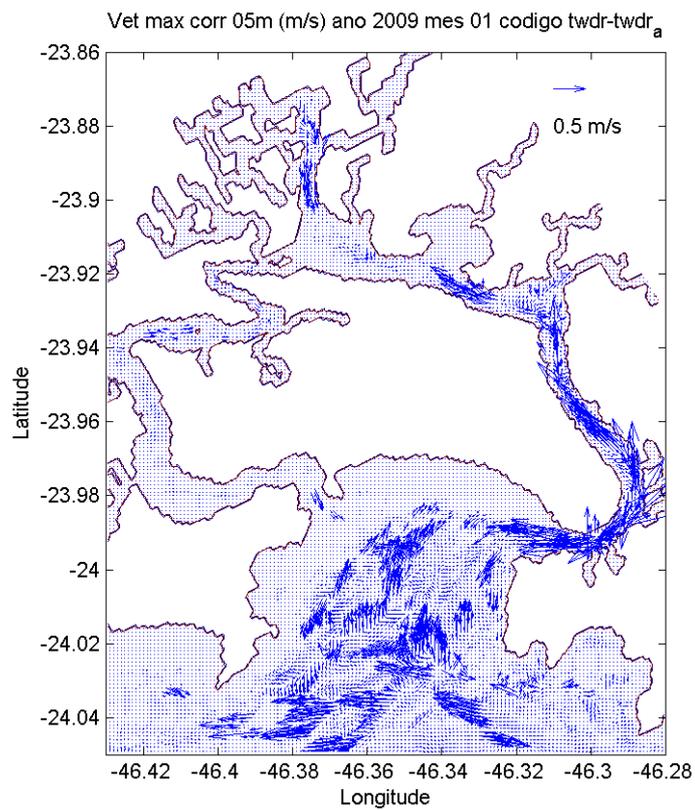
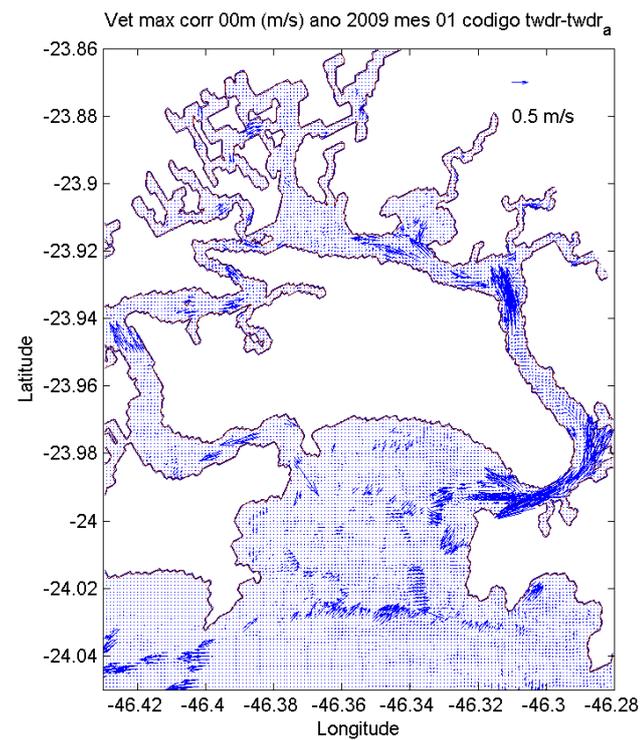
**Figura 4.1.7.5-6: Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 04:00 GMT do dia 11 e 16:00 GMT do dia 20 de janeiro de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (após o aprofundamento).**

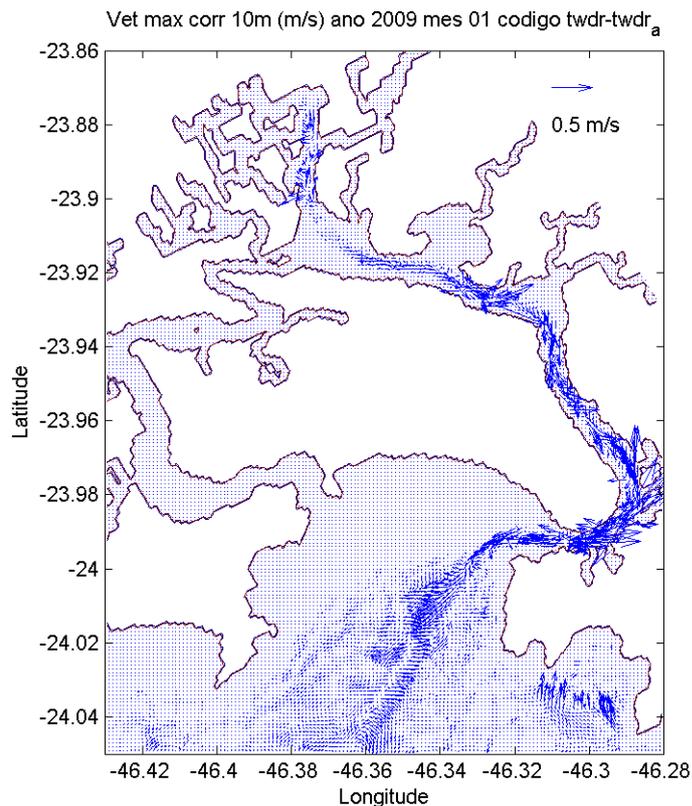
A **Tabela 4.1.7.5-1** apresenta a estatística básica das séries temporais de elevação e correntes na superfície nos 20 pontos selecionados do estuário (após o aprofundamento), para janeiro de 2009, considerando também suas componentes de maré e residual (total – maré). Esta Tabela demonstra que a maré é o fator predominante no nível do mar e os efeitos meteorológicos e de densidade produzem correntes bem mais fracas. A **Tabela 4.1.7.5-1** demonstra que, se comparado com a estatística de verão antes do aprofundamento (**Tabela 4.1.7.4-1**) ocorre diminuição das correntes máximas em vários pontos ao longo do canal, como por exemplo no Ponto 8, que teve correntes máximas totais e de maré passando de 1,34 m/s e 1,28 m/s para 0,89 e 0,89 m/s, embora as correntes máximas residuais tenha apresentado pequeno aumento, de 0,17 m/s para 0,24 m/s.

**Tabela 4.1.7.5-1: Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados (após o aprofundamento), com amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de janeiro de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).**

PTO	TOTAL				MARÉ				RESIDUAL (TOTAL – MARÉ)			
	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)
1	1.560	0.336	0.670	0.118	1.462	0.299	0.264	0.043	0.536	0.148	0.520	0.086
2	1.560	0.337	0.436	0.065	1.462	0.300	0.237	0.044	0.537	0.149	0.297	0.050
3	1.570	0.339	0.354	0.059	1.473	0.301	0.266	0.049	0.536	0.148	0.202	0.039
4	1.580	0.340	0.379	0.074	1.476	0.303	0.406	0.086	0.537	0.149	0.139	0.031
5	1.580	0.342	0.591	0.135	1.476	0.304	0.572	0.138	0.539	0.149	0.126	0.026
6	1.560	0.340	1.026	0.238	1.454	0.301	1.020	0.232	0.543	0.150	0.138	0.029
7	1.570	0.341	1.062	0.237	1.463	0.303	1.040	0.232	0.545	0.150	0.150	0.028
8	1.500	0.332	1.337	0.293	1.397	0.292	1.280	0.285	0.545	0.151	0.171	0.027
9	1.520	0.333	0.665	0.155	1.410	0.295	0.677	0.160	0.539	0.149	0.254	0.047
10	1.530	0.336	0.884	0.219	1.431	0.298	0.713	0.165	0.537	0.149	0.345	0.042
11	1.550	0.339	0.917	0.225	1.442	0.301	0.783	0.189	0.540	0.149	0.333	0.042
12	1.570	0.342	0.709	0.170	1.465	0.304	0.782	0.143	0.540	0.149	0.249	0.030
13	1.610	0.347	0.626	0.145	1.502	0.310	0.611	0.160	0.540	0.149	0.180	0.043
14	1.610	0.348	0.563	0.138	1.510	0.312	0.673	0.122	0.537	0.148	0.355	0.077
15	1.620	0.350	0.524	0.109	1.508	0.314	0.226	0.051	0.538	0.148	0.354	0.044
16	1.620	0.351	0.531	0.099	1.517	0.315	0.365	0.059	0.536	0.148	0.392	0.025
17	1.630	0.353	0.485	0.103	1.526	0.317	0.247	0.058	0.538	0.148	0.282	0.016
18	1.630	0.353	0.271	0.045	1.528	0.317	0.218	0.032	0.538	0.148	0.093	0.025
19	1.570	0.338	0.414	0.073	1.474	0.301	0.216	0.039	0.537	0.148	0.230	0.042
20	1.570	0.338	0.330	0.055	1.464	0.300	0.202	0.035	0.536	0.148	0.197	0.038

Variações vetoriais das máximas correntes após o aprofundamento são apresentadas na **Figura 4.1.7.5-7**, para a superfície, 05 e 10 m de profundidade (o aprofundamento acarretou a diminuição das correntes máximas).





**Figura 4.1.7.5-7: Diferenças vetoriais das máximas correntes calculadas pelo modelo para condições de verão, nos processamentos antes e após o aprofundamento do canal do Porto, na superfície (a), a 05m (b) e a 10 m (c).**

### Condições de inverno (julho de 2009)

A seguir, serão apresentados resultados apenas referentes aos Pontos 07 e 13 da grade do estuário, após o aprofundamento, para julho de 2009 (**Figuras 4.1.7.5-8 a 11**). Distribuições das correntes médias diárias e das correntes instantâneas, para dias e instantes de máximas correntes nos sentidos W e E, são apresentadas nas **Figuras 4.1.7.5-12 e 13**.

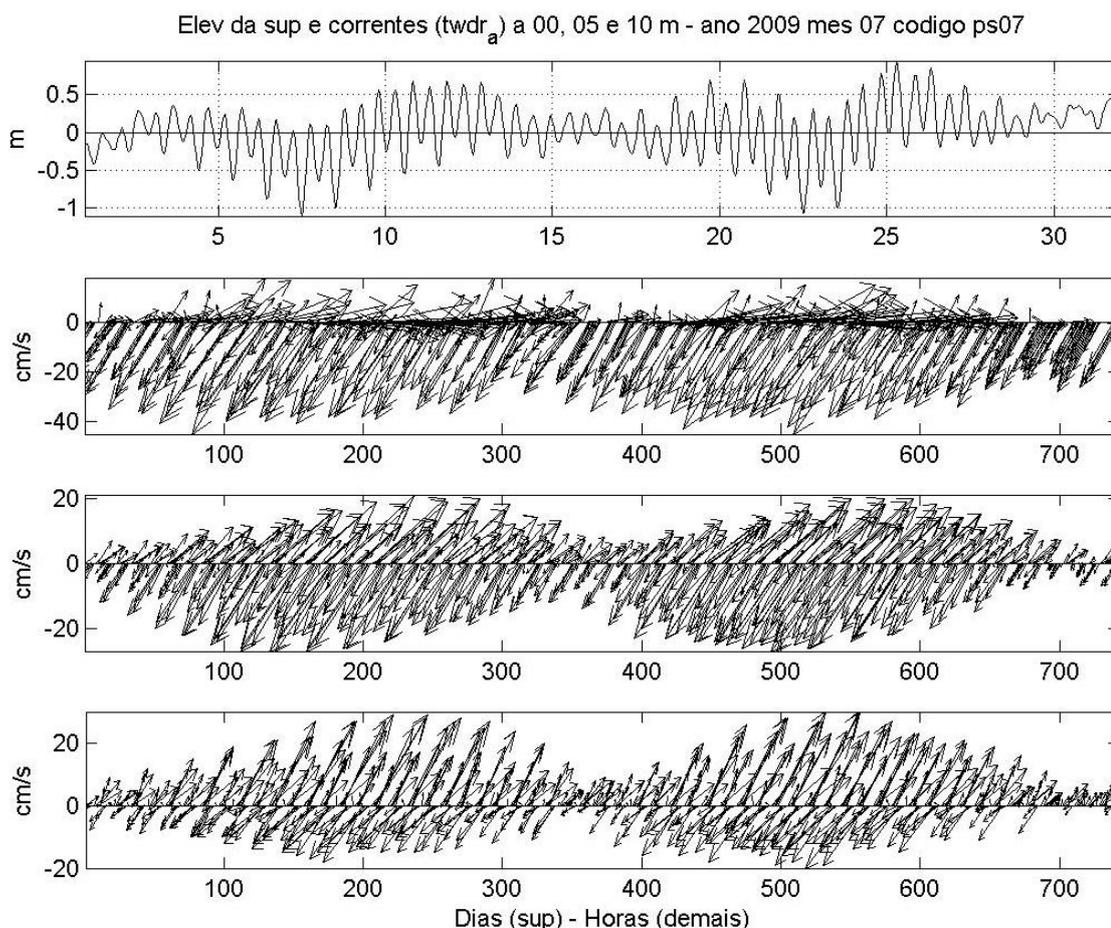


Figura 4.1.7.5-8: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 07 da grade do estuário (após o aprofundamento).

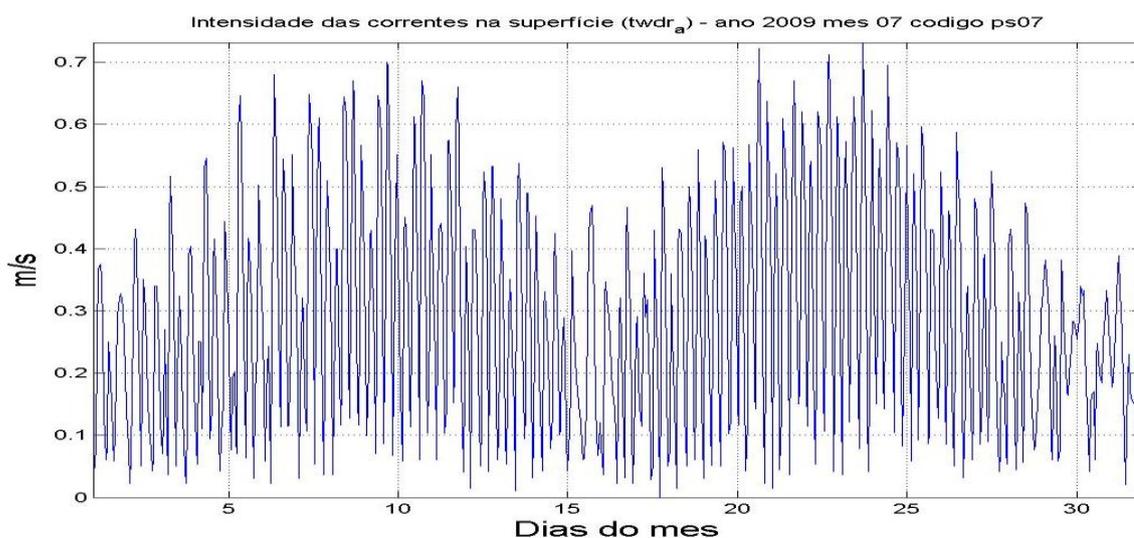


Figura 4.1.7.5-9: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de janeiro de 2009, no ponto selecionado 8 da grade do estuário (após o aprofundamento).

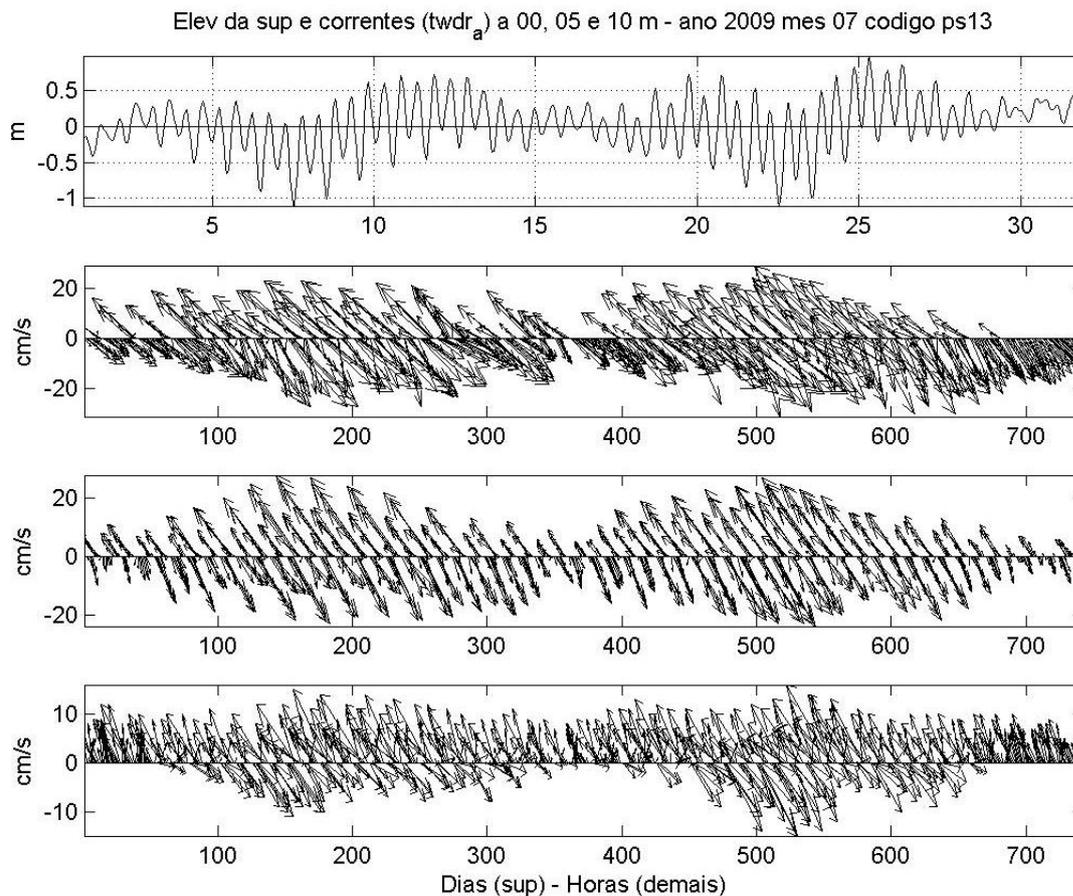


Figura 4.1.7.5-10: Nível do mar e correntes marinhas na superfície (0m), 5m e 10m, calculadas pelo modelo hidrodinâmico para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (após o aprofundamento).

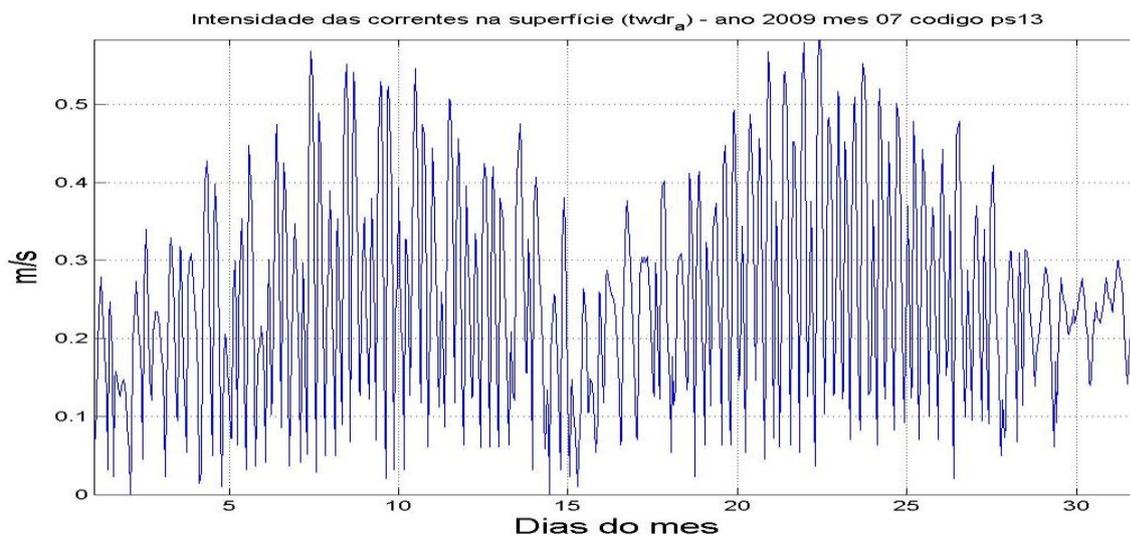
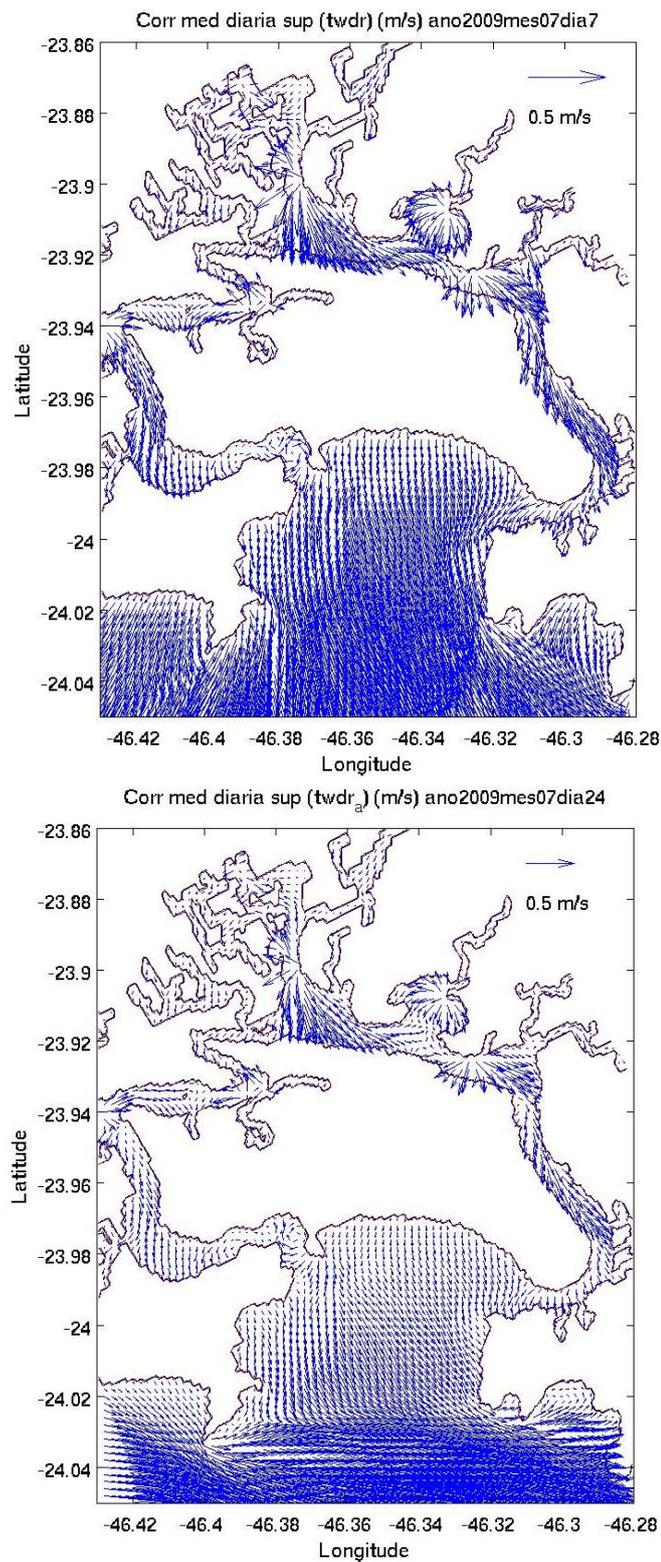
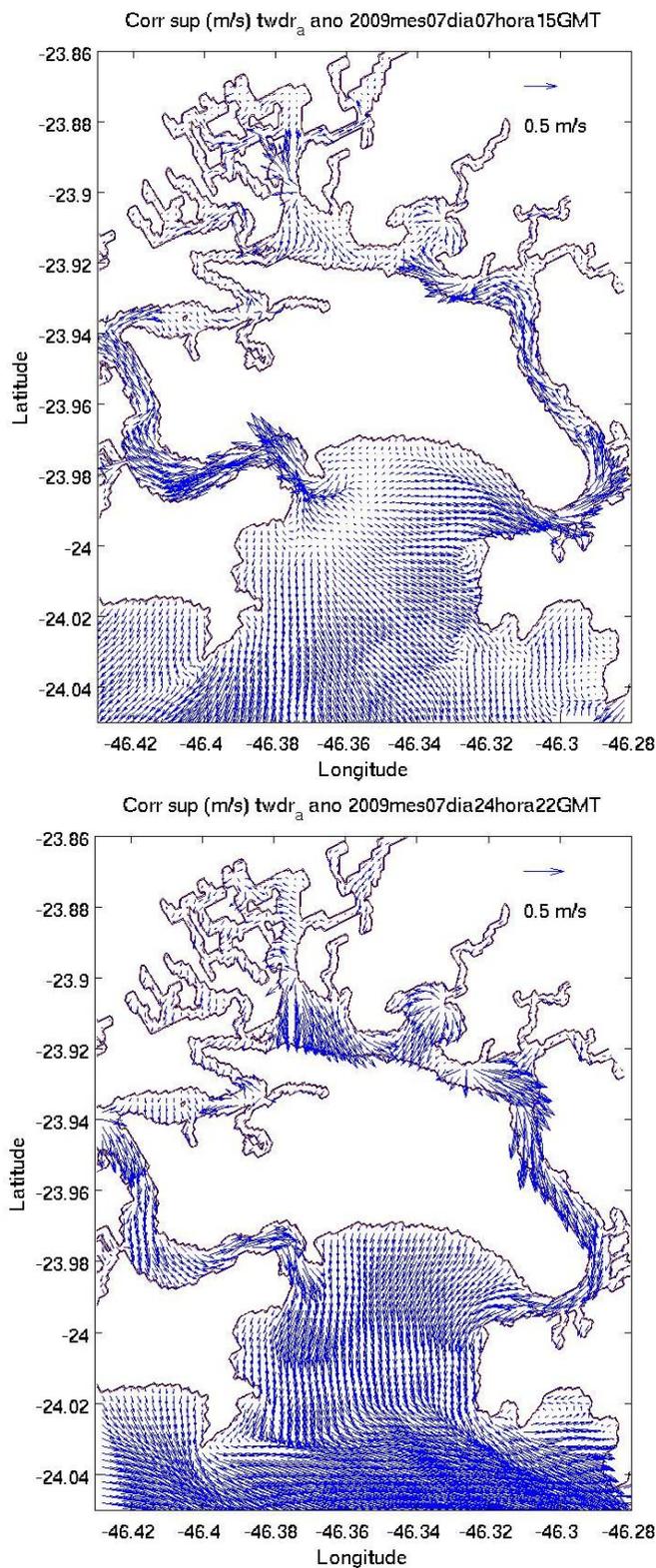


Figura 4.1.7.5-11: Intensidade da corrente na superfície, calculada pelo modelo numérico hidrodinâmico, para o mês de julho de 2009, no ponto selecionado 13 da grade do estuário (após o aprofundamento).



**Figura 4.1.7.5-12: Correntes medias diárias na superfície (m/s) no estuário de Santos para os dias 07 e 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (após o aprofundamento).**



**Figura 4.1.7.5-13: Correntes instantâneas na superfície (m/s) no estuário de Santos, para 15:00 GMT do dia 07 e 22:00 GMT do dia 24 de julho de 2009 (plotagem de 1 vetor a cada 4 calculados pelo modelo numérico hidrodinâmico) (após o aprofundamento).**

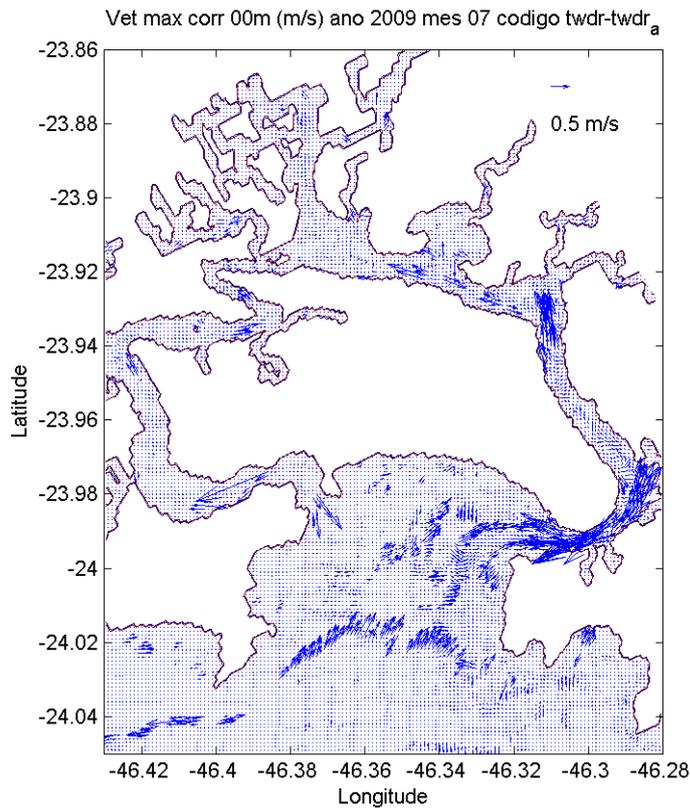
A **Tabela 4.1.7.5-2** apresenta a estatística básica das séries temporais de elevação e correntes na superfície nos 20 pontos selecionados do estuário (após o aprofundamento), para julho de 2009, considerando também suas componentes de maré e residual (total – maré). Esta Tabela demonstra que a maré é o fator predominante no nível do mar e os efeitos meteorológicos e de densidade produzem correntes bem mais fracas. Na comparação com as condições de verão, se nota maiores variações nas amplitudes do nível do mar e do nível do mar residual, mas as correntes residuais não apresentam aumento de valores máximos. A **Tabela 4.1.7.5-2** demonstra que, se comparado com a estatística de inverno antes do aprofundamento (**Tabela 4.1.7.4-2**) ocorre diminuição das correntes máximas em vários pontos ao longo do canal, como por exemplo no Ponto 8, que teve correntes máximas totais e de maré passando de 1,24 m/s e 1,20 m/s para 0,83 e 0,83 m/s, embora as correntes máximas residuais tenha apresentado pequeno aumento, de 0,13 m/s para 0,24 m/s.

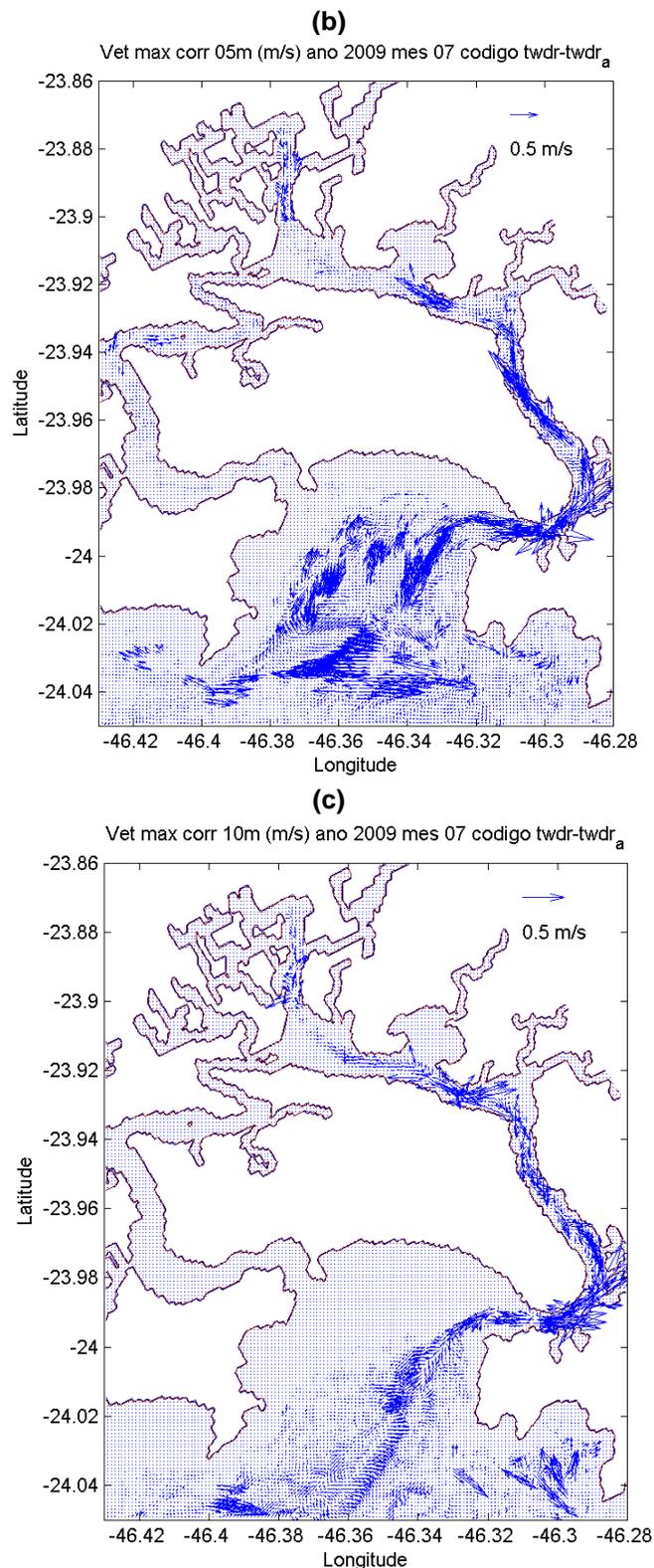
**Tabela 4.1.7.5-2: Estatística básica dos resultados do modelo nos 20 pontos selecionados (após o aprofundamento), com amplitude do nível do mar (ampl.=valores máximos-valores mínimos), seu desvio padrão (DP), máximas correntes de superfície (Máx.) e seu desvio padrão (DP), para os resultados da simulação de julho de 2009 e suas componentes de maré e residual (total-maré).**

PTO	TOTAL				MARÉ				RESIDUAL (TOTAL – MARÉ)			
	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)	Ampl. (m)	DP (m)	Máx. (m/s)	DP (m/s)
1	2.020	0.346	0.782	0.118	1.450	0.286	0.332	0.049	0.726	0.183	0.555	0.080
2	2.030	0.347	0.434	0.069	1.451	0.287	0.224	0.044	0.729	0.183	0.330	0.051
3	2.040	0.349	0.365	0.063	1.460	0.290	0.271	0.055	0.728	0.183	0.223	0.040
4	2.050	0.350	0.451	0.077	1.463	0.291	0.428	0.085	0.728	0.183	0.174	0.036
5	2.050	0.351	0.584	0.135	1.471	0.292	0.557	0.136	0.727	0.183	0.129	0.033
6	2.050	0.350	0.819	0.187	1.469	0.292	0.796	0.177	0.726	0.183	0.125	0.023
7	2.060	0.352	0.732	0.173	1.478	0.294	0.715	0.161	0.726	0.183	0.190	0.025
8	2.040	0.350	0.830	0.196	1.474	0.291	0.836	0.203	0.726	0.183	0.238	0.047
9	2.040	0.351	0.681	0.151	1.485	0.292	0.656	0.161	0.725	0.183	0.318	0.067
10	2.050	0.352	0.885	0.218	1.486	0.294	0.706	0.140	0.725	0.183	0.370	0.028
11	2.060	0.355	0.968	0.234	1.500	0.297	0.734	0.181	0.726	0.183	0.414	0.054
12	2.070	0.356	0.682	0.162	1.512	0.299	0.666	0.135	0.726	0.183	0.342	0.042
13	2.100	0.362	0.583	0.129	1.533	0.306	0.561	0.147	0.727	0.183	0.233	0.056
14	2.110	0.363	0.561	0.127	1.544	0.307	0.664	0.120	0.725	0.182	0.374	0.075
15	2.110	0.364	0.530	0.106	1.553	0.309	0.235	0.052	0.725	0.182	0.359	0.048
16	2.110	0.365	0.542	0.096	1.548	0.310	0.316	0.058	0.724	0.182	0.404	0.024
17	2.120	0.367	0.500	0.094	1.566	0.312	0.246	0.055	0.724	0.183	0.303	0.013
18	2.130	0.367	0.292	0.049	1.565	0.312	0.248	0.040	0.723	0.182	0.085	0.019
19	2.030	0.348	0.403	0.075	1.462	0.289	0.218	0.043	0.730	0.183	0.254	0.045
20	2.030	0.347	0.350	0.064	1.461	0.288	0.208	0.039	0.728	0.183	0.226	0.044

Variações vetoriais das máximas correntes após o aprofundamento são apresentadas na **Figura 4.1.7.5-13**, para a superfície, 05 e 10 m de profundidade (o aprofundamento acarretou a diminuição das correntes máximas).

(a)





**Figura 4.1.7.5-14: Diferenças vetoriais das máximas correntes calculadas pelo modelo para condições de inverno, nos processamentos antes e após o aprofundamento do canal do Porto, na superfície (a), a 05m (b) e a 10m (c).**

#### **4.1.7.6 Análise de Ondas e sua Modelagem**

Os oceanos representam cerca de 90% de toda a água que existe no planeta Terra, estando em constante movimento, sob influência dos ventos, que geram correntes e ondas, da atração do Sol e da Lua, responsáveis pelas marés, da radiação solar, que altera os campos de densidade, além das influências continentais e fluviais. Os movimentos podem ser estudados desde as grandes escalas, como correntes nas bacias oceânicas, até pequenas escalas, como ondas costeiras. Para cada escala há modelos de simulação numérica que produzem observações de forma satisfatória.

Dentre as formas de movimento da água do mar, as ondas de superfície possuem importância primordial, visto que seu conhecimento é muito importante para diversas áreas de aplicação, como por exemplo: no dimensionamento da construção de marinas, portos e diques; na avaliação de processos erosivos e deposicionais em áreas costeiras e praias; na segurança de navegação; no lazer de surfistas, entre outros (Soares, 2003).

As ondas superficiais são geradas pelos ventos na superfície do oceano através de processos complexos, cujos detalhes ainda são objeto de pesquisas. Esta transferência de energia para o mar provoca oscilações da superfície numa gama amplitudes, períodos e direções, na forma de ondas que podem se deslocar por longas distâncias a partir da zona de geração (Melo Filho, 1993). Os estudos relativos às ondas oceânicas possuem dois grandes enfoques básicos: a física de ondas e a caracterização do clima de ondas de uma região, sendo esses muito requisitados na engenharia oceânica, no gerenciamento costeiro e nas operações marítimas (Webb, 1983; Coli & Matta, 1996).

As maiores ondas observadas no litoral Sudeste brasileiro são geradas nas médias e altas latitudes, por tempestades originadas nos centros de baixa pressão que vêm da Antártica, associados às frentes frias (Candella, 1997). Essas ondas têm direção que varia entre SW e SE, atingindo toda a costa Sul - Sudeste do país (Siegle & Asp, 2007), como no caso de tempestades entre 35°

e 55° S. Ainda sim, também ocorrem ondas de amplitudes significativas vindas do quadrante Nordeste, associadas aos ventos predominantes, gerados pelos ventos associados ao Centro de Alta Pressão do Atlântico Sul (Seixas, 1997).

Modelos numéricos de propagação de ondas são ferramentas úteis para determinar as transformações sofridas pelas ondas quando estas se propagam de águas profundas para zonas costeiras (Melo Filho, 2006, 2006a). Modelos de previsão de ondas vêm sendo desenvolvidos e utilizados por diversas instituições de pesquisa, em especial na Europa, nos Estados Unidos e no Japão. A dependência de dados atmosféricos faz com que a maioria dos modelos de ondas sejam operados por agências meteorológicas, como no caso do Brasil, com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP). Neste último, é rotineiramente utilizado o modelo de propagação de ondas costeiras SWAN a partir de resultados do modelo de ondas global WAVEWATCH III, ou WW3 (Toman, 2002; Branco, 2005, 2007; Zuppardo, 2007).

O estudo aqui realizado consistiu no mesmo método, ou seja, na utilização do modelo de propagação de ondas costeiras SWAN (Booji et al, 1996) a partir dos resultados do WW3 (Tolman, 2002). Para isso foram utilizadas três grades diferentes, num processo de *downscaling* (começando em uma grade maior, fazendo simulações sucessivas aninhadas para grades menores).

A primeira grade engloba todo o litoral sul e sudeste brasileiro, sendo denominada Grade A, possuindo 331 pontos em longitude e 301 em latitude, com espaçamentos horizontais de 9435 m e 11068 m, respectivamente; nesta grade foram inseridos os resultados do modelo global nos seus contornos abertos. Os limites desta grade se encontram na **Tabela 4.1.7.6-1** e na **Figura 4.1.7.6-1**.

A segunda grade, ou Grade B, situa-se no interior da Grade A e abrange todo o litoral do Estado de São Paulo, com 91 x 91 pontos, e espaçamentos de 3145

m e 3689 m, sendo seus limites fornecidos na **Tabela 4.1.7.6-2** e na **Figura 4.1.7.6-2**.

Por fim, a Grade C é formada por 100 pontos em longitude e por 134 em latitude, com espaçamentos de 143 m e 168 m, e cobre a Baía de Santos e os canais de Santos e São Vicente (**Tabela 4.1.7.6-3** e **Figura 4.1.7.6-3**).

**Tabela 4.1.7.6-1: Coordenadas dos pontos delimitadores da Grade A.**

Ponto	Latitude	Longitude
1	32°S	52°W
2	32°S	41°W
3	22°S	52°W
4	22°S	41°W



**Figura 4.1.7.6-1: A grade A delimitada pelos ícones (Fonte: Google Earth, 2011).**

Tabela 4.1.7.6-2: Coordenadas dos pontos delimitadores da Grade B.

Ponto	Latitude	Longitude
1	26°S	48°W
2	26°S	45°W
3	23°S	48°W
4	23°S	45°W



Figura 4.1.7.6-2: Grade B delimitada pelos ícones (Fonte: Google Earth, 2011).

Tabela 4.1.7.6-3: Coordenadas dos pontos delimitadores da Grade C.

Ponto	Latitude	Longitude
1	24° 4' 7.51"S	46° 26' 6"W
2	24° 4' 7.51"S	46° 17' 0.39"W
3	23° 51' 54"S	46° 26' 6"W
4	23° 51' 54"S	46° 17' 0.39"W



Figura 4.1.7.6-3: Grade C delimitada pelos ícones. (Fonte: Google Earth, 2011).

## **O Modelo**

Foi implementado o modelo SWAN (Simulating Waves Nearshore), desenvolvido por Booji et al (1996) para estimar condições de ondas em pequena escala. No SWAN, as ondas são descritas com um espectro de densidade de agitação em duas dimensões, mesmo quando processos não lineares prevalecem, como no caso da zona de arrebentação, pois é possível determinar, com razoável precisão, a distribuição espectral em condições altamente não lineares.

A evolução do espectro de ondas é descrita pela equação do balanço de momento para coordenadas cartesianas, com termos que representam: a taxa local de mudança da densidade de agitação no tempo, a propagação do movimento nos eixos x e y, as influências das correntes, a refração induzida pela profundidade, além dos termos que representam os efeitos da geração, dissipação e interação não linear onda-onda.

O termo dissipação de energia de onda é representado pela somatória de três diferentes contribuições: “whitecapping”, fricção com o fundo e quebra induzida pela profundidade. Em águas profundas, as interações não lineares de 4 ondas dominam a evolução do espectro e há transferência de energia de onda do espectro de pico para frequências menores. Já em águas rasas, a interação de três ondas transfere energia de frequências menores para frequências maiores (Branco, 2005).

## **Dados de entrada**

Para as simulações do SWAN, é preciso fornecer dados de entrada, especificamente a batimetria, correntes e ventos na superfície e condições nos contornos abertos, correspondentes a dados de ondas de modelo de escala maior, no caso, o modelo global WAVEWATCH III (Tolman, 2002).

No modelo implementado no presente estudo, a batimetria provém do banco de dados do ETOPO 2, com resolução de 2 minutos de grau em latitude e longitude (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/2minrelief.html>). Os arquivos

de correntes do Atlântico Sudoeste são obtidos pela modelagem numérica operacional do MASTER (Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais), do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP) - <http://www.master.iag.usp.br/> ; e as informações de vento são provenientes do modelo meteorológico global do NCEP/NCAR, projeto associado à NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) – <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis/reanalysis.shtml> (Kalnay et al., 1996).

Por fim as condições de contorno são extraídas do modelo global WW3, muito utilizado para simular ondas em oceano aberto, mas de uso limitado em áreas costeiras. A NOAA produz simulações em tempo real e escala global de ondas com o modelo WW3, disponibilizando os dados em seu site para download (<http://polar.ncep.noaa.gov/waves/download.shtml>). Com a ajuda de uma rotina escrita em programa MATLAB, estes arquivos foram utilizados para gerar condições de contorno para o SWAN, para as simulações da primeira grade, Grade A. São arquivos com informações de onda, como altura significativa, direção de propagação e período, em intervalos de tempo de 1 hora. Evidentemente, as ondas nas bordas das grades são propagadas para seu interior, obedecendo às equações de movimento e sofrendo as influências da batimetria, correntes e ventos locais.

### **Dados de Saída**

O SWAN gera arquivos de saída que funcionam como arquivos de entrada para as simulações sucessivas, seja para um período posterior, utilizando a mesma grade, ou para um mesmo período, só que desta vez para uma grade interna aninhada. São arquivos que representam a grade usada no cálculo da simulação, com informações, em todos os pontos da grade, de: tempo, altura significativa, direção de propagação e período das ondas. A partir desses dados foram geradas figuras representativas dessas informações (distribuições espaciais) e séries temporais relativas a pontos de grade selecionados.

## **Resultados**

Foram realizadas simulação para o ano de 2009 completo, nas três grades implementadas. As saídas do modelo são: altura significativa, direção de propagação e período das ondas, obtidos em intervalos de 1 hora. Em vista do grande número de pontos por grade, foram escolhidos alguns pontos representativos para cada uma delas.

#### **4.1.8 Transporte de Sedimentos**

As atividades de dragagem do fundo do canal de acesso e canal de navegação do Porto de Santos são realizadas desde a década de 20 do século XX sendo que, em meados deste mesmo século, iniciou-se o período das grandes dragagens de aprofundamento e, conseqüentemente, manutenções que até hoje são executadas (Sondotécnica, 1977; IME, 2008).

Para acompanhar o crescimento da movimentação de navios mercantes assim como ao aumento do calado destes mesmos navios, são necessárias intervenções antrópicas para a modificação da forma natural do fundo dos canais que dão acesso e abrigam o Porto de Santos. Estas intervenções também são verificadas em praticamente todos os portos em operação no mundo (Ponçano, 1985).

Segundo George (1967) *apud* Ponçano (1985), temos:

*“Todos os portos modernos são, em escala variável portos artificiais, desenvolvidos a partir de um sítio natural insuficiente para atender às necessidades de navegação atual”.*

##### **4.1.8.1 Transporte de Sedimentos no Sistema Estuarino Santos-São Vicente**

O presente diagnóstico apresentará a dinâmica do transporte de sedimentos na região do sistema estuarino de Santos - São Vicente, Baía de Santos e Plataforma Continental Interna abrangendo toda a área de fundeio de navios que chegam ao Porto Organizado de Santos. São identificados os principais processos de transporte de sedimentos atuantes ao longo da linha de costa, identificando tendências ao assoreamento ou erosão na área de influência direta do empreendimento e a taxa de assoreamento atualizada considerando o aprofundamento do canal de navegação.

A ferramenta utilizada neste trabalho é a modelagem numérica do transporte de sedimentos que, basicamente, simula a dinâmica sedimentar, a partir de

informações sobre o tipo de sedimentos presentes no fundo e quantidades de material sólido que são drenados, além das informações sobre as correntes e ondas na região, apresentadas nos capítulos de hidrodinâmica e ondas.

Em sua forma natural, do ponto de vista de taxa de erosão e sedimentação, o sistema estuarino Santos – São Vicente encontra-se em grande equilíbrio apresentando apenas de modo muito local, taxas de consideráveis de assoreamento (EPUSPI-DAEE, 1966; Fúlfaro & Ponçano, 1976).

Com as atividades de extração de material sólido no fundo, o equilíbrio morfológico existente no sistema estuarino se rompe fazendo com que as taxas de assoreamento intensifiquem-se até que a forma dos canais do estuário aproxime-se novamente da original (Fúlfaro & Ponçano, 1976), o que faz com que exista uma relação diretamente proporcional entre o aumento artificial do canal aprofundado e o volume de material dragado nas atividades de manutenção.

Devido à grande importância econômica e social e à necessidade de aprofundamento dos canais do Porto de Santos e suas conseqüentes mudanças na taxa de assoreamento, desde 1966, diversos trabalhos foram realizados na região com o objetivo de caracterizar as condições hidrodinâmicas e sedimentológicas encontradas na região.

#### **4.1.8.2 Objetivos**

Este diagnóstico tem os seguintes objetivos:

Caracterizar a dinâmica do transporte de sedimentos na região dos canais do complexo estuarino de Santos - São Vicente, Baía de Santos e Plataforma Continental Interna adjacente à porção sul e central da Baixada Santista e a taxa de sedimentação atual do Canal do Porto Organizado de Santos.

Além disso, como objetivos específicos deste diagnóstico, têm-se:

- Apresentação dos processos de transporte de sedimentos ao longo da costa, definindo as regiões potenciais para deposição e erosão costeira,

considerando a configuração do canal após seu aprofundamento;

- Apresentação dos locais que apresentam tendência ao assoreamento e erosão na região dos canais do complexo estuarino de Santos - São Vicente, Baía de Santos e Plataforma Continental Interna adjacente à porção sul e central da Baixada Santista;
- Apresentação da taxa de assoreamento atualizada, considerando a configuração do canal após seu aprofundamento;
- Prever a periodicidade da necessidade de dragagem de manutenção.

#### **4.1.8.3 Metodologia**

Para a caracterização sedimentológica da região estudada, foram realizadas simulações numéricas de transporte de sedimentos na região do Complexo Estuarino Santos - São Vicente (**Figura 4.1.8.3-1**) e na região da Plataforma Continental adjacente à Baixada Santista (**Figura 4.1.8.3-2**).

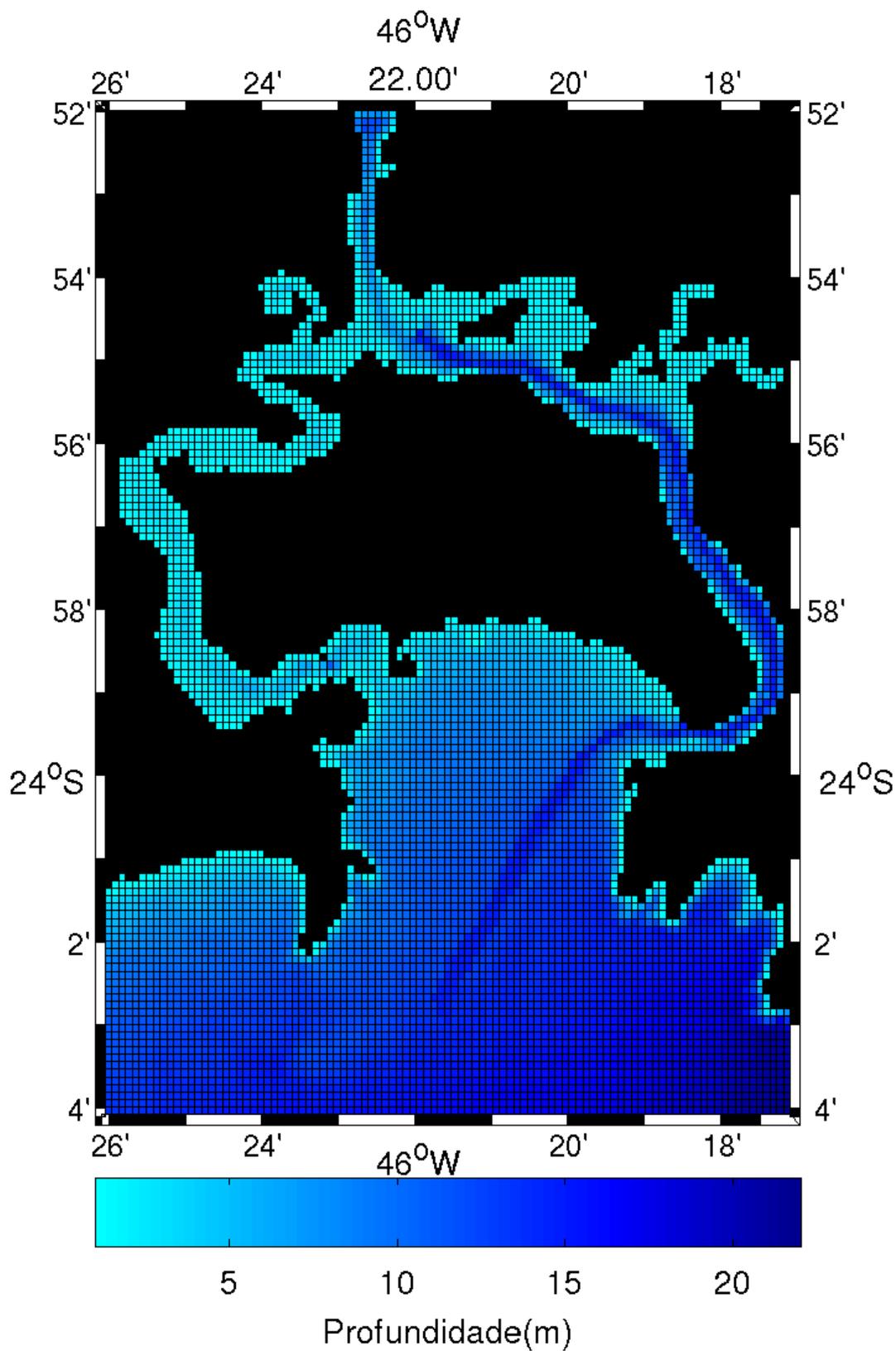
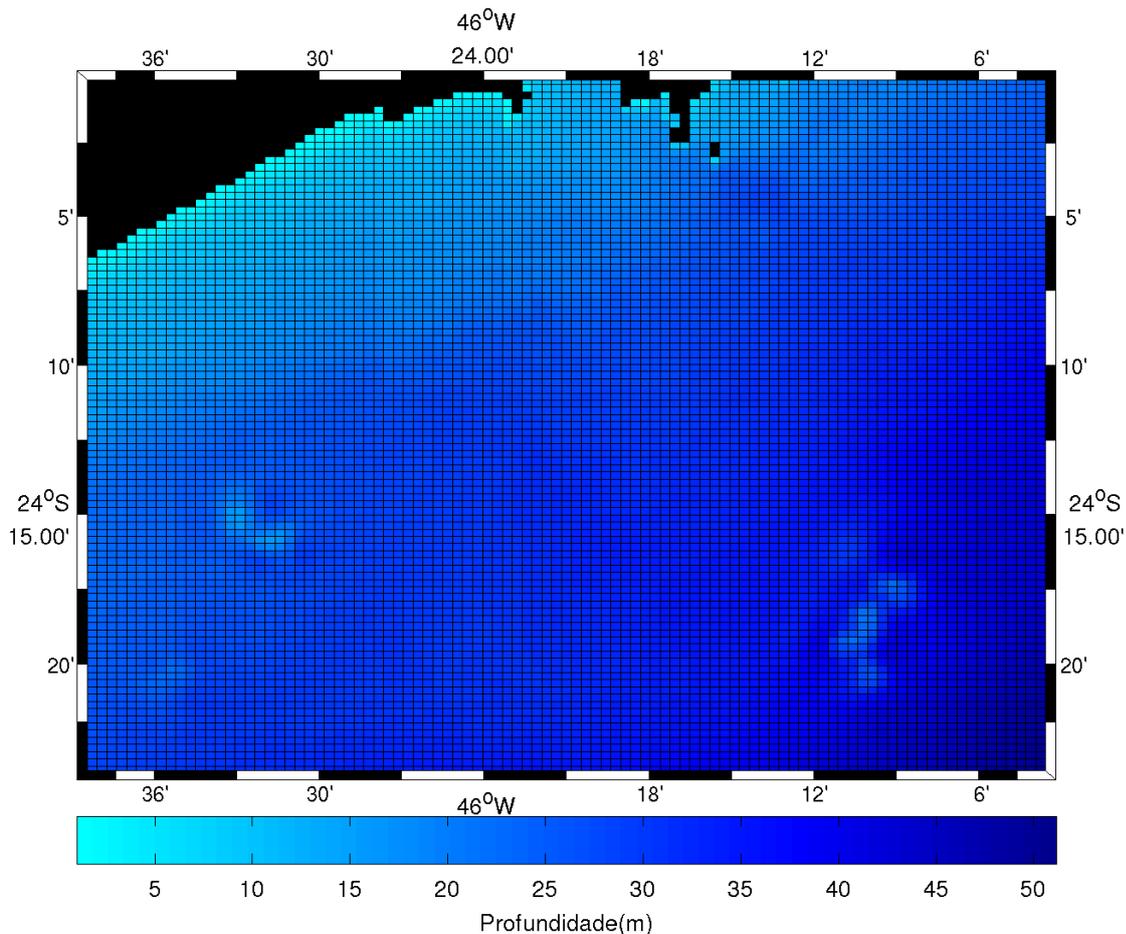


Figura 4.1.8.3-1: Representação da grade utilizada no modelo numérico para a região dos canais estuarinos Santos-São Vicente e Baía de Santos.



**Figura 4.1.8.3-2: Representação da grade utilizada no modelo numérico para a região da Plataforma Continental adjacente à região da Baixada Santista.**

As simulações numéricas foram realizadas utilizando o modelo numérico ROMS, sigla em inglês para Sistema de Modelagem Oceânica Regional (*Regional Ocean Modeling System*) juntamente com dados de entrada hidrodinâmicos fornecidos pelas simulações do modelo numérico POM, sigla em inglês para Modelo Numérico de Princeton (*Princeton Ocean Model*) e com informações sobre ondas na região fornecidas pelo SWAN/WWIII – descritos no capítulo 4.1.7 -, sobre a composição do fundo oceânico e de aporte de sedimentos do canal do Porto de Santos obtidas em IME (2008) e constituição do fundo oceânico da região da Plataforma Continental obtidas em Rodrigues *et al* (2003).

#### **4.1.8.4 O Modelo Numérico ROMS**

Desenvolvido em FORTRAN90/95 e disponibilizado para a comunidade científica na década de 2000, o ROMS é um modelo oceânico de superfície livre, de equações primitivas e de coordenadas largamente utilizado pela comunidade científica para diversas aplicações.

Projetado para abranger de forma mais ampla possível a área de modelagem oceânica, o ROMS inclui diversos modelos acoplados como bioquímico, bio-óptico, gelo marinho e também de sedimento. O modelo inclui diversos esquemas de misturas verticais, vários níveis de alinhamento e grades combinadas (IMCS, 2011).

O ROMS representa o sedimento utilizando categorias separadas de sedimentos coesivos e não-coesivos, cada um com ilimitado número de classes de materiais, que caracterizam o diâmetro do grão, sua densidade, velocidade de deposição, tensão de cisalhamento crítica para erosão e parâmetro empírico de erosão (Warner *et al.*, 2008). Essas propriedades são utilizadas pelo modelo para determinar a característica de cada camada ativa de sedimento e assim calcular sua capacidade de erosão/ressuspensão e deposição em função das condições hidrodinâmicas do local.

#### **Sedimento de Fundo**

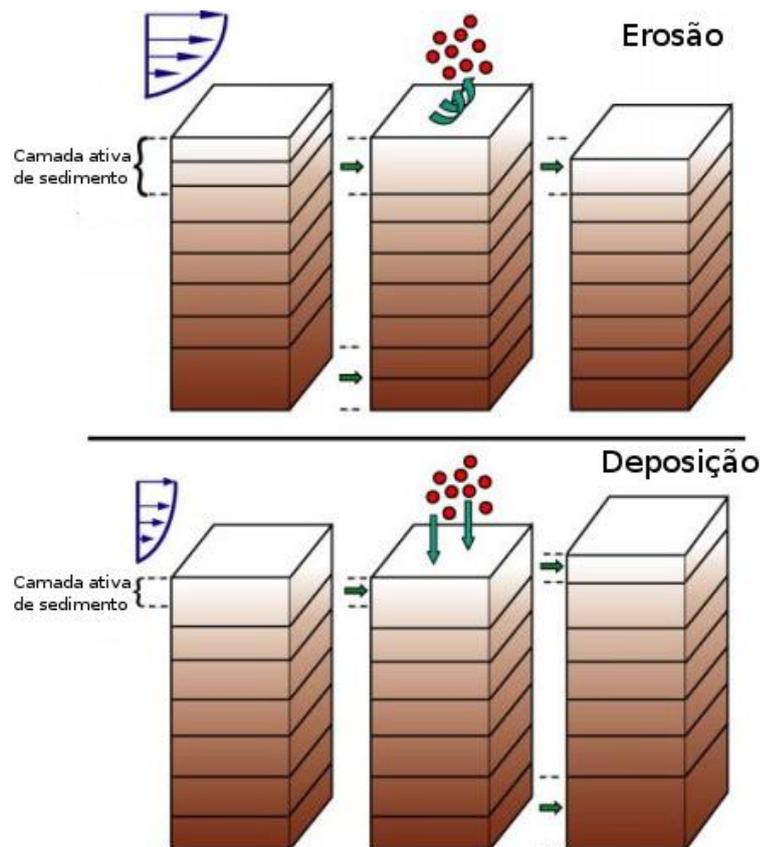
O sedimento de fundo é representado por variáveis tri-dimensionais com um número fixado de camadas abaixo de célula horizontal do modelo. Cada célula de cada camada no fundo é inicializada com dados de altura da camada, distribuição de cada classe de sedimento, porosidade e idade do sedimento. A massa de cada classe de sedimento em cada célula pode ser determinada através destes valores mais a densidade do grão. A formulação de sedimento de fundo também inclui duas variáveis bi-dimensionais que descrevem outras propriedades do fundo marinho como diâmetro médio dos grãos, densidade média, velocidade de decantação etc.

A massa de cada classe de sedimento disponível para transporte é limitada na camada mais superficial do sedimento de fundo. Ademais, o sedimento em suspensão que deposita é adicionado apenas na camada mais superficial do sedimento de fundo.

### Dispersão de Sedimento em Suspensão

O sedimento suspenso na coluna d'água é transportado como um traçador conservativo como temperatura e salinidade, sendo considerada sua deposição no fundo e a sua re-disponibilização para a coluna d'água através do processo de erosão/deposição.

A **Figura 4.1.8.4-1** apresenta o esquema do processo de erosão e deposição utilizado pelo ROMS.



**Figura 4.1.8.4-1: Esquema dos processos de erosão e deposição da camada ativa do sedimento de fundo utilizado pelo modelo numérico ROMS. Modificado de USGS (2011).**

## Processo de Erosão

O modelo numérico ROMS implementa dois diferentes métodos de modelar o processo de erosão: 1) Formulação do fluxo unidirecional de Meyer-Peter Müeller (1948); e 2) Fórmula de Soulsby e Damgaard (2005) que contabiliza os efeitos combinados de correntes e de ondas.

A formulação depende de características de classes individuais de sedimentos incluindo tamanho do diâmetro médio do sedimento ( $D_{50}$ ), densidade do grão ( $\rho_s$ ), densidade específica na água ( $s = \rho_s / \rho$ ) e tensão crítica de erosão ( $\tau_e$ ). Taxas de transporte adimensionais  $\Phi$  são calculadas para cada classe de sedimento e convertidas para taxas de transporte de erosão ( $q_{bl}$ ) por:

$$q_{bl} = \Phi \sqrt{(s - 1) g D_{50}^3 \rho_s}$$

Estas, por sua vez, são quantidades vetoriais horizontais com direções que correspondem à combinação vetorial da erosão de fundo.

### 4.1.8.5 Dados de Entrada de Sedimento

Dados de composição do fundo do canal do Porto de Santos como granulometria, concentrações de cada fração de sedimento, densidade dos grãos e dados de velocidade de decantação das partículas, foram utilizados para compor as condições de fundo para a região e utilizadas informações de condições iniciais sedimentológicas necessárias para a alimentação inicial do modelo numérico. A caracterização do sedimento quanto às frações de areia e materiais finos (*i.e.* silte com diâmetro médio de 0,016 mm e argila com diâmetro médio de 0,004 mm) presentes fundo, foi obtida a partir dos dados de granulometria dos sedimentos de superfície na região disponíveis em IME (2008). As **Figuras 4.1.8.5-1, 4.1.8.5-2 e 4.1.8.5-3** apresentam os mapas para a região estuarina e da Baía de Santos das frações no fundo de argila, silte e areia muito fina (diâmetro médio de 0.0935 mm), respectivamente, utilizados como informações iniciais sedimentológicas do fundo marinho da região.

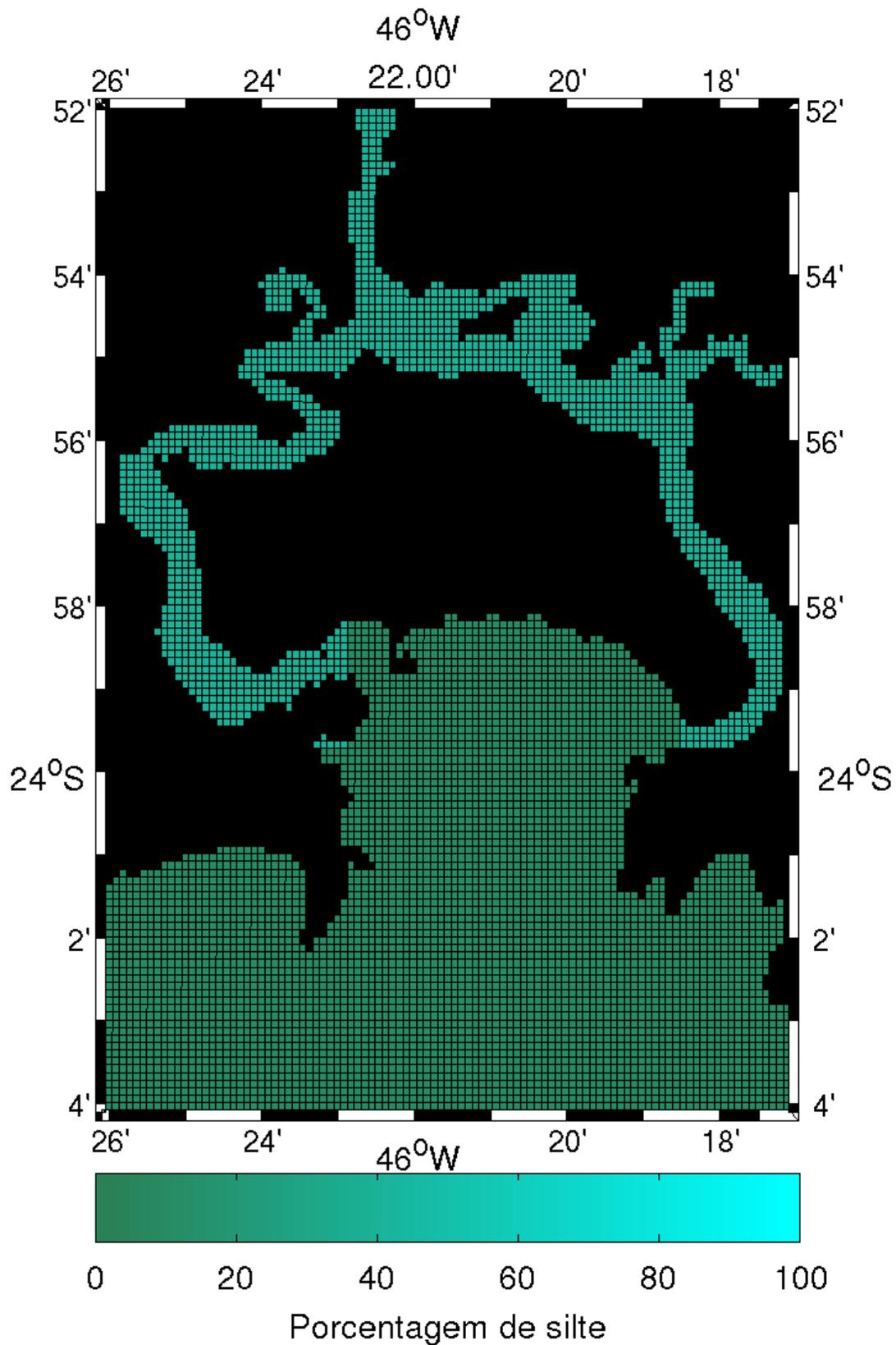


Figura 4.1.8.5-1: Mapa de distribuição de silte no fundo para a região estuarina e da Baía de Santos com a representação da grade do modelo numérico executado.

