



# ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

## *TERMINAL DE USO PRIVATIVO DA BRASKEM BAIA DE ARATU - BAHIA*

Processo IBAMA nº 02006.001827/99-74

Porto Alegre, Janeiro de 2016

TOMO II de VII

**Braskem**



**BOURSCHEID**  
ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE S.A.



## SUMÁRIO

8	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL .....	127
8.1	Meio Físico .....	127
8.1.1	Climatologia e Meteorologia .....	127
8.1.1.1	Classificação Climática.....	127
8.1.1.2	Metodologia .....	127
8.1.1.3	Caracterização Climática – Área de Influência Indireta .....	128
8.1.1.4	Sistemas Atmosféricos Atuantes na Região .....	128
8.1.1.5	Climatologia da Área do Empreendimento .....	131
8.1.1.6	Características Climáticas e Meteorologia – Área de Influência Direta .....	141
8.1.2	Qualidade do Ar .....	141
8.1.2.1	Padrões de Qualidade do Ar.....	143
8.1.2.2	Índice de Qualidade do Ar .....	144
8.1.2.3	Qualidade do Ar na Área de Influência do Porto de Aratu. ....	145
8.1.2.4	Estudo de Dispersão de Poluentes na Atmosfera da Área de Influência do Porto de Aratu	150
8.1.3	Ruídos e Vibrações .....	154
8.1.3.1	Definições.....	155
8.1.3.2	Metodologia de Análise/Avaliação Empregada .....	155
8.1.3.3	Definições dos Limites.....	156
8.1.3.4	Recursos Técnicos Empregados .....	157
8.1.3.5	Medições e Resultados – Avaliação Quantitativa .....	158
8.1.3.6	Considerações Finais .....	164
8.1.4	Geologia .....	164
8.1.4.1	Metodologia .....	164
8.1.4.2	Resultados .....	165
8.1.4.3	Considerações Finais .....	186
8.1.5	Geomorfologia .....	186
8.1.5.1	Metodologia .....	186
8.1.5.2	Resultados .....	187
8.1.5.3	Considerações Finais .....	196
8.1.6	Pedologia.....	197
8.1.6.1	Metodologia .....	197

8.1.6.2	Resultados .....	198
8.1.7	Risco Geotécnico .....	213
8.1.7.1	Metodologia .....	213
8.1.7.2	Considerações Gerais .....	213
8.1.7.3	Considerações Finais .....	221
8.1.8	Recursos Hídricos.....	221
8.1.8.1	Hidrologia e Hidrogeologia .....	221
8.1.8.2	Qualidade das Águas Superficiais .....	237
8.1.8.3	Qualidade das Águas Subterrâneas.....	267
8.1.9	Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira.....	277
8.1.9.1	Características Oceanográficas Gerais.....	277
8.1.9.2	Caracterização Hidrológica .....	280
8.1.9.3	Características Sedimentológicas .....	280
8.1.9.4	Levantamento Geofísico .....	282
8.1.9.5	Análise de Dados Meteorológicos, hidrológicos e Oceanográficos.....	300
8.1.10	Caracterização dos Sedimentos.....	329
8.1.10.1	Introdução .....	329
8.1.10.2	Previsão de Dragagem .....	329
8.1.11	Modelagens Hidrodinâmicas, de Ondas, de Transporte e Sedimentos, da Variação da Linha de Costa .....	349
8.1.11.1	Modelagem Hidrodinâmica .....	351
8.1.11.2	Modelagem da Dispersão da Pluma de Sedimentos de Dragagem.....	370
8.1.11.3	Modelagem de Transporte de Sedimentos .....	389
8.1.11.4	Modelagem de Ondas.....	394
8.1.11.5	Modelagem da Variação de Linha de Costa .....	400
8.1.11.6	Considerações Finais.....	406



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 8.1-1. Identificação dos sistemas atuantes na região (Fonte: NOAA, 2013).....	129
Figura 8.1-2. Imagens do satélite METEOSAT 7 (Fonte: FUNCEME, 2013). .....	130
Figura 8.1-3. Classificação climática (Fonte: IBGE, 2013).....	132
Figura 8.1-4. Precipitação média mensal (mm) para Salvador, período de 1961 a 1990 (Fonte: INMET).....	133
Figura 8.1-5. Precipitação média mensal (mm) para Estação Salvador, período de 1990 a 2012 (Fonte: INMET).....	134
Figura 8.1-6. Precipitação sazonal (%) para Salvador (Fonte: INMET).....	135
Figura 8.1-7. Temperaturas médias, máximas e mínimas para Salvador. ....	137
Figura 8.1-8. Rosas dos ventos da Estação Salvador referente aos anos de 1961 a 1990.....	139
Figura 8.1-9. Intensidade média mensal do vento (knots) para o período de 1190 a 2012 (Fonte: INMET).....	139
Figura 8.1-10. Média mensal para umidade relativa do ar (%) para Salvador, período de 1961 a 1990 (Fonte: INMET). ....	140
Figura 8.1-11. Fontes de emissão de poluentes.....	142
Figura 8.1-12. Localização dos pontos de monitoramento da campanha da qualidade do ar realizado pela Cetrel em 2012 (triângulos). Em amarelo, rosa e verde, são as áreas de influência do Terminal de Uso Privativo da Braskem.....	147
Figura 8.1-13. Localização dos pontos de coleta das medições de ruído na área de influência direta. ....	156
Figura 8.1-14. Ilustração dos equipamentos utilizados – a) Audiodosímetro Q-300; b) Calibrador Acústico QC-10 (Fonte: Previne Segurança & Saúde Operacional, 2014).....	158
Figura 8.1-15. Avaliação nas mediações do futuro empreendimento – Canteiro 3 (Fonte: Bourscheid, 2014).....	161
Figura 8.1-16. Avaliação nas mediações do futuro empreendimento (Fonte: Bourscheid, 2014). ....	161
Figura 8.1-17. Avaliação nas mediações do canteiro de obras 4 (Fonte: Bourscheid, 2014). ....	162
Figura 8.1-18. Avaliação nas mediações do canteiro de obras 4 (Fonte: Bourscheid, 2014). ....	162
Figura 8.1-19. Avaliação nas mediações do canteiro de obras 4 (Fonte: Bourscheid, 2014). ....	163
Figura 8.1-20. Avaliação nas mediações do Terminal de Granéis Sólidos(Fonte: Bourscheid, 2014). 163	
Figura 8.1-21. Avaliação nas mediações do Terminal de Granéis Sólidos (Fonte: Bourscheid, 2014).164	
Figura 8.1-22. Bacia Recôncavo-Tucano-Jatobá (Fonte: modificado de MAGNAVITA <i>et al.</i> , 2005 <i>apud</i> DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009). ....	166
Figura 8.1-23. Coluna estratigráfica do Recôncavo (Fonte: Modificado de SANTOS, 2005).....	168

Figura 8.1-24. Seção geológica esquemática transversal da Bacia do Recôncavo. A cunha de sedimentos que preenche a bacia aumenta de espessura para leste, próximo a falha de Salvador (PETROBRAS, 2002 apud SANTOS, 2011).....	169
Figura 8.1-25. Ilustração da geologia e estruturas geológicas juntamente com a disposição do empreendimento e dos canteiros (Fonte: BOURSCHEID/COPENE, 2000; base CPRM, 2008).....	171
Figura 8.1-26. Aspecto de afloramento do Grupo Ilhas (Fonte: Bourscheid, 2013).....	172
Figura 8.1-27. Outro aspecto de afloramento do Grupo Ilhas (Fonte: Bourscheid, 2013). ....	172
Figura 8.1-28. Aspecto geral de afloramento de arenito acinzentado na ADA (Fonte: Bourscheid, 2013).....	173
Figura 8.1-29. Aspecto de afloramento de arenito com coloração amarelada na ADA (Fonte: Bourscheid, 2013). ....	174
Figura 8.1-30. Detalhe do arenito fino a muito fino e deformação rúptil, aparentemente restrita a este intervalo, sugerindo uma gênese para as falhas contemporâneas a sedimentação (Fonte: Bourscheid, 2014).....	174
Figura 8.1-31. Detalhe de arenito estratificado com dobras recumbentes, potencialmente relacionadas a escorregamentos (Fonte: Bourscheid, 2014). ....	174
Figura 8.1-32. Detalhe da Figura 8.1-28, com arenito fino a muito fino, com alternância de bandas claras e escuras; bandamento com estruturas de carga (Fonte: Bourscheid, 2014). ....	175
Figura 8.1-33. Aspecto geral da Formação São Sebastião alterada (Fonte: Bourscheid, 2013).....	175
Figura 8.1-34. Detalhe da foto anterior apresentando material arenoso com intercalação de material argiloso (Fonte: Bourscheid, 2013).....	176
Figura 8.1-35. Vista dos depósitos litorâneos na ADA no período de maré alta (Fonte: Bourscheid, 2014).....	177
Figura 8.1-36. Vista dos depósitos litorâneos na ADA no período de maré baixa (Fonte: Bourscheid, 2014). ....	177
Figura 8.1-37. Vista ao fundo da área portuária (Fonte: Bourscheid, 2014).....	178
Figura 8.1-38. Matacões próximos à linha de costa (Fonte: Bourscheid, 2014). ....	179
Figura 8.1-39. Proposta de distribuição de fácies texturais na Bahia de Todos os Santos (Fonte: LESSA e DIAS, 2009).....	181
Figura 8.1-40. Polígono das autorizações e concessões minerárias ativas mapeados por fase do processo e pela substância mineral na área de estudo (AII). ....	185
Figura 8.1-41. Elevação digital do terreno com sobreposição das unidades geomorfológicas para o Porto de Aratu (Fonte: Bourscheid/COPENE, 2000) e RADAMBRASIL (1981). ....	188
Figura 8.1-42. Declividade elaborada a partir de curvas equidistantes 20 m (Fonte: Bourscheid/COPENE, 2000). ....	189
Figura 8.1-43. Pequena gruta resultante da abrasão marinha em rochas associadas ao Grupo Ilhas (Fonte: Bourscheid, 2013).....	192

Figura 8.1-44. Depressões resultantes da abrasão marinha em rochas associadas ao Grupo Ilhas (Fonte: Bourscheid, 2013). .....	192
Figura 8.1-45. Vista geral da área de influência indireta com relevo ondulado (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	193
Figura 8.1-46. Sulcos erosivos junto a margem de rodovia (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	194
Figura 8.1-47. Atividade de instalação de indústria com cortes e aterro. Presença de processos erosivos (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	194
Figura 8.1-48. Discretização da batimetria associada à grade numérica considerando o pior cenário com duas pontes e dois berços para empreendimento já instalado. O detalhe mostra o projeto do píer (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2013). .....	196
Figura 8.1-49. Recorte do Mapa Exploratório de Solos de acordo com RADAMBRASIL (1981). O círculo vermelho delimita a área em estudo. ....	198
Figura 8.1-50. Caracterização dos solos de acordo com Embrapa (2006) e Bourscheid/Copene (2000). Os triângulos indicam os pontos amostrados para análises físicas e químicas dos solos superficiais realizados em abril/2014. ....	200
Figura 8.1-51. Ilustração da vulnerabilidade de aquíferos (Modificado de Negrão s/d). .....	225
Figura 8.1-52. Disposição dos poços de monitoramento instalados e de coleta de água subterrânea em destaque amarelo e preto; coleta de amostra de água superficial em destaque verde (Fonte: Imagem Google Earth, 2011). .....	226
Figura 8.1-53. Vista do entorno do poço PM-01 (empreendimento), da instalação e do selo sanitário devidamente instalado (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	228
Figura 8.1-54. Vista do entorno do poço PM-02 instalado, ensaio tátil-visual apontando para substrato argiloso plástico e consistente e selo sanitário devidamente instalado... ..	228
Figura 8.1-55. Vista do entorno do poço PM-03 instalado, ensaio tátil-visual apontando para substrato argiloso plástico e consistente e selo sanitário devidamente instalado (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	229
Figura 8.1-56. Vista para o entorno do poço PM-04 instalado, ensaio tátil-visual apontando para substrato argiloso plástico e consistente e selo sanitário devidamente instalado (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	229
Figura 8.1-57. Vista para o entorno do poço PM-05 instalado próximo ao TGS e selo sanitário devidamente instalado (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	230
Figura 8.1-58. Plano de fundo da fotomontagem, encosta, e no primeiro plano, vegetação típica de áreas alagadas, conhecidas como brejo ou banhado (Fonte: Bourscheid, 2014). ....	232
Figura 8.1-59. Cena ilustrativa destacando os poços de monitoramento instalados no futuro canteiro 4 e a indicação das orientações de escoamento dos fluxos pluviais (Fonte: Imagem Google Earth, 2011). .....	232
Figura 8.1-60. Fotomontagem evidenciando a topografia da área onde será instalado o canteiro 4 para as obras do novo Terminal de Uso Privativo da Braskem (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	233

Figura 8.1-61. Vista parcial da área de estudo próximo ao Terminal de Granéis Sólidos (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	233
Figura 8.1-62. PM-05 instalado no próximo ao TGS (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	233
Figura 8.1-63. Localização do poço PM-05 e a indicação do sentido do escoamento superficial com a seta em vermelho (Fonte: Imagem Google Earth, 2011). .....	234
Figura 8.1-64. Vista do PM-01, orientado para o mar, ao lado do Centro de Proteção Ambiental – CPA (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	235
Figura 8.1-65. Localização do poço PM-01 com a indicação (seta vermelha) do escoamento superficial (Fonte: Imagem Google Earth, 2014). .....	235
Figura 8.1-66. Localização das coletas realizadas por Bourscheid/Copene (2000) para água superficial continental (doce), água salgada e água salobra.....	238
Figura 8.1-67. Corpo d’água presente no limite da AID, potencialmente formado a partir do barramento de sua drenagem natural devido à implantação de estrada que conduz até o Porto. ....	239
Figura 8.1-68. Vista para o local de coleta de água, próximo a portaria do Porto de Aratu (Fonte: Bourscheid, 2014). .....	240
Figura 8.1-69. Representação da direção do fluxo sedimentar. As setas estão orientadas para o corpo d’água, próximo a portaria principal do Porto. ....	242
Figura 8.1-70. Localização das estações de coleta de água na ADA do empreendimento (verde) e na AID do empreendimento (azul) (Fonte: Imagem Google, 2011). .....	251
Figura 8.1-71. Perfis de oxigênio dissolvido (mg/L) obtidos nas estações da atual campanha (2014). .....	252
Figura 8.1-72. Perfis de pH obtidos nas estações de coleta da atual campanha (2014). .....	253
Figura 8.1-73. Temperatura da água nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha. ....	253
Figura 8.1-74. Valores de salinidade obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha.....	254
Figura 8.1-75. Perfis das concentrações de COT obtidos nas estações amostrais da atual campanha. ....	255
Figura 8.1-76. Perfis de nitrogênio amoniacal (mg/L) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha. ....	256
Figura 8.1-77. Perfis de fósforo total (mg/L) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha. ....	257
Figura 8.1-78. Perfis de polifosfatos (mg/L) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha. ....	258
Figura 8.1-79. Coleta de água por piezômetro realizada por Bourscheid/Copene (2000). Próximo ao Empreendimento foi realizada uma coleta, a segunda amostragem foi realizada no corpo d’água localizado próximo a portaria principal do Porto. ....	268

Figura 8.1-80. Coleta de água dos poços de monitoramento realizada por Bourscheid (2014). Próximo ao empreendimento o poço (PM01) estava seco (representado pela cor preta); nos outros poços foi possível a coleta (representados pela cor amarela e preta). Próximo ao corpo d'água, representado pela cor verde, realizada amostragem de água superficial. ....	269
Figura 8.1-81. Variação Sazonal da Bifurcação da Corrente Sul Equatorial (BICSE) 17° S Julho – linha cinza/ 13° S Novembro, linha preta (Fonte: AMORIM, 2011). ....	278
Figura 8.1-82. Local do levantamento geofísico. As linhas em amarelo correspondem às linhas de levantamento batimétrico e de sonar de varredura lateral (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	282
Figura 8.1-83. Sistema de Posicionamento DGPS modelo HEMISPHERE® R131, utilizado no levantamento geofísico (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	283
Figura 8.1-84. A esquerda transdutor de 200 kHz, e a direita, transdutor de 28 (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	283
Figura 8.1-85. Transdutores dos ecobatímetros instalados em suporte na lateral da embarcação (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	284
Figura 8.1-86 – Teste de barra realizado para a calibração da ecossonda (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	285
Figura 8.1-87. SVL SONAR BEAM T-150D com duas faixas de operação: 100 e 400 kHz (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	286
Figura 8.1-88. Sistema de aquisição dos dados geofísicos (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ...	287
Figura 8.1-89. Pegador de fundo Van Veen, utilizado para a coleta de sedimentos (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	288
Figura 8.1-90. Mapa da divisão morfológica da área (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	289
Figura 8.1-91. Mapa batimétrico tridimensional da área estudada. Datum WGS 84, fuso 24L, projeção UTM, sobrelevação de 4 vezes, escala vertical em metros (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	290
Figura 8.1-92. Mapa de contorno batimétrico obtido pelo método da krigagem. Datum WGS 84, projeção UTM (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	290
Figura 8.1-93. Mosaico sonográfico do fundo. Para permitir uma visualização mais clara foram retiradas as referências geográficas. Imagem completa no Apêndice 8.12 (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	291
Figura 8.1-94. Mosaico obtido com os dados de SVL e resumo dos alvos reconhecidos (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	292
Figura 8.1-95. Imagem SSS 2 obtida com os dados do levantamento de SVL (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	293
Figura 8.1-96. Imagem SSS 4 obtida com os dados do levantamento de SVL (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	294

Figura 8.1-97. Localização dos pontos de amostragem de sedimentos (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).....	295
Figura 8.1-98. Fotos das amostras de sedimentos após secagem e antes da análise granulométrica (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).....	298
Figura 8.1-99. Mosaico interpretativo dos padrões texturais de fundo obtidos através do cruzamento entre a geofísica e as amostras de sedimento coletadas (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014). ....	300
Figura 8.1-100. Localização dos pontos de análise das variáveis meteorológicas, hidrológicas e oceanográficas (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).....	301
Figura 8.1-101. Diagrama vetorial de dados de vento para o período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção vetorial) (Fonte: METAR, 2013). ....	302
Figura 8.1-102. Rosa dos ventos para o mês de janeiro. Os círculos concêntricos indicam a porcentagem de observações, enquanto que as barras de cores (laterais) indicam a intensidade do vetor de vento (m/s). Intervalo de amostragem: 1h. ....	303
Figura 8.1-103. Rosa dos ventos para o mês de junho. Os círculos concêntricos indicam a porcentagem de observações, enquanto que as barras de cores (laterais) indicam a intensidade do vetor de vento (m/s). Intervalo de amostragem: 1h. ....	303
Figura 8.1-104. Localização do ponto de fundeio do ADCP na área de estudo (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2013). ....	307
Figura 8.1-105. Diagrama dos vetores de velocidade ao longo da coluna d'água para o período de 28 de maio a 28 de junho de 2013 (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2013). ....	308
Figura 8.1-106. Séries temporais das componentes u e v em superfície (3 m). ....	308
Figura 8.1-107. Rosa de correntes na superfície (3 m).....	309
Figura 8.1-108. Séries temporais das componentes u e v em meia água (8 m).....	311
Figura 8.1-109. Rosa de correntes em meia água (8 m).....	311
Figura 8.1-110. Séries temporais das componentes u e v no fundo (13 m).....	313
Figura 8.1-111. Rosa de correntes no fundo (13 m).....	313
Figura 8.1-112. Semi amplitude (cm) e fase local (O) das principais componentes harmônicas para a estação maregráfica do Porto de Salvador (BA) (Fonte: FEMAR, 2000).....	316
Figura 8.1-113. Maré astronômica do Porto de Salvador. ....	317
Figura 8.1-114. Amplitude (cm) e fase local (º) das principais componentes harmônicas para a estação maregráfica na Ilha de Itaparica (BA) (Fonte: FEMAR, 2000). ....	318
Figura 8.1-115. Maré astronômica da Ilha de Itaparica. ....	319
Figura 8.1-116. Maré medida para o período de janeiro de 1999. ....	319
Figura 8.1-117. Série temporal de elevação da superfície do mar.....	320
Figura 8.1-118. Espectro de amplitudes de elevação.....	321

Figura 8.1-119. Ciclo sazonal da vazão média mensal (m <sup>3</sup> /s) do Rio Paraguaçu. (Fonte: Operador Nacional do Sistema).....	322
Figura 8.1-120. Ciclo sazonal da vazão média mensal (m <sup>3</sup> /s) do Rio Subaé. (Fonte: Agência Nacional das Águas).....	323
Figura 8.1-121. Histograma direcional da altura e porcentagem de ocorrência de ondas para o ano de 2013 provenientes do modelo WW3. ....	323
Figura 8.1-122. Histograma direcional da altura e porcentagem de ocorrência de ondas para o verão de 2013 provenientes do modelo WW3. ....	325
Figura 8.1-123. Histograma direcional da altura e porcentagem de ocorrência de ondas para o inverno de 2013 provenientes do modelo WW3. ....	327
Figura 8.1-124. Localização da área de estudo, Porto de Aratu, município de Candeias/BA. ....	330
Figura 8.1-125. Disposição dos pontos de amostragem nas campanhas de 2001 e de 2004. ....	332
Figura 8.1-126. Vista ortográfica em três dimensões da batimetria do Canal de Cotegipe e situação dos pontos de sondagem. Exagero vertical 5 vezes (Fonte: Bourscheid, 2008). ....	334
Figura 8.1-127. Localização dos pontos amostrais de sedimentos nas campanhas de 2013 e 2014. ....	335
Figura 8.1-128. Classificação granulométrica dos sedimentos nos pontos amostrados – Campanha de 2013. ....	338
Figura 8.1-129. Classificação granulométrica dos sedimentos nos pontos amostrados – Campanha de 2014. ....	338
Figura 8.1-130. Concentrações de Cobre na área de estudo – Campanha de 2013.....	341
Figura 8.1-131. Concentrações de Cobre na área de estudo – Campanha de 2014.....	341
Figura 8.1-132. Concentrações de Níquel na área de estudo – Campanha de 2014.....	342
Figura 8.1-133. Modelo Numérico do Terreno mostrando a quebra da Plataforma Continental na região de estudo (Fonte: <a href="http://www.cpgg.ufba.br/~asn">www.cpgg.ufba.br/~asn</a> ). ....	348
Figura 8.1-134. Projeto (Original, 2013) do Terminal de Uso Privativo da Braskem. ....	350
Figura 8.1-135. Projeto (atual, 2015/2016) do Terminal de Uso Privativo da Braskem. ....	351
Figura 8.1-136. Grades numéricas utilizadas na modelagem, com localização das bordas abertas em vermelho.....	353
Figura 8.1-137. Grade numérica 02 utilizada na modelagem, com detalhe da região do empreendimento.....	354
Figura 8.1-138. Grades numéricas com a batimetria associada. ....	354
Figura 8.1-139. Grade numérica 02 com a batimetria associada. Detalhe na região do empreendimento.....	355
Figura 8.1-140. Grade numérica 02 com a discretização da batimetria associada a ela e detalhe na região do empreendimento, considerando a condição futura ( <i>i.e.</i> com o empreendimento já instalado).....	356



- Figura 8.1-141. Séries temporais de elevação de superfície do mar (m), para o período de 28 de maio a 28 de junho de 2013. A série temporal dos valores previstos é plotada em azul, enquanto que a série temporal resultante da modelagem hidrodinâmica é plotada em vermelho..... 358
- Figura 8.1-142. Série temporal medida da componente u e v da velocidade (azul), referente aos dados do ADCP (12°47'13,23"S e 38°29'37,01"W), e a calculada pelo modelo (vermelho) para a camada de superfície, coletados entre 28 de maio a 28 de junho de 2013. .... 359
- Figura 8.1-143. Série temporal medida da componente u e v da velocidade (azul), referente aos dados do ADCP (12°47'13,23"S e 38°29'37,01"W), e a calculada pelo modelo (vermelho) para a camada de fundo, coletados entre 28 de maio a 28 de junho de 2013. .... 359
- Figura 8.1-144. Série temporal medida da componente u e v da velocidade (azul), referente aos dados do ADCP (12°47'13,23"S e 38°29'37,01"W), e a calculada pelo modelo (vermelho) para a camada de fundo, coletados entre 28 de maio a 28 de junho de 2013. .... 360
- Figura 8.1-145. Série temporal medida da componente u e v da velocidade (azul), referente aos dados do ADCP (12°47'13,23"S e 38°29'37,01"W), e a calculada pelo modelo (vermelho) para a média na coluna d'água, coletados entre 28 de maio a 28 de junho de 2013. .... 360
- Figura 8.1-146. Variação da intensidade da corrente (m/s) em um instante de enchente na quadratura, e campo vetorial da configuração atual (preto) e futura (vermelho). Valores positivos indicam acréscimo na intensidade das correntes e valores negativos indicam o decréscimo. .... 362
- Figura 8.1-147. Variação da intensidade da corrente (m/s) em um instante de vazante na quadratura, e campo vetorial da configuração atual (preto) e futura (vermelho). Valores positivos indicam acréscimo na intensidade das correntes e valores negativos indicam o decréscimo..... 363
- Figura 8.1-148. Variação da intensidade da corrente (m/s) em um instante de enchente na sizígia, e campo vetorial da configuração atual (preto) e futura (vermelho). Valores positivos indicam acréscimo na intensidade das correntes e valores negativos indicam o decréscimo..... 364
- Figura 8.1-149. Variação da intensidade da corrente (m/s) em um instante de vazante na sizígia, e campo vetorial da configuração atual (preto) e futura (vermelho). Valores positivos indicam acréscimo na intensidade das correntes e valores negativos indicam o decréscimo..... 365
- Figura 8.1-150. Localização dos pontos selecionados para realização da análise dos resultados..... 366
- Figura 8.1-151. Rosa de correntes médias na coluna d'água no ponto P1, para a configuração atual (painel superior) e futura (painel inferior)..... 367
- Figura 8.1-152. Rosa de correntes médias na coluna d'água no ponto P2, para a configuração atual (painel superior) e futura (painel inferior)..... 368

Figura 8.1-153. Rosa de correntes médias na coluna d'água no ponto P3, para a configuração atual (painel superior) e futura (painel inferior). .....	369
Figura 8.1-154. Área de estudo com a localização do polígono de dragagem em verde. Os pontos indicam os locais de coleta de amostras de sedimento. ....	371
Figura 8.1-155 – Perfil vertical da concentração de sedimentos (mg/L). ....	375
Figura 8.1-156 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo durante a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. ....	376
Figura 8.1-157 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo 30 minutos após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. ....	377
Figura 8.1-158 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo 2,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. ....	378
Figura 8.1-159 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo 3,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. ....	379
Figura 8.1-160 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo 4,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. ....	380
Figura 8.1-161 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície durante a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. ....	381
Figura 8.1-162 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície 30 minutos após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. ....	382
Figura 8.1-163 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície 1,5 hora após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. ....	383
Figura 8.1-164 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície 2,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. ....	384

- Figura 8.1-165 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície 3,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico. .... 385
- Figura 8.1-166 – Série temporal da concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo e superfície ao longo de toda dragagem com destaque à concentração de 10 mg/L (painel superior), juntamente com a variação da elevação do nível do mar (maré) no painel inferior. O local representado encontra-se dentro do polígono de dragagem. .... 386
- Figura 8.1-167 – Mapa das concentrações acumuladas da pluma de ressuspensão ao longo de todo período da dragagem considerando os valores máximos observados em toda coluna d’água. Destacam-se os contornos de concentração iguais a 1 e 10 mg/L. Importante ressaltar que esse cenário é acumulativo, e portanto, não ocorre de maneira simultânea em nenhum instante. .... 387
- Figura 8.1-168 – Mapa das concentrações acumuladas da pluma de ressuspensão ao longo de todo período da dragagem considerando os valores máximos observados na superfície. Destacam-se os contornos de concentração iguais a 1 e 10 mg/L. Importante ressaltar que esse cenário é acumulativo, e portanto, não ocorre de maneira simultânea em nenhum instante. .... 388
- Figura 8.1-169. Padrão cumulativo de erosão e sedimentação de fundo para o período de verão sem a presença do píer. .... 390
- Figura 8.1-170. Padrão cumulativo de erosão e sedimentação de fundo para o período de verão com a presença do píer. .... 391
- Figura 8.1-171. Padrão de erosão e sedimentação de fundo durante o período de verão subtraindo-se o caso com píer do caso sem píer. .... 392
- Figura 8.1-172. Padrão cumulativo de erosão e sedimentação de fundo para o período de inverno sem a presença do píer. .... 393
- Figura 8.1-173. Padrão cumulativo de erosão e sedimentação de fundo para o período de inverno com a presença do píer. .... 393
- Figura 8.1-174. Padrão de erosão e sedimentação de fundo durante o período de inverno subtraindo-se o caso com píer do caso sem píer. .... 394
- Figura 8.1-175. Histogramas direcionais de onda anual off-shore (esquerda) e no Canal de Cotegipe (direita). .... 396
- Figura 8.1-176. Localização do Píer da Braskem e dos pontos utilizados para a avaliação do clima de onda (Fonte: Imagem Google Earth, 2011). .... 396
- Figura 8.1-177. Histogramas direcionais de onda para no ponto 1 considerando o cenário atual (esquerda) e a presença do píer (direita). .... 397
- Figura 8.1-178. Gráfico da altura significativa de onda (painel superior) e direção de onda (painel inferior) no ponto 1 comparando o cenário atual com a presença do píer. .... 397

Figura 8.1-179. Histogramas direcionais de onda para no ponto 2 considerando o cenário atual (esquerda) e a presença do píer (direita).....	398
Figura 8.1-180. Gráfico da altura significativa de onda (painel superior) e direção de onda (painel inferior) no ponto 2 comparando o cenário atual com a presença do píer.....	398
Figura 8.1-181. Histogramas direcionais de onda para no ponto 3 considerando o cenário atual (esquerda) e a presença do píer (direita).....	399
Figura 8.1-182. Gráfico da altura significativa de onda (painel superior) e direção de onda (painel inferior) no ponto 3 comparando o cenário atual com a presença do píer.....	400
Figura 8.1-183. Grade numérica utilizada no modelo UNIBEST CL+ (Fonte: Bourscheid/ Tetra Tech, 2014).....	401
Figura 8.1-184. Perfis batimétricos utilizados no UNIBEST com suas respectivas localizações (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).....	402
Figura 8.1-185. Cenários futuros da evolução da linha de costa calculada pelo modelo UNIBEST CL+ (Fonte: Bourscheid/ Tetra Tech, 2014).....	403
Figura 8.1-186. Gráfico do transporte de sedimento ao longo da costa. Valores positivos representam transporte em direção ao norte; valores negativos representam transporte em direção ao sul.....	404
Figura 8.1-187. Gráfico da taxa de erosão ao longo da costa. Valores positivos indicam progradação; valores negativos indicam retração da linha de costa. ....	404
Figura 8.1-188. Gráfico da posição relativa da linha de costa após 20 anos para os cenários com píer e sem píer. ....	405
Figura 8.1-189. Mapa do zoneamento da evolução da linha de costa (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).....	406

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 8.1-1. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990). ....	144
Tabela 8.1-2. Estrutura (faixa e classificações) do IQA e distribuição dos índices de qualidade do ar (Fonte: USEPA – Guideline for Public Reporting of Daily Air Quality – Pollutant Index, 1981). ....	145
Tabela 8.1-3. Nível de Critério de Avaliação (NCA) para Ambientes Externos. ....	157
Tabela 8.1-4. Classificação dos parâmetros geotécnicos e físicos do solo das amostras indeformadas do canteiro 4, empreendimento (prainha) e próximo ao TGS (Bourscheid, 2014). ....	201
Tabela 8.1-5. Resultados dos parâmetros químicos dos solos amostrados em 2014. ....	206
Tabela 8.1-6. Parâmetros físico-químicos analisados para a água superficial continental (doce) próximo a portaria principal do Porto (Bourscheid, 2014). ....	243

Tabela 8.1-7. Resultados das análises das amostras de água coletadas na campanha de 2013 na ADA do empreendimento. ....	261
Tabela 8.1-8. Resultados das análises das amostras de água coletadas na campanha de 2014, na AID do empreendimento. Profundidades: S = superfície, M = meia água e F = fundo, nd = não detectado. ....	264
Tabela 8.1-9. Resultado das análises de água subterrânea – campanha de 2014.....	270
Tabela 8.1-10 – Localização dos pontos com amostragem de sedimentos e descrição visual das amostras. ....	295
Tabela 8.1-11 – Porcentagem de sedimentos finos e areia nos pontos de amostragem. ....	296
Tabela 8.1-12. Posição dos dados de vento, onda, corrente, elevação do nível do mar e vazão utilizados nas análises (Datum: WGS 84). ....	301
Tabela 8.1-13. Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (º) do vento, para o mês de janeiro. A direção é medida em graus a partir do norte geográfico e segue a convenção meteorológica. Intervalo de amostragem: 1h.....	305
Tabela 8.1-14. Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (º) do vento, para o mês de junho. A direção é medida em graus a partir do norte geográfico e segue a convenção meteorológica. Intervalo de amostragem: 1h.....	306
Tabela 8.1-15. Ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (o) – superfície. ....	310
Tabela 8.1-16. Ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (o) – meio.....	312
Tabela 8.1-17. Ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (o) – fundo. ....	314
A análise dos dados de corrente mostra que as maiores intensidades são observadas nas correntes de superfície durante as vazantes de sizígia (Tabela 8.1-18), este resultado corrobora as observações de Pereira & Lessa (2009), segundo os quais as velocidades máximas foram associadas com a maré vazante de sizígia nos pontos observados.....	315
Tabela 8.1-19. Tabela de ocorrência conjunta da altura e direção de onda do modelo WW3 para o ano de 2013.....	324
Tabela 8.1-20. Tabela de ocorrência conjunta da altura e direção de onda do modelo WW3 para o período de verão. ....	326
Tabela 8.1-21. Tabela de ocorrência conjunta da altura e direção de onda do modelo WW3 para o período de inverno.....	328
Tabela 8.1-22. Distribuição granulométrica nas estações de amostragem na campanha de 2013....	339
Tabela 8.1-23. Distribuição granulométrica nas estações de amostragem na campanha de 2014....	339
Tabela 8.1-24 Resultados das análises de sedimentos da área diretamente afetada pelo empreendimento – Campanha de 2013. ....	343
Tabela 8.1-25. Resultados das análises de sedimentos da área diretamente afetada pelo empreendimento – Campanha de 2014. ....	345
Tabela 8.1-26. Resultados dos Ensaios com <i>Echinometra lucunter</i> . ....	347

Tabela 8.1-27. Resultados dos parâmetros utilizados para quantificar as comparações entre os dados coletados e os resultados do modelo hidrodinâmico.....	361
Tabela 8.1-28. Características da draga tipo Hopper.....	372
Tabela 8.1-29. Classificação das classes granulométricas de acordo com o diâmetro (phi) e as porcentagens de material fino (lama) e areia de cada amostra.....	372
Tabela 8.1-30. Características do material presente na cisterna da draga.....	372
Tabela 8.1-31. Descrição dos cenários de dragagem.....	374

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 8.1-1. Estação climatológica utilizada na caracterização climática. ....	127
Quadro 8.1-2. Dados de precipitação (mm) para Estação Salvador (Fonte: INMET).....	136
Quadro 8.1-3. Temperaturas médias, máximas e mínimas. ....	137
Quadro 8.1-4. Média mensal para umidade relativa do ar (%) para Salvador.....	141
Quadro 8.1-5. Processos minerários ativos no DNPM na área de estudo em março/2015. ....	184
Quadro 8.1-6. Compartimentação geomorfológica na área de estudo, segundo RADAMBRASIL (1981). ....	187
Quadro 8.1-7. Coordenadas das três amostras de solo coletadas para análises dos parâmetros físicos.....	200
Quadro 8.1-8. Causas naturais e antrópicas da erosão costeira no Brasil (Fonte: Souza <i>et al.</i> , 2005; Souza, 2009 <i>apud</i> Souza, 2009). ....	220
Quadro 8.1-9. Características das sondagens.....	227
Quadro 8.1-10. Caracterização das sondagens.....	231
Quadro 8.1-11. Coordenadas UTM das estações de monitoramento de água da campanha de 2013 e 2014 (Datum WGS84, fuso 24L).....	251
Quadro 8.1-12. Estações de monitoramento e coordenadas UTM Datum WGS84, fuso 24L. ....	336
Quadro 8.1-13. Profundidades amostradas e níveis de turbidez na coluna d'água.....	336

## ÍNDICE DE APÊNDICES

Apêndice 8.1 – Relatório de Avaliação de Ruído

Apêndice 8.2 – Mapa Geológico

Apêndice 8.3 – Mapa de Processos Minerários

Apêndice 8.4 – Mapa Geomorfológico

Apêndice 8.5 – Mapa do Modelo Digital de Elevação (TIN)

Apêndice 8.6 – Mapa de Declividade

Apêndice 8.7 – Mapa do Fluxo de Sedimentos

Apêndice 8.8 – Mapa de Pedologia

Apêndice 8.9 – Mapa de Risco Geotécnico

Apêndice 8.10 – Mapa de Hidrologia

Apêndice 8.11 – Mapa Topobatimétrico

Apêndice 8.12 – Mapa com Mosaico Sonográfico Interpretado

Apêndice 8.13 – Mapa Localização dos Alvos Sonográficos e Imagens das Seções

Apêndice 8.14 – Relatório da Granulometria das Amostras dos Sedimentos

Apêndice 8.15 – Descrições dos Sistemas de Modelos Delf3D, SWAN e UNIBEST CL+



## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 8.1 – Estudo Dispersão de Poluentes Atmosféricos e Diagnóstico do Monitoramento da Qualidade do Ar na Área de Influência do Porto de Aratu – CETREL Jun/2012
- Anexo 8.2 – Certificados de Calibração de Medidor e do Nível Sonoro
- Anexo 8.3 – Resultados das Análises de Solos – Campanha 2014
- Anexo 8.4 – Resultados das Análises da Água Superficial Continental – Campanha 2014
- Anexo 8.5 – Resultados das Análises das Águas Superficiais Salinas – Campanha 2013 e 2014
- Anexo 8.6 – Resultados das Análises de Sedimentos – Campanha 2013 e 2014
- Anexo 8.7 – Certificados de Calibração do Equipamentos – Laboratório Ecolabor Comercial Consultoria e Análises LTDA / Laboratório Bioagri Ambiental



## 8 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 8.1 Meio Físico

#### 8.1.1 Climatologia e Meteorologia

##### 8.1.1.1 Classificação Climática

O clima de uma região é descrito através do registro histórico das condições meteorológicas atuantes no local de estudo. A caracterização do clima é desenvolvida a partir de extensas séries de dados que vão fundamentar as normais climatológicas. As normais climatológicas foram definidas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) como sendo a média de 30 anos de dados meteorológicos.

As condições climáticas influenciam praticamente todas as atividades humanas. O conhecimento do tempo e do clima de uma região é uma ferramenta importante para o estudo, o planejamento e a gestão ambiental, e também para efetuar correlações entre alguns temas que serão estudados neste diagnóstico.

O objetivo deste trabalho é fazer a caracterização climática na região Nordeste do Brasil, compreendendo o Estado da Bahia, onde será implementado o Terminal Privativo da Braskem – Baía de Aratu/Bahia.

##### 8.1.1.2 Metodologia

Para a caracterização do clima foram utilizadas as normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados foram organizados em gráficos, correspondendo às médias mensais dos respectivos elementos meteorológicos observados.

Foi selecionada estação de Salvador, em função do número de anos, regularidade das observações e proximidade com o empreendimento, como mostra o Quadro 8.1-1.

Quadro 8.1-1. Estação climatológica utilizada na caracterização climática.

Estação	Estado	Órgão	Coordenadas	Altitude (m)	Parâmetro	Período
Salvador	Bahia	INMET	13° 0'19.85"S 38°30'20.72"O	51,4	Precipitação, Temperatura do Ar, Umidade Relativa do Ar e Direção e Velocidade do Vento.	1961 a 1990
Salvador	Bahia	INMET	13° 0'19.85"S 38°30'20.72"O	51,4	Precipitação	1990 a 2012

Entre as principais variáveis estão: precipitação (mm), temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), direção e velocidade do vento.

#### **8.1.1.3 Caracterização Climática – Área de Influência Indireta**

O continente sul-americano, em face de sua forma, posição e dimensão, é afetado por sistemas atmosféricos de origens tropical e polar. O comportamento médio desses sistemas determina a sua climatologia sinótica. A partir dessa visão, o entendimento dos fenômenos locais torna-se possível, justificando os comportamentos de diversos parâmetros meteorológicos e, por conseguinte, climatológicos.

O Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, estendendo-se dos trópicos até as latitudes médias, possui diferenciados climas, refletidos principalmente nos distintos regimes de precipitação e temperatura. De norte a sul constata-se a existência de uma grande variedade de climas com distintas características regionais.

A região Nordeste do Brasil possui uma característica climática diversificada, devido a sua posição latitudinal, topografia, e, principalmente, os aspectos dinâmicos da atmosfera, que incluem os sistemas meteorológicos de micro, meso e grande escala, que atuam direta ou indiretamente no regime climático.

#### **8.1.1.4 Sistemas Atmosféricos Atuantes na Região**

A Região Nordeste do Brasil (NEB) pode sofrer alterações no tempo devido à presença de sistemas meteorológicos, tais como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (UVO, 1989), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (KOUSKY & GAN, 1981), frentes frias (KOUSKY, 1979), ondas de leste (FERREIRA *et al.*, 2000) e linhas de instabilidade (COHEN *et al.*, 1995).

Esta região apresenta também uma acentuada variabilidade espacial e temporal no seu regime de chuvas (KOUSKY, 1979). Vários estudos têm investigado tal variabilidade e a atuação desses sistemas determina períodos chuvosos bem definidos nas sub-regiões do Estado (NOBRE & MOLION 1988; CHAVES 1999; CHAVES & CAVALCANTI 2001; MOLION & BERNARDO 2002), como mostra a Figura 8.1-1.

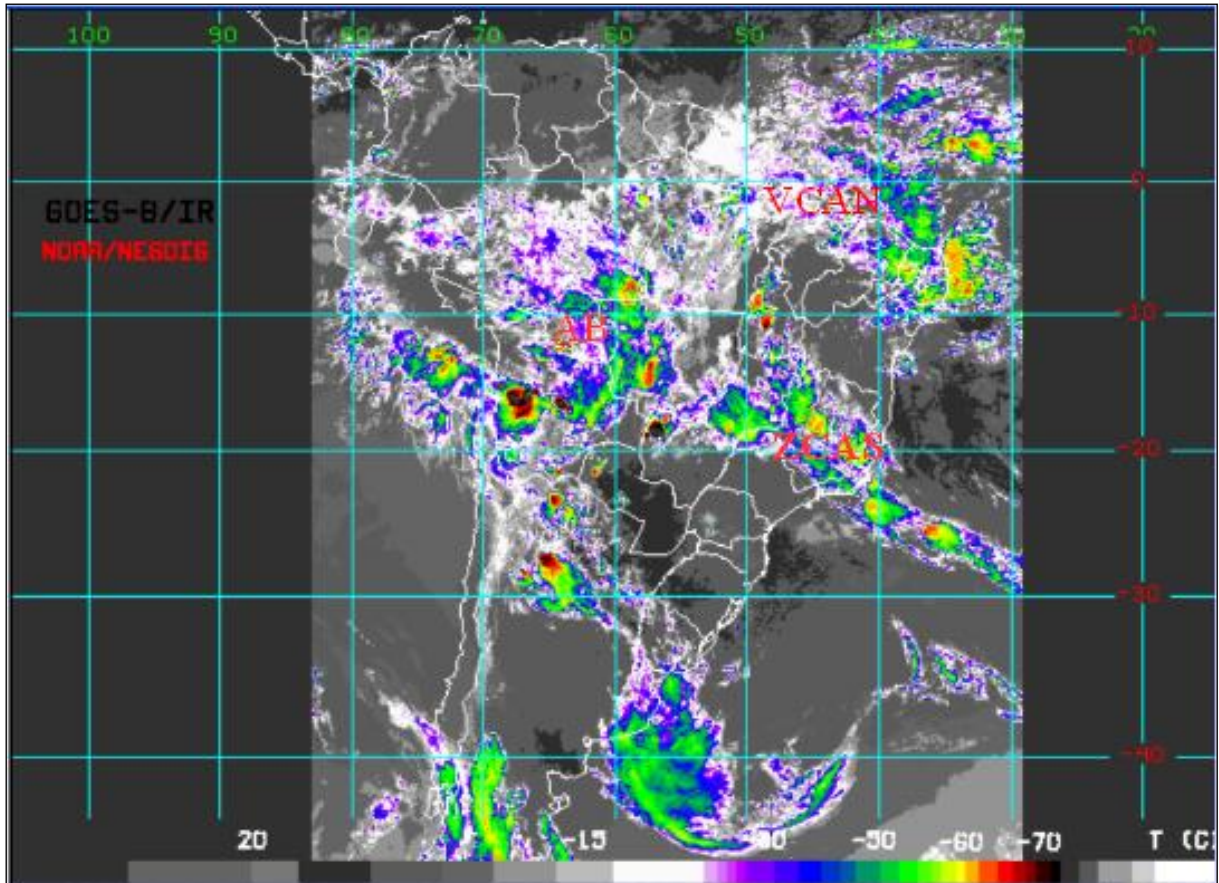


Figura 8.1-1. Identificação dos sistemas atuantes na região (Fonte: NOAA, 2013).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre e é formada pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte (alísios de nordeste) e do Hemisfério Sul (alísios de sudeste). A confluência desses ventos resulta em movimentos ascendentes de ar com alto teor de vapor d'água. Ao subir à atmosfera o vapor d'água se resfria e condensa originando as nuvens em torno do Equador, numa faixa que apresenta as mais altas taxas de precipitação do planeta. Os principais fatores que influenciam quantitativamente a produção da precipitação sobre a região nordeste são: a posição e a intensidade da ZCIT. Seu período de atuação sobre latitudes abaixo do Equador é de fevereiro a maio.

A chamada Zona de Convergência do Atlântico Sul ou Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS) é convencionalmente definida como sendo uma persistente faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste. É identificada como sendo uma zona de convergência na baixa troposfera, que se estende por milhares de quilômetros desde o sul da Amazônia até o setor centro-sul do Oceano Atlântico. Sua atuação é bem caracterizada nos meses de verão (dezembro a março).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são conjuntos de nuvens que, observados pelas imagens de satélite, tem a forma aproximada de um círculo girando no Hemisfério Sul no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e, no centro, há movimentos descendentes de ar, os quais aumentam a pressão atmosférica local, inibindo a formação de nuvens e, conseqüentemente, a precipitação (Figura 8.1-2). Os VCANs que penetram na Região Nordeste do Brasil formam-se sobre o Oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março, e têm trajetória normalmente de leste para oeste, conforme demonstrado por Gan & Kousky (1982). O tempo médio de vida desses sistemas varia, em média, entre 7 a 10 dias.

Os vórtices ciclônicos são caracterizados por um movimento descendente de ar frio e seco no seu centro e um movimento ascendente de ar quente e úmido na sua periferia, possuindo, portanto, uma circulação direta.

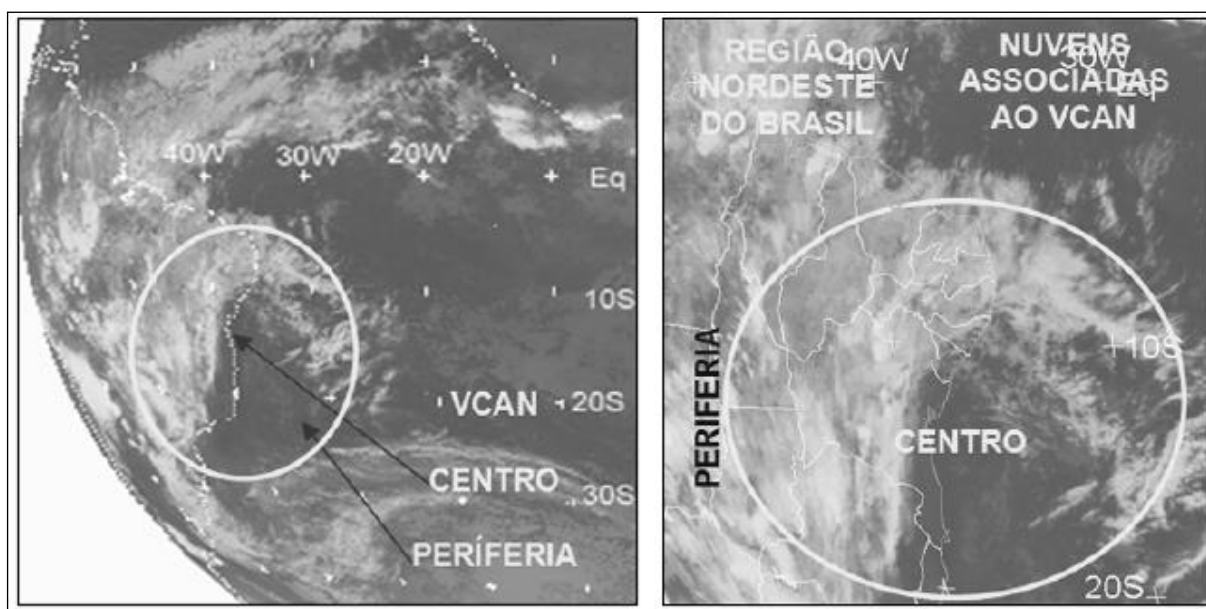


Figura 8.1-2. Imagens do satélite METEOSAT 7 (Fonte: FUNCEME, 2013).

As ondas de leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Esse tipo de sistema atua durante todo ano, tendo o período de maior intensidade entre os meses de abril a julho.

As Linhas de Instabilidade (LI) são caracterizadas pelo desenvolvimento de bandas de nuvens cumulo nimbus, organizadas em forma de linha ao longo do litoral e proximidades. Nesta região, são formadas pela convergência do ar em baixos níveis, geralmente associadas à influência da brisa marítima, e incrementadas pela proximidade da ZCIT. As Linhas de Instabilidade, presentes no nordeste, desenvolvem-se durante o verão e o outono, mais precisamente nos meses de fevereiro a

maio, quase sempre ao sul da Linha do Equador, no período da tarde e início da noite (CAVALCANTI, 1982).

Um outro importante mecanismo causador de chuvas no Nordeste do Brasil está ligado à penetração de frentes frias até às latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro. As frentes frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e, conseqüentemente, as chuvas. Frentes frias ou o que restam delas podem atingir o Nordeste (até em torno de 13 °S, na região de Salvador, Bahia, ao longo da costa Atlântica) quando os padrões de circulação nas latitudes subtropicais são favoráveis. Esses sistemas frontais penetram no Nordeste durante todo o ano e desempenham importante papel no máximo de precipitação de novembro a janeiro, do setor sul-sudeste do Nordeste e estão também associados com o aumento da precipitação ao longo da costa desde 5 °S até 18 °S (KOUSKY, 1979).

As brisas consistem em fenômenos de escala de tempo diária, originados pelo efeito do aquecimento diferenciado entre oceano e continente. A maior capacidade da água em reter calor traduz-se em uma menor variação diária de temperatura em relação à massa continental adjacente, provocando gradientes de pressão atmosférica variáveis sobre a região costeira. De uma forma geral, as brisas marítimas ocorrem durante o dia quando a incidência da radiação solar proporciona um rápido aquecimento do solo e gera baixa pressão atmosférica sobre o continente, ao passo que as brisas terrestres, por sua vez, sopram em direção ao mar durante a noite, quando a maior temperatura relativa do oceano desloca a alta pressão para o continente. Este sistema de ventos é bastante importante nas áreas tropicais do globo uma vez que a umidade transportada pelas brisas marinhas tem grande influência na pluviosidade de regiões costeiras.

Esta situação é típica das condições ao longo da costa leste do Brasil, desde o sul da Bahia até o Rio Grande do Norte, especialmente durante os meses de final de outono e inverno (abril a setembro), quando os ventos alísios de sudeste são relativamente fortes. A tendência para convergência noturna ocorrer ao longo da costa e permanecer estacionária explica porque esta região experimenta precipitações predominantemente noturnas (KOUSKY & ELIAS, 1982).

#### **8.1.1.5 Climatologia da Área do Empreendimento**

O clima da região é classificado como Equatorial constantemente úmido, sem estação seca e todos os meses apresentam temperatura média acima de 18 °C (Figura 8.1-3).



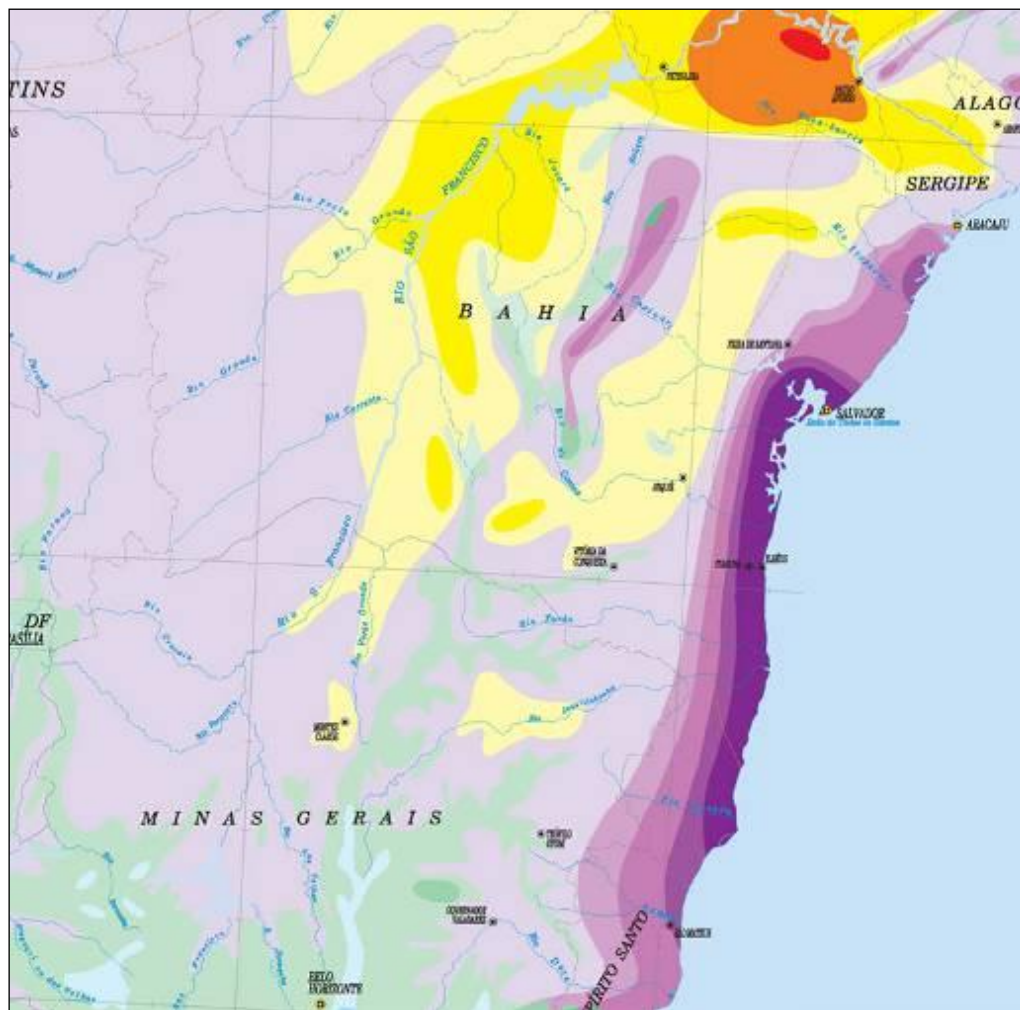


Figura 8.1-3. Classificação climática (Fonte: IBGE, 2013).

Para caracterizar o clima de uma região é necessário possuir uma série de 30 anos de dados ou no mínimo 10 anos, podendo ser consideradas normais climatológicas provisórias.

Elemento climático é qualquer uma das propriedades ou condições da atmosfera (como a temperatura do ar) que especifique o estado físico do tempo meteorológico (curto prazo), ou clima (longo prazo), num determinado lugar, em um período particular. Os principais elementos são: temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação e vento (direção e velocidade).

Com relação à análise dos elementos meteorológicos na área do empreendimento, a estação Salvador, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foi escolhida por caracterizar uma normal climatológica segundo a OMM. A estação Salvador é a única na região do empreendimento que possui uma série de dados com 30 anos de observação. Devido ao exposto, a estação Salvador, por possuir uma série de dados mais longa, será utilizada na análise dos elementos meteorológicos.

São analisados, a seguir, os parâmetros mais relevantes para a caracterização climatológica da região, por meio dos elementos climático: direção e velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica.

### **Precipitação**

Precipitações pluviométricas que atingem a região e entorno estão associadas a diversos mecanismos atmosféricos, tais como: a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), brisas terrestres, ondas de leste e sistemas frontais ou seus vestígios.

Na estação de Salvador, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os registros das médias do período 1961-90 evidenciam a existência de um período mais chuvoso no outono/inverno; o período chuvoso predominante concentra-se entre os meses de abril a julho, com máximo em junho. Este período chuvoso é em grande parte explicado pela interação de circulação de brisa terrestre com os ventos alísios predominantes de leste e sudeste. As chuvas no litoral são ainda explicadas pela modulação dos alísios e da Alta Subtropical, pelos vestígios de sistemas frontais e pela posição dos VCANs. Na região central dos VCANs há na verdade movimento descendente do ar e ausência de nuvens e precipitação, mas na sua periferia há movimento ascendente que favorece a convecção (KOUSKY, 1979; RAO *et al.*, 1993). Na primavera/verão, particularmente nos meses de setembro e janeiro, os totais mensais decaem abaixo de 112 mm (Figura 8.1-4), sendo que a altura anual da precipitação na cidade de Salvador mede em torno 2.198,7 mm.

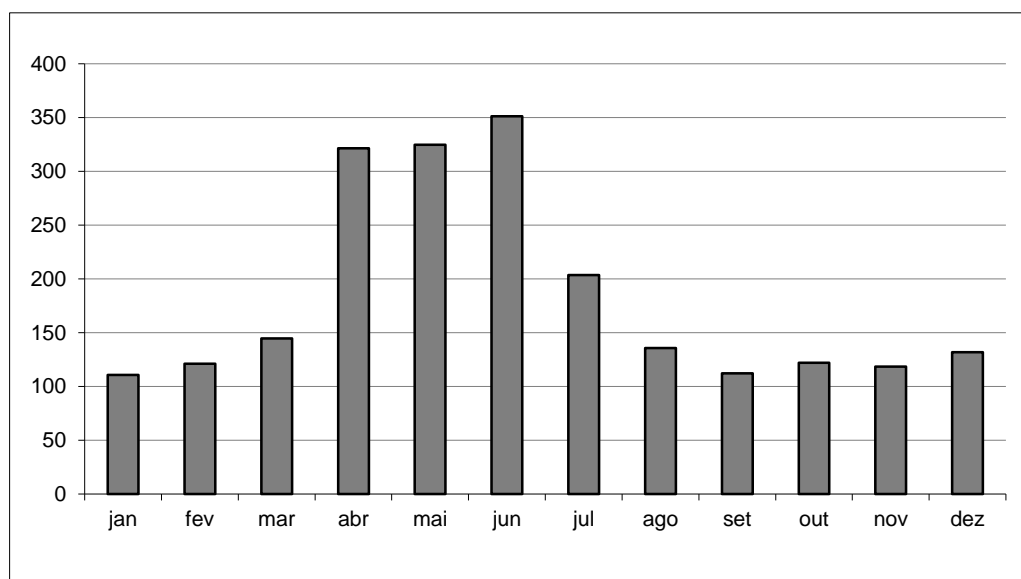


Figura 8.1-4. Precipitação média mensal (mm) para Salvador, período de 1961 a 1990 (Fonte: INMET).

O comportamento da precipitação para os anos de 1990 a 2012 concorda com a normal climatológica (Figura 8.1-5 e Quadro 8.1-2), com os maiores valores de precipitação ocorrendo nos meses de abril a julho. Nos meses de primavera/verão apresenta os menores valores, o que concorda com diversos autores (BRAGA *et al.*, 1998; SOUZA *et al.*, 2010). Quanto as menores precipitações registradas, o ano de 1993 apresentou os menores valores (1.233,2 mm). Esse ano é considerado neutro em relação aos fenômenos de interação oceano-atmosfera El-Niño e La-Niña. O ano de 1999 registrou os maiores volumes, com 2.677,9 mm. Nesse ano o fenômeno La-Niña estava atuando.

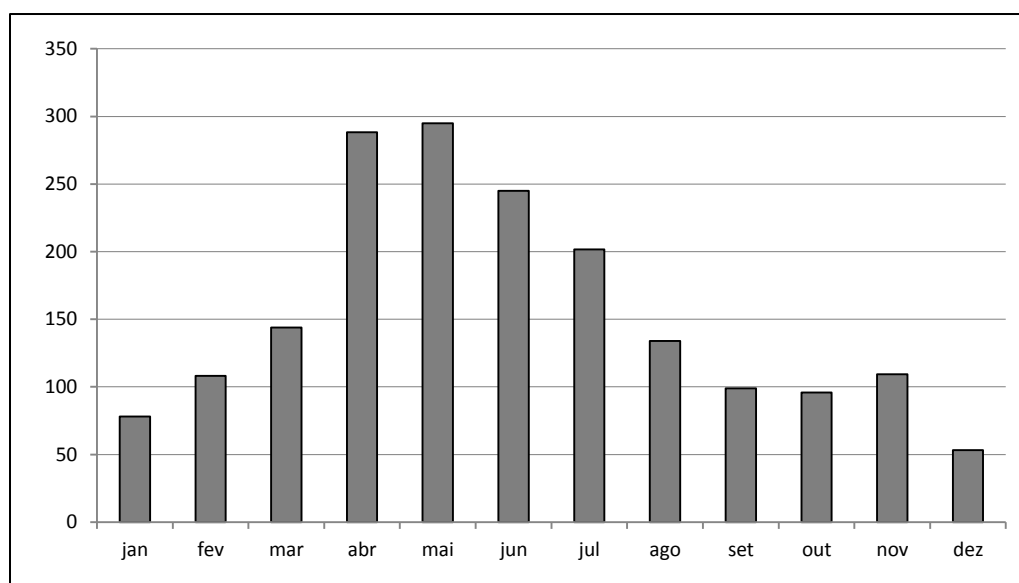


Figura 8.1-5. Precipitação média mensal (mm) para Estação Salvador, período de 1990 a 2012 (Fonte: INMET).

O número de dias de chuva na região de Salvador é variável e depende, sobretudo, da dinâmica atmosférica. Climatologicamente pode-se estabelecer o seguinte cenário sazonal: verão: 17%; outono: 38%; inverno: 28%; e primavera 17% (Figura 8.1-6).

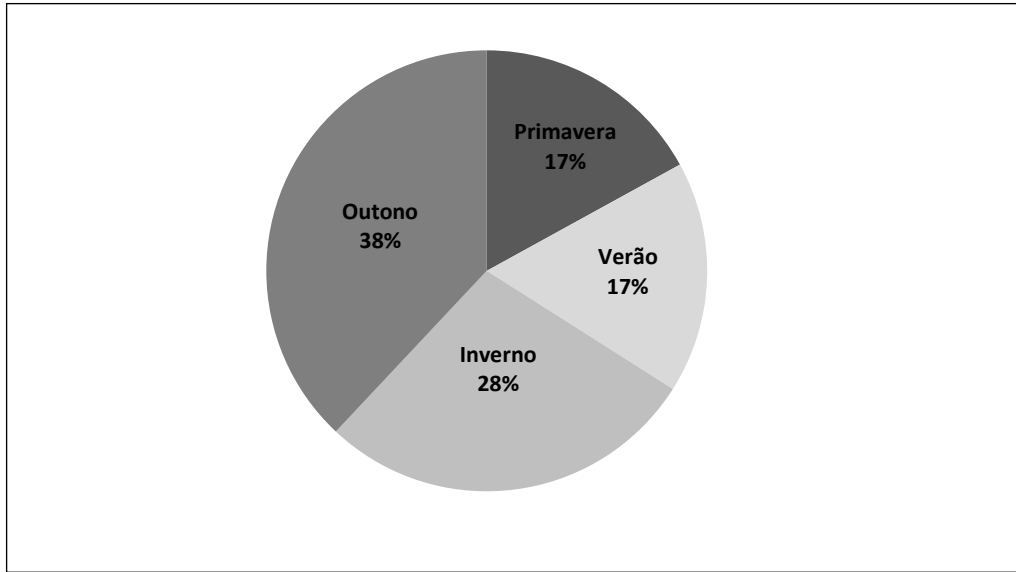


Figura 8.1-6. Precipitação sazonal (%) para Salvador (Fonte: INMET).

Quadro 8.1-2. Dados de precipitação (mm) para Estação Salvador (Fonte: INMET).

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1990	51,0	33,8	70,8	50,9	323,6	211,7	266,9	-	-	-	-	-	1008,7
1991	188,4	86,1	112,9	304,5	287,0	316,5	98,0	129,1	73,9	30,9	96,6	31,0	1754,9
1992	76,7	217,5	92,7	128,5	107,0	197,0	196,1	102,5	93,3	23,8	207,7	132,7	1575,5
1993	12,7	5,5	12,3	107,9	386,8	180,8	117,4	164,6	72,7	110,0	48,9	13,6	1233,2
1994	30,0	65,2	240,3	424,9	197,6	477,8	336,5	198,5	101,0	120,9	49,2	44,9	2286,8
1995	18,9	35,0	81,8	286,2	473,5	245,3	178,0	78,3	67,3	16,5	156,4	41,9	1679,1
1996	55,9	101,9	59,9	757,8	187,5	178,5	202,4	124,0	206,4	111,1	228,6	73,8	2287,8
1997	38,3	225,6	277,6	346,9	165,4	168,7	183,1	52,0	30,0	130,1	26,8	24,9	1669,4
1998	63,6	55,6	117,2	206,0	250,9	358,3	306,5	155,4	63,9	111,8	65,3	34,5	1789,0
1999	99,3	102,9	313,9	376,6	376,9	185,0	225,0	323,5	141,2	163,9	275,5	94,2	2677,9
2000	29,5	85,3	191,9	365,4	248,5	310,5	201,1	136,2	161,6	15,9	74,3	88,0	1908,2
2001	95,2	28,6	264,1	103,5	199,2	195,9	220,3	149,7	190,8	202,3	30,3	97,4	1777,3
2002	252,4	102,8	98,7	69,3	351,6	209,2	254,8	162,8	258,8	16,0	25,2	22,7	1824,3
2003	26,7	97,3	206,3	186,8	550,5	237,5	186,5	136,7	168,7	69,2	132,8	15,2	2014,2
2004	319,4	165,3	121,9	278,4	159,5	326,3	218,4	129,5	40,5	82,0	167,6	10,9	2019,7
2005	42,9	349,4	349,4	415,0	198,2	421,1	204,1	117,1	50,6	32,9	72,8	75,5	2329,0
2006	40,1	7,1	35,9	587,4	396,5	401,4	91,7	122,7	126,9	258,9	220,0	30,3	2318,9
2007	20,0	282,6	86,8	143,2	211,2	134,0	130,4	109,0	85,8	78,9	19,1	18,8	1319,8
2008	17,8	183,8	149,3	154,3	203,6	178,2	149,1	58,7	37,8	31,7	78,4	103,5	1346,2
2009	30,3	122,1	25,6	506,6	549,3	155,1	158,9	93,8	56,1	162,4	48,1	5,8	1914,1
2010	78,5	19,2	122,8	448,8	243,8	96,6	492,5	176,3	55,8	56,7	27,2	102,5	1920,7
2011	170,3	46,2	200,7	331,0	304,2	277,7	57,6	91,3	62,0	208,5	319,2	100,7	2169,4
2012	35,7	70,9	74,7	48,8	411,5	170,2	162,5	137,4	30,7	73,6	35,5	10,7	1262,2
Média	78,0	108,2	143,8	288,2	294,9	244,9	201,6	134,1	98,9	95,8	109,3	53,3	1829,8
Máximo	319,4	349,4	349,4	757,8	550,5	477,8	492,5	323,5	258,8	258,9	319,2	132,7	2677,9
Mínimo	12,7	5,5	12,3	48,8	107,0	96,6	57,6	52,0	30,0	15,9	19,1	5,8	1233,

### Temperatura do Ar

A oscilação da temperatura ao longo do ano está diretamente relacionada com o ciclo anual de radiação solar que é determinado pela inclinação do eixo da Terra pelo movimento de translação. A Figura 8.1-7 apresenta as temperaturas médias, máximas e mínimas para o município de Salvador. De um modo geral, são evidentes baixas amplitudes térmicas anuais e menores temperaturas médias entre o fim da estação chuvosa (junho a setembro) e o fim do ano, quando os valores voltam a crescer. A média anual é de em torno de 23,4 °C, com uma amplitude térmica de 3,1 °C.

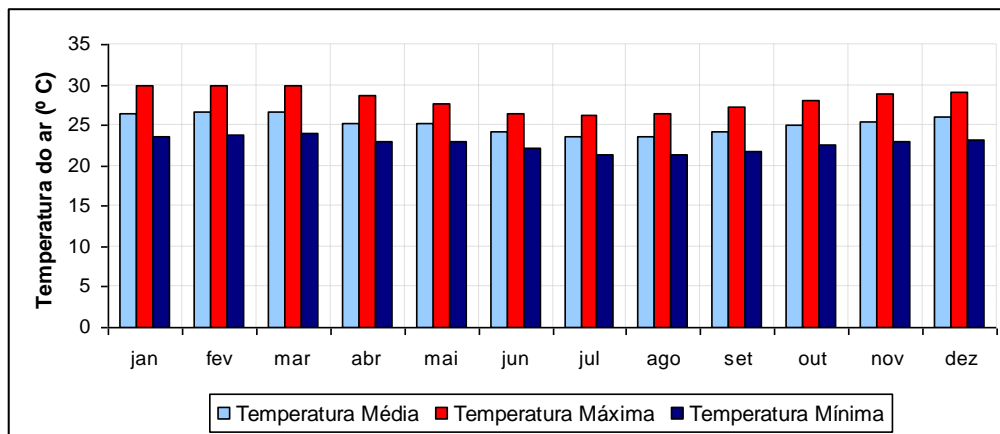


Figura 8.1-7. Temperaturas médias, máximas e mínimas para Salvador.

Com relação às temperaturas médias mínimas, seus valores variam de um máximo de 23,9 °C, em fevereiro, a um mínimo de 21,3 °C em agosto, para uma média anual de 22,7 °C. As temperaturas máximas médias variam de um máximo de 30,0 °C em fevereiro a um mínimo de 26,2 °C em julho, com uma média anual de 28,2 °C (Quadro 8.1-3).

Quadro 8.1-3. Temperaturas médias, máximas e mínimas.

Meses	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
jan	26,5	29,9	23,7
fev	26,6	30	23,9
mar	26,7	30	24,1
abr	25,2	28,6	22,9
mai	25,2	27,7	23
jun	24,3	26,5	22,1
jul	23,6	26,2	21,4
ago	23,7	26,4	21,3
set	24,2	27,2	21,8
out	25	28,1	22,5
nov	25,5	28,9	22,9

Meses	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
dez	26,0	29,0	23,2
<b>Anual</b>	<b>25,2</b>	<b>28,2</b>	<b>22,7</b>

## Vento

O vento pode ser definido como o movimento do ar em relação à superfície terrestre. É gerado pela ação de gradientes horizontais de pressão atmosférica, mas sobre influência do movimento de rotação da Terra, da força centrífuga ao seu movimento e do atrito com a superfície, também é influenciado pelo contraste oceano-continental e topográfico (VAREJÃO-SILVA, 2001).

Apesar de sua aparente imprevisibilidade, o vento traduz uma contínua movimentação da atmosfera, resultante da circulação de massas de ar provocada pela energia radiante do Sol e pela rotação da Terra. Entre os principais mecanismos atuantes, destaca-se o aquecimento desigual da superfície terrestre, que ocorre tanto em escala global (latitudes e ciclo dia-noite) quanto local (mar-terra, montanha-vale).

Inicialmente, cabe ressaltar a importância do entendimento do comportamento dos ventos no âmbito dos estudos de impacto ambiental, pois trata-se de um parâmetro de extrema relevância nas avaliações da poluição do ar nas diversas escalas (local, regional ou global), pois deles resultam, respectivamente, o sentido do deslocamento da pluma de poluição e a forma de dispersão da mesma.

De acordo com os dados utilizados nesta análise, registros de intensidade e direção de ventos proveniente da estação Salvador, correspondendo a um período que vai de 1961-1990, verifica-se um comportamento anual marcante para toda a região.

Na Figura 8.1-8 é apresentada a rosa dos ventos. Esta figura sugere a persistência dos ventos do quadrante leste, entre E (90°) e SE (135°), originados nos Sistemas de Alta Pressão do Atlântico Tropical. A direção predominante do vento é a que ocorre em maior frequência e é decorrente da posição do local em relação aos centros de pressão atmosférica.



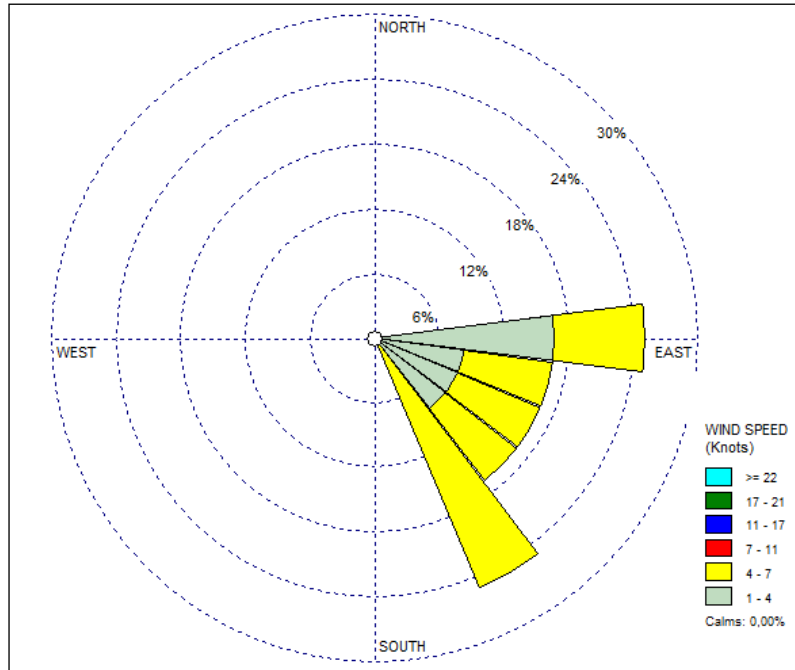


Figura 8.1-8. Rosas dos ventos da Estação Salvador referente aos anos de 1961 a 1990.

Em termos de intensidade de vento, observa-se que, de uma forma geral, a velocidade média à superfície começa a diminuir a partir do mês de dezembro, após um máximo entre julho e agosto, chegando a valores mínimos entre fevereiro e março. No que tange a distribuição dos ventos por classe de intensidade (Figura 8.1-9), observa-se a reduzida ocorrência de calmaria e predomínio dos ventos com velocidades entre 4 e 5,1 *Knots*, o que indica condições bastante favoráveis à dispersão de poluentes atmosféricos no litoral e imediações.

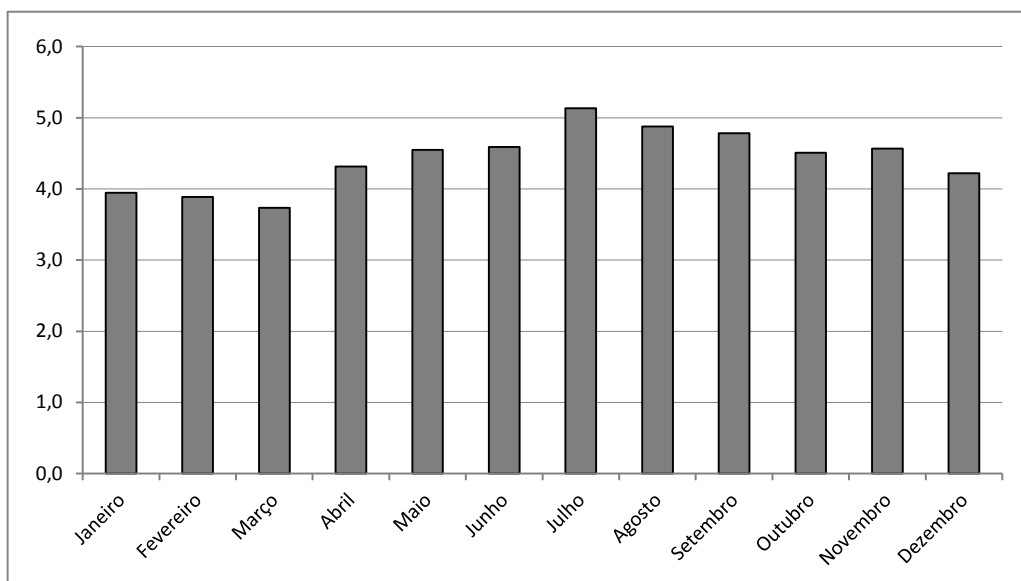


Figura 8.1-9. Intensidade média mensal do vento (knots) para o período de 1990 a 2012 (Fonte: INMET).

Assim, períodos com ventos intensos favorecem a dispersão de poluentes atmosféricos, enquanto períodos de estabilidade atmosférica (alta pressão e calmaria) dificultam a dispersão.

### **Umidade Relativa do Ar**

A umidade relativa do ar é verificada entre a pressão de vapor de água na atmosfera e a saturação da pressão de vapor na mesma temperatura. A Figura 8.1-10 e o Quadro 8.1-4 apresentam a variação mensal da umidade relativa do ar para o município de Salvador/BA, observa-se que a umidade é praticamente constante ao longo do ano. O comportamento deste parâmetro meteorológico ao longo do ano está intimamente relacionado com a pluviosidade local. Desta forma, pode-se esperar que a umidade relativa do ar apresente-se maior durante o principal período de chuvas da região.

A variação sazonal da umidade relativa do ar, assim como a temperatura, não apresenta uma variação sazonal marcante, com valores de umidade variando em torno de 80%, sendo caracterizada pela grande quantidade de umidade ao longo de todo o ano, principalmente devido à proximidade do mar. A amplitude anual é de 4% e as diferenças sazonais são pouco acentuadas.

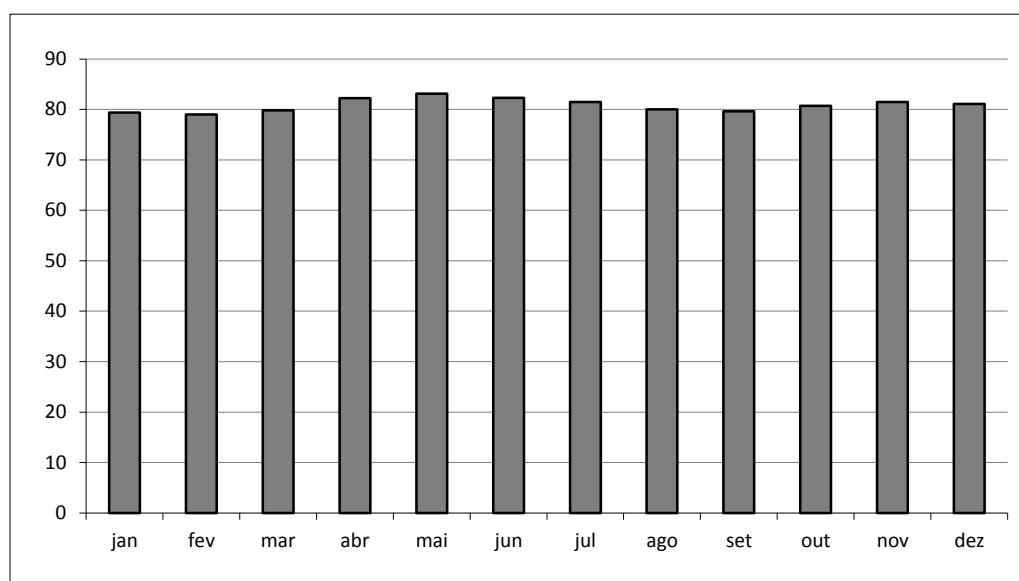


Figura 8.1-10. Média mensal para umidade relativa do ar (%) para Salvador, período de 1961 a 1990 (Fonte: INMET).

Quadro 8.1-4. Média mensal para umidade relativa do ar (%) para Salvador.

Meses	Umidade Relativa %
Janeiro	79,4
Fevereiro	79,0
Março	79,8
Abril	82,2
Maiο	83,1
Junho	82,3
Julho	81,5
Agosto	80,0
Setembro	79,6
Outubro	80,7
Novembro	81,5
Dezembro	81,1
<b>Anual</b>	<b>80,8</b>

#### 8.1.1.6 Características Climáticas e Meteorologia – Área de Influência Direta

Por não haver diferenças significativas na climatologia das Áreas de Influência Direta e Indireta, a caracterização climática correspondente a este item já foi apresentada no item acima.

#### 8.1.2 Qualidade do Ar

A qualidade do ar de uma região é um fenômeno dinâmico e complexo, envolvendo a geração e emissão de poluentes ou seus precursores por fontes naturais e antropogênicas, bem como a dispersão desses poluentes, que apresenta, em geral, grandes variações no espaço e no tempo. Estas variações devem-se principalmente às condições meteorológicas que dispersam os poluentes e que são, por sua vez, extremamente variáveis e influenciadas por outros fatores, como por exemplo, pela topografia. Outra causa desta variação espaço-temporal é a variação da taxa de emissão de poluentes pelas mais variadas fontes (Figura 8.1-11), que são classificadas em fontes móveis, fontes estacionárias e fontes difusas.



Figura 8.1-11. Fontes de emissão de poluentes.

A análise da qualidade do ar permite uma avaliação sistemática do grau de alteração causado por essas fontes de emissão. A avaliação da qualidade do ar deve seguir metodologias reconhecidas e muitas vezes requerem o uso de tecnologias avançadas, tais como equipamentos automáticos e contínuos de monitoramento do ar, e também conhecimentos de química atmosférica e meteorologia, para melhor avaliação e interpretação dos dados obtidos. A medição da qualidade do ar deve fornecer dados com boa resolução e acompanhamento da natureza dinâmica do fenômeno, assim como representatividade espaço-temporal. O monitoramento do ar é feito com diversas finalidades e, entre essas, ressaltamos aqui o acompanhamento dos níveis dos poluentes no ar para fins de comparação com os Padrões de Qualidade do Ar e para a verificação do impacto de fontes específicas (ASSUNÇÃO, 2007).

Os principais objetivos do monitoramento da qualidade do ar, em uma dada região, são:

- Fornecer dados para ativar as ações de controle durante os períodos de condições meteorológicas adversas, quando os níveis de poluentes na atmosfera estiverem representando risco à saúde pública;
- Avaliar a qualidade do ar à luz dos limites estabelecidos para proteger a saúde e o bem estar das pessoas;
- Obter informações que possam indicar os impactos sobre a fauna, flora e o meio ambiente em geral;

- Acompanhar as tendências e mudanças na qualidade do ar devidas às alterações nas emissões dos poluentes, e assim auxiliar no planejamento de ações de controle;
- Informar à população, órgãos públicos e sociedade em geral os níveis presentes da contaminação do ar.

#### **8.1.2.1 Padrões de Qualidade do Ar**

Os limites que possibilitam a garantia da proteção da saúde humana, bem como dos componentes do meio ambiente, são estabelecidos por meio de critérios científicos para cada tipo de contaminante do ar e regulamentados no Brasil pela Resolução CONAMA nº 003/90, sendo definidos como padrões de qualidade do ar.

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente o limite máximo para a concentração de um poluente na atmosfera, que garanta a proteção da saúde e do meio ambiente. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada. Os padrões nacionais foram estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA) e aprovados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução CONAMA nº 003/90.

São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários. São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Devem ser aplicados às áreas de preservação (por exemplo: parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas, etc.). Não se aplicam, pelo menos a curto prazo, a áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários.

Como prevê a própria Resolução CONAMA nº 003/90, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê ainda que, enquanto não for estabelecida a classificação das

áreas, os padrões aplicáveis serão os primários. Os parâmetros regulamentados são os seguintes: Partículas Totais em Suspensão, Fumaça, Partículas Inaláveis, Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Ozônio e Dióxido de Nitrogênio.

Os padrões nacionais de qualidade do ar são apresentados na Tabela 8.1-1 e serviram de referência para comparação com os níveis de poluentes obtidos nas estações de monitoramento.

Tabela 8.1-1. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990).

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário µg/m <sup>3</sup>	Padrão Secundário µg/m <sup>3</sup>	Método de Medição
Partículas Totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup>	240	150	amostrador de grandes volumes
	MGA <sup>2</sup>	80	60	
Partículas Inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150	Separação inercial/filtração
	MAA <sup>3</sup>	50	50	
Fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100	refletância
	MAA <sup>3</sup>	60	40	
Dióxido de Enxofre	24 horas <sup>1</sup>	365	100	pararosanilina
	MAA <sup>3</sup>	80	40	
Dióxido de Nitrogênio	1 hora <sup>1</sup>	320	190	quimiluminescência
	MAA <sup>3</sup>	100	100	
Monóxido de Carbono	1 hora <sup>1</sup> 8 horas <sup>1</sup>	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
		10.000 9 ppm	10.000 9 ppm	
Ozônio	1 hora <sup>1</sup>	160	160	quimiluminescência

<sup>1</sup>Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano; <sup>2</sup>Média geométrica anual; <sup>3</sup>Média aritmética anual.

### 8.1.2.2 Índice de Qualidade do Ar

Para efeito de classificação da qualidade do ar a partir dos dados monitorados nas estações de medição dos poluentes e facilitar a compreensão do nível da atmosfera em cada região foi definido o índice de qualidade do ar (IQA).

O índice de qualidade do ar foi concebido com base no PSI – *Pollutant Standards Index*, cujo desenvolvimento se baseou numa experiência acumulada de vários anos pela Agência de Proteção Ambiental da América (USEPA), com o objetivo de padronizar a divulgação diária da qualidade do ar nos meios de comunicação.

Em geral o índice é obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar. Desta função, que relaciona a concentração do poluente com o valor do índice, resulta em um número adimensional referido a uma escala com base em padrões de qualidade do ar. Para cada poluente medido é calculado um índice específico.

Os índices de qualidade do ar são subdivididos em faixas de concentrações para cada poluente e essas são classificadas por cores que indicam os efeitos que os poluentes causam à saúde humana

quando expostos em intervalos calculados pelas médias diárias para os poluentes PTS, PI e SO<sub>2</sub>, 1 hora para os poluentes NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> e 8 horas para o CO.

A estrutura do índice de qualidade do ar contempla, os seguintes parâmetros: Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (PI), Fumaça (FMC), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O<sub>3</sub>) e Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>). A Tabela 8.1-2 apresenta o índice de qualidade do ar e padrões e qualidade do ar, conforme a Resolução CONAMA n° 003/90, respectivamente.

Tabela 8.1-2. Estrutura (faixa e classificações) do IQA e distribuição dos índices de qualidade do ar (Fonte: USEPA – Guideline for Public Reporting of Daily Air Quality – Pollutant Index, 1981).

Índice de Qualidade do ar		Intervalos de Concentração de Poluentes (µg/m <sup>3</sup> )					
		Médias de 24 horas			Médias de 1 hora		
Classificação	Intervalo	PTS	MP <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO
Bom	0 – 50	0-80	0-50	0 - 80	0-100	0-80	0-4500
Regular	51 – 100	81-240	51-150	91 - 365	101-320	81-160	4501-1000
Inadequada	101 - 199	214-375	151-250	366 - 800	321-1130	161-200	10001-15000
Má	200 – 299	376-625	251-420	801 - 1600	1131-2260	201-800	15001-30000
Péssima	300 – 399	626-875	421-500	1601-2100	2261-3000	801-1000	30001-40000
Crítica	Acima 400	876-1000	501-600	2101-2620	3001-3750	1001-1200	40001-50000

\*Os índices, até a classificação REGULAR, atendem aos Padrões de Qualidade do Ar, estabelecido pela Resolução CONAMA n° 003 de 28/06/1990.

### 8.1.2.3 Qualidade do Ar na Área de Influência do Porto de Aratu.

A caracterização da qualidade do ar na área de influência do Porto de Aratu, bem como o estudo de dispersão de poluentes com modelagem matemática, foi realizado pela CETREL. A seguir é apresentada uma síntese desses dois estudos, e no Anexo 8.1 deste relatório técnico, encontram-se os dois estudos na íntegra.

Esse estudo de avaliação ambiental na área de influência do Porto de Aratu foi realizado em atendimento aos requisitos descritos no Termo de Cooperação Técnica (TCT) celebrado entre as partes: Ministério Público Estadual (MPE/BA); Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA); Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); Comitê de Fomento Industrial de Camaçari (COFIC) e a CETREL S.A..

Os resultados de monitoramento (parâmetros convencionais, não convencionais e meteorológicos) obtidos nas comunidades localizadas na Ilha de Maré (Botelho, Praia Grande e Bananeira) e na área continental (Caboto, Gamboa e Ponto de Quinta), foram avaliados e comparados, respectivamente, com padrões ambientais legislados no Brasil e valores de referência estabelecidos, pelo INEMA, especificamente para esse estudo em referência.

#### **8.1.2.3.1 Metodologia**

Foram realizadas campanhas, durante 30 dias, em cada ponto de monitoramento durante o período de maio de 2011 a abril de 2012.

O monitoramento do material gasoso foi realizado, de forma contínua, utilizando-se analisadores para medidas de parâmetros convencionais legislados através da resolução CONAMA nº 003/90 (dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e ozônio) e não convencionais (amônia, hidrocarbonetos, benzeno, tolueno, etilbenzeno, m,p-Xilenos, o-Xileno).

Adicionalmente, foram realizadas campanhas, em média 4 amostragens de 24 horas em cada ponto, para monitoramento de 39 compostos orgânicos utilizando-se Summa canisters como amostradores (método TO-14 da EPA). Foi utilizada cromatografia gasosa para análise química desses compostos.

Em relação ao material particulado, foi utilizado um amostrador de partículas (< 10 µm) para realização de amostragens a cada seis dias, ao longo do período amostral, em cada ponto de monitoramento. Nos filtros utilizados para coleta do material particulado foram realizadas análises químicas para determinação de Ferro, Zinco, Cromo, Magnésio, Cádmio, Mercúrio, Chumbo, Manganês, Níquel, Arsênio, Cobre e Vanádio (conforme estabelecido no TCT). Por solicitação do MPE, foi inserida a análise para Alumínio nesses filtros, onde as análises desse metal foram inseridas no monitoramento a partir do segundo ponto (Botelho, Ilha de Maré). As análises foram realizadas utilizando a técnica de ICP-OES para todos os parâmetros com exceção de mercúrio, onde foi utilizado o método 7473 recomendado pela EPA.

Os parâmetros meteorológicos (direção e velocidade do vento; umidade e temperatura; pressão, radiação e precipitação) foram medidos, de forma contínua, através de sensores dispostos nas estações localizadas nos 6 pontos de monitoramento.

#### **8.1.2.3.2 Resultados**

Os resultados do monitoramento dos parâmetros convencionais e não convencionais foram avaliados e comparados, respectivamente, com padrões ambientais legislados no Brasil (CONAMA nº 003/90) e valores de referência estabelecidos pelo INEMA e validados pelo MPE, especificamente, para esse estudo em referência.

Os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento (parâmetros convencionais e não convencionais) foram analisados e são apresentados por local e visualizados na Figura 8.1-12.



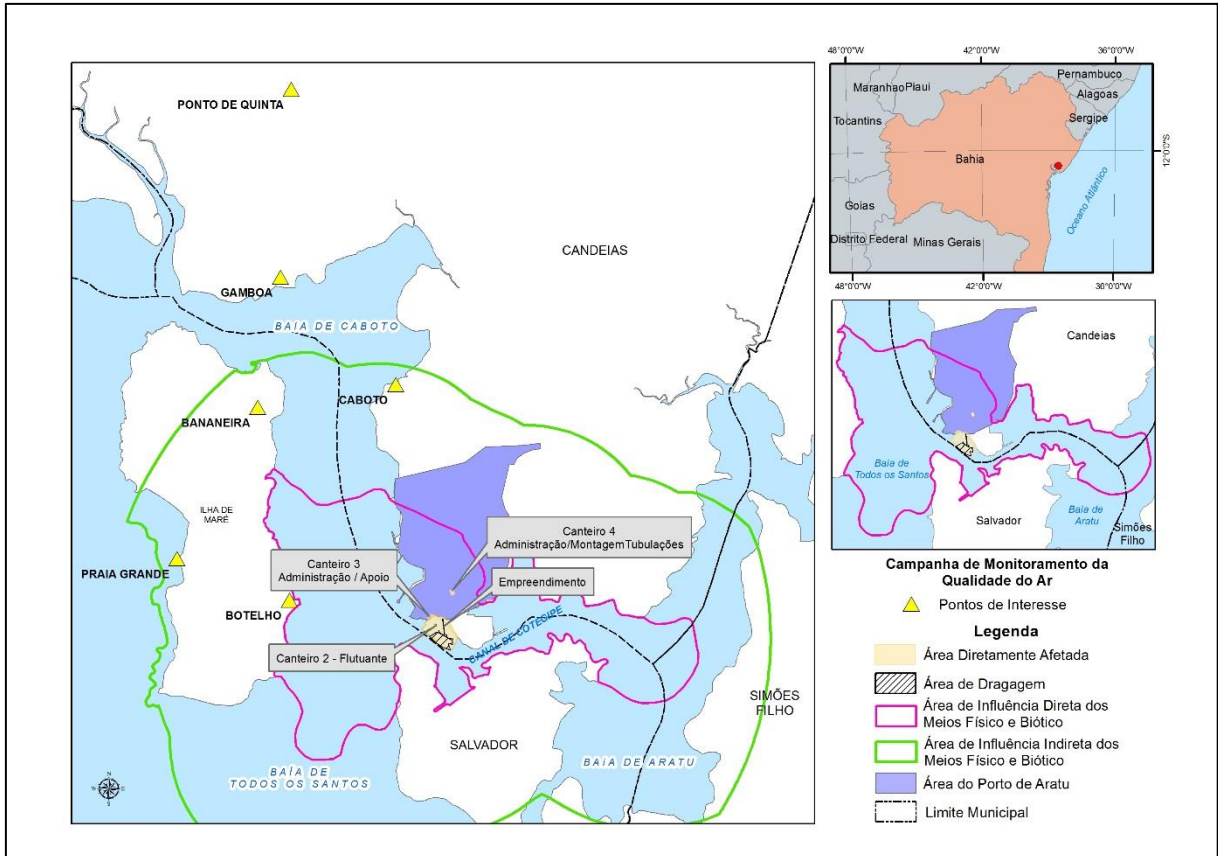


Figura 8.1-12. Localização dos pontos de monitoramento da campanha da qualidade do ar realizado pela Cetrel em 2012 (triângulos). Em amarelo, rosa e verde, são as áreas de influência do Terminal de Uso Privativo da Braskem.

### Monitoramento em Caboto

O monitoramento de parâmetros convencionais e não convencionais se refere à avaliação de espécies na atmosfera da comunidade de Caboto, Candeias. Os valores de concentração encontrados na área de influência do Porto de Aratu, no período de 10/05 a 10/06 de 2011, estiveram abaixo dos valores estabelecidos no CONAMA nº 003/90 para os parâmetros convencionais ( $SO_2$ ,  $NO_2$ , CO,  $O_3$  e material particulado  $< 10 \mu m$ ). De forma geral, os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram registrados para  $O_3$  na atmosfera da comunidade de Caboto.

Em relação aos parâmetros não convencionais (Amônia, Hidrocarbonetos Totais, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, m,p-Xilenos e o-Xileno) e metais no material particulado  $< 10 \mu m$ , a faixa de valores de concentração desses compostos se encontrou abaixo dos valores de referência estabelecidos pelo INEMA para a área avaliada. Os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram encontrados para hidrocarbonetos na atmosfera da comunidade de Caboto.

### **Monitoramento em Botelho**

O monitoramento de parâmetros convencionais e não convencionais se refere à avaliação de espécies na atmosfera da comunidade de Botelho (Ilha de Maré). Os valores de concentração encontrados na área de influência do Porto de Aratu, no período de 20/08 a 20/09 de 2011, estiveram abaixo dos valores estabelecidos no CONAMA nº 003/90 para os parâmetros convencionais (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e material particulado < 10 µm). De forma geral, os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram registrados para SO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> na atmosfera da comunidade de Botelho.

Em relação aos parâmetros não convencionais (Amônia, Hidrocarbonetos Totais, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, m,p-Xilenos e o-Xileno) e metais no material particulado < 10 µm, a faixa de valores de concentração desses compostos se encontrou abaixo dos valores de referência estabelecidos pelo INEMA para a área avaliada. Os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram encontrados para amônia, hidrocarbonetos, tolueno e benzeno na atmosfera da comunidade de Botelho.

### **Monitoramento em Praia Grande**

O monitoramento de parâmetros convencionais e não convencionais se refere à avaliação de espécies na atmosfera da comunidade de Praia Grande (Ilha de Maré). O monitoramento de parâmetros convencionais e não convencionais se refere à avaliação de espécies na atmosfera da comunidade de Praia Grande (Ilha de Maré). Os valores de concentração encontrados na área de influência do Porto de Aratu, no período de 07/10 a 07/11 de 2011, estiveram abaixo dos valores estabelecidos no CONAMA nº 003/90 para os parâmetros convencionais (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e material particulado < 10 µm). De forma geral, os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram registrados para O<sub>3</sub> na atmosfera da comunidade de Praia Grande.

Em relação aos parâmetros não convencionais (Amônia, Hidrocarbonetos Totais, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, m,p-Xilenos e o-Xileno) e metais no material particulado < 10 µm, a faixa de valores de concentração desses compostos se encontrou abaixo dos valores de referência estabelecidos pelo INEMA para a área avaliada. Os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram encontrados para hidrocarbonetos na atmosfera da comunidade de Praia Grande.

### **Monitoramento em Bananeira**

O monitoramento de parâmetros convencionais e não convencionais se refere à avaliação de espécies na atmosfera da comunidade de Bananeira, Ilha de Maré. Os valores de concentração encontrados na área de influência do Porto de Aratu, no período de 07/12 de 2011 a 07/01 de 2012, estiveram abaixo dos valores estabelecidos no CONAMA nº 003/90 para os parâmetros

convencionais (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e material particulado < 10 µm). De forma geral, os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram registrados para O<sub>3</sub> na atmosfera da comunidade de Bananeira.

Em relação aos parâmetros não convencionais (Amônia, Hidrocarbonetos Totais, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, m,p-Xilenos e o-Xileno) e metais no material particulado < 10 µm, a faixa de valores de concentração desses compostos se encontrou abaixo dos valores de referência estabelecidos pelo INEMA para a área avaliada. Os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram encontrados para hidrocarbonetos na atmosfera da comunidade de Bananeira.

### **Monitoramento em Gamboa**

O monitoramento de parâmetros convencionais e não convencionais se refere à avaliação de espécies na atmosfera da comunidade de Gamboa, Passé de Candeias. Os valores de concentração encontrados na área de influência do Porto de Aratu, no período de 02/03 a 09/04 de 2012, estiveram abaixo dos valores estabelecidos no CONAMA nº 003/90 para os parâmetros convencionais (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e material particulado < 10 µm). No entanto, observa-se a ocorrência, no dia 09/04, de um episódio de violação do padrão estabelecido na Resolução CONAMA nº 003/90 para o SO<sub>2</sub>. De forma geral, os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram registrados para SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> na atmosfera da comunidade de Gamboa.

