Governo do Estado da Bahia

Secretaria do Planejamento

Estudo de Impacto Ambiental – EIA – e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA – para a implantação do Sistema de Travessia Salvador / Itaparica sobre a Baía de Todos os Santos, do Tipo Ponte Rodoviária e Duplicação da Rodovia BA 001, Trecho Itaparica a Ponte do Funil, e demais estruturas associadas

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

Volume 2 Diagnóstico Ambiental

Tomo 1 Diagnóstico do Meio Físico

dezembro 2014

EIA_t13029/01

V&S AMBIENTAL

empowering sustainability

nemus

CONSÓRCIO

empowering
sustainability

nemus

Endereço: Av. Santa Luzia 1136, Ed. Horto Empresarial Sala 506
CEP 40.295-050 - Salvador - BA
Telefone: 55 (71) 3357-3979
E-mail: contato@vesambiental.com.br | nemus@nemus.pt
Website: www.vesambiental.com.br | www.nemus.pt

ESTUDOS AMBIENTAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE TRAVESSIA SALVADOR / ILHA DE ITAPARICA SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS

— Estudo de Impacto Ambiental —

Volume 2 – Diagnóstico Ambiental

Tomo 1 – Diagnóstico do Meio Físico

ÍNDICE

1. Introdução **1**

2. Diagnóstico do Meio Físico **3**

2.1. Classificação climática e meteorologia 3

2.1.1. Metodologia 3

2.1.2. Situação atual na AII/AID/ADA 6

2.2. Qualidade do ar 41

2.2.1. Metodologia 41

2.2.2. Situação atual na AII 61

2.2.3. Situação atual na AID e ADA 65

2.3. Ruído 83

2.3.1. Metodologia 83

2.3.2. Referencial normativo 83

2.3.3. Monitoramento de ruído 86

2.3.4. Modelo acústico 93

2.3.5. Resultados do Modelo – Mapas de Ruído 108
2.3.6. Definição (Provisória) de Níveis de Critério de Avaliação 115
2.4. Geologia e geotecnia 119
2.4.1. Metodologia 119
2.4.2. Situação atual na AII 120
2.4.3. Situação atual na AID 137
2.4.4. Situação atual na ADA 150
2.5. Geomorfologia 153
2.5.1. Metodologia 153
2.5.2. Situação atual na AII 156
2.5.3. Situação atual na AID 161
2.5.4. Situação atual na ADA 190
2.6. Solos 193
2.6.1. Metodologia 193
2.6.2. Situação atual na AID 194
2.6.3. Situação atual na ADA 218
2.7. Sismicidade 219
2.7.1. Metodologia 219
2.7.2. Situação atual na AII 220
2.7.3. Situação atual na AID 234
2.7.4. Situação atual na ADA 234
2.8. Recursos hídricos superficiais 235
2.8.1. Aspectos quantitativos dos recursos hídricos superficiais 235
2.8.2. Aspectos qualitativos dos recursos hídricos superficiais 273
2.9. Recursos hídricos subterrâneos 349
2.9.1. Metodologia 349
2.9.2. Situação atual na AII 350
2.9.3. Situação atual na AID 377

2.9.4. Situação atual na ADA 411
2.10. Qualidade dos sedimentos 412
2.10.1. Metodologia 412
2.10.2. Situação atual na AII 412
2.10.3. Situação atual na AID e na ADA 428
2.11. Oceanografia e hidrodinâmica costeira 456
2.11.1. Introdução 456
2.11.2. Estudos anteriores 456
2.11.3. Abrangência dos dados 459
2.11.4. Área de estudo 462
2.11.5. Condições climatológicas 465
2.11.6. Hidrologia 470
2.11.7. Composição dos sedimentos 472
2.11.8. Condições hidrodinâmicas 474
2.11.9. Modelo esquemático da circulação 507
2.12. Síntese 511
3. Referências Bibliográficas 517

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Estações meteorológicas consideradas no diagnóstico 4

Quadro 2 – Direção predominante e velocidade média (m/s) do vento para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 9

Quadro 3 – Direção predominante e velocidade média (m/s) do vento para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina) 11

Quadro 4 – Valores médios de temperatura do ar (ºC) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 14

Quadro 5 – Valores relativos a dias com precipitação e períodos de dias secos (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 17

Quadro 6 – Valores de precipitação média mensal (mm) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 19

Quadro 7 – Valores de número de dias de chuva por mês para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 19

Quadro 8 – Valores de umidade relativa do ar média (%) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 22

Quadro 9 – Valores de insolação total (h) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 27

Quadro 10 – Valores de evaporação total (mm) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 29

Quadro 11 – Valores do fator mensal de correção K para a EC Salvador (Ondina) 31

Quadro 12 – Índices climáticos definidos pela classificação climática de Thornthwaite para a EC Salvador (Ondina) 35

Quadro 13 – Classificação climática de Thornthwaite de acordo com os índices climáticos 35

Quadro 14 – Critérios de classificação climática de Köppen-Geiger por tipo de clima 38

Quadro 15 – Quadro-síntese de variáveis climatológicas para Salvador (Ondina) 39

Quadro 16 – Resumo dos padrões de qualidade do ar considerados para os poluentes em estudo 42

Quadro 17 – Características dos domínios de simulação da qualidade do ar 43

Quadro 18 – Fatores de Emissão ponderados para os veículos leves e pesados 49

Quadro 19 – Características das vias de tráfego consideradas na Situação Atual (Salvador) 49

Quadro 20 – Características das vias de tráfego consideradas na Situação Atual (Ilha de Itaparica) 50

Quadro 21 – Informação relativa às estações meteorológicas cujos dados (2013) foram incorporados na modelagem mesometeorológica 54

Quadro 22 – Informação das correspondências dos valores em graus com os diferentes sectores de direção do vento, utilizadas na realização da Rosa de Ventos 55

Quadro 23 – Características das estações de qualidade do ar localizadas na AII 62

Quadro 24 – Comparação entre as concentrações medidas em Madre de Deus e os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº03/1990) 63

Quadro 25 – Comparação entre as concentrações medidas em Dique do Tororó e os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº03/1990) 63

Quadro 26 – Comparação entre as concentrações medidas em Campo Grande e os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº03/1990) 64

Quadro 27 – Comparação entre as concentrações medidas em Rio Vermelho e os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº03/1990) 64

Quadro 28 – Resumo dos valores estimados de MP_{10} e comparação com os respectivos valores limite legislados na Resolução CONAMA nº 03/1190 70

Quadro 29 – Resumo dos valores estimados de NO_2 e comparação com os respectivos valores limite legislados na Resolução CONAMA nº 03/1990 76

Quadro 30 – Resumo dos valores estimados de CO e comparação com os respectivos valores limite legislados na Resolução CONAMA nº 03/1990 82

Quadro 31 – Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB (A) 86

Quadro 32 – Identificação dos pontos onde foram efetuadas as medições sonoras 87

Quadro 33 – Resultados das medições de ruído nos períodos diurno e noturno 92

Quadro 34 – Volumes de tráfego médio horário (TMH) e % de comerciais para cada período de referência, usados no estudo de modelagem acústica 100

Quadro 35 – Espectro de referência para tráfego rodoviário 103

Quadro 36 – Comparação dos valores calculados e medidos 107

Quadro 37 – Níveis Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB (A), de acordo com a NBR 10151:2000 116

Quadro 38 – Níveis Ruído Ambiente e Níveis Critério de Avaliação (NCA) definidos com base na resolução CONAMA 01 e no procedimento acima indicado 118

Quadro 39 – Substâncias associadas aos processos minerários de cada município 132

Quadro 40 – Processos minerários na AID 143

Quadro 41 – Processos minerários na ADA 153

Quadro 42 – Parâmetros analisados nas amostras de sedimentos 155

Quadro 43 – Localização dos perfis topográficos realizados em janeiro e maio de 2014171

Quadro 44 – Localização de estações de coleta de dados primários de geomorfologia / coleta de amostras de sedimentos, em janeiro e abril de 2014 172

Quadro 45 – Unidades de mapeamento das classes de solos na AID e respectivas áreas 196

Quadro 46 – Classes de permeabilidade 203

Quadro 47 – Classes de uso do solo e cobertura vegetal na AID e respectivas áreas207

Quadro 48 – Unidades de mapeamento das classes de terra para irrigação na AID, respectivas classes e áreas 215

Quadro 49 – Sismos inventariados em torno do empreendimento (200 km) entre 1560 e 2012 227

Quadro 50 – Vazões anuais representativas do rio Paraguaçu (1987 e 2003), afluentes à Barragem de Pedra do Cavalo (Montante PC) e efluentes liberadas para o estuário (Jusante PC) 244

Quadro 51 – Vazões representativas de pequenas bacias da bacia principal do Recôncavo Norte afluentes à BTS 251

Quadro 52 – Principais captações de água superficial para abastecimento humano relevantes para a AII 253

Quadro 53 – Vazões representativas das bacias das Ilhas de Itaparica e Carapeba 257

Quadro 54 – Fontes e nascentes inventariadas na Ilha de Itaparica 260

Quadro 55 – Características das linhas de água principais localizadas no município de Salvador, com influência na ADA/AID do empreendimento 266

Quadro 56 – Características das linhas de água principais localizadas na Ilha de Itaparica, com influência na AID/ADA do empreendimento 268

Quadro 57 – Características das bacias hidrográficas e respectivas linhas de água principais pertencentes ao município de Salvador, com influência na AID/ADA do empreendimento 269

Quadro 58 – Características das bacias hidrográficas e respectivas linhas de água principais localizadas na Ilha de Itaparica, com influência na AID/ADA do empreendimento 269

Quadro 59 – Valores de Z em função da relação t_d/t_p 271

Quadro 60 – Coeficientes da equação IDF para algumas cidades brasileiras 272

Quadro 61 – Caudais de ponta de cheia obtidos para as 2 BH que se localizam na AID/ADA, em Salvador 272

Quadro 62 – Caudais de ponta de cheia obtidos para as 10 BH que se localizam na AID/ADA, na Ilha de Itaparica 272

Quadro 63 – Localização de estações de amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais nas campanhas 1 (período seco) e 2 (período úmido) 279

Quadro 64 – Localização de estações de amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais na campanha 3282

Quadro 65 – Amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais nas campanhas 1 e 2: número de amostras e parâmetros 284

Quadro 66 – Amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais na campanha 3: número de amostras e parâmetros 285

Quadro 67 – Principais fontes industriais de poluição de recursos hídricos superficiais na AII 292

Quadro 68 – Principais terminais marítimos com influência na qualidade dos recursos hídricos superficiais na AII 299

Quadro 69 – Resultados de qualidade físico-química geral e hidrocarbonetos (ng/l) na água superficial para pontos de amostragem da BTS em julho de 2007 por Celino *et al.* (2010) 310

Quadro 70 – Resultados de média e desvio padrão (SD) obtidos para parâmetros físico-químicos gerais no estuário do rio São Paulo por Milazzo *et al.* (2011) 313

Quadro 71 – Teores de metais traço (µg/g) associados ao material particulado nos estuários dos tributários da BTS 315

Quadro 72 – Classificação de condição de balneabilidade de acordo com Resolução CONAMA n.º 274, de 2000, para praias do município de Salvador na AII 319

Quadro 73 – Classificação de condição de balneabilidade de acordo com Resolução CONAMA n.º 274, de 2000, para praias da BTS na AII 320

Quadro 74 – Classificação de condição de balneabilidade de acordo com Resolução CONAMA n.º 274, de 2000, para praias do município de Salvador na AID 342

Quadro 75 – Classificação de condição de balneabilidade de acordo com Resolução CONAMA n.º 274, de 2000, para praias da BTS na AID 343

Quadro 76 – Principais características dos sistemas aquíferos da Província Costeira - sub-província do Recôncavo-Tucano-Jatobá 353

Quadro 77 – Valores médios de porosidade e permeabilidade por litologia – Ilha de Itaparica 379

Quadro 78 – Poços na AID – Ilha de Itaparica 379

Quadro 79 – Valores médios de porosidade e permeabilidade para os terrenos cristalinos – Salvador 384

Quadro 80 – Poços na AID – Salvador 384

Quadro 81 – Localização das estações de amostragem para coleta de dados primários de águas subterrâneas 390

Quadro 82 – Parâmetros de avaliação físico-química e microbiológica de águas subterrâneas e respectivos métodos de análise 391

Quadro 83 – Profundidade do nível de água 392

Quadro 84 – Concentrações de alumínio e ferro nas águas subterrâneas e nos solos coletados na AID pelo consórcio 398

Quadro 85 – Concentrações de alumínio e ferro em solos e águas subterrâneas em zonas envolventes a aterros no estado de São Paulo 402

Quadro 86 – Resultados da 1ª campanha de caracterização físico-química às águas subterrâneas (período seco) e comparação com a Resolução CONAMA 396/2008 de 3 de abril 407

Quadro 87 – Resultados da 2ª campanha de caracterização físico-química às águas subterrâneas (período úmido) e comparação com a Resolução CONAMA 396/2008 de 3 de abril 409

Quadro 88 – Excedências em relação a compostos orgânicos em sedimentos do Porto de Aratu 420

Quadro 89 – Excedências em relação a metais em sedimentos do Porto de Aratu 421

Quadro 90 – Excedências em relação a compostos orgânicos no Porto de Salvador 422

Quadro 91 – Excedências em relação a metais em sedimentos do Porto de Salvador 423

Quadro 92 – Concentrações máximas e mínimas de metais em estações de amostragem de sedimentos na BTS, entre 1993 e 2008 425

Quadro 93 – Resumo das campanhas de sedimentos 430

Quadro 94 – Coordenadas das estações de amostragem de sedimentos superficiais 432

Quadro 95 – Coordenadas das estações de amostragem de sedimentos em profundidade 432

Quadro 96 – Resultados das análises físicas a amostras de sedimentos superficiais: frações granulométricas (g/kg) 439

Quadro 97 – Resultados das análises físicas a amostras de sedimentos superficiais: porcentagem de sólidos (%) 440

Quadro 98 – Resultados obtidos para sedimentos superficiais (campanha 1 – período seco) e comparação com as normas legais 441

Quadro 99 – Resultados obtidos para sedimentos superficiais (campanha 2 – período úmido) e comparação com as normas legais 444

Quadro 100 – Resultados obtidos para sedimentos superficiais (campanha 3 – período úmido) e comparação com as normas legais 447

Quadro 101 – Resultados das análises físicas a amostras de sedimentos em profundidade: frações granulométricas (g/kg) 449

Quadro 102 – Resultados das análises físicas a amostras de sedimentos em profundidade: porcentagem de sólidos (%) 450

Quadro 103 – Resultados obtidos para sedimentos em profundidade (campanha 1 – período seco) e comparação com as normas legais 451

Quadro 104 – Resultados obtidos para sedimentos em profundidade (campanha 2 – período úmido) e comparação com as normas legais 452