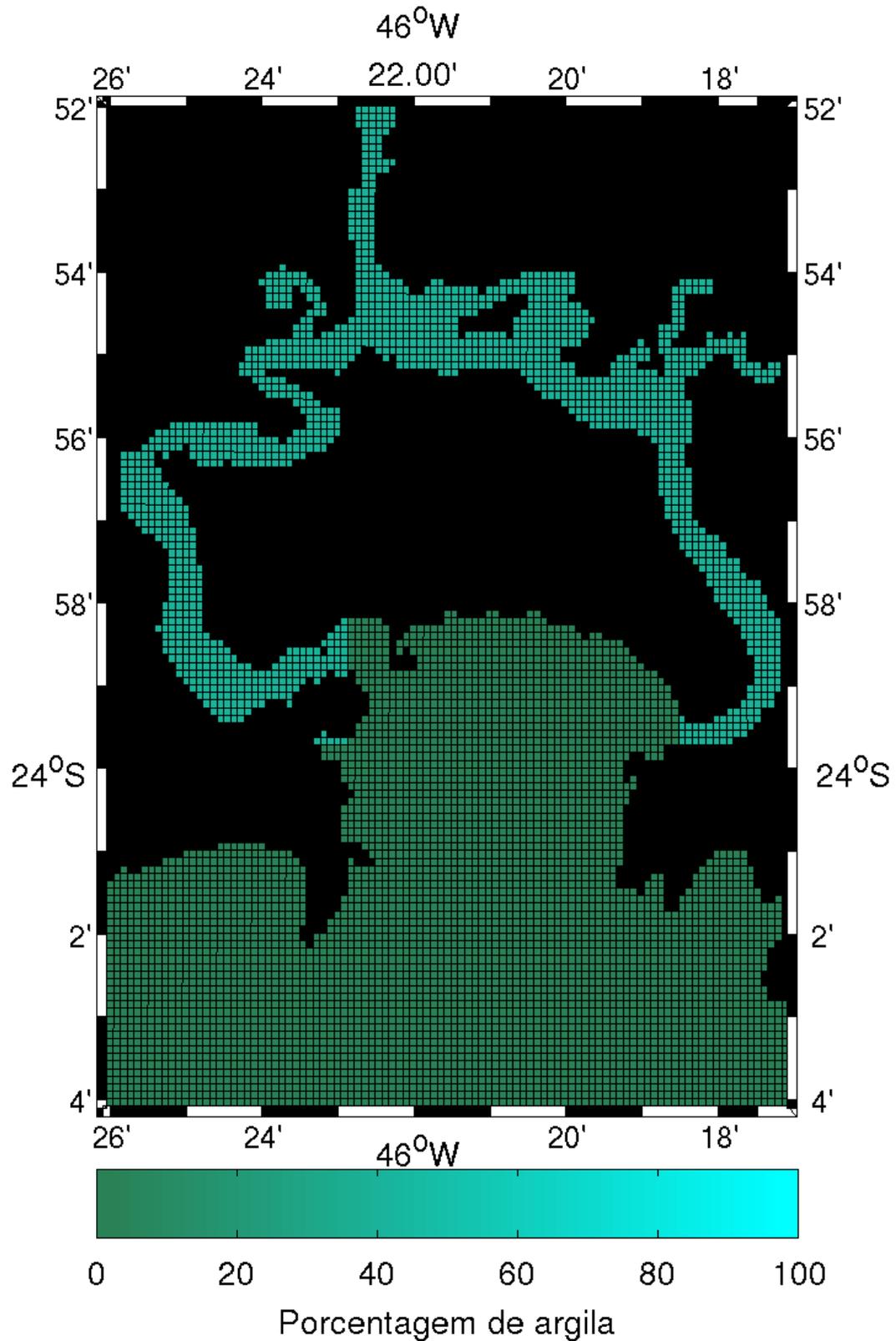


Figura 4.1.8.5-2: Mapa de distribuição de argila no fundo para a região estuarina e da Baía de Santos com a representação da grade do modelo numérico executado.I

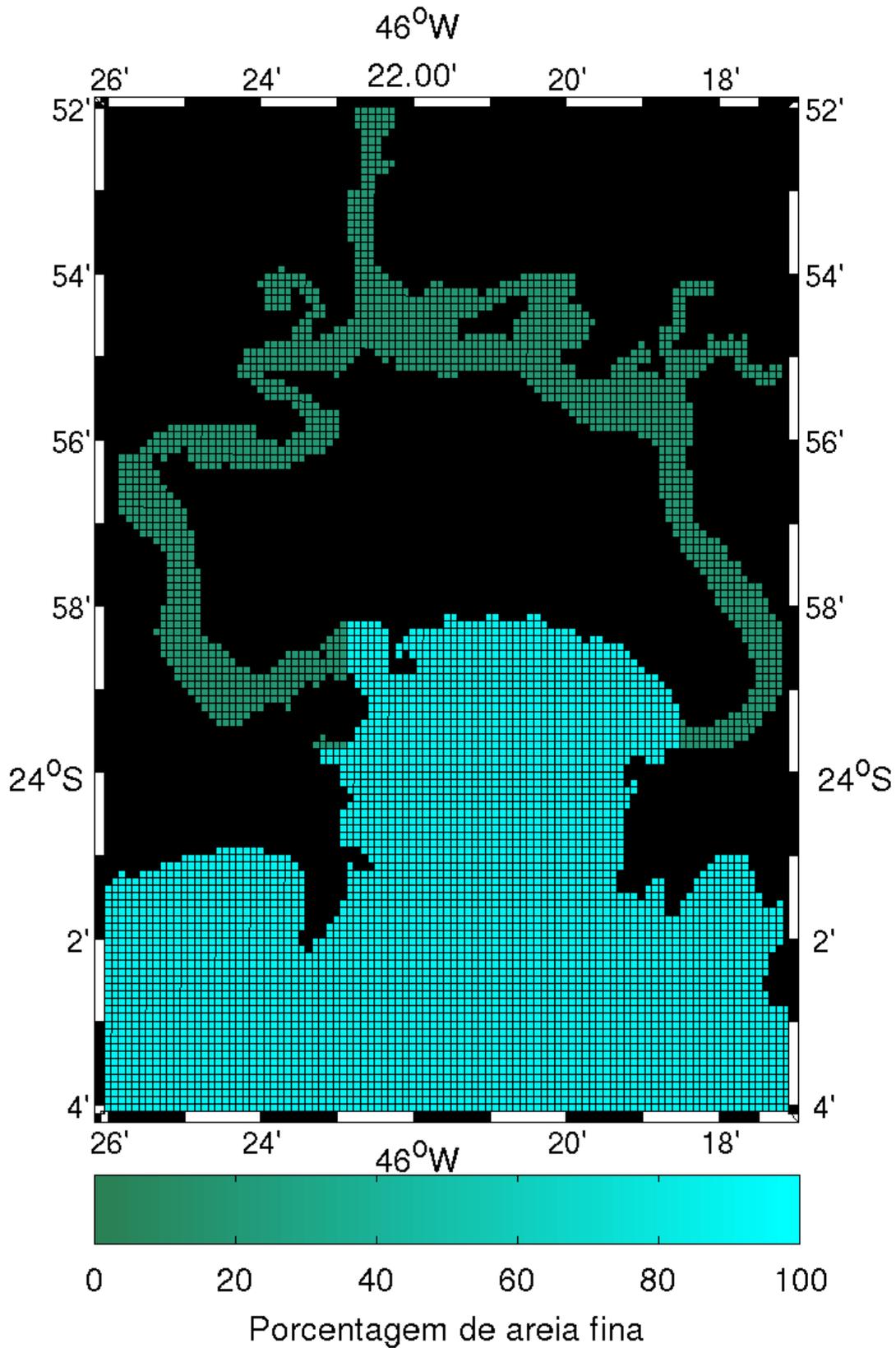


Figura 4.1.8.5-3: Mapa de distribuição de areia fina no fundo para a região estuarina e da Baía de Santos com a representação da grade do modelo numérico executado.

Os dados de aporte de materiais sólidos na região também serão computados nas simulações a partir dos dados de vazão de rios na região, de acordo com a **Tabela 4.1.8.5-1**, apresentados originalmente em IME (2008).

**Tabela 4.1.8.5-1: Relação das vazões mínimas, médias e máximas e de vazões sólidas para os rios/córregos inseridos no modelo numérico. Adaptado de IME (2008).**

Rio/Córrego	E	N	Mínima (m3/s)	Média (m3/s)	máxima (m3/s)	Vazão Sólida (m3/ano)
Córrego das Neves	363.957	7357.061	0.021	0.084	12.47	2715.93
Rio Agari	368.613	7352.603	0.097	0.396	37.02	66920.38
Rio Cacheta	357.108	7351.822	0.042	0.172	47.61	32255.65
Rio Cubatão	356.090	7359.034	1.256	5.142	214.23	737694.35
Rio dos Bagres	358.931	7352.240	0.093	0.382	45.73	63478.36
Rio Jurubatuba	366.098	7358.075	0.98	4.012	90.32	56208.01
Rio Pereque	356.125	7359.100	0.535	2.191	98.82	35932.92
Rio 9	351.602	7353.506	0.016	0.065	11.99	14129.78
Rio 10	354.061	7356.380	0.009	0.038	7	4967.3
Rio 15	362.953	7358.473	0.013	0.054	7.45	1769.91
Rio 16	363.108	7355.889	0.009	0.037	5.14	795.89
Rio 17	362.202	7356.815	0.008	0.034	4.85	670.36
Rio 18	362.245	7358.263	0.021	0.084	10.59	13631.26
Rio 19	365.318	7358.240	0.016	0.067	8.47	14819.33
Rio 20	365.469	7357.375	0.007	0.029	3.67	4263.64
Rio 21	366.112	7357.999	0.011	0.045	5.29	506.45
Rio 22	365.940	7355.938	0.004	0.016	2.11	2071.92
Rio 23	368.704	7357.461	0.104	0.426	31.51	4873.36
Rio 24	368.889	7356.854	0.022	0.088	10.04	849.27
Rio 28	351.264	7355.296	0.004	0.016	3.56	666.68
Rio 29	357.555	7359.963	0.01	0.042	7.03	8030.33
Rio 31	357.192	7358.926	0.002	0.009	1.73	197.54
Rio 34	362.072	7356.816	0.002	0.007	1.49	136.38

Utilizando os dados descritos na **Tabela 4.1.8.5-1**, no decorrer de cada simulação de 31 dias que será descrita a seguir, foram inseridos 5 períodos de doze horas cada um, com condições de vazão máxima, com o objetivo de reproduzir a ação de chuvas na região, as quais aumentam significativamente a vazão de água e materiais sólidos dos afluentes que chegam ao estuário transformando afluentes de pequena vazão em afluentes caudalosos e torrenciais, transportando grandes quantidades de água e materiais sólidos em pequenos períodos de tempo (EPUSPI-DAEE, 1966).

Devido ao grande número de afluentes na região, foram inseridas 15 fontes de água e sedimentos representativos da vazão somada de afluentes próximos à região. A **Figura 4.1.8.5-4** apresenta a localização das fontes de água e sedimento inseridas no modelo.

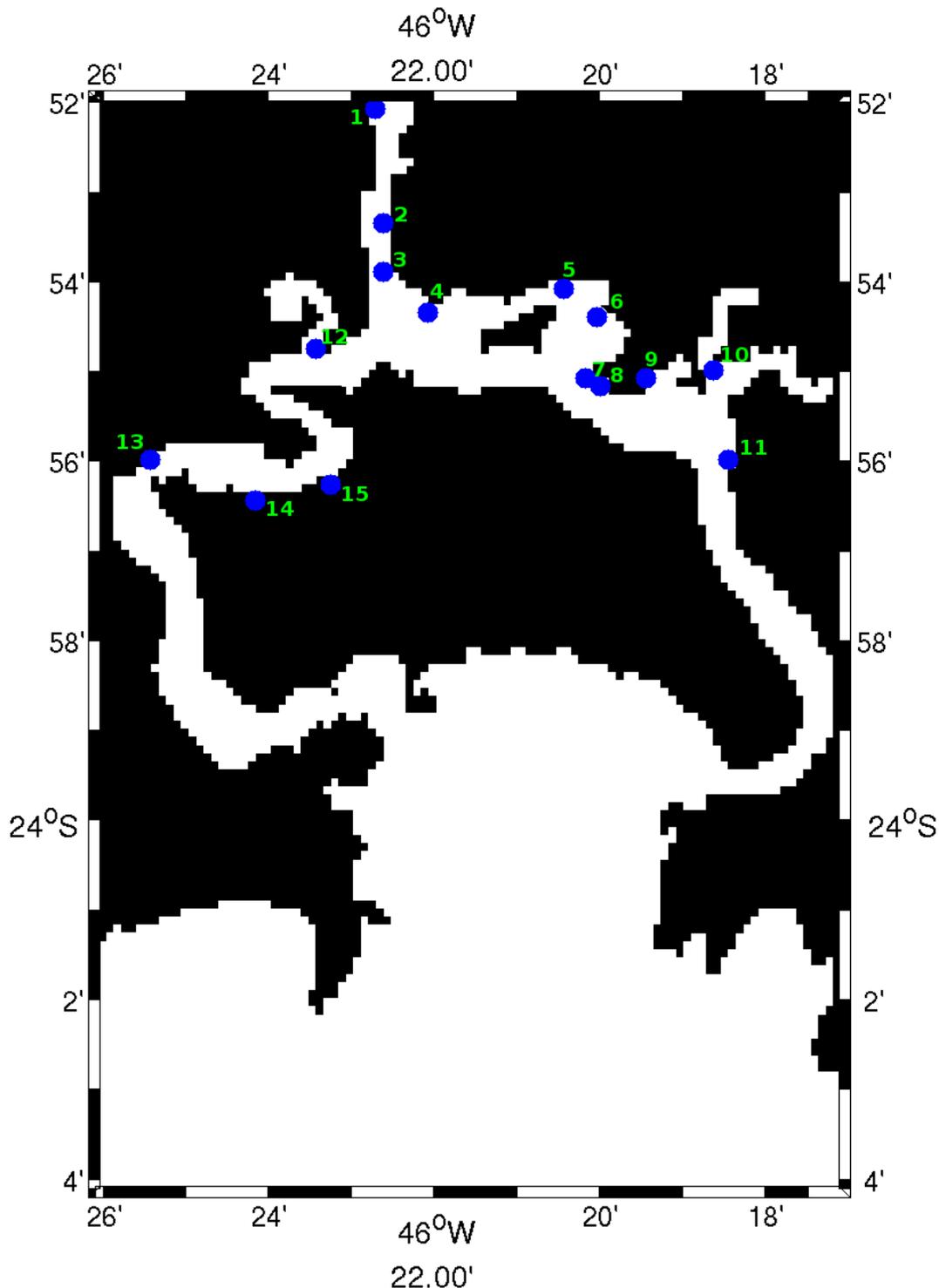


Figura 4.1.8.5-4: Mapa com a localização dos pontos de aporte de água e sedimentos (pontos em azul) utilizados como dados de entrada do modelo.

A Tabela 4.1.8.5-2 apresenta a localização geográfica dos pontos de aporte de água e sedimentos inseridos no modelo numérico.

Tabela 4.1.8.5-2: Localização geográfica dos pontos de água e sedimentos inseridos no modelo numérico.

Pontos de aporte de água e sedimentos	Longitude	Latitude
1	-46,3789010	-23,8723680
2	-46,3732900	-23,8955410
3	-46,3725850	-23,9028130
4	46,3639010	-23,9092080
5	-46,3389860	-23,9043790
6	-46,3319610	-23,9080210
7	-46,3346080	-23,9194700
8	-46,3325040	-23,9230130
9	-46,3219530	-23,9222420
10	-46,3103520	-23,9184970
11	-46,3077090	-23,9368610
12	-46,3899120	-23,9172980
13	-46,4322140	-23,9379710
14	-46,4039800	-23,9401290
15	-46,3863060	-23,9365980

Para os dados sedimentológicos iniciais da região da Plataforma Continental adjacente à região da Baixada Santista, foram utilizadas as informações de distribuição de areias, silte e argila para a região, disponíveis em Rodrigues *et al* (2003). As **Figuras 4.1.8.5-5, 4.1.8.5-6 e 4.1.8.5-7** apresentam os mapas de distribuição de porcentagem de areia, silte e argila obtidos de Rodrigues *et al.* (2003) para a região da Plataforma Continental de São Paulo.

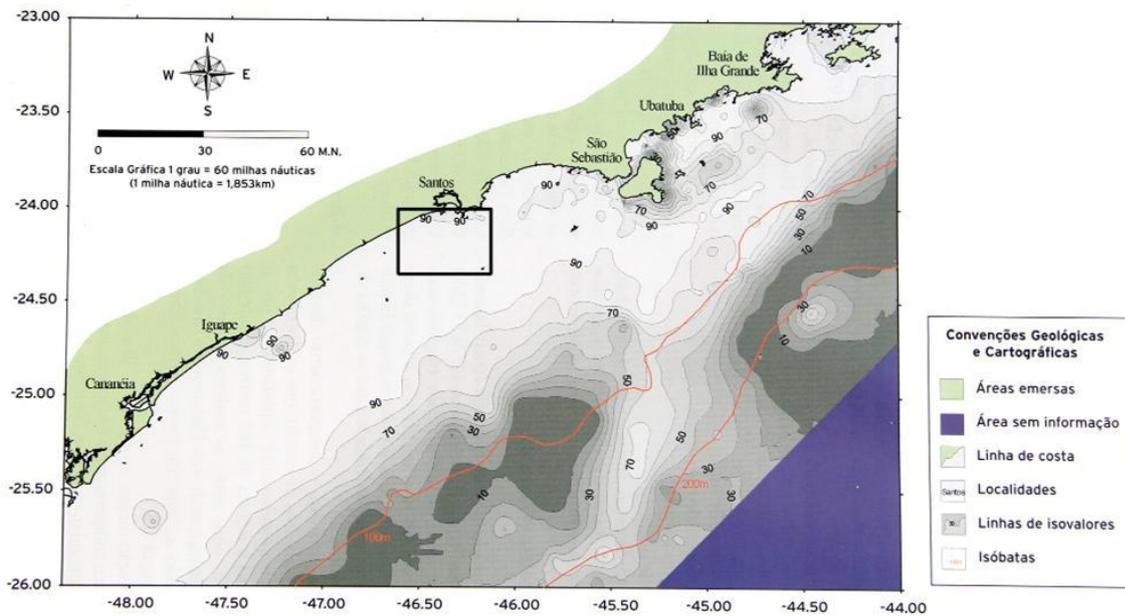


Figura 4.1.8.5-5: Mapa de distribuição de areia na região da Plataforma Continental de São Paulo. O quadrilátero em preto delimita a área em que foi realizada a modelagem numérica de transporte de sedimentos. Modificado de Rodrigues et al. (2003).

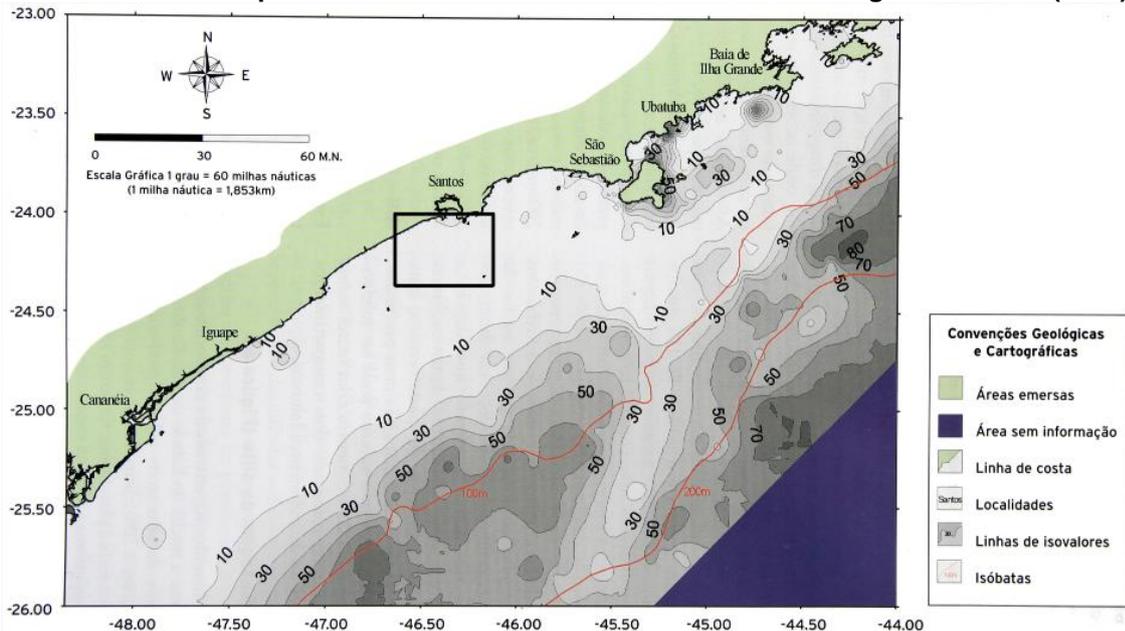
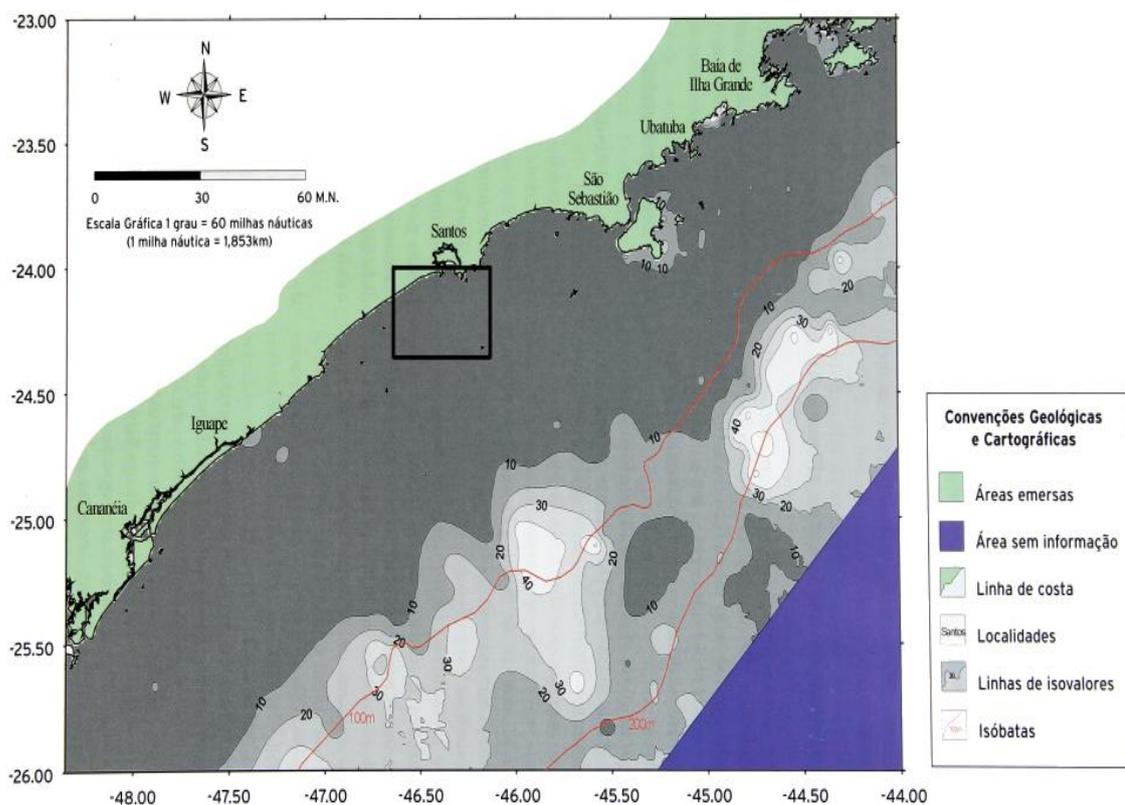


Figura 4.1.8.5-6: Mapa de distribuição de silte na região da Plataforma Continental de São Paulo. O quadrilátero em preto delimita a área em que foi realizada a modelagem numérica de transporte de sedimentos. Modificado de Rodrigues et al(2003).



**Figura 4.1.8.5-7: Mapa de distribuição de argila na região da Plataforma Continental de São Paulo. O quadrilátero preto delimita a área em que foi realizada a modelagem numérica de transporte de sedimentos. Modificado de Rodrigues *et al* (2003).**

Devido à baixa quantidade de sedimentos coesivos na região e o predomínio em quase todo o domínio de areia muito fina, todo o fundo foi considerado como contendo apenas areia muito fina de acordo com o apresentado em Furtado *et al.* (1984) *apud* Rodrigues *et al* (2003).

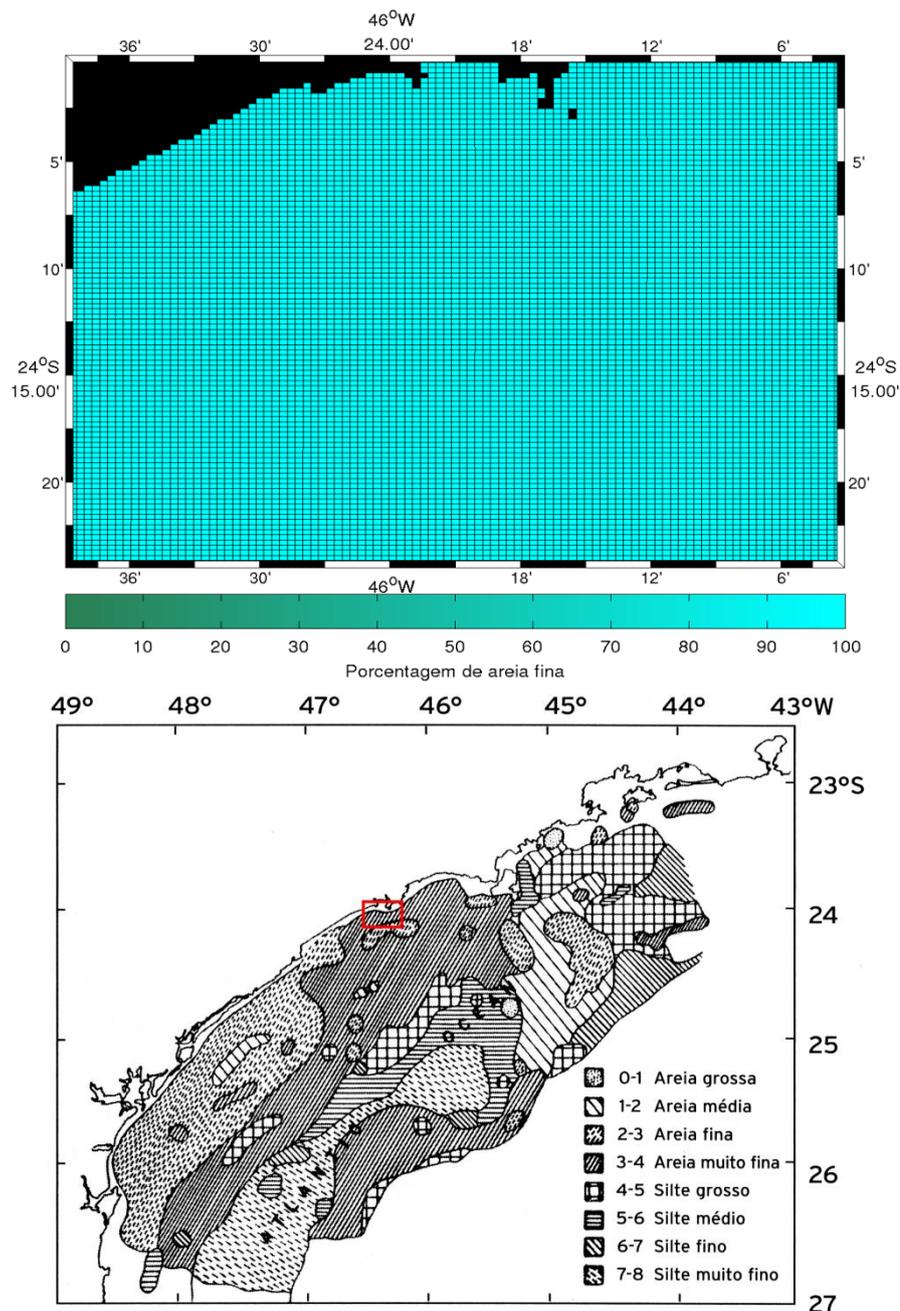


Figura 4.1.8.5-8: Mapa de distribuição de areia muito fina com a representação da grade do modelo numérico executado (mapa superior) e o mapa de distribuição do diâmetro segundo a classificação de Folk & Ward (1957) com o quadrilátero em vermelho representando a área simulada (mapa inferior). Adaptado de Furtado *et al* (1984) *apud* Rodrigues *et al* (2003).

#### 4.1.8.6 Tempo de Simulação

Para as regiões apresentadas, foram realizadas simulações de transporte de sedimentos com condições hidrodinâmicas e de ondas representativas aos períodos de Janeiro e Julho de 2009, com o objetivo de se caracterizar o

transporte de sedimentos para condições típicas de inverno e verão para ambas as regiões.

#### **4.1.8.7 Resultados**

Abaixo seguem os resultados das simulações numéricas do transporte de sedimentos para a região da Plataforma Continental Interna adjacente à Baixada Santista e região dos Canais do Estuário de Santos - São Vicente e Baía de Santos.

#### **Região da Plataforma Continental Interna adjacente à baixada Santista**

Os resultados para a região da Plataforma Continental Interna estão divididos em mapas que apresentam informações sobre o sedimento em suspensão (*i.e.* material sedimentar presente na coluna d'água) e mapas que apresentam informações sobre o sedimento de fundo (*i.e.* material depositado no fundo):

#### **Sedimento em Suspensão**

As **Figuras 4.1.8.7-1** até **4.1.8.7-28** apresentam os mapas de concentração média de areia muito fina (0.0935 mm) na coluna d'água de 01.01.2009 até o dia 31.01.2009 para cada cinco dias de simulação e a altura significativa e direção das ondas para os mesmos períodos.

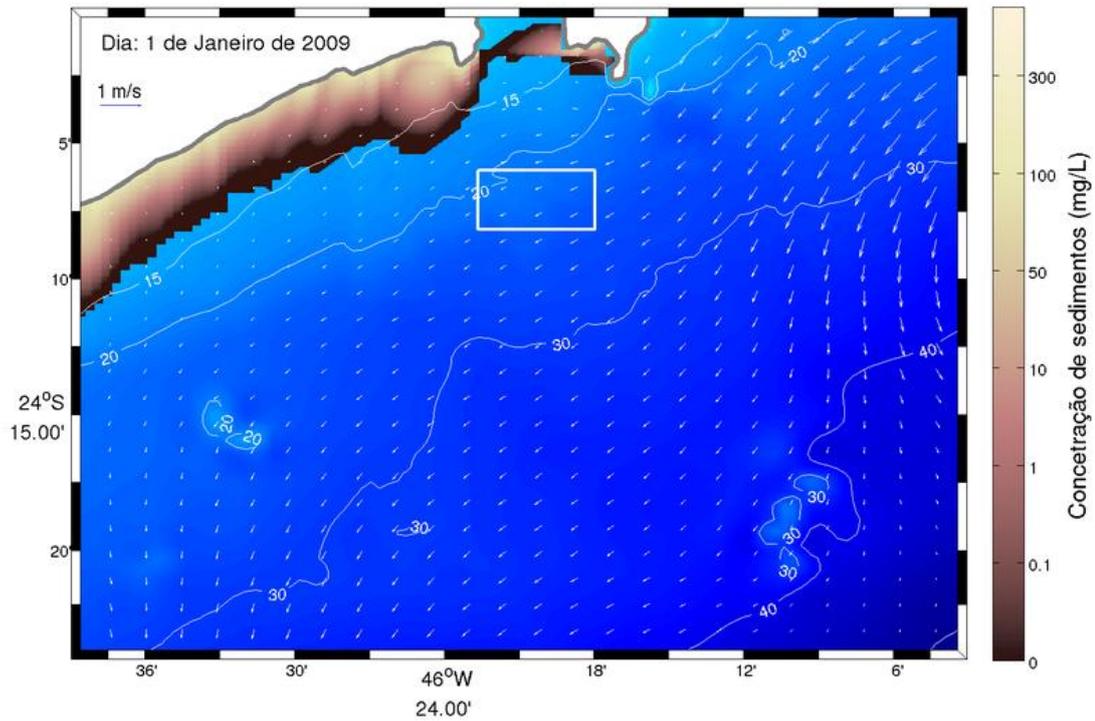
A **Figura 4.1.8.7-29** apresenta três imagens geradas a partir de dados da câmera CCD (Couple Charged Device) acoplada ao satélite sino-brasileiro CBERS2 na faixa espectral 0,52 a 0,59  $\mu\text{m}$ , com a área de descarte dos sedimentos provenientes da dragagem de manutenção indicada pelo quadrilátero em preto.

Os dados da condição do tempo para as datas foram produzidos pelas reanálises do modelo do NCEP/NCAR (National Center for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research), referentes ao ponto de grade de coordenadas 25°S 47.5°W.

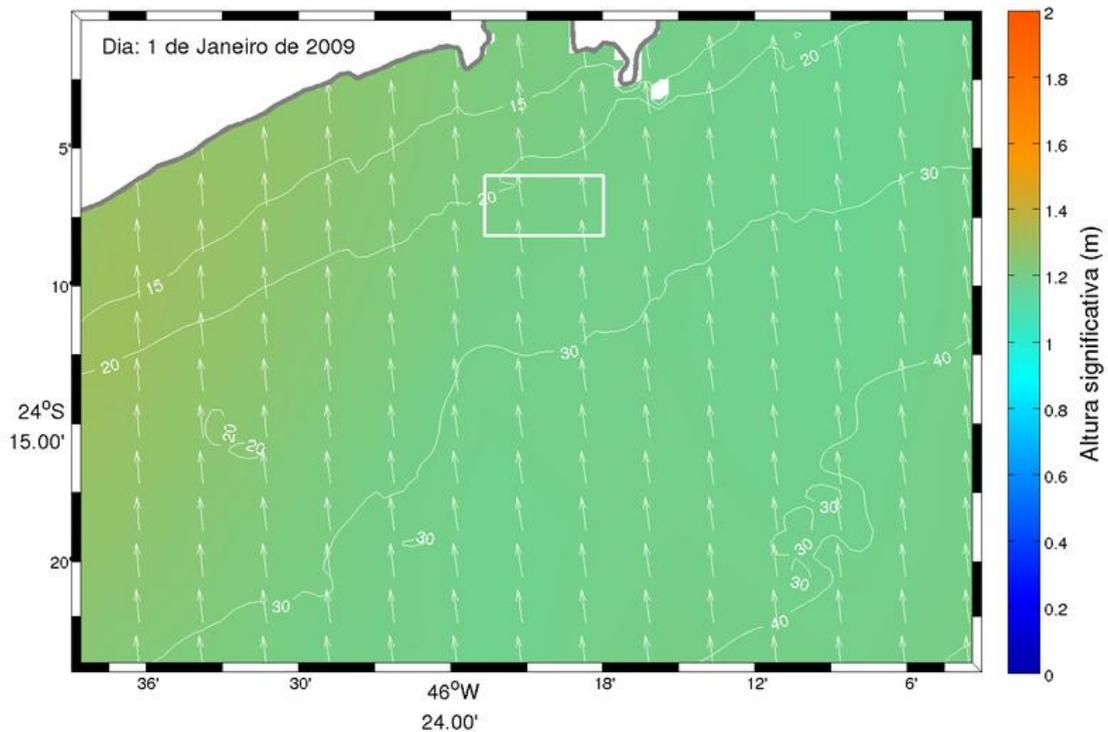
Para os períodos referentes às três imagens, os ventos foram sempre fracos, com intensidades menores que 3 m/s, sendo para W-SW no dia 27.04.2004,

para NW no dia 30.06.2006 e para NE para o dia 25.07.2006; nesses dias, ocorreram temperaturas relativamente baixas, menores que 18°C, com 17,34°C, 15,04 °C e 17,84 °C, respectivamente, e pressão atmosférica ao nível do mar de 1019,30 hPa, 1023,70 hPa e 1016,00 hPa.

Apesar da similaridade nos valores de vento, temperatura e pressão, o dia 27.04.2004 se caracteriza pelo final da passagem de um sistema frontal moderado no dia 25.04.2004, o dia 30.06.2006 constitui período após um sistema frontal que passou na Baixada nos dias 26-27.06.2006, enquanto que o dia 25.07.2006 corresponde a época de tempo bom, sem influência frontal.



**Figura 4.1.8.7-1: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 1 de janeiro de 2009 às 23:00 horas.**



**Figura 4.1.8.7-2: Altura significativa e direção das ondas para o dia 1 de janeiro de 2009.**

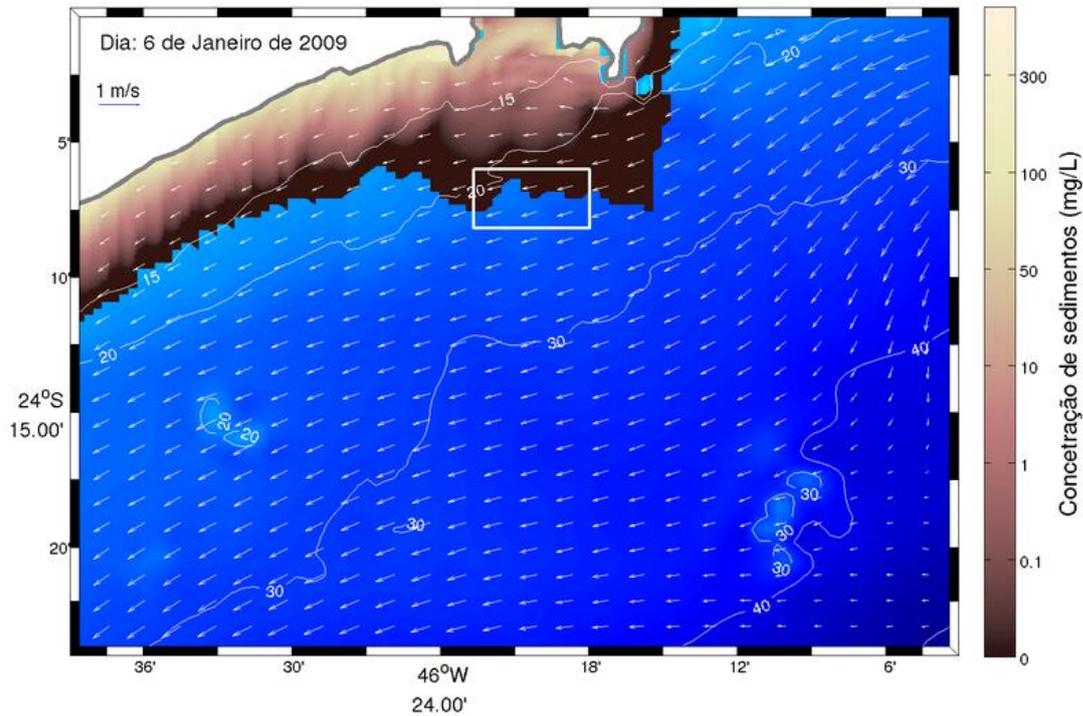


Figura 4.1.8.7-3: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 6 de janeiro de 2009 às 23:00 horas.

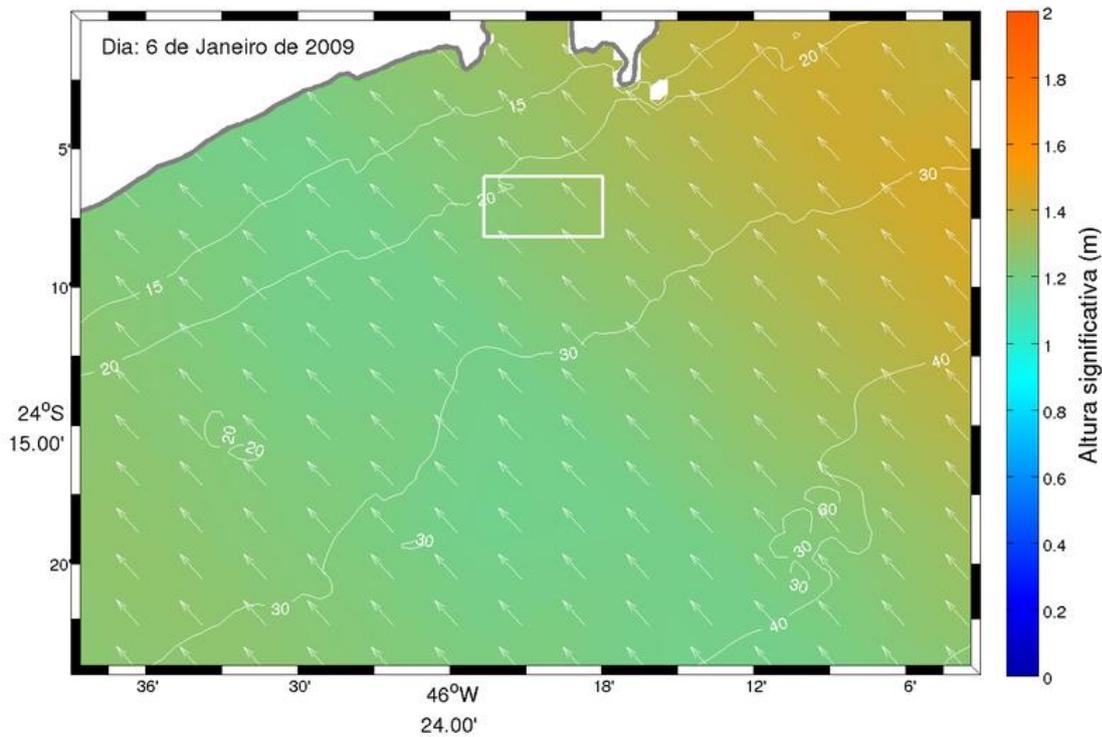


Figura 4.1.8.7-4: Altura significativa direção das ondas para o dia 6 de janeiro de 2009.

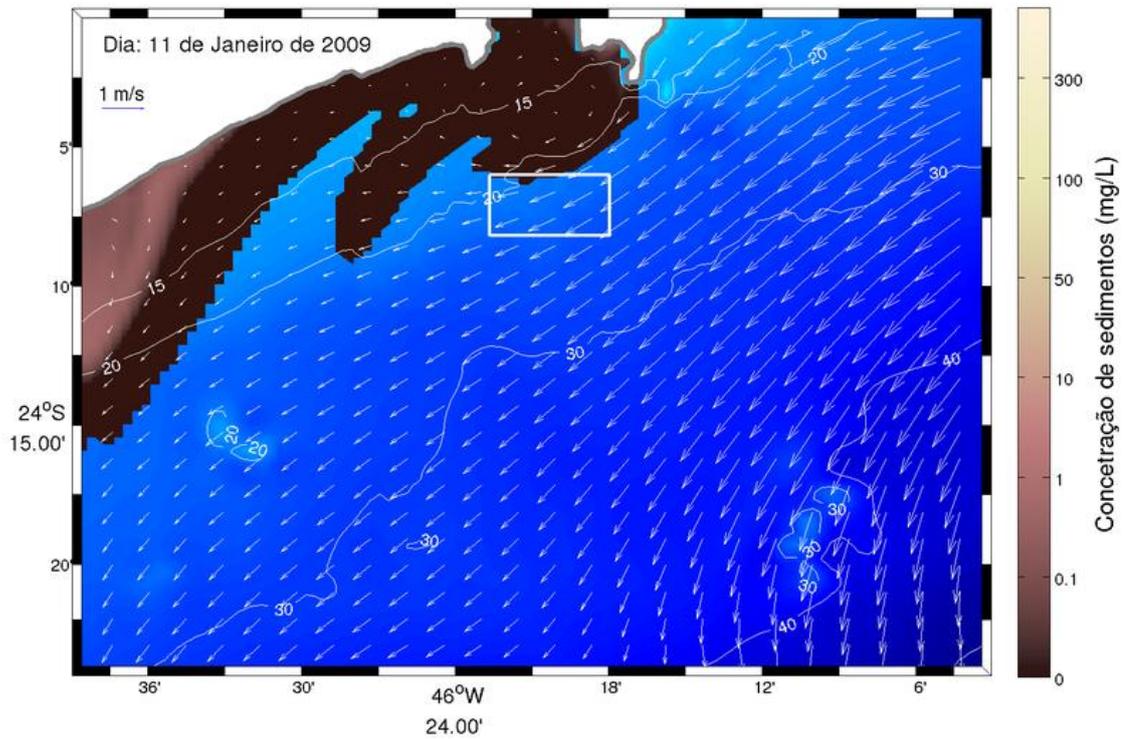


Figura 4.1.8.7-5: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 11 de janeiro de 2009 às 23:00 horas.

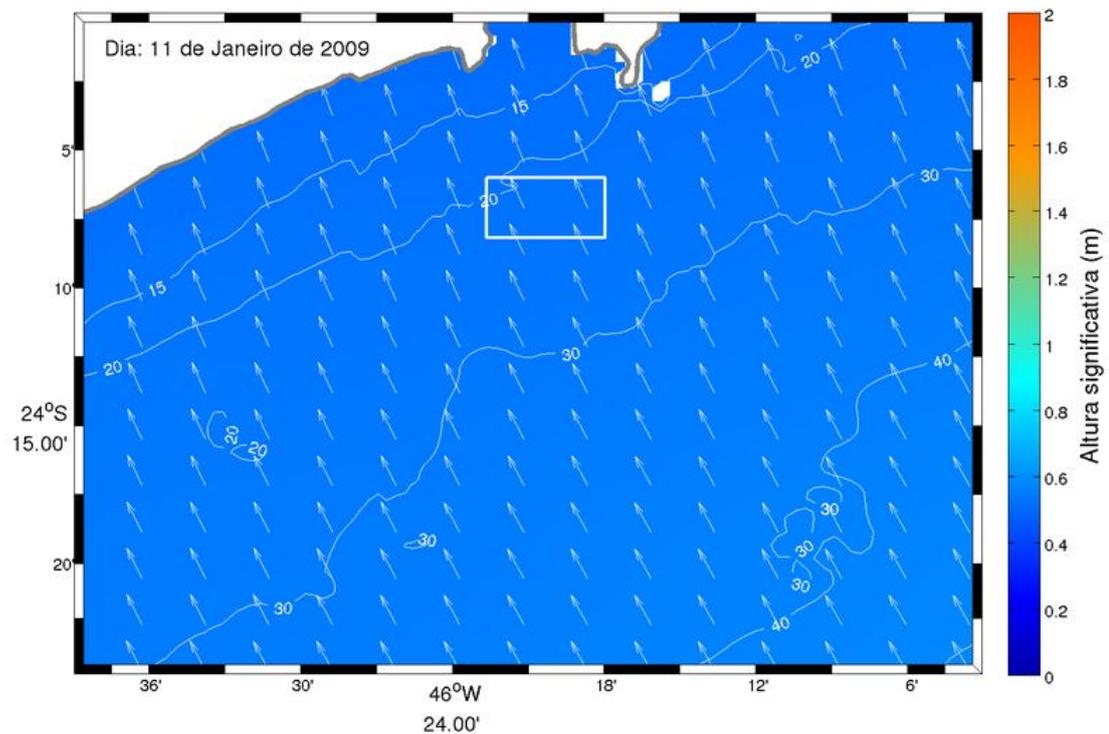


Figura 4.1.8.7-6: Altura significativa e direção das ondas para o dia 11 de janeiro de 2009.

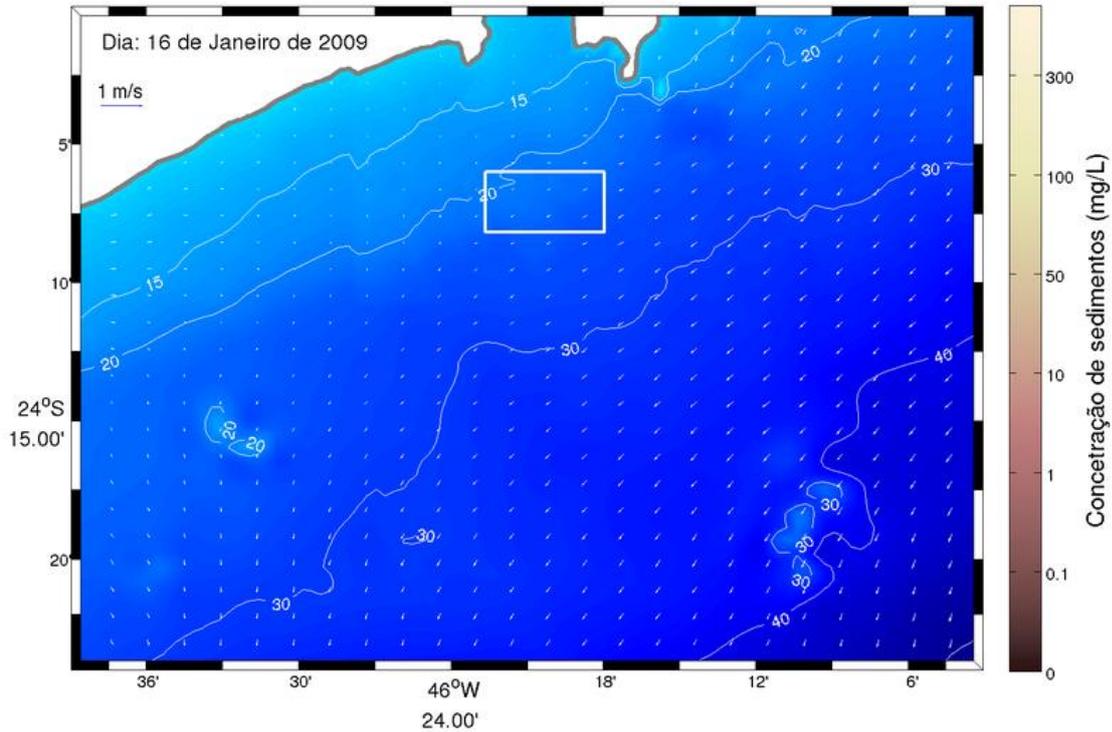


Figura 4.1.8.7-7: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 16 de janeiro de 2009 às 23:00 horas.

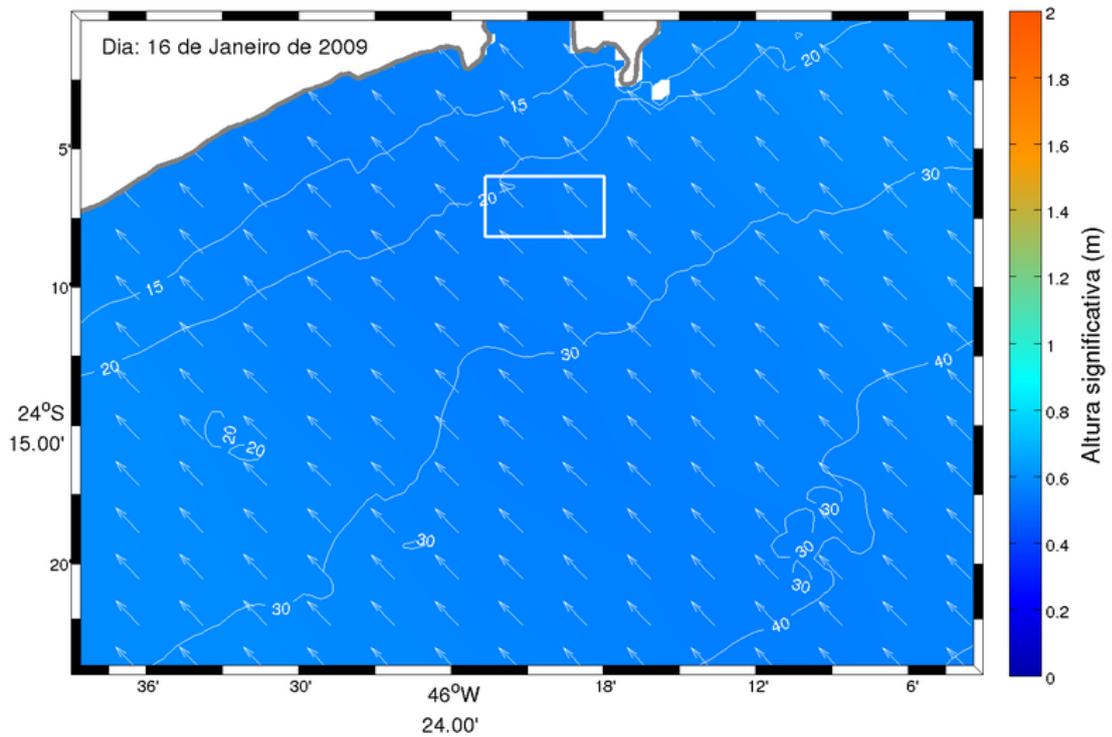
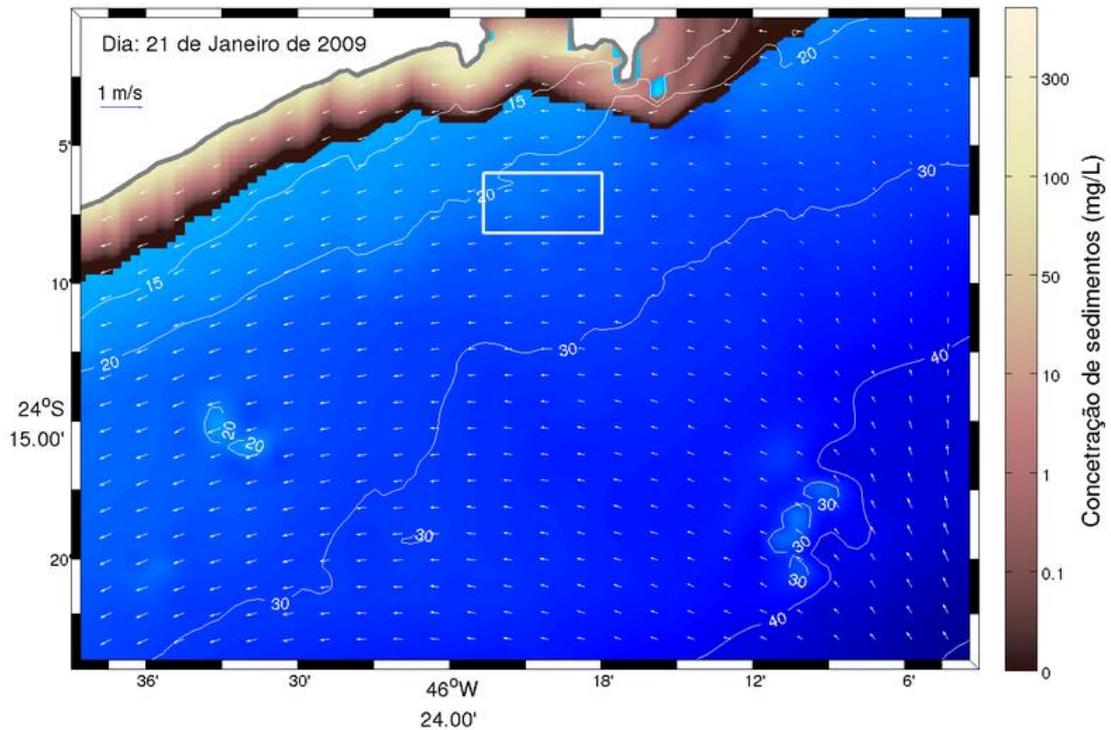
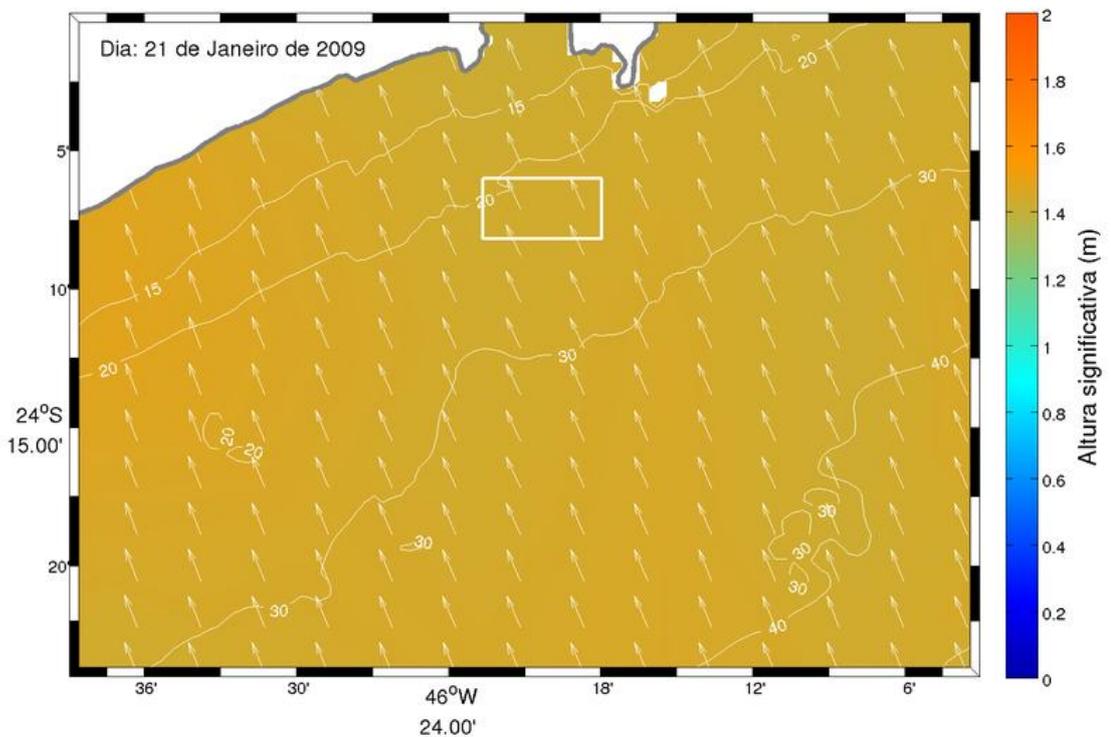


Figura 4.1.8.7-8: Altura significativa e direção das ondas para o dia 16 de janeiro de 2009.



**Figura 4.1.8.7-9: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a diminuição do dia 21 de janeiro de 2009 às 23:00 horas.**



**Figura 4.1.8.7-10: Altura significativa e direção das ondas para o dia 21 de janeiro de 2009.**

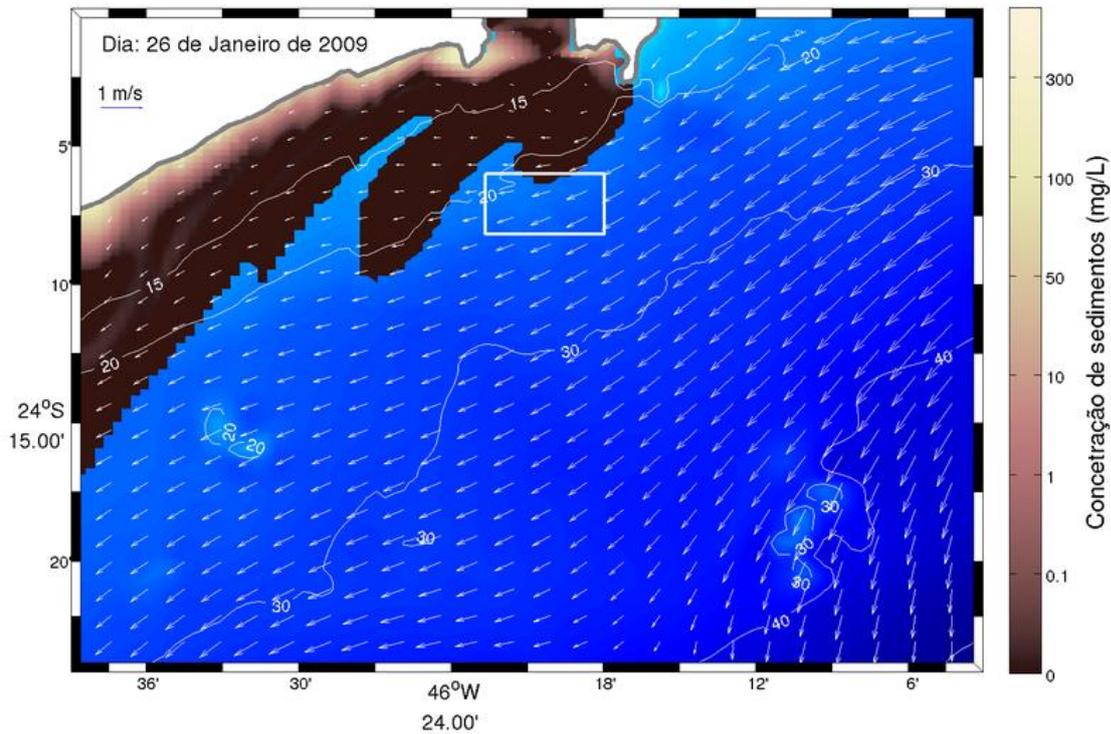


Figura 4.1.8.7-11: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 26 de janeiro de 2009 às 23:00 horas.

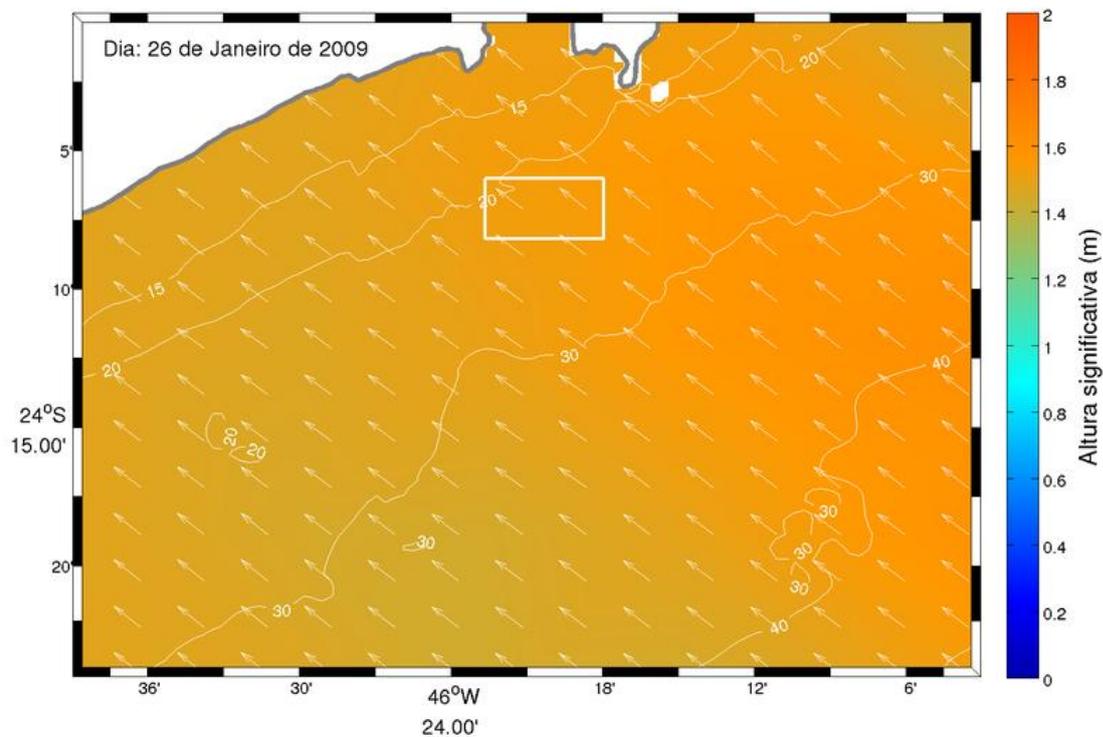
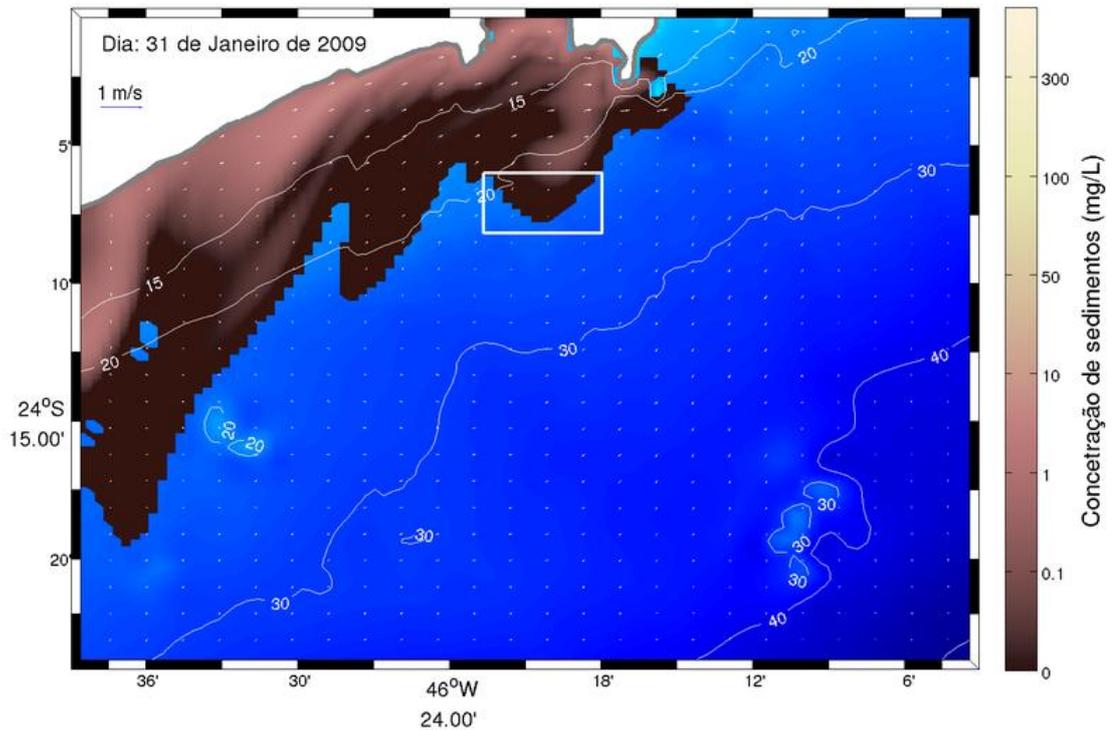
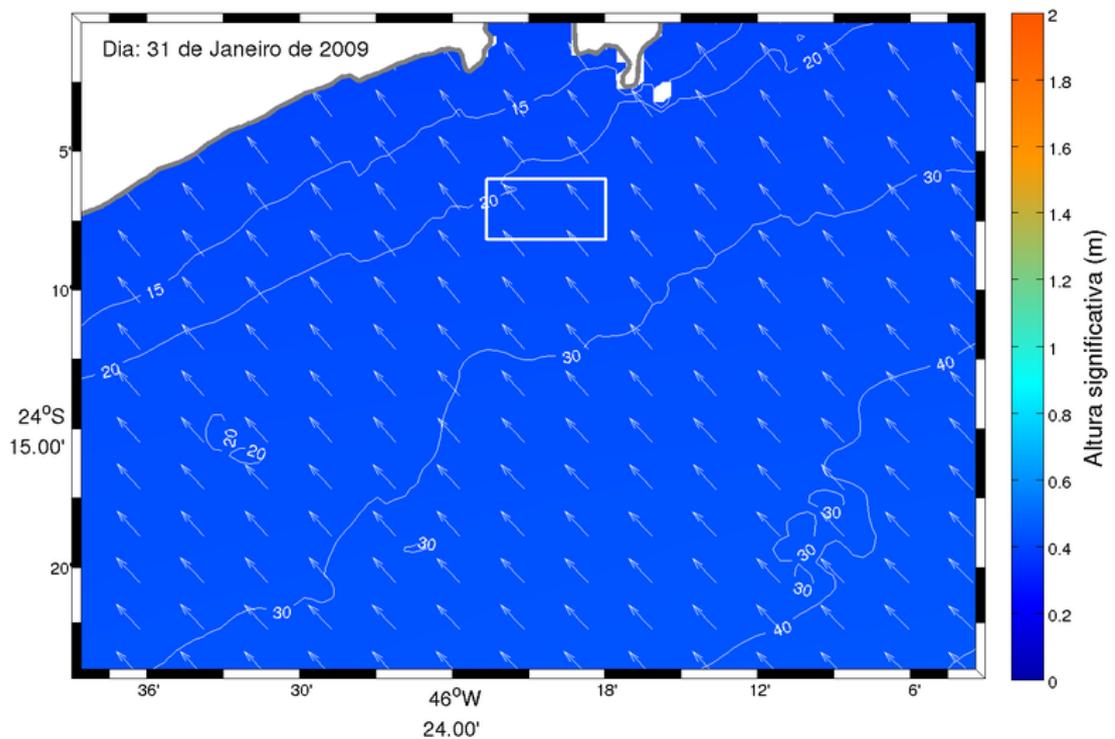


Figura 4.1.8.7-12: Altura significativa e direção das ondas para o dia 26 de janeiro de 2009.