Em relação aos parâmetros não convencionais (Amônia, Hidrocarbonetos Totais, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, m,p-Xilenos e o-Xileno) e metais no material particulado < 10 µm, a faixa de valores de concentração desses compostos se encontrou abaixo dos valores de referência estabelecidos pelo INEMA para a área avaliada. Os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram encontrados para hidrocarbonetos na atmosfera da comunidade de Gamboa.

### **Monitoramento em Ponto de Quinta**

O monitoramento de parâmetros convencionais e não convencionais se refere à avaliação de espécies na atmosfera da comunidade de Ponto de Quinta. Os valores de concentração encontrados na área de influência do Porto de Aratu, no período de 23/03 a 23/04 de 2012, estiveram abaixo dos valores estabelecidos no CONAMA nº 003/90 para os parâmetros convencionais (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e material particulado < 10 µm). Observa-se a ocorrência de uma série de eventos de qualidade do ar como regular referente ao parâmetro ozônio. De forma geral, os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram registrados para NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> na atmosfera da comunidade de Ponto de Quinta.

Em relação aos parâmetros não convencionais (Amônia, Hidrocarbonetos Totais, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, m,p-Xilenos e o-Xileno) e metais no material particulado < 10 µm, a faixa de valores de

concentração desses compostos se encontrou abaixo dos valores de referência estabelecidos pelo INEMA para a área avaliada. Os níveis de concentração mais elevados, em todo o período amostral, foram encontrados para amônia, hidrocarbonetos, tolueno e etilbenzeno na atmosfera da comunidade de Ponto de Quinta.

### **8.1.2.3.3 Considerações Finais**

As emissões atmosféricas alcançam todas as comunidades monitoradas, em todo o período amostral, nos pontos localizados na Ilha de Maré (Botelho, Praia Grande e Bananeira) e na área continental (Caboto, Gamboa e Ponto de Quinta).

Os valores de concentração encontrados na área de influência do Porto de Aratu, no período de maio de 2011 a abril de 2012, para todos os parâmetros convencionais (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e partículas inaláveis <10 µm) estiveram abaixo dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 003/90, na maior parte do tempo. Identificado, apenas, a ocorrência de um evento de violação do limite (139 ppb) estabelecido para SO<sub>2</sub>, no dia 09/04 na estação Gamboa.

Os valores de concentração encontrados para os parâmetros não convencionais (Amônia, Hidrocarbonetos Totais, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, m,p-Xilenos e o-Xileno) se encontraram abaixo dos valores de referência, médias diárias, estabelecidos pelo INEMA para esse estudo, para a área avaliada.

Em relação aos resultados obtidos para metais no material particulado <10 µm, os valores de concentração desses elementos (Cádmio, Arsênio, Cromo, Cobre, Ferro, Magnésio, Manganês, Mercúrio, Níquel, Vanádio, Zinco, Chumbo e Alumínio) se mantiveram abaixo dos valores de referência, médias diárias, estabelecidos pelo INEMA para esse estudo, para a área avaliada.

### **8.1.2.4 Estudo de Dispersão de Poluentes na Atmosfera da Área de Influência do Porto de Aratu**

#### **8.1.2.4.1 Introdução**

Nos municípios de Candeias e Simões Filho está localizado o Centro Industrial de Aratu (CIA), abrangendo, além do Porto de Aratu, empreendimentos dos segmentos: químico, metal-mecânico, calçadista, alimentos, metalurgia, minerais não metálicos, plásticos, fertilizantes, eletro-eletrônicos, bebidas, logística, moveleiro, têxtil, serviços e comércio. O Porto de Aratu é constituído por terminais especializados para: produtos gasosos (TPG); granéis líquidos (TGL) e granéis sólidos (TGS). Esse Porto oferece suporte indispensável para o Polo Industrial de Aratu e para o Centro Industrial de Aratu.

A CETREL realizou um estudo para avaliar a dispersão de poluentes atmosféricos na área de influência do Porto de Aratu provocados pela operação das empresas instaladas no porto (CODEBA, que envolve algumas operações de carga e descarga efetuadas na área operacional do Porto de Aratu, Petrobras TMA/TMU, Tegal, Tequimar, Vopak, Magnesita e Paranapanema) e também pelas empresas situadas fora do porto (Grande Moinho Aratu e Terminal Portuário Cotegipe, ambas pertencentes ao Moinho Dias Branco, Dow, Refinaria Landulpho Alves e Proquigel). A dispersão de poluentes será avaliada sobre a atmosfera da área de estudo (Área de Influência).

A avaliação da qualidade do ar da área estudo foi realizada utilizando-se o modelo CALPUFF, que foi inicializado com informações meteorológicas, características físicas da região (relevo, uso do solo, dentre outros) e informações dos inventários de fontes emissoras de poluentes atmosféricos das empresas de interesse, fornecido pela CETREL e elaborado para o ano base de 2010.

Os resultados obtidos são comparados com os padrões de qualidade do ar vigentes no território nacional e estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 003 de 1990. Além dos padrões legislados em território brasileiro, o estudo também contemplou a avaliação de outros poluentes típicos das atividades operacionais das empresas definidas neste estudo.

#### **8.1.2.4.2 Metodologia**

Através de simulações realizadas com o modelo CALPUFF, foram estimadas as concentrações dos poluentes regulados pela Resolução CONAMA 003 de 1990 (Partículas Totais em Suspensão (PTS), Dioxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO) e Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)), além dos parâmetros específicos não legislados em território brasileiro (Compostos Orgânicos Totais (COT), Amônia (NH<sub>3</sub>), Benzeno, Tolueno, Xilenos (meta, para e orto), Etilbenzeno, Acrilatos e Metacrilatos).

Foram avaliados três cenários distintos:

1. Considerando todas as empresas localizadas dentro e fora do Porto de Aratu;
2. Apenas os empreendimentos localizados dentro do Porto de Aratu;
3. Considerando apenas as empresas localizadas fora do Porto de Aratu.

A avaliação dos cenários de concentrações sobre determinadas regiões da Área de Influência do Porto de Aratu, notadamente a região da Ilha de Maré, visa atender o que está estabelecido no Termo de Cooperação Técnica (TCT) celebrado entre Ministério Público Estadual (MPE), Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Comitê de Fomento Industrial de Camaçari (COFIC), Companhia das Docas do Estado da Bahia (CODEBA) e CETREL S.A.

O estudo de dispersão com o modelo CALPUFF baseou-se no cenário de emissão de poluentes referente ao ano de 2010, utilizando-se de três anos de dados meteorológicos (2008, 2009 e 2010), responsáveis por dispersar a pluma de poluentes sobre a região de estudo. Foram utilizadas três estações: o Aeroporto Deputado Luís Eduardo Magalhães, as estações da rede de monitoramento da CETREL (Lamarão e Machadinho) e, para complementar esta série de dados, foram utilizados dados meteorológicos obtidos por modelagem numérica através do modelo WRF.

#### **8.1.2.4.3 Resultados**

Os resultados dos três cenários avaliados nesta simulação serão apresentados separadamente por poluentes.

##### **Poluentes Legislad**

- Monóxido de Carbono [CO] – Não foram verificadas ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar para o parâmetro monóxido de carbono em nenhuma das referências temporais avaliadas.
- Partículas Totais em Suspensão [PTS] – A Resolução CONAMA nº 003 de 1990 estabelece padrões de qualidade do ar de curto e longo período (média de 24 horas e anual) para o poluente partículas totais em suspensão. Foram verificadas ultrapassagens do padrão de curto período (médias de 24 horas). Contudo, vale ressaltar que ocorreram sempre dentro dos sítios industriais contemplados no inventário de fontes emissoras e que nos Pontos Receptores não foram verificadas ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar para o parâmetro partículas totais em suspensão.
- Dióxido de Enxofre [SO<sub>2</sub>] – A Resolução CONAMA nº 003 de 1990 estabelece padrões de qualidade do ar de curto e longo período (média de 24 horas e anual) para o poluente dióxido de enxofre. Ressalta-se que as ultrapassagens do padrão de curto período (médias de 24 horas) ocorreram sempre dentro dos sítios industriais contemplados no inventário de fontes emissoras. Para o padrão de longo período não foram constatadas violação do padrão CONAMA nº 003 de 1990. Por fim, nos Pontos Receptores não foram verificadas ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar para o parâmetro dióxido de enxofre.
- Óxidos de Nitrogênio [NO<sub>x</sub>] – A Resolução CONAMA nº 003 de 1990 estabelece padrões de qualidade do ar de curto e longo período (média de 1 hora e anual) para o poluente dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), que serão comparados aos resultados modelados para o poluente óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). Ressalta-se que não foram verificadas ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar para o parâmetro óxidos de nitrogênio, em nenhuma das referências temporais analisadas.

### Poluentes não Legislados

Mesmo não possuindo padrões de qualidade do ar no território brasileiro, os poluentes analisados nesta seção foram selecionados para a avaliação em curso por conta da tipologia de fontes emissoras existentes nas empresas localizadas dentro e fora do Porto de Aratu. Diante da inexistência de tais padrões, foram utilizados, para os poluentes não legislados (Benzeno; Tolueno; Etilbenzeno; o-Xileno; m-Xileno; p-Xileno e Amônia), valores de referência (média 24 horas) estabelecidos pelo INEMA para o estudo definido no Termo de Cooperação (mencionado anteriormente neste relatório).

- Acrilatos – Não são definidos padrões ou valores de referência de qualidade do ar para Acrilatos. Da análise, constata-se que para as concentrações de 1 hora, o ponto receptor denominado Ponta de Quinta é o que apresentou as maiores concentrações modeladas, sendo que as fontes localizadas fora do Porto de Aratu configuram-se como as principais emissoras de acrilatos para a atmosfera e contribuíram para a ocorrência dessas concentrações;
- Benzeno – Para as concentrações de 24 horas foram utilizados valores de referência estabelecidos pelo INEMA para o estudo descrito no TCT. De acordo com os resultados de concentrações simuladas com o CALPUFF, o valor de referência utilizado para as médias de 24 horas não foi ultrapassado em nenhum momento;
- Compostos Orgânicos Totais (COT) – Os compostos orgânicos totais correspondem a uma série de poluentes comuns em empresas do setor petroquímico. Por conta da infinidade de compostos químicos que o compõem não há Valor de Referência de qualidade do ar a ser utilizado nesse estudo. Diante da carência por informações, optou-se por apresentar os resultados encontrados para as médias de 24 horas e as médias de 1 hora. Mesmo não tendo valor específico de comparação para COT, os resultados encontrados mostram que as regiões próximas dos pontos receptores Ponto de Quinta e Botelho possuem as maiores concentrações modeladas;
- Etilbenzeno – Para Etilbenzeno há valor de referência estabelecido pelo INEMA. Não houve ultrapassagem do Valor de Referência utilizado e o ponto receptor denominado Botelho se configura como a região de maior concentração modelada, influenciado pelas emissões das empresas localizadas dentro do Porto de Aratu;
- Metacrilatos – Não são estipulados padrões de qualidade do ar e valores de referência para Metacrilatos. Ponto de Quinta se configura como a região de maior concentração dentre os Pontos Receptores analisados, sendo que os resultados modelados apontam as empresas de fora do Porto de Aratu como as responsáveis;



- Amônia (NH<sub>3</sub>) – Os valores de referência estabelecidos pelo INEMA estabelecem uma concentração para a referência temporal de curto período (24 horas) para o poluente Amônia. Não houve ultrapassagem do valor de referência, mas a análise mostra que as maiores concentrações modeladas referem-se à região do Ponto Receptor Botelho e que a influência é das emissões geradas pelas empresas localizadas dentro da área do Porto de Aratu;
- Tolueno – Para Tolueno há valor de referência estabelecido pelo INEMA. Não houve ultrapassagens do valor de referência utilizado. A análise mostrou que as maiores concentrações modeladas referem-se a região do Ponto Receptor Botelho e que a influência é das emissões geradas pelas empresas localizadas dentro da área do Porto de Aratu;
- Xilenos – Para os Xilenos (meta, para e orto) há valores de referência estabelecidos pelo INEMA. Em nenhum momento do período avaliado houve ultrapassagem do valor de referência utilizado. O Ponto Receptor denominado Botelho possui as maiores concentrações modeladas, as quais estão diretamente relacionadas com as emissões das empresas localizadas dentro do Porto de Aratu.

#### **8.1.2.4.4 Considerações Finais**

O presente relatório técnico apresentou os estudos realizados para avaliar a dispersão de poluentes atmosféricos na área de influência do Porto de Aratu, considerando as emissões atmosféricas geradas pela operação das empresas instaladas dentro e fora do porto. Os cenários modelados demonstraram a inexistência de ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar legislados nacionalmente (CONAMA nº 003 de 1990), bem como não foram verificadas ultrapassagens dos valores de referência estabelecidos pelo INEMA para os poluentes não legislados.

#### **8.1.3 Ruídos e Vibrações**

Considerando a Resolução CONAMA nº 001/90, que estabelece a necessidade de observação à Norma Técnica da ABNT – NBR 10.151/2000, e baseado na Decisão de Diretoria nº 100/2009/P da CETESB, realizou-se e apresenta-se o relatório de medições realizadas em campo nas áreas de influência direta (AID) do Terminal de Uso Privativo da Braskem, no município de Candeias/BA.

O presente trabalho tem por objetivo o atendimento à legislação vigente, considerando a possibilidade de danos causados por níveis excessivos de ruído, principalmente em população circunvizinha ao empreendimento e os ambientes sensíveis como, por exemplo, locais de procriação, sob o aspecto de controle de poluição de meio ambiente e deterioração da qualidade de vida.



#### 8.1.3.1 Definições

- Entorno: Ambiente externo à empresa avaliada, nos limites da propriedade que contém a fonte, tais como, grades, cercas e muros externos;
- Monitoramento: avaliação quantitativa/medição das concentrações ou intensidades dos agentes de risco durante um determinado período de tempo;
- NCA: Nível de Critério de Avaliação;
- Nível de Pressão Sonora: Oscilações mecânicas do som ou ruído que provocam uma pressão alternativa sobreposta à pressão atmosférica. Mede a intensidade do som ou ruído na escala decibel (dB);
- Nível de Pressão Sonora Corrigido ou Nível Corrigido (Lc): Nível de ruído onde são aplicadas correções nos valores medidos, no caso do mesmo apresentar características especiais, tais como, caráter impulsivo ou de impacto e/ou componentes tonais;
- Nível de Pressão Sonora Equivalente (LAeq), em decibéis ponderados em “A” dB(A): Nível obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com a ponderação A) referente a todo o intervalo de medição;
- Período Diurno: Período compreendido entre 7 e 22 horas;
- Período Noturno: Período compreendido entre 22 e 7 horas;
- Ruído: Fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variações de pressão em função da frequência.

#### 8.1.3.2 Metodologia de Análise/Avaliação Empregada

As avaliações foram baseadas nos parâmetros do Nível de Critério de Avaliação para Ambientes Externos estabelecidos pela ABNT NBR 10.151 de Junho de 2000. O método de avaliação está baseado em uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido Lc e o nível de pressão sonora equivalente,  $L_{Aeq}$ .

No caso da área avaliada, o nível corrigido Lc, tratando-se de ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente,  $L_{Aeq}$ .

Todo o levantamento e processamento de dados foram realizados conforme recomendação da ABNT NBR 10.151, obedecendo aos limites de horário para o período diurno.

As medições do  $L_{Aeq}$  foram realizadas com operação normal das condições de trabalho nas instalações do Porto de Aratu.

As medições foram realizadas nas áreas de influências das futuras instalações do Terminal de Uso Privativo da Braskem, dentro do Porto de Aratu, com ponto de coleta, afastado aproximadamente a

1,2 m acima do solo e a pelo menos 2 m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras.

O método de avaliação envolve as medições do  $L_{Aeq}$  de ruído, em escala de compensação de resposta “A”.

Os pontos de coleta foram localizados na área de influência direta (AID), com uma medição por ponto e o valor do nível de pressão sonora, em dB(A), foi obtido a partir da média da leitura em resposta lenta durante o tempo de medição (Figura 8.1-13).

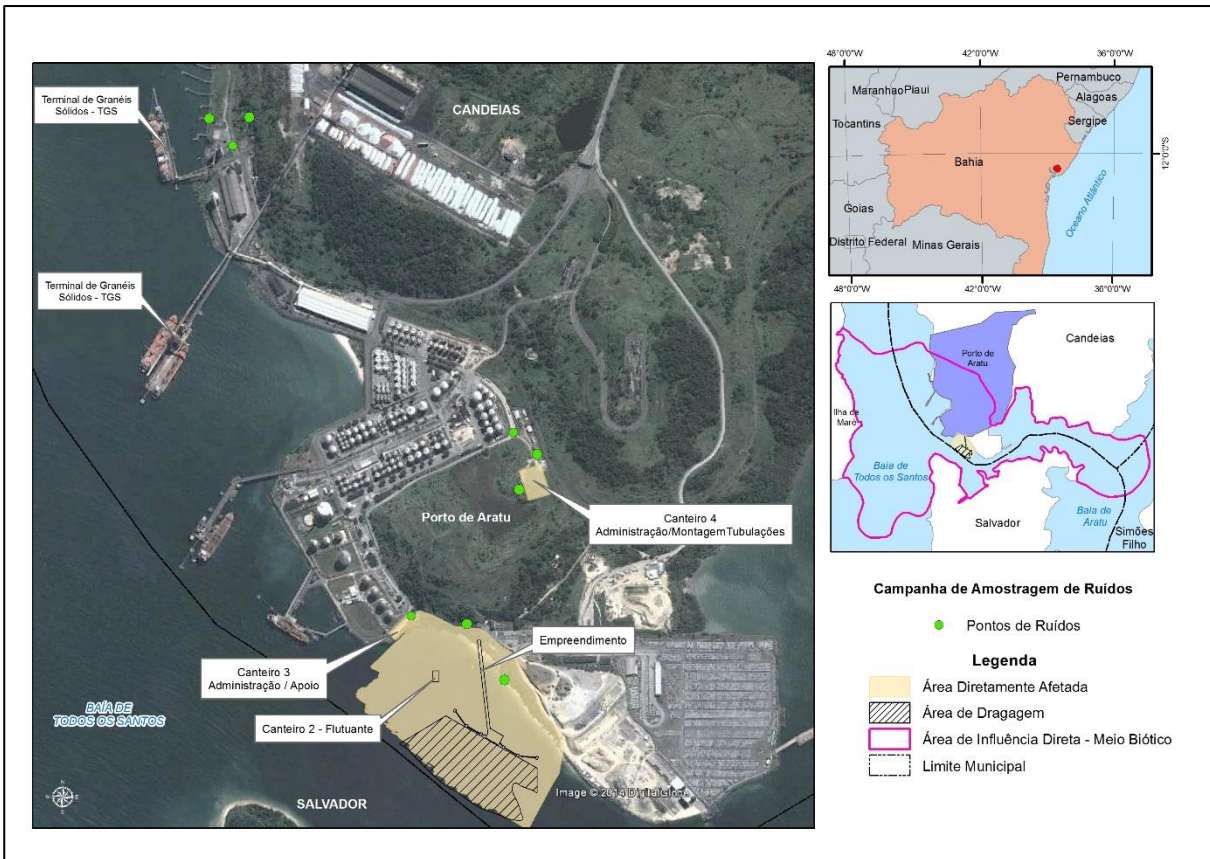


Figura 8.1-13. Localização dos pontos de coleta das medições de ruído na área de influência direta.

### 8.1.3.3 Definições dos Limites

Conforme a ABNT NBR 10.151/2000, os limites para ruído visando o conforto acústico em áreas habitadas devem observar os valores denominados Nível de Critério de Avaliação (NCA), conforme Tabela 8.1-3 a seguir.

Tabela 8.1-3. Nível de Critério de Avaliação (NCA) para Ambientes Externos.

Tipos de Áreas	Níveis máximos em dB(A)	
	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominante residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominante industrial	70	60

A análise do Nível de Pressão Sonora (NPS) registrado, face ao NCA estabelecido pela NBR 10.151, permite identificar os pontos fora do padrão.

A determinação dos limites foi baseada no NCA estabelecido pela NBR 10.151, considerando-se o tipo de zoneamento da área onde será instalado o Terminal de Uso Privativo da Braskem.

O futuro Terminal de Uso Privativo da Braskem foi enquadrado como área predominantemente industrial, cujos limites são 70 dB(A) para período diurno e 60 dB(A) para período noturno.

#### 8.1.3.4 Recursos Técnicos Empregados

Para as avaliações quantitativas contidas neste levantamento foram utilizados os seguintes equipamentos (Figura 8.1-14):

- Audiodosímetro da Quest Technologies, modelo Q-300, número de série QCC 110017. O aparelho foi calibrado conforme Certificado de Calibração 06871/2013 expedido pelo Unimetro – WSS dos Santos Instrumentos de Medição que encontra-se no Anexo 8.2;
- Calibrador Acústico da Quest Eletronics, modelo QC-10, número de série QIU010007, calibrado conforme Certificado de Calibração nº 06885/2013 expedido pelo Unimetro – WSS dos Santos Instrumentos de Medição que encontra-se no Anexo 8.2;
- GPS modelo GARMIN Dakota™ 20, ID da Unidade nº 3800599096 – Versão de software GPS 3.70.



Figura 8.1-14. Ilustração dos equipamentos utilizados – a) Audiômetro Q-300; b) Calibrador Acústico QC-30 (Fonte: Previne Segurança & Saúde Operacional, 2014).

### 8.1.3.5 Medições e Resultados – Avaliação Quantitativa

As medições de ruído diurno foram realizadas no dia 22 de abril e as de ruído noturno no dia 24 de abril de 2014, ambas dentro da área de influência direta (AID), no entorno das futuras instalações do empreendimento e dos canteiros de obras 3, 4 e próximo ao Terminal de Granéis Sólidos (TGS), identificados no Relatório de Avaliação de Ruído em anexo (Apêndice 8.1) como empreendimento, canteiro 1 e 2, respectivamente.

- a) **Canteiro de Obras 4:** esse canteiro de obra servirá para suporte administrativo e montagem de tubulações. As avaliações realizadas foram nas mediações da coordenada UTM-Datum WGS84, fuso 24L, 555106 / 8587138.

#### DIURNO

Ponto	Horário Avaliação	NCA (dB(A))	Nível de Pressão Sonora Equivalente (LAeq)	
			Data Avaliação	LAeq (dB(A))
1	09h 25min	70	22/04/2014	62,3
2	09h 31min	70		62,8
3	09h 36min	70		62,9

Observação: Avaliações realizadas em dias ensolarados, sem incidência de chuvas.

### NOTURNO

Ponto	Horário Avaliação	NCA (dB(A))	Nível de Pressão Sonora Equivalente (L <sub>Aeq</sub> )	
			Data Avaliação	L <sub>Aeq</sub> (dB(A))
1	22h 30min	60	24/04/2014	59,4
2	22h 35min	60		59,5
3	22h 40min	60		59,7

Observação: Avaliações realizadas sem incidência de chuvas.

No período diurno, foram registrados NPS que variaram entre **62,3 dB(A)** (ponto 01) e **62,9 dB(A)** (ponto 03). Considerando-se que na ABNT NBR 10.151, o NCA para as zonas circunvizinhas da instituição, considerada Área Predominantemente Industrial, o limite é de **70 dB(A)** para o período diurno (07h às 22h). Já no período noturno, foram registrados NPS que variaram entre **59,4 dB(A)** (ponto 01) e **59,7 dB(A)** (ponto 03).

- b) **Próximo ao Terminal de Granéis Sólidos:** avaliações realizadas nas mediações da coordenada geográfica (WGS 84) zona 24L 554350 / 8587911.

### DIURNO

Ponto	Horário Avaliação	NCA (dB(A))	Nível de Pressão Sonora Equivalente (L <sub>Aeq</sub> )	
			Data Avaliação	L <sub>Aeq</sub> (dB(A))
1	10h 23min	70	22/04/2014	62,1
2	10h 27min	70		62,0
3	10h 33min	70		62,7

Observação: Avaliações realizadas em dias ensolarados, sem incidência de chuvas.

### NOTURNO

Ponto	Horário Avaliação	NCA (dB(A))	Nível de Pressão Sonora Equivalente (L <sub>Aeq</sub> )	
			Data Avaliação	L <sub>Aeq</sub> (dB(A))
1	23h 10min	60	24/04/2014	59,1
2	23h 15min	60		59,3
3	23h 19min	60		59,7

Observação: Avaliações realizadas sem incidência de chuvas.

No período diurno, foram registrados NPS que variaram entre **62,0 dB(A)** (ponto 02) e **62,7 dB(A)** (ponto 03). Considerando-se que na ABNT NBR 10.151, o NCA para as zonas circunvizinhas da instituição, considerada Área Predominantemente Industrial, o limite é de 70 dB(A) para o período diurno (07 às 22 h). Já no período noturno, foram registrados NPS que variaram entre **59,1 dB(A)** (ponto 01) e **59,7 dB(A)** (ponto 03).

- c) **Empreendimento:** as avaliações realizadas foram nas mediações da coordenada geográfica (WGS 84) zona 24L 554831 / 8586643, inclusive dentro da área do futuro canteiro de obras terrestre 3 (estacionamento).

#### DIURNO

Ponto	Horário Avaliação	NCA (dB(A))	Nível de Pressão Sonora Equivalente ( $L_{Aeq}$ )	
			Data Avaliação	$L_{Aeq}$ (dB(A))
1	9h 50min	70	22/04/2014	62,1
2	9h 54min	70		61,7
3	10h 02min	70		61,8

Observação: Avaliações realizadas em dias ensolarados, sem incidência de chuvas.

#### NOTURNO

Ponto	Horário Avaliação	NCA (dB(A))	Nível de Pressão Sonora Equivalente ( $L_{Aeq}$ )	
			Data Avaliação	$L_{Aeq}$ (dB(A))
1	22h 50min	60	24/04/2014	59,2
2	22h 54min	60		59,5
3	22h 59min	60		59,8

Observação: Avaliações realizadas sem incidência de chuvas.

Para o período diurno, foram registrados NPS que variaram entre **61,7 dB(A)** (ponto 02) e **62,2 dB(A)** (ponto 01). Considerando-se que na ABNT NBR 10151, o NCA para as zonas circunvizinhas da instituição, considerada Área Predominantemente Industrial, o limite é 70 dB(A) para o período diurno (07 às 22 h). Já para o período noturno, foram registrados NPS que variaram entre **59,2 dB(A)** (ponto 01) e **59,8 dB(A)** (ponto 03).

As figuras abaixo (Figura 8.1-15 a Figura 8.1-21) ilustram a localização dos pontos de monitoramento de ruído para caracterização referente à instalação do Terminal de Uso Privativo da Braskem e dos canteiros de obras (3 e 4).





Figura 8.1-15. Avaliação nas mediações do futuro empreendimento – Canteiro 3 (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-16. Avaliação nas mediações do futuro empreendimento (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-17. Avaliação nas mediações do canteiro de obras 4 (Fonte: Bourscheid, 2014).

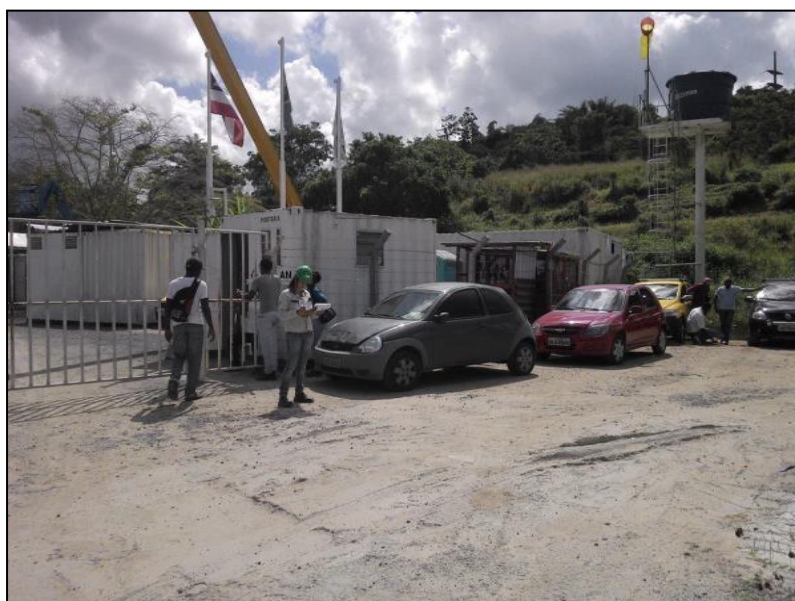


Figura 8.1-18. Avaliação nas mediações do canteiro de obras 4 (Fonte: Bourscheid, 2014).





Figura 8.1-19. Avaliação nas mediações do canteiro de obras 4 (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-20. Avaliação nas mediações do Terminal de Granéis Sólidos (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-21. Avaliação nas mediações do Terminal de Granéis Sólidos (Fonte: Bourscheid, 2014).

### 8.1.3.6 Considerações Finais

O futuro Terminal de Uso Privativo da Braskem e os canteiros de obras estão localizados em área predominantemente industrial, sofrendo nesse caso, a interferência do fluxo de veículos, circulação de pessoas diariamente e rotinas oriundas de galpões das atividades desenvolvidas em áreas do entorno.

Analisando os pontos estudados, tanto no período diurno quanto no período noturno, foi verificado que todos os pontos avaliados foram inferiores ao Nível de Critério recomendado pela ABNT NBR 10.151.

### 8.1.4 Geologia

#### 8.1.4.1 Metodologia

Os estudos que serviram de suporte técnico para elaboração deste estudo foram desenvolvidos em quatro etapas, conforme segue:

- Levantamento de dados secundários: nesta etapa procedeu-se o levantamento da bibliografia concernente à área, da documentação cartográfica e demais documentos existentes do projeto;
- Trabalho de Campo: esta etapa foi destinada a um estudo de reconhecimento de toda a área de implantação do empreendimento, onde se procurou observar os aspectos fisiográficos da região, bem como os elementos componentes da paisagem. Foi efetuada uma vistoria em toda a área onde foram feitas observações e registros fotográficos dos aspectos relacionados

à geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal, recursos hídricos, processos de ocupação e evidências de problemas geotécnicos;

- Leitura e Análise: nesta etapa foi realizada a leitura da bibliografia selecionada e a análise da documentação técnica disponível;
- Redação: esta última etapa metodológica consistiu na elaboração dos trabalhos de redação, digitação e montagem do presente diagnóstico.

#### **8.1.4.2 Resultados**

##### **8.1.4.2.1 Geologia Geral e da Área Terrestre**

###### **8.1.4.2.1.1 Síntese Evolutiva Regional**

A área em estudo tem sua evolução associada à formação de um conjunto de bacias denominado Recôncavo-Tucano-Jatobá, formadas quando da separação entre a América do Sul e a África, processo que se iniciou por volta de 145 milhões de anos (Ma), no Cretáceo Inferior (SILVA *et al.*, 2007 *apud* DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009).

A sub-bacia do Recôncavo, onde está situada a área em estudo, é separada da sub-bacia do Tucano, situada mais ao norte, pelo Alto de Aporá. Ao sul é separada da bacia de Camamu pela falha da Barra, a leste é limitada pela falha/alto de Salvador/Jacuípe, que a separa da bacia do Jacuípe. E, a oeste o limite é a falha de Maragogipe (DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009) (Figura 8.1-22).

A fossa tectônica do Recôncavo Baiano, onde está situado o Centro Industrial de Aratu (CIA), está compreendida entre as falhas de Salvador e Maragogipe, onde as espessuras alcançam até 6 mil metros de sedimentos. O processo de deposição teve início no período Neo-jurássico e Cretáceo. As formações predominantes são Fm. Barreiras, Fm. São Sebastião e Fm. Ilhas, ocorrendo também na Fm. Marizal.



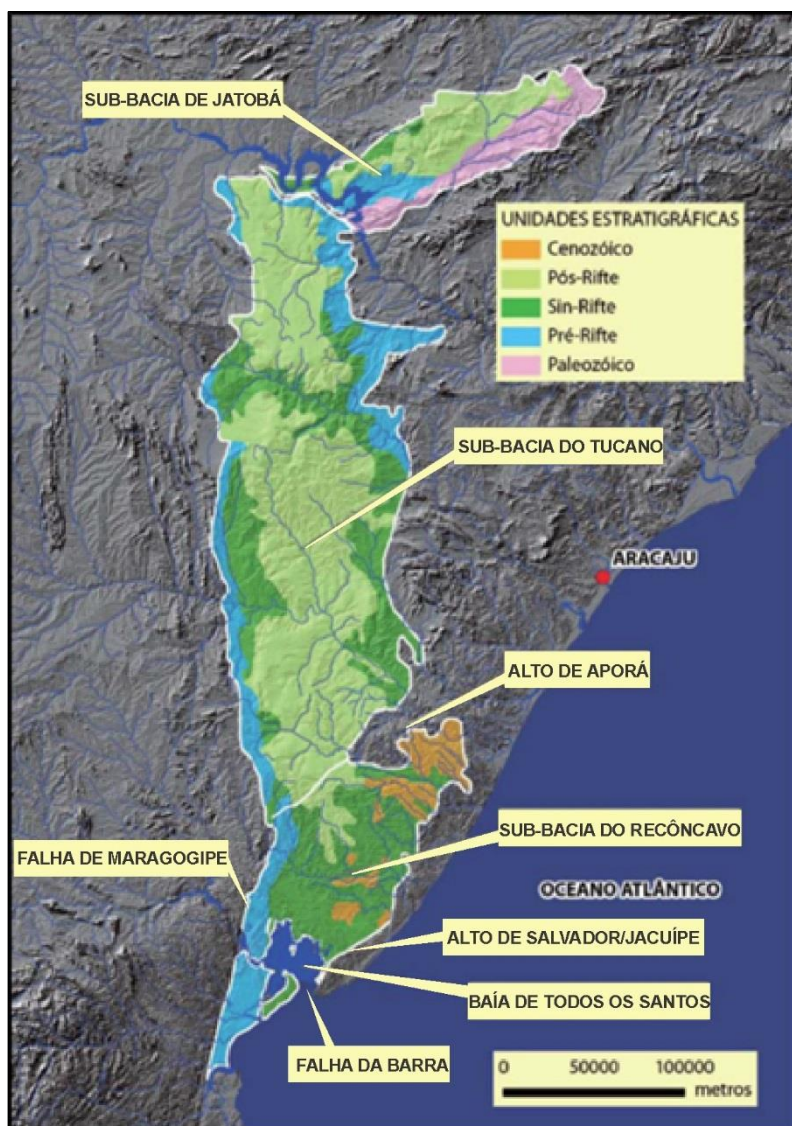


Figura 8.1-22. Bacia Recôncavo-Tucano-Jatobá (Fonte: modificado de MAGNAVITA *et al.*, 2005 *apud* DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009).

A bacia do Recôncavo-Tucano-Jatobá é classificada como uma bacia do tipo rifte, que se forma no início da separação dos continentes, constituindo-se num braço abortado de uma junção tríplice, normalmente formada durante a fragmentação dos continentes (MOHRIAK, 2003 *apud* DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009). Por isso, a sub-bacia sedimentar do Recôncavo, durante a sua evolução inicial no Cretáceo Inferior, nunca foi invadida pelo mar. Ao contrário, após a subsidência inicial, a bacia sofreu um soerguimento da ordem de até 1.750 m (DANIEL *et al.*, 1989; DAVISON, 1987; MAGNAVITA *et al.*, 1994, *apud* DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009), ou seja, há aproximadamente 115 Ma, a região esteve submetida quase que continuamente à erosão (DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009).

O preenchimento da bacia do Recôncavo pode ser dividido em três fases: pré-rifte, sin-rifte e pós rifte (MAGNAVITA *et al.*, 2005 *apud* DOMINGUEZ e BITTENCOURT, 2009) (Figura 8.1-22). A fase pré-rifte corresponde à deposição de sedimentos nos estágios iniciais da movimentação da litosfera que antecede a implantação do rifte; data do final do Jurássico há 150 – 145 Ma. Nesta fase os sedimentos se acumularam em lagos rasos, em um clima desértico, onde adentravam pequenos rios e, com o vento soprando, originavam campos de dunas. A fase rifte é caracterizada pelo aparecimento brusco de sedimentos lacustres esverdeados, por volta de 145 Ma. Há a formação de um lago com algumas centenas de metros de profundidade na região onde se acumularam lamas ricas em matéria orgânica. Neste lago profundo adentram, posteriormente, rios que construíram deltas e, aportando sedimentos finos, ajudaram a preencher o lago. De tempos em tempos, os abalos sísmicos desestabilizavam as frentes deltaicas deformando os sedimentos e originando fluxos gravitacionais. Com o passar do tempo e com a diminuição da subsidência, este lago foi paulatinamente assoreado por sedimentos fluviais. Após esta data, a sub-bacia do Recôncavo experimentou soerguimento durante um intervalo de tempo de aproximadamente 10 Ma permitindo a acumulação de sedimentos conglomeráticos, que se acumularam na fase denominada de pós-rifte (MAGNAVITA *et al.*, 1994; 2005, *apud* DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009).

Após o Cretáceo, as variações do nível do mar possibilitaram a formação de depósitos de folhelhos marinhos fossilíferos e de depósitos de origem marinha transicional, predominantemente de ambiente estuarino.

Nos últimos 2 Ma, na maior parte do tempo, o nível do mar esteve abaixo do nível atual, desencadeando um intenso processo erosivo que afetou a zona costeira e favoreceu o desenvolvimento da Baía de Todos os Santos.

As unidades geológicas presentes na área de estudo estão associadas à fase de rifte. A Figura 8.1-23 apresenta a coluna estratigráfica da Bacia do Recôncavo.

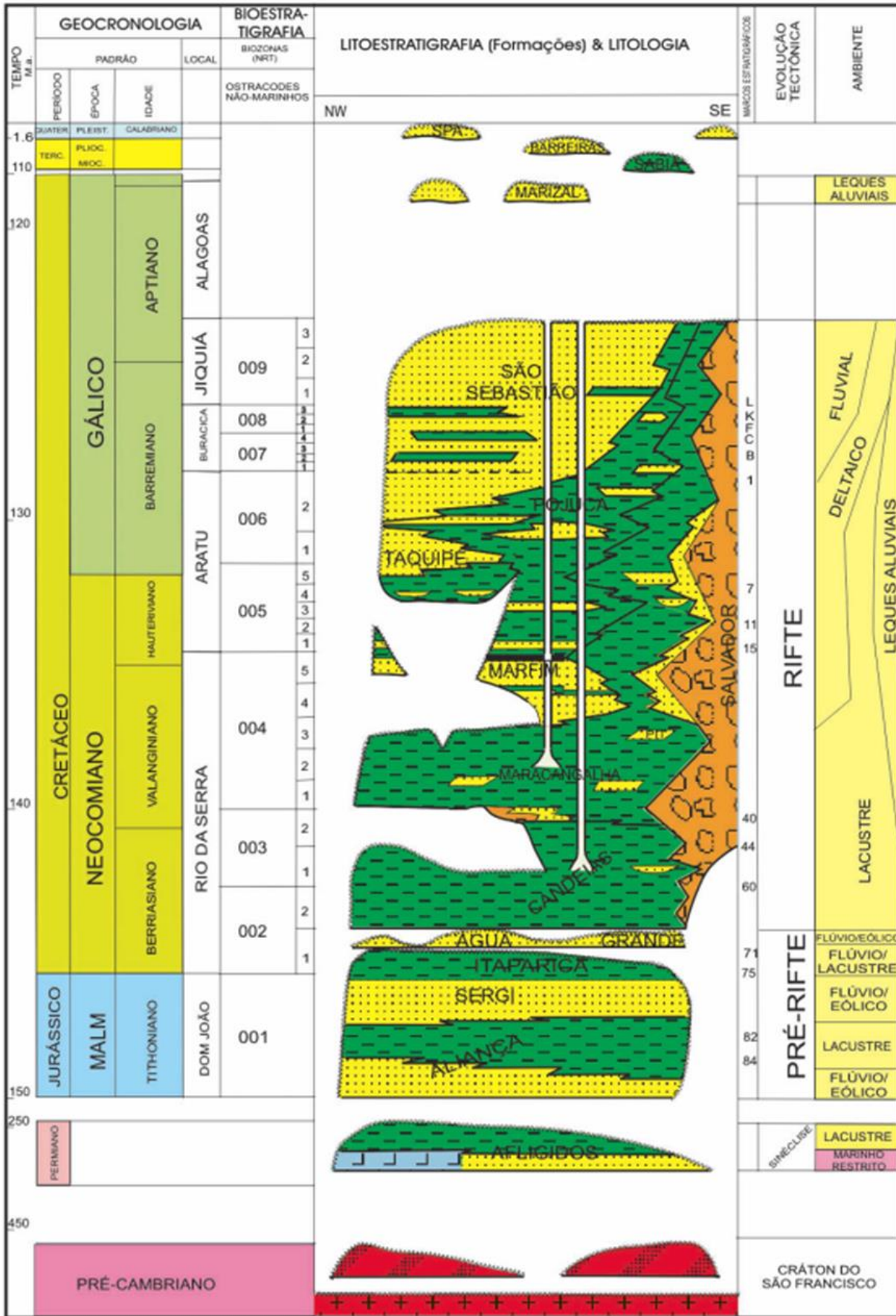


Figura 8.1-23. Coluna estratigráfica do Recôncavo (Fonte: Modificado de SANTOS, 2005).



A configuração estrutural da bacia é definida por falhamentos normais de direção preferencial N30°E que condicionam mergulhos regionais das camadas para SE, em direção às áreas mais subsidentes, com depocentros junto à borda falhada (MILHOMEM *et al.*, 2003 *apud* CARLOTTO, 2006) (Figura 8.1-24).

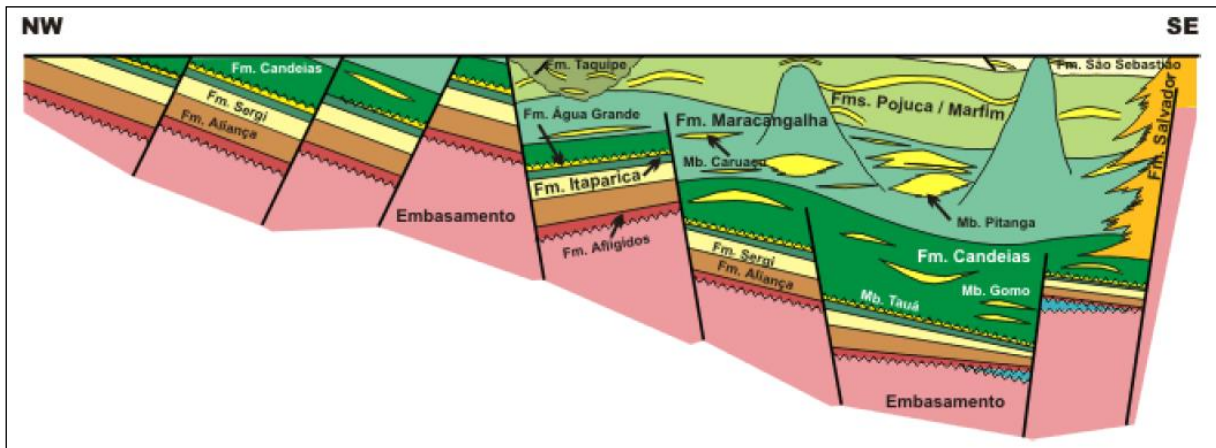


Figura 8.1-24. Seção geológica esquemática transversal da Bacia do Recôncavo. A cunha de sedimentos que preenche a bacia aumenta de espessura para leste, próximo a falha de Salvador (PETROBRAS, 2002 apud SANTOS, 2011).

Outra temática de crescente interesse são as manifestações de notável sismicidade registradas no estado da Bahia, no início do século, tendo sido interpretadas como resultado de movimentação de falhas. A atividade neotectônica na região é caracterizada por falhas afetando sedimentos do grupo Barreiras (na AID) e imprimiu um controle muito forte sobre a morfogênese que se processou aproximadamente desde o Plioceno até os dias atuais (FILHO, 1999).

Há relato de pessoas que sentiram os abalos sísmicos que teriam ocorrido em novembro de 1915, em que fora sentido em vários locais nas imediações da baía (entre elas, Saubara, Vila de São Francisco, Ilha das Fontes, Sul de Itaparica e Santo Amaro). Foi sentido um forte abalo de terra, acompanhado de um “estrondo subterrâneo” semelhante ao do trovão. Há no mesmo trabalho, vários outros eventos citados desde o século XVII até o início do século XX, com referências até mesmo de tsunamis. Em 1666 o mar saiu de seus limites naturais por três dias alternados, cobrindo a praia. Em 1919, novos tremores de terra atingiram algumas cidades do Recôncavo, esse evento foi sentido também em Salvador. Na escala de intensidade, esse sismo foi classificado como um tremor muito forte (LIMA, 2008).

Conforme a morfologia (LIMA, 2008) verificada para a Bacia do Recôncavo, há desnivelamentos relacionados à época do Holoceno, estando a área do empreendimento relacionada à subsidência

mais importante desse período, com registros de falhas pertencentes a potenciais lineamentos. Na análise de falhas e outras linhas de fraqueza, sujeitas à ação da tectônica global, é mais fácil reativar uma preexistente do que nuclear uma nova. As evidências de sismicidade registradas não comprovam uma ação tectônica como as desencadeadas em regiões situadas nos limites de placas tectônicas, porém apresenta uma estabilidade tectônica relativa, o que não implica em inatividade tectônica. O monitoramento por meio de estação sismográfica instalada no Porto de Aratu possibilita a implementação de medidas mais eficazes, caso necessárias, por parte dos empreendedores instalados e operando no Porto e do poder público (FILHO, 1999). A

Figura 8.1-25 apresenta a geologia e as estruturas geológicas identificadas e estas correspondem a blocos falhados e basculados, provocando uma inclinação das camadas observadas em afloramentos (COPENE, 2000).

As principais fraturas, as quais estão sendo interpretadas como falhas, têm uma expressão geomorfológica permitindo seu mapeamento por fotografia aérea. Em campo, foi possível medir direção da falha e representá-la no mapa (Apêndice 8.2). Também foi consultado o mapa Bahia (1980) de onde foram reproduzidas algumas falhas, porém não foram nitidamente identificadas em fotografias aéreas (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

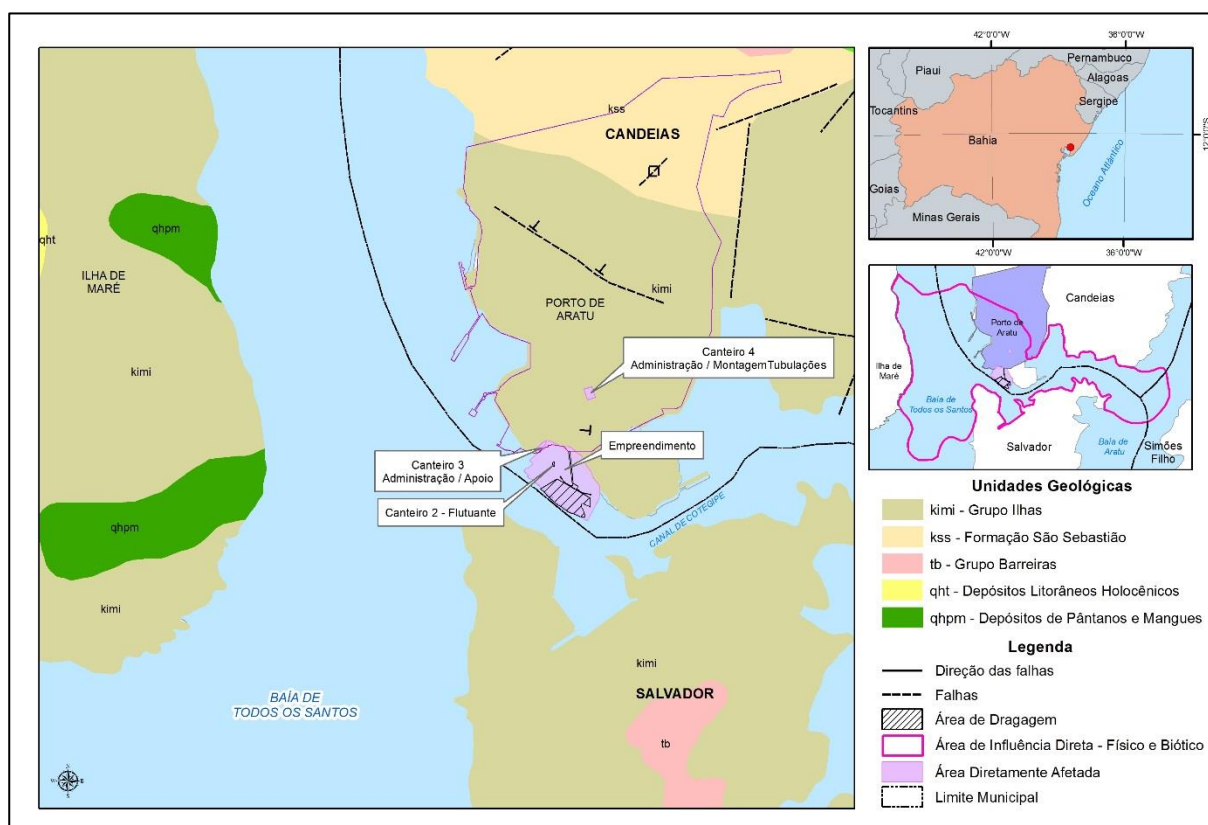




Figura 8.1-25. Ilustração da geologia e estruturas geológicas juntamente com a disposição do empreendimento e dos canteiros (Fonte: BOURSCHEID/COPENE, 2000; base CPRM, 2008).

#### 8.1.4.2.2 Unidades de Mapeamento

O mapeamento geológico foi efetuado com base no estudo Bourscheid/Copene (2000), CPRM (2008), SEP/CODEBA (2012) e vistoria de campo, realizada nos dias 1, 2, 3 e 4 de maio de 2013 e nos dias 7, 8 e 9 de abril de 2014.

As áreas de influência do empreendimento apresentam as seguintes unidades:

➤ Grupo Ilhas – Formação Maracangalha indiviso:

O Grupo Ilhas designa a seção areno-argilosa sendo interpretada como uma formação deltaica. Esta unidade é constituída pelas Formações Pojuca (K1po) e Marfim (K1mf) (Figura 8.1-26 e Figura 8.1-27) (CAIXETA *et al.*, 1994). A Formação Marfim encontra-se subjacente a Formação Pojuca, e são assim descritas por Caixeta *et al.* (*op. cit.*):

Formação Marfim: é caracterizada por arenito limpo muito fino a médio, bem selecionado, cinza claro, com camadas de folhelho cinza esverdeado intercaladas.

Formação Pojuca: é constituída por intercalações de arenito cinza muito fino a médio, folhelho cinza esverdeado, siltito cinza-claro e calcário castanho, que se sobrepõe à Formação Marfim.

O contato da Formação Pojuca com a Formação Marfim é concordante e, com a Formação São Sebastião, que lhe sobrepõe, é transicional.

A Formação Taquipe (inclusa no Grupo Ilhas em vários trabalhos) é caracterizada por folhelho cinza, com estratificação paralela e lentes de arenito muito fino maciço (NETO *et al.*, 1984 *apud* CAIXETA *et al.*, 1994). Esta unidade ocupa uma feição erosiva em forma de cânion, alongada na direção norte-sul e constatada na porção centro-oeste do Recôncavo, estendendo-se para norte até a Sub-bacia do Tucano Sul (BUENO, 1987; PICARELLI & CAIXETA, 1991, *apud* CAIXETA *et al.*, 1994). Desta forma, a Formação Taquipe sobrepõe em discordância erosiva à Formação Pojuca, e é recoberta concordantemente pela mesma Formação Pojuca.

Esta formação foi identificada na praia de Inema, Base Naval de Aratu (AII), por Magalhães (2011), que caracterizou o afloramento em termos faciológicos.



Figura 8.1-26. Aspecto de afloramento do Grupo Ilhas (Fonte: Bourscheid, 2013).



Figura 8.1-27. Outro aspecto de afloramento do Grupo Ilhas (Fonte: Bourscheid, 2013).

A literatura técnica consultada identifica para vários pontos na área de influência do empreendimento, particularmente para a Ilha de Maré, a presença da Formação Maracangalha, e dentre os autores podem ser citados: Barbosa (2005), Coura (2006) e Barbosa (2009). Muitos desses trabalhos abordam de forma descritiva os aspectos sedimentológicos e de ambientes deposicionais de fácies presentes nesta Formação, não sendo, entretanto, trabalhos de mapeamento litoestratigráficos de uma área. Por essa razão, ou seja, por não se ter a dimensão espacial desta Formação preferiu-se manter a designação de Grupo Ilhas como um todo, e salientar a existência da Formação Maracangalha (Grupo Santo Amaro) na área em estudo. Falcão & Della Favera (2012)

identificaram esta Formação junto ao Museu Wanderley de Pinho na localidade de Caboto, e Guerra & Borghi (2003) a mapearam na Ponta da Sapocá, ambos os afloramentos localizados na área de influência indireta do presente estudo.

A Formação Maracangalha, de acordo com Caixeta *et al.* (1994), pertence ao Grupo Santo Amaro, e se caracteriza por apresentar folhelho cinza-esverdeado e cinza-escuro. Esta Formação, depositada em ambiente lacustre com turbiditos intercalados, somente foi reconhecida na Bacia do Recôncavo. Reúne os membros Maracangalha e Pitanga, antigos integrantes da Formação Candeias, e as Camadas Caruaçu, da Formação Marfim (VIANA *et al.*, 1971 *apud* CAIXETA *et al.*, 1994). O Membro Caruaçu denomina as camadas lenticulares de arenito fino e médio, com estratificações cruzadas tangenciais e estratificação plano-paralela, laminações convolutas. O Membro Pitanga apresenta arenitos muito finos, lamosos e maciços.

Na área diretamente afetada (ADA) foram identificados afloramentos associados à Formação Maracangalha ao longo da costa (Figura 8.1-28 e Figura 8.1-29). O afloramento mostrado na Figura 8.1-28 é composto por folhelho e arenito fino com alternância de bandas claras e escuras, de cor cinzenta, estratificação plano-paralela, estruturas de carga, intraclastos, estruturas de injeção de água, dobramentos e deformação rúptil na forma de falhamentos. O afloramento da Figura 8.1-29 é composto de arenito fino de coloração amarelada, com estratificação cruzada de pequeno porte, por vezes truncadas, estruturas de injeção de água e diques de areia.



Figura 8.1-28. Aspecto geral de afloramento de arenito acinzentado na ADA (Fonte: Bourscheid, 2013).





Figura 8.1-29. Aspecto de afloramento de arenito com coloração amarelada na ADA (Fonte: Bourscheid, 2013).



Figura 8.1-30. Detalhe do arenito fino a muito fino e deformação rúptil, aparentemente restrita a este intervalo, sugerindo uma gênese para as falhas contemporâneas a sedimentação (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-31. Detalhe de arenito estratificado com dobras recumbentes, potencialmente relacionadas a escorregamentos (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-32. Detalhe da Figura 8.1-28, com arenito fino a muito fino, com alternância de bandas claras e escuras; bandamento com estruturas de carga (Fonte: Bourscheid, 2014).

➤ Grupo Massacará – Formação São Sebastião:

A Formação São Sebastião (Figura 8.1-33 e Figura 8.1-34), Cretáceo Inferior, é formada por arenitos subarcoseanos a quartzíticos, com níveis conglomeráticos localizados, granocrescência ascendente, com pavimentos seixosos e estratificações cruzadas acanaladas. Quartzarenitos apresentam grãos foscos e bem selecionados, com matriz rara. Possuem bimodalidade granulométrica, estratificações cruzadas acanaladas e tabulares de médio e grande porte. Estão presentes intercalações com siltitos e folhelhos subordinadamente. Apresenta fósseis de peixes e vegetais lenhosos (CPRM, 2008).



Figura 8.1-33. Aspecto geral da Formação São Sebastião alterada (Fonte: Bourscheid, 2013).



Figura 8.1-34. Detalhe da foto anterior apresentando material arenoso com intercalação de material argiloso (Fonte: Bourscheid, 2013).

➤ Grupo Barreiras:

De acordo com Barbosa e Dominguez (1996, *apud* BOURSCHEID/COPENE, 2000), compõem-se de areias finas a grossas, argilas cinza avermelhadas, roxas e amarelas; de arenitos grossos a conglomeráticos, com matriz caolínica, pouco consolidados, pobremente selecionados, cinza esbranquiçados, amarelados e avermelhados.

Prossegue o estudo antes citado, dizendo que as areias e arenitos exibem estratificação cruzada acanalada e planar, laminação plano-paralela ou apresentam-se maciços. Menos comumente, são observadas granodecrescência ascendente e estruturas de canais. Os leitos têm geometria lenticular, com contatos predominantemente erosivos. O truncamento dos leitos é regra geral e os diastemas são frequentemente marcados por superfícies limonitizadas. A canga de óxido de ferro é muito comum, impregnando camadas de mais de um metro de espessura.

Os níveis lamosos e argilosos são maciços ou finamente laminados. Eles são em geral lenticulares com espessura inferior a 50 cm. Menos frequentemente ocorrem leitos mais espessos, com geometria tabular e grande extensão lateral.

Nos arredores de Salvador ocorre, na base da sequência, um conglomerado com estratificação cruzada, composto predominantemente de seixos de quartzo leitoso, estando também presentes fenoclastos de gnaiss alterado, arenitos e seixos de argila. Observa-se frequentemente uma maior concentração de seixos quartzosos na base dos estratos cruzados, associada, em geral, a uma granodecrescência ascendente.



O Grupo Barreiras forma extensos tabuleiros ligeiramente inclinados em direção à costa. Repousam discordantemente sobre rochas mesozoicas (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

➤ Depósitos litorâneos holocênicos:

Esta unidade é composta por areias finas, médias a grossas, quartzosas, de coloração amarelada, com a presença de fragmentos de conchas, que ocorrem na linha de costa. Na ADA apresenta largura variável em função da variação da maré (Figura 8.1-35 e Figura 8.1-36).



Figura 8.1-35. Vista dos depósitos litorâneos na ADA no período de maré alta (Fonte: Bourscheid, 2014).

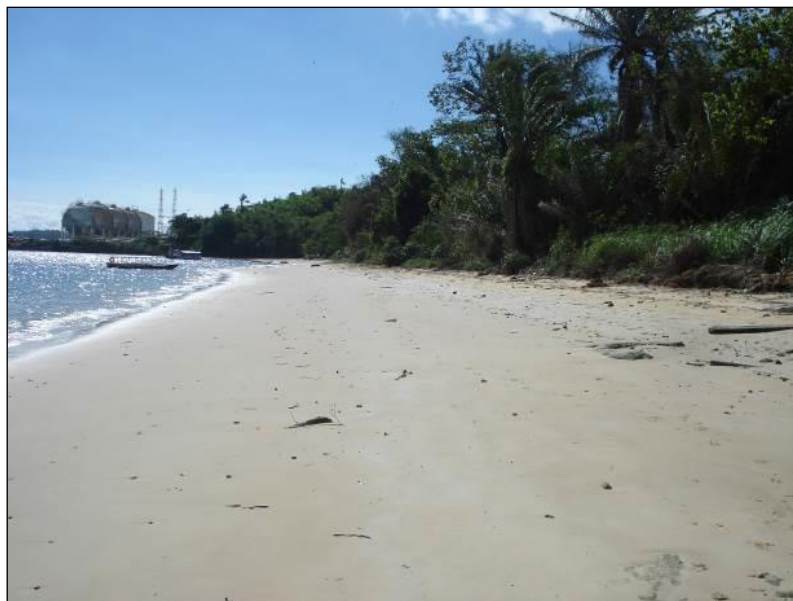


Figura 8.1-36. Vista dos depósitos litorâneos na ADA no período de maré baixa (Fonte: Bourscheid, 2014).

➤ Depósitos de pântanos e mangues:

São setores limitados em área, formados em terrenos baixos, horizontalizados, junto à costa, sujeito a inundações das marés. São constituídos na quase totalidade por sedimentos tipo vasas (lamas) de depósitos recentes e vegetação típica; são ricos em matéria orgânica. A drenagem apresenta-se com padrão difuso. Nas bordas dos manguezais podem ocorrer apicuns, que são terrenos hipersalinos formados por sedimentos siliciclásticos.

➤ Depósitos aluvionares:

Ao longo das margens dos rios, córregos e arroios da área de estudo ocorrem sedimentos aluvionares de composição arenosa, siltosa, com eventuais níveis de cascalho e matéria orgânica. São resultantes do transporte fluvial ao longo do leito principal e de extravasamento nas planícies marginais.

➤ Depósito antropogênico:

São considerados nesta classificação os aterros produzidos pelo homem: as acumulações de blocos e matacões rochosos próximos à linha de costa, os aterros em áreas terraplanadas onde estão as instalações portuárias e as vias de acesso rodoferroviário (Figura 8.1-37 e Figura 8.1-38).



Figura 8.1-37. Vista ao fundo da área portuária (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-38. Matacões próximos à linha de costa (Fonte: Bourscheid, 2014).

### 8.1.4.2.3 Geologia Geral e da Área Marinha

#### 8.1.4.2.3.1 Síntese Evolutiva Regional

A área marinha de influência do empreendimento situa-se na Baía de Aratu e Canal de Cotegipe, porção limitada da Baía de Todos os Santos.

Em continuidade aos eventos que originaram a sub-bacia do Recôncavo, apresentado no item anterior, a modelagem da Baía de Todos os Santos tem como principal fator determinante as variações eustáticas do nível do mar durante o Cenozoico, de acordo com Dominguez & Bittencourt (2009). Essas variações do nível do mar teriam resultado na erosão diferencial das rochas associada a um dramático rebaixamento do nível de base. Segundo este autor existe uma perfeita correlação entre a altitude do terreno e a resistência das diferentes unidades geológicas à erosão. Valida essa interpretação, segundo eles, o levantamento de campo de algumas centenas de quilômetros de linhas sísmicas de alta resolução recobrimdo toda a baía que não mostrou qualquer evidência de movimentações tectônicas afetando os sedimentos quaternários que a preenchem parcialmente. As movimentações tectônicas seriam, segundo alguns autores, o fator determinante da origem da Baía de Todos os Santos.

O rebaixamento do nível de base desencadeou um processo de erosão e reestruturação da rede de drenagem na zona costeira. A propagação do sinal eustático, através do recuo do ponto de cachoeira pelos tributários, resultou na ampliação e geração de novas bacias hidrográficas, ajustadas a um nível de base situado na borda da plataforma (DOMINGUEZ, 2007 *apud* DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009).

A tendência dos processos erosivos é de rebaixar topograficamente as áreas ocupadas pelas rochas sedimentares que ficam circundadas pelos relevos mais altos, sustentados por litologias mais resistentes do embasamento. Esta região topograficamente rebaixada foi inundada pelo mar durante o Quaternário, originando a Baía de Todos os Santos (parcialmente integrante na área de influência do empreendimento em estudo). Deste modo, a BTS é uma feição transitória presente apenas nos raros intervalos de nível de mar alto ocorridos nas últimas centenas de milhares de anos (DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009).

A Baía de Todos os Santos é, portanto, o resultado de uma longa cadeia de eventos que se inicia com a separação entre a América do Sul e a África, e onde durante os últimos 500 mil anos têm ocorrido episódios de inundação e esvaziamento numa periodicidade de aproximadamente 100 mil anos, em decorrência das variações do nível do mar (DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009).

#### **8.1.4.2.3.2 Sedimentos Superficiais de Fundo**

Estudos da composição e distribuição das diferentes fácies sedimentares de fundo da Baía de Todos os Santos foram realizados por vários autores ao longo dos últimos 30 anos. Lessa & Dias (2009) utilizando os dados desses vários trabalhos realizados na BTS fizeram uma reclassificação das fácies sedimentares de fundo baseando-se nos conceitos de estratigrafia de sequência e nos registros de sonar de varredura lateral, que detalhou melhor o contato entre estas fácies sedimentares cujo mapa resultante está apresentado na Figura 8.1-39.



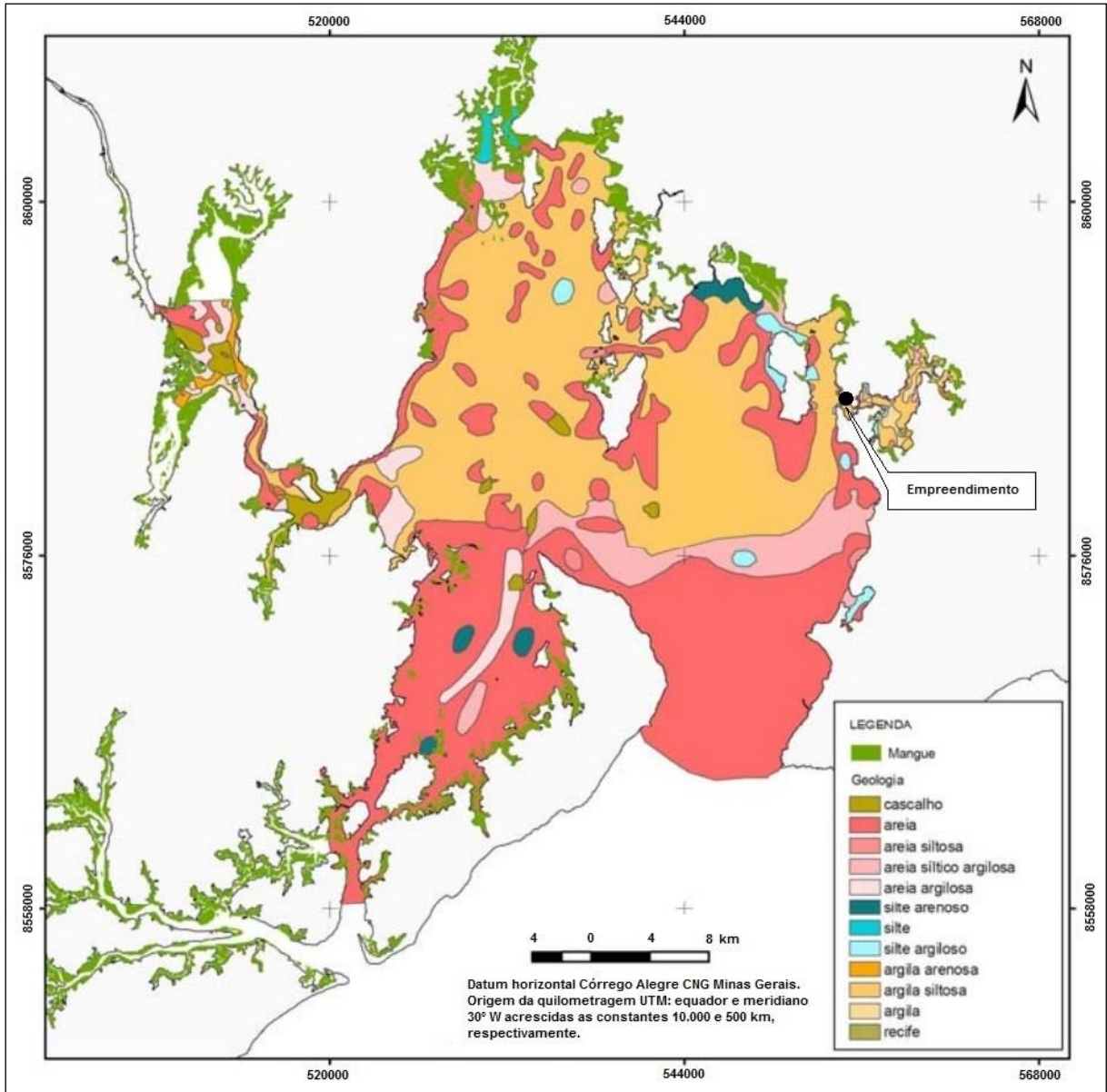


Figura 8.1-39. Proposta de distribuição de fácies texturais na Bahia de Todos os Santos (Fonte: LESSA e DIAS, 2009).

Lessa & Dias (2009) apresentam como conclusões ao seu trabalho que os sedimentos de fundo da BTS representam:

- A herança da deposição fluvial no leito exposto da baía durante cerca de 50 mil anos com nível médio do mar pelo menos 40 m abaixo do atual;
- O progressivo processo de inundação marinha nos últimos 10 a 15 mil anos e o consequente retrabalhamento dos antigos depósitos fluviais assim como a incorporação de sedimentos arenosos da plataforma continental;
- A produção carbonática interna à baía, com sua progressiva submersão;

- A deposição de sedimentos continentais arenosos e lamosos a partir das cabeceiras e o início do processo de colmatação junto à diminuição das taxas de submersão ao final da transgressão marinha.

De acordo com mapeamento apresentado pelos autores citados acima, 460 km<sup>2</sup> do fundo da BTS estão cobertos por sedimentos lamosos, 764 km<sup>2</sup> por areias e areias argilosas a siltosas, e 21 km<sup>2</sup> por cascalho de natureza carbonática. A face textural mais extensa é a areia, com 634 km<sup>2</sup>, seguida por argila-siltosa com 413 km<sup>2</sup>.

Prosseguem os autores dizendo que, no que se referem aos sedimentos arenosos, estes podem ser sedimentos (i) alóctones de origem marinha (canal de Salvador) e continental (canal de Itaparica, canal de São Roque e praias na margem oeste da baía), ou (ii) autóctones, com origem associada à fragmentação de carapaças carbonáticas, algas calcárias, foraminíferos e corais (perímetro da ilha de Maré, ilha dos Frades e bolsões arenosos na região centro-norte da baía). Os sedimentos lamosos diferem em termos cronológicos, sendo que os bolsões de lama mapeados no canal de São Roque são aparentemente sedimentos mais antigos expostos em janelas estratigráficas, enquanto que o extenso depósito lamoso no centro-norte da baía está relacionado à deposição atual.

Os sedimentos lamosos atuais operam o processo natural de colmatação da BTS, processo este aparentemente acelerado em décadas recentes. A taxa de progradação da lama regressiva (LESSA *et al.*, 2000) é de, aparentemente, pelo menos 100 ao ano de acordo com a diferença entre os limites identificados no mapeamento atual e no da década de 1970 (LESSA & DIAS, 2009).

Conforme pode ser observado pela Figura 8.1-39, a área diretamente afetada pelo empreendimento apresenta sedimentos lamosos no fundo da baía. Na área de influência indireta junto à ilha de Maré foi identificada a presença de material arenoso.

#### **8.1.4.2.4 Recursos Minerários**

O levantamento dos recursos minerários tem por objetivo realizar o inventário detalhado das áreas requeridas para mineração, dentro da área de estudo, a fim de evitar conflitos de interesse entre o empreendedor e os permissionários do bem mineral, antes da instalação do empreendimento.

Para tanto, nesse inventário é realizado o levantamento da situação dos processos de licenciamento mineral em andamento junto ao DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, situados na área de estudo.

O levantamento é realizado através de consulta ao cadastro mineiro dessa entidade, sites <http://www.sigmine.dnpm.gov.br> e <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/extra/site/admin/pesquisarProcessos.aspx>, de maneira a buscar



as seguintes informações: nº do processo, município e situação legal (fase do processo, titular da área (requerente), substância, superfície requerida em hectares).

O Quadro 8.1-5 apresenta a relação dos processos minerários ativos na área de estudo, em consulta realizada em março/2015 no site do DNPM. A Figura 8.1-40 mostra o polígono das autorizações e concessões minerárias ativas na área de influência indireta (AII) do empreendimento, por fase do processo e por substância mineral, na área de estudo.

Para a AII do futuro Terminal de Uso Privativo da Braskem foram listados 11 processos minerários, tanto para fins de pesquisa como exploração. Os principais recursos minerais da região são: areia/argila, calcário, folhelho argiloso, sal-gema e minério de ferro.

Entretanto, para a ADA do empreendimento não foi identificado nenhum processo de licenciamento mineral em andamento junto ao DNPM (Figura 8.1-40).

No Apêndice 8.3 são apresentados os processos minerários presentes no DNPM na área de estudo.

Quadro 8.1-5. Processos minerários ativos no DNPM na área de estudo em março/2015.

Processo	Área (ha)	Fase Atual	Titular/Requerente	Substância	Uso	Município
1417/1945	431,75	Concessão de Lavra	Companhia Cimento Portland Itaú	Calcário conchífero	--	Salvador
4361/1946	479,00	Concessão de Lavra	Companhia Cimento Portland Itaú	Calcário	--	Salvador
801063/1969	52,00	Concessão de Lavra	Votorantim Cimentos S.A.	Folhelho Argiloso	--	Simões Filho
815460/1970	2.734,69	Concessão de Lavra	Companhia Cimento Portland Itaú	Calcário	--	--
803895/1977	261,00	Requerimento de Lavra	Companhia Cimento Portland Itaú	Calcário Coralíneo	--	Salvador
873134/2007	1.000,00	Requerimento de Pesquisa	Votorantim Cimentos N Ne S.A.	Areia /Argila	Industrial	Salvador
873835/2008	999,48	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos N Ne S.A.	Areia /Argila	Industrial	Candeias
872790/2009	1.724,88	Requerimento de Pesquisa	Itafós Mineração Ltda.	Sal-gema	Industrial	Salvador
872793/2009	1.915,21	Requerimento de Pesquisa	Itafós Mineração Ltda.	Sal-gema	Industrial	Salvador
873079/2011	11,71	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos N Ne S.A.	Areia /Argila	Const. Civil/Industrial	Candeias
873085/2011	96,99	Autorização de Pesquisa	Votorantim Cimentos N Ne S.A.	Areia / Argila	Const. Civil/Industrial	Simões Filho

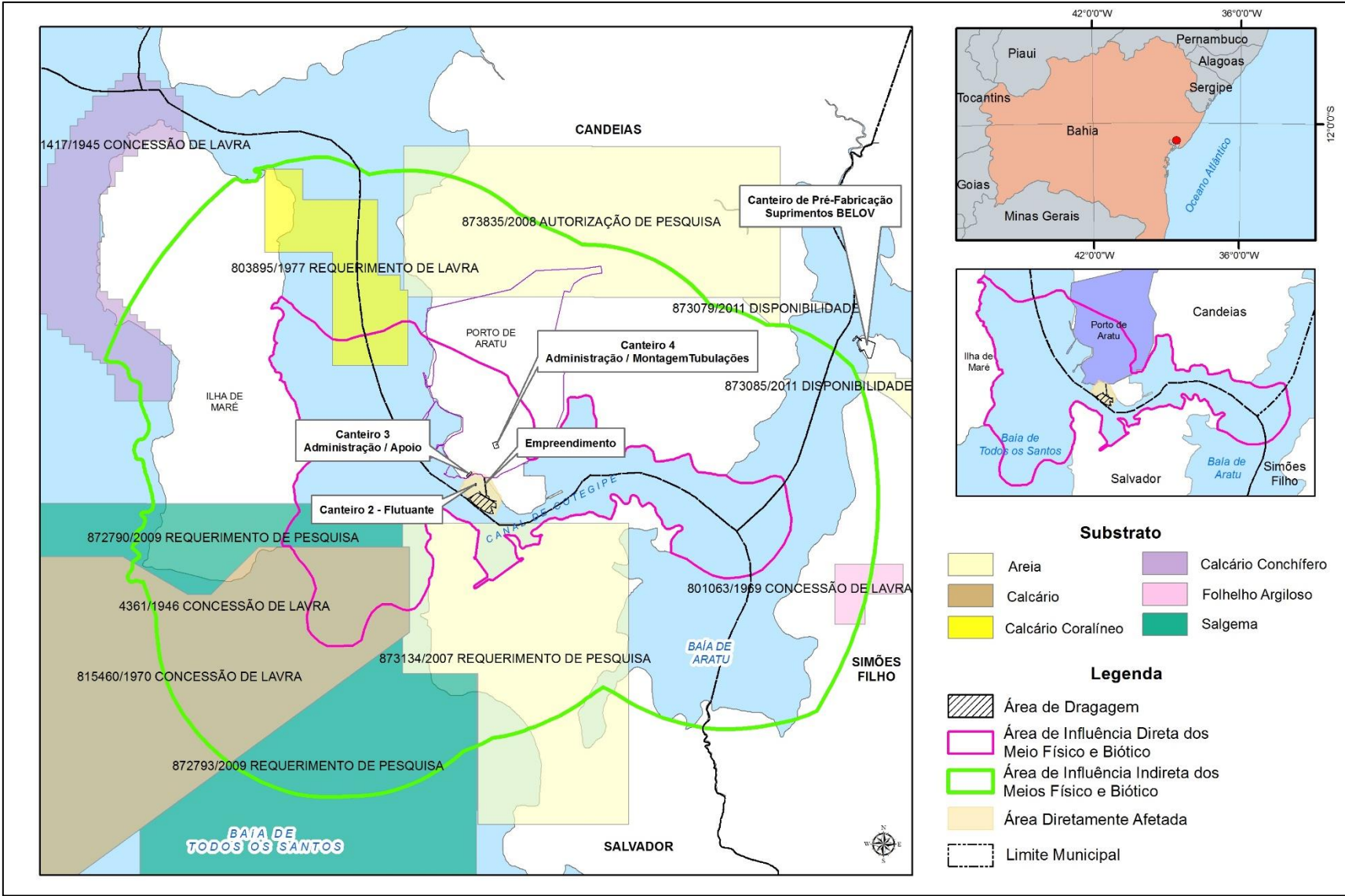


Figura 8.1-40. Polígono das autorizações e concessões minerárias ativas mapeados por fase do processo e pela substância mineral na área de estudo (AII).

### 8.1.4.3 Considerações Finais

O levantamento bibliográfico e visitas realizadas aos afloramentos introduzem a geologia regional e sintetizam a geologia local. Buscou-se a partir dessa investigação conhecer os processos geológicos e tectônicos para melhor entender os processos geodinâmicos e possibilitar a avaliação das condições presentes e sua preservação. Assim, o elemento de maior expressão é o *graben* de Salvador, a frente do qual afloram rochas cretáceas e depósitos sedimentares quaternários.

Aspectos relacionados a manifestações sísmicas foram registradas para o estado da Bahia no início do século, tendo sido interpretadas como resultado de movimentação de falhas, imprimindo um controle muito forte sobre a morfogênese que se processou aproximadamente desde o Plioceno até os dias atuais (FILHO, 1999).

Conforme a morfologia verificada para a Bacia do Recôncavo (LIMA, 2008), há desnivelamento relacionados à época do Holoceno, estando a área do empreendimento relacionada à subsidência mais importante desse período, com registros de falhas pertencentes a potenciais lineamentos. Na análise de falhas e outras linhas de fraqueza, sujeitas à ação da tectônica global, é mais fácil reativar uma preexistente do que nuclear uma nova. As evidências de sismicidade registradas não comprovam uma ação tectônica como as desencadeadas em regiões situadas nos limites de placas tectônicas, porém apresentam uma estabilidade tectônica relativa, o que não implica em inatividade tectônica. O monitoramento por meio de estação sismográfica instalada no Porto de Aratu possibilitará a implementação de medidas preventivas e mitigadoras mais eficazes, caso necessárias, por parte dos empreendedores instalados e operando no Porto e do poder público (FILHO, 1999).

Quanto aos processos minerários para a área de estudo da região do futuro píer, foram listados 14 processos tanto para fins de pesquisa como exploração.

Na área diretamente afetada (ADA) pelo empreendimento, onde será construído o píer, não há registros de requerimento, estando as solicitações no seu entorno. Os principais recursos minerais da região são: areia/argila, calcário, folhelho argiloso, sal-gema e minério de ferro.

### 8.1.5 Geomorfologia

#### 8.1.5.1 Metodologia

O trabalho consistiu na compilação de dados existentes a partir de trabalhos diretamente relacionados com o tema e a área geográfica em questão. A aquisição de dados em campo foi realizada a partir de visitas aos locais a pé e de carro, para reconhecimento e caracterização do ambiente e seu entorno. Para elaboração do mapa geomorfológico foi adotada a metodologia

elaborada pelo RADAMBRASIL (1981), definindo os domínios e as unidades geomorfológicas da área em estudo.

### 8.1.5.2 Resultados

#### 8.1.5.2.1 Aspectos Regionais

A compartimentação geomorfológica regional, na qual se insere as áreas de influência em estudo, tem por base RADAMBRASIL (1981) e são apresentadas no Quadro 8.1-6 e descritas com base nesse estudo.

O mapa geomorfológico da área de estudo é apresentado no Apêndice 8.4.

Quadro 8.1-6. Compartimentação geomorfológica na área de estudo, segundo RADAMBRASIL (1981).

Domínio	Região	Unidade Geomorfológica
Depósitos Sedimentares	Planícies Litorâneas	Planícies Marinha e Fluvio-marinha
Bacias e Coberturas Sedimentares	Recôncavo	Baixada Litorânea

A partir das curvas de nível equidistantes 20 m (BOURSCHEID/COPENE, 2000) foi elaborado o modelo digital de elevação a partir de modelamento TIN (Grade Irregular Triangular), seguido da sobreposição do mapa geomorfológico. Essa representação mostra-se didática, pois apresenta a geomorfologia da região, bem como as principais características do relevo ( Figura 8.1-41). O mapa do modelo digital de elevação (TIN) é apresentado em cinco classes no Apêndice 8.5.

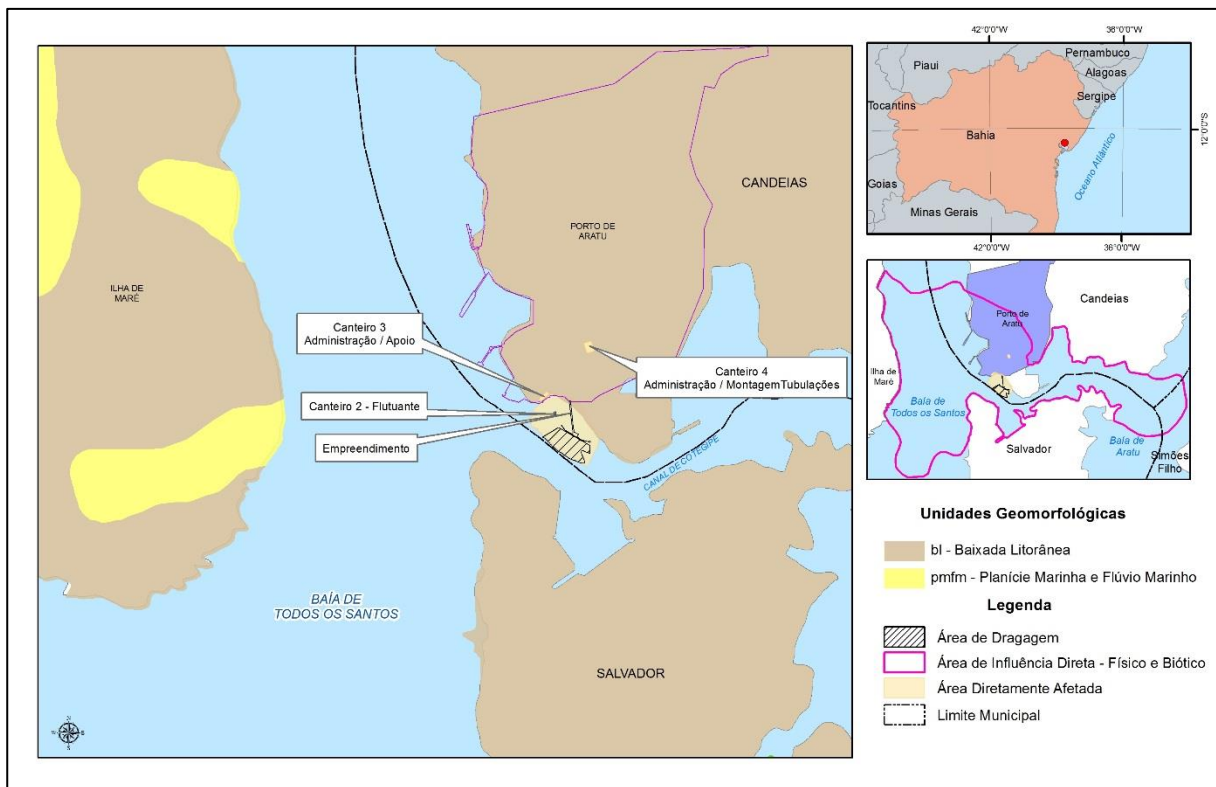


Figura 8.1-41. Elevação digital do terreno com sobreposição das unidades geomorfológicas para o Porto de Aratu (Fonte: Bourscheid/COPENE, 2000) e RADAMBRASIL (1981).

O modelo de declividade elaborado (Apêndice 8.6) e representado abaixo ( Figura 8.1-42), mostra um relevo pouco acidentado, predominando uma conformação topográfica suave estando a localidade do empreendimento e do canteiro de obras 2 com declividade máxima entre 20° e 30°, e para o canteiro de obras 1, declividade entre 10° a 20°. Em pontos específicos e de forma muito localizada, o modelo reconheceu a declividade máxima entre 30° a 50° graus. A Figura 8.1-42 apresenta o modelo de declividade elaborado a partir de curvas equidistantes 20 m. O mapa referente à direção de fluxo sedimentar é apresentado no Apêndice 8.7.



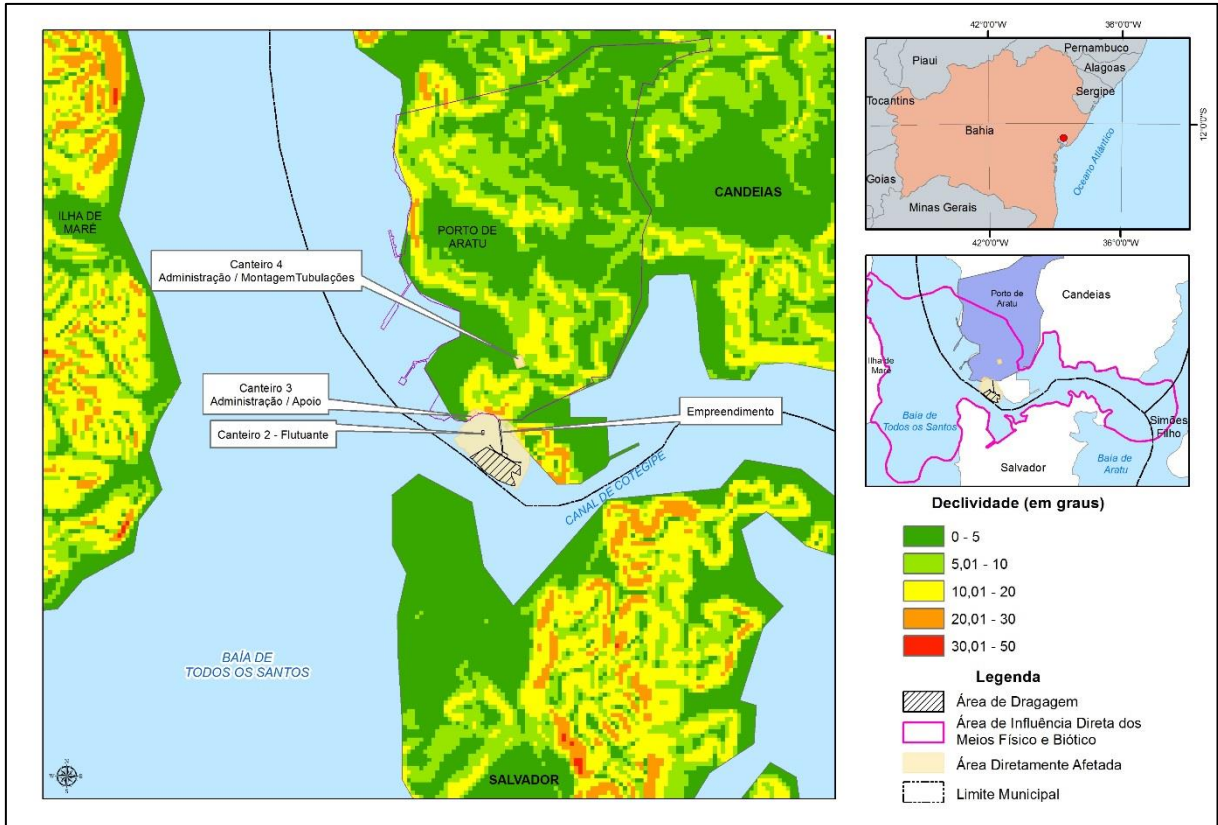


Figura 8.1-42. Declividade elaborada a partir de curvas equidistantes 20 m (Fonte: Bourscheid/COPENE, 2000).

➤ Domínio dos Depósitos Sedimentares

O Domínio dos Depósitos Sedimentares compreende os sedimentos do Quaternário, pouco consolidados ou inconsolidados, com espessura variando de alguns metros a mais de uma centena de metros.

A Região das Planícies Litorâneas engloba os modelados de origem marinha, fluviomarinha, coluvial e eólica que representam as etapas de evolução do litoral e dos cursos inferiores dos rios.

A Unidade Geomorfológica das Planícies Marinha e Fluviomarinha estende-se por uma estreita faixa litorânea que, às vezes, penetram mais para o interior acompanhando vales de rios. Sua extensão é variável podendo desaparecer em alguns locais quando outras formas de relevo chegam até o mar. As formas de ocorrência mais comuns são extensas praias, às vezes limitadas por bancos de arenitos e/ou corais e algas formando recifes. Outra feição observada nesta unidade são as flechas, que fazem com que muitos rios apresentem o último segmento do seu baixo curso paralelo à costa, antes de desaguardem no mar. Aparecem também com grande expressão nesta unidade os cordões litorâneos. Eventualmente as planícies marinhas formam terraços, reelaborados pelas ações fluviais e marinhas, apresentando pequenos desníveis em relação a formas mais recentes.

➤ Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares

Abrange as áreas de cobertura de metassedimentos pré-cambrianos e sedimentos paleozoicos e mesozoicos de disposição horizontal ou sub-horizontal.

A Região do Recôncavo corresponde à fossa tectônica Recôncavo-Tucano, sendo limitada, a oeste, pela Falha de Maragogipe, localmente marcada por escarpa, e a leste pela Falha de Salvador e outras que assinalam o contato das rochas do Mesozoico com o embasamento Pré-cambriano. Apresenta altitudes pouco acima do nível do mar, não ultrapassando os 200 m, caracterizando-se por relevos dissecados em lombas e colinas de vertentes convexas, eventualmente tabulares, onde a atuação tectônica se manifesta pela inclinação das camadas, visível em cortes de estradas, retificações de cursos de água e alinhamentos no relevo.

A Unidade Geomorfológica Baixada Litorânea abrange relevos situados em torno da Baía de Todos os Santos, principalmente a norte, e manchas que sobressaem entre as formas das Planícies Marinhas e Fluvio-marinha, a leste da Falha de Maragogipe. Trata-se de colinas rebaixadas e restos de tabuleiro com altitudes raramente superiores a 100 m. Os interflúvios são geralmente convexizados e o entalhe de ravinas dá às vertentes aspecto côncavo. Em alguns trechos as colinas são isoladas entre si por rampas. Algumas colinas constituem dobras monoclinais, com camadas basculadas por pequenas falhas, enquanto um nível de dissecado mais baixo é integrado por lombas. A atuação dos movimentos de massa torna-se visível pelas marcas de solifluxão no material alterado constituído de argilas. A unidade é atravessada por várias falhas de sentido SO-NE, evidenciadas por alinhamentos no relevo, mapeados como linhas de cumeada e escarpas adaptadas a falha, e cursos de água retificados, marcados como vales adaptados à estrutura.

A rede de drenagem apresenta alta densidade de pequenos cursos de água com aprofundamento baixo configurando padrão geral dendrítico. Vales secundários em forma de “V” convergem para os rios principais de fundo chato colmatado.

➤ Baía de Todos os Santos

As unidades geomorfológicas acima apresentadas margeiam a Baía de Todos os Santos (BTS), uma baía costeira que se constitui num tipo particular de estuário com morfologia condicionada por processos de subsidência e tectonismo (KJERFVE, 1994 *apud* SEP/CODEBA, 2012). Apesar da contribuição de várias bacias de drenagem, a subsidência, condicionada por falhas geológicas, quase sempre oculta os contornos dos vales fluviais afogados e gera morfologias variadas (SEP/CODEBA, 2012).

A morfologia desta baía é condicionada pelas falhas geológicas associadas à Bacia Sedimentar do Recôncavo. O sistema em *graben* da bacia promoveu a existência de diversos altos topográficos,

além das numerosas ilhas dentro da baía (LESSA *et al.*, 2000 *apud* SUDIC/LACERTA, s/d). Suas características são marinhas, pois o volume de água doce, oriunda dos diversos cursos fluviais que nela deságuam, é duas ordens de grandeza inferior ao aporte de água salgada que entra pela abertura da baía (LEÃO & DOMINGUEZ, 2000 *apud* SUDIC/LACERTA, s/d).

De acordo com Barbosa e Dominguez (1996), a baía mostra uma morfologia típica de costa de submersão, com um aspecto endentado e apresentando numerosas ilhas concentradas na sua parte norte. Os depósitos quaternários são ausentes ou pobremente desenvolvidos nesse setor (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

#### **8.1.5.2.2 Aspectos Locais**

##### ➤ Domínio dos Depósitos Sedimentares

Na área de estudo a Unidade Geomorfológica Planícies Fluviomarinhas e Marinhas correspondem às unidades denominadas em termos litológicos como Depósitos de Pântanos e Mangues e Depósitos Litorâneos Holocênicos. É a unidade de menor expressão espacial na área de estudo, não formam um terreno contínuo ao longo da costa, mas são áreas restritas geograficamente, muitas delas não mapeadas na escala do trabalho, estando separadas entre si pelo Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares.

Os Depósitos de Pântanos e Mangues são áreas planas formadas por sedimentos finos, siltico-argilosos ou argilo-siltosos, ricos em matéria orgânica e bioclastos. Apresentam solos com coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de restos vegetais em graus variáveis de decomposição. São áreas que estão sob a influência de marés e nelas observa-se a interação das águas salgadas com as águas doces, provenientes dos rios que deságuam na Baía de Todos os Santos. Nas bordas dos manguezais podem ocorrer apicuns, que são terrenos hipersalinos formados por sedimentos siliciclásticos.

Os Depósitos Litorâneos Holocênicos são modelados de acumulação que apresentam o relevo plano, levemente inclinado para o mar, com elevações máximas variando entre 5 a 8 m com relação ao nível médio do mar. São áreas sujeitas à variação de maré, portanto sujeitas a enchente durante o período de maré cheia.

A parte emersa da área diretamente afetada situa-se em terrenos geomorfológicos relacionados à planície marinha e a parte imersa situa-se no canal de Cotegipe, ligação entre a Baía de Aratu e o restante do corpo de água que forma a Baía de Todos os Santos. Este local é formado por estreita faixa de praia arenosa (Depósitos Litorâneos Holocênicos) sujeita a oscilações da maré (Figura 8.1-28 e Figura 8.1-29), e delimitado por pequena falésia (litologias associadas ao Grupo Ilhas) esculpida em

consequência da variação do nível marinho por processos erosivos e também provavelmente tectônicos, alterada pela ação antrópica (corte e aterro, construções e presença de blocos e matacões). Nesta feição são observadas gruta e depressões (marmitas) resultantes da abrasão marinha (Figura 8.1-43 e Figura 8.1-44).



Figura 8.1-43. Pequena gruta resultante da abrasão marinha em rochas associadas ao Grupo Ilhas (Fonte: Bourscheid, 2013).



Figura 8.1-44. Depressões resultantes da abrasão marinha em rochas associadas ao Grupo Ilhas (Fonte: Bourscheid, 2013).



➤ Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares

Esse Domínio está representado na área de estudo pela Unidade Geomorfológica Baixada Litorânea e correspondem litologicamente as unidades do Grupo Ilhas, Formação São Sebastião e Grupo Barreiras.

Esta Unidade corresponde a zonas com uma expressiva elevação em relação ao nível do mar, variando em torno de 10 a 90 metros. Apresentam relevo ondulado, suaves, sem desníveis expressivos. Os interflúvios são geralmente convexos e o entalhe de ravinas dá às vertentes aspecto côncavo. Em alguns trechos as colinas são isoladas por rampas (Figura 8.1-45).



Figura 8.1-45. Vista geral da área de influência indireta com relevo ondulado (Fonte: Bourscheid, 2014).

Esta unidade é atravessada por várias falhas de sentidos NE, NW, evidenciadas por alinhamentos de relevo sob a forma de linha de cumeada e escarpas adaptadas à falha, e cursos de água retilinizados (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Na área de estudo não foram identificados movimentos de massa significativos, porém foram observados em vários pontos processos erosivos sob a forma de erosão laminar ou em sulcos, que estão associados a diversas ações antrópicas (Figura 8.1-46 e Figura 8.1-47). Todas essas ações são resultantes das atividades desenvolvidas na região de estudo que possui estradas pavimentadas ou não, caminhos, área portuária com instalação de indústria e povoados como os de Caboto e da Ilha da Maré.



Figura 8.1-46. Sulcos erosivos junto a margem de rodovia (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-47. Atividade de instalação de indústria com cortes e aterro. Presença de processos erosivos (Fonte: Bourscheid, 2014).

A área de estudo está situada ao sul do recôncavo baiano, na Baía de Aratu, município de Candeias, inserida na Baía de Todos os Santos, no litoral norte do Estado da Bahia. Encontra-se na Bacia de Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares.

A costa brasileira na Baía de Todos os Santos conforme compartimentação do litoral está no Litoral Oriental e classificado como Litoral de Estuários. Na região equatorial os ventos alísios de sudeste, vão em direção ao sul, mudam de direção para leste e nordeste, com variações de intensidade entre inverno e verão (MUEHE, 2008).



A corrente marinha Sul-Equatorial predominante na costa litorânea da Bahia tem direção predominante dos ventos caracterizada como de tempo bom. Quanto a amplitude das marés, estas são classificadas como mesomarés, com registros para a Baía de Todos os Santos com amplitude registrada variando entre 2,60 m no canal entre Vera Cruz e Lauro de Freitas. A amplitude de 3,00 m entre as Ilhas Madre de Deus e Ilha da Maré, e amplitude de 3,10 m próximo a Salinas da Margarida (MUEHE, 2006, MUEHE, 2008).

A batimetria apresentada na Figura 8.1-48 é relativa à construção de um píer para atracação de navios, um a leste e outro a oeste. Entretanto, para este empreendimento só será implantado uma ponte e um berço. As análises dos resultados das simulações numéricas indicaram alterações hidrodinâmicas localizadas à região do empreendimento em instantes de maré enchente e vazante, tanto na quadratura quanto na sizígia. Conforme observado nas figuras, a implantação das pilstras de sustentação do píer induz a uma diminuição na magnitude das correntes. Essa diminuição é maior nas regiões sob as pontes e se estende até 300 m a leste do terminal, pelo fato das correntes de enchente apresentar maior magnitude da ordem de máximo 0,18 m/s. Também é possível notar um aumento na intensidade da corrente, de no máximo 0,05 m/s, na porção ao norte do píer oeste (entre o empreendimento e a linha de costa), observada principalmente durante a maré enchente de sizígia. Como pode ser observado a partir dos resultados do modelo numérico implementado, considerando o píer, para a região, é possível afirmar que os impactos (alterações) ficam restritos a região do empreendimento. Não havendo nenhuma alteração significativa, tanto na direção preferencial quanto na intensidade do fluxo em outras regiões.