Quadro 105 – Principais publicações científicas, consideradas como mais relevantes, para efetuar o diagnóstico da caracterização hidrodinâmica e de transporte de sedimentos na BTS 457

Quadro 106 – Principais estudos realizados, considerados como os mais revelantes, para efetuar o diagnóstico da caracterização hidrodinâmica e de transporte de sedimentos na BTS 458

Quadro 107 – Normais Climatológicas (1961 a 1990) – Estação de Salvador. (CRA, 2000) 466

Quadro 108 – Valores de descarga das principais bacias de drenagem da BTS (GENZ, 2006;CIRANO, LESSA, 2007; CRA, 2001; HATJE, ANDRADE, 2009) 471

Quadro 109 – Diferenças obtidas em termos de amplitude e distorção para a componente semidiurna da maré (M2) em diferentes estações de medição (total de 12) na Baía de Todos-os-Santos (LESSA *et al.*, 2001) 476

Quadro 110 – Relação das velocidades médias (apenas intensidade) e máximas (intensidade e direção) registradas em cada estação do Programa Bahia Azul, no verão e no inverno (HATJE, ANDRADE, 2009) 482

Quadro 111 – Localização dos pontos de extração da série temporal de 31 anos 491

Quadro 112 – Máximos de Altura Significativa (Hs) /Período de Pico (Tp) e respectivos valores associados a cada máximo 493

Quadro 113 – Máximos de Altura Significativa (Hs) /Período de Pico (Tp) e respectivos valores associados a cada máximo (verão) 497

Quadro 114 – Máximos de Altura Significativa (Hs) /Período de Pico (Tp) e respectivos valores associados a cada máximo (inverno) 499

Quadro 115 – Cenários de agitação local (verão e inverno) 500

Quadro 116 – Cenários de agitação local (verão e inverno). 500

Quadro 117 – Resultados no ponto de controle 503

Quadro 118 – Resultados no ponto de controle 505

Quadro 119 – Síntese do diagnóstico por fator ambiental 511

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das estações meteorológicas para análise climatológica 5

Figura 2 – Modelo conceitual de circulação atmosférica global 7

Figura 3 – Distribuição de massas de ar no Brasil 8

Figura 4 – Perfil dos ventos predominantes (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 9

Figura 5 – Valores de temperatura máxima, média e mínima (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 12

Figura 6 – Valores de temperatura média mensal, máxima média mensal e mínima média mensal para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina) 15

Figura 7 – Valores de precipitação total média e precipitação máxima diária (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 16

Figura 8 – Diagrama ombrométrico de Gaussen para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 18

Figura 9 – Valores de precipitação mensal média e número médio de dias por mês com precipitação para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina) 20

Figura 10 – Valores de umidade relativa (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 21

Figura 11 – Valores de umidade relativa do ar média para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina) 22

Figura 12 – Nebulosidade decimal (mensal/anual) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 24

Figura 13 – Valores de nebulosidade média mensal para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina) 25

Figura 14 – Insolação total (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 26

Figura 15 – Valores de insolação média mensal para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina) 27

Figura 16 – Evaporação total (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 28

Figura 17 – Valores de evaporação média mensal para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina) 29

Figura 18 – Precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real (mensal) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 31

Figura 19 – Balanço hídrico (excedente e deficiência hídricas – mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina) 32

Figura 20 – Precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real (mensal) para o período 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 33

Figura 21 – Balanço hídrico (excedente e deficiência hídricas – mensal/anual) para o período 1991-2012 na EC Salvador (Ondina) 33

Figura 22 – Climas no Brasil pela classificação climática de Arthur Strahler 37

Figura 23 – Representação gráfica da grelha de receptores aplicada na simulação da qualidade do ar na zona de Salvador 44

Figura 24 – Representação gráfica da grelha de receptores aplicada na simulação da qualidade do ar na zona da Ilha de Itaparica 45

Figura 25 – Enquadramento topográfico do domínio de estudo em Salvador 46

Figura 26 – Enquadramento topográfico do domínio de estudo aplicado na simulação da qualidade do ar na Ilha de Itaparica 47

Figura 27 – Enquadramento espacial das vias de tráfego consideradas em Salvador na Avaliação da Situação Atual (Qualidade do Ar) 51

Figura 28 – Enquadramento espacial das vias de tráfego consideradas na Ilha de Itaparica na Avaliação da Situação Atual (Qualidade do Ar) 52

Figura 29 – Comparação da variação média mensal da velocidade do vento 56

Figura 30 – Comparação das médias horárias de temperatura do ar 56

Figura 31 – Rosa dos ventos estimada pelo TAPM para o ano 2013 57

Figura 32 – Localização das estações de monitoramento de qualidade do ar existentes na AII 61

Figura 33 – Campo estimado das concentrações máximas das médias diárias de MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador 66

Figura 34 – Campo estimado das concentrações médias anuais de MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador 67

Figura 35 – Campo estimado das concentrações máximas das médias diárias de MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica 68

Figura 36 – Campo estimado das concentrações médias anuais de MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica 69

Figura 37 – Campo estimado das concentrações máximas das médias horárias de NO_2 ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador 72

Figura 38 – Campo estimado das concentrações médias anuais de NO_2 ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador 73

Figura 39 – Campo estimado das concentrações máximas das médias horárias de NO_2 ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica 74

Figura 40 – Campo estimado das concentrações médias anuais de NO_2 ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica 75

Figura 41 – Campo estimado das concentrações máximas das médias horárias de CO ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador 78

Figura 42 – Campo estimado das concentrações médias octohorárias de CO ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador 79

Figura 43 – Campo estimado das concentrações máximas das médias horárias de CO ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica 80

Figura 44 – Campo estimado das concentrações médias octohorárias de CO ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica 81

Figura 45 – Localização dos pontos de monitoramento de ruído 88

Figura 46 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P1 88

Figura 47 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P2 89

Figura 48 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P3 89
Figura 49 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P4 89
Figura 50 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P5 90
Figura 51 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P6 90
Figura 52 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P7 90
Figura 53 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P8 91
Figura 54 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P9 91
Figura 55 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P10 91
Figura 56 – Cartografia geral utilizada para o modelo acústico, incluindo-se apenas as vias existentes (modelo da situação atual) 95
Figura 57 – Pormenor da cartografia na cidade de Salvador da Bahia, usada no modelo acústico 96
Figura 58 – Pormenor da cartografia na Ilha de Itaparica, usada no modelo acústico 97
Figura 59 – Vista 3D na Ilha de Itaparica junto ao terminal de *ferry boats* na BA-001100
Figura 60 – Vista 3D em Salvador junto dos acessos da VEBTS na zona portuária de Salvador 101
Figura 61 – Fluxograma do método NMPB'96 104
Figura 62 – Localização dos pontos receptores inseridos no modelo na Ilha de Itaparica 106
Figura 63 – Localização dos pontos receptores inseridos no modelo em Salvador 106
Figura 64 – Distribuição dos conjuntos de mapas de ruído ao longo da AID 108
Figura 65 – Palete de cores utilizada nos mapas de ruído apresentados 108
Figura 66 – Mapas de ruído do conjunto de mapas F (acima: diurno; abaixo: noturno)109
Figura 67 – Mapas de ruído do conjunto de mapas E (acima: diurno; abaixo: noturno)110
Figura 68 – Mapas de ruído do conjunto de mapas D (acima: diurno; abaixo: noturno)111
Figura 69 – Mapas de ruído do conjunto de mapas C (acima: diurno; abaixo: noturno)112
Figura 70 – Mapas de ruído do conjunto de mapas B (acima: diurno; abaixo: noturno)113
Figura 71 – Mapas de ruído do conjunto de mapas A (acima: diurno; abaixo: noturno)114

Figura 72 – Enquadramento geológico da Bacia do Recôncavo 121

Figura 73 – Estratigrafia da sub-bacia do Recôncavo 122

Figura 74 – Províncias estruturais 123

Figura 75 – Fácies texturais da BTS 126

Figura 76 – Cobertura sedimentar recente nas margens da BTS 127

Figura 77 – Recursos geológicos no estado da Bahia 131

Figura 78 – Número de processos minerários por município 132

Figura 79 – Distribuição das principais zonas de interesse em materiais de construção civil na região metropolitana de Salvador 133

Figura 80 – Campos de óleo e gás na sub-bacia do Recôncavo 134

Figura 81 – Ocorrência de fósseis na AII do empreendimento 136

Figura 82 – Distribuição das unidades geológicas abrangidas pela AID 139

Figura 83 – Áreas de relevante interesse de recursos minerais metálicos (a) e não metálicos (b) na área de influência do empreendimento 143

Figura 84 – Projeto de revitalização do Campo de Itaparica 145

Figura 85 – Áreas de explotação e produção de óleo (Itaparica e Jiribatuba) e gás (Morro do Barro) 146

Figura 86 – Áreas de concentração de ocorrências de turfa, linhito, carvão e urânio 147

Figura 87 – Áreas de relevante interesse mineral para gemas 147

Figura 88 – Áreas de concentração de ocorrências de águas minerais 148

Figura 89 – Localização das sondagens executadas pela Geofort na AID 149

Figura 90 – Localização dos perfis topográficos realizados em janeiro e abril de 2014155

Figura 91 – Porção da carta geomorfológica da Bahia 157

Figura 92 – Classificação dos municípios no entorno da BTS de acordo com sua suscetibilidade a deslizamentos (tipo de movimento de massa) 159

Figura 93 – Comportamento da linha de costa numa porção do estado da Bahia 160

Figura 94 – Mapa das unidades geomorfológicas incluídas na AID 162

Figura 95 – Declividade dos terrenos incluídos na AID 163

Figura 96 – Quantidade total de ocorrências de movimentos de massa por bairro entre Janeiro de 2005 e Julho de 2009 e AID do empreendimento 165

Figura 97 – Traçado do empreendimento e sua AID com indicação dos setores costeiros abrangidos pela referida área 168

Figura 98 – Zona costeira de Salvador incluída na AID 168

Figura 99 – Zona costeira entre Vera Cruz e a Gameleira (Ilha de Itaparica), incluídas na AID, e localização das zonas de coleta de dados primários de geomorfologia 170

Figura 100 – Zona costeira entre Vera Cruz e a Gameleira (Ilha de Itaparica), incluídas na AID, e localização das zonas de coleta de dados primários de geomorfologia (detalhe) 171

Figura 101 – Perfil topográfico de praia 1 173

Figura 102 – Perfil topográfico de praia 2 175

Figura 103 – Perfil topográfico de praia 3 177

Figura 104 – Granulometria das amostras de sedimentos colhidos no perfil 1, a 7 de Janeiro de 2014 178

Figura 105 – Granulometria das amostras de sedimentos colhidos no perfil 3, a 7 de Janeiro de 2014 179

Figura 106 – Granulometria das amostras de sedimentos colhidos no perfil 1, a 15 de abril de 2014 180

Figura 107 – Granulometria das amostras de sedimentos colhidos no perfil 3, a 15 de abril de 2014 180

Figura 108 – Porção norte do trecho costeiro abrangido pela AID na costa sudeste da Ilha de Itaparica 181

Figura 109 – Porção sul do trecho costeiro abrangido pela AID na costa sudeste da Ilha de Itaparica 182

Figura 110 – Trecho costeiro abrangido pela AID na zona do canal de Itaparica 182

Figura 111 – Diagrama esquemático que sugere os padrões gerais de circulação de água e de transporte residual de sedimentos na BTS e zona costeira adjacente 189

Figura 112 – Perfil altimétrico do traçado do empreendimento na Ilha de Itaparica que segue inteiramente pela BA-001 191

Figura 113 – Perfil altimétrico do traçado do empreendimento na Ilha de Itaparica que segue pela BA-001 e pelo desvio no interior da Ilha (variante) 191

Figura 114 – Cruzamento da AID com o “Mapa Exploratório de Solos” do Projeto RADAMBRASIL, na escala 1:1.000.000 195

Figura 115 – Uso atual do solo e cobertura vegetal na AID 207

Figura 116 – Metodologia geral para avaliar áreas em risco de erosão hídrica 213

Figura 117 – Extrato do mapa (mundo) de vulnerabilidade à erosão hídrica 214

Figura 118 – Cruzamento da AID com o mapa de “Solos – Potencialidade agrícola” do Atlas Nacional do Brasil 217

Figura 119 – Extrato do mapa tectônico da Bahia 220

Figura 120 – Principais acidentes tectônicos na região 221

Figura 121 – Escarpa de falha de Salvador 223

Figura 122 – Mapa sísmico de 1900 até março de 2012 considerando sismos com magnitude superior a 5.5 224

Figura 123 – Magnitude dos principais eventos sísmicos ocorridos no estado da Bahia até 2010 226

Figura 124 – Estações sismográficas do estado da Bahia 227

Figura 125 – Risco geológico – sismos 230

Figura 126 – Falhas e lineamentos quaternários 232

Figura 127 – Relação entre efeitos de *tsunamis* e sismos no período compreendido entre 1410 (Antes de Cristo) e 2011 (Depois de Cristo) 233

Figura 128 – Localização do epicentro do sismo de 2004 (estrela) e marégrafos de registro na zona costeira Brasileira (pontos vermelhos) 234

Figura 129 – Região hidrográfica do Atlântico Leste e suas principais bacias hidrográficas 239

Figura 130 – Principais bacias hidrográficas afluentes à BTS e sedes municipais (detalhe) 240

Figura 131 – Bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu e da Baía de Iguape (BI) 241

Figura 132 – Vazão média anual no rio Paraguaçu: afluente à Barragem de Pedra do Cavalo (Montante PC) e liberada para o estuário (Jusante PC) 245

Figura 133 – Vazões média e máxima mensal (m^3/s) na bacia do rio Paraguaçu no período 1986-2000 246

Figura 134 – Vazão média diária efluente da Barragem de Pedra do Cavalo no período 1986 – 2000 247

Figura 135 – Vazão média mensal do rio Jaguaripe à entrada na BTS 248

Figura 136 – Vazão média mensal do rio Subaé à entrada na BTS 249

Figura 137 – Bacias hidrográficas da cidade de Salvador 251

Figura 138 – Risco de seca no Estado da Bahia 254

Figura 139 – Afluência média mensal de água doce na BTS 255

Figura 140 – Contracosta da Ilha de Itaparica 256

Figura 141 – Localização das bacias hidrográficas da Ilha de Itaparica cruzadas pela ADA 258

Figura 142 – Localização das bacias hidrográficas de Salvador cruzadas pela ADA 263

Figura 143 – Domínios de ocorrência de cursos de água entrançados e meandrizados266

Figura 144 – Localização dos pontos de amostragem de qualidade físico-química geral e hidrocarbonetos na água superficial da BTS em julho de 2007 por Celino *et al.* (2010) 309