**Figura 4.1.8.7-13: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 31 de janeiro de 2009 às 23:00 horas.**



**Figura 4.1.8.7-14: Altura significativa e direção das ondas para o dia 31 de janeiro de 2009 às 23:00 horas.**

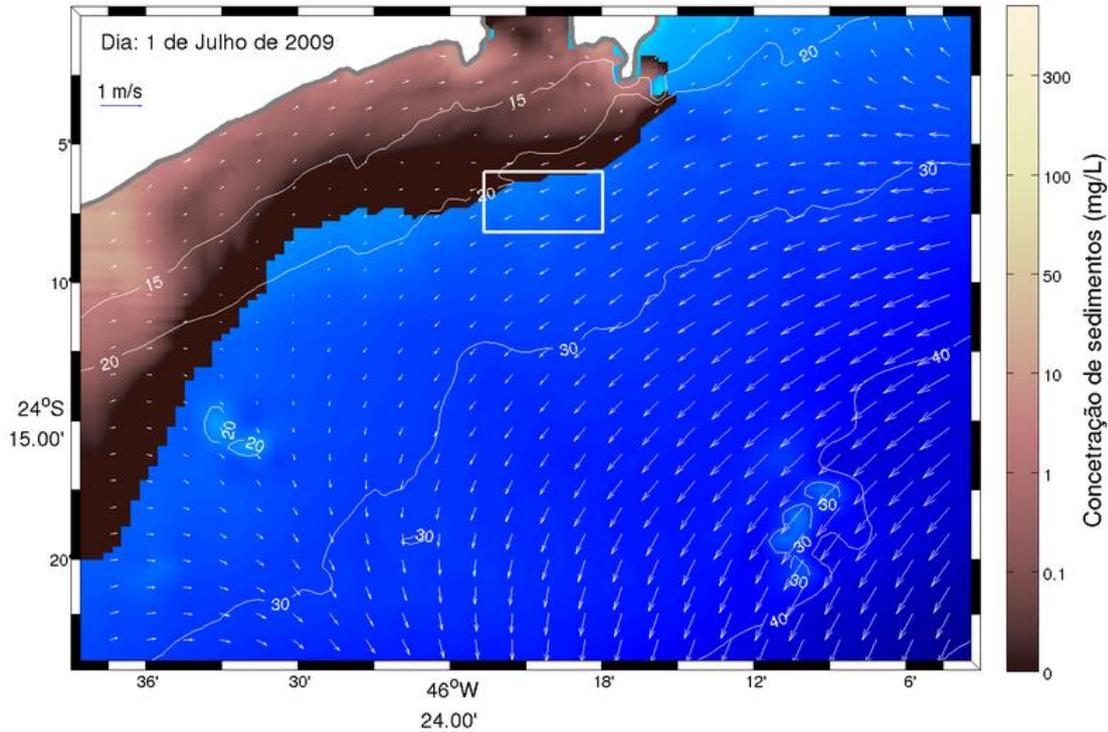


Figura 4.1.8.7-15: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 1 de julho de 2009 às 23:00 horas.

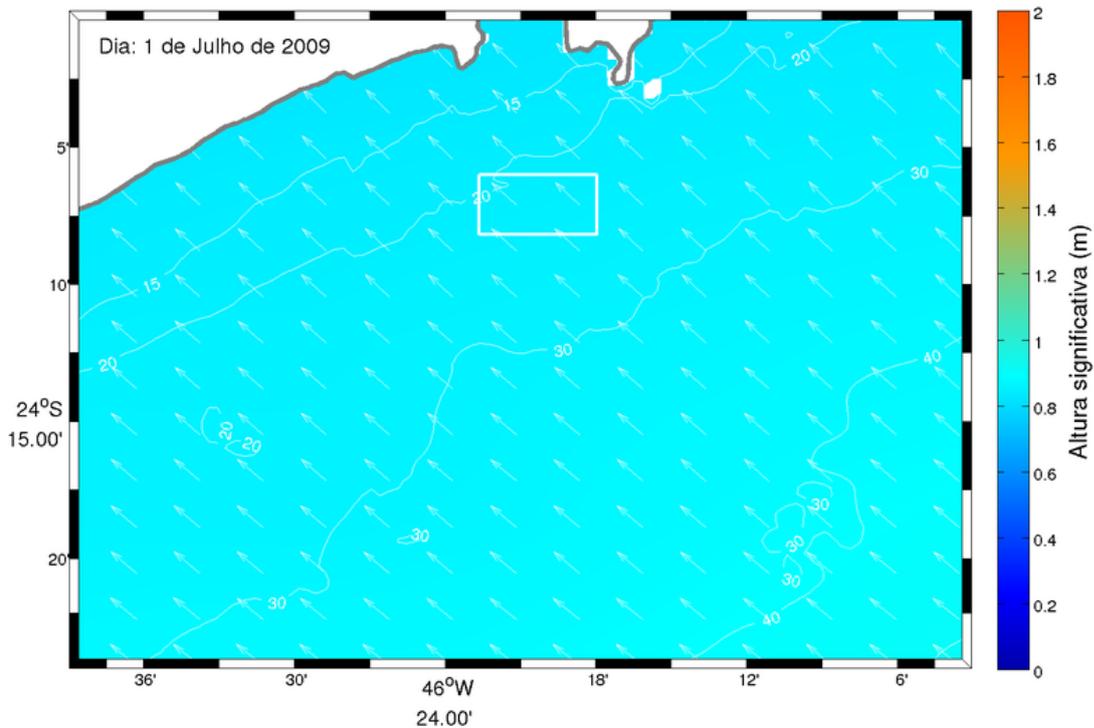


Figura 4.1.8.7-16: Altura significativa das ondas para o dia 1 de julho de 2009.

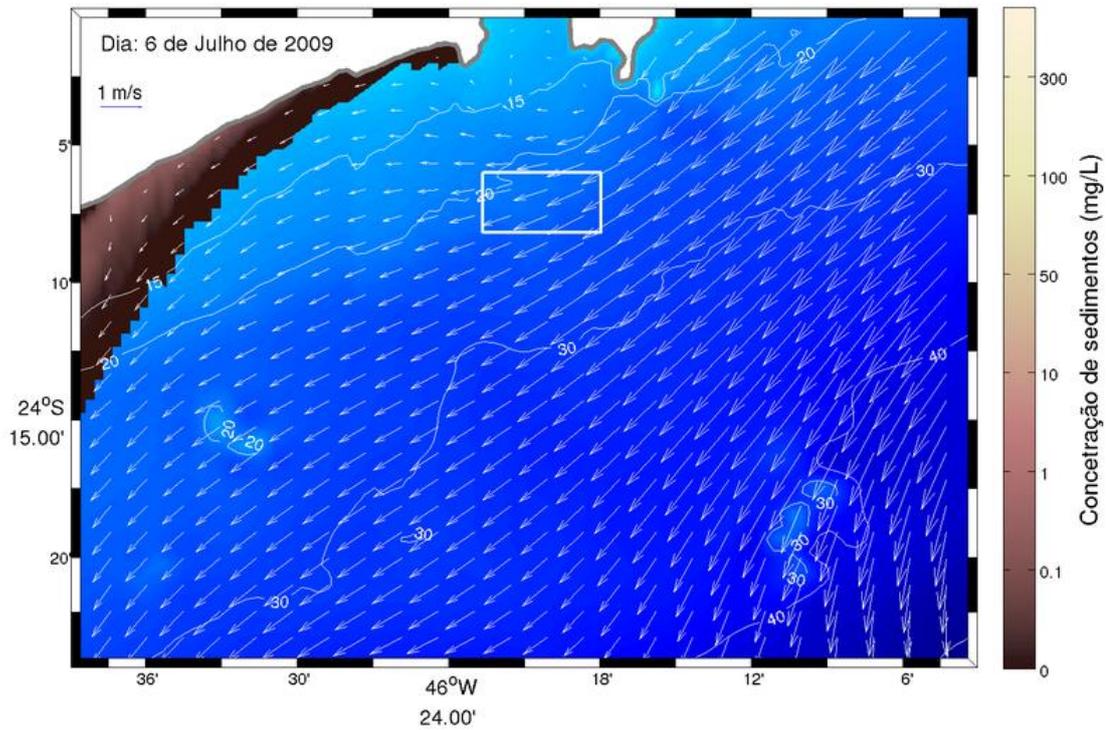


Figura 4.1.8.7-17: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 6 de julho de 2009 às 23:00 horas.

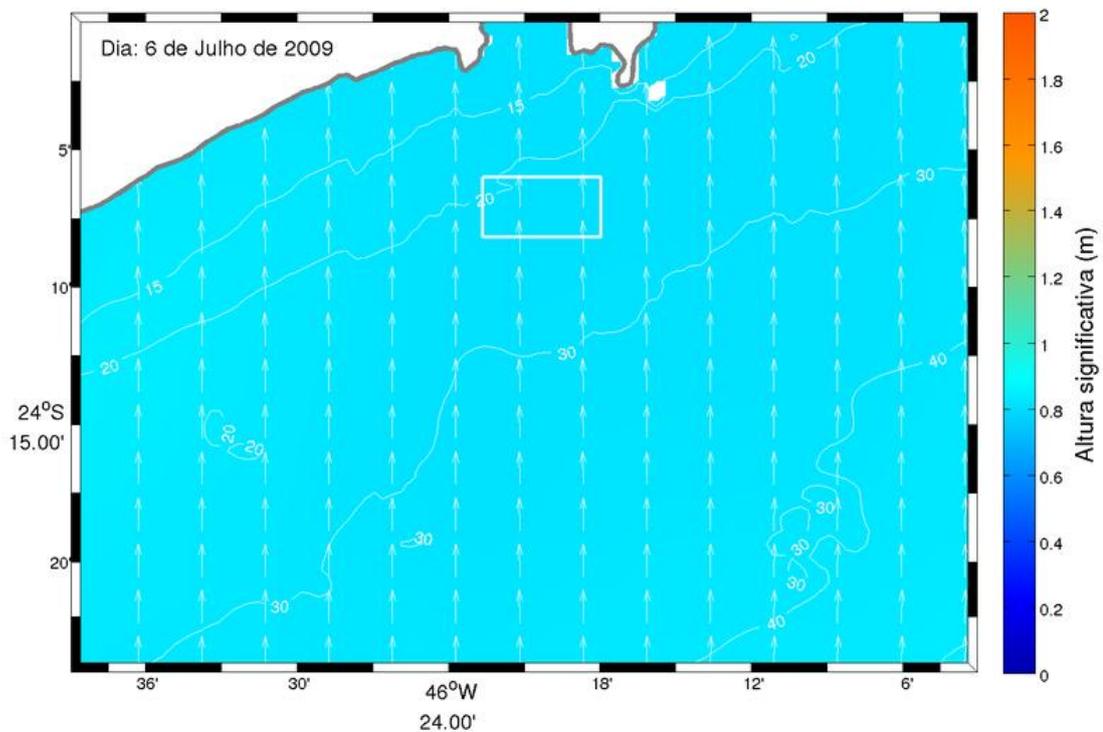


Figura 4.1.8.7-18: Altura significativa e direção das ondas para o dia 6 de julho de 2009.

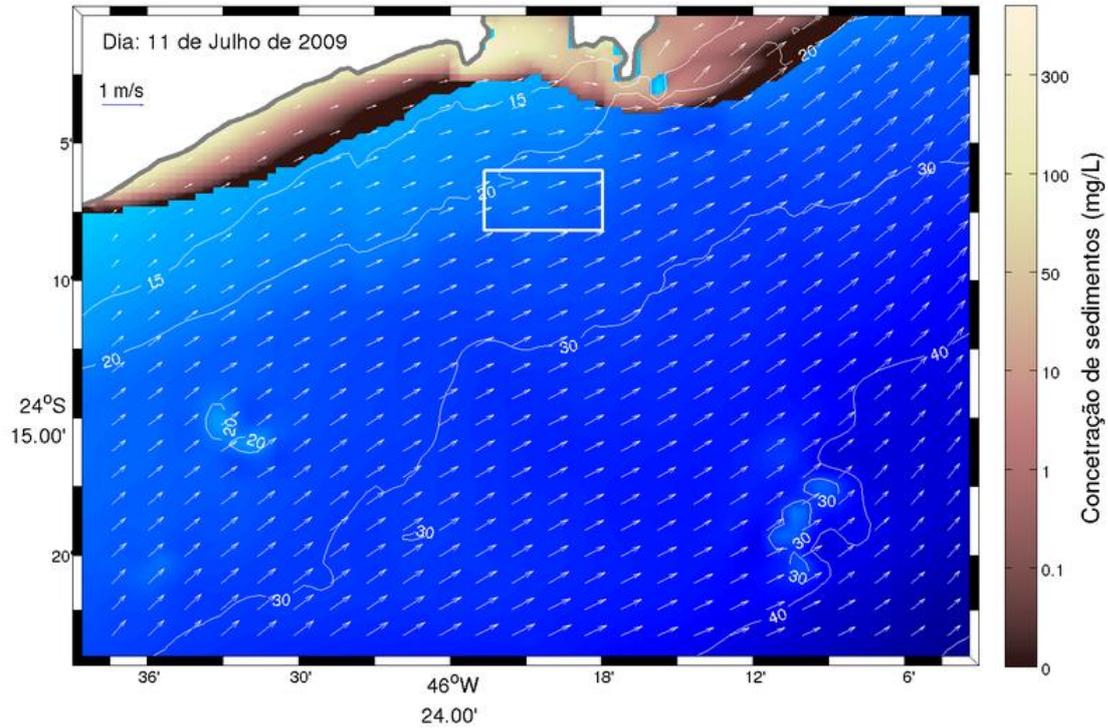


Figura 4.1.8.7-19: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para simulação no dia 11 de julho de 2009 às 23:00 horas.

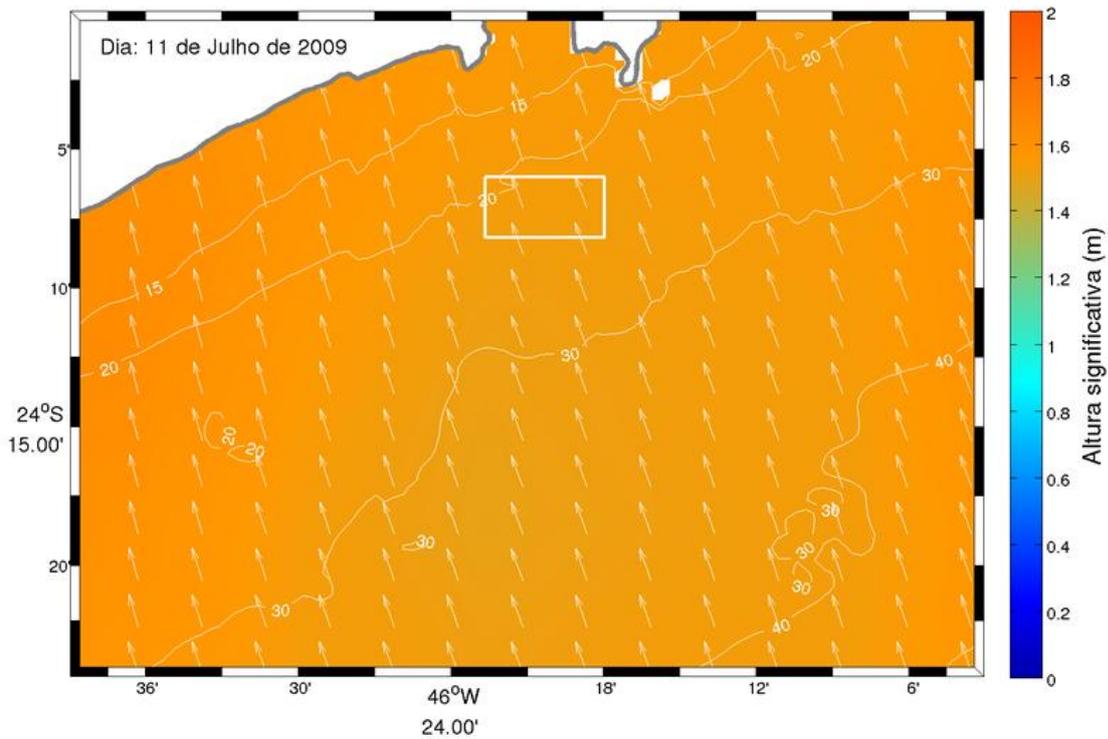


Figura 4.1.8.7-20: Altura significativa e direção das ondas para o dia 11 de julho de 2009.

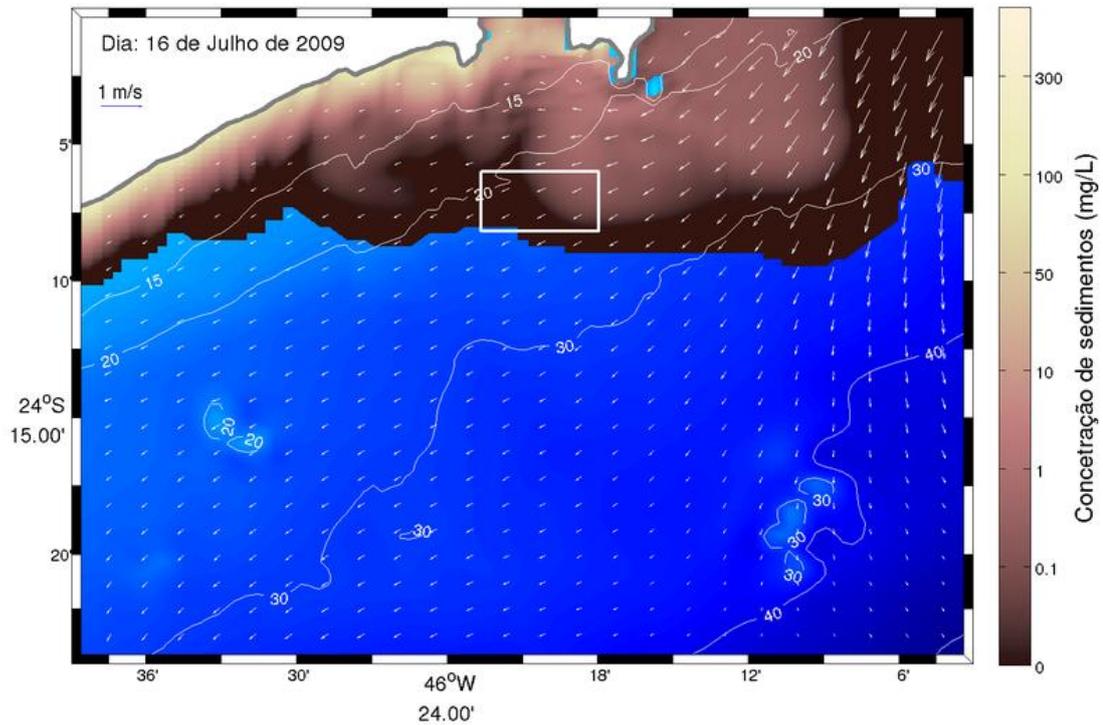


Figura 4.1.8.7-21: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para simulação do dia 16 de julho de 2009 às 23:00 horas.

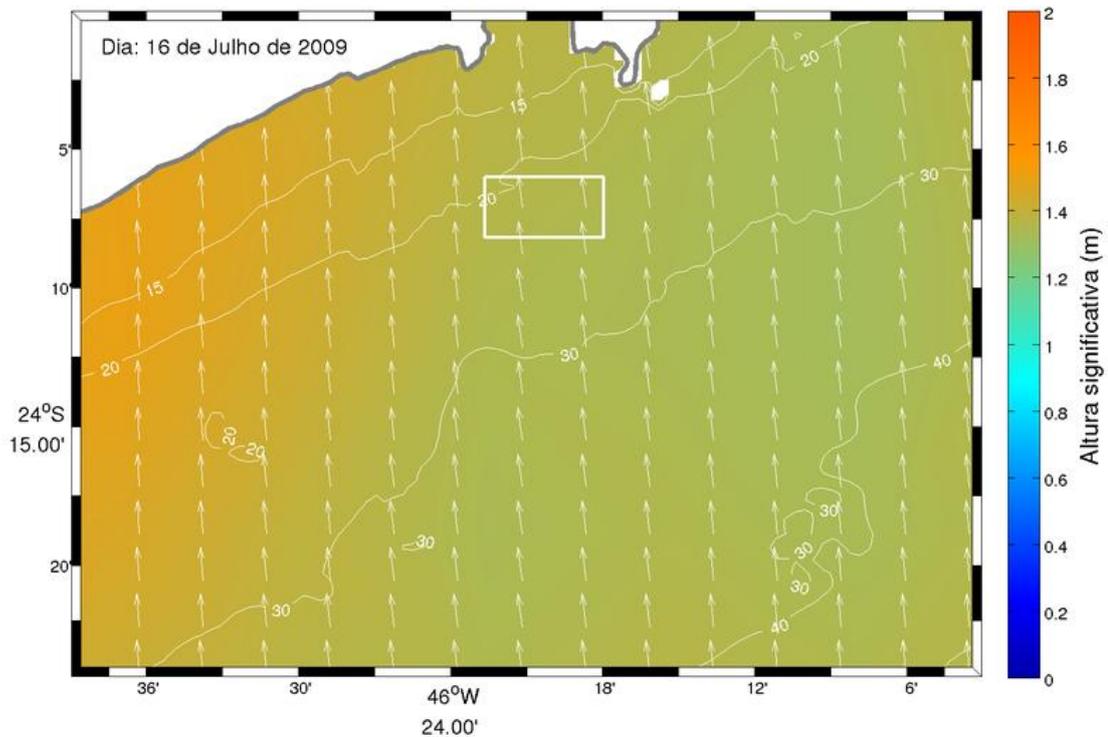


Figura 4.1.8.7-22: Altura significativa e direção das ondas o dia 16 de julho de 2009.

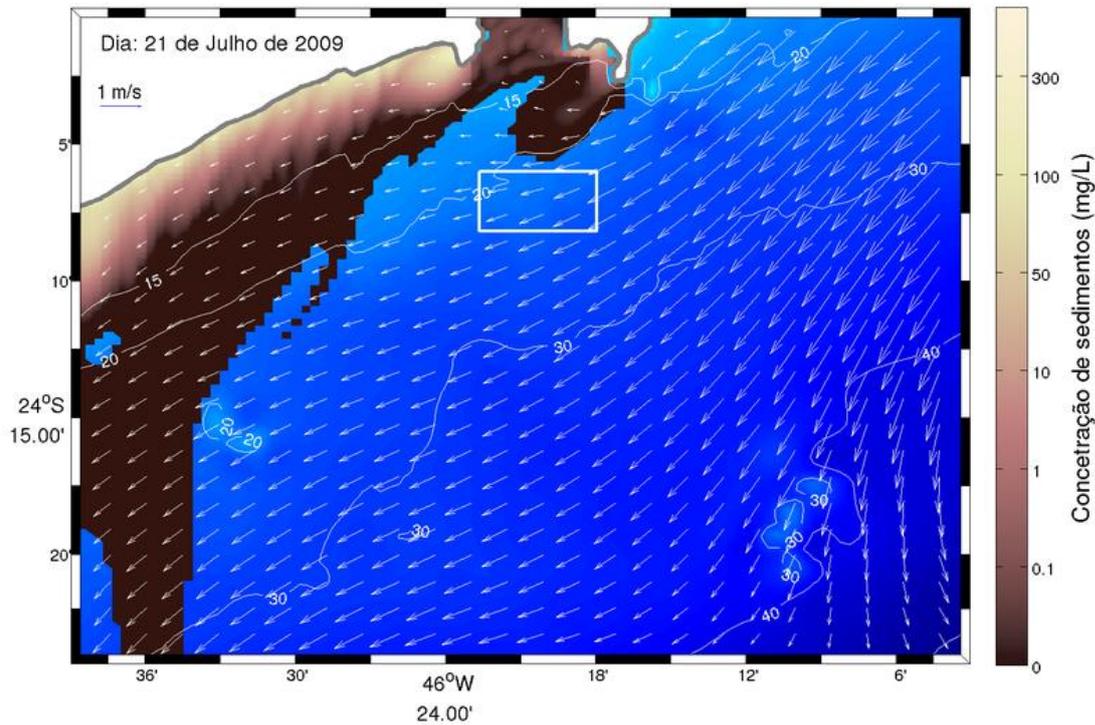


Figura 4.1.8.7-23: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 21 de julho de 2009 às 23:00 horas.

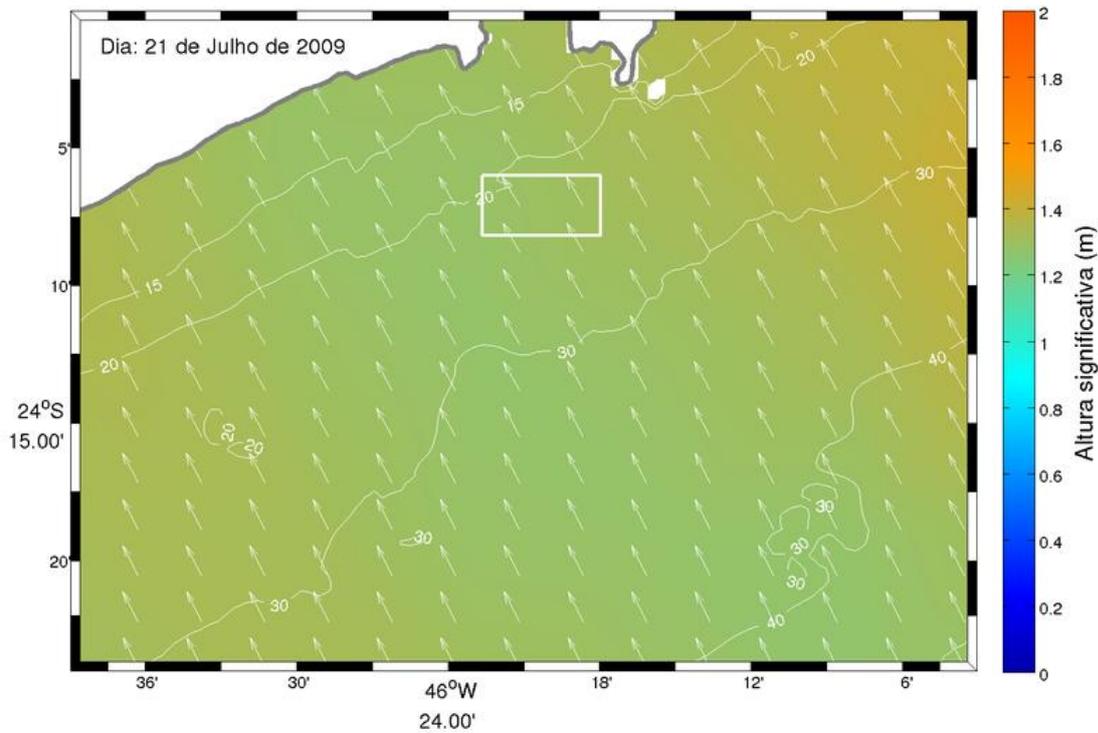
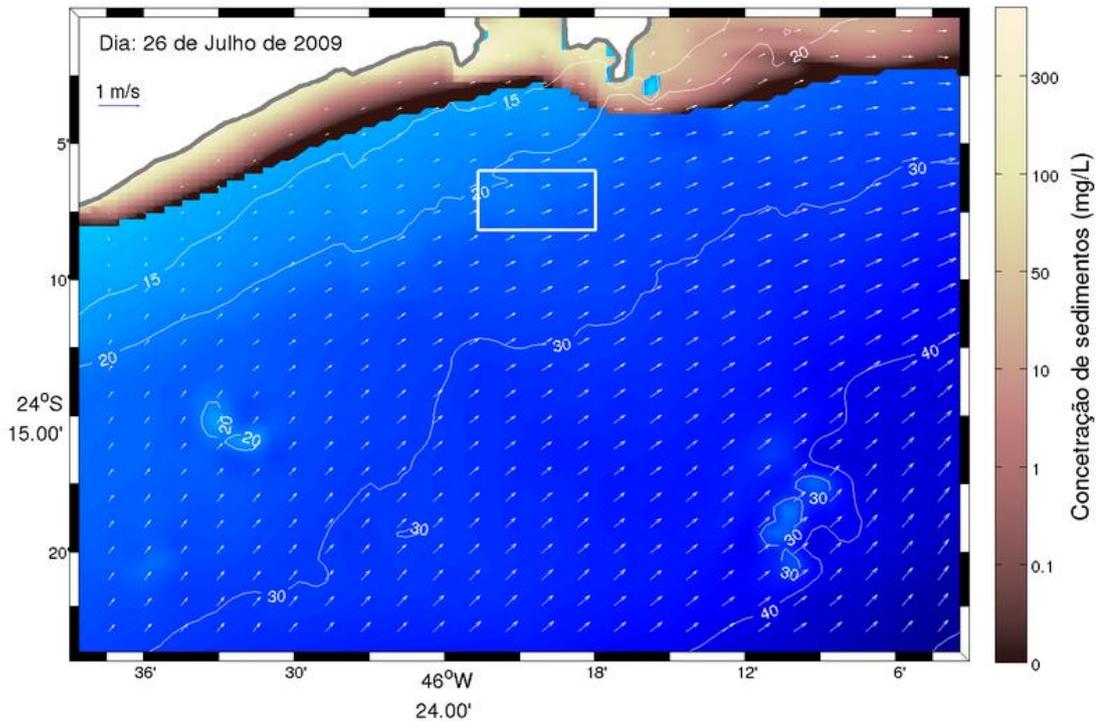
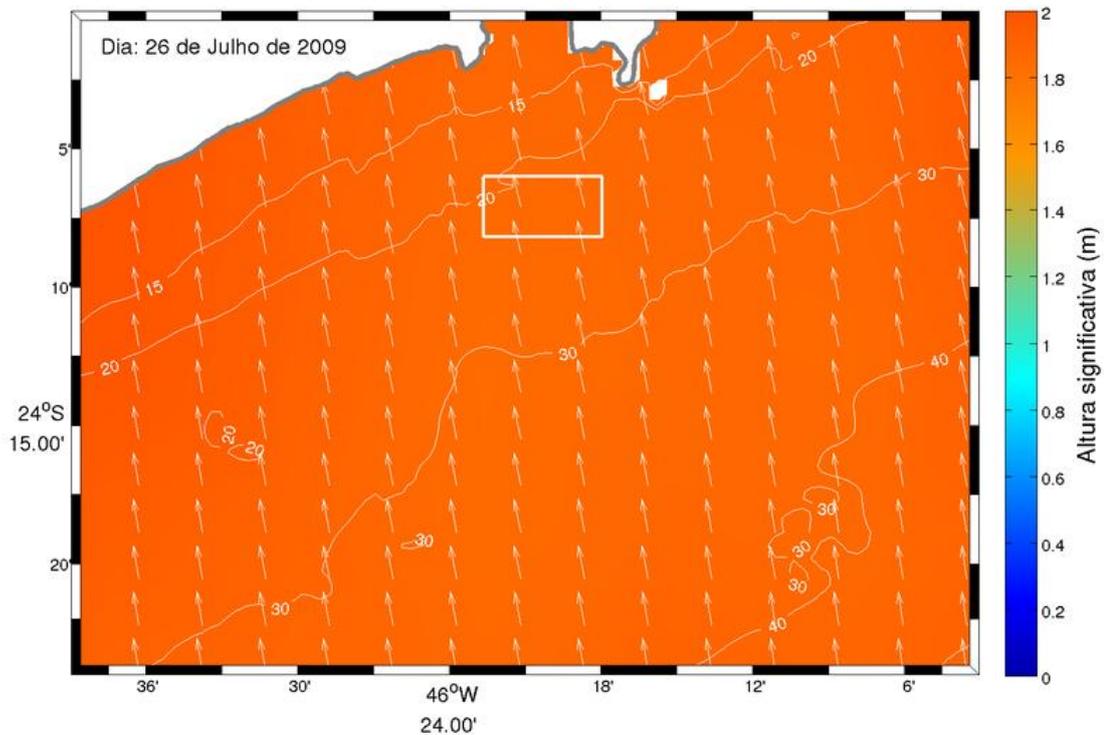


Figura 4.1.8.7-24: Altura significativa e direção das ondas para o dia 21 de julho de 2009.



**Figura 4.1.8.7-25: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 26 de julho de 2009 às 23:00 horas.**



**Figura 4.1.8.7-26: Altura significativa e direção das ondas para o dia 26 de julho de 2009.**

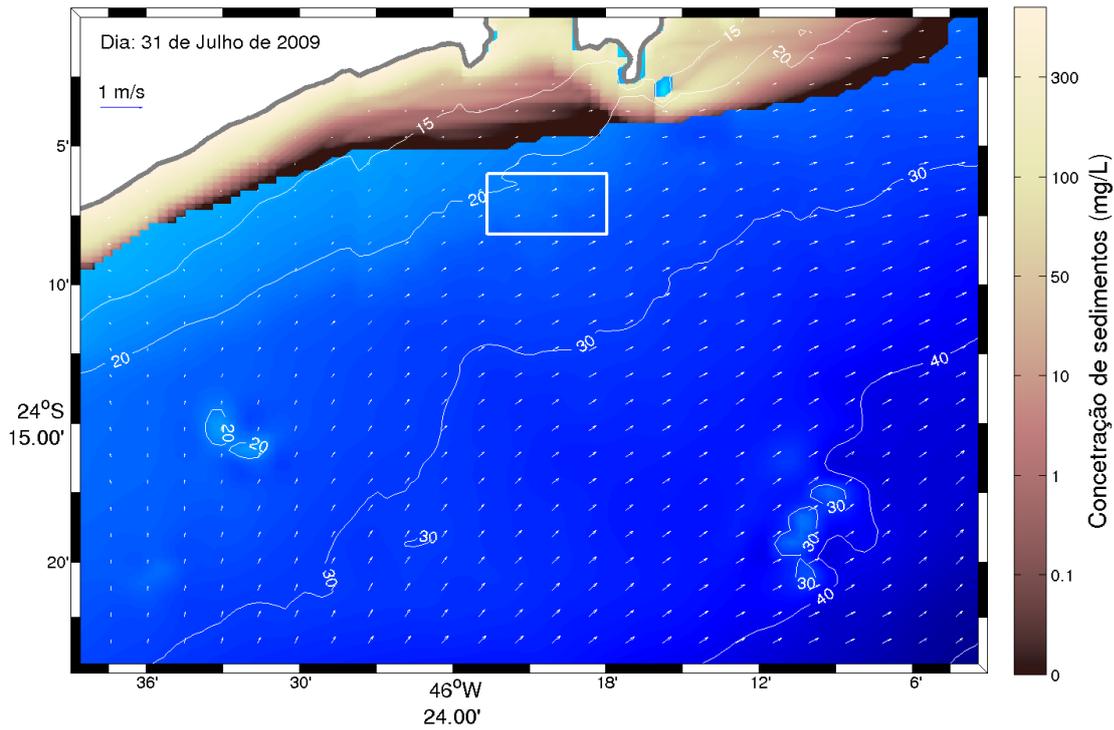


Figura 4.1.8.7-27: Mapa de concentração média de sedimentos na coluna d'água e de corrente média para a simulação do dia 31 de julho de 2009 às 23:00 horas.

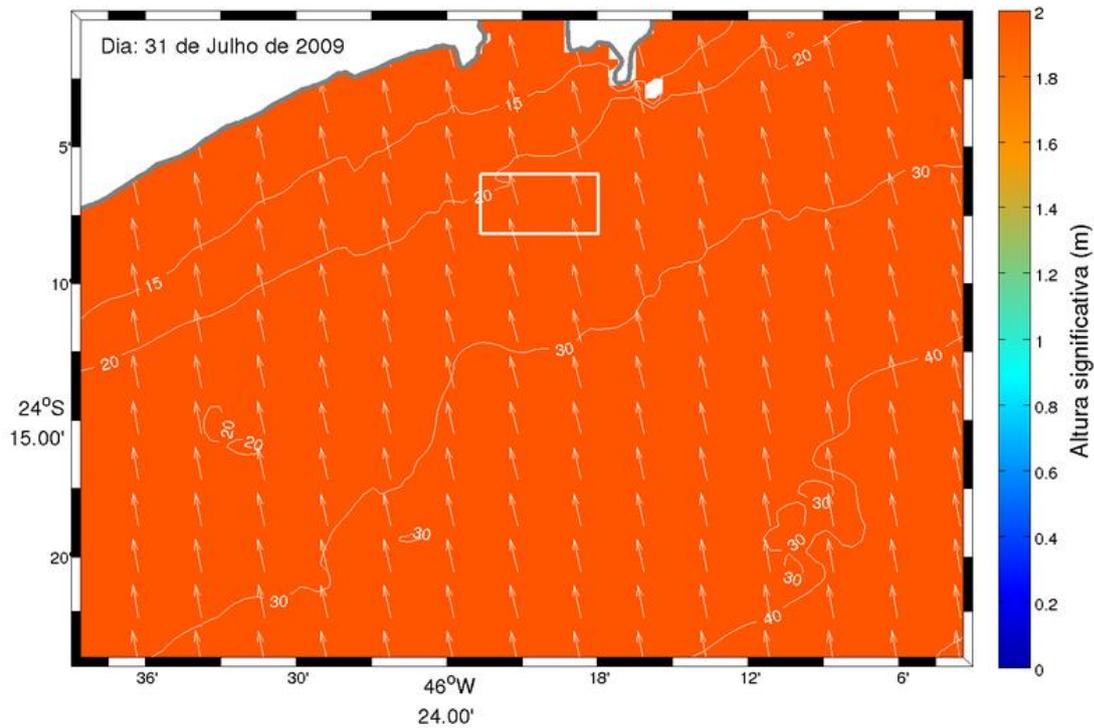


Figura 4.1.8.7-28: Altura significativa e direção das ondas para o dia 31 de julho de 2009.

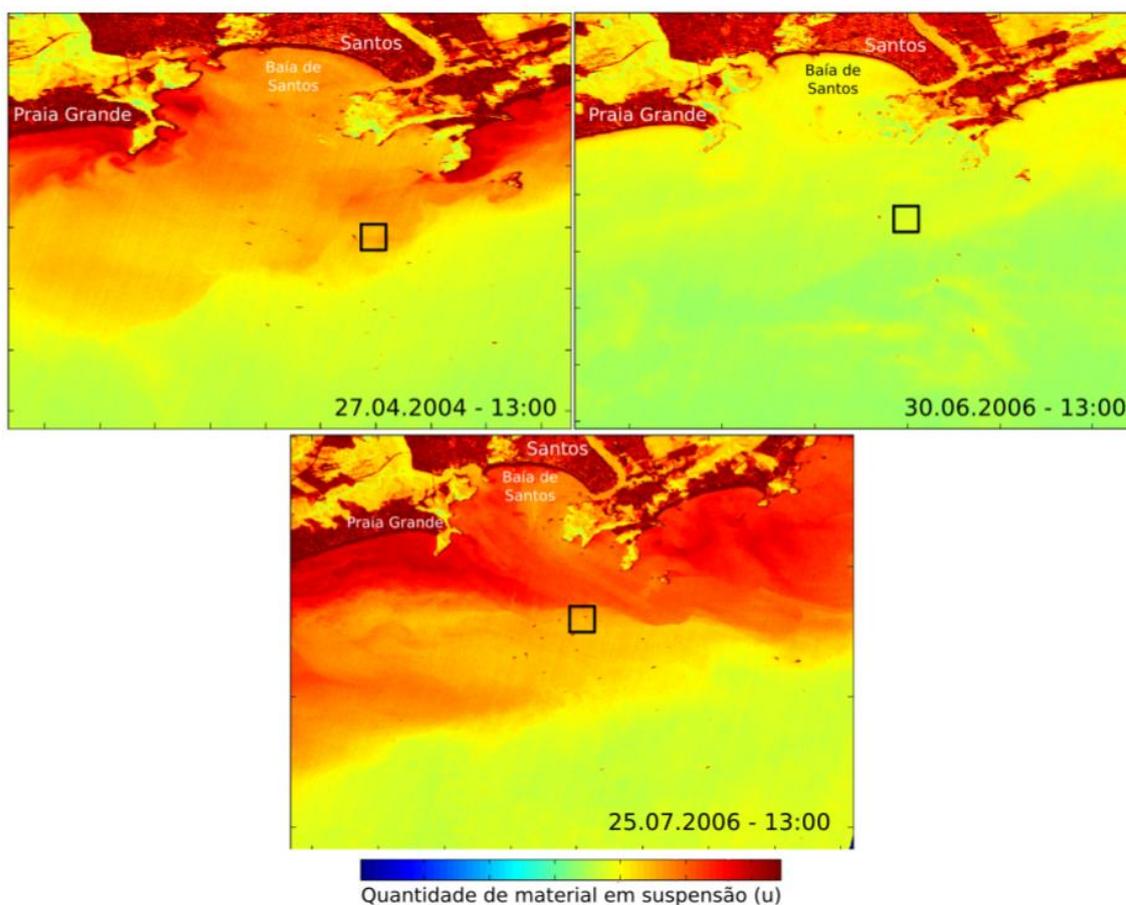
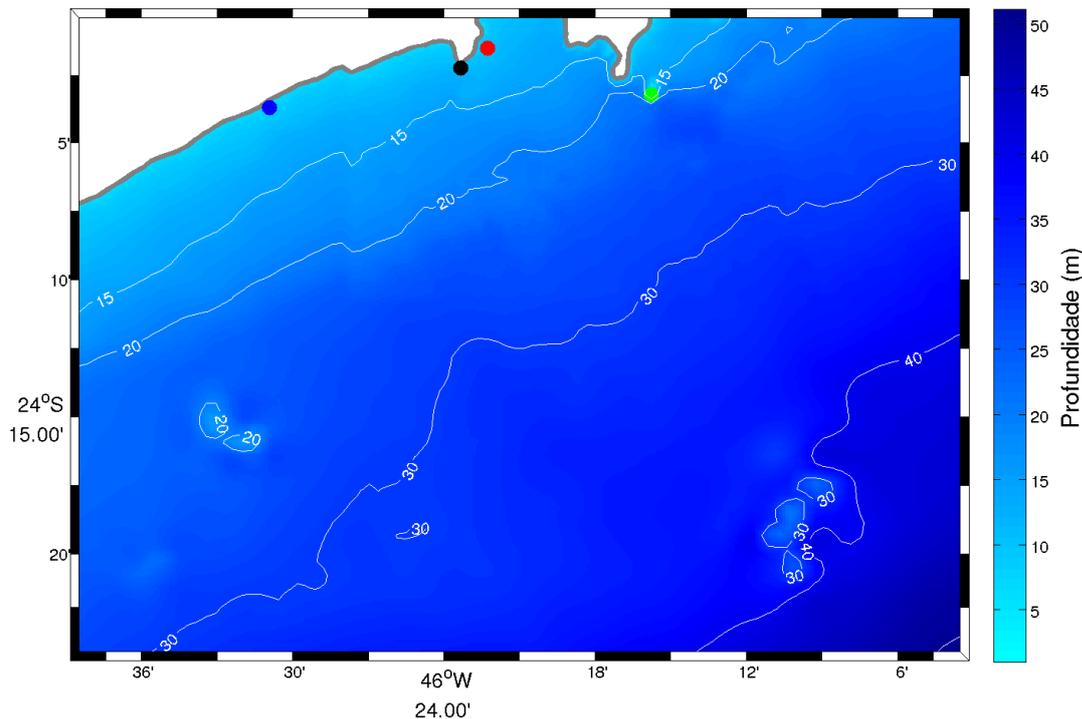


Figura 4.1.8.7-29: Imagens geradas a partir de dados da câmera CCD (Couple Charged Device), acoplada ao satélite sino-brasileiro CBERS2 na faixa espectral 0,52 a 0,59  $\mu\text{m}$ , com a área de descarte dos sedimentos provenientes da dragagem de manutenção indicada pelo quadrilátero em preto. A escala de cores é a partir de uma unidade arbitrária (u) de material em suspensão. Modificado de Coelho (2008).

### Sedimento de Fundo

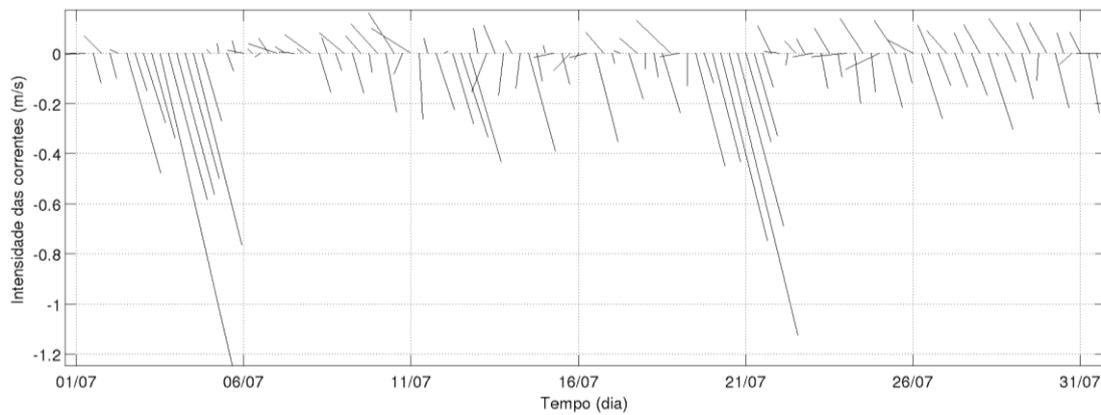
A **Figura 4.1.8.7-30** apresenta os pontos onde foram extraídos os valores relativos à evolução temporal da deposição/erosão do sedimento de fundo para as regiões da Ponta de Itaipu, oeste da Baía de Santos, sul da Ilha da Moela e região costeira da Praia Grande.



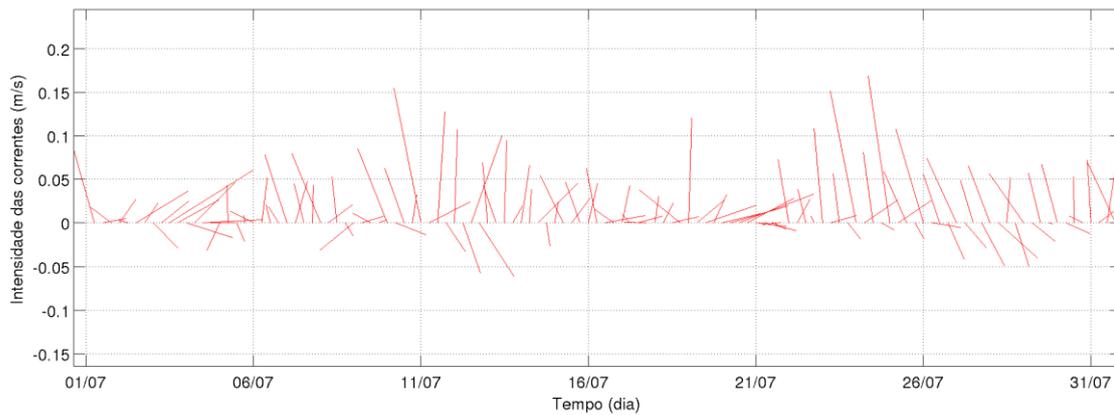
**Figura 4.1.8.7-30:** Pontos onde foram extraídos os perfis temporais de deposição/erosão do sedimento de fundo. As regiões destacadas são: Ponta de Itaipu (círculo preto), oeste da Baía de Santos (círculo vermelho), sul da Ilha da Moela (círculo verde) e região costeira da Praia Grande (círculo azul).

As **Figuras 4.1.8.7-31, 4.1.8.7-32, 4.1.8.7-33 e 4.1.8.7-34** apresentam a evolução temporal da direção e intensidade das correntes próximas ao fundo nas regiões da Ponta de Itaipu, porção oeste da Baía de Santos, sul da Ilha da Moela e região costeira da Praia Grande para o mês de Janeiro de 2009, respectivamente, e a **Figura 4.1.8.7-35** apresenta a evolução temporal do sedimento depositado/erodido nestas mesmas regiões para o mês de Janeiro de 2009.

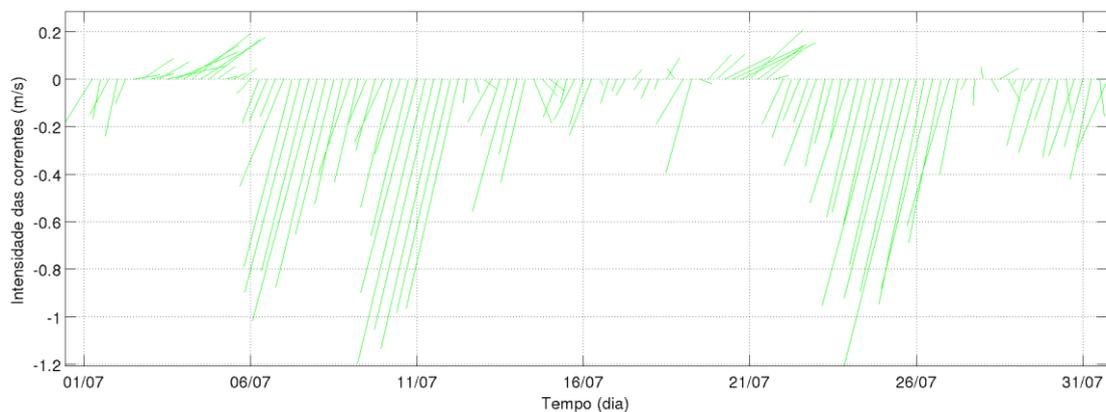
As **Figuras 4.1.8.7-36, 4.1.8.7-37, 4.1.8.7-38 e 4.1.8.7-39** apresentam os mesmos resultados mencionados no parágrafo acima, porém, para o mês de Julho de 2009 e a **Figura 4.1.8.7-40** apresenta a evolução temporal do sedimento depositado/erodido nas regiões selecionadas para o mês de Julho de 2009.



**Figura 4.1.8.7-31: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região da Ponta de Itaipu para o mês de janeiro de 2009.**



**Figura 4.1.8.7-32: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região oeste da Baía de Santos para o mês de janeiro de 2009.**



**Figura 4.1.8.7-33: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região sul da Ilha da Moela para o mês de janeiro de 2009.**

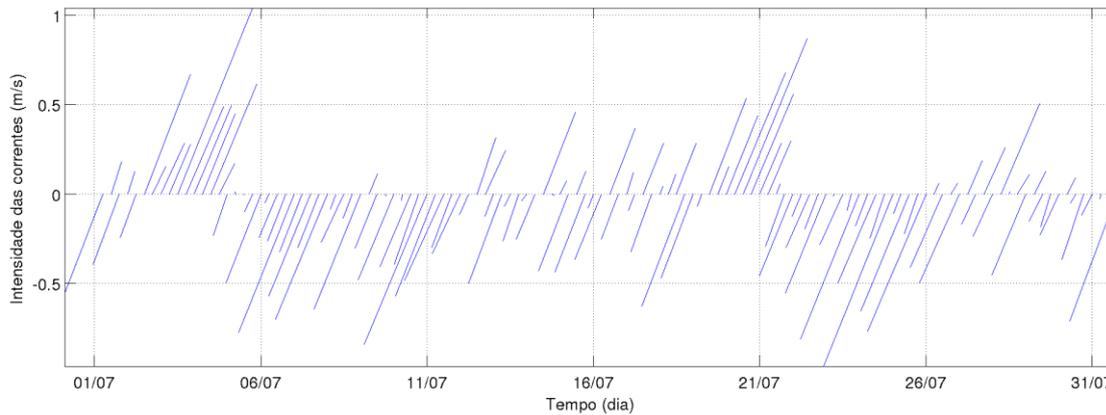


Figura 4.1.8.7-34: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região costeira da Praia Grande para o mês de janeiro de 2009.

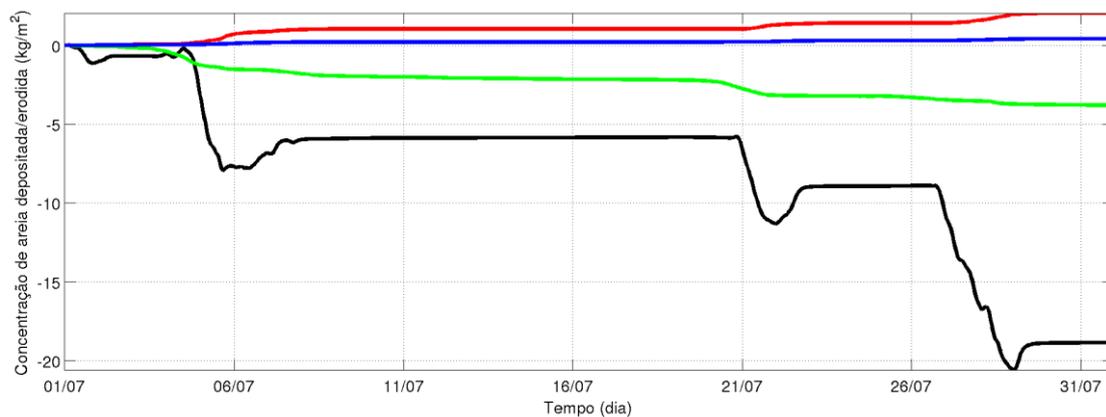


Figura 4.1.8.7-35: Evolução temporal da quantidade de areia muito fina depositada (valores positivos) e areia erodiva (valores negativos) em  $kg/m^2$

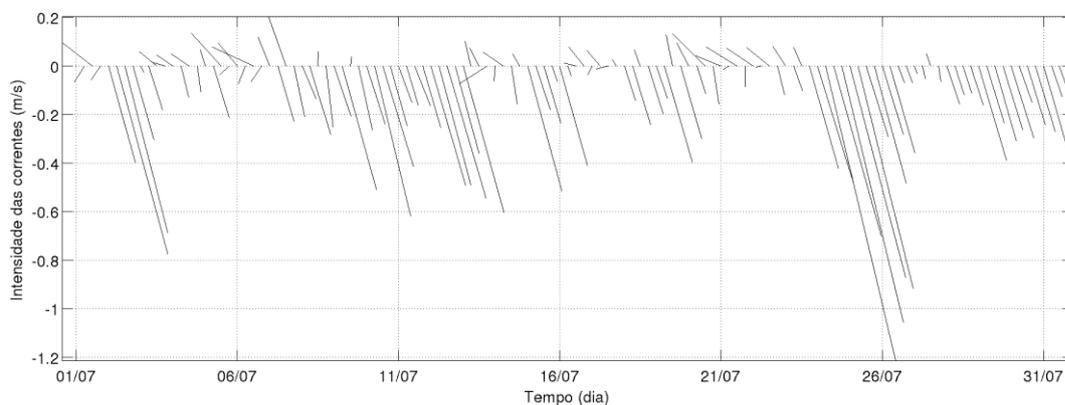
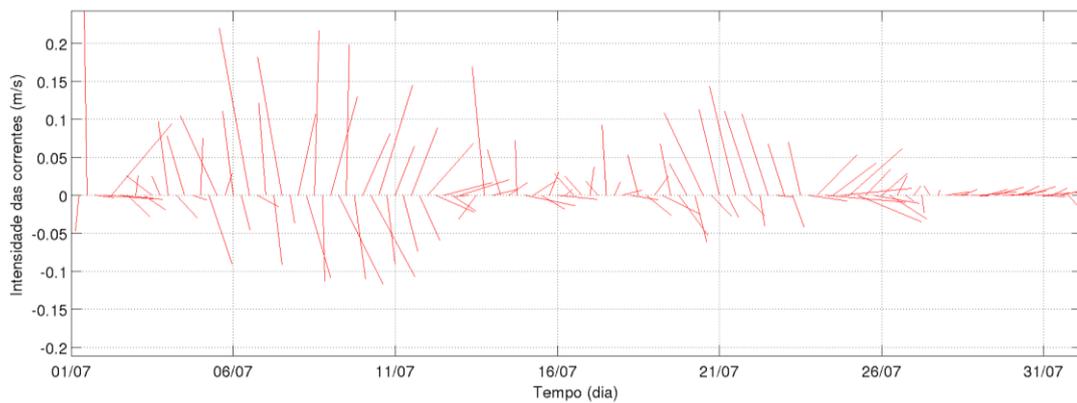
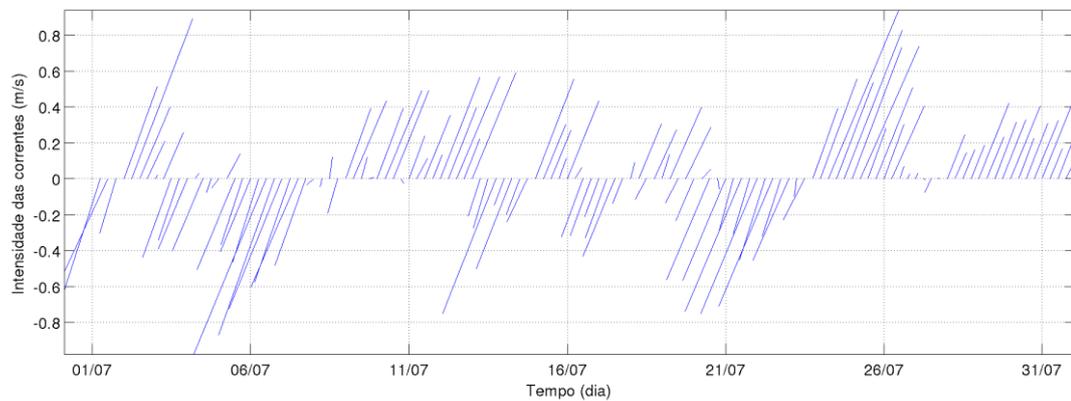


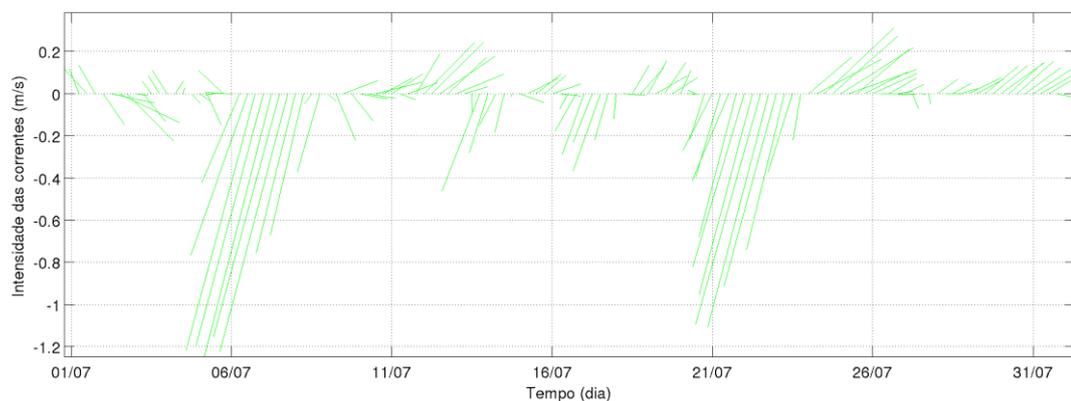
Figura 4.1.8.7-36: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região da Ponta de Itaipu para o mês de julho de 2009.



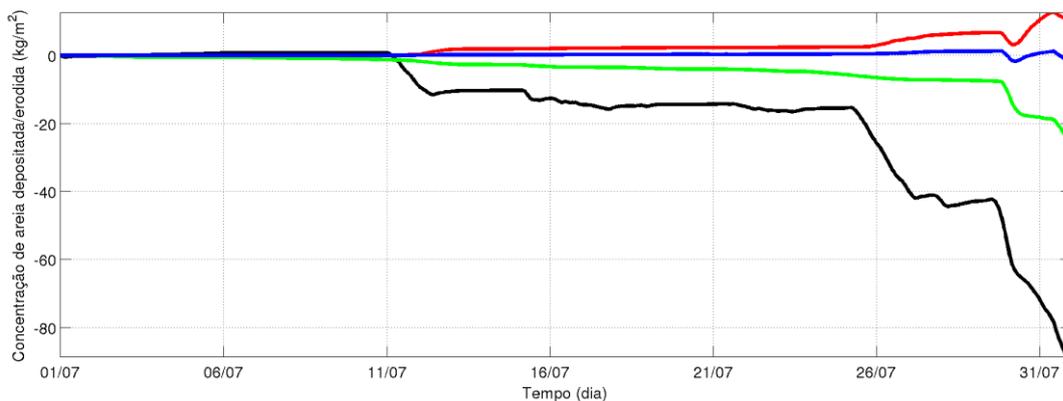
**Figura 4.1.8.7-37: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região oeste da Baía de Santos para o mês de julho de 2009.**



**Figura 4.1.8.7-38: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região sul da Ilha da Moela para o mês de julho de 2009.**



**Figura 4.1.8.7-39: Série temporal de intensidade e direção das correntes na região costeira da Praia Grande para o mês de julho de 2009.**



**Figura 4.1.8.7-40:** Evolução temporal da quantidade de areia muito fina depositada (valores positivos) e areia erodida (valores negativos) em  $\text{kg/m}^2$  nas regiões da Ponta de Itaipu (linha preta), porção oeste da Baía de Santos (linha vermelha), região sul da ilha da Moela (linha verde) e região costeira da Praia Grande (linha azul) para o mês de julho de 2009.

### **Região dos Canais do Estuário de Santos - São Vicente e Baía de Santos**

Os resultados para a região dos canais do estuário de Santos – São Vicente e Baía de Santos estão divididos em sedimento em suspensão e sedimento de fundo, que são apresentados a seguir.

#### **Sedimento em Suspensão**

Com o objetivo de expor diferentes aspectos da dinâmica sedimentar da região simulada, as **Figuras 4.1.8.7-41** até **4.1.8.7-55** e as **Figuras 4.1.8.7-57** até **4.1.8.7-59** apresentam os mapas de concentração média na coluna d'água de areia muito fina (0,0935 mm), silte médio (0,016 mm) e argila (0,004 mm) em diferentes momentos simulados para os meses de Janeiro e Julho.

A **Figura 4.1.8.7-56** apresenta a evolução temporal da altura normalizada da superfície do mar durante o período de 10 de Janeiro de 2009 das 09:00 até às 18:00 h, na região da barra do canal do Porto Organizado de Santos.

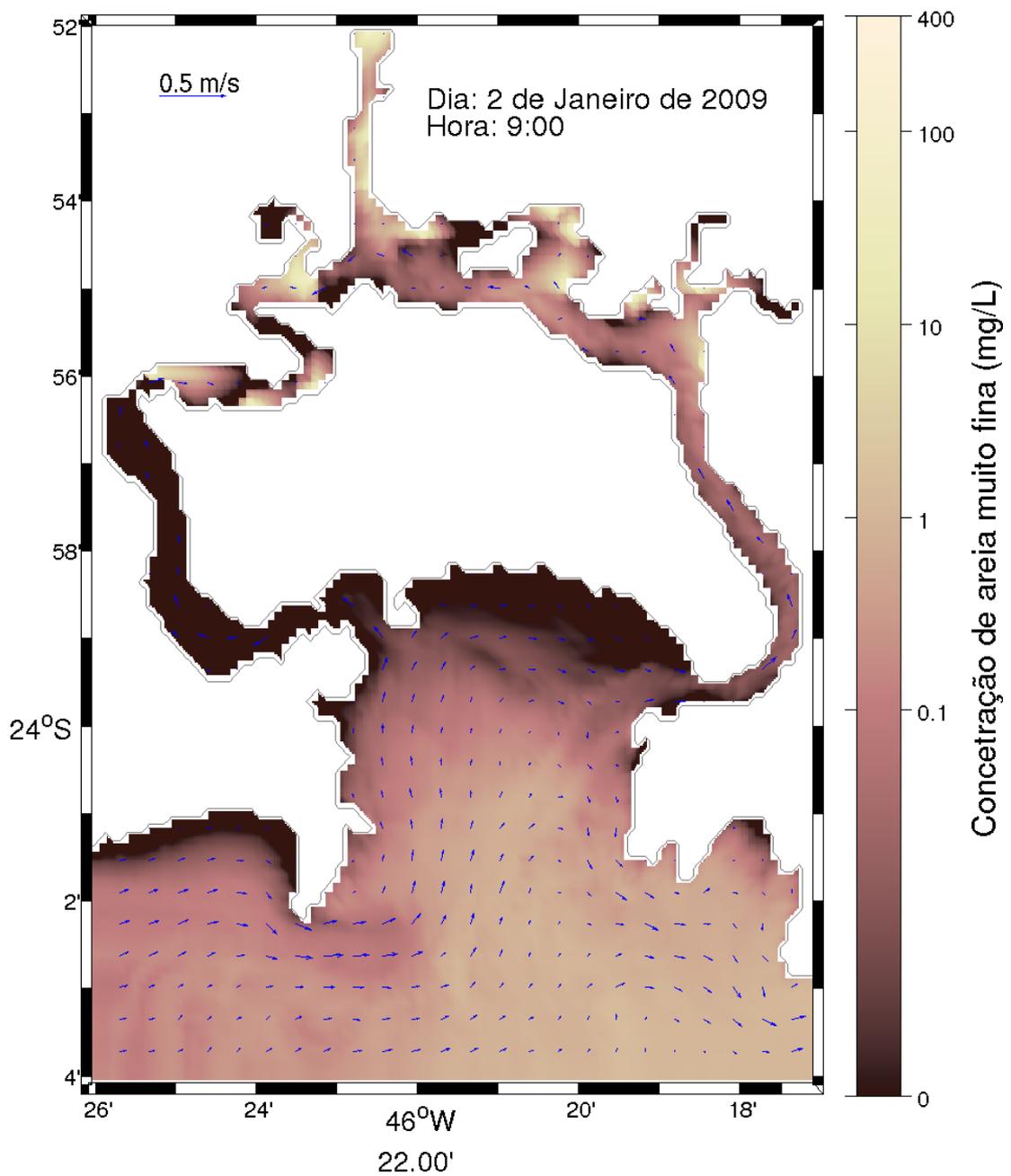


Figura 4.1.8.7-41: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 03 de janeiro de 2009 às 09:00 horas.

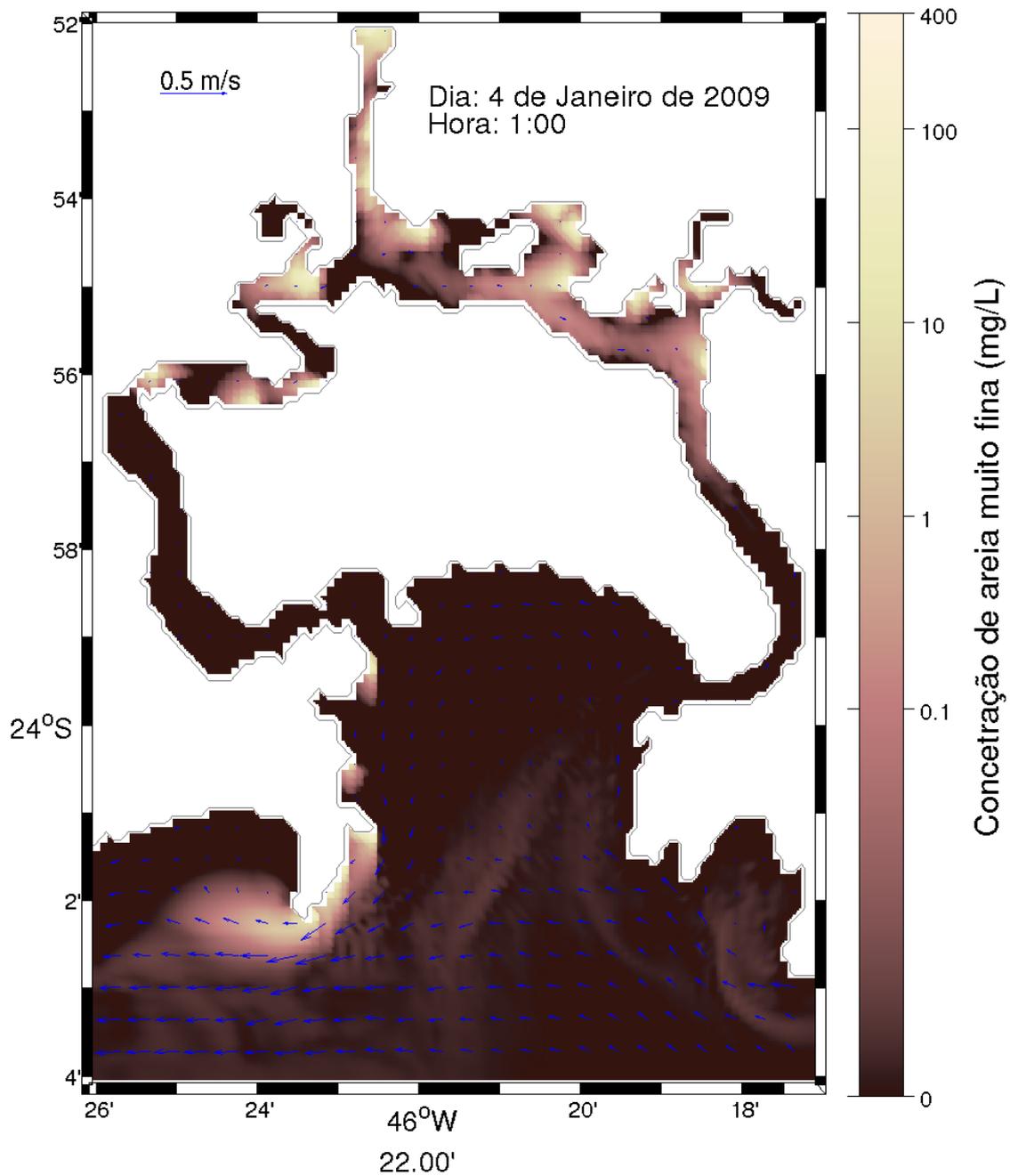


Figura 4.1.8.7-42: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 04 de janeiro de 2009 à 01:00 hora.