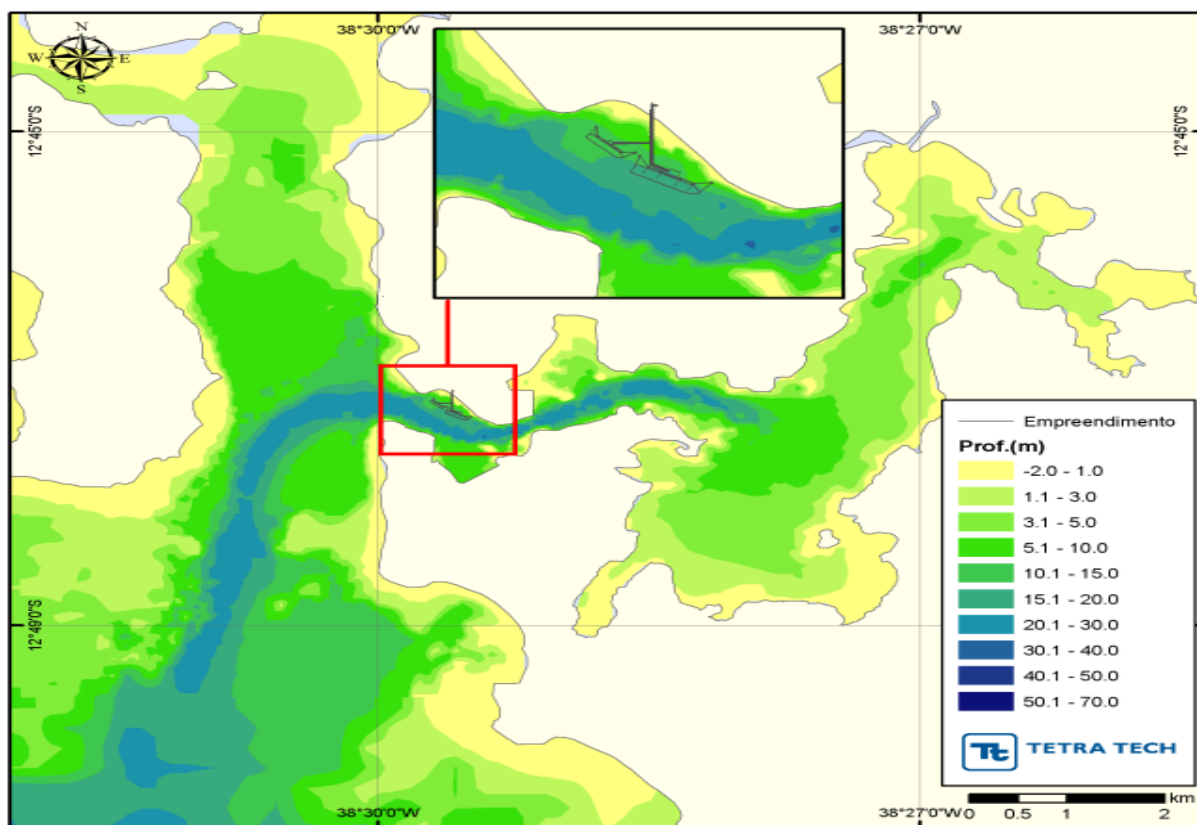


Figura 8.1-48. Discretização da batimetria associada à grade numérica considerando o pior cenário com duas pontes e dois berços para empreendimento já instalado. O detalhe mostra o projeto do píer (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2013).

Outro aspecto relevante é a retrogradação registrada na linha de costa da Ilha de Itaparica (MUEHE, 2006). Segundo Muehe (2006), aspectos erosionais na linha de costa não apresentam relação com uma possível subida do nível do mar nas últimas décadas. O recuo da linha de costa tem uma expressão direta na morfologia do cordão de duna, evidenciando elementos erosionais (NUNES *et al.*, 2003). Porém, isso pode ser explicado por processos associados à dispersão e acumulação de sedimentos junto à linha de costa decorrentes de processos naturais e intervenções humanas. Outros aspectos como a dinâmica de desembocaduras fluviais relacionadas à migração lateral, interferências humanas e a tendências de longo prazo para um balanço negativo de sedimentos podem influenciar (MUEHE, 2006). Devido às características intrínsecas das desembocaduras fluviais, as mesmas são áreas instáveis, e deve-se evitar a ocupação de suas vizinhanças.

### 8.1.5.3 Considerações Finais

As correntes de maré (BOURSCHEID/COPENE, 2000), demonstram que a área do empreendimento encontra-se sob influência, na maré vazante, tanto dos efluentes oriundos do Canal de Cotegipe, em especial da Dow Química, como daqueles oriundos do Porto de Aratu. A localidade da prainha, onde se pretende instalar o empreendimento (píer) está sujeita às marés. A amplitude averiguada para as

marés semidiurnas é de cerca de 3 metros em maré de sizígia a menos de 2 metros, em maré de quadratura (BAHIA, 1999b *apud* BOURSCHEID/COPENE, 2000).

A topografia apresenta uma escarpa dissecada de bloco de falha com rochas cretáceas aflorantes e depósitos sedimentares quaternários das planícies costeiras, reflexo do *graben* de Salvador. Canais fluviais afogados formam um conjunto de estuários e baías com formações de manguezais (MUEHE, 2008).

A geologia proporciona graus de suscetibilidade à erosão diferenciados conforme a coesão dos seus minerais. As rochas de coberturas terciárias e quaternárias apresentam-se fracamente litificadas ou inconsolidadas e são representadas por arenitos e folhelhos e areias e sedimentos eólicos, respectivamente. Os sedimentos eólicos por serem mais friáveis são conseqüentemente mais vulneráveis ao processo erosivo. Desembocaduras fluviais e a linha de costa são locais sensíveis e intervenções nestes locais devem ser muito bem planejadas ou evitadas.

Conforme foi observado em visita técnica, na área de influência indireta, algumas áreas passam pelo processo de erosão acelerada (ravinas e voçorocas) em topos de morro e encostas e que trouxeram mudanças significativas para a dinâmica da água, se tornando um fenômeno recorrente a cada estação chuvosa. Na área de estudo não foram identificados movimentos de massa significativos, porém, foram observados em vários pontos processos erosivos sob a forma de erosão laminar ou em sulcos relacionadas a ações antrópicas. Todas essas ações são resultantes das atividades desenvolvidas na região de estudo que possui estradas pavimentadas ou não, caminhos, área portuária com instalação de indústria e povoados como os de Caboto e da Ilha da Maré.

Quanto aos resultados do modelo numérico de batimetria implementado (considerando o píer) para a região, é possível afirmar que os impactos (alterações) ficam restritos à região do empreendimento, não havendo nenhuma alteração significativa, tanto na direção preferencial quanto na intensidade do fluxo em outras regiões.

## **8.1.6 Pedologia**

### **8.1.6.1 Metodologia**

O trabalho consistiu na compilação de dados existentes a partir de trabalhos diretamente relacionados com o tema e a área geográfica em questão. A aquisição de dados em campo foi realizada a partir de visitas aos locais a pé e de carro para reconhecimento e caracterização do perfil pedológico. Para elaboração do mapa de solos foi adotada a metodologia elaborada pelo IBGE (1986)

e base de dados Bourscheid/Copene (2000). Esse estudo definiu cinco feições de superfície distintas com base em fotografias aéreas na escala 1:40.000 e mapas planialtimétricos.

### 8.1.6.2 Resultados

#### 8.1.6.2.1 Caracterização Regional

Segundos estudos realizados (IBGE, 1986), a área de estudo (Figura 8.1-49) é formada por uma associação de solos Podzólico Vermelho-Amarelo álico (PVa), descrita como Podzólico Vermelho-Amarelo álico, Tb A moderado, textura média/argilosa, relevo ondulado + PVaTa A moderado, textura média/argilosa + PVa Tb A moderado, textura arenosa, suave ondulado; solos indiscriminados de mangues (SM).



Figura 8.1-49. Recorte do Mapa Exploratório de Solos de acordo com RADAMBRASIL (1981). O círculo vermelho delimita a área em estudo.

#### ➤ Podzólico Vermelho-Amarelo

Podzólico Vermelho-Amarelo compreende solos minerais não hidromórficos, com horizonte A ou E seguidos de horizonte B textural não plântico, pode apresentar argila de atividade alta (Ta) ou baixa (Tb). Quando a atividade da argila é baixa, o horizonte A pode ser de qualquer tipo, porém se a atividade for alta, ficam excluídos o A chernozêmico e o húmico que constituem características diferenciais de outras classes.

Esta classe compreende solos com grande variação em características morfológicas, físicas e químicas com presenças de horizonte B textural divergente do A ou E, seja pela cor, pela diferença textural e estrutura em blocos, sendo a textura argilosa ou muito argilosa.

Os Podzólicos Vermelho-Amarelo têm as mais variadas profundidades e texturas, analiticamente podem ser eutróficos, distróficos ou álicos, podendo apresentar materiais primários facilmente intemperizáveis.

Pelo atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos os Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos passaram a integrar a Classe de Solos denominada de Argissolos (EMBRAPA, 2006).

➤ Solos Indiscriminados de Mangue

Os Solos Indiscriminados de Mangue (SM) apresentam textura indiscriminada, relevo plano (Podzol Hidromórfico A moderado e proeminente textura arenosa + Areias Quartzosas Marinhas A fraco + Solos Orgânicos álicos relevo plano).

A associação nomeada como solos indiscriminados de mangue passam a integrar as seguintes classes de acordo com Embrapa (2006): Podzol Hidromórfico passa a ser incluído na Classe dos Espodossolos; as Areias Quartzosas Marinhas passam a ser incluídas na classe dos Neossolos e os Solos Orgânicos passam a pertencer à classe do Organossolos.

#### **8.1.6.2.2 Caracterização Local**

A caracterização pedológica da área de estudo tem por base Bourscheid/Copene (2000) e IBGE (1986).

Esse estudo definiu cinco feições de superfície distintas com base em fotografias aéreas na escala 1:40.000 e mapas planialtimétricos. As feições definidas foram: área de influência marinha (prainha), fundo de vale, topografia irregular de meia encosta, topos de morros e mangue.

A caracterização dos solos destas feições foi feita através dos atributos morfológicos das camadas e de análises físicas e químicas de laboratório.

Na sequência são transcritas de Bourscheid/Copene (*op. cit.*), a descrição morfológica das camadas de solos descritos a campo, o resultado das análises físicas e químicas dos mesmos, as fotos e os comentários, adaptando-se a situação atual onde necessário. A

Figura 8.1-50 apresenta os tipos de solos reconhecidos para a área do empreendimento.

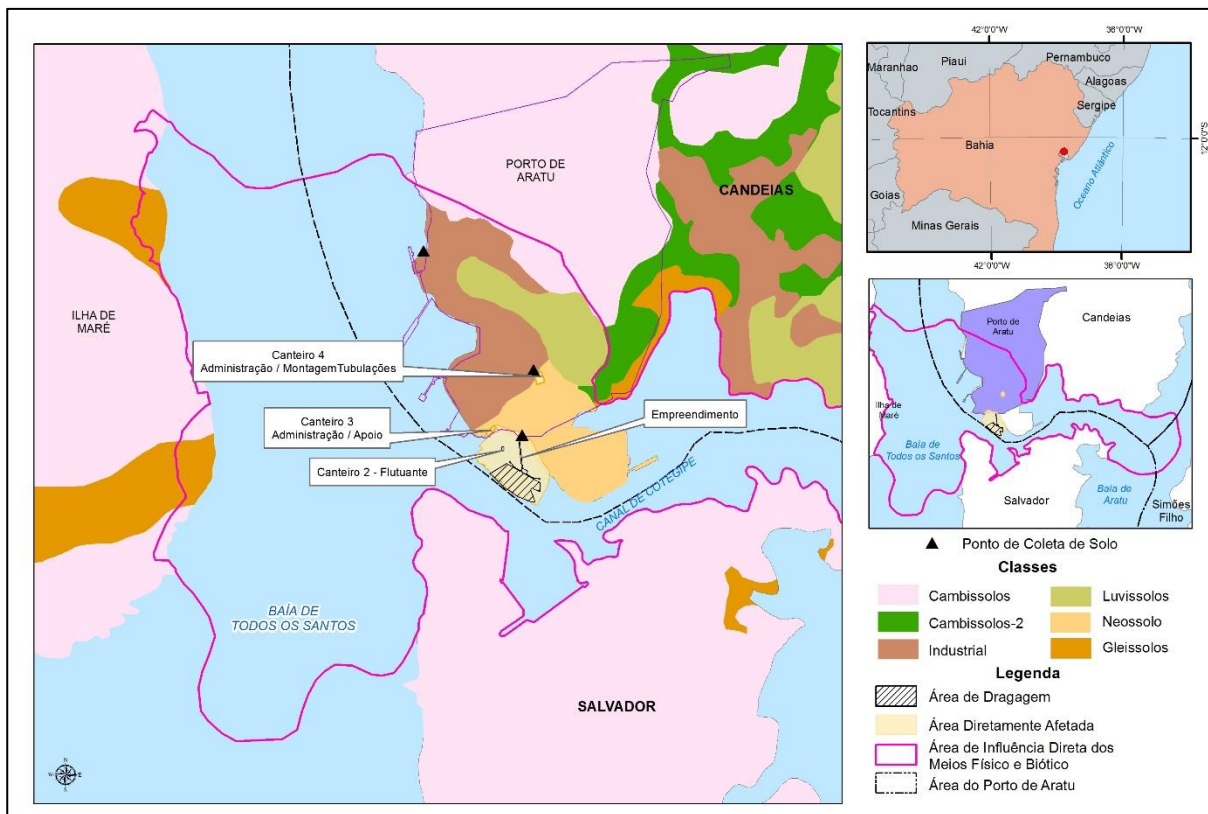


Figura 8.1-50. Caracterização dos solos de acordo com Embrapa (2006) e Bourscheid/Copene (2000). Os triângulos indicam os pontos amostrados para análises físicas e químicas dos solos superficiais realizados em abril/2014.

Através da amostragem de solo coletadas em abril de 2014 foram realizados os ensaios geotécnicos. O Quadro 8.1-7 apresenta as coordenadas UTM-Datum WGS84, fuso 24L e os resultados para as três amostras indeformadas superficiais do solo, sendo denominadas: Solo 1 (Canteiro 4), Solo 2 (Empreendimento) e Solo 3 (próximo ao Terminal de Granéis Sólidos – TGS). Os solos amostrados no canteiro 4 e na área do empreendimento correspondem a classe Neossolo, e na área próxima ao TGS corresponde a classe Argilossolo, e caracterizada no levantamento como área industrial. Os resultados das análises completas são apresentados no Anexo 8.3, e o mapa pedológico no Apêndice 8.8.

Quadro 8.1-7. Coordenadas das três amostras de solo coletadas para análises dos parâmetros físicos.

Coordenadas UTM-Datum WGS84, fuso 24L	Solo 1 (Canteiro 4)	Solo 2 (Empreendimento)	Solo 3 (Próximo ao TGS)
Lat.	8587066	8587939	8586584
Long.	555124	554314	555039

A análise preliminar para caracterização dos atributos morfológicos dos solos foi realizada através de reconhecimento tátil-visual, seguida de análises físico-químicas desenvolvidas em laboratório.



Tanto no canteiro 4 quanto na área do empreendimento para instalação do novo píer, foi identificado macroporosidade para coleta superficial, compatível com a análise tátil-visual que identificou teores arenosos, e na classificação textural, como areia franca. Para o solo coletado próximo ao TGS, a descrição tátil-visual identificou textura arenosa, e a classificação textural apontou para um solo franco arenoso, com microporosidade.

Ressalta-se que a descrição tanto do solo coletado no canteiro 4 como próximo ao TGS, conforme a investigação em subsuperfície, predominou a presença de argilas e folhelhos e siltitos, indicando um perfil com limitações quanto a infiltração de fluidos.

Quanto ao solo superficial e perfil descritivo da localidade do empreendimento, próximo à praia, este mostrou uma camada superficial com maior liberdade para o fluxo, estando na descrição do perfil lentes de argila entre camadas de arenito fino a grosso. Neste caso, devem-se tomar maiores cuidados quanto ao armazenamento adequado dos resíduos gerados.

Na Tabela 8.1-4 são apresentados os parâmetros geotécnicos e físicos do solo das amostras indeformadas do canteiro 4, empreendimento (prainha) e próximo ao TGS.

Tabela 8.1-4. Classificação dos parâmetros geotécnicos e físicos do solo das amostras indeformadas do canteiro 4, empreendimento (prainha) e próximo ao TGS (Bourscheid, 2014).

Parâmetros	Canteiro 4	Empreendimento	Próximo ao TGS
Densidade de Partículas (g/cm <sup>3</sup> )	2,56	2,55	2,02
Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	1,63	1,70	1,51
Porosidade total (%)	49,38	35,92	47,73
Macroporosidade (%)	27,93	31,2	21,45
Microporosidade (%)	21,45	4,72	26,28
Condutividade Hidráulica (cm/Hora)	9,984	10,76	5,24
<b>Análise granulométrica (textura) – Porcentagem (%)</b>			
Cascalho	4,98	1,22	2,12
Areia Muito Grossa (2,0mm)	6,2	3,8	2,4
Areia Grossa (1,0mm)	8,2	14,4	5,8
Areia Média (0,5mm)	21,2	38,9	18,0
Areia Fina (0,25mm)	33,1	18,6	9,5
Areia Muito Fina (0,10mm)	7,3	8,1	15,8
Silte (0,05mm)	12,9	4,9	29,6
Argila (0,002mm)	6,2	10	16,7
Classificação Textual	Areia Franca	Areia Franca	Franco Arenoso

### **Amostragem no local do empreendimento (Terminal de Uso Privativo da Braskem)**

*Classificação:* NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Eutróficos típicos;

Esta classe compreende solos constituídos de material mineral ou orgânico, pouco espessos e com pequena expressão dos processos pedogenéticos, mostrando resistência ao intemperismo por características do próprio material de origem ou composição química, de relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos (EMBRAPA, 1999 *apud* BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Os solos desta área obtêm incremento de materiais das superfícies mais íngremes, além da grande adição de matérias de deposição antrópica (aterros), já em fase de incorporação avançada deste material ao formado no local, conferindo-lhe aspecto semelhante ao solo ali formado. Porém esta situação deixa amostra ao longo desta classe aspectos da ação antrópica, com locais bastante alterados (BOURSCHEID/COPENE, 2000). A formação deste solo em uma superfície entre a praia e as áreas de terrenos mais movimentados explica a fertilidade alta em função da contribuição de material das áreas mais altas (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

*Descrição Morfológica tátil-visual da camada superficial:*

Camada superficial; cor: cinzento-escuro; textura: silto arenosa; plasticidade e pegajosidade: pouco plástico e pouco pegajoso.

A análise granulométrica realizada em laboratório mostra teores de areia fina a média em maior proporção, seguido dos teores siltosos, estando a classificação textural como areia franca. A análise granulométrica realizada confirma valores arenosos para a amostragem superficial, e de acordo com Reichardt (1978) valores de densidade do solo que variam entre 1,2 a 1,9 g/cm<sup>3</sup> representam características de solos arenosos. A distribuição da porosidade do solo tem importância fundamental na movimentação da água (e particulados na fração coloidal) no solo. A macroporosidade predomina sobre a microporosidade no horizonte superficial amostrado. A macroporosidade é responsável pela água gravitacional escorrer rapidamente, representando uma maior capacidade de infiltração de fluídos no solo, permitindo uma drenagem livre, aspecto comumente observado em solos arenosos. Os valores de condutividade hidráulica apresentaram-se relativamente altos, indicando uma relação direta com os valores de macroporosidade e os percentuais granulométricos de frações arenosas presentes na amostra.

### **Amostragem no Canteiro de Obras 4**

*Classificação:* NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Eutróficos típicos;

O entorno do canteiro 4 é descrito como um Neossolo, porém a área de interesse foi caracterizada como um aterro, portanto antropizada. Nesta área, onde se pretende construir o canteiro de obras,

foram averiguadas orientações para o escoamento superficial. Parte das águas pluviais que caem nas faces laterais da encosta, escoam para o talvegue, formando a reunião dessas águas no interior da pequena bacia, porém, parte escoam para fora desse sistema.

O perfil deste solo apresenta um maior percentual de macroporos na camada superficial, proporcionando maior infiltração. Porém, o substrato avançando para a base do perfil, caracterizado por argila plástica e consistente, propicia uma grande retenção desse material dificultando ou retardando a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

*Descrição Morfológica tátil-visual da camada superficial:*

Camada superficial; cor: cinza amarelado; textura: argilo arenoso; plasticidade e pegajosidade: Plástico e Pouco pegajoso.

A análise granulométrica realizada em laboratório mostra as maiores proporções entre a areia fina e a areia grossa, seguido dos teores argilosos, estando a classificação textural como areia franca. A análise granulométrica realizada confirma valores arenosos para a amostragem superficial e, de acordo com Reichardt (1978), valores de densidade do solo que variam entre 1,2 a 1,9 g/cm<sup>3</sup> representam características de solos arenosos. A distribuição da porosidade do solo tem importância fundamental na movimentação da água (ou substâncias líquidas) no solo. A macroporosidade reconhecida neste horizonte do solo é responsável pela água gravitacional escorrer rapidamente representando uma maior capacidade de infiltração de água no solo permitindo uma drenagem livre, comumente observado em solos arenosos. Os valores de condutividade hidráulica apresentaram-se relativamente altos, indicando relação direta com os valores de macroporosidade e os percentuais granulométricos de frações arenosas presentes na amostra.

#### **Amostragem Próxima ao Terminal de Granéis Sólidos – TGS**

*Classificação:* Argissolo/Podzólico;

A amostragem foi realizada na área, conforme a

Figura 8.1-50, em zona industrial, portanto bastante antropizada. Porém, a bibliografia descreve este solo como profundos, bem drenados, de textura arenosa no horizonte superficial e textura média a argilosa no horizonte subsuperficial, com baixa fertilidade natural, topografia plana a suavemente ondulada (EMBRAPA, 2006). Diferença de textura entre os horizontes A e B, quando o A for arenoso e o B argiloso, esses solos são bastante suscetíveis à erosão.

*Descrição Morfológica tátil-visual da camada superficial:*

Camada superficial; cor: cinza amarelado; textura: areno argiloso; plasticidade e pegajosidade: Plástico e Pouco pegajoso.

A análise granulométrica realizada em laboratório mostra as maiores proporções de silte seguido de argila e areia fina, estando a classificação textural como franco arenosa. A análise granulométrica realizada confirma valores arenosos para a amostragem superficial e de acordo com Reichardt (1978), onde valores de densidade do solo que variam entre 1,2 a 1,9 g/cm<sup>3</sup> confirmam a presença de teores arenosos. Como o perfil deste solo apresenta um baixo percentual de macroporos e uma maior quantidade de microporosidade, este fator torna-se importante do ponto de vista da ocorrência de incidentes com produtos líquidos, o que pela baixa infiltração, propicia uma maior retenção desse material dificultando ou retardando a contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Os valores de condutividade hidráulica apresentaram-se relativamente baixos se comparados às outras análises, indicando relação direta com os valores de microporosidade e os percentuais granulométricos de finos presentes na amostra.

A amostragem de solo superficial realizada em abril de 2014 para análise dos parâmetros químicos nas 3 amostras coletadas, sendo elas: solo 1 (canteiro 4), solo 2 (empreendimento) e solo 3 (próximo ao TGS), não identificou parâmetros químicos em desconformidade quando comparados com a Resolução CONAMA nº 420/2009, para solos industriais. A Tabela 8.1-5 apresenta os parâmetros e seus respectivos resultados. Os locais dos pontos amostrais são apresentados na

Figura 8.1-50.

A resolução Conama nº 420/09 não especifica valores de referência para: Bifenilas Policloradas (PCB's), Benzo (b) Fluoranteno, Acenafteno, Acenaftileno, Fluoranteno, Fluoreno, Benzeno, 1,3-Diclorobenzeno, cis-1,2-Dicloroetano, Monoclorobenzeno, trans-1,2-Dicloroetano, Antraceno, Benzo (g,h,i) Perileno, Benzo (k) Fluoranteno, Criseno, 1,2,3,4-Tetraclorobenzeno, 1,3,5-Triclorobenzeno, alfa-BHC, delta-BHC, Di-n-butilftalato, 1,3-Diclorobenzeno e Selênio, contudo os resultados das análises não detectaram a presença destes elementos nos solos investigados.

O parâmetro analisado para Nitratos obteve concentrações para a amostra 2 (empreendimento) e amostra 3 (próximo ao TGS), porém não há referência orientadora na resolução.

Os elementos metálicos analisados para Alumínio, Boro-ICP, Ferro Total, Manganês e Vanádio, não apresentam valores orientadores na resolução, contudo foi identificadas concentrações destes nos 3 solos investigados (amostra 1 - canteiro 4; amostra 2 - empreendimento; amostra 3 – próximo ao TGS).

Os resultados obtidos mostram que somente as análises para metais obtiveram valores quanto à presença de substâncias químicas, porém abaixo dos máximos orientadores da resolução para áreas industriais, ou até mesmo sem um valor orientador. Assim, é possível classificar os solos amostrados

conforme a concentração de substâncias químicas na Classe 1, ou seja, solos que apresentaram concentrações de substâncias abaixo do VRQ (Valor de Referência de Qualidade).

Tabela 8.1-5. Resultados dos parâmetros químicos dos solos amostrados em 2014.

Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra 1 (canteiro 4)	Amostra 2 (empreendimento)	Amostra 3 (próximo ao TGS)	Res. CONAMA nº 420/2009
						VMP I (mg.kg-1)
<b>Bifenilas Policloradas (PCBs)</b>						
PCBs	µg/kg	4,7	nd	nd	nd	
<b>Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH's)</b>						
Antraceno	µg/Kg	0,1	nd	nd	nd	--
Benzo (a) Antraceno	µg/Kg	0,1	nd	nd	nd	65
Benzo (a) Pireno	µg/Kg	0,1	nd	nd	nd	3,5
Benzo (b) Fluoranteno	µg/kg	0,1	nd	nd	nd	
Benzo (g,h,i) Perileno	µg/kg	0,1	nd	nd	nd	--
Benzo (k) Fluoranteno	µg/kg	0,1	nd	nd	nd	--
Criseno	µg/Kg	0,1	nd	nd	nd	--
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/Kg	0,1	nd	nd	nd	1,3
Fenantreno	µg/Kg	0,1	nd	nd	nd	95
Indeno (1,2,3 - cd) Pireno	µg/Kg	0,1	nd	nd	nd	130
Naftaleno	µg/Kg	0,1	nd	nd	nd	90
<b>Metais</b>						
Alumínio	mgAl/Kg	19,7	2380	758	2960	--
Antimônio	mg Sb/kg	2,1	nd	nd	nd	25
Arsênio	mg As/kg	3,7	nd	nd	nd	150
Bário	mg Ba/kg	2,1	47	8,8	47	750
Boro-ICP	mg B/Kg	63,5	36	8,9	53	--
Cádmio	mg Cd/Kg	0,4	nd	0,1	0,1	20
Chumbo	mg Pb/kg	2,5	18	10	15	900



Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra 1 (canteiro 4)	Amostra 2 (empreendimento)	Amostra 3 (próximo ao TGS)	Res. CONAMA nº 420/2009
						VMP I (mg.kg-1)
Cobalto	mg Co/Kg	0,27	3,7	1,2	6,9	90
Cobre	mgCu/Kg	1,1	182	119	20	600
Cromo	mg Cr/Kg	1,7	5,2	1,7	8,4	400
Ferro Total	mgFe/Kg	8,1	6560	1770	8920	--
Manganês	mg Mn/kg	0,7	126	51	355	--
Mercurio	mg Hg/kg	0,038	nd	nd	nd	70
Molibdênio	mg Mo/kg	0,5	nd	nd	nd	120
Níquel	mg Ni/kg	1	4,4	2,1	9,1	130
Prata	mg Ag/kg	3	nd	nd	nd	100
Selênio	mg Se/kg	0,23	nd	nd	nd	--
Vanádio	mg V/kg	0,5	14	4,2	26	--
Zinco	mg Zn/kg	1	27	15	57	2.000
<b>Parâmetros Não Metálicos</b>						
Nitratos	mg N/kg	0,4	0,3	15	4,8	
<b>Pesticidas Organoclorados</b>						
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	µg/kg	0,02	nd	nd	nd	--
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/kg	0,18	nd	nd	nd	--
4,4 -DDT	µg/kg	0,24	nd	nd	nd	5
4,4-DDD	µg/kg	0,09	nd	nd	nd	7
4,4-DDE	µg/kg	0,06	nd	nd	nd	3
Aldrin	µg/kg	0,28	nd	nd	nd	0,03
alfa-BHC	µg/kg	0,07	nd	nd	nd	
beta-BHC	µg/kg	0,15	nd	nd	nd	

Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra 1 (canteiro 4)	Amostra 2 (empreendimento)	Amostra 3 (próximo ao TGS)	Res. CONAMA nº 420/2009
						VMP I (mg.kg-1)
delta-BHC	µg/kg	0,6	nd	nd	nd	
Dieldrin	µg/kg	0,15	nd	nd	nd	1,3
Endrin	µg/kg	0,07	nd	nd	nd	2,5
gama - BHC (lindano)	µg/kg	0,1	nd	nd	nd	
Hexaclorobenzeno	µg/kg	0,09	nd	nd	nd	1
<b>Semivoláteis-SVOC</b>						
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	µg/Kg	0,03	nd	nd	nd	--
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	µg/Kg	1,2	nd	nd	nd	--
2,3,4,5-Tetraclorofenol	µg/Kg	0,06	nd	nd	nd	50
2,3,4,6-Tetraclorofenol	µg/Kg	2	nd	nd	nd	7,5
2,4,5-Triclorofenol	µg/Kg	3	nd	nd	nd	--
2,4,6-Triclorofenol	µg/Kg	2	nd	nd	nd	20
2,4-Diclorofenol	µg/Kg	2	nd	nd	nd	6
2-Clorofenol	µg/Kg	6	nd	nd	nd	2
3,4-Diclorofenol	µg/Kg	2	nd	nd	nd	6
Cresóis	µg/Kg	5	nd	nd	nd	19
Acenafteno	µg/Kg	1,5	nd	nd	nd	
Acenaftileno	µg/Kg	1,3	nd	nd	nd	
Dietilexil ftalato (DEHP)	µg/Kg	26	nd	nd	nd	10
Dimetil Ftalato	µg/Kg	2	nd	nd	nd	3
Di-n-butilftalato	µg/Kg	13	nd	nd	nd	--
Fenol	µg/Kg	3	nd	nd	nd	15
Fluoranteno	µg/Kg	1,2	nd	nd	nd	

Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra 1 (canteiro 4)	Amostra 2 (empreendimento)	Amostra 3 (próximo ao TGS)	Res. CONAMA nº 420/2009
						VMP I (mg.kg-1)
Fluoreno	µg/Kg	1,1	nd	nd	nd	
Pentaclorofenol	µg/Kg	1,3	nd	nd	nd	3
<b>Solventes Aromáticos</b>						
Benzeno	µg/Kg	17	nd	nd	nd	
Estireno	µg/Kg	22	nd	nd	nd	80
EtilBenzeno	µg/Kg	23	nd	nd	nd	95
Tolueno	µg/Kg	23	nd	nd	nd	75
Xilenos	µg/Kg	54	nd	nd	nd	70
<b>Solventes Halogenados</b>						
1,1,1-Tricloroetano	µg/Kg	15	nd	nd	nd	25
1,1-Dicloroetano	µg/Kg	16	nd	nd	nd	25
1,1-Dicloroetano	µg/Kg	17	nd	nd	nd	8
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/Kg	14	nd	nd	nd	35
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/Kg	18	nd	nd	nd	40
1,2-Diclorobenzeno	µg/Kg	20	nd	nd	nd	400
1,2-Dicloroetano	µg/Kg	13	nd	nd	nd	0,5
1,3-Diclorobenzeno	µg/Kg	37	nd	nd	nd	--
1,4-Diclorobenzeno	µg/Kg	37	nd	nd	nd	150
cis-1,2-Dicloroetano	µg/Kg	18	nd	nd	nd	
Cloreto de Metileno	µg/Kg	24	nd	nd	nd	15
Cloreto de Vinila	µg/Kg	20	nd	nd	nd	0,008
Clorofórmio	µg/Kg	23	nd	nd	nd	8,5
Monoclorobenzeno	µg/Kg	18	nd	nd	nd	

Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra 1 (canteiro 4)	Amostra 2 (empreendimento)	Amostra 3 (próximo ao TGS)	Res. CONAMA nº 420/2009
						VMP I (mg.kg-1)
Tetracloroeto de Carbono	µg/Kg	20	nd	nd	nd	1,3
Tetracloroeteno	µg/Kg	16	nd	nd	nd	13
trans-1,2-Dicloroeteno	µg/Kg	15	nd	nd	nd	
Tricloroeteno	µg/Kg	17	nd	nd	nd	22

LQ: Limite Quantificação do Método

nd: não detectado

VMP I: Valor Máximo Permitido para Indústria, conforme Resolução CONAMA 420/2009, para Solo

### 8.1.6.2.3 Considerações Finais

Na área de estudo, a pouca diferenciação entre horizontes deve-se a ampla ação antrópica ocorrida na área, decorrente de todo o processo de ocupação ao longo dos tempos, seja pela agricultura em tempos remotos ou pela indústria nas últimas décadas.

Os solos da área de estudo, por terem sido removidos pela sucessão de usos agrícola e industrial, apresentam grande influência do material de origem (solos residuais) ou deposicionais e que tem seu processo de intemperismo acelerado pela movimentação do relevo e pelo clima da região (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

A topografia local influi muito na distribuição dos solos na paisagem. Em correlação com as deposições formadoras das superfícies geomorfológicas, elementos como a geologia, a vegetação e o clima regional facilitam a compreensão das relações entre relevo e a distribuição dos solos (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Foram observados em alguns pontos, relacionados aos Neossolos, processos erosivos incipientes sob a forma de erosão laminar ou em sulcos, que estão associados a diversas ações antrópicas. Todas essas ações são resultantes das atividades desenvolvidas na região de estudo que possui estradas pavimentadas ou não, caminhos, área portuária com instalação de indústria e povoados como os de Caboto e da Ilha da Maré (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Na área de influência do empreendimento, quando analisados elementos formadores dos solos, tem-se um substrato originado a partir de depósitos sedimentares descritos como arenito limpo, muito fino a médio, bem selecionado, intercalado com camadas de folhelho cinza esverdeado, para a formação Marfim. Para a Formação São Sebastião são descritos arenitos finos a grossos, friáveis, intercalados com argilas sílticas. Esta característica dos depósitos sedimentares disponibiliza para o solo maior presença de argila e silte, levando em consideração o elevado índice pluviométrico juntamente com uma declividade com predominância do intervalo entre 0° a 30° e o histórico para a área do Porto para fluxos gravitacionais, tem-se um potencial moderado para eventos de movimentos de massa e erosão. Porém a condição climática local facilita a instalação rápida da vegetação, fazendo com que a superfície do solo seja logo coberta, funcionando como uma camada protetora (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Sendo a erosão consequência tanto das características de erodibilidade do solo associados as de erosividade da chuva, pode-se dizer que no que se refere à dinâmica do processo erosivo, que o manejo das características físico-químicas do solo é que determinam a aceleração ou redução da energia erosiva que se processa sobre solos descobertos, com pouca proteção ou sob ação de equipamentos (máquinas) de trabalho.

Com a instalação da vegetação e a alta atividade dos microrganismos, a produção de matéria orgânica em função da alta temperatura e das chuvas constantes, especialmente no período de inverno, mineraliza rapidamente, impedindo o acúmulo de altos teores em superfície. Porém, a matéria verde forma uma camada de proteção da superfície do solo, evitando a sua exposição e a aceleração dos processos de escoamento superficial que facilitam o deslocamento das partículas minerais e orgânicas constituintes dos solos. Na área em questão, ocorrem superfícies de difícil permeabilidade em função da grande presença de partículas finas, do tipo silte e argila, fazendo com que a água que não é absorvida sofra processo de escoamento superficial (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Análises realizadas pela Bourscheid/Copene (2000) apontaram para uma infiltração lenta na maioria dos solos investigados na época, para a área de estudo, definida pelas características físicas dos solos, especialmente da sua porosidade. Isso implica muitas vezes em uma aceleração do escoamento superficial, pois sobre as superfícies inclinadas do solo, a água de escoamento segue uma trajetória cheia de interações e orientada no sentido de maior inclinação. O mapa de direção de fluxo sedimentar exemplifica por meio das cores e setas esse fluxo, evidenciando para a área do empreendimento, próximo à praia, o recebimento de sedimentos (matéria orgânica e sais) das partes mais elevadas. Também a área próxima ao Terminal de Granéis Sólidos (TGS), por estar próximo de um morro e nas cotas mais baixas, recebe sedimentos das partes mais elevadas.

Atenção deve ser dada aos potenciais solos moles na área, referente a areias fofas e lamias (material fino) de mangues e brejos, antigos leitos de cursos d'água e planícies de sedimentação marinha. Estes solos apresentam baixa capacidade de suporte e baixa resistência ao cisalhamento necessitando que sejam bem avaliados.

As análises realizadas a partir da camada superficial de solo coletadas em 2014, para caracterização dos parâmetros físicos, num total de 3, foram identificadas como solo 1 (canteiro 4), solo 2 (empreendimento) e solo 3 (próximo ao TGS). Foram reconhecidos elementos de macroporosidade para o canteiro 4 e empreendimento e a classificação textural é areia franca, e para a amostra de solo coletada próximo ao TGS a análise aponta para microporosidade e classificação textural franco arenosa.

A macroporosidade (canteiro 4 e empreendimento) proporciona ao substrato superficial maior infiltração, e a microporosidade (próximo ao TGS) reconhecida na camada superficial é responsável pela retenção de água associada às partículas finas.

Tanto para o canteiro 4, quanto para o solo coletado próximo do TGS, o perfil investigativo avançando para a base, apresentaram teores argilosos, o que limita a capacidade de infiltração de



flúídos, sendo este um aspecto positivo por limitar a percolação com potencial presença de produtos químicos ou microbiológicos externos. No perfil investigativo na área do empreendimento, próximo à praia, além da macroporosidade, foi reconhecida intercalação de lentes de argilas com areias finas a grossas, possibilitando uma relativa liberdade para os flúídos percolantes. Nesta área serão tomados maiores cuidados quanto ao armazenamento dos resíduos gerados.

A densidade do solo é uma forma indireta de verificar sua porosidade. De uma maneira geral, quanto maior a densidade do solo, maior tende a ser a compactação, com redução da estrutura do solo e redução da porosidade total. Os solos do canteiro 4, empreendimento e próximo ao TGS mostraram-se inversamente proporcionais quando comparado a densidade do solo e a porosidade total, ou seja, tendem a apresentar compactação e redução da estrutura. Essa característica é bem evidenciada na amostra 2 (empreendimento).

A amostragem de solo superficial para análise dos parâmetros químicos nas 3 amostras coletadas, são elas: 1 (canteiro 4), 2 (empreendimento) e 3 (próximo ao TGS), não identificou parâmetros químicos em desconformidade quando comparados com a Resolução CONAMA nº 420/2009, para solos industriais. Assim, é possível classificar os solos amostrados conforme a concentração de substâncias químicas na Classe 1, ou seja, solos que apresentaram concentrações de substâncias abaixo do VRQ (Valor de Referência de Qualidade).

### **8.1.7 Risco Geotécnico**

#### **8.1.7.1 Metodologia**

O trabalho consistiu na compilação de dados existentes a partir de trabalhos diretamente relacionados com o tema e a área geográfica em questão e bases da Bourscheid/Copene, 2000. A aquisição de dados em campo foi realizada a partir de visitas aos locais para reconhecimento e caracterização das unidades geotécnicas. Para elaboração do mapa geotécnico, elementos da geologia, o tipo de solo e aspectos do relevo foram analisados para melhor entendimento da predisposição natural a eventos de fluxos gravitacionais e suscetibilidade à erosão.

#### **8.1.7.2 Considerações Gerais**

A área terrestre deste estudo pode ser dividida genericamente em duas unidades geotécnicas que correspondem ao Grupo Ilhas, Formação Marfim com depósitos sedimentares descritos como arenito limpo, muito fino a médio, bem selecionado intercalados com camadas de folhelho cinza esverdeado. O Grupo Massacará, Formação São Sebastião são descritos arenitos finos a grossos, friáveis, intercalados com argilas sílticas.

Enquanto os terrenos das rochas sedimentares são potencialmente suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa e processos erosivos, os terrenos dos Sedimentos Quaternários (depósitos de pântanos e manguezais atuais e areias litorâneas) estão potencialmente sujeitos a processos erosivos costeiros, recalque, inundações e enchentes. Apesar dessa predisposição natural, cada um desses compartimentos apresenta suscetibilidades diferentes à ocorrência desses problemas em função de suas características. Além da associação das declividades, do tipo e espessura de solo, das feições geológico-estruturais e do clima, as alterações antrópicas na região também são responsáveis por aumentar os riscos a processos erosivos, movimentos de massa e inundações.

A orientação de estruturas geológicas pode influenciar no sentido de movimentação dos fluxos. Estruturas mapeadas por Bourscheid/Copene (2000), em parte da área de influência abrangida pelo atual estudo identificaram blocos falhados e basculados que provocam uma inclinação das camadas. Tais feições são interpretadas como falhas e têm uma expressão geomorfológica identificada no mapeamento e em fotografias aéreas.

O mapa de risco geotécnico elaborado está no Apêndice 8.9. Para sua confecção foi estabelecido um grau de valoração considerando elementos do meio físico, tais como geologia (resistência do litotipo), pedologia (identificação das classes e suscetibilidade a processos erosivos) e declividade do terreno (modelo a partir de curvas equidistantes 20 m). Assim, foi elaborado um mapa com 3 classes para suscetibilidade a erosão e eventos relacionados a fluxos gravitacionais, são elas: baixa, média (moderada) e alta, estando para a área do Porto, um potencial moderado.

A área marinha formada basicamente por sedimentos lamosos é potencialmente suscetível à ocorrência de recalques, dada a característica de potenciais solos de baixa consistência.

Para a apresentação do comportamento geotécnico presente na área de estudo, este capítulo foi subdividido nos seguintes itens: movimentos de massa, subsidências, inundações e enchentes, e processos erosivos.

#### **8.1.7.2.1 Movimentos de Massa**

Os solos em taludes naturais, originados de formações argilosas da Bacia do Recôncavo, que contém montmorilonita, são os mais suscetíveis a escorregamento ou deformações plásticas. Nas fácies arenosas dessas formações (Grupo Ilhas e Formação São Sebastião), predomina a caolinita (SIMÕES, 1991). Segundo esse autor no solo massapê (Vertissolo na classificação pedológica) derivado do folhelho Candeias e Ilhas, há a predominância quase absoluta de montmorilonita. Os solos derivados da Formação São Sebastião possuem caolinita, pouca ilita e nada de montmorilonita, de acordo com tabelas de vinte e três amostras apresentadas pelo autor.

Os massapés (solos plásticos, com elevado teor de argila, contendo minerais argílicos expansivos) são classificados como CH no Sistema Unificado, tendo um percentual de mais de 80 passando na peneira 200 e com o limite de liquidez superior a 50%. As areias silto-argilosas da Formação São Sebastião não são expansivas, podendo exibir, em alguns casos, expansões moderadas em função da granulometria e mineralogia da fração argila (SIMÕES, 1991 *apud* BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Pelo exposto acima, verifica-se que as unidades geológicas mapeadas neste estudo podem apresentar características que as torne sujeitas a ocorrência de movimentos de massa. Entretanto, (BOURSCHEID/COPENE, 2000) em trabalho realizado em parte da área de influência indireta abrangida pelo atual estudo relatam que a inspeção dos solos de superfície e principalmente dos vários poços de exploração escavados na região, mostram que as características e comportamento de tais solos diferem daqueles típicos de massapê e não indica problemas especiais nos trabalhos de terraplenagem para a formação de áreas adequadas para indústrias pesadas, e nem comportamento insatisfatório de maciços terrosos. Além disso, acrescentam que: “comportamento instável de maciços cortados com os taludes usuais, a curto e longo prazo, não são previsíveis, face a sua constituição e elevada consistência”.

Corroborando com estas informações tem-se a inexistência de solos mapeados como Vertissolos na área de estudo, conhecidos regionalmente como massapês. E ainda, de acordo com Simões (*op. cit.*), as encostas naturais da Bacia Sedimentar do Recôncavo apresentam rara ocorrência de deslizamentos quando submetidas a precipitações pluviométricas consideradas usuais na região. As rupturas acontecem geralmente em condições de chuvas excepcionais, pois as encostas são baixas e bastante suaves, estando adaptadas às condições de equilíbrio impostas pela natureza. A cobertura vegetal favorece a estabilidade dos taludes, reduzindo a ação dos agentes climáticos sobre o maciço, principalmente devido à presença de solos expansivos, muito sensíveis às variações de umidade, e pela ocorrência abundante de solos granulares, facilmente erodíveis pelas águas de chuva.

Entretanto, conforme salienta o mesmo autor acima citado, os taludes de corte executados nesses materiais, seguindo os padrões de inclinação comumente empregados para materiais convencionais em obras viárias, têm demonstrado serem bastante instáveis, mesmo para as precipitações pluviométricas consideradas normais. As feições geológicas e as chuvas influenciam bastante na deflagração dos processos de instabilização.

Em taludes altos e íngremes eventualmente encontrados na Bacia do Recôncavo, geralmente apresentam trincas de tração no topo. As rupturas profundas envolvendo solos geralmente ocorrem na Formação São Sebastião e, envolvendo rochas estão praticamente limitadas às formações que compõem os grupos Brotas, Santo Amaro e Ilhas (SIMÕES, 1991 *apud* BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Simões (1991 *apud* BOURSCHEID/COPENE, 2000) em análise sobre o deslizamento do Porto de Aratu, relata que além da presença do falhamento e do desconfinamento provocado pelas escavações na base do talude, teve uma contribuição muito grande das infiltrações concentradas de água no topo, que se processaram através das trincas e fraturas do talude. Uma parcela das águas infiltradas foi proveniente de um sistema de drenagem executado para captação das águas superficiais numa grande área no topo do talude. Danos estruturais neste sistema permitiram que, num curto período de precipitações intensas, grande volume de água fosse captado e descarregado no talude, contribuindo para a elevação do nível de água dentro do maciço fraturado.

Em análise de nove escorregamentos ocorridos no Porto de Aratu em solos residuais de rochas sedimentares do grupo Ilhas, Guimarães (1992 *apud* BOURSCHEID/COPENE, 2000) descreve os mecanismos geradores e os parâmetros de estabilidade obtidos em laboratório e por retroanálise. De suas observações importantes são citadas algumas:

- É uma transição de saprólito para rocha alterada, sendo usualmente muito permeável, havendo perda de água durante as sondagens. A intemperização que gera esta zona desenvolve-se mais rapidamente ao longo das falhas, juntas pré-existentes e unidades litológicas mais suscetíveis;
- Entre as litologias mais suscetíveis são citados níveis de folhelho com montmorilonita encontrados, segundo outros autores, no Grupo Ilhas Superior, ou seja, na Formação Pojuca;
- A ocorrência de argila de baixa consistência, solo argiloso em processo de laterização com espessuras de 3 m ou mais, do qual o horizonte IC é um arenito extremamente fraturado preenchido com argila plástica.

#### **8.1.7.2.2 Subsidências**

Genericamente, o termo subsidência engloba também fenômenos como recalques e desabamentos (subtipos). As subsidências propriamente ditas são a expressão, em superfície, do efeito do adensamento ou afundamento de camadas, consequência da remoção de alguma fase sólida, líquida ou gasosa do substrato que pode ser decorrente de processos naturais ou da atividade humana. Entre as causas geradoras podem ser citadas: ação erosiva e bombeamento das águas subterrâneas, ação de vibrações sobre sedimentos inconsolidados, entre outras causas (GUIDICINI & NIEBLE, 1984).

Os recalques são definidos como sendo movimentos verticais de uma estrutura provocados pelo próprio peso ou pela deformação do subsolo por outro agente. Os recalques são diferenciados das subsidências propriamente ditas por envolverem áreas substancialmente menores e pelo fato das

áreas de subsidência não serem necessariamente portadoras de edificações capazes de provocar deformações verticais (GUIDICINI & NIEBLE, *op. cit.*).

Para as áreas terrestres da área de influência indireta são válidas as considerações apresentadas no subitem anterior acrescidas dos comentários efetuados a seguir para a Região Geomorfológica das Planícies Litorâneas. Nessa região podem ocorrer solos moles de baixa capacidade de carga, sujeitos a deformações e com resistências variáveis com o tempo. O comportamento desses materiais quando submetidos à carga pode ser diferente em curto e em longo prazo. Além disso, essas áreas em geral apresentam o nível freático próximo da superfície.

Também pode ser incluso como área de maior suscetibilidade a subsidência, especificamente para a possibilidade de ocorrência de recalques, a área marinha, local de implantação do píer, pela presença de sedimentos de natureza granulométrica diversa, que têm resposta diferenciada aos esforços verticais atuantes.

#### **8.1.7.2.3 Inundações e Enchentes**

As áreas costeiras, particularmente neste estudo aquelas pertencentes à Região Geomorfológica das Planícies Litorâneas, estão sujeitas a ocorrência de inundações e enchentes em função de fatores de origem natural e/ou antrópica. Os condicionantes naturais, de acordo com Souza (2005), são divididos em climático-meteorológicos, geológico-geomorfológico, flúvio-hidrológicos e oceanográficos. Os de origem antrópica resultam de intervenções humanas diretas ou indiretas nas bacias de drenagem.

Na área diretamente afetada, conforme já foi comentado, existe a ocorrência destes processos em função da variação de maré, e estas variam entre 2,6 m a 3,10 m de amplitude dentro da Baía de Todos os Santos.

Há informações sobre manifestações marinhas incomuns em localidades litorâneas, algumas até coincidentes com abalos de terra. Em Salvador, na Bahia, no ano de 1666 moradores da antiga cidade vivenciaram um acontecimento, onde registros descrevem que por três vezes em três dias alternados o mar e suas ondas invadiram os limites da praia. Publicação posterior, em 1916, atribuiu o acontecimento a um terremoto submarino, com epicentro desconhecido em algum lugar do Atlântico. Novas interpretações surgiram e a possibilidade abordada trata de irregularidades atmosféricas originadas em regiões distantes do continente que acabaram induzindo as sequências de ondas incomuns nas praias de Salvador (VELOSO, 2011).

Danos em áreas litorâneas pela excessiva elevação do nível do mar nem sempre são derivados de *tsunamis* tectônicos (atividades sísmicas). O mais comum é que isso aconteça por uma combinação de maré alta e condições atmosféricas anormais em Salvador (VELOSO, 2011).

Na Baía de Todos os Santos, Bahia, no ano de 1919, ocorreu uma série de tremores. Na época seu epicentro foi determinado a partir da análise dos registros do marégrafo instalado no cais do porto – possivelmente em Salvador. É provável que o evento tivesse epicentro no interior da baía, onde águas rasas facilitariam um tremor de magnitude 4,2 e balançaram suavemente, mas de modo quase completo, as águas da Baía de Todos os Santos. Uma possibilidade para o evento faz referência a um tipo de onda estacionária com movimento de vaivém, sobre uma superfície líquida quase fechada, como o caso em questão Salvador (VELOSO, 2011).

#### **8.1.7.2.4 Processos Erosivos**

Na área de estudo foram observados em vários pontos processos erosivos sob a forma de erosão laminar ou em sulcos, que estão associados a diversas ações antrópicas. Todas essas ações são resultantes das atividades desenvolvidas na região de estudo que possui estradas pavimentadas ou não, caminhos, área portuária com instalação de indústria e povoados como os de Caboto e da Ilha da Maré.

Na zona costeira foram observados processos erosivos de origem marinha (abrasão marinha) já comentados. É um tema controverso, porém sabe-se que as zonas costeiras de todo o mundo têm como um de seus principais problemas a ocorrência de processos erosivos, que inclui a erosão das praias e demais ambientes naturais e antrópicos existentes na linha de costa.

Segundo Muehe (2006), foi identificado retrogradação na linha de costa da Ilha de Itaparica. Segundo o mesmo autor, aspectos erosionais na linha de costa não apresentam relação com uma possível subida do nível do mar nas últimas décadas. O evento pode ser explicado por processos associados à dispersão e acumulação de sedimentos junto à linha de costa, decorrentes de processos naturais e intervenções humanas. Outros aspectos como a dinâmica de desembocaduras fluviais relacionadas à migração lateral, interferências humanas e a tendências de longo prazo para um balanço negativo de sedimentos podem influenciar no suposto recuo da linha de costa (MUEHE, 2006).

Devido às características intrínsecas das desembocaduras fluviais, as mesmas são áreas instáveis, e deve-se evitar a ocupação de suas vizinhanças. Outro elemento evidenciado pelo recuo da linha de costa é a expressão direta na morfologia do cordão de duna, evidenciando aspectos erosionais tais como exposição de raízes (NUNES *et al.*, 2003).



O Quadro 8.1-8 exemplifica as causas da erosão costeira no Brasil segundo Souza (2009), e segundo a autora, os fatores de nº 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 19 e 20 são os mais importantes como causa da erosão costeira no Brasil.

Quadro 8.1-8. Causas naturais e antrópicas da erosão costeira no Brasil (Fonte: Souza *et al.*, 2005; Souza, 2009 *apud* Souza, 2009).

CAUSAS NATURAIS DA EROÇÃO COSTEIRA			CAUSAS ANTRÓPICAS DA EROÇÃO COSTEIRA		
1	Dinâmica de circulação costeira: presença de zonas de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea em determinados locais mais ou menos fixos da linha de costa (efeito “foco estável”).	7	Inversões na deriva litorânea resultante, causada por fenômenos climáticos – meteorológicos intensos: sistemas frontais, ciclones extratropicais e a atuação intensa do “El Niño / ENSO”.	14	Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia.
2	Morfodinâmica praias: praias intermediárias têm maior mobilidade e suscetibilidade à erosão costeira, seguidas das reflexivas de alta energia, dissipativas de baixa energia e ultradissipativas.	8	Elevações do nível relativo do mar de curto período devido a efeitos combinados da atuação de sistemas frontais e ciclones extratropicais, marés astronômicas de sizígia e elevações sazonais do NM, resultando nos mesmos processos da elevação de NM de longo período.	15	Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais a linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píers, quebra-mares, muros, etc., para “proteção costeira” ou contenção/mitigação de processos erosivos costeiros ou outros fins; canais de drenagem artificiais.
3	Aporte sedimentar atual naturalmente ineficiente ou ausência de fontes de areias.	9	Efeitos atuais da elevação do nível relativo do mar durante o último século em taxas de até 30cm: forte erosão com retrogradação da linha de costa.	16	Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais, devido à interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células.
4	Fisiografia Costeira: irregularidades na linha de costa (mudanças bruscas na orientação, promontórios rochosos e cabos consolidados) dispersando as correntes e sedimentos para o largo: praias que recebem maior impacto de ondas de maior energia.	10	Efeitos secundários da elevação de nível do mar de longo período: Regra de Bruun e migração do perfil praias rumo ao continente.	17	Retirada de areia de praia por mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar na praia e/ou praias vizinhas.
5	Presença de amplas zonas de transporte ou trânsito de sedimentos (by-pass), contribuindo para a não permanência dos sedimentos em certos segmentos de praia.	11	Evolução quaternária das planícies costeiras: balanço sedimentar de longo prazo negativo e dinâmica e circulação costeira atuante na época.	18	Mineração de areias fluviais e desassoreamento de desembocaduras; dragagens em canais de maré e na plataforma continental; diminuição/perda das fontes de sedimentos para as praias.
6	Armadilhas de sedimentos e migração lateral: desembocaduras fluviais ou canais de maré; efeito “molhe hidráulico”; depósitos de sobrelavagem; obstáculos fora da praia (barras arenosas, ilhas, parciais, arenitos de praia e recifes).	12	Balanço sedimentar atual negativo originado por processos naturais individuais ou combinados.	19	Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos).
		13	Fatores Tectônicos: subsidências e soerguimentos da planície costeira.	20	Balanço sedimentar atual negativo decorrente de intervenções antrópicas.

### **8.1.7.3 Considerações Finais**

Conforme o estudo, verifica-se que as unidades geológicas mapeadas podem apresentar características que as torne sujeitas à ocorrência de movimentos de massa. Entretanto, as areias silto-argilosas da Formação São Sebastião não são expansivas, podendo exibir, em alguns casos, expansões moderadas em função da granulometria e mineralogia da fração argila (SIMÕES, 1991 *apud* BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Conforme Simões (1991 *apud* BOURSCHEID/COPENE, 2000), no Porto de Aratu, a presença de fraturas e do desconfinamento da base do talude provocado por escavações e somado a um curto período de precipitações intensas potencializou processos de instabilização de taludes. Outro aspecto são as estruturas geológicas, mapeadas por Bourscheid/Copene (2000), representadas por blocos falhados e basculados que provocam uma inclinação das camadas sujeitas a deslizamentos quando cortes nesta orientação do perfil são criados. Conforme afloramento visitado na área conhecida como prainha, no porto de Aratu, Candeias, o mergulho das camadas sedimentares foi para SE. A ocorrência de cortes deve ser orientada em oposição ao mergulho observado nos afloramentos. Não sendo possível, é indicado um sistema de contenção condizente com as condições vigentes. Na área diretamente afetada, existe a possibilidade de enchentes ou inundações naturalmente associadas à variação da maré somada a eventos climáticos atípicos, tais como precipitações pluviométricas acima das médias normais. Assim, chuvas atípicas somadas à maré alta podem desencadear uma retenção das águas no continente.

Conforme análises realizadas em laboratório nos 5 perfis de solo, predominam os teores finos (argila e silte) sobre os arenosos. Esta característica pode ser relevante, pois argilominerais presentes no substrato podem apresentar expansão e retração quando varia a sua umidade e grau de saturação. Esta característica, potencialmente, agrava o problema de estabilidade de taludes na região da bacia, mesmo sendo a morfologia da região pouco acidentada (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

## **8.1.8 Recursos Hídricos**

### **8.1.8.1 Hidrologia e Hidrogeologia**

#### **8.1.8.1.1 Metodologia**

O trabalho consistiu na compilação de dados existentes a partir de trabalhos diretamente relacionados com o tema e a área geográfica em questão a partir de bases da CPRM (2007) e textos técnicos realizados por Bourscheid/Copene (2000).

O mapa de hidrografia é apresentado no Apêndice 8.10.

#### **8.1.8.1.2 Caracterização Geral e Comportamento Hidrogeológico**

O comportamento hidrogeológico dos aquíferos existentes na área do empreendimento pode ser agrupado segundo os parâmetros físicos de seu funcionamento em poroso (aquífero granular). Nesse tipo de aquífero o armazenamento e a circulação da água subterrânea dependem basicamente dos poros ou interstícios das rochas.

Os aquíferos da área em estudo são agrupados em dois domínios (grupo de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas): a) Domínio das Formações Cenozoicas e o b) Domínio das Bacias Sedimentares (CPRM, 2007).

##### **a) Domínio das Formações Cenozoicas**

O Domínio das Formações Cenozoicas é definido como pacotes de rochas sedimentares de naturezas e espessuras diversas que recobrem as rochas mais antigas. De acordo com CPRM (*op. cit.*) este Domínio é caracterizado por possuir uma porosidade primária, e nos terrenos arenosos uma elevada permeabilidade, onde podem ser produzidas vazões significativas nos poços tubulares perfurados dependendo da sua espessura e da razão areia/argila. Entretanto, é bastante comum que os poços localizados neste domínio captem água dos aquíferos subjacentes. Este domínio está representado por depósitos relacionados temporalmente ao Quaternário e Terciário (aluviões, coluviões, depósitos eólicos, areias litorâneas, depósitos flúvio-lagunares, arenitos de praia, depósitos de leques aluviais, depósitos de pântanos e mangues, coberturas detríticas e detríticas-lateríticas diversas e coberturas residuais) (CPRM, 2007).

Esse Domínio das Formações Cenozoicas encontra-se subdividido em vários subdomínios hidrogeológicos pela CPRM (*op. cit.*) estando presentes na área em estudo os Subdomínios Depósitos Litorâneos e Formações Cenozoicas Indiferenciadas.

##### **• Subdomínio Depósitos Litorâneos**

A CPRM (2010) engloba neste Subdomínio as unidades geológicas de cobertura tais como: detrito-lateríticas ferruginosas, detrito-lateríticas com concreções ferruginosas, detríticas indiferenciadas e residuais. São sedimentos com cores variegadas, inconsolidadas a pouco consolidadas como areias, cascalhos, argilas, siltes, aglomerados e lateríticas. São aquíferos livres com permeabilidade e produção no geral muito baixa (Q entre 1 e 5m<sup>3</sup>/h). Suas águas são de qualidade química variável, sendo no geral compatíveis ao consumo humano.

São incluídos neste Subdomínio os sedimentos coluvionares e eluvionares indiferenciados caracterizados pela pequena espessura e continuidade onde a exploração da água subterrânea é feita através de poços escavados. Tem alguma importância hidrogeológica como área de recarga ou estoque temporário para os aquíferos subjacentes (CPRM, 2007).

- **Subdomínio Formações Cenozoicas Indiferenciadas**

A CPRM (2010) engloba neste Subdomínio as unidades geológicas de cobertura tais como: detrito-lateríticas ferruginosas, detrito-lateríticas com concreções ferruginosas, detríticas indiferenciadas e residuais. São sedimentos com cores variegadas, inconsolidadas a pouco consolidadas como areias, cascalhos, argilas, siltes, aglomerados e lateríticas. São aquíferos livres com permeabilidade e produção no geral muito baixa (Q entre 1 e 5m<sup>3</sup>/h). Suas águas são de qualidade química variável, sendo no geral compatíveis ao consumo humano.

São incluídos neste Subdomínio os sedimentos coluvionares e eluvionares indiferenciados caracterizados pela pequena espessura e continuidade onde a exploração da água subterrânea é feita através de poços escavados. Tem alguma importância hidrogeológica como área de recarga ou estoque temporário para os aquíferos subjacentes (CPRM, 2007).

- b) Domínio das Bacias Sedimentares**

O Domínio das Bacias Sedimentares englobam sequências de rochas sedimentares, muitas vezes associadas a vulcanismo, que compõem as unidades geotectônicas homônimas: Bacias Sedimentares. Enquadram-se nesta unidade preferencialmente as bacias fanerozoicas onde os processos metamórficos não foram instalados. Em termos hidrogeológicos, essas bacias têm alta favorabilidade para o armazenamento de água subterrânea constituindo-se nos mais importantes reservatórios em decorrência da grande espessura de sedimentos e da alta porosidade/permeabilidade de grande parte de suas litologias, o que permite a exploração de vazões significativas (CPRM, 2007).

Esse Domínio está representado na área em estudo pelo Subdomínio Bacia Recôncavo/Tucano/Jatobá.

- **Subdomínio Bacia Recôncavo/Tucano/Jatobá**

Neste Subdomínio predominam os arenitos finos/médio/grossos, localmente conglomeráticos, siltitos, folhelhos, argilitos e conglomerados ocorrem de uma forma mais ou menos subordinada. As águas apresentam normalmente uma boa qualidade química, observando-se, porém, em alguns locais horizontes com água salobra (CPRM, 2007).

Estão inclusos neste Subdomínio vários aquíferos. Dentre esses tem-se o Aquífero São Sebastião, principal aquífero da Bacia do Recôncavo. Esse aquífero apresenta-se contínuo, extensão regional

constituído essencialmente de arenitos consolidados finos a grosseiros, localmente conglomeráticos, de cores acinzentadas a avermelhadas e com intercalações de siltitos e folhelhos. A espessura total da unidade ultrapassa os 1.000 metros. Sua capacidade específica média está em torno de 3,32 m<sup>3</sup>/h/m. A água desse aquífero é de qualidade química variável, predominando aquelas que podem ser consideradas como boas, com resíduo total médio de 82,47 mg/l. É um aquífero muito produtivo, Q>50 m<sup>3</sup>/h (CPRM, 2010).

#### **8.1.8.1.3 Vulnerabilidade Natural à Poluição**

A vulnerabilidade natural dos aquíferos à poluição está relacionada a maior ou menor facilidade apresentada por determinada litologia a contaminação por agentes externos, sendo controlada principalmente pela inacessibilidade hidráulica da zona saturada e pela capacidade de atenuação da zona não saturada (CPRM, 1997).

Os aquíferos presentes na área de influência do empreendimento encontram-se livres, semiconfinados e confinados e caracterizam-se por serem porosos. Portanto, a variabilidade de condições de vulnerabilidade natural à poluição é bastante ampla. Entretanto, em estudo realizado por Negrão (s/d) a região do empreendimento é classificada como apresentando vulnerabilidade moderada a baixa (Figura 8.1-51).



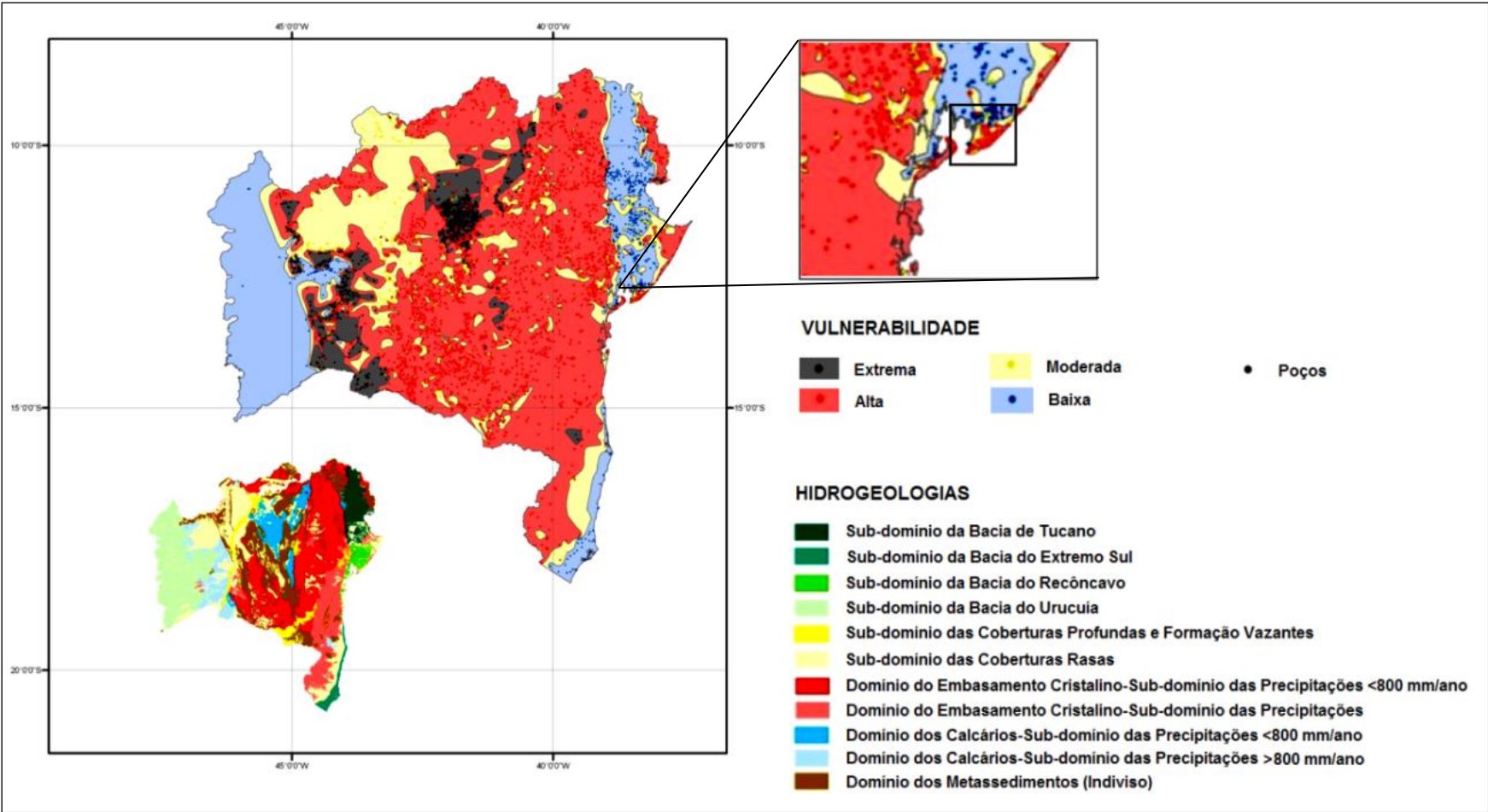


Figura 8.1-51. Ilustração da vulnerabilidade de aquíferos (Modificado de Negrão s/d).

#### 8.1.8.1.4 Levantamento dos Poços Cadastrados

Em pesquisa realizada no site da CPRM/SIAGAS para o estado da Bahia e também no Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), no Sistema de Recursos Hidrogeológicos do Brasil (SIGHIDRO) não foram localizados poços na área de influência do estudo.

#### Instalação dos Poços de Monitoramento

Objetiva-se caracterizar, a partir de sondagem investigativa com trado manual, o litotipo e na sequência, a instalação de poços de monitoramento para coleta de água e realização das análises físico-químicas. Por se tratar de uma área com impactos ambientais significativos gerados pela intervenção antrópica ocorrida há algum tempo, verifica-se a dificuldade de identificar as áreas impactadas, porém investigações aleatórias podem apontar para os locais onde ocorreu a intervenção (BOURSCHEID/COPENE, 2000). A Figura 8.1-52 mostra a disposição dos cinco poços de monitoramento implantados, tendo quatro poços com amostra de água coletada, representados pela cor amarela, e um poço seco representado pela cor preta. Também foi coletada uma amostra de água superficial, representada em vermelho, próximo à portaria de entrada do Porto de Aratu. As amostragens foram realizadas em abril de 2014.

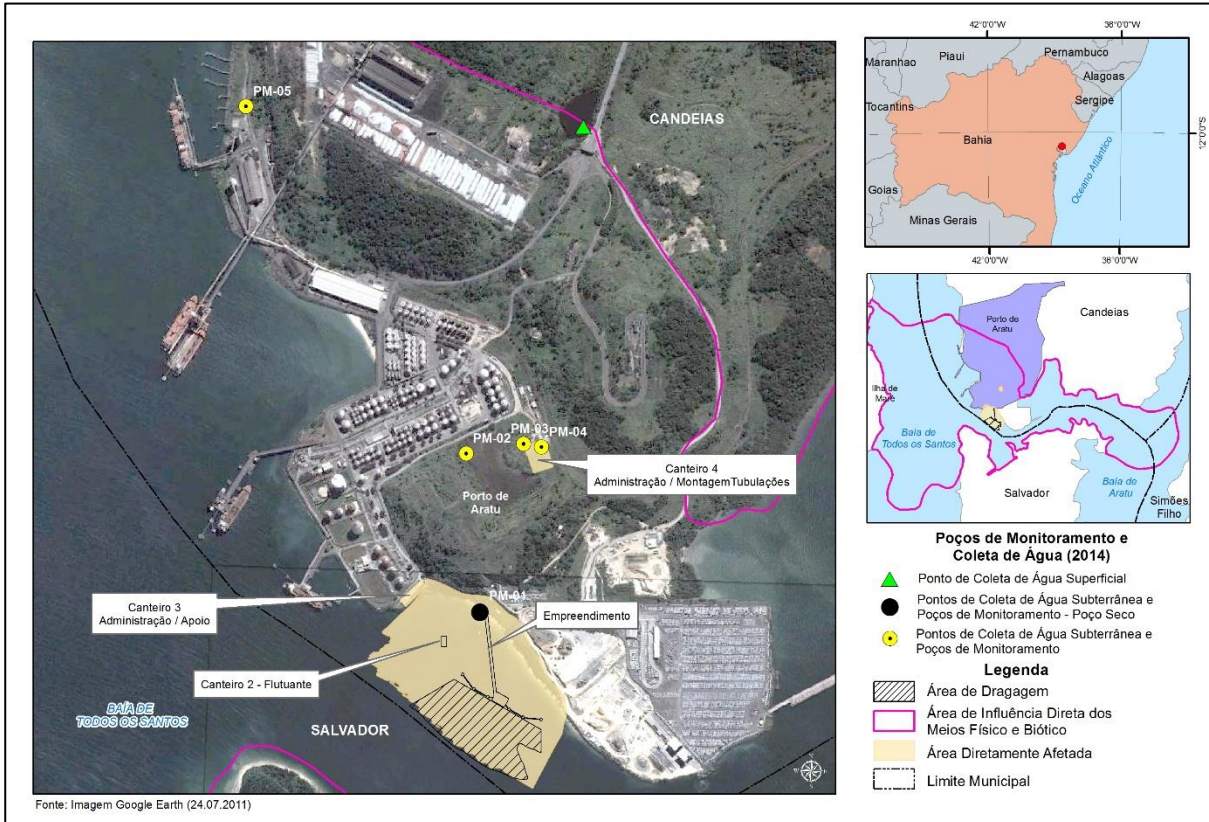


Figura 8.1-52. Disposição dos poços de monitoramento instalados e de coleta de água subterrânea em destaque amarelo e preto; coleta de amostra de água superficial em destaque verde (Fonte: Imagem Google Earth, 2011).

Os trabalhos foram realizados no período compreendido entre 06 a 11 de abril de 2014, início da estação chuvosa. Climatologicamente pode-se estabelecer um cenário sazonal, com período mais chuvoso no outono/inverno e concentrando-se entre os meses de abril a julho, com máximo em junho. Já na primavera/verão, particularmente nos meses de setembro e janeiro, os totais mensais decaem. Esta variação, marcada pela sazonalidade das precipitações pode influenciar na oscilação do lençol freático, induzindo a variações no nível de água, sendo mais raso no inverno/outono e mais profundo na primavera/verão.

Foram realizadas cinco sondagens de reconhecimento e instalação de cinco poços para monitoramento. O diâmetro das sondagens foi de 2” e a profundidade variou entre 1,60 m a 5,85 m. A localização das sondagens foi realizada com GPS marca Garmim, UTM-Datum WGS84, fuso 24L.

O Quadro 8.1-9 apresenta as características das sondagens.

Quadro 8.1-9. Características das sondagens

Sondagem	Diâmetro (")	Data	Nível d'água inicial (m) durante a sondagem	Nível d'água final (m)	Profundidade total (m)	Coordenadas geográficas	
PM-01 Empreendimento	2	09/04/14	2,0	1,3	3,3	12°47'6.39"S	38°29'34.37"O
PM-04 Canteiro 4	2	10/04/14	4,5	4,2	4,8	12°46'51.58"S	38°29'30.06"O
PM-02 Canteiro 4	2	08/04/14	1,5	1,0	1,6	12°46'52.19"S	38°29'37.10"O
PM-03 Canteiro 4	2	08/04/14	3,0	2,6	4,3	12°46'51.29"S	38°29'31.72"O
PM-05 Próximo ao TGS	2	10/04/14	4,20	4,0	5,85	12°46'20.36"S	38°29'57.78"O

PM = Poços de monitoramento instalados.

Também foi coletada amostra de água superficial continental para análise de parâmetros físicos e químicos, próximo a portaria do Porto, com Coordenadas 12°46'22.86"S/ 38°29'25.71"O (Figura 8.1-52).

As fotos abaixo (Figura 8.1-53 a Figura 8.1-57) exemplificam os furos investigativos executados e a respectiva instalação dos poços de monitoramento nas áreas diretamente afetada (ADA) e indiretamente afetada (AID), sendo eles: PM-01, PM-02, PM-03, PM-04 e PM-05.





Figura 8.1-53. Vista do entorno do poço PM-01 (empreendimento), da instalação e do selo sanitário devidamente instalado (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-54. Vista do entorno do poço PM-02 instalado, ensaio tátil-visual apontando para substrato argiloso plástico e consistente e selo sanitário devidamente instalado.





Figura 8.1-55. Vista do entorno do poço PM-03 instalado, ensaio tátil-visual apontando para substrato argiloso plástico e consistente e selo sanitário devidamente instalado (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-56. Vista para o entorno do poço PM-04 instalado, ensaio tátil-visual apontando para substrato argiloso plástico e consistente e selo sanitário devidamente instalado (Fonte: Bourscheid, 2014).



Figura 8.1-57. Vista para o entorno do poço PM-05 instalado próximo ao TGS e selo sanitário devidamente instalado (Fonte: Bourscheid, 2014).

#### 8.1.8.1.5 Caracterização Litológica dos Perfis Investigativos

As sondagens de reconhecimento revelaram a presença de aterro seguido de terraplenagem no canteiro de obras 4, pois fragmentos de asfalto, de rocha com forte odor e restos plásticos foram encontrados em alguns perfis.

No Quadro 8.1-10, segue identificação dos poços, sua localização e a descrição tátil-visual das sondagens. O nível d'água (N.A) variou entre 1,3 m a 4,0 m. Foi possível observar que a área apresenta características de aterro para os poços PM-03 e PM-04. No que se refere ao poço PM-02, há semelhanças com o PM-01, ocorrendo afloramento com característica de ambiente lacustre composto essencialmente de arenitos consolidados finos a grosseiros, de cores acinzentadas e intercalações de siltitos e folhelhos. Outros dois pontos de sondagem tiveram de ser cancelados dada as dificuldades impostas pelo substrato, impenetrável ao trado manual. Numa tentativa, aproximadamente no centro da área, blocos rochosos muito resistentes compostos basicamente por quartzo e micas biotitas impediram o avanço do trado, sendo desativado a 2,0 m de profundidade, neste havia forte odor químico. Em outro furo, próximo a encosta, a característica era novamente observado no afloramento da "prainha", com siltitos e folhelhos cinzas muito resistentes, sendo desativado com 1,0 m de profundidade, novamente pela impossibilidade de penetração do trado manual.



Quadro 8.1-10. Caracterização das sondagens.

Identificação	Caracterização das sondagens
PM-01 Localização: Empreendimento	A profundidade total foi de 3,3 m. Os primeiros 0,1 m eram de solo orgânico de coloração escura. O perfil apresentou argila e silte arenoso intercaladas com areia fina a muito grossa. A argila era acinzentada a variegada, plástica, consistente com presença de mica. A granulometria variou entre areia fina a muito grossa, de coloração alaranjada a esbranquiçada. Com 1,2 m de profundidade fragmentos de tijolo e fragmento do tamanho de brita muito dura composta por quartzo e mica preta (biotita), conferiam ao perfil características de aterro. O N.A foi atingido a 2,0 m de profundidade.
PM-02 Localização: Canteiro 4	A profundidade total foi de 1,6 m. Substrato muito resistente a perfuração manual. Os primeiros 0,1 m eram de solo orgânico de coloração escura. O substrato apresentava característica argilo arenosa. A areia é muito fina, coloração acinzentada, presença de micas. O material extraído é composto por fragmentos desagregados (variando entre 0,1 cm a 10 cm), e estes quando úmidos mostravam-se plástico e consistente, pois moldavam-se na mão e sustentavam-se quando suspenso. O N.A foi atingido a 1,5 m. Este perfil assemelha-se ao observado na prainha, onde havia afloramento com característica de ambiente lacustre composto essencialmente de arenitos consolidados finos a grosseiros, de cores acinzentadas e intercalações de siltitos e folhelhos.
PM-03 Localização: Canteiro 4	A profundidade total foi de 4,3 m. Os primeiros 0,1 m eram de solo orgânico, escuro. Este perfil apresenta característica de aterro, pois aos 0,5 m presença de plástico e fragmentos de asfalto. Até 2,4 m, arenito muito fino de coloração amarelada e avermelhada com fragmentos de siltito/argilito de coloração cinza. A partir de 2,4 m até o final, argila variegada, plástica e consistente, com fragmentos de siltito/argilito e fragmentos de arenito muito fino. Com 3,5 m, presença de matéria orgânica de vegetais (lembra turfa). O N.A foi atingido a 3,0 m de profundidade. Próximo a este perfil, num furo onde obstáculos de blocos rochosos impediam o avanço, fragmentos retirados de 2,0 m apresentavam forte odor, evidenciando a existência de aterro.
PM-04 Localização: Canteiro 4	A profundidade total foi de 4,8 m. Nos primeiros 0,1 m presença de solo orgânico, escuro. Até 0,5 m areia fina, de coloração amarelo acinzentada, com presença de fragmentos de siltito/argilito cinza. A partir de 0,6 m até 4,8 m, substrato argilo arenoso, pouco plástico a plástico, coloração cinza amarelada e fragmentos de siltito/argilito. A areia variou entre fina a média. O N.A foi atingido a 4,2 m de profundidade.
PM-05 Localização: Próximo ao TGS	A profundidade total foi de 5,85 m. Nos primeiros 0,1 m presença de solo orgânico, escuro. Até 1,2 m, areia muito fina a areno argilosa, plástico, e fragmentos de siltito/argilito cinza. Entre 1,2 m a 5,85 m, argila plástica, de coloração variando entre cinza a amarelada e estruturas argilosas variegadas. O N.A foi atingido a 4,2 m de profundidade.

O canteiro de obras 4 compreende uma área rebaixada e aparentemente retrabalhada em relação ao seu entorno sugerindo intervenção antrópica. A Figura 8.1-58, próxima ao PM-02, apresenta brejo com presença de água e vegetação característica. Nesta área em particular, as águas meteóricas que escoam para dentro desta pequena bacia de captação, tendem a ficar maior período de tempo, pois o substrato argiloso limita a infiltração, aumentando a lâmina d'água nos períodos chuvosos.



Figura 8.1-58. Plano de fundo da fotomontagem, encosta, e no primeiro plano, vegetação típica de áreas alagadas, conhecidas como brejo ou banhado (Fonte: Bourscheid, 2014).

A Figura 8.1-59, a partir de imagem do *Google Earth*, indica que as águas pluviais (setas vermelhas) apresentam duas orientações para o escoamento superficial. Parte dessas águas pluviais que caem nas faces laterais da encosta escoam para o talvegue, formando a reunião dessas águas no interior da pequena bacia, porém parte escoam para fora desse sistema. A Figura 8.1-60 em fotomontagem mostra a topografia do terreno, estando nas laterais os taludes que separam parte das águas recebidas para fora da bacia e captando e retraindo água também para o centro da bacia.

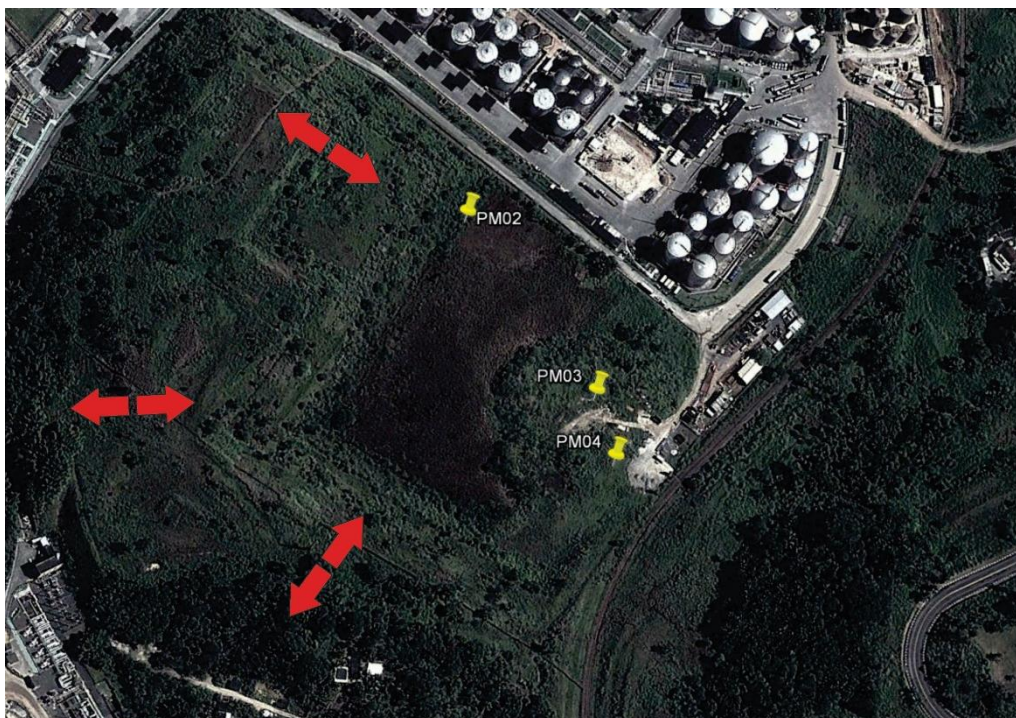


Figura 8.1-59. Cena ilustrativa destacando os poços de monitoramento instalados no futuro canteiro 4 e a indicação das orientações de escoamento dos fluxos pluviais (Fonte: Imagem Google Earth, 2011).





Figura 8.1-60. Fotomontagem evidenciando a topografia da área onde será instalado o canteiro 4 para as obras do novo Terminal de Uso Privativo da Braskem (Fonte: Bourscheid, 2014).

A área próxima ao TGS, também recebeu aterro, porém, neste, foi para a construção de terminal e píeres, avançando sobre a zona de praia. A Figura 8.1-61 apresenta vista parcial da área, com orientação do terminal para o mar. O poço PM-05 foi instalado entre os trilhos do trem e os píeres/terminal.



Figura 8.1-61. Vista parcial da área de estudo próximo ao Terminal de Granéis Sólidos (Fonte: Bourscheid, 2014).

A Figura 8.1-62, mostra o poço PM-05 instalado entre os trilhos do trem (esquerda) e o mar (direita).



Figura 8.1-62. PM-05 instalado no próximo ao TGS (Fonte: Bourscheid, 2014).

Na Figura 8.1-63, para o poço PM-05, o sentido do escoamento superficial das águas meteóricas, representada pela seta vermelha, em direção ao píer, seguindo para o litoral.

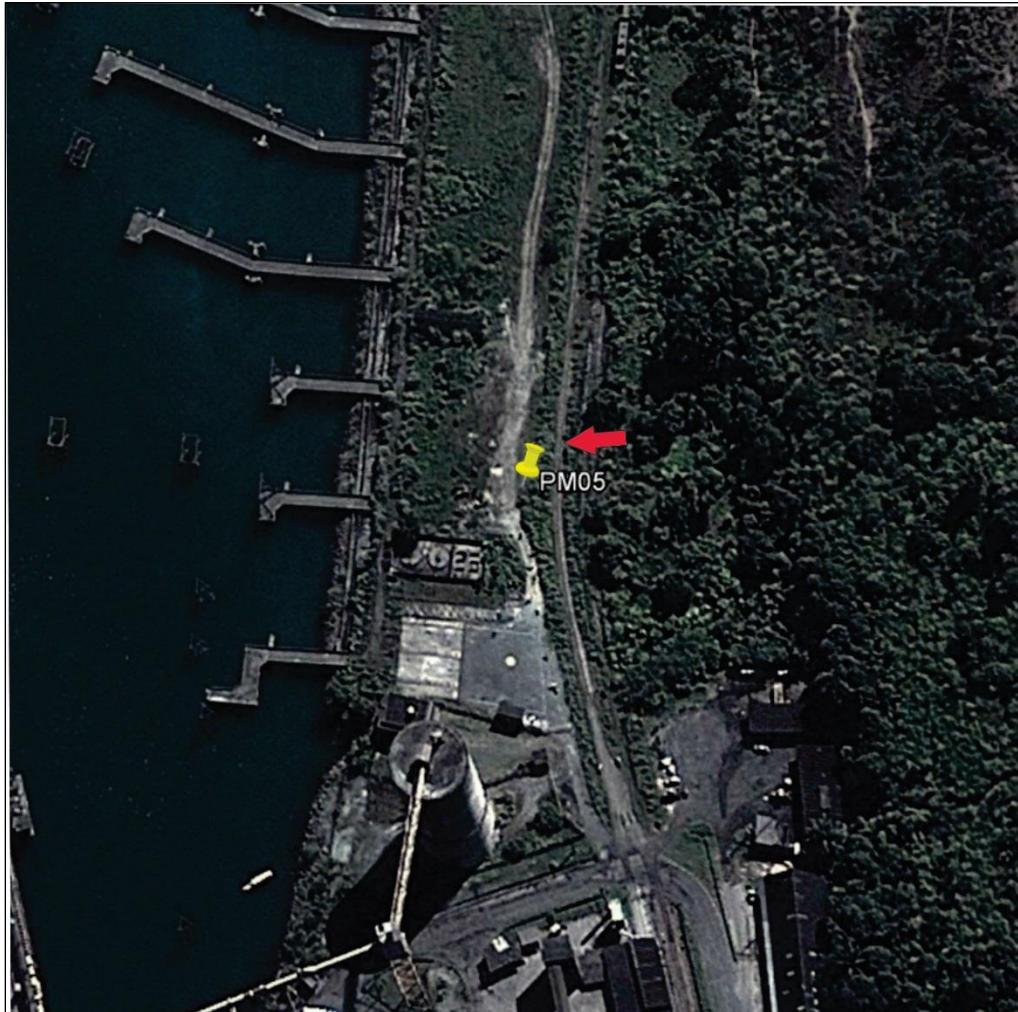


Figura 8.1-63. Localização do poço PM-05 e a indicação do sentido do escoamento superficial com a seta em vermelho (Fonte: Imagem Google Earth, 2011).

O poço PM-01 (Figura 8.1-64) foi instalado na área do futuro empreendimento, área conhecida como “prainha” pela região, localizado entre o Terminal de Produtos Gasosos – TPG e o Porto da Ponta da Laje – FORD. Neste poço, o N.A foi atingido a 2,0 m de profundidade, porém no dia da coleta de água para posterior análise dos parâmetros conforme CONAMA nº 396/08, este estava seco. A descrição do perfil sugere lentes de argila, plástica por vezes variegada e predominando a coloração cinza, intercaladas com areia média a grossa. A possibilidade considerada é que a argila funcionou como camada impermeabilizante que confinou a água na camada de areia. Após o rompido do selo argiloso, a água escoou através da fração grosseira da areia não formando lâmina d’água. A condição verificada em campo é compatível com a descrição, conforme caracterização hidrogeológica da



CPRM (2007), composta essencialmente por arenitos consolidados finos a grosseiros com intercalações de siltitos e folhelhos.



Figura 8.1-64. Vista do PM-01, orientado para o mar, ao lado do Centro de Proteção Ambiental – CPA (Fonte: Bourscheid, 2014).

O sentido do escoamento superficial das águas pluviométricas é para o litoral, como é apresentado na Figura 8.1-65.



Figura 8.1-65. Localização do poço PM-01 com a indicação (seta vermelha) do escoamento superficial (Fonte: Imagem Google Earth, 2014).

#### 8.1.8.1.6 Considerações Finais

Pelo exposto acima, o poço PM-01 (empreendimento) apresentou até 1,0 m de profundidade substrato silto arenoso, avançando para a base do perfil, a textura variou entre areia média a grossa intercaladas com lentes de argila plástica. Após a instalação do poço este secou, sugerindo que a

argila identificada no perfil atuava como camada selante limitando o livre fluxo das águas. Este seria um ponto com vulnerabilidade entre moderada a alta para percolação de fluídos dado seus teores arenosos permitirem maior mobilidade dos elementos químicos e microbiológicos potencialmente elevados oriundos de fontes exteriores.

No canteiro 4, com os poços de monitoramento instalados nas áreas diretamente afetadas (ADA) e de influência direta (AID), os PM-02, PM-03 e PM-04 apresentam no perfil descritivo, avançando para a base, presença de argila plástica e consistente, com fragmentos de folhelho e siltito. Esta característica promove uma maior capacidade de retenção da água dada sua baixa permeabilidade, reduzindo a velocidade de percolação dos fluídos. Esta textura argilosa somada ao litotipo observado de siltito e folhelho muito resistente à penetração indicam que esta área apresenta vulnerabilidade entre moderada a baixa a interferência de produtos químicos e microbiológicos de fontes externas. Poços onde o trado manual não avançou devido à resistência do substrato identificado como folhelhos e siltitos (semelhante ao encontrado na praia) foram desativados a uma profundidade de 1 m, indicando um substrato coeso limitando o livre fluxo.

Para o local próximo ao Terminal de Granéis Sólidos (TGS), representado pelo PM-05, o perfil investigado apresentou até 1,2 m substrato areno argiloso a areia fina, e avançando para a base do perfil predominou a textura argilosa plástica. Neste furo a característica argilosa promove uma maior capacidade de retenção da água, dada sua baixa permeabilidade reduzindo a velocidade de percolação dos fluídos. Porém, o potencial litotipo abaixo do poço de monitoramento PM-05 são areias da zona de praia para onde o terminal avançou apresentando vulnerabilidade entre moderada a alta para a interferência de produtos químicos e microbiológicos oriundos de fontes externas.

Amostragem de sedimento foi realizada para análise dos parâmetros físico-químicos pela Bourscheid/Copene (2000) e corresponde ao ponto de coleta próximo a praia, no empreendimento. O sedimento foi amostrado em área caracterizada pela presença de um aterro industrial e indicou forte presença de cobre, zinco e chumbo. Os teores elevados para determinados elementos químicos foi atribuído à acumulação de resíduos oriundos da indústria de fertilizantes e metalúrgicas, caracterizando a área como crítica (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Nova amostragem de solo superficial para análise dos parâmetros químicos em 3 amostras coletadas, sendo elas (i) solo 1 (canteiro 4), (ii) solo 2 (empreendimento) e (iii) solo 3 (próximo ao TGS), não identificou parâmetros químicos em desconformidade quando comparados com a Resolução CONAMA nº 420/2009, para solos industriais. Assim, é possível classificar os solos amostrados conforme a concentração de substâncias químicas na Classe 1, ou seja, solos que apresentaram concentrações de substâncias abaixo do VRQ (Valor de Referência de Qualidade).



Esta amostragem realizada em abril de 2014 para a área do empreendimento, próximo à praia, quando comparada à amostragem realizada no ano de 2000, com pontos de coleta relativamente próximos entre si, não reproduz os teores com substâncias químicas uma vez verificados. Nesse caso, a presença de alguns elementos químicos verificados no ano de 2000, para a área próxima ao empreendimento e reconhecida na época como aterro industrial pode representar uma ocorrência pontual sem continuidade lateral.

### **8.1.8.2 Qualidade das Águas Superficiais**

#### **8.1.8.2.1 Águas Continentais**

##### **8.1.8.2.1.1 Metodologia**

O trabalho consistiu na compilação de dados existentes de trabalhos diretamente relacionados com o tema e a área geográfica em questão, com consultas dos textos técnicos realizados por Bourscheid/Copene (2000) e de análises das águas superficiais doces, estuarinas e salgadas, comparando os resultados com os parâmetros da Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986.

Nova amostragem de água superficial continental (doce) foi realizada em abril de 2014, no único corpo d'água presente dentro da área de influência direta em superfície, de forma a caracterizar a área de influência pelo empreendimento. Os resultados foram comparados com os padrões e parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357, Artigo 14, para águas doces de Classe 1, de 17 de março de 2005.

##### **8.1.8.2.1.2 Histórico**

Os resultados das análises de águas superficiais descritos abaixo foram realizados em 2000 por Bourscheid/Copene e demonstraram a existência de contaminação em todos os pontos amostrados, tanto em águas doces quanto em estuarinas e marinhas.

Nas águas doces, destacam-se as contaminações por amônia com valores muito elevados e fósforo dissolvido próximo à “prainha”. Estes resultados estão coerentes com a situação geral (Figura 8.1-66), pois evidenciam-se os elevados teores químicos de origem industrial, com forte presença de componentes da indústria de fertilizantes (amônia e fósforo) (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

As águas salobras próximo à Ilha de Santa Teresa (interior do mangue) e afastada da área de influência direta e indireta dos canteiros de obra 3 e 4, serão abordadas por se tratar de águas superficiais. Os valores de DBO, fenóis, OD e coliformes fecais apresentaram-se acima dos limites de

tolerância, caracterizando níveis de contaminação orgânica oriunda de esgotos domésticos, uma vez que o arroio formador do mangue drena áreas habitadas. A presença dos fenóis, utilizados amplamente como desinfetantes domésticos e na manufatura de resinas sintéticas é coerente com a presença de esgotos na área (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

Nas águas salgadas, ocorrentes nas amostras situadas junto à “prainha” e em frente ao mangue ao lado da Ilha de Santa Tereza (esta é afastada da área de influência direta e indireta dos canteiros de obras 3 e 4), apresentaram-se em melhores condições. Valores altos de fenóis foram registrados na “prainha”. Coliformes fecais e totais foram registrados próximo à Ilha Santa Teresa e de valores baixos do pH em ambas as localidades. Percebe-se que a área de remanso situada entre a ponta da Gamboa e a Ilha de Santa Tereza acumula resíduo orgânico de esgotos domésticos, provavelmente oriundos do rio São Paulo. A presença de fenóis nas águas junto à “prainha” é consistente com a proximidade dos terminais de produtos petroquímicos do porto organizado de Aratu (BOURSCHEID/COPENE, 2000).

A Figura 8.1-66 exemplifica os pontos de coleta das amostras de águas superficiais realizadas em 2000 e sua disposição em relação aos canteiros 3, 4, flutuante, empreendimento e próximo ao TGS.

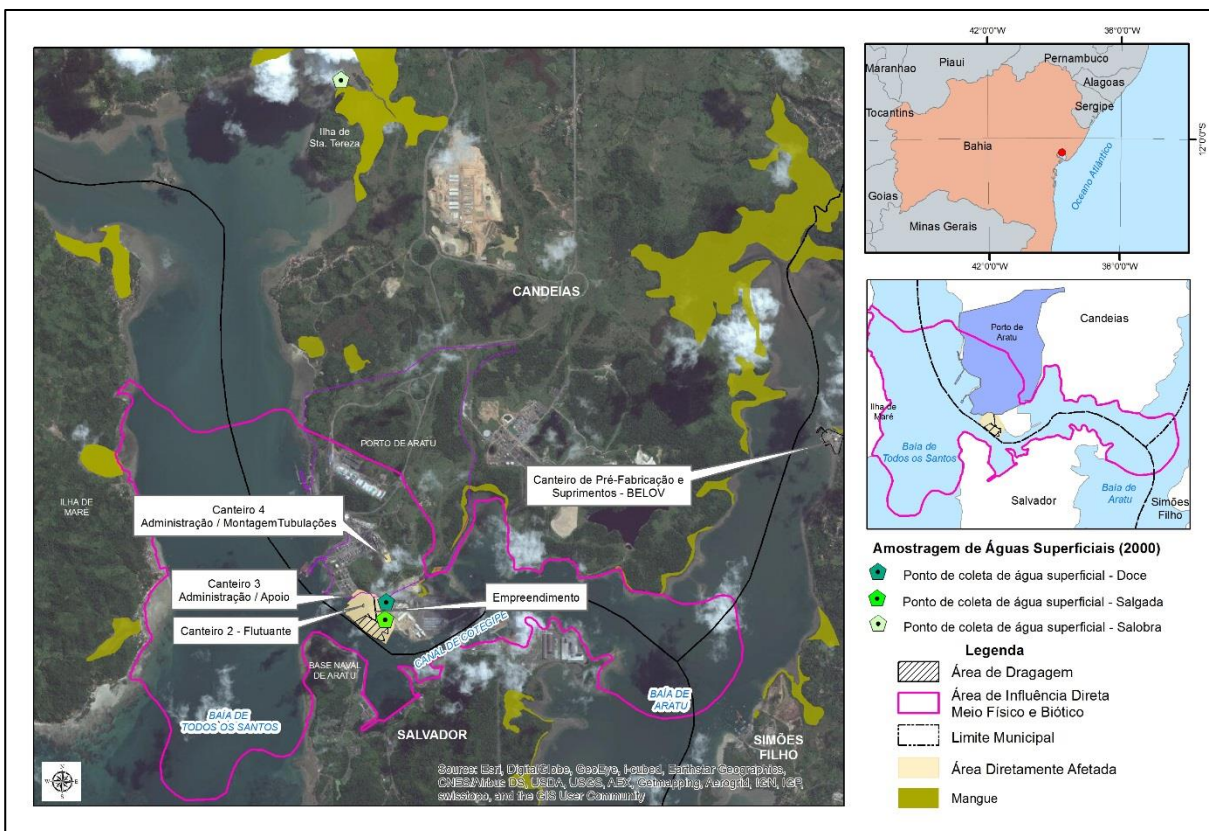


Figura 8.1-66. Localização das coletas realizadas por Bourscheid/Copene (2000) para água superficial continental (doce), água salgada e água salobra.