Figura 145 – Localização dos pontos de amostragem por Hatje *et al.* (2010) da qualidade físico-química da água dos estuários dos rios Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé nas épocas secas e úmidas de 2003 – 2007 311

Figura 146 – Resultados de salinidade (p.s.u.) à superfície para os estuários dos rios Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé nas épocas secas (Dry) e úmidas (Wet) de 2003 - 2007312

Figura 147 – Localização dos pontos de amostragem da qualidade da água no estuário do rio São Paulo por Milazzo *et al.* (2011) 312

Figura 148 – Comportamento das plumas de Coliformes fecais (UFC/100ml) dos emissários submarinos de Salvador na preamar em maré de sizigia num cenário de frente fria 323

Figura 149 – Dados primários para água doces para os parâmetros Coliformes termotolerantes e Oxigênio dissolvido: campanha 1 (C1) e campanha 2 (C2) 331

Figura 150 – Dados primários para água salinas (superfície) para as estações de amostragem QA1 a QA10 para os parâmetros Coliformes termotolerantes, Oxigênio dissolvido e Nitrato: campanha 1 (C1), campanha 2 (C2) e campanha 3 (C3) 336

Figura 151 – Dados primários para água salinas (superfície) para as estações de amostragem QA5 e QA12 a QA15 para os parâmetros Coliformes termotolerantes, Oxigênio dissolvido e Nitrato: campanha 3 (C3) 338

Figura 152 – Tempo de residência na BTS, obtido por simulação numérica do fluxo em condição de verão (maré e vento), de acordo com Xavier (2002) 340

Figura 153 – Localização dos pontos de amostragem (março a dezembro de 2007) de recifes na BTS por Cruz (2008) 341

Figura 154 – Províncias hidrogeológicas do Brasil 351

Figura 155 – Sistemas aquíferos do Brasil 352

Figura 156 – Delimitação do semiárido do nordeste Brasileiro 354

Figura 157 – Sistemas aquíferos do Brasil 355

Figura 158 – Regiões de planejamento dos recursos hídricos no estado da Bahia 356

Figura 159 – Disponibilidade de água subterrânea por região de planejamento e gestão da água 357

Figura 160 – Disponibilidade natural de água subterrânea 358

Figura 161 – Vulnerabilidade da disponibilidade natural de água subterrânea 359

Figura 162 – Mapeamento do Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas/IQNAS no estado da Bahia 360

Figura 163 – Classificação das águas subterrâneas de acordo com o resíduo seco 361

Figura 164 – Classificação hidroquímica geral das águas subterrâneas 362

Figura 165 – Domínios hidrogeológicos 363

Figura 166 – Produtividade média dos poços na área de influência do empreendimento366

Figura 167 – Sentido potencial de fluxo de água subterrânea na Ilha de Itaparica 368

Figura 168 – Principais sentidos de fluxo da água subterrânea em Salvador 369

Figura 169 – Distribuição de tipologias de captação no Brasil 370

Figura 170 – Distribuição de poços tubulares por município e por utilização 371

Figura 171 – Percentual de municípios por fontes potenciais de poluição de poços no Brasil em 2008 373

Figura 172 – Disposição inadequada de resíduos sólidos 374

Figura 173 – Porcentagem de esgoto tratado 375

Figura 174 – Localização de indústrias, poços de petróleo, portos, terminais privativos e rotas de produtos químicos 376

Figura 175 – Profundidade do nível de água dos poços tubulares inventariados na Ilha de Itaparica 380

Figura 176 – Localização de pontos amostrados na Ilha de Itaparica para caracterização das águas subterrâneas 381

Figura 177 – Profundidade do nível de água dos poços inventariados em Salvador 385

Figura 178– Localização de pontos amostrados em Salvador 386

Figura 179 – Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas 387

Figura 180 – Variação, entre campanhas, do nível de água em profundidade 393

Figura 181 – Distribuição mensal da precipitação em Salvador no período compreendido entre 1949 e 2009 394

Figura 182 – Relação entre a profundidade do nível de água e a precipitação diária em Salvador entre outubro de 2013 e maio de 2014 395

Figura 183 – Correlação entre as concentrações de alumínio e ferro na primeira e segunda campanhas de coleta de águas subterrâneas 397

Figura 184 – Concentrações de alumínio e ferro nos solos e águas subterrâneas da AID 399

Figura 185 – Localização do Aterro Sanitário compartilhado pelos municípios de Itaparica e Vera Cruz 401

Figura 186 – Distribuição dos teores de areia nos sedimentos superficiais da BTS 413

Figura 187 – Distribuição dos teores de lama (siltes e argilas) nos sedimentos superficiais da BTS 414

Figura 188 – Distribuição dos teores de cascalho nos sedimentos superficiais da BTS415

Figura 189 – Zoneamento de fácies sedimentar superficial na BTS 416

Figura 190 – Sentido de transporte de sedimentos para o interior da BTS 418

Figura 191 e Figura 192 – Distribuição da natureza dos grãos dos sedimentos superficiais da BTS 418

Figura 193 – Localização dos Portos de Aratu e de Salvador 419

Figura 194 – Distribuição de estações de amostragem de sedimentos na BTS 424

Figura 195 – Distribuição de indústrias no entorno da BTS 427

Figura 196 – Distribuição de locais de descarga de esgotamento sanitário no entorno da BTS 428

Figura 197 – Estações de amostragem de sedimentos (superficiais e em profundidade)431

Figura 198 – Localização das estações de monitoramento de marés, correntes e salinidade e temperatura na BTS dos estudos efetuados até à data (adaptado de Hatje e Andrade, 2009) 461

Figura 199 – Baía de Todos os santos, Brasil (GIRANO, LESSA, 2007) 462

Figura 200 – Batimetria da Baía de Todos os Santos (CRA, 2000; CRA, 2001) 464

Figura 201 – Precipitação Total Média de 1961 a 1990 (CRA, 2000) 467

Figura 202 – Precipitação Total Média de janeiro a junho de 1961 a 1990 e de 1999 (CRA, 2000) 468

Figura 203 – Rosa dos Ventos para o Período da Campanha de verão (Ilha dos Frades) (CRA, 2000) 469

Figura 204 – Rosa dos Ventos para o Período da Campanha de inverno (Mar Grande) (CRA, 2000) 470

Figura 205 – Descarga fluvial média mensal afluente à BTS, proveniente do rio Paraguaçu e das bacias costeiras, as quais incluem as bacias periféricas e os rios Traripe, Subaé e Açu 472

Figura 206 – Distribuição das frações granulométricas na Baía de Todos-os-Santos (CRA, 2000; CRA, 2001) 473

Figura 207 – Registro simultâneo da maré no oceano e em três estações dispostas ao longo do eixo longitudinal da Baía de Todos-os-Santos (CIRANO, LESSA, 2007; HATJE, ANDRADE, 2009) 475

Figura 208 – Variação espacial da amplificação da altura de maré em relação à maré no oceano, de acordo com os resultados de simulações numéricas obtidas com o modelo RMA2-SMS em condições de marés de sizígia 478

Figura 209 – Variação espacial da amplificação da altura de maré em relação à maré no oceano, de acordo com os resultados de simulações numéricas obtidas com o modelo RMA2-SMS em condições de marés de quadratura 479

Figura 210 – Campo de correntes em situação de meia maré enchente em marés de sizígia considerando um forçamento de ventos típicos (simulado pelo Sistema SisBAHIA; CRA, 2000; CRA, 2001) 483

Figura 211 – Campo de correntes em situação de meia maré vazante em marés de sizígia considerando um forçamento de ventos típicos (simulado pelo Sistema SisBAHIA; CRA, 2000; CRA, 2001) 484

Figura 212 – Mapeamento dos (a) valores mínimos e (b) máximos de salinidade registrados na metade superior da coluna de água na BTS 486

Figura 213 – Variação vertical dos valores médios e dos desvios padrão de temperatura e salinidade em três estações (#8, #5 e #4, Figura 198) alinhadas longitudinalmente na BTS (CIRANO, LESSA, 2007; HATJE, ANDRADE, 2009) no período úmido (verão) e seco (inverno) 487

Figura 214 – Zonamento do tempo de residência na BTS, obtido através de simulações numéricas representativas do período seco (janeiro) considerando o efeito da maré e vento (HATJE, ANDRADE, 2009) 488

Figura 215 – Pontos de estudo (PIANCA *et al.*, 2010) 489

Figura 216 – Pontos de extração da série temporal de 31 anos 491

Figura 217 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos. Ponto W3 492

Figura 218 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos. Ponto W4 493

Figura 219 – Distribuição da altura significativa, série temporal de 31 anos 494

Figura 220 – Distribuição do período de pico, série temporal de 31 anos 494

Figura 221 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos 495

Figura 222 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos (verão) 496

Figura 223 – Distribuição da altura significativa, série temporal de 31 anos (verão) 496

Figura 224 – Distribuição do período de pico, série temporal de 31 anos (verão) 497

Figura 225 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos (inverno) 498

Figura 226 – Distribuição da altura significativa, série temporal de 31 anos (inverno) 498

Figura 227 – Distribuição do período de pico, série temporal de 31 anos (inverno) 499

Figura 228 – Ponto de Controle BTS 501

Figura 229 – Cenário C4 503

Figura 230 – Cenário C5 504

Figura 231 – Cenário C6 504

Figura 232 – Cenário C1 506

Figura 233 – Cenário C2 506

Figura 234 – Cenário C3 507

Figura 235 – Modelo esquemático ou conceptual da circulação na BTS 509

Figura 236 – Circulação residual obtida com o modelo MOHID para um ciclo de maré de sizígia e quadratura 510

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Vista para afloramento dos terrenos do embasamento cristalino (praia em Rio Vermelho) 124

Fotografia 2 – Vista para afloramento do Mesozoico (marginal à estrada BA-001) 125

Fotografia 3 – Depósitos litorâneos indiferenciados recentes no local de inserção da ponte 139

Fotografia 4 – Vista para zona de depósitos flúvio-lagunares na costa oeste da Ilha de Itaparica 140

Fotografia 5 – Vista para zona de ocorrência das Formações Morro do Barro e Rio de Contas Indiscriminadas (afloramentos cobertos por vegetação) 140

Fotografia 6 – Vista para taludes cortados em rochas do Grupo Brotas 140

Fotografia 7 – Vista para afloramentos do embasamento cristalino 141

Fotografia 8 – Aspecto das areias coletadas ao longo do traçado da futura ponte rodoviária de Salvador e da ponte do Funil (ADA/AID) 142

Fotografia 9 – Deslizamento de terras ocorrido na Av. do Contorno (Salvador), em junho 2013 166

Fotografia 10 – Arco costeiro entre o Forte de Monte Serrat e o Porto de Salvador 169

Fotografia 11 – Vista do local onde foi feito o perfil 1 durante a maré-baixa 174

Fotografia 12 – Vista do local onde foi feito o perfil 2 durante a maré-baixa 176

Fotografia 13 – Vista do local onde foi feito o perfil 3 durante a maré alta 177

Fotografia 14 – Falésia talhada em turbiditos entre Gameleira e Vera Cruz 185

Fotografia 15 – Fotografia retirada da edição de 30 de maio de 1975 do jornal A Tarde que reporta os estragos provocados por uma tempestade na praia de Cantagalo 188

Fotografia 16 – Vista para a escarpa de falha de Salvador 223

Fotografia 17 e Fotografia 18 – Aspectos do baixo curso do rio Paraguaçu 242

Fotografia 19 – Aspecto do estuário do rio Paraguaçu: setor sul da baía do Iguape próximo à cidade de Maragogipe 243

Fotografia 20 – Baixo trecho do rio Paraguaçu junto à cidade de São Félix 246

Fotografia 21 – Fonte da Bica, em Itaparica 261

Fotografia 22 – Fonte dos Milagres (Reserva Venceslau Monteiro), em Itaparica 261

Fotografia 23 – Nascente de Baiacu, em Vera Cruz 261

Fotografia 24 – Nascente de Ponta Grossa, em Vera Cruz 262

Fotografia 25 – Fonte de Porto Calado – Catu, em Vera Cruz 262

Fotografia 26 – Fonte do Tororó, na Ilha de Matarandiba, Vera Cruz 262

Fotografia 27 e Fotografia 28 – Pesca no Canal de Itaparica e no Canal de Salvador (AID) 276

Fotografia 29 – Uso balnear das águas da BTS na contracosta da Ilha de Itaparica (AII) 276

Fotografia 30 e Fotografia 31 – Primeira campanha de coleta de águas superficiais (período seco): introdução de garrafa amostradora e enchimento de recipiente de amostra a partir de garrafa amostradora 286

Fotografia 32 e Fotografia 33 – Primeira campanha de coleta de águas superficiais (período seco): preservação de amostras para transporte e medição de parâmetros em campo com Sonda Multiparâmetros 286

Fotografia 34 e Fotografia 35 – Segunda campanha de coleta de águas superficiais (período úmido): introdução de garrafa amostradora e medição de parâmetros em campo com Sonda Multiparâmetros 287

Fotografia 36 e Fotografia 37 – Terceira campanha de coleta de águas superficiais: introdução de garrafa amostradora e recipientes para acondicionamento de amostras287

Fotografia 38 – Aspecto do Canteiro de São Roque do Paraguaçu: plataforma em construção / reparação 300

Fotografia 39 – Entulho e resíduos na orla da BTS próximo à praia de Pedra Furada321

Fotografia 40 – Porto de Salvador 327

Fotografia 41 – Estação de amostragem de água doce QA7 329

Fotografia 42 – Estação de amostragem de água doce QA8 330

Fotografia 43 – Estação de amostragem de água doce QA11 330

Fotografia 44 – Canal de Salvador com vista para a orla de Salvador, próximo à estação de amostragem QA1 334

Fotografia 45 – Canal de Itaparica com vista para a Ponte do Funil, próximo à estação de amostragem QA9 334

Fotografia 46 – Parte central do canal de Salvador 335

Fotografia 47 – Poços sem proteção – Ilha de Itaparica 389

Fotografia 48 – Medição do nível de água com recurso a medidor elétrico 391

Fotografia 49 e Fotografia 50 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS 433

Fotografia 51 e Fotografia 52 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS 434

Fotografia 53 e Fotografia 54 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS 435

Fotografia 55 e Fotografia 56 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS 435

Fotografia 57 e Fotografia 58 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS 436

Fotografia 59 e Fotografia 60 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS 436

Fotografia 61 e Fotografia 62 – Campanha de coleta de sedimentos superficiais na BTS 436

Fotografia 63 e Fotografia 64 – Campanha de coleta de sedimentos superficiais ao longo do traçado da ponte Ilha de Itaparica-Salvador 437

Fotografia 65 e Fotografia 66 – Campanha de sondagens geológicas na BTS 437

GLOSSÁRIO

ADA – Área Diretamente Afetada

AERMOD – Modelo gaussiano estacionário, de escala local que abrange todo o tipo de fontes e de poluentes (exceto o ozônio), com elevada variabilidade temporal. Permite a comparação dos valores estimados com os padrões de qualidade do ar.