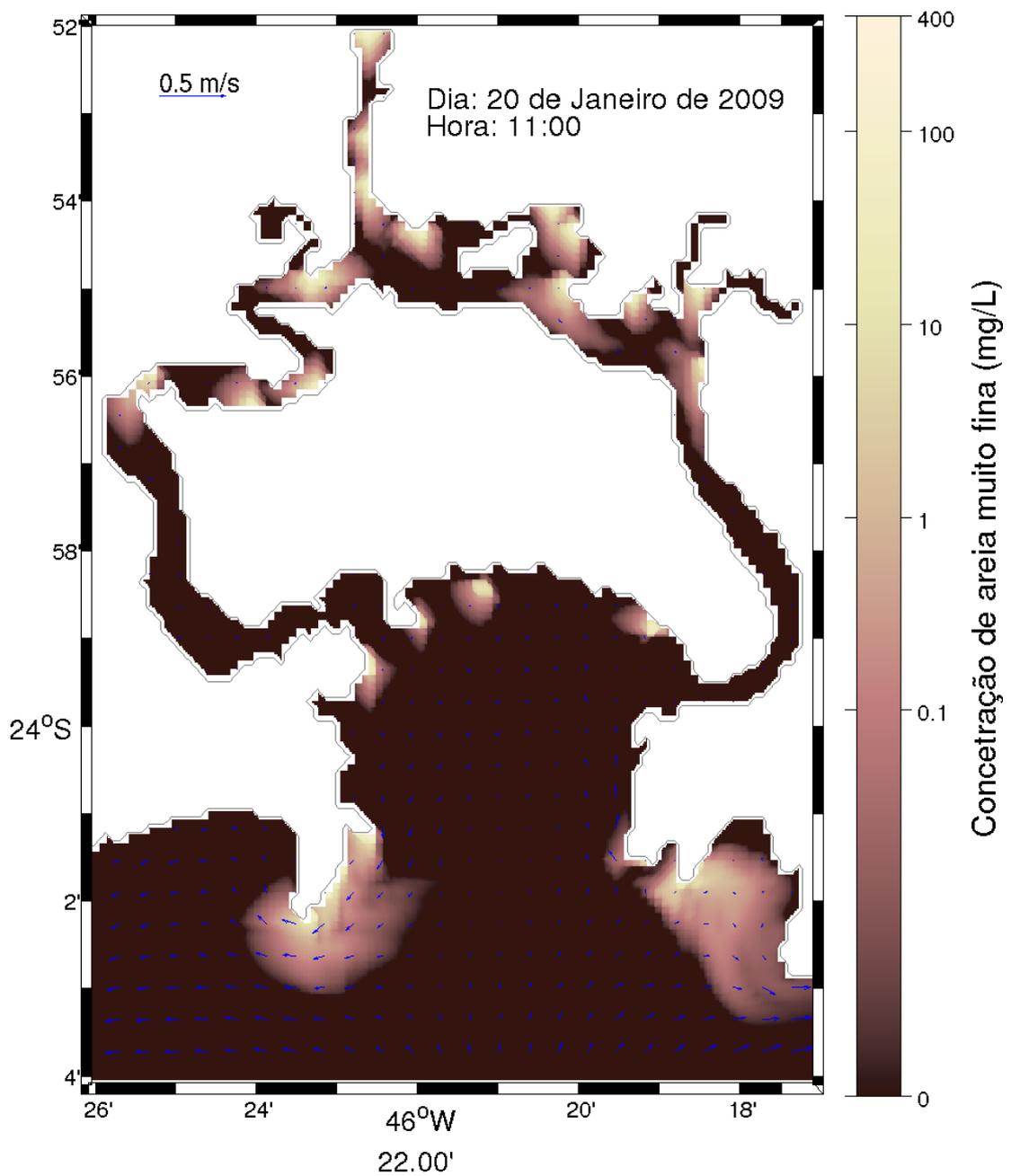


Figura 4.1.8.7-43: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 20 de janeiro de 2009 às 11:00 horas.

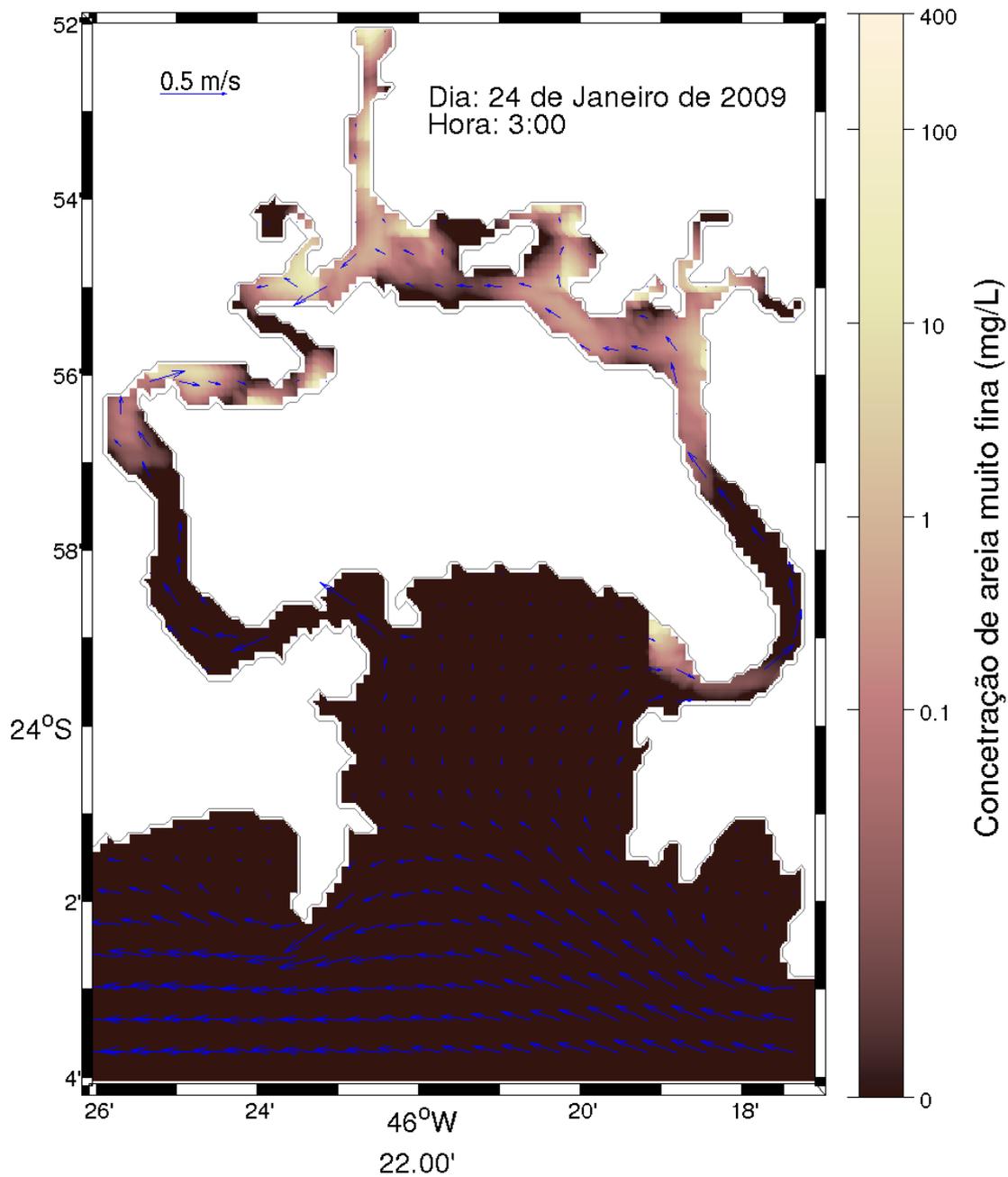
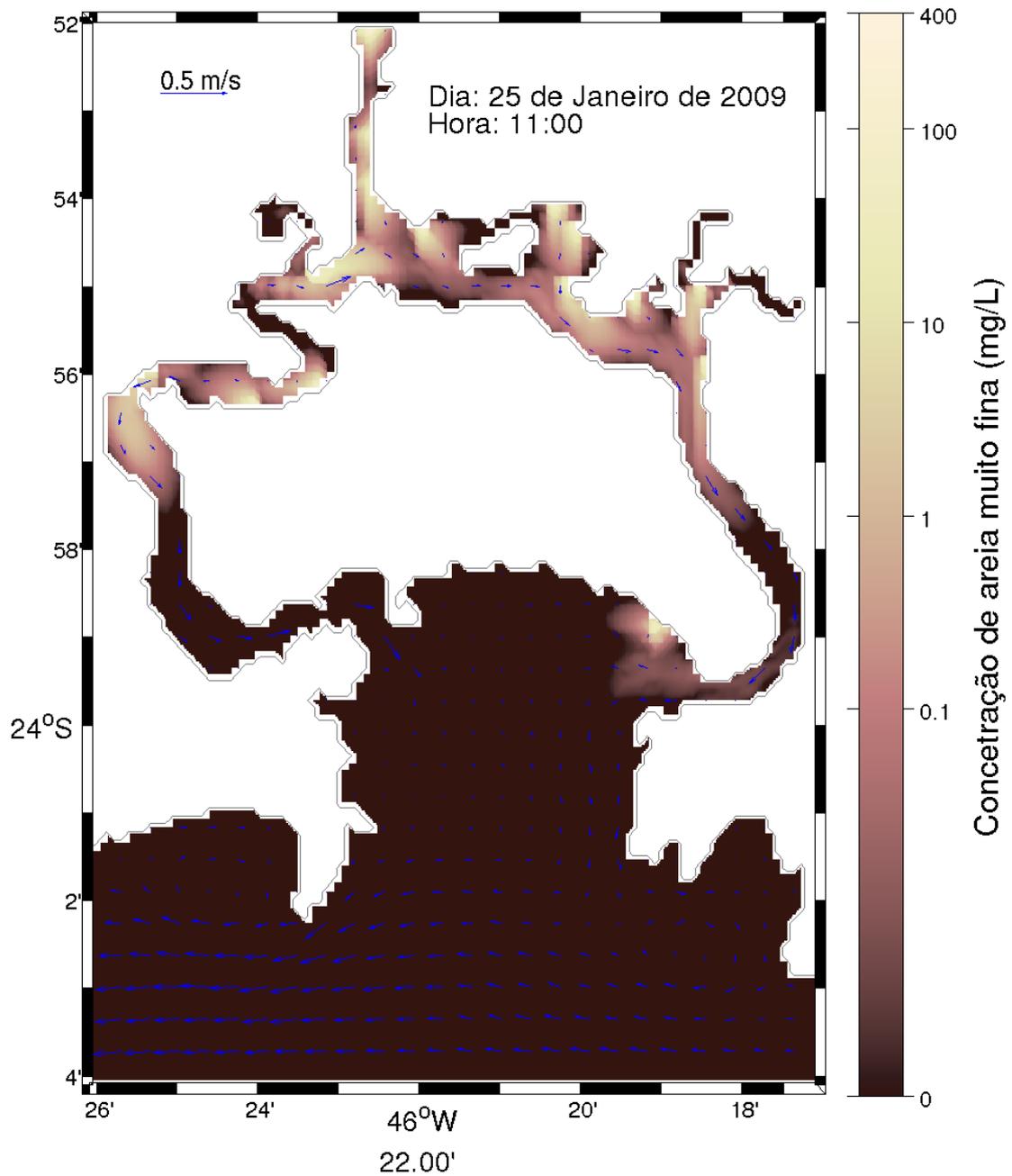


Figura 4.1.8.7-44: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 24 de janeiro de 2009 às 03:00 horas.



**Figura 4.1.8.7-45: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 25 de janeiro de 2009 às 11:00 horas.**

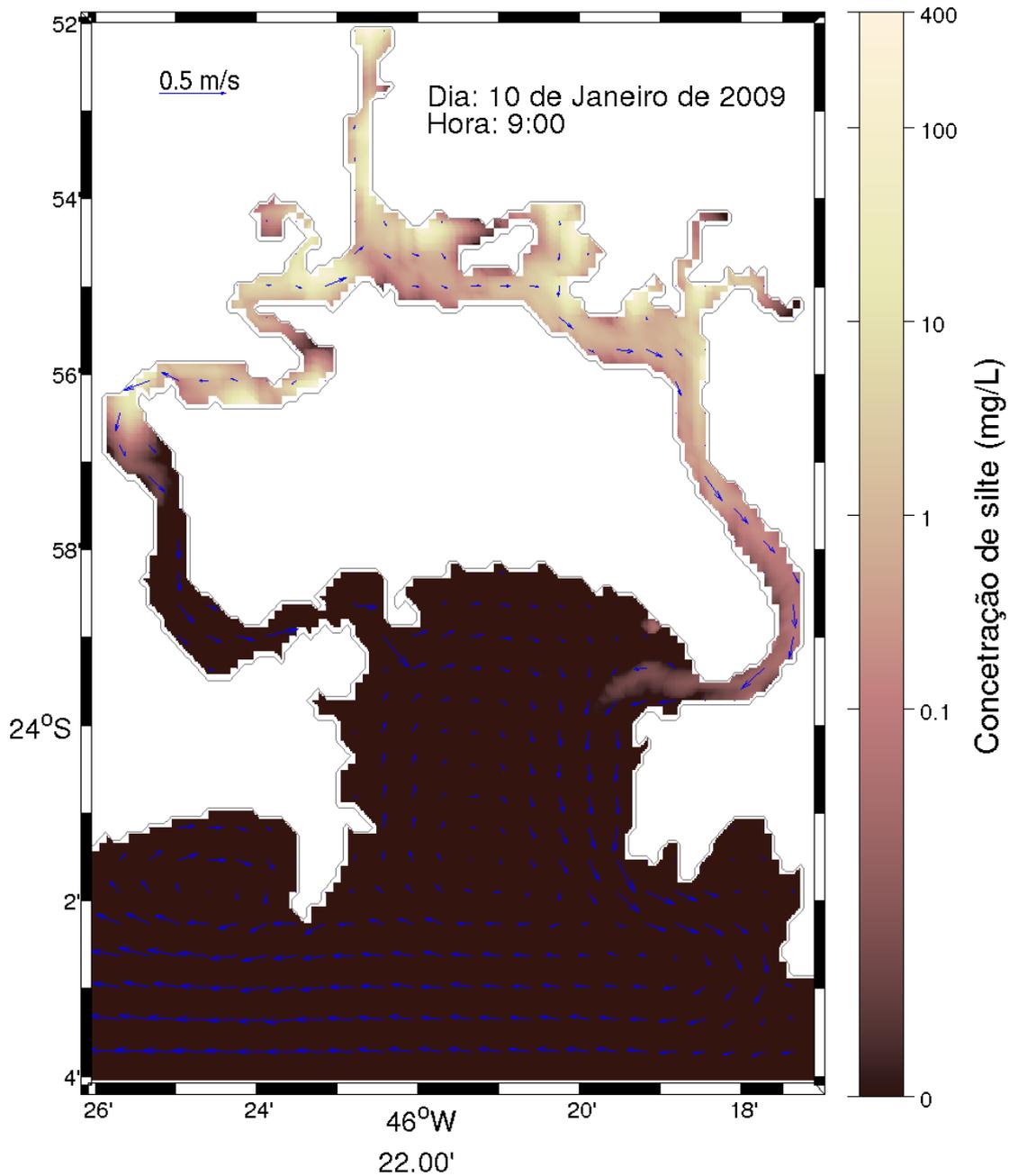
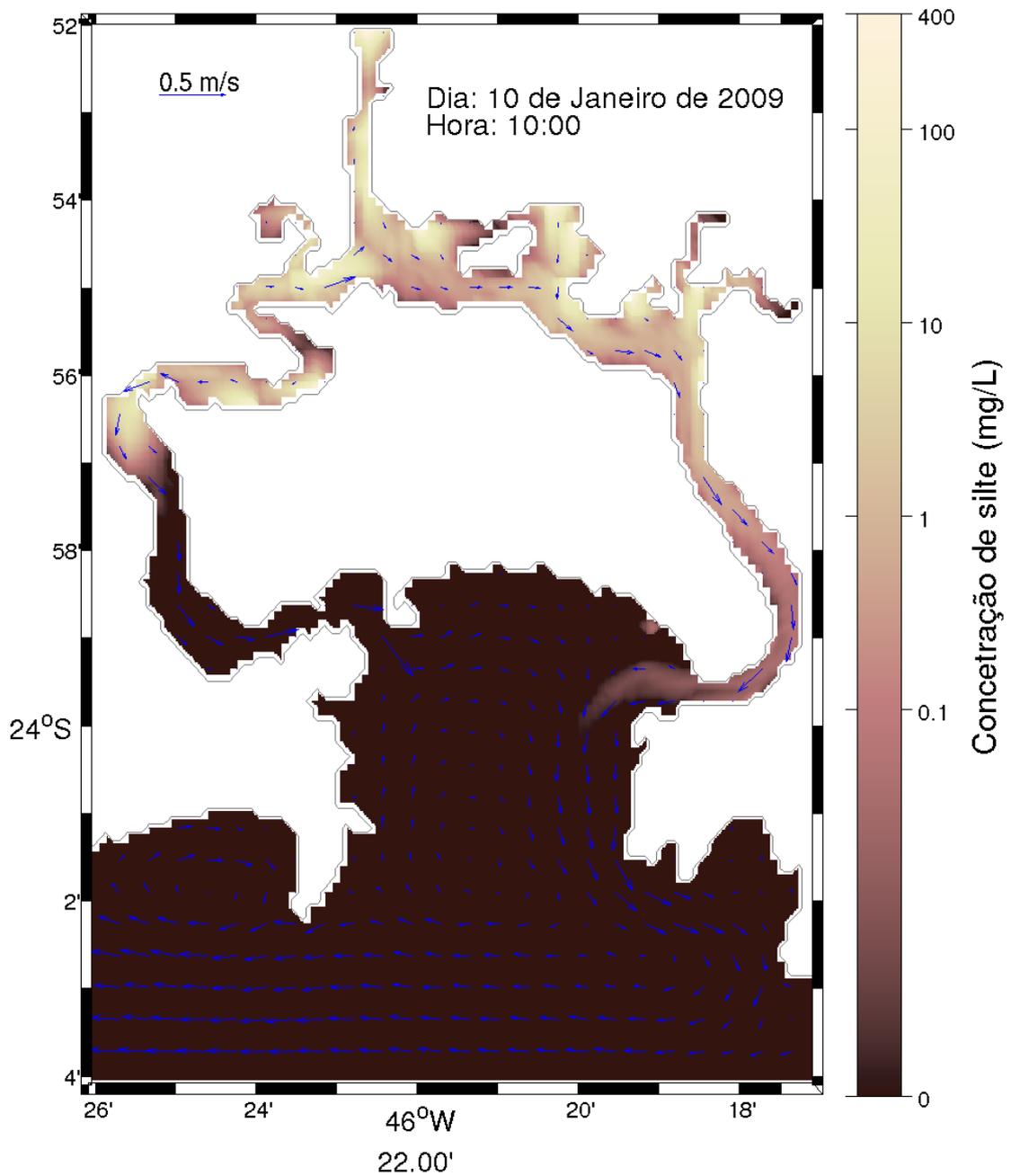


Figura 4.1.8.7-46: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 09:00 horas.



**Figura 4.1.8.7-47: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 10:00 horas.**

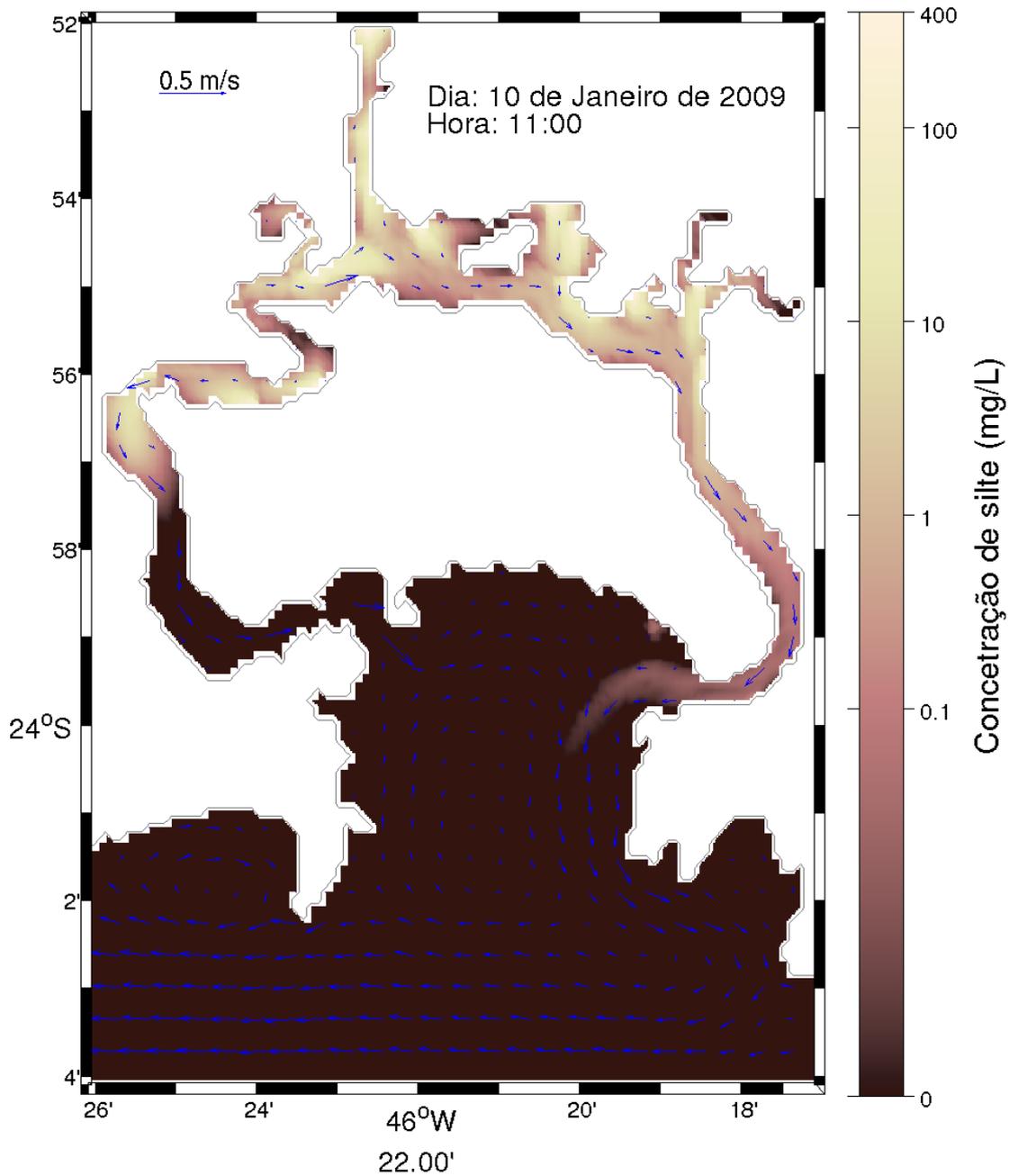
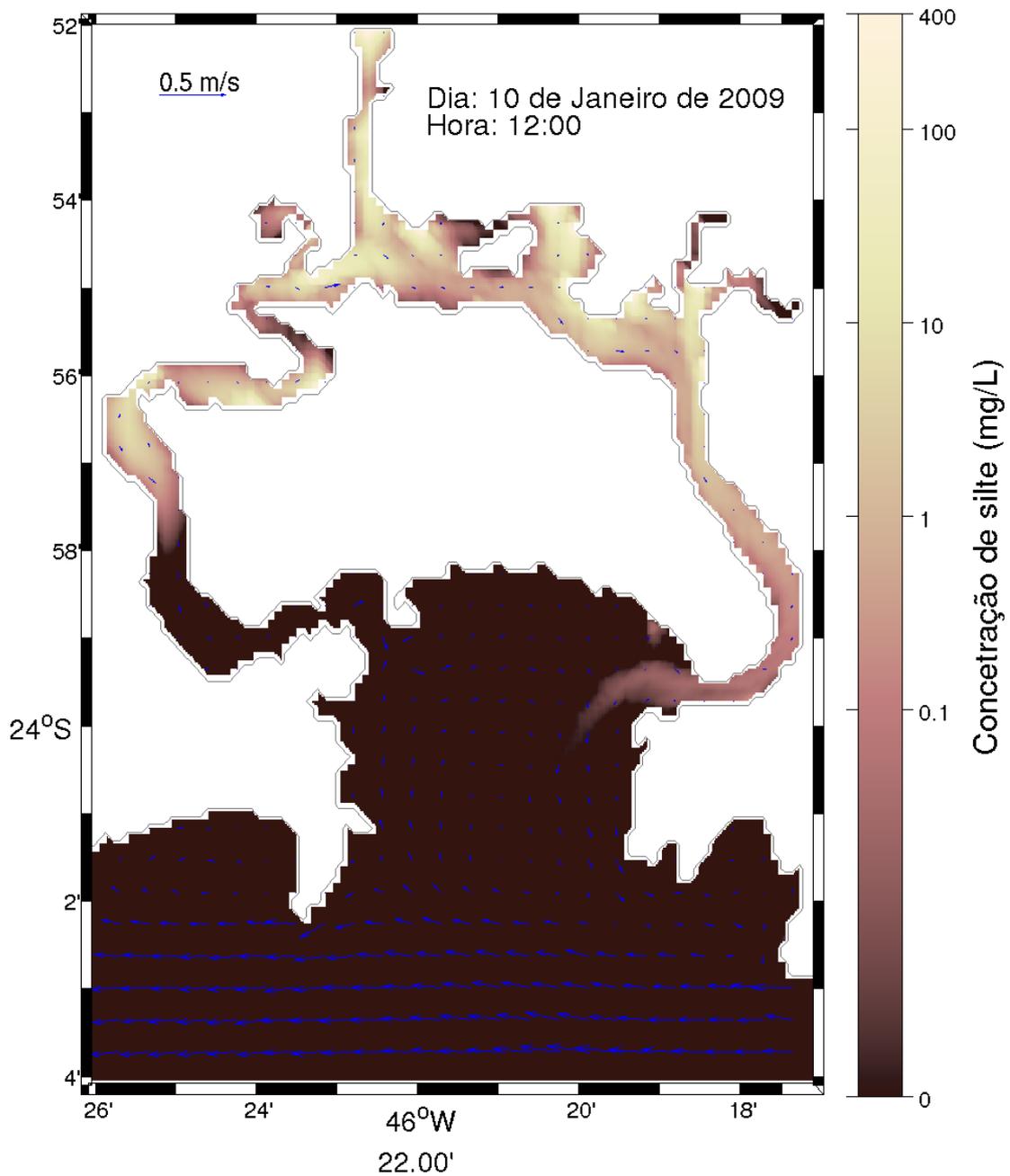


Figura 4.1.8.7-48: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 11:00 horas.



**Figura 4.1.8.7-49: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 12:00 horas.**

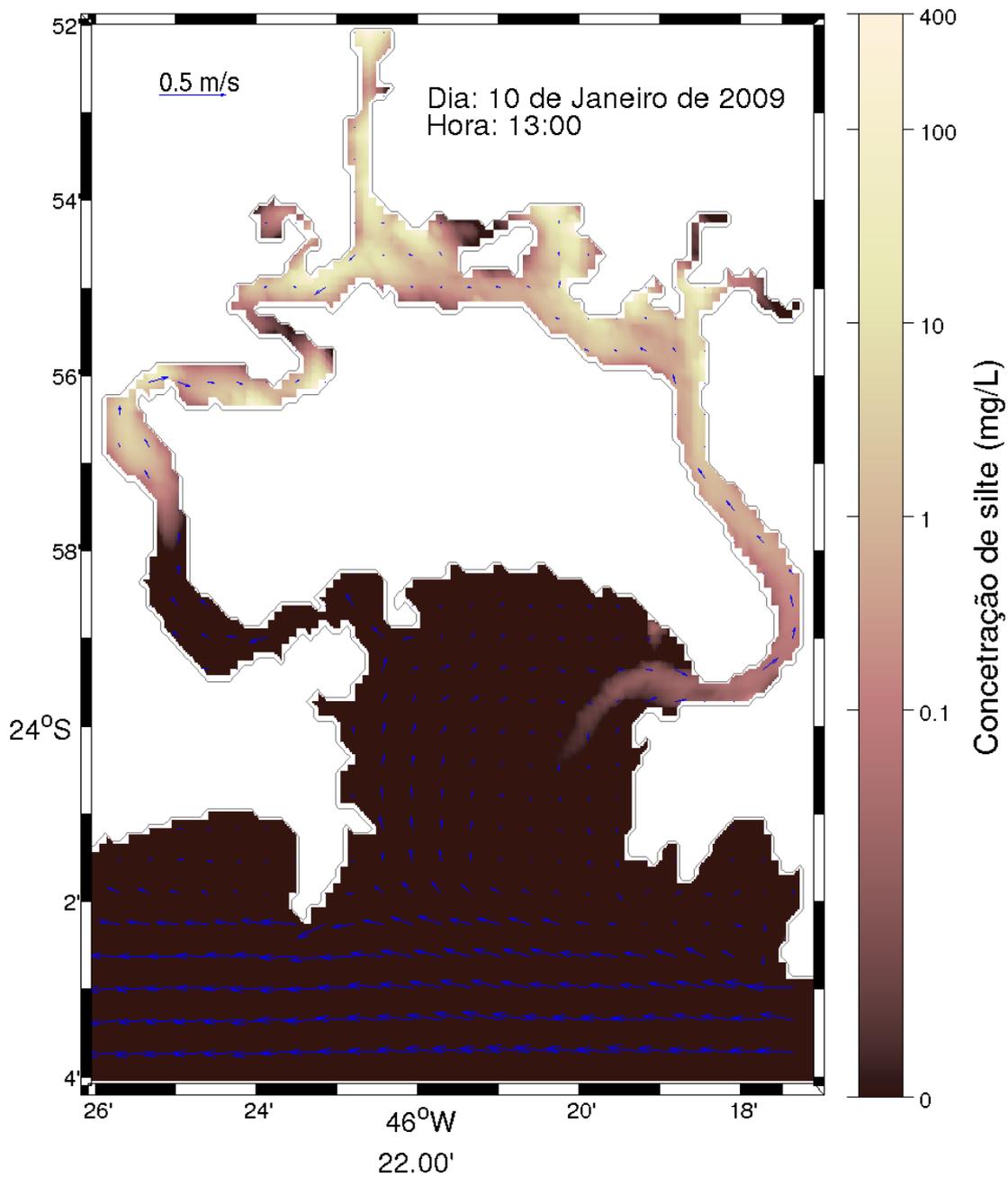
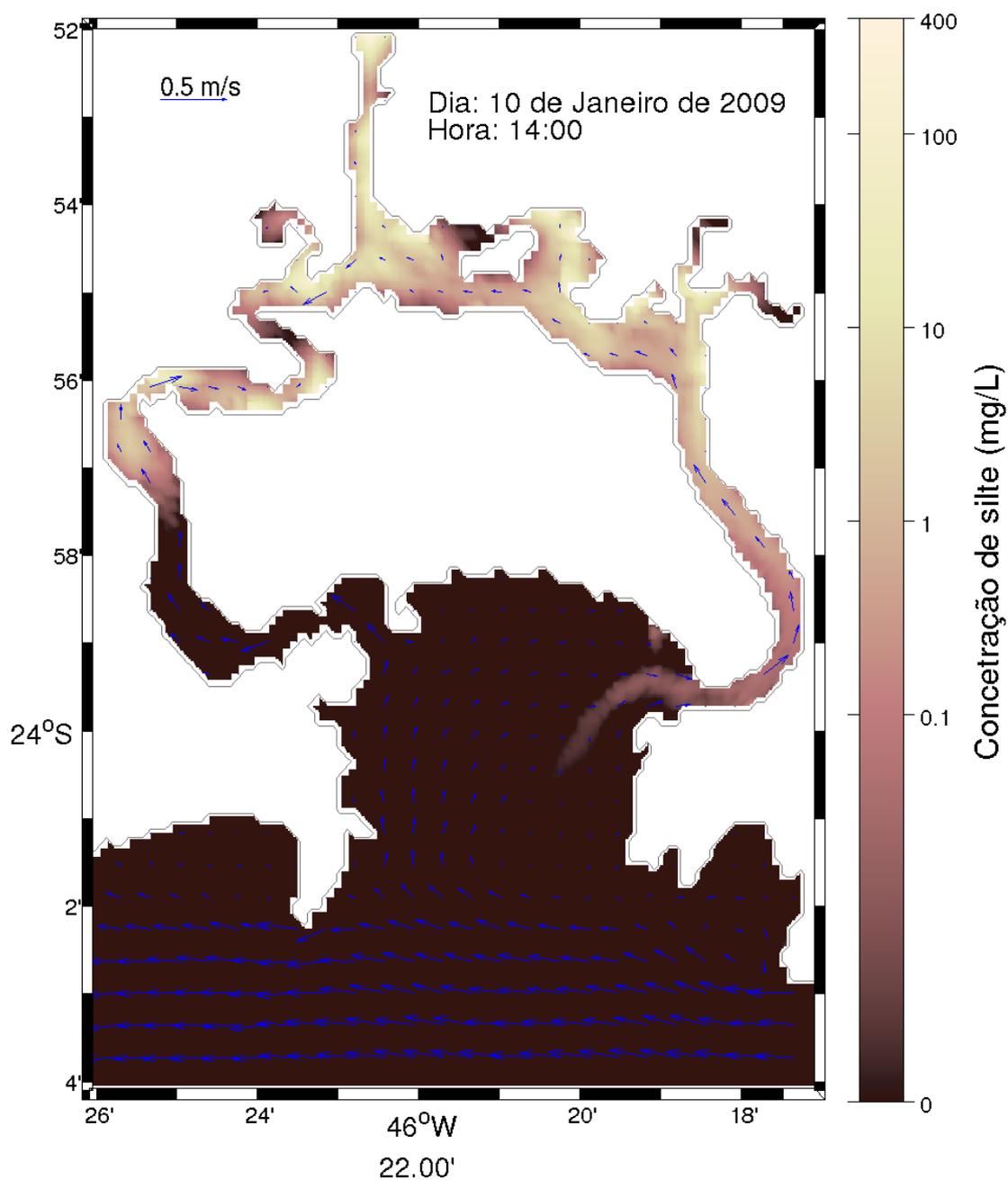


Figura 4.1.8.7-50: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 13:00 horas.



**Figura 4.1.8.7-51: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 14:00 horas.**

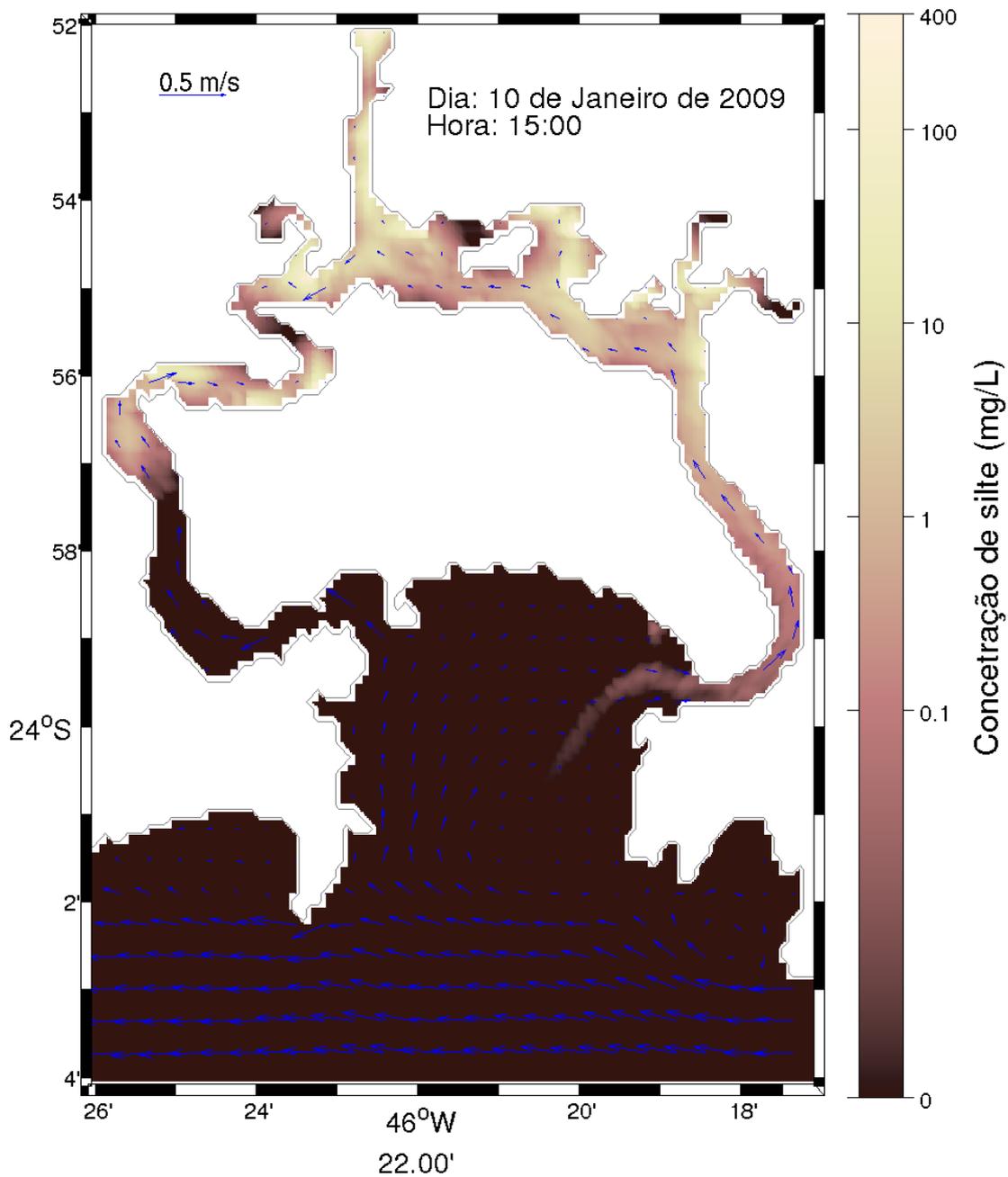
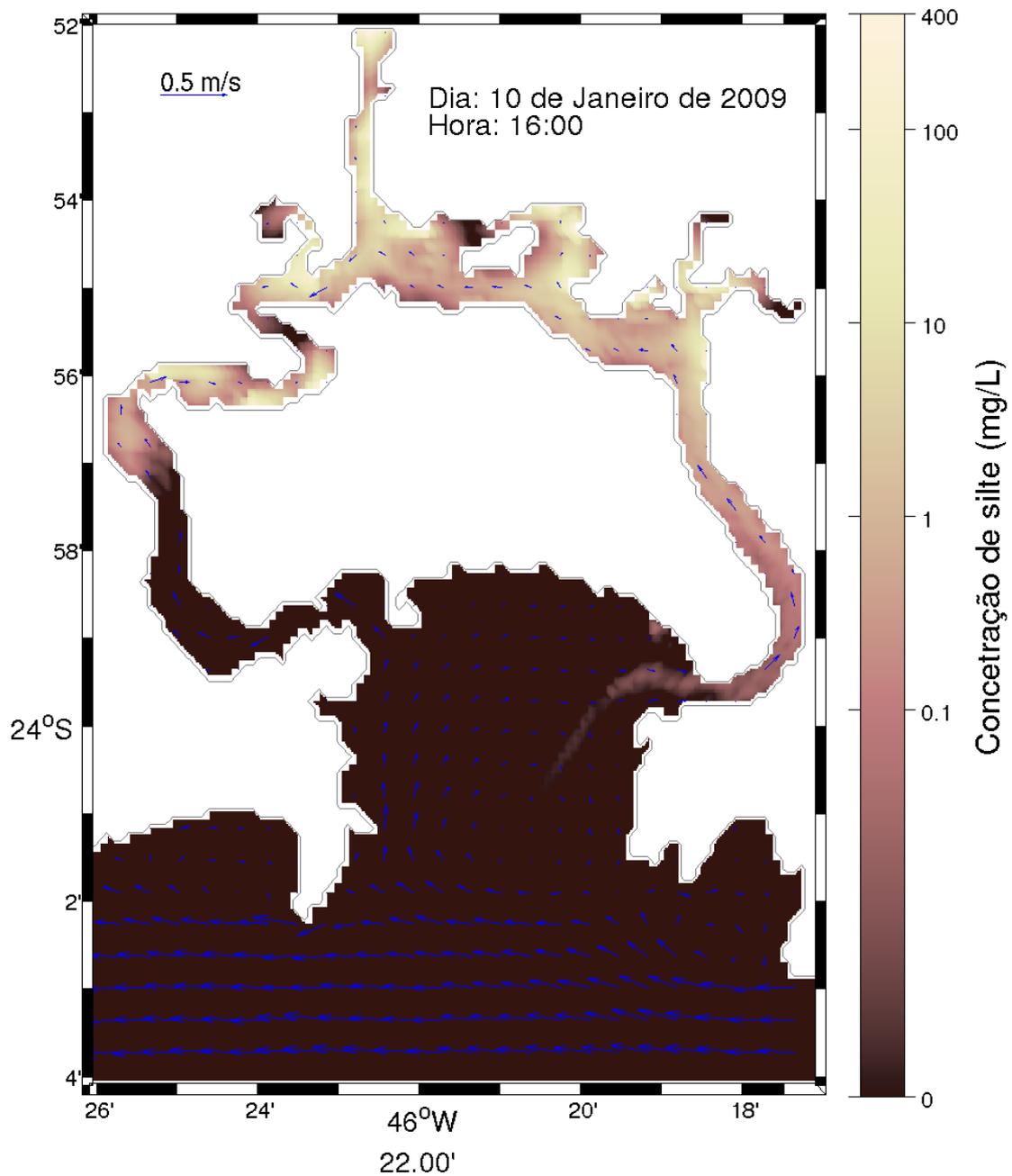


Figura 4.1.8.7-52: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 15:00 horas.



**Figura 4.1.8.7-53: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 16:00 horas.**

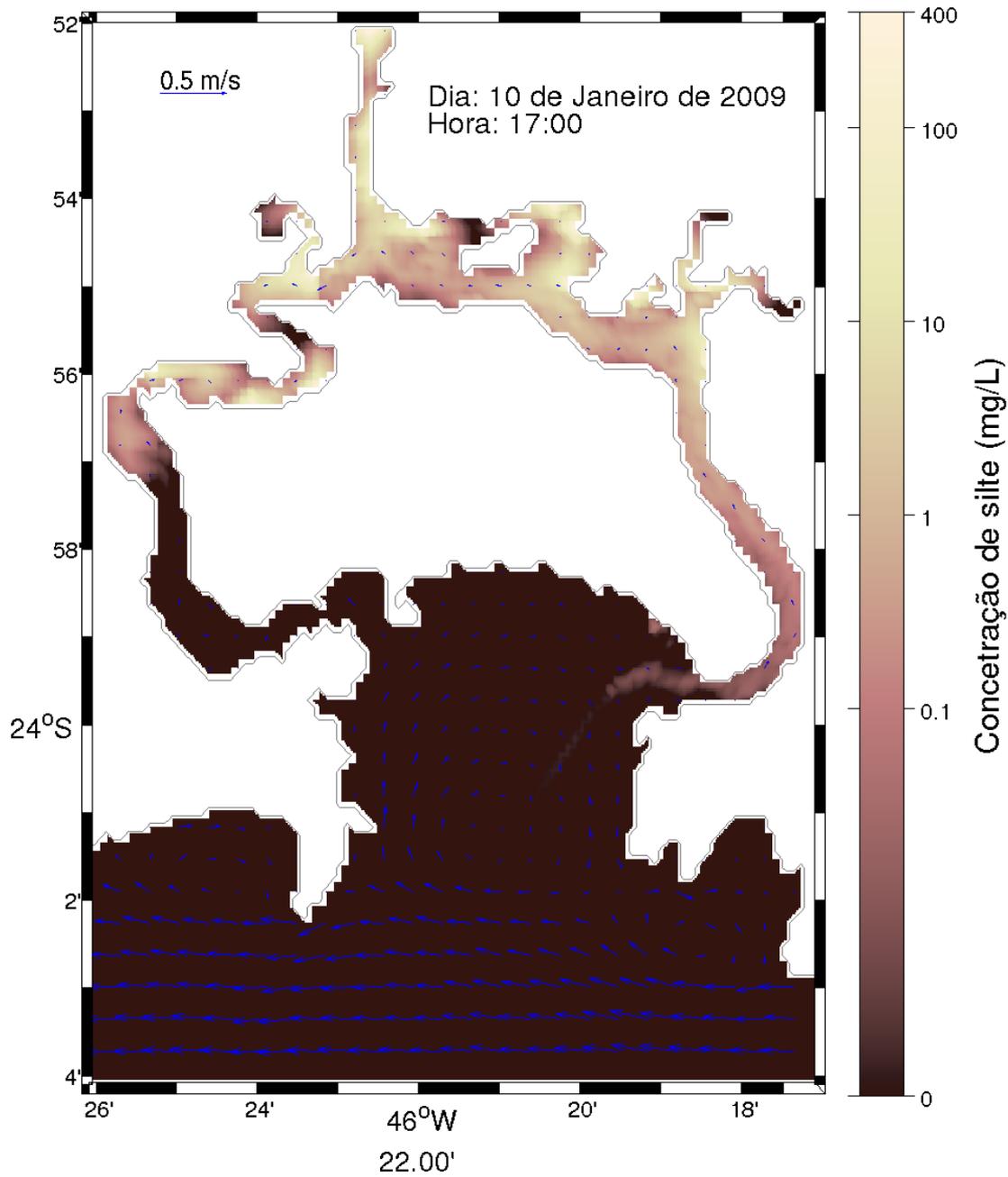
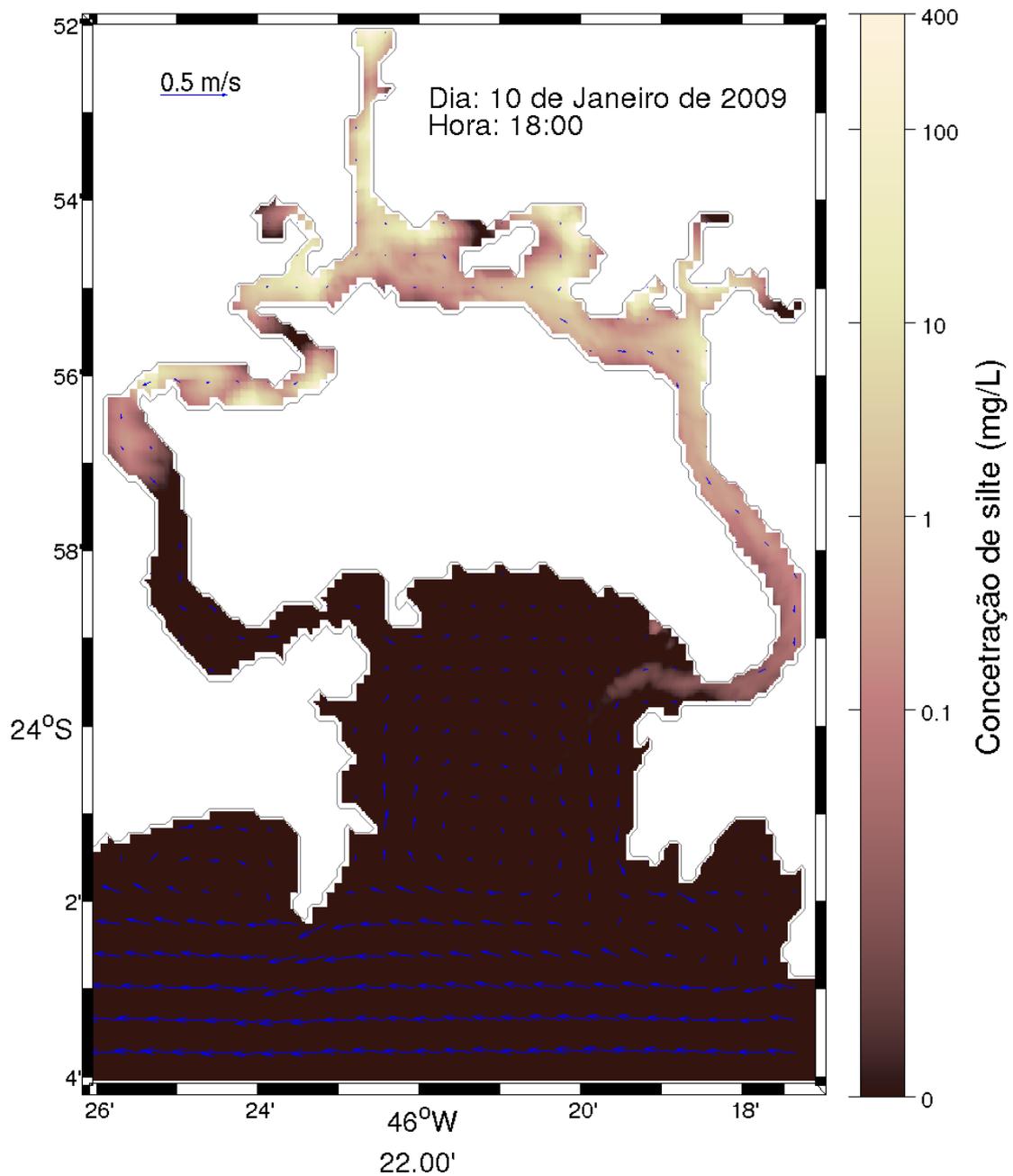
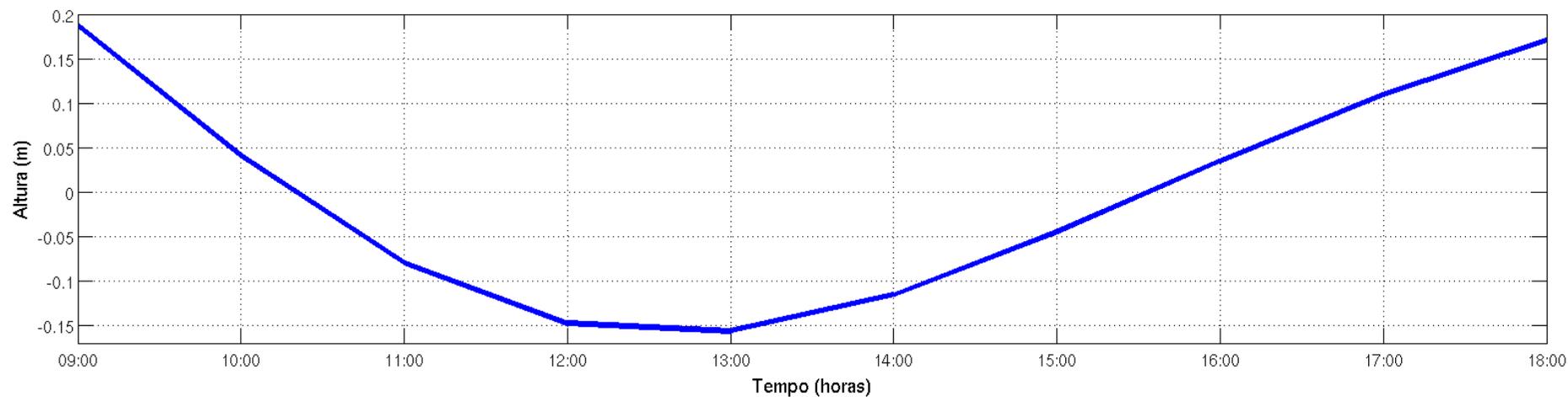


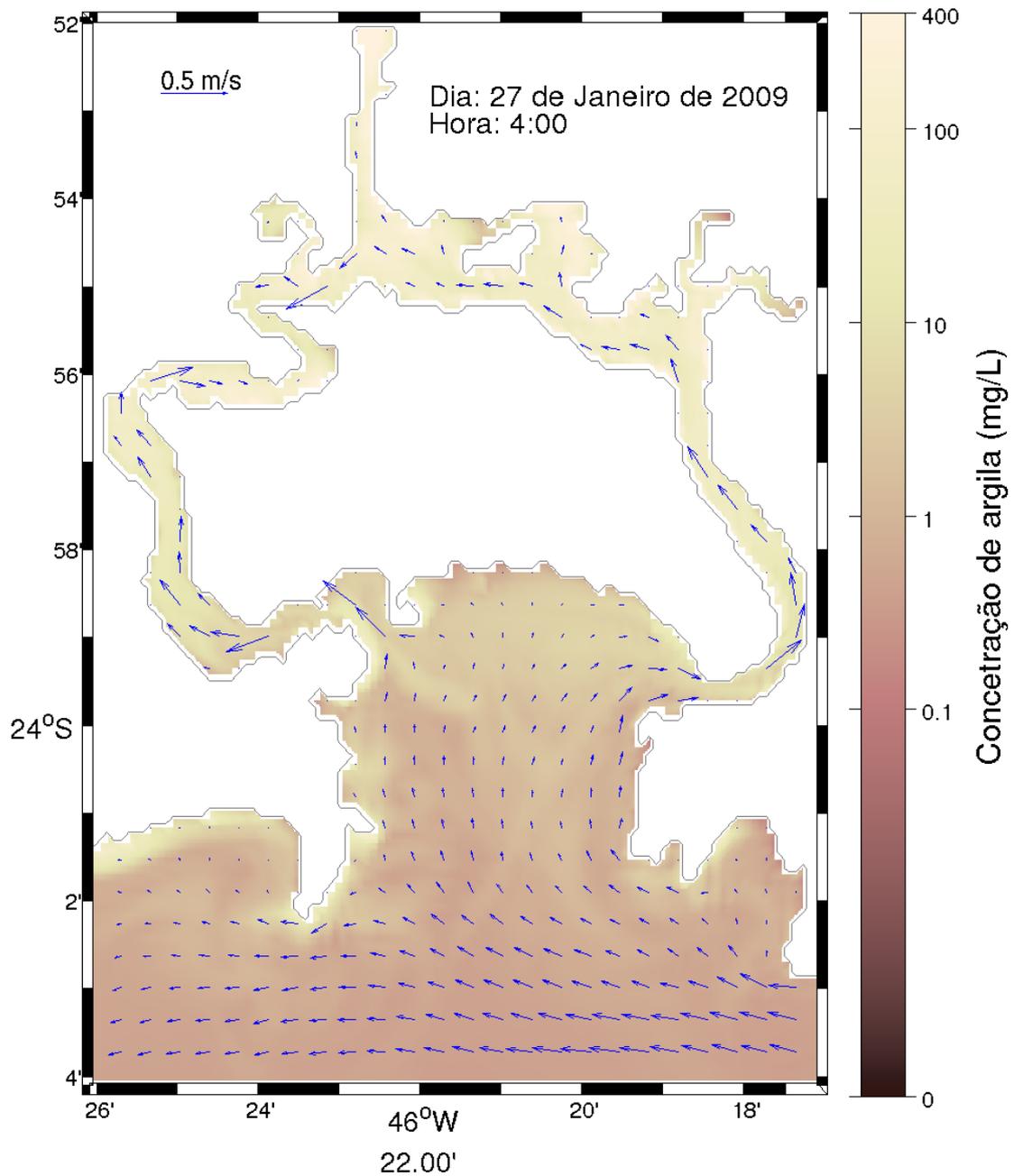
Figura 4.1.8.7-54: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 17:00 horas.



**Figura 4.1.8.7-55: Mapa de concentração média na coluna d'água de silte para o dia 10 de janeiro de 2009 às 18:00 horas.**



**Figura 4.1.8.7-56: Altura normalizada da superfície do mar na região da barra do canal do Porto, representando a variação no nível do mar de 10 de janeiro de 2009 das 09:00 até às 18:00 horas, mesmo período onde foram apresentadas as concentrações de silte na coluna d'água (Referente às Figuras 4.1.8.7-47 até 4.1.8.7-56).**



**Figura 4.1.8.7-57: Mapa de concentração média na coluna d'água de argila para o dia 27 de janeiro de 2009 às 04:00 horas.**

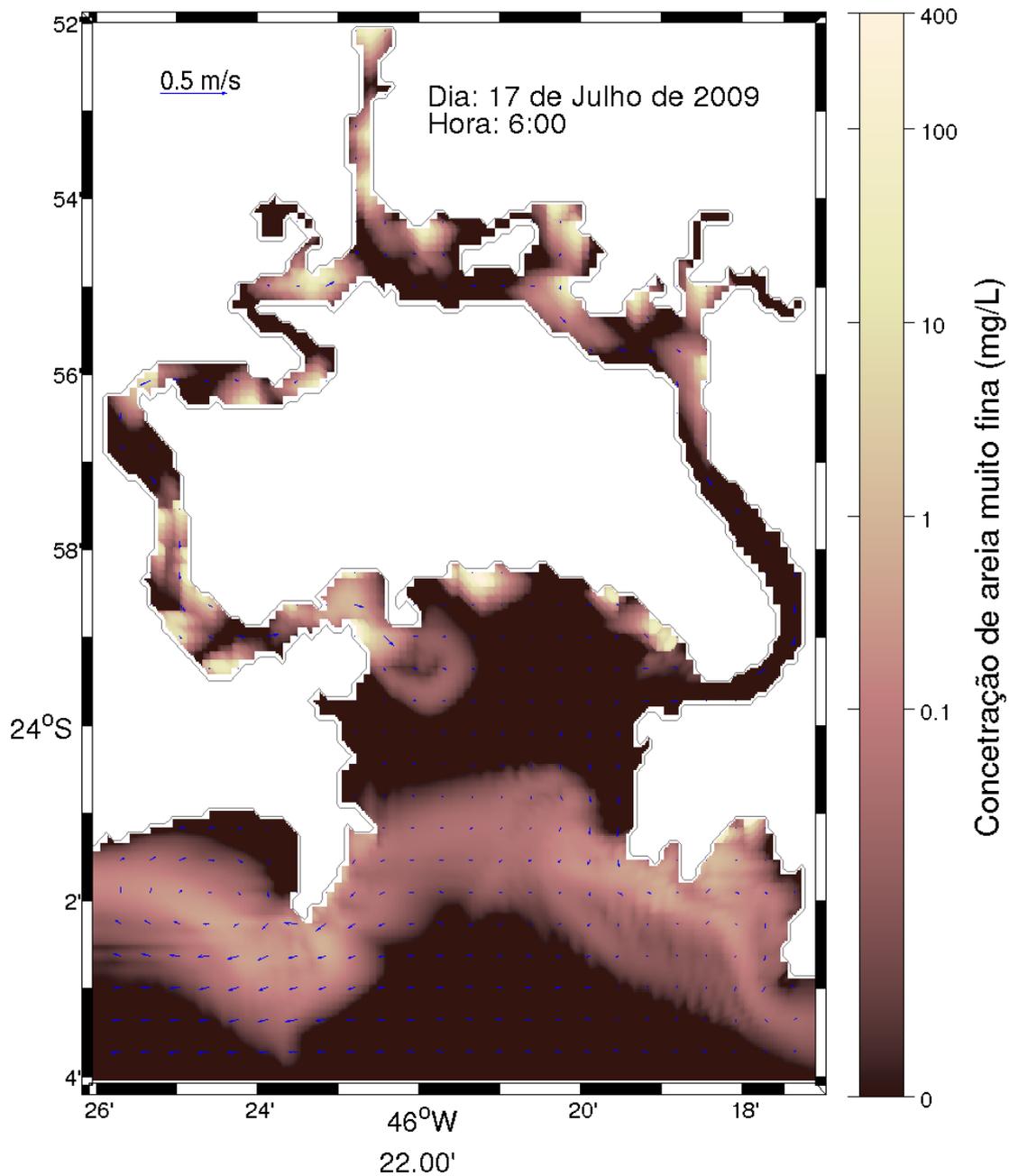
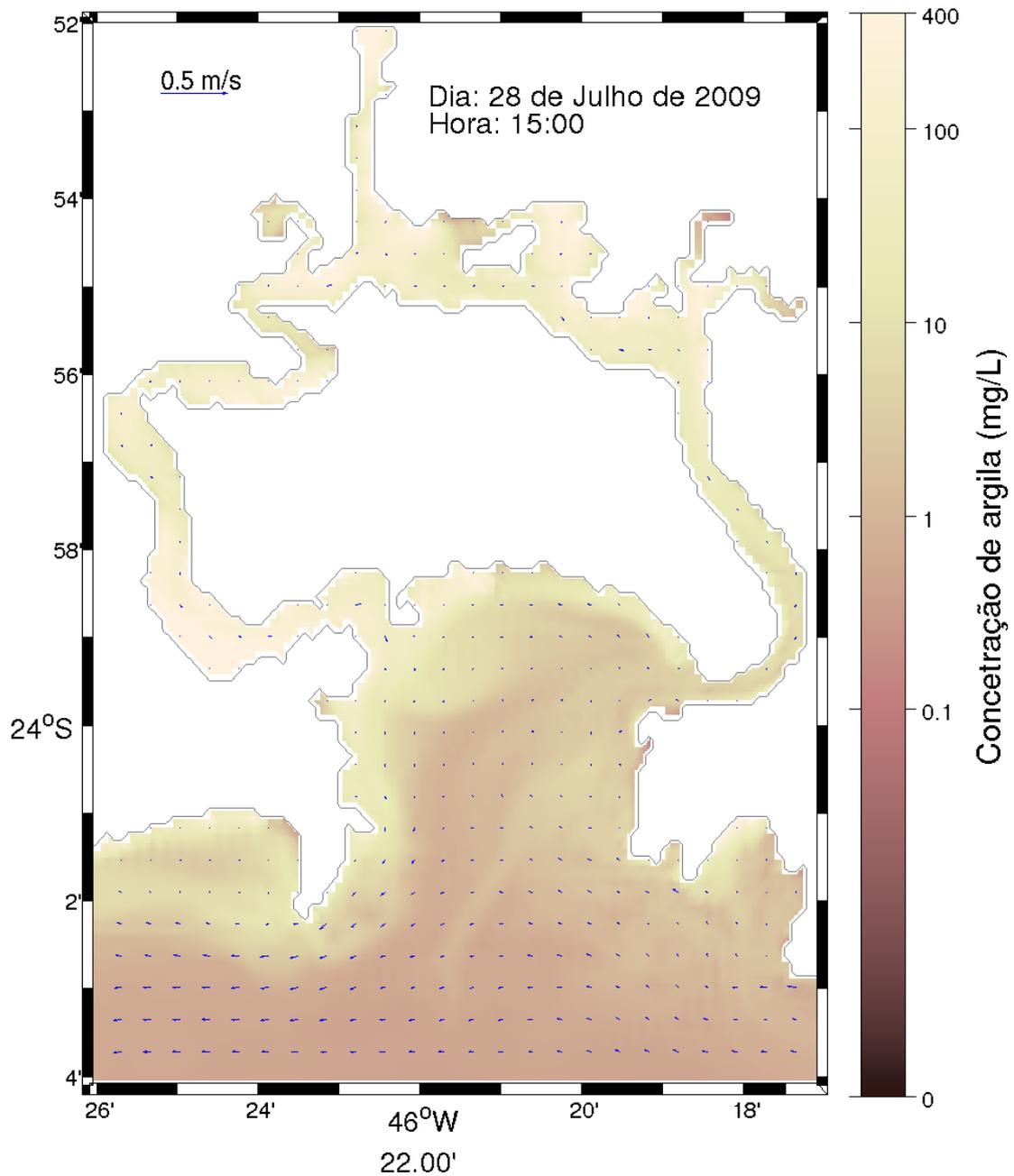


Figura 4.1.8.7-58: Mapa de concentração média na coluna d'água de areia muito fina para o dia 17 de julho de 2009 às 06:00 horas.



**Figura 4.1.8.7-59: Mapa de concentração média na coluna d'água de argila para o dia 28 de julho de 2009 às 15:00 horas.**

---

**Sedimento de Fundo**

A **Figura 4.1.8.7-60** e **Tabela 4.1.8.7-1** apresentam o mapa com os pontos selecionados onde foram extraídos perfis de evolução temporal da batimetria e a localização geográfica dos mesmos, respectivamente.

As **Figuras 4.1.8.7-61** e **4.1.8.7-62** apresentam os gráficos de evolução da batimetria dos pontos selecionados para a simulação de Janeiro de 2009 e Julho de 2009, respectivamente.

A **Figura 4.1.8.7-63** apresenta o mapa da diferença da taxa de sedimentação entre a configuração batimétrica antes da dragagem de aprofundamento e após a dragagem de aprofundamento, considerando uma média entre as simulações dos meses de Janeiro e Julho de 2009.

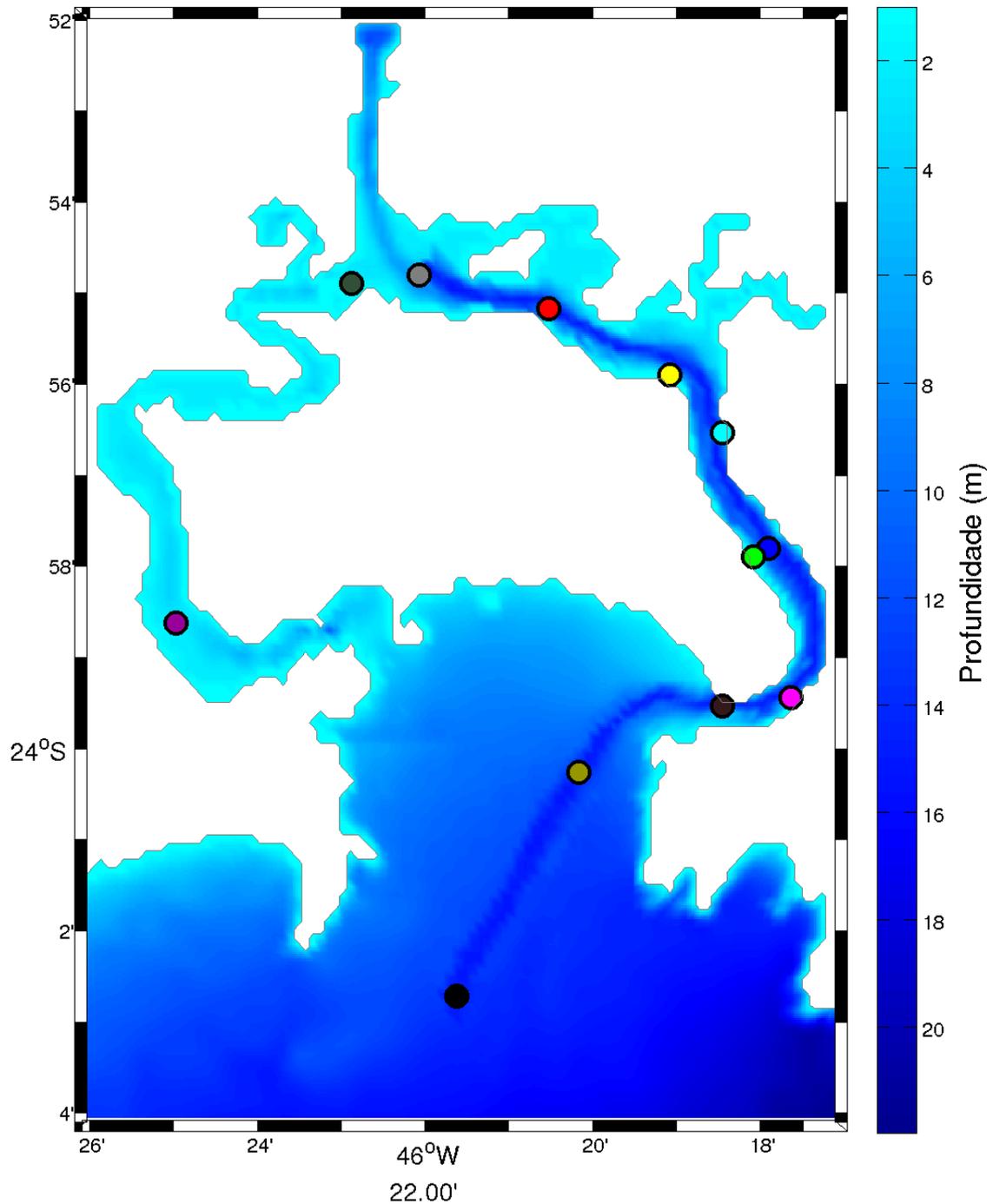


Figura 4.1.8.7-60: Mapa da região modelada com os pontos, representados pelos círculos, onde foram extraídos os perfis temporais da batimetria para as simulações dos meses de janeiro de 2009 e julho de 2009.