### 8.1.8.2.1.3 Resultados

Em abril de 2014 foi realizada nova coleta de água superficial. A

Figura 8.1-67 apresenta um corpo d'água, próximo à portaria principal do Porto de Aratu, no limite da AID do estudo, potencialmente formado a partir do barramento da drenagem superficial quando da construção da estrada de acesso ao Porto. Neste local foi coletada amostra de água superficial para análise de parâmetros físico-químicos. O traçado da drenagem superficial foi estimado por curvas altimétricas, cena do *Google Earth* (2013) com cicatrizes do traçado natural e modelo digital do terreno a partir de TIN (Grade Irregular Triangular).

Neste ponto, esperava-se resultados semelhantes para a coleta de água superficial encontrados nas águas subterrâneas amostrados nos piezômetros, pois essas apresentaram baixa qualidade. Estas amostras mostram altos índices de coliformes fecais e totais, consistente com a presença de indústrias petroquímicas, de fertilizantes e de esgotos domésticos no entorno do corpo d'água.

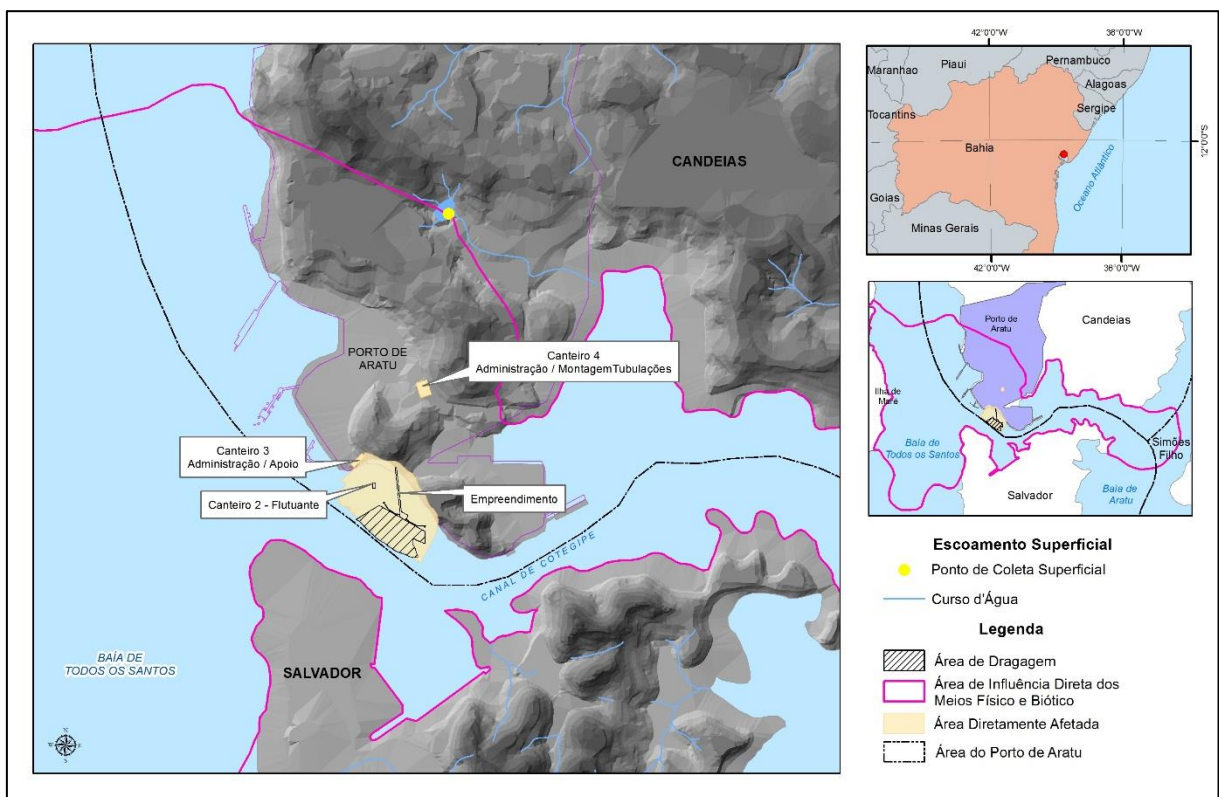


Figura 8.1-67. Corpo d'água presente no limite da AID, potencialmente formado a partir do barramento de sua drenagem natural devido à implantação de estrada que conduz até o Porto.

A Figura 8.1-68 mostra o corpo d'água artificialmente formado, com a presença de descarte e abandono de materiais plásticos na sua borda (Coordenadas UTM-Datum WGS84, fuso 24L, 555307 / 8587908).



Figura 8.1-68. Vista para o local de coleta de água, próximo a portaria do Porto de Aratu (Fonte: Bourscheid, 2014).

A amostragem de água superficial realizada em abril de 2014 no corpo d'água próximo ao portão principal do Porto Organizado de Aratu, identificou 13 parâmetros físico-químicos e biológicos em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/05 para Águas Doces de Classe 1, sendo eles: *clorofila-a*, sólidos dissolvidos totais, cádmio, cobre solúvel, manganês, níquel total, zinco, cloretos, fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal total, pH-água e sulfatos. Os elementos identificados acima dos valores orientadores estão grifados em negrito e sombreados em cor cinza na Tabela 8.1-6.

Embora não tenham sido detectadas cianobactérias na amostra, o valor de *clorofila-a* ultrapassou o limite estabelecido pela Resolução em 6 vezes. A *clorofila-a* é um pigmento com função fotossintética presente em todos os organismos fotoautotróficos, como o fitoplâncton, tornando-a assim um indicador da biomassa fitoplanctônica (JEFREY *et al.*, 1997). Os nutrientes, principalmente o nitrogênio e suas formas e o fósforo são fatores que limitam o crescimento da biomassa fitoplanctônica. As razões entre as concentrações desses nutrientes e da *clorofila-a* são capazes de induzir alterações na densidade das comunidades fitoplanctônicas, além de dar subsídios para explicar a composição qualitativa dessas comunidades, a competição e a exclusão/dominância de algumas espécies (DUGDALE; GOERING, 1967; RYTHER; DUNSTAN, 1971). Na amostra do presente estudo foram encontradas concentrações altas de fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal total e

sulfatos, acima dos limites estabelecidos pela Resolução. Além disso, valores altos de cloretos também foram observados na região. Conforme CETESB (2014), esses valores altos podem estar relacionados a emissários industriais de petroquímicas e indústrias de fertilizantes ou também emissários de esgoto doméstico. Este aspecto contribui com maior *input* de nutrientes na área e favorecendo o processo de eutrofização do sistema, devido à grande disponibilidade de oxigênio dissolvido, clorofila-*a* e nutrientes essenciais para a produção primária. Esse processo já foi sugerido anteriormente por Bourscheid/Copene (2000).

A análise para sólidos dissolvidos totais e metais (cádmio, cobre, manganês, níquel e zinco) também mostrou-se em desconformidade com a Resolução. Uma das hipóteses é que o corpo d'água tenha se formado devido ao barramento de seu curso natural, em função da construção da estrada que conduz para o Porto. Este acaba recebendo, portanto, a partir do escoamento superficial, sedimentos provenientes de áreas mais elevadas. A

Figura 8.1-69 exemplifica a direção do fluxo sedimentar representada pelas setas e orientadas para o corpo d'água, corroborando a hipótese. Além disso, esse escoamento superficial também pode contribuir para a maior entrada de nutrientes e metais no sistema, seja devido à lixiviação das rochas e solos, ou devido a fontes antrópicas já citadas anteriormente. Na Tabela 8.1-6 apresentam-se os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos analisados para a água superficial continental (doce) próximo a portaria principal do Porto Organizado de Aratu.

O resultado da análise de água superficial continental encontra-se no Anexo 8.4.



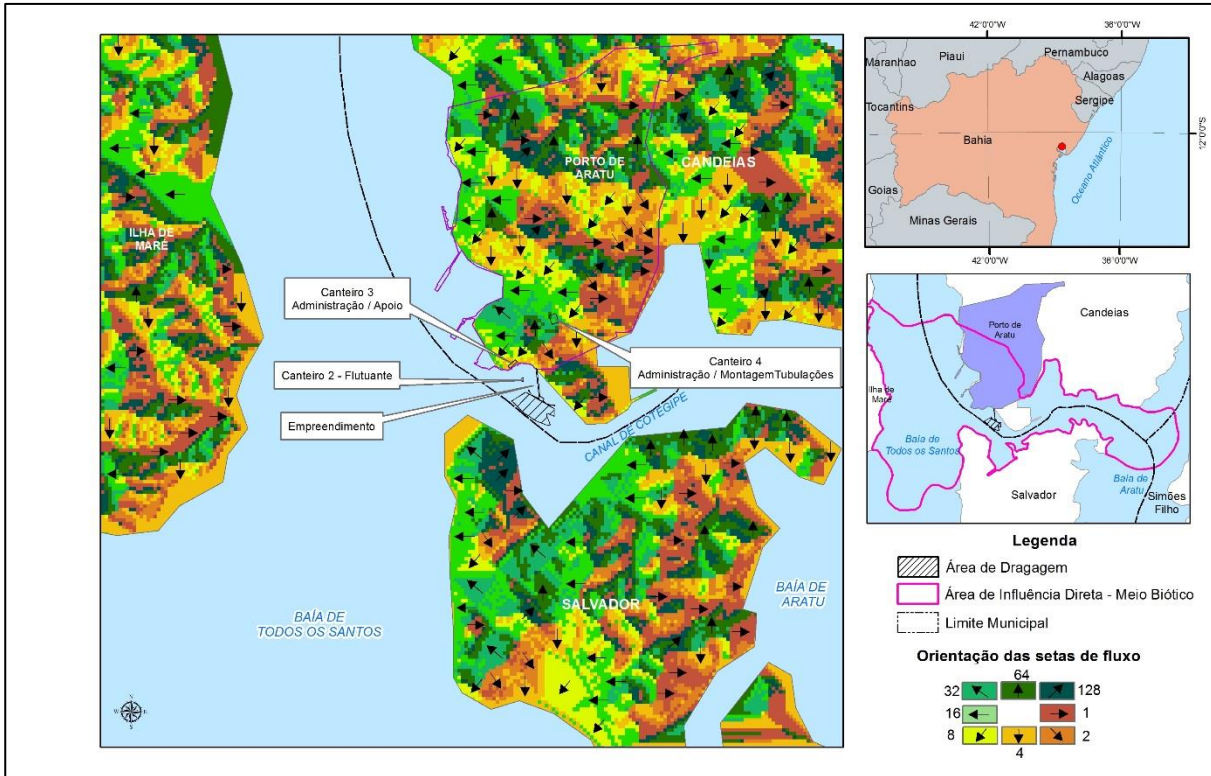


Figura 8.1-69. Representação da direção do fluxo sedimentar. As setas estão orientadas para o corpo d'água, próximo a portaria principal do Porto.

Tabela 8.1-6. Parâmetros físico-químicos analisados para a água superficial continental (doce) próximo a portaria principal do Porto (Bourscheid, 2014).

Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra de água superficial	Res. CONAMA nº 357, Água Doce - Classe 1
<b>Agregados Orgânicos</b>				
DBO 5 dias a 20°C	mg O <sub>2</sub> /L	2	3	3
Fenóis Totais (baixa conc.)	mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/L	0,003	nd	0,003
Óleos e Graxas	mg/L	7	nd	Virtualmente Ausentes
Surfactantes Aniônicos	mg LAS/L	0,011	0,024	0,5
<b>Bifenilas Policloradas (PCB's)</b>				
PCB's	µg/L	0,11	nd	0,001
<b>Ensaio Biológico</b>				
Clorofila <i>a</i>	µg/L	10	<b>67</b>	10
<b>Fenóis</b>				
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	0,000012	nd	0,01
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,01	nd	0,3
Pentaclorofenol	mg/L	0,000011	nd	0,009
<b>Físicos</b>				
Cor verdadeira	mg Pt/L	4	23	Cor Natural
Materiais Flutuantes - Observações de campo	--	--	Ausente	Virtualmente Ausentes
Odor	--	NA	Ausente	Virtualmente Ausentes
Resíduos Sólidos Objetáveis - Observado em campo	--	--	Ausente	Virtualmente Ausentes
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	15	<b>6,21 x 10e3</b>	500
Turbidez	UT	0,62	17,1	40
<b>Herbicidas</b>				
2,4,5-T	µg/L	0,014	nd	2

Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra de água superficial	Res. CONAMA nº 357, Água Doce - Classe 1
2,4,5-TP	µg/L	0,008	nd	10
2,4-D	µg/L	0,008	nd	4
Glifosatos	µg/L	11	nd	65
<b>Herbicidas Triazinas</b>				
Atrazina	µg/L	0,009	nd	2
Simazina	µg/L	0,005	nd	2
<b>Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH's)</b>				
Benzo (a) Antraceno	µg/L	0,01	nd	0,05
Benzo (a) Pireno	µg/L	0,01	nd	0,05
Benzo (b) Fluoranteno	µg/L	0,01	nd	0,05
Benzo (k) Fluoranteno	µg/L	0,01	nd	0,05
Criseno	µg/L	0,01	nd	0,05
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/L	0,01	nd	0,05
Indeno (1,2,3 - cd) Pireno	µg/L	0,01	nd	0,05
<b>Metais</b>				
Alumínio Solúvel	mgAl/L	0,06	0,04	0,1
Antimônio	mg Sb/L	0,003	0,001	0,005
Arsênio	mg As/L	0,01	0,007	0,01
Bário	mg Ba/L	0,0005	0,0033	0,7
Berílio Total	mg Be/L	0,0008	nd	0,04
Boro Total - ICP	mg B/L	0,06	0,08	0,5
Cádmio	mg Cd/L	0,0005	<b>0,0116</b>	0,001
Chumbo	mg Pb/L	0,007	0,003	0,01

Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra de água superficial	Res. CONAMA nº 357, Água Doce - Classe 1
Cobalto Total	mg Co/L	0,0005	0,0148	0,05
Cobre Solúvel	mg Cu/L	0,0015	<b>0,828</b>	0,009
Cromo	mg Cr/L	0,0004	0,0066	0,05
Ferro Solúvel	mg Fe/L	0,028	0,014	0,3
Lítio	mg Li/L	0,006	0,042	2,5
Manganês	mg Mn/L	0,0008	<b>2,49</b>	0,1
Mercúrio	mg Hg/L	0,0002	nd	0,0002
Níquel Total	mg Ni/L	0,0014	<b>0,0508</b>	0,025
Prata total	mg Ag/L	0,002	nd	0,01
Selênio	mg Se/L	0,01	nd	0,01
Urânio Total	mg U/L	0,008	0,011	0,02
Vanádio Total	mg V/L	0,0005	0,0201	0,1
Zinco	mg Zn/L	0,019	<b>0,188</b>	0,18
<b>Microbiológico</b>				
Coliformes Termotolerantes(Coliformes Fecais )	NMP/100 mL	18	110	200
<b>Parâmetros Não Metálicos</b>				
Cianeto Livre ( destilável por ácido fraco)	mg CN/L	0,0011	0,009	0,005
Cloretos	mg/L	0,08	<b>2206</b>	250
Fluoretos	mg F/L	0,014	0,552	1,4
Fósforo Total	mg P/L	0,016	<b>2,76</b>	#
Nitrato	mg N/L	0,008	<b>44</b>	10
Nitritos	mg N/L	0,004	nd	1
Nitrogênio Amoniacal Total	mg N/L	0,023	<b>3,54</b>	§
Oxigênio Dissolvido	mg O2/L	--	8,03	≥6

Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra de água superficial	Res. CONAMA nº 357, Água Doce - Classe 1
pH - água	--	--	5,71	6,0 - 9,0
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	0,03	415	250
Sulfeto de Hidrogênio - H <sub>2</sub> S Ñ Dissoc (baixa conc.)	mg S/L	0,009	nd	0,002
<b>Pesticidas Organoclorados</b>				
4,4-DDD	µg/L	0,001	nd	0,002
4,4-DDE	µg/L	0,001	nd	0,002
4,4-DDT	µg/L	0,001	nd	0,002
Alaclor	µg/L	0,003	nd	20
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,002	nd	0,005
Clordano (cis + trans)	µg/L	0,006	nd	0,04
Dodecacloro pentaciclodecano	µg/L	0,001	nd	0,001
Endossulfan I	µg/L	0,008	nd	0,056
Endossulfan II	µg/L	0,002	nd	0,056
Endossulfan Sulfato	µg/L	0,004	nd	0,056
Endrin	µg/L	0,004	nd	0,004
gama - BHC (lindano)	µg/L	0,0006	nd	0,02
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,002	nd	0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,003	nd	0,0065
Metolaclor	µg/L	0,002	nd	10
Metoxicloro	µg/L	0,007	nd	0,03
Toxafeno	µg/L	0,2	nd	0,01
Trifluralina	µg/L	0,004	nd	0,2
<b>Pesticidas Organofosforados</b>				
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	µg/L	0,1	nd	0,1



Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra de água superficial	Res. CONAMA nº 357, Água Doce - Classe 1
Gution	µg/L	0,02	nd	0,005
Malation	µg/L	0,014	nd	0,1
Paration	µg/L	0,016	nd	0,04
<b>Semivoláteis-SVOC</b>				
2-Clorofenol	µg/L	0,3	nd	0,1
Benzidina	µg/L	0,02	nd	0,001
Carbaril	µg/L	0,02	nd	0,02
Tributilestanho	µg/L	0,022	nd	0,063
<b>Solventes Aromáticos</b>				
Benzeno	mg/L	0,0004	nd	0,005
Estireno	mg/L	0,0005	nd	0,02
Etilbenzeno	mg/L	1,4	nd	90
Tolueno	mg/L	2,9	nd	2
Xilenos	mg/L	4,4	nd	300
<b>Solventes Halogenados</b>				
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,003	nd	0,003
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/L	0,0019	nd	0,02
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/L	0,0024	nd	0,02
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,0019	nd	0,01
Diclorometano	mg/L	0,003	nd	0,02
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	0,002	nd	0,002
Tetracloroetano	mg/L	0,0018	nd	0,01
Tricloroetano	mg/L	0,0029	nd	0,03

Parâmetros	Unidade	LQ	Amostra de água superficial	Res. CONAMA nº 357, Água Doce - Classe 1
<b>Solventes Não Halogenados</b>				
Acrilamida	µg/L	0,4	nd	0,5

Legenda:

LD: Limite de detecção do método

nd: não detectado

# Fósforo total:

Ambiente Léntico 0,020 mg P/L.

Ambientes intermediários e tributários diretos de ambiente lântico 0,025 mg P/L

Ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários 0,1 mg P/L

§ Nitrogênio Amoniacal:

3,7 mg N/L, para pH <= 7,5

2,0 mg N/L, para 7,5 < pH <= 8,0

1,0 mg N/L, para 8,0 < pH <= 8,5

0,5 mg N/L, para pH > 8,5

#### **8.1.8.2.1.4 Conclusões**

Os resultados apresentados para a qualidade das águas superficiais no corpo d'água na AID mostram valores elevados tanto para as análises químicas quanto para as análises relacionadas com a microbiologia. A fonte de origem para os valores considerados altos podem estar relacionados à presença de indústrias petroquímicas, de fertilizantes e de esgotos domésticos. Outro elemento que pode estar contribuindo para a presença elevada de alguns parâmetros é o escoamento superficial relacionado à lixiviação de rochas e solos contribuindo para a maior entrada de nutrientes, metais e disponibilizando sólidos dissolvidos na coluna d'água. A hipótese considerada faz referência ao potencial barramento do curso d'água, em decorrência da construção da estrada que conduz ao Porto, represando as águas e tornando o sistema um receptor de fluídos das partes mais elevadas.

#### **8.1.8.2.2 Águas Superficiais Salinas**

A Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei Federal nº 9.433/1997, tem como um de seus instrumentos o enquadramento dos corpos de água em classes. De acordo com o artigo 9, os objetivos desse enquadramento são:

- Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- Diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

No inciso XI do artigo 44 da mesma lei, ficou determinado que compete à Agência Nacional de Águas, no âmbito de sua área de atuação, propor ao respectivo Comitê de Bacia o enquadramento dos corpos de água em classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes. ”

O único documento legal que versa sobre o enquadramento das águas da Baía de Todos os Santos é a Resolução nº 1.152/1995 do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CEPRAM), que enquadra as águas da Baía de Todos os Santos como Classe 5, definida pela Resolução nº CONAMA 20/86. Conforme esta resolução:

As águas classe 5 destinam-se à recreação de contato primário; à proteção das comunidades aquáticas e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Importante destacar que a Resolução CONAMA nº 20/86 foi revogada pela CONAMA nº 357/05, a qual reclassificou as classes de água. Sendo assim, conforme a classificação proposta pela Resolução

nº 357/05, a Baía de Todos os Santos pode ser enquadrada como águas salinas Classe 1, que são destinadas:

À recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à proteção das comunidades aquáticas e à aquicultura e à atividade de pesca.

A qualidade da água pode ser definida basicamente pelo conjunto de características físicas, químicas e biológicas que o corpo d'água apresenta de acordo com o uso o qual ele é classificado. Assim, de acordo com a sua utilização, existe um conjunto de critérios e normas para a qualidade da água, que variam com a sua finalidade, seja ela consumo humano, uso industrial ou agrícola, lazer ou manutenção do equilíbrio ambiental.

#### **8.1.8.2.2.1 Metodologia**

Com o objetivo de avaliar a qualidade das águas superficiais salinas na área de influência do empreendimento, foi realizada uma campanha em 13 de maio de 2013 e 09 de abril de 2014. Na campanha de 2013, o esforço amostral concentrou-se em cinco (05) estações na área diretamente afetada (ADA), com coletas de amostras superficiais. Na campanha de 2014 o esforço amostral concentrou-se em três estações localizadas na área de influência direta (AID) com coletas amostras do extrato superfície, meia água e fundo (

Figura 8.1-70 e Quadro 8.1-11).

Por fim, considerando o enquadramento das águas da Baía de Todos os Santos supracitado, os resultados das análises foram comparados aos limites estabelecidos para Águas Salinas Classe 1 (Resolução CONAMA nº 357/05).

As análises de água das campanhas de 2013 e 2014 foram realizadas por laboratório especializado e os parâmetros físico-químicos e biológicos analisados e os limites de quantificação da análise são apresentados na Tabela 8.1-7 e Tabela 8.1-8, respectivamente. Os laudos laboratoriais das duas campanhas são apresentados no Anexo 8.5.

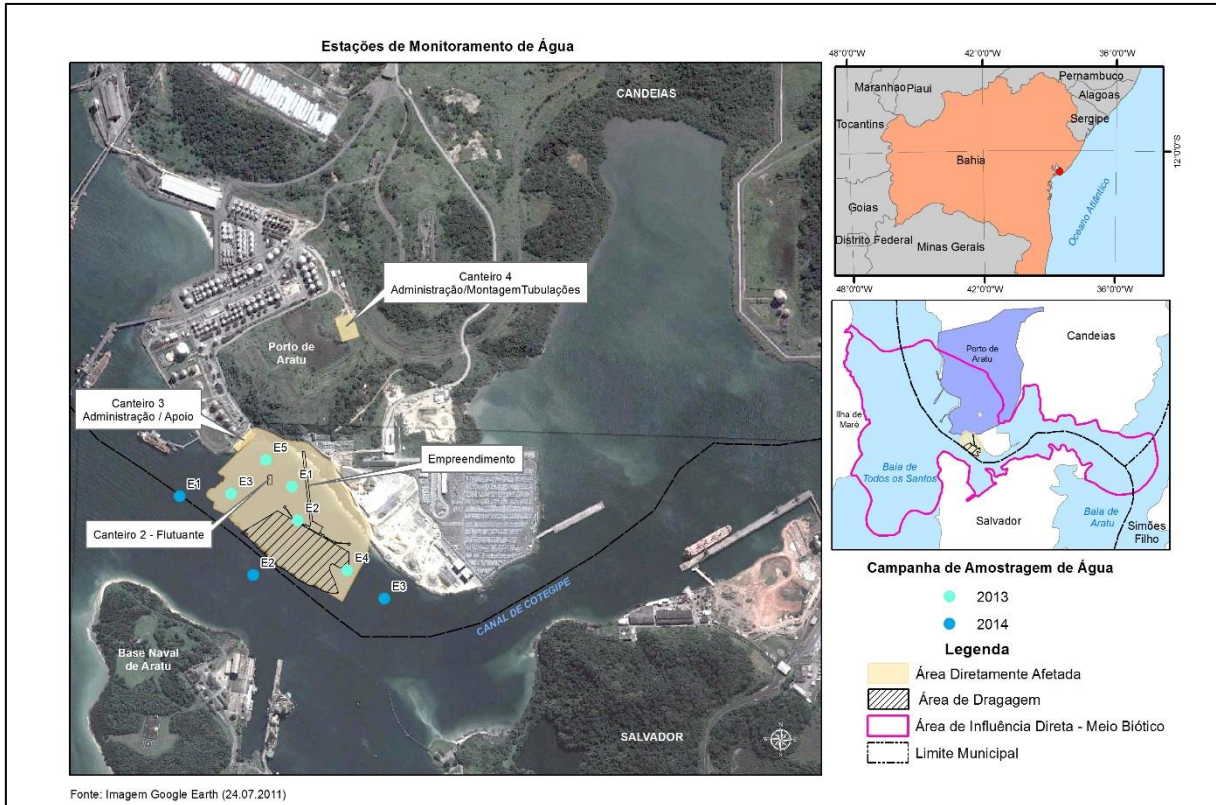


Figura 8.1-70. Localização das estações de coleta de água na ADA do empreendimento (verde) e na AID do empreendimento (azul) (Fonte: Imagem Google, 2011).

Quadro 8.1-11. Coordenadas UTM das estações de monitoramento de água da campanha de 2013 e 2014 (Datum WGS84, fuso 24L).

Estação de monitoramento	Coordenadas UTM
<b>Campanha maio/2013 – ADA</b>	
Estação 1	554974 W / 8586458 S
Estação 2	554994 W / 8586341 S
Estação 3	554766 W / 8586433 S
Estação 4	555164 W / 8586171 S
Estação 5	554885 W / 8586549 S
<b>Campanha abril/2014 – AID</b>	
Estação 1	554589 W / 8586424 S
Estação 2	554841 W / 8586154 S
Estação 3	555292 W / 8586073 S

### 8.1.8.2.2 Resultados

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) na água podem representar um fator limitante para a vida marinha. Seus níveis indicam a capacidade que o ambiente tem em manter os organismos vivos, sendo ele um elemento vital para o metabolismo dos organismos aeróbicos. Alterações significativas nestas concentrações podem estar relacionadas a impactos ambientais, como por exemplo,



eutrofização e poluição orgânica (ESTEVES, 1988; LALLI & PARSONS, 1995). A variação nos valores de OD pode ocorrer por aumento de densidades fitoplanctônicas, que através da fotossíntese disponibilizam oxigênio para o meio; através do consumo de microorganismos, na decomposição de matéria orgânica (oxidação), à liberação para a atmosfera, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos – ferro (II) e manganês (HILL *et al.*, 1993) entre outros. Concentrações de oxigênio abaixo de 5 mg/L ameaçam o funcionamento e a sobrevivência da biota aquática e abaixo de 2 mg/L pode levar à morte a maioria dos peixes (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992).

No atual estudo, os valores de OD estiveram em desconformidade com a Classe 1 de águas salinas (< 6mg/L) em todas as estações e profundidades, exceto na superfície da estação 1, em que a concentração foi de 6,36 mg/L (Figura 8.1-71). Nas demais estações e profundidades, as concentrações de OD variaram de 5,08 mg/L (superfície da estação 2) a 6,00 mg/L (meio da coluna d'água da estação 1). No entanto, considera-se que as concentrações observadas não implicam em comprometimento da biota aquática. Na campanha de 2013, que contemplou amostragens de água superficial em cinco estações na área diretamente afetada (ADA), as concentrações de OD variaram de 5,7 a 7 mg/L (Tabela 8.1-7), apresentando, portanto, valores em desconformidade com a Resolução, mas superiores em relação aos valores encontrados na atual campanha. Já os valores de pH estiveram dentro da faixa estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/05, variando de 7,71, no fundo da estação 2, até 8,05, no fundo da estação 1 e na profundidade de meia água da estação 3 (Figura 8.1-72). Na campanha de 2013, os valores de pH variaram de 7,92 a 8,07 (Tabela 8.1-7), sendo, portanto, condizentes com os valores encontrados na presente campanha. Nas estações 2 e 3, as maiores concentrações de oxigênio e os maiores valores de pH ocorreram na profundidade de meia água.

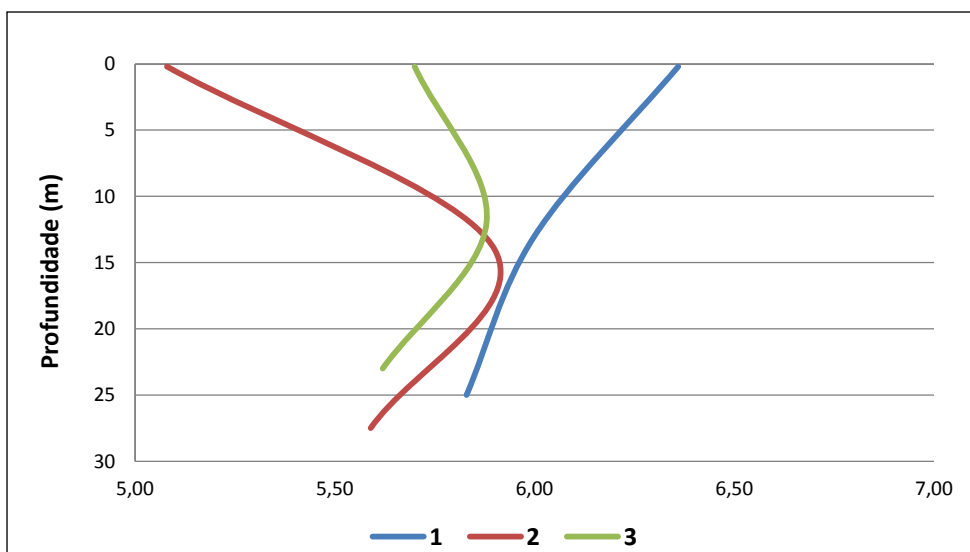


Figura 8.1-71. Perfis de oxigênio dissolvido (mg/L) obtidos nas estações da atual campanha (2014).

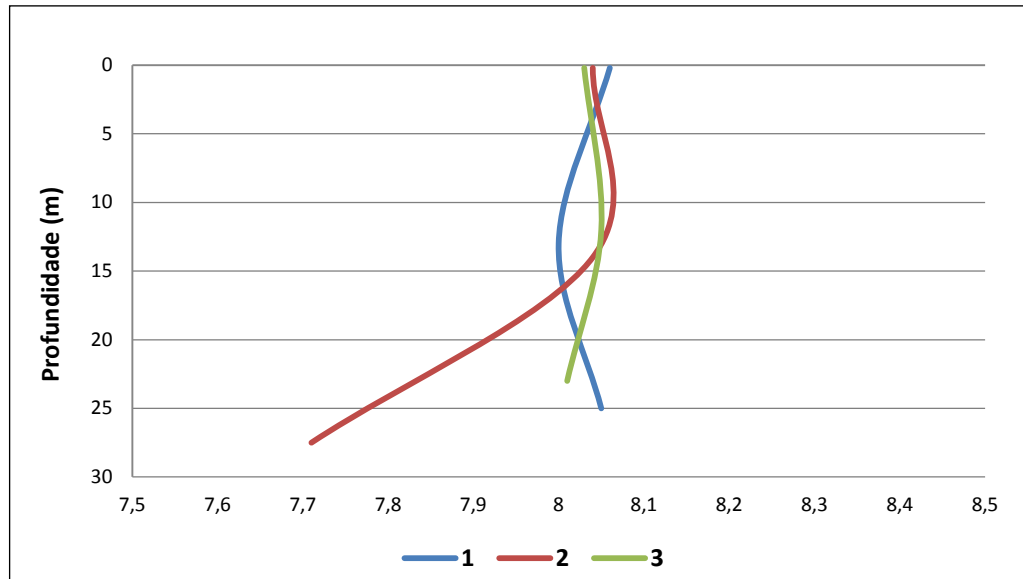


Figura 8.1-72. Perfis de pH obtidos nas estações de coleta da atual campanha (2014).

A temperatura da água variou de 29°C, no fundo da estação 3, até 30,2°C, na superfície da mesma estação (Figura 8.1-73) As maiores temperaturas foram encontradas nas profundidades mais superficiais da coluna d'água. Os valores de temperatura encontrados na atual campanha foram maiores em relação à campanha anterior (2013), que encontrou temperatura constante entre as estações, que foi de 28°C. A salinidade variou de 34,23, na superfície da estação 2, a 35,2, no fundo da mesma estação (Figura 8.1-74). Nas estações 1 e 2, as maiores salinidades foram encontradas na maior profundidade. Como a profundidade máxima de coleta foi 27,5 m, não houve uma variação significativa de temperatura e salinidade ao longo da coluna d'água das estações.

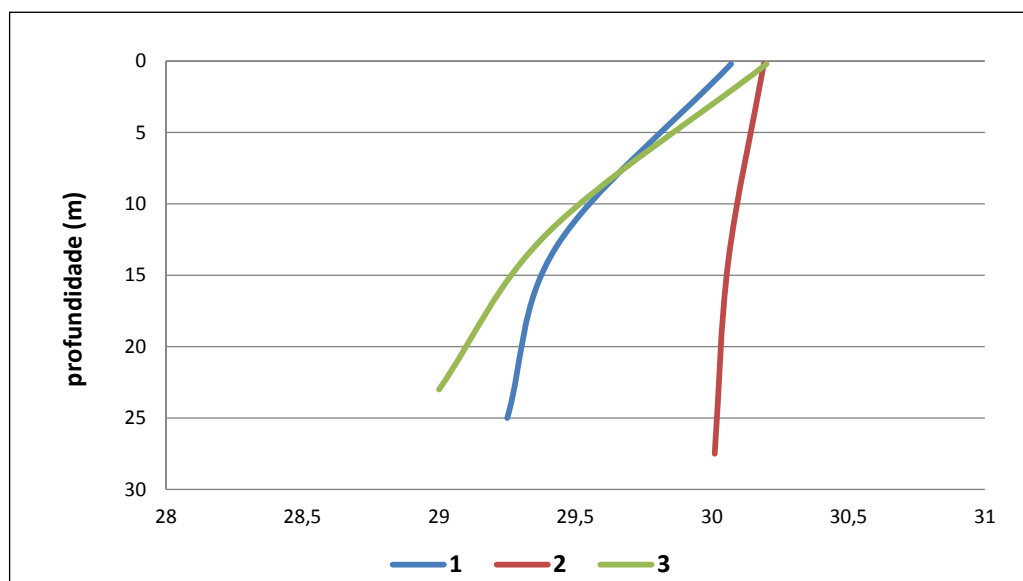


Figura 8.1-73. Temperatura da água nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha.

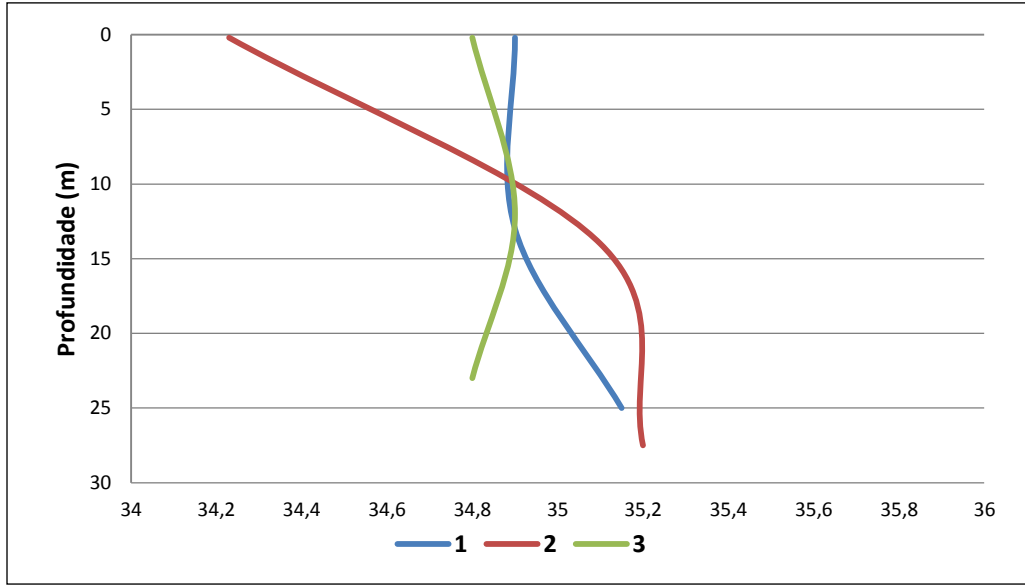


Figura 8.1-74. Valores de salinidade obtidos nas profundidades de coleta das diferentes estações amostrais da atual campanha

O principal agente responsável na produção de carbono orgânico (CO) anualmente nos oceanos, em escala global, é a produção primária fitoplanctônica, produzindo aproximadamente  $2 \times 10^{16}$  g de C (MILLERO, 2002; CHESTER, 2003). Outro fato interessante é que cerca de 80% dessa produção ocorre em mar aberto e cerca de 20% em regiões costeiras (CHESTER, 2003). Contudo, as margens continentais são apontadas como os principais reservatórios de CO no ambiente marinho, recebendo um aporte de aproximadamente  $1,3 \times 10^{14}$  g de CO por ano, levando-se em conta nessa estimativa material tanto de origem terrestre quanto marinha (PRAHL *et al.*, 1994). Ao longo das estações, o carbono orgânico total (COT) apresentou uma variação de 1,3 mg/L, na meia água da estação 2, a 1,9 mg/L, em meia água da estação 1 (Figura 8.1-75). De maneira geral, as maiores concentrações de COT foram encontradas na superfície das estações 2 e 3. Conforme a Resolução CONAMA nº 357/05, para águas salinas Classe 1, o valor máximo para o parâmetro COT é de 3,0 mg/L, o qual não foi excedido em nenhuma amostra da presente campanha. Na campanha anterior, não foram encontradas concentrações quantificáveis de COT (Tabela 8.1-7).

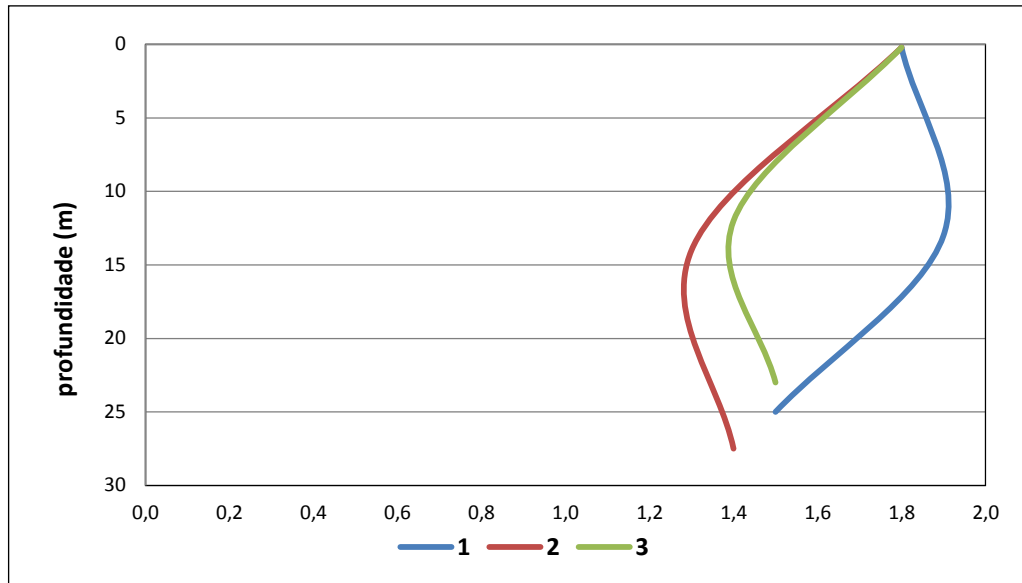


Figura 8.1-75. Perfis das concentrações de COT obtidos nas estações amostrais da atual campanha.

A análise microbiológica, por sua vez, mostrou a presença de coliformes termotolerantes em uma amostra, em baixa concentração (20 NMP/100mL na superfície da estação 1), sendo que nas demais amostras não foram detectadas concentrações significativas (todas as concentrações foram menores que 18 NMP/100mL). Os valores encontrados estiveram abaixo do limite estabelecido pela CONAMA nº 357/05, que é de 1.000 NMP/100mL. Na campanha de 2013, também foram encontradas baixas concentrações de coliformes termotolerantes (Tabela 8.1-7). Este fato é indicativo de ausência de lançamento de esgoto doméstico não tratado, visto que os coliformes termotolerantes estão presentes em fezes, principalmente humanas.

A análise dos nutrientes na água do mar em estudos ambientais é usual devido, principalmente, a dois fatores: seu papel fundamental para a vida e metabolismo do fitoplâncton (base da cadeia trófica) e a presença de destes em efluentes domésticos e industriais, com isso indicando despejo desse material no meio (AIDAR *et al.*, 1993).

Os nutrientes e em especial o nitrogênio, no meio marinho, são fatores que limitam o crescimento da biomassa fitoplanctônica. As razões entre as concentrações molares do nitrogênio, fósforo e silício na camada eufótica das águas marinhas e os processos determinantes do seu enriquecimento por esses elementos são capazes de induzir não somente alterações na densidade das comunidades fitoplanctônicas, como também dar subsídios para explicar a composição qualitativa dessas comunidades, a competição e a exclusão de algumas espécies (DUGDALE & GOERING, 1967; RYTHER & DUNSTAN, 1971).

O nitrogênio amoniacal ou amônia é uma substância tóxica não persistente e não cumulativa. Em baixas concentrações, como é comumente encontrada, não causa nenhum dano fisiológico a seres humanos e animais. Grandes quantidades deste, entretanto, podem causar sufocamento de peixes. A concentração total de nitrogênio amoniacal é altamente importante considerando-se os aspectos tópicos do ambiente (IGAM, 2006).

Neste estudo todas as concentrações observadas dos íons nitrato e nitrito da série nitrogenada nas três profundidades das três estações estiveram abaixo dos limites de detecção (LD = 0,1 mg/L e 0,002 mg/L, respectivamente) do método de análise, portanto a ausência de concentrações indica que o nitrogênio pode estar agindo como limitante da produção primária nestas águas. Por outro lado, foram encontradas concentrações de nitrogênio amoniacal variando de não detectado, nas profundidades superfície e meia água da estação 2, a 0,119 mg/L, na superfície da estação 1 (Figura 8.1-76). Não foi verificado um padrão de distribuição horizontal ou vertical das concentrações de nitrogênio amoniacal. Na primeira campanha também não foram encontradas concentrações detectáveis de nitrato e nitrito, e as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram de 0,1 a 0,2 mg/L (Tabela 8.1-7), sendo semelhantes as encontradas na presente campanha de 2013. Importante destacar que os LQ utilizados foram inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/04, por este motivo, considera-se que as concentrações de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal estiveram em conformidade com a Classe Águas Salinas Classe 1.

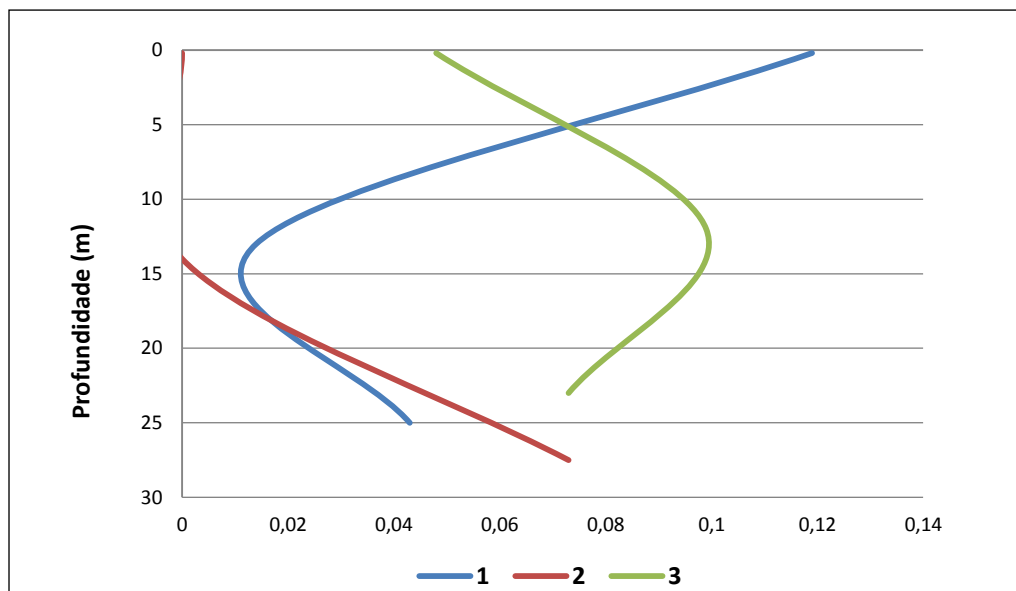


Figura 8.1-76. Perfis de nitrogênio amoniacal (mg/L) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha.

Já o fósforo foi analisado como fósforo total e como polifosfatos. O fósforo total inclui as formas orgânicas e inorgânicas, cuja origem pode ser natural, por intemperismo das rochas fosfáticas,



chuvas e lixiviação dos solos pelas águas das chuvas, ainda ter origem ou antrópica (majoritariamente em formas inorgânicas), através de fertilizantes químicos nos solos e efluentes urbanos (com polifosfatos de produtos de limpeza e ortofosfato e fosfatos inorgânicos) (RUTTENBERG, 1992; MARINS *et al.*, 2007).

As concentrações do fósforo total não apresentaram um padrão de distribuição horizontal ou vertical, variando de não detectado (LD = 0,005 mg/L), na profundidade de meia água da estação 2, até 0,022 mg/L, no fundo da estação 1 (Figura 8.1-77). Portanto, todas as concentrações observadas estiveram bem abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 (<0,062 mg/L) nas três estações de coleta. Na campanha de 2013, as concentrações variaram de 0,05 a 0,06 mg/L (Tabela 8.1-7), sendo portanto, maiores do que as encontradas na atual campanha.

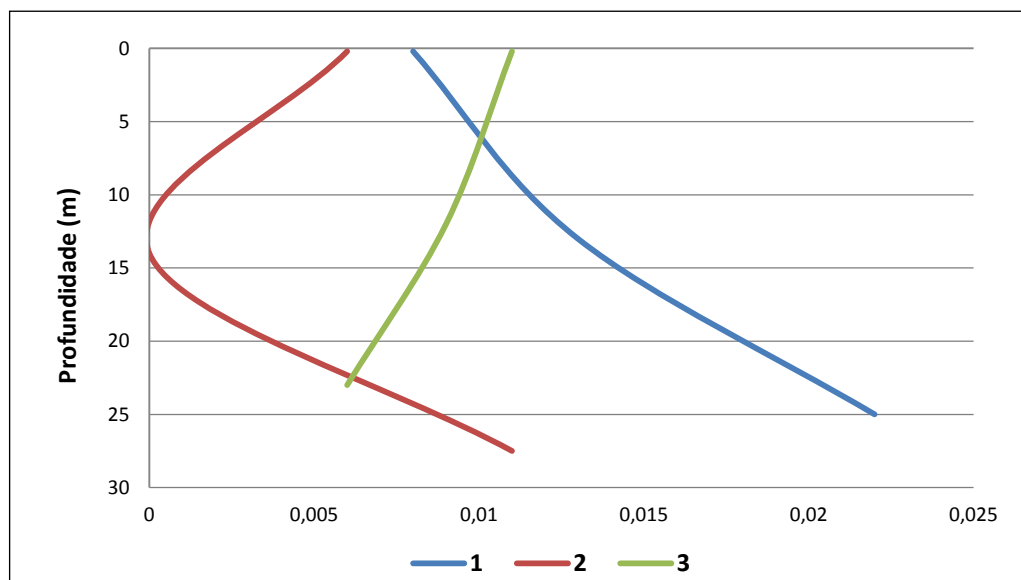


Figura 8.1-77. Perfis de fósforo total (mg/L) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha.

Os íons polifosfato são ânions com várias unidades fosfato ligados por oxigênios comuns compartilhados, comumente utilizados em detergentes. Além dos detergentes, Baird (2002) cita como fonte de fosfato para o ambiente os esgotos brutos e escoamento de fazendas que utilizam fertilizantes. O excesso de fosfato na água pode causar superfertilização das plantas.

No presente estudo o fosfato apresentou concentrações baixas, variando de não detectado (LD = 0,002 mg/L), na profundidade de meia água das estações 1 e 2 e na superfície da estação 3, até 0,008 mg/L, no fundo da estação 2 (Figura 8.1-78). Nas estações 1 e 2, as maiores concentrações de polifosfato foram encontradas na maior profundidade. Considerando o limite da CONAMA nº 357/05 de 0,031 mg/L, conclui-se que as amostras analisadas estão em conformidade com a referida

resolução. Na campanha anterior (2013), não foram detectadas concentrações de polifosfatos (Tabela 8.1-7).

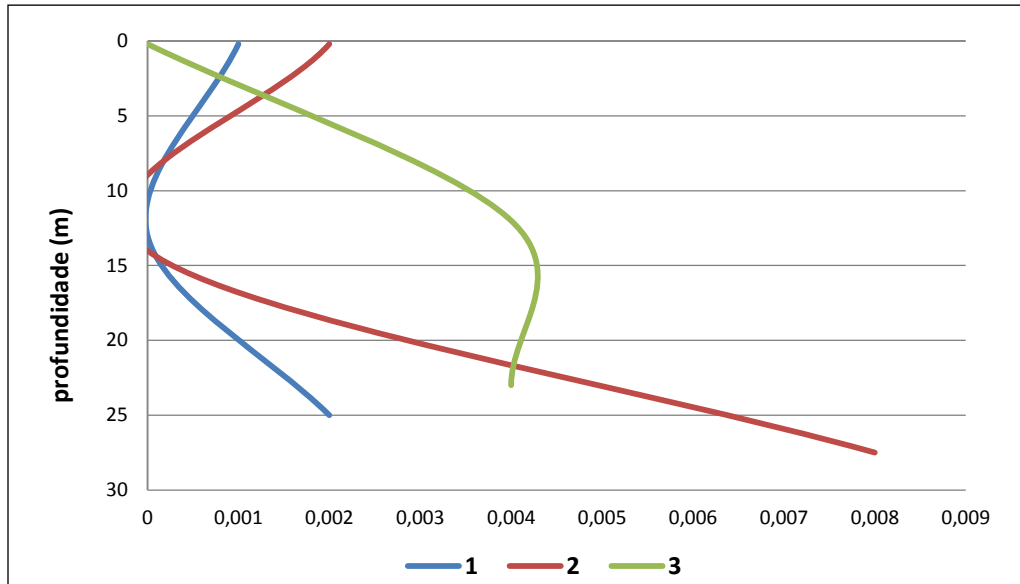


Figura 8.1-78. Perfis de polifosfatos (mg/L) obtidos nas diferentes estações amostrais da atual campanha.

Os metais chegam aos oceanos por origem natural (intemperismo de rochas e deposição atmosférica) e antrópica (efluentes industriais, rurais e domésticos). A descarga de metais pesados em ambientes aquáticos pode promover alterações significativas nos comportamentos físicos, químicos e biológicos, tanto do corpo receptor (VEGA, 1998), como do próprio metal (WITTERS, 1998; VELASQUEZ, 2002), evidenciando que tanto as águas receptoras podem influenciar o comportamento e a toxicidade dos metais, quanto este pode acarretar em efeitos e respostas biológicas. Dependendo das condições ambientais, o metal pode variar a densidade, a diversidade, a estrutura da comunidade e a composição das espécies de populações existentes no ambiente aquático. O grau de variação dependerá amplamente da concentração de metais na água e no sedimento. As mudanças nas características do meio aquático pelo aporte de espécies metálicas antropogênicas podem provocar efeitos deletérios à biota aquática. Considerando as interdependências entre os organismos aquáticos, estas modificações sempre proporcionam desequilíbrios ecológicos (HUDSON, 1998).

Alguns metais são essenciais ao metabolismo de seres vivos, caso do zinco, cobre, manganês, cobalto e magnésio, enquanto outros são tóxicos a diversos organismos, como mercúrio, chumbo, cádmio, cromo, níquel, estanho e prata (ESTEVES, 1988). Baird (2002) aborda metais pesados e cita mercúrio, chumbo, cádmio e arsênio como os de maior risco ambiental devido ao seu uso intenso, toxicidade e ampla distribuição. Os males da acumulação de metais compreendem efeitos na saúde humana,

levando a casos de mortes, como já visto em doenças causadas por contaminação por mercúrio e cádmio (ZAGGATO & BERTOLETTI, 2008). Estes autores ratificam que em ecossistemas aquáticos a especiação de metais pesados compreende várias formas físico-químicas na coluna d'água e seus particulados suspensos, sedimentos e águas intersticiais.

Na água é mais difícil a detecção de metais devido à diluição das concentrações. Talvez por este motivo, as concentrações de metais no presente estudo apresentaram, via de regra, valores considerados baixos por estarem abaixo do LQ utilizado e, por consequência, em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05. Dentre os metais analisados (alumínio, arsênio, bário, berílio, boro, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, níquel, prata, selênio, tálio e zinco), nenhum deles apresentou concentrações acima do limite para águas salinas classe 1 em nenhuma das profundidades e das estações. Na campanha de 2013, apenas o Boro apresentou concentrações (média  $8,06 \pm 0,33$  mg/L) acima do estabelecido pela Resolução (Tabela 8.1-7).

O íon cianeto ( $CN^-$ ) é utilizado, principalmente, na mineração, refino e eletrodeposição de metais (como ouro, cádmio e zinco). Este íon pode se ligar a íons metálicos da matéria viva, impedindo que ocorram certas reações metabólicas, como a utilização do oxigênio molecular pelas células (por estar ligado ao ferro das proteínas necessárias para essa ação), constituindo assim uma ameaça aos organismos. Outro ponto de destaque é a sua estabilidade, que faz com que não ocorra decomposição natural no meio ambiente, necessitando de tratamento químico para tal (BAIRD, 2002). Ressalta-se que nas três estações deste estudo não foram detectadas concentrações de cianeto. Na campanha anterior também não foram detectadas concentrações de cianetos (Tabela 8.1-7).

A análise dos poluentes orgânicos em amostras de água se faz necessária devido aos efeitos negativos que estes elementos podem trazer quando disponíveis no meio aquático. Segundo Baird (2002) o uso de produtos químicos sintéticos, como solventes, inseticidas e pesticidas, pode ter efeitos negativos devido à toxicidade de diversas dessas substâncias que, além de alterar o meio aquático e seus organismos, podem afetar a saúde humana.

O tributilestanho (TBT) foi utilizado por muitos anos como agente anti-incrustante em tintas náuticas. Teve seu uso suspenso no Brasil pela Marinha em 2003, pois acarreta contaminações nas águas, sendo o principal efeito alterações hormonais em organismos, como o *imposex* (desenvolvimento de características sexuais masculinas em organismos fêmeas) em gastrópodes marinhos (TOSTE *et al.*, 2011).

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. São compostos pouco solúveis ou insolúveis em água, ligeiramente ácidos, obtidos principalmente através de extração de óleos. Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos, e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Segundo informações da CETESB (2009), indústrias de processamento de borracha, colas, adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais.

Já os pesticidas organoclorados tiveram seu uso iniciado devido a uma baixa solubilidade em água, propagada como aspecto positivo inicialmente. Porém, com os anos de uso notou-se que as baixas concentrações em estado dissolvido não garantiam a segurança do uso, pois estes elementos se ligam a superfície de materiais particulados. Com isso, são introduzidos nos organismos, atingindo altas concentrações em peixes e, por consequência, em seus consumidores (BAIRD, 2002).

Foram realizadas análises de tributilestanho (TBT), fenóis (pentaclorofenol) e diversos pesticidas organoclorados (Aldrin + Dieldrin, clordano (cis+trans), DDT (p,p'-DDT+ p,p'-DDE + p,p'-DDD), dodecacloro pentaciclodecano, endossulfan (a+b+sulfato), Endrin, gama-BHC (lindano), gama-Clordano, Heptacloro epóxido + heptacloro, metoxicloro, e Toxafeno) e em nenhuma estação foram detectadas concentrações acima do limite de detecção. Na campanha de 2013 também não foram detectadas concentrações acima do limite de quantificação (Tabela 8.1-7).

Merecem destaque os parâmetros heptacloro e toxafeno que, apesar de não apresentarem concentrações acima do LQ do método de análise, não é possível concluir que as concentrações destes parâmetros estão em conformidade com a CONAMA nº 357/05. Uma vez que os LQ adotados são superiores ao limite para águas salinas Classe 1; a análise realizada para estes parâmetros permite afirmar apenas que as concentrações encontradas obedecem aos limites para águas salinas Classe 2.

Os resultados encontrados nas cinco estações amostradas da primeira campanha, realizada na ADA do empreendimento, bem como os limites de quantificação da análise e o limite estabelecido na Resolução, estão compilados na Tabela 8.1-7. Os resultados encontrados nas três profundidades (superfície, meio e fundo) das três estações amostradas (1, 2 e 3) da atual campanha, realizada na AID do empreendimento, bem como os limites de quantificação da análise e o limite estabelecido na CONAMA nº 357/05, estão compilados na Tabela 8.1-8.

Tabela 8.1-7. Resultados das análises das amostras de água coletadas na campanha de 2013 na ADA do empreendimento.

Parâmetro	Unidade	LQ	E1	E2	E3	E4	E5	CONAMA 357/05 Águas Salinas Classe 1
Carbono Orgânico Total	mg/L	2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	3
2,4,5-T	µg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	10
2,4,5-TP	µg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	10
2,4-D	µg/L	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	30
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0019
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,01	1,31	1,3	1,29	1,28	1,29	1,5
Arsênio Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Bário	mg/L	0,01	0,104	0,104	0,104	0,104	0,11	1
Benzeno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	700
Berílio Total	µg/L	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5,3
Boro	mg/L	0,01	7,9	7,7	7,9	8,3	8,5	5,0
Cádmio Total	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005
Carbaril	µg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,32
Chumbo Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Cianeto Livre	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,004
Cloro Total	mg/L	0,01	0,05	0,01	0,11	0,05	0,06	0,01
Cobre Dissolvido	mg/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005
Coliformes Termotolerantes ( <i>E. coli</i> )	NMP /100m L	1	< 1	1	3	< 1	11	1000
Cromo Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
Demeton (Demeton-O e Demeton-S)	µg/L	0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,1
Dodecacloropentaciclodecano	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Endossulfan (a, b e sulfato)	µg/L	0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,03

Parâmetro	Unidade	LQ	E1	E2	E3	E4	E5	CONAMA 357/05 Águas Salinas Classe 1
Endrin	µg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004
Etilbenzeno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	25
Ferro Dissolvido	mg/L	0,01	0,142	0,119	0,148	0,163	0,112	0,3
Fluoreto	mg/L	0,1	1	1	1	1	1	1,4
Fósforo Total	mg/L	0,01	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,062
Gution	µg/L	0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,01
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,001
Índice de Fenóis	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,06
Lindano (g-HCH)	µg/L	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,004
Malation	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1
Manganês Total	mg/L	0,01	0,0634	0,0603	0,0626	0,0636	0,0663	0,1
Materiais Flutuantes	---	---	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Mercúrio Total	mg/L	0,000075	< 0,00007	< 0,00007	< 0,00007	< 0,00007	< 0,00007	0,0002
Metoxicloro	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
Monoclorobenzeno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	25
Níquel Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,025
Nitrato (com o N)	mg/L	0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,4
Nitrito (com o N)	mg/L	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,07
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4
Óleos e Graxas Visíveis	---	---	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Oxigênio Dissolvido	mg/L	0,1	5,8	7	5,7	5,9	6	> 6
PCB's - Bifenilas P olicloradas	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,03
Pentaclorofenol	mg/L	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,0079
p,p' -DDT + p,p' -DDD + p,p'-DDE	µg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,001



Parâmetro	Unidade	LQ	E1	E2	E3	E4	E5	CONAMA 357/05 Águas Salinas Classe 1
pH (a 25°C)	---	2 a 13	8,06	8	7,92	8,07	8	6,5 - 8,5
Polifosfato	m g/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,031
Prata Total	m g/L	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005
Resíduos Sólidos Objetáveis	---	---	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Selênio Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	100	40000	40000	38880	39140	40600	---
Substâncias que Comunicam Odor	---	---	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Sulfetos (com o H2S não dissociado)	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002
Surfactantes (com o LAS)	mg/L	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2
Tálio	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1
Temperatura	°C	---	28	28	27	28	28	---
Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	215
Toxafeno	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,0002
Tributilestanho	µg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Triclorobenzenos	µg/L	3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	80
Tricloroetano	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	30
Urânio	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,5
Zinco Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,09
Legenda:		Valor em desconformidade com os limites para Águas salinas Classe 1 da resolução CONAMA nº 357/05						

Tabela 8.1-8. Resultados das análises das amostras de água coletadas na campanha de 2014, na AID do empreendimento. Profundidades: S = superfície, M = meia água e F = fundo, nd = não detectado.

Parâmetro	Unidade	LQ	LD	1 S	1 M	1 F	2 S	2 M	2 F	3 S	3 M	3 F	CONAMA 357/05 Águas Salinas Classe 1
Carbono Orgânico Total	mg/L	1,0	0,5	1,8	1,9	1,5	1,8	1,3	1,4	1,8	1,4	1,5	3
2,4,5-T	µg/L	0,014	0,004	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10
2,4,5-TP	µg/L	0,008	0,002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10
2,4-D	µg/L	0,008	0,002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	30
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,001	0,0005	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,0019
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,033	0,01	0,027	nd	0,049	0,076	0,031	nd	nd	0,021	0,081	1,5
Arsênio Total	mg/L	0,005	0,002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
Bário	mg/L	0,0008	0,0002	0,0063	0,0052	0,0055	0,0064	0,0055	0,0058	0,006	nd	0,0056	1
Benzeno	µg/L	1,7	0,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	700
Berílio Total	µg/L	0,5	0,2	nd	nd	nd	nd	nd	0,2	0,2	nd	0,3	5,3
Boro	mg/L	0,2	0,07	2,9	2,7	3,5	3,3	3,5	3,4	2,7	3,3	3,4	5
Cádmio Total	mg/L	0,0005	0,0002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,005
Carbaril	µg/L	0,02	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,32
Chumbo Total	mg/L	0,0014	0,0004	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
Cianeto Livre	mg/L	0,0011	0,0003	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,001
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,003	0,001	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,004
Cobre Dissolvido	mg/L	0,0015	0,0005	0,0025	0,0272	nd	0,0026	0,0008	0,0021	0,0024	0,0023	0,0062	0,005
Coliformes Termotolerantes	NMP /100m L	18	---	20	< 18	< 18	< 18	< 18	< 18	< 18	< 18	< 18	1000
Cromo Total	mg/L	0,0008	0,0002	0,0012	0,0011	0,0043	0,0024	0,0050	0,0037	0,0018	nd	0,0041	0,05
Demeton (Demeton-O e Demeton-S)	µg/L	0,1	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,1
Dodecacloropentaciclodecano	µg/L	0,001	0,0003	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,001
Endossulfan (a, b e sulfato)	µg/L	0,008	0,002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03

Parâmetro	Unidade	LQ	LD	1 S	1 M	1 F	2 S	2 M	2 F	3 S	3 M	3 F	CONAMA 357/05 Águas Salinas Classe 1
Endrin	µg/L	0,004	0,001	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,004
Etilbenzeno	µg/L	1,3	0,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	25
Fenóis totais	µg/L	3,0	1,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	60
Ferro Dissolvido	mg/L	0,017	0,006	nd	0,026	nd	nd	nd	nd	nd	0,021	0,010	0,3
Fluoreto	mg/L	0,3	0,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,0	1,0	1,2	1,4
Fósforo Total	mg/L	0,016	0,005	0,008	0,013	0,022	0,006	nd	0,011	0,011	0,009	0,006	0,062
Gution	µg/L	0,02	0,006	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	µg/L	0,002	0,001	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,001
Lindano (g-HCH)	µg/L	0,0006	0,0002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,004
Malation	µg/L	0,014	0,004	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,1
Manganês Total	mg/L	0,0008	0,0002	0,0062	0,0052	0,0055	0,0014	0,0056	0,0071	0,0071	nd	0,0064	0,1
Materiais Flutuantes	---	---	---	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Ausentes
Mercúrio Total	mg/L	0,0002	0,0001	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,0002
Metoxicloro	µg/L	0,007	0,002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
Monoclorobenzeno	µg/L	2,0	0,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	25
Níquel Total	mg/L	0,0008	0,0002	0,0003	0,0007	0,0006	0,0004	0,0010	0,0009	0,0006	nd	0,0009	0,025
Nitrato (com o N)	mg/L	0,3	0,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,4
Nitrito (com o N)	mg/L	0,006	0,002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,07
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,023	0,007	0,119	0,014	0,043	nd	nd	0,073	0,048	0,099	0,073	0,4
Óleos e Graxas Visíveis	---	7	4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Ausentes
Oxigênio Dissolvido	mg/L	---	---	6,63	6,00	5,83	5,08	5,90	5,59	5,7	5,88	5,62	> 6
PCB's - Bifenilas P olicloradas	µg/L	0,11	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
Pentaclorofenol	mg/L	0,011	0,004	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,0079

Parâmetro	Unidade	LQ	LD	1 S	1 M	1 F	2 S	2 M	2 F	3 S	3 M	3 F	CONAMA 357/05 Águas Salinas Classe 1
p,p' -DDT + p,p' -DDD + p,p' -DDE	µg/L	0,0010	0,0005	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,001
pH (a 25°C)	---	1 - 14		8,06	8,00	8,05	8,04	8,04	7,71	8,03	8,05	8,01	6,5 - 8,5
Polifosfato	m g/L	0,007	0,002	0,001	nd	0,002	0,002	nd	0,008	nd	0,004	0,004	0,031
Prata Total	m g/L	0,0005	0,0002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,005
Resíduos Sólidos Objetáveis	---	---	---	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Ausentes
Salinidade	UPS	---	---	34,9	34,9	35,15	34,23	35,1	35,2	34,8	34,9	34,8	---
Selênio Total	mg/L	---	0,002	0,005	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
Substâncias que Comunicam Odor	---	---	---	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	nenhum	Ausentes
Sulfetos (com o H2S não dissociado)	mg/L	0,01	0,004	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,002
Tálio	mg/L	0,017	0,005	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,1
Temperatura	°C	---	---	30,07	29,43	29,25	30,19	30,06	30,01	30,2	29,4	29	---
Tolueno	µg/L	2,9	0,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	215
Toxafeno	µg/L	0,20	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,0002
Tributilestanho	µg/L	0,022	0,007	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
Triclorobenzenos	µg/L	1,2	0,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	80
Tricloroetano	µg/L	2,9	0,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	30
Turbidez	UT	0,62	0,19	1,86	2,02	1,2	1,38	3,34	13	2,53	2,01	16,2	100
Urânio	mg/L	0,005	0,002	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,5
Zinco Total	mg/L	0,007	0,0002	0,007	0,011	0,027	0,013	0,014	0,010	0,026	nd	0,006	0,09
Legenda:		Valor em desconformidade com os limites para Águas salinas Classe 1 da resolução CONAMA nº 357/05											

### **8.1.8.2.2.3 Considerações Finais**

A análise da qualidade da água na área de influência direta do empreendimento permitiu observar resultados positivos nas estações amostradas.

Valores de pH e carbono orgânico total foram pertinentes relação ao recomendado pela legislação, não representando assim ameaças a biota. As concentrações de oxigênio dissolvido estiveram em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/05 na maioria das estações, mas não representam ameaça a biota aquática, pois este foi o único parâmetro que violou a referida Resolução. A salinidade e a temperatura não variaram significativamente ao longo da coluna d'água e das estações.

As baixas concentrações de coliformes termotolerantes observadas nas amostras indicam ausência de aporte de esgoto *in natura*. Os nutrientes, como um todo, apresentaram baixas concentrações, uma vez que dentre os íons da série nitrogenada (nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal), apenas o nitrogênio amoniacal apresentou concentrações quantificáveis, assim como os resultados de fósforo e polifosfatos, de acordo com os limites estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/05.

A análise dos metais apontou para ausência de contaminação na AID do empreendimento, visto que a maioria dos metais analisados não atingiu o limite de detecção e, nenhum deles ultrapassou os limites estabelecidos na Resolução.

Vale destacar a ausência de cianetos, TBT, fenóis e pesticidas organoclorados, o que representa um fator positivo para as águas na AID do empreendimento, visto que estes são elementos tóxicos, prejudiciais à biota marinha. No entanto, os resultados obtidos no atual estudo para os parâmetros heptacloro e toxafeno devem ser analisados com cautela, uma vez que não foi possível concluir se os mesmos estão em conformidade com os limites para águas salinas classe 1, devido aos limites de quantificação dos compostos.

Os valores encontrados na atual campanha para a análise da qualidade da água foram condizentes com os valores encontrados na primeira campanha, realizada na área diretamente afetada (ADA), indicando, portanto, resultados positivos de qualidade da água na região.

### **8.1.8.3 Qualidade das Águas Subterrâneas**

#### **8.1.8.3.1 Metodologia**

O trabalho consistiu na compilação de dados existentes a partir de trabalhos e textos técnicos realizados por Bourscheid/Copene (2000) com análises das águas amostradas nos piezômetros,

comparando os resultados com os parâmetros da Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, para águas superficiais.

Novas amostragens de água subterrânea foram realizadas em abril de 2014 nos poços de monitoramento instalados. A amostragem foi realizada em subsuperfície, de forma a caracterizar a área diretamente afetada (ADA) e indiretamente afetada (AID) pelo empreendimento. Os resultados foram comparados com os padrões e parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009, para águas subterrâneas.

**8.1.8.3.2 Resultados**

A Figura 8.1-79 apresenta amostragem realizada por Bourscheid/Copene (2000), corroborando a ideia de vulnerabilidade. As águas amostradas nos piezômetros na localidade do empreendimento, próximo à praia e ao portão principal do Porto, apresentaram parâmetros químicos e biológicos em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 20/86, na época, para águas superficiais. Os resultados mostraram contaminação por amônia, fósforo, alteração na turbidez e ainda apresentaram altos índices de coliformes fecais e totais. Este perfil é consistente com a presença de indústrias petroquímicas, de fertilizantes e de esgotos domésticos.

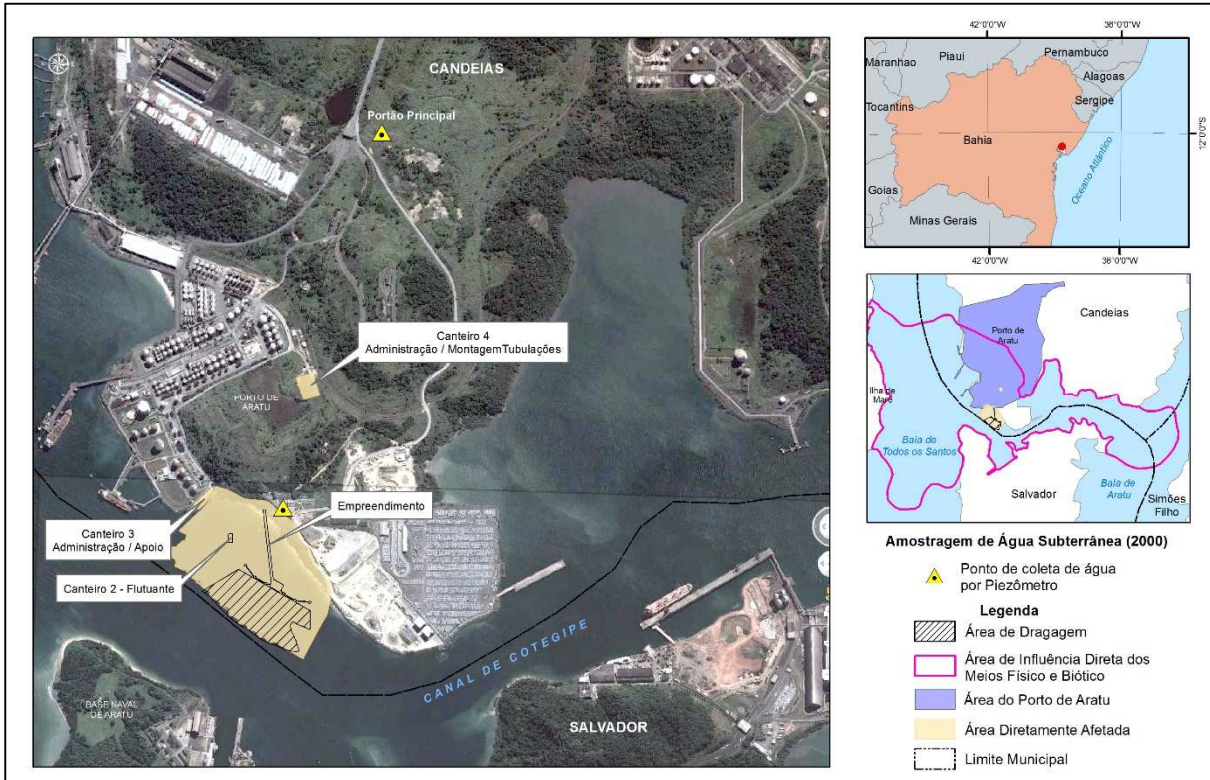


Figura 8.1-79. Coleta de água por piezômetro realizada por Bourscheid/Copene (2000). Próximo ao Empreendimento foi realizada uma coleta, a segunda amostragem foi realizada no corpo d’água localizado próximo a portaria principal do Porto



Nova amostragem foi realizada em 2014 para os quatro (04) poços de monitoramento (PM) instalados, sendo eles: no canteiro 4 (PM-02, PM-03 e PM-04) e próximo ao Terminal de Granéis Sólidos – TGS (PM-05). Somente no poço localizado próximo ao empreendimento (PM-01), não houve coleta, pois este estava seco na ocasião. A

Figura 8.1-80 exemplifica os pontos de coleta de água subterrânea para análise dos parâmetros químicos e microbiológicos.

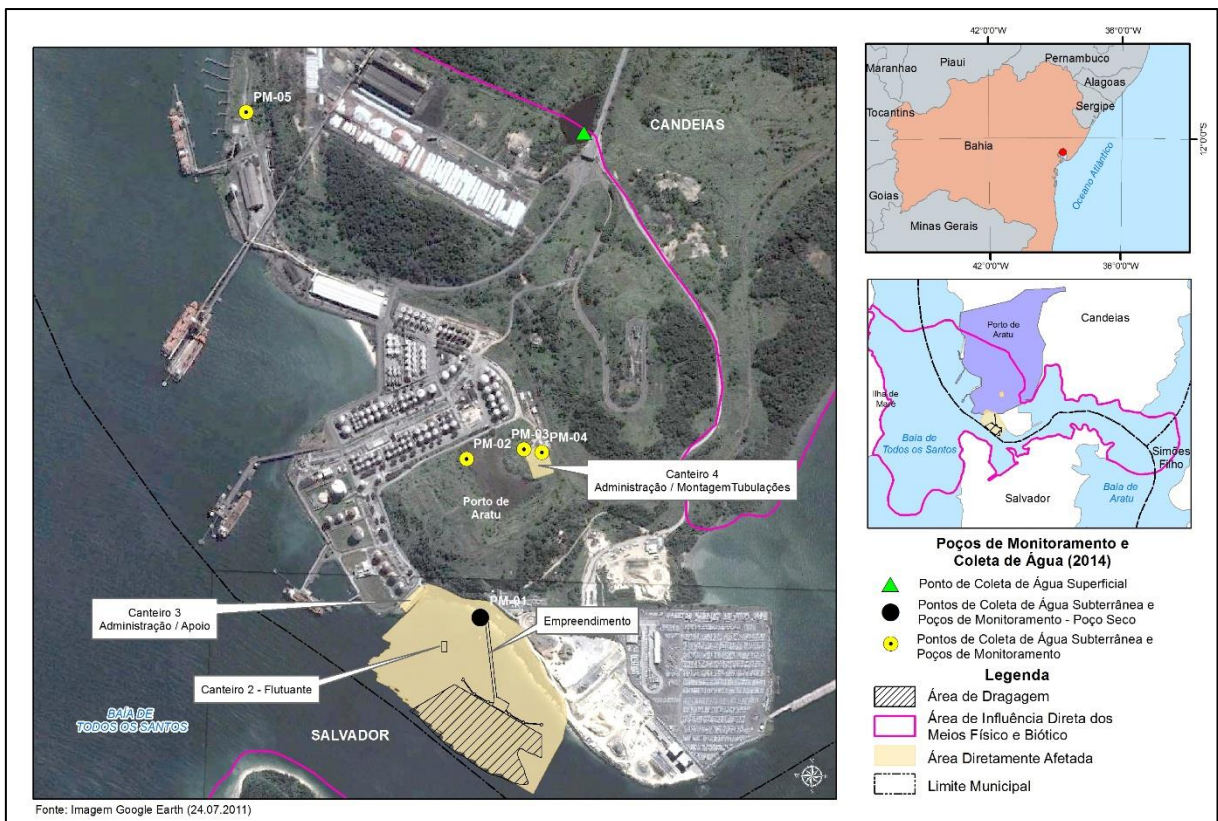


Figura 8.1-80. Coleta de água dos poços de monitoramento realizada por Bourscheid (2014). Próximo ao empreendimento o poço (PM01) estava seco (representado pela cor preta); nos outros poços foi possível a coleta (representados pela cor amarela e preta). Próximo ao corpo d’água, representado pela cor verde, realizada amostragem de água superficial.

A Tabela 8.1-9 apresenta os parâmetros químicos e microbiológicos analisados e seus respectivos resultados.

Tabela 8.1-9. Resultado das análises de água subterrânea – campanha de 2014.

Parâmetros	Unidade	LQ	PM-02 (Canteiro 4)	PM-03 (Canteiro4)	PM-04 (Canteiro 4)	PM-05 (Próximo ao TGS)	**Res. CONAMA nº 420/09 Águas subterrâneas
<b>Bifenilas Policloradas (PCB's)</b>							
PCB's	µg/L	18	< 18	< 18	< 18	< 18	3,5
<b>Físicos</b>							
Sólidos Dissolvidos Totais	µg/L	10000	2555000	2501000	4460000	7790000	--
<b>Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (PAH's)</b>							
Benzo (a) Antraceno	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
Benzo (a) Pireno	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
Benzo (b) Fluoranteno	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
Benzo (k) Fluoranteno	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
Criseno	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
Dibenzo (a,h) Antraceno	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
Indeno (1,2,3 - cd) Pireno	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
<b>VCO</b>							
Cloreto de Vinila	µg/L	2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	5*
Clorofórmio	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	200
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	1000
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	300
1,2-Dicloroetano	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	10*
1,1-Dicloroetano	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	30*
1,2-Dicloroetano (cis e trans)	µg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	--
Diclorometano (Cloreto de Metileno)	µg/L	20	< 20	< 20	< 20	< 20	--
Tetracloroeto de Carbono (Tetraclorometano)	µg/L	2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	--
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB +	µg/L	15	< 15	< 15	< 15	< 15	20

Parâmetros	Unidade	LQ	PM-02 (Canteiro 4)	PM-03 (Canteiro4)	PM-04 (Canteiro 4)	PM-05 (Próximo ao TGS)	**Res. CONAMA nº 420/09 Águas subterrâneas
1,3,5-TCB)							
Tetracloroetano (Percloroetileno/Tetracloroetileno)	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	40*
Tricloroetano	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	70*
<b>Metais</b>							
Alumínio	µg/L	50	218	123	629	385	3.500**
Antimônio	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	5*
Arsênio	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	10*
Bário	µg/L	10	33	76	73	46	700*
Berílio	µg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	--
Boro	µg/L	10	610	130	280	1950	500
Cádmio	µg/L	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	5*
Chumbo	µg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	10*
Cobalto	µg/L	5,0	6,7	9,4	< 5,0	< 5,0	70
Cobre	µg/L	5,0	< 5,0	6,1	50	26	2.000*
Cromo	µg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	50*
Ferro	µg/L	50	129	407	801	402	2.450**
Lítio	µg/L	10	66	< 10	24	45	
Manganês	µg/L	10	<b>770</b>	<b>1065</b>	<b>1020</b>	<b>1166</b>	400**
Molibdênio	µg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	70
Níquel	µg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	20
Prata	µg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	50
Selênio	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	10*
Sódio	µg/L	200	241166	311492	382970	1194380	--

Parâmetros	Unidade	LQ	PM-02 (Canteiro 4)	PM-03 (Canteiro4)	PM-04 (Canteiro 4)	PM-05 (Próximo ao TGS)	**Res. CONAMA nº 420/09 Águas subterrâneas
Urânio	µg/L	30	< 30	< 30	< 30	< 30	--
Vanádio	µg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	--
Zinco	µg/L	10	59	98	135	70	1.050**
Mercúrio	µg/L	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1*
<b>Fenol Total</b>							
Fenol Total	µg/L	10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	--
<b>Microbiológico</b>							
Enterococos	NMP/100 mL	1	< 1,1	1,6E+1	3,0	Ausência	--
Coliformes Termotolerantes(Coliformes Fecais )	col/ 100mL	1	Ausência	7,0	Ausência	Ausência	--
Escherichia Coli	Col/ 100mL	1	Ausência	7,0	Ausência	Ausência	--
<b>Parâmetros Não Metálicos</b>							
Cianeto Total	µg/L	5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	--
Cloretos	µg/L	10000	<b>88200</b>	<b>108200</b>	<b>491000</b>	<b>1805400</b>	--
Fluoretos	µg/L	400,0	< 400,0	< 200,0	< 400,0	< 400,0	--
Nitrato como N	µg/L	2258	< 2258	< 1129	< 2258	< 2258	10.000*
Nitritos como N	µg/L	121,7	< 121,7	< 60,9	< 121,7	< 121,7	--
Sulfatos	µg/L	10000	<b>1147400</b>	<b>383400</b>	<b>1922200</b>	<b>746600</b>	--
<b>Pesticidas Organoclorados</b>							
Alaclor	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,02000	< 0,02000	< 0,02000	< 0,02000	< 0,02000	0,03
Clordano (cis + trans)	µg/L	0,02000	< 0,02000	< 0,02000	< 0,02000	< 0,02000	--
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	µg/L	0,03000	< 0,03000	< 0,03000	< 0,03000	< 0,03000	2

Parâmetros	Unidade	LQ	PM-02 (Canteiro 4)	PM-03 (Canteiro4)	PM-04 (Canteiro 4)	PM-05 (Próximo ao TGS)	**Res. CONAMA nº 420/09 Águas subterrâneas
Endosulfan (I + II + Sulfato)	µg/L	0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	--
Endrin	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,6*
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,02000	< 0,02000	< 0,02000	< 0,02000	< 0,02000	--
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1*
Gama - BHC (lindano)	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	2*
Metolaclor	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
Metoxicloro	µg/L	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	--
Pendimetalina	µg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	--
Permetrina	µg/L	0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	--
Trifluralina	µg/L	0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	--
<b>Pesticidas Organofosforados</b>							
Clorpirifós	µg/L	0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	--
Malation	µg/L	0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	--
<b>Glifosato+AMPA</b>							
Glifosato + AMPA	µg/L	500	< 500	< 500	< 500	< 500	--
<b>Semivoláteis-SVOC</b>							
Atrazina	µg/L	2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	--
Molinato	µg/L	2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	--
Pentaclorofenol	µg/L	3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	9*
Propanil	µg/L	2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	--
Simazina	µg/L	2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	--
<b>Herbicidas</b>							
Bentazona	µg/L	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,50	--

Parâmetros	Unidade	LQ	PM-02 (Canteiro 4)	PM-03 (Canteiro4)	PM-04 (Canteiro 4)	PM-05 (Próximo ao TGS)	**Res. CONAMA nº 420/09 Águas subterrâneas
2,4-D	µg/L	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,50	10,5
<b>Orgânicos e Carbamatos</b>							
Clorotalonil	µg/L	0,033	<0,033	<0,033	<0,033	<0,033	--
<b>Agrotóxicos</b>							
Aldicarbe + Aldicarbesulfona +Aldicarbesulfóxido	µg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	--
Carbofurano	µg/L	7,0	< 7,0	< 7,0	< 7,0	< 7,0	--
<b>Solventes Aromáticos</b>							
Benzeno	µg/L	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	--
Estireno	µg/L	5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	20*
Etilbenzeno	µg/L	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	300**
Tolueno	µg/L	1,1	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	700**
Xilenos Totais	µg/L	3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	500**
<b>Solventes Não Halogenados</b>							
Acrilamida	µg/L	0,500	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	--

\* Padrões de potabilidade de substâncias químicas que representam risco à saúde definidos na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde;

\*\* Valores calculados com base em risco à saúde humana, de acordo com o escopo desta Resolução. Diferem dos padrões de aceitação para consumo humano definidos na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde e dos valores máximos permitidos para consumo humano definidos no Anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008.



Foram identificados três (03) parâmetros químicos em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 420/2009 para águas subterrâneas, sendo estes: bifenilas policloradas (PCB's), manganês, para os quatro (04) poços de monitoramento instalados (PM-02, PM-03, PM-04 e PM-05), e boro somente no PM-02 e PM-05. Estes parâmetros estão destacados em negrito e sombreados na cor cinza.

Nos poços de monitoramento PM-03 e PM-04 foram identificados a presença de *Enterococos*, *Coliformes Termotolerantes* (Coliformes Fecais) e *Escherichia Coli*. Conforme a Resolução CONAMA nº 420/09, para estes parâmetros microbiológicos, não há especificações de valores orientadores.

As bifenilas policloradas (PCB's) em desconformidade com a resolução e identificada nos poços de monitoramento instalados PM-02, PM-03, PM-04 e PM-05 tem vários empregos em segmentos industriais, compatível com o histórico do Porto. Sua ocorrência pode ser decorrente de liberações que ocorreram no passado, porém trata-se de uma substância extremamente persistente no ambiente e bioacumula nos organismos vivos (CETESB, 2014).

A presença de manganês em desconformidade com a resolução, também identificada nos poços de monitoramento instalados PM-02, PM-03, PM-04 e PM-05 para a água subterrânea anaeróbia, frequentemente contêm níveis elevados de manganês dissolvido. Processos naturais e a atividade humana são capazes de modificar compostos de manganês. O manganês pode ser lixiviado de rochas (CETESB, 2014), porém também é usado na indústria petroquímica e na fabricação de fertilizantes, característica condizente com as atividades desenvolvidas no Porto, sugerindo uma fonte antropogênica para a presença do elemento.

A presença do elemento boro em desconformidade com a resolução em águas superficiais varia significativamente dependendo da formação geológica do local. Águas salinas contêm boro, sendo encontrado em associação com outros sais marítimos. Os poços de monitoramento estão dispostos próximos das águas salgadas do Canal de Cotegipe, podendo este ser um fator de contribuição na ocorrência do elemento identificado pelas análises de água. Fontes antropogênicas também são um fator relevante, pois o Porto apresenta longo histórico de operação das indústrias petroquímicas e de fertilizantes, e a área está bastante antropizada.

As análises também apontam para presença de sódio, cloretos, sulfatos e sólidos dissolvidos totais em concentrações expressivas, destacados em negrito, porém não há valores orientadores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/09 que sugiram algum risco.

O aumento das concentrações de sódio na água, identificada nos poços PM-02, PM-03, PM-04 e PM-05, pode provir de lançamentos de esgotos domésticos ou efluentes industriais, portanto fontes antropogênicas, porém como as amostras coletadas estão próximas das áreas litorâneas, a intrusão de águas marinhas ou o litotipo associado, pode também resultar em níveis mais elevados de sódio.

Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, entre outras. Os poços PM-02, PM-03, PM-04 e PM-05, dispostos em região costeira, podem sofrer influência através da chamada intrusão da cunha salina e apresentar níveis altos de cloreto encontradas nas águas subterrâneas ou associadas ao litotipo local.

O sulfato, também presente nos poços PM-02, PM-03, PM-04 e PM-05 é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais.

A presença expressiva de sólidos dissolvidos totais identificado nos poços PM-02, PM-03, PM-04 e PM-05 constitui-se em uma informação preliminar importante, porém não propicia qualquer informação sobre a natureza específica das diferentes moléculas orgânicas eventualmente presentes. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato, cloreto, e ainda a presença de sódio, além de conferir sabor às águas podem estar contribuindo nas concentrações identificadas.

#### **8.1.8.3.3 Considerações Finais**

Amostras coletadas no ano de 2000 por Bourscheid/Copene identificaram para a área do Porto presença de focos poluentes, compatível com a presença de indústrias petroquímicas, de fertilizantes e de esgotos domésticos, confirmando a intervenção antrópica.

Amostragens realizadas na campanha de 2014 na área para a instalação do canteiro de obras 4 e no local próximo ao TGS, observa-se valores em desconformidade para três (03) parâmetros físicos e ainda quatro (4) outros parâmetros com concentrações expressivas, porém sem valores orientadores que as regrem. As bifenilas policloradas (PCBs) e em desconformidade com a resolução, identificadas nas análises podem representar fontes antropogênicas antigas, porém seus compostos sendo residuais ainda se fazem presentes. A presença também em desconformidade com a resolução para manganês, pode ter fonte antropogênica, compatível com a presença de indústrias que operam no Porto e ainda, como produto da alteração de algum bloco rochoso, advindo de aterros realizados. O boro, está presente em desconformidade em 2 poços (PM-02 e PM-05), sendo sua potencial fonte contribuinte as indústrias do Porto e potencialmente, em decorrência da sua disposição próxima da região costeira, ou em sua história geológica, recebeu contribuições das águas salgadas do mar, onde sua presença está relacionada a outros sais marinhos.

A presença de sódio, cloretos, sulfatos e sólidos dissolvidos totais não apresentam referência de valores orientadores pela Resolução, mas estão presentes nas análises de forma expressiva e podem ter influência de fontes antropogênicas, tais como indústrias petroquímicas, de fertilizantes e até mesmo esgotos domésticos. Porém, elementos como sódio e cloretos são comuns em águas

salgadas, e os sulfatos podem representar a dissolução de solos e rochas e estes fatores podem contribuir nos teores de sólidos totais na coluna d'água.

A análise dos parâmetros físico-química sugere fontes antropogênicas, tais como indústrias petroquímicas, de fertilizantes ou até mesmo esgotos como fatores contribuintes para a ocorrência em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 420/2009. Porém, a história evolutiva da geologia para a região e sua posição relativamente próxima a região costeira pode também ser um potencial contribuinte para a presença destes nas análises.

### **8.1.9 Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira**

Este capítulo destina-se à caracterização oceanográfica, hidrodinâmica, hidrológica e sedimentológica da Baía de Todos os Santos (BTS), em que são descritos os regimes de marés, ondas, ventos e correntes com variações sazonais, além da descrição da coleta de dados para a caracterização do substrato marinho, por meio de levantamento geofísico realizado na área de estudo.

#### **8.1.9.1 Características Oceanográficas Gerais**

A região oceânica localizada acima da Cadeia Vitória-Trindade é uma zona de formação e divisória entre fluxos superficiais e subsuperficiais (*i.e.* Corrente do Brasil – CB, e Corrente Norte do Brasil – CNB). Este processo, conhecido como Bifurcação da Corrente Sul Equatorial (BICSE) (Figura 8.1-81), é relativamente pouco estudado do ponto de vista observacional, embora já bastante discutido em literatura relacionada (*e.g.* STRAMMA & SCHOTT, 1996; STRAMMA & ENGLAND, 1999; RODRIGUES *et al.*, 2007).

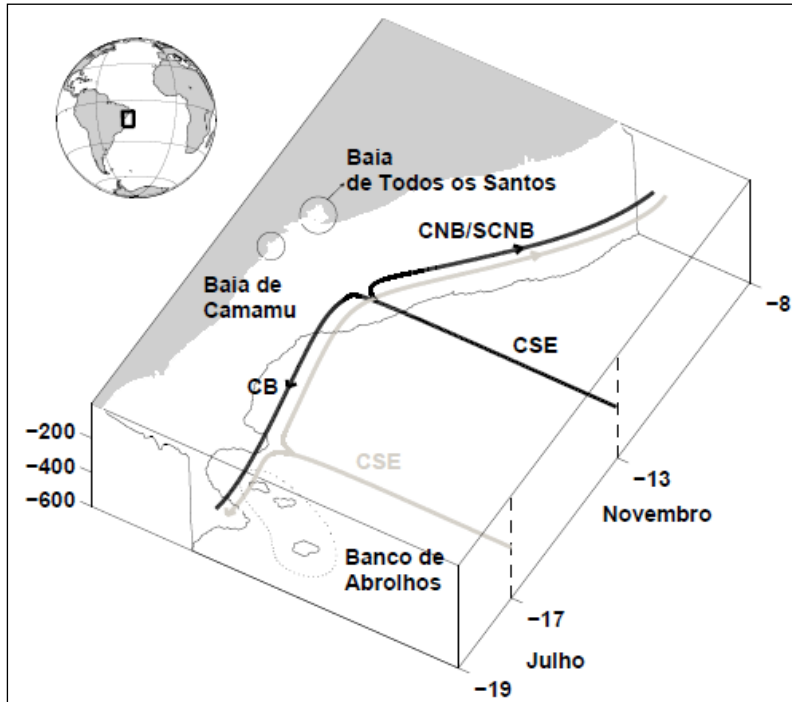


Figura 8.1-81. Variação Sazonal da Bifurcação da Corrente Sul Equatorial (BICSE) 17° S Julho – linha cinza/ 13° S Novembro, linha preta (Fonte: AMORIM, 2011).

No litoral da Bahia, a plataforma continental é estreita, apresentando, em algumas áreas, um talude continental abrupto e recortado. Nestas áreas mais estreitas, o efeito da circulação do talude e oceano aberto se faz mais presentes. Especificamente sobre o talude, pouco se conhece sobre a circulação média e suas variabilidades. Supõe-se que o padrão de corrente de contorno oeste em regime permanente, deva contribuir diretamente para a formação do fluxo da CB (melhor definido ao sul do Parcel de Abrolhos).

A região da BTS apresenta padrões de circulação complexos devido à interação existente entre a circulação oceânica de grande escala (baixa frequência) e os padrões impostos pela dinâmica local. No interior da baía e região costeira adjacente, observa-se predomínio do sinal de maré decorrente, principalmente, do afunilamento da energia pelo sistema plataforma continental e BTS. A região da plataforma recebe contribuição indireta da circulação de oceano profundo e dos padrões gerados pela passagem de frentes meteorológicas. Nas áreas costeiras também há forte influência do vento local (alta frequência) e da maré em áreas meandradas e/ou com alargamento da plataforma.

Segundo Lessa *et al.* (2001), a maré na BTS tem caráter semidiurno. A amplitude da componente  $M_2$  cresce de 0,67 m no oceano para 0,89 m no centro da baía e alcança 1,06 m na região mais oeste da baía.

O Canal de Cotegipe, foco principal do presente estudo, é um canal de maré com aproximadamente 30 m de profundidade e 4 km de comprimento que conecta a pequena Baía de Aratu (24,5 km<sup>2</sup>) à BTS (1.223 km<sup>2</sup>). Um relevante estudo da hidrodinâmica feito para a área de estudo foi realizado por Pereira & Lessa (2009) que, através de 39 dias de medição de elevação na entrada do Canal de Cotegipe, observaram que o alcance médio da maré foi de 1,81 m, sendo que durante a sizígia o alcance médio foi de 2,31 m e de 0,98 m na quadratura. Estes autores observaram uma amplitude da componente M<sup>2</sup> de 0,91 m e uma fase de 114° no local, indicando uma amplificação de 0,11 m e um atraso de aproximadamente 12° em relação à maré na entrada da BTS.

Com relação à velocidade da corrente, os autores observaram uma velocidade de cinco a sete vezes maior na componente ao longo do canal, comparada à componente transversal ao canal e as maiores velocidades de corrente são associadas à maré vazante.

Essa dominância da maré vazante, contudo, não foi observada pelos autores ao longo de todo o ciclo lunar, contrastando em diferentes condições nas duas estações oceanográficas analisadas pelos autores nas extremidades opostas do Canal de Cotegipe. Próximo à Baía de Aratu, o fluxo é dominado pela maré vazante apenas nos períodos de sizígia, enquanto na extremidade próxima à Baía de Todos os Santos, essa dominância foi observada nos períodos de quadratura. Este contraste, segundo os autores, pode ser devido à configuração batimétrica do estuário nas adjacências de cada uma das estações.

Os autores também analisaram dados de temperatura e salinidade obtidos tanto na BTS como na Baía de Aratu, nas proximidades do Canal de Cotegipe, fornecendo dados de densidade e, conseqüentemente, permitindo o estabelecimento do gradiente de densidade entre as duas Baías, com o objetivo de se estudar a influência termohalina (subtidal) no padrão de circulação das correntes no Canal de Cotegipe.

Os autores concluíram que a Baía de Aratu é um sistema estuarino bem misturado que recebe um pequeno aporte de água fluvial, correspondente a menos de 1% do prisma de maré durante o período de sizígia. Apesar deste pequeno aporte de água doce, o gradiente médio de densidade entre a Baía de Aratu e a BTS gera uma circulação subtidal ao longo do Canal de Cotegipe com o fluxo de enchente ocorrendo na metade inferior da coluna d'água. Esta circulação subtidal é reforçada na estação chuvosa quando o gradiente de densidade é intensificado em direção à Baía de Todos os Santos. Contudo, um fluxo inverso pode ocorrer quando a direção do gradiente de densidade é invertida na estação seca ou em períodos longos de estiagem.

Com o objetivo de complementar a caracterização do regime de correntes, foi realizada uma campanha oceanográfica para a aquisição de dados de velocidade e direção das correntes na área de estudo (Capítulo 8.1.9.5.2).

### **8.1.9.2 Caracterização Hidrológica**

A rede de drenagem afluyente na BTS tem uma área total de aproximadamente 60.500 km<sup>2</sup>. As bacias hidrográficas desse sistema possuem tamanhos variados decrescendo da Bacia do Rio Paraguaçu, com 55.317 km<sup>2</sup>, Jaguaribe (1.480 km<sup>2</sup>), Subaé (465 km<sup>2</sup>), Açú (372 km<sup>2</sup>), Dona (734 km<sup>2</sup>) e Cachoeirinha (150 km<sup>2</sup>) (CRA, 2000).

Dentre essas, as três principais bacias de drenagem (Paraguaçu, Subaé e Jaguaribe) têm descargas médias de 112,00 m<sup>3</sup>/s, 7,70 m<sup>3</sup>/s e 0,32 m<sup>3</sup>/s (CEPLAB, 1979; WOLGEMUTH *et al.*, 1981). Entre 1980 e 1985 foi construída uma barragem no Rio Paraguaçu, a cerca de 20 km da Baía de Iguape, conhecida como Barragem da Pedra do Cavalo cujo lago abastece Salvador e outras cidades circunvizinhas. Consequentemente o regime hidrológico do Rio Paraguaçu é controlado por esta barragem desde então. A vazão afluyente ao estuário vai depender da operação das turbinas, podendo liberar até 80 m<sup>3</sup>/s com uma turbina ou chegar próximo de 160 m<sup>3</sup>/s no caso de duas turbinas operando. No período de estiagem, são gerados pulsos de vazão liberados por uma turbina durante algumas horas do dia para chegar à vazão média diária de 10 m<sup>3</sup>/s, adotada como vazão sanitária. A análise dos dados de vazão fluvial é apresentada no Capítulo 8.1.9.5.4.