AID – Área de Influência Direta

AII – Área de Influência Indireta

ANA – Agência Nacional de Águas

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

APA – Área de Proteção Ambiental

APP – Área de Preservação Permanente

BA – Bahia (estado)

BA-XXX – Rodovia Estadual (Bahia)

BR-XXX – Rodovia Federal

BTS – Baía de Todos os Santos

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CCA – Corredor Central da Amazônia

CCMA – Corredor Central da Mata Atlântica

CEPOL – Comitê de Estudos para o Controle de Poluição por Óleo na Baía de Todos os Santos

CEPRAM – Conselho Estadual de Meio Ambiente

CERB – Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia

CERBMA-BA – Comitê Estadual da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Estado da Bahia

CESPCT – Comissão Estadual para a Sustentabilidade dos Povos e Comunidades Tradicionais

CFIR – Cadastro Florestal de Imóveis Rurais

CIEA-BA – Comissão Interinstitucional de Educação Ambiental do Estado da Bahia

CIRM – Comissão Interministerial para os Recursos do Mar

CITES – Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

COREH – Cadastro de Organizações Civis de Recursos Hídricos

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

CRA – Centro de Recursos Ambientais

CTE/BA – Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima / Projeto Orla

CTF – Cadastro Técnico Federal

DBIO – Diretoria de Biodiversidade

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

Fator de segurança F2 – Fator de segurança atribuído aos resultados dos modelos Gaussianos, isto é, os valores reais, estatisticamente, poderão ser metade ou o dobro dos valores estimados numericamente pelo modelo

FNDF – Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal

GERCO – Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro

GT – Grupo de Trabalho

IAG – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBPC – Instituto Brasileiro de Políticas Culturais

INEMA – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IPHAN – Instituto do Património Histórico e Artístico Nacional

LAC – Limite aceitável de câmbio do ecossistema

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

Ma – Milhões de anos

Mapas de dispersão – Exprimem, para cada um dos receptores, a concentração máxima estimada pelo modelo independentemente do dia ou da hora do ano em estudo

MINTER – Ministério do Interior

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NA – Norma Administrativa

Normal Climatológica – Registro de valores médios de vários elementos climáticos, num período de 30 anos, que permitem a caracterização do clima de um local

NT – Norma Técnica

OBD – Sistemas de diagnose de bordo

PAD – Programa Água Doce

Padrões Primários de Qualidade do Ar – São as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população

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

PAF – Plano de Ação Federal da Zona Costeira

PAN-Brasil – Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação

PCPV – Planos de Controle de Poluição Veicular

PDA – Programa de Desenvolvimento Ambiental do Estado da Bahia

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PDU – Plano Diretor Urbano

PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro

PERH-BA – Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia

PGE – Procuradoria-Geral do Estado

PMCMV – Programa Minha Casa, Minha Vida

PMGC – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro

PMI – Processo de Manifestação de Interesse

PNF – Programa Nacional de Florestas

PNGC – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNMA II – Programa Nacional do Meio Ambiente

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

PNRM – Política Nacional para os Recursos do Mar

PREMAR – Programa de Restauração e Manutenção de Rodovias

PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

PROMOT – Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares

PRONAR – Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar

Receptores – Pontos representativos de áreas unitárias que constituem a grelha que cobre o domínio de estudo

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

RINTER – Rede de Integração Nacional

RMS – Região Metropolitana de Salvador

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

RQA-ZC – Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira

RVFR – Reconhecimento de Volume Florestal Remanescente

SEARA – Sistema Estadual de Administração dos Recursos Ambientais

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente

SEMARH – Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SEMUT – Secretaria Municipal de Urbanismo e Transportes

SEPLAN – Secretaria do Planejamento do estado da Bahia

SFB – Serviço Florestal Brasileiro

SFC – Superintendência de Biodiversidade, Florestas e Unidades de Conservação

SIGEOR – Sistema de Gerenciamento Orientado para os Resultados do Plano Nacional de Recursos Hídricos

SIGERCO – Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro

SILÊNCIO – Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SMA – Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SNV – Sistema Nacional de Viação

SPHAN – Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

SPU/MPOG – Secretaria do Patrimônio da União

SVO – Sistema Viário Oeste

UC – Unidade de Conservação

UCE BA – Unidade de Coordenação do Estado da Bahia

UEP – Unidade de Execução do Programa

UGRH – Unidades de Gestão de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas de rios de domínio da União

VE – Valor Estimado – Corresponde ao valor máximo estimado pelo modelo de dispersão de poluentes atmosféricos

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil

ZEE/BA – Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado da Bahia

ZEEC – Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro

1. Introdução

O Diagnóstico Ambiental constitui o Volume 2 do Estudo de Impacto Ambiental – EIA – e do Relatório de Impacto Ambiental – RIMA – para a implantação do Sistema de Travessia Salvador / Itaparica sobre a Baía de Todos os Santos, do Tipo Ponte Rodoviária e Duplicação da Rodovia BA 001, Trecho Itaparica a Ponte do Funil, e demais estruturas associadas, futuramente designado de forma abreviada por "empreendimento".

O Volume 2 – Diagnóstico Ambiental encontra-se estruturado em três tomos, a saber:

- Tomo 1 – Diagnóstico do Meio Físico;
- Tomo 2 – Diagnóstico do Meio Biótico;
- Tomo 3 – Diagnóstico do Meio Socioeconômico; Restrições Ambientais; Análise Integrada.

O presente documento se constitui do Relatório de Diagnóstico Ambiental do Meio Físico (Tomo 1), elaborado pelo consórcio V&S Ambiental / NEMUS no escopo do EIA/RIMA.

Pretende o mesmo dar resposta ao Edital de Concorrência Pública nº. 001/2013, emitido pela Secretaria do Planejamento/Governo da Bahia/Núcleo de Licitações Contratos e Convênios em abril de 2013, e à Proposta Técnica apresentada pelo Consórcio. O relatório atende igualmente ao disposto no Termo de Referência do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA, aprovado através da Portaria nº 2254 de 13 de março de 2012.

A localização e enquadramento administrativo do empreendimento são apresentados no Caderno de Mapas – Volume 1 – Mapas Gerais (Mapas 1.1 e 1.2).

No presente diagnóstico do meio físico será descrita e analisada a situação atual das variáveis físicas nas áreas de estudo predefinidas relativamente ao empreendimento em avaliação, notadamente as seguintes:

- Classificação climática e meteorologia;
- Qualidade do ar;
- Ruído;
- Geologia e geotecnia;

- Geomorfologia;
- Solos;
- Sismicidade;
- Recursos hídricos superficiais (hidrologia e qualidade da água);
- Recursos hídricos subterrâneos;
- Qualidade dos sedimentos;
- Oceanografia e hidrodinâmica costeira.

O presente Relatório de Diagnóstico abordará e compilará os resultados, para cada uma das componentes físicas definidas, do seguinte:

- Abordagem metodológica;
- Revisão de dados secundários provenientes de estudos e outras fontes de informação;
- Resultados e análise da informação obtida através das coletas de dados primários nas áreas de influência do empreendimento;
- Acervo fotográfico, mapeamento de resultados e outros produtos gráficos (no próprio texto e no Caderno de Mapas – Volume 2 – Mapas Físicos);
- Caracterização da situação de referência.

Sempre que justificável, esta descrição será feita de modo diferenciado para a Área Diretamente Afetada (ADA), Área de Influência Direta (AID) e Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento, que constituem a Área de Estudo predefinida (Capítulo 2 do Volume 1 – Caracterização do Empreendimento).

2. Diagnóstico do Meio Físico

2.1. Classificação climática e meteorologia

2.1.1. Metodologia

O conhecimento e ponderação de **fatores climáticos** nos atos de planejamento, engenharia e arquitetura são um pilar fundamental no desenvolvimento de projetos de grande envergadura, com o fim último de incorporar desde a fase de concepção dados de base que permitam a mitigação de um conjunto de impactos potenciais, não só sobre populações, mas também com consequências econômicas e sociais.

A presente seção objetiva a definição do **referencial climático** da região de estudo, por intermédio da caracterização climática e dos diversos fatores e variáveis que a definem. Ainda que o empreendimento em si possa não influir significativamente nesses fatores, a caracterização climática se constituirá como uma ferramenta de referência para outros descritores ambientais, bem como para o próprio projeto. Considerando a **escala dos fenômenos** tomados em conta nesse descritor, a abordagem metodológica a implementar será feita integrando num só a AII, a AID e a ADA do empreendimento.

A análise climatológica de base parte da avaliação convencionada de valores médios climatológicos históricos compilados para um período representativo de 30 anos. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) dispõe de **Normais Climatológicas** publicadas para dois períodos – 1931-1960 e 1961-1990 –, sustentadas pelas observações da Rede de Observações de Superfície do referido instituto.

Ponderando os critérios de representatividade e relevância para o estudo das áreas de influência do empreendimento, se recorreu às médias históricas do período 1961-1990 da estação meteorológica de **Salvador (Ondina)** para a análise climatológica de base. As restantes estações meteorológicas com normais publicadas para o conjunto de parâmetros de interesse, no Estado da Bahia, estão muito distanciadas da área de estudo, servindo de contexto climático.

Complementarmente, foram analisados os **dados mais recentes** para a mesma estação; embora não totalizando um período de 30 anos, os dados disponíveis permitem estabelecer a análise de variáveis climáticas para um período de 20 anos – 1991-2012 – permitindo assim aferir da tendência climática mais recente.

Porque é importante assegurar uma perspetiva da evolução dos parâmetros meteorológicos em função do seu **afastamento progressivo à ADA do empreendimento**, incluindo a AID e a AII, se recorreu às estações meteorológicas convencionais Alagoinhas e Cruz das Almas, da Rede do INMET, sempre que possível para o período 1993-2012 (período com dados para o conjunto das três estações, salvo exceções). Estas estações correspondem àquelas de maior proximidade à região de estudo e com dados disponíveis. Se faz a caracterização das estações consideradas no quadro seguinte e a sua localização é apresentada na figura seguinte.

Quadro 1 – Estações meteorológicas consideradas no diagnóstico

Código	Estação	Período de dados analisado	Latitude	Longitude	Altitude
83229	Salvador (Ondina)	1961-1990 (valores normalizados)	13°0'S	38°30'W	51,4
		1991-2012 (dados base)			
83249	Alagoinhas	1993-2012 (dados base)	12°16’S	38º33’W	130,9
83222	Cruz das Almas	1993-2012 (dados base)	12°40’S	39°05’W	225,9

Fonte: Adaptado de base de dados do INMET

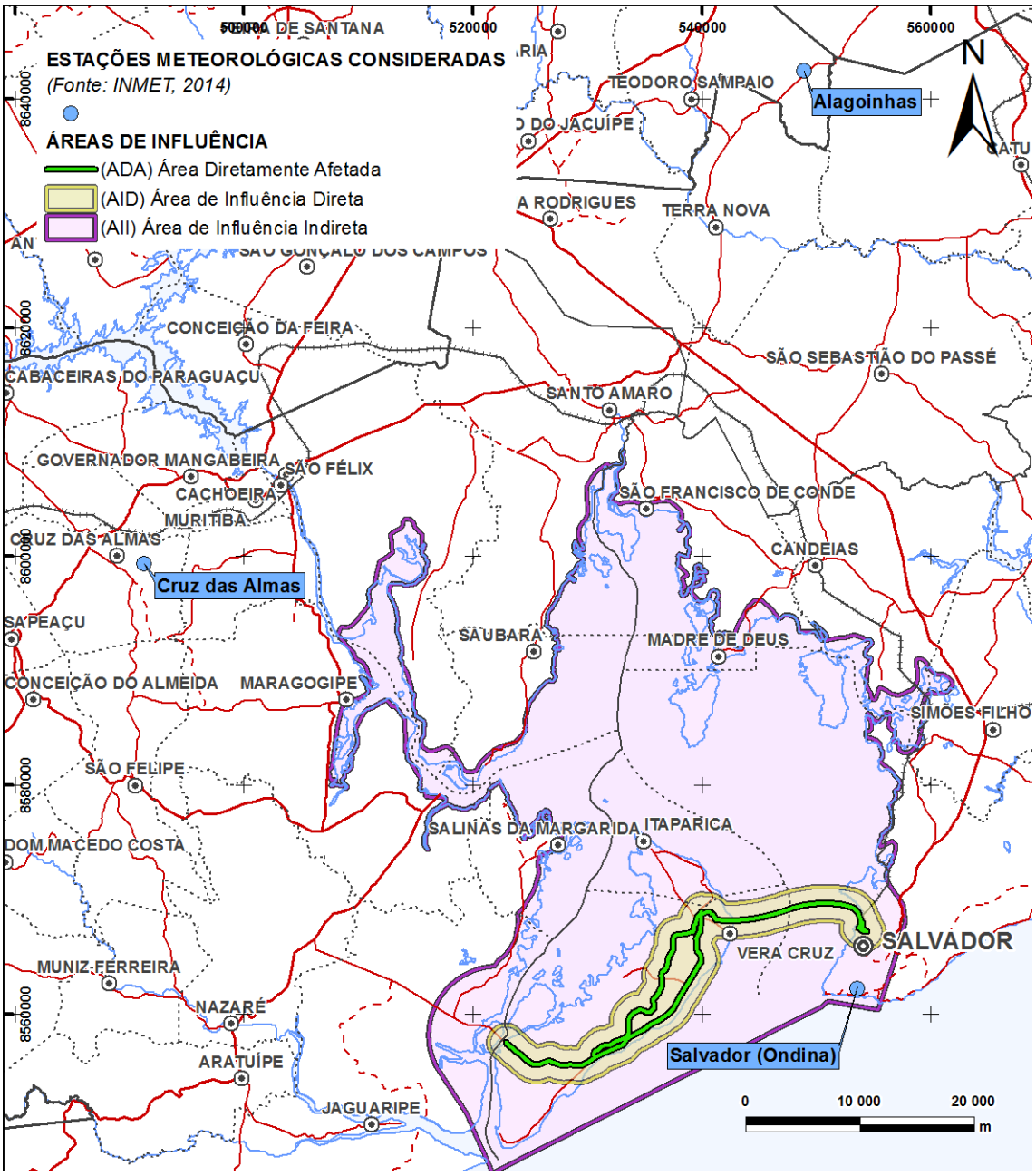


Figura 1 – Localização das estações meteorológicas para análise climatológica

Partindo da compilação e tratamento de um conjunto de dados meteorológicos, estudos de especialidade e outras fontes de informação meteorológica e climática, o presente descritor compreenderá nos subcapítulos que se seguem a caracterização e análise das seguintes **variáveis**:

- Circulação atmosférica e regime de ventos;
- Temperatura do ar;
- Precipitação;

- Umidade relativa do ar;
- Nebulosidade;
- Insolação;
- Evaporação;
- Evapotranspiração e balanço hídrico;
- Classificação climática.