Tabela 4.1.8.7-1: Localização geográfica dos pontos apresentados na Figura 4.1.8.7-61. Sistema de coordenada de referência WGS84.

Identificação do ponto	Longitude	Latitude
	-46.415416	-23.975881
	-46.375923	-23.914272
	-46.364415	-23.915569
	-46.339231	-23.922719
	-46.315559	-23.931949
	-46.307896	-23.945706
	-46.294903	-23.967511
	-46.296575	-23.969753
	-46.291875	-23.991869
	-46.307268	-23.993481
	-46.335679	-24.004503
	-46.357782	-24.038667

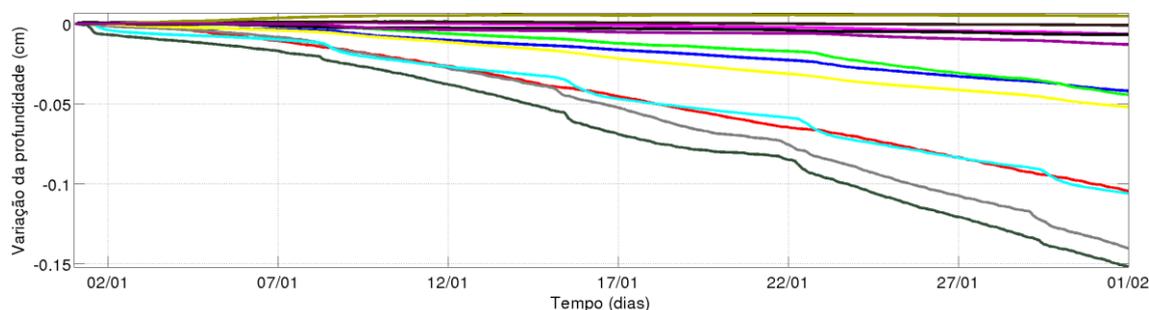


Figura 4.1.8.7-61: Evolução da profundidade para diversos pontos do domínio simulado para o mês de janeiro de 2009. Valores negativos indicam que o local sofreu assoreamento enquanto que, valores positivos indicam que o local sofreu erosão. Cada linha tem uma cor, no mapa da Figura 4.1.8.7-60.

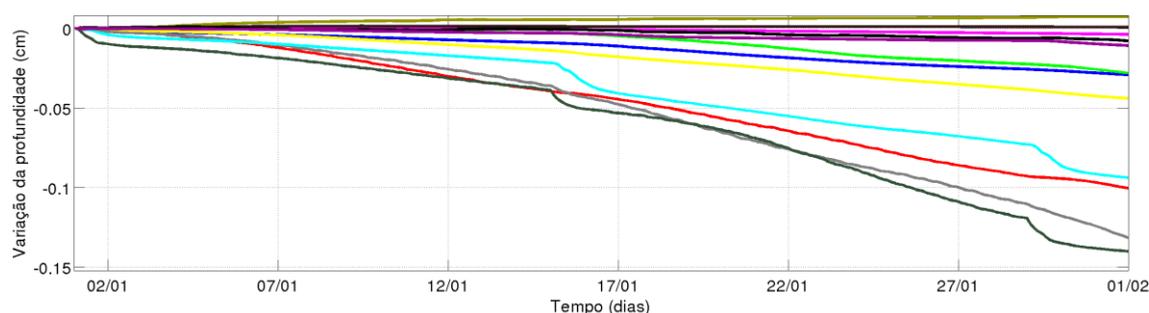
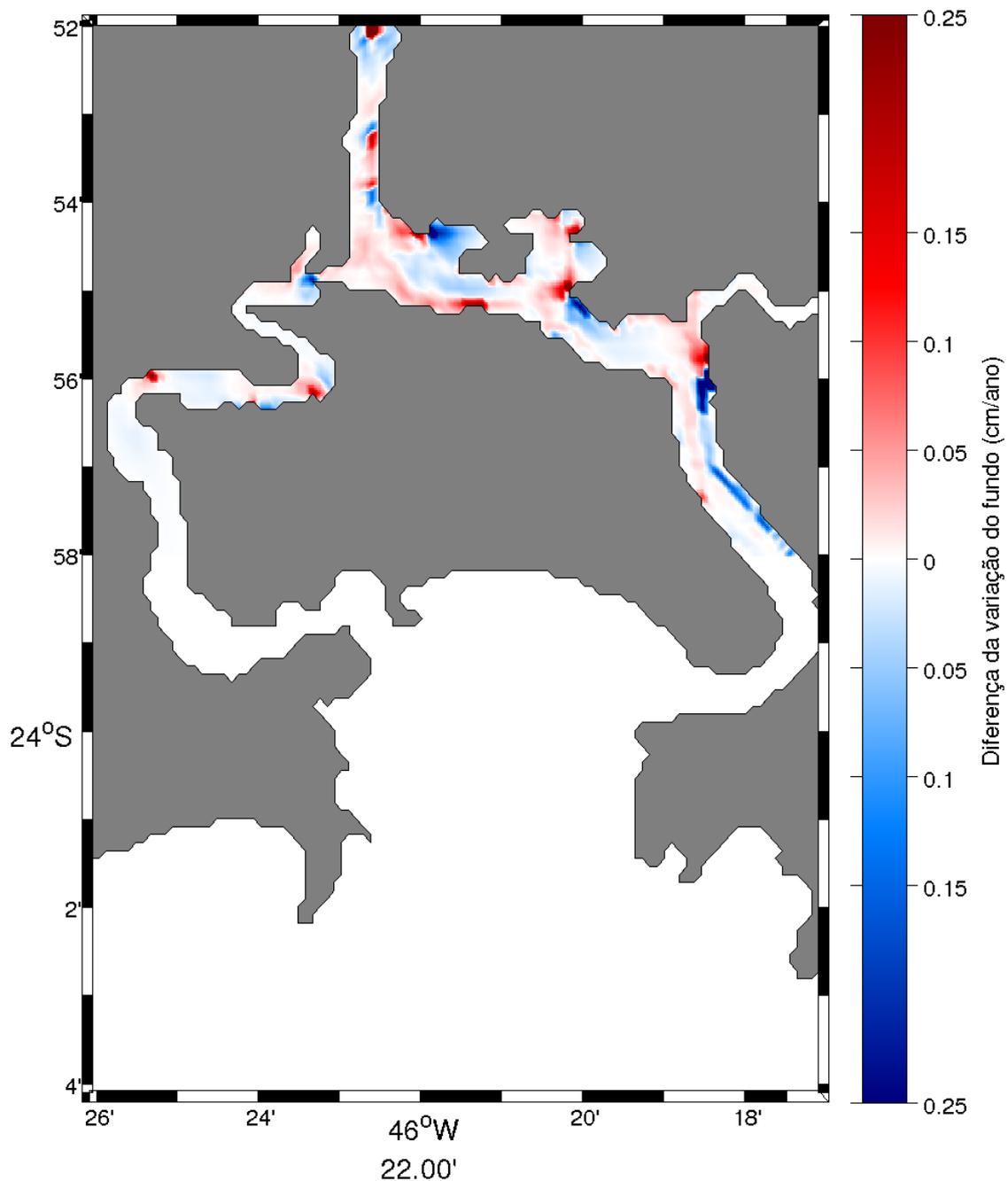


Figura 4.1.8.7-62: Evolução da profundidade para diversos pontos do domínio simulado para o mês de julho de 2009. Valores negativos indicam que o local sofreu assoreamento enquanto que, valores positivos indicam que o local sofreu erosão. Cada linha tem uma cor correspondente ao local representado por um círculo com esta mesma cor no mapa da Figura 4.1.8.7-60.



**Figura 4.1.8.7-63: Diferença da variação do fundo (cm/ano) entre as simulações realizadas, com a batimétrica dos canais do Porto, considerando o aprofundamento e o canal de navegação e acesso com profundidade de 12 metros. Valores na faixa do azul representam locais onde, após o aprofundamento do canal, apresentam menor taxa de sedimentação e valores na faixa do vermelho representam locais onde, apresentam maior taxa de sedimentação. Neste mapa, foi considerada a média das diferenças para os meses de janeiro e julho de 2009, entre as simulações para os canais com profundidade de 12 metros e os canais aprofundados.**

#### 4.1.8.8 Discussão

##### Região da Plataforma Continental Interna Adjacente à Baixada Santista

As **Figuras 4.1.8.7-1** até **4.1.8.7-28** relativas aos resultados de concentração de sedimentos na coluna d'água para os meses de Janeiro (representado condições típicas de verão) e Julho (representando condições típicas de inverno) mostraram um padrão de transporte de sedimentos restrito à costa, permanecendo, na maior parte do período simulado até a isóbata de 20 metros, avançando em poucas situações a maiores profundidades.

Este padrão encontrado ocorre devido ao transporte litorâneo onde correntes junto à costa combinadas a ação das ondas, re-suspendem o sedimento de fundo, transportando-o na direção paralela à costa por meio de suspensão e por arrasto do sedimento de fundo.

O padrão de disposição dos sedimentos em suspensão, obtido nos resultados das simulações, pode ser observado também nas imagens de satélite que realçam o material em suspensão na coluna d'água (**Figura 4.1.8.7-29**), corroborando com os resultados das simulações numéricas realizadas.

Os casos representados pelas **Figuras 4.1.8.7-3, 4.1.8.7-5, 4.1.8.7-11, 4.1.8.7-13, 4.1.8.7-15** e **4.1.8.7-21** mostram que, concentrações significativas de sedimentos na coluna d'água, proveniente do transporte de sedimentos junto à costa atingem a região de descarte do material dragado na ordem de 10 mg/L.

É importante observar, que o transporte de sedimentos durante períodos com condições de aumento da intensidade das correntes de sudoeste para nordeste e aumento da altura significativa das ondas - comportamento típico de passagem de frentes frias - fica mais restrito à costa, como evidenciado pelas **Figuras 4.1.8.7-19** e **4.1.8.7-25**, onde, nenhum dos resultados mostrou concentrações significativas de sedimentos na coluna d'água durante eventos de passagem de frentes frias, próximo à região de descarte.

Vale observar que a **Figura 4.1.8.7-21**, onde concentrações significativas de sedimentos em suspensão na região da área de descarte são encontradas, apesar de mostrar valores relativamente altos de altura significativa das ondas, apresentou correntes predominantemente de nordeste para sudoeste, incomuns em condições de passagem de frentes frias.

A partir dos resultados de evolução do fundo para a região costeira (**Figuras 4.1.8.7.35 e 4.1.8.7-40**) nota-se que, tanto para a simulação de Janeiro (representando condições de verão) quanto para a simulação de Julho (representando condições de inverno), a região costeira, em sua maior parte, não apresenta mudanças significativas na quantidade de sedimento de fundo.

Isto sugere que variações morfodinâmicas da região ocorrerão de forma significativa em períodos superiores às escalas de dias e meses, mesmo em situações de passagem de frentes frias.

Apesar desta característica de baixa alteração no transporte de sedimento de fundo nos períodos simulados, algumas áreas podem ser destacadas. Foram selecionados três pontos com o comportamento morfodinâmico mais alterado em relação à média do domínio, e extraídos os respectivos dados de evolução temporal da concentração de sedimento de fundo em kg/m<sup>2</sup>. Além desses três locais estudados, uma quarta região - representativa do padrão de comportamento do transporte do sedimento de fundo na costa simulada - teve extraída também sua evolução temporal da concentração de sedimento de fundo. As quatro regiões mencionadas são:

- Região da Ponta de Itaipu;
- Porção oeste da Baía de Santos;
- Sul da Ilha da Moela e,
- Região costeira de Praia Grande.

Os resultados dos perfis temporais de concentração de sedimento de fundo e velocidade das correntes apresentados nas **Figuras 4.1.8.7-35 e Figuras**

**4.1.8.7-31**, respectivamente, para a simulação de Janeiro e **Figuras 4.1.8.7-40** e **4.1.8.7-36** e respectivamente, para a simulação de Julho, mostram que a região da Ponta de Itaipu tem sua dinâmica sedimentar relacionada principalmente aos eventos de frentes frias, apresentando variações mais acentuadas no transporte de sedimentos quando o ambiente apresenta intensificação das correntes de sudoeste para nordeste (condições típicas de frentes frias).

A comparação entre os perfis temporais de direção e intensidade das correntes e do perfil temporal da diferença de concentração de sedimentos no fundo na região da Ponta de Itaipu, conforme apresentados nas **Figuras 4.1.8.7-35** e **4.1.8.7-31** para Janeiro e as **Figuras 4.1.8.7-40** e **4.1.8.7-36** para Julho, evidenciam este comportamento.

Um exemplo dessa evidência está no período entre os dias 4 e 5 de Janeiro, onde ocorreu a presença de correntes mais intensas e a consequente diminuição da concentração de sedimentos no fundo na Ponta de Itaipu.

Ainda de acordo com as **Figuras 4.1.8.7-31** e **4.1.8.7-35**, é possível notar que, devido à configuração da costa na região da Ponta de Itaipu que atua como uma barreira para as correntes, obrigando-as a alterar a direção, o sentido preferencial das correntes em condições hidrodinâmicas típicas de passagem de frentes frias é noroeste-sudeste, enquanto que em praticamente em todo o domínio simulado, a direção preferencial das correntes sob as mesmas condições é para nordeste.

Pode-se assumir então que, intervalos temporais das figuras que mostram o alinhamento das correntes na direção sudeste para a Ponta de Itaipu, estão submetidos a um cenário típico de passagem de frente fria.

Os resultados dos perfis temporais da diferença de concentração de sedimento de fundo apresentados nas **Figuras 4.1.8.7-35** e **4.1.8.7-40** para as simulações de Janeiro e Julho, respectivamente, mostram que a região da porção oeste da Baía de Santos apresentou uma pequena deposição de sedimentos durante as simulações dos meses citados, com aumentos na taxa de deposição quando as

condições hidrodinâmicas e de ondas apresentavam padrões típicos de passagem frente fria.

Os perfis de concentração de sedimentos no fundo para a porção oeste da Baía de Santos e a região da Ponta de Itaipu, sugerem que parte do sedimento retirado da Ponta de Itaipu depositou-se na porção mais a oeste de Baía de Santos.

Isto se deve ao padrão de circulação local que transporta parte da água e sedimento da região costeira ao sul da Baía de Santos, para a porção oeste da mesma, onde, por ser uma região mais abrigada, apresenta uma menor na intensidade das correntes fazendo com que parte deste sedimento se deposite no próprio local.

Este resultado corrobora com alguns trabalhos relativos ao transporte de sedimentos realizados na região como Ponçano (1976) e Ponçano (1985), onde foi também sugerido que, parte dos sedimentos transportados das regiões costeiras ao sul da Baía de Santos, se depositava no local. Esta observação indicou que o descarte do material dragado que há décadas atrás era feito na região da Ponta de Itaipu deveria ser realizado em outro local para que não houvesse retorno deste material dragado para dentro da Baía de Santos.

A região sul da Ilha da Moela mostrou também um processo de transporte de sedimentos um pouco maior do que a média para o domínio, porém, não apresentou valores significativamente suficientes para caracterizar a região como área de erosão, como apresenta a **Figura 4.1.8.7-35** para a simulação de Janeiro e a **Figura 4.1.8.7-40** para a simulação de Julho, mostrando que os processos hidrodinâmicos atuantes nas proximidades da ilha não causam alterações significativas no balanço da quantidade dos sedimentos de fundo do local.

Os perfis temporais de variação da concentração de sedimento de fundo na região costeira da Praia Grande (**Figuras 4.1.8.7-35 e 4.1.8.7-40** para a simulação de Janeiro e Julho, respectivamente) também mostram uma

variação aproximadamente nula. A região costeira de Praia Grande representa o comportamento médio observado para todo o restante do domínio simulado.

Isto evidencia mais uma vez que não há variações significativas no sedimento de fundo para a região na escala temporal estudada (*i.e.* dias a meses) indicando que alterações geomorfológicas do local ocorrem em escala temporal, no mínimo anual, devido, possivelmente, ao pequeno aporte de sedimentos continentais para a região costeira apresentada e às baixas taxas de erosão causadas pela ação das correntes e ondas incidentes no local.

Observando os perfis temporais de concentração de sedimento de fundo juntamente aos perfis temporais das velocidades das correntes para as quatro regiões observadas, nota-se que as maiores taxas de transporte de sedimentos ocorrem durante situações típicas de passagem de frentes frias, o que indica que a direção preferencial de transporte de sedimentos na região é na direção nordeste acompanhando o alinhamento da costa.

A partir dos mapas de concentração de sedimentos na coluna d'água, sugere-se também que o transporte de sedimentos, além de ter direção preferencial para nordeste, restringe-se à zona litorânea, podendo-se então indicar que o transporte de sedimentos na região é predominantemente gerado pelo transporte litorâneo devido ao perfil de ondas e correntes presentes na região.

Estes resultados foram também observados em trabalhos anteriores realizados na região por Ponçano (1976) e Ponçano (1985).

### **Região dos Canais do Estuário de Santos - São Vicente e Baía de Santos**

A característica mais marcante no padrão de transporte de sedimentos no interior do complexo estuarino Santos – São Vicente, é o domínio do transporte pela ação das marés, mostrando uma quase simetria no transporte das partículas na direção preferencial das correntes geradas pela variação do nível da água na região.

Os primeiros trabalhos, como a pesquisa realizada por EPUSPI-DAEE (1966), que realizaram um levantamento sobre comportamento dos sedimentos neste estuário, já haviam observado esta característica predominante no transporte destes materiais.

Para todos os mapas de concentração média de sedimentos na coluna d'água apresentados nas **Figuras 4.1.8.7-41** até **4.1.8.7-59**, os resultados para materiais finos (*i.e.* silte e argila) registraram maiores valores na região do alto estuário, enquanto que, o sedimento areia muito fina, apresentou concentrações mais significativas próximas aos pontos de vazão de água doce no alto do estuário (*i.e.* pontos de aporte de água e materiais sedimentares vindos do continente) e nas regiões compreendidas pela Baía de Santos e região costeira adjacente que apresentam areia muito fina na composição de fundo.

A maior presença de materiais em suspensão no alto do estuário se deve ao comportamento dos materiais sedimentares provenientes da drenagem continental se depositarem em sua maior parte já nesta região e, conseqüentemente, diminuindo a concentração de sedimentos suspensos na direção da desembocadura do estuário.

Este padrão de sedimentação evidencia uma baixa competência do complexo estuarino de Santos – São Vicente em transportar sedimentos devido ao seu comportamento hidrodinâmico conforme já observado por Ponçano (1985).

Durante os períodos simulados, a região do canal do Porto Organizado de Santos, apresentou concentrações médias na coluna d'água de sedimentos da ordem de 10 a 50 mg/L, atingindo valores acima de 100 mg/L, predominantemente, durante os períodos de maior vazão dos rios.

Isto se deve ao fato de que quando a vazão dos rios aumenta, conseqüentemente, ocorre o aumento do aporte de sedimentos para a região dos canais estuarinos, permitindo maiores concentrações de sedimentos em suspensão no local.

Devido à composição do fundo a partir da boca dos canais estuarinos para áreas mais profundas ser composta, em sua totalidade, por areia muito fina, a Baía de Santos é dominada por materiais em suspensão dessa classe de sedimento. A maior parte deste sedimento em suspensão é gerada, predominantemente, da re-suspensão do sedimento de fundo que sofre a ação erosiva de ondas e correntes presentes na região. Apenas uma pequena parte do fundo é composta pelo sedimento exportado do estuário para a região costeira.

Isto pode ser observado nas **Figuras 4.1.8.7-45 e 4.1.8.7-56** que mostram as plumas de sedimento em suspensão provenientes da boca dos canais estuarinos, não avançando mais do que os limites da Baía de Santos, tanto para silte quanto para areia muito fina.

A partir da **Figura 4.1.8.7-58**, é possível observar as Pontas de Itaipu e da Munduba atua como barreiras naturais, atenuando o transporte de materiais em suspensão de regiões costeiras ao oeste e ao leste da Baía de Santos ao interior da mesma. Este padrão de transporte de sedimentos na Baía de Santos foi também mencionado por Sondotécnica (1977).

As **Figuras 4.1.8.7-46 até 4.1.8.7-55** apresentam uma sequência de mapas de concentração média de silte na coluna d'água das 09:00 às 18:00 h do dia 10 de Janeiro de 2009, período compreendido entre uma maré vazante e uma maré enchente (**Figura 4.1.8.7-56**), onde é possível observar o avanço do material da região do estuário em direção à Baía de Santos, predominantemente, pelo canal de acesso ao Porto Organizado de Santos.

Isto sugere que a região do canal de acesso, atua como uma via preferencial de transporte de sedimentos, vindos do canal de navegação do Porto para a Baía de Santos.

Este padrão, possivelmente, está relacionado ao fato do canal de acesso apresentar uma profundidade maior em relação ao seu entorno e com velocidades de correntes junto ao fundo menores, atuando como uma região

onde, o sedimento que chega à mesma, fica sujeito a correntes de menor intensidade, não sendo transportado para fora deste canal.

A partir dos perfis de evolução da profundidade de algumas regiões do estuário (**Figuras 4.1.8.7-61 e 4.1.8.7-62**), pode-se notar que, todo interior do estuário apresenta-se como, predominantemente, deposicional, não havendo processos erosivos significativos.

Isto se deve a fatores relacionados à baixa intensidade das correntes na região, aliado à coesividade do sedimento de fundo (EPUSPI-DAEE, 1966). Vale salientar que, para a região, o processo de deposição devido à baixa intensidade das correntes é mais importante do que a deposição por floculação dos materiais finos (Fúlfaro *et al.*, 1976).

Alguns trabalhos como os realizados por Fúlfaro & Ponçano, 1976 e EPUSPI-DAEE, 1966, sugerem que os mangues presentes na região do alto estuário santista, atuam como um filtro de material sólido aumentando ainda mais o processo de retenção de sedimentos nesta região mais no interior do estuário.

Os resultados do modelo numérico poderão sofrer prejuízos relacionados à deposição de sedimentos nos manguezais, pois este não contabiliza o papel filtrante do mangue conforme sugerem os autores citados. No entanto, este prejuízo terá um efeito localizado, não trazendo alterações significativas nas demais áreas simuladas.

A partir dos resultados das simulações numéricas para os meses de Janeiro e Julho (**Figuras 4.1.8.7-61 e 4.1.8.7-62**), é possível observar que os perfis que apresentaram maiores taxas de assoreamento, localizam-se na região do alto estuário.

Este comportamento já era esperado para o estuário devido à sua configuração hidrodinâmica fazer com que o mesmo não tenha competência suficiente para transportar todo o sedimento em suspensão ao longo de todo o estuário, depositando-se então a maior parte deste sedimento, logo nas áreas fonte de material continental, que ficam localizadas no alto do estuário.

A variação da taxa de assoreamento para a região do alto estuário ficou entre, aproximadamente, 1,80 cm/ano e 1,30 cm/ano. Estes dados corroboram com os apresentados por Fukumoto (2007) que registrou variações médias de profundidade de  $(1,58 \pm 0,15)$  cm/ano para a região do Largo de Santa Rita e  $(1,34 \pm 0,13)$  cm/ano para a região do Largo do Canéu para o período de 1964 ao ano de 2002.

Os canais de navegação do Porto apresentaram-se com um acentuado equilíbrio morfodinâmico variando sua taxa de sedimentação entre, aproximadamente, 1,30 cm/ano e 0,6 cm/ano, evidenciando mais uma vez a retenção da maior parte dos sedimentos que chegam ao estuário, já na região dos largos.

O perfil do ponto localizado na região do canal de navegação próxima à entrada do canal do Porto Organizado de Santos (**Figura 4.1.8.7-60**) foi o único que, durante os períodos simulados, apresentou um processo de erosão, porém, a variação da profundidade foi muito pequena (menor que 0,1 cm/ano), indicando que o processo erosivo não foi significativo para causar alterações significativas na profundidade do local.

De um modo geral, o canal de acesso apresentou um processo erosivo, muito pouco significativo, após seu aprofundamento, tanto para a simulação do mês de Janeiro (representando condições típicas de verão) quanto para a simulação do mês de Julho (representando condições típicas de inverno).

Este processo foi observado na maior parte da região da Baía de Santos, porém em nenhum local, foi registrada uma taxa de erosão significativa como mostra a **Figura 4.1.8.7-63**.

Isto se deve ao fato da região ser relativamente abrigada e, portanto, não apresentar correntes e condições de ondas que possam remobilizar quantidades mais significativas de sedimentos em relação àquelas encontradas nos resultados apresentados.

Um importante processo de assoreamento dos canais de acesso e navegação do Porto Organizado de Santos é o desbarrancamento do talude dos canais após a dragagem dos mesmos. Possíveis instabilidades decorrentes do grau de inclinação acentuado destes taludes podem gerar um processo de acomodação do sedimento na borda, em direção ao centro dos canais.

Um acompanhamento realizado por EPUSPI-DAEE (1966) mostrou que, na região do cais do Barnabé, ocorreu um assoreamento de, aproximadamente, um metro de espessura nos primeiros 150 metros da muralha de atracação, em um período de aproximadamente 45 dias após a dragagem do local.

O assoreamento dessa magnitude não está relacionado a sedimentos vindos da drenagem continental que chegam ao estuário e se depositam neste local, mas sim ao processo de desmoronamento da borda do canal em direção à região central do mesmo.

Este processo de acomodação do sedimento causado pela alteração da inclinação do talude dos canais e não pode ser simulado pelo modelo numérico.

Uma sugestão para o acompanhamento da evolução da borda dos canais é a realização de levantamentos batimétricos do local imediatamente antes da dragagem no local e periodicamente após a mesma.

#### **4.1.8.9 Caracterização dos Sedimentos**

Ressalta-se que neste capítulo os resultados referentes à caracterização do sedimento na região estuarina do Porto, segundo as determinações da Resolução CONAMA nº 344/04, são apresentados através de dados pretéritos (histórico da área), como as análises realizadas de forma concomitante com a dragagem de aprofundamento.

A conclusão da dragagem de aprofundamento provavelmente ocorrerá entre os meses de julho e setembro de 2011. E somente após seu término serão

realizadas as coletas para obter as características sedimentológicas do fundo do canal de navegação.

A seguir é apresentado inicialmente um histórico dos estudos realizados na área, e em seguida os resultados obtidos dos levantamentos de campo (dados primários) obtidos nos dias 03, 04 e 29 de março de 2011.

### **Histórico dos estudos realizados na área – Dados Pretéritos**

A caracterização dos sedimentos apresentada no presente relatório segue as diretrizes da Resolução Conama 344/04. Esta caracterização refere-se ao detalhamento do trecho do canal do Porto compreendido entre a Barra até a região do antigo aterro sanitário da Alamoia (RFR, 2008).

Diversos estudos já foram realizados anteriormente no sentido de caracterizar esta área em relação à contaminação da água, sedimento e biota, sendo que alguns deles referentes especificamente aos sedimentos estão resumidamente apresentados a seguir.

Para caracterizar a contaminação de sedimentos na região do estuário de Santos foi realizado um levantamento de dados secundários com coletas nos períodos de 1997 a 2002. Os relatórios utilizados para a compilação dos dados foram:

- Codesp (2002), com coletas realizadas em 2002;
- Cetesb (2001), com coletas realizadas em 1997 e 1999;
- Abessa (2002), com coletas realizadas em 1998;
- Cetesb (1998), com coletas realizadas em 1998.

Para comparação entre os resultados, os pontos de coleta desses relatórios foram agrupados em micro-regiões que compreendem os seguintes trechos do estuário (**Figura 4.1.8.9-1**):

- Micro-região A: Ponta da Praia - Barra
- Micro-região B: Ilha das Palmas
- Micro-região C: Dow Química – Armazém 38 e 39
- Micro-região D: Tefer
- Micro-região E: Tecon
- Micro-região F: Vicente de Carvalho
- Micro-região G: Dirop
- Micro-região H: Ilha Barnabé
- Micro-região I: Saboó e lixão Ilha dos Bagres
- Micro-região J: Alamoia

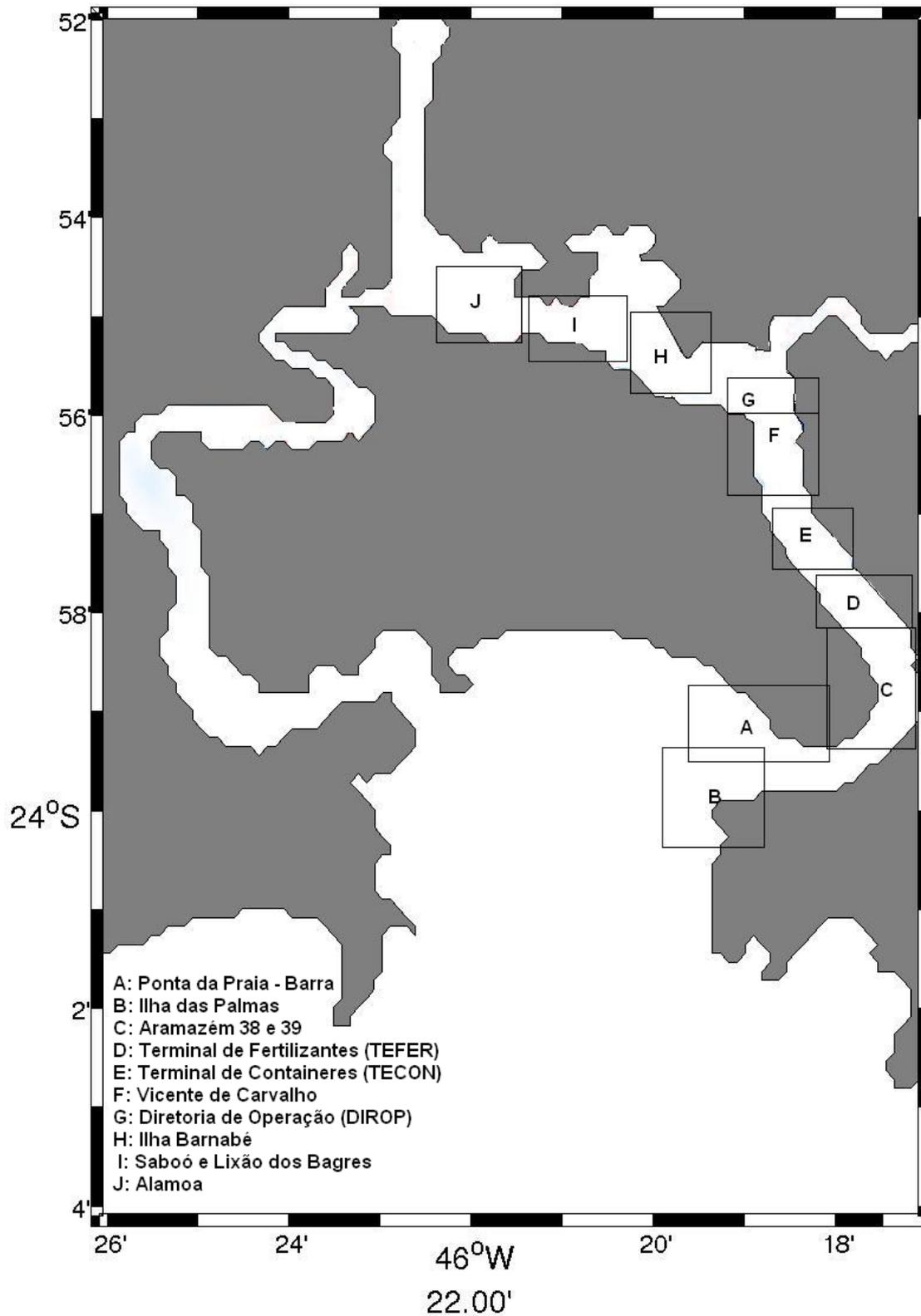


Figura 4.1.8.9-1: Agrupamento de micro-regiões para estudo do estuário.

Na época da emissão dos relatórios consultados não havia no Brasil uma legislação que classificasse a contaminação de sedimentos marinhos, portanto a maioria dos trabalhos faz uma comparação, principalmente no que diz respeito às concentrações de metais, entre os resultados obtidos com valores orientadores (TEL e PEL) fornecidos pela agência de proteção ambiental canadense (*Canadian Council of Minister of the Environment*). No entanto, em 2004 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) publicou a Resolução nº 344 que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Desta forma, os resultados resumidamente apresentados a seguir, foram comparados com dois níveis classificatórios para água salina-salobra estabelecidos pela Resolução 344/04:

**-Nível 1:** limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota

**-Nível 2:** limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota

Os resultados obtidos na época podem ser resumidos da seguinte forma:

### **Metais e semi-metais**

O cobre foi quantificado acima do **Nível 1** nas micro-regiões C, F, I e J. As maiores concentrações foram obtidas na micro-região F, localizada no distrito de Vicente de Carvalho, com um valor médio de 32,2 mg/kg de Cu, sendo que a maior concentração, de 101,7 mg/kg, foi quantificada pela Codesp (2002). A menor concentração obtida de Cu no sedimento ocorreu na micro-região A (Ilha das Palmas e Ponta da Praia) por Cetesb. (2001), e foi de 1,7 mg/kg.

O zinco foi quantificado acima do **Nível 1** nas micro-regiões F, G, H e J. As maiores concentrações amostradas foram na micro-região J (Alamoá) com uma média de 128 mg/kg. A maior e a menor concentração foram obtidas na micro-região H (Ilha Barnabé): 284 mg/kg por Abessa (2002) e 13 mg/kg pela Codesp (2002), respectivamente.

O níquel foi quantificado acima do **Nível 1** na maioria das micro-regiões, com exceção para A (Ilha das Palmas e Ponta da Praia) e (Tecon).

CETESB (1998) quantificou Ni acima do **Nível 2** em apenas uma amostra na micro-região D, localizada próximo à Dow Química, obtendo uma concentração de 100 mg/kg. Pela análise dos resultados obtidos pela Codesp (2002), as maiores concentrações foram evidenciadas nas micro-regiões D (Tefer) e J (Alamoá), com valores médios de 23,9 e 23,4 mg/kg, respectivamente, e a menor concentração quantificada foi de 2,2 mg/kg na micro-região B, localizada na Ponta da Praia.

O chumbo foi quantificado acima do **Nível 1** na maioria das micro-regiões, com exceção das micro-regiões I (Saboó e Ilha dos Bagres) e B (Ponta da Praia-Barra), sendo que esta última apresentou também um resultado acima do **Nível 2** na amostra coletada pela Codesp (2002) com 2.330 mg/kg. Desconsiderando este resultado por estar muito acima da média das demais amostras, a micro-região que apresentou as maiores concentrações foi a G (Dirop) com 59,9 mg/kg Cetesb (2001).

O cromo foi quantificado na maior parte das amostras, porém apenas uma amostra da micro-região H (Ilha Barnabé) apresentou concentrações superiores ao **Nível 1** (170mg/kg), em estudo realizado pela Cetesb (1998).

O mercúrio foi quantificado acima do **Nível 1** nas micro-regiões B, F, H, I e J, e acima do **Nível 2** nas micro-regiões G (Dirop) e H (Ilha Barnabé). A maior concentração de Hg encontrada no sedimento foi de 0,76 mg/kg (micro-região H) e a menor 0,021 mg/kg (micro-região A – Ilha das Palmas e Ponta da Praia), sendo que ambos os resultados são provenientes de Cetesb (2001).

O cádmio foi quantificado acima do **Nível 1** nas micro-regiões A, E, F, I e J, sendo que a média das maiores concentrações foi obtida na micro-região E (TECON) com 1,14 mg/kg, seguido da micro-região I (Saboó e lixão Ilha dos Bagres) com 1,10 mg/kg. A maior concentração quantificada foi de 1,92 mg/kg, obtida pela Codesp (2002).

### **Bifenilas policloradas (PCB)**

Os PCB totais, que compreende a somatória de 7 congêneres (2,4,4-triclorobifenil, 2,2,5,5-tetraclorobifenil, 2,2,4,5,5-pentaclorobifenil, 2,3,4,4,5-pentaclorobifenil, 2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil, 2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil, 2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil), não foram quantificados em nenhuma amostra acima do **Nível 1**, porém na micro-região E (Tecon) a somatória destes compostos, foi quantificada acima do **Nível 2** pela Codesp (2002), cuja concentração obtida foi de 289 ug/kg. As maiores concentrações estão na micro-região E, apresentando um valor médio de 50 ug/kg (o valor do **Nível 1** para a somatória é de 22,7 ug/kg ).

### **Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)**

Os HPA estão divididos em dois grupos pelo Conama 344/04, de acordo com a toxicidade dos compostos: grupo A (criseno, benzo(a) antraceno, benzo(a) pireno e dibenzo(a,h) antraceno) e grupo B (acenafteno, acenaftileno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, 2-metilnaftaleno e pireno).

O acenafteno e o fenantreno foram quantificados acima do **Nível 1** em dois pontos de coleta por Abessa (2002). Na micro-região H (Ilha Barnabé) foram obtidas concentrações de acenafteno de 210 ug/kg e fenantreno de 3.050 ug/kg, sendo que na micro-região J (Alamoá), foram obtidas concentrações de 40 ug/kg para acenafteno e 590 ug/kg para fenantreno.

O acenaftileno e o fluoranteno foram quantificados acima do **Nível 2**, também por Abessa (2002), nos mesmos pontos de coleta, com concentrações de 2.140 ug/kg de acenaftileno e 22.510 ug/kg de fluoranteno na micro-região H e 4.450 ug/kg de acenaftileno e 15.850ug/kg de fluoranteno na micro-região J. A micro-região H (Alamoá) apresentou ainda fluoreno acima do **Nível 2**, cuja concentração obtida foi de 880 ug/kg.

O antraceno foi quantificado acima do **Nível 1** nas micro-regiões H e J por Abessa (2002) com concentrações de 170 e 820 ug/kg respectivamente. Na

micro-região H foi quantificada, pelo mesmo autor, apenas uma amostra acima do **Nível 2**, com concentração 1.170 ug/kg.

O 2-metilnaftaleno foi quantificado acima do **Nível 1** pela Codesp (2002) nas micro-regiões A, B, C, e J, sendo a maior concentração obtida na micro-região B (Barra) com 106 ug/kg.

O pireno foi quantificado na micro-região I (Saboó e lixão Ilha dos Bagres) pela CODESP (2002) acima do **Nível 1** com 1.500 ug/kg, e acima do **Nível 2** nas micro-regiões H e J, com concentrações de 5.670 e 4.300 ug/kg, respectivamente (Abessa, 2002).

O benzo(a) antraceno foi quantificado em duas amostras acima do **Nível 1** na micro-região B pela CODESP (2002), sendo que a maior concentração obtida foi 105 ug/kg. O dibenzo(a,h) antraceno foi quantificado pela CODESP (2002) acima do **Nível 1** nas micro-regiões B, C, G, I e J sendo a maior concentração obtida de 30,9 ug/kg.

O criseno foi quantificado acima do **Nível 1** nas micro-regiões G, H e J e acima do **Nível 2** na micro-região F, com 860 ug/kg (Vicente de Carvalho) por Abessa (2002).

O benzo(a) pireno foi quantificado por Cetesb (2001) acima do **Nível 1** nas micro-regiões B, F,H, I e J e acima do **Nível 2** somente na micro-região J (Alamoá), com 1.210 ug/kg.

Através da análise dos dados pretéritos dos contaminantes acima citados, observa-se que o sedimento do estuário de Santos já apresenta problemas de contaminação há pelo menos uma década. Estudos anteriores realizados pela Cetesb (2001) no sistema estuarino de Santos e São Vicente, além de também encontrarem no sedimento níveis de concentrações elevados para vários contaminantes, apontam alguns fatores que podem contribuir para o aporte destes contaminantes:

-Escoamento da água superficial;

- Lançamento de efluentes líquidos industriais, portuários e domésticos;
- Vazamentos e acidentes ambientais;
- Deposição atmosférica;
- Disposição inadequada de resíduos sólidos domésticos e industriais.

Embora já estejam sendo realizadas medidas compensatórias com intuito de diminuir o aporte de contaminantes no sistema estuarino, o sedimento ainda permanece impactado em função justamente deste aporte desenfreado em décadas passadas.

Entre os anos de 2006 e 2007 a Fundação Ricardo Franco (FRF, 2008) realizou um estudo da qualidade do sedimento com o objetivo de caracterizar detalhadamente o trecho do canal do porto de Santos correspondente ao trecho da saída do canal de Piaçaguera e do canal do Porto de Santos até a Barra (próximo às áreas de fundeio), que são as regiões que sofrem atualmente processo de dragagem de aprofundamento.

Para facilitar a análise dos resultados foi realizada uma divisão em 3 micro-regiões de acordo com a divisão adotada pela própria Codesp (Companhia Docas do Estado de São Paulo), visando trabalhar melhor os dados coletados e assim, discutir comparativamente os resultados obtidos tentando-se caracterizar cada região de acordo com o grau de contaminação encontrado. Nessas 3 micro-regiões foram coletados sedimentos nos pontos enunciados a seguir, e mostrados na **Figura 4.1.8.9-2**:

1. Barra - Fortaleza: PSS-01 ao PSS-04, PSS-16 ao PSS-26 e PSS-51 ao PSS-58;
2. Fortaleza – Torre Grande: PSS-05 ao PSS-10; PSS-27 ao PSS-33 e PSS-59 ao PSS-63;
3. Torre Grande – Alamoia: PSS-11 ao PSS-15; PSS-34 ao PSS-50 e PSS-64 ao PSS-67;

As amostras de sedimento foram coletadas em 03 etapas: 1ª campanha realizada em Outubro de 2006, onde foram coletadas amostras referentes aos pontos PSS-01 ao PSS-15, a 2ª campanha realizada em Fevereiro de 2007 com coleta nos pontos PSS-16 ao PSS-50 e por último os pontos PSS-51 ao PSS-67, coletados em Agosto e Setembro de 2007, completando-se assim a caracterização do local de estudo. No total, foram coletadas na área do trecho do canal do porto de Santos, 67 amostras de sedimento superficial, 52 amostras de sedimento até a profundidade de 1 m e 52 amostras de sedimento até a profundidade de 2 m, totalizando assim 171 amostras de sedimento.

No trecho compreendido entre a Barra e a Fortaleza (micro região 1) somente foram caracterizadas as amostras de sedimento referentes à profundidade entre 1 e 2 m (PSS 16 ao PSS 26 e PSS 51 ao PSS 58), para o trecho da Fortaleza até a Torre Grande, foram caracterizados os sedimentos das profundidades até 1 m e entre 1 e 2 m (PSS 27 ao PSS 33 e PSS 59 ao PSS 63) e, finalmente, no trecho entre a Torre Grande e a Alamoia, foram caracterizados os sedimentos referentes a todas as profundidades (PSS 11 ao PSS 15, PSS 34 ao PSS 50 e PSS 64 ao PSS 67). Cabe ressaltar que nos pontos PSS 01 ao PSS 15 somente foi coletado sedimento superficial. As amostras de profundidade foram chamadas de PSST-1 (1m) e PSST-2 (2m)

Nessas amostras foram analisados os parâmetros químicos listados pela resolução Conama 344/04, listados no início desse documento.

Apesar da coleta de 171 amostras de sedimento, no relatório apresentado pela Fundação Ricardo Franco (FRF, 2008) são apresentados e discutidos apenas os resultados das amostras incluídas no EIA/RIMA para o estudo do aprofundamento do canal.

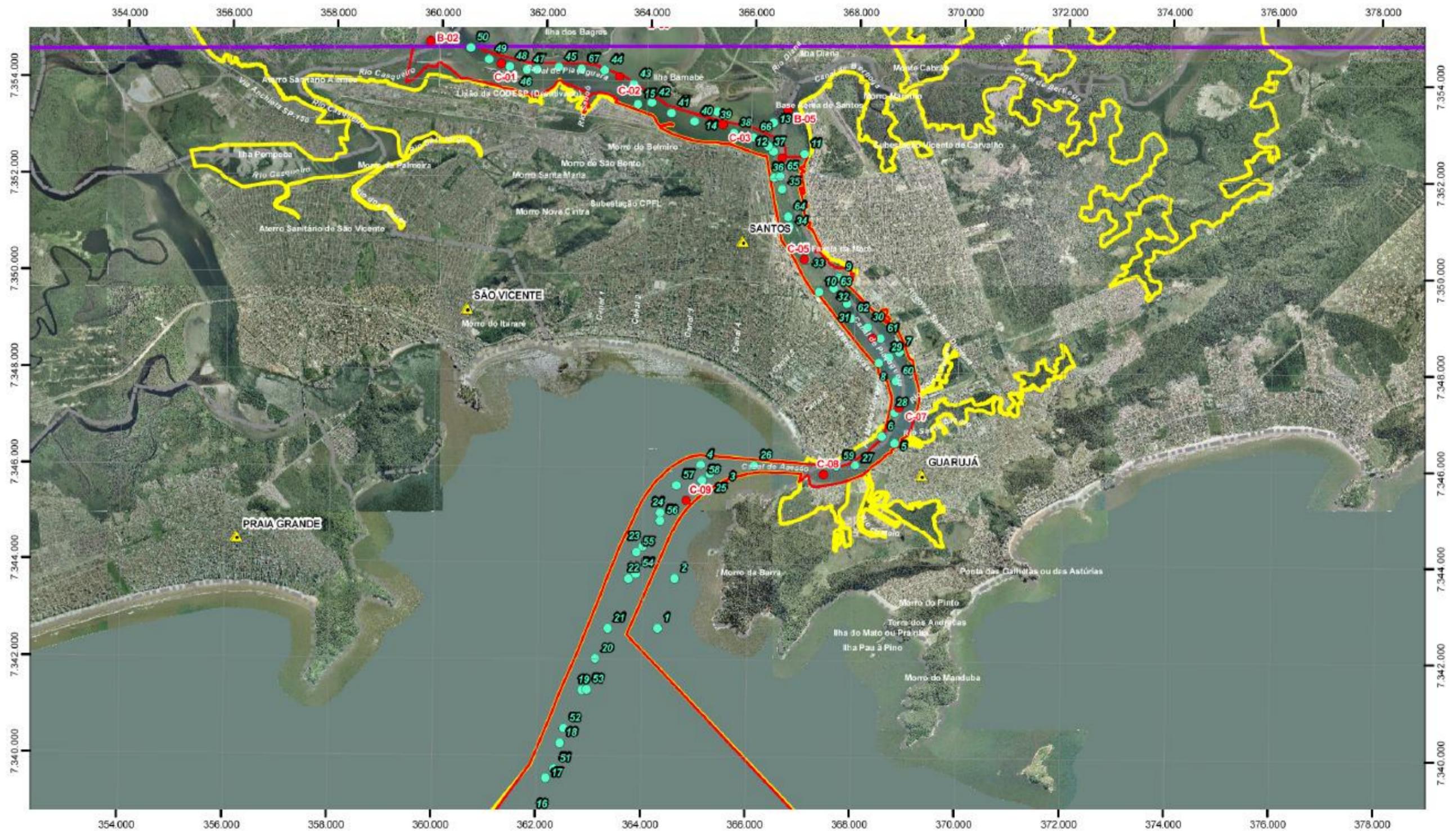


Figura 4.1.8.9-2: Localização dos pontos de coleta de sedimento entre 2006 e 2007 (FRF, 2008).



Um resumo das micro-regiões onde foram encontrados compostos em concentração superior ao nível 1 é apresentado a seguir.

### Nutrientes

Das 111 amostras coletadas nas 3 profundidades (26 de superfície, 33 até 1 m e 52 entre 1 e 2 m), 6 amostras (5 de superfície e 1 de 0 a 1 metro) apresentaram valores de carbono orgânico total acima do valor de alerta estabelecido pelo Conama 344/04, e apenas 1 ponto na profundidade de 1 a 2 metros apresentou nitrogênio kjedhal total acima do valor de alerta. A seguir, nas **Tabelas 4.1.8.9-1 e 4.1.8.9-2** são mostrados os pontos cujas concentrações excederam o Conama 344/04 para COT e NKT.

**Tabela 4.1.8.9-1: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para TOC.**

Região	Pontos amostrais
Barra – Fortaleza	nd
Fortaleza – Torre Grande	nd
Torre Grande - Alemoa	PSST 42, PSST 43, PSST 47, PSST 50

nd: não detectado

**Tabela 4.1.8.9-2: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para NKT.**

Região	Pontos amostrais
Barra - Fortaleza	PSST 26-2
Fortaleza – Torre Grande	nd
Torre Grande - Alemoa	nd

nd: não detectado

Como evidenciado, carbono orgânico total e nitrogênio kjedhal total apresentaram resultados superiores aos valores de alerta estabelecidos pela Resolução Conama 344/04 em alguns poucos pontos. Estes análises encontrados são um indicativo de contaminação oriunda principalmente de esgoto doméstico, embora algumas indústrias possam descartar estes nutrientes pelos seus efluentes. No entanto, a contaminação proveniente destas fontes já é bem retratada por diversos estudos realizados neste trecho do canal, como por exemplo, o realizado pela Cetesb (2001). Com relação ao

fósforo, em nenhum ponto amostral os valores encontrados excederam os valores de alerta estabelecidos pela mesma Resolução.

### PCBs e Pesticidas Organoclorados

Bifenilas Policloradas (PCBs) e Pesticidas organoclorados praticamente não foram detectados nas amostras de sedimento analisadas ao longo do canal. A redução na concentração de PCBs dos trabalhos de 2002 para o trabalho de 2007 pode ser resultado das operações de dragagem ocorridas durante o período.

### Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)

Os HPA, segundo a Resolução Conama 344/04, são divididos em dois grupos de compostos. Os compostos do grupo A são considerados prioritários e despertam maior preocupação que os demais compostos do grupo B, mesmo quando estes são encontrados acima do Nível 1.

Entre os compostos orgânicos semi-voláteis analisados nas amostras de sedimento de superfície, de 0 a 1 metro e de 1 a 2 metros na região do porto de Santos, alguns dos compostos foram quantificados acima do Nível 1 do Conama 344/04. As **Tabelas 4.1.8.9-3 a 4.1.8.9-8** trazem os pontos amostras cujas concentrações de dibenzo(a,h) antraceno, fluoreno, acenafteno, benzo(a) antraceno e antraceno excederam os limites do Nível 1.

**Tabela 4.1.8.9-3: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para dibenzo(a,h) antraceno.**

Região	Pontos amostrais
Barra - Fortaleza	PSS 25-2, PSS 26-2
Fortaleza – Torre Grande	PSS 31-2, PSS 33-1, PSS 33-2, PSS 59-1, PSS 60-1, PSS 60-2, PSS 61-1, PSS 61-2, PSS 62-1, PSS 62-2, PSS 63-1, PSS 63-2
Torre Grande - Alemoa	PSS 13, PSS 34, PSS 38, PSS 38-1, PSS 38-2, PSS 39, PSS 39-1, PSS 39-2, PSS 40, PSS 40-1, PSS 40-2, PSS 41, PSS 41-2, PSS 42, PSS 42-1, PSS 42-2, PSS 43, PSS 43-1, PSS 43-2, PSS 45, PSS 45-1, PSS 45-2, PSS 47, PSS 47-1, PSS 47-2, PSS 48, PSS 48-1, PSS 48-2, PSS 49, PSS 49-1, PSS 49-2, PSS 64, PSS 65, PSS 65-1, PSS 65-2, PSS 67-1

**Tabela 4.1.8.9-4: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para fluoreno.**

Região	Pontos amostrais
Barra - Fortaleza	nd
Fortaleza – Torre Grande	PSS 59-1
Torre Grande - Alemoa	PSS 36, PSS 36-2, PSS 38, PSS 39, PSS 39, PSS 39-1, PSS 39-2, PSS 40-1, PSS 40-2, PSS 42, PSS 42-1, PSS 42-2, PSS 43, PSS 43-1, PSS 43-2, PSS 45-2, PSS 49, PSS 49-1, PSS 49-2

**Tabela 4.1.8.9-5: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para acenafteno.**

Região	Pontos amostrais
Barra - Fortaleza	nd
Fortaleza – Torre Grande	PSS 33-1, PSS 33-2
Torre Grande - Alemoa	PSS 12, PSS 40, PSS 40-1, PSS 40-2, PSS 42, PSS 42-1, PSS 42-2, PSS 43-2, PSS 45-1, PSS 49, PSS 49-1, PSS 49-2

**Tabela 4.1.8.9-6: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para benzo(a) antraceno.**

Região	Pontos amostrais
Barra - Fortaleza	nd
Fortaleza – Torre Grande	PSS 59-1, PSS 62-1
Torre Grande - Alemoa	PSS 40, PSS 40-2, PSS 45, PSS 45-1, PSS 45-2

**Tabela 4.1.8.9-7: Pontos amostrais com concentração acima do Nível 1 para antraceno.**

Região	Pontos amostrais
Barra - Fortaleza	nd
Fortaleza – Torre Grande	PSS 59-1, PSS 62-1
Torre Grande - Alemoa	PSST 49-2

**Tabela 4.1.8.9-8: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para benzo(a) pireno.**

Região	Pontos amostrais
Barra - Fortaleza	nd
Fortaleza – Torre Grande	PSS 59-1, PSS 60-2, PSS 61-1, PSS 62-6, PSS 62-1
Torre Grande - Alemoa	nd

Pode ser observado um gradiente nas concentrações dos HPA, com aumento acentuado na direção interna do canal de Santos, mais especificamente, na região da Torre Grande até Alamoia. Este mesmo padrão já foi observado por outros estudos realizados no mesmo local (Abessa, 2002).

## Metais

Nas **Tabelas 4.1.8.9-9 e 4.1.8.9-10** são mostrados os pontos cujas concentrações de metais excederam o Nível 1 da Resolução Conama 344/04 no relatório emitido pela Fundação Ricardo Franco (FRF, 2008).

**Tabela 4.1.8.9-9: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para arsênio.**

Região	Pontos amostrais
Barra - Fortaleza	nd
Fortaleza – Torre Grande	nd
Torre Grande - Alemoa	PSS 11, PSS 12, PSS 13, PSS 14, PSS 15

nd: não detectado

**Tabela 4.1.8.9-10: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para mercúrio.**

Região	Pontos amostrais
Barra - Fortaleza	nd
Fortaleza – Torre Grande	nd
Torre Grande - Alemoa	PSS 11, PSS 13, PSS 14, PSS 15

nd: não detectado

Na **Tabela 4.1.8.9-11** são mostradas as concentrações dos metais acima do **Nível 1** existentes nos estudos pretéritos para a micro região 3.

**Tabela 4.1.8.9-11: Pontos amostrais com concentrações acima do Nível 1 para os dados secundários de estudos pretéritos.**

Metal	Torre Grande - Alemoa
Arsênio	PSS 72, PSS 81, PSS 82, PSS 83, PSS 84, PSS PSS 85, PSS 86, PSS 87, PSS 93, PSS 94, PSS 95, PSS 97
Chumbo	PSS 109
Cobre	PSS 88, PSS 101, PSS 109
Níquel	PSS 73, PSS 85, PSS 93, PSS 98, PSS 99
Mercúrio	PSS 71, PSS 72, PSS 73, PSS 95, PSS 96, PSS 97, PSS 98, PSS 108, PSS 109
Zinco	PSS 99, PSS 109

Na **Tabela 4.1.8.9-12** são mostradas os pontos cujas concentrações de mercúrio foram acima do **Nível 2** nos estudos pretéritos para a micro região 3.

**Tabela 4.1.8.9-12: Pontos amostrais com concentrações de metais acima do Nível 2 para os dados secundários de estudos pretéritos.**

Metal	Torre Grande - Alemoa
Mercúrio	PSS 93, PSS 94, PSS 99

De forma geral, ao longo do trecho investigado, a contaminação de metais parece ser uniforme nos sedimentos das 3 profundidades (superfície, 0 a 1 metro e 1 a 2 metros).

Levando-se em consideração os dados obtidos pela caracterização realizada pela Fundação Ricardo Franco (FRF, 2008), de um total de 35 amostras (9 de superfície, 9 até 1 m e 17 entre 1 e 2 m), foram encontradas concentrações de metais acima do Nível 1 para arsênio em 5 amostras e mercúrio foi encontrado acima do Nível 2 em 4 amostras.

Com relação especificamente ao mercúrio, a presença do mesmo nos sedimentos do estuário de Santos é bem relatada desde 1979. Diversos trabalhos apontam para a presença deste elemento em concentrações superiores ao Nível 2 da Resolução Conama 344/04 (0,71 mg/kg), como por exemplo Tommasi (1979), Cetesb. (2001), Luiz-Silva *et al.* (2002) e Siqueira *et al.* (2005).

Luiz-Silva *et al.* (2006) também realizou um trabalho em alguns rios e tributários ao longo do estuário de Santos com a finalidade de identificar valores de background para vários metais. Entre os elementos estudados, o valor estimado de background para arsênio esteve entre 12 e 14 mg/kg, para cádmio entre 0,11 e 0,12 mg/kg, para chumbo entre 14 e 15 mg/kg e para mercúrio entre 0,08 e 0,17 mg/kg. Ressalta-se que para alguns metais, estes valores de background são superiores aos apresentados como nível 01, como por exemplo o arsênio e o mercúrio.

O Programa de Monitoramento da Qualidade físico-química dos Sedimentos na Área a ser Dragada (PBA10) do Plano Básico Ambiental (PBA), objeto do Contrato DP/04.2010 firmado entre Codesp e Fundespa, contempla a amostragem de sedimento de forma distribuída desde a entrada do canal do

Porto até a região da Alamoia no estuário, incluindo os quatro trechos dragados para o aprofundamento. São os mesmos 67 pontos considerados no EIA/RIMA da dragagem de aprofundamento do Canal do Porto de Santos (FRF, 2008), conforme determinado no Termo de Referência.

O PBA prevê que as amostragens devem ter início 30 dias após a finalização das obras de dragagem. No primeiro semestre de 2010 não foram realizadas campanhas de amostragem deste programa, pois a obra de dragagem não havia sido concluída em nenhum trecho. Até o final do segundo semestre de 2010 apenas no trecho 2 a dragagem havia atingido a cota do projeto (**Figura 4.1.8.9-3**). Seguindo então o disposto de que a amostragem deve ser iniciada apenas 30 dias após a finalização das obras de dragagem, nenhuma amostragem foi realizada em 2010 pois a obra não havia terminado. A previsão de coleta do sedimento pela Fundespa está programada para o início de 2011, sendo que até o momento de confecção do presente relatório as análises químicas não foram concluídas.



Figura 4.1.8.9-3: Localização dos trechos de dragagem e Polígono de Disposição Oceânica (PDO).

---

**Dados Atuais da Caracterização do Canal do Porto de Santos**

Foram realizadas pela empresa DTA-Engenharia, em Março de 2011, coletas de sedimento superficial em 20 (vinte) pontos ao longo do Canal do Porto de Santos (**Figura 4.1.8.9-4.**).



**LEGENDA:**

 Pontos de Coleta de Sedimento

PONTO	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
P01	7.342.570	364.243
P02	7.343.656	362.587
P03	7.345.615	365.514
P04	7.346.759	368.579
P05	7.348.443	368.827
P06	7.349.945	367.688
P07	7.349.713	367.306
P08	7.352.544	366.399
P09	7.353.365	365.322
P10	7.354.199	360.677
P11	7.346.099	366.724
P12	7.345.604	366.346
P13	7.346.534	366.350
P14	7.346.056	365.536
P15	7.348.745	368.252
P16	7.350.701	366.835
P17	7.353.145	355.635
P18	7.353.692	363.433
P19	7.354.382	359.740
P20	7.354.046	358.757

**LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS**



Projeção Universal Transversal de Mercator - UTM  
Datum Horizontal WGS-84

**DTA Engenharia**



**REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL DO PORTO DE SANTOS**

**Diagnóstico Ambiental**

**Malha Amostral para Coleta de Sedimento**  
**Figura 4.1.8.9-4**

ELABORADO: Lela Santos	REVISADO: Flávia Granado	APROVADO: João Adolfo Gomes de Oliveira Neto	SOFTWARE: AutoCad 2011
PROJETO Nº: MA-CODESP-REG-CAD-1020-11	ESCALA: 1:45.000	DATA: 07/08/2011	PÁGINA: 0



Nesse sedimento foram realizadas análises químicas e físico-químicas balizadas pela resolução Conama 344/04. Os resultados desse estudo são mostrados na **Tabela 4.1.8.9-13 a 4.1.8.9-20**. Os laudos laboratoriais, referente a matriz sedimento, estão apresentados no **ANEXO 4.1.8.9-1**.

**Tabela 4.1.8.9-13: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011.**

Campanha de Sedimento - Amostragem realizada em 03 e 04 de Março de 2011																						
Parâmetros	Unidades	Limite de Detecção do Método	Limite de Quantificação do Método	CONAMA 344/04		PONTO AMOSTRAL																
				Nível 1	Nível 2	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10							
				479365	479366	479367	479369	479370	479371	481918	481919	481920	481921									
<b>Profundidade</b>																						
Profundidade	mg/Kg	0	-	NÃO CONAMA		13,6	13	8	15	12,7	2	15,5	16,3	6,8	7,7							
Temperatura	°C	0	-			23,9	24,7	24,9	24,7	24,8	24,5	24,8	24,7	24	22							
pH	-	0	-			7,33	8,14	8,22	7,5	7,55	7,84	7,49	7,78	7,44	7,3							
ORP	mV	-1999	-			-147	-66	100	-75	-60	-126	-140	-101	-122	-147							
<b>GRANULOMETRIA</b>																						
GRÂNULOS	%	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">LEGENDA</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFC0CB;">&gt; 75 %</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFDAB9;">&lt; 75 % &lt;</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFFFE0;">&lt; 50 % &lt;</td></tr> <tr><td style="background-color: #E0F7FA;">&lt; 25 % &lt;</td></tr> <tr><td style="background-color: #B3E5FC;">&lt; 10 %</td></tr> </table>				LEGENDA		> 75 %	< 75 % <	< 50 % <	< 25 % <	< 10 %	0,00	0,00	8,04	0,06	0,26	0,00	0,01	0,00	0,08	0,00
LEGENDA																						
> 75 %																						
< 75 % <																						
< 50 % <																						
< 25 % <																						
< 10 %																						
AREIA MUITO GROSSA	%					0,07	0,02	9,83	0,15	0,68	0,17	0,68	0,03	1,27	0,32							
AREIA GROSSA	%					1,31	0,04	10,60	0,39	1,94	0,34	1,33	0,41	2,29	3,31							
AREIA MÉDIA	%					4,69	0,18	7,16	2,19	5,71	1,32	1,07	2,20	2,84	8,77							
AREIA FINA	%					7,16	2,16	36,18	7,27	16,54	7,68	4,15	6,19	4,66	8,41							
AREIA MUITO FINA	%					25,24	79,68	15,08	31,87	26,57	54,28	48,81	12,42	15,71	8,44							
SILTE GROSSO	%					12,94	11,98	2,41	7,92	16,59	11,27	7,29	14,03	13,75	7,57							
SILTE MÉDIO	%	12,06	0,86	1,37	8,56	0,79	5,09	6,35	10,66	15,52	11,67											
SILTE FINO	%	11,21	0,60	2,01	9,31	7,71	4,73	5,90	10,55	11,56	10,40											
SILTE MUITO FINO	%	5,52	1,11	1,88	7,93	7,85	4,41	5,68	9,15	9,39	9,83											
ARGILAS	%	17,78	3,09	7,85	20,86	18,72	13,62	16,34	32,59	23,67	26,80											
MASSA INICIAL	g	76	178	250	149	105	160	124	126	76	75											
MASSA FINAL	g	74	178	256	144	109	165	121	124	77	72											
RECUPERAÇÃO	%	98	100	102	97	103	103	98	98	101	96											

Tabela 4.1.8.9-14: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011.

Campanha de Sedimento - Amostragem realizada em 03 e 04 de Março de 2011															
Parâmetros	Unidades	Limite de Detecção do Método	Limite de Quantificação do Método	CONAMA 344/04		PONTO AMOSTRAL									
				Nível 1	Nível 2	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
						479365	479366	479367	479369	479370	479371	481918	481919	481920	481921
<b>ARSÊNIO + METAIS</b>															
Arsênio	mg/Kg	1,2	3,7	8,2	70	19,5	7,8	21,4	11,5	13,9	8,2	10,3	16,1	16,2	10,9
Cádmio	mg/Kg	0,1	0,4	1,2	9,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chumbo	mg/Kg	0,8	2,5	46,7	218	22,1	6,7	5,4	18,9	21,7	15,3	15,6	16,9	27,0	26,3
Cobre	mg/kg	0,4	1,1	34	270	4,2	ND	0,6	6,7	6,6	5,6	5,3	3,9	14,6	14,4
Cromo	mg/kg	0,5	1,7	81	370	29,6	12,2	8,2	25,0	27,1	17,6	20,6	29,7	34,3	38,7
Mercúrio	mg/kg	0,012	0,038	0,15	0,71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	mg/kg	0,3	1,0	20,9	51,6	11,8	3,6	2,8	9,3	11,2	7,6	8,0	12,0	13,5	15,1
Zinco	mg/kg	0,3	1,0	150	410	57,9	27,9	21,4	61,9	68,6	55,6	49,5	61,5	101,0	99,9
<b>NUTRIENTES</b>															
Fósforo Total	mg/kg	9	26	2000		504	117	134	318	405	249	287	362	499	676
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	60	218	4800		1683	216	280	864	2426	1049	713	855	1945	876
Carbono Orgânico Total	%C	0,3	0,9	10		3,1	ND	0,5	2,4	2,7	1,7	2,1	2,7	3,4	4,0
Óleos e graxas	%	0,2	0,5	NÃO CONAMA		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tabela 4.1.8.9-15: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011.

Campanha de Sedimento - Amostragem realizada em 03 e 04 de Março de 2011															
Parâmetros	Unidades	Limite de Detecção do Método	Limite de Quantificação do Método	CONAMA 344/04		PONTO AMOSTRAL									
				Nível 1	Nível 2	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
						479365	479366	479367	479369	479370	479371	481918	481919	481920	481921
<b>BIFENILAS POLICLORADAS</b>															
PCB's	µg/kg	1,8	4,7	22,7	180	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
<b>HIDROCARBONETOS POLICICLICOS AROMÁTICOS</b>															
2-Metilnaftaleno	µg/kg	0,50	1,00	NÃO CONAMA		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Acenafteno	µg/kg	0,04	0,10	16	500	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Acenaftileno	µg/kg	0,04	0,10	44	640	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Antraceno	µg/kg	0,02	0,10	85,3	1100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Benzo(a)Antraceno	µg/kg	0,02	0,10	74,8	693	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Benzo(a)Pireno	µg/kg	0,04	0,10	88,8	763	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Criseno	µg/kg	0,02	0,10	108	846	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Dibenzo(a,h)Antraceno	µg/kg	0,04	0,10	6,22	135	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Fenantreno	µg/kg	0,04	0,10	240	1500	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Fluoranteno	µg/kg	0,03	0,10	600	5100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Fluoreno	µg/kg	0,02	0,10	19	540	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Naftaleno	µg/kg	0,03	0,10	160	2100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Pireno	µg/kg	0,04	0,10	665	2600	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Somatória de PAH's	µg/kg	---	----	3000		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

Tabela 4.1.8.9-16: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011.