### **8.1.9.3 Características Sedimentológicas**

A BTS é a segunda maior baía da costa brasileira, com área de 1.229 km<sup>2</sup>, na maré alta. O contorno e a fisiografia da BTS, com suas ilhas, canais e sub-baias, foi determinado por sua história geológica.

A BTS é o resultado de uma longa cadeia de eventos que se inicia com a separação entre a América do Sul e a África e, mais recentemente, incorpora os efeitos do progressivo resfriamento do planeta durante o Cenozóico com a acumulação de gelo nas regiões de alta latitude e o consequente abaixamento do nível do mar. Durante os últimos 500 mil anos, o aumento na amplitude das variações do nível do mar resultou em repetidos episódios de inundação e esvaziamento da baía, com uma periodicidade de, aproximadamente, 100 mil anos (DOMINGUEZ, 2007).

Durante o Quaternário, nos raros intervalos de nível de mar alto como o que vivemos atualmente, esta região topograficamente rebaixada foi inundada pelo mar, originando uma baía. A partir do máximo transgressivo ocorrido há cerca de 120 mil anos, o nível do mar desceu progressivamente, durante os 100 mil anos seguintes, expondo toda a baía.



Nesta época, o Rio Subaé e os demais pequenos rios que hoje deságuam na baía, juntamente com as drenagens oriundas do canal da Sub-Baía de Aratu, do Canal de Madre de Deus e do Canal de Itaparica, constituíam-se em tributários do Rio Paraguaçu. O Rio Paraguaçu, que ocupava o Canal de Salvador (muito provavelmente escavado por este rio) acrescentou à sua bacia hidrográfica uma área adicional de, pelo menos, 1.233 km<sup>2</sup>, correspondente à área atual da BTS.

Durante o máximo transgressivo de 120 mil anos atrás, a baía esteve completamente inundada, apresentando um padrão e dinâmica de sedimentação provavelmente semelhante ao que se verifica hoje (CIRANO & LESSA, 2007).

Por volta de 20 mil anos atrás, o nível do mar alcançou um mínimo de 120 m abaixo do nível atual. Este período correspondeu ao avanço máximo dos lençóis de gelo no Hemisfério Norte e é conhecido como Último Máximo Glacial (LGM – *Last Glacial Maximum*). Na ocasião, a desembocadura do Rio Paraguaçu situava-se provavelmente em torno desta profundidade (DOMINGUEZ, 2007).

A BTS encontra-se sobre rochas sedimentares que preenchem a bacia sedimentar do Recôncavo e sua morfologia é controlada por falhas associadas a esta bacia sedimentar. Os blocos falhados dão origem a altos topográficos que constituem 54 ilhas no seu interior, das quais as maiores são Itaparica, dos Frades, de Maré e Madre de Deus (LESSA *et al.*, 2000).

A topografia de fundo da maior parte da baía apresenta relevo pouco expressivo, com profundidades não superiores a 10 m. Contudo, profundidades maiores que 20 m são encontradas entre as ilhas dos Frades e Madre de Deus, na foz do Rio Paraguaçu e no Canal de Salvador (BITTENCOURT *et al.*, 1976).

Os materiais que atualmente residem nos fundos da BTS são constituídos de sedimentos finos que recobrem a metade norte da baía, com grande probabilidade de corresponderem a sedimentos de origem mista compostas por: (a) componentes siliciclásticos, gerados a partir da erosão de rochas lamíticas que afloraram no entorno da baía e suas ilhas, assim como nas bacias hidrográficas dos pequenos rios que aí deságuam; e (b) componentes bioclásticos, produzidos pela fragmentação das partes duras do esqueleto de organismos marinhos (*e.g.* moluscos, algas coralíneas, etc.).

Na entrada da baía (Canal de Salvador) predominam os sedimentos marinhos de natureza arenosa e composição siliciclástica, retrabalhados pela ação das correntes de maré. Algumas destas areias podem até mesmo ter uma origem fluvial, depositadas pelo próprio Rio Paraguaçu, em períodos de nível de mar mais baixo, e depois retrabalhado pelos agentes marinhos. Na porção central da baía e em trechos de seus principais canais predominam sedimentos com coloração oliva-acinzentado, caracterizada pela mistura, em diferentes proporções, de três componentes: areia quartzosa, lama e biodetritos, sem exceder, nenhum deles, os 50%.

Na Baía de Aratu e Canal de Cotegipe, Bittencourt *et al.* (1974) analisaram mais de uma centena de amostras de sedimentos de fundo, encontrando forte predomínio de material argilo-siltoso em toda a área ocupada pela Baía. Particularmente na região do empreendimento, os autores supracitados descrevem a existência de uma grande área de material argilo-siltoso, com algumas ocorrências de areia argilosa e silte argiloso.

#### 8.1.9.4 Levantamento Geofísico

Neste capítulo são descritas as atividades de campo do levantamento geofísico realizado com a finalidade de se obter a caracterização do substrato marinho na região da Baía de Aratu, área diretamente afetada (ADA). As atividades de campo foram realizadas entre os dias 14 e 17 de abril de 2014, visando à caracterização da região da Ponta do Marinho e Canal Cotegipe, na entrada da Baía do Aratu.

A Figura 8.1-82 apresenta a área do levantamento geofísico. Foi mapeada uma superfície de cerca de 50 ha coberta por uma malha com extensão linear de, aproximadamente, 20,4 km, composta por 6 linhas de 1 km de extensão na direção NW-SE, paralelas à linha de costa e mais 36 linhas de 400 m de extensão na direção perpendicular à praia.

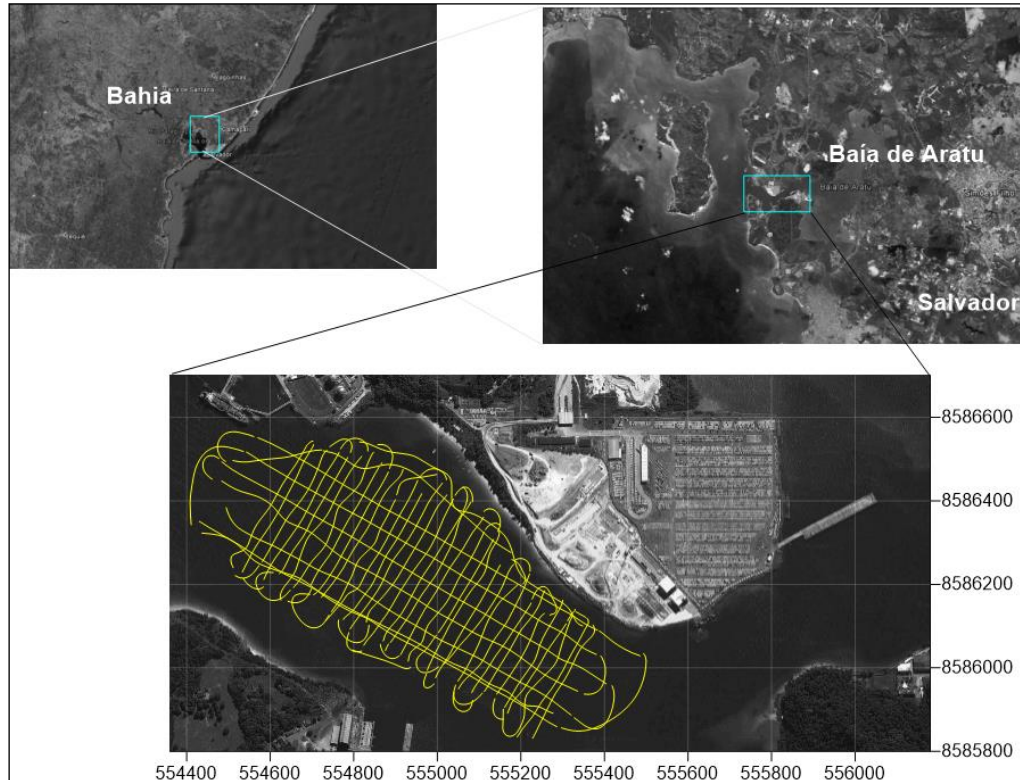


Figura 8.1-82. Local do levantamento geofísico. As linhas em amarelo correspondem às linhas de levantamento batimétrico e de sonar de varredura lateral (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

#### 8.1.9.4.1 Sistema de Posicionamento Geográfico

A determinação da posição foi feita por meio de um sistema de posicionamento global diferencial HEMISPHERE® R131 (Figura 8.1-83), com Datum WGS 84, fuso 24L.



Figura 8.1-83. Sistema de Posicionamento DGPS modelo HEMISPHERE® R131, utilizado no levantamento geofísico (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

#### 8.1.9.4.2 Batimetria

Para o levantamento batimétrico foram utilizados dois transdutores: um de baixa frequência, de 28 kHz modelo AIRMAR M192, e um de alta frequência, de 200 kHz modelo AIRMAR SS510 (Figura 8.1-84), ambos gerenciados a partir da unidade de controle ECHOTRAC CV-200, Odom Hydrographic Systems Inc.

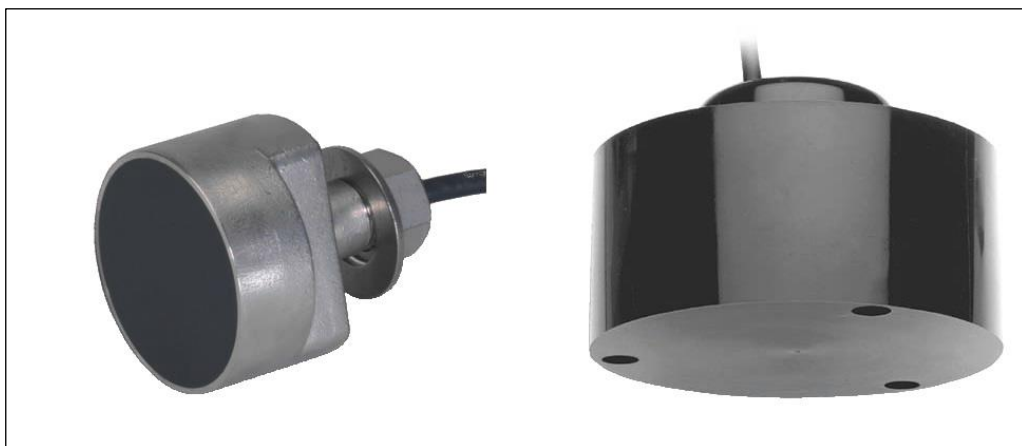


Figura 8.1-84. A esquerda transdutor de 200 kHz, e a direita, transdutor de 28 (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

A utilização do conjunto de ecobatímetros de dupla frequência garante maior resolução nos dados coletados. Sinais de baixa frequência apresentam respostas melhores em locais mais profundos, enquanto sinais de maior frequência respondem muito bem em áreas com menor profundidade.

Os ecobatímetros foram fixados a lateral da embarcação, conforme mostra a Figura 8.1-85.



Figura 8.1-85. Transdutores dos ecobatímetros instalados em suporte na lateral da embarcação (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

Após a fixação do equipamento, em uma área abrigada e tranquila próxima à área de estudo, foi feita a calibração da ecossonda, com o teste de barra (Figura 8.1-86).

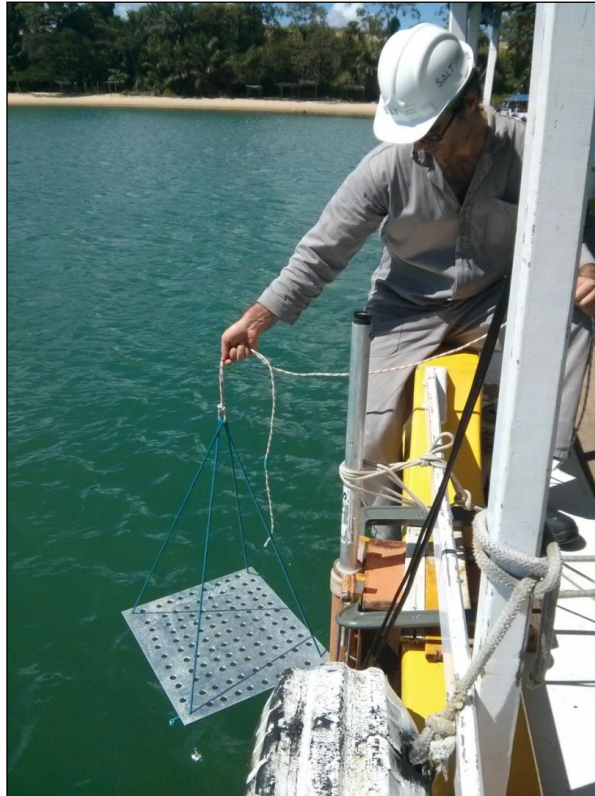


Figura 8.1-86 – Teste de barra realizado para a calibração da ecossonda (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

O teste de barra foi feito para a definição da velocidade de propagação do som na água do mar local, em diferentes profundidades. Estes valores foram posteriormente inseridos no *software* de aquisição, para que as medidas de tempo do ecobatímetro possam ser transformadas em valores de profundidade.

Realizou-se a aquisição dos dados de elevação do nível do mar para correção da batimetria por meio da leitura de uma régua instalada no píer na Praia de São Tomé do Paripe na qual foram feitas medidas de nível a cada 30 minutos durante os dias 15 e 16 de abril de 2014, correspondentes aos dias do levantamento batimétrico.

O sistema aplicado para a obtenção da batimetria local considerou um malha de altíssima resolução permitindo a confecção de um mapa batimétrico detalhado, o qual permite a identificação de canais e sua continuidade, e outros detalhes da morfologia do local. Adicionalmente, a utilização de duas diferentes frequências permite auxiliar na identificação da presença de sedimentos consolidados e inconsolidados, oferecendo informações como a presença de lama fluida no local, entre outros.



#### 8.1.9.4.3 Imageamento – Sonar de Varredura Lateral (SVL)

O imageamento ou sonografia tem como objetivo a obtenção de imagens, via método acústico, da superfície do fundo submarino, como alternativa às técnicas aplicadas nos mapeamentos terrestres, tais como imagens de satélite ou aerofotogrametria.

No levantamento geofísico foi utilizado um Sonar de Varredura Lateral (SVL) modelo SONAR BEAM T-150D (Figura 8.1-87) com capacidade de operação em duas diferentes faixas de frequência: 100 e 400 kHz.



Figura 8.1-87. SVL SONAR BEAM T-150D com duas faixas de operação: 100 e 400 kHz (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

Para o presente levantamento, foi utilizada apenas a frequência de 400 kHz, para se atingir a alta resolução adequada para a caracterização do assoalho oceânico.

Como produto final foi obtido um mosaico de alta definição, cujo subsídio para interpretação do ambiente é bastante eficaz, possibilitando o melhor zoneamento da área, considerando-se a distribuição textural do sedimento do fundo e a localização e identificação de estruturas submersas naturais como afloramentos rochosos, sedimentos coralíneos, bancos arenosos, marcas de ondulações; e civis como dutos, cabos, naufrágios, poitas, entre outros.

#### 8.1.9.4.4 Sistema de Aquisição

A aquisição dos dados foi feita com o *software* Meridata MDCS, que agrupa as informações de todos os equipamentos utilizados, *i.e.* do sistema de posicionamento, do ecobatímetro e do Sonar de



Varredura Lateral. Todo o sistema foi gerenciado com apenas um computador e abastecido com energia elétrica proveniente de uma bateria (Figura 8.1-88).

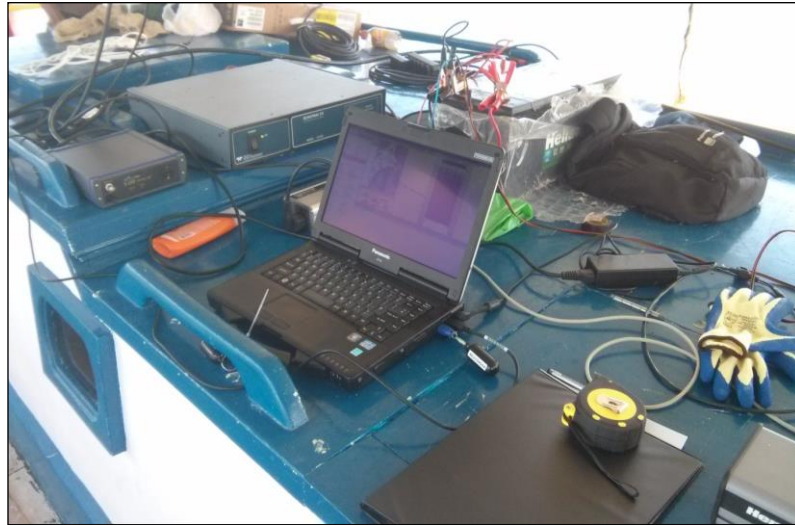


Figura 8.1-88. Sistema de aquisição dos dados geofísicos (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

Além do computador para aquisição dos dados, foi utilizado ainda um segundo monitor para a navegação, posicionado à frente do condutor da embarcação.

#### 8.1.9.4.5 Coleta de Sedimentos

De forma a correlacionar os dados obtidos através das investigações indiretas realizadas (ecossondas e SVL) com os dados de amostragem, após a análise dos dados do Sonar de Varredura Lateral, foram definidos os pontos de coleta de sedimentos, que foi feita com a utilização de um pegador de fundo Van Veen (Figura 8.1-89).

Desta forma, foi possível caracterizar o fundo subaquático quanto ao tipo de material presente (inclusive as frações granulométricas), bem como a distribuição e o zoneamento sedimentar. Ao todo foram coletadas 10 amostras de sedimentos.

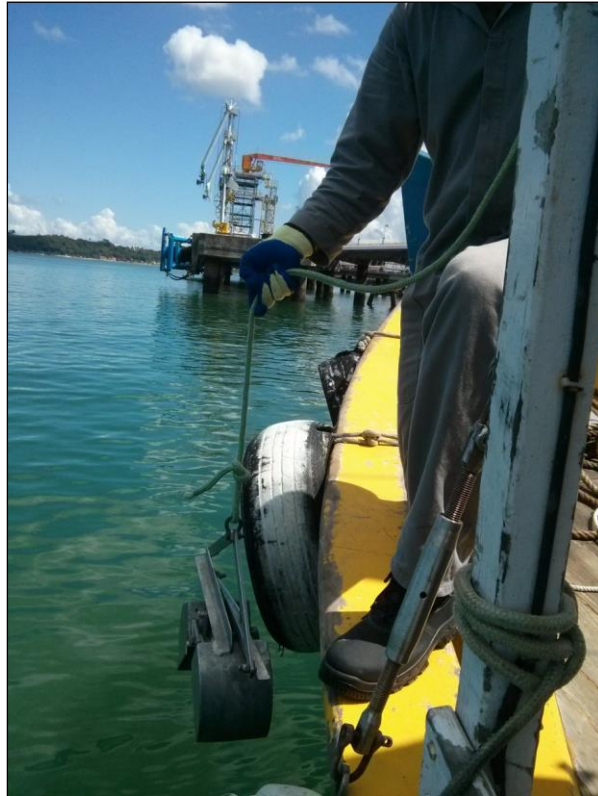


Figura 8.1-89. Pegador de fundo Van Veen, utilizado para a coleta de sedimentos (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

#### 8.1.9.4.6 Resultados

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos com o levantamento batimétrico, na forma de mapas de contorno e mapa tridimensional. Também são apresentadas as informações que foram extraídas da análise das imagens do sonar de varredura lateral e da análise sedimentar.

#### **Batimetria**

A área levantada tem seu eixo principal orientado na direção NW-SE, com o gradiente topobatimétrico perpendicular a essa direção. Em termos gerais, apresenta relevo irregular com profundidades variando de 0 m na margem, até 36 m no canal principal de navegação.

A região de estudo foi dividida em três domínios morfológicos (Figura 8.1-90) que representam as feições mapeadas de maior escala, em que:

- **Zona 1:** declividade  $\leq 4^\circ$
- **Zona 2:** declividade  $> 4^\circ$
- **Zona 3:** profundidade  $> 24$  m

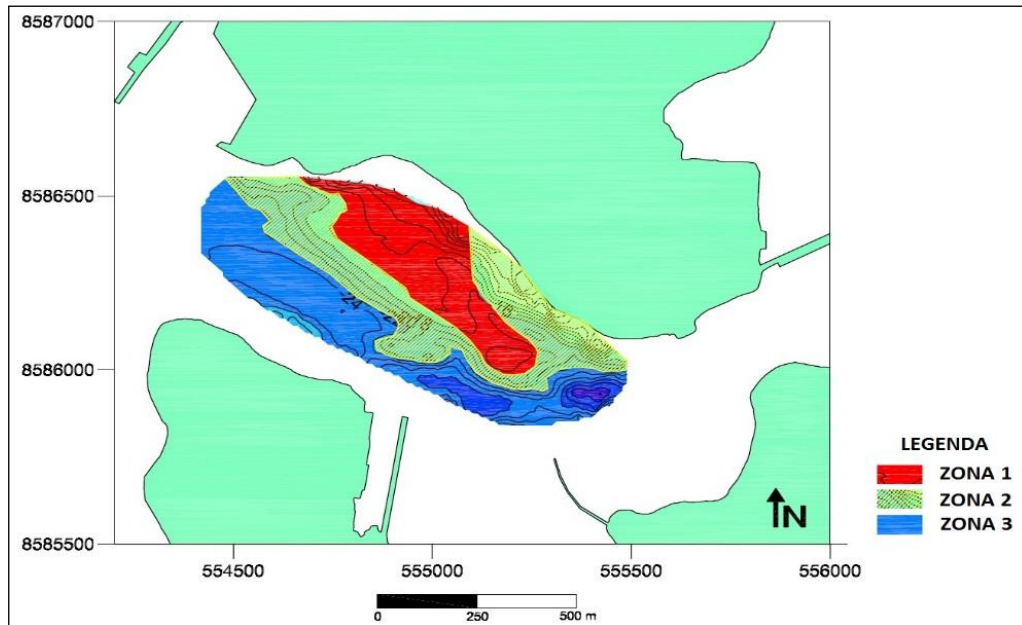


Figura 8.1-90. Mapa da divisão morfológica da área (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

A Zona 1 compreende uma área alongada na direção NW-SE, mais larga em sua parte norte. Caracteriza-se por sua baixa declividade e conforma um domo entre a linha de costa e o canal principal, como pode ser observado no mapa 3D da Figura 8.1-91.

A Zona 2 representa as regiões de maior gradiente topobatimétrico, que no contexto morfológico da área de estudo podem ser consideradas como taludes, com o gradiente orientado preferencialmente numa perpendicular à linha de costa. As maiores declividades são observadas junto ao enrocamento na porção SE da praia, alcançando aproximadamente 21°.

Na Zona 3 estão agrupadas as regiões de maior profundidade da área, que de um modo geral, acompanham o traçado do canal principal. Nesta zona ocorrem algumas anomalias na topografia de fundo que serão comentadas mais adiante.

Na Figura 8.1-92 de contorno batimétricos é possível observar em detalhe a morfologia da superfície de fundo. O mapa topobatimétrico é apresentado no Apêndice 8.11.

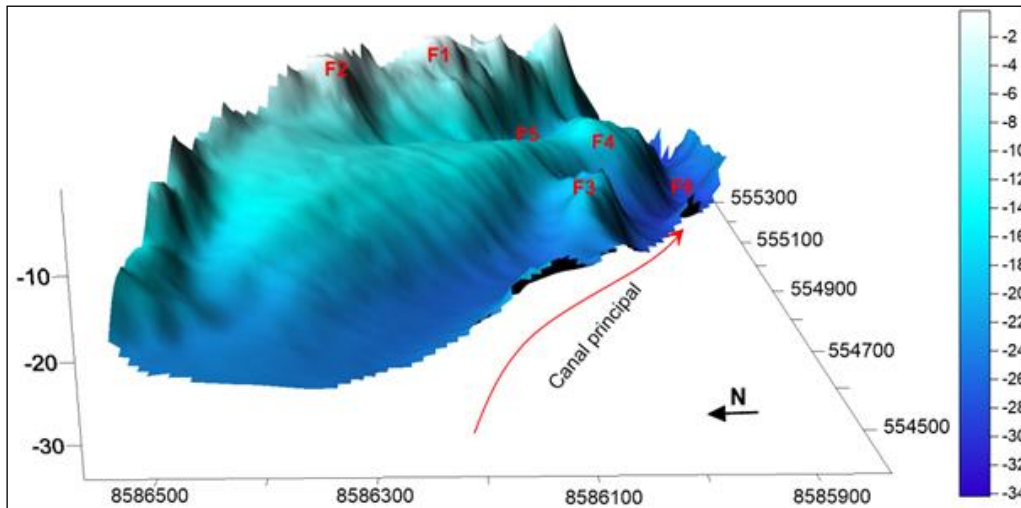


Figura 8.1-91. Mapa batimétrico tridimensional da área estudada. Datum WGS 84, fuso 24L, projeção UTM, sobrelevação de 4 vezes, escala vertical em metros (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

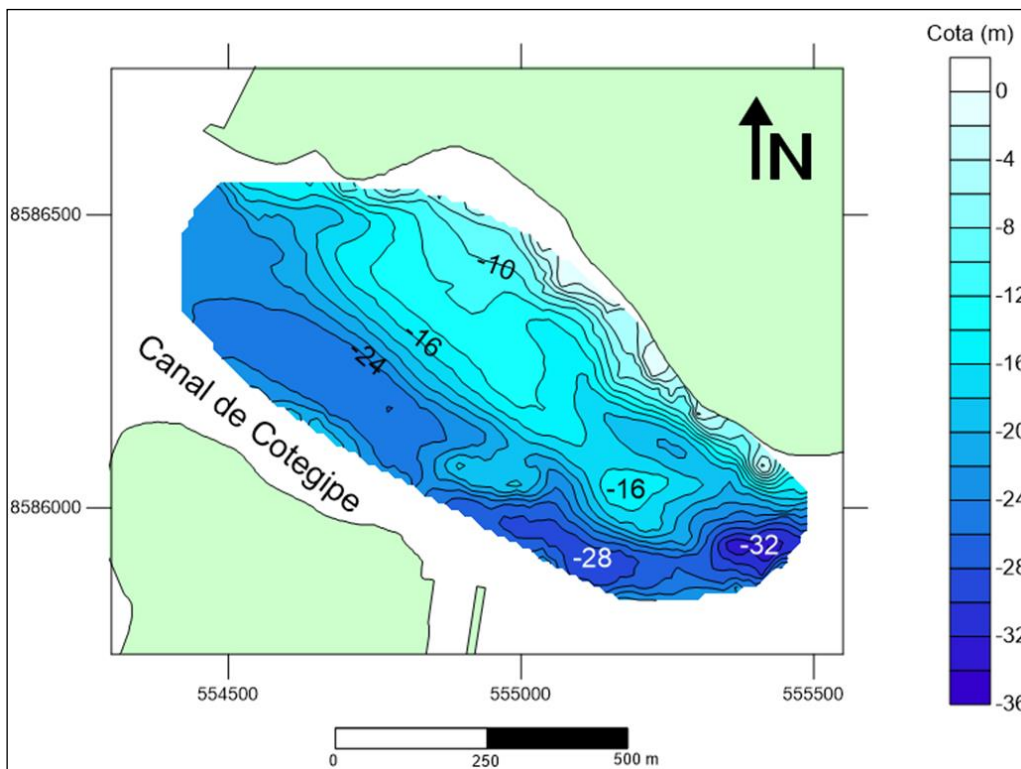


Figura 8.1-92. Mapa de contorno batimétrico obtido pelo método da krigagem. Datum WGS 84, projeção UTM (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

Além das feições de maior ordem descritas acima, analisando o mapa 3D da Figura 8.1-91, percebe-se a existência de duas depressões, uma delas no próprio canal principal (F6) e outra mais a norte (F5). Estas duas depressões estão separadas por uma elevação (F4). Além desta elevação, junto ao canal principal, existe um promontório indicado por F3 cujo topo está a uma profundidade de 18 m. Não foi possível determinar sem ambiguidade a natureza dessa feição, como será comentado no

subitem Imageamento com SVL. O canal principal alcança profundidades superiores a 30 m (Figura 8.1-91).

A área a noroeste da região apresenta profundidades menores, entre 8 e 14 m, porém, com um alto gradiente, o que resulta na presença de marcas de deslizamentos e instabilidades (estrias), como será visto a seguir.

As feições F1 e F2 estão associadas a bancos, os quais estão ligados provavelmente à dinâmica praial.

### **Imageamento com SVL**

O imageamento com o Sonar de Varredura Lateral (SVL) cobriu a mesma área abrangida pelo levantamento batimétrico, servindo não somente para a identificação de estruturas geomorfológicas na superfície do fundo, mas também como auxílio à confirmação da interpretação das feições topobatimétricas.

O mosaico sonográfico da Figura 8.1-93 mostra uma superfície de fundo de textura predominantemente homogênea, evidenciando a ocorrência de sedimentos finos.

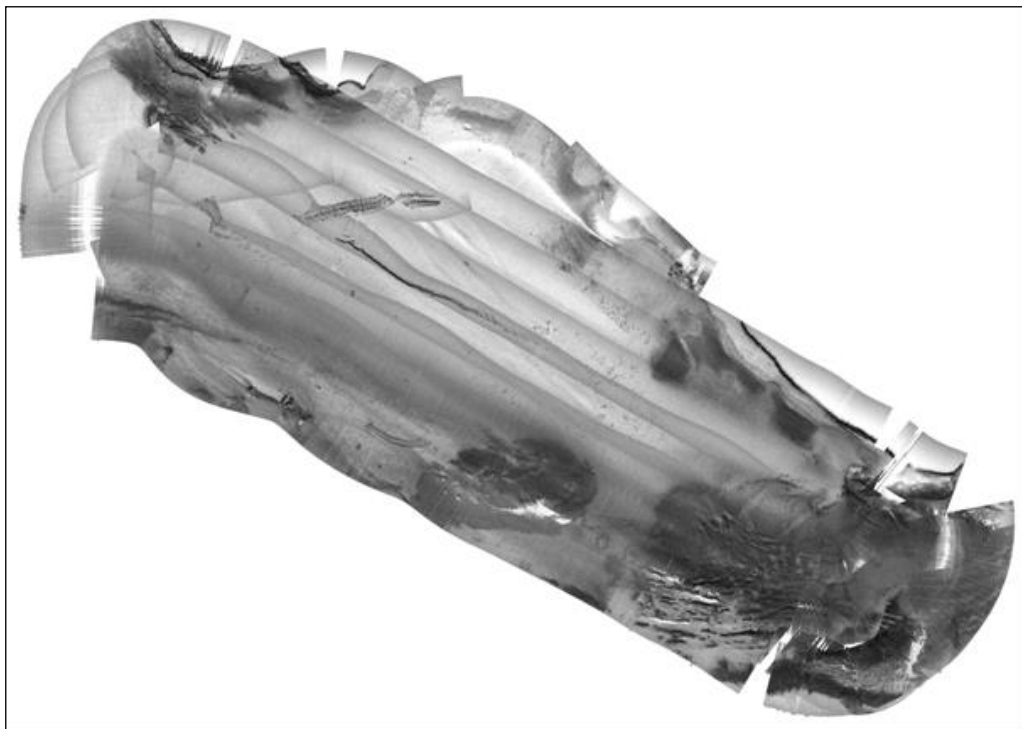


Figura 8.1-93. Mosaico sonográfico do fundo. Para permitir uma visualização mais clara foram retiradas as referências geográficas. Imagem completa no Apêndice 8.12 (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

Ocorrem também algumas áreas de textura mais rugosa associada a costões e bancos na borda Norte do mosaico. Outras heterogeneidades podem ser observadas na extremidade SE do mosaico,



associadas a afloramentos rochosos, marcas de dragagem e domos de natureza indeterminada, possivelmente detritos acumulados em decorrência de atividades humanas.

As imagens do SVL foram processadas para destacar os alvos de interesse. Ao todo, foram determinados 18 alvos, que estão indicados na Figura 8.1-94. Os detalhes de cada alvo com as imagens SSS e a respectiva localização são apresentados no Apêndice 8.13.

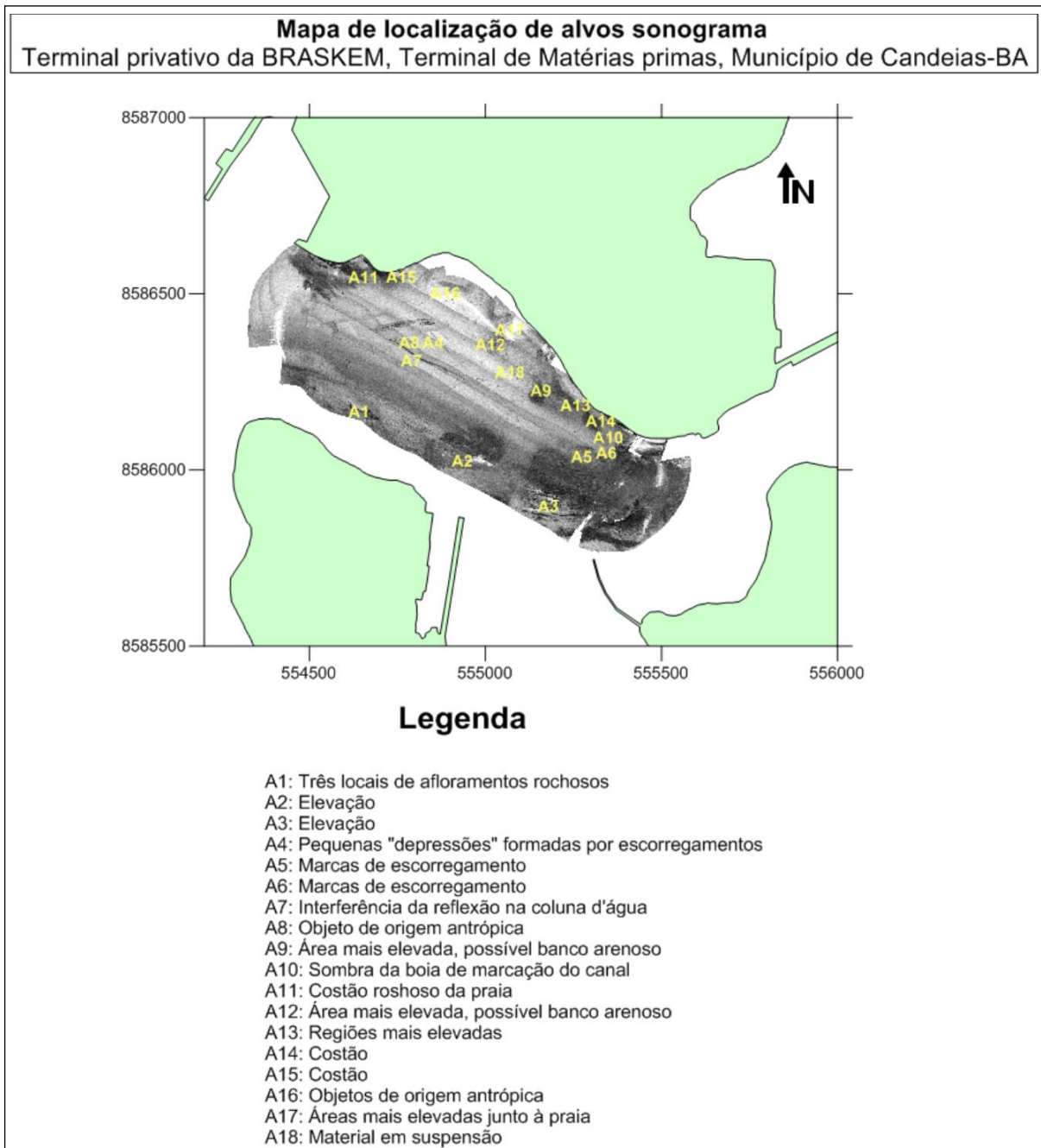


Figura 8.1-94. Mosaico obtido com os dados de SVL e resumo dos alvos reconhecidos (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).



A seguir são apresentados 2 sonogramas onde foram observadas feições anômalas que requerem uma análise mais detalhada.

A Figura 8.1-95 apresenta a Imagem SSS 2 que mostra a região mais a sul da área de estudo. Os Alvos 1, 2 e 3 representam elevações na superfície do fundo marinho, sendo que o Alvo 1 pode ser classificado como um afloramento rochoso.

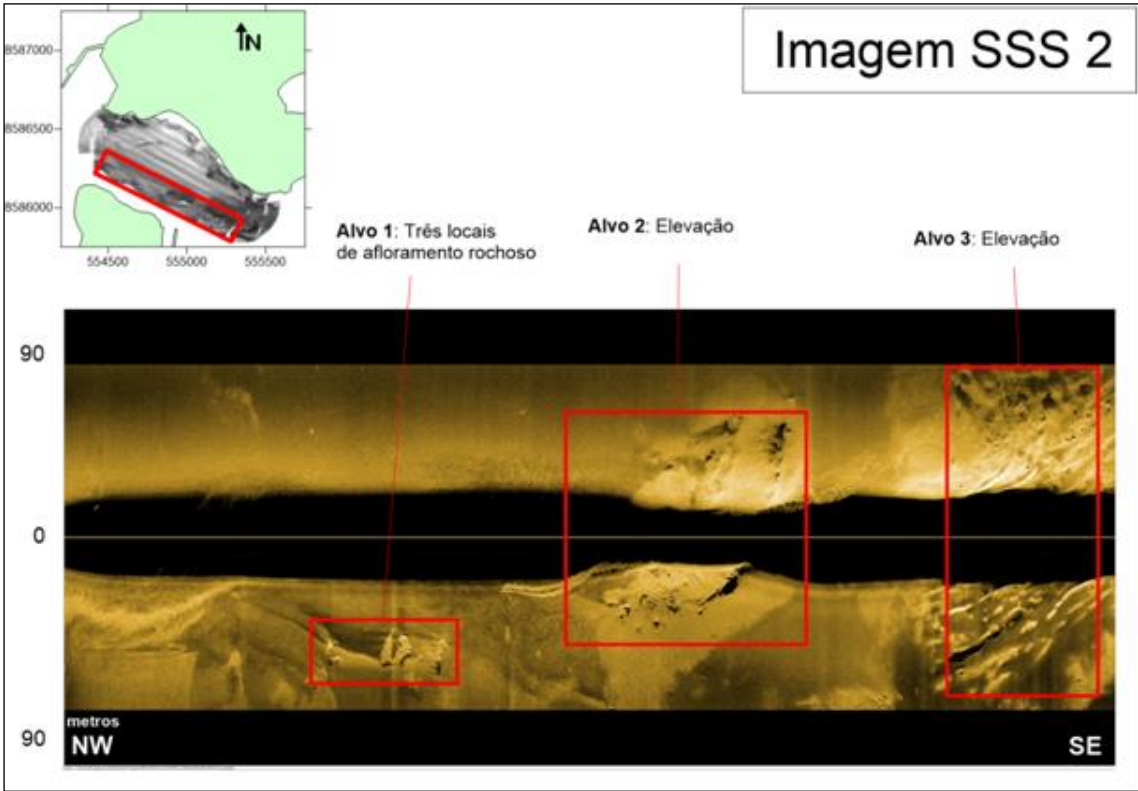


Figura 8.1-95. Imagem SSS 2 obtida com os dados do levantamento de SVL (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

Entretanto, os Alvos 2 e 3 são elevações de origem indeterminada. A maior “luminosidade” dos alvos indica que a textura dos sedimentos é mais rugosa (material possivelmente mais grosso) que a circundante. Além disso, observam-se algumas estruturas que poderiam ser associadas a um afloramento rochoso, mas a sua distribuição esparsa é um indicativo de que poderiam se tratar de detritos.

No canto inferior direito do sonograma (Alvo 3) se observam algumas estrias típicas de escarificação por dragagem.

Não foi possível coletar amostras de sedimentos nos Alvos 2 e 3, em todas as tentativas o pegador Van Veen voltou vazio à superfície. Os Alvos 2 e 3 estão relacionados às feições F3 e F4, respectivamente, apresentadas na Figura 8.1-91.

A Figura 8.1-96 mostra os Alvos 4, 5 e 6, todos relacionados à instabilidade dos sedimentos na região de maior gradiente batimétrico. Estas marcas podem ser associadas com zonas de escorregamentos ou abatimento da coluna de sedimentos, em que o material depositado em profundidades menores escorrega para áreas mais profundas, formando as pequenas depressões (Alvo 4), ou marcas de fluxo de detritos (Alvos 5 e 6).

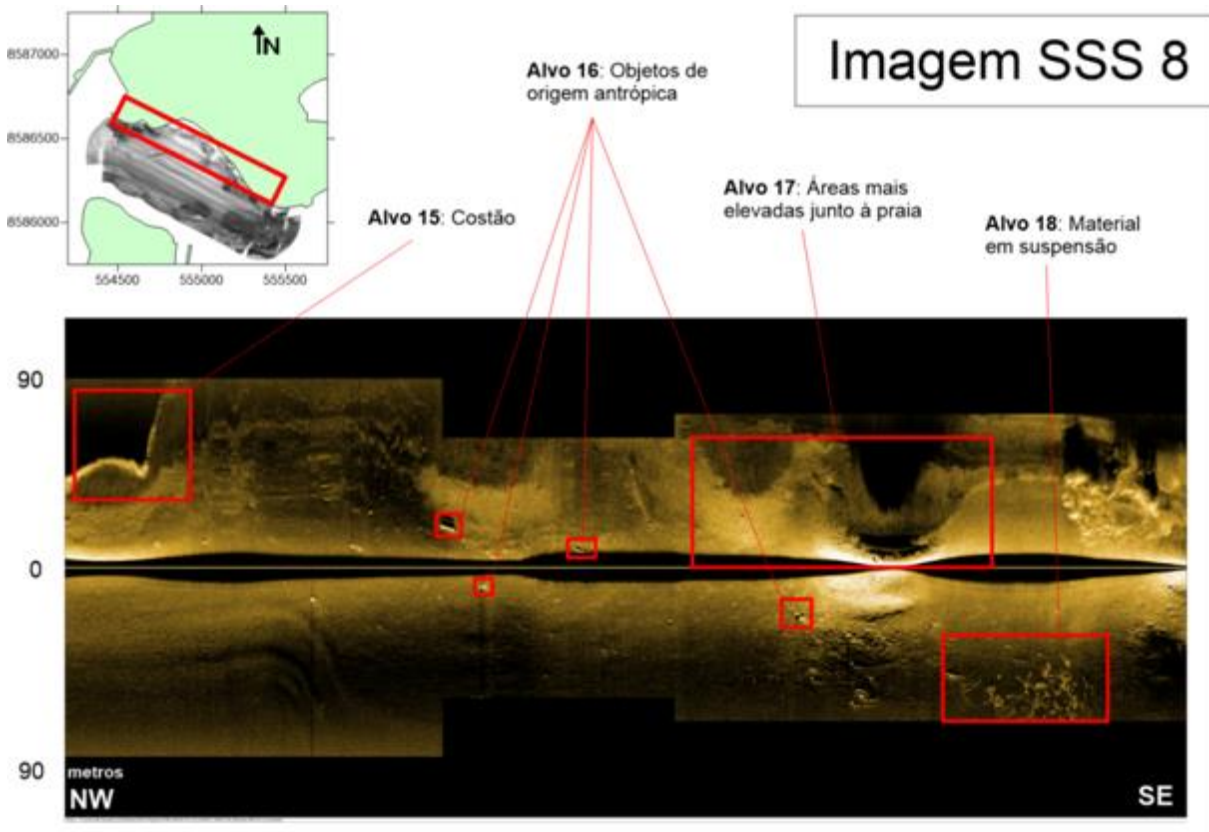


Figura 8.1-96. Imagem SSS 4 obtida com os dados do levantamento de SVL (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

### **Análise de Sedimentos**

A coleta dos sedimentos para a caracterização sedimentar foi feita com base na análise prévia dos resultados da aquisição com o SVL. A Figura 8.1-97 mostra a localização dos pontos selecionados e a Tabela 8.1-10 apresenta as coordenadas e descrição visual de cada amostra.

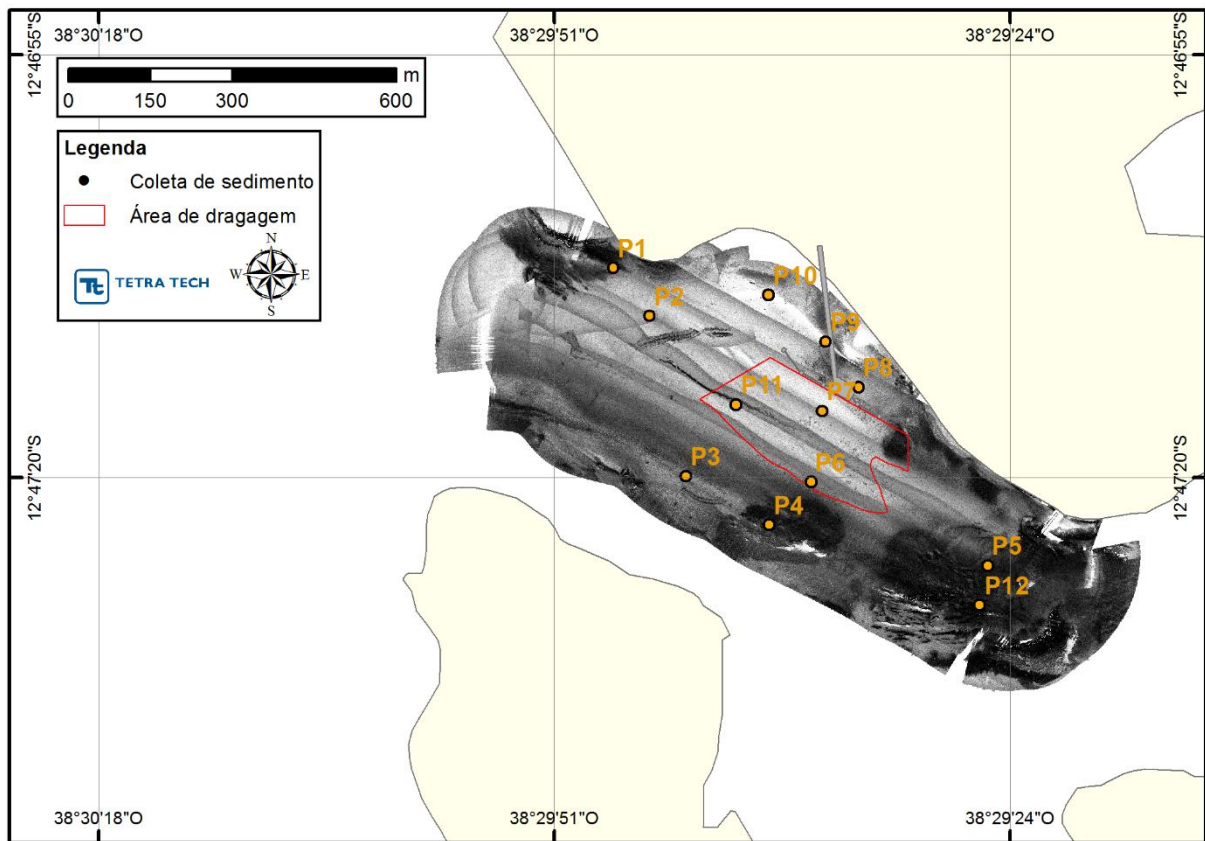


Figura 8.1-97. Localização dos pontos de amostragem de sedimentos (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

Foram feitas tentativas de amostragens em 12 pontos, mas recuperadas amostras apenas em 10, conforme a Tabela 8.1-10. Nos pontos P5 e P12 não foi possível coletar amostras com o pegador de fundo. Isso se deve provavelmente à natureza do fundo. Em caso de fundo consolidado e compactado, com detritos ou mesmo um afloramento rochoso, não é possível coletar sedimentos com esse amostrador.

Tabela 8.1-10 – Localização dos pontos com amostragem de sedimentos e descrição visual das amostras.

Amostra	Latitude (S)	Longitude (W)	Profundidade (m)	Descrição Visual
P1	12° 47.1265'	38° 29.7920'	16,9	Areia fina com conchas
P2	12° 47.1740'	38° 29.7560'	15,6	Lama
P3	12° 47.3322'	38° 29.7203'	25,8	Lama com areia fina
P4	12° 47.3800'	38° 29.6380'	13,4	Areia fina com conchas
P5	12° 47.4201'	38° 29.4225'	22,4	Não amostrado
P6	12° 47.3379'	38° 29.5968'	15,2	Lama
P7	12° 47.2679'	38° 29.5856'	13,7	Lama
P8	12° 47.2440'	38° 29.5498'	11,9	Lama com areia fina
P9	12° 47.1993'	38° 29.5820'	5,1	Lama com areia fina
P10	12° 47.1532'	38° 29.6388'	9,1	Areia fina com conchas
P11	12° 47.2612'	38° 29.6708'	13,9	Lama com areia fina

Amostra	Latitude (S)	Longitude (W)	Profundidade (m)	Descrição Visual
P12	12° 47.4590'	38° 29.4304'	27,4	Não amostrado

A Tabela 8.1-11 apresenta os resultados da análise granulométrica, indicando as porcentagens de sedimentos finos (< 0,0062 mm) e areia (> 0,0062 mm) de cada amostra.

Tabela 8.1-11 – Porcentagem de sedimentos finos e areia nos pontos de amostragem.

Ponto/Amostras	% Finos	% Areia	Classificação Folk & Ward (1957)
P1	39,15	60,85	Areia fina muito pobremente selecionada
P2	85,03	14,97	Silte médio bem selecionado
P3	95,50	4,50	Silte médio muito bem selecionado
P4	11,60	88,40	Areia média pobremente selecionada
P6	85,27	14,73	Silte médio bem selecionado
P7	86,15	13,85	Silte médio bem selecionado
P8	29,36	70,64	Silte grosso pobremente selecionado
P9	58,88	41,12	Silte grosso pobremente selecionado
P10	67,11	32,89	Silte grosso pobremente selecionado
P11	85,53	14,47	Silte médio bem selecionado

Percebe-se certa homogeneidade entre os pontos com predominância de sedimentos finos – desde 67 até 95%, conforme descrito na literatura. Exceção é feita, porém, aos pontos P1, P4, P8 e P9, que apresentam maiores quantidade de sedimentos arenosos. A Figura 8.1-98 apresenta as amostras de sedimento, evidenciando a diferença visual entre elas. Observando as fotos das amostras, pode-se constatar a presença de conchas e biodetritos.

### **Caracterização Sedimentar e Ecomorfo**

A escolha dos pontos de amostragem foi feita com base em uma análise prévia das imagens do SVL. As bases para as escolhas foram as principais diferenças no ecomorfo da área amostrada, isto é, nas diferenças de reflexão de cada região.

Sendo assim, relacionando os padrões de reflexão observados na Figura 8.1-93 com os resultados da análise sedimentar, podemos classificar os pontos de amostragens e cada uma das regiões às quais pertencem.

As classificações sedimentares a seguir estão baseadas nos parâmetros de Folk & Ward (1957), cujos valores para cada ponto estão apresentados no Relatório Técnico da Granulometria, no Apêndice 8.14 deste estudo.

#### **➤ PONTO P1**

Este ponto foi coletado junto ao costão da parte mais a norte da praia, onde se espera que os sedimentos mais grossos. A análise sedimentar mostrou uma predominância de areia nos sedimentos (mais de 60%) com importante presença de material biodetrítico. Este material, composto principalmente por conchas, é proveniente do costão e dos organismos que ali se desenvolvem.

Estes sedimentos são classificados como areia fina muito pobremente selecionado, o que indica que a dinâmica no local, apesar de retirar os sedimentos finos, não é capaz de selecionar os sedimentos.

➤ **PONTOS P2, P3, P6, P7 E P11**

Estes pontos foram coletados na região mais central da área estudada e representa a característica predominante da área, grande predominância de sedimentos finos – classificados como silte médio de pouco a bem selecionado. Não há presença de material biodetrítico e as quantidades de areia são irrelevantes. Este é um dado importante para a estimativa da hidrodinâmica local, que permite a deposição de sedimentos finos em uma ampla área.

➤ **PONTO P4**

O ponto P4 é uma exceção dentro da área central da região estudada. Em uma área em que predominam os sedimentos finos, este ponto apresenta grande quantidade de sedimentos arenosos – classificados como areia média – e também de material biodetrítico. Esta unidade deposicional pode estar relacionada com a remobilização dos sedimentos pelos deslizamentos cuja presença foi identificada na análise dos dados geofísicos ou mesmo por um aporte de origem antrópica.

➤ **PONTOS P8, P9 E P10**

Estes pontos estão localizados junto à linha de costa e, por esta razão, é natural que sejam compostos de sedimentos ligeiramente mais grossos. A análise granulométrica mostrou que são compostos por silte grosso o que indica que a praia não possui competência para a deposição de areias as consegue remover o silte fino e a argila.

Os pontos P8 e P9 possuem uma quantidade maior de material biodetrítico quando comparados ao ponto P10. Isto pode estar relacionado à distribuição dos organismos que se desenvolvem no costão a leste da praia – já que P8 e P9 estão mais próximos dele – mas também à própria dinâmica menos intensa na região norte da praia.

Bittencourt *et al.* (1974) descreveram a formação geológica local como composta principalmente por folhelhos. Esta informação, aliada ao que se viu na análise sedimentar, faz supor que a dinâmica regional seja bastante limitada, com os sedimentos depositados sendo de origem local, isto é, sem grande participação do transporte. Corroborar com esta hipótese o fato a alta concentração de

sedimentos finos e a baixa seleção dos sedimentos. Abaixo, fotos das amostras de sedimentos após secagem e antes da análise granulométrica (Figura 8.1-98).

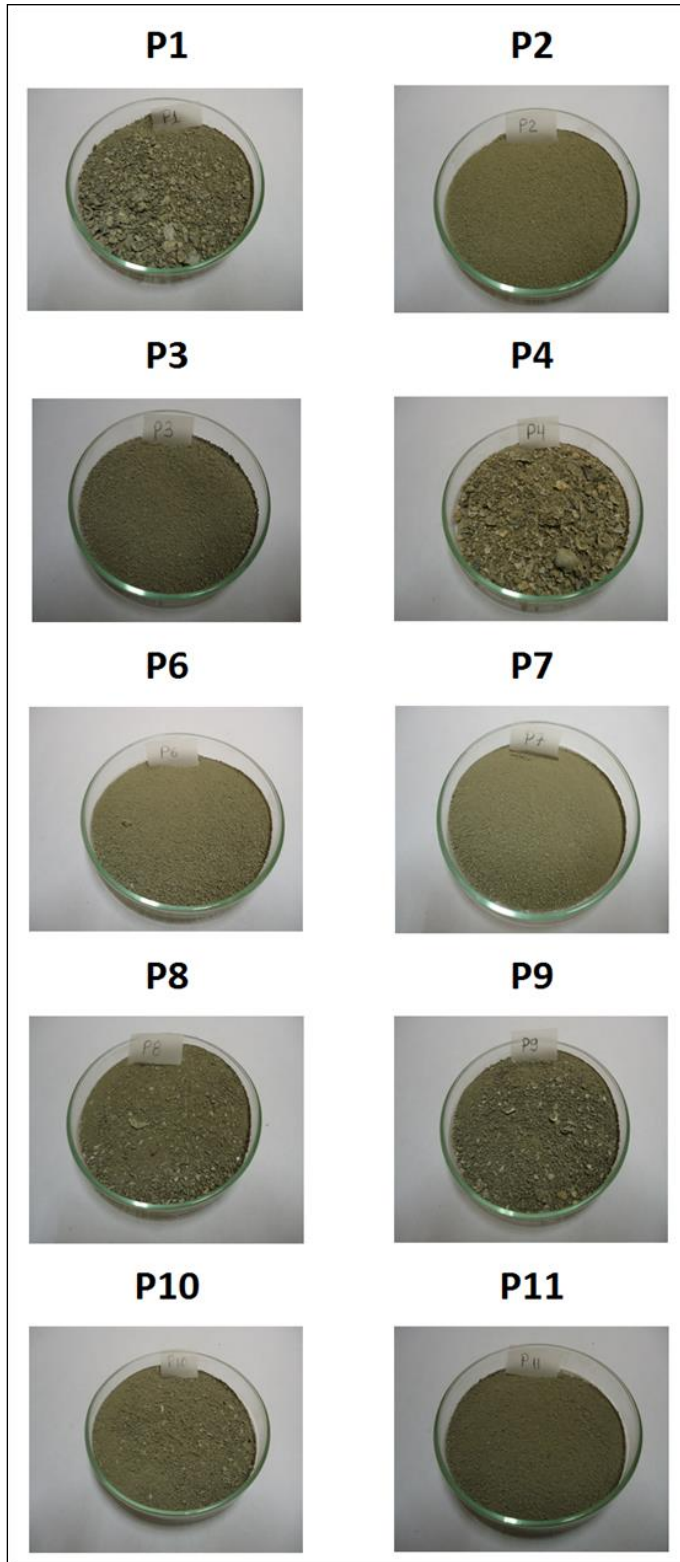


Figura 8.1-98. Fotos das amostras de sedimentos após secagem e antes da análise granulométrica (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).



#### 8.1.9.4.7 Considerações Finais

O escopo do levantamento geofísico foi “conhecer a existência de canais e sua continuidade, detectar a presença de bancos arenosos, fundos consolidados e coralíneos e as zonas de menor profundidade, entre outros”.

Não foram identificados canais que não o canal principal e tampouco foram identificadas formações coralíneas.

Foram detectados bancos compostos por sedimentos siltosos na região praia, em sua porção leste e também elevações na porção mais externa da área de estudo, junto ao canal principal, onde as profundidades passam rapidamente de mais de 25 metros (no canal) para 18 metros (no alto destas elevações). A origem e composição destas elevações, entretanto, não puderam ser verificadas.

Foi determinada presença de um talude marcante em toda a área, onde as profundidades passam rapidamente de 2-3 metros junto à praia para mais de 25 metros no fundo do canal. Nestas áreas, foram detectadas marcas de escorregamentos ligados a esta alta declividade.

A região de estudo foi dividida em três domínios morfológicos que representam as feições mapeadas de maior escala: Zona 1, com declividade  $\leq 4^\circ$ ; Zona 2, com declividade  $> 4^\circ$ ; e Zona 3, com profundidade maior que 24 m.

O canal principal (Figura 8.1-91) alcança profundidades superiores a 30 metros.

O levantamento com SVL mostrou uma superfície de fundo de textura predominantemente homogênea, evidenciando a ocorrência de sedimentos finos, com texturas mais rugosas próximas aos costões. Foram identificados diversos objetos de origem antrópica.

A análise sedimentar comprovou esta homogeneidade da área, composta predominantemente por sedimentos finos, com alguns pontos junto à costa com maior quantidade de areia fina ou silte grosso.

A Figura 8.1-99 apresenta o mapeamento das feições e texturas de fundo ao longo da região de estudo. Observa-se a predominância de silte médio ao longo de quase toda a área. Na porção central dessa região ocorre um depósito relíquia (*i.e.* em desacordo com as condições hidrodinâmicas atuais) de areia média, provavelmente de origem antrópica ou decorrente do escorregamento de talude. Nas áreas mais rasas ocorre um aumento no tamanho de grão para silte grosso e areia fina. Na região sul e sudeste da área ocorrem depósitos altamente perturbados, provavelmente em decorrência de atividades de dragagem. Por fim, observa-se um afloramento rochoso na parte profunda da região.

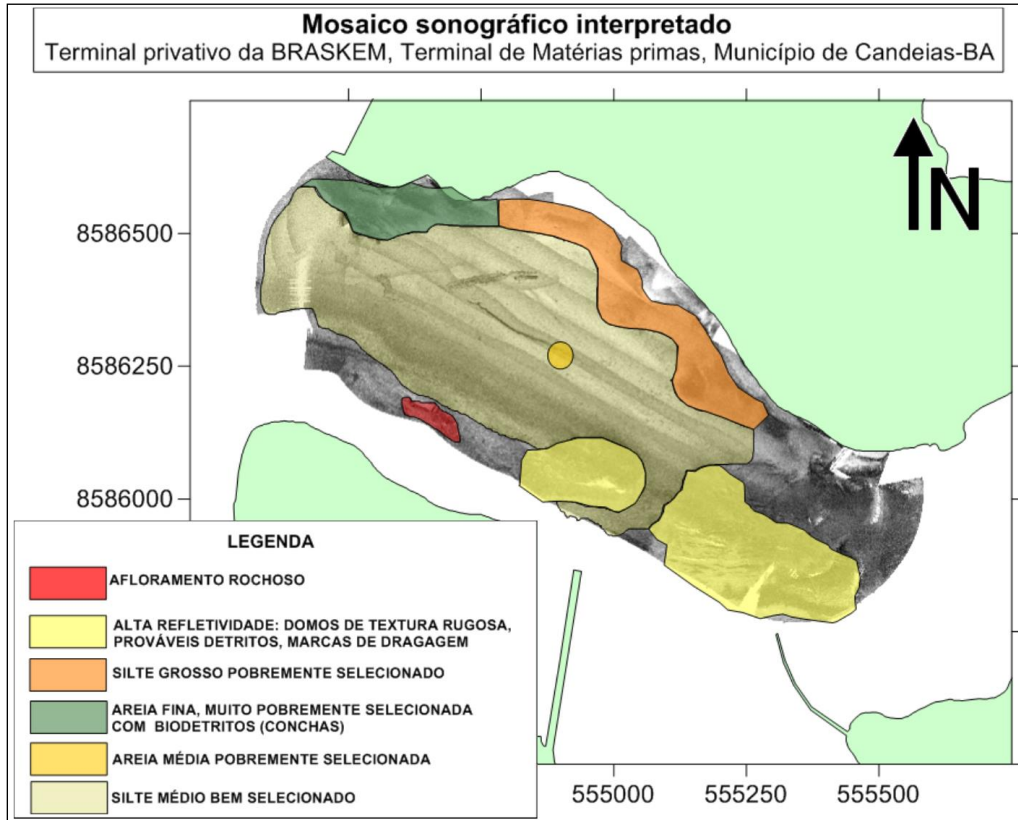


Figura 8.1-99. Mosaico interpretativo dos padrões texturais de fundo obtidos através do cruzamento entre a geofísica e as amostras de sedimento coletadas (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

#### 8.1.9.5 Análise de Dados Meteorológicos, hidrológicos e Oceanográficos

A seguir são apresentados e analisados dados meteorológicos, hidrológicos e oceanográficos pertinentes à caracterização do meio físico, tais como: ventos, correntes, elevação do nível do mar (*i.e.* marés) e vazões fluviais. Ressalta-se que esses dados também são utilizados nas modelagens numéricas presentes no Capítulo 8.1.11.

A localização dos pontos analisados consta na Figura 8.1-100 e Tabela 8.1-12.

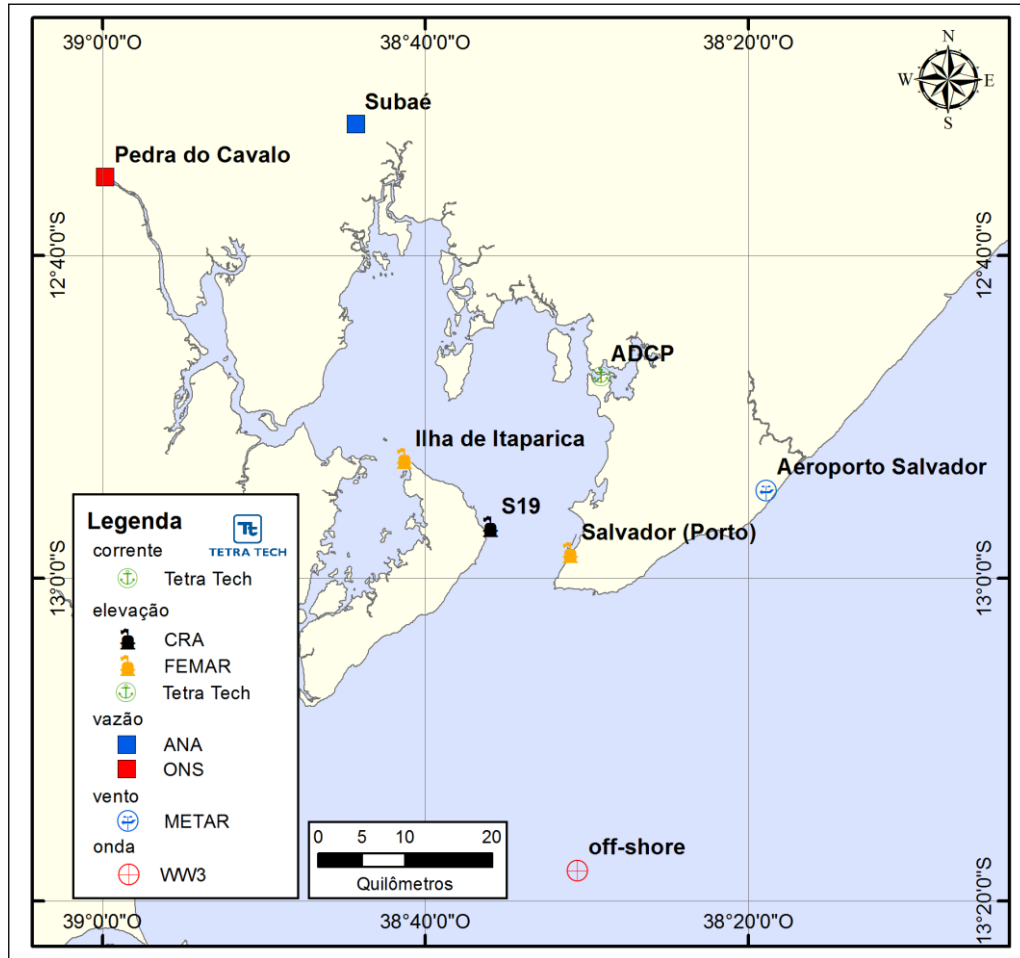


Figura 8.1-100. Localização dos pontos de análise das variáveis meteorológicas, hidrológicas e oceanográficas (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

Tabela 8.1-12. Posição dos dados de vento, onda, corrente, elevação do nível do mar e vazão utilizados nas análises (Datum: WGS 84).

Dado	Estação	Latitude	Longitude
Vento	Aeroporto de Salvador	12°54'33,73"S	38°18'53,37"W
Elevação	Salvador (Porto)	12°58'23,99"S	38°31'00,02"W
Elevação	Ilha de Itaparica	12°52'35,99"S	38°41'18,02"W
Elevação	S19	12°56'49,00"S	38°35'57,51"W
ADCP (Elevação e Corrente)	Canal de Cotegipe	12°47'13,24"S	38°29'36,99"W
Vazão	Pedra do Cavalo	12°35'08,68"S	38°59'51,48"W
Vazão	Subaé II	12°31'49,99"S	38°44'19,02"W
Onda	WW3 - Offshore	13°18'S	38°30'W

**8.1.9.5.1 Ventos**

Os dados de ventos analisados a seguir são referentes à estação meteorológica localizada no Aeroporto de Salvador – METAR (Figura 8.1-100), coletados durante o período de julho de 2012 a junho de 2013. A Figura 8.1-101 apresenta o diagrama vetorial da média diária dos dados de vento. Os dados originais têm intervalo de amostragem horário.

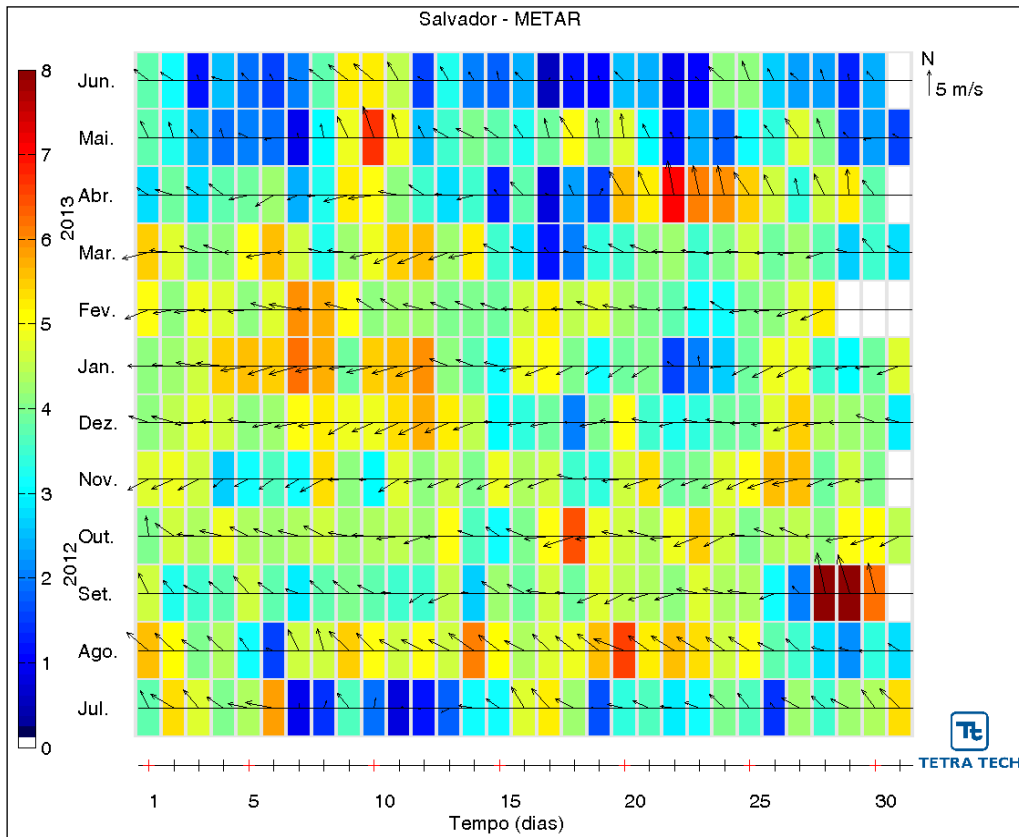


Figura 8.1-101. Diagrama vetorial de dados de vento para o período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção vetorial) (Fonte: METAR, 2013).

As figuras a seguir (Figura 8.1-102 e Figura 8.1-103) apresentam as rosas dos ventos dos dados para um mês de verão (janeiro de 2013) e inverno (junho de 2013). A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica, com a intensidade em metros por segundos. Observa-se que, para o mês de janeiro, os ventos mais frequentes são provenientes de E, enquanto no mês de junho a maior parte dos ventos é oriunda do quadrante SE.

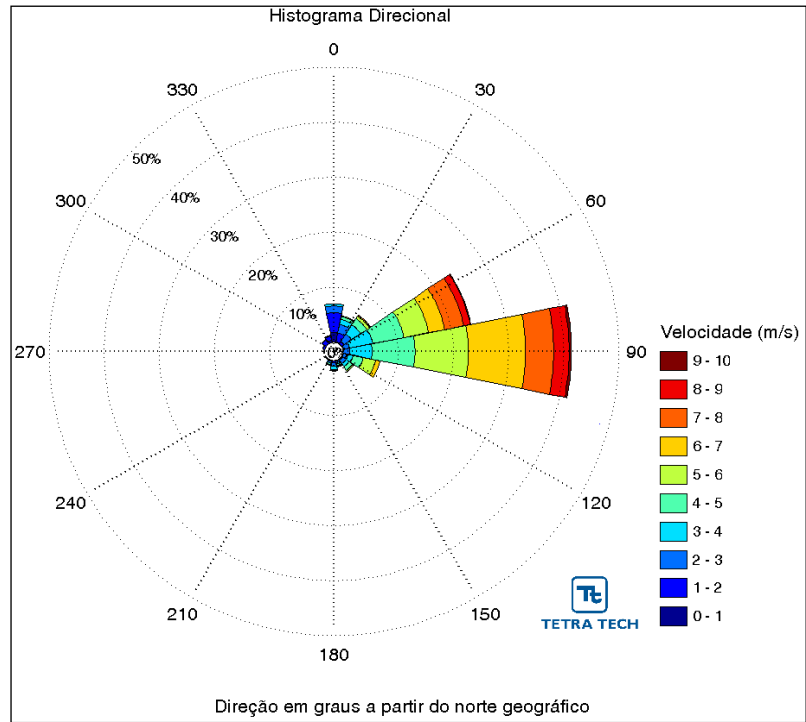


Figura 8.1-102. Rosa dos ventos para o mês de janeiro. Os círculos concêntricos indicam a porcentagem de observações, enquanto que as barras de cores (laterais) indicam a intensidade do vetor de vento (m/s). Intervalo de amostragem: 1h.

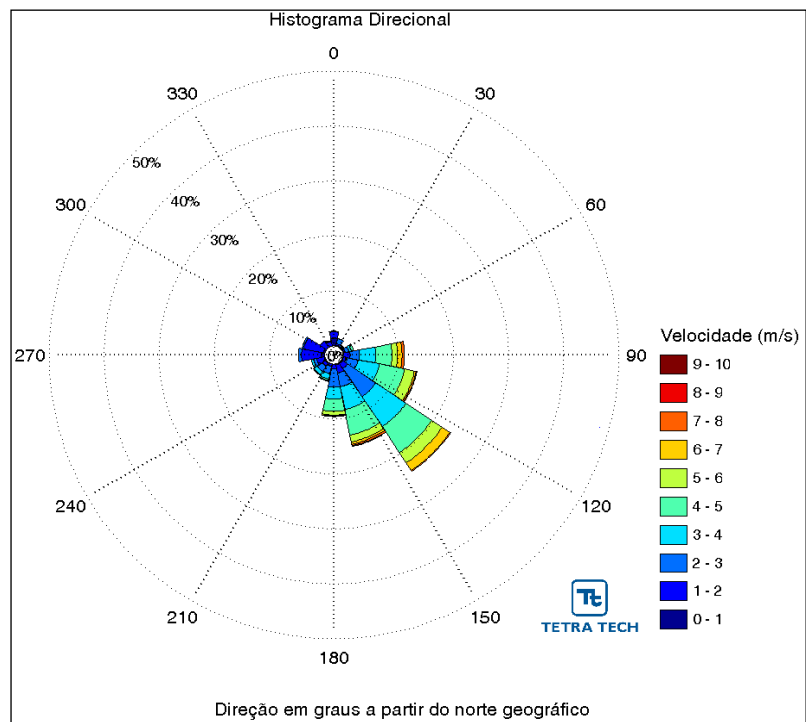


Figura 8.1-103. Rosa dos ventos para o mês de junho. Os círculos concêntricos indicam a porcentagem de observações, enquanto que as barras de cores (laterais) indicam a intensidade do vetor de vento (m/s). Intervalo de amostragem: 1h.

A Tabela 8.1-13 apresenta a frequência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o mês de janeiro. Os ventos mais frequentes vieram de E (41,7%) e ENE (23,9%). Os ventos com maiores velocidades médias também foram provenientes de E (5,6 m/s) seguidos de ENE (5,2 m/s), os ventos mais intensos registrados também foram provenientes de E e ENE (8,8 m/s). Do total de registros de ventos, 86,5% têm intensidades iguais ou inferiores a 7,0 m/s, como indicam os percentis apresentados na tabela. A classe com maior ocorrência conjunta nesse período foi proveniente de E e intensidade entre 6,0 e 7,0 m/s com 77 observações.

A Tabela 8.1-14 apresenta a frequência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos para o período de seca. Os ventos mais frequentes vieram de SE (24,1%) e os ventos com maiores velocidades médias foram provenientes de E e ESE (3,8 m/s). Os ventos mais intensos registrados foram provenientes de E, ESE e SE (todos com 7,7 m/s). Do total de registros de ventos, 88,1% têm intensidades iguais ou inferiores a 5,0 m/s, como indicam os percentis apresentados na tabela. A classe com maior ocorrência conjunta nesse período foi proveniente de SE e intensidade entre 3,0 e 4,0 m/s com 47 observações.



Tabela 8.1-13. Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (º) do vento, para o mês de janeiro. A direção é medida em graus a partir do norte geográfico e segue a convenção meteorológica. Intervalo de amostragem: 1h.

Vel.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Porc.	DIR
0,0- 1,0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1,2	348
1,0- 2,0	27	12	4	1	0	0	1	1	3	1	1	0	0	3	7	6	9,1	3
2,0- 3,0	9	12	12	8	9	7	6	2	5	3	0	0	0	0	0	1	10,1	69
3,0- 4,0	3	7	15	32	30	7	5	2	4	0	0	0	1	0	0	0	14,4	75
4,0- 5,0	0	4	10	43	58	14	6	2	1	2	0	0	0	0	0	0	19	83
5,0- 6,0	0	1	4	34	72	17	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	18	86
6,0- 7,0	0	0	1	22	77	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	14,7	86
7,0- 8,0	0	0	1	26	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,8	77
8,0- 9,0	0	0	0	9	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,1	80
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>37</b>	<b>47</b>	<b>175</b>	<b>305</b>	<b>51</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>10</b>		
<b>Porc.</b>	<b>5,9</b>	<b>5,1</b>	<b>6,4</b>	<b>23,9</b>	<b>41,7</b>	<b>7</b>	<b>2,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,9</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>	<b>0</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>1</b>	<b>1,4</b>		
<b>Vel. méd.</b>	<b>1,6</b>	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>	<b>5,2</b>	<b>5,6</b>	<b>4,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	<b>2,8</b>	<b>3,3</b>	<b>1,5</b>	<b>0</b>	<b>1,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>		
<b>Vel. máx.</b>	<b>3,6</b>	<b>5,2</b>	<b>7,7</b>	<b>8,8</b>	<b>8,8</b>	<b>6,7</b>	<b>5,7</b>	<b>6,2</b>	<b>6,2</b>	<b>5,2</b>	<b>1,5</b>	<b>0</b>	<b>3,1</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>2,6</b>		

Tabela 8.1-14. Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (º) do vento, para o mês de junho. A direção é medida em graus a partir do norte geográfico e segue a convenção meteorológica. Intervalo de amostragem: 1h.

Vel.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Porc.	DIR.
0,0- 1,0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	5	2	0	0	2	276
1,0- 2,0	8	2	1	2	9	4	8	11	6	3	5	10	25	26	10	6	19,4	270
2,0- 3,0	1	7	2	5	12	16	44	18	24	10	8	4	4	2	0	1	22,5	146
3,0- 4,0	0	0	1	3	21	28	47	30	15	7	5	3	0	0	0	0	22,8	138
4,0- 5,0	0	0	0	3	21	33	40	34	16	2	1	0	0	0	0	0	21,4	134
5,0- 6,0	0	0	0	0	7	13	16	9	5	1	0	0	0	0	0	0	7,3	133
6,0- 7,0	0	0	0	0	6	2	12	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3,4	126
7,0- 8,0	0	0	0	0	3	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1,1	127
8,0- 9,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>79</b>	<b>97</b>	<b>169</b>	<b>108</b>	<b>68</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>7</b>		
<b>Porc.</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	<b>0,6</b>	<b>2</b>	<b>11,3</b>	<b>13,8</b>	<b>24,1</b>	<b>15,4</b>	<b>9,7</b>	<b>3,3</b>	<b>2,9</b>	<b>2,6</b>	<b>4,9</b>	<b>4,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1</b>		
<b>Vel. méd.</b>	<b>1,3</b>	<b>2</b>	<b>2,3</b>	<b>2,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	<b>3,3</b>	<b>2,7</b>	<b>2,3</b>	<b>1,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>		
<b>Vel. máx.</b>	<b>2,1</b>	<b>2,6</b>	<b>3,6</b>	<b>4,6</b>	<b>7,7</b>	<b>7,7</b>	<b>7,7</b>	<b>7,2</b>	<b>7,2</b>	<b>5,2</b>	<b>4,6</b>	<b>3,6</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>	<b>1,5</b>	<b>2,1</b>		

### 8.1.9.5.2 Correntes

As coletas foram feitas através de um ADCP<sup>1</sup> de 1.200 kHz, modelo *Workhorse Sentinel* fabricado pela *Teledyne RD Instruments*, e dotado de sensores de temperatura e pressão, que possibilita medidas de elevação da superfície do mar.

O equipamento foi configurado para medir perfis de corrente no ponto de fundeio (Figura 8.1-100 e Figura 8.1-104) durante 30 dias, com intervalo de tempo de 15 minutos e subdividindo a coluna d'água em células de um metro de profundidade.

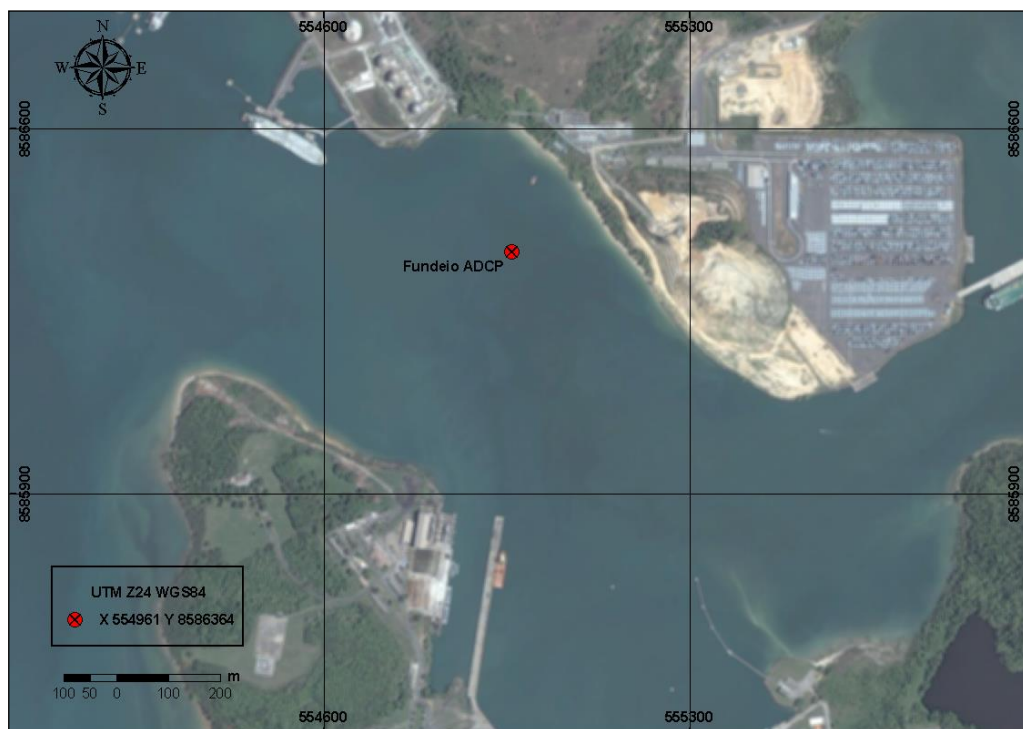


Figura 8.1-104. Localização do ponto de fundeio do ADCP na área de estudo (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2013).

Os dados coletados pelo instrumento foram processados pelo software *WinADCP*, fornecido pelo fabricante do equipamento, através do qual foi possível exportar o conjunto de dados brutos para o formato ASCII. Posteriormente foram realizadas análises para aferir a qualidade dos registros procurando remover possíveis *spikes* e registros espúrios.

A seguir, a Figura 8.1-105 apresenta um diagrama vetorial dos dados de velocidade obtidos, fornecendo um padrão da distribuição dos vetores de velocidade ao longo da coluna d'água.

<sup>1</sup> *Acoustic Doppler Current Profiler*

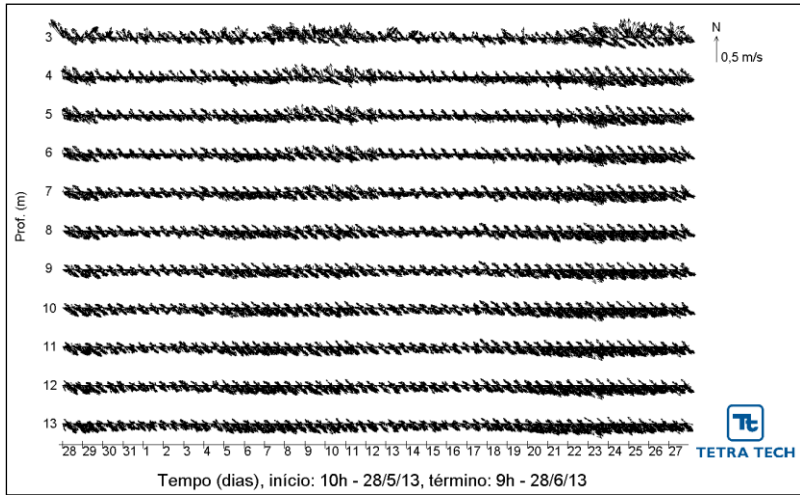


Figura 8.1-105. Diagrama dos vetores de velocidade ao longo da coluna d'água para o período de 28 de maio a 28 de junho de 2013 (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2013).

Ao longo do período amostrado é possível notar que as correntes na área de estudo são fortemente influenciadas pela maré.

A Figura 8.1-106 a seguir, apresenta as séries temporais das componentes u e v, enquanto a Figura 8.1-107 apresenta a rosa de correntes na camada superficial da coluna d'água. A tabela de ocorrência conjunta de intensidade e direção (Tabela 8.1-15) é apresentada em seguida.

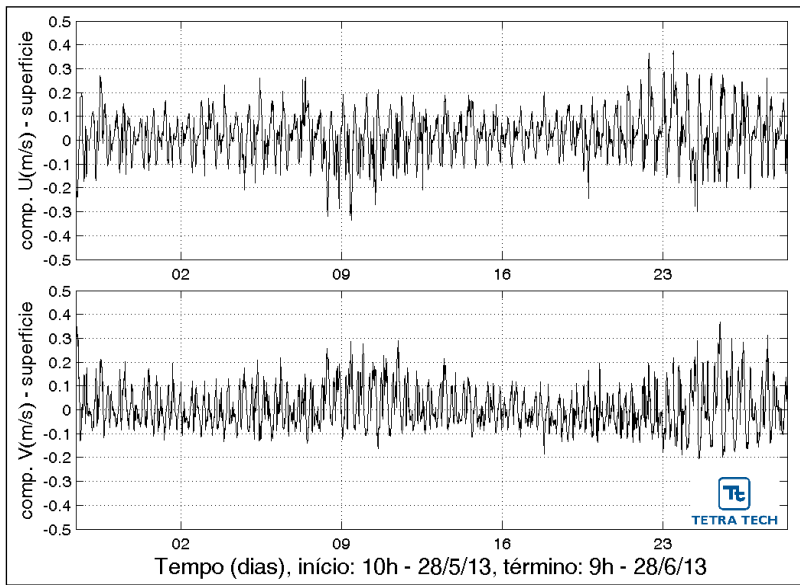


Figura 8.1-106. Séries temporais das componentes u e v em superfície (3 m).

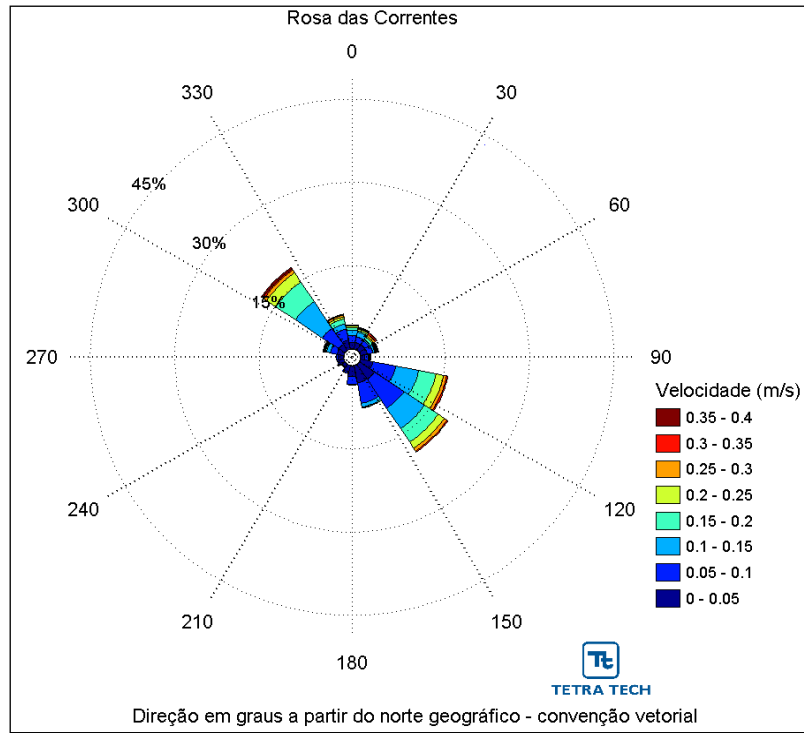


Figura 8.1-107. Rosa de correntes na superfície (3 m).

Tabela 8.1-15. Ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (o) – superfície.

Vel.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Porc.	DIR. MÉD.
0,0- 5,0	35	36	37	37	43	68	96	94	61	35	20	28	29	35	39	50	25,2	127
5,0-10,0	38	31	25	30	68	123	187	111	42	9	4	7	8	38	102	61	29,9	109
10,0-15,0	30	26	8	10	18	125	132	21	3	1	0	1	0	19	174	27	20,1	63
15,0-20,0	13	8	15	5	11	91	86	5	0	0	0	0	1	6	123	27	13,2	57
20,0-25,0	9	9	7	5	3	41	38	1	0	0	0	0	1	3	61	11	6,4	40
25,0-30,0	3	5	11	5	1	16	19	0	0	0	0	0	0	3	18	9	3,0	50
30,0-35,0	1	3	10	1	1	7	6	0	0	0	0	0	0	3	7	2	1,4	47
35,0-40,0	1	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	3	0,7	340
<b>Total</b>	130	119	114	96	146	471	564	232	106	45	24	36	39	111	531	190		
<b>Porc.</b>	<b>4,4</b>	<b>4,0</b>	<b>3,9</b>	<b>3,2</b>	<b>4,9</b>	<b>15,9</b>	<b>19,1</b>	<b>7,9</b>	<b>3,6</b>	<b>1,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>3,8</b>	<b>18,0</b>	<b>6,4</b>		
<b>Vel. méd.</b>	<b>10,1</b>	<b>10,4</b>	<b>12,8</b>	<b>9,7</b>	<b>8,1</b>	<b>12,3</b>	<b>11,2</b>	<b>6,2</b>	<b>4,8</b>	<b>3,6</b>	<b>3,2</b>	<b>3,4</b>	<b>4,2</b>	<b>9,9</b>	<b>14,1</b>	<b>11,0</b>		
<b>Vel. máx.</b>	<b>36,7</b>	<b>35,0</b>	<b>38,8</b>	<b>39,2</b>	<b>37,0</b>	<b>32,9</b>	<b>33,8</b>	<b>21,1</b>	<b>13,6</b>	<b>13,8</b>	<b>6,0</b>	<b>10,1</b>	<b>21,1</b>	<b>37,8</b>	<b>39,5</b>	<b>38,2</b>		



A Figura 8.1-108 a seguir, apresenta as séries temporais das componentes u e v, enquanto a Figura 8.1-109 apresenta a rosa de correntes e, em seguida, a Tabela 8.1-16 mostra a ocorrência conjunta de intensidade e direção em meia água (8 m).

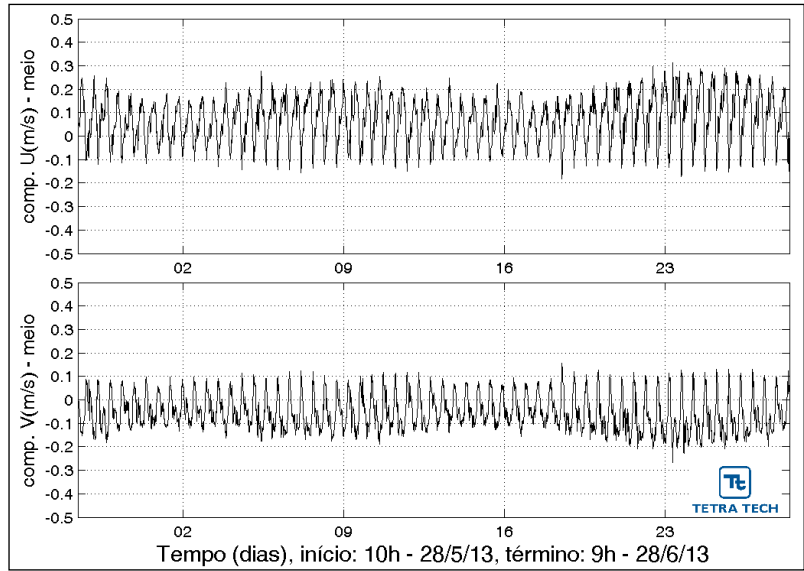


Figura 8.1-108. Séries temporais das componentes u e v em meia água (8 m).

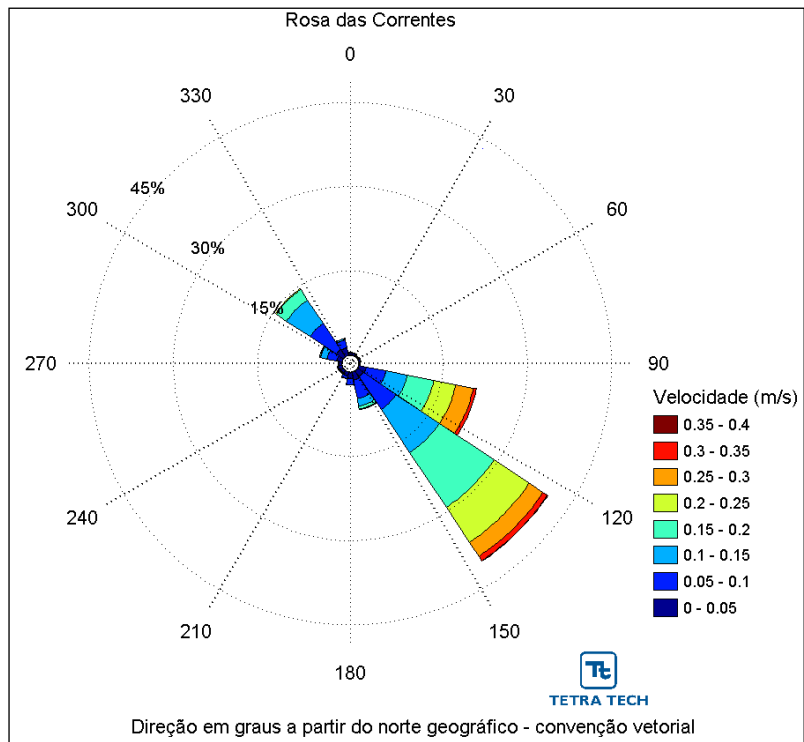


Figura 8.1-109. Rosa de correntes em meia água (8 m).

Tabela 8.1-16. Ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (o) – meio.

Vel.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Porc.	DIR.
0,0- 5,0	11	13	7	70	20	41	39	43	34	22	17	20	15	29	44	41	13,7	182
5,0-10,0	5	1	2	2	20	105	209	101	33	14	4	4	8	51	167	44	25,9	142
10,0-15,0	0	0	0	0	9	114	278	42	1	1	1	1	0	34	150	8	21,5	130
15,0-20,0	0	0	0	0	0	139	346	17	1	0	0	0	0	6	66	0	19,4	129
20,0-25,0	0	0	0	0	0	116	225	3	0	0	0	0	0	0	4	0	11,7	126
25,0-30,0	0	0	0	0	0	95	90	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6,3	124
30,0-35,0	0	0	0	0	0	17	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	125
35,0-40,0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	126
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>49</b>	<b>627</b>	<b>1216</b>	<b>207</b>	<b>69</b>	<b>37</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>120</b>	<b>431</b>	<b>93</b>		
<b>Porc.</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>1,6</b>	<b>21,1</b>	<b>40,9</b>	<b>7,0</b>	<b>2,3</b>	<b>1,2</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>4,0</b>	<b>14,5</b>	<b>3,1</b>		
<b>Vel. méd.</b>	<b>3,5</b>	<b>2,2</b>	<b>3,1</b>	<b>2,9</b>	<b>6,3</b>	<b>16,7</b>	<b>16,0</b>	<b>8,5</b>	<b>5,0</b>	<b>4,7</b>	<b>3,9</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>8,0</b>	<b>10,3</b>	<b>5,8</b>		
<b>Vel. máx.</b>	<b>8,6</b>	<b>5,1</b>	<b>7,1</b>	<b>5,2</b>	<b>14,2</b>	<b>34,4</b>	<b>35,0</b>	<b>27,1</b>	<b>16,7</b>	<b>11,1</b>	<b>10,7</b>	<b>10,5</b>	<b>9,4</b>	<b>19,2</b>	<b>24,1</b>	<b>13,5</b>		

A Figura 8.1-110 a seguir, apresenta as séries temporais das componentes u e v, enquanto a Figura 8.1-111 e a Tabela 8.1-17 apresentam, respectivamente, a rosa de correntes e a ocorrência conjunta de intensidade e direção no fundo (13 m).

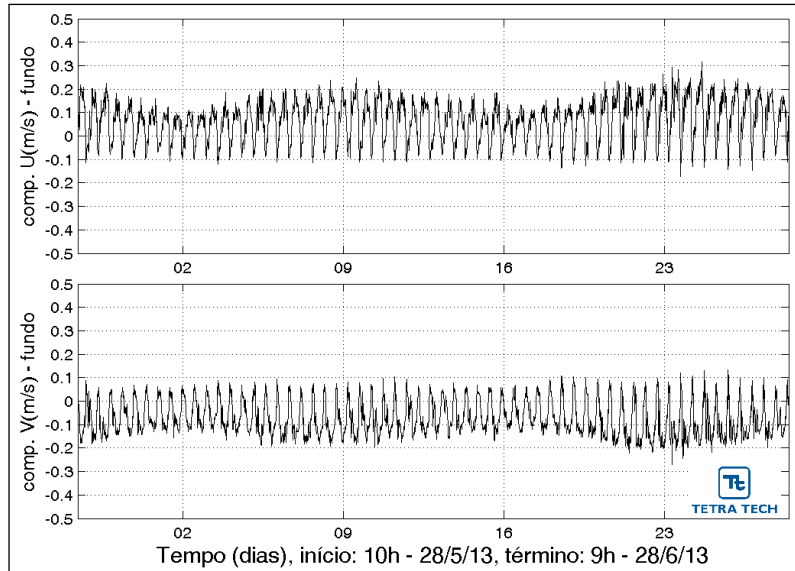


Figura 8.1-110. Séries temporais das componentes u e v no fundo (13 m).

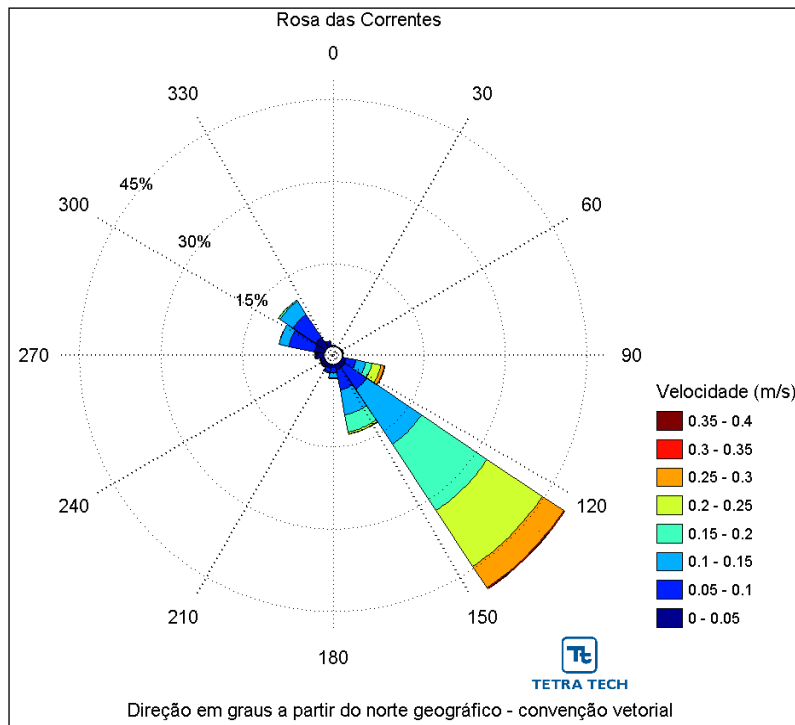


Figura 8.1-111. Rosa de correntes no fundo (13 m).