Será então apresentada uma **síntese** das variáveis climatológicas, permitindo concluir acerca da **situação atual** e servindo de base para o estabelecimento de **tendências futuras** para a evolução do clima na região.

2.1.2. Situação atual na AII/AID/ADA

2.1.2.1. Circulação atmosférica e regime de ventos

O conhecimento de um regime de ventos é crucial para o ordenamento territorial e a estrutura de ocupação do solo a definir, dado que são eles que definem a **dispersão** de poluentes atmosféricos e calor, por exemplo, tanto em função da direção como da intensidade. Ou seja, a localização relativa da população face a um conjunto de usos, como sejam indústrias, redes de transportes, áreas logísticas, entre outros, deve atender à sua exposição a poluentes, emissões sonoras ou outros fatores nefastos para receptores sensíveis.

A circulação de ar em uma dada região se deve quer a padrões de circulação de larga escala, quer a fenômenos de mesoescala. O regime de ventos que caracteriza Salvador é muito marcado pela posição da **Zona de Convergência Intertropical** (ZCIT), faixa de baixas pressões em função das elevadas temperaturas. Os padrões de distribuição de pressão definem assim que a norte da ZCIT os ventos Alísios são de nordeste e a sul da ZCIT são de sudeste (Figura 2).

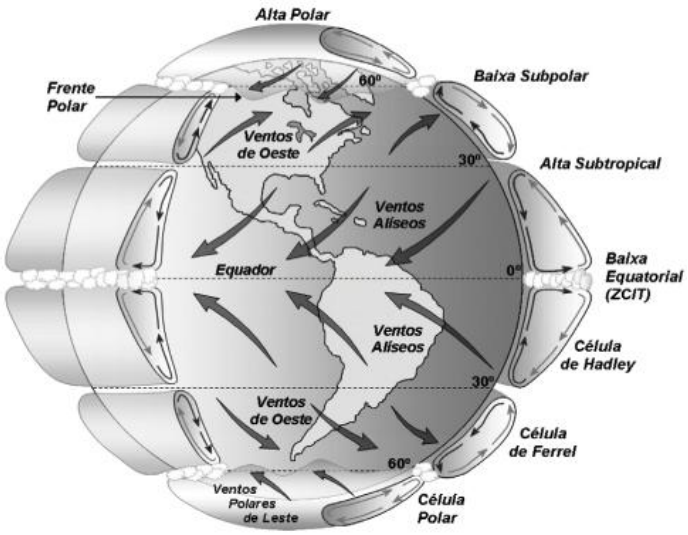
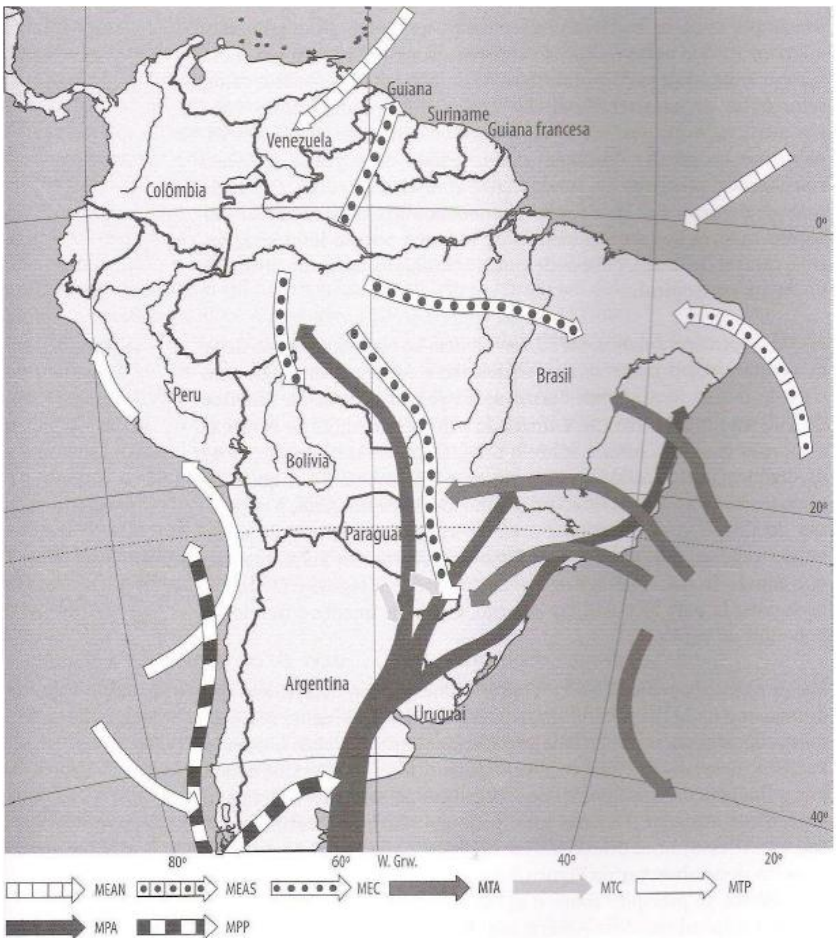


Figura 2 – Modelo conceitual de circulação atmosférica global

A ZCIT afeta o padrão dos ventos Alísios de leste conforme a sua variabilidade interanual em termos de latitude. Durante os meses de inverno, a ZCIT se desloca a norte do equador, favorecendo a ocorrência de Alísios de sudeste. Em conjunto com os sistemas frontais de maior energia, de maior frequência nesta altura do ano, também se intensifica a velocidade dos ventos.

Nos meses de Verão, a ZCIT se desloca para sul do equador, permitindo a ocorrência de Alísios de nordeste, ainda que possam ocorrer ventos de sudeste em função de sistemas frontais.

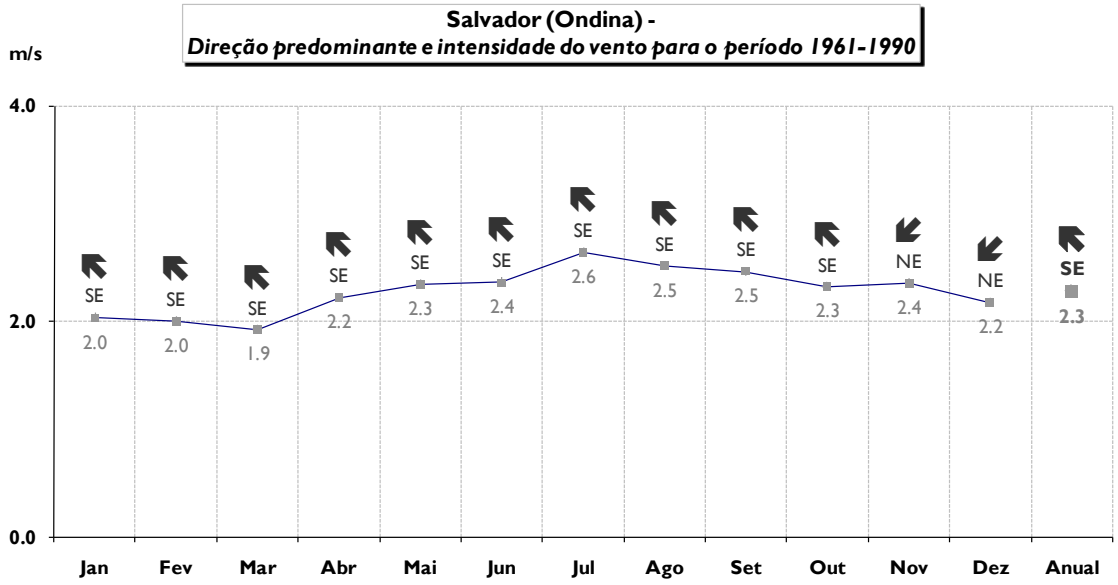
Os **sistemas frontais** mais frequentes resultam de sistemas anticiclônicos da região do Hemisfério Sul e respetiva interação das massas de ar originadas: Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, que origina a Massa Tropical Atlântica, e o Anticiclone Migratório Polar, que origina a Massa Polar Atlântica. Nos meses de inverno, o Anticiclone Migratório Polar tende a se localizar em latitudes menores e, portanto, com maior influência sobre a região de Salvador (intensificando os ventos, de sudeste, e originando frentes frias que precipitam na região com maior intensidade). Durante o Verão, o Anticiclo Semifixo do Atlântico Sul é responsável pela estabilidade do tempo atmosférico, conferindo características de calor e umidade.



Fonte: TOMASINI (2011)
Legenda: MEAN: Massa Equatorial do Atlântico Norte; MEAS: Massa Equatorial do Atlântico Sul; MEC: Massa Equatorial Continental; MTA: Massa Tropical Atlântica; MTC: Massa Tropical Continental; MTP: Massa Tropical Pacífica; MPA: Massa Polar Atlântica; MPP: Massa Polar Pacífica

Figura 3 – Distribuição de massas de ar no Brasil

Os dados compilados quer por intermédio das normais climatológicas para 1961-1990, quer dos dados de base do INMET para 1991-2012, para a estação de Salvador (Ondina) refletem os padrões de circulação supramencionados. Estes dados, representados na figura seguinte e sintetizados no quadro posterior, demonstram a preponderância dos ventos de **direção SE**, com a exceção dos meses de novembro a janeiro na série mais recente (1991-2012).



Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990)

Figura 4 – Perfil dos ventos predominantes (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

Quadro 2 – Direção predominante e velocidade média (m/s) do vento para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

Meses	Direção predominante		Velocidade média (m/s)	
	61-90	91-12	61-90	91-12
Jan	SE	NE	2,0	1,6
Fev	SE	NE/SE	2,0	1,5
Mar	SE	SE	1,9	1,6
Abr	SE	SE	2,2	1,6
Mai	SE	SE	2,3	1,8
Jun	SE	SE	2,4	1,9
Jul	SE	SE	2,6	1,9
Ago	SE	SE	2,5	1,9
Set	SE	SE	2,5	1,9
Out	SE	NE/SE	2,3	1,9

Meses	Direção predominante		Velocidade média (m/s)	
	61-90	91-12	61-90	91-12
Nov	NE	NE	2,4	1,8
Dez	NE	NE	2,2	1,7
Anual	**SE**	**SE**	**2,3**	**1,8**

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990) e Base de dados do INMET (1991-2012)

Temos assim a predominância de **ventos Alísios de sudeste** durante a grande maioria do **ano**, se evidenciando a presença de **ventos de nordeste** nos meses de **Verão**. Nos meses de inverno, se confirmam valores de velocidade média do vento superiores aos restantes meses.

Não obstante, os dados para o período 1991-2012 determinam uma **redução na velocidade média** do vento (ainda que com uma distribuição semelhante – com maior intensidade nos meses de inverno) e uma maior expressão de ventos de nordeste no Verão. O conjunto destes fatores poderá indiciar uma incidência progressivamente menor da influência da Massa Polar Atlântica nos meses de inverno, e de sistemas frontais em geral no Verão, incrementando o peso dos Alísios de nordeste nesta época do ano.

Tal como referido, o contexto climático geograficamente mais próximo é dado pelas estações de Alagoinhas e Cruz das Almas. No quadro seguinte são apresentados os resultados obtidos para estas estações para o período de 1993-2012, em comparação com os resultados do mesmo período para a EC Salvador (Ondina).

Quadro 3 – Direção predominante e velocidade média (m/s) do vento para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina)

Meses	Alagoinhas		Cruz das Almas		Salvador (Ondina)	
	Direção	Velocidade média (m/s)	Direção	Velocidade média (m/s)[1]	Direção	Velocidade média (m/s)
Jan	E	2,2	SE/E	3,5	NE	1,6
Fev	E	2,0	SE	3,3	NE/SE	1,6
Mar	C/E	1,8	SE	3,3	SE	1,6
Abr	C	1,6	SE	3,1	SE	1,6
Mai	C	1,5	SE	3,0	SE	1,8
Jun	C	1,5	SE/S	3,1	SE	1,9
Jul	C	1,6	SE	3,1	SE	1,9
Ago	C	1,7	SE	3,5	SE	1,9
Set	C	2,0	SE	3,6	SE	1,9
Out	E	2,2	SE	3,9	NE/SE	1,9
Nov	E	2,3	SE/E	3,8	NE	1,8
Dez	E	2,2	E	3,6	NE	1,7
Anual	**C**	**1,9**	**SE**	**3,4**	**SE**	**1,8**

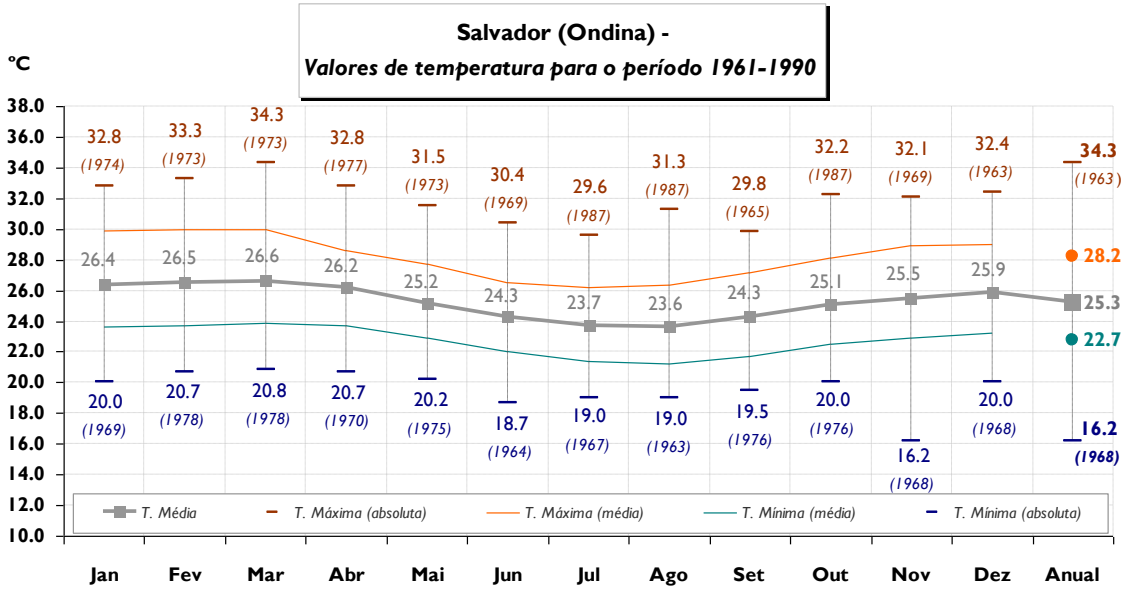
[1]: Cruz das Almas – 1993-2007 para velocidade média do vento.
Fonte: Base de dados do INMET (1993-2012)

A distribuição estatística da direção predominante e velocidade média do vento ao longo do ano para as estações de contexto permitem sublinhar a **influência da Baía** de Todos os Santos e das **massas de ar marítimo** no escoamento atmosférico regional. Enquanto a estação mais interior (Alagoinhas) registra direções de vento mais frequentemente indefinidas, apesar de se localizar a uma altitude mais elevada, a estação de Cruz das Almas é influenciada fortemente pela afluência de massas de ar provenientes da direção da baía ao longo de todo o ano, variando ligeiramente a sua direção de acordo com o comportamento das frentes atmosféricas (Sul em junho e Leste entre novembro e janeiro).