Campanha de Sedimento - Amostragem realizada em 03 e 04 de Março de 2011															
Parâmetros	Unidades	Limite de Detecção do Método	Limite de Quantificação do Método	CONAMA 344/04		PONTO AMOSTRAL									
				Nível 1	Nível 2	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
						479365	479366	479367	479369	479370	479371	481918	481919	481920	481921
<b>PESTICIDAS ORGANOCLORADADOS</b>															
4,4-DDD	µg/kg	0,03	0,09	1,22	7,81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4-DDT	µg/kg	0,08	0,24	1,19	4,77	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4-DDE	µg/kg	0,02	0,06	2,07	374	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
alfa-BHC	µg/kg	0,02	0,07	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
alfa-Clordano	µg/kg	0,02	0,07	2,26	4,79	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
beta-BHC	µg/kg	0,05	0,15	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
delta-BHC	µg/kg	0,20	0,60	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	µg/kg	0,03	0,04	0,71	4,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin	µg/kg	0,02	0,07	2,67	62,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
gama-BHC (lindano)	µg/kg	0,03	0,10	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
gama-Clordano	µg/kg	0,04	0,14	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

**Tabela 4.1.8.9-17: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011.**

Campanha de Sedimento - Amostragem realizada em 29 e 30 de Março de 2011																					
Parâmetros	Unidades	Limite de Detecção do Método	Limite de Quantificação do Método	CONAMA 344/04		PONTO AMOSTRAL															
				Nível 1	Nível 2	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20						
				485409	485410	485411	485412	485413	488830	488831	488832	488833	488834								
<b>Profundidade</b>																					
Profundidade	mg/Kg	0	-	NÃO CONAMA	21	5,5	5,5	17	16	16	5,7	3,5	6	5,5							
Temperatura	°C	0	-		25,5	25,8	26	25	24,1	25	25,6	24,9	24,9	24,8							
pH	-	0	-		6,81	7,27	7,27	7,13	6,47	7,11	6,7	7,13	6,69	6,55							
ORP	mV	-1999	-		-4	87	-150	38	62	-45	-94	-105	-51	-67							
<b>GRANULOMETRIA</b>																					
GRÂNULOS	%			<table border="1" style="margin: auto; text-align: center;"> <tr><td colspan="2">LEGENDA</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFC0CB;">&gt; 75 %</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFDAB9;">&lt; 75 % &lt;</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFFFE0;">&lt; 50 % &lt;</td></tr> <tr><td style="background-color: #E0FFFF;">&lt; 25 % &lt;</td></tr> <tr><td style="background-color: #ADD8E6;">&lt; 10 %</td></tr> </table>	LEGENDA		> 75 %	< 75 % <	< 50 % <	< 25 % <	< 10 %	0,05	3,55	0,09	0,10	0,01	0,08	0,03	0,29	0,04	8,35
LEGENDA																					
> 75 %																					
< 75 % <																					
< 50 % <																					
< 25 % <																					
< 10 %																					
AREIA MUITO GROSSA	%				0,22	3,97	0,15	0,15	0,06	0,48	0,25	3,20	1,31	6,51							
AREIA GROSSA	%				1,04	2,51	0,39	1,53	0,54	1,63	1,27	4,34	2,07	4,07							
AREIA MÉDIA	%				3,34	1,43	0,99	6,35	1,64	3,39	3,63	3,30	1,94	3,19							
AREIA FINA	%				8,96	13,18	44,67	8,01	17,37	13,20	10,18	6,99	28,77	17,13							
AREIA MUITO FINA	%				22,61	56,43	48,88	13,94	33,62	19,63	22,95	25,14	22,76	30,50							
SILTE GROSSO	%				12,46	6,64	0,79	9,49	10,78	8,24	10,05	12,32	10,20	10,70							
SILTE MÉDIO	%			11,19	1,49	0,59	11,28	6,32	9,31	9,22	10,04	8,27	5,91								
SILTE FINO	%			10,30	2,16	0,40	12,38	5,93	7,03	9,63	9,09	7,07	5,26								
SILTE MUITO FINO	%			8,52	1,93	0,43	9,43	6,55	10,79	8,76	7,46	5,91	3,60								
ARGILAS	%			21,18	11,11	2,94	27,56	20,76	22,80	24,55	18,82	14,95	8,73								
MASSA INICIAL	g			138,71	188,91	159,32	94,60	168,02	134,35	162,91	146,42	190,94	172,54								
MASSA FINAL	g			138,51	197,19	159,82	94,70	174,02	140,36	163,77	147,86	197,20	179,36								
RECUPERAÇÃO	%			100	104	100	100	104	97	101	101	103	104								

Tabela 4.1.8.9-18: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011.

Campanha de Sedimento - Amostragem realizada em 29 e 30 de Março de 2011															
Parâmetros	Unidades	Limite de Detecção do Método	Limite de Quantificação do Método	CONAMA 344/04		PONTO AMOSTRAL									
				Nível 1	Nível 2	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
						485409	485410	485411	485412	485413	488830	488831	488832	488833	488834
<b>ARSÊNIO + METAIS</b>															
Arsênio	mg/Kg	1,2	3,7	8,2	70	23,5	23,3	4,3	22,4	14,5	19,8	13,0	14,2	8,5	6,1
Cádmio	mg/Kg	0,1	0,4	1,2	9,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chumbo	mg/Kg	0,8	2,5	46,7	218	20,0	5,7	3,9	25,6	14,5	20,5	19,9	20,8	10,3	7,9
Cobre	mg/kg	0,4	1,1	34	270	4,3	ND	ND	6,6	5,7	8,3	8,4	11,4	4,1	2,3
Cromo	mg/kg	0,5	1,7	81	370	31,3	10,9	8,5	37,5	21,3	32,2	28,7	32,5	20,6	21,8
Mercúrio	mg/kg	0,012	0,038	0,15	0,71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	mg/kg	0,3	1,0	20,9	51,6	12,0	4,2	2,3	15,0	8,2	12,4	10,9	12,3	8,3	8,3
Zinco	mg/kg	0,3	1,0	150	410	64,6	28,1	18,8	73,9	52,0	71,4	72,3	85,7	44,0	38,1
<b>NUTRIENTES</b>															
Fósforo Total	mg/kg	9	26	2000		565	110	149	730	261	800	623	852	415	287
Nitrogênio Kjehhall Total	mg/kg	60	218	4800		2424	330	565	4885	1492	2837	1609	1534	1074	2191
Carbono Orgânico Total	%C	0,3	0,9	10		3,9	0,6	n.d	4,4	0,4	2,8	3,7	3,4	3,0	5,8
Óleos e graxas	%	0,2	0,5	NÃO CONAMA		ND	ND	ND	0,2	0,2	ND	ND	ND	ND	ND

Tabela 4.1.8.9-19: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011.

Campanha de Sedimento - Amostragem realizada em 29 e 30 de Março de 2011															
Parâmetros	Unidades	Limite de Detecção do Método	Limite de Quantificação do Método	CONAMA 344/04		PONTO AMOSTRAL									
				Nível 1	Nível 2	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
						485409	485410	485411	485412	485413	488830	488831	488832	488833	488834
<b>BIFENILAS POLICLORADAS</b>															
PCB's	µg/kg	1,8	4,7	22,7	180	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS</b>															
2-Metilnaftaleno	µg/kg	0,50	1,00	NÃO CONAMA		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Acenafteno	µg/kg	0,04	0,10	16	500	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Acenaftileno	µg/kg	0,04	0,10	44	640	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Antraceno	µg/kg	0,02	0,10	85,3	1100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(a)Antraceno	µg/kg	0,02	0,10	74,8	693	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(a)Pireno	µg/kg	0,04	0,10	88,8	763	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Criseño	µg/kg	0,02	0,10	108	846	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dibenzo(a,h)Antraceno	µg/kg	0,04	0,10	6,22	135	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenantreno	µg/kg	0,04	0,10	240	1500	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoranteno	µg/kg	0,03	0,10	600	5100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoreno	µg/kg	0,02	0,10	19	540	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Naftaleno	µg/kg	0,03	0,10	160	2100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pireno	µg/kg	0,04	0,10	665	2600	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Somatória de PAH's	µg/kg	---	----	3000		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tabela 4.1.8.9-20: Resultados químicos e físico-químicos da amostragem realizada em Março de 2011.

Campanha de Sedimento - Amostragem realizada em 29 e 30 de Março de 2011															
Parâmetros	Unidades	Limite de Detecção do Método	Limite de Quantificação do Método	CONAMA 344/04		PONTO AMOSTRAL									
				Nível 1	Nível 2	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
						485409	485410	485411	485412	485413	488830	488831	488832	488833	488834
PESTICIDAS ORGANOCORADOS															
4,4-DDD	µg/kg	0,03	0,09	1,22	7,81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4-DDT	µg/kg	0,08	0,24	1,19	4,77	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,4-DDE	µg/kg	0,02	0,06	2,07	374	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
alfa-BHC	µg/kg	0,02	0,07	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
alfa-Clordano	µg/kg	0,02	0,07	2,26	4,79	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
beta-BHC	µg/kg	0,05	0,15	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
delta-BHC	µg/kg	0,20	0,60	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin	µg/kg	0,03	0,04	0,71	4,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin	µg/kg	0,02	0,07	2,67	62,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
gama-BHC (lindano)	µg/kg	0,03	0,10	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
gama-Clordano	µg/kg	0,04	0,14	0,32	0,99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

## **Parâmetros Físico-Químicos**

### **Granulometria**

Uma vez que quanto menor o tamanho do grão mais os compostos orgânicos e inorgânicos se associam ao sedimento, a análise granulométrica é fundamental para monitorar a qualidade do sedimento.

A **Figura 4.1.8.9-5** mostra a distribuição da granulometria nos pontos de coleta.

Os parâmetros granulométricos vêm sendo utilizados, há pelo menos cinco décadas, por diversos autores, como bons instrumentos na interpretação da hidrodinâmica e processos sedimentares dos fundos de áreas marinhas. Pettijohn (1975) afirma ainda que a acumulação de matéria orgânica e compostos inorgânicos em sedimentos é fortemente dependente da quantidade em argila depositada. Desta forma, a análise granulométrica é de fundamental importância para o monitoramento da qualidade dos sedimentos em regiões costeiras, subsidiando estudos de caráter ambiental e também ecológico, quando associadas à quimioindicadores como a matéria orgânica sedimentar.

Na região analisada pode-se observar um padrão de grãos mais finos (mais silte e mais argila) nos pontos P08, P09, P10, que são os pontos mais internos ao canal do porto. O P14, externo ao canal, também apresentou alto teor de grãos finos.

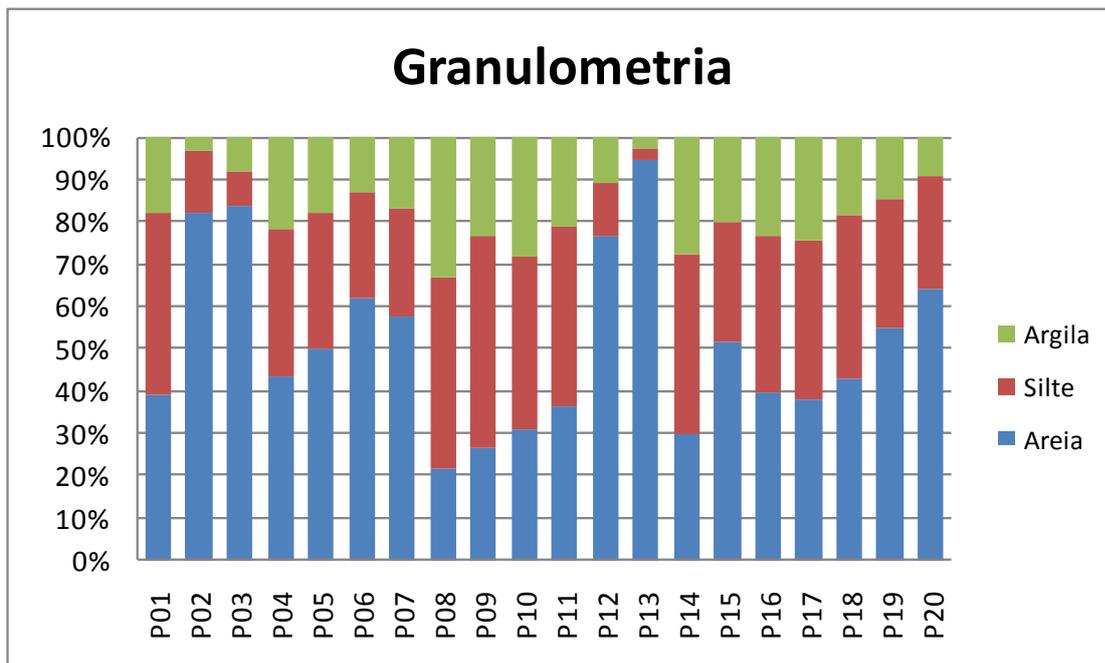


Figura 4.1.8.9-5: Distribuição granulométrica ao longo dos pontos de coleta.

### Potencial de Redução (ORP)

Os ciclos biogeoquímicos dos elementos traço são fortemente influenciados pelas reações de oxiredução e dependem do grau de oxidação do meio. A maioria dessas reações é mediada pelos organismos marinhos e é alimentada pela energia derivada da radiação solar transformada pelos organismos fotossintetizantes em matéria orgânica com liberação de O<sub>2</sub>. O processo redox não atinge o equilíbrio devido ao contínuo suprimento de energia solar e atividade de plantas e algas, além da oxidação da matéria orgânica.

Os únicos pontos que apresentaram potencial de redução positivo foram os pontos P03, P12, P14 e P15 (**Figura 4.1.8.9-6**).

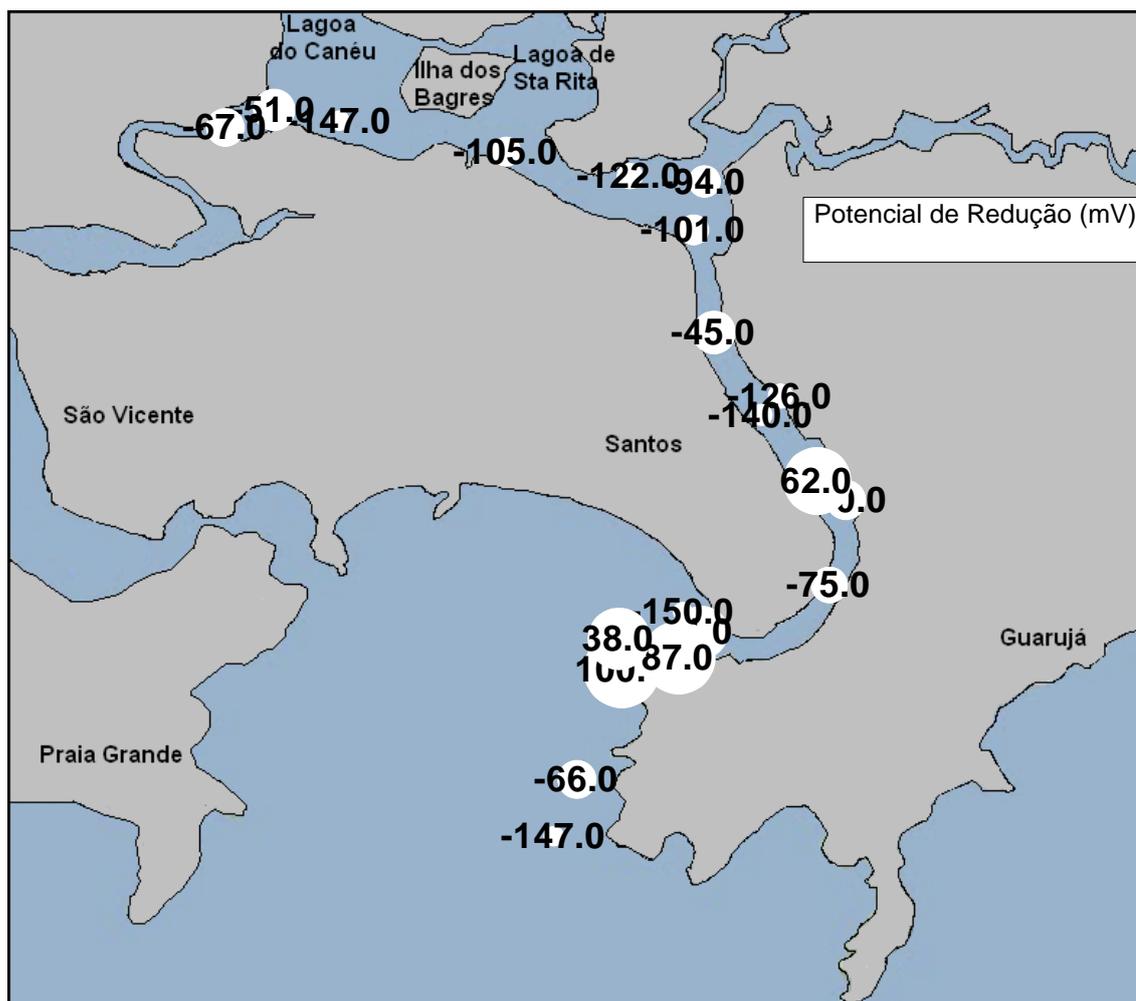


Figura 4.1.8.9-6: Variação do potencial de redução ao longo do pontos de coleta.

### Fósforo Total

As maiores concentrações de fósforo foram encontradas nos pontos mais interiores do canal (Lagoa de Santa Rita, P10 e Lagoa do Canéu, P18) além do ponto P01 e P14 (pontos externos ao canal). Esses pontos correspondem aos pontos onde foram encontradas as maiores concentrações de silte e argila.

A maior concentração encontrada, 852 mg/kg no ponto P18 é inferior ao limite da resolução Conama 344/04, que é de 2000 mg/kg (Figura 4.1.8.9-7).

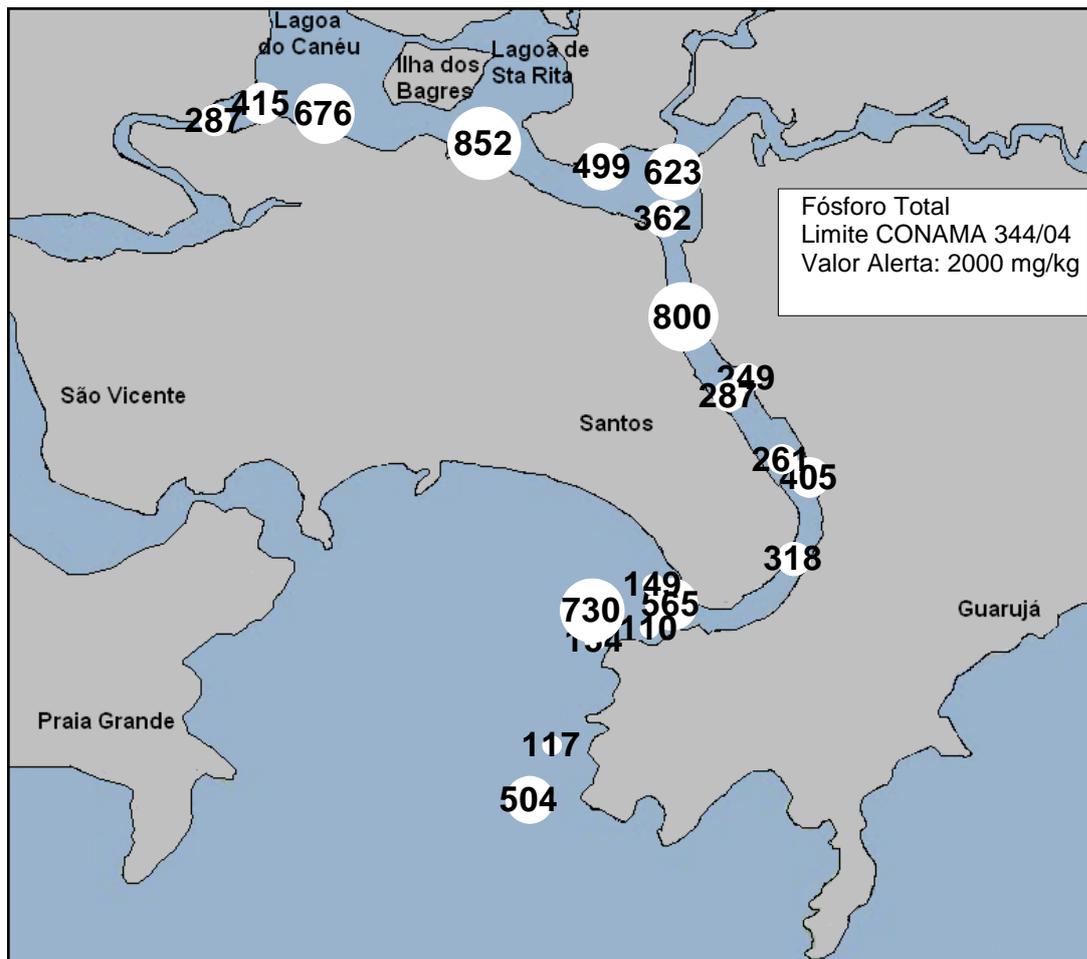


Figura 4.1.8.9-7: Variação da concentração de fósforo total ao longo dos pontos de coleta.

### Nitrogênio Kjeldahl Total

A maior concentração de nitrogênio kjeldahl total foi encontrada no ponto P14, 4885 mg/kg. Apenas nesse ponto a concentração foi superior ao limite da resolução Conama, que é de 4800 mg/kg.

Assim como para o fósforo total, além do ponto P14, as maiores concentrações foram encontradas também nos pontos P10 e P18 (**Figura 4.1.8.9-8**).

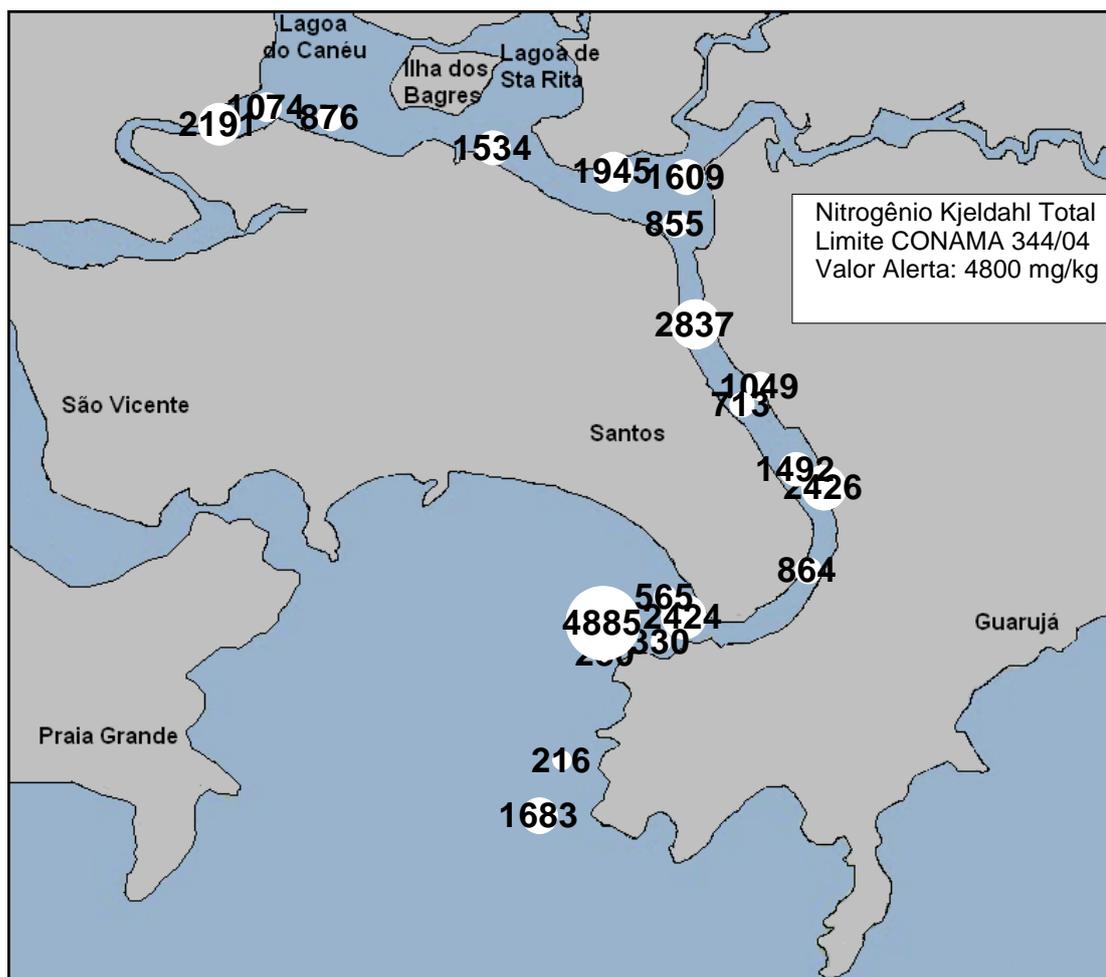


Figura 4.1.8.9-8: Variação da concentração de nitrogênio kjeldahl total ao longo dos pontos de coleta.

### Carbono Orgânico Total

A maior concentração de COT foi encontrada no ponto P18, com um valor de 5,8%, concentração inferior ao limite da resolução Conama 344/04, que é de 10% (Figura 4.1.8.9-9).

Assim como para o fósforo total e nitrogênio kjeldahl total, as maiores concentrações de carbono orgânico total também estão relacionadas aos pontos de maior teor de grãos finos.

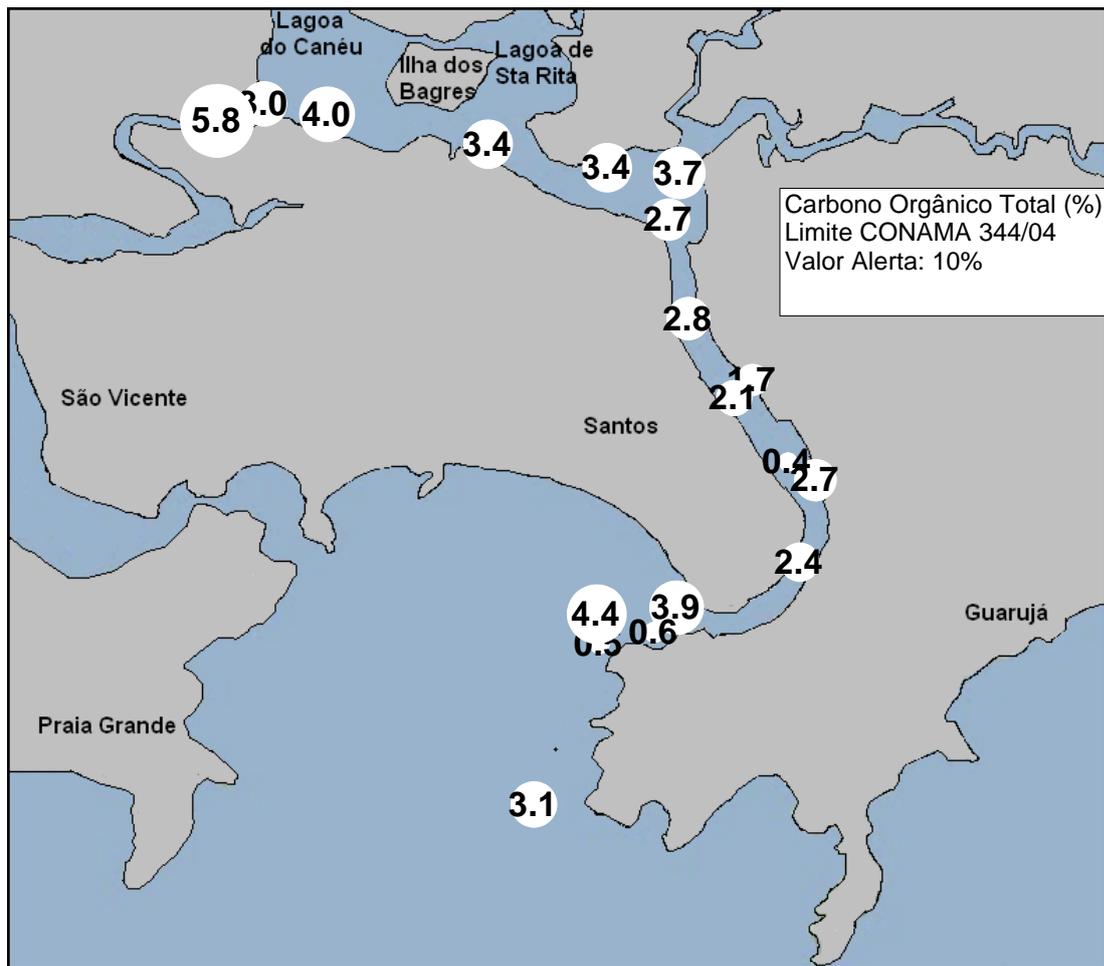
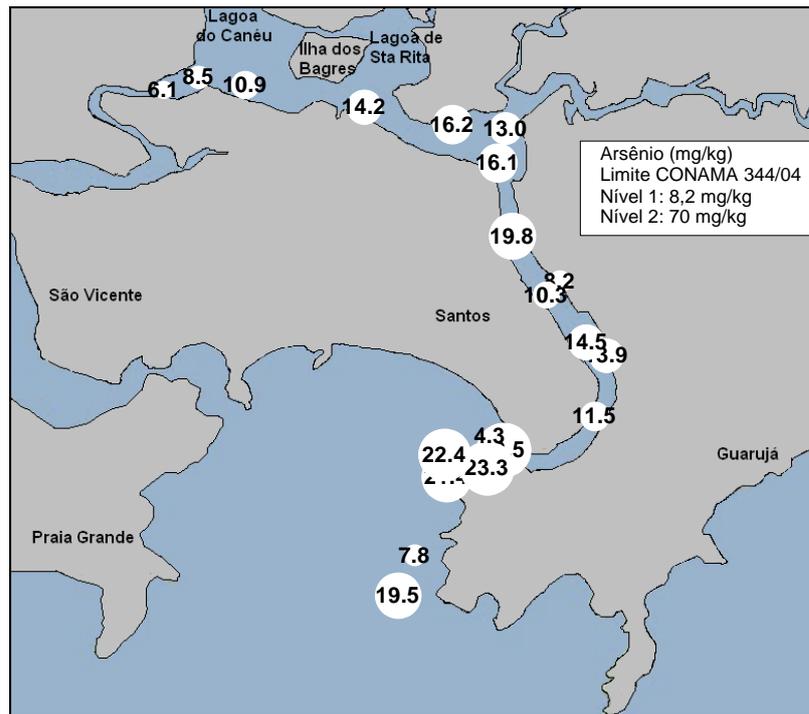


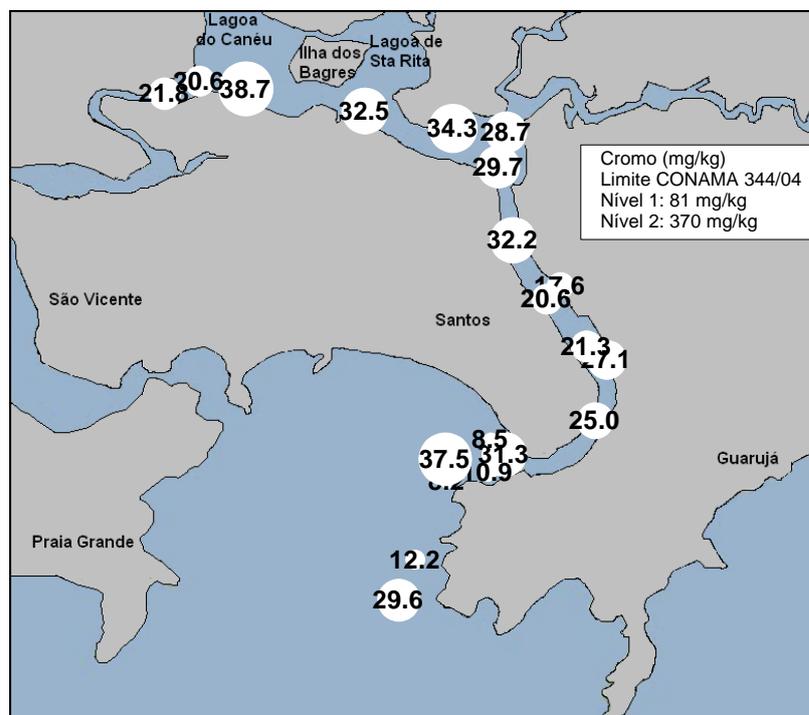
Figura 4.1.8.9-9: Variação da concentração de carbono orgânico total ao longo dos pontos de coleta.

## Metais

Dentre os metais analisados, o cádmio e o mercúrio não foram detectados em nenhuma amostra de nenhum ponto de coleta. As concentrações dos demais metais são mostradas nas **Figuras 4.1.8.9-10 a 4.1.8.9-15**.



**Figura 4.1.8.9-10: Variação da concentração de arsênio ao longo dos pontos de coleta.**



**Figura 4.1.8.9-11: Variação da concentração de cromo ao longo dos pontos de coleta.**

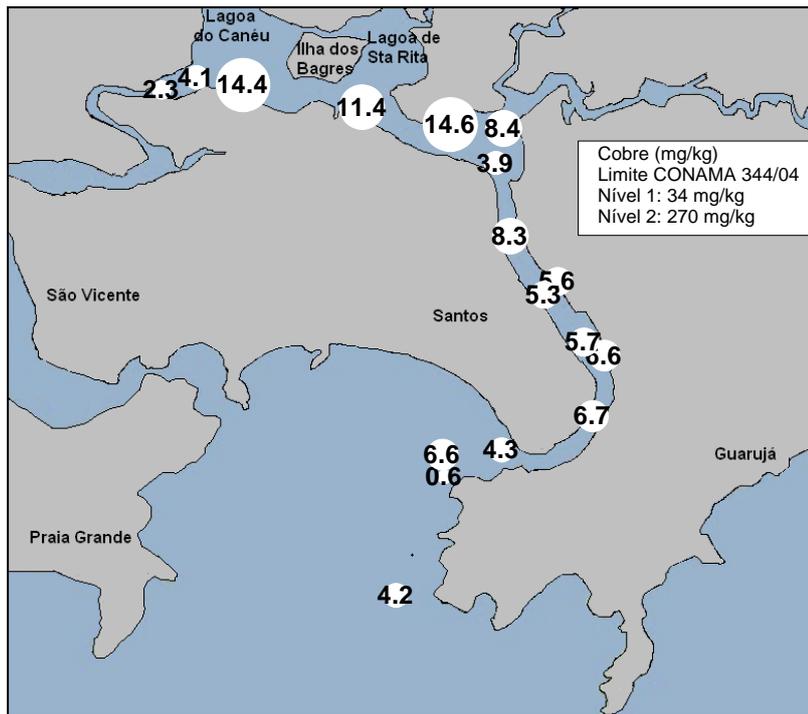


Figura 4.1.8.9-12: Variação da concentração de cobre ao longo dos pontos de coleta.

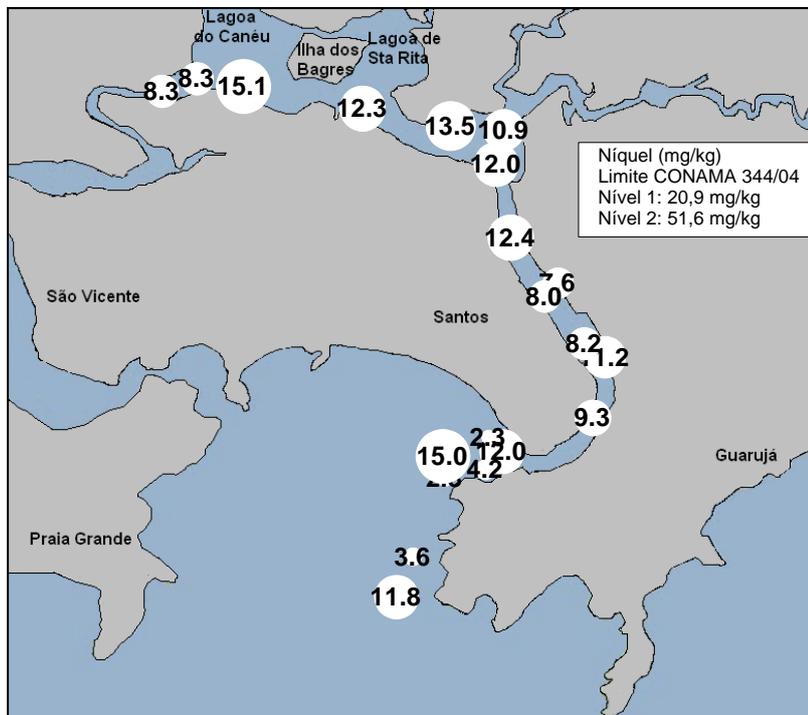
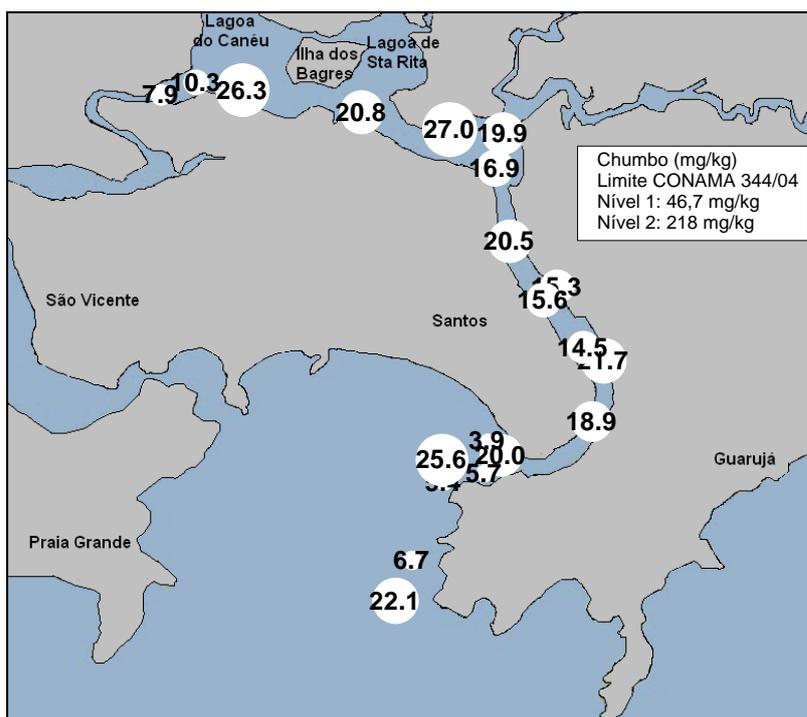
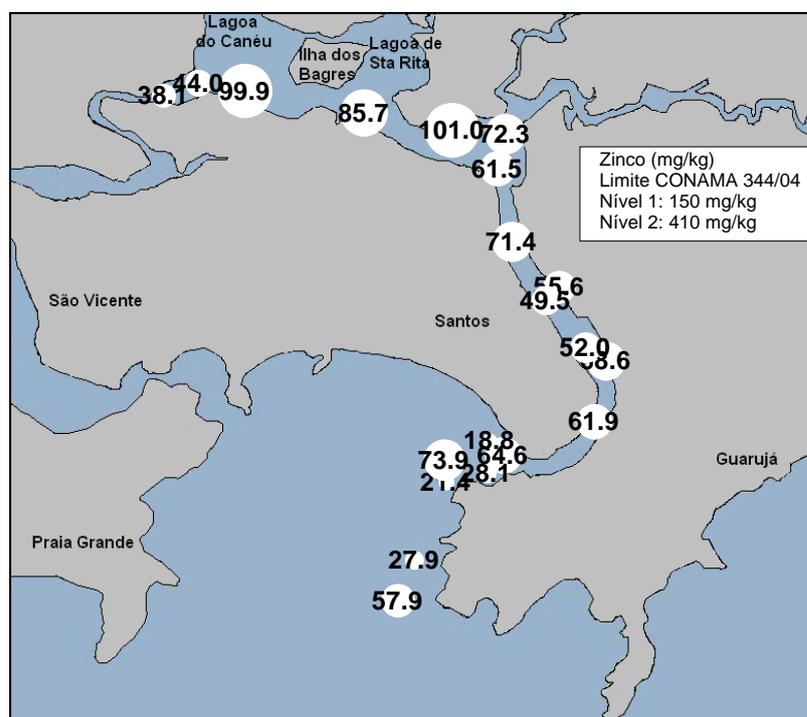


Figura 4.1.8.9-13: Variação da concentração de níquel ao longo dos pontos de coleta.



**Figura 4.1.8.9-14: Variação da concentração de chumbo ao longo dos pontos de coleta.**



**Figura 4.1.8.9-15: Variação da concentração de zinco ao longo dos pontos de coleta.**

Assim como observado para os nutrientes, as maiores concentrações de metais aparentam estar associadas aos pontos de maior teor de grãos finos. Dentre os metais analisados, apenas o arsênio foi detectado em concentração superior ao nível 1 da resolução Conama 344/04, sendo que apenas nos pontos P02, P06, P13 e P20 as concentrações de arsênio foram inferiores ao nível 1.

### **Compostos Orgânicos**

Foram realizadas análises de bifenilas policloradas (PCBs), hidrocarbonetos policíclico aromáticos (HPAs) e pesticidas organoclorados, além de óleos e graxas. Nenhum composto dessas classes foi detectado nos pontos de coleta.

### **Considerações Sobre a Qualidade Química do Sedimento na Região Estuarina (Canal de Navegação e Canal Externo)**

Comparando as concentrações dos compostos encontradas pela Fundação Ricardo Franco (FRF, 2008) com as concentrações dos compostos encontradas pela empresa DTA Engenharia em 2011 pode-se dizer que as concentrações dos contaminantes no sedimento encontradas em 2011 são inferiores às encontradas em 2006 e 2007 (FRF, 2008).

O relatório apresentado pela DTA Engenharia (2011) calcula que desde 2006 tenham sido dragados do canal do porto cerca de 9,3 milhões de m<sup>3</sup> de sedimento para a dragagem de manutenção do canal. Para a dragagem de aprofundamento foi previsto a remoção de cerca de 13,6 milhões de m<sup>3</sup> de sedimento. Devido à dragagem constante da região, pode-se considerar que o sedimento que foi caracterizado em 2006 e 2007 de Fundação Ricardo Franco (FRF, 2008) já tenha sido removido da região.

Apesar das concentrações de arsênio acima do nível 1 da resolução Conama 344/04, pode-se dizer que o sedimento do canal do porto, levando em consideração as premissas dessa resolução, possui qualidade satisfatória para dragagem e disposição em corpos hídricos.

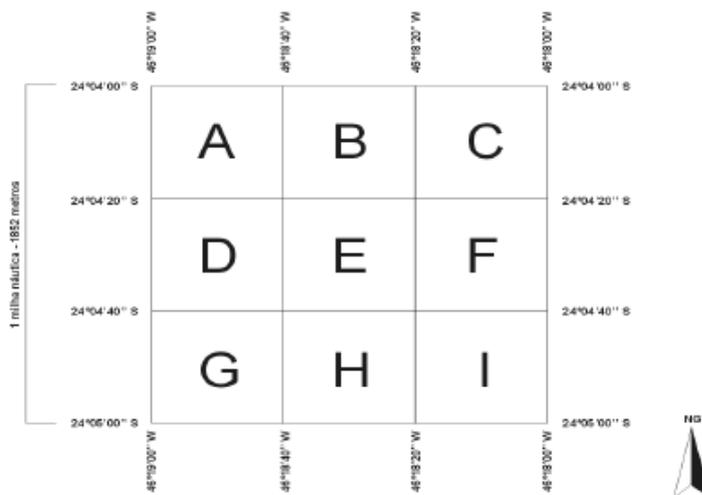
### **Qualidade do Sedimento na região de disposição do material dragado.**

O material dragado do Canal do Porto de Santos é disposto em uma região oceânica chamado de Polígono de Disposição Oceânica (PDO). Além do material dragado do Canal do Porto de Santos, eventualmente material dragado do canal da COSIPA é também disposto nesse polígono.

Existem atualmente dois PDOs sendo utilizados. Um para disposição do sedimento dragado para a manutenção dos berços, aqui chamado de “antigo” polígono de disposição oceânica e outro utilizado para disposição do sedimento da dragagem de aprofundamento do canal de acesso ao porto de Santos.

### **“Antigo” Polígono de Disposição Oceânica (Descarte da Dragagem de Manutenção dos Berços de Atracação)**

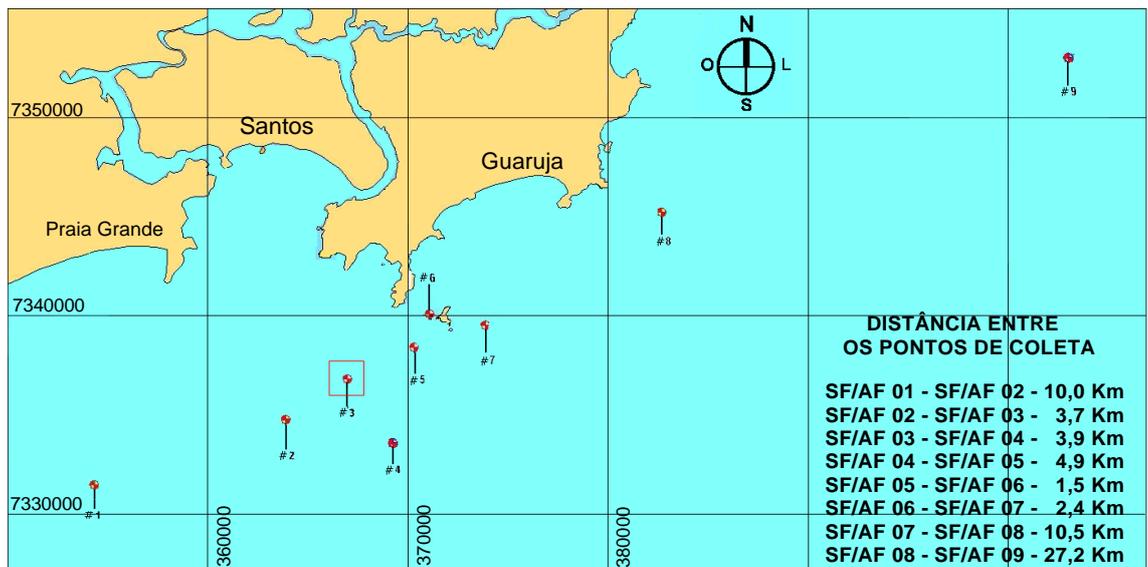
O então chamado Antigo Polígono de Disposição Oceânica constitui um quadrícula de 1 x 1 milha náutica dividida em 9 quadrantes, (**Figura 4.1.8.9-16**), dentre os quais se faz o descarte do sedimento no sistema de rodízio. Esse polígono encontra-se sobre a isóbata de 20 metros. O polígono é delimitado pelas coordenadas: 24°04'00”S, 46°19'00”W; 24°04'00”S, 46°18'00”W; 24°05'00”S, 46°19'00”W; 24°05'00”S, 46°18'00”W.



**Figura 4.1.8.9-16: “Antigo” Polígono de Disposição Oceânica. Nos dias atuais recebe material oriundo da dragagem de manutenção dos berços de atracação.**

O monitoramento da qualidade do sedimento nessa região vem sendo realizado pela empresa DTA Engenharia desde Março de 2005. Nessa região a sistemática do monitoramento é feita através da coleta de sedimento em 9 pontos fixos de coleta, previamente aprovados pela Cetesb. A localização desses pontos foi determinada com base na corrente preferencial da região, como é mostrado na **Figura 4.1.8.9-17**. O ponto SF 03 localiza-se dentro do polígono de descarte do material dragado, os pontos SF 01 e SF 02 localizam-se em sentido oposto à corrente preferencial. O objetivo do monitoramento é verificar a qualidade do sedimento não apenas na região onde o material é descartado, mas também acompanhar a qualidade do sedimento no caminho de deposição da pluma de forma a verificar o efeito dessa dispersão nas imediações.

O trabalho apresentado pela empresa DTA Engenharia, 2011, mostra um panorama de integração de resultados mensais do monitoramento do sedimento nesses pontos de coleta de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. Os resultados dessa integração são descritos a seguir.



LEGENDA:

 Área de Descarte

DTA Engenharia

Figura 4.1.8.9-17: Mapa dos pontos de coleta para o monitoramento da qualidade do sedimento.

## Nutrientes

### Fósforo total

Em 55 meses de monitoramento foi encontrado fósforo em concentração superior ao limite da resolução Conama 344/04, que é de 2000 mg/kg, apenas na campanha de Maio de 2007 e na campanha de Dezembro de 2009.

Ao longo desses 55 meses tem se observado que nos pontos próximos a Ilha da Moela (SF 05, SF 06 e SF 07) as concentrações de fósforo são mais elevadas do que nos demais pontos (**Figura 4.1.8.9-18**).

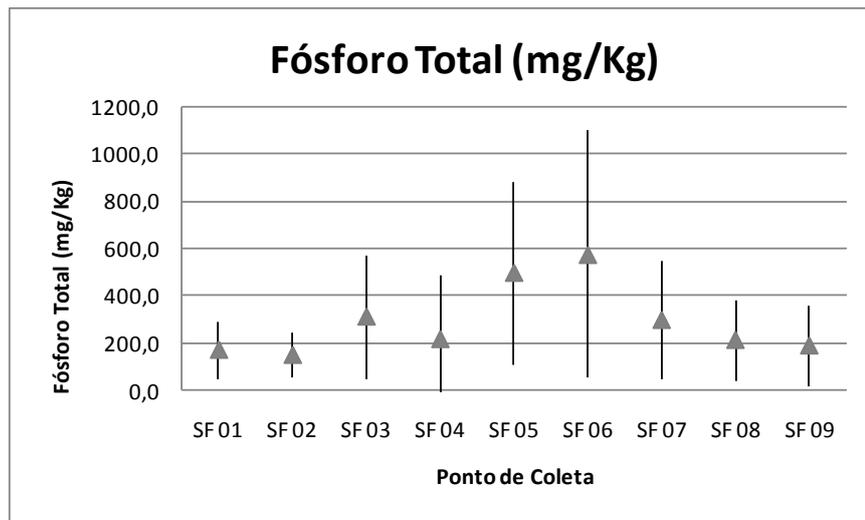


Figura 4.1.8.9-18: Variação da média das concentrações de fósforo total (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados, Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.

Comparando as médias das concentrações de fósforo total até Dezembro de 2009 e as médias até Dezembro de 2010 nota-se que houve um ligeiro aumento nas concentrações de fósforo total ao longo dos últimos 12 meses (Fig. 4.1.8.9-19).

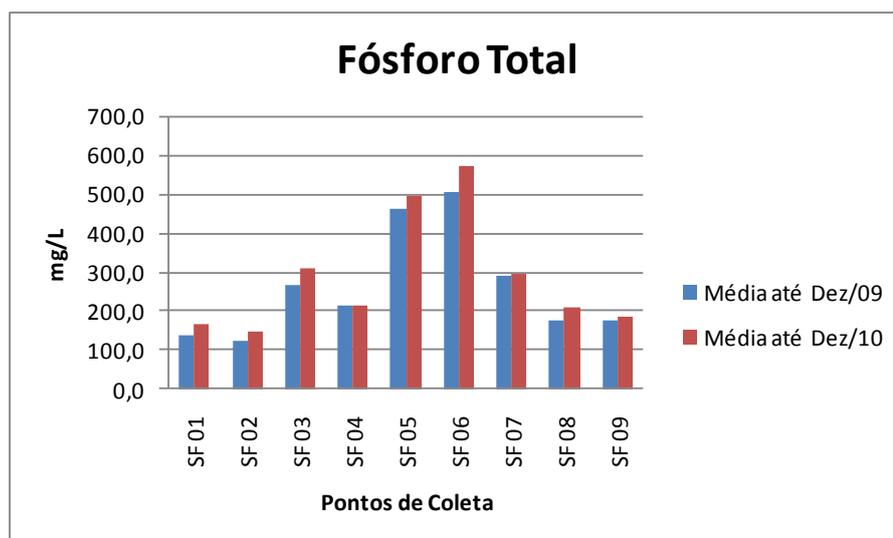


Figura 4.1.8.9-19: Comparação entre as médias de fósforo total até a campanha de dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.

### Nitrogênio Kjeldahl Total

Da mesma forma que para o fósforo total, a presença de concentrações mais elevadas de NKT nos pontos SF 05 e SF 06 tem se repetido ao longo do monitoramento (Fig. 4.1.8.9-20). Concentrações de NKT superiores ao valor alerta da resolução Conama 344/04 (4800 mg/kg) raramente foram observadas.

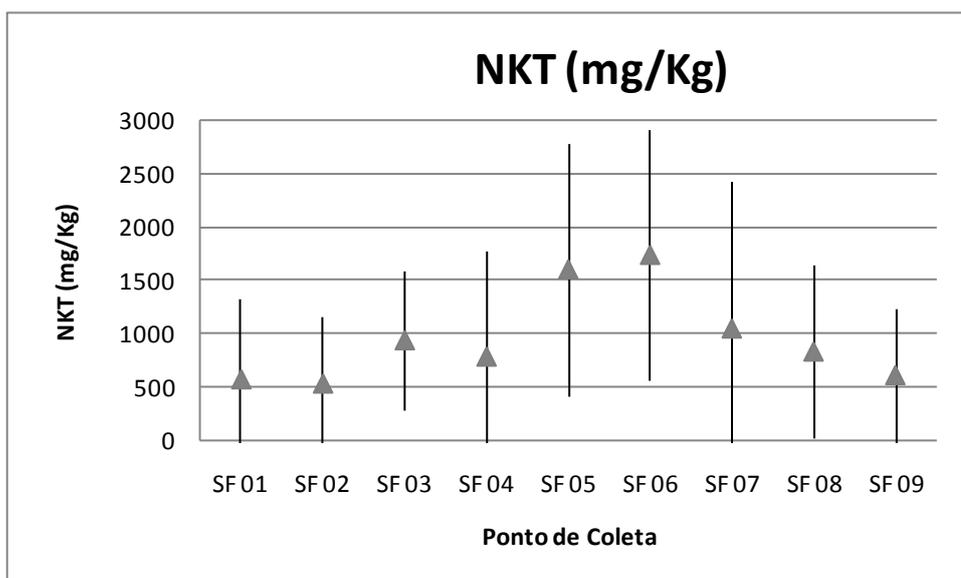


Figura 4.1.8.9-20: Variação da média das concentrações de nitrogênio kjeldahl total (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.

Comparando as médias das concentrações de nitrogênio kjeldahl total até Dezembro de 2009 e as médias até Dezembro de 2010 nota-se que houve um ligeiro aumento nas concentrações de nitrogênio kjeldahl total nos pontos SF 05, SF 06 e SF 07 ao longo dos últimos 12 meses (Fig. 4.1.8.9-21). Nos demais pontos as concentrações apresentaram um leve declínio.

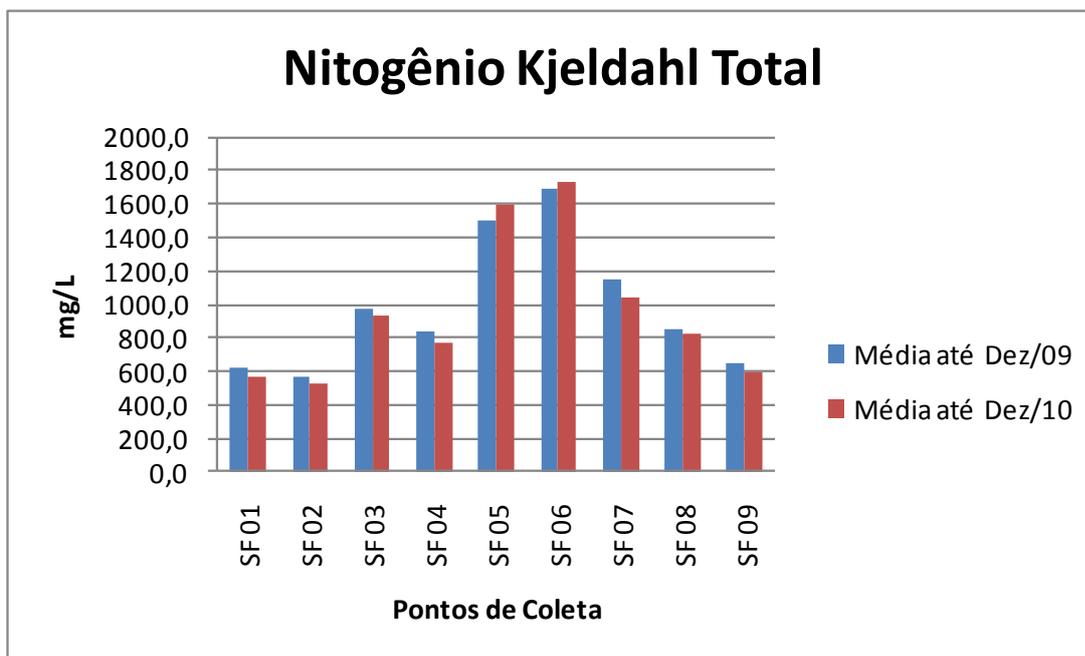


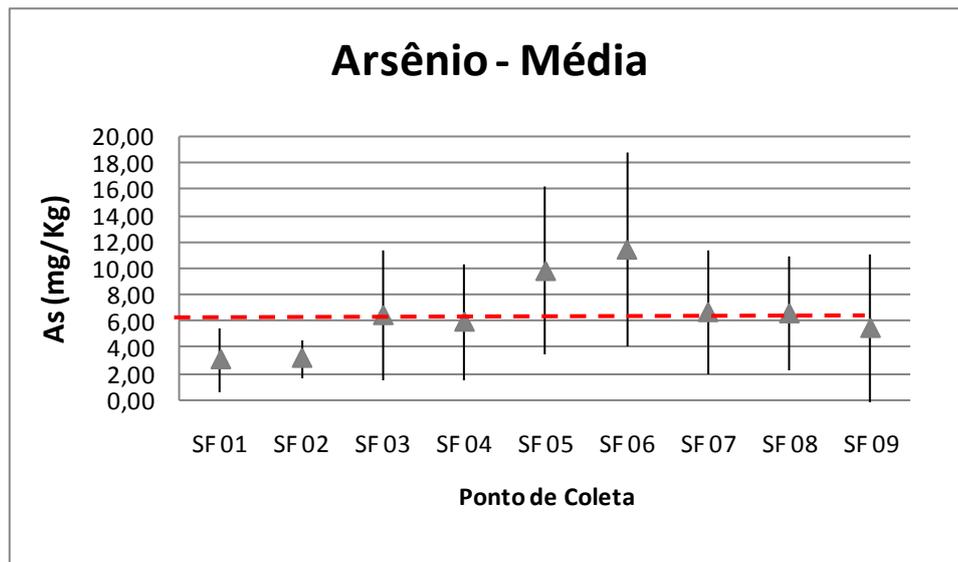
Figura 4.1.8.9-21: Comparação entre as médias de nitrogênio kjeldahl total até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.

## Metais e o metalóide Arsênio

### Arsênio

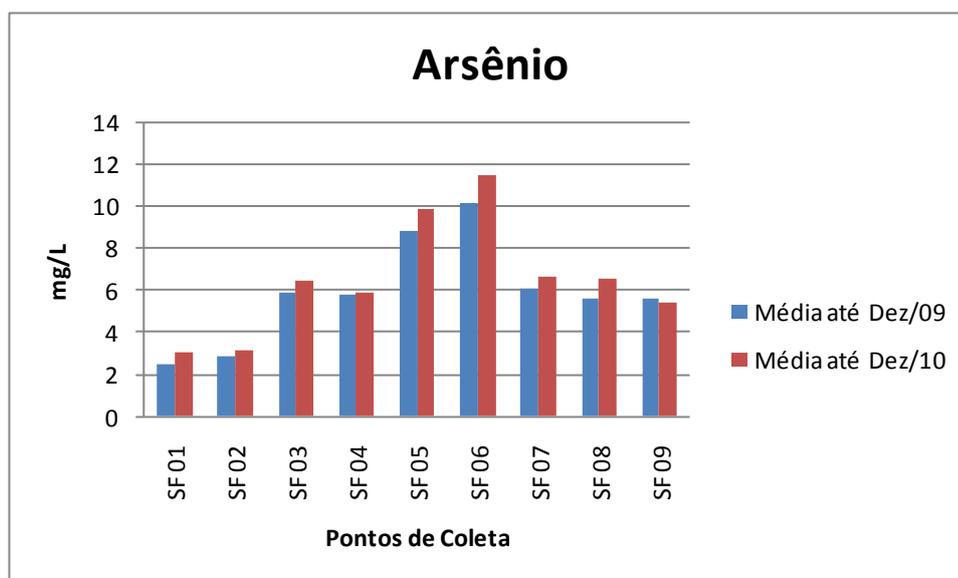
As médias das concentrações ao longo de todo o monitoramento mostram que os pontos onde foram encontradas as maiores concentrações de arsênio são os pontos SF 05 e SF 06 (**Fig. 4.1.8.9-22**). Nas médias apresentadas foram consideradas apenas as campanhas onde o arsênio foi detectado.

Tem sido encontrado com alguma frequência em concentração superior ao limite da resolução Conama 344/04.



**Figura 4.1.8.9-22: Variação das medias das concentrações de arsênio (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.**

Comparando as médias das concentrações de arsênio até Dezembro de 2009 e as médias até Dezembro de 2010 nota-se que houve um aumento nas concentrações de arsênio ao longo dos últimos 12 meses (**Fig. 4.1.8.9-23**).



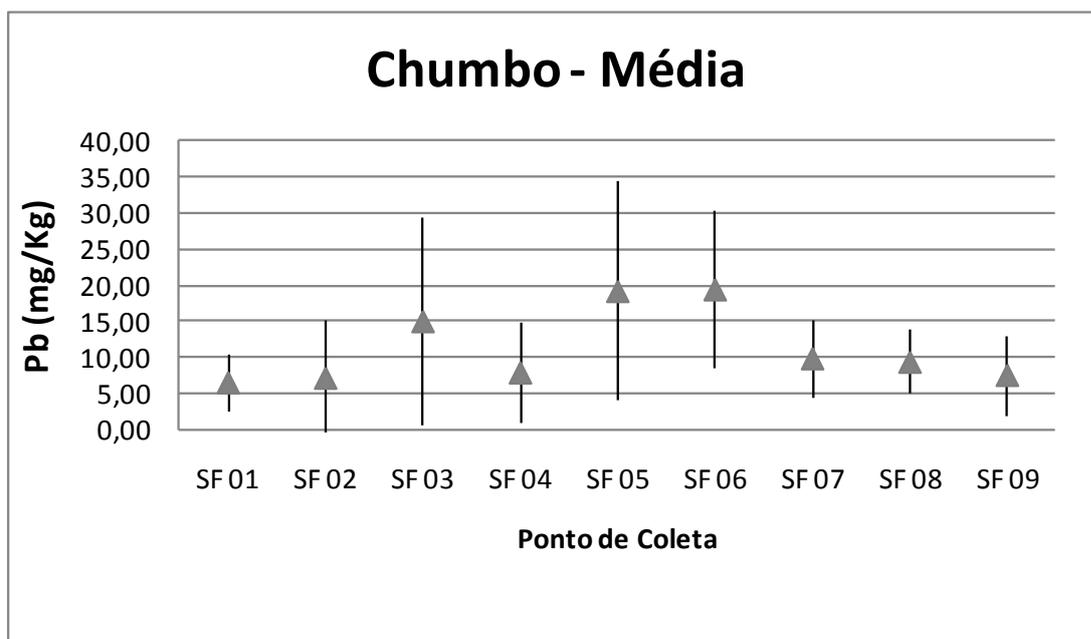
**Figura 4.1.8.9-23: Comparação entre as medias de arsênio até a campanha Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.**

## Cádmio

Raramente o cádmio foi detectado no sedimento. Sendo sua concentração abaixo do nível 1 do Conama.

## Chumbo

Chumbo vem sendo encontrado com frequência no sedimento ao longo do monitoramento, em concentração variando, em média, entre 5,0 e 20,0 mg/kg, sempre abaixo do Nível 1 da resolução Conama 344/04 (46,7 mg/kg). As maiores concentrações são encontradas nos pontos SF 03, SF 05 e SF 06 (Fig. 4.1.8.9-24).



**Figura 4.1.8.9-24: Variação da média das concentrações de chumbo (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.**

Comparando as médias das concentrações de chumbo até Dezembro de 2009 e as médias até Dezembro de 2010 nota-se que houve uma manutenção nas concentrações de chumbo ao longo dos últimos 12 meses (Fig. 4.1.8.9-25).

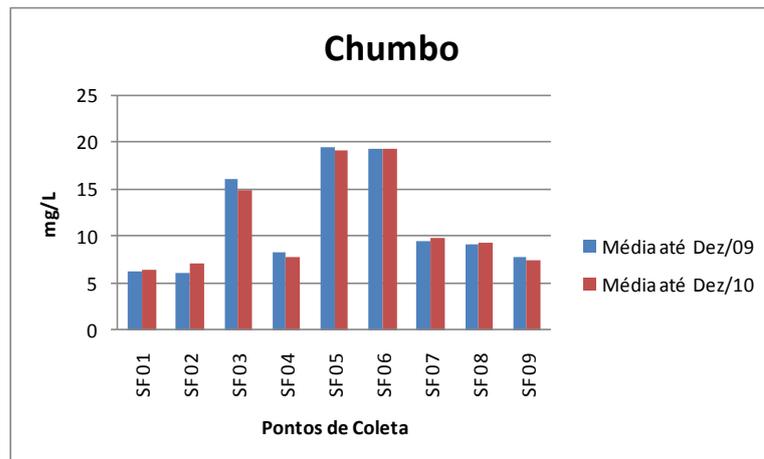


Figura 4.1.8.9-25: Comparação entre as medias de chumbo até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.

### Cobre

As maiores concentrações de cobre também foram observadas nas amostras dos pontos SF 03, SF 05 e SF 06 ao longo do monitoramento e raramente a concentração superaram o Nível 1 da resolução Conama 344/04, que é de 34 mg/kg. Em média as concentrações de cobre não ultrapassam 10 mg/kg (Fig. 4.1.8.9-26).

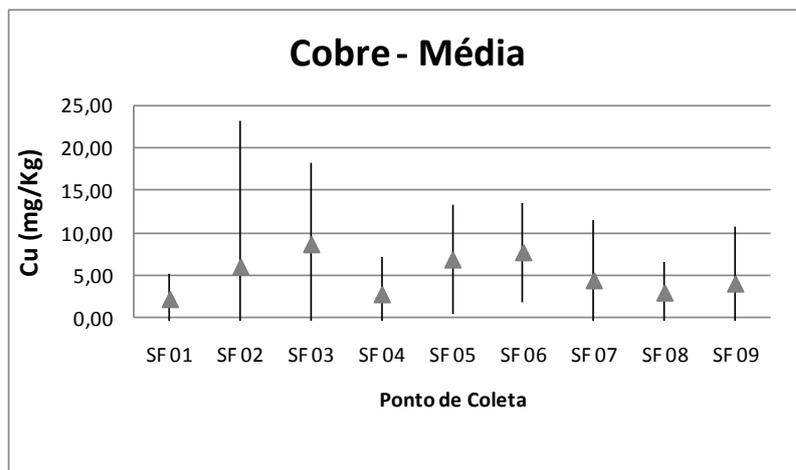
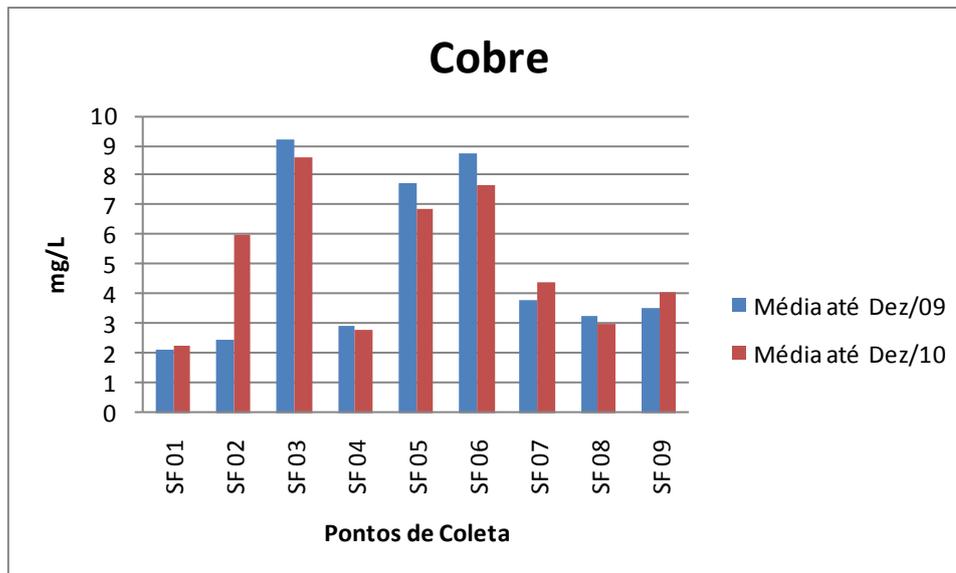


Figura 4.1.8.9-26: Variação da media das concentrações de cobre (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.

Comparando as médias das concentrações de cobre até Dezembro de 2009 e as médias até Dezembro de 2010 nota-se que houve uma leve redução nas concentrações de cobre ao longo dos últimos 12 meses em alguns pontos, porém em outros a concentração aumentou (**Fig. 4.1.8.9-27**).



**Figura 4.1.8.9-27: Comparação entre as medias de cobre até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.**

### Cromo

Assim como os metais já citados, o cromo ao longo monitoramento vem apresentando concentrações mais elevadas nos pontos SF 03, SF 05 e SF 06 do que nos demais pontos de coleta. Em média as concentrações de cromo são inferiores a 30 mg/Kg, estando abaixo do limite da resolução CONAMA 344/04 que é de 81 mg/Kg (**Figura 4.1.8.9-28**).