Tabela 8.1-17. Ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (o) – fundo.

Vel. (cm/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Porc.	Dir. méd.
0,0- 5,0	7	2	3	6	9	22	27	31	18	22	21	21	41	52	65	22	12,4	264
5,0-10,0	0	0	0	3	12	54	146	111	28	20	7	3	8	146	151	9	23,5	202
10,0-15,0	0	0	0	0	3	54	361	139	27	7	2	2	0	55	86	0	24,8	145
15,0-20,0	0	0	0	0	1	34	428	95	3	0	0	0	0	1	8	0	19,2	137
20,0-25,0	0	0	0	0	0	50	363	11	0	0	0	0	0	0	1	0	14,3	132
25,0-30,0	0	0	0	0	0	19	141	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5,4	130
30,0-35,0	0	0	0	0	0	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	125
35,0-40,0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	128
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>25</b>	<b>236</b>	<b>1474</b>	<b>388</b>	<b>76</b>	<b>49</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>49</b>	<b>254</b>	<b>311</b>	<b>31</b>		
<b>Porc.</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>	<b>7,9</b>	<b>49,6</b>	<b>13,1</b>	<b>2,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,6</b>	<b>8,6</b>	<b>10,5</b>	<b>1,0</b>		
<b>Vel. méd.</b>	<b>2,6</b>	<b>2,9</b>	<b>1,0</b>	<b>4,4</b>	<b>7,1</b>	<b>14,9</b>	<b>17,2</b>	<b>11,9</b>	<b>8,3</b>	<b>5,8</b>	<b>4,5</b>	<b>4,1</b>	<b>3,6</b>	<b>7,5</b>	<b>8,1</b>	<b>4,1</b>		
<b>Vel. máx.</b>	<b>3,9</b>	<b>3,5</b>	<b>1,3</b>	<b>9,4</b>	<b>18,9</b>	<b>34,4</b>	<b>35,2</b>	<b>28,5</b>	<b>18,5</b>	<b>11,8</b>	<b>10,5</b>	<b>11,1</b>	<b>7,5</b>	<b>17,0</b>	<b>21,0</b>	<b>9,9</b>		

A análise dos dados de corrente mostra que as maiores intensidades são observadas nas correntes de superfície durante as vazantes de sizígia (Tabela 8.1-18), este resultado corrobora as observações de Pereira & Lessa (2009), segundo os quais as velocidades máximas foram associadas com a maré vazante de sizígia nos pontos observados

#### **8.1.9.5.3 Elevação**

A elevação do nível do mar foi avaliada em dois pontos na BTS quanto a sua componente astronômica (Figura 8.1-100). A Figura 8.1-112 apresenta as constantes harmônicas para a estação maregráfica da FEMAR<sup>2</sup> no Porto de Salvador. As principais componentes são a  $M_2$  e  $S_2$ , com semi amplitudes de 78 cm e 30,5 cm respectivamente, indicando o caráter semidiurno da maré na região. A componente  $N_2$  tem semi amplitude de 14,5 cm, a  $K_2$  tem semi amplitude de 8,4 cm, a  $O_1$  tem semi amplitude de 6,6 cm e, todas as demais componentes apresentam semi amplitudes inferiores a 5 cm.

---

<sup>2</sup> Fundação de Estudos do Mar. Disponível em: <<http://www.fundacaofemar.org.br>>.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR <i>Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras</i>					
<b>Nome da Estação :</b>		<b>SALVADOR (PORTO) – BA</b>			
<b>Localização :</b>		No Pier de Atracação da Capitania dos Portos, no Molhe - Sul			
<b>Organ. Responsável :</b>		IAGS / INPH / DHN			
<b>Latitude :</b>		12° 58,4' S	<b>Longitude :</b>		38° 31,0' W
<b>Período Analisado :</b>		01/01/60 a 23/12/60		<b>Nº de Componentes :</b> 50	
<b>Análise Harmônica :</b>		Método Tidal Liverpool Institute.			
<b>Classificação :</b>		Maré Semidiurna.			
<b>Estabelecimento do Porto: (HWF&amp;C)</b>		IV H 20 min	<b>Nível Médio (Zo):</b>		131 cm acima do NR.
<b>Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :</b>		240 cm acima do NR.	<b>Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :</b>		179 cm acima do NR
<b>Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :</b>		23 cm acima do NR.	<b>Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :</b>		84 cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	4,6	046	MU <sub>2</sub>	2,8	119
Ssa	2,8	138	N <sub>2</sub>	14,5	109
Mm	1,1	001	NU <sub>2</sub>	2,6	113
Mf	3,6	027	M <sub>2</sub>	78,0	110
MTM	-	-	L <sub>2</sub>	2,3	111
Msf	1,2	109	T <sub>2</sub>	1,1	228
Q <sub>1</sub>	1,9	087	S <sub>2</sub>	30,5	124
O <sub>1</sub>	6,6	122	K <sub>2</sub>	8,4	116
M <sub>1</sub>	0,8	240	MO <sub>3</sub>	0,3	291
P <sub>1</sub>	1,4	202	M <sub>3</sub>	1,2	126
K <sub>1</sub>	4,1	215	MK <sub>3</sub>	0,1	117
J <sub>1</sub>	0,2	338	MN <sub>4</sub>	0,2	165
OO <sub>1</sub>	0,5	346	M <sub>4</sub>	1,0	291
MNS <sub>2</sub>	0,7	117	SN <sub>4</sub>	0,2	040
2N <sub>2</sub>	2,1	101	MS <sub>4</sub>	1,2	015
<b>Referências de Nível:</b> RN 2, 3 e 4 cravadas no molhe Sul em frente ao Pier da Capitania.					
<b>Obs:</b> Outros Períodos : 24/03/14 a 27/03/15; 01/04/49 a 05/04/50; 01/01/55 a 31/01/55; 01/08/56 a 01/09/56; 09/04/74 a 10/05/74; 24/04/85 a 25/05/85; 31/05/88 a 13/09/88; 22/04/88 a 29/05/88. Consta das Tábuas das Marés					
Código BNDO: 40140					

Figura 8.1-112. Semi amplitude (cm) e fase local (O) das principais componentes harmônicas para a estação maregráfica do Porto de Salvador (BA) (Fonte: FEMAR, 2000).

A maré astronômica para o Porto de Salvador, no mês de janeiro de 1999 é demonstrada na Figura 8.1-113 com amplitude de aproximadamente 2,50 metros e nível médio de 1,31 metros em relação ao nível de redução adotado pela DHN<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil.



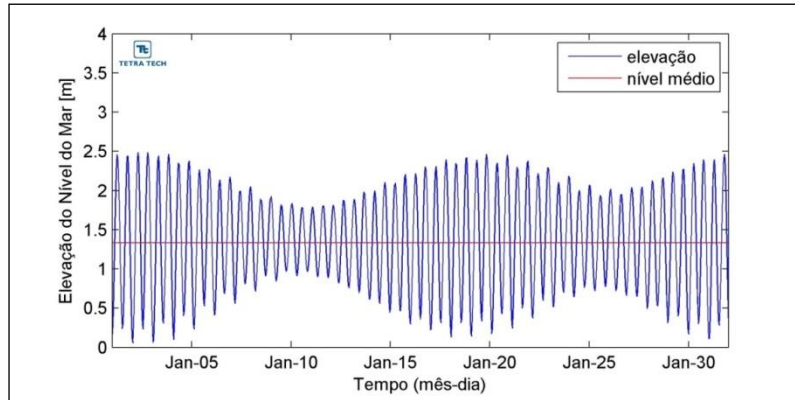


Figura 8.1-113. Maré astronômica do Porto de Salvador.

A Figura 8.1-114 apresenta as constantes harmônicas para a estação maregráfica da FEMAR na Ilha de Itaparica. As principais componentes para a região são  $M_2$  e  $S_2$ , com semi amplitudes de 89,6 cm e 37,8 cm, respectivamente, indicando o caráter semidiurno da maré na região. A componente  $N_2$  tem semi amplitude de 16,6 cm, a  $K_2$  tem semi amplitude de 10,3 cm, a  $O_1$  tem semi amplitude de 7,0 cm e todas as demais componentes apresentam semi amplitudes iguais ou inferiores a 5,0 cm.

**FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR** *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

<b>Nome da Estação :</b>		<b>ILHA DE ITAPARICA – BA</b>			
<b>Localização :</b>		Baía de Todos os Santos – no trapiche de acesso ao Forte de Itaparica			
<b>Organ. Responsável :</b>		DHN			
<b>Latitude :</b>		12° 52,6' S	<b>Longitude :</b>		38° 41,3' W
<b>Período Analisado :</b>		06/08/74 a 06/09/74		<b>Nº de Componentes :</b> 19	
<b>Análise Harmônica :</b>		Método Almirante Santos Franco			
<b>Classificação :</b>		Maré Semidiurna.			
<b>Estabelecimento do Porto: (HWF&amp;C)</b>		III H 56 min	<b>Nível Médio (Zo):</b>		154 cm acima do NR.
<b>Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :</b>		282 cm acima do NR.	<b>Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :</b>		206 cm acima do NR
<b>Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :</b>		27 cm acima do NR.	<b>Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :</b>		103 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>	5,5	142
Ssa	-	-	N <sub>2</sub>	16,6	108
Mm	5,0	069	NU <sub>2</sub>	3,2	108
Mf	-	-	M <sub>2</sub>	89,6	110
MTM	-	-	L <sub>2</sub>	3,9	124
Msf	-	-	T <sub>2</sub>	2,2	123
Q <sub>1</sub>	2,0	094	S <sub>2</sub>	37,8	123
O <sub>1</sub>	7,0	122	K <sub>2</sub>	10,3	124
M <sub>1</sub>	-	-	MO <sub>3</sub>	-	-
P <sub>1</sub>	1,5	213	M <sub>3</sub>	1,9	125
K <sub>1</sub>	4,6	221	MK <sub>3</sub>	-	-
J <sub>1</sub>	-	-	MN <sub>4</sub>	-	-
OO <sub>1</sub>	-	-	M <sub>4</sub>	3,6	288
MNS <sub>2</sub>	-	-	SN <sub>4</sub>	-	-
2N <sub>2</sub>	2,2	106	MS <sub>4</sub>	2,3	001
<b>Referências de Nível:</b> RN Ponte: início do cais à direita RN Forte: no batente à esquerda de quem entra no Forte São Lourenço					
<b>Obs:</b> Outros Períodos: 20/08/74 a 20/09/74 ; 15/11/83 a 16/12/83					

Código BNDO: 40133

Figura 8.1-114. Amplitude (cm) e fase local (°) das principais componentes harmônicas para a estação maregráfica na Ilha de Itaparica (BA) (Fonte: FEMAR, 2000).

A maré astronômica para a Ilha de Itaparica, no mês de janeiro de 1999 é demonstrada na Figura 8.1-115 com amplitude de, aproximadamente, 3,0 metros e nível médio de 1,54 metros em relação ao nível de redução adotado pela DHN.

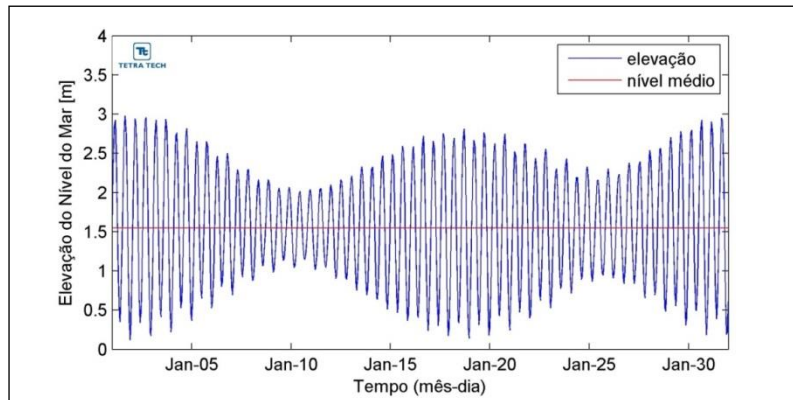


Figura 8.1-115. Maré astronômica da Ilha de Itaparica.

Esse padrão aponta a amplificação da maré astronômica da entrada da BTS em direção ao fundo, neste caso, do Porto de Salvador até a Ilha de Itaparica.

Adicionalmente aos dados de maré astronômica foram utilizados dados medidos da elevação do nível do mar aquiritados por meio de um ADCP<sup>4</sup> para o período entre 11 e 26 de janeiro de 1999, na Estação 19 (ponto S19 na Figura 8.1-100) obtidos através de estudos existentes na região (CRA, 2000). A diferença entre esse registro e a maré astronômica consiste na contabilização das marés meteorológicas causadas, nesse caso, principalmente pela ação do vento.

A Figura 8.1-116 apresenta marés medidas de até 2,5 metros de amplitude (*i.e.* similar à maré do Porto de Salvador) e uma pequena influência da maré meteorológica no período medido, indicada pela variação do nível médio do mar.

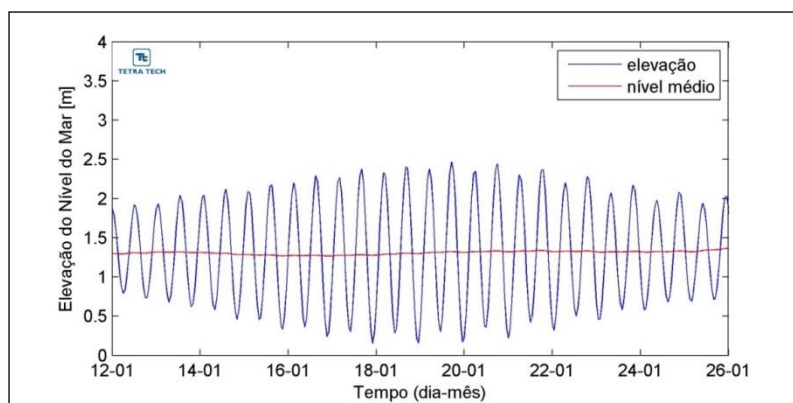


Figura 8.1-116. Maré medida para o período de janeiro de 1999.

Na região do empreendimento, as medidas de pressão coletadas pelo ADCP, convertidas para profundidade, fornecem o padrão de elevação da superfície do mar. A seguir, a Figura 8.1-117

<sup>4</sup> *Acoustic Doppler Current Profiler*

apresenta a série temporal de elevação da superfície do mar, enquanto a Figura 8.1-118 apresenta o espectro de amplitudes (ou semi amplitude conforme definição usada nas tabelas da FEMAR) de elevação, em metros, e a frequência, em ciclos por dia (cpd).

Na Figura 8.1-117 observam-se as diferentes amplitudes de oscilação do nível do mar devido às forçantes astronômicas, configurando os períodos de sizígia e quadratura da maré. É possível, ainda, observar a contribuição de oscilações de baixa frequência no nível médio, associadas a efeitos atmosféricos, com diferença de amplitude de, aproximadamente, 0,2 metros. Dessa forma, ao longo do período verificam-se oscilações da ordem de 3 metros na superfície do mar, decorrentes da sobreposição de efeitos astronômicos e meteorológicos.

O espectro de amplitude de maré calculado a partir desta série (Figura 8.1-118) apresenta um pico com amplitude de aproximadamente 0,86 m na faixa de frequência de dois cpd, correspondente à maré semidiurna. Um segundo pico menor pode ser observado na faixa de 1 cpd (maré diurna) com amplitude em torno de 0,05 m. Outro pico com frequência menor que 0,25 cpd também é observado na análise, este relacionado à maré meteorológica.

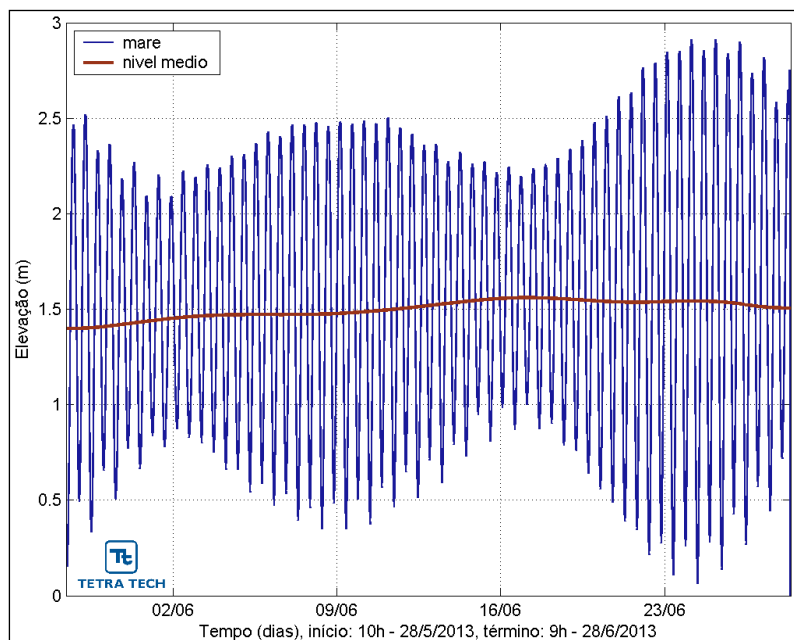


Figura 8.1-117. Série temporal de elevação da superfície do mar.

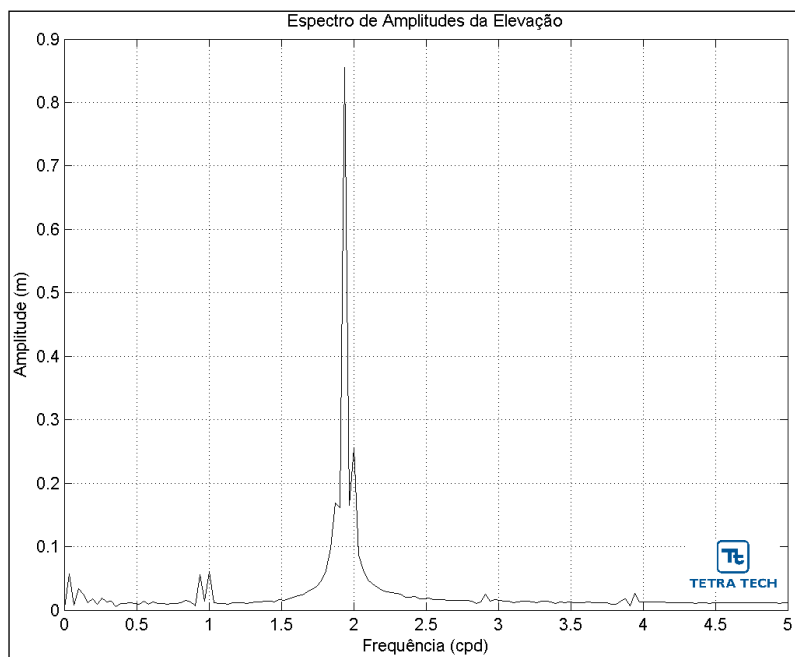


Figura 8.1-118. Espectro de amplitudes de elevação.

#### 8.1.9.5.4 Vazões

Para caracterização da vazão afluente a BTS, foram obtidos os dados junto ao Operador Nacional do Sistema (ONS) e a Agência Nacional de Águas (ANA) para os rios Paraguaçu e Subaé, respectivamente (Figura 8.1-100).

As informações referentes ao Rio Paraguaçu, a jusante do reservatório de Pedra do Cavalo, foram obtidas junto a ONS na estação localizada nas coordenadas 12°35'08,68"S e 38°59'51,48"W durante o período de janeiro de 1992 a dezembro de 2011. A Figura 8.1-119 apresenta o ciclo sazonal das vazões médias mensais registradas nesta estação.

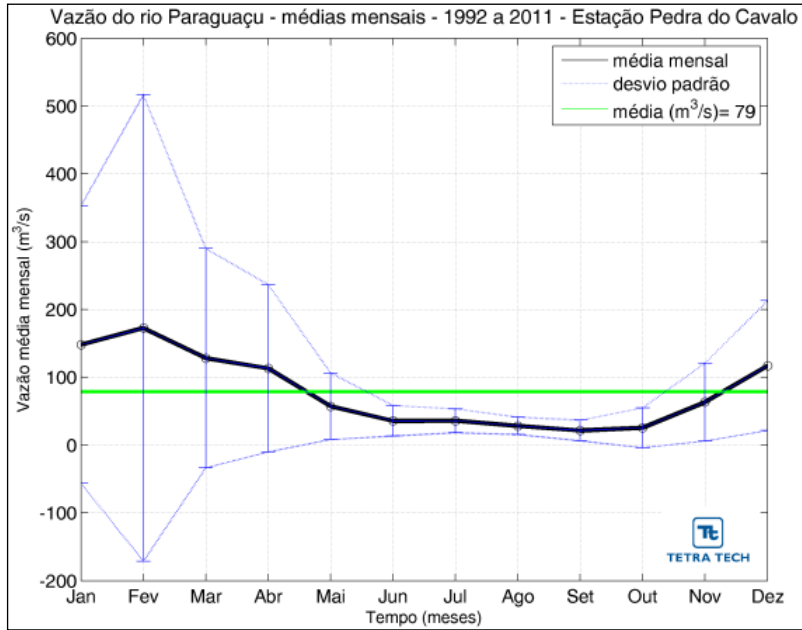


Figura 8.1-119. Ciclo sazonal da vazão média mensal (m³/s) do Rio Paraguaçu. (Fonte: Operador Nacional do Sistema).

O Paraguaçu nesse trecho apresenta uma vazão média mensal máxima de 172,6 m³/s e mínima de 21,6 m³/s. O período de máxima seca ocorre entre os meses de agosto a outubro e a máxima cheia de janeiro a março. A vazão média para o período amostrado foi de 79 m³/s.

Os dados de vazão para o Rio Subaé foram obtidos através da estação fluviométrica Subaé II (ANA), localizada nas coordenadas 12°31'49,99"S e 38°44'19,02"W, para o período de abril de 1993 a março de 2013. A Figura 8.1-120 apresenta o ciclo sazonal das vazões médias mensais registradas nesta estação.

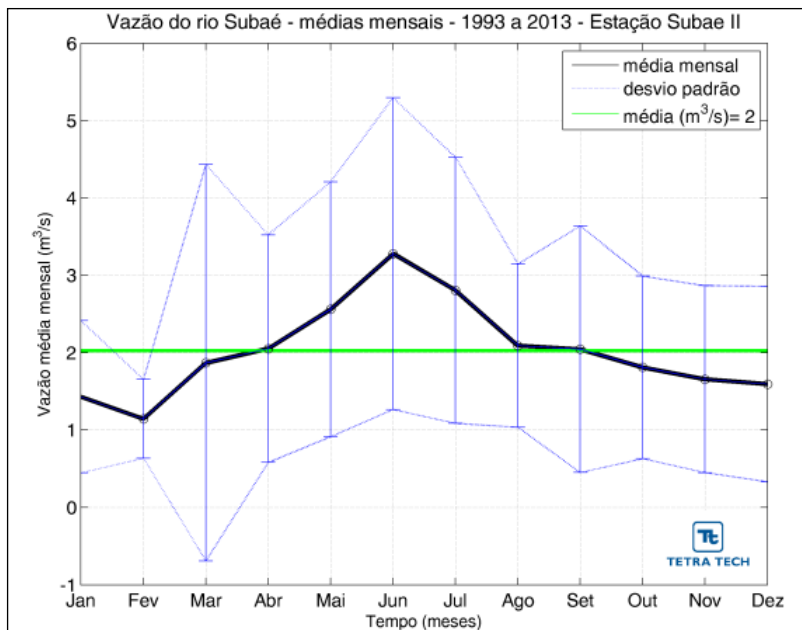




Figura 8.1-120. Ciclo sazonal da vazão média mensal (m<sup>3</sup>/s) do Rio Subaé. (Fonte: Agência Nacional das Águas). O Rio Subaé nesse trecho apresenta uma vazão média mensal máxima de 3,27 m<sup>3</sup>/s e mínima de 1,14 m<sup>3</sup>/s. O período de máxima seca ocorre entre os meses de dezembro a fevereiro e a máxima cheia de maio a julho. A vazão média para o período amostrado foi de 2 m<sup>3</sup>/s.

### 8.1.9.5.5 Ondas

Para a caracterização do clima de ondas na região costeira adjacente à BTS, foram utilizados dados de onda em águas profundas obtidas do modelo numérico *WaveWatch* III entre 1º janeiro e 31 de dezembro de 2013 (Figura 8.1-100).

A Figura 8.1-121 apresenta a rosa de ondas para o ano de 2013. Nota-se que as ondas predominantes são oriundas de sul, variando entre S e SSW. A Tabela 8.1-19 de ocorrência conjunta de altura e direção de onda aponta que 43,8% das ondas são do quadrante sul com altura média de 1,4 metros e máxima de 2,4 metros. As maiores ondas para o período foram de SSE com 3 metros. A altura de onda mais constante encontra-se entre 1,2 e 1,4 metros representando 21,4% dos casos.

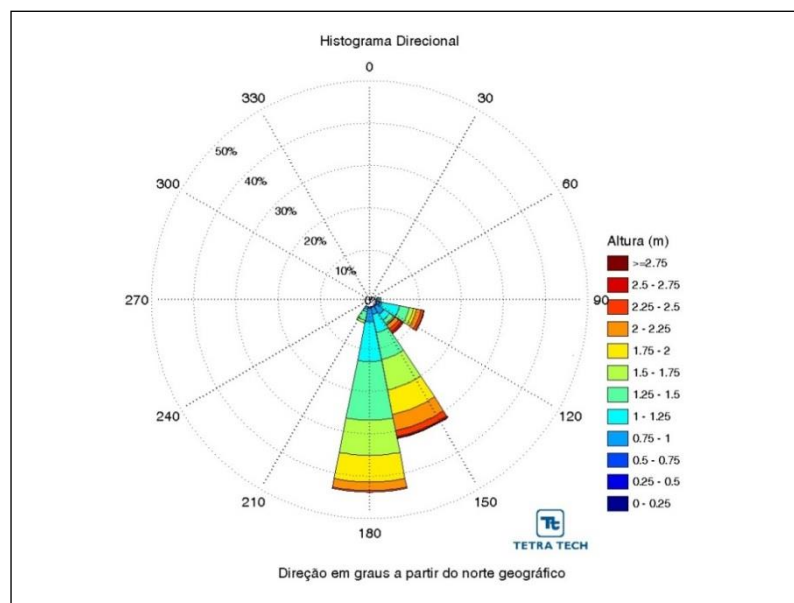


Tabela 8.1-19. Tabela de ocorrência conjunta da altura e direção de onda do modelo WW3 para o ano de 2013.

Altura (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir
0,0- 0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,2- 0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,4- 0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,6- 0,8	0	0	0	0	19	2	39	18	72	1	0	0	0	0	0	0	151	1,7	158
0,8- 1,0	0	0	0	0	30	115	174	148	243	58	0	0	0	0	0	0	768	8,8	155
1,0- 1,2	0	0	0	0	5	280	123	284	598	47	0	0	0	0	0	0	1337	15,3	158
1,2- 1,4	0	0	0	0	23	211	88	435	1033	87	0	0	0	0	0	0	1877	21,4	166
1,4- 1,6	0	0	0	0	11	133	32	517	662	134	0	0	0	0	0	0	1489	17	167
1,6- 1,8	0	0	0	0	3	44	25	486	603	16	0	0	0	0	0	0	1177	13,4	167
1,8- 2,0	0	0	0	0	0	56	11	385	414	0	0	0	0	0	0	0	866	9,9	166
2,0- 2,2	0	0	0	0	0	78	70	276	163	0	0	0	0	0	0	0	587	6,7	155
2,2- 2,4	0	0	0	0	0	68	32	158	45	0	0	0	0	0	0	0	303	3,5	147
2,4- 2,6	0	0	0	0	0	21	75	47	0	0	0	0	0	0	0	0	143	1,6	141
2,6- 2,8	0	0	0	0	0	0	28	14	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0,5	147
2,8- 3,0	0	0	0	0	0	0	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0,2	151
3,0- 3,2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	149
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>91</b>	<b>1008</b>	<b>703</b>	<b>2782</b>	<b>3833</b>	<b>343</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8760</b>		
<b>Porc.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>11,5</b>	<b>8</b>	<b>31,8</b>	<b>43,8</b>	<b>3,9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			
<b>Alt. méd.</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>1,1</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>			
<b>Alt. máx.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,8</b>	<b>2,5</b>	<b>2,8</b>	<b>3</b>	<b>2,4</b>	<b>1,7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

Para representar a sazonalidade extrema dos casos de onda, o registro de 2013 foi separado para o período de verão e inverno.

A Figura 8.1-122 apresenta a rosa das alturas de onda para o período de verão. A Tabela 8.1-20 apresenta a ocorrência conjunta da altura e direção de onda. Nota-se que as ondas predominantes são oriundas de sul, variando entre E e SSW, sendo que 47,2% das ondas são do quadrante sul com altura média de 1,2 metros e máxima de 2,0 metros. As maiores ondas para o período foram de SSE com 2,1 metros. A altura de onda mais constante encontra-se entre 1,2 e 1,4 metros representando 26,4 % dos casos.

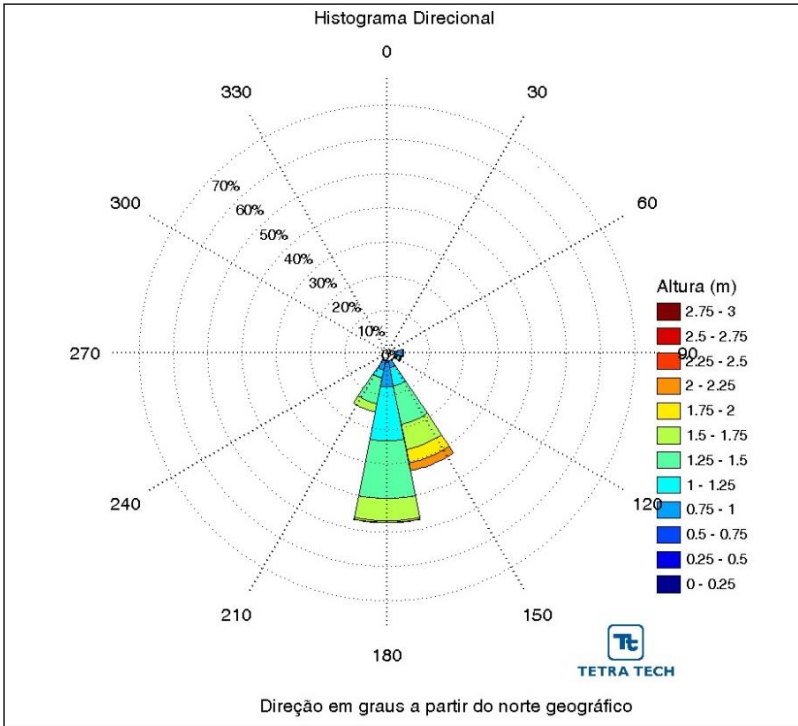


Figura 8.1-122. Histograma direcional da altura e porcentagem de ocorrência de ondas para o verão de 2013 provenientes do modelo WW3.

Tabela 8.1-20. Tabela de ocorrência conjunta da altura e direção de onda do modelo WW3 para o período de verão.

Altura (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir
0,0- 0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,2- 0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,4- 0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,6- 0,8	0	0	0	0	19	0	0	0	32	1	0	0	0	0	0	0	52	2,4	156
0,8- 1,0	0	0	0	0	30	13	3	44	131	58	0	0	0	0	0	0	279	12,9	171
1,0- 1,2	0	0	0	0	0	21	1	79	272	46	0	0	0	0	0	0	419	19,4	176
1,2- 1,4	0	0	0	0	6	11	0	196	281	76	0	0	0	0	0	0	570	26,4	175
1,4- 1,6	0	0	0	0	0	0	0	173	208	132	0	0	0	0	0	0	513	23,8	177
1,6- 1,8	0	0	0	0	0	0	0	98	89	16	0	0	0	0	0	0	203	9,4	170
1,8- 2,0	0	0	0	0	0	0	0	67	4	0	0	0	0	0	0	0	71	3,3	165
2,0- 2,2	0	0	0	0	0	0	0	50	3	0	0	0	0	0	0	0	53	2,5	167
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>4</b>	<b>707</b>	<b>1020</b>	<b>329</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2160</b>		
<b>Porc.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,5</b>	<b>2,1</b>	<b>0,2</b>	<b>32,7</b>	<b>47,2</b>	<b>15,2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			
<b>Alt. méd.</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>0,9</b>	<b>1,1</b>	<b>0,9</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>			
<b>Alt. máx.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1</b>	<b>2,1</b>	<b>2</b>	<b>1,7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

A Figura 8.1-123 apresenta a rosa das alturas de onda para o período de inverno. A Tabela 8.1-21 apresenta a ocorrência conjunta da altura e direção de onda. Nota-se que as ondas predominantes são oriundas de sul, variando entre E e S sendo que 57,7% das ondas são do quadrante sul com altura média de 1,6 metros e máxima de 2,4 metros. As maiores ondas para o período variaram entre ESSE e S com 2,4 e 2,5 metros. A altura de onda mais constante encontra-se entre 1,4 e 1,6 metros representando 21,4% dos casos.

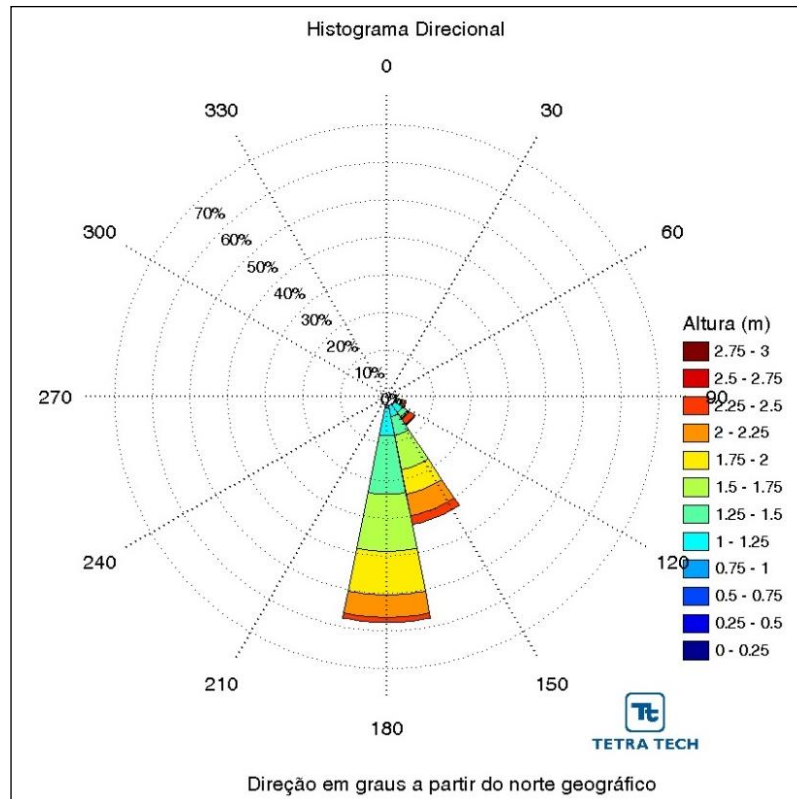


Figura 8.1-123. Histograma direcional da altura e porcentagem de ocorrência de ondas para o inverno de 2013 provenientes do modelo WW3.

Tabela 8.1-21. Tabela de ocorrência conjunta da altura e direção de onda do modelo WW3 para o período de inverno.

Altura (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir
0,0- 0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,2- 0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,4- 0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,6- 0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Na
0,8- 1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	13	0,6	178
1,0- 1,2	0	0	0	0	5	0	52	50	137	0	0	0	0	0	0	0	244	11,1	163
1,2- 1,4	0	0	0	0	0	17	27	61	233	0	0	0	0	0	0	0	338	15,3	166
1,4- 1,6	0	0	0	0	0	0	15	163	294	0	0	0	0	0	0	0	472	<b>21,4</b>	170
1,6- 1,8	0	0	0	0	1	16	5	152	232	0	0	0	0	0	0	0	406	18,4	169
1,8- 2,0	0	0	0	0	0	9	1	107	203	0	0	0	0	0	0	0	320	14,5	170
2,0- 2,2	0	0	0	0	0	7	5	106	117	0	0	0	0	0	0	0	235	10,6	165
2,2- 2,4	0	0	0	0	0	10	13	76	45	0	0	0	0	0	0	0	144	6,5	157
2,4- 2,6	0	0	0	0	0	5	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	1,6	135
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>64</b>	<b>149</b>	<b>715</b>	<b>1274</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2208</b>		
<b>Porc.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,3</b>	<b>2,9</b>	<b>6,7</b>	<b>32,4</b>	<b>57,7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			
<b>Alt. méd.</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>1,2</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>	<b>Na</b>			
<b>Alt. máx.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,7</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			



Portanto, o padrão de ondas na região de mar aberto nas adjacências da BTS apresentam um comportamento consistente ao longo do ano, com ondas variando entre E e SSW com alturas médias entre 1,2 e 1,4 metros de altura com máxima em 3 metros. O verão apresenta-se ligeiramente abaixo dessa média, enquanto o inverno é ligeiramente mais intenso que a média.

### **8.1.10 Caracterização dos Sedimentos**

#### **8.1.10.1 Introdução**

O projeto deste estudo prevê uma plataforma marítima, com ponte de acesso e um berço para navios com calados de até 16 metros, posicionados de forma a aproveitar ao máximo a profundidade natural do local, considerando o aspecto de manobrabilidade dos navios e a segurança em relação ao canal de navegação próximo. Conforme os estudos batimétricos realizados na área, para a construção do berço previsto no projeto haverá a necessidade de dragagem em uma área de aproximadamente 51.830 m<sup>2</sup> para atingir a cota de até 17 m abaixo do nível de redução designado para a região, gerando um volume a ser dragado de aproximadamente 170.000 m<sup>3</sup>.

Em função do empreendimento contemplar a realização de dragagem, a caracterização dos sedimentos da área de influência será apresentada no item abaixo.

#### **8.1.10.2 Previsão de Dragagem**

A Figura 8.1-124 a seguir apresenta a localização do empreendimento e área de estudo (área diretamente afetada – ADA).

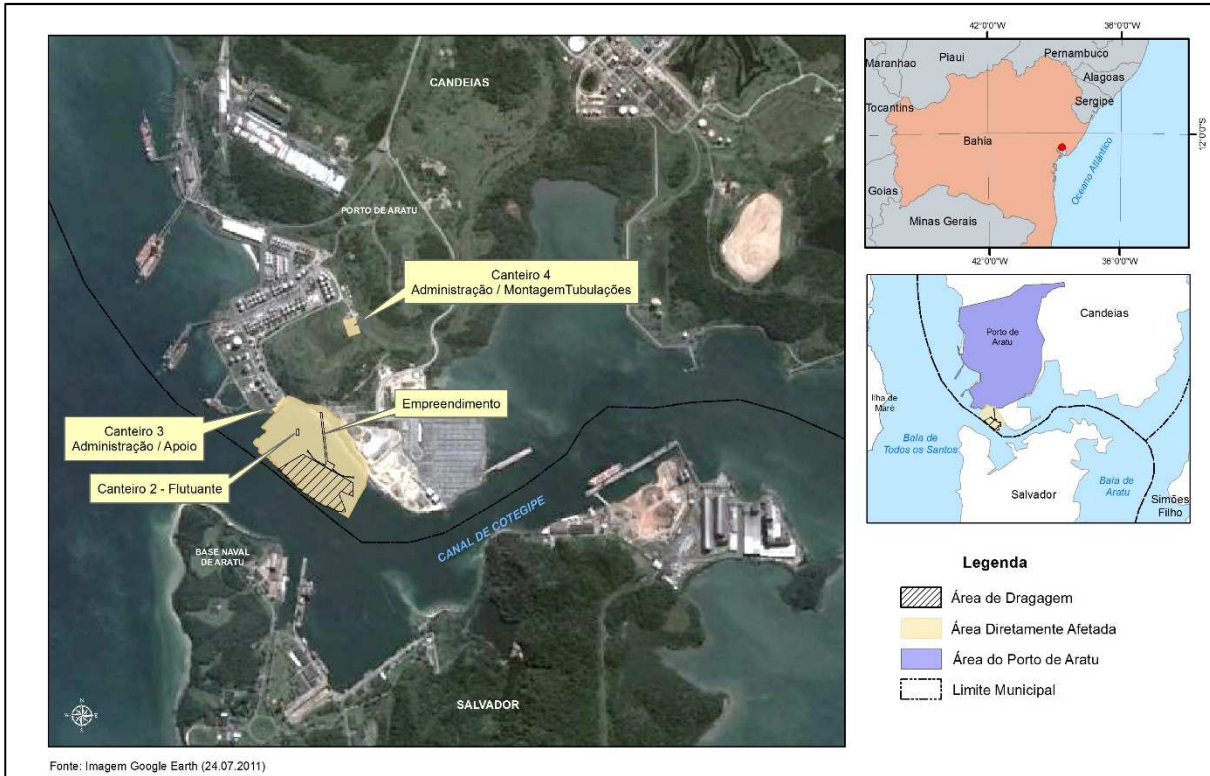


Figura 8.1-124. Localização da área de estudo, Porto de Aratu, município de Candeias/BA.

Diversos estudos já foram realizados nesta área para caracterização dos sedimentos e avaliação de qualidade, conforme descrito na sequência.

### 8.1.10.2.1 Histórico da Área de Estudo

Diversos estudos têm sido realizados na área de estudo e ao longo da Baía de Todos os Santos para a caracterização dos sedimentos.

No âmbito da Baía de Todos os Santos, em 2012 o Plano de Controle Ambiental – PCA apresentado pela CODEBA – Companhia das Docas do Estado da Bahia para a região do Porto Organizado de Aratu englobou três campanhas amostrais em 12 pontos distribuídos ao longo de toda a baía, realizadas no período de 2010 e julho de 2011, em função das obras de dragagem realizadas em novembro de 2010, convênio UFBA/SEP/CODEBA, 2010.

Durante a 1ª campanha, antes da dragagem efetuada no local, os elementos que apresentaram percentuais de amostras que ultrapassam os limites de referência da Resolução nº 344/04, foram arsênio, para o Nível 1, e o cobre para o Nível 1 e Nível 2.

Na 2ª campanha, realizada durante a dragagem, o cobre e o mercúrio apresentaram percentuais de amostras em desacordo com os padrões, para o Nível 1 e o Nível 2.

Já na 3ª campanha, feita após a dragagem, os elementos chumbo, mercúrio, níquel, cobre, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, acenafteno, fluoranteno,

pireno, apresentaram amostras em desacordo com o Nível 1. O cobre, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno e o dibenzo(a,h)antraceno apresentaram amostras em desacordo também para o Nível 2.

Na área específica de estudo, a primeira caracterização foi realizada em 2001 e teve como objetivo qualificar o material a ser dragado à época, com amostragens na área de dragagem e no entorno, objetivando uma caracterização de todo o material a ser retirado.

As amostragens seguiram um delineamento definido a partir das profundidades a serem dragadas, partindo da cota -10 até a cota -22, com uma malha de sondagem de 13 (treze) pontos, para a realização de análises físicas (granulometria) e químicas das amostras coletadas. As estações de amostragens foram divididas em perfis com aproximadamente 0,45 m cada e as amostras foram coletadas seguindo as normas de sondagem SPT (Standard Penetration Test).

A segunda campanha de coleta de amostras do sedimento foi realizada em setembro de 2004 e objetivou uma análise geral da área de dragagem com coletas de sedimentos superficiais a fim de realizar uma análise físico-química, comparando com os resultados obtidos anteriormente na campanha de 2001. As coletas foram realizadas diretamente na área de dragagem.

A localização das estações de amostragem em relação à área a ser dragada e ao projeto do Terminal de Uso Privativo da Braskem é apresentada na figura abaixo (Figura 8.1-125).

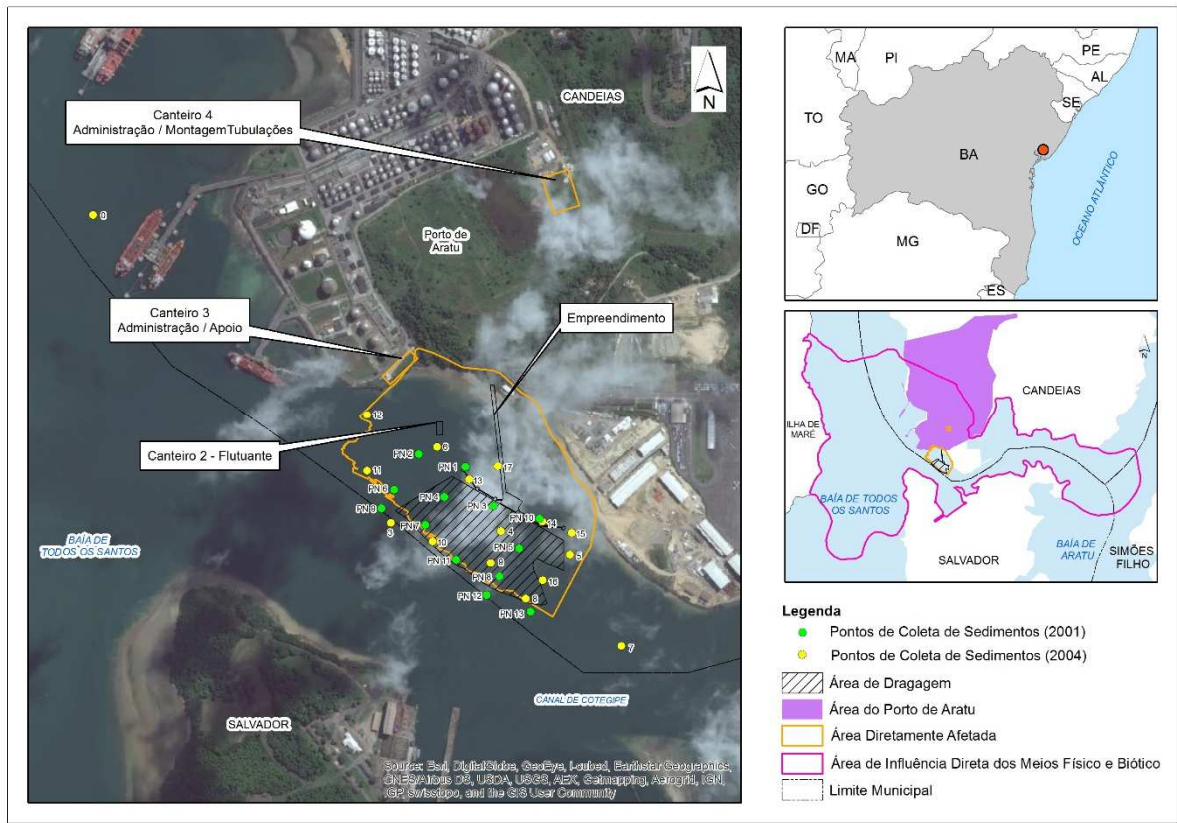


Figura 8.1-125. Disposição dos pontos de amostragem nas campanhas de 2001 e de 2004.

**8.1.10.2.2 Avaliação Granulométrica de 2001 e 2004**

**8.1.10.2.2.1 Avaliação Granulométrica**

O sedimento é composto em sua maioria de materiais finos. Mesmo nas cotas maiores o sedimento se mostra composto em maioria por argila e silte, sugerindo que haja uma camada bastante espessa deste tipo de sedimento.

Basicamente o material é originário de ambiente marinho e possui grande quantidade de restos de vertebrados. As amostras analisadas mostram um material de granulometria predominantemente formada por argila e silte (indivisível) e secundariamente as amostras apresentam baixos percentuais de areia fina, com exceção das amostras PN12/A, PN12/B, PN12/C, PN12/D, PN12/E e PN13/E que apresentaram altos valores percentuais (>50% de areia fina). As frações de areia média e areia grossa apresentam-se em percentuais consideráveis nas amostras PN12/A, PN12/B, PN12/C, PN12/D e PN12/E e em valores baixos no restante das amostras. A predominância de um percentual passante >50% na peneira 0,076 mm permite agrupar o material segundo a classificação de mecânica dos solos como argila orgânica e silte orgânico. Os restos de organismos (ossos, carapaças e conchas) são geralmente retidos na fração granulométrica areia.

O local onde foram coletadas as amostras PN12/A, PN12/B, PN12/C, PN12/D, PN12/E e PN13/E pode concentrar uma maior quantidade de restos de organismos, devido ao percentual de areia encontrado (% retido na peneira 0,076 mm maior que 50 %) e devido a grande quantidade de restos de vertebrados, acusando areia mal graduada.

De modo geral, os percentuais de materiais finos nas amostras coletadas superficialmente seguem o padrão das amostras obtidas em profundidade. Em se tratando de sedimento coletado superficialmente é possível notar a ocorrência de maiores percentuais de areia, parte em função das deposições de restos de conchas e de outros organismos. Também foram encontrados restos de obras realizadas próximas ao local, em função da movimentação de balsas e outros equipamentos que usaram esta área como ancoradouros por situar-se fora do canal de navegação.

#### **8.1.10.2.2 Caracterização Química**

As análises realizadas na campanha de 2001 caracterizaram-se por avaliar o sedimento a ser dragado em toda sua extensão, sendo que as estações foram divididas em perfis representando parcelas de 0,45 m de profundidade. Inicialmente foram analisadas as estações PN1, PN8 e PN9 superficialmente, buscando contaminantes a fim de balizar a análise de todas as amostras que seriam coletadas na área. Foi analisada a presença de surfactantes, bismuto, cádmio, estanho, mercúrio, prata, tálio, vanádio, zinco entre outros parâmetros orgânicos. Os parâmetros cobre e chumbo foram analisados nos perfis subsequentes destas estações, confirmando sua presença.

Nas amostras retiradas de cada estação (perfis) foram avaliados os elementos chumbo e cobre, sendo os indicados como presentes pelo histórico da região, que de modo geral, verificaram-se em grande parte dos pontos de sondagem, onde foram identificadas concentrações de cobre que caracterizam situação de contaminação.

Dada a afinidade do cobre com materiais finos (argila e silte), predominantes nos sedimentos da área, favoreceu-se a deposição do cobre e sua permanência no perfil. Os pontos de sondagem PN2, PN3, PN4, PN5, PN6, PN7, PN9, PN12 e PN13 apresentaram-se contaminados com concentrações acima do Nível 1 (34 mg/kg) recomendado pela Resolução CONAMA nº 454/2012.

Na Figura 8.1-126 apresenta-se a localização dos pontos de sondagem em profundidade, relacionado ao relevo da área em um modelo de 3 dimensões. Fato que pode ser observado, que confirma a ausência de continuidade da fonte de cobre, é a relação entre os estratos dos pontos PN3, PN5 e PN10. O ponto PN10 apresenta-se sobre um depósito de talude, com assinatura granulométrica muito similar aos pontos PN3 e PN5, situados em cotas mais baixas junto ao canal secundário. Somente as amostras mais profundas da sondagem neste ponto apresentaram contaminação por cobre. Nos pontos PN3 e PN5 a contaminação já aparece no sedimento superficial. Isto pode



demonstrar que os depósitos de talude que aparecem no ponto PN10 são mais recentes que aqueles apresentados nos pontos PN3 e PN5, demonstrando que a partir de um determinado período, cessou a fonte de cobre.

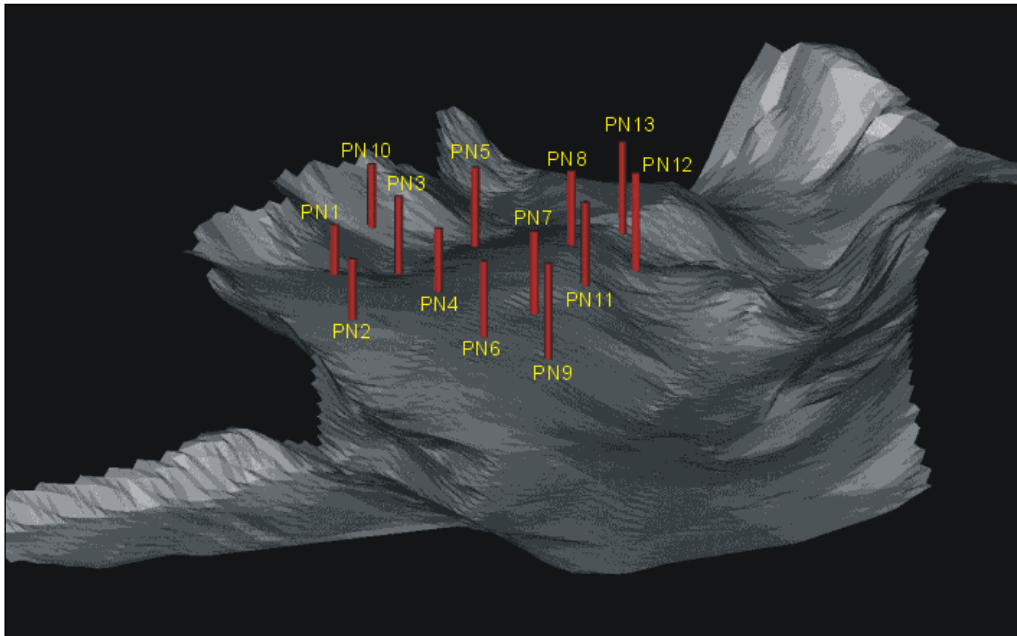


Figura 8.1-126. Vista ortográfica em três dimensões da batimetria do Canal de Cotegipe e situação dos pontos de sondagem. Exagero vertical 5 vezes (Fonte: Bourscheid, 2008).

Foi observado que as áreas que apresentam materiais mais contaminados ocorrem nas áreas situadas junto ao canal secundário e nos depósitos de talude junto ao canal principal.

Na campanha de amostragem de 2004 foi verificado que, além das concentrações de cobre, também há contaminação por níquel, que ultrapassa os valores sugeridos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 especificamente para Nível 1. O elemento chumbo também foi constatado, mas em concentrações inferiores às estabelecidas para Nível 1 da resolução. Também para o elemento cromo, foi observado nível maior que o estabelecido para Nível 1 em 4 estações amostradas. Os elementos cádmio e mercúrio não foram detectados em nenhum dos pontos amostrados.

Não é observada contaminação por pesticidas, PCBs e PAHs nos sedimentos analisados.

Para algumas amostras de sedimentos foi realizada a análise de Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total e Fósforo Total. A concentração de Carbono Orgânico Total e Nitrogênio Total não ultrapassam o Valor Alerta estabelecido pela Resolução CONAMA nas quatro amostras analisadas. Como alternativa a determinação de Fósforo Total foi realizada a análise de Fósforo Assimilável, cujos valores também não ultrapassaram o Valor Alerta nas oito amostras. Verificando-se os valores



obtidos na campanha de 2001 não foi constatada a presença destes contaminantes nas amostras superficiais, com exceção do ponto PN1/A que indica a presença de nitrato.

### 8.1.10.2.3 Qualidade dos Sedimentos na ADA

#### 8.1.10.2.4 Metodologia

A caracterização dos sedimentos na ADA do empreendimento foi realizada a partir de coleta e análise de amostras de fundo em ambiente marinho, tendo sido realizado duas campanhas de amostragem: a primeira realizada em 13/05/2013, com a coleta de amostras de sedimentos superficiais em 10 estações, e a segunda em 09/04/2014, com a coleta de amostras de sedimentos em 03 estações.

Considerando o volume estimado de dragagem (estimativa de 170.000 m<sup>3</sup>) e as disposições da Resolução CONAMA nº 454/2014 quanto ao número de amostras pontuais para a caracterização de sedimentos, foram locados na área de dragagem oito estações de amostragem de sedimentos contemplando as campanhas de 2013 e 2014, sendo três deles realizados em três profundidades.

A localização dos pontos amostrados para o presente estudo pode ser visualizada na

Figura 8.1-127 e as coordenadas (UTM-Datum WGS84, fuso 24L) são apresentadas no Quadro 8.1-12.

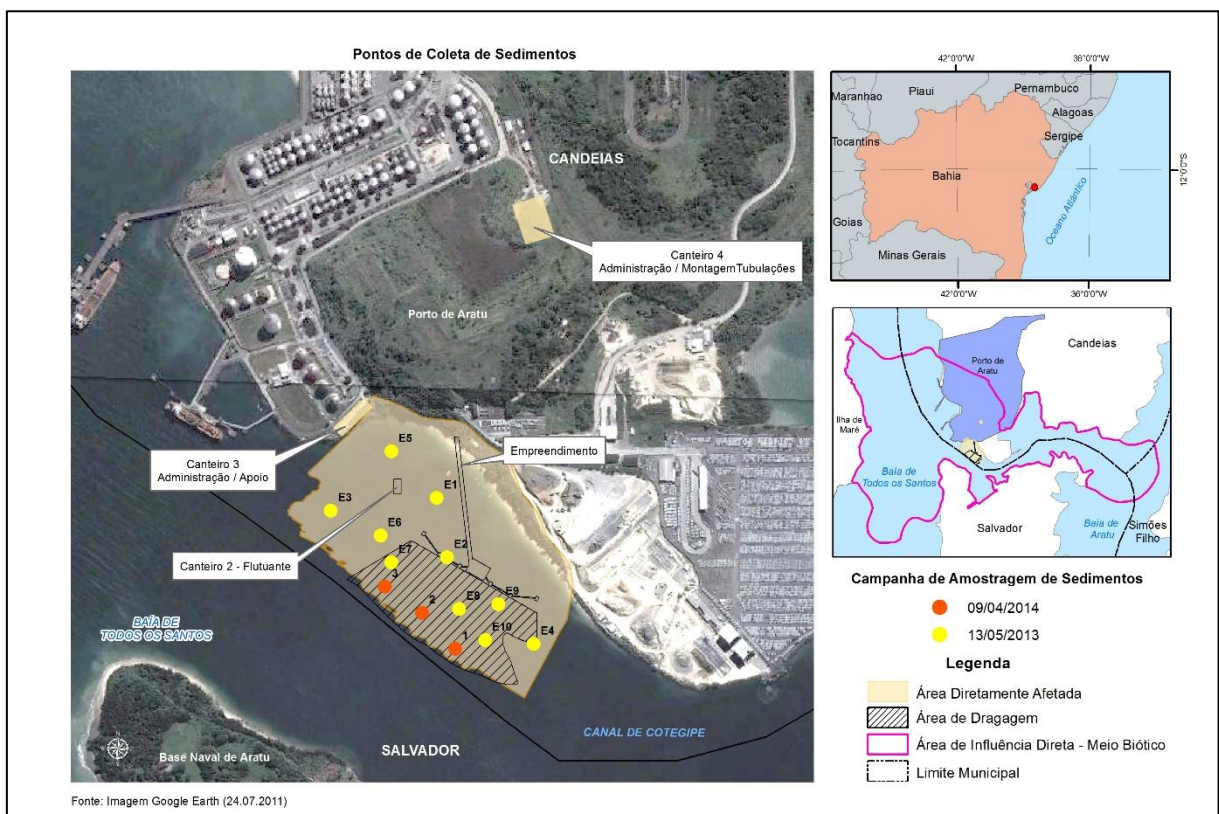


Figura 8.1-127. Localização dos pontos amostrais de sedimentos nas campanhas de 2013 e 2014.

Quadro 8.1-12. Estações de monitoramento e coordenadas UTM Datum WGS84, fuso 24L.

Campanha	Estação de monitoramento	Coordenadas UTM
13/05/2013	E1	554974 W / 8586458 S
13/05/2013	E2	554994 W / 8586341 S
13/05/2013	E3	554766 W / 8586433 S
13/05/2013	E4	555164 W / 8586171 S
13/05/2013	E5	554885 W / 8586549 S
13/05/2013	E6	554864 W / 8586384 S
13/05/2013	E7	554885 W / 8586331 S
13/05/2013	E8	555018 W / 8586240 S
13/05/2013	E9	555095 W / 8586249 S
13/05/2013	E10	555069 W / 8586179 S
09/04/2014	01	555010 W / 8586162 S
09/04/2014	02	554945 W / 8586232 S
09/04/2014	03	554872 W / 8586284 S

Na campanha de amostragem realizada em abril de 2014, a coleta de sedimentos foi realizada em três profundidades (superfície, meio, fundo), atingindo aproximadamente um metro de profundidade, tendo sido medidos os níveis de turbidez na coluna d'água durante a amostragem. O quadro a seguir (Quadro 8.1-13) apresenta as profundidades de amostragem de sedimentos e os resultados das medições de turbidez, conforme a estação.

Quadro 8.1-13. Profundidades amostradas e níveis de turbidez na coluna d'água.

Estação	Profundidade Amostrada	Turbidez na Coluna D'água
1	Superfície	0,0 – 0,3
	Meio	0,3 – 0,6
	Fundo	0,6 – 0,93
2	Superfície	0,0 – 0,3
	Meio	0,3 – 0,6
	Fundo	0,6 – 0,87
3	Superfície	0,0 – 0,3
	Meio	0,3 – 0,6
	Fundo	0,6 – 0,98

A amostragem foi realizada com o uso de um testemunhado de gravidade Kajak-Brinkhurst (K-B corer) com tubo de acrílico.

Para evitar a contaminação das amostras, foi utilizado na amostragem equipamentos de aço inoxidável, material inerte, e todos os envolvidos na operação utilizaram luvas de procedimentos cirúrgicos descartadas ao final de cada ponto de amostragem e/ou parâmetro.

Os parâmetros analisados conforme padrões da Resolução CONAMA nº 454/2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

Durante a campanha de 2013, foram também realizados Ensaio Ecotoxicológicos com *Echinometra lucunter* em três estações de amostragem (E2, E6 e E8), cujos resultados são apresentados no item a seguir.

#### **8.1.10.2.5 Resultados**

##### **8.1.10.2.5.1 Avaliação Granulométrica**

A granulometria dos sedimentos está intimamente relacionada à avaliação das características mineralógicas que compõe essa matriz limnológica, de forma a se verificar a presença de areia, silte e argila. Uma maior quantidade de sedimentos finos, representados por elevadas quantidades de silte e argila e menor de areia, configuram uma significativa possibilidade de se encontrar contaminantes que possibilitam verificar a qualidade do sedimento presente naquele corpo hídrico (CETESB, 2009).

O sedimento analisado na campanha de 2013 é composto em sua maioria de materiais finos (argila e silte), representando de 78,2% (Ponto E1) a 87,8% (Ponto E6) de cada amostra, com exceção do Ponto E5. Neste ponto, a granulometria apresentou-se mais homogênea, sendo representada em 31,3% de materiais finos (argila e silte), 28,2% de areia muito fina, 23,7% areia fina e 16,8% de areia média, grossa e muito grossa. A figura abaixo ilustra a composição dos sedimentos nos pontos amostrados (Figura 8.1-128).

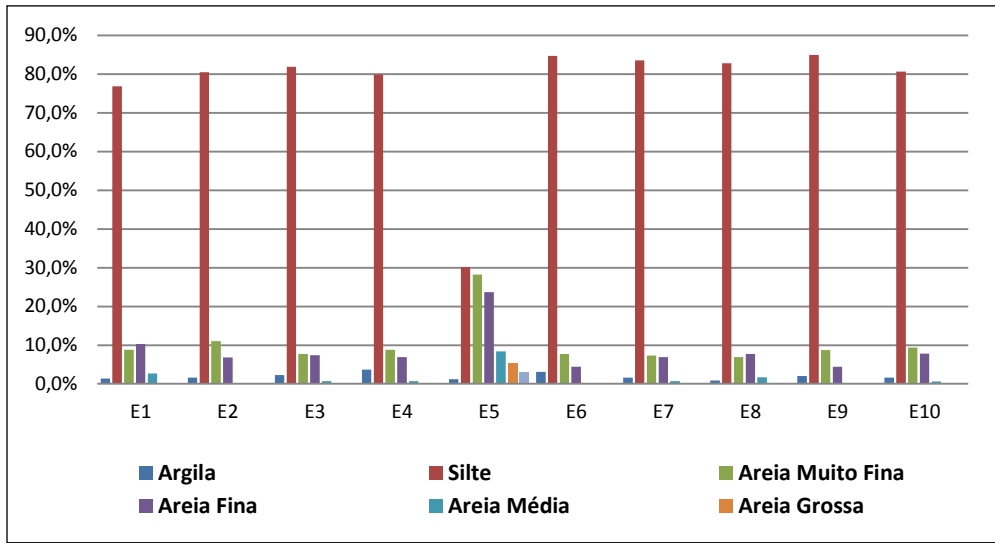


Figura 8.1-128. Classificação granulométrica dos sedimentos nos pontos amostrados – Campanha de 2013.

Na campanha amostral de 2014, os sedimentos analisados apresentaram uma predominância de areia muito fina em todos os pontos e profundidades amostradas, variando de 65,35% da amostra na Estação 3 – Meio a 71,64% da amostra na Estação 2 – Superfície (Figura 8.1-129). Os sedimentos finos (silte e argila) representaram de 18,02% da amostra na Estação 2 – Superfície a 21,44% da amostra na Estação 1 – Fundo. Desta forma, verifica-se uma modificação no perfil granulométrico dos sedimentos nas estações amostradas na campanha de 2014, com predomínio de areia muito fina, em relação às estações amostradas na campanha de 2013, localizadas mais próximas à costa, onde houve predomínio de silte.

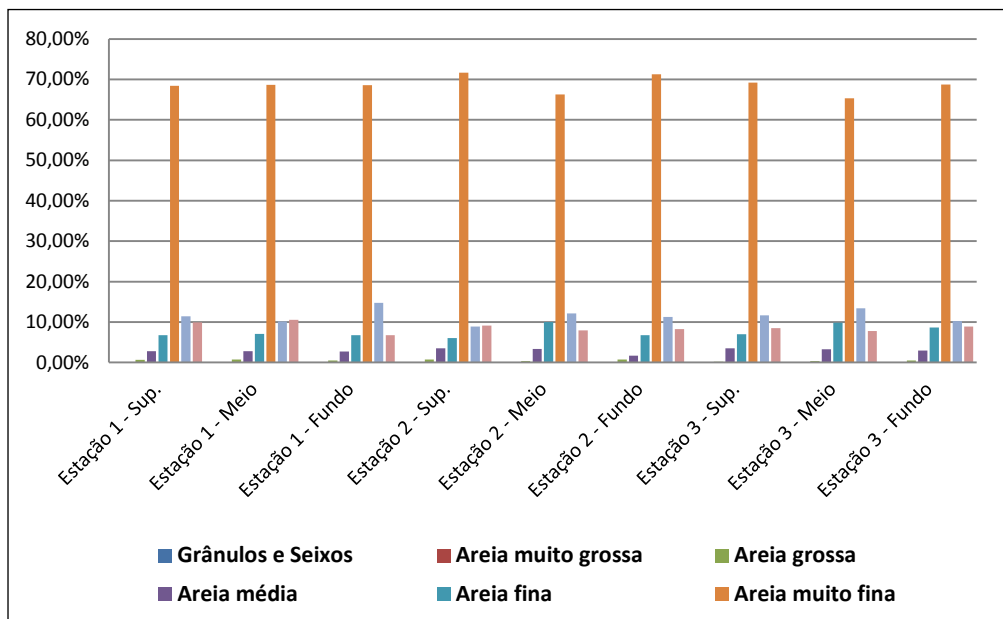


Figura 8.1-129. Classificação granulométrica dos sedimentos nos pontos amostrados – Campanha de 2014.

A distribuição granulométrica nas estações amostradas nas campanhas de 2013 e 2014 é apresentada na Tabela 8.1-22 e Tabela 8.1-23 a seguir.

Tabela 8.1-22. Distribuição granulométrica nas estações de amostragem na campanha de 2013.

Granulometria	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	1,4%	1,6%	2,3%	3,7%	1,2%	3,1%	1,6%	0,9%	2,0%	1,6%
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	76,8%	80,5%	81,9%	79,9%	30,1%	84,7%	83,5%	82,8%	84,9%	80,6%
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	8,8%	11,0%	7,7%	8,8%	28,2%	7,7%	7,3%	6,9%	8,7%	9,4%
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	10,3%	6,8%	7,4%	6,9%	23,7%	4,4%	6,9%	7,7%	4,4%	7,8%
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	2,7%	0,1%	0,7%	0,7%	8,4%	0,1%	0,7%	1,7%	0,0%	0,6%
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 8.1-23. Distribuição granulométrica nas estações de amostragem na campanha de 2014.

Granulometria	E1 – Sup.	E1 – Meio	E1 – Fundo	E2 – Sup.	E2 – Meio	E2 – Fundo	E3 – Sup.	E3 – Meio	E3 – Fundo
Argila (0,00394 a 0,0002 mm)	9,91%	10,53%	6,74%	9,10%	7,90%	8,27%	8,50%	7,78%	8,89%
Silte (0,062 a 0,00394 mm)	11,43%	10,17%	14,70%	8,92%	12,14%	11,23%	11,63%	13,36%	10,21%
Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	68,42%	68,69%	68,59%	71,64%	66,26%	71,23%	69,18%	65,35%	68,74%
Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	6,75%	7,04%	6,71%	6,05%	10,00%	6,76%	6,95%	9,86%	8,64%
Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	2,75%	2,81%	2,68%	3,49%	3,32%	1,69%	3,52%	3,28%	2,94%
Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	0,68%	0,70%	0,52%	0,74%	0,35%	0,72%	0,19%	0,34%	0,53%
Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	0,06%	0,07%	0,07%	0,05%	0,04%	0,11%	0,04%	0,04%	0,06%
Grânulos e Seixos (>2 mm)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

#### **8.1.10.2.5.2 Caracterização Química**

A análise química dos sedimentos amostrados nas campanhas de 2013 e 2014 foi realizada com base na Resolução CONAMA nº 454/2012, cujos resultados são apresentados abaixo.

A análise de carbono orgânico total e nutrientes apontou apenas o ponto E7, na campanha de 2013, com porcentagem de Carbono Orgânico Total (COT) acima do Valor Alerta estabelecido na Resolução CONAMA nº 454/2012. Nos demais pontos analisados, tanto na campanha de 2013 como na campanha de 2014, os parâmetros analisados COT, Fósforo e Nitrogênio Total Kjeldahl estão abaixo dos Valores Alerta estabelecidos na Resolução CONAMA nº 454/2012.

Em relação à análise de metais e semimetais, a maioria dos elementos analisados nas campanhas de 2013 e 2014 apresentaram concentração abaixo do Nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/2012 em todos os pontos, com exceção dos elementos cobre (Campanha de 2013 e 2014) e níquel (Campanha de 2013).

Na campanha de 2013, o Cobre apresentou concentrações acima no Nível 1 (34 mg/kg) em todos os pontos analisados, variando de 55 mg/kg no ponto E5 a 148 mg/kg no ponto E1, no entanto sem ultrapassar o Nível 2 da Resolução CONAMA nº 454/2012 (270 mg/kg). Já na campanha de 2014, apenas o ponto 3-Superfície apresentou concentrações de cobre abaixo do Nível 1 estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454/2012. Nos demais pontos e profundidades analisados, a concentração de Cobre variou de 47 mg/kg no ponto 03-Fundo a 115 mg/kg no ponto 1-Fundo, acima do Nível 1 e abaixo do Nível 2 da Resolução CONAMA nº 454/2012.

Em relação ao Níquel, a concentração desse elemento nos sedimentos ultrapassou o Nível 1 (20,9 mg/kg) na maioria dos pontos analisados na campanha de 2013, com exceção apenas do Ponto E5, cuja concentração foi de 14 mg/kg. Os pontos que apresentaram maior concentração foram o E2 e o E6, com valor de 30 mg/kg, abaixo do Nível 2 da Resolução CONAMA nº 454/2012 (51,6 mg/kg).

De uma forma geral, a presença de Cobre e Níquel nos sedimentos tem sido recorrente em análises pretéritas realizadas tanto na região de implantação do empreendimento como ao longo da Baía de Todos os Santos, provavelmente resultantes das atividades industriais e portuárias desenvolvidas na região (CODEBA, 2012).

Nas amostragens realizadas em 2001 na área de estudo, o Cobre foi um elemento presente acima do Nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/2012, tanto nas amostras superficiais como nas amostras coletadas em profundidade na área de dragagem. O mesmo ocorreu nas amostragens realizadas em 2004, também na área de estudo, as quais apontaram, além da ocorrência de cobre, a presença de níquel acima do Nível 1 da Resolução CONAMA.



Os gráficos a seguir (Figura 8.1-130 a Figura 8.1-132) apresentam as concentrações dos elementos cobre e níquel em comparação com os Níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA nº 454/2012.

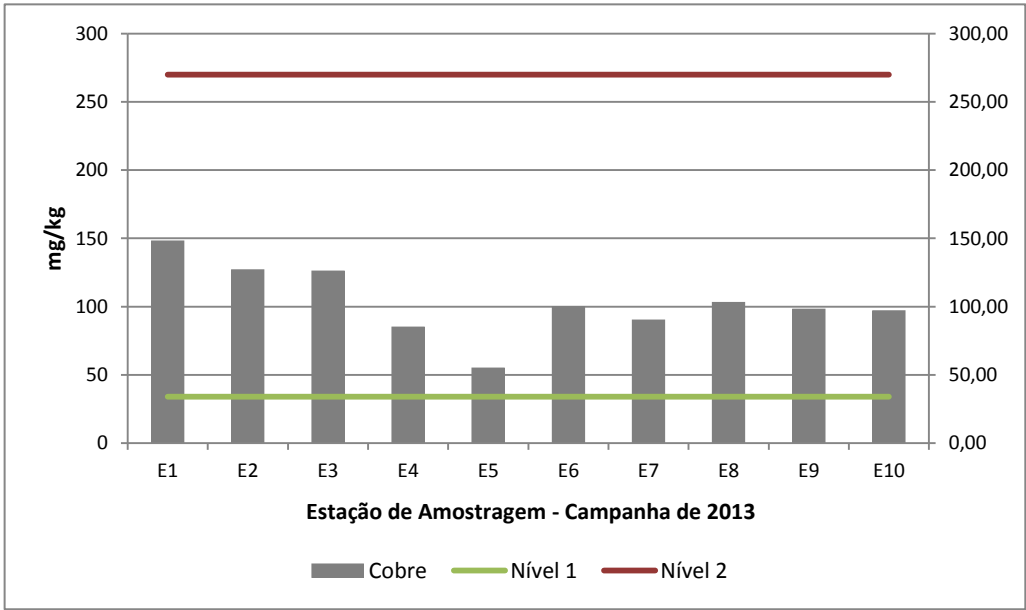


Figura 8.1-130. Concentrações de Cobre na área de estudo – Campanha de 2013.

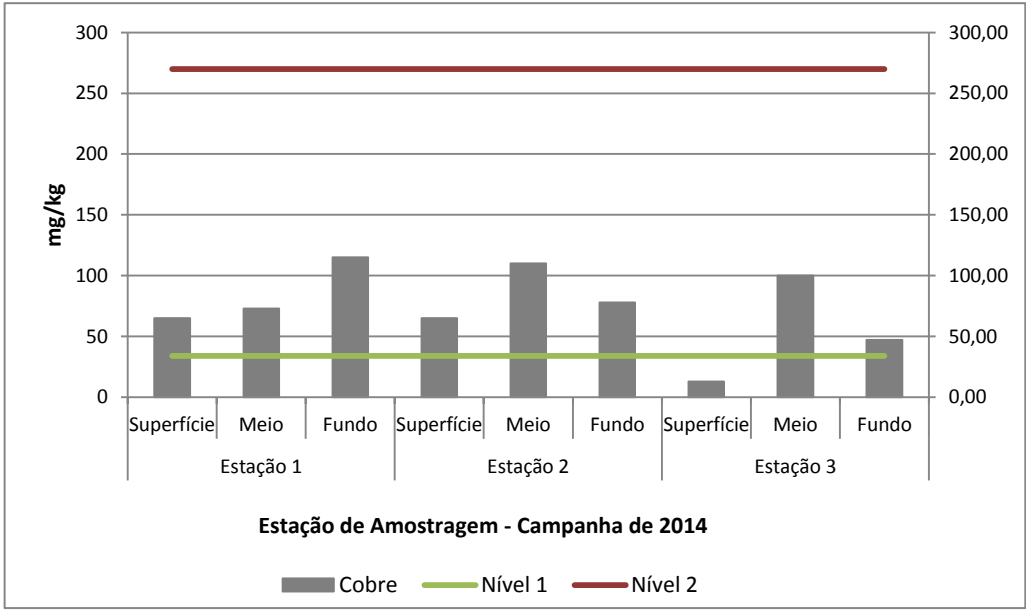


Figura 8.1-131. Concentrações de Cobre na área de estudo – Campanha de 2014.

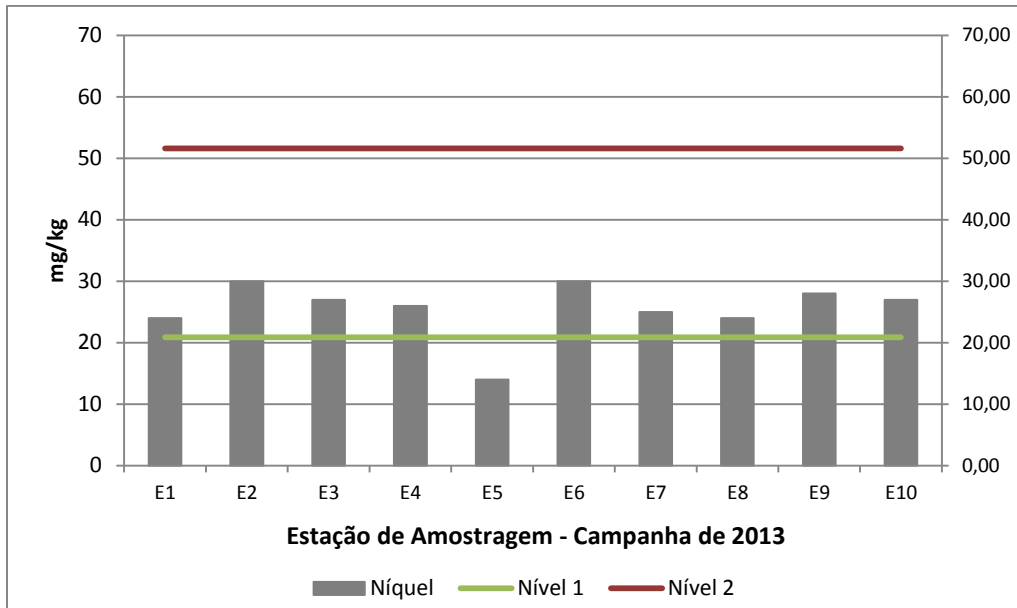


Figura 8.1-132. Concentrações de Níquel na área de estudo – Campanha de 2014.

Em relação aos demais parâmetros analisados (Bifenilas Policloradas, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos, Pesticidas Organoclorados e Tributilestanho), não foram detectadas concentrações desses elementos ou apresentaram-se em valores abaixo do Nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/2012.

As tabelas a seguir apresentam os resultados dos parâmetros analisados. Os laudos de análise contendo todos os resultados obtidos no diagnóstico da qualidade dos sedimentos coletados na área de influência direta são apresentados no Anexo 8.6.

Tabela 8.1-24 Resultados das análises de sedimentos da área diretamente afetada pelo empreendimento – Campanha de 2013.

Parâmetro	Un.	LQ	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	CONAMA 454/12	
													N1	N2
<b>Agregados Orgânicos</b>														
Carbono Orgânico Total	% p/p	0,05	2,8	1,9	3,2	2,3	1,0	8,3	11	2,7	7,5	2,8	10	
Fósforo	mg/kg	1	600	708	624	596	515	652	805	586	642	640	2000	
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/kg	7,8	949	708	745	944	611	735	875	903	861	833	4800	
<b>Bifenilas Policloradas (PCB's)</b>														
PCB's (soma 7/lista holandesa)	µg/kg	2,87	< 4,13	< 4,72	< 4,68	< 4,24	< 2,87	< 4,5	< 4,17	< 4,17	< 4,9	< 4,76	22,7	180
<b>Físicos</b>														
Sólidos Totais	% p/p	0,05	42,4	37,1	37,3	41,3	61,0	38,9	41,8	42,0	35,6	36,8	---	---
<b>Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HAPs)</b>														
2-Metilnaftaleno	µg/kg	0,41	< 0,59	< 0,68	< 0,67	< 0,61	< 0,41	< 0,65	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	70	670
Acenafteno	µg/kg	0,41	< 0,59	< 0,68	< 0,67	< 0,61	< 0,41	< 0,65	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	16	500
Acenaftileno	µg/kg	0,41	< 0,59	< 0,68	< 0,67	< 0,61	< 0,41	< 0,65	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	44	640
Antraceno	µg/kg	0,41	< 0,59	< 0,68	< 0,67	< 0,61	< 0,41	1,4	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	85,3	1100
Benzo(a)antraceno	µg/kg	0,41	0,729	0,938	1,7	< 0,61	0,649	1,5	< 0,6	< 0,6	< 0,7	0,894	280	690
Benzo(a)pireno	µg/kg	0,41	1,0	1,3	2,3	< 0,61	0,767	0,922	< 0,6	< 0,6	< 0,7	1,2	230	760
Criseno	µg/kg	0,41	0,610	0,770	1,5	< 0,61	0,544	1,5	< 0,6	< 0,6	< 0,7	0,767	300	850
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/kg	0,41	< 0,59	< 0,68	0,935	< 0,61	< 0,41	< 0,65	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	43	140
Fenantreno	µg/kg	0,41	< 0,59	0,768	0,677	< 0,61	0,500	6,3	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	240	1500
Fluoranteno	µg/kg	0,41	0,821	1,0	1,8	< 0,61	1,0	11	< 0,6	1,0	1,2	0,975	600	5100
Fluoreno	µg/kg	0,41	< 0,59	< 0,68	< 0,67	< 0,61	< 0,41	< 0,65	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	19	540
Naftaleno	µg/kg	0,41	< 0,59	< 0,68	< 0,67	< 0,61	1,0	< 0,65	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	160	2100
Pireno	µg/kg	0,41	0,782	1,0	1,8	1,2	0,786	7,5	< 0,6	0,826	1,1	0,914	665	2600
Somatória de HPA's (Conama 454)	µg/kg	6,97	< 10,1	< 11,5	19	< 10,3	7,1	34	< 10,2	< 10,2	< 11,9	< 11,6	4000	---

Parâmetro	Un.	LQ	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	CONAMA 454/12	
													N1	N2
<b>Metais e Semi Metais</b>														
Arsênio	mg/kg	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	19	70
Cádmio	mg/kg	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,2	7,2
Chumbo	mg/kg	1	19	18	18	15	9,9	17	16	17	16	16	46,7	218
Cobre	mg/kg	1	148	127	126	85	55	100	90	103	98	97	34	270
Cromo	mg/kg	1	37	62	56	36	21	63	59	42	58	56	81	370
Mercúrio	mg/kg	0,05	0,054	0,053	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,14	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,3	1,0
Níquel	mg/kg	1	24	30	27	26	14	30	25	24	28	27	20,9	51,6
Zinco	mg/kg	1	71	82	75	92	42	76	99	68	75	73	150	410
<b>Pesticidas Organoclorados</b>														
DDD (isômeros)	µg/kg	0,21	< 0,3	< 0,34	< 0,34	< 0,31	< 0,21	< 0,33	< 0,3	< 0,3	< 0,35	< 0,34	1,22	7,81
DDT (isômeros)	µg/kg	0,21	< 0,3	< 0,34	< 0,34	< 0,31	< 0,21	< 0,33	< 0,3	< 0,3	< 0,35	< 0,34	1,19	4,77
DDE (isômeros)	µg/kg	0,21	< 0,3	< 0,34	< 0,34	< 0,31	< 0,21	< 0,33	< 0,3	< 0,3	< 0,35	< 0,34	2,07	374
HCH Alfa	µg/kg	0,13	< 0,18	< 0,21	< 0,21	< 0,19	< 0,13	< 0,2	< 0,18	< 0,18	< 0,21	< 0,21	0,32	0,99
Cis Clordano (Alfa Clordano)	µg/kg	0,41	< 0,59	< 0,68	< 0,67	< 0,61	< 0,41	< 0,65	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	2,26	4,79
HCH Beta	µg/kg	0,13	< 0,18	< 0,21	< 0,21	< 0,19	< 0,13	< 0,2	< 0,18	< 0,18	< 0,21	< 0,21	0,32	0,99
HCH Delta	µg/kg	0,13	< 0,18	< 0,21	< 0,21	< 0,19	< 0,13	< 0,2	< 0,18	< 0,18	< 0,21	< 0,21	0,32	0,99
Dieldrin	µg/kg	0,25	< 0,36	< 0,41	< 0,41	< 0,37	< 0,25	< 0,39	< 0,36	< 0,36	< 0,42	< 0,41	0,71	4,3
Endrin	µg/kg	0,25	< 0,36	< 0,41	< 0,41	< 0,37	< 0,25	< 0,39	< 0,36	< 0,36	< 0,42	< 0,41	2,67	62,4
Lindano (g-HCH)	µg/kg	0,13	< 0,18	< 0,21	< 0,21	< 0,19	< 0,13	< 0,2	< 0,18	< 0,18	< 0,21	< 0,21	0,32	0,99
Trans Clordano (Gamma Clordano)	µg/kg	0,41	< 0,59	< 0,68	< 0,67	< 0,61	< 0,41	< 0,65	< 0,6	< 0,6	< 0,7	< 0,68	2,26	4,79
<b>TBT</b>														
Tributilestanho	µg/kg	1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	100	1000

Tabela 8.1-25. Resultados das análises de sedimentos da área diretamente afetada pelo empreendimento – Campanha de 2014.

Parâmetro	Unidade	LQ	LD	Estação 01			Estação 02			Estação 03			CONAMA 454/12		
				Superfície	Meio	Fundo	Superfície	Meio	Fundo	Superfície	Meio	Fundo	N1	N2	
<b>Agregados Orgânicos</b>															
Carbono Orgânico Total	% p/p	0,3	0,1	0,9	1	0,9	1,3	1,3	0,7	1,7	1,3	1	10		
Fósforo	mg/kg	26	9	48	44	53	77	43	48	53	32	57	2000		
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/kg	218	60	600	594	504	485	772	577	602	570	563	4800		
<b>Bifenilas Policloradas (PCB's)</b>															
PCB's (soma 7/lista holandesa)	µg/kg	4,7	1,8	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	22,7	180	
<b>Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HAPs)</b>															
2-Metilnaftaleno	µg/kg	1,0	0,5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	70	670	
Acenafteno	µg/kg	0,1	0,04	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	16	500	
Acenaftileno	µg/kg	0,1	0,04	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	44	640	
Antraceno	µg/kg	0,1	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	85,3	1100	
Benzo(a)antraceno	µg/kg	0,1	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	280	690	
Benzo(a)pireno	µg/kg	0,1	0,04	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	230	760	
Criseno	µg/kg	0,1	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	300	850	
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/kg	0,1	0,04	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	43	140	
Fenantreno	µg/kg	0,1	0,04	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	240	1500	
Fluoranteno	µg/kg	0,1	0,03	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	600	5100	
Fluoreno	µg/kg	0,1	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	19	540	
Naftaleno	µg/kg	0,1	0,03	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	160	2100	
Pireno	µg/kg	0,1	0,04	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	665	2600	
Somatória de HPA's (Conama 454)	µg/kg	---		n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	4000		
<b>Metais e Semi Metais</b>															

Parâmetro	Unidade	LQ	LD	Estação 01			Estação 02			Estação 03			CONAMA 454/12	
				Superfície	Meio	Fundo	Superfície	Meio	Fundo	Superfície	Meio	Fundo	N1	N2
Arsênio	mg/kg	3,7	1,2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	19	70
Cádmio	mg/kg	0,4	0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1,2	7,2
Chumbo	mg/kg	2,5	0,8	11	17	19	12	18	14	3	17	12	46,7	218
Cobre	mg/kg	1,1	0,4	65	73	115	65	110	78	13	100	47	34	270
Cromo	mg/kg	1,7	0,5	18	27	25	19	29	22	4	25	21	81	370
Mercúrio	mg/kg	0,038	0,012	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,3	1
Níquel	mg/kg	1,0	0,3	11	15	15	10	16	13	1	14	12	20,9	51,6
Zinco	mg/kg	1,0	0,3	48	69	67	51	75	53	10	69	46	150	410
<b>Pesticidas Organoclorados</b>														
DDD (isômeros)	µg/kg	0,09	0,03	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1,22	7,81
DDT (isômeros)	µg/kg	0,06	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	2,07	374
DDE (isômeros)	µg/kg	0,24	0,08	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1,19	4,77
HCH Alfa	µg/kg	0,07	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,32	0,99
Cis Clordano (Alfa Clordano)	µg/kg	0,07	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	2,26	4,79
HCH Beta	µg/kg	0,15	0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,32	0,99
HCH Delta	µg/kg	0,6	0,2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,32	0,99
Dieldrin	µg/kg	0,04	0,03	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,71	4,3
Endrin	µg/kg	0,07	0,02	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	2,67	62,4
Lindano (g-HCH)	µg/kg	0,10	0,03	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,32	0,99
Trans Clordano (Gama Clordano)	µg/kg	0,14	0,04	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	2,26	4,79
<b>TBT</b>														
Tributilestanho	µg/kg	22	7	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	100	10000



Em relação aos Ensaios Ecotoxicológicos realizados na campanha de 2013 em amostras coletadas nas Estações E2, E6 e E8, não foi observada ecotoxicidade crônica na concentração de 50% das amostras aos organismos de *E. lucunter*. As estações amostrais E2 e E6 apresentaram ecotoxicidade crônica para organismos de *E. lucunter* em relação aos resultados de CENO (Concentração de Efeito Não Observado) e CEO (Concentração de Efeito Observado) encontrados, cujo Valor Crônico é de 70,71% em ambas as estações. A Tabela 8.1-26 a seguir apresenta a síntese dos resultados das análises de ecotoxicidade, cujo laudo é apresentado em Anexo 8.6.

Tabela 8.1-26. Resultados dos Ensaios com *Echinometra lucunter*.

Estação Amostral	CENO(I) %	CEO(I) %	VC %	Clp50% (36h)	Data de início do ensaio	Hora do início do ensaio	Data final do ensaio
E2	50	100	70,71	NC	12/06/2013	16:00	14/06/2013
E6	50	100	70,71	NC	12/06/2013	16:00	14/06/2013
E8	NC	NC	NC	NC	12/06/2013	16:00	14/06/2013

Leg.: CENO(I): Maior concentração nominal da amostra que não causa efeito deletério estatisticamente significativo no desenvolvimento embriolarval dos organismos, nas condições de ensaio; CEO(I): Menor concentração nominal da amostra que causa efeito deletério estatisticamente significativo no desenvolvimento embriolarval dos organismos, nas condições de ensaio; VC (Valor crônico): média geométrica de CENO e CEO; Clp50%(36h): concentração da amostra que causa efeito a 50% dos organismos em 36 horas de exposição, nas condições de ensaio; NC: não calculável.

#### 8.1.10.2.6 Descarte do Material Dragado

Conforme apresentado no item 5 deste estudo (Caracterização do Empreendimento), a proposição da área de despejo para este evento de dragagem será uma região fora da Baía de Todos os Santos, a uma distância aproximada de 16 km da vertente oceânica de Salvador, a qual já recebeu despejos de dragagens anteriores de empreendimentos licenciados pelo IBAMA, com raio de 1 milha náutica, conforme orientação do IBAMA. Além de estar afastada da costa, a profundidade da zona de descarte é da ordem de 300 - 700 m, na zona do talude continental, de modo a evitar quaisquer interferências com a atividade pesqueira artesanal praticada na costa de Salvador. A Figura 5-26 (página 115) apresenta a localização da área de descarte do material dragado.

Conforme Relatório Final das Atividades desenvolvidas para atendimento às condicionantes da Licença de Operação de Dragagem – LO nº169/2001 (CODEBA, 2002), observando-se a carta náutica da região em questão, verifica-se que na profundidade de aproximadamente 100 metros localiza-se uma área cuja declividade do leito oceânico aumenta bruscamente. Este aumento repentino na pendente do fundo oceânico caracteriza a feição geomorfológica denominada quebra de plataforma. Através de perfis traçados entre as isóbatas de 0, 100 e 1000 metros na carta náutica verifica-se que a plataforma continental, em profundidades inferiores a 100 metros, possui uma declividade aproximada de 1:100, enquanto que, na faixa localizada entre as isóbatas de 100 e 1000 metros, no talude continental, a pendente aumenta, chegando à declividade de aproximadamente 1:13.

A isóbata de 100 metros, além de representar aproximadamente a quebra de plataforma, representa também o local de menor profundidade dentro da área de descarte do material dragado, enquanto a isóbata de 1000 metros representa a profundidade máxima da área em questão. Por estes motivos, estas isóbatas foram tomadas como referência para uma estimativa geral de declividade, demonstrando o alto contraste de pente entre a plataforma continental e o talude superior.

Esta situação pode ser visualizada no modelo numérico do terreno da área de estudo apresentado na Figura 8.1-133, gerado a partir destes dados.

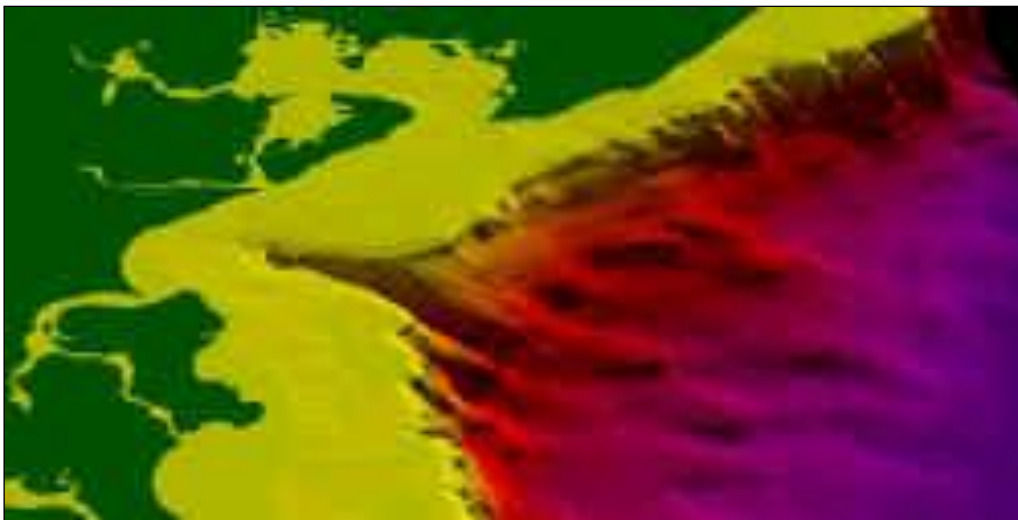


Figura 8.1-133. Modelo Numérico do Terreno mostrando a quebra da Plataforma Continental na região de estudo (Fonte: [www.cpgg.ufba.br/~asn](http://www.cpgg.ufba.br/~asn)).

Sabe-se que o relevo na região do talude continental pode se apresentar bastante variável causado por diversos acidentes geológicos de origem e amplitudes diversas, como a presença de cânions submarinos, escarpamentos causados pela presença de diferentes litologias, cristas ou saliências rochosas, falhas ou flexuras tectônicas, entre outras feições (OTTMANN, 1967), de acordo com a história geológica da área em questão. Apesar de na carta náutica e no modelo numérico do terreno (gerado a partir da carta náutica), não possa ser verificado devido ao baixo detalhamento, é provável que existam locais com declividades bastante superiores inseridos na área de descarte do material dragado.

Conforme CODEBA (2012), foi no talude continental, a partir dos 100 metros de profundidade, onde se encontraram dificuldades para a realização das medições batimétricas, mesmo com o uso de equipamentos adequados para tal profundidade. Nesta mesma área, segundo informação verbal de pesquisadores da Universidade Federal da Bahia-UFBA (Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Viviane Testa), que os mesmos encontraram dificuldades que não permitiram a aquisição de dados batimétricos.

A hipótese mais provável para isso é que a maior declividade do fundo oceânico causa a perda do sinal acústico desviando a reflexão do mesmo em direção desconhecida. Assim a medição batimétrica para a área, com os equipamentos disponíveis, pode ser considerada inviável.

#### **8.1.10.2.7 Considerações Finais**

De forma geral, verifica-se a predominância de sedimentos de granulometria fina (silte) ou de areia muito fina na maioria das estações de amostragem analisadas.

Em relação às análises de Carbono Orgânico Total (COT) e nutrientes, apenas o ponto E7 na Campanha de 2013 apresentou concentração de COT ligeiramente acima do estabelecido na Resolução CONAMA nº 454/2012, estando os demais pontos de acordo com os padrões da referida resolução para os parâmetros COT, Nitrogênio Kjeldahl Total e Fósforo.

Quanto à presença de contaminantes químicos, na maioria das estações localizadas em ambiente marinho foi detectada concentrações de Cobre (Campanhas de 2013 e 2014) e Níquel (Campanha de 2013) acima do Nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/2012, corroborando com os resultados de trabalhos anteriores realizados na área de estudo, provavelmente resultantes das atividades industriais e portuárias desenvolvidas na região.

Ainda, os ensaios ecotoxicológicos realizados na campanha de 2013 indicou a ocorrência de ecotoxicidade crônica nas estações amostrais E2 e E6 para organismos de *E. lucunter* em relação aos resultados de CENO (Concentração de Efeito Não Observado) e CEO (Concentração de Efeito Observado) encontrados.

Os demais parâmetros analisados apresentaram concentrações abaixo com o Nível 1 da referida resolução.

#### **8.1.11 Modelagens Hidrodinâmicas, de Ondas, de Transporte e Sedimentos, da Variação da Linha de Costa**

Neste capítulo são apresentadas as modelagens numéricas da hidrodinâmica (correntes), dispersão da pluma de sedimentos (dragagem), transporte de sedimento, ondas e variação da linha de costa realizadas na Baía de Todos os Santos, com foco na região da Baía de Aratu e Canal de Cotegipe para a avaliação das possíveis modificações em decorrência da implantação do TUP/Braskem.

Para se chegar a essa condição atual de projeto o TUP/Braskem passou por várias alternativas ao longo dos Estudos Ambientais, que para este EIA começaram em 2013, mas que já possuía estudos e projetos anteriores. Para esta ocasião a evolução do Projeto se deu especialmente pela melhoria tecnológica, das demandas da Braskem e por causa da emissão do decreto que define a poligonal da área do Porto Organizado de Aratu (Decreto de 03/06/2015).

Quando os estudos começaram em 2013 tinha-se o projeto com uma ponte e dois berços, um volume de dragagem em torno de 100.000m<sup>3</sup>, uma poligonal do Porto de Aratu passando distante da área de projeção do terreno da Braskem e uma condição de dragagem mais severa. O projeto evoluiu para um cenário com a implantação de uma ponte e um único berço, sendo necessária a dragagem, para nova posição espacial do berço de atracação, para a mesma cota de até -17m, considerando a nova poligonal do Porto de Aratu, de um volume estimado em 170.000 m<sup>3</sup> (Figura 8.1-134 e Figura 8.1-135). A nova técnica de dragagem, para mitigar eventuais impactos negativos, ficou menos severa, com menos ciclos diários.