2.1.2.2. Temperatura do ar

A temperatura média do ar é um dos fatores cuja análise é fundamental numa abordagem climática, sendo dependente de outros parâmetros como **insolação**, **umidade** e regimes de **circulação atmosférica**. Neste subcapítulo se analisam as temperaturas médias mensais, média das temperaturas máximas e média das temperaturas mínimas, importantes na definição do clima da região.

A variação da **temperatura média mensal** obtida na estação meteorológica de Salvador (Ondina), de acordo com as normais climatológicas publicadas pelo INMET, consta na Figura 5. Nesta mesma figura se apresentam ainda os valores médios e absolutos das **temperaturas máximas e mínimas** (valores mensais e anuais para o período 1961-1990).



Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990)

Figura 5 – Valores de temperatura máxima, média e mínima (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

Da análise da figura anterior se conclui que **não se observa uma demarcação clara de estações**. De fato, a amplitude média mensal (diferença entre o valor da temperatura média do ar do mês mais quente e a temperatura média do ar do mês mais frio) máxima é inferior a 3ºC, variando entre um máximo de 26,6ºC em março e 23,6ºC em agosto.

As médias das temperaturas máximas e mínimas mensais acompanham a evolução da temperatura média mensal, rondando também para estas um diferencial de 3ºC face ao valor médio mensal, que se reflete nos valores anuais (25,3ºC de temperatura média anual, cujas médias de temperaturas máximas e mínimas se situam nos 28,2ºC e os 22,7ºC).

Ainda que a variabilidade de valores extremos de temperatura média seja muito reduzida, os meses mais quentes se verificam entre novembro e abril (com os valores mais elevados a ocorrerem em fevereiro e março – coincidentes com a ocorrência dos maiores valores de temperatura máxima absoluta).

Os meses de menor temperatura média mensal correspondem a julho e agosto. Em termos de temperatura mínima absoluta mensal, são também evidentes valores muito constantes, a rondar os 19-20ºC. O valor mínimo absoluto registrado em novembro de 1968, atingindo os 16,2ºC, se destaca como um valor excepcional na tendência verificada nos restantes parâmetros de temperatura.

Estas condições são justificadas pela **forte influência atlântica**, aliado à **latitude**. A proximidade ao equador aumenta a incidência solar e a constância de temperaturas médias mais elevadas face a outras latitudes, promovendo a baixa variação térmica.

Cumulativamente, a proximidade imediata ao oceano da região em estudo intensifica o seu **efeito modulador** sobre as temperaturas. A ocorrência de temperaturas extremas é amenizada pela regulação térmica que a massa de água atlântica assegura, efeito que ocorre também graças ao efeito da Baía de Todos os Santos sobre regiões mais interiores da área de estudo. A conservação de energia térmica pelas massas de água (ao contrário da perda e ganho rápido de energia do solo, em função dos períodos diurno e noturno) influencia o clima circundante, diminuindo a oscilação de temperatura nas áreas sob a sua influência e promovendo o equilíbrio térmico.

No Quadro que se segue é apresentada a comparação entre os valores obtidos para a estação de Salvador (Ondina) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012, com destaque para o incremento ou decréscimo dos valores registrados para 1991-2012 face aos valores de 1961-1990.

Quadro 4 – Valores médios de temperatura do ar (ºC) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

Meses	Temperatura Média Mensal (ºC)		Média Temperaturas Máximas Mensais (ºC)		Média Temperaturas Mínimas Mensais (ºC)	
	61-90	91-12	61-90	91-12	61-90	91-12
Jan	26,4	26,9	29,9	31,0	23,6	23,8
Fev	26,5	27,1	30,0	31,0	23,7	24,0
Mar	26,6	27,1	30,0	30,8	23,9	24,1
Abr	26,2	26,4	28,6	29,5	23,7	23,5
Mai	25,2	25,4	27,7	28,2	22,9	22,8
Jun	24,3	24,3	26,5	27,1	22,0	21,9
Jul	23,7	23,7	26,2	26,6	21,4	21,2
Ago	23,6	23,6	26,4	26,7	21,2	21,0
Set	24,3	24,4	27,2	27,7	21,7	21,5
Out	25,1	25,4	28,1	29,1	22,5	22,5
Nov	25,5	26,0	28,9	29,8	22,9	23,0
Dez	25,9	26,6	29,0	30,7	23,2	23,5
Anual	**25,3**	**25,6**	**28,2**	**29,0**	**22,7**	**22,7**

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990); Base de dados do INMET (1991-2012)

Como esperado, é observado um **ligeiro aumento dos valores médios** mensais e um **extremar dos valores máximos e mínimos** – ou seja, um incremento dos valores médios dos máximos mensais durante todo o ano e uma diminuição dos valores médios dos mínimos mensais nos meses de menor temperatura média. Será de esperar a manutenção desta tendência, ainda que mitigada pelo efeito da litoralidade, que atenua as variações térmicas.

O descrito comportamento térmico ao longo do ano é corroborado pelos registros das estações de Alagoinhas e Cruz das Almas, cujos valores médios são sintetizados na figura seguinte para o período de 1993-2012, contextualizados pelos valores para a estação de Salvador (Ondina) no mesmo período.

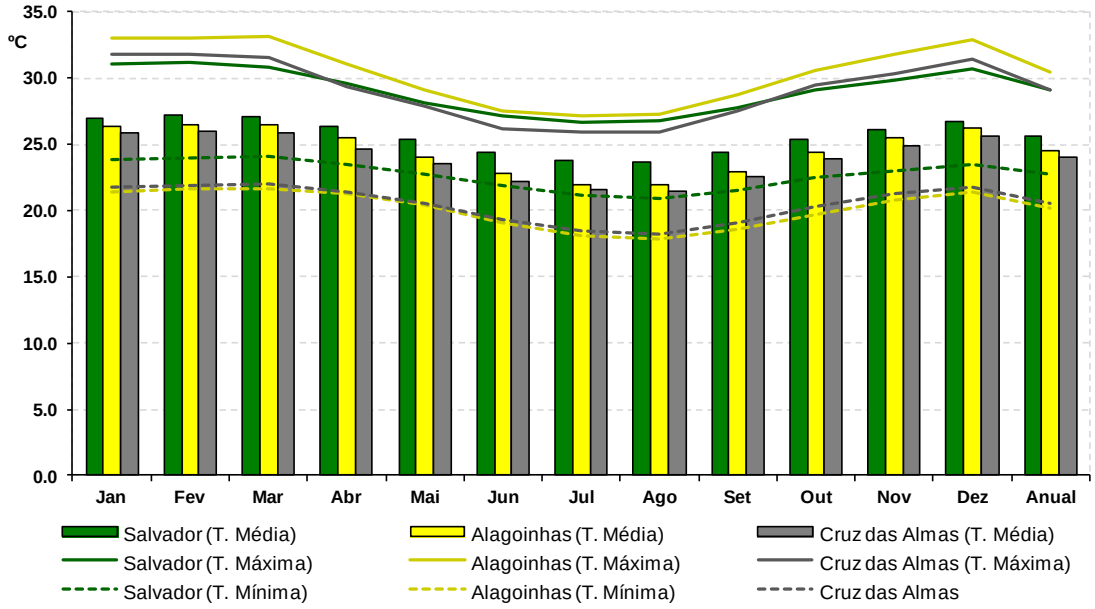


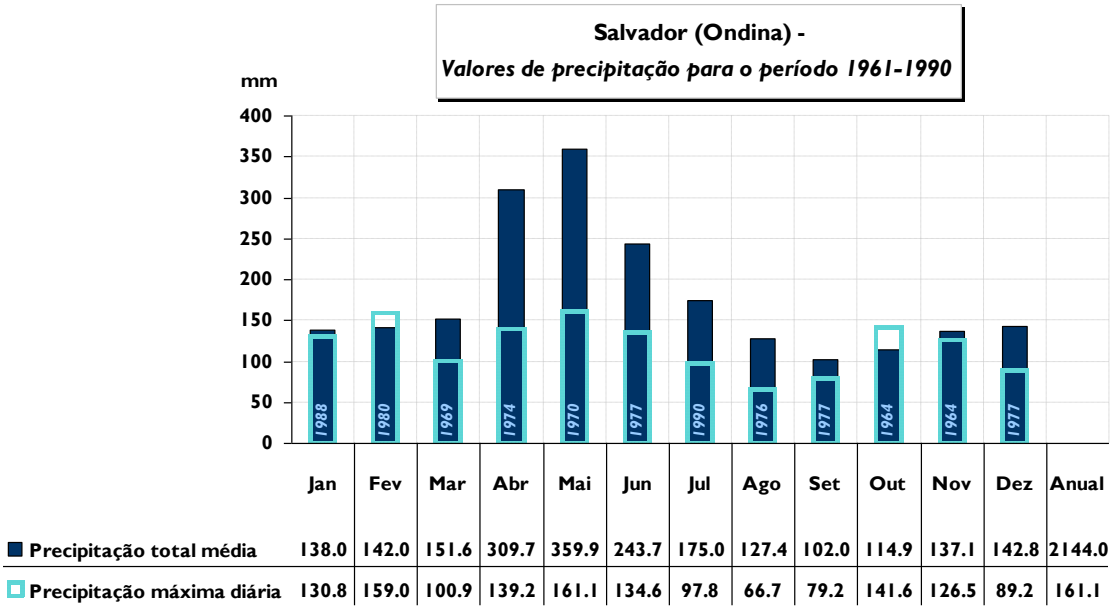
Figura 6 – Valores de temperatura média mensal, máxima média mensal e mínima média mensal para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina)

Se assinala a preponderância do **efeito termorregulador de grandes massas de água** na proximidade das estações consideradas. Apesar de apresentar valores absolutos mais baixos para as três variáveis, a variação térmica registrada na estação de Cruz de Almas é mais elevada que a das restantes estações, chegando mesmo a se verificar valores de temperatura máxima mais elevada que na estação de Salvador nos meses de outubro a março.

2.1.2.3. Precipitação

A precipitação varia de local para local de acordo com os diversos fatores que a condicionam. Entre estes fatores, se destacam a **altitude**, a **distância** ao oceano e a outras massas de água, a posição relativa à **orografia** (a montante ou a jusante do vento) e a **circulação atmosférica** de larga escala e local, entre outros.

Na figura (e quadro adjacente) seguinte se observam os dados referentes à precipitação média total e máxima diária mensal e anual para a estação meteorológica de Salvador (Ondina) para o período 1961-1990.



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Precipitação total média	138.0	142.0	151.6	309.7	359.9	243.7	175.0	127.4	102.0	114.9	137.1	142.8	2144.0
Precipitação máxima diária	130.8	159.0	100.9	139.2	161.1	134.6	97.8	66.7	79.2	141.6	126.5	89.2	161.1

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990)

Figura 7 – Valores de precipitação total média e precipitação máxima diária (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

Se destaca a ocorrência de **valores consideráveis** de precipitação média mensal, que resultam num total acumulado anual de mais de 2100 mm. Mesmo nos meses de menor precipitação – setembro e outubro – os valores históricos mensais médios se situam acima dos 100 mm de precipitação. Já entre abril e julho, o acumulado de precipitação deste período representa cerca de 50% da precipitação acumulada anual.

A distribuição pluviométrica anual evidenciada é explicada sobretudo pela ocorrência de correntes de ar de leste, propagadas nos alísios de sudeste, e migração de frentes frias de sul (ver ponto 2.1.2.1 para maior detalhe), transportando as **massas de ar úmidas** para a costa baiana e, em particular, para a região costeira de Salvador.

A nível local, a **reduzida amplitude térmica e valores de temperatura média elevadas** exponenciam a evaporação e umidade do ar, favorecendo a ocorrência de precipitações.

Em função do exposto, cumulativamente a fenômenos de instabilidade sazonais como *El Niño, La Niña* e variações da temperatura da superfície do Atlântico, se justifica também a ocorrência de episódios de **precipitação máxima diária muito significativa** na generalidade dos meses para o período entre 1961 e 1990. Em oito dos meses (janeiro-junho e outubro-novembro) do período de análise se registraram

valores máximos diários superiores a 100 mm, cujo valor mais elevado foi registrado em 1970, no mês de junho – 161,1 mm.

No quadro seguinte se apresentam as normais relativas a dias com precipitação superior a 1 mm e número de períodos de dias secos (3/5/10 dias consecutivos sem precipitação), consubstanciando as considerações anteriores.

Quadro 5 – Valores relativos a dias com precipitação e períodos de dias secos (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

Mês		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	*Anual*
Nº dias com P ≥ 1 mm		10	13	16	17	20	19	20	15	12	10	11	10	*173*
N.º períodos de *n* dias secos	3 dias	2,6	2,1	2,0	1,9	1,2	1,2	1,1	2,2	1,9	2,9	3,2	2,8	*25,1*
	5 dias	1,5	1,2	1,1	0,6	0,5	0,5	0,7	0,9	1,1	1,6	1,6	1,7	*13,0*
	10 dias	0,5	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,2	0,4	*2,4*

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990)

Legenda:

Valores máximos

Valores mínimos

De acordo com os dados compilados, se salienta que:

- Quase **metade** dos dias do ano registra precipitação superior a 1 mm;
- Mesmo nos meses com menor número de dias com precipitação, é **rara** a ocorrência de períodos de 10 dias secos consecutivos (1/3 do mês);
- Novembro é o mês com mais períodos de 3 dias consecutivos sem chuvas – 32 ocorrências em 10 anos –, ao passo que janeiro registra um máximo de 5 ocorrências a cada 10 anos de 10 dias consecutivos sem chuvas;
- O período de maio a julho é mais chuvoso – a rondar os 20 dias com precipitação superior a 1 mm por mês;
- O período de outubro a janeiro é o **menos chuvoso,** por registrar o maior número de períodos com dias consecutivos sem precipitação e o menor número de dias com precipitação superior a 1 mm por mês.

A informação supracitada permite delimitar um período menos chuvoso na região de Salvador entre **outubro e janeiro**, correspondendo o período mais chuvoso a **maio-julho**, em função da frequência de precipitação registrada.