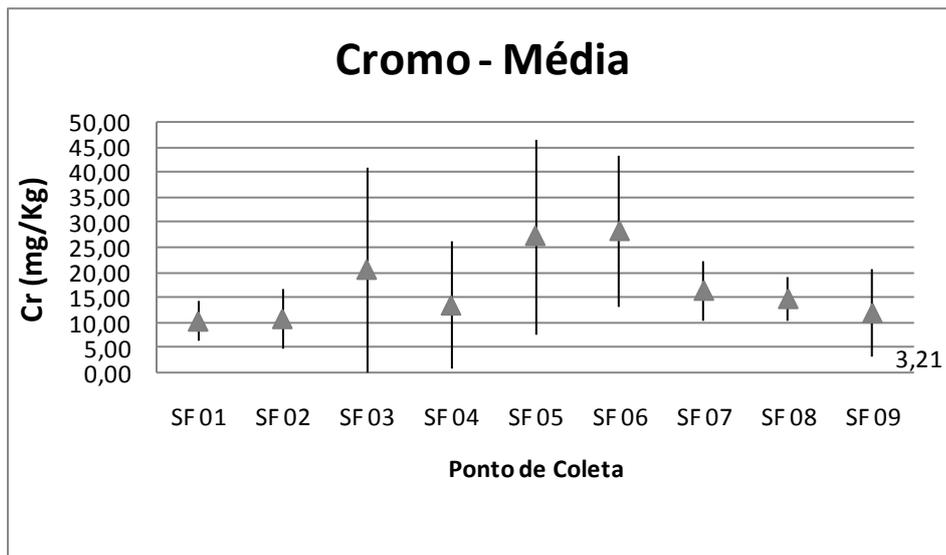


Figura 4.1.8.9-28: Variação da média das concentrações de cromo (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.

Comparando as médias das concentrações de cromo até Dezembro de 2009 e as médias até Dezembro de 2010 nota-se que houve uma manutenção nas concentrações de cromo ao longo dos últimos 12 meses (Fig. 4.1.8.9-29).

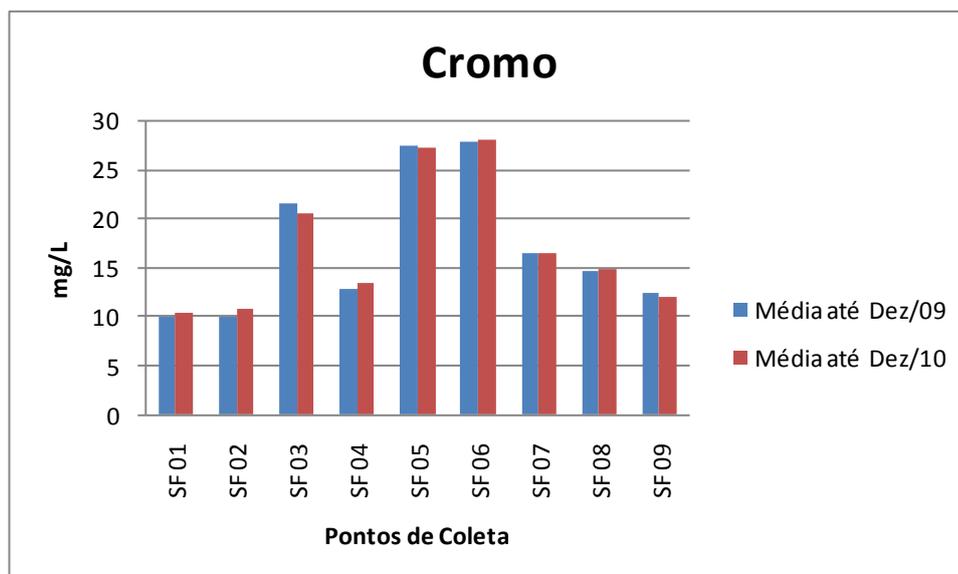


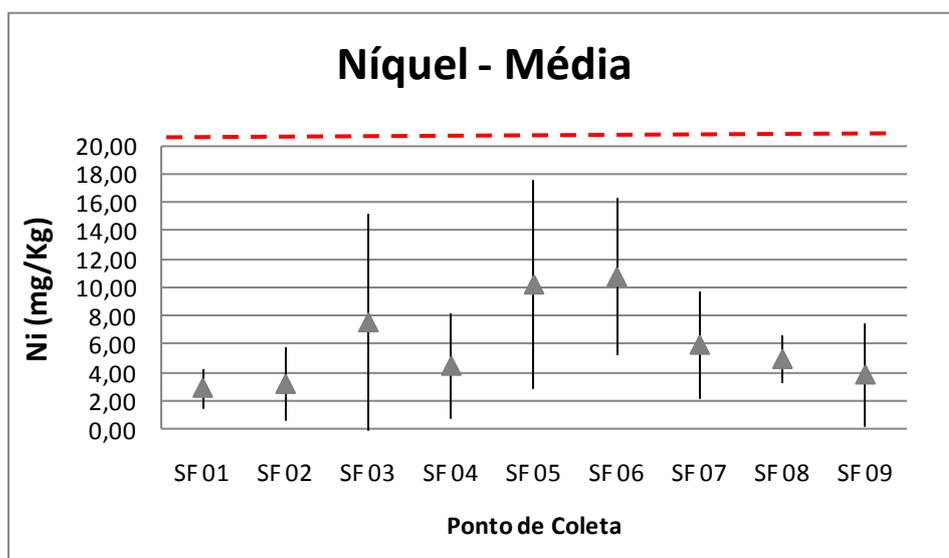
Figura 4.1.8.9-29: Comparação entre as médias de cromo até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.

## Mercúrio

O mercúrio poucas vezes foi detectado no sedimento, a última ocorrência onde a concentração superou o limite de quantificação do método analítico foi em Março de 2009, quando foi detectado em concentração superior ao nível 1 da resolução Conama 344/04 nos pontos SF 01 a SF 04. Desde então Mercúrio foi detectado apenas nas campanhas de Maio e Junho de 2010, contudo as concentrações encontradas são inferiores ao limite analítico do método.

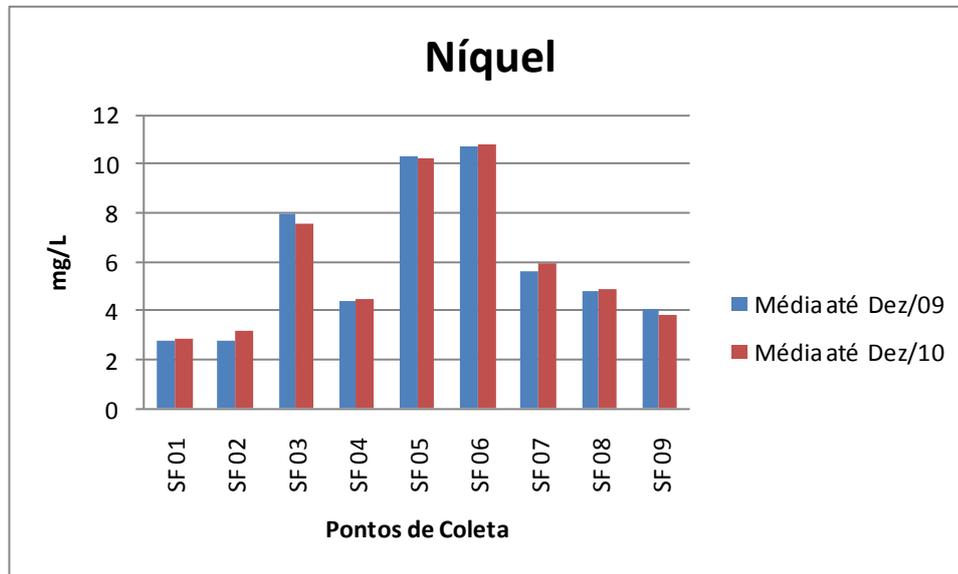
## Níquel

O níquel ao longo monitoramento vem apresentando concentrações mais elevadas nos pontos SF 05 e SF 06 do que nos demais pontos de coleta. Em média as concentrações de níquel são menores que 12,0 mg/kg, inferiores ao limite da resolução Conama 344/04 que é de 20,9 mg/kg (**Fig. 4.1.8.9-30**).



**Figura 4.1.8.9-30: Variação da média das concentrações de níquel (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.**

Comparando as médias das concentrações de níquel até Dezembro de 2009 e as médias até Dezembro de 2010 nota-se que houve uma manutenção nas concentrações de níquel ao longo dos últimos 12 meses (**Fig. 4.1.8.9-31**).



**Figura 4.1.8.9-31: Comparação entre as medias de níquel até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.**

### Zinco

O zinco ao longo monitoramento vem apresentando concentrações mais elevadas nos pontos SF 03, SF 05 e SF 06 que nos demais pontos de coleta. Em média as concentrações de zinco são menores que 80 mg/kg, inferiores ao limite da resolução Conama 344/04 que é de 150 mg/kg (**Fig. 4.1.8.9-32**).

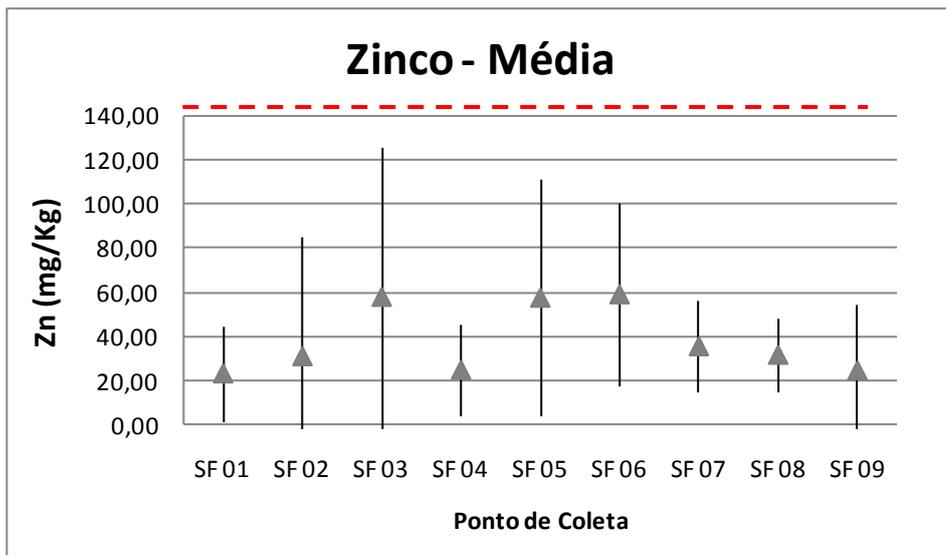


Figura 4.1.8.9-32: Variação da média das concentrações de zinco (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 a SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, as concentrações abaixo do limite de detecção foram desconsideradas. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.

Comparando as médias das concentrações de zinco até Dezembro de 2009 e as médias até Dezembro de 2010 nota-se que houve uma manutenção nas concentrações de zinco ao longo dos últimos 12 meses (Fig. 4.1.8.9-33).

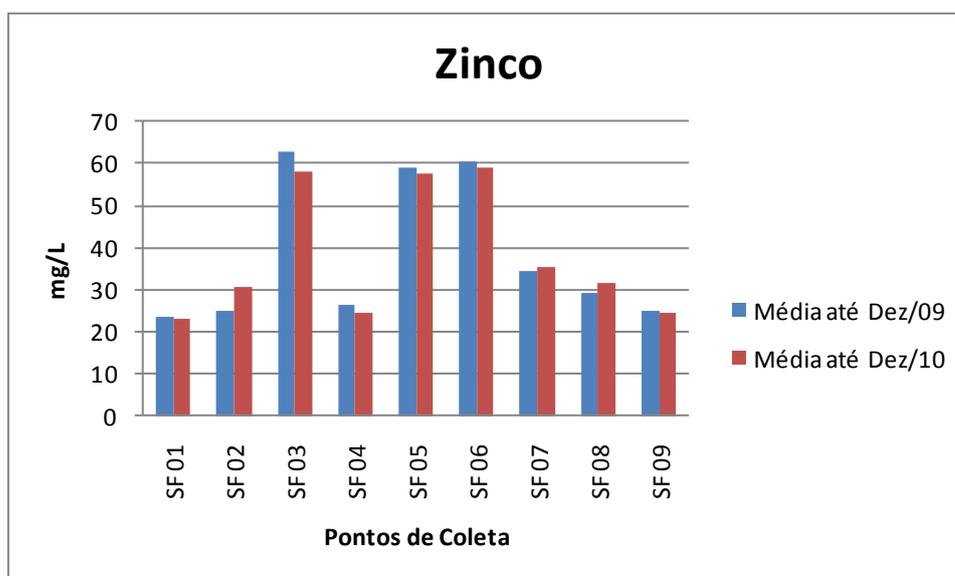
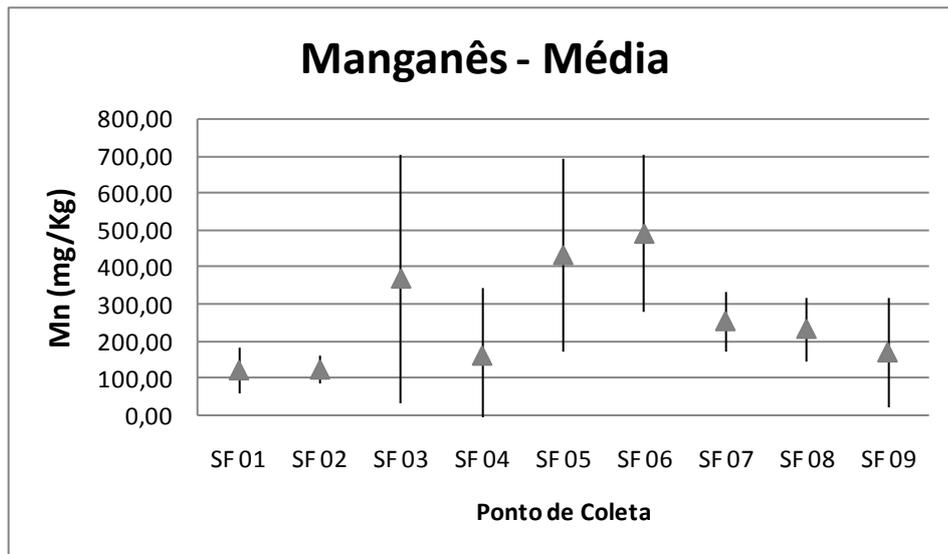


Figura 4.1.8.9-33: Comparação entre as médias de zinco até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.

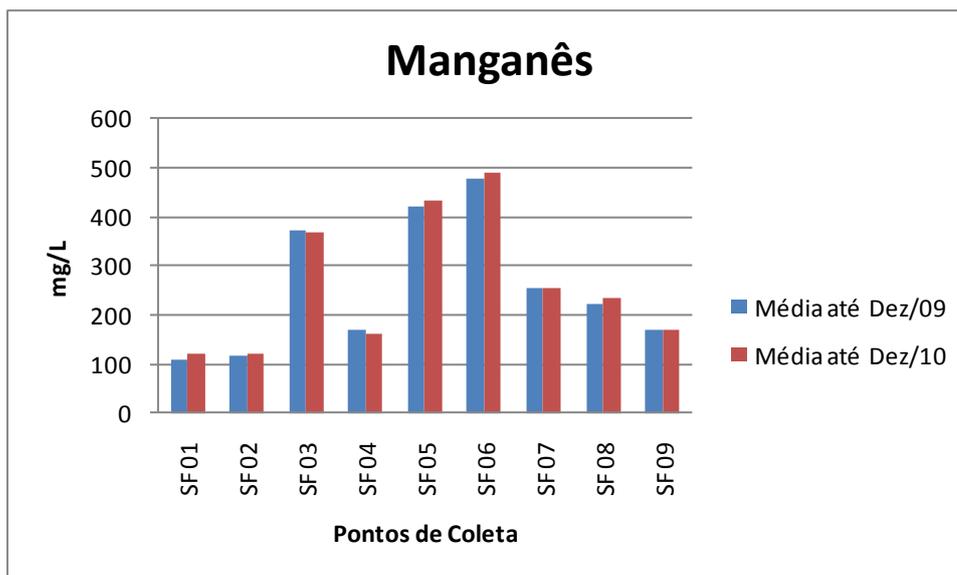
## Manganês

O manganês ao longo monitoramento vem apresentando concentrações mais elevadas nos pontos SF 03, SF 05 e SF 06. Em média as concentrações de manganês são inferiores a 500 mg/kg, o manganês não é regulamentado pela resolução Conama 344/04 (**Fig. 4.1.8.9-34**).



**Figura 4.1.8.9-34: Variação da média das concentrações de manganês (mg/kg) nos pontos de coleta de sedimento, de SF 01 e SF 09B ao longo das campanhas de monitoramento. As médias apresentadas incluem apenas os pontos onde a concentração foi detectável, os valores abaixo do limite de detecção foram desconsiderados. Foram consideradas as 55 campanhas, de Abril de 2006 a Dezembro de 2010. As barras verticais representam o desvio padrão.**

Comparando as médias das concentrações de manganês até Dezembro de 2009 e as médias até Dezembro de 2010 nota-se que houve manutenção nas concentrações de manganês ao longo dos últimos 12 meses (**Fig. 4.1.8.9-35**).



**Figura 4.1.8.9-35: Comparação entre as médias de manganês até a campanha de Dezembro de 2009 e até a campanha de Dezembro de 2010.**

De forma geral todos os metais apresentam concentrações mais elevadas no ponto SF 03, que é o ponto de descarte do sedimento, e nos pontos SF 05 e SF 06. O ponto SF 03 é o ponto de descarte do material dragado, o que explica as concentrações mais elevadas. Nos pontos SF 05 e SF 06 a competência hidrodinâmica é prejudicada devido ao obstáculo gerado pela Ponta do Munduba e pela Ilha da Moela. Raramente as concentrações dos metais superam o nível 1 do limite da resolução Conama 344/04.

Comparando as médias do monitoramento obtidas até Dezembro de 2009 com as médias integrando os resultados até Dezembro de 2010 de todos os compostos, pode-se observar que as concentrações de praticamente todos eles se mantêm, com ligeiro aumento ou ligeira diminuição dos valores, contudo sem significância estatística.

## Orgânicos

### HPAs

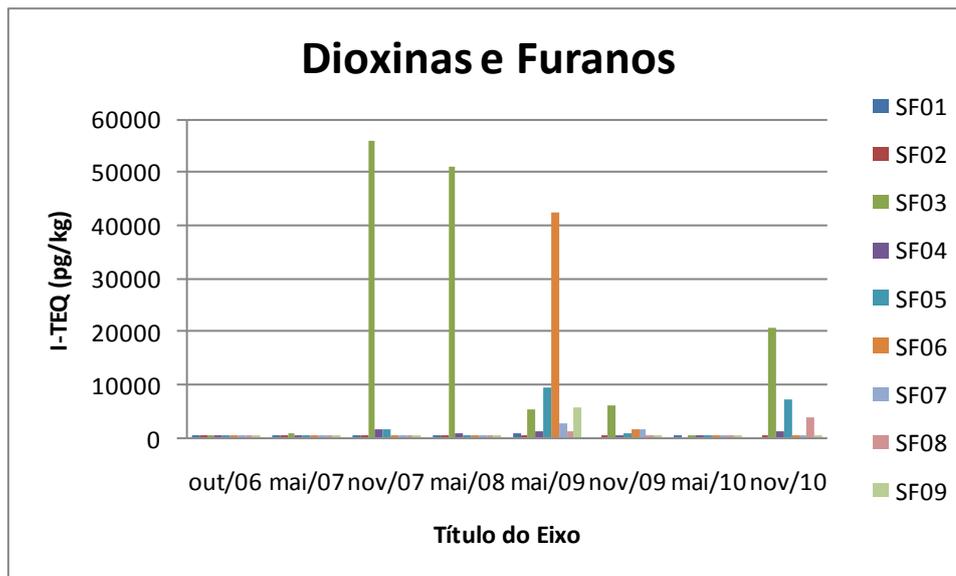
Considerando as campanhas de 2006 a 2010, a somatória de HPAs máxima encontrada foi de 1456  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , na campanha de Dezembro de 2008. Comparando com outros portos no mundo, no porto de Olbia, Itália, foi

encontrada a concentração de HPAs totais máxima de 770 µg/kg (de Luca *et al.*, 2005), na Croácia foi reportado concentrações de até 13200 µg/kg de HPAs totais (Bihari *et al.*, 2006) e no porto de Victoria, Hong Kong foi relatado soma de HPAs de 4420 µg/kg (Jinshu *et al.*, 2003). Na região do porto de Santos, foi registrada concentração de 68000 µg/kg na região do canal da Cosipa, cerca de 9000 µg/kg no canal de Piaçaguera e cerca de 400 µg/kg no rio Cubatão (Bícego *et al.*, 2006).

Em relação aos HPAs encontrados, a maior parte são compostos contendo entre 4 e 6 anéis aromáticos, que estão associados à queima de combustíveis fósseis e de biomassa (Neff, 1979). Sua presença é detectada também em esgotos, visto que sólidos provenientes de processo de queima, detritos alimentares e óleos diversos são descartados juntamente com o material fecal (Medeiros e Bícego, 2004). Dessa forma, a maior quantidade de HPAs encontrada na região é proveniente de processos de queima e de esgoto, o que é esperado para uma região portuária, próxima ao complexo industrial de Cubatão e com diversas fontes de esgoto, como a região da Baía de Santos.

### **Dioxinas e Furanos**

A análise de dioxinas e furanos é realizada semestralmente. O resumo dos resultados em I-TEQ das campanhas em que foram analisados é mostrado na **Figura 4.1.8.9-36**.



**Figura 4.1.8.9-36: Concentração de dioxinas e furanos encontradas nas amostras de sedimento dos pontos SF 01 a SF 09B nas campanhas de Out/06 a Mai/10. Valores em (pgi-TEQ/kg de sedimento seco). Os limites de detecção foram 35 a 0,04 pg/kg para amostras sólidas (variando para cada congêneres dependendo do valor tóxico equivalente estabelecido pela USEPA para cada um deles).**

Os autores Lamparelli *et al.* (2001) encontraram concentrações de dioxinas e furanos em estudo realizado na Baixada Santista com o valor mais alto (21000 pg/kg ITEQ) atribuído ao rio Piaçaguera devido à proximidade de fontes industriais de combustão. Os limites aceitáveis para o órgão *Canadian Sediment Quality Guidelines* (CSeQG” (*Environment Canada*, 2005), são 850 pg/kg TEQ (CSeQG) e 21500 pg/kg TEQ (PEL), lembrando-se que não há padrão Conama Nº 344 para estes compostos.

Em locais onde o padrão CS e QG é violado, não significa necessariamente que efeitos adversos irão ocorrer, e isto depende de vários fatores como o quanto o padrão é excedido, a sensibilidade individual das espécies e as características do sedimento que incluem o Carbono Orgânico Total, granulometria, etc. (*Environment Canada*, 2005).

As dioxinas 2, 3, 7 e 8 TCDD e 1, 2, 3, 7 e 8 TCDD não foram detectados em nenhum dos pontos de coleta. Esses dois compostos correspondem aos mais tóxicos. Segundo USEPA (1993), concentrações de 2, 3, 7 e 8 TCDD no sedimento até 60000 pg/kg (i-TEQ) apresentam baixa probabilidade de causar efeito tóxico significativo sobre espécies de peixes sensíveis.

## Considerações sobre a qualidade do Sedimento no “antigo” polígono de disposição oceânica

As análises das amostras de sedimento mostraram que alguns dos compostos, como nutrientes e todos os metais, apresentam uma tendência de se acumular na região dos pontos SF 05 e SF 06. Próximo a esses pontos a competência hidrodinâmica é prejudicada devido ao obstáculo gerado pela Ponta do Munduba e pela Ilha da Moela. Dessa forma a dispersão dos compostos é prejudicada. Observaram-se nesses dois pontos as maiores concentrações de metais, carbono orgânico total, nitrogênio kjeldahl total e fósforo total.

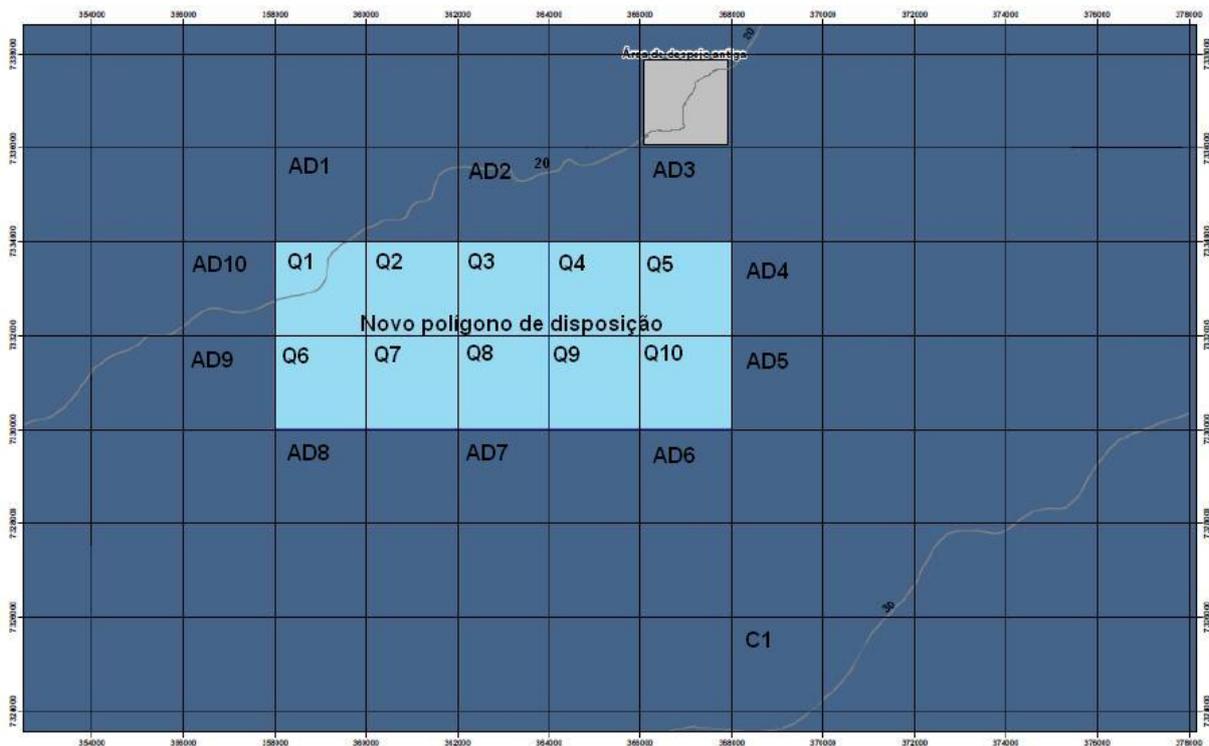
Apesar da menor competência hidrodinâmica nas proximidades dos pontos SF 05 e SF 06, a grande maioria das amostras de sedimento analisada apresenta caracterização abaixo no nível 1 segundo a resolução Conama 344/04 nesses pontos.

Os pontos SF 05 e SF 06 são os que, ao longo de todo o monitoramento, mostram as maiores concentrações de todos os parâmetros analisados.

Dos metais pesados analisados que não participam de processos biológicos, cádmio e mercúrio foram detectados em pouquíssimas amostras analisadas ao longo das campanhas. Poucos foram os parâmetros em que a concentração extrapolou o valor Conama 344/04 para o nível 1 de sedimento.

## Caracterização do “Novo” Polígono de Disposição Oceânica (PDO)

O “Novo” Polígono de Disposição de Material Dragado (PDO) constitui um retângulo de 2 x 5 milhas náuticas dividido em 10 quadrículas, dentre os quais se faz o descarte do sedimento oriundo da dragagem de aprofundamento do Porto, no sistema de rodízio (**Figura 4.1.8.9-37**). Esse polígono encontra-se entre as isóbatas de 20 e 30 metros. O polígono é delimitado pelas coordenadas: 24°06'04S, 46°17'57W; 24°06'01”S, 46°23'51”W; 24°08'11”S, 46°23'52”W; 24°08'14”S, 46°17'58” W.



**Figura 4.1.8.9-37: “Novo” Polígono de Disposição Oceânico (PDO).**

O monitoramento do sedimento no “novo” polígono de disposição oceânica vem sendo realizado pela Fundespa desde Janeiro de 2010 (dados ainda não publicados). Os parâmetros monitorados são regidos pela resolução Conama 344/04.

Em Janeiro de 2010 foram realizadas campanhas para caracterização do sedimento previamente ao início das operações de disposição de material dragado, compreendendo sedimentos das 10 quadrículas do PDO (Q1 a Q10), das 10 quadrículas adjacentes (AD 1 a AD 10) e do ponto controle (C1).

Em Março de 2010 foi realizado o monitoramento do sedimento após o início das operações nas 10 quadrículas do PDO, nas 5 quadrículas adjacentes ao Q1, em uso para a disposição (PS-AD1, PS-AD9, PS-AD10, PS-AD11 e PS-AD12) e no ponto controle C1.

Em Abril de 2010 foi realizado o monitoramento do sedimento nas 10 quadrículas do PDO, em 3 quadrículas adjacentes ao Q2, em uso, (PS-AD1, PS-AD2 e PS-AD12) e no ponto controle C1.

Neste período o volume de material dragado proveniente de sedimentos do Trecho 01, de acordo com a batimetria realizada em 17 de maio de 2010, foi de 1.376.000 m<sup>3</sup>.

Durante o primeiro semestre de monitoramento da qualidade do sedimento, os valores de pH oscilaram de 6,6 a 7,9 e EH entre -140 e + 231 ao longo das campanhas consideradas (prévia, I e II). Estes resultados são condizentes com a área em questão, sendo que a maioria das amostras apresentou valores negativos de EH, correspondentes a ambientes reduzidos.

A caracterização física dos sedimentos coletados evidenciou um predomínio das frações mais finas, dentre elas: silte, areia muito fina e areia fina. Nas quadrículas do PDO, observou-se a predominância de silte e areia muito fina em Q-1 a Q-7 e de areia fina em Q-8 a Q-10. No ponto PS-C1, e nos setores a nordeste e sudoeste do PDO, todas as amostras coletadas durante as campanhas de amostragem evidenciaram sedimentos com predomínio de areia fina.

Com relação à caracterização química, a maioria dos parâmetros avaliados (POC, PCB, VOC e SVOC) estava abaixo dos limites de quantificação do método analítico durante as campanhas do primeiro semestre, incluindo-se a campanha prévia (janeiro/2010). Nesta campanha prévia foram quantificados alguns metais (arsênio, chumbo, cromo, cobre, níquel e zinco) em concentrações inferiores ao nível 1 da Resolução Conama 344/04.

Nas campanhas realizadas após o início da dragagem (março e abril) também foram quantificados alguns metais (cromo, cobre, chumbo, níquel e zinco) na maioria das amostras coletadas nas quadrículas do PDO e adjacências, inclusive no ponto PS-C1. Todas as concentrações obtidas estiveram abaixo dos valores orientadores de Nível 1 estabelecidos pela Resolução Conama 344/04. Quanto aos compostos orgânicos, dentre os HPAs, apenas benzo(a) antraceno, benzo(a) pireno, criseno, fluoranteno e pireno foram quantificados em duas quadrículas do PDO (Q2 e Q3), durante a Campanha II (abril). Entretanto, as concentrações destes parâmetros, incluindo a somatória de

HPA, estiveram sempre abaixo dos valores orientadores de nível 1 estabelecidos Resolução Conama 344/04. Todas as demais amostras de sedimento coletadas dentro do PDO, áreas adjacentes e área controle, durante as três campanhas de amostragem, apresentaram concentrações de HPA inferiores aos limites de quantificação do método analítico utilizado.

Por fim, em relação ao carbono orgânico total e nutrientes (nitrogênio *Kjeldahl* total e fósforo total) todas as amostras de sedimento analisadas ao longo das campanhas apresentaram concentrações inferiores aos valores de alerta estabelecidos na resolução Conama 344/04.

Os resultados mostraram que não houve alteração significativa na qualidade ambiental em relação aos diversos parâmetros avaliados que possa ser relacionada diretamente à atividade de disposição de material dragado do aprofundamento.

Existe a previsão de que o afastamento do polígono de disposição em direção a isóbata de 30 m diminua o impactos sobre a qualidade do sedimento na região da barreira natural de dispersão de sedimento constituída pela Ilha da Moela e Ponta do Munduba. Como observado, esses dois componentes geográficos servem de obstáculo para a dispersão da pluma, fazendo com que a haja acúmulo de contaminantes na região.

#### **4.1.8.9.1 Caracterização Físico-química e Ecotoxicológica do Sedimento após a Dragagem de Aprofundamento**

O relatório exposto no **Anexo 4.1.8.9.1-1** apresenta os resultados do monitoramento físico-químico e potencial ecotoxicológico dos sedimentos na área dragada. O objetivo geral desse programa foi avaliar a qualidade dos sedimentos remanescentes após o aprofundamento do canal, bem como as condições para o estabelecimento de novas comunidades bentônicas. Este programa abrange toda a Área Diretamente Afetada (ADA) no estuário, no canal de navegação e na Baía de Santos.

Os laudos laboratoriais do referido estudo estão apresentados no **Anexo 4.1.8.9.1-2**.

Ressalta-se que este estudo específico foi elaborado pela Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas – FUNDESPA.

#### **4.1.8.9.2 Caracterização dos Berços de Atracação e Áreas de Acesso**

O relatório apresentado no **Anexo 4.1.8.9.2-1** apresenta a metodologia e os resultados da caracterização dos sedimentos dos berços de atracação e das áreas de acesso aos berços do Porto Organizado do Estuário de Santos, a fim de orientar o gerenciamento da disposição do material a ser dragado nestes locais, conforme orientação da Resolução nº 344/04 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama (Brasil, 2004).

O objetivo da dragagem de manutenção é manter o calado dos berços de atracação e acessos aos berços na profundidade de projeto do Porto de Santos. Para isto, foi realizada a coleta de amostras de sedimento para a caracterização em 55 berços e 55 áreas de acesso aos berços distribuídos ao longo de todo o canal.

A caracterização dos sedimentos ocorreu através de análises químicas e ecotoxicológicas em amostras de superfície e análises químicas em amostras de subsuperfície (cota de dragagem).

O **Anexo 4.1.8.9.2-2** apresenta os laudos laboratoriais do referido estudo. Ressalta-se que este estudo específico foi elaborado pela Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas – FUNDESPA.

É importante ressaltar também os volumes previstos para a dragagem de manutenção do Canal de Navegação, conforme segue:

Trecho 2 e 3 = 1.000.000m<sup>3</sup>/ano;

Trecho 1 já está licenciado (Licença de Instalação - LI 814/11) = volume de 1.200.000 m<sup>3</sup>/ano

Para o trecho 4, uma vez que a dragagem de aprofundamento ainda não foi concluída, não foi realizada a caracterização dos sedimentos que ficarão expostos, e portanto ainda não há solicitação para dragagem de manutenção desse trecho específico.

Dragagem de Manutenção dos berços de atracação e seus acessos:

Para a dragagem de manutenção de cota de projeto (manutenção sem o aprofundamento) para berços e seus acessos, o volume previsto é de 2.193.686 m<sup>3</sup> / ano.

#### **4.1.8.10 Conclusão**

#### **Transporte de Sedimentos - Região da Plataforma Continental Interna adjacente à Baixada Santista**

As simulações realizadas para a região mostraram um nítido transporte litorâneo de sedimentos em toda linha de costa pertencente ao domínio, acentuando-se na simulação para o mês de julho, devido à maior ocorrência de passagem de frentes frias, que, segundo os resultados obtidos, intensificam o transporte de sedimentos.

A direção do transporte destes sedimentos, para as simulações de Janeiro de Julho, foi, preferencialmente, para nordeste, seguindo a orientação da linha de costa. Transportes na direção sudoeste, também seguindo a linha de costa, foram observados, porém, com menores quantidades de sedimentos transportados.

A maioria dos sedimentos presentes na coluna d'água restringiu-se na região mais costeira, até a isóbata de 20 metros, alcançando, em poucas ocasiões, regiões com profundidades superiores a 30 metros.

Nas simulações realizadas na área atual de descarte do material dragado, proveniente da dragagem de aprofundamento do canal do Porto, está sujeita à presença de materiais em suspensão provenientes dos transportes

sedimentares da plataforma continental interna como mostraram as **Figuras 4.1.8.7-3, 4.1.8.7-5, 4.1.8.7-11, 4.1.8.7-13, 4.1.8.7-15 e 4.1.8.7-21**.

A partir dos resultados das simulações, conclui-se que existe um processo de transporte de parte do sedimento da região costeira ao sul da Baía de Santos para a porção oeste dessa mesma Baía. Como apresentado no capítulo em discussão, este comportamento já havia sido observado por outros trabalhos realizados na região como os de Ponçano (1976) e Ponçano (1985).

Um padrão de transporte de sedimentos mais acentuado na região sul da Ilha da Moela também foi notado, principalmente durante a passagem de sistemas frontais atmosféricos que, tipicamente, aumentam de forma significativa a intensidade das correntes e o grau de agitação das ondas na região, como observado nos resultados.

A região da plataforma continental da Baixada Santista apresentou uma baixa variação na quantidade de sedimentos depositados/erodidos no fundo em sua maior parte, mostrando um equilíbrio morfodinâmico tanto para a simulação de Janeiro (representando condições típicas de verão), quanto para a simulação de Julho (representando condições típicas de inverno).

### **Transporte de Sedimentos - Região da Baía de Santos e Complexo Estuarino Santos - São Vicente**

A partir dos resultados da modelagem numérica dos canais do complexo estuarino de Santos - São Vicente, nota-se um pequeno aumento na taxa de sedimentação do Canal do Porto, após seu aprofundamento, principalmente na região do alto estuário.

Isso se deve ao fato de que, com o aumento da profundidade dos canais de acesso e navegação e a conseqüente diminuição da velocidade das correntes no interior do estuário, conforme apresentado no capítulo de hidrodinâmica, a capacidade do transporte de sedimentos diminuiu, intensificando a retenção dos sedimentos provenientes do continente que chegam ao estuário logo nas regiões dos largos e manguezais. O comportamento, que já havia sido

observado por EPUSPI-DAEE (1966) e por Ponçano 1985, anterior até mesmo ao período das grandes dragagens (i.e. Década de 70), apresentou então uma intensificação deste processo com o novo aprofundamento dos canais do Porto.

De uma maneira geral, com a dragagem de aprofundamento, os resultados das simulações indicam que ocorreu um pequeno aumento nas taxas de sedimentação do canal de navegação, principalmente na região do alto estuário.

A partir dos resultados da taxa de sedimentação do canal de navegação do Porto, é possível concluir que, devido à pequena diferença na taxa de sedimentação do canal antes e após a dragagem de aprofundamento, os processos de sedimentação devido ao aporte de sedimentos que chegam ao estuário, não causarão alteração significativa entre a periodicidade da dragagem de manutenção atualmente existente e periodicidade da dragagem de manutenção após o aumento da profundidade do canal.

Porém, como citado na discussão, um importante processo de assoreamento no estuário é o desbarrancamento do talude dos canais após a dragagem dos mesmos, onde instabilidades decorrentes do grau de inclinação acentuado destes taludes podem gerar um processo de acomodação dos sedimentos na borda em direção ao centro dos canais.

Este processo não pode ser previsto a partir da modelagem numérica realizada para a região devido a limitações do modelo por não conseguir simular a acomodação do sedimento presente nos taludes.

É sugerido um monitoramento da evolução da borda dos canais a partir da realização de levantamentos batimétricos do local, imediatamente antes da dragagem e periodicamente após a mesma com o objetivo de observar a resposta dos taludes dos canais do estuário ao processo de dragagem e, com isso, prever com maior exatidão, a necessidade da dragagem de manutenção no local.

A região do canal de São Vicente apresentou, com exceção dos pontos de aporte de água e material sólido provenientes da drenagem continental, um comportamento de sedimentação muito parecido entre as simulações realizadas para antes e após a dragagem de aprofundamento, podendo-se concluir então que, o aumento artificial da profundidade do canal de navegação e de acesso não trará alterações significativas na taxa de sedimentação do Canal de São Vicente.

A Baía de Santos apresentou uma variação na taxa de sedimentação, antes e após a dragagem de aprofundamento também muito próxima de zero, indicando que está não apresentará modificações em sua taxa de sedimentação significativas.

O presente relatório é baseado na aplicação de um modelo numérico que representa o estado da arte em simulações de processos oceanográficos. No entanto, em função da inexistência de dados medidos do transporte de sedimentos e taxas de sedimentação/erosão, o modelo não pôde ser validado em relação a medidas in situ. Dessa forma, apesar do modelo numérico ser uma ótima ferramenta que permite a melhor compreensão dos processos responsáveis pelo transporte de sedimento na região de interesse, sugere-se a obtenção de parâmetros medidos que permitam a aferição do modelo numérico aplicado.

Para futuros monitoramentos ambientais relacionados ao transporte de sedimentos nas regiões estudadas, além de levantamentos batimétricos periódicos, como mencionado anteriormente, sugere-se a realização de coletas de água na desembocadura de rios e córregos da região para qualificar e quantificar os materiais sólidos em suspensão a serem inseridos como informações iniciais.

Sugere-se também a realização de campanhas de coleta de taxa de deposição e de sedimento em suspensão em pontos localizados nas regiões do alto do estuário, ao longo do canal de navegação e no canal de acesso, juntamente com realização de simulações do transporte de sedimentos periódicas (e.g.

mensais, trimestrais etc) utilizando configurações de grades mais refinadas e aumento da área simulada, com informações de entrada e validações mais consistentes.

### **Caracterização dos Sedimentos**

Para a caracterização sedimentar foram apresentados estudos que envolvem a qualidade do sedimento na região interna do estuário, englobando o Canal de Acesso ao Porto, o Canal de Piaçaguera, a área de descarte da dragagem de manutenção dos berços e acessos e Polígono de Disposição Oceânica (PDO) utilizado para receber o material oriundo da dragagem de aprofundamento.

Os estudos realizados pela Fundação Ricardo Franco (FRF, 2008) mostraram que existia um impacto no sedimento da região do Canal do Porto de Santos que é razoavelmente uniforme na superfície e nas cotas de dragagem de 1 m e 2 m. Dentre os compostos analisados no sedimento nessa região do Canal, os compostos que mais contribuem com concentrações acima do nível 1 da resolução Conama 344/04 são o arsênio, mercúrio e dibenzo(a,h)antraceno.

Em relação aos HPAs (compostos derivados de combustíveis fósseis, tanto pirolisados quanto crus) observa-se um aumento acentuado de concentração na direção interna do canal de Santos, mais especificamente, na região da Torre Grande até Alamoá.

Contudo dados recentes, de Março de 2011, obtidos pela empresa DTA Engenharia mostram que no sedimento superficial apenas o arsênio é encontrado em concentração superior ao nível da resolução Conama 344/04.

Uma vez que de 2006 a 2011 cerca de 9,3 milhões de m<sup>3</sup> de sedimento foram dragados da região para manutenção do canal e até 13,6 milhões de m<sup>3</sup> de sedimento serão dragados para o aprofundamento do canal, pode-se considerar que o sedimento analisado pela Fundação Ricardo Franco em 2006 e 2007 já tenha sido removido da região e não representa mais a qualidade do sedimento. O que explicaria a redução nas concentrações dos compostos analisados comparando os dois estudos. Contudo estudos complementares

são necessários para confirmar tal hipótese, uma vez que apenas o sedimento superficial foi analisado no trabalho atual. Não se tem informações da qualidade do sedimento a 1 ou 2 metros de profundidade.

Os resultados encontrados pela empresa DTA Engenharia no estudo realizado no “antigo” polígono de disposição oceânica mostram que apesar de se observar concentrações mais elevadas de compostos na região próxima a Ilha da Moela e Ponta do Munduba raramente são encontrados compostos acima do nível 1 da resolução Conama 344/04 no sedimento na região de dispersão da pluma. A comparação dos resultados no sedimento obtida até Dezembro de 2009 e até Dezembro de 2010 mostrou que não ocorre acúmulo de compostos no sedimento em nenhum ponto de amostragem mostrando que se trata de uma região dispersiva.

Os estudos realizados pela Fundespa sobre a qualidade do sedimento no novo polígono de disposição oceânica apontam que não estão ocorrendo alterações na qualidade do sedimento devido à disposição do material dragado para o aprofundamento do canal. Contudo esses estudos ainda estão em fase inicial e mais tempo de monitoramento se faz necessário para que possam ser feitas conclusões sobre o impacto do descarte do sedimento nesse novo PDO.

O acompanhamento periódico da qualidade do sedimento a ser dragado, ou seja, a caracterização química periódica do sedimento auxiliaria na interpretação da qualidade do sedimento nas áreas de disposição do (PDO) e suas adjacências, uma vez que permitiria correlacionar a qualidade do sedimento com o do PDO. Esse monitoramento está sendo proposto no Programa de 3 (Programa de Monitoramento da Qualidade dos Sedimentos – Sedimentologia e Geoquímica) em cumprimento ao TR para Elaboração do Estudo Ambiental para Regularização do Porto Organizado de Santos – SP.

#### **4.1.9. Diagnóstico do Parâmetro Ambiental Ruído na Zona Lindeira ao Porto de Santos – SP**

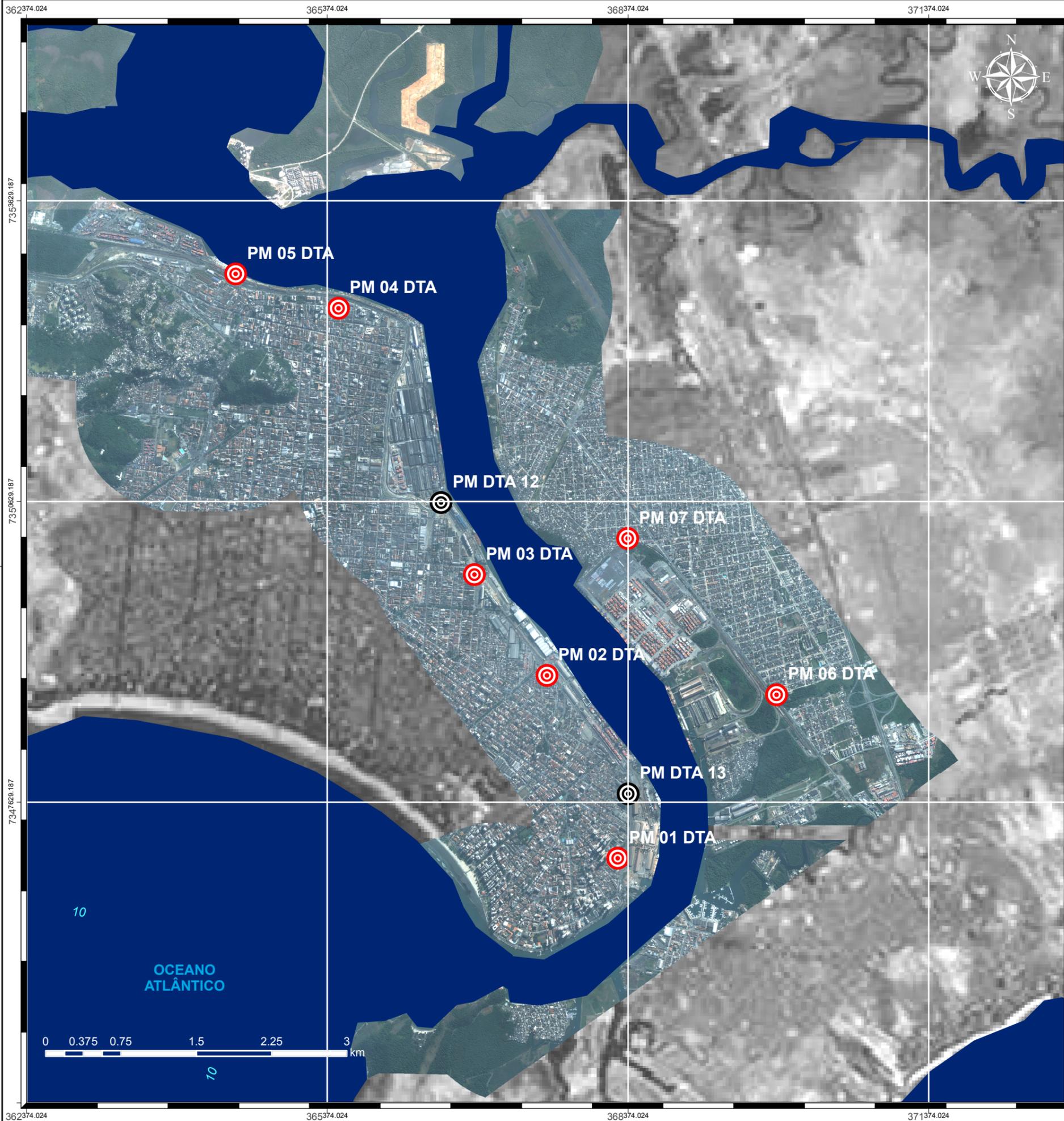
##### **4.1.9.1 Introdução**

As ondas sonoras se propagam em uma forma esférica, a partir de uma fonte pontual, por exemplo, uma máquina ruidosa, ou cilíndrica, a partir de uma fonte linear, por exemplo, uma via de grande volume de tráfego. Esta situação pode ser alterada pela presença de obstáculos na trajetória de propagação ou pela não uniformidade do meio em campo aberto. As ondas sonoras são formadas por qualquer processo que provoque flutuações em um fluido, que geralmente é o ar, como as pás de um ventilador ou o estrangulamento da passagem de ar numa sirene. Vibrações de superfícies sólidas também produzem excitações no ar são capazes de gerar ondas sonoras como um auto-falante.

O ouvido humano é capaz de responder a um grande intervalo de intensidade sonora, desde o limiar da audição até o limiar da dor. Por exemplo, na frequência de 1000 Hz a intensidade sonora capaz de causar a sensação de dor é  $10^{14}$  vezes maior que aquela que causa a sensação de audição. Devido a dificuldade de se expressar números de ordem de grandeza tão diferente numa mesma escala linear, utiliza-se a escala logarítmica para definir a intensidade do som. A unidade da intensidade sonora é conhecida como Bel (B). Nesta escala a divisão é  $\log_{10}$ , portanto a razão de intensidade do exemplo acima é  $10^{14}$  ou 14 divisões de escala. Como o ouvido humano é capaz de detectar apenas variações superiores a 0,1 Bel utiliza-se como fundo de escala o deciBel (dB), ou seja, Bel/10. O ouvido humano também não é igualmente sensível a todas as frequências sonoras. As frequências de maior audibilidade estão na faixa de 2000 e 5000 Hz e as menos audíveis são as frequências abaixo de 125 Hz e acima de 8000 Hz. Por exemplo, para o ouvido humano ter a mesma sensação de audição nas frequências de 125 Hz e de 1000 Hz, a intensidade da primeira frequência tem que ser 16 dB mais alta que a segunda. Para compensar esta situação utilizam-se circuitos eletrônicos de sensibilidade variável com a frequência, de forma a modelar o comportamento do ouvido humano classificados como A, B, C e D. O circuito A, por exemplo, faz uma

correção da escala logarítmica, aproximando-a da sensibilidade do ouvido humano, por isso se utiliza a métrica dB(A). Assim para o diagnóstico do parâmetro ruído as medições de nível de pressão sonora foram realizadas no dia 17/11/2010 em pontos selecionados de maneira que pudesse caracterizar a zona limreira ao porto. Os mesmos são ilustrados na **Figura 4.1.9.1-1**.



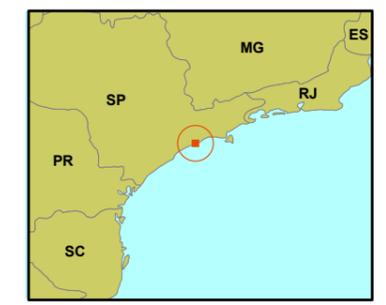


## Legenda

### Pontos de Medição de Ruído e Vibração

-  Dados Secundários
-  Dados Primários

### LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR - UTM  
 DATUM HORIZONTAL SAD69  
 FUSO 23 S

### DTA Engenharia



### REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL DO PORTO DE SANTOS

### DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Pontos de Ruído e Vibração  
 Figura 4.1.9.1-1

Nº DO MAPA: MA-CODESP-REG-GIS-1070-11	ESCALA / FORMATO: 1 : 40.000 / A3	DATA: 06/2011	SOFTWARE: ARCGIS 9.3
ELABORADO: MARCOS UMMUS	VERIFICADO: THAIS GARAGNANI	APROVADO: JOÃO ACÁCIO GOMES DE OLIVEIRA NETO	REVISÃO: 01



A norma que regulamenta este procedimento, segundo a Resolução CONAMA nº 01, de 08 de Março de 1990, é a ABNT NBR 10151:2000 - Avaliação de ruído em áreas habitadas. A referida norma estabelece a metodologia para obtenção do  $L_{Aeq}$  (nível de pressão sonora equivalente médio), que após as devidas correções torna-se o  $L_{ra}$  (nível de pressão sonora ambiente) que será comparado com o NCA (nível critério de avaliação) proposto mesma. A especificação dos valores de NCA para cada tipo de ocupação é reproduzida na **Tabela 4.1.9.1-1** e devem ser determinados segundo a micro-ocupação do local de medição.

**Tabela 4.1.9.1-1: Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos fornecidos pela NBR 10151 (2000).**

Tipos de Áreas	DIURNO (dB(A))	NOTURNO (dB(A))
Áreas de Sítios e Fazendas	40	35
Área estritamente Residencial/Urbana/ou de Escolas	50	45
Área Mista, predomínio Residencial	55	50
Área Mista, com Vocação Comercial/e Administrativa	60	55
Área Mista, com Vocação Recreacional	65	55
Área predominantemente Industrial	70	60

Para determinação do  $L_{Aeq}$  a norma não especifica o tempo de medição. Em locais onde o tráfego de veículos é uma fonte de ruído predominante trabalhos científicos consagrados na literatura sobre o assunto (Nunes (1998), Nunes (1999), Sattler (1999), Arruda (2000), Niemeyer (2001), Valadares (2001)) indicam um tempo de medição de pelo menos 5 minutos podendo ser de até 30 minutos, dependendo da variabilidade do volume de tráfego. Neste trabalho o  $L_{Aeq}$  foi determinado em um período de integração de 15 minutos. As correções para determinação do  $L_{ra}$  não precisaram ser aplicadas, pois não foram identificados ruídos de impactos ou componentes tonais, necessários para tal. Desta maneira o  $L_{Aeq}$  e  $L_{ra}$  possuem o mesmo valor.

O medidor de nível de pressão sonora utilizado para as medições foi um QUEST 2200, série KOG050005 e o calibrador CAL 3000, série N272168 calibrados em laboratório acreditado pelo INMETRO e pertencente à Rede Brasileira de Calibração, **Anexos 4.1.9.1-1 e 4.1.9.1-2**. O aparelho foi calibrado

antes e verificado após a conclusão das medidas, foi utilizado o protetor de vento, posicionado a 1,20 metros do piso e 2 metros de superfícies reflexivas, e foi utilizada a escala de compensação “A”.

#### 4.1.9.1.2. Resultados Obtidos

O ponto de medição 1 está localizado logo no início da zona portuária na Rua Amélia Leuchtemberg, 662, e pode ser visualizado na **Figura 4.1.9.1-1**. A **Figura 4.1.9.1.2-1** apresenta a vista da principal fonte de ruído e a **Figura 4.1.9.1.2-2** a vista dos potenciais receptores. O  $L_{Aeq}$  obtido foi de 60,1 dB(A) limítrofe ao NCA para uma região mista com vocação comercial e administrativa que é de 60 dB(A). Esta rua, apesar de possuir muitas residências, está próxima a oficinas mecânicas e outros tipos de comércio que justificam esta caracterização. A principal fonte de ruído local é o tráfego de veículos pesados pela Av. Mário Covas, a cerca de 120 m de distância, e no Corredor de Exportação, as oficinas mecânicas próximas e também os veículos que trafegam pelas vias locais.



**Figura 4.1.9.1-2: Vista da Av. Mário Covas a partir do ponto de medição 1.**



**Figura 4.1.9.1-3: Vista de residências a partir do ponto de medição 1.**

O ponto de medição 2 está localizado Rua Luiz de Matos, 92. A **Figura 4.1.9.1.2-3** apresenta a vista da principal fonte de ruído e a **Figura 4.1.9.1.2-4** a vista dos potenciais receptores. O  $L_{Aeq}$  obtido foi de 71,7 dB(A), acima do NCA para uma região mista com vocação comercial e administrativa que é de 60

dB(A). Defronte ao ponto de medição existem algumas residências e pequenos comércios. A principal fonte de ruído deste local é o tráfego de veículos pesados pela Av. Mário Covas e também pelos veículos que trafegam pelas vias locais.



**Figura 4.1.9.1-4: Vista da Av. Mário Covas a partir do ponto de medição 2.**



**Figura 4.1.9.1-5: Vista de residências a partir do ponto de medição 2.**

O ponto de medição 3 está localizado Av. Esmeraldo Tarquínio Silva defronte ao Hospital Ana Costa. A **Figura 4.1.9.1.2-5** apresenta a vista da principal fonte de ruído e a **Figura 4.1.9.1.2- 6** a vista dos potenciais receptores. O  $L_{Aeq}$  obtido foi de 68,5 dB(A), acima do NCA para uma região hospitalar que é de 50 dB(A). No entorno deste local existem armazéns ligados as atividades do porto. A principal fonte de ruído deste local é o tráfego de veículos pesados pela Av. Almirante Tamandaré, além dos veículos que fazem carga e descarga nos armazéns.

O ponto de medição 4 está localizado na esquina da Rua da Constituição com a Av. Xavier da Silveira. A **Figura 4.1.9.1.2-7** apresenta a vista da principal fonte de ruído e a **Figura 4.1.9.1.2-8** a vista dos potenciais receptores. O  $L_{Aeq}$  obtido foi de 71,9 dB(A), acima do NCA para uma região mista com vocação comercial e administrativa que é de 60 dB(A). A região é composta basicamente por pontos comerciais e armazéns sem residências próximas. A principal fonte de ruído deste local é o tráfego de veículos pesados pela Av.

Xavier da Silveira e também pelos veículos que trafegam pelas vias locais e linha férrea.



Figura 4.1.9.1-6: Vista da Av. Almirante Tamandaré a partir do ponto de medição 3.



Figura 4.1.9.1-7: Vista do ambulatório do hospital Ana Costa a partir do ponto de medição 3.



Figura 4.1.9.1-8: Vista da Av. Xavier da Silveira a partir do ponto de medição 4.



Figura 4.1.9.1-9: Vista de uma praça a partir do ponto de medição 4.

O ponto de medição 5 está localizado na Praça Azevedo Jr. A **Figura 4.1.9.1.2-9** apresenta a vista da principal fonte de ruído e a **Figura 4.1.9.1.2-10**, a vista dos potenciais receptores. O  $L_{Aeq}$  obtido foi de 71,2 dB(A), acima do NCA para uma região mista com vocação comercial e administrativa que é de 60 dB(A). O local possui basicamente uma ocupação comercial sem residências próximas.

A principal fonte de ruído deste local é o tráfego de veículos pesados pela Av. Antonio Prado e pela linha férrea lindeira a zona portuária.



**Figura 4.1.9.1-10: Vista da Av. Antonio Prado e linha férrea a partir do ponto de medição 5.**



**Figura 4.1.9.1-11: Vista da Praça Azevedo Junior a partir do ponto de medição 5.**

O ponto de medição 6 está na Rua Manoel Otero Martins defronte a Av. Santos Dumont, no município de Guarujá. A **Figura 4.1.9.1.2-11** apresenta a vista da principal fonte de ruído e a **Figura 4.1.9.1.2-12** a vista dos potenciais receptores. O  $L_{Aeq}$  obtido foi de 64,7 dB(A), acima do NCA para uma região hospitalar que é de 50 dB(A). Próximo ao hospital existem residências e pequenos pontos comerciais. A principal fonte de ruído deste local é o tráfego de veículos pesados pela Av. Santos Dumont e pela linha férrea lindeira a zona portuária. Neste local também foram executadas medidas anteriormente (Tetraplam, 2007) que resultaram em uma  $L_{Aeq}$  de 64,9 dB(A) compatível com o obtido nesta campanha de medição.

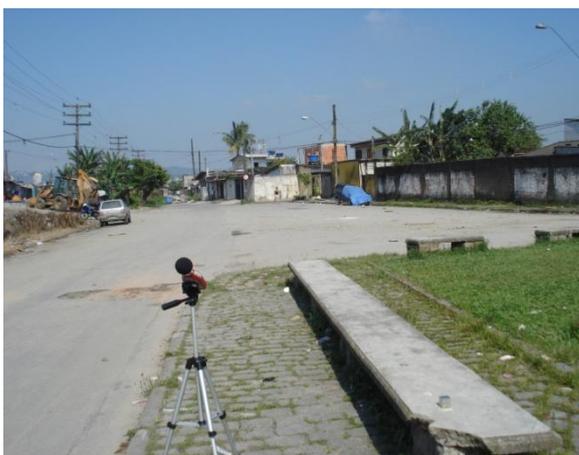


**Figura 4.1.9.1-12:** Vista da Av. Santos Dumont e da linha férrea a partir do ponto de medição 6.



**Figura 4.1.9.1-13:** Vista do Hospital Ana Costa a partir do ponto de medição 6.

O ponto de medição 7 está na Rua Dra Joana Menezes Faro, também no município de Guarujá. A **Figura 4.1.9.1.2-13** apresenta a vista da principal fonte de ruído e a **Figura 4.1.9.1.2-14**, a vista dos potenciais receptores. O  $L_{Aeq}$  obtido foi de 54,8 dB(A), abaixo do NCA para uma região mista com vocação comercial e administrativa que é de 60 dB(A). A região é composta basicamente por residências, oficinas mecânicas e pontos comerciais. A principal fonte de ruído deste local é o tráfego de veículos leves e pesados pelas vias locais e pela linha férrea lindeira a zona portuária. Esta não influenciou no nível de ruído obtido, pois o ramal estava em manutenção.



**Figura 4.1.9.1-14: Vista da Rua Dra Joana Menezes Faro a partir do ponto de medição 7.**



**Figura 4.1.9.1-15: Vista de residências a partir do ponto de medição 7.**

Os resultados do ponto de medição 8 foram obtidos durante o processo de Gerenciamento dos Programas Ambientais Sistema Viário do Porto de Santos, Avenida Perimetral da Margem Direita realizadas entre 14/12/2009 e 13/01/2010 (CPEA, 2010a) e outra entre 14/04/2010 e 14/05/2010 (CPEA, 2010b), o qual está localizado na Praça dos Outeirinhos. Os valores de  $L_{Aeq}$  nestas campanhas foram de 71,8 e 71,6 dB(A) respectivamente. O local é ocupado basicamente por empresas ligadas às atividades do porto sem residências próximas. As principais fontes de ruído identificadas foram o tráfego de veículos pesados e composições ferroviárias. Nesta região também foram executadas outras medidas (DTA Engenharia, 2008) que resultaram em uma  $L_{Aeq}$  de 71,2 dB(A) compatível com as medidas anteriores.

Os resultados do ponto de medição 9 foram obtidos durante o processo de Revisão do Estudo Ambiental e Plano Básico Ambiental (Tetraplam, 2007), o qual está localizado na Cândido Gaffeé. As ocupações da região são basicamente de empresas ligadas às atividades do porto. O  $L_{Aeq}$  nesta campanha foi de 68,3 dB(A). As principais fontes de ruído identificadas no local também foram o tráfego de veículos pesados e composições ferroviárias.

Os resultados dos pontos de medição 10 e 11, localizados no município do Guarujá, foram obtidos no Projeto Básico de Melhorias do Sistema Viário da Margem Direita do Porto de Santos (DTA Engenharia, 2008). Os valores de  $L_{Aeq}$  nesta campanha foram de 59,3 e 69,3 dB(A) respectivamente. O ponto de medição 10 possui uma ocupação basicamente residencial e de pequenos comércios, já que dista cerca de 170 m da Av. Santos Dumont. O ponto de medição 11 possui uma ocupação semelhante, mas com uma forte influência da Av. Santos Dumont já que dista apenas 40 m desta. As principais fontes de ruído identificadas no local também foram o tráfego de veículos pesados e composições ferroviárias.

A **Tabela 4.1.9.1.2-1** apresenta a localização de cada ponto de medição, a classificação da área, o  $L_{ra}$  e o NCA de cada local.

**Tabela 4.1.9.1.2-2: Localização de cada ponto de medição, sua classificação, NCA sugerido pela NBR 10151 (2000) e o  $L_{ra}$  obtido na campanha de medição.**

Ponto	Endereço	Área	$L_{ra}$ dB(A)	Data da medição	Horário da medição	NCA NBR 10151 (2000) DIURNO dB(A)
1	Rua Amélia Leuchtemberg, 662	Mista com vocação comercial e administrativa	60,1	17/11/2010	12:45	60
2	Rua Luiz de Matos, 92	Mista com vocação comercial e administrativa	71,7	17/11/2010	12:25	60
3	Av. Esmeraldo Tarquínio Silva Hospital Ana Costa	Área hospitalar, residencial ou de escolas	68,5	17/11/2010	12:00	50
4	Rua da Constituição / Av. Xavier da Silveira	Mista com vocação comercial e administrativa	71,9	17/11/2010	11:30	60
5	Praça Azevedo Jr	Mista com vocação comercial e administrativa	71,2	17/11/2010	11:10	60
6	Rua Manoel Otero Martins / Av. Santos Dumont	Área hospitalar, residencial ou de escolas	64,7 64,9	17/11/2010	10:00	50
7	Rua Joana Menezes Faro, 465	Mista com vocação comercial e administrativa	54,8	17/11/2010	10:25	60
8	Praça dos Outeirinhos	Mista com vocação comercial e administrativa	71,8 71,6 71,2	14/12/2009 14/05/2010 03/01/2008	XXX XXX 15:50	60
9	Praça Cândido Gaffeé	Mista com vocação comercial e administrativa	68,3	17/11/2010	XXX	60
10	Rua Waldomiro Macário, 185	Mista com vocação comercial e administrativa	59,3	03/01/2008	14:40	60
11	Rua João Veneziano, 325	Mista com vocação comercial e administrativa	64,3	03/01/2008	17:30	60

Os pontos de medição 2, 3, 4, 5, 8 e 9 sofrem influência direta das vias lindeiras à zona portuária devido ao tráfego pesado de caminhões e das composições ferroviárias de carga e apresentam níveis de ruído praticamente iguais. Os pontos de medição 3 e 8 apresentam um  $L_{Aeq}$  ligeiramente inferior devido a maior distância das principais fontes sonoras. Deve-se destacar também que esta situação já foi diagnosticada em outros trabalhos como é

possível se verificar no ponto de medição 8 onde em três momentos diferentes os resultados foram muito próximos. Nestes locais o  $L_{Aeq}$  supera com folgada margem o NCA sugerido pela NBR 10151 (2000) sendo mais crítico no ponto de medição 3, onde está instalado um ambulatório médico e o ponto 2 próximo a residências.

Os pontos de medição 6 e 11 recebem a energia sonora gerada principalmente pela Av. Santos Dumont. Esta não apresenta um tráfego tão pesado e intenso quanto suas similares na cidade de Santos, de modo que há uma redução no nível de ruído. Nestes locais o  $L_{Aeq}$  supera com folgada margem o NCA sugerido pela NBR 10151 (2000) sendo mais crítico no ponto de medição 6 onde está instalado um hospital. No ponto de medição 6 pôde-se constatar que o nível de ruído se mantém constante já que medidas realizadas em 2007 e 2010 apresentam praticamente o mesmo resultado.

Os pontos de medição 1, 7 e 10 estão mais afastados, 120, 250 e 170 m respectivamente, das principais fontes de ruído de modo que apresentam um  $L_{Aeq}$  inferior aos demais locais analisados. O ponto de medição 1 está no limite da NCA de 60 dB(A), com uma diferença dentro da margem de erro do sistema de medição e os pontos 7 e 10 inferior ao NCA.

No período noturno pôde-se constatar que o nível de ruído se mantém elevado. Nos pontos de medição 8 (69,6 e 71,6 dB(A)) e 9 (72,4 dB(A)) o nível de ruído é tão ou mais elevado do que o observado durante o dia.

Assim, o nível de ruído em praticamente todos os locais analisados está limítrofe ou acima do NCA da NBR 10151 (2000). Esta situação é recorrente próximo a corredores de tráfego nas grandes cidades brasileiras. Para mitigação desta situação recomenda-se que o pavimento das vias de circulação seja livre de irregularidades de modo a reduzir o impacto da caçamba dos caminhões e a velocidade dos mesmos seja melhor controlada limitando a no máximo 50 Km/h. Recomenda-se também que sejam realizadas campanhas de inspeção no sistema de abafamento de ruído dos veículos pesados de modo que não gerem energia sonora desnecessariamente.

#### **4.1.9.2 Diagnóstico do Parâmetro Ambiental Vibração na Zona Lindeira ao Porto de Santos – SP**

A vibração emitida por equipamentos industriais, tráfego de veículos pesados ou escarificação podem gerar deslocamentos capazes de se propagar pelo solo, afetando as fundações das edificações próximas por induzir vibração estrutural causando incômodo às pessoas e até danos estruturais, caso não sejam adotadas medidas para o isolamento da energia vibratória nas situações mais agudas. Este efeito pode variar em função da distância entre fonte e receptor, em função da capacidade de amortecimento do solo, em função da forma como as ondas vibratórias são geradas, por exemplo, de modo contínuo (máquinas industriais), instantâneo (detonações) e intermitente (ruído de tráfego) e em função do tipo de estrutura da edificação. Em geral estas vibrações ocorrem entre as frequências de 1 a 150 Hz.