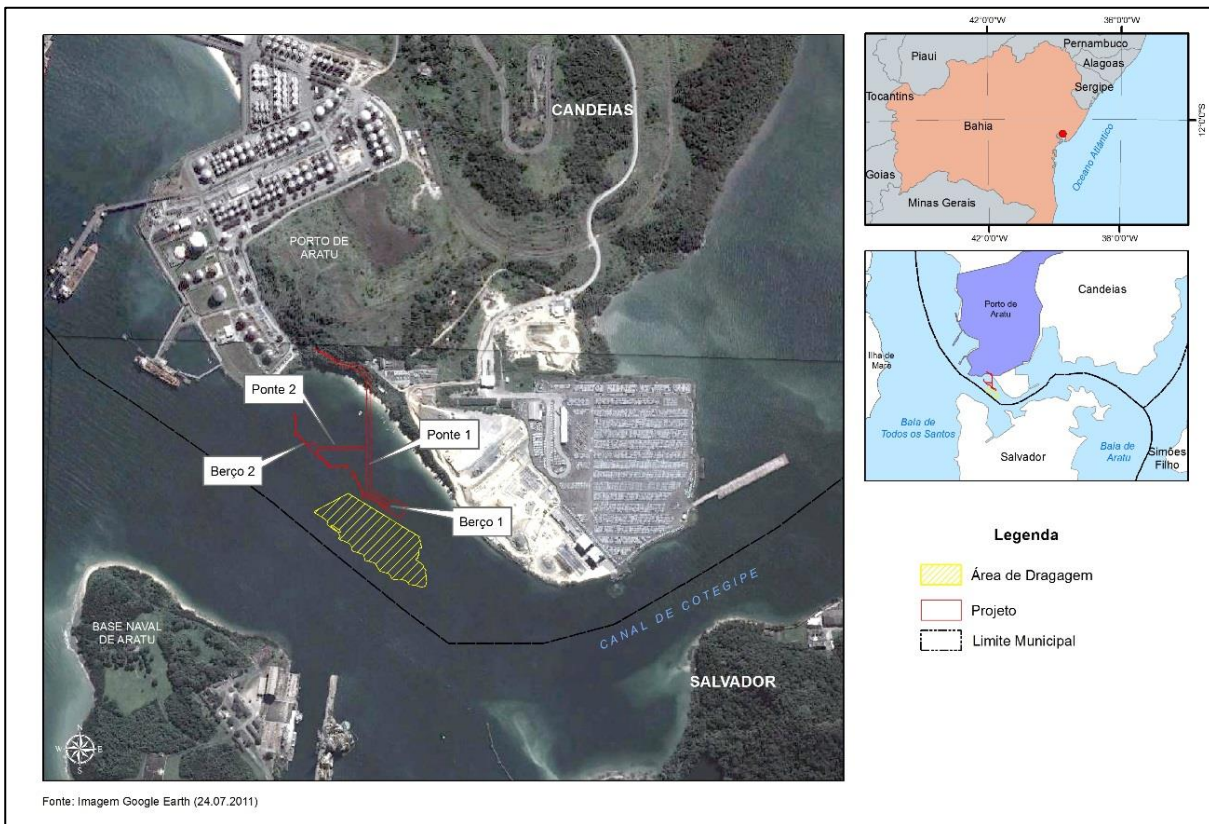


Figura 8.1-134. Projeto (Original, 2013) do Terminal de Uso Privativo da Braskem.



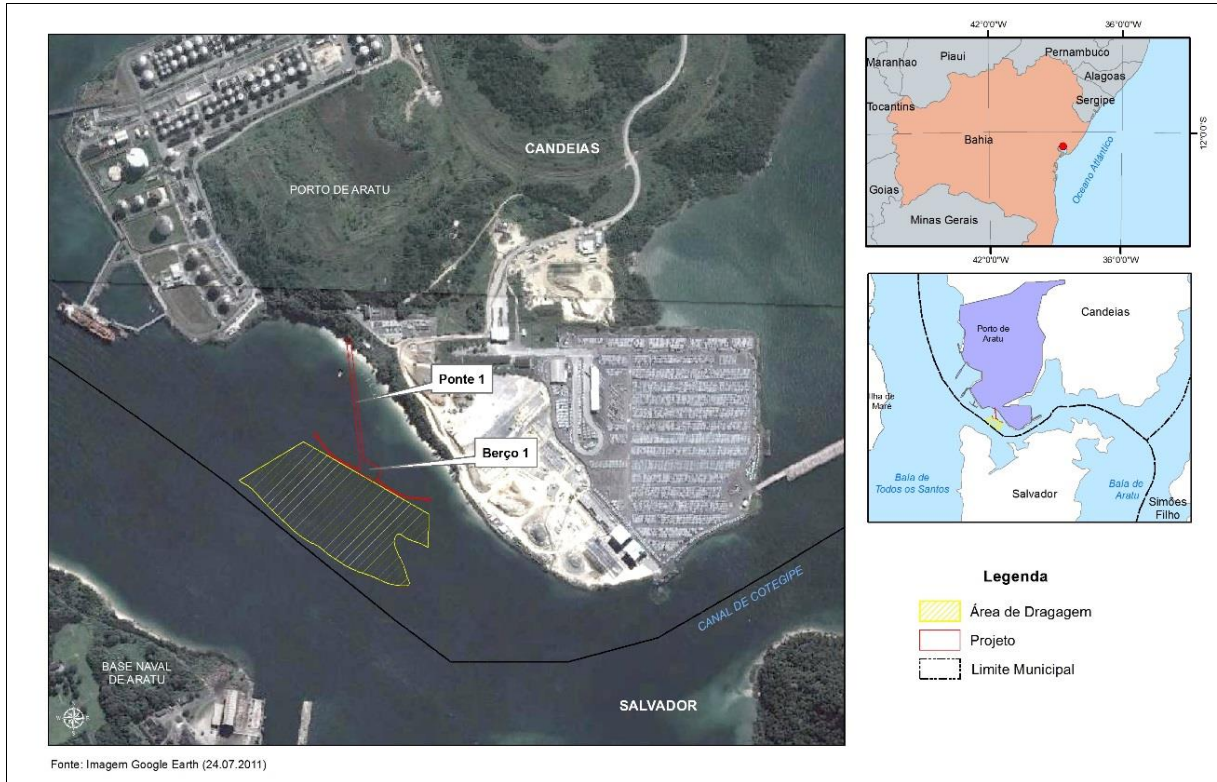


Figura 8.1-135. Projeto (atual, 2015/2016) do Terminal de Uso Privativo da Braskem.

Vale ressaltar que para o estudo de modelagens hidrodinâmicas, de ondas, de transporte e sedimentos e da variação da linha de costa, utilizou-se cenários de modelagem com e sem a inclusão do píer no contexto local (sendo o píer do projeto original – dois berços).

A análise do impacto da construção do píer será, então, avaliada através da comparação entre os resultados da modelagem com e sem ele. A inclusão da estrutura do píer com dois berços, no modelo, foi realizada de forma conservativa através da introdução de uma barreira física ao fluxo hidrodinâmico e transporte de sedimento. Já para a modelagem da pluma de dispersão utilizou-se a condição hidrodinâmica sem o píer, uma vez que pelo cronograma de dragagem esta atividade será executada antes do início das obras civis. Assim, durante a dragagem, não existirá nenhuma estrutura marítima do projeto que interfira nas linhas de fluxo existentes atualmente na área.

#### 8.1.11.1 Modelagem Hidrodinâmica

O sistema de modelos numéricos Delft3D (DELTA RES, 2013), através dos módulos Delft3D-FLOW, foi selecionado como ferramenta para se atingir os objetivos propostos nesta etapa do estudo. Esse sistema de modelos é capaz de simular a circulação hidrodinâmica como resposta a forçantes baroclínicas e barotrópicas, assim como a transferência de quantidade de movimento ao sistema hidrodinâmico decorrente do sistema de ventos, importante para a dinâmica da BTS. As principais

características desse modelo são descritas no Apêndice 8.15 deste estudo. O Delft 3D possui aplicações múltiplas na modelagem hidrodinâmica de correntes, ondas, transporte de sedimento e qualidade da água. Atualmente é um *software* de domínio público produzido pela Deltares<sup>5</sup> e difundido ao redor do mundo com mais de 3.200 publicações nas bases de dados do *Science Direct* e *Google Scholar*.

#### **8.1.11.1.1 Discretização do Domínio e Dados de Entrada**

No presente estudo, deseja-se analisar o comportamento de determinadas variáveis no espaço e no tempo. A metodologia empregada (simulações numéricas) depende da geometria bi e/ou tridimensional que se pretende analisar. A seguir, estão descritos os procedimentos adotados na consideração desses fatores críticos.

#### **8.1.11.1.2 Grade Numérica e Batimétrica**

A grade numérica implementada representa um compromisso entre os objetivos finais do projeto de modelagem e a descrição dos processos na região. A especificação desta é feita pela fixação dos pontos de grade ao longo da linha de costa (no plano) e pela batimetria (eixo vertical). Uma vez que estes pontos ao longo da linha de costa são determinados, as demais características batimétricas são associadas ao domínio.

Foram implementadas duas grades numéricas: a primeira, regular, denominada Grade 01, com dimensão horizontal de 118 X 144 pontos e espaçamento horizontal de 300 m, e a segunda, curvilínea, denominada Grade 02, com 224 X 148 pontos e com cinco camadas na vertical, o espaçamento horizontal dessa grade varia entre 60 m (na região de menor resolução) e 10 m (na região do empreendimento).

A Grade 01 foi elaborada com o objetivo de fornecer as condições hidrodinâmicas para a Grade 02, e esta, com maior resolução, foi elaborada com o objetivo de resolver de maneira adequada os processos que ocorrem na escala da região do empreendimento.

As informações de profundidade foram obtidas através da digitalização de cotas batimétricas das cartas náuticas da DHN<sup>6</sup>, nos 1.101, 1.102, 1.103, 1.104, 1.105, 1.106, 1.107, 1.110, bem como o levantamento batimétrico centrado na região do empreendimento.

Visando o ajuste fino da batimetria à linha de costa, foram utilizadas também informações provenientes de imagens de satélite. As cotas batimétricas foram associadas a cada ponto da grade numérica do modelo através de interpolação triangular. Com isso, estes dados foram incorporados

---

<sup>5</sup> Deltares – portal Delft3D: <<http://oss.deltares.nl/web/delft3d/home>>

<sup>6</sup> Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil.



ao modelo, adequando-os à resolução adotada. Os resultados finais da discretização da grade numérica estão ilustrados a seguir. Na Figura 8.1-136 são apresentadas as grades numéricas e na Figura 8.1-137 é apresentado um detalhe na região do empreendimento. Já a Figura 8.1-138 apresenta a batimetria interpolada nas grades numéricas e a Figura 8.1-139 um detalhe nas proximidades do empreendimento.

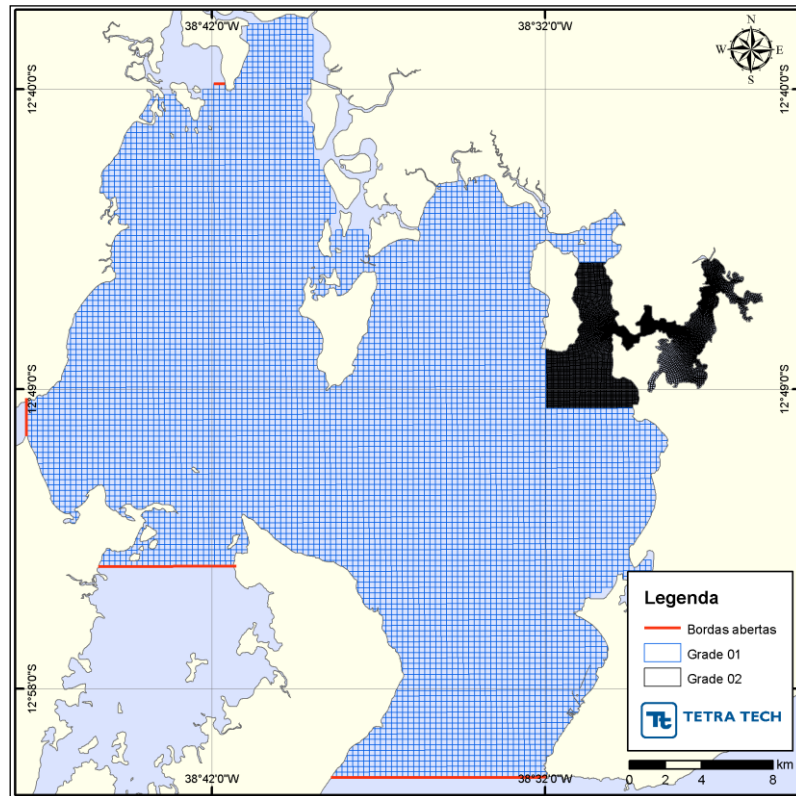


Figura 8.1-136. Grades numéricas utilizadas na modelagem, com localização das bordas abertas em vermelho.

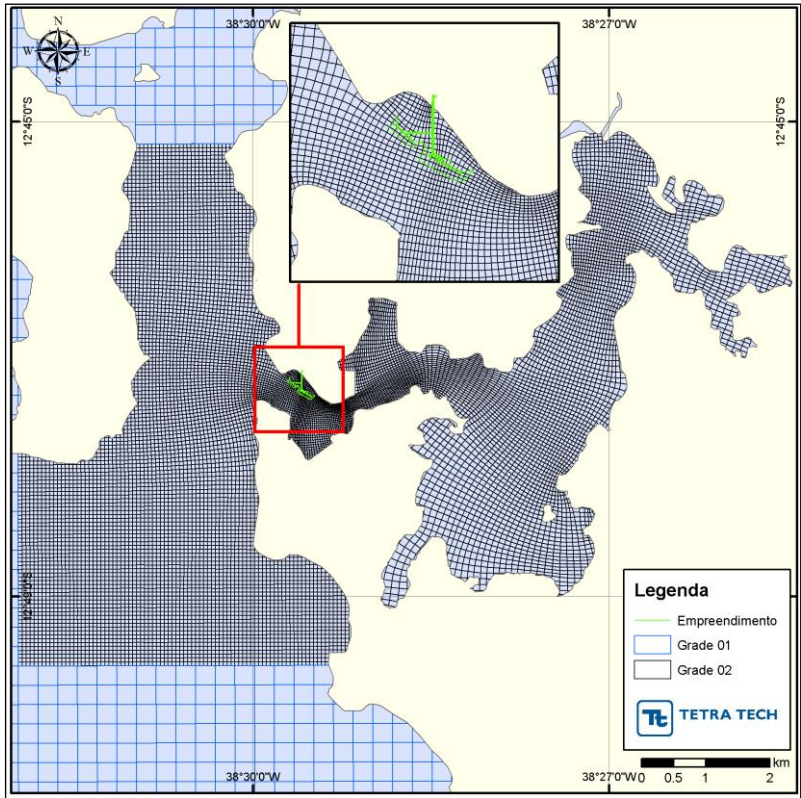


Figura 8.1-137. Grade numérica 02 utilizada na modelagem, com detalhe da região do empreendimento.

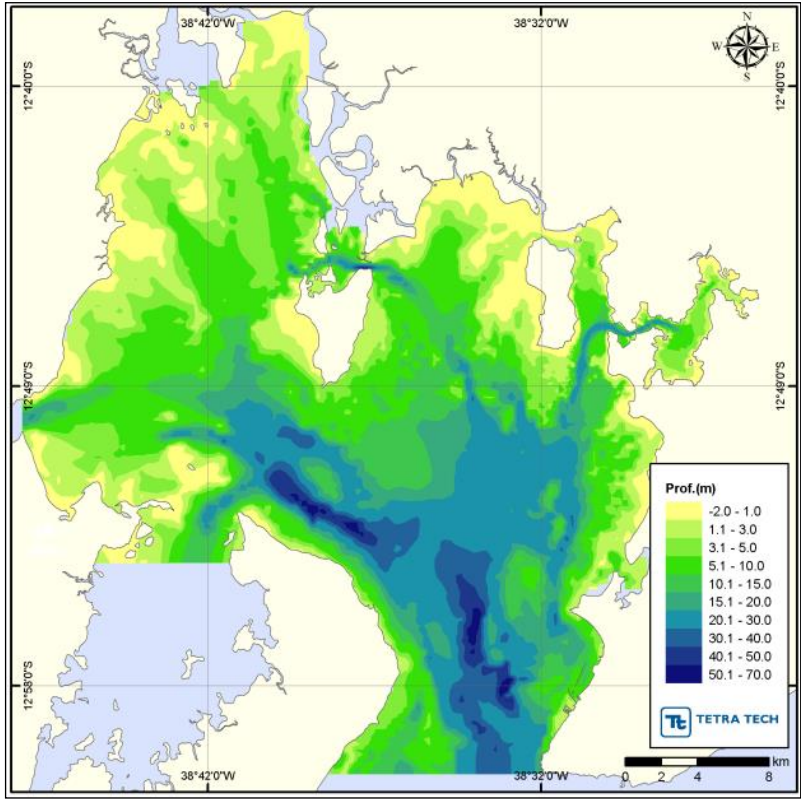


Figura 8.1-138. Grades numéricas com a batimetria associada.

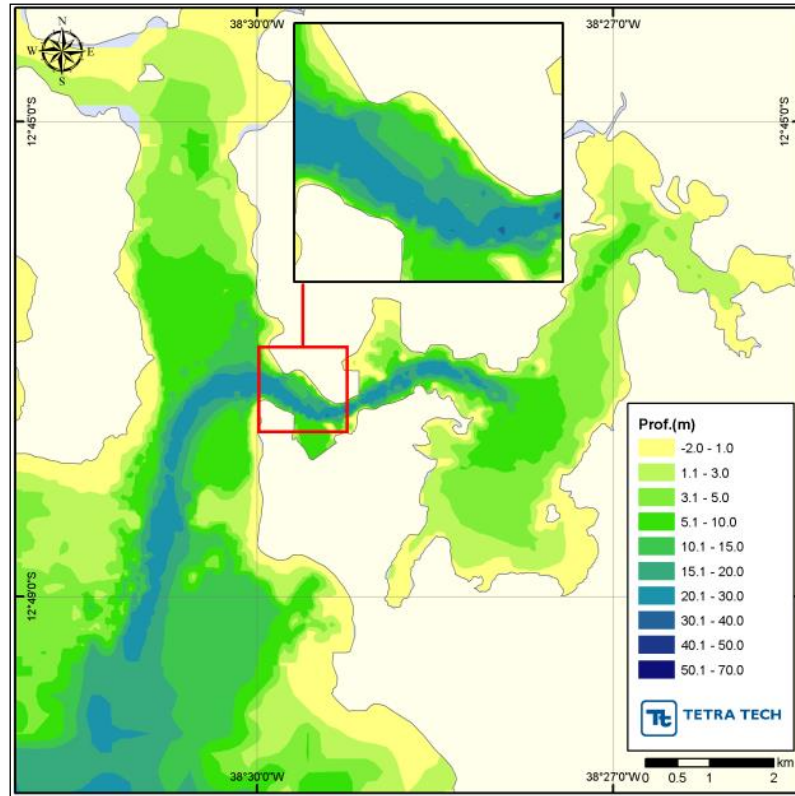


Figura 8.1-139. Grade numérica 02 com a batimetria associada. Detalhe na região do empreendimento.

### 8.1.11.1.3 Condições de Contorno

Para as simulações da hidrodinâmica, o sistema de modelos Delft3D possibilita a utilização de contornos abertos. Quando são aplicadas forçantes nas bordas abertas, pode-se utilizar séries temporais ou valores constantes para diferentes variáveis pertinentes ao sistema estudado.

No modelo hidrodinâmico foi considerado um conjunto de duas bordas abertas na fronteira oceânica e duas bordas na fronteira fluvial (Figura 8.1-136). A condição hidrodinâmica imposta a estas bordas foram a previsão harmônica da elevação de superfície, obtida a partir das constantes harmônicas da FEMAR (Capítulo 8.1.9.5.3), e na borda fluvial foram utilizadas as vazões climatológicas obtidas das estações fluviométricas de Pedra do Cavalo e Subaé II (Capítulo 8.1.9.5.4).

Como condição de contorno na superfície livre para a reprodução do campo atmosférico, foram utilizados dados de vento do Aeroporto de Salvador (Capítulo 8.1.9.5.1). Todos os dados compreendem o período entre janeiro e dezembro de 2013.

### 8.1.11.1.4 Considerações sobre a Modelagem

Nas simulações numéricas foram consideradas distintas configurações do modelo para se atingir os objetivos propostos. Primeiramente, foi considerada uma configuração, denominada de condição

atual, na qual foi considerada a informação de batimetria coletada e sem a representação das estruturas de sustentação do píer. Posteriormente, com intuito de verificar os impactos da instalação do empreendimento na hidrodinâmica local, as simulações contemplaram a batimetria de projeto e a implantação das estruturas de sustentação do empreendimento, em uma configuração denominada de condição futura.

A diferença entre a condição futura e atual é relativa à construção de um píer com duas pontes e dois berços para atracação de navios, um a leste e outro a oeste, bem como a realização de uma dragagem de aprofundamento, até a cota de -17 m, na região do berço de atracação leste (berço 1). A seguir (Figura 8.1-140) é apresentada a batimetria interpolada na Grade 02, considerada para a configuração futura.

Nessas simulações, com intuito de contemplar a variabilidade dos distintos períodos de maré (sizígia e quadratura) foi simulado um período de um mês, de 28 de maio a 28 de junho de 2013. Este período foi selecionado devido a disponibilidade dos dados medidos para a avaliação do modelo.

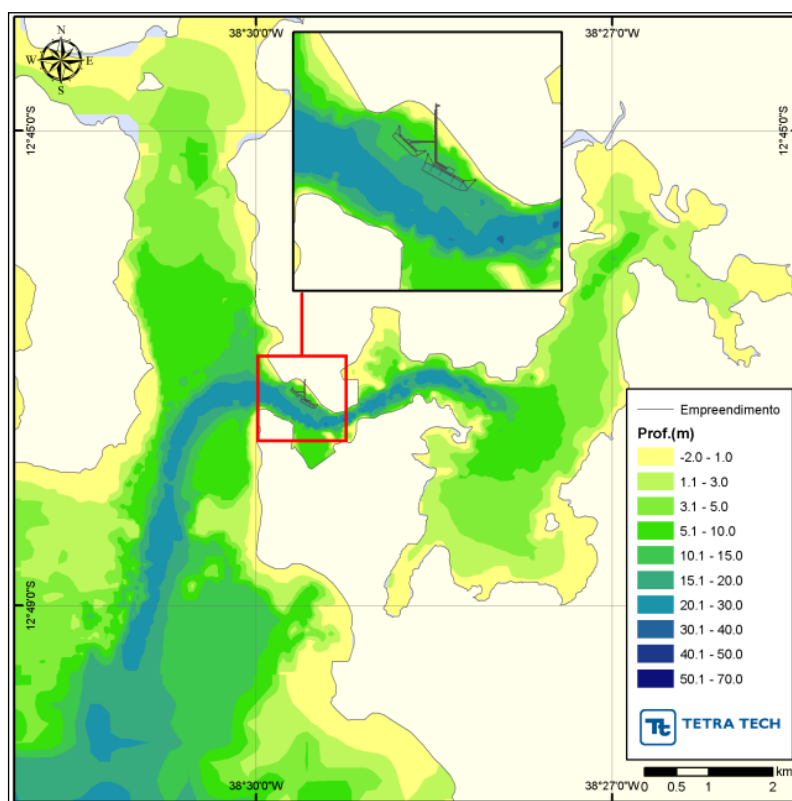


Figura 8.1-140. Grade numérica 02 com a discretização da batimetria associada a ela e detalhe na região do empreendimento, considerando a condição futura (*i.e.* com o empreendimento já instalado).

### 8.1.11.1.5 Avaliação da Modelagem Hidrodinâmica

A metodologia de validação utilizada fundamenta-se na avaliação da modelagem quanto à sua capacidade de reprodução da circulação hidrodinâmica na região em estudo. Com este intuito são apresentadas comparações entre resultados da modelagem hidrodinâmica e os dados coletados disponíveis na região de interesse (Capítulo 8.1.9.5).

A comparação entre os resultados da modelagem e os dados foi quantificada através dos parâmetros:

1. Índice de concordância (*index of agreement*), proposto por Willmott e Wicks (1980 *apud* WILLMOTT, 1982), definido por:

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\text{dado}_i - \text{modelo}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|\text{modelo}_i - \overline{\text{dado}}| + |\text{dado}_i - \overline{\text{dado}}|)^2} \right] \quad (3.2-1)$$

Onde:  $\overline{\text{dado}}$  = média do dado.

Segundo os autores para valores de  $d \gg 0,5$  a modelagem apresenta uma significativa redução de erros. Portanto o valor ideal de  $d$  é 1 (um).

2. Coeficiente de correlação linear, ou coeficiente de correlação de Pearson, definido por (SPIEGEL & STEPHENS, 1999):

$$R = \frac{\text{cov}(\text{dado}, \text{modelo})}{\sigma_D \sigma_M} \quad (3.2-2)$$

Onde:

$\text{cov}(\text{dado}, \text{modelo})$  = covariância entre os valores do dado e os do modelo;

$\sigma_D$  = desvio padrão do dado;

$\sigma_M$  = desvio padrão do modelo.

Covariância entre  $x_1$  e  $x_2$  é definida por:

$$\text{cov}(x_1, x_2) = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} (x_1(t) - \overline{x_1})(x_2(t) - \overline{x_2}).$$



Desvio padrão  $\sigma$  é definido por:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} (x(t) - \bar{x})^2}$$

O coeficiente de correlação linear é uma medida da dependência linear entre os resultados da modelagem e as observações. O coeficiente de correlação linear ideal, para este caso, é igual a um.

### **Avaliação para Maré**

Para a avaliação da modelagem hidrodinâmica, com relação à elevação da superfície do mar, foram utilizados os valores obtidos através de previsão harmônica de maré.

As séries temporais de elevação de superfície, tanto dos dados quanto dos resultados do modelo são apresentadas na Figura 8.1-141. O parâmetro estimado para quantificar a comparação (dado x modelo) no período foi de 0,99, tanto para o Índice de concordância quanto para o coeficiente de correlação linear.

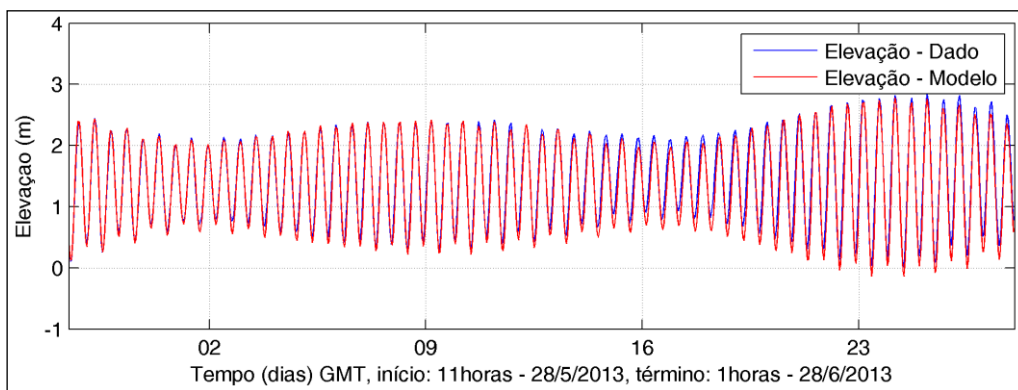


Figura 8.1-141. Séries temporais de elevação de superfície do mar (m), para o período de 28 de maio a 28 de junho de 2013. A série temporal dos valores previstos é plotada em azul, enquanto que a série temporal resultante da modelagem hidrodinâmica é plotada em vermelho.

### **Avaliação para as Correntes**

No processo de calibração das correntes calculadas pelo modelo, foram comparadas as velocidades das correntes modeladas com as correntes observadas. Nas figuras a seguir (Figura 8.1-142 a Figura 8.1-143) são apresentadas as comparações entre os resultados da modelagem e as séries observadas para as componentes u e v, para superfície, fundo e média na coluna d'água. A comparação é para o período compreendido entre os dias 28 de maio e 28 de junho de 2013.



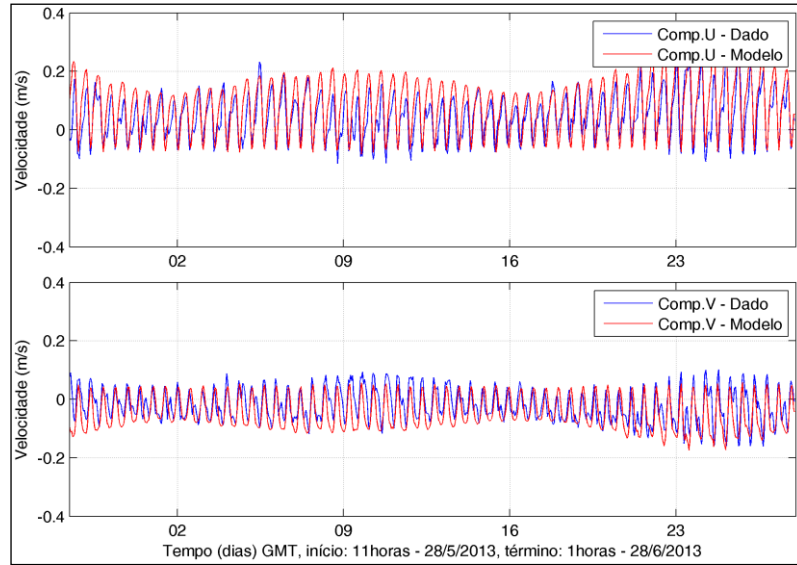


Figura 8.1-142. Série temporal medida da componente u e v da velocidade (azul), referente aos dados do ADCP (12°47'13,23"S e 38°29'37,01"W), e a calculada pelo modelo (vermelho) para a camada de superfície, coletados entre 28 de maio a 28 de junho de 2013.

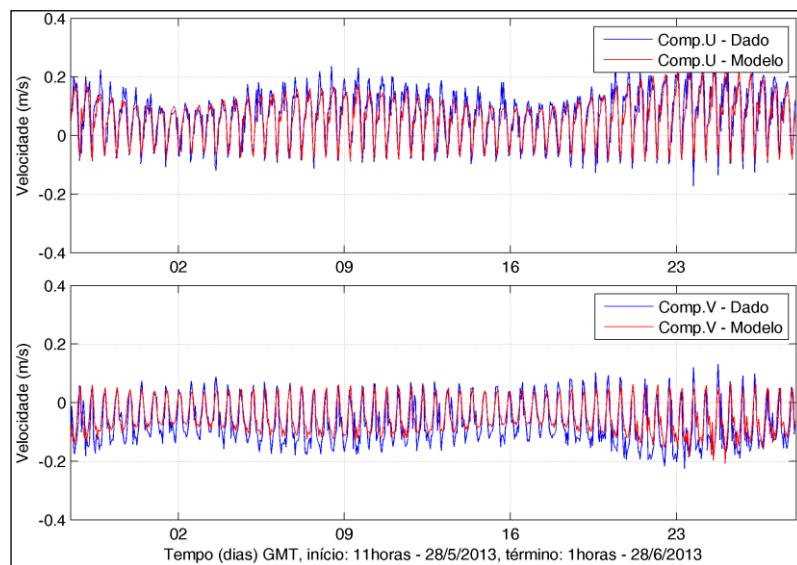


Figura 8.1-143. Série temporal medida da componente u e v da velocidade (azul), referente aos dados do ADCP (12°47'13,23"S e 38°29'37,01"W), e a calculada pelo modelo (vermelho) para a camada de fundo, coletados entre 28 de maio a 28 de junho de 2013.

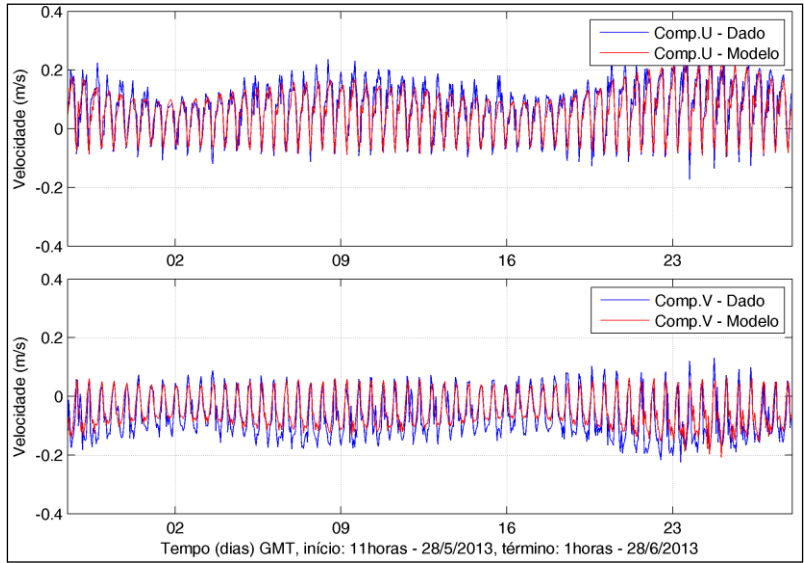


Figura 8.1-144. Série temporal medida da componente u e v da velocidade (azul), referente aos dados do ADCP (12°47'13,23"S e 38°29'37,01"W), e a calculada pelo modelo (vermelho) para a camada de fundo, coletados entre 28 de maio a 28 de junho de 2013.

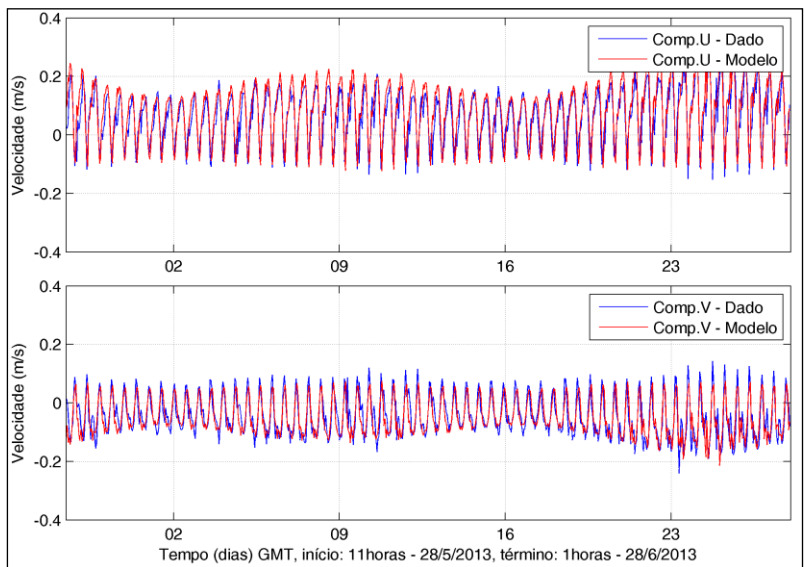


Figura 8.1-145. Série temporal medida da componente u e v da velocidade (azul), referente aos dados do ADCP (12°47'13,23"S e 38°29'37,01"W), e a calculada pelo modelo (vermelho) para a média na coluna d'água, coletados entre 28 de maio a 28 de junho de 2013.

A Tabela 8.1-27 apresenta um resumo dos parâmetros estimados para quantificar as comparações (dado X modelo) ao longo da coluna d'água e no período simulado. Dessa forma, através dos métodos apresentados para a avaliação do modelo numérico implementado para a região, constata-se que esta foi aplicada com sucesso na região.

Tabela 8.1-27. Resultados dos parâmetros utilizados para quantificar as comparações entre os dados coletados e os resultados do modelo hidrodinâmico.

Camada	Índice de Concordância (%)		R(%)	
	COMP. U	COMP.V	COMP.U	COMP.V
Superfície	87	79	84	69
Fundo	92	87	87	84
Média	93	90	89	81

#### 8.1.11.1.6 Resultados da Modelagem Hidrodinâmica

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados das simulações numéricas para configuração atual e futura contemplando a implantação do Terminal de Uso Privativo da Braskem na Baía de Aratu. Neste ponto, cabe salientar que o domínio, a grade numérica e as forçantes utilizadas em ambas as simulações foram as mesmas e independem da configuração simulada. Somente assim, mantendo-se as mesmas condições para ambas as configurações, é que se podem avaliar as diferenças entre os impactos que decorram da configuração proposta.

Dentro deste contexto, a seguir são apresentadas as avaliações dos impactos na hidrodinâmica segundo a configuração considerada em relação à configuração atual. Como descrito anteriormente, a diferença entre a configuração futura e atual é a construção de um píer com duas pontes e dois berços para atracação de navios, um a leste e outro a oeste, bem como a realização de uma dragagem de aprofundamento na região do berço de atracação leste.

As análises dos resultados das simulações numéricas indicaram alterações hidrodinâmicas localizadas à região do empreendimento. Da Figura 8.1-146 a Figura 8.1-149 são apresentadas as alterações na intensidade das correntes e os campos vetoriais de correntes (configuração atual e futura) em instantes de maré enchente e vazante, tanto na quadratura quanto na sizígia. Ainda com relação a estas figuras, valores positivos indicam um aumento da intensidade das correntes, e valores negativos indicam a diminuição da intensidade das correntes em relação à situação atual.

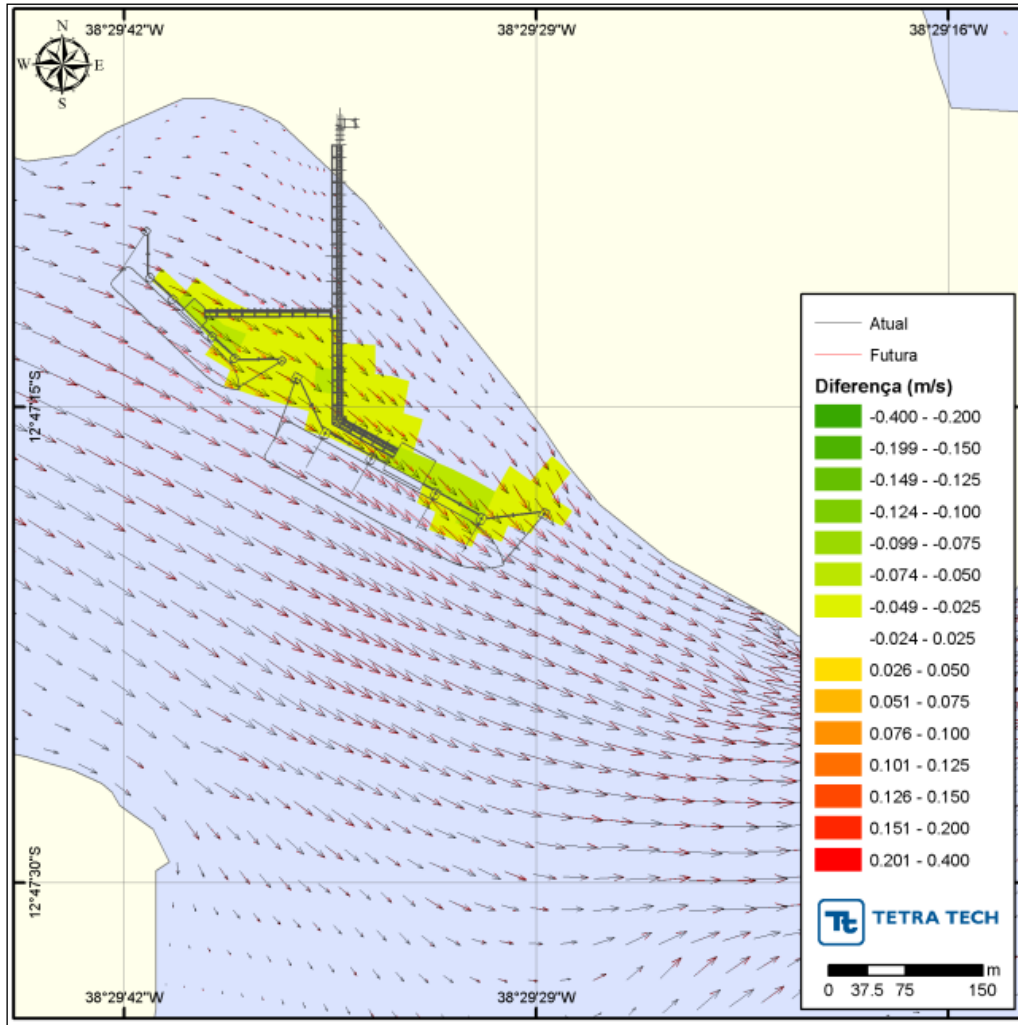


Figura 8.1-146. Variação da intensidade da corrente (m/s) em um instante de enchente na quadratura, e campo vetorial da configuração atual (preto) e futura (vermelho). Valores positivos indicam acréscimo na intensidade das correntes e valores negativos indicam o decréscimo.

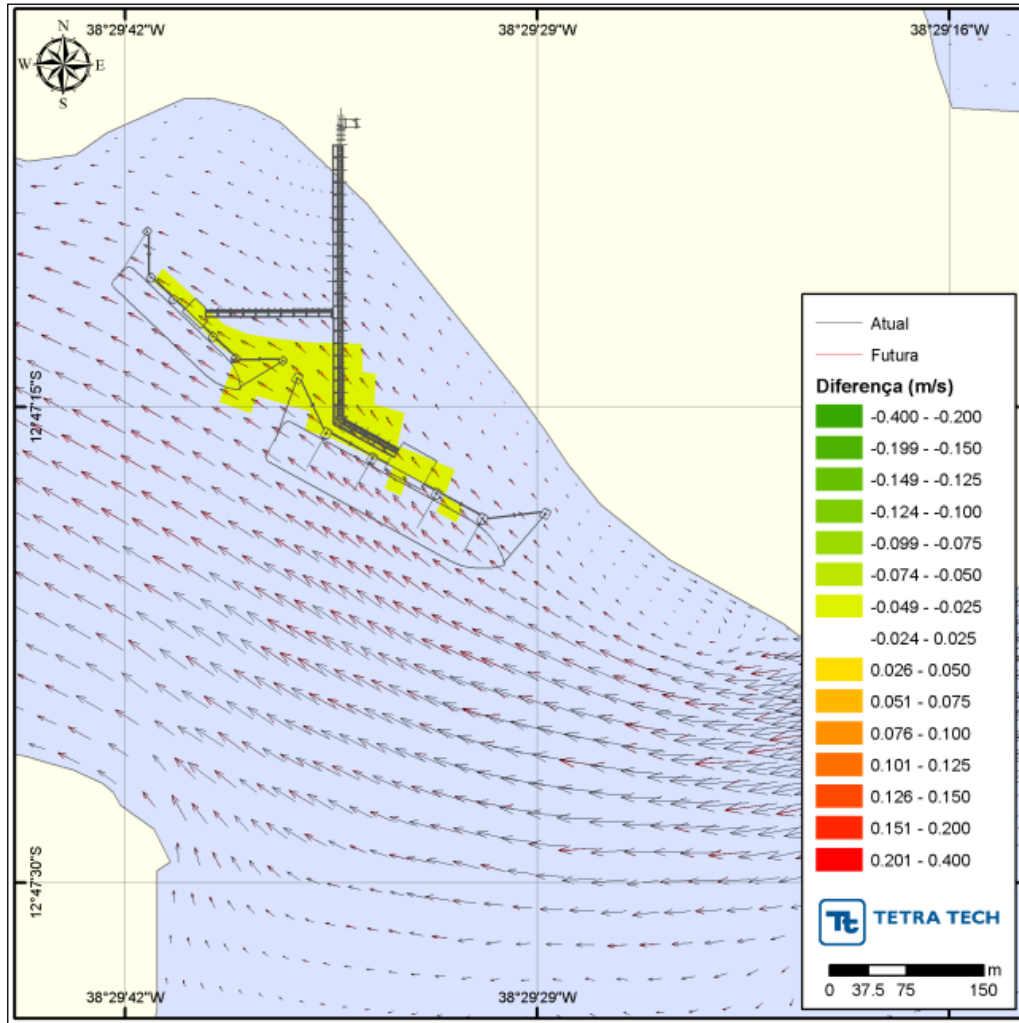


Figura 8.1-147. Variação da intensidade da corrente (m/s) em um instante de vazante na quadratura, e campo vetorial da configuração atual (preto) e futura (vermelho). Valores positivos indicam acréscimo na intensidade das correntes e valores negativos indicam o decréscimo.

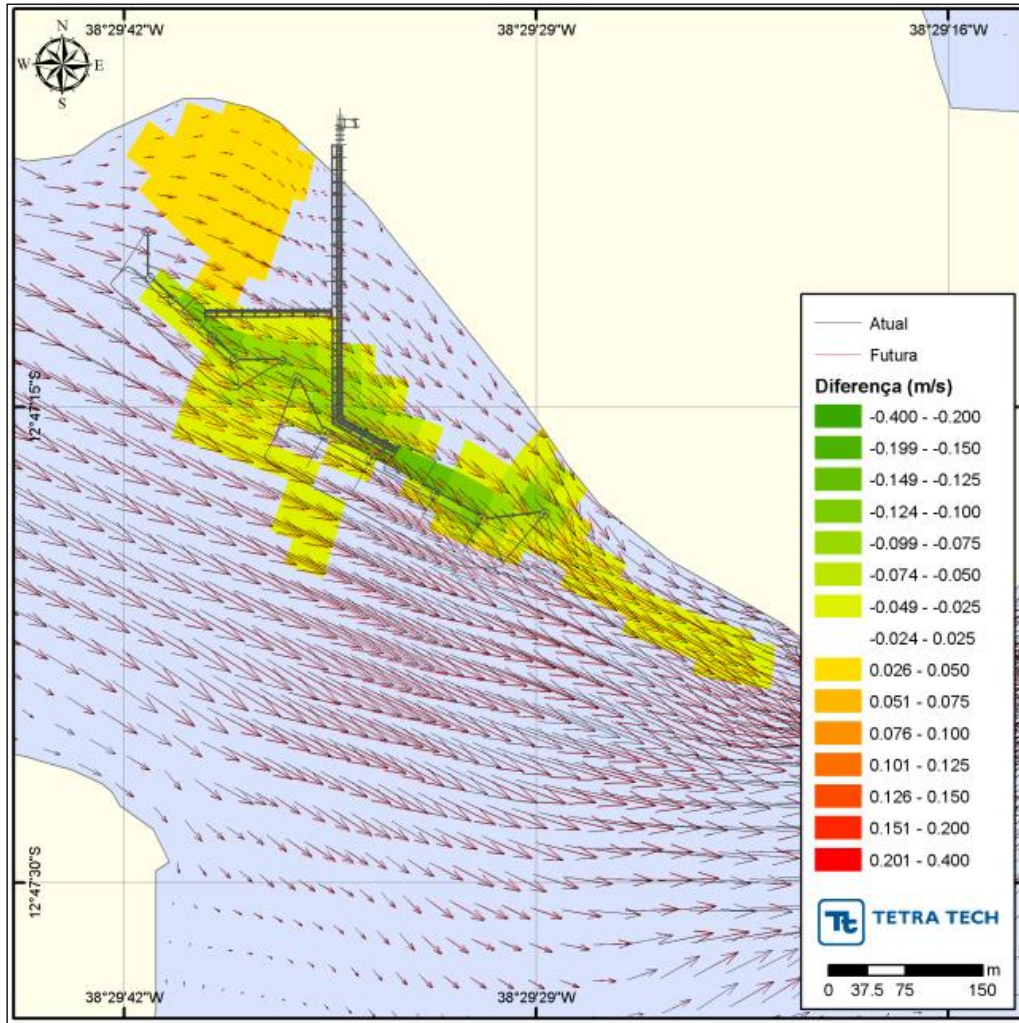


Figura 8.1-148. Variação da intensidade da corrente (m/s) em um instante de enchente na sizígia, e campo vetorial da configuração atual (preto) e futura (vermelho). Valores positivos indicam acréscimo na intensidade das correntes e valores negativos indicam o decréscimo.



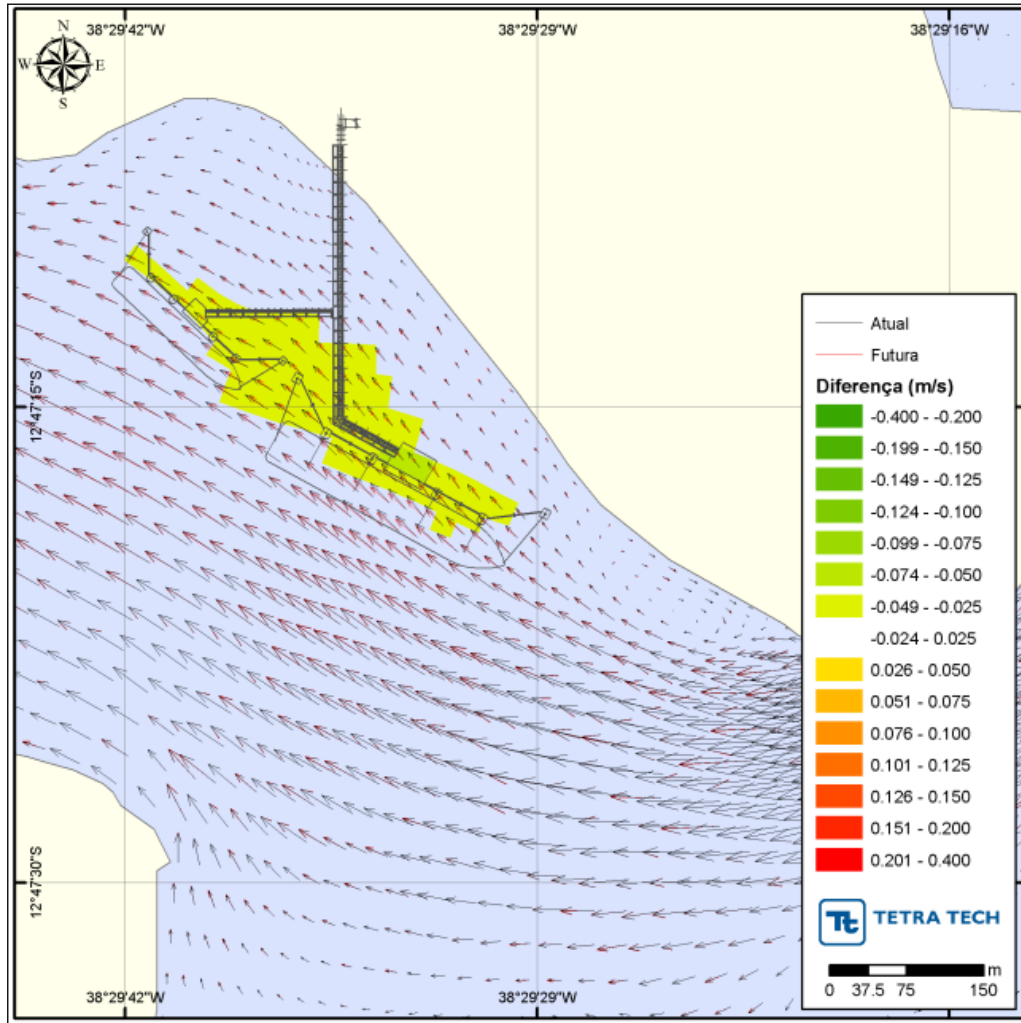


Figura 8.1-149. Variação da intensidade da corrente (m/s) em um instante de vazante na sizígia, e campo vetorial da configuração atual (preto) e futura (vermelho). Valores positivos indicam acréscimo na intensidade das correntes e valores negativos indicam o decréscimo.

Adicionalmente, para comparação dos resultados entre as configurações, para todo o período simulado, foram extraídos os resultados de direção e intensidade das correntes em três pontos nas proximidades do empreendimento (Figura 8.1-150).

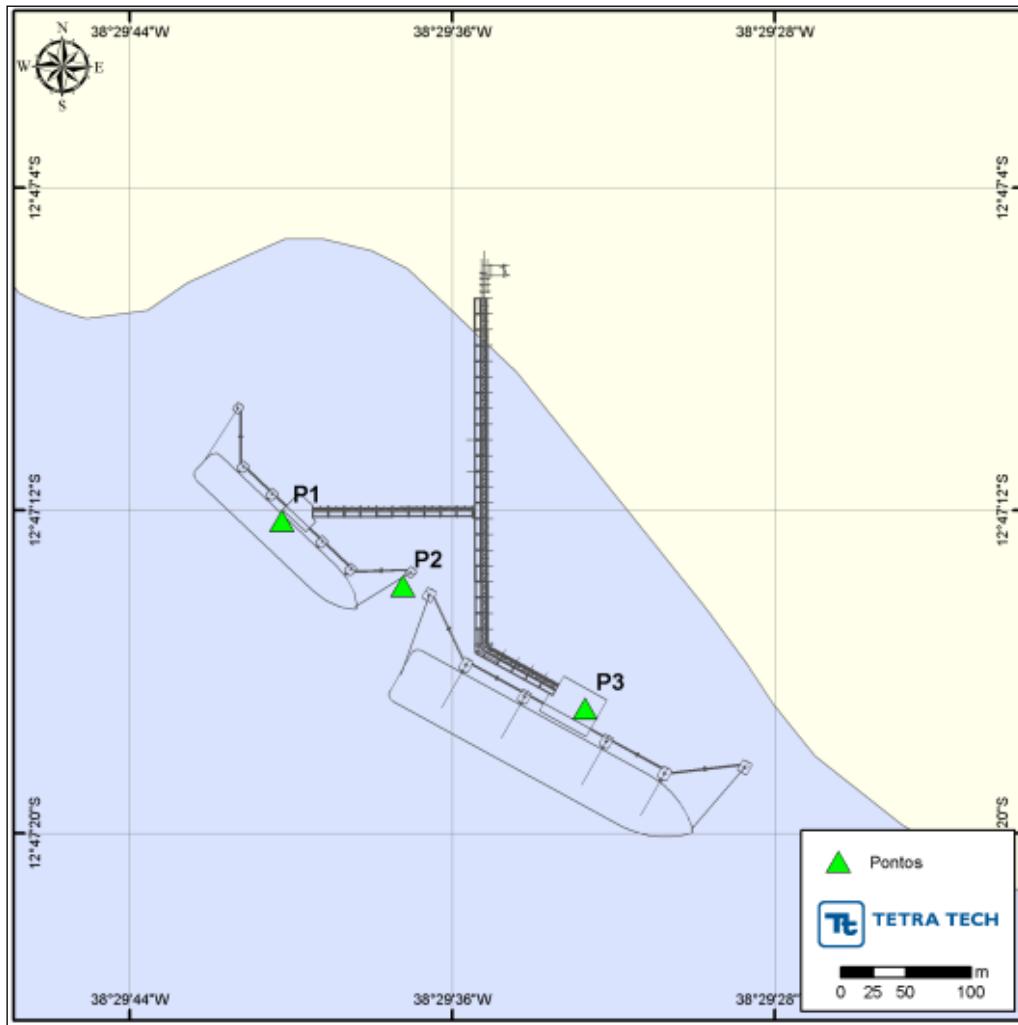


Figura 8.1-150. Localização dos pontos selecionados para realização da análise dos resultados.

As comparações, através de rosa de correntes, referentes à corrente média na coluna d'água entre a configuração atual e futura são apresentadas a seguir (Figura 8.1-151 a Figura 8.1-153). Com relação às figuras, cabe ressaltar que, a direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção oceanográfica, a escala de cores representa as classes de intensidade em m/s e os círculos concêntricos a porcentagem de ocorrência.

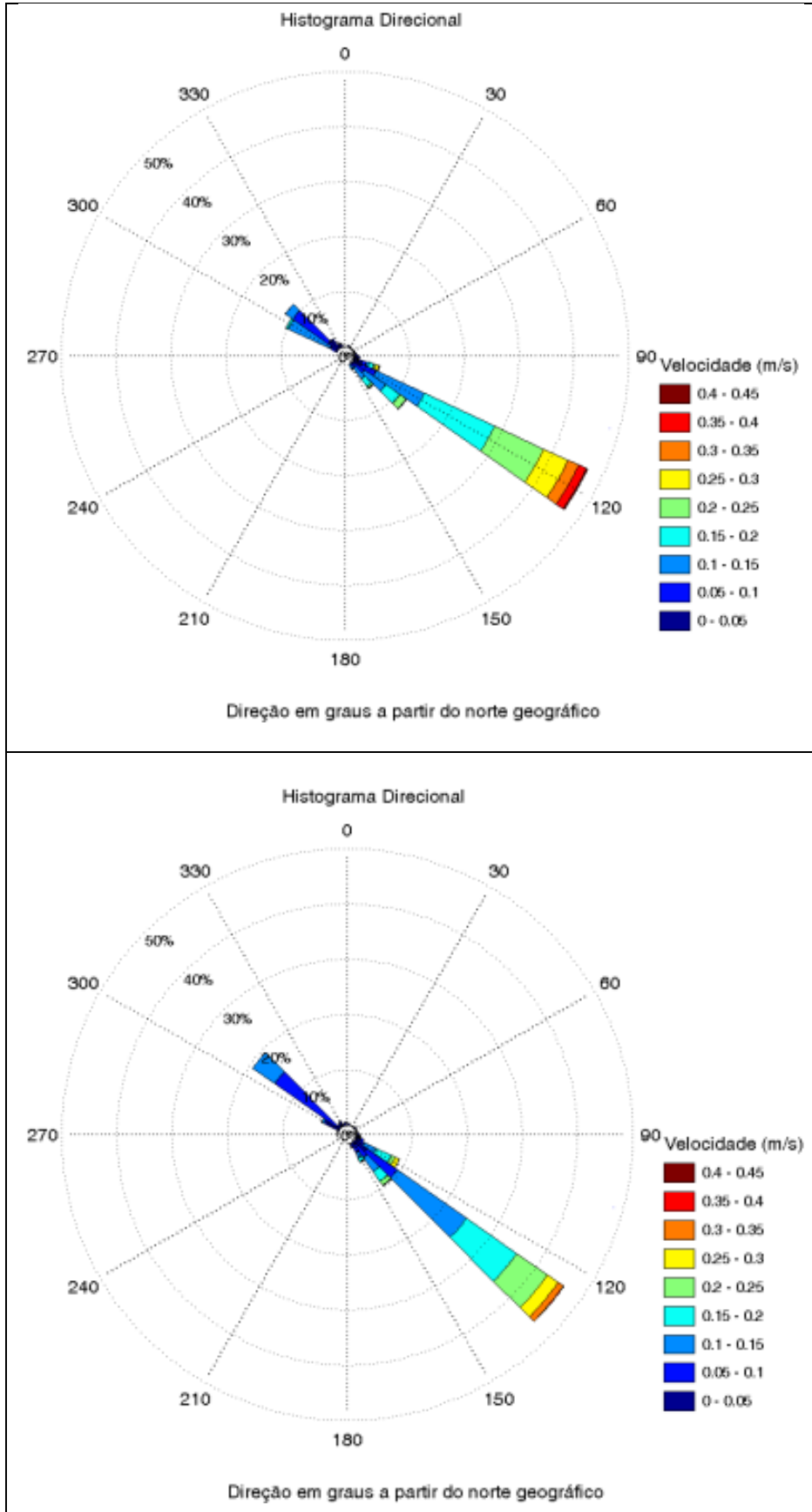


Figura 8.1-151. Rosa de correntes médias na coluna d'água no ponto P1, para a configuração atual (painel superior) e futura (painel inferior).

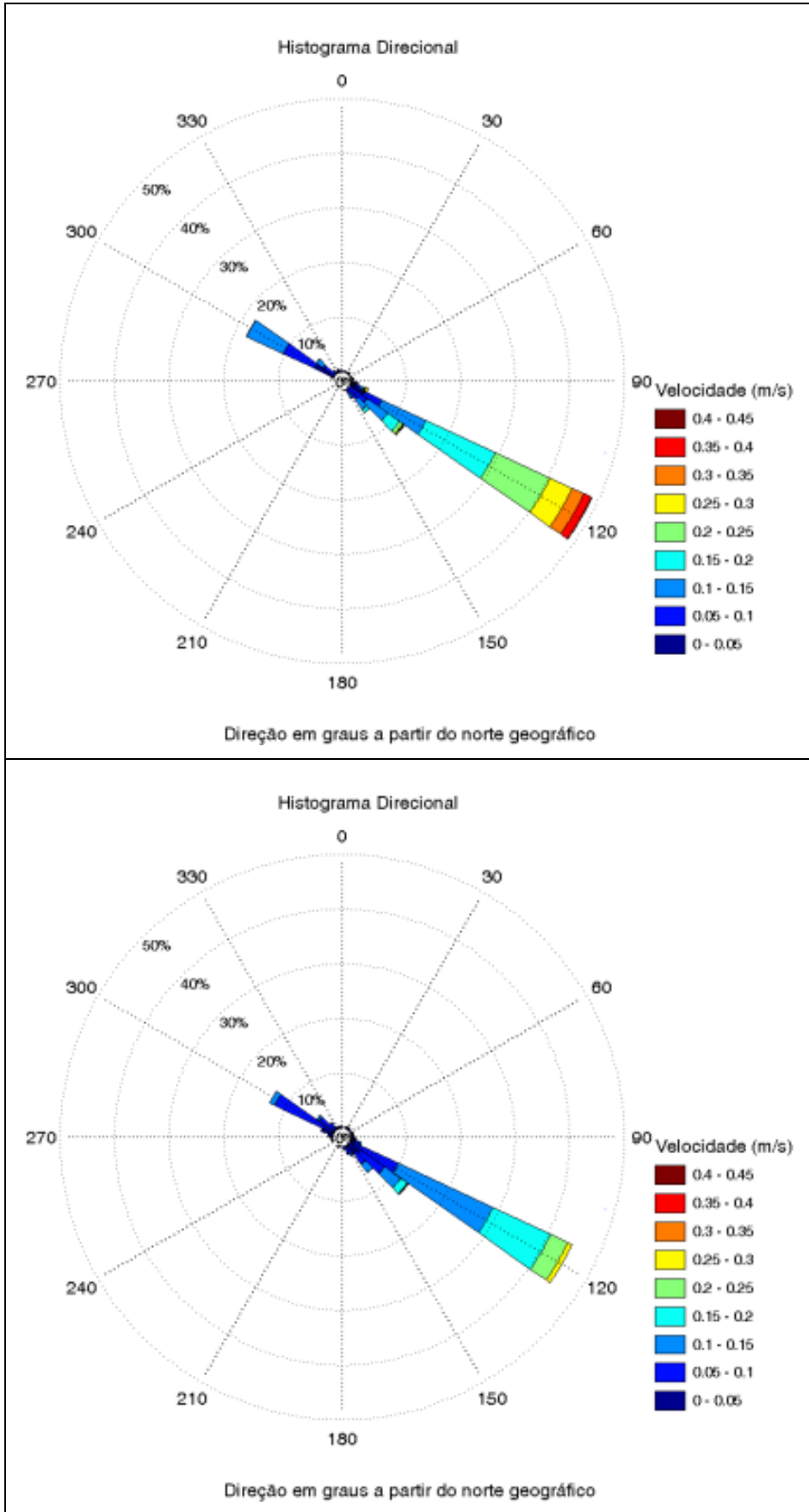


Figura 8.1-152. Rosa de correntes médias na coluna d'água no ponto P2, para a configuração atual (painel superior) e futura (painel inferior).

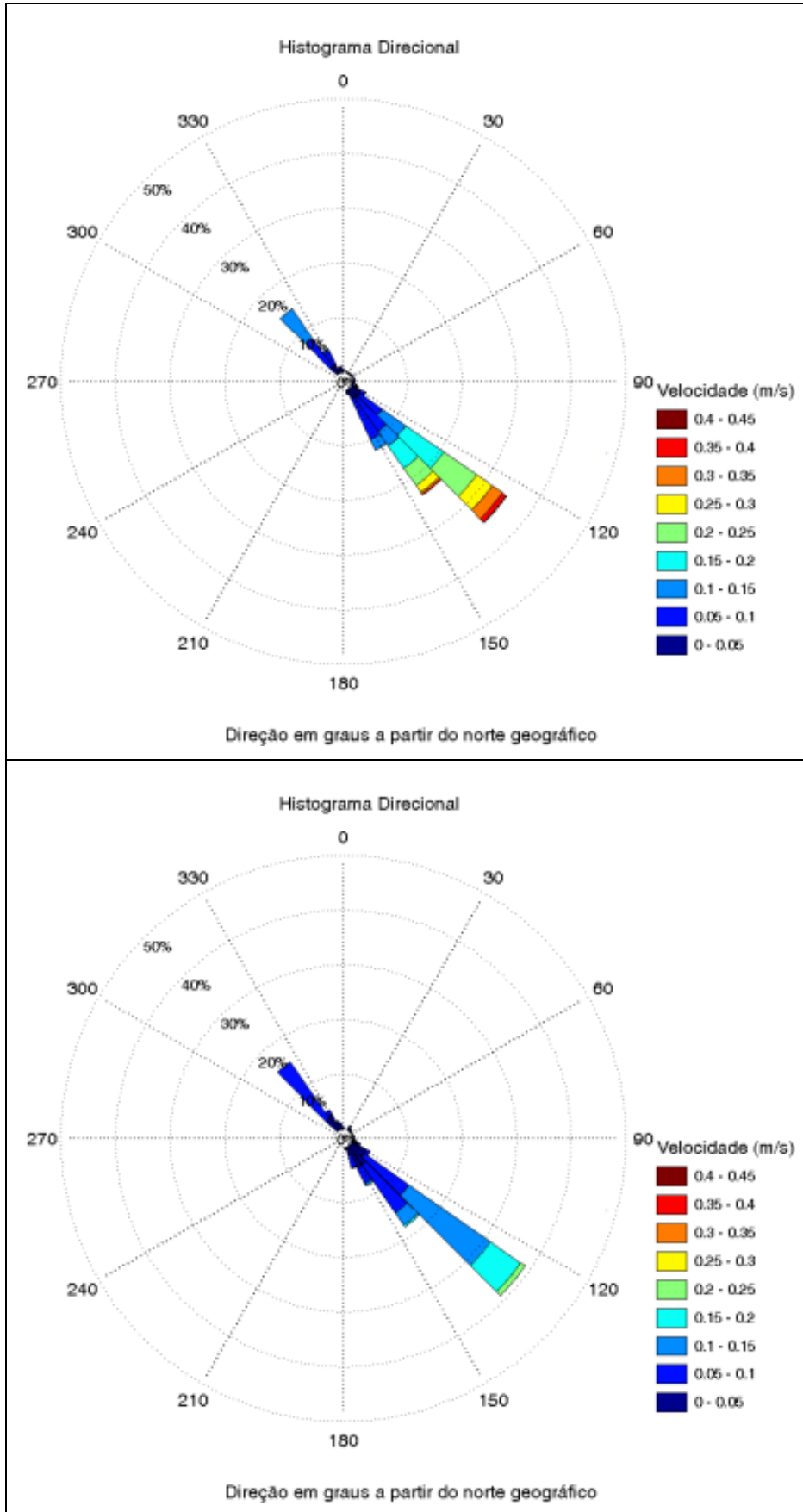


Figura 8.1-153. Rosa de correntes médias na coluna d'água no ponto P3, para a configuração atual (painel superior) e futura (painel inferior).

Nota-se que as alterações são restritas a região do empreendimento. Conforme observado nas figuras, a implantação das pilastras de sustentação do píer induz a uma diminuição na magnitude das correntes. Essa diminuição é maior nas regiões sob as pontes e se estende até 300 m a leste do terminal, pelo fato das correntes de enchente apresentarem maiores magnitudes. Essa diminuição foi de no máximo 0,18 m/s (na região sob os píeres). Também é possível notar um aumento na intensidade da corrente, de no máximo 0,05 m/s, na porção ao norte do píer oeste (entre o empreendimento e a linha de costa), observada principalmente durante a maré enchente de sizígia.

Com relação a direção das correntes, observa-se uma pequena deflexão (máxima de 10° no sentido horário), também observada principalmente durante a maré enchente de sizígia.

Como pôde ser observado nos resultados do modelo numérico implementado para a região, é possível afirmar que os impactos (alterações) ficam restritos a região do empreendimento, não havendo nenhuma alteração significativa, tanto na direção preferencial quanto na intensidade do fluxo em outras regiões.

#### **8.1.11.2 Modelagem da Dispersão da Pluma de Sedimentos de Dragagem**

Neste capítulo é apresentada a modelagem da dispersão de sedimentos da pluma de dragagem devido à construção do Terminal de Uso Privativo da Braskem na Baía de Aratu. Esta simulação foi realizada através do módulo de transporte de sedimentos (Delft3D-MOR) do sistema de modelos Delft3D (Deltares, 2013), que acopla a dispersão de sedimento com a hidrodinâmica. Sua descrição encontra-se no Apêndice 8.15.

##### **8.1.11.2.1 Especificações das Operações de Dragagem**

###### **Área de Dragagem**

Para o estudo de modelagem da pluma de sedimentos ressuspensa durante a dragagem foi considerada uma área de 51.829 m<sup>2</sup> (Figura 8.1-154). A avaliação dos resultados granulométricos, juntamente com a composição do imageamento de fundo gerada pela investigação do sonar de varredura lateral (SVL) permitiram a caracterização dos sedimentos da área a ser dragada. A esse conjunto de informações foi adicionada a caracterização do sedimento de, a qual indica o volume de dragagem e também a presença e área de abrangência de material consolidado.



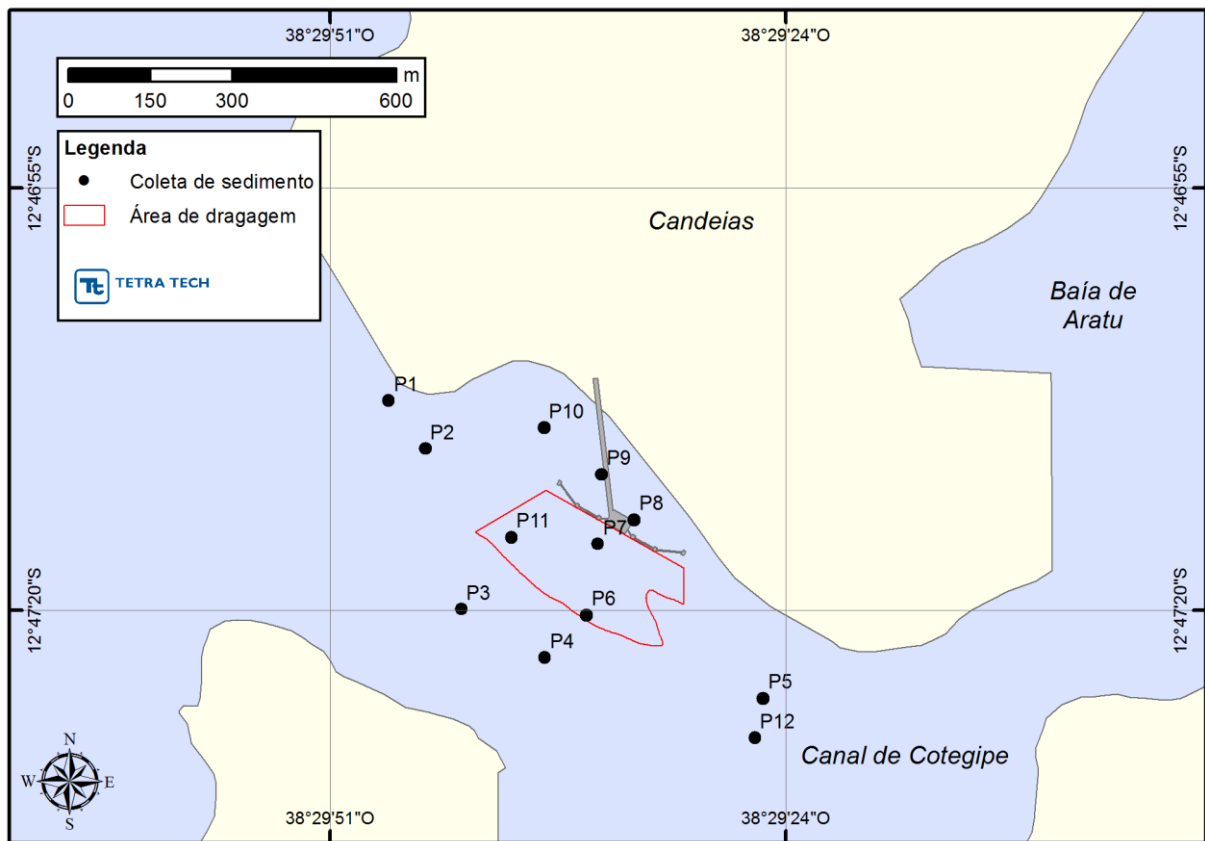


Figura 8.1-154. Área de estudo com a localização do polígono de dragagem em verde. Os pontos indicam os locais de coleta de amostras de sedimento.

### Características da Dragagem e do Material Simulado

As características da draga e do material simulado foram fornecidas pelo empreendedor. Estes dados são importantes para caracterizar o tipo de dragagem que será realizada e definir o melhor ajuste das simulações. A distribuição do material simulado é de fundamental importância para que os resultados apresentem o comportamento mais próximo ao do ambiente natural.

A draga para o presente projeto é uma autotransportadora tipo *Hopper*, com capacidade de 3.000 m<sup>3</sup> na cisterna. Seu comprimento é de 100 metros e apresenta calado de 7,5 metros quando carregada. A Tabela 8.1-28 lista as características principais da draga utilizada neste estudo.

Tabela 8.1-28. Características da draga tipo Hopper.

Tipo de draga	Hopper
Capacidade da cisterna	3.000,0 m <sup>3</sup>
Comprimento da draga	100,0 m
Largura da draga	25,0 m
Calado da draga vazia	3,5 m
Calado da draga carregada	7,5 m

Fonte: Braskem S.A., 2015.

Um dos fatores mais importantes no controle do total de sólidos em suspensão é a velocidade com que o sedimento deposita. Geralmente, materiais mais grosseiros possuem velocidades de deposição maiores que os mais finos, que permanecem por mais tempo na coluna d'água. As características básicas de deposição podem ser determinadas através da análise das classes granulométricas do sedimento a ser modelado.

A granulometria dos sedimentos utilizada nas simulações foi estabelecida através das análises realizadas a partir de dados coletados em campo (maio/2013 e abril/2014). Foram amostrados 12 pontos (Figura 8.1-154) granulometria para a simulação da pluma foi estabelecida em função das amostras P6, P7 e P11 que se encontram dentro do polígono de dragagem. A esses pontos foram atribuídas as características apresentadas na Tabela 8.1-29.

Tabela 8.1-29. Classificação das classes granulométricas de acordo com o diâmetro (phi) e as porcentagens de material fino (lama) e areia de cada amostra.

Ponto	Tamanho de grão	Classificação	% Finos	% Areia
P6	5.22	Silte Médio	85,3	14,7
P7	5.22	Silte Médio	86,15	13,85
P11	5.22	Silte Médio	85,5	14,5

De acordo com estas análises, a maior parte do material é composta por silte e a densidade total da mistura (*bulk density*) é de 1.400 kg/m<sup>3</sup>. A Tabela 8.1-30 apresenta a composição da mistura presente na cisterna da draga.

Tabela 8.1-30. Características do material presente na cisterna da draga.

Características do Material Presente da cisterna da Dragagem	
Densidade total ( <i>bulk density</i> ) na cisterna	1.400 kg/m <sup>3</sup>
Porcentagem de sedimentos na mistura	70%
Porcentagem de água	30%

Fonte: Braskem S.A., 2015.

#### 8.1.11.2.2 Descrição dos Cenários Simulados

Os conjuntos de dados de entrada e parâmetros do modelo que definem um cenário são:

- localização geográfica da área de dragagem;
- período de simulação;
- duração do ciclo de dragagem;
- volume dragado;
- tipo de material;
- duração da simulação;
- campo de correntes;
- parâmetros de simulação;
- opções de saída.

Os resultados de cada simulação correspondem, então, a um único cenário, definido pelo arquivo de entrada de dados e parâmetros do modelo. Os campos de correntes utilizados na modelagem do transporte e dispersão de sedimentos para este estudo foram gerados através da modelagem hidrodinâmica, como descrito no Capítulo 8.1.11.1.

Foi estabelecido um cenário que contemplasse toda a dragagem necessária para o aprofundamento da região de estudo até a cota de 17 metros. Como a área de estudo é influenciada pelo regime de marés sobrepondo outras forçantes (LESSA *et al.*, 2009; PEREIRA & LESSA, 2009), a modelagem contemplou os seus principais componentes.

Para as simulações é necessário especificar valores de concentração de material, o fluxo e o tempo de dragagem. A concentração do material ressuspensionado foi estimada com base na distribuição granulométrica informada no item acima, no volume dragado por ciclo e em dados pertinentes a cada classe granulométrica, como a densidade. O fluxo de material ressuspensionado durante as operações de dragagem foi obtido em função do tempo do ciclo.

A Tabela 8.1-31 apresenta as características das operações de dragagem. Nesta tabela observa-se que o volume total a ser dragado é de 170.000 m<sup>3</sup>, sendo que 156.000 m<sup>3</sup> são sedimentos inconsolidados e 14.000 m<sup>3</sup> de material consolidado passível de derrocagem. Desta forma, para a modelagem da pluma foram considerados os 156.000 m<sup>3</sup> de sedimento inconsolidado. O ciclo de dragagem foi especificado em 1,5 horas para o preenchimento da cisterna seguido de um intervalo de 4,5 horas para transporte e descarte, totalizando 6 horas para cada ciclo. A operação foi restrita a 2 ciclos contínuos por dia, gerando uma pausa de 12 horas, totalizando 2 ciclos por dia e volume aproximado de 4.200 m<sup>3</sup> de sedimento por dia. Para dragar o volume total de 156.000 m<sup>3</sup> serão necessários, portanto, aproximadamente 37 dias de dragagem e 75 ciclos. Na simulação não foi

considerado *overflow* e a taxa de ressuspensão de sedimento durante o processo de dragagem foi considerada em 3%, correspondendo a aproximadamente 63 m<sup>3</sup> de sedimento ressuspensionado por ciclo de dragagem..

Tabela 8.1-31. Descrição dos cenários de dragagem.

Descrição dos Cenários de Dragagem	
Taxa de dragagem (no de ciclos por dia)	2 ciclos
Duração de um ciclo	6 horas
Duração efetiva da dragagem	1,5 horas
Volume total a ser dragado	170.000,0 m <sup>3</sup>
Volume de sedimento a ser dragado	156.000 m <sup>3</sup>
Volume dragado por ciclo	2.100,0 m <sup>3</sup>
Número total de ciclos simulados	75
Taxa de ressuspensão	3%

Fonte: Braskem S.A., 2015.

### 8.1.11.2.3 Resultados da Modelagem de Dispersão da Pluma de Sedimentos

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações de dispersão da pluma de sedimentos resultante da ressuspensão ocorrida durante a operação de dragagem no Píer da Braskem localizado no Canal de Cotegipe.

Destaca-se que concentrações próximas a 1 mg/L correspondem a valores que estão abaixo das concentrações de material em suspensão encontradas naturalmente na região e não são significativas para áreas estuarinas. As concentrações na coluna d'água em torno de 10 mg/L, são mais significativas e visíveis e, portanto, este foi o valor de corte estipulado para apresentar os resultados. Na modelagem numérica não foi considerada turbidez inicial. Desta forma todas as concentrações de sedimento apresentadas são oriundas da dragagem.

Conforme esperado, as maiores concentrações de sedimento ressuspensionado encontram-se próximas ao fundo. Na superfície a pluma apresenta menores concentrações. Ilustrando esse comportamento, Figura 8.1-155 apresenta um perfil vertical da concentração de sedimento na coluna d'água para um local dentro do polígono de dragagem.

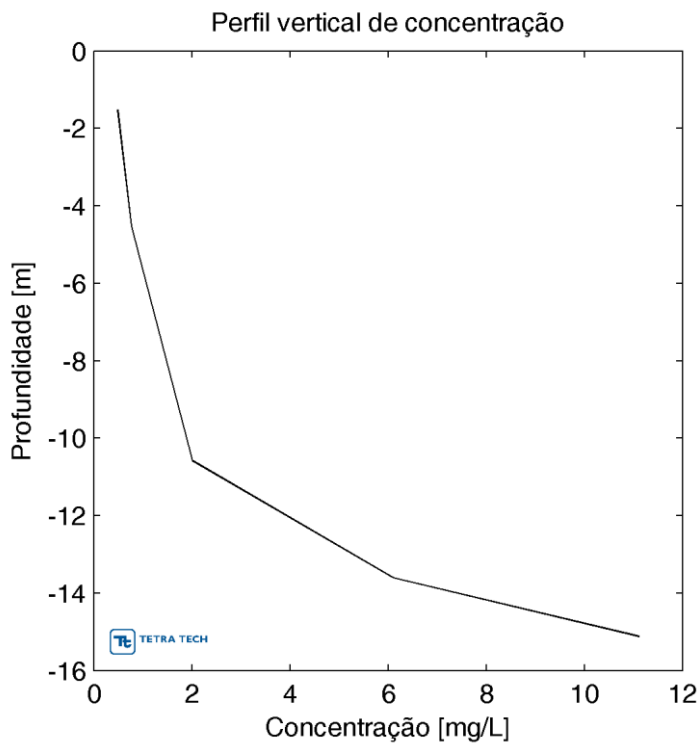


Figura 8.1-155 – Perfil vertical da concentração de sedimentos (mg/L).

Da Figura 8.1-156 a Figura 8.1-160, são apresentadas as concentrações de sedimento próxima ao fundo, e da Figura 8.1-161 a Figura 8.1-165 são apresentadas as condições na superfície. Ambas representam um ciclo de dragagem.

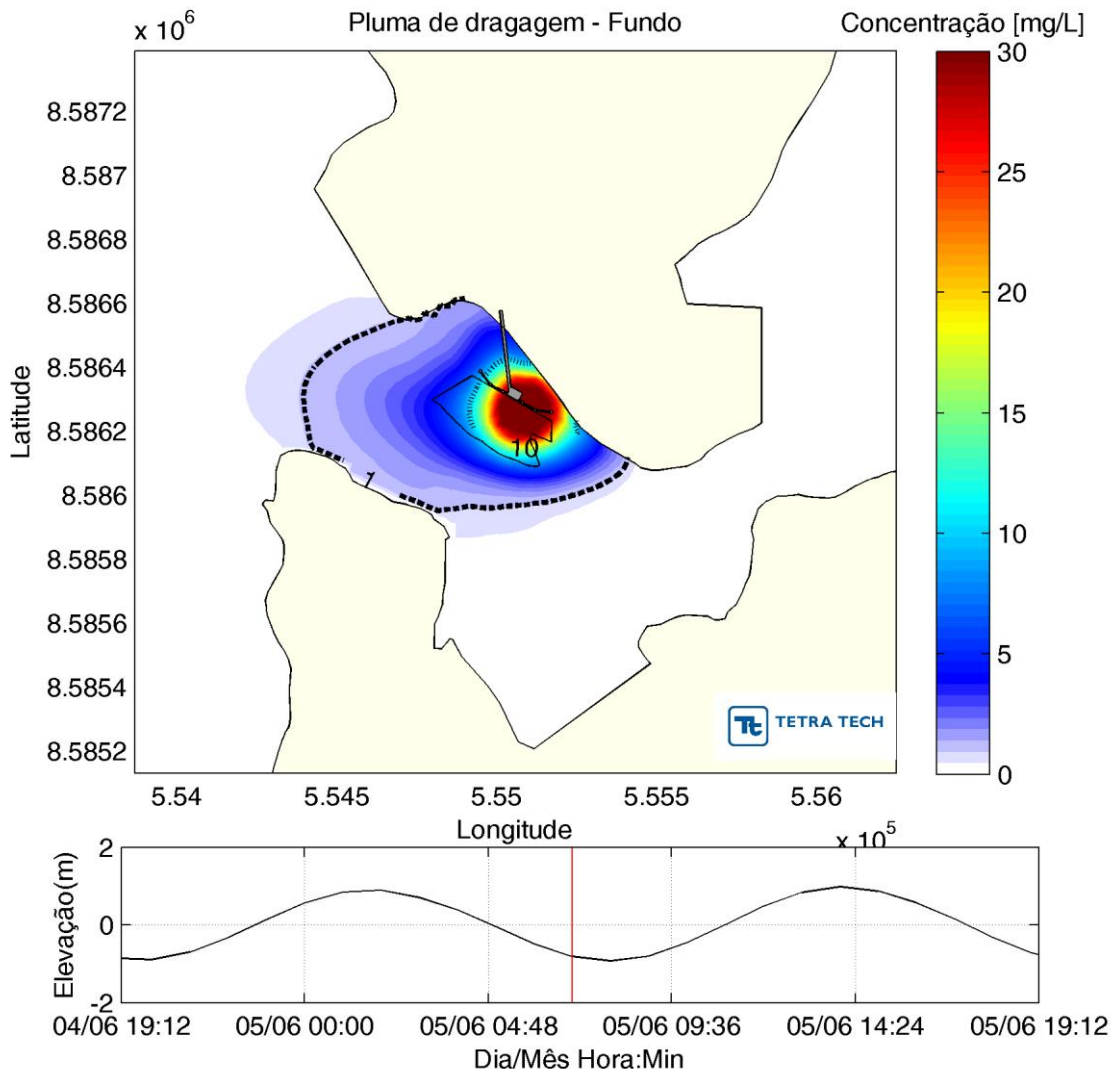


Figura 8.1-156 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo durante a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.



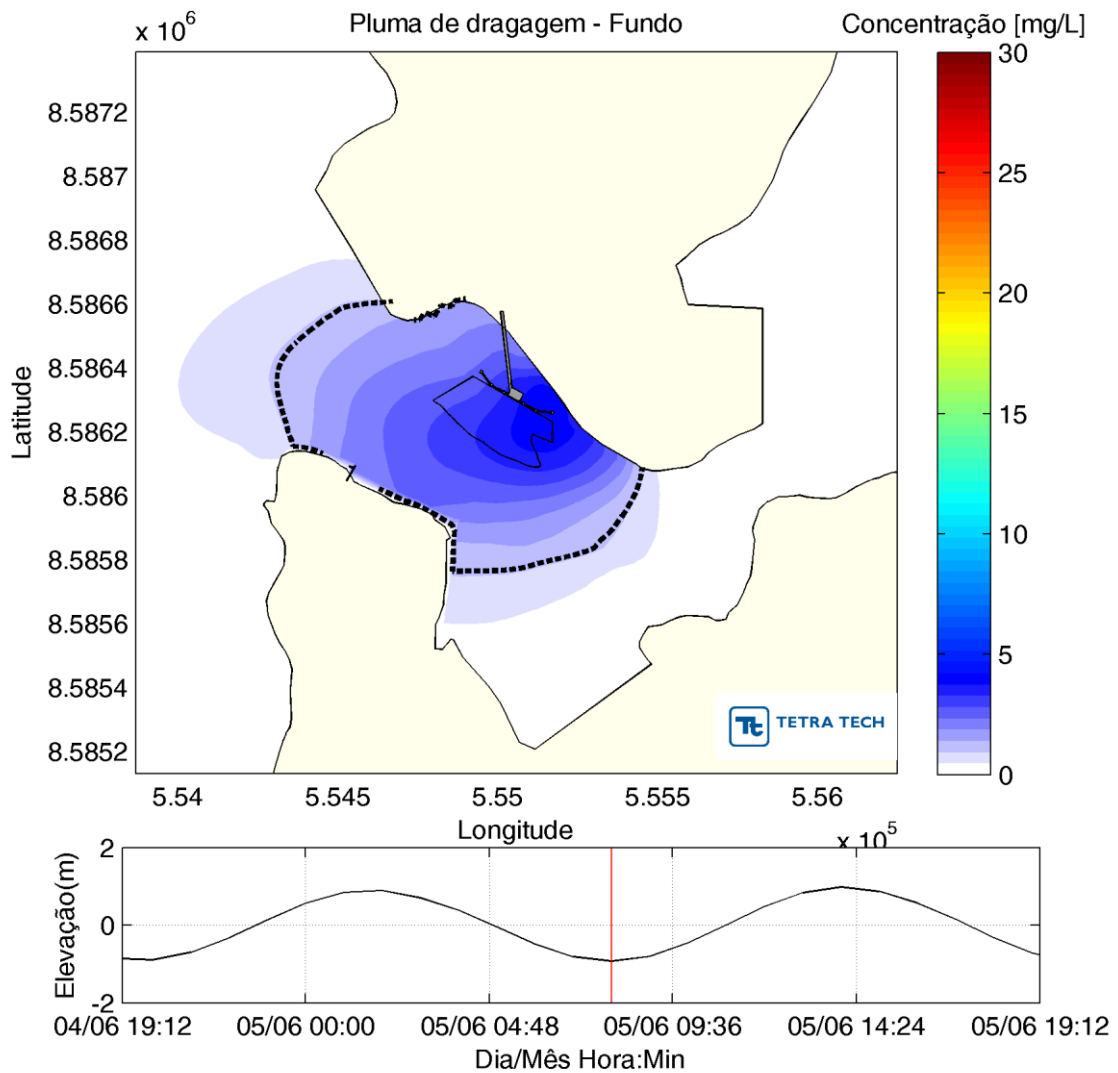


Figura 8.1-157 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo 30 minutos após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.

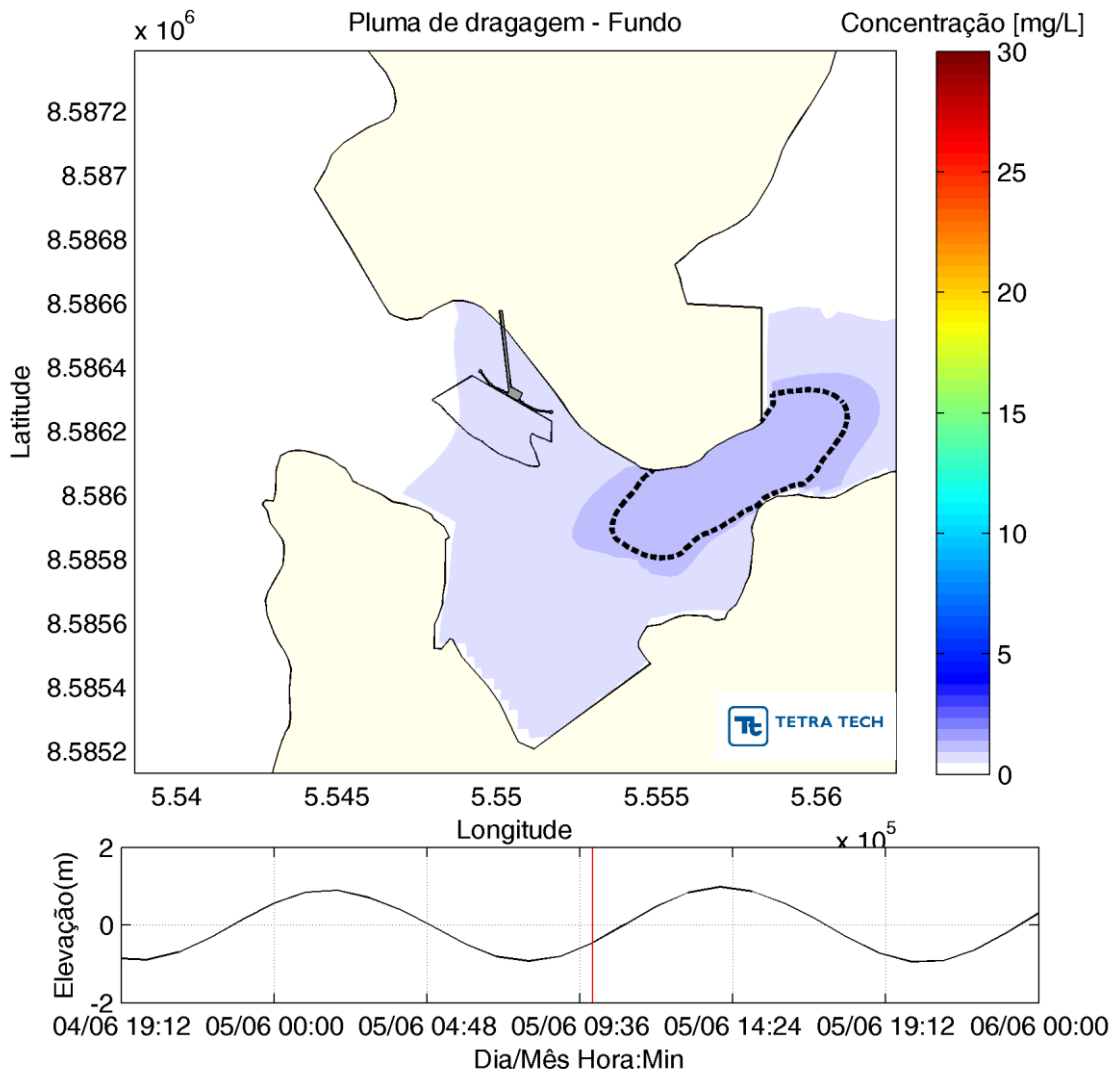


Figura 8.1-158 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo 2,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.

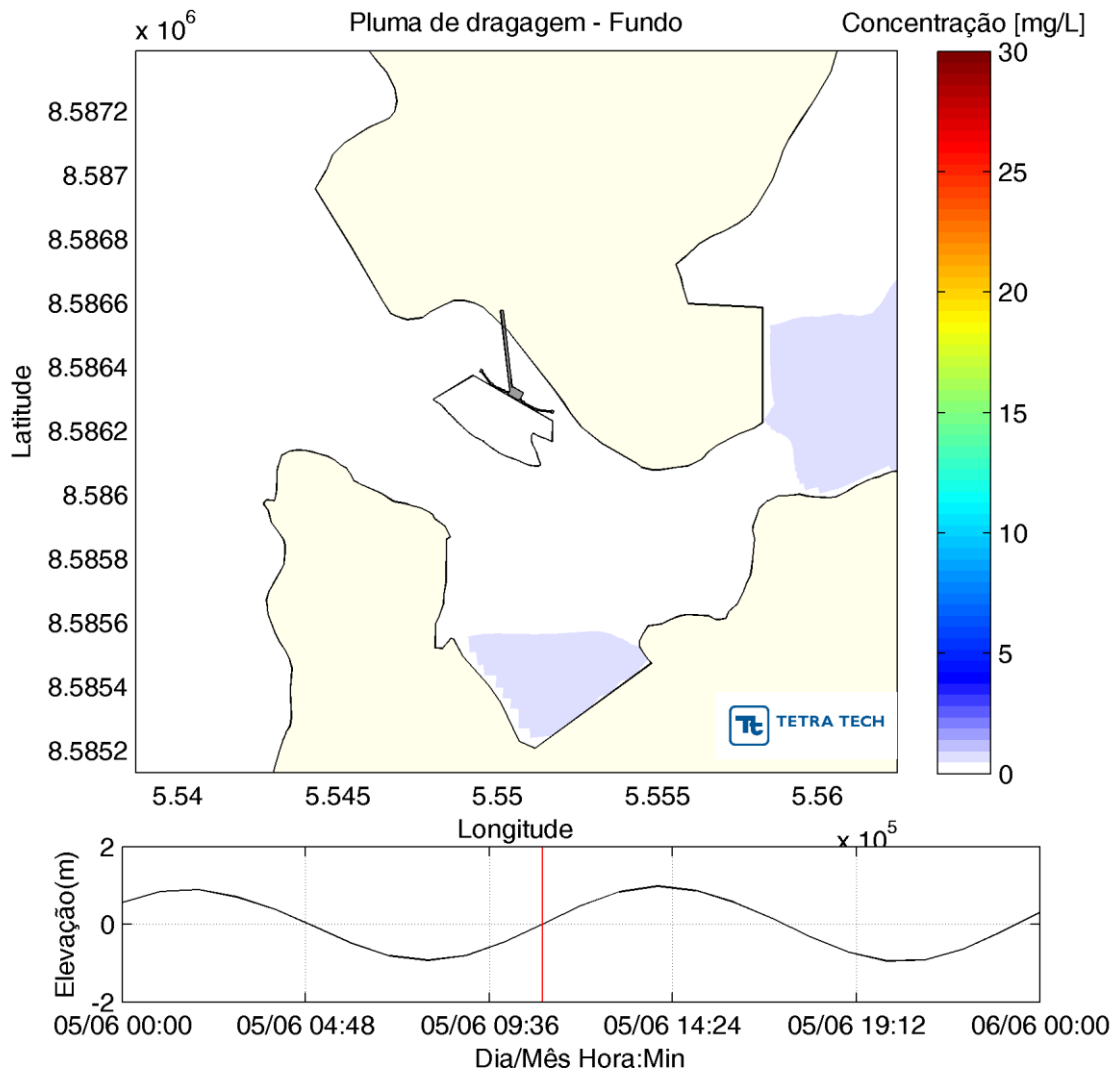


Figura 8.1-159 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo 3,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.

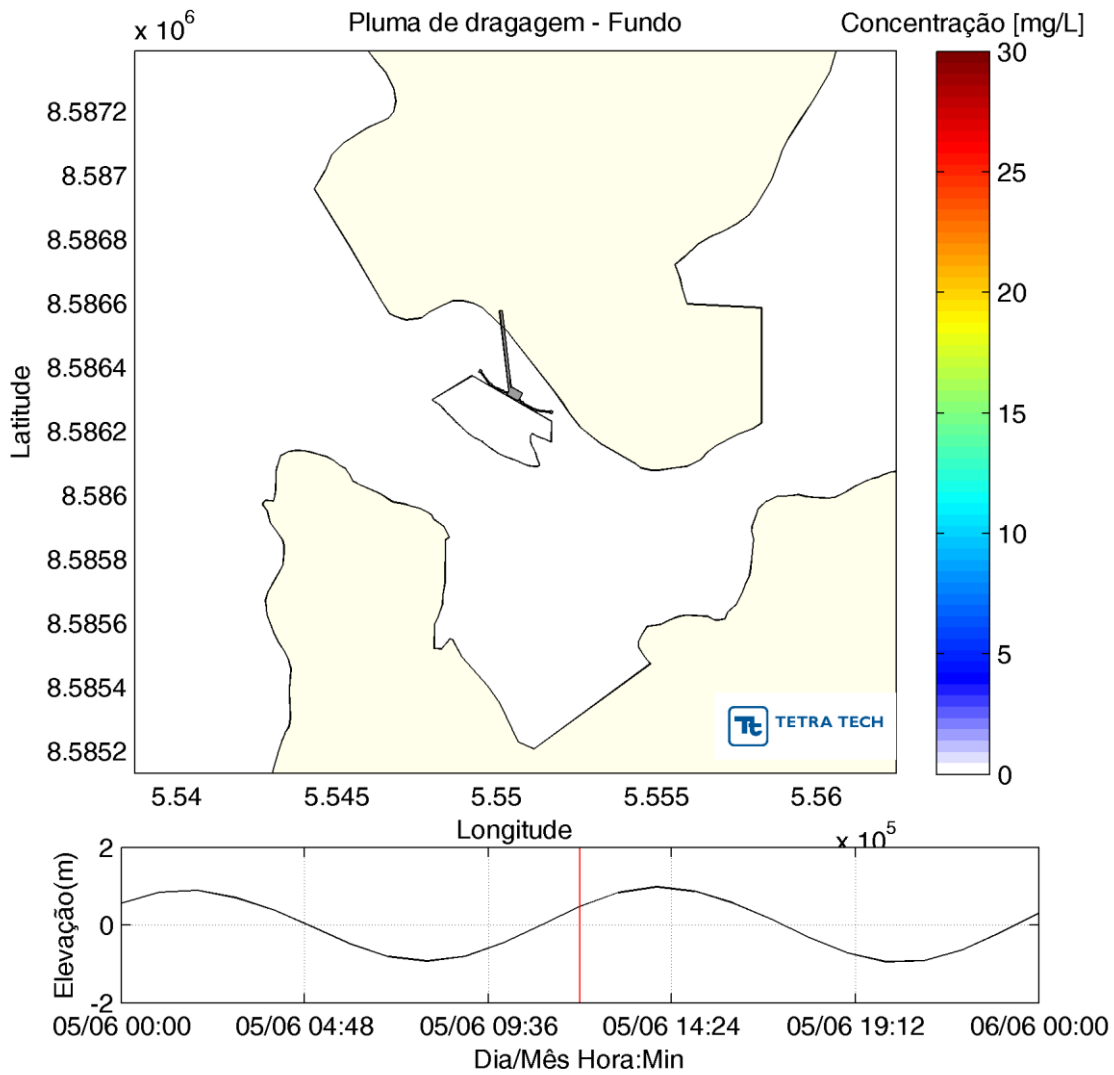


Figura 8.1-160 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo 4,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.