Um das formas expeditas de determinar e confirmar a definição de períodos secos e úmidos para uma dada localização é por intermédio do **diagrama ombrométrico de Gaussen**. O gráfico permite a individualização de um período do ano em que a pluviosidade mensal é menor que o dobro da temperatura média, denominado período Xérico, ou seja, comumente típico de meses secos.

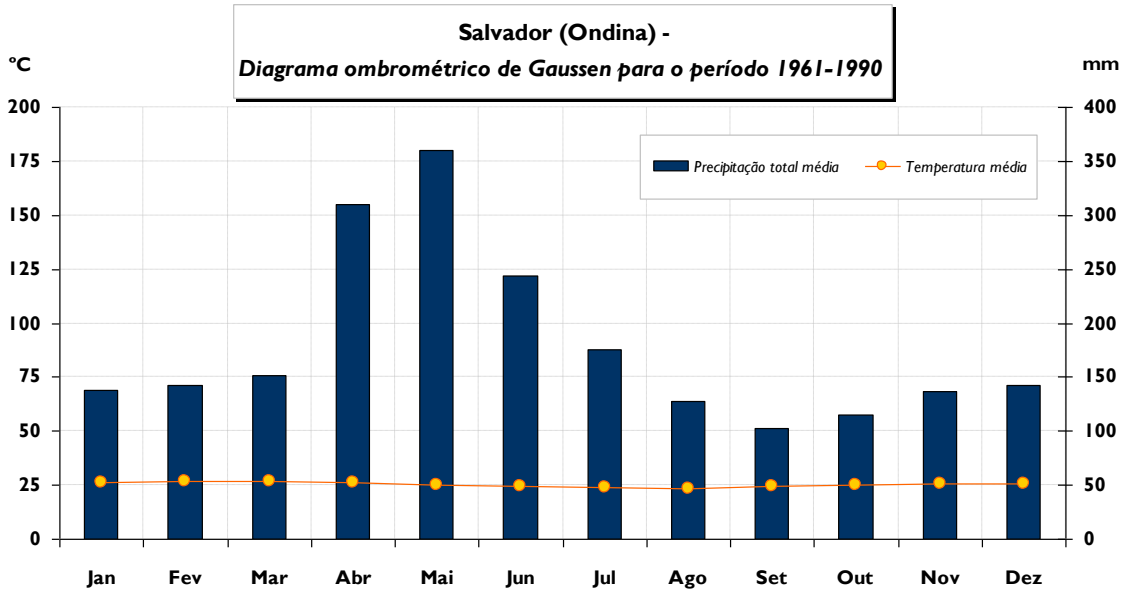


Figura 8 – Diagrama ombrométrico de Gaussen para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

Não sendo possível identificar um período Xérico típico (em que a pluviosidade mensal seja menor que o dobro da temperatura média), assinala-se a ocorrência de um período menos chuvoso entre **agosto e fevereiro** e mais chuvoso entre **abril e junho**, em função do volume de precipitação registrado.

A tendência para o período mais recente, delimitado entre 1991 e 2012, indicia uma redução da precipitação média mensal anual, com significado sobretudo nos meses de novembro a fevereiro. Por outro lado, nos meses entre junho e agosto se dá um acréscimo, conforme se observa no Quadro seguinte.

Quadro 6 – Valores de precipitação média mensal (mm) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
61-90	138,0	142,0	151,6	309,7	359,9	243,7	175,0	127,4	102,0	114,9	137,1	142,8	2144,0
91-12	79,2	111,6	147,1	299,0	293,6	246,4	198,7	134,1	98,9	95,8	109,3	53,3	1867,2

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990); Base de dados do INMET (1991-2012)

Daqui resulta uma **modificação do padrão de distribuição da precipitação** ao longo do ano, mantendo-se os meses de abril a julho como os meses de maior precipitação, mas se manifestando mais recentemente como os meses com menor pluviosidade os de dezembro e janeiro.

O número de dias de chuva por mês (i.e., com precipitação superior ou igual a 1 mm) permite contextualizar a evolução da **intensidade e frequência** de precipitações através da consideração dos seus registros médios, tal como apresentado no quadro seguinte para os períodos 1961-1990 e 1991-2012, sendo assinalados as reduções e acréscimos aplicáveis aos valores médios.

Quadro 7 – Valores de número de dias de chuva por mês para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

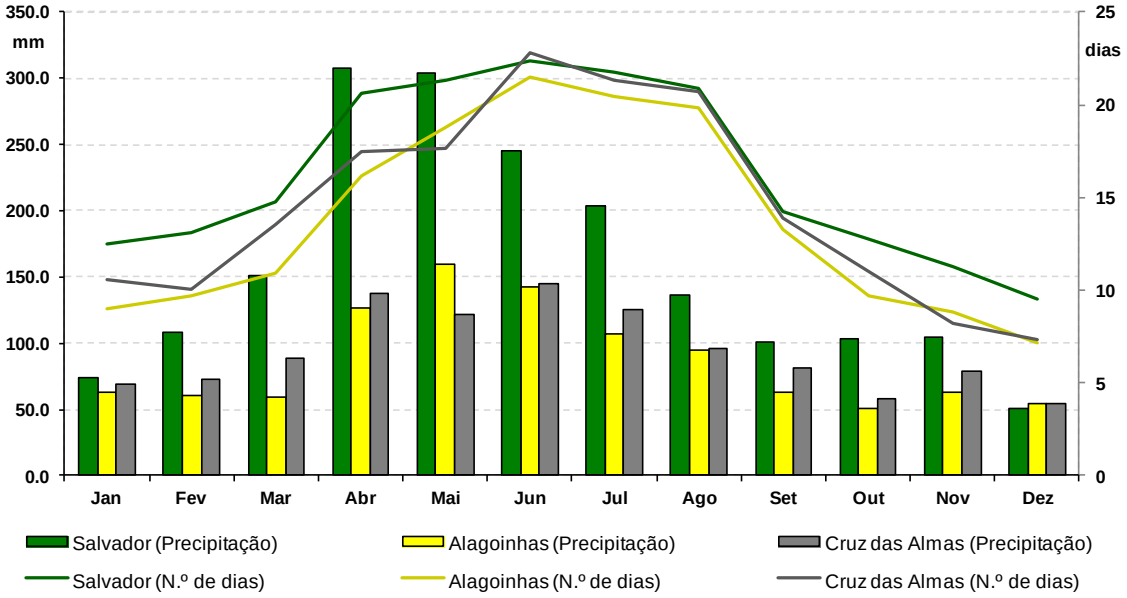
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
61-90	10	13	16	17	20	19	20	15	12	10	11	10	173,0
91-12	12,5	13,6	15,0	20,4	21,2	22,8	21,8	20,7	14,5	12,4	11,2	9,4	195,4

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990); Base de dados do INMET (1991-2012)

Em comparação com o período de referência das Normais Climatológicas, os dados mais recentes evidenciam um **aumento de frequência** de precipitação, embora com valores extremos de distribuição de número de dias de chuva por mês bastante afastados. Se assinala que a este aumento generalizado de frequência de dias de chuva está associada uma **diminuição da precipitação média mensal** (tal como apresentado no Quadro 6), o que aponta para uma **diminuição da sua intensidade**.

Com a consideração das estações de contexto climático, se obtém o enquadramento de acordo com os dados obtidos no período 1993-2012 no que diz respeito a precipitação mensal média e ao número médio de dias por mês com precipitação. Estes resultados, sintetizados na figura seguinte, permitem concluir que a **proximidade** à Baía de Todos os Santos da estação de Salvador representa o fator

mais importante para a abundância de precipitação, especialmente nos meses menos úmidos. É também interessante verificar que o efeito da distância a massas de água de grande extensão, maior para a estação de Cruz das Almas, é compensado presumivelmente por efeito de maior **altitude**, ao apresentar valores semelhantes aos de Alagoinhas.



Fonte: Base de dados do INMET (1993-2012), exceto para número de dias com precipitação em Cruz das Almas (2000-2012)

Figura 9 – Valores de precipitação mensal média e número médio de dias por mês com precipitação para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina)

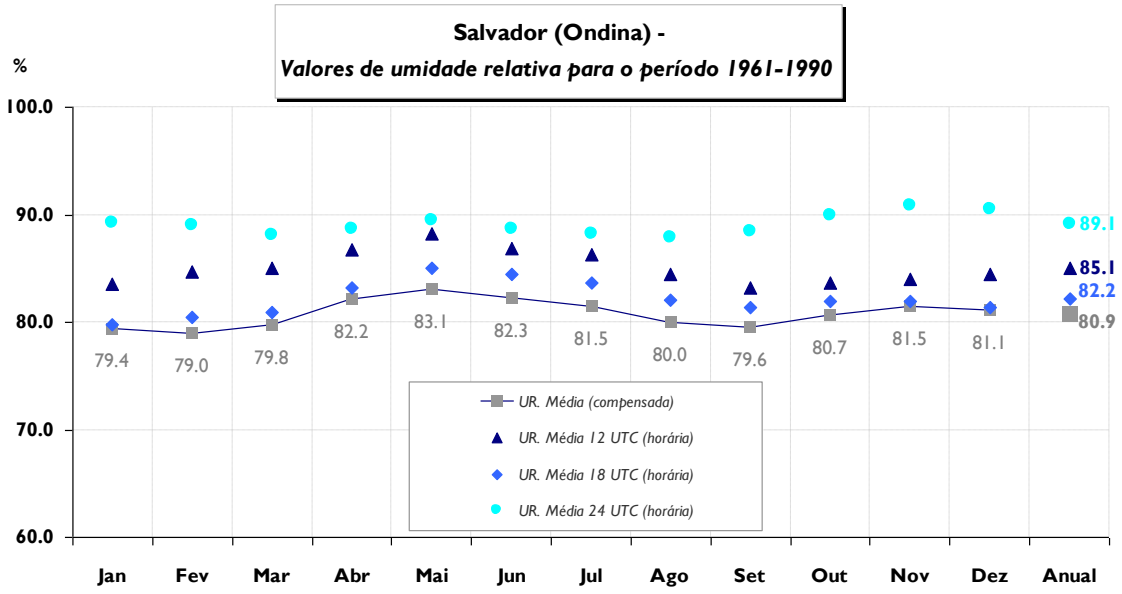
2.1.2.4. Umidade relativa do ar

A umidade do ar corresponde à quantidade de vapor de água na atmosfera resultante da **evaporação** das superfícies aquáticas e do solo, da transpiração dos seres vivos e das combustões, estando intimamente relacionada com a **temperatura** e a existência de **água** disponível na superfície.

Este fator tem um potencial elevado de **desconforto** para as populações; por exemplo, em condições de tempo quente (como é o caso de Salvador, com uma temperatura média mensal anual superior a 25ºC) elevados níveis de umidade relativa do ar minimizam as perdas corporais por evaporação, limitando assim a regulação

térmica do corpo. Este problema se reflete igualmente ao nível do **edificado** e requer o devido ajuste das soluções urbanísticas e arquitetônicas.

A umidade relativa do ar medida na estação meteorológica de Salvador (Ondina) se encontra expressa na Figura seguinte. Os dados refletem o estado hidrométrico do ar em três períodos distintos: 12 UTC, 18 UTC e 24 UTC. Se apresenta ainda o valor médio compensado.



Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990)

Figura 10 – Valores de umidade relativa (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

Reportando a valores médios, se verifica que a média anual compensada ronda os 80%, variando entre os 79% e os 83%, um **valor elevado** que reflete o clima quente e úmido de Salvador. Os valores registrados para as 24 UTC rondam inclusive, no decurso do ano, os cerca de 90%.

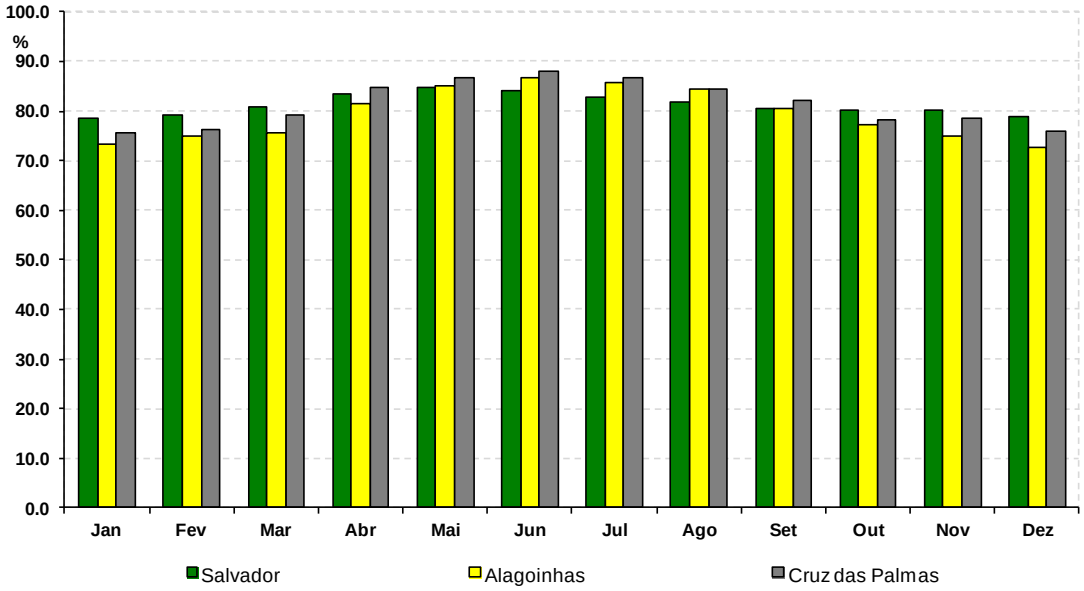
Observando os valores de umidade relativa do ar média para o período 1991-2012, Se verifica que a variação de **umidade** se relaciona com a variação de **temperatura**, uma vez que há uma sobreposição genérica entre os meses em que a variação de temperatura mínima mensal é positiva e os meses em que se verificam decréscimos de umidade relativa do ar. Do balanço da variação da distribuição média mensal resulta um acréscimo anual médio de 0,4%.

Quadro 8 – Valores de umidade relativa do ar média (%) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
61-90	79,4	79,0	79,8	82,2	83,1	82,3	81,5	80,0	79,6	80,7	81,5	81,1	**80,9**
91-12	78,7	79,5	80,8	83,2	84,4	84,2	82,6	81,6	80,5	79,8	80,3	79,2	**81,2**

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990); Base de dados do INMET (1991-2012)

Se apresentam na figura seguinte os valores de umidade relativa do ar média para as três estações de monitoramento consideradas, onde se destaca a **estabilidade** dos resultados ao longo do ano e a **proximidade entre registros** das três estações, apresentando todas valores altos variando entre 73% e 88%. Ainda assim, se assinalam os comportamentos mais variantes das estações mais interiores, demonstrando a maior estabilidade da umidade relativa do ar em Salvador e junto da Baía de Todos os Santos.