Os danos gerados pela vibração em edificações, conforme a classificação da norma ISO 4866 (1990) *Mechanical vibration and shock - Vibration of buildings – Guidelines for the measurement of vibration and evaluation of their effects on buildings* são classificados como aparentes, no caso de pequenas fissuras no reboco das paredes, de pequena monta no caso de trincas ou desprendimento do reboco das paredes e de grande monta no caso de desprendimento de tijolos ou trincas na estrutura principal da edificação. Entretanto, raramente a vibração induzida pelo solo é suficientemente elevada para ser a causa única do dano, podendo contribuir para que isso ocorra. As edificações geralmente possuem tensões residuais geradas pela acomodação natural do solo, pela variação da umidade e temperatura e pela falta de manutenção e conservação. Assim, uma pequena velocidade de deslocamento induzida na estrutura pode acelerar este processo de deterioração. Em alguns casos, quando uma edificação é submetida à vibração por muitos anos, a fadiga estrutural ocorrerá, sendo também causa de deterioração. A norma DIN 4150-3 (1999) *Vibration in buildings, effect in structures* aborda 3 categorias diferentes de estruturas de concreto a madeira. A Categoria 1, que abrange as edificações de concreto armado e de madeira em boas condições, a Categoria 2, que abrange

edificações de alvenaria em boas condições e Categoria 3, as edificações de alvenaria em más condições de conservação e edificações consideradas de patrimônio histórico. A velocidade de deslocamento máximo (*peak particle velocity*, PPV) para cada uma destas classificações é de 40, 16 e 8 mm/s respectivamente, **Tabela 4.1.9.2-1**. Não são consideradas estruturas metálicas nesta parte da norma, pois estas são poucos vulneráveis a problemas vibratórios.

**Tabela 4.1.9.2-1: Limites de velocidade de vibração da partícula em pico, PPV em (mm/s) segundo a norma DIN 4150-3 (1999) para integridade estrutural.**

Tipos de Edificação	PPV (mm/s)
Categoria 1, edificações de concreto armado e de madeira em boas condições	40
Categoria 2, edificações de alvenaria em boas condições	16
Categoria 3, edificações de alvenaria em más condições de conservação e edificações consideradas de patrimônio histórico	8

Outro efeito da vibração induzida pelo solo é o da incomodidade ao usuário da edificação. Conforme estabelece ISO 2631-2 (2003) “*Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)*”, as vibrações transmitidas ao corpo humano devido à exposição são significativas somente nas proximidades do maquinário de trabalho. As vibrações geradas por atividades industriais em estruturas e transmitidas aos seus ocupantes, em geral, é um problema de incômodo e não de saúde ou segurança. Estas últimas são ocasionadas apenas por contato direto com equipamentos vibratórios no seu manuseio como serras circulares, rompedores, maquinário pneumático, gerando doenças ocupacionais. As exposições a vibrações nas faixas de frequências inferiores a 40 Hz são transmitidas a braços, mãos, ombro e cabeça. Enquanto que nas faixas acima de 100 Hz, apenas as mãos são afetadas. A vibração pode ser intolerável para os ocupantes de uma edificação devido à sensação física de movimento que interfere em algumas atividades como o sono, conversação devido à vibração de janelas e movimentação de objetos, além do receio de danos à edificação. Os limites de incomodidade para os ocupantes de uma edificação não são dados na versão de 2003 da referida norma sendo,

portanto, considerado o da versão de 1997. Para as residências os limites são de velocidade de deslocamento de pico, PPV, é de 0,40 mm/s para o período diurno e 0,14 mm/s no horário noturno, **Tabela 4.1.9.2-2**. De acordo com Patrício (2001), a medição de vibrações pode ser efetuada por meio de acelerômetros, geofones e sistemas laser que fornecem os valores da velocidade de vibração de pico, que se encontram correlacionadas com diversas velocidades limite conhecidas, tais como: percepção humana: 0.3 mm/s; desconforto: 1 mm/s e; danos estruturais: 10 mm/s.

**Tabela 4.1.9.2-2: Limites de velocidade de vibração da partícula em pico, PPV em (mm/s) segundo a norma ISO 2631-2 (1997) para limites de incomodidade.**

Tipos de Edificação	DIURNO PPV (mm/s)	NOTURNO PPV (mm/s)
Hospitais	0,10	0,10
Residências	0,40	0,14
Escritórios	0,40	0,40
Oficinas	0,80	0,80

A vibração induzida pelo tráfego está ligada aos veículos pesados como caminhões e ônibus e não aos leves com carros e pequenos utilitários, mesmo que caminhões e ônibus se diferenciem na geração de vibração devido a diferenças no seu sistema de amortecimento, sendo que os ônibus apesar de serem mais leves são mais problemáticos (HUNAIADI, 2000). Este fato é agravado quando acontece o impacto com irregularidades na via. Estas cargas geram ondas vibratórias que se propagam na frequência natural do solo até atingir as fundações de residências muito próximas. Caso a frequência de ressonância da estrutura da edificação seja similar a frequência de propagação da onda vibratória haverá amplificação da onda ocasionando um impacto indesejado. Pode ocorrer também que a rugosidade do pavimento induza um componente harmônico que pode novamente se acoplar a frequência natural de propagação da onda no solo e estrutura da edificação, sendo neste caso, necessário um elevado volume de tráfego e altas velocidades para causar este efeito. A tendência da vibração oriunda de veículos pesados é a geração de ondas no solo entre 1 e 80 Hz com uma velocidade de deslocamento de 0,2 a 50 mm/s (ISO 4866, 1990), dependendo do tipo e condições da estrada, peso e

velocidade do veículo, seu sistema de amortecimento, sendo todos estes fatores independentes e difíceis de serem relacionados. Assim como na vibração induzida por equipamentos, os solos de baixo amortecimento tendem a transmitir com mais facilidade as ondas vibratórias.

Desta maneira para o diagnóstico do parâmetro vibração foram realizadas medições da velocidade de deslocamento de pico, PPV, nos mesmos locais onde foram executados medidas do nível de pressão sonora, conforme **Figura 4.1.9.1-1**. As normas aplicadas neste procedimento foram a ISO 4866 (1990) e DIN 4150-3 (1999). O tempo de medição foi de 5 minutos onde o aparelho registrava a PPV neste período no eixos z (plano vertical a via), x (plano horizontal perpendicular a via) e y (plano horizontal paralelo a via). O equipamento cobre uma faixa de freqüência entre 10 e 1000 Hz atendo as referidas normas. O medidor de velocidade e acelerômetro utilizado foi um MV 690, série Q558879 calibrados em laboratório acreditado pelo INMETRO e pertencente à Rede Brasileira de Calibração, em **Anexo 4.1.9.2-1**. O acelerômetro foi posicionado por meio magnético em um *pod* metálico de medição de acordo em a ISO 4866 (1990). As **Figuras 4.1.9.2-1, 4.1.9.2-2 e 4.1.9.2-3** exemplificam o momento da medição nos eixos z, x e y.



**Figura 4.1.9.2-1: Acelerômetro fixado *pod* metálico no eixo z.**



**Figura 4.1.9.2-2: Acelerômetro fixado no *pod* metálico no eixo x**



**Figura 4.1.9.2-3: Acelerômetro fixado no pod metálico no eixo y.**

As fontes de vibração são as mesmas já descritas na análise do ruído ambiental, ou seja, o tráfego pesado e em alguns locais o deslocamento das composições ferroviárias. Os resultados obtidos estão descritos na **Tabela 4.1.9.2-3** onde é indicada a classificação do local e os limites máximos segundo as normas DIN 4150-3 (1999) e ISO 2631-2 (1997).

O limite de danos estruturais para edificações em alvenaria não foi excedido em nenhuma das medições, mas o de incomodidade humana sim. Pela análise proposta por Patrício (2001) a condição pode ser classificada com de desconforto. Está não é uma situação preocupante, pois as medidas foram realizadas no passeio público de modo que no interior das edificações próximas os valores de PPV serão inferiores a estes. Os dados dos pontos de medição 8, 10 e 11 foram obtidos na bibliografia já indicada sendo que no ponto 9 o valor indicado não foi considerado.

Para melhoria desta situação recomenda-se que o pavimento das vias de circulação seja livre de irregularidades de modo a reduzir o impacto da caçamba dos caminhões e a velocidade dos mesmos seja melhor controlada limitando a no máximo 50 Km/h.

**Tabela 4.1.9.2-3: Localização de cada ponto de medição, sua classificação, NCA sugerido pela NBR 10151 (2000) e o  $L_{ra}$  obtido na campanha de medição.**

Ponto	Área	PPV (mm/s)	Data da medição	Horário da medição	DIN 4150-3 (mm/s)	ISO 2631-2 (mm/s) Diurno
1	Mista com vocação comercial e administrativa	z = 0,50 x = 0,90 y = 0,30	17/11/2010	12:45	16	0,40
2	Mista com vocação comercial e administrativa	z = 1,10 x = 0,40 y = 0,40	17/11/2010	12:25	16	0,40
3	Área hospitalar, residencial ou de escolas	z = 1,20 x = 0,90 y = 0,90	17/11/2010	12:00	16	0,40
4	Mista com vocação comercial e administrativa	z = 1,10 x = 0,80 y = 0,60	17/11/2010	11:30	16	0,40
5	Mista com vocação comercial e administrativa	z = 1,80 x = 0,70 y = 2,20	17/11/2010	11:10	16	0,40
6	Área hospitalar, residencial ou de escolas	z = 1,00 x = 0,10 y = 0,10	17/11/2010	10:00	16	0,40
7	Mista com vocação comercial e administrativa	z = 0,80 x = 0,90 y = 1,10	17/11/2010	10:25	16	0,40
8	Mista com vocação comercial e administrativa	0,80	03/01/2008	15:50	16	0,40
10	Mista com vocação comercial e administrativa	1,20	03/01/2008	14:40	16	0,40
11	Mista com vocação comercial e administrativa	0,40	03/01/2008	17:30	16	0,40

#### **4.1.10 Qualidade do Ar**

##### **4.1.10.1 Introdução**

O Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama, através de sua Resolução nº 03 de 1990, considera que são padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que quando ultrapassadas podem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, ocasionando danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente.

A Resolução define poluentes atmosféricos como sendo qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Para tanto, foram definidos padrões primários e secundários de qualidade do ar que podem ser entendidos como:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar: são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população;

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar: são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

No presente Relatório foram analisadas as concentrações dos seguintes poluentes, na atmosfera dentro do contexto da área do Porto:

- a) Monóxido de Carbono (CO);
- b) Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>);

- c) Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e Óxido Nítrico ou Óxido de Nitrogênio (NO);
- d) Ozônio (O<sub>3</sub>);
- e) Poeira Inalável (total) ou Partículas Totais em Suspensão (PTS);
- f) Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>).

Os padrões e limites de concentrações estabelecidos pela Resolução Conama nº 03 de 1990 podem ser observados na **Tabela 4.1.10.1-1** a seguir:

**Tabela 4.1.10.1-1: Padrões Nacionais de Qualidade do Ar.**

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário <sup>b</sup> Concentração (µg/m <sup>3</sup> )	Padrão Secundário <sup>c</sup> Concentração (µg/m <sup>3</sup> )
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	1 ano	80 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>
	24 horas	240	150
Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> ) <10 µm(PI)	1 ano	50	50
	24 horas	150	150
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	1 ano	80	40
	24 horas	365	100
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)
	1 hora	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	1 ano	100	100
	1 hora	320	190
Fumaça	24 horas	150	100
	1 ano	60	40
Ozônio (O <sub>3</sub> )	1 hora	160	160

Fonte: Resolução Conama nº 03:1990

**Notas:**

a. Média Geométrica

b. Padrão Primário: concentrações que se ultrapassadas poderão afetar a saúde da população.

c. Padrão Secundário: concentrações abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, bem como o mínimo dano à fauna e à flora. Em áreas poluídas, podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Foram realizadas as análises da qualidade do ar, cujas concentrações dos poluentes são comparadas com os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução Conama nº 03:1990. Estas análises foram realizadas no contexto da área do Porto, que por outro lado foi objeto de

avaliação ambiental no que tange ao meio físico, notadamente, nos aspectos de: climatologia e condições meteorológicas; fontes de poluição.

#### **4.1.10.2 Metodologia Aplicada**

A metodologia aplicada foi decorrente de levantamento de dados e informações secundárias publicadas e consolidadas pelo Órgão Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) através do Relatório de Monitoramento da Qualidade do Ar que é publicado desde 2001 e, disponível no site eletrônico institucional no link, a saber: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>.

Ainda complementando, a metodologia aplicada foi realizada a caracterização qualitativa do ar no contexto da área do Porto, ou seja, foram efetuadas medições “*in loco*” em 05 pontos distintos, nos meses de abril e maio de 2011, atendendo as premissas da Resolução Conama nº 03:1990.

##### **4.1.10.2.1 Metodologia no Levantamento de Informações e Dados (Secundários)**

As informações de clima e condições meteorológicas são fundamentais para estabelecer a linha-base de qualquer estudo de qualidade do ar seja de uma atividade ou região em questão. Desta forma, as informações do Capítulo 4.1.2 – Clima e Condições Meteorológicas são importantes para o entendimento da série temporal e histórica de dados na região costeira de Santos.

Resumidamente, em termos de operações portuárias, o parâmetro meteorológico mais importante é o vento, o que torna imprescindível conhecer sua direção e intensidade visando a caracterização da qualidade do ar. Para tanto, de acordo com o Capítulo 4.1.2, nos 30 anos analisados, a máxima intensidade do vento calculada pelo modelo do NCEP / NCAR foi de 14,09 m/s, que ocorreu num mês de maio, mas é interessante notar que todos os meses do ano apresentaram máximos acima de 10 m/s. Finalmente, a bússola e a rosa dos ventos ressaltam a predominância dos ventos de Leste, seguidos

pelos ventos de Sudeste e Nordeste, com números de ocorrência que são uma ordem de grandeza maior que as dos ventos de Oeste.

Por outro lado, as informações e dados secundários referentes aos aspectos climáticos, condições meteorológicas e fontes de poluição dentro do contexto da área do Porto, também foram objeto de avaliação através do Relatório da Qualidade do Ar do Estado de São Paulo – Ano 2009 e 2010 elaborado pela equipe técnica da Diretoria de Tecnologia, Qualidade e Avaliação Ambiental da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb (Cetesb, 2011).

Para tanto, a Cetesb possui uma Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar do Estado de São Paulo que promove o controle, gerenciamento e gestão metodológica no tratamento dos dados coletados em cada Estação de Monitoramento. Este sistema de monitoramento possui basicamente 02 tipos de redes de monitoramento, a saber:

✓ **Rede de Monitoramento Manual:** cuja representatividade na coleta dos dados se apresenta da seguinte forma:

- Média diária: pelo menos 22 horas de amostragem;
- Média mensal: 2/3 das médias diárias válidas no mês;
- Média anual: 1/2 das médias diárias válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

✓ **Rede de Monitoramento Automática:** cuja representatividade na coleta dos dados se apresenta da seguinte forma:

- Média horária: 3/4 das medidas válidas na hora;
- Média diária: 2/3 das médias horárias válidas no dia;
- Média mensal: 2/3 das médias diárias válidas no mês;
- Média anual: 1/2 das médias diárias válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

## **I) Rede de Monitoramento Manual da Cetesb**

A Rede Manual de Monitoramento da Qualidade do Ar, em 2010, contou com 47 locais de amostragem espalhados em 11 das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI). Os parâmetros monitorados nos municípios de Santos e Cubatão são: Fumaça (FMC), Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>).

Em escala local, ou seja, escala de bairro, no município de Santos, a Agência Ambiental (Cetesb) possui uma Estação de Monitoramento de Qualidade do Ar Manual localizada na Praça Coronel Fernando Prestes, s/n – Policlínica do Embaré - Bairro Estuário (coordenadas UTM “DATUM SAT69” da Estação são 23K0366641E – 7349081N) que tem como objetivo a medição das concentrações de Fumaça (FMC), ou seja fuligem, decorrente de tráfego de veículos (fontes móveis) em área urbana com tráfego intenso. Abaixo a escala de representatividade entre média escala e escala de bairro, a saber:

- ✓ **Média escala** – concentrações para áreas urbanas (poucos quarteirões com características semelhantes), com dimensões entre 100 e 500 metros;
- ✓ **Escala de bairro** – concentrações para áreas da cidade (bairros), com atividade uniforme e dimensões de 500 a 4.000 metros.



## II) Rede de Monitoramento Automática da Cetesb

Recentemente, em 07/06/2011, a Cetesb inaugurou outra Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar Automática, localizada no Hospital Guilherme Álvaro – Rua Oswaldo Cruz, 197 – Bairro Boqueirão – Santos – SP (coordenadas UTM “DATUM SAT69” da Estação são 23K365630E – 7349273N) que tem como objetivo a medição das concentrações de Ozônio Troposférico (O<sub>3</sub>), Partículas Inaláveis ou Material Particulado (MP<sub>10</sub>) e Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>) decorrente da classificação severa de saturação de MP e O<sub>3</sub> nos municípios da baixada santista (ver **Figura 4.1.10.2.1-2**) em zona saturada em área urbana e industrial (de acordo com o Decreto Estadual n° 50.753 de 28/04/2006), a escala de representatividade em escala urbana, a saber:

- ✓ **Escala urbana** – concentrações de cidades ou regiões metropolitanas, da ordem de 4 a 50km.

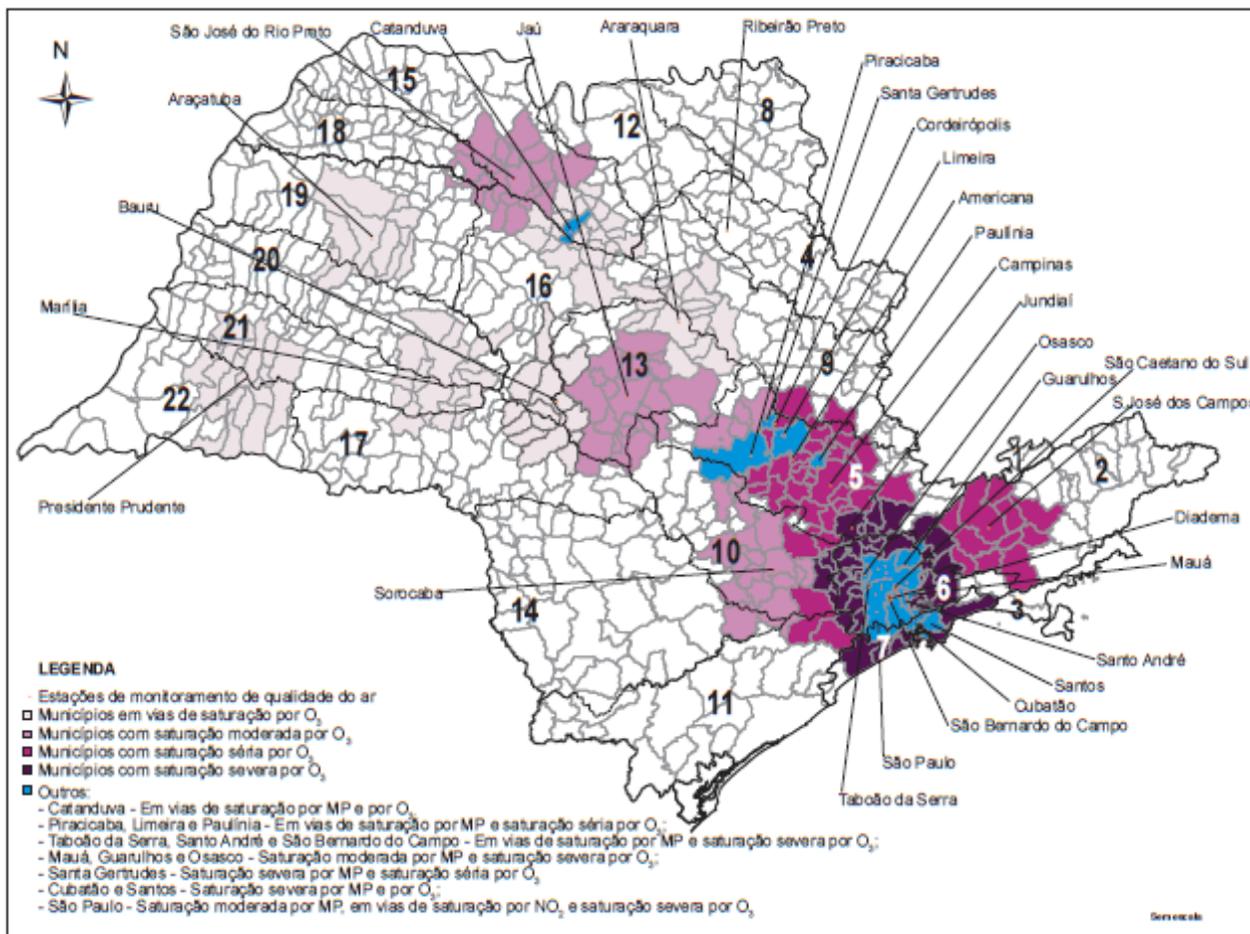


Figura 4.1.10.2-2: MP e O<sub>3</sub> – Classificação e graduação de severidade para municípios do Estado de São Paulo.



enxofre durante os meses de inverno, quando as condições meteorológicas são mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes. Já o ozônio apresenta maiores concentrações na primavera e verão, por ser um poluente secundário que depende da intensidade de luz solar para ser formado.

A determinação sistemática da qualidade do ar deve ser, por questões de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis.

De forma geral, o grupo de poluentes consagrados universalmente como indicadores mais abrangentes da qualidade do ar é composto pelos poluentes já citados, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, material particulado e ozônio, mais o dióxido de nitrogênio. A razão da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada a sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente.

A **Tabela 4.1.10.2.2-1** mostra um quadro geral dos principais poluentes considerados indicadores da qualidade do ar, bem como suas características, tais quais origens principais e efeitos ao meio ambiente. As informações sobre prevenção de riscos à saúde e os efeitos da poluição sobre ela são apresentados a seguir:

**Tabela 4.1.10.2.2-1: Fontes e características dos principais poluentes atmosféricos.**

Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> ) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Danos a vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Totais em Suspensão	Partículas de material sólido ou líquido que ficam	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira	Danos a vegetação, deterioração da visibilidade

(PTS)	suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.	de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol, marinho e solo	e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO <sub>3</sub> , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa e papel, fertilizantes.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais.

		nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	
--	--	--	--

Fonte: Cetesb, 2010

Para cada poluente atmosférico analisado, foram utilizados métodos diferenciados para a captação e amostragem do gás:

- a) Monóxido de Carbono (CO): O método utilizado foi a OSHA ID 210, amostrador balão de Tedlar 5 L, bomba utilizada SKC modelo PCxR-4, vazão 0,0201L/min;
- b) Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>): O método utilizado foi a NIOSH 6004, amostrador cassete de poliestireno de 37 mm, com filtro de éster de celulose com porosidade de 0,8 m referência SKC 225-5 e suporte de celulose tratado com Carbonato de Sódio, bomba utilizada SKC modelo PCxR-4, vazão 0,510L/min;
- c) Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e Óxido Nítrico (NO): A metodologia adotada foi a NIOSH 6014, amostrador tubo com 2 seções de peneiras moleculares intermediada com catalisador intermediário, bomba utilizada SKC modelo PCxR-4, vazão 0,0250 L/min;
- d) Ozônio (O<sub>3</sub>): O método considerado foi a OSHA ID-214, amostrador cassete de poliestireno de 37 mm com 2 filtros de fibra de vidro com porosidade de 1 µm, impregnados com nitrito de sódio, bomba utilizada SKC modelo PCxR-4, vazão 0,251L/min;
- e) Poeira Inalável (total) ou Partículas Totais em Suspensão (PTS): O método utilizado foi a NIOSH 0500, amostrador cassete de poliestireno de 37 mm com filtro de PVC com porosidade de 5 µm pré pesado, bomba utilizada SKC modelo PCxR-4, vazão 2,01L/min;
- f) Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>): A metodologia considerada foi NIOSH 0500, amostrador separador de partículas de 10 micrometros com filtro de PTFE

47mm e 2 $\mu$  pré-pesado, bomba utilizada SKC modelo Leland Legacy, vazão 10,36L/min.

Foram definidos 05 pontos de coleta e medição da qualidade do ar com periodicidade de 08 horas de amostragem para cada ponto nos meses de abril e maio de 2011. Os pontos definidos pela equipe técnica foram:

- Margem Direita: Bairro Estuário (Portão 21 – Armazém 39 – Cais – Operação de Descarregamento de Soja); Bairro Macuco/Outeirinhos (Portão 19 – Cais – Operação de Descarregamento de Açúcar) e Bairro Alamoia (Terminal de Graneis Líquidos – Píeres 2 e 3).
- Margem Esquerda: Bairro Ilha Barnabé (Portão 27 – Cais – São Paulo) e Bairro Conceiçãozinha (Sub-sede Guarda Portuária).

#### **4.1.10.3 Informações Consolidadas e Resultados Alcançados**

Diante da caracterização da UGRHI 07 – Baixada Santista, na **Tabela 4.1.10.3-1**, constata-se que apenas 02 municípios da Baixada Santista dispõem de monitoramento da qualidade do ar pela Agência Ambiental (Cetesb).

**Tabela 4.1.10.3-1: Caracterização da UGRHI – 07 – Baixada Santista.**

<b>Classificação</b> Anexo III da Lei Estadual nº 9.034:1994 – PERH	Industrial
<b>Municípios (9)</b>	Bertioga, <b>Cubatão</b> , Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, <b>Santos</b> e São Vicente.
<b>População (projeção IBGE 2009)</b>	1.668.428 hab.
<b>Principais atividades econômicas</b>	Os municípios de Santos e Cubatão centralizam as mais importantes atividades econômicas desta UGRHI. Santos pela situação de pólo regional e por abrigar o principal terminal portuário do país, e Cubatão pela concentração dos mais importantes complexos da indústria de base brasileira. A atividade da pesca extrativa marinha é importante como atividade comercial, tendo sido desembarcado nos municípios de Santos e Guarujá um total de 21.000.000 kg, em 2004. Merece menção o turismo de veraneio, principalmente

	de segunda residência.
--	------------------------

#### 4.1.10.3.1 Informações dos Aspectos Climatológicos e Condições Meteorológicas

O clima da Baixada Santista é classificado como Subtropical Úmido, com verão quente e úmido e inverno moderadamente seco e, cuja dinâmica é controlada por massas de ar tropicais e polares, sendo a massa de ar dominante, a Tropical Atlântica (Ta). No entanto, nos meses de inverno, há a ação da massa de ar Polar Atlântica e a região fica sujeita a fortes resfriamentos. Maiores informações, conforme descrito no item 4.1.10.1.2, os aspectos climatológicos e meteorológicos estão consolidados no item 4.1.2.

Especificamente para este Relatório de Qualidade do Ar, uma interpretação resumida dos aspectos climatológicos e meteorológicos podem ser caracterizadas através dos resultados apresentados nos Relatórios da Qualidade do Ar do Estado de São Paulo – Ano 2009 e 2010, onde sistematicamente pode ser observado a seguir na **Tabela 4.1.10.3.1-1**.

**Tabela 4.1.10.3.1-1: Resumo dos aspectos climatológicos e meteorológicos.**

Parâmetro	Santos (altitude 14m)
Temperatura Média (°C)	21,3
Precipitação Total (mm)	2.081
Umidade Relativa Média (%)	80
Insolação Total (horas)	1.494
Nebulosidade Média (0-10)	6,3

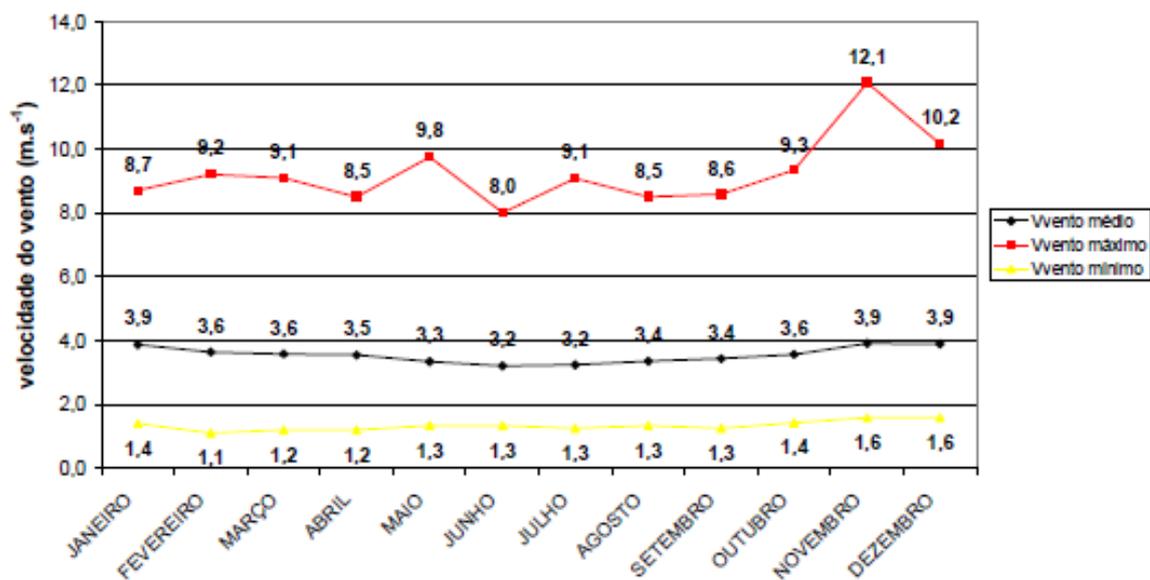
Fonte: Cetesb (2011).

No entanto, as informações predominantes estão em relação a direção e intensidade dos ventos, pois estas informações é que definem os pontos estratégicos de monitoramento da qualidade do ar.

A origem dos ventos para a região do empreendimento é predominantemente do quadrante Leste, seguidos pelos ventos de direção Sudeste, depois Nordeste, sendo os ventos vindos do quadrante Norte e Oeste, menos freqüentes. Nas estações da primavera e verão, os ventos predominantes são

procedentes do Leste; no mês de outubro, predominam os ventos oriundos do Sul e, no mês de janeiro, são os ventos vindos do Noroeste. A situação de calmaria é superior a 30% em todos os meses do ano e a média anual é de 50%.

A velocidade média do vento na área de estudo é de  $3,5 \text{ m.s}^{-1}$ , sendo que os valores médios mais elevados ocorrem entre os meses de novembro a janeiro com média de  $3,9 \text{ m.s}^{-1}$ . O valor máximo médio verificado foi de  $12,1 \text{ m.s}^{-1}$ , durante o mês de novembro e a média anual dos valores máximos do vento foi de  $9,3 \text{ m.s}^{-1}$ , considerando-se dados da estação Santos – SP, latitude -  $23,93^\circ$  S, longitude  $46,3^\circ$  W e altitude 3 m, para os anos de 2000 a 2005, conforme **Figura 4.1.10.3.1-1** e **Tabela 4.1.10.3.1-2** a seguir:



**Figura 4.1.10.3.1-1:** Variação da velocidade do vento (máx.; med.; mín.) média mensal para os anos de 2000 a 2005

**Tabela 4.1.10.3.1-2:** Variação da velocidade do vento (máx.; med.; mín.) média mensal para os anos de 2000 a 2005.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Médio	3,9	3,6	3,6	3,5	3,3	3,2	3,2	3,4	3,4	3,6	3,9	3,9	3,5
Máximo	8,7	9,2	9,1	8,5	9,8	8,0	9,1	8,5	8,6	9,3	12,1	10,2	9,3
Mínimo	1,4	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	1,6	1,3

#### 4.1.10.4 Fontes de Emissões na Área do Porto

Especificamente, o município de Santos situa-se no litoral do Estado de São Paulo, a uma distância de 68km a Sudeste da capital, com área de 271km<sup>2</sup> e, segundo o último censo, possui uma população em torno de 418.000 habitantes. A cidade localiza-se a uma altitude média de 2 metros, com ventos predominantes do quadrante Leste-Sul.

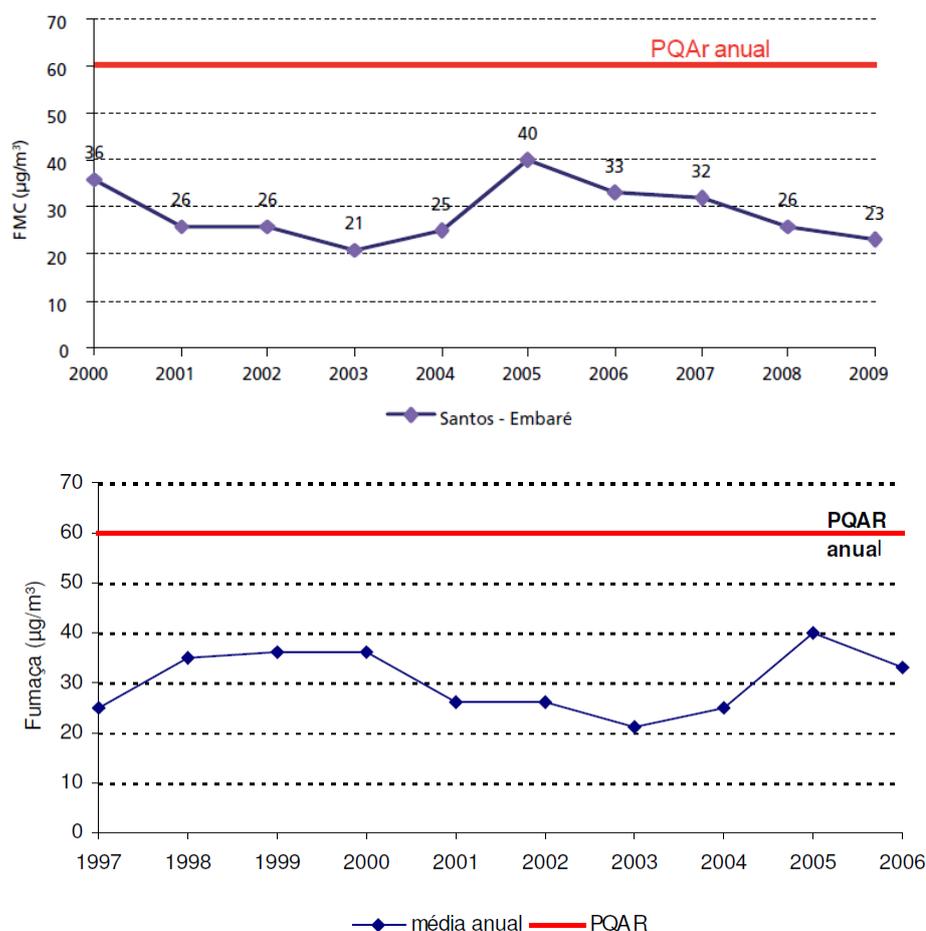
Como fontes móveis de emissão atmosférica o município de Santos possui atualmente uma frota de, aproximadamente, 145.000 veículos leves, 9.000 veículos pesados e 42.000 motocicletas.

No contexto da área do Porto, a Codesp não informou oficialmente a existência de um Inventário atualizado das fontes móveis e estacionárias em suas operações e de responsabilidade de seus Arrendatários/Permissionários. No entanto, basicamente, observam-se como fontes de emissões móveis e estacionárias às atividades portuárias com operação dos seguintes equipamentos:

- Fontes Móveis: veículos leves, veículos pesados (caminhões, ônibus, carretas), empilhadeiras, *stackers*, navios, barcaças, sistemas de dragagem etc.
- Fontes Estacionárias: portêineres, guindastes entre outros eventuais equipamentos de combustão de atividades dos Arrendatários/Permissionários.

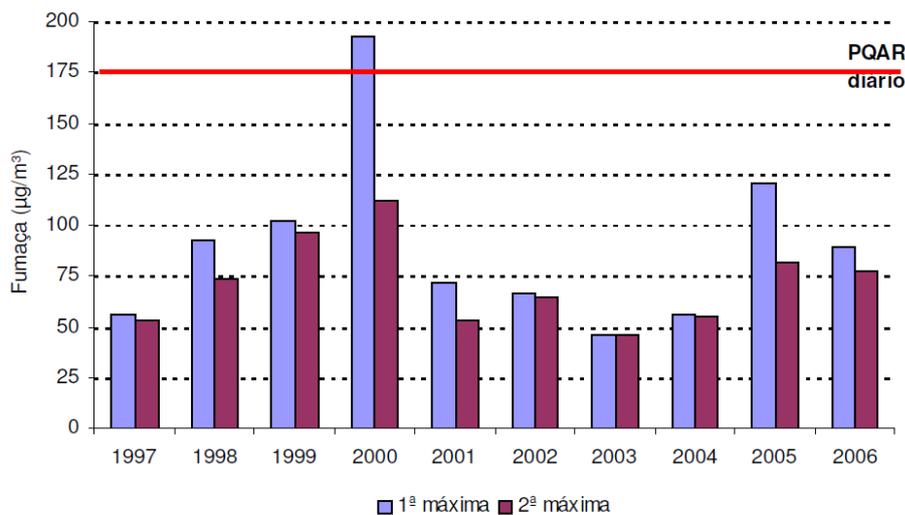
#### 4.1.10.5 Qualidade do Ar no município de Santos

No município de Santos, conforme **Figura 4.1.10.5-1**, observa-se a evolução das médias aritméticas anuais entre 1997 e 2009 das concentrações de Fumaça (FMC) da estação de monitoramento da qualidade do ar da Cetesb.



**Figura 4.1.10.5-1: Evolução da variação das médias aritméticas anuais (1997 – 2009)**

Ainda no município de Santos, conforme **Figura 4.1.10.5-2**, observa-se a evolução das máximas diárias entre 1997 e 2006 das concentrações de Fumaça (FMC) da estação de monitoramento da qualidade do ar da Cetesb.



**Figura 4.1.10.5-2: Evolução da variação das máximas diárias (1997 – 2006)**

Enfim, as concentrações de poluentes de Fumaça (FMC) no município de Santos observadas entre 1997 e 2009 ficaram abaixo do padrão primário de qualidade do ar ( $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sendo que houve uma única ultrapassagem do padrão de 24 horas ( $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), em 2000.

Da mesma forma, as concentrações de poluentes de Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ ) no município de Santos observadas entre 1997 e 2009 ficaram abaixo do padrão primário de qualidade do ar ( $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), e do padrão de 24 horas ( $365\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Todavia, na **Figura 4.1.10.5-1** a seguir, observa-se que tanto o município de Cubatão (diretamente), como o de Santos (indiretamente) estão classificados pela Cetesb como municípios com saturação severa por Material Particulado (MP) e saturação séria por Ozônio Troposférico ( $\text{O}_3$ ) demandando, de acordo com o Decreto Estadual nº 50.753 de 28/04/2006 e nº 52.469 de 12/12/2007, um Programa de Redução de Emissões Atmosféricas (PREA).

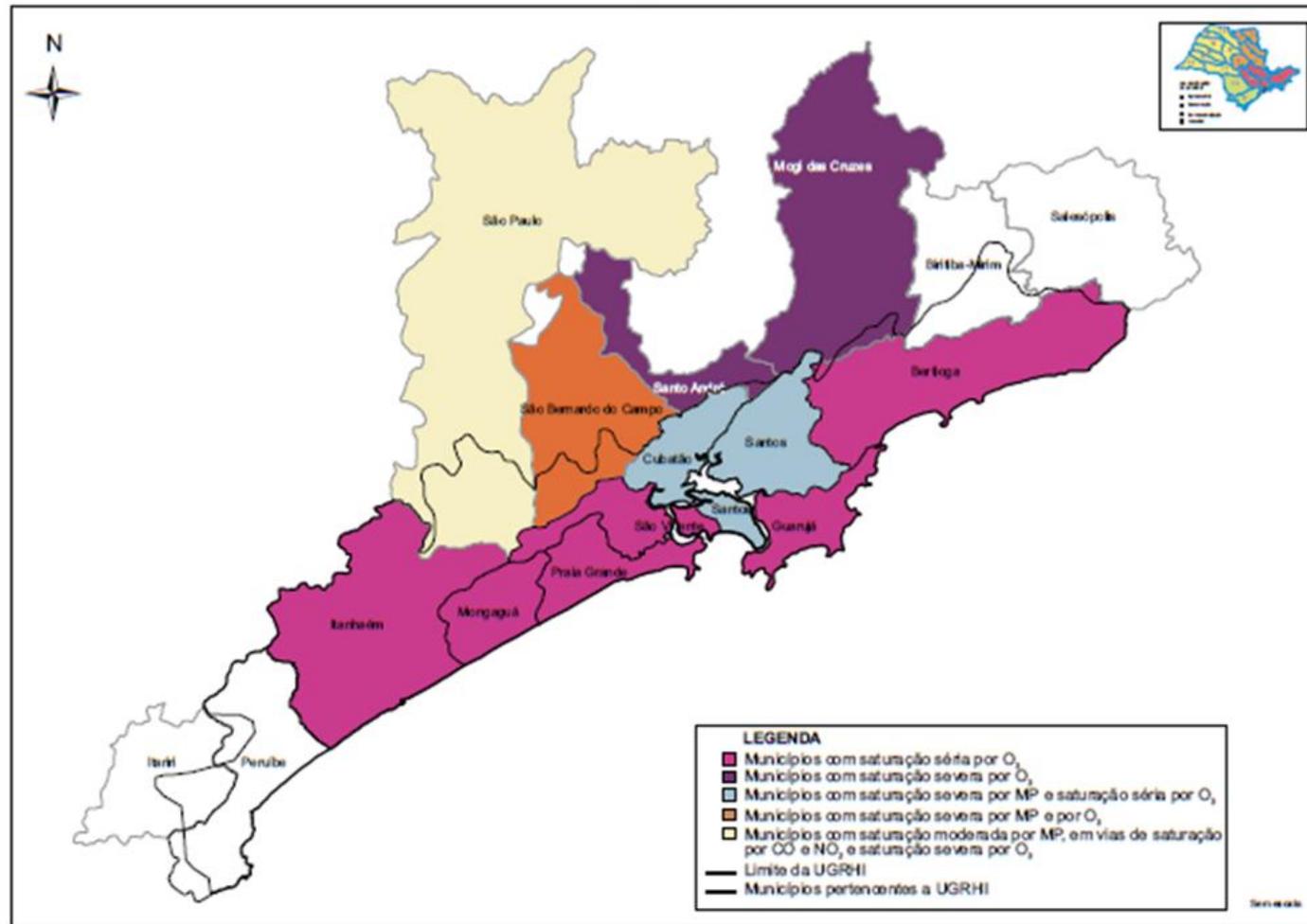


Figura 4.1.10.5-3: Classificação e graduação de severidade na UGRHI 07. Fonte: Cetesb, 2010.

#### 4.1.10.6 Qualidade do Ar no Contexto da Área do Porto

O Relatório da Qualidade do Ar do Estado de São Paulo – 2010, divulgado recentemente (julho/2011) pela Cetesb, apresenta alguns resultados de medições e concentrações de poluentes de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>) dentro do contexto da área do Porto. Estas medições ocorreram no período entre julho/2008 e setembro/2008 e não foi possível identificar o local e/ou os locais dos pontos de coleta que foram instalados pela equipe da Cetesb, os equipamentos da estação de monitoramento de qualidade do ar manual.

O resumo sistematizado dos resultados pode ser observado a seguir na **Tabela 4.1.10.6-1**.

**Tabela 4.1.10.6-1: Resultados de Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>) no Porto entre julho/2008 e setembro/2008.**

Local de Amostragem	Repres.	N	Méd. Aritmética (ug/m <sup>3</sup> )	Máximas em 24 horas (ug/m <sup>3</sup> )				N. de Ultrapassagens	
				1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	PQAr	AT
Porto	NR	28	101	233	202	179	176	4	0

Fonte: Cetesb (2011)

Repres.: indica se o monitoramento foi representativo no ano (R) ou não (NR);

N: número de dias válidos;

PQAr: Padrão Nacional de Qualidade do Ar;

AT: Estado de Atenção (declarados ou não declarados).

**Tabela 4.1.10.6-2: Resultados de Partículas Totais em Suspensão (PTS) no Porto entre julho/2008 e setembro/2008.**

Local de Amostragem	Repres.	N	Méd. Aritmética (ug/m <sup>3</sup> )	Máximas em 24 horas (ug/m <sup>3</sup> )				N. de Ultrapassagens	
				1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	PQAr	AT
Porto	NR	28	196	550	442	433	414	11	5

Fonte: Cetesb (2011)

Repres.: indica se o monitoramento foi representativo no ano (R) ou não (NR);

N: número de dias válidos;

PQAr: Padrão Nacional de Qualidade do Ar;

AT: Estado de Atenção (declarados ou não declarados).

Os dados apresentados nas **Tabelas 4.1.10.6-1 e 4.1.10.6-2** apontam para a seguinte classificação de saturação e severidade da qualidade do ar:

#### **MP<sub>10</sub>: Partículas Inaláveis**

- Classificação de Saturação: SAT – Saturado;
- Classificação de Severidade: MOD – Moderado.

#### **PTS: Partículas Totais em Suspensão**

- Classificação de Saturação: SAT – Saturado;
- Classificação de Severidade: SEV – Severo.

#### **4.1.10.7 Resultados Alcançados na Caracterização Qualitativa do Ar “in loco” – Dados (Primários)**

A caracterização qualitativa foi definida pela equipe técnica da DTA Engenharia através de um Plano de Amostragem da Qualidade do Ar em única campanha amostral no período entre 25/04/2011 e 05/05/2011, em 05 (cinco) pontos de coleta, sendo 03 na Margem Direita e 02 na Margem Esquerda do Canal do

Porto, todos em função do histórico dos aspectos climatológicos e meteorológicos entre 2001 e 2009 que estão descritos no Relatório de Qualidade do Ar (2009) elaborado sistematicamente pela Cetesb. Desta forma, os pontos de medição, definidos estrategicamente, foram:

- Margem Direita: entre Bairro Estuário/Ponta da Praia (Portão 21 – Armazém 39 – Cais – Operação de Descarregamento de Soja); entre Bairro Macuco/Outeirinhos (Portão 19 – Cais – Operação de Descarregamento de Açúcar) e Bairro Alamoia (Terminal de Granéis Líquidos – Píeres 2 e 3).
- Margem Esquerda: Bairro Ilha Barnabé (Portão 27 – Cais – São Paulo) e Bairro Conceiçãozinha (Sub-sede Guarda Portuária).

Na seqüência, destacam-se na **Tabela 4.1.10.7-1**, os resultados alcançados nas medições de qualidade do ar e a localização dos pontos de coleta na **Figura 4.1.10.7-1**. Para melhor visualização, tem-se a seguir uma imagem do Google com as coordenadas UTM dos 05 pontos de medição de qualidade do ar. De maneira semelhante, os registros fotográficos com a localização dos pontos de coleta em coordenadas UTM, os laudos analíticos e certificados de calibração dos equipamentos de medições utilizados também são apresentados no item **Anexos**.

Convém ressaltar que os critérios para análise de significância das fontes de emissões atmosféricas foram estabelecidos diante dos seguintes aspectos: escala, severidade, freqüência, requisitos legais e facilidade de controle.

**Tabela 4.1.10.7-1: Resultados analíticos das medições de qualidade do ar no Porto (2011).**

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )   ppm	Padrão Secundário Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )   ppm	Ponto de Coleta	Resultado Analítico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )   ppm
Poeiras Inaláveis Totais ou Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	240	150	Alamoá	107, 2
				Macuco	105, 10
				Estuário	<b>283, 8</b>
				Ilha Barnabé	76, 9
				Conceição zinha	93, 4
Partículas Inaláveis (MP 10) <10 $\mu\text{m}$ (PI)	24 horas	150	150	Alamoá	74, 8
				Macuco	83, 1
				Estuário	<b>206, 0</b>
				Ilha Barnabé	53, 8
				Conceição zinha	76, 9
Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ )	24 horas	365   80	100   40	Alamoá	36   0, 014
				Macuco	135   0, 052
				Estuário	< 21   < 0, 008
				Ilha Barnabé	35   0, 013
				Conceição zinha	< 20   < 0, 008
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	40.000   (35 ppm)	40.000   (35 ppm)	Alamoá	2257   2
				Macuco	< 2288   < 2
				Estuário	< 2288   < 2
				Ilha Barnabé	< 2288   < 2

				Conceição zinha	2261   2
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	1 hora	320	190	Alamoia	< 243   < 0,1
				Macuco	< 279   < 0,1
				Estuário	< 243   < 0,1
				Ilha Barnabé	< 242   < 0,1
				Conceição zinha	< 241   < 0,1
Ozônio (O <sub>3</sub> )	1 hora	160	160	Alamoia	27   0,014
				Macuco	12   0,006
				Estuário	10   0,005
				Ilha Barnabé	22   0,011
				Conceição zinha	19   0,010



### Legenda

- Pontos de Monitoramento de Ar

### LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR - UTM  
 DATUM HORIZONTAL SAD69  
 FUSO 23 S

**DTA Engenharia**



**REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL DO PORTO DE SANTOS**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

Localização dos Pontos de Coleta  
 Figura 4.1.10.2.4-1

Nº DO MAPA: MA-CODESP-REG-GIS-1043-11	ESCALA / FORMATO: 1 : 30.000 / A3	DATA: 06/2011	SOFTWARE: ARCGIS 9.3
ELABORADO: MARCOS UMMUS	VERIFICADO: THAIS GARAGNANI	APROVADO: JOÃO ACÁCIO GOMES DE OLIVEIRA NETO	REVISÃO: 01





**Figura 4.1.10.7-2: Localização do Ponto de Coleta - Alamoá.**

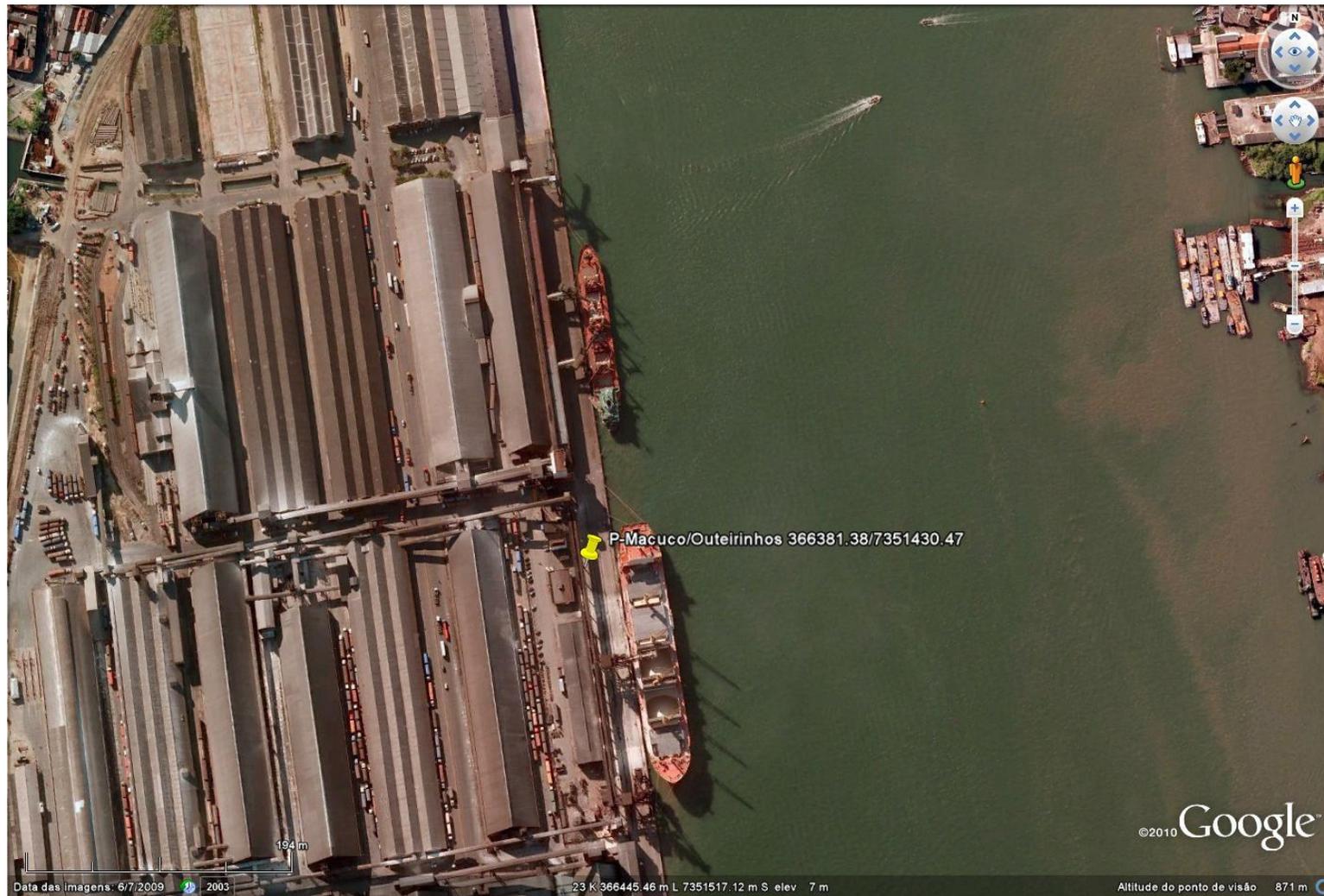
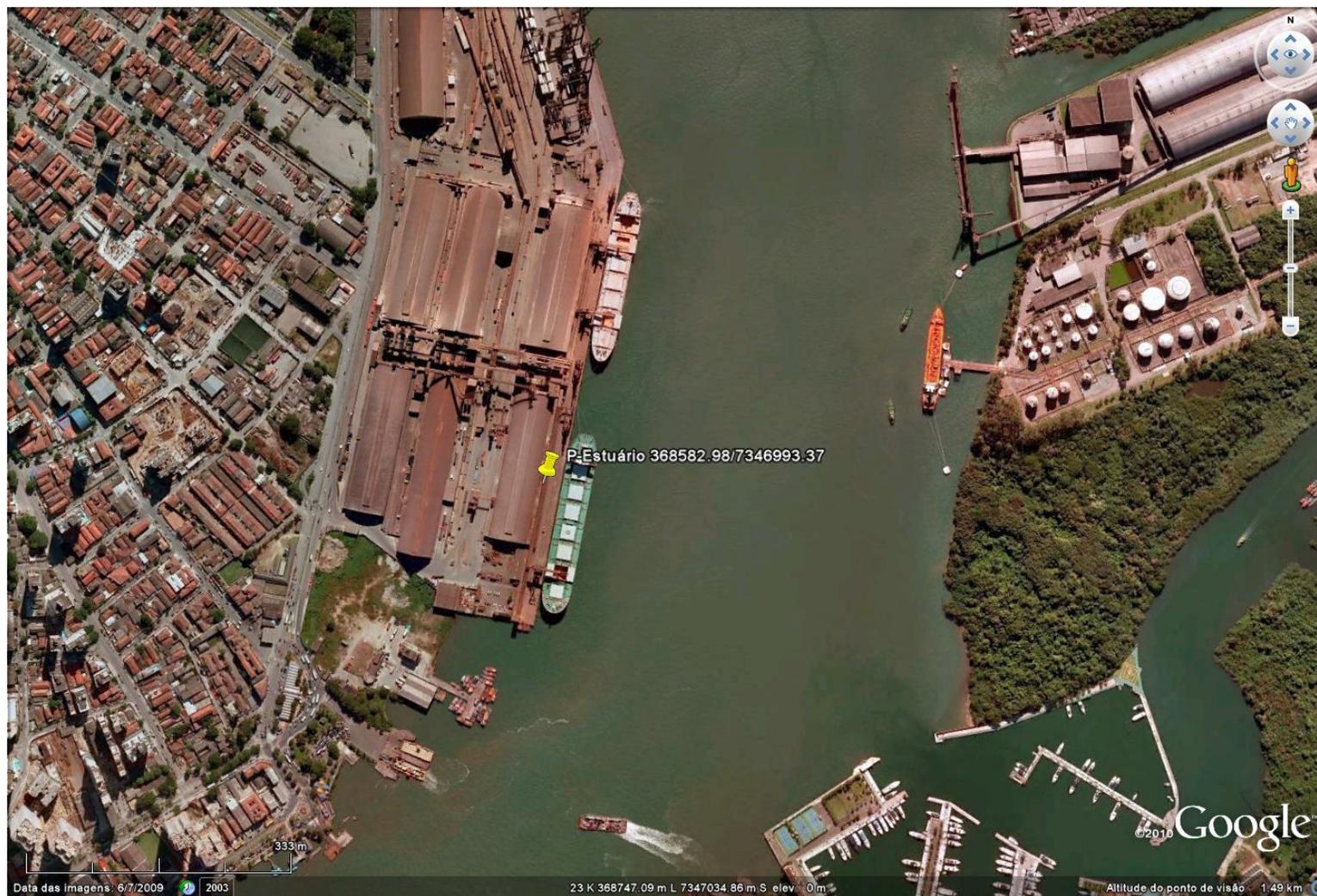


Figura 4.1.10.7-3: Localização do Ponto de Coleta – Macuco-Outeirinhos.



**Figura 4.1.10.7-4: Localização do Ponto de Coleta – Estuário - Ponta da Praia.**

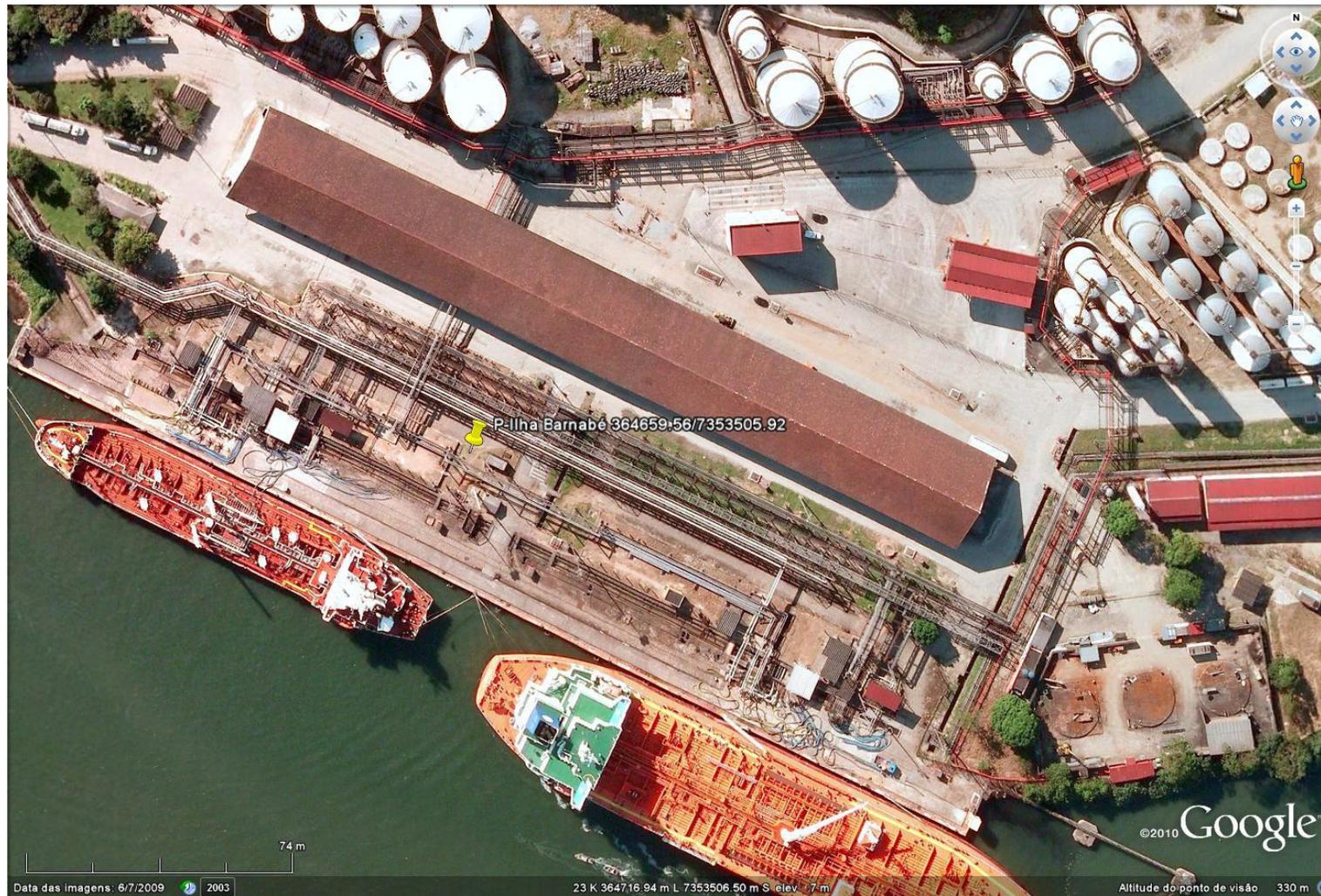


Figura 4.1.10.7-5: Localização do Ponto de Coleta – Ilha Barnabé.

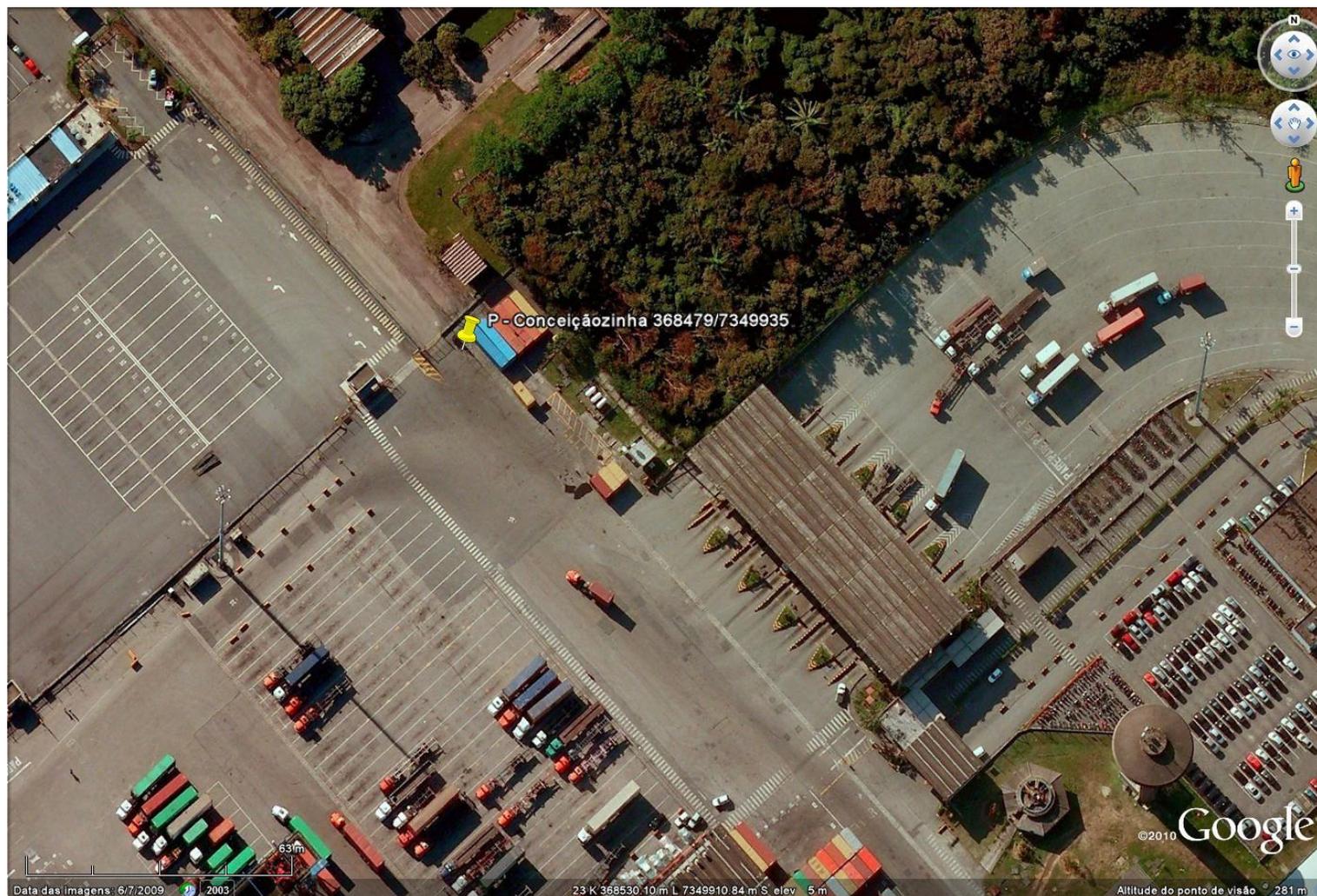


Figura 4.1.10.7-6: Localização do Ponto de Coleta – Conceiçãozinha.

#### 4.1.10.8 Considerações Finais e Recomendações

Os municípios de Santos e Cubatão da Região Metropolitana da Baixada Santista estão classificados pela Cetesb como municípios com saturação severa por Partículas Inaláveis ou Material Particulado (MP) e saturação séria por Ozônio Troposférico ( $O_3$ ) demandando, de acordo com o Decreto Estadual nº 50.753 de 28/04/2006 e nº 52.469 de 12/12/2007, um Programa de Redução de Emissões Atmosféricas (PREA).

Este panorama ambiental da qualidade do ar pode representar à Companhia Docas do Estado de São Paulo – Codesp um envolvimento pró-ativo com o órgão ambiental regional (Cetesb – Agência Ambiental de Santos). Neste sentido, algumas ações preventivas e corretivas devem ser objeto de uma análise ampla entre as partes interessadas e agentes envolvidos da Codesp, Arrendatários/Permissionários e Cetesb.

A Cetesb já identificou e apresentou em seu Relatório da Qualidade do Ar do Estado de São Paulo – 2010, que a amostragem realizada nos períodos de julho/2008 e setembro/2008 dentro do Porto demanda ações preventivas e de controle no que tange aos poluentes  $MP_{10}$  e PTS. Tanto é assim, que uma estação de monitoramento móvel exclusiva para o Porto já foi adquirida pela Cetesb e estará brevemente em operação para o devido monitoramento da qualidade do ar.

Além disso, conforme os resultados apresentados na **Tabela 4.1.10.7-1**, os parâmetros identificados (em letra vermelha e destacado em amarelo) acima dos limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 03:1990 foram Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis ( $MP_{10}$ ), ratificando o que a Cetesb já havia constatado em 2008.

Estes resultados foram constatados na operação portuária, ou mais especificamente na área destinada à movimentação de grãos (terminal de soja da empresa Louis Dreyfus) e cargas gerais de alimentos, entre Bairro Estuário/Ponta da Praia – Portão 21 – Armazém 39.

Assim, observa-se que atualmente nas áreas de operação dos Terminais, a Granel, de Grãos e Alimentos (soja, trigo, sal, açúcar etc.) na margem direita entre os bairros Outeirinhos, Macuco, Estuário e parte da Ponta da Praia, os resultados analíticos apresentaram-se acima dos limites recomendáveis pela Resolução Conama nº 03:1990, no que tange aos seguintes poluentes: Poeira Inaláveis Total ou Partícula Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis ou Material Particulado (MP<sub>10</sub>). Por outro lado, na margem esquerda no bairro Conceiçãozinha o mesmo poderá acontecer quando houver incidência de operações de Terminais a Granel (minerais “bauxita”, vegetais “soja, milho, açúcar” e fertilizantes “adubo, enxofre”).

As partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>) e em suspensão (PTS) constituem-se em materiais particulados que se apresentam como partículas grossas (em média, tamanho de 20µ), médias (em média, tamanho de 10µ) e semi-finas e finas (entre 0,1 a 2,5µ de tamanho) que podem ocasionar efeitos após processos de sedimentação por precipitação ou por fenômenos eletrostáticos, podendo ocasionalmente formar aerossóis com núcleos de condensação de vapor d'água com presença de substâncias contaminantes.

Os efeitos destes impactos ambientais dependem de sua concentração nos padrões primários e secundários. Portanto, os resultados apresentados no ponto de medição entre o Bairro Estuário/Ponta da Praia em condições de direção de ventos no quadrante Leste e Nordeste, em função da operação portuária da empresa Louis Dreyfus de manejo de soja, afetam a saúde da população do entorno e configuram em efeito adverso sobre o bem-estar da população circunvizinha, e ao meio ambiente em seus aspectos físicos, bióticos e antrópicos. Face ao exposto recomenda-se a Codesp o estabelecimento de um Programa de Monitoramento de Emissões Atmosféricas em atendimento aos requisitos da Resolução Conama nº 03:1990.

Ainda, recomenda-se a Codesp, em parceria com a Cetesb (Agência de Santos), o desenvolvimento conjunto de um Programa de Redução de Emissões Atmosféricas (PREA) para toda região da Baixada Santista,

---

notadamente envolvendo todas as fontes móveis e estacionárias do município de Santos.