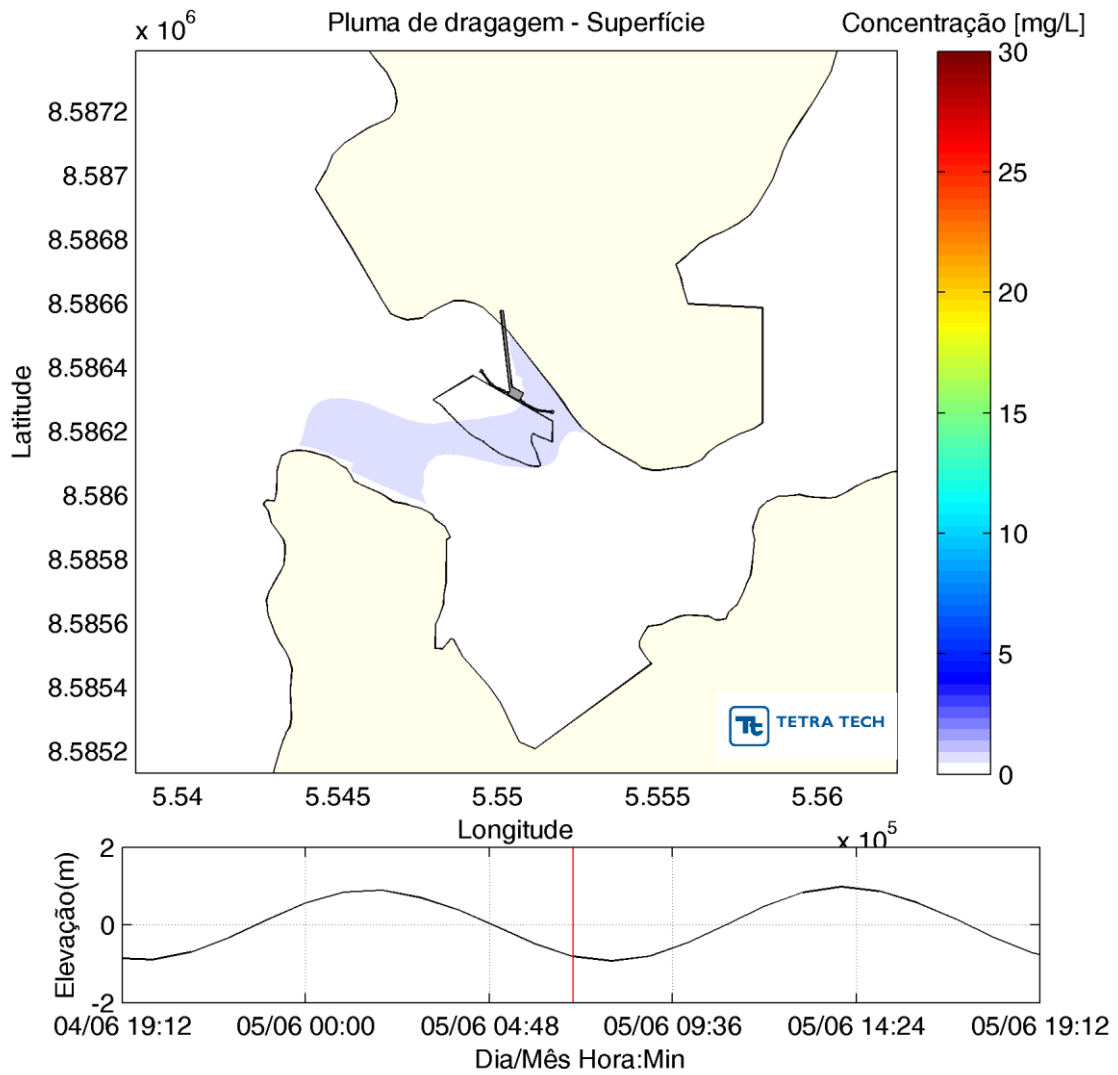


Figura 8.1-161 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície durante a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.

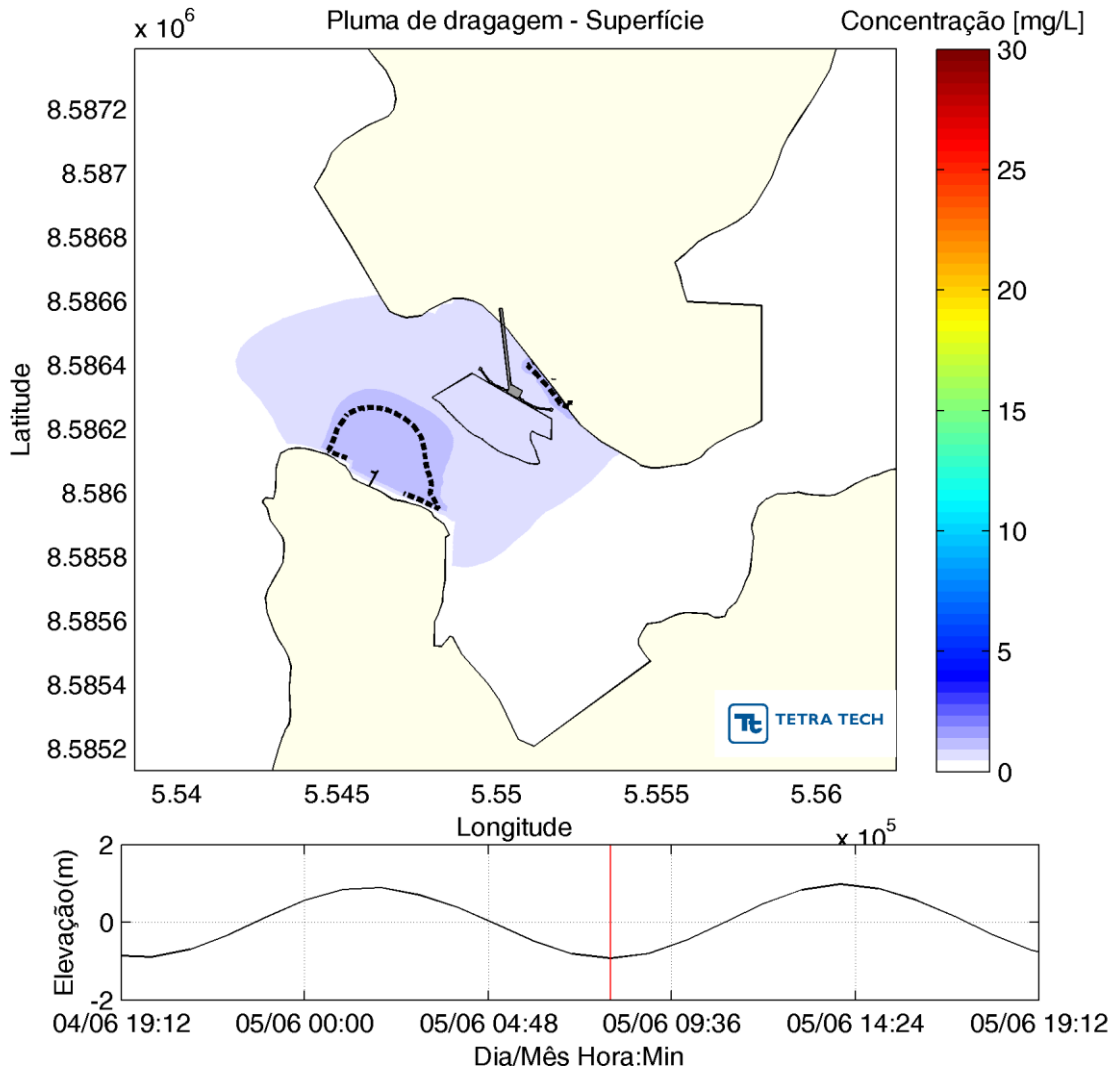


Figura 8.1-162 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície 30 minutos após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.



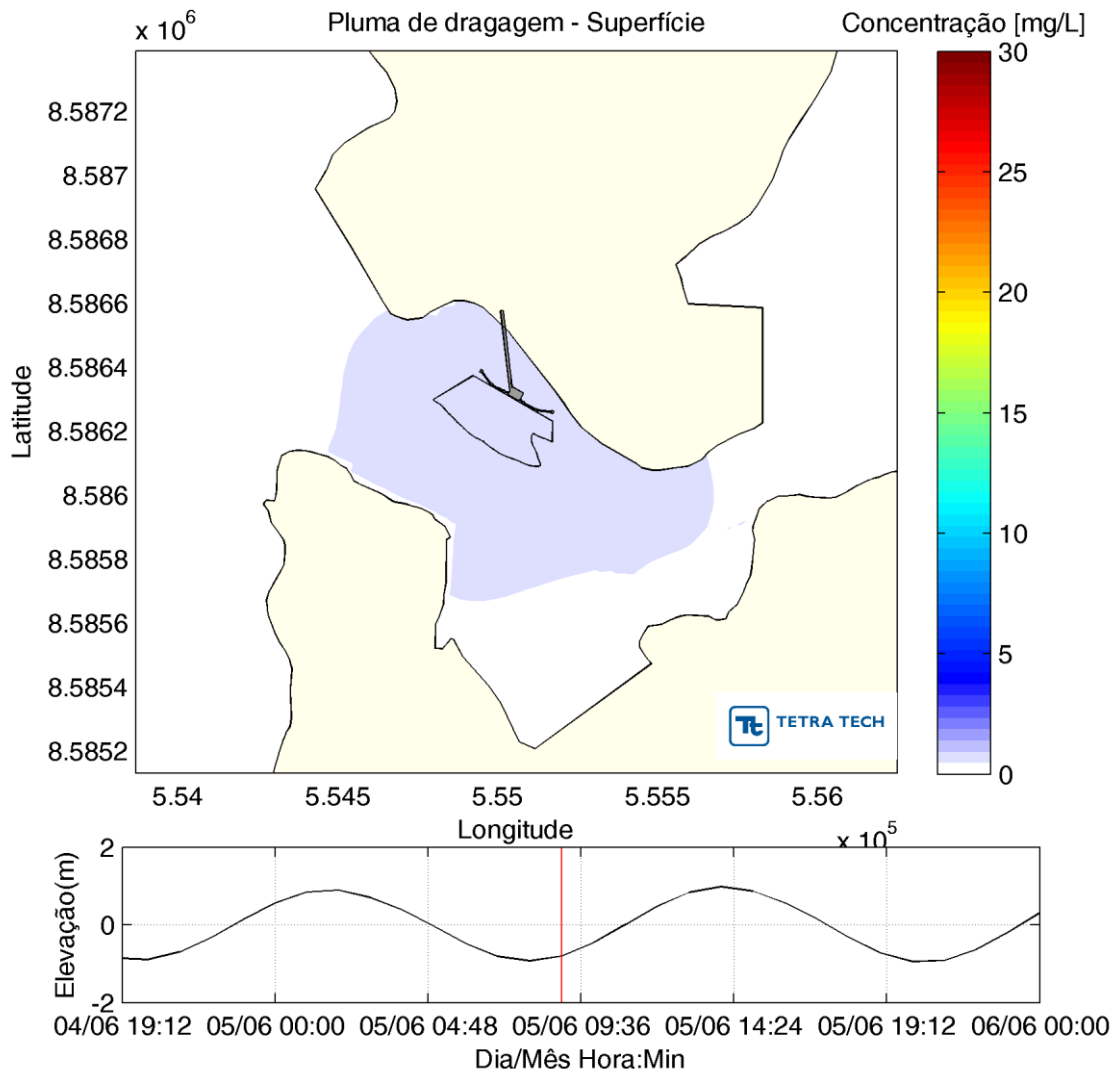


Figura 8.1-163 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície 1,5 hora após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.

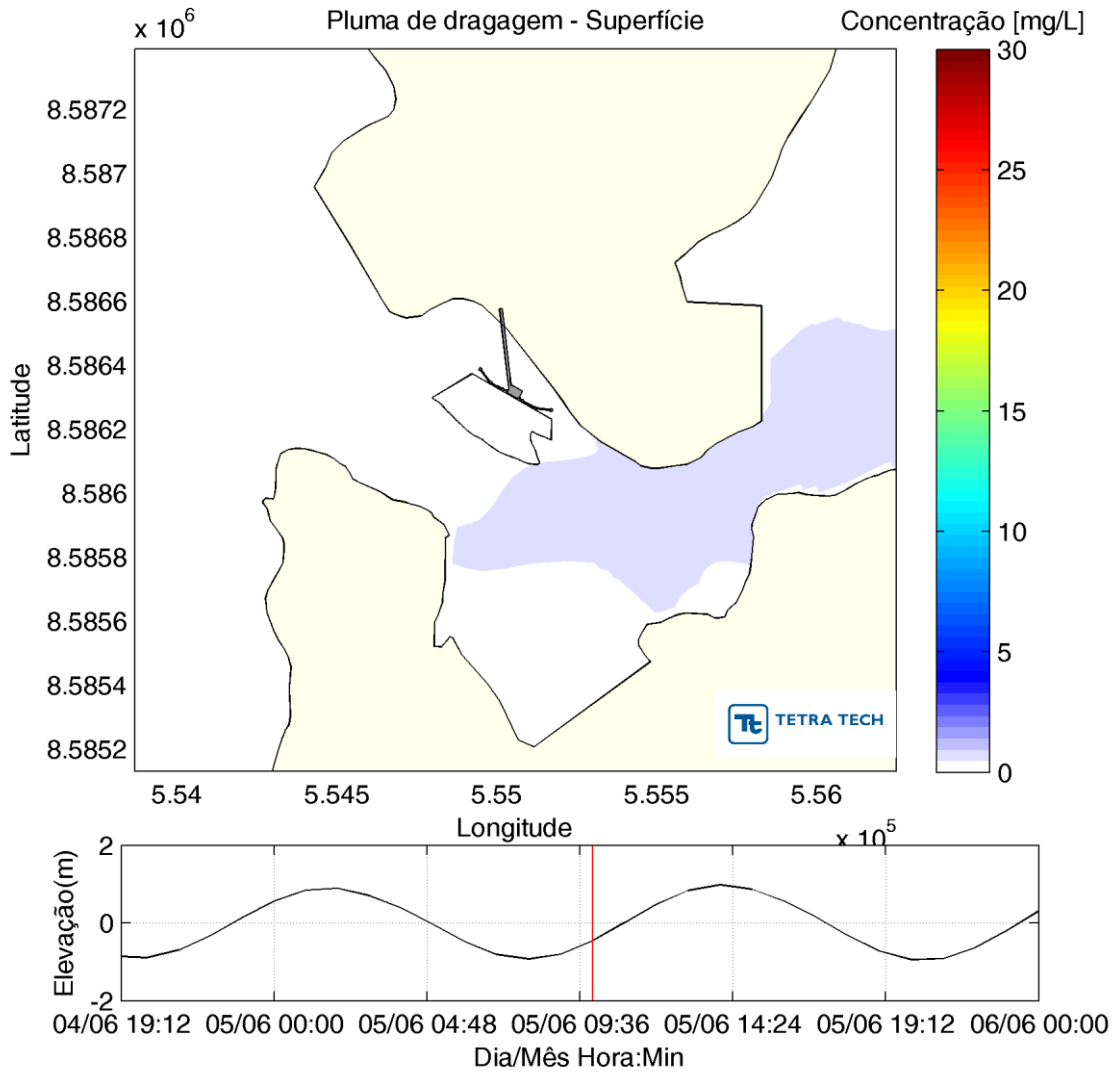


Figura 8.1-164 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície 2,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.

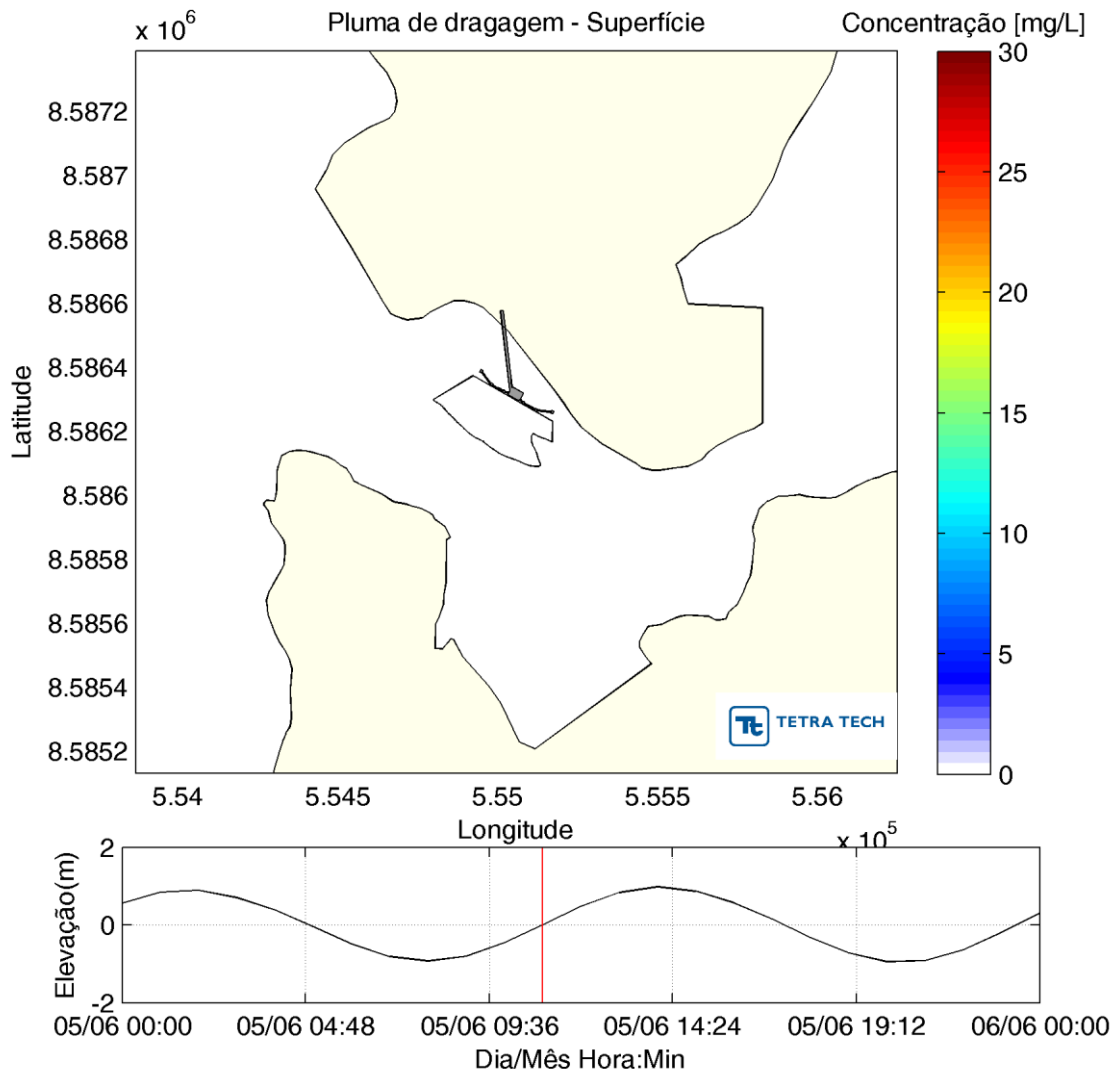


Figura 8.1-165 – Concentração de sedimentos (mg/L) na camada de superfície 3,5 horas após a dragagem. São apresentados os contornos de 1 mg/L e 10 mg/L no instante da imagem. O polígono em preto representa a área a ser dragada. A elevação da maré é apresentada na porção inferior do gráfico.

A interpretação dos resultados apresentados indica que as concentrações da pluma de dragagem, diminuem rapidamente a concentração de sedimentos a se afastar do ponto focal da operação de remoção dos sedimentos de fundo, ou seja, quanto mais distante do empreendimento, menor a concentração. No ciclo observado acima, em menos de 30 minutos após a atividade de dragagem não são mais observadas concentrações acima de 10 mg/L no fundo. Concentrações acima de 1 mg/L tendem a se dissipar entre 3 e 5 horas após a dragagem. Já a superfície, não apresenta concentrações iguais ou superiores a 10 mg/L, e antes de 1,5 hora já não se observam mais concentrações de 1 mg/L.

Analisando todos os ciclos simulados, a Figura 8.1-166 apresenta a distribuição temporal das concentrações de sedimento ao longo do tempo para um ponto dentro da área de dragagem, para

superfície e fundo, juntamente com a elevação da maré. Essa análise permite a confirmação da rápida sedimentação, e dispersão dos grãos, ao longo de toda operação.

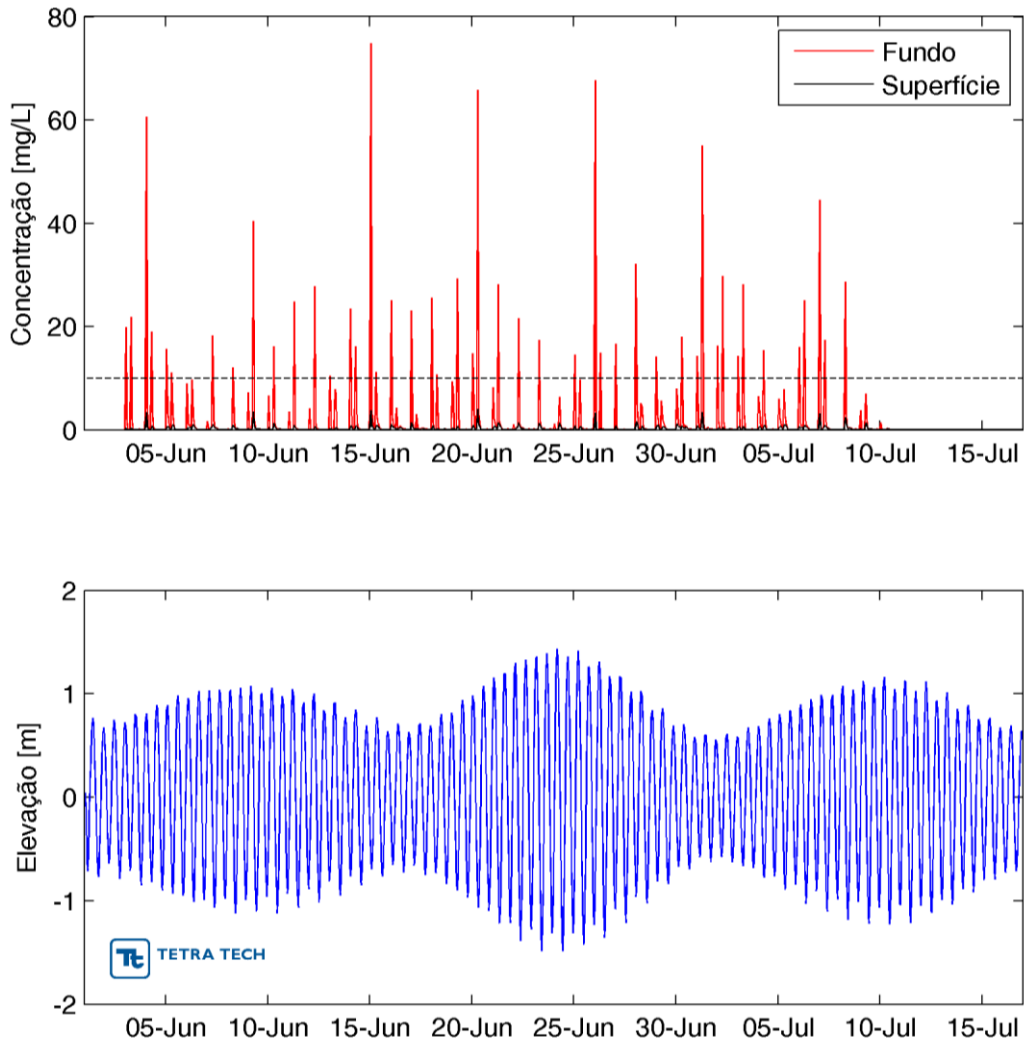


Figura 8.1-166 – Série temporal da concentração de sedimentos (mg/L) na camada de fundo e superfície ao longo de toda dragagem com destaque à concentração de 10 mg/L (painel superior), juntamente com a variação da elevação do nível do mar (maré) no painel inferior. O local representado encontra-se dentro do polígono de dragagem.

Para avaliar o alcance máximo da pluma, a Figura 8.1-167 apresenta a extensão máxima da pluma ao longo de toda dragagem, considerando toda a coluna d’água. Os valores de concentração observados estão na mesma ordem de grandeza das concentrações encontradas no Estuário de Paraguaçu (localizado na porção oeste da BTS): 10 mg/L (Tt, 2013) e 26 mg/L (RAMOS, 1993).

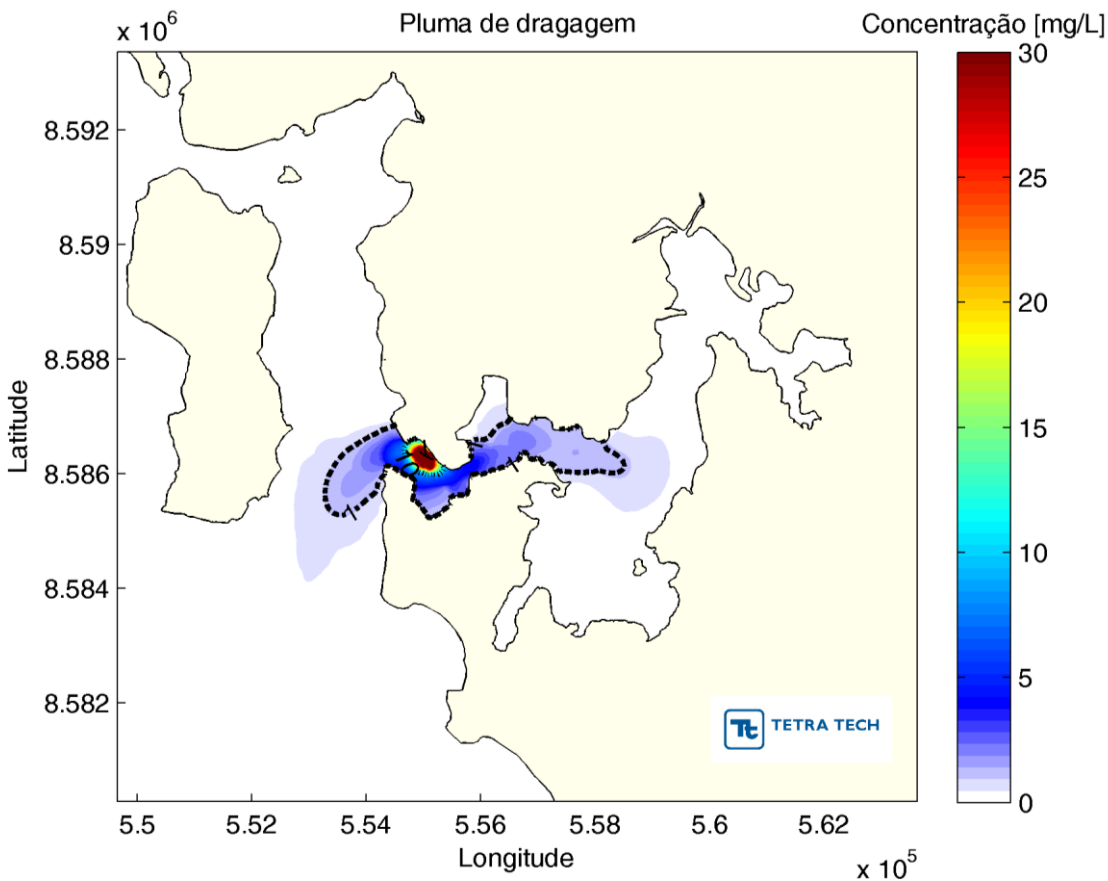


Figura 8.1-167 – Mapa das concentrações acumuladas da pluma de ressuspensão ao longo de todo período da dragagem considerando os valores máximos observados em toda coluna d’água. Destacam-se os contornos de concentração iguais a 1 e 10 mg/L. Importante ressaltar que esse cenário é acumulativo, e portanto, não ocorre de maneira simultânea em nenhum instante.

Para avaliar a extensão da pluma em superfície, a Figura 8.1-168 apresenta a mesma análise, porém apenas na camada superficial. Este resultado demonstra que a pluma não atinge em superfície a concentração de 10 mg/L.

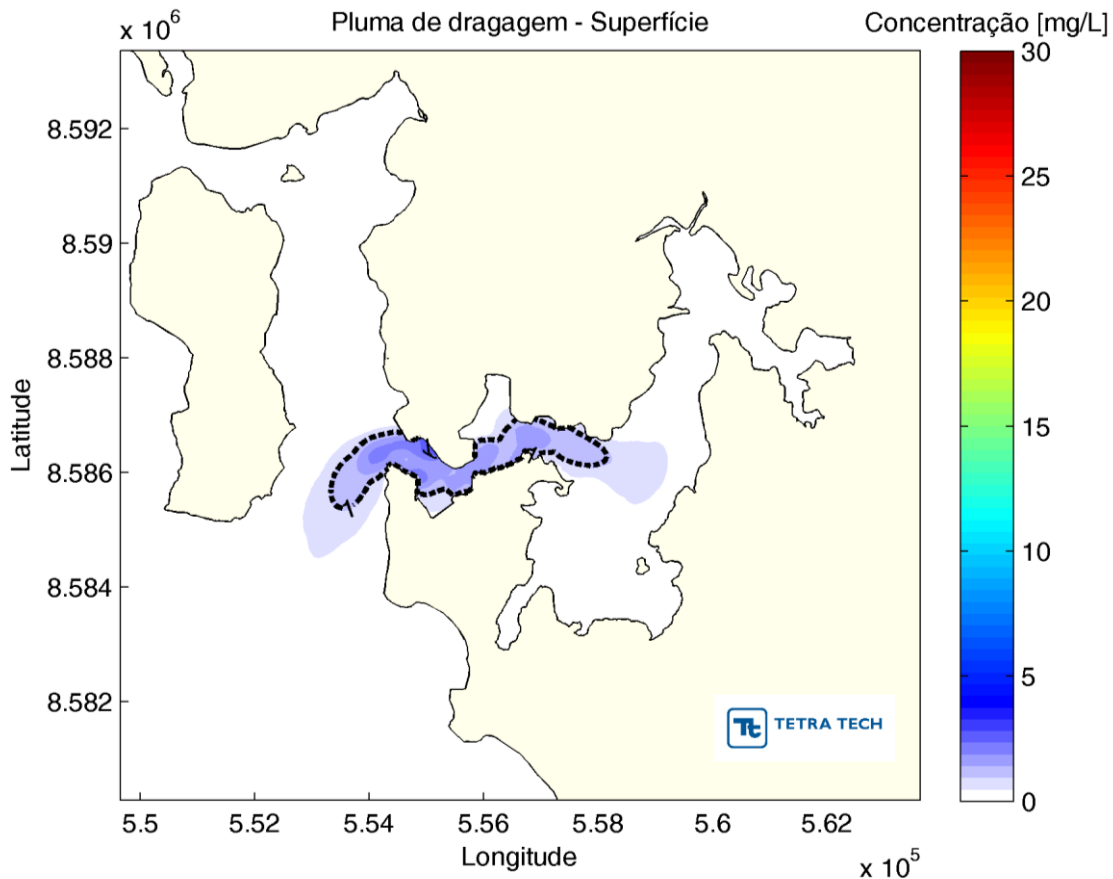


Figura 8.1-168 – Mapa das concentrações acumuladas da pluma de ressuspensão ao longo de todo período da dragagem considerando os valores máximos observados na superfície. Destacam-se os contornos de concentração iguais a 1 e 10 mg/L. Importante ressaltar que esse cenário é acumulativo, e portanto, não ocorre de maneira simultânea em nenhum instante.

Considerando toda a coluna d’água, o alcance máximo acumulado do contorno referente à concentração de 10 mg/L apresentou uma área de 0,2663 km<sup>2</sup>, restrita às proximidades do píer. Conforme esperado, as maiores concentrações ocorrem na camada de fundo onde são ressuspensos os sedimentos pela boca da draga, que conseqüentemente ficam restritas à área de dragagem e seu entorno.

A maior concentração observada ao longo de todo período foi de aproximadamente 175 mg/L. Este valor é compatível com o encontrado por Nichols *et al.* (1990) em monitoramentos realizados da Baía de Chesapeake, Virgínia (EUA), quando foram verificados valores de até 7.500 mg/L, ou concentrações de 50 a 400 vezes maiores que a encontrada naturalmente no local.

Portanto, conclui-se que o sedimento ressuspensionado sofre dispersão conforme a hidrodinâmica local, e se deposita em poucas horas conforme demonstrado nos resultados acima. As maiores concentrações são observadas próximas ao fundo. A área total de dispersão representada na Figura 8.1-167 em toda coluna d’água, bem como a área total de superfície apresentada na Figura 8.1-168,



correspondem ao máximo alcance por onde a pluma de sedimento foi dispersada, ora para leste ora para oeste, dependendo das correntes atuantes. Importante ressaltar que os cenários apresentados na Figura 8.1-167 e Figura 8.1-168 são compilações dos valores máximos observados ao longo de toda dragagem, e portanto, não acontecem simultaneamente nas concentrações e extensões apresentadas.

### **8.1.11.3 Modelagem de Transporte de Sedimentos**

A modelagem do transporte de sedimento foi realizada com o modelo numérico Delft3D de forma similar ao procedimento descrito no capítulo 8.1.11.2. Para representar a dinâmica dos sedimentos de fundo foram utilizados os parâmetros granulométricos obtidos através da geofísica e amostras de sedimento coletadas (Capítulo 8.1.9.4). Assim, foram simuladas granulometrias entre areia fina e lama (silte e argila) no modelo numérico.

#### **8.1.11.3.1 Grade numérica e batimetria**

O domínio computacional e batimetria utilizada na modelagem do transporte de sedimento foram os mesmos aplicados para hidrodinâmica e dispersão da pluma de sedimentos (Figura 8.1-136 a Figura 8.1-139).

#### **8.1.11.3.2 Condições de Contorno**

Para a caracterização do transporte de sedimento e conseqüente padrão de erosão e sedimentação no entorno do empreendimento foram simulados dois períodos mensais representando verão (fevereiro de 2013) e inverno (julho de 2013). Essas simulações utilizaram o campo hidrodinâmico da grade 1 (geral) como condição de contorno para a grade 2 (detalhada) onde o transporte de sedimento foi efetivamente simulado.

#### **8.1.11.3.3 Descrição dos Cenários Simulados**

A avaliação do impacto da construção do píer será então avaliada através da comparação entre os resultados da modelagem sem o píer e com o píer. A inclusão da estrutura do píer no modelo foi realizada de forma conservativa através da introdução de uma barreira física ao fluxo hidrodinâmico e transporte de sedimento.

#### **8.1.11.3.4 Resultados da Modelagem de Transporte de Sedimentos**

Os resultados da modelagem do transporte de sedimento será demonstrado para 2 períodos: verão e inverno, contendo cada cenário separadamente (*i.e.* condição atual e futura) e também a comparação direta para avaliação da influência do píer nos padrões de sedimentação e erosão em cada período.

Apresenta-se a seguir o padrão cumulativo de erosão e sedimentação para o período de verão com e sem a presença do píer na Figura 8.1-169 e Figura 8.1-170 respectivamente. Nota-se que as mudanças da morfologia de fundo ocorrem no estreitamento do canal a leste do empreendimento, porém nenhuma alteração ocorre nas proximidades do píer.

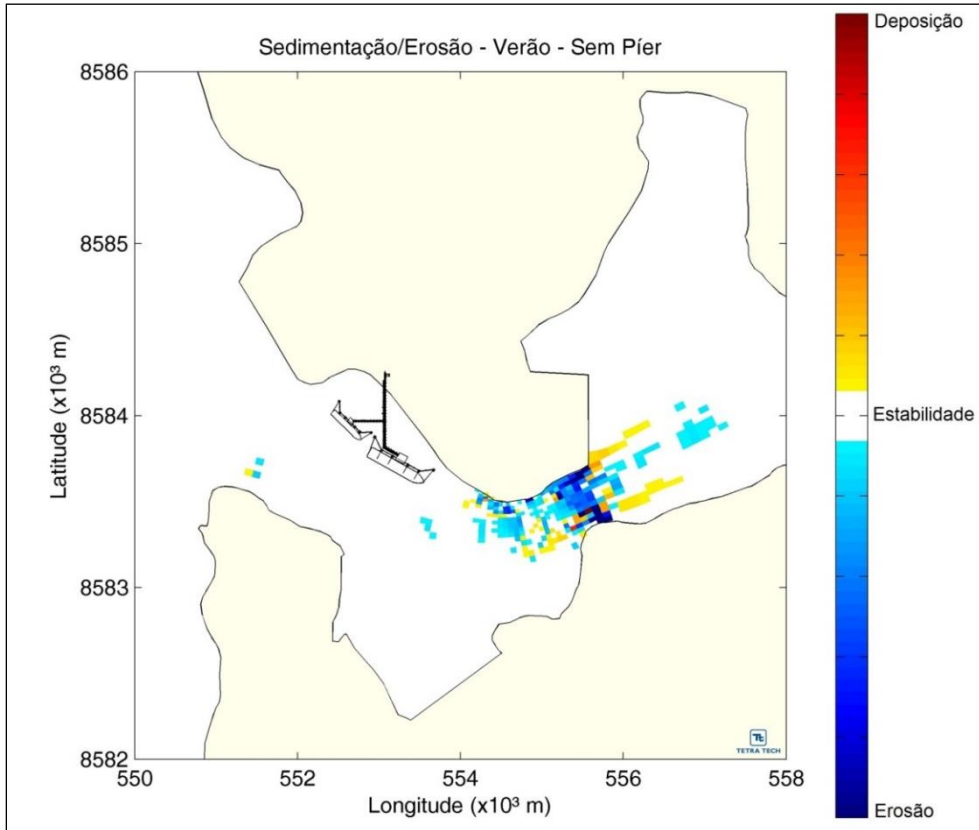


Figura 8.1-169. Padrão cumulativo de erosão e sedimentação de fundo para o período de verão sem a presença do píer.

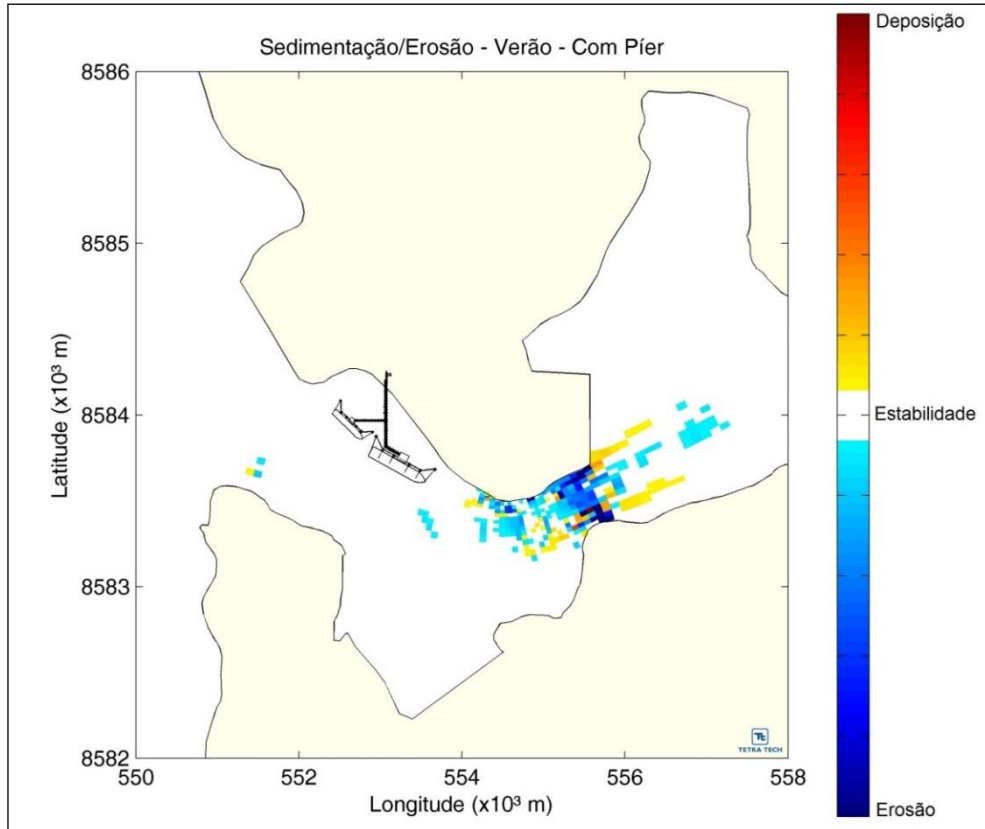


Figura 8.1-170. Padrão cumulativo de erosão e sedimentação de fundo para o período de verão com a presença do píer.

Para avaliar a influência do píer no local, a Figura 8.1-171 ilustra a subtração da erosão e sedimentação acumulada entre os dois cenários. Com base nesta avaliação, fica evidente a não interferência da estrutura no padrão de erosão e sedimentação da região durante o verão.

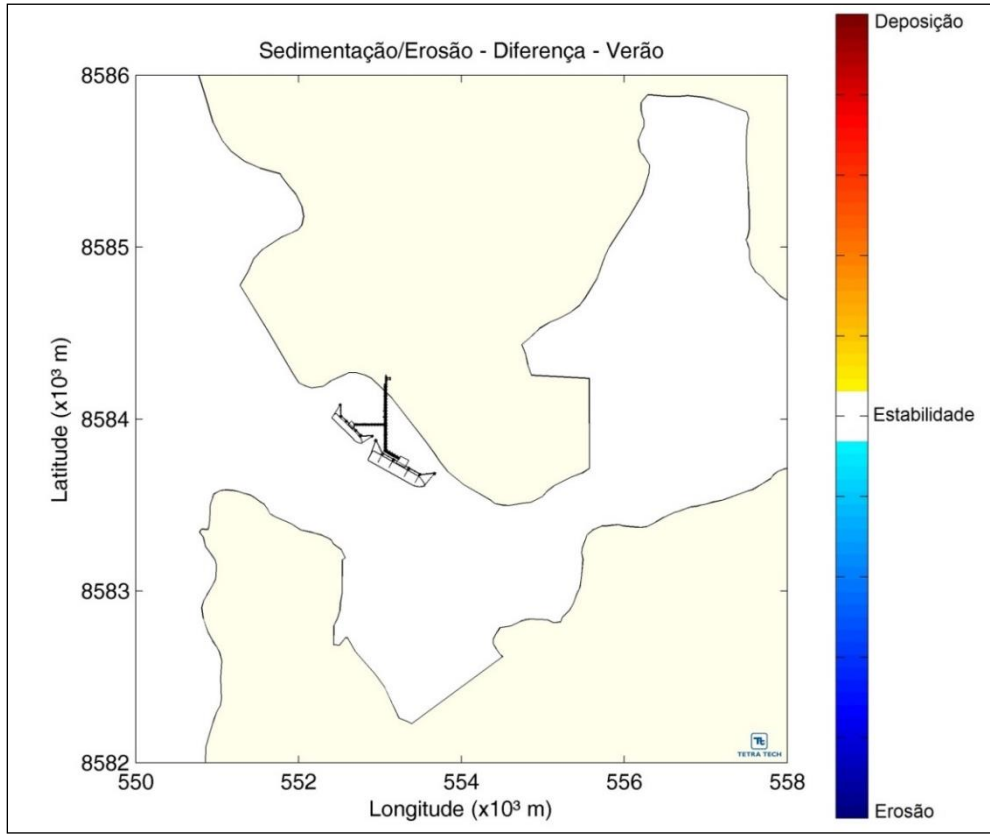


Figura 8.1-171. Padrão de erosão e sedimentação de fundo durante o período de verão subtraindo-se o caso com píer do caso sem píer.

Apresenta-se a seguir o padrão cumulativo de erosão e sedimentação para o período de inverno com e sem a presença do píer na Figura 8.1-172 e Figura 8.1-173, respectivamente. Nota-se que assim como durante o verão, as mudanças da morfologia de fundo ocorrem no estreitamento do canal a leste do empreendimento, porém nenhuma alteração ocorre nas proximidades do píer.

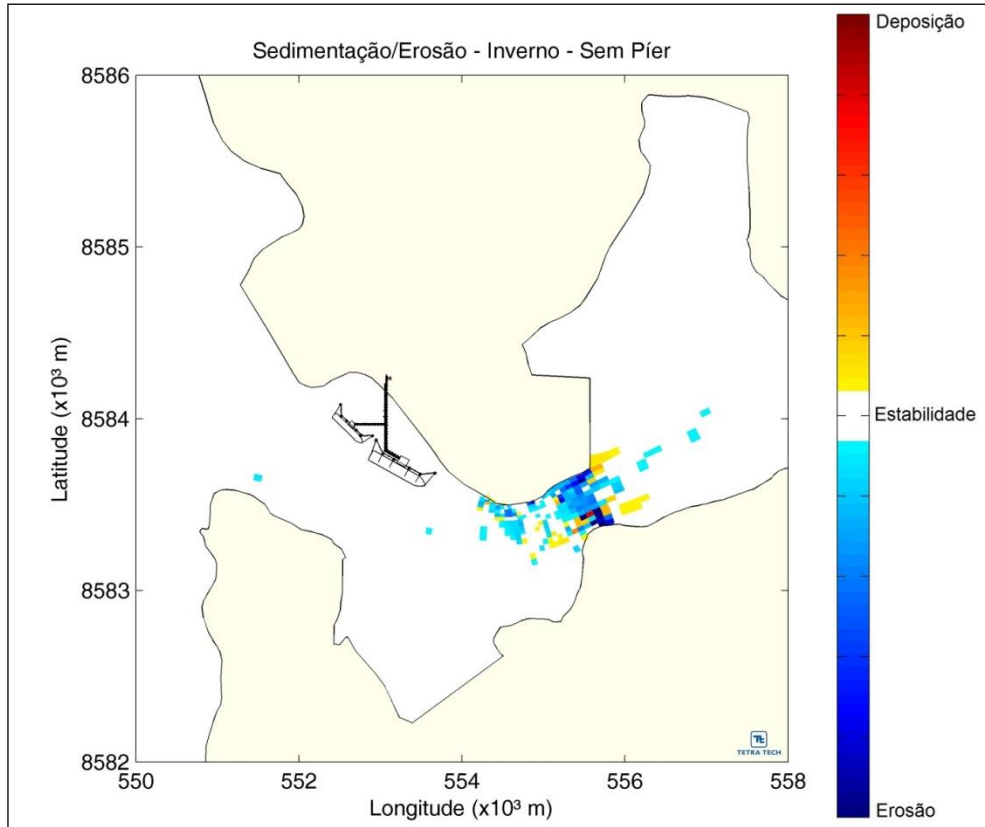


Figura 8.1-172. Padrão cumulativo de erosão e sedimentação de fundo para o período de inverno sem a presença do píer.

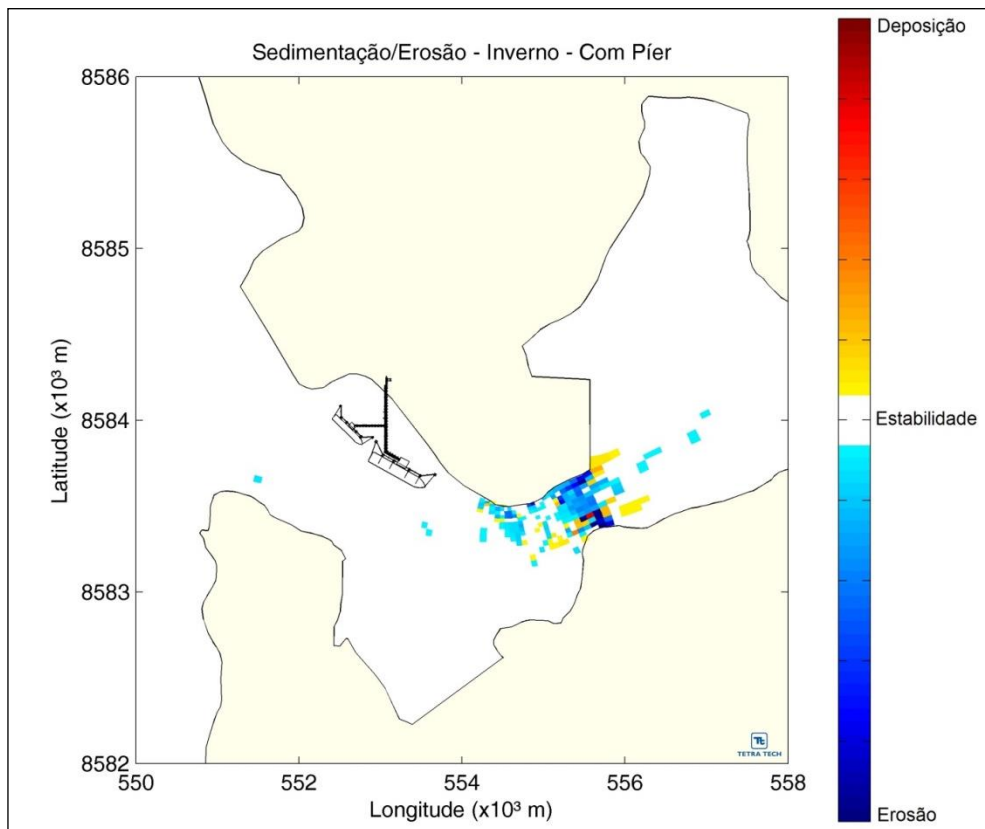


Figura 8.1-173. Padrão cumulativo de erosão e sedimentação de fundo para o período de inverno com a presença do píer.

Para avaliar a influência do píer no local, a Figura 8.1-174 ilustra a subtração da erosão e sedimentação acumulada entre os dois cenários. Com base nesta avaliação, fica evidente a não interferência da estrutura no padrão de erosão e sedimentação da região durante o inverno.

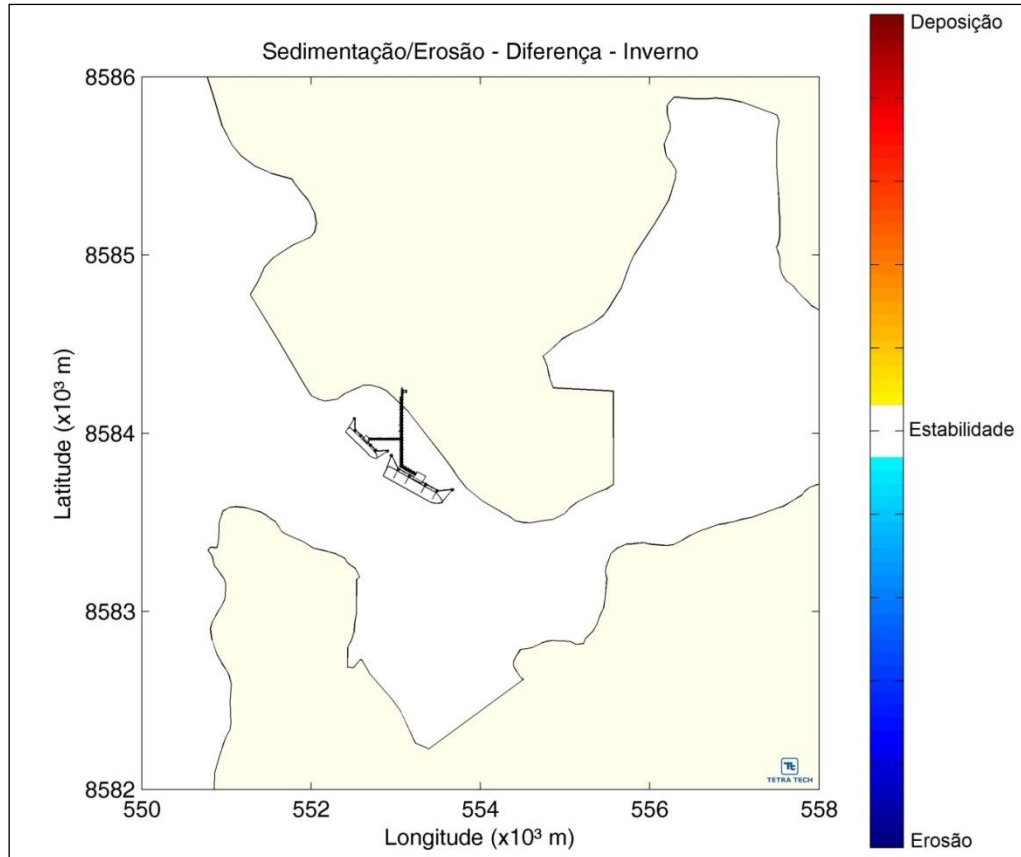


Figura 8.1-174. Padrão de erosão e sedimentação de fundo durante o período de inverno subtraindo-se o caso com píer do caso sem píer.

Com base nas análises de erosão e sedimentação decorrente do transporte de sedimento de fundo conclui-se que a presença do píer não alterará a dinâmica morfológica de fundo na região.

#### 8.1.11.4 Modelagem de Ondas

O sistema de modelos numéricos Delft3D (DELTA RES, 2013), através do módulo Delft3D-WAVE (SWAN – Apêndice 8.15), foi selecionado como ferramenta para se atingir os objetivos propostos nesta etapa do estudo. O modelo é capaz de simular a circulação hidrodinâmica como resposta a forçantes baroclínicas e barotrópicas, assim como a transferência de momentum ao sistema hidrodinâmico decorrente do sistema de ventos em águas costeiras e rasas. Para tal, o modelo considera os principais fenômenos físicos responsáveis pela transformação de onda, como a



refração, empinamento de onda (*shoaling*), difração, dissipação, *whitecapping*, interação entre onda e corrente, mudança de frequência, *set-up*, entre outros.

#### **8.1.11.4.1 Grade Numérica e Batimetria**

O domínio computacional e batimetria utilizada na modelagem de ondas foram o mesmo aplicado para hidrodinâmica e dispersão da pluma de sedimentos (Figura 8.1-136 a Figura 8.1-139).

#### **8.1.11.4.2 Condições de Contorno**

Para a caracterização do clima de ondas no entorno do empreendimento foi simulado um ano completo com registros horários, totalizando mais 8500 instantes de onda. Essas simulações utilizaram os ventos apresentados no capítulo 8.1.9.5.1 e ondas obtidas na porção externa da BTS através do modelo WaveWatch III no ponto 38.5° W 13.3° S (capítulo 8.1.9.5.5).

#### **8.1.11.4.3 Descrição dos Cenários Simulados**

A avaliação do impacto da construção do píer foi feita através da comparação entre os resultados da modelagem sem o píer e com o píer. A inclusão da estrutura de colunas no modelo foi realizada através da introdução de uma barreira semi-permeável à ação de onda, permitindo a transmissão e também reflexão de parte das ondas incidentes.

#### **8.1.11.4.4 Resultados da Modelagem de Onda**

Em um panorama geral, as ondas na Baía de Aratu e Canal de Cotegipe respondem à influência do vento, e não ao clima de ondas fora da BTS. A BTS apresenta pista de vento suficiente para geração de ondas local, ao mesmo tempo que o seu formato é responsável pelo barramento de grande parte das ondas externas. Desta forma, as direções predominantes de onda no Canal de Cotegipe alinham-se com o canal, possuindo altura significativa baixa em comparação ao clima *off-shore*. A Figura 8.1-175 apresenta a comparação entre as ondas *off-shore* e as ondas dentro do Canal de Cotegipe. Enquanto as ondas externas possuem direção predominante de sul e altura máxima de 3 metros, no canal as ondas predominantes são de sudeste com altura máxima de 0,5 metro.

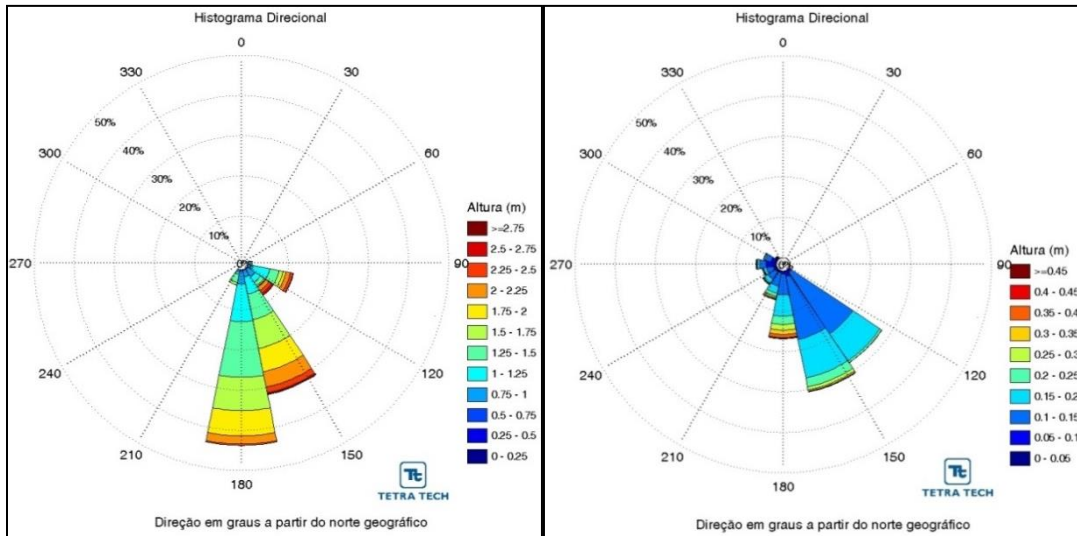


Figura 8.1-175. Histogramas direcionais de onda anual off-shore (esquerda) e no Canal de Cotegipe (direita).

Os resultados da modelagem de onda serão avaliados em três pontos (Figura 8.1-176) que representam a zona de sombra causada pela introdução do píer.



Figura 8.1-176. Localização do Píer da Braskem e dos pontos utilizados para a avaliação do clima de onda (Fonte: Imagem Google Earth, 2011).

A Figura 8.1-177 apresenta o histograma direcional anual da altura de ondas referente ao ponto 1. Observa-se que a introdução da estrutura barra grande parte das ondas provenientes de Leste, aumentando proporcionalmente a influência das ondas de Oeste e Sudoeste.

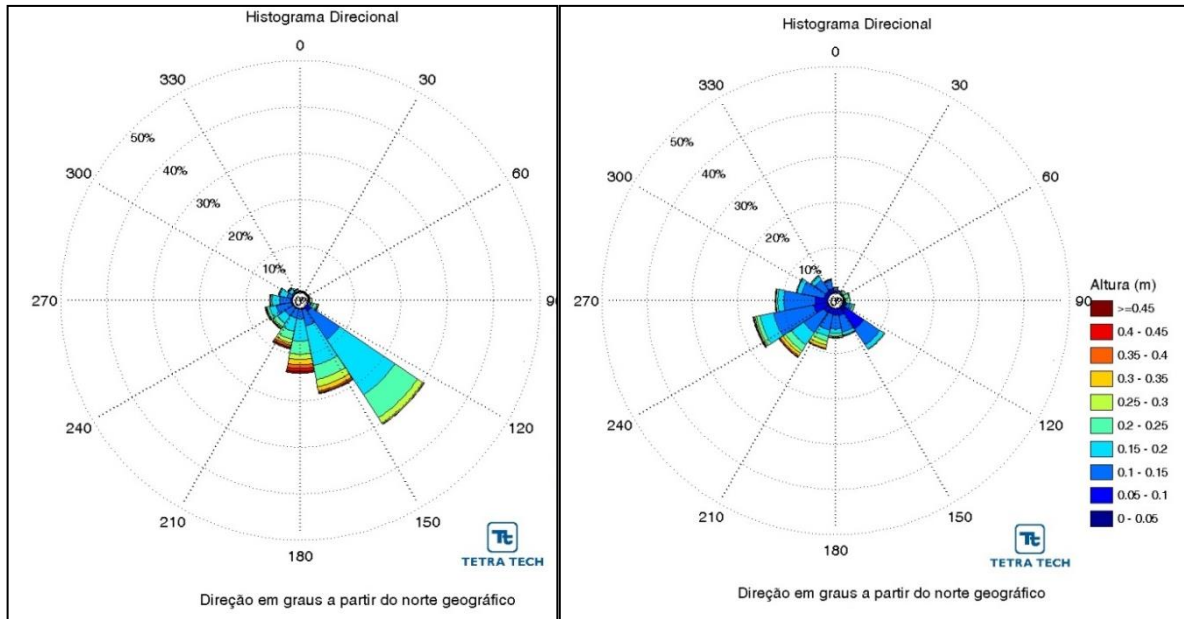


Figura 8.1-177. Histogramas direcionais de onda para no ponto 1 considerando o cenário atual (esquerda) e a presença do píer (direita).

Analisando a série temporal de ondas no ponto 1 (Figura 8.1-178) é possível observar uma diminuição da altura de onda na ordem de 0,05 metro, além da já apontada diferença na direção de propagação.

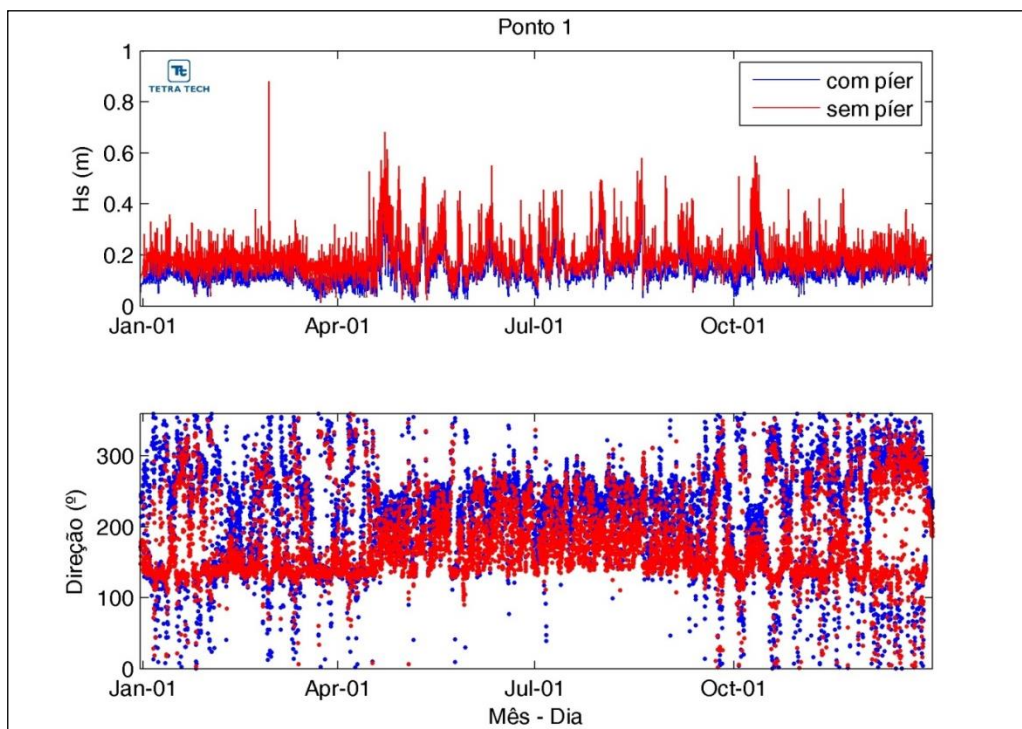


Figura 8.1-178. Gráfico da altura significativa de onda (painel superior) e direção de onda (painel inferior) no ponto 1 comparando o cenário atual com a presença do píer.

A Figura 8.1-179 apresenta o histograma direcional anual da altura de ondas referente no ponto 2. Observa-se que a introdução da estrutura barra grande parte das ondas provenientes de Oeste a Sul, aumentando proporcionalmente a influência das ondas de Sudeste e Leste.

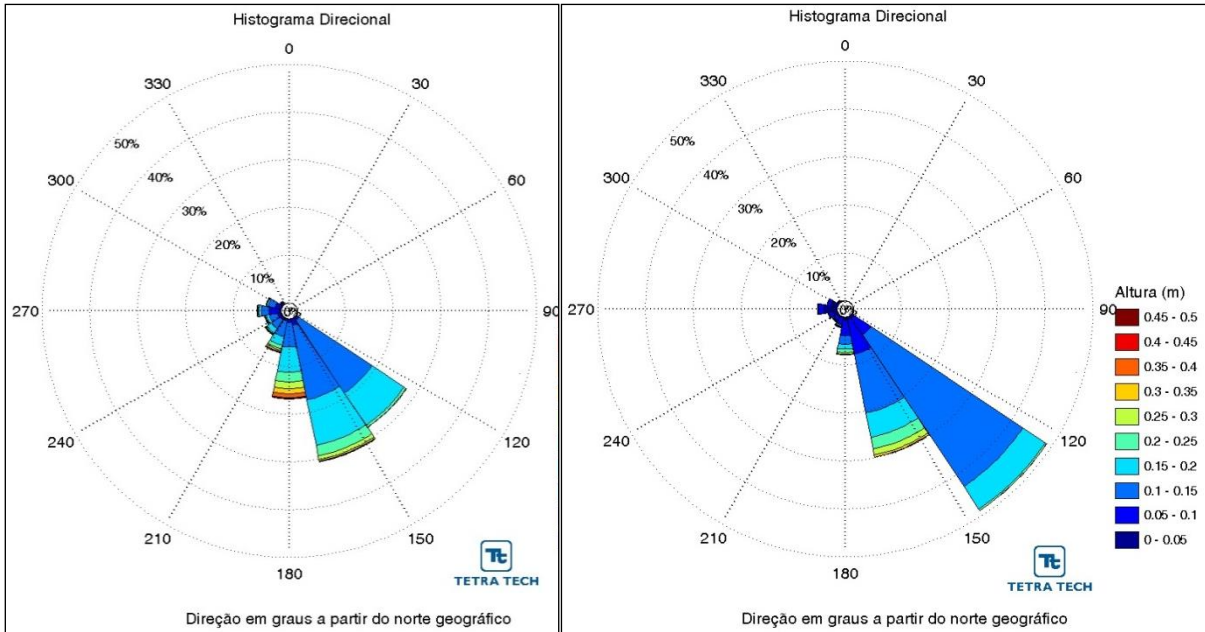


Figura 8.1-179. Histogramas direcionais de onda para no ponto 2 considerando o cenário atual (esquerda) e a presença do píer (direita).

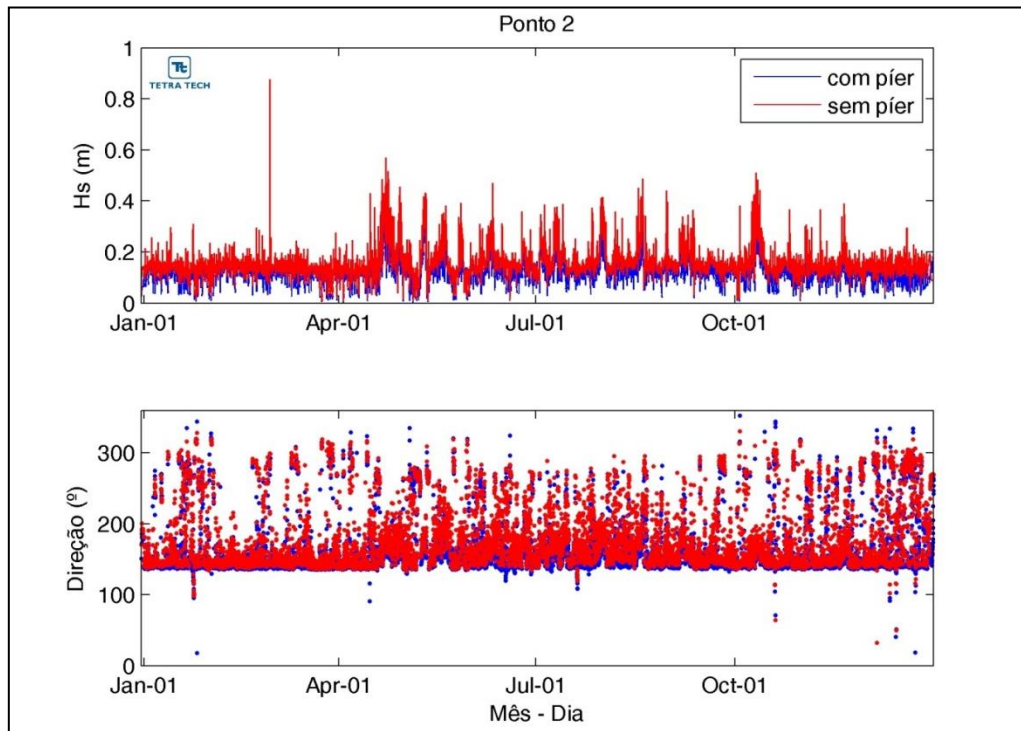


Figura 8.1-180. Gráfico da altura significativa de onda (painel superior) e direção de onda (painel inferior) no ponto 2 comparando o cenário atual com a presença do píer.



Analisando a série temporal de ondas no ponto 2 (Figura 8.1-180) é possível observar uma diminuição da altura de onda na ordem de 0,05 metro, além da já apontada diferença na direção de propagação.

A Figura 8.1-181 apresenta o histograma direcional anual da altura de ondas referente no ponto 3. Observa-se que a introdução da estrutura não altera grande parte das ondas incidentes, com exceção as ondas do quadrante Oeste que apresentam mínimas alterações.

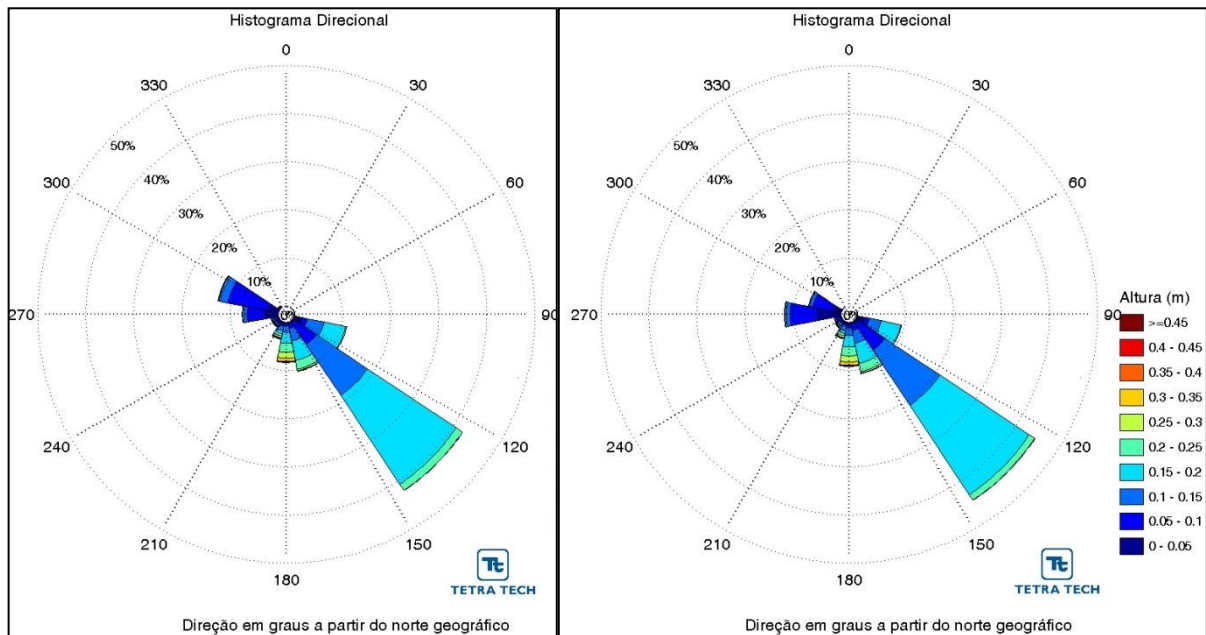


Figura 8.1-181. Histogramas direcionais de onda para no ponto 3 considerando o cenário atual (esquerda) e a presença do píer (direita).

Analisando a série temporal de ondas no ponto 3 (Figura 8.1-182) não é possível observar alterações na altura de onda, assim como poucas alterações são observadas na direção de propagação, principalmente nas ondas de noroeste.

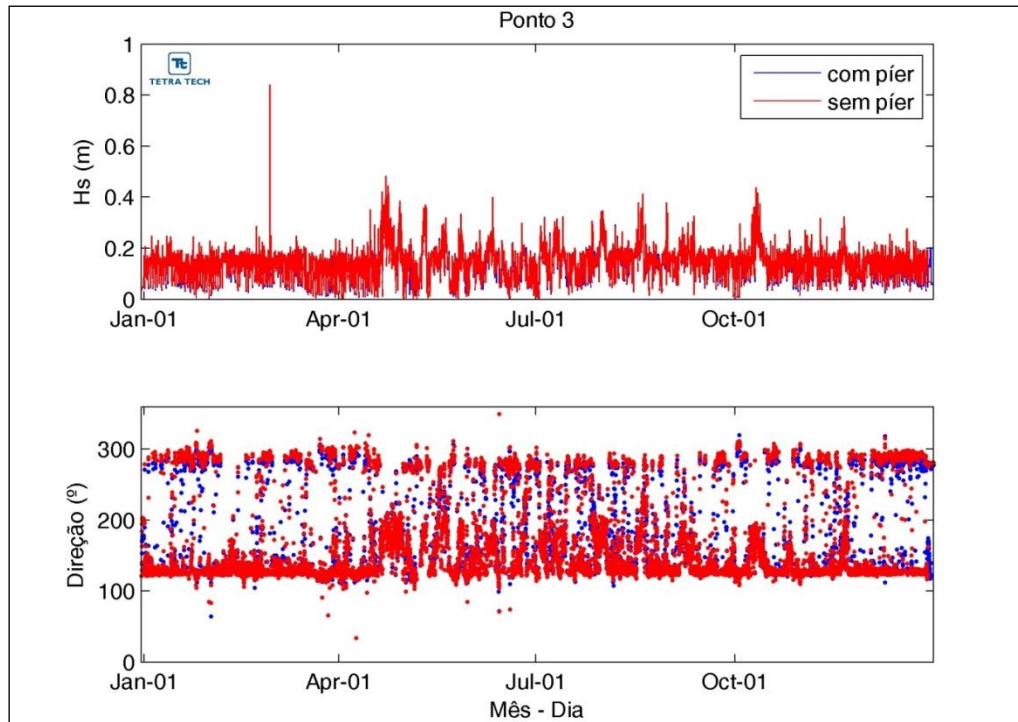


Figura 8.1-182. Gráfico da altura significativa de onda (painel superior) e direção de onda (painel inferior) no ponto 3 comparando o cenário atual com a presença do píer.

Desta forma, conclui-se que a presença do píer resulta na alteração do clima de ondas localmente no entorno da estrutura (nos pontos 1 e 2), principalmente referente ao bloqueio parcial da incidência de ondas, assim como em uma tendência geral da diminuição da altura significativa de onda na zona de sombra entre o píer e a costa.

#### 8.1.11.5 Modelagem da Variação de Linha de Costa

Para a avaliação dos efeitos da variação da linha de costa em decorrência da instalação do píer Braskem, o transporte ao longo da praia e consequente variação da linha de costa no entorno do empreendimento foi simulada ao longo de 20 anos. Foi utilizado como ferramenta o modelo numérico UNIBEST desenvolvido pela Deltares, o qual calcula o transporte de sedimento em decorrência do efeito de ondas, correntes e maré próximo à linha de costa. Esse transporte é então traduzido em variação da linha de costa em função do balanço de massa gerado pelos gradientes de transporte ao longo do espaço e tempo.

O modelo é uma ferramenta desenvolvida, entre outros propósitos, para a avaliação do impacto decorrente da introdução de estruturas na variação de longo prazo da linha de costa. O UNIBEST<sup>7</sup> foi

<sup>7</sup> Deltares – Portal UNIBEST < <http://www.deltaressystem.com/hydro/product/1023766/unibest-cl> >



aplicado nos estudos para a construção das Ilhas de Dubai, bem como para avaliar a causa dos problemas erosivos da Costa de Carrara – Itália. A descrição do modelo consta no Apêndice 8.15.

### 8.1.11.5.1 Grade Numérica e Batimetria

O modelo UNIBEST utiliza uma grade numérica linear e, portanto é conhecido como modelo de uma linha. A Figura 8.1-183 demonstra a espacialização da grade, que corresponde a posição inicial da linha de costa obtida através de imagens de satélite georeferenciadas em ArcGIS ESRI®

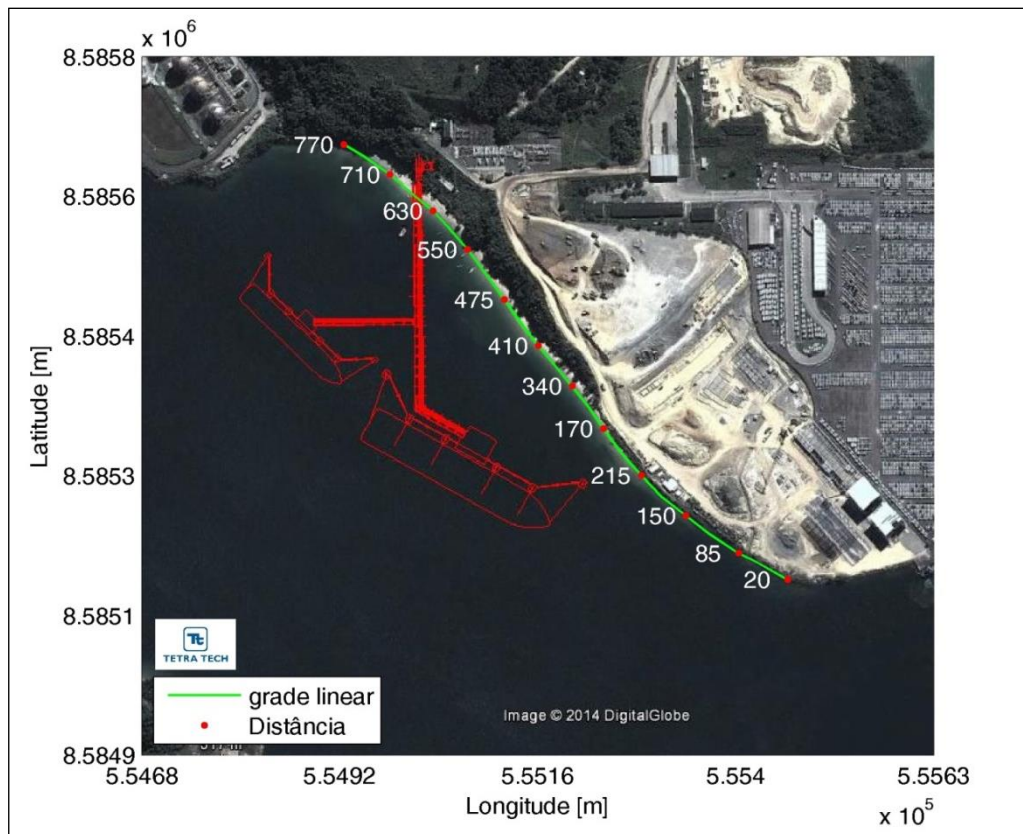


Figura 8.1-183. Grade numérica utilizada no modelo UNIBEST CL+ (Fonte: Bourscheid/ Tetra Tech, 2014).

Para representar as alterações morfológicas ao longo da grade foram utilizados 3 perfis batimétricos transversais à linha de costa. As profundidades dos perfis foram extraídas da batimetria realizada para o presente projeto (Capítulo 8.1.9.4).

A Figura 8.1-184 apresenta os três perfis e suas respectivas localizações.

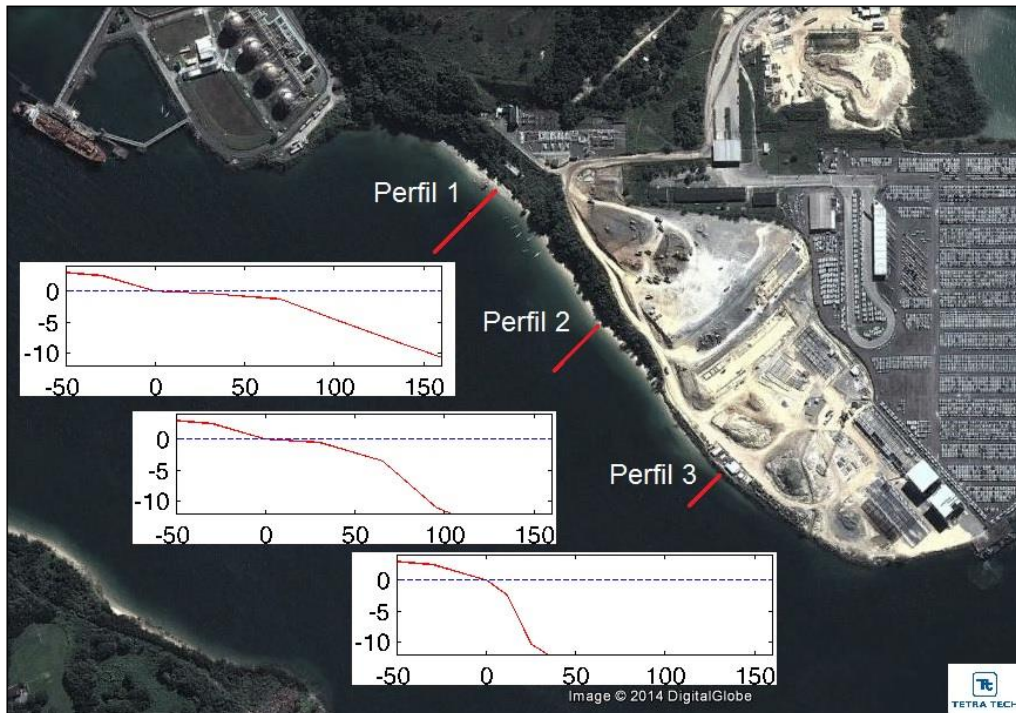


Figura 8.1-184. Perfis batimétricos utilizados no UNIBEST com suas respectivas localizações (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

O transporte longitudinal de sedimentos foi calculado em cada perfil, através da fórmula de transporte de sedimento Van Rijn 2004, aplicando-se as condições de contorno apresentadas a seguir.

#### 8.1.11.5.2 Condições de Contorno

Para a modelagem do transporte de sedimento ao longo da costa, utilizaram-se como condições de contorno as ondas calculadas no Capítulo 8.1.11.4 para o ano de 2013. Essas foram extraídas na extremidade de cada perfil, correspondente aos mesmos pontos de onda analisados nos resultados da modelagem de onda (Figura 8.1-176). As análises de onda nos pontos constam entre a Figura 8.1-177 e Figura 8.1-182.

#### 8.1.11.5.3 Resultados da Modelagem da Variação de Linha Costa

Observa-se através da Figura 8.1-185 que a evolução da linha de costa para os dois cenários apresenta diferenças localizadas na porção Noroeste da praia. Essa zona de influência também foi identificada nos resultados da modelagem de ondas. A porção Sudeste não apresentou nenhuma diferença, embora essa região não apresente faixa emersa de areia, sendo constituída por uma barreira de enrocamento rochoso (*i.e. rip rap*).

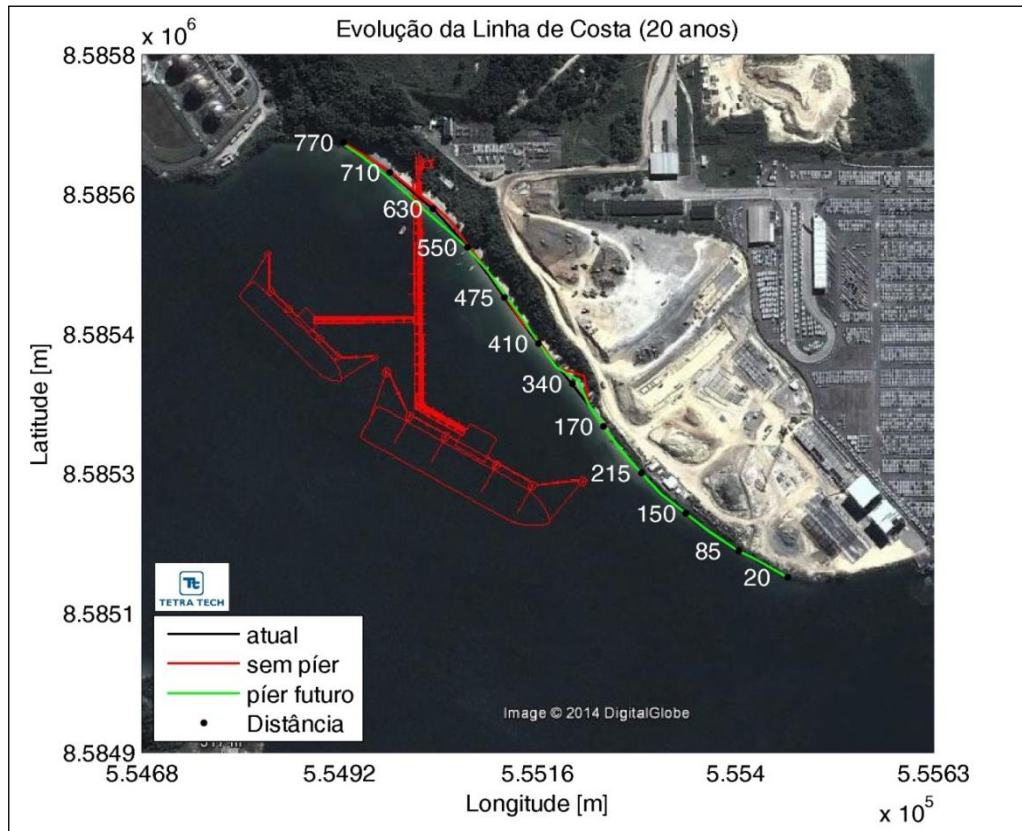


Figura 8.1-185. Cenários futuros da evolução da linha de costa calculada pelo modelo UNIBEST CL+ (Fonte: Bourscheid/ Tetra Tech, 2014).

Os resultados da modelagem indicam que a introdução do píer, assumindo-se que há uma fonte de sedimentos ao longo da costa, tende a provocar uma progradação da linha de costa na zona de sombra da estrutura (*i.e.* região noroeste e central da praia). O efeito do píer torna-se nulo em direção à porção sudeste da praia. No caso da região imediatamente a norte do final do enrocamento, a introdução do píer foi responsável pela redução da erosão.

Esse efeito de progradação da linha de costa foi gerado pela alteração do transporte de sedimento, demonstrado na Figura 8.1-186.

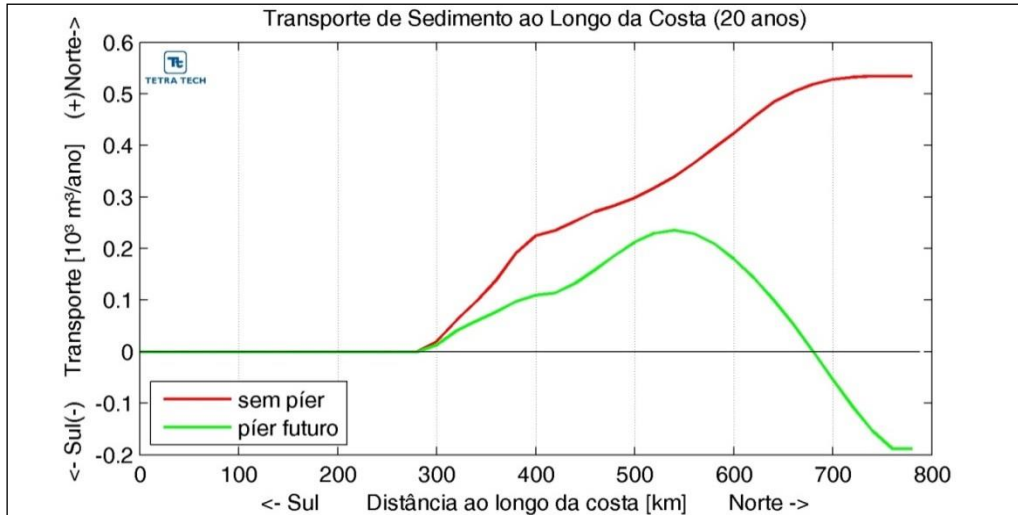


Figura 8.1-186. Gráfico do transporte de sedimento ao longo da costa. Valores positivos representam transporte em direção ao norte; valores negativos representam transporte em direção ao sul.

A progressiva diminuição da magnitude de transporte de sedimento em direção ao norte, culminando com a inversão do sentido de transporte para sul na posição de 550 metros é responsável pela diminuição da taxa de erosão e progradação da linha de costa na zona de sombra da estrutura.

A taxa de variação da linha de costa após 20 anos na região variou entre 30 cm por ano, tanto para erosão quanto para progradação (Figura 8.1-187). A região de maior erosão corresponde ao final da estrutura de enrocamento para o cenário sem píer enquanto a zona de maior progradação corresponde ao extremo norte da praia no cenário com píer.

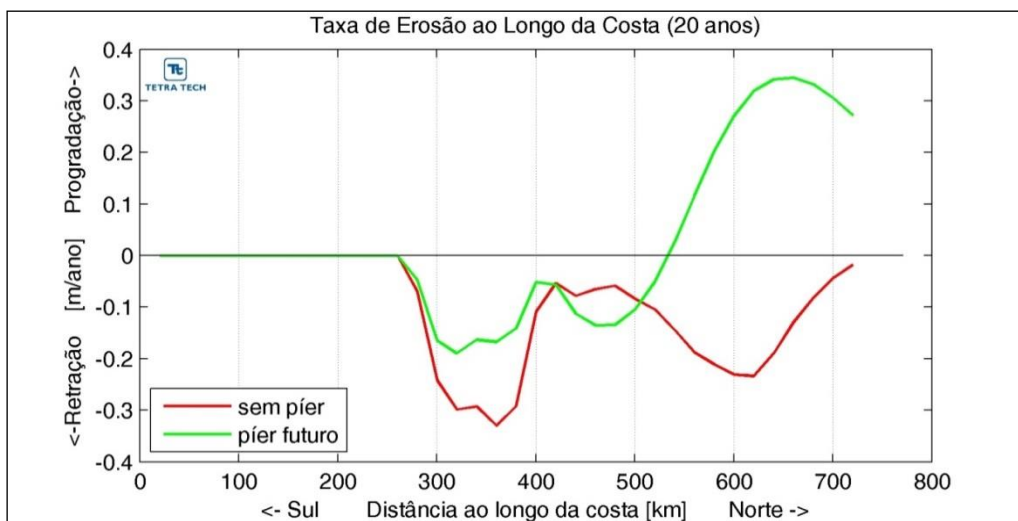


Figura 8.1-187. Gráfico da taxa de erosão ao longo da costa. Valores positivos indicam progradação; valores negativos indicam retração da linha de costa.



O efeito da introdução do píer na variação da linha de costa pode ser observado na Figura 8.1-188. A figura demonstra que o píer tende a reduzir a erosão da linha de costa em grande parte da costa adjacente, exceto entre o trecho de 400 e 500 metros da grade numérica. O efeito de progradação pode observado no norte da praia a partir do ponto localizado em 550 metros.

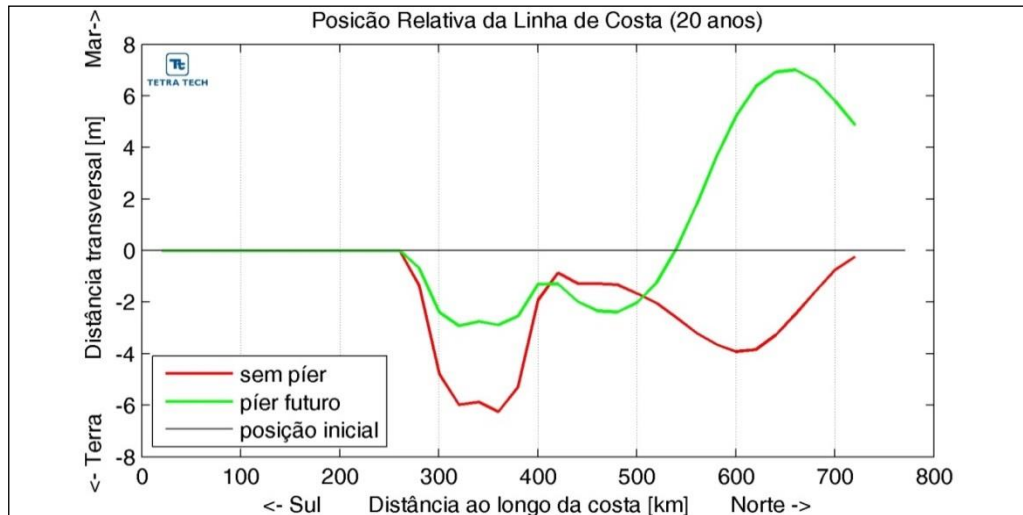


Figura 8.1-188. Gráfico da posição relativa da linha de costa após 20 anos para os cenários com píer e sem píer.

Portanto, conclui-se que a variação da linha de costa modelada ao longo de 20 anos indica que a introdução do píer da Braskem tende a reduzir a erosão em grande parte da praia, podendo gerar até mesmo progradação da linha de costa no extremo norte. Seus efeitos são nulos em direção ao sul, a partir da estrutura de enrocamento (Figura 8.1-189). Esses efeitos na linha de costa são gerados pela redução e até inversão do sentido de transporte de sedimentos em decorrência da diminuição da energia de ondas gerada na zona de sombra da estrutura.

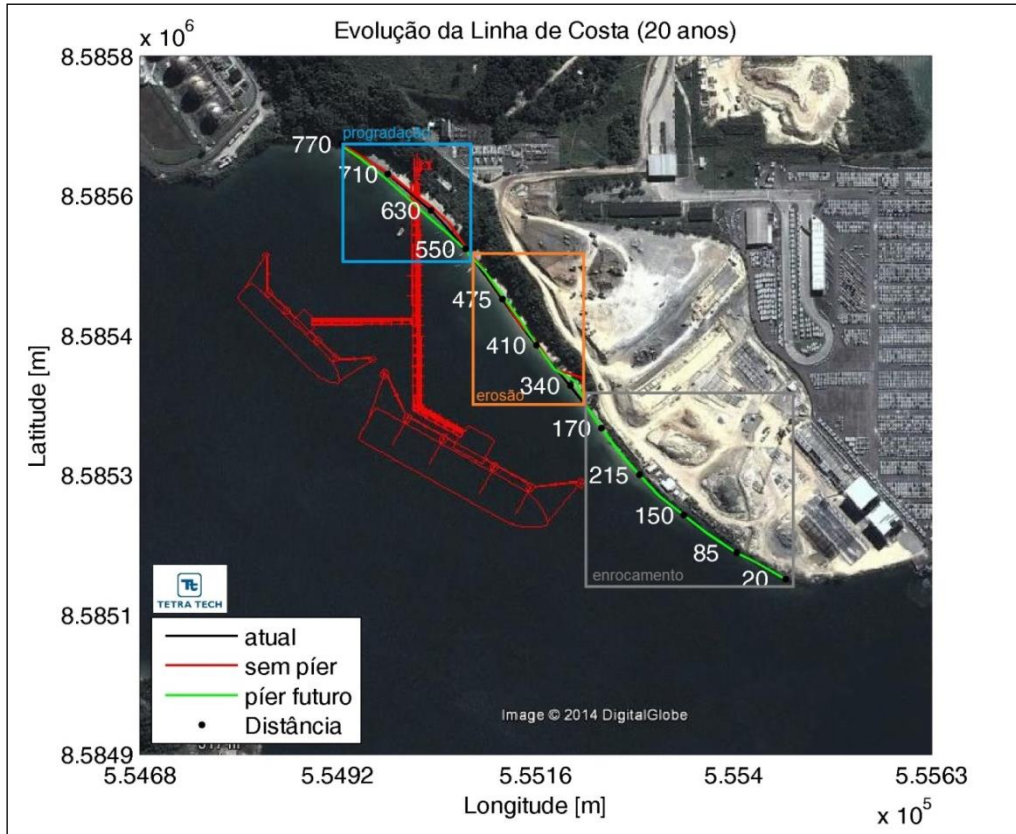
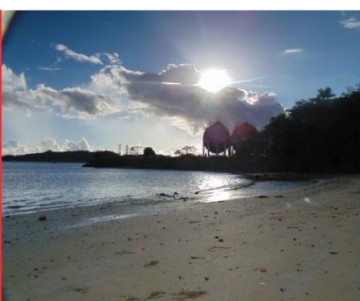


Figura 8.1-189. Mapa do zoneamento da evolução da linha de costa (Fonte: Bourscheid/Tetra Tech, 2014).

### 8.1.11.6 Considerações Finais

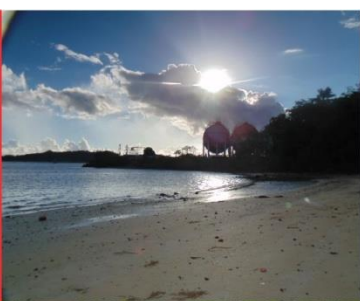
A análise integrada das modelagens numéricas de hidrodinâmica, onda, transporte de sedimento e evolução da linha de costa indica que a introdução da estrutura do Píer Braskem na região do Canal de Cotegipe será responsável pela alteração local da hidrodinâmica de correntes, das ondas incidentes e da evolução da linha de costa. Porém, o efeito da modificação na hidrodinâmica não foi capaz de gerar mudanças no transporte de sedimento de fundo, devido a sua baixa capacidade de transporte. Já as alterações no clima de onda foram responsáveis pela alteração local da evolução da linha de costa nas adjacências do empreendimento. Neste caso, a zona de sombra gerada no campo de ondas diminui a energia de onda, e capacidade de transporte de sedimento na praia. Essa alteração é responsável pela maior deposição de sedimentos que pode gerar uma progradação da linha de costa se houver sedimentos disponíveis. Esse efeito de progradação ou diminuição da taxa erosiva é observado na porção central e noroeste da praia, enquanto nenhum efeito é observado na porção sudeste da praia dominada pelo enrocamento rip-rap.





## Apêndice 8.1 – Relatório de Avaliação de Ruídos





## Apêndice 8.2– Mapa Geológico





**Apêndice 8.3– Mapa de Processos Minerários, Autorizações e Concessões Ativas**







## Apêndice 8.4 – Mapa Geomorfológico





**Apêndice 8.5 – Mapa do modelo Digital de Elevação (TIN)**





## Apêndice 8.6 – Mapa de Declividades







## Apêndice 8.7 – Mapa do Fluxo de Sedimentos





## Apêndice 8.8 – Mapa de Pedologia





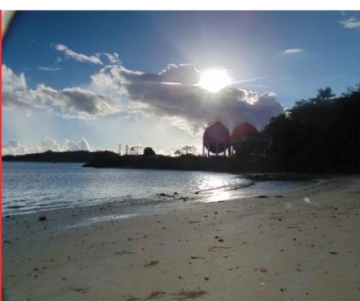
## Apêndice 8.9 – Mapa de Risco Geotécnico



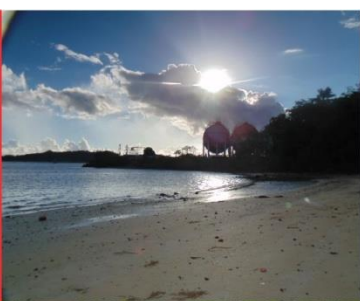




Apêndice 8.10 – Mapa Hidrográfico



## Apêndice 8.11 – Mapa Topobatimétrico



**Apêndice 8.12– Mapa com Mosaico Sonográfico Interpretado**







**Apêndice 8.13– Mapa de Localização dos Alvos Sonográficos e Imagens das Seções**







**Apêndice 8.14 – Relatório da granulometria das Amostras de Sedimentos**





**Apêndice 8.15 – Descrição dos Sistemas de Modelos D1f3D,  
SWAN e UNIBEST CL+**





**Anexo 8.1 – Estudo de Dispersão de Poluentes Atmosféricos e Diagnóstico do Monitoramento da Qualidade do Ar**







**Anexo 8.2 – Certificados de Calibração de medidor do  
Nível Sonoro**





Anexo 8.3 – Resultados das Análises de Solos –  
Campanha 2014





**Anexo 8.4 – Resultado das Análises de Água Superficial  
Continental – Campanha 2014**







Anexo 8.5 – Resultados das Análises de Água Superficiais  
Salinas – Campanha 2013 e 2014



Anexo 8.6 – Resultado das Análises de Sedimentos –  
Campanha 2013 e 2014



**Anexo 8.7 – Certificado de Calibração do Equipamento  
– Laboratório Ecolabor e Laboratório**