Fonte: Base de dados do INMET (1993-2012), exceto para Cruz das Almas (1993-2003)

Figura 11 – Valores de umidade relativa do ar média para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina)

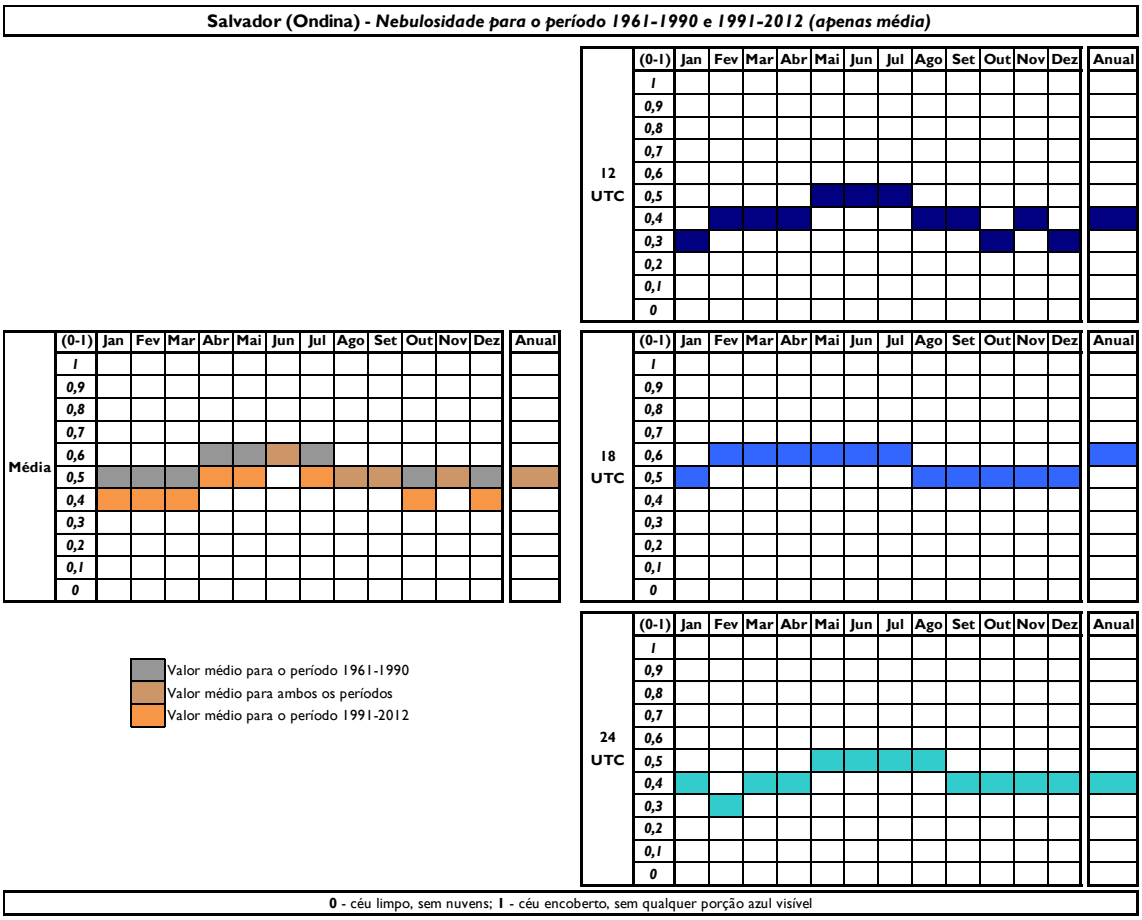
2.1.2.5. Nebulosidade

O nível de nebulosidade registrado em um determinado contexto climático está fortemente associado aos perfis de variação de **temperatura** e **umidade relativa** e aos regimes de **circulação atmosférica** regionais.

Em Salvador, como descrito anteriormente, registram-se valores de temperatura e umidade relativa **elevados** e relativamente **constantes** ao longo do tempo, não sendo identificáveis períodos secos no que diz respeito à precipitação.

Este comportamento resulta da **circulação atmosférica** e regime de ventos dominantes da região, que contribuem com o transporte de massas de ar marítimo que, apresenta-se saturado em vapor de água, dá origem à formação de nebulosidade persistente sobre as zonas continentais. Este comportamento é validado pelos dados recolhidos na estação meteorológica de Salvador (Ondina) apresentados na figura seguinte, assinalando-se que o valor de nebulosidade é relativamente constante ao longo dos meses do ano, com máximos entre abril e julho.

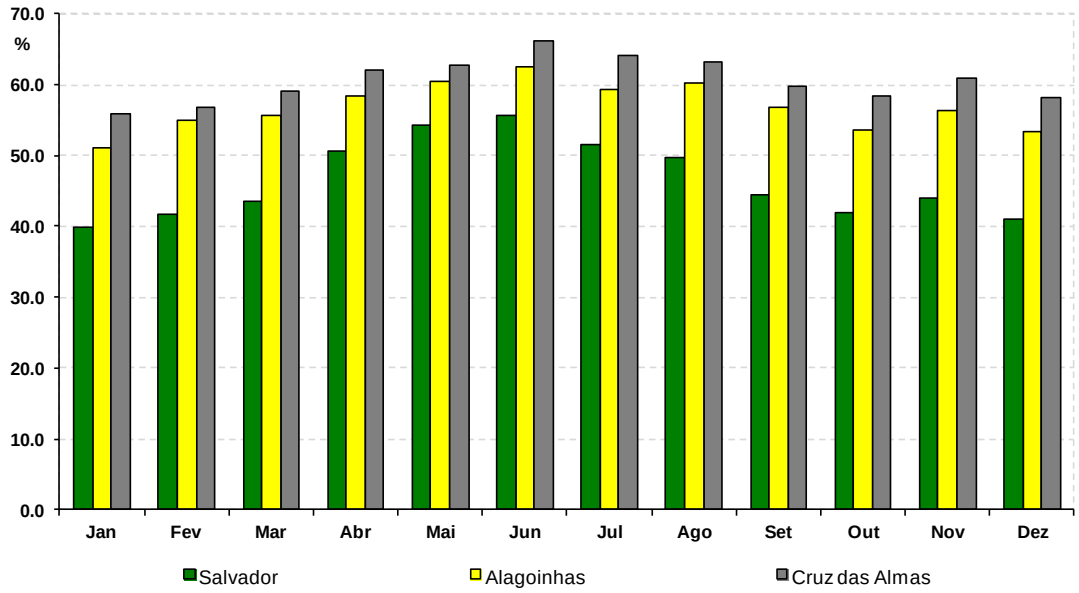
Na comparação entre os períodos de 1961-1990 e 1991-2012, se destaca a **redução consistente** da nebulosidade, em particular para os meses entre dezembro e maio, mantendo ainda assim um regime de nebulosidade relativamente dominante ao longo de todo o ano.



Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990); Base de dados do INMET (1991-2012)

Figura 12 – Nebulosidade decimal (mensal/anual) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

Na comparação com as estações de contexto apresentada na figura seguinte, a **altitude** das estações parece ser o parâmetro com maior influência, o que se enquadra no processo físico de condensação e formação de nuvens. Tanto para Alagoinhas como para Cruz das Almas, o valor de nebulosidade mensal é muito regular ao longo do ano, com uma diferença entre máximo e mínimo de cerca de 10 pontos percentuais. No caso da estação de Salvador, esta abrangência de valores médios atinge os 16 pontos percentuais (entre 40% e 56%), sublinhando a relevância da influência direta das massas de ar marítimas e da altitude próxima do nível do mar.



Fonte: Base de dados do INMET (1993-2012)

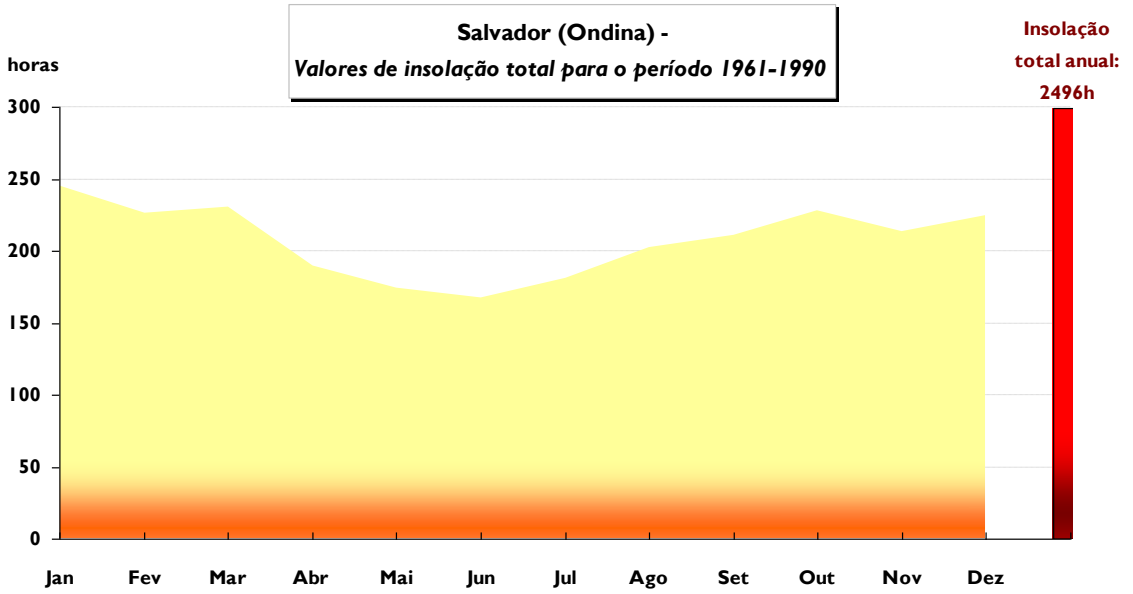
Figura 13 – Valores de nebulosidade média mensal para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina)

2.1.2.6. Insolação

A insolação representa uma medida da radiação solar incidente; neste caso, será apresentada como o número de horas de sol mensal e anual. Uma vez que serve de interface entre a superfície terrestre e a radiação incidente, a atmosfera e a sua **nebulosidade** desempenham um papel relevante na modulação deste parâmetro.

A insolação tem influência direta nos valores de **temperatura do ar** mas, no contexto do presente diagnóstico, importando ainda referir o seu contributo, sobretudo em áreas urbanas, na **maximização das temperaturas urbanas** sentidas em função dos fenômenos de reflexão em superfícies pavimentadas e edificações, cumulativamente com condições de menor circulação do ar – potenciando assim a formação de ilhas de calor urbanas.

A variação da insolação total mensal obtida na estação meteorológica de Salvador (Ondina), de acordo com as normais climatológicas publicadas pelo INMET, consta na figura seguinte.



Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990)

Figura 14 – Insolação total (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

Dada a interdependência entre os valores de insolação e temperatura, a sua tendência é análoga ao longo do ano, sendo mais elevada nos meses de verão do que nos meses de inverno.

Olhando para os valores absolutos de insolação total mensal, e considerando o fotoperíodo médio associado à latitude de Salvador, se observa que se atinge em janeiro (valor máximo mensal de insolação) mais de 60% do fotoperíodo mensal médio disponível para esse mês (a rondar as 400 horas de luz diária). Já em julho, este percentual desce para cerca de 50%. O valor anual de 2496 h de insolação total corresponde a cerca de **56% do número de horas de sol disponíveis** anualmente.

Estes valores são coerentes com os valores disponíveis relativos a nebulosidade (seção anterior) e indicam também (sobretudo para os valores associados às 12 UTC) que a referência anual aponta para cerca de metade do céu consistentemente coberto de nuvens, ao longo do ano.

No que se refere ao período analisado de dados mais recentes – 1991-2012 – registra-se uma **redução de cerca de 5%** no valor total anual de insolação, o que corresponde a cerca de 54% do número de horas de sol disponíveis anualmente.

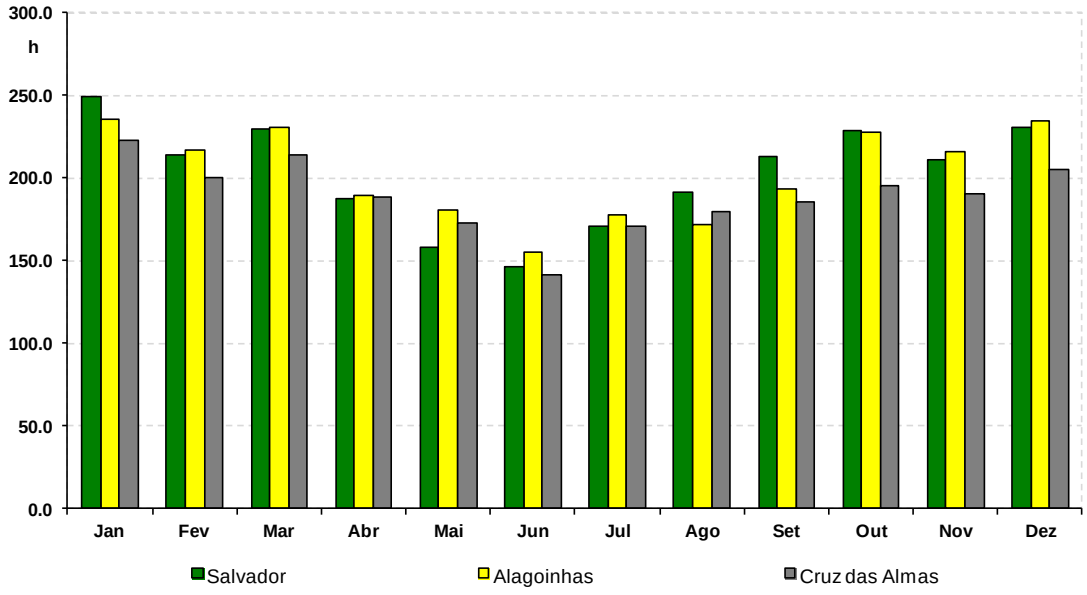
Quadro 9 – Valores de insolação total (h) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
61-90	245,6	226,4	231,1	189,7	174,3	167,2	181,2	202,6	211,4	228	213,6	224,7	**2495,8**
91-12	242,3	211,1	229,8	189,5	162,3	147,3	171,5	191,2	210,5	232,7	207,6	228,9	**2377,0**

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990); Base de dados do INMET (1991-2012)

No contexto regional, a estação de Salvador apresenta valores de insolação equiparáveis aos de Alagoinhas, algo mais elevados que os registrados na estação de Cruz das Almas, como se apresenta na figura seguinte. Tal efeito deverá ser resultante da maior preponderância de **nebulosidade** descrita anteriormente para esta estação, de acordo com a sua maior **altitude**.

Registra-se ainda a incompletude das séries de valores recolhidos para a insolação média mensal, em particular para a estação de Alagoinhas (132 valores disponíveis em 156 valores aplicáveis no período 1993-2005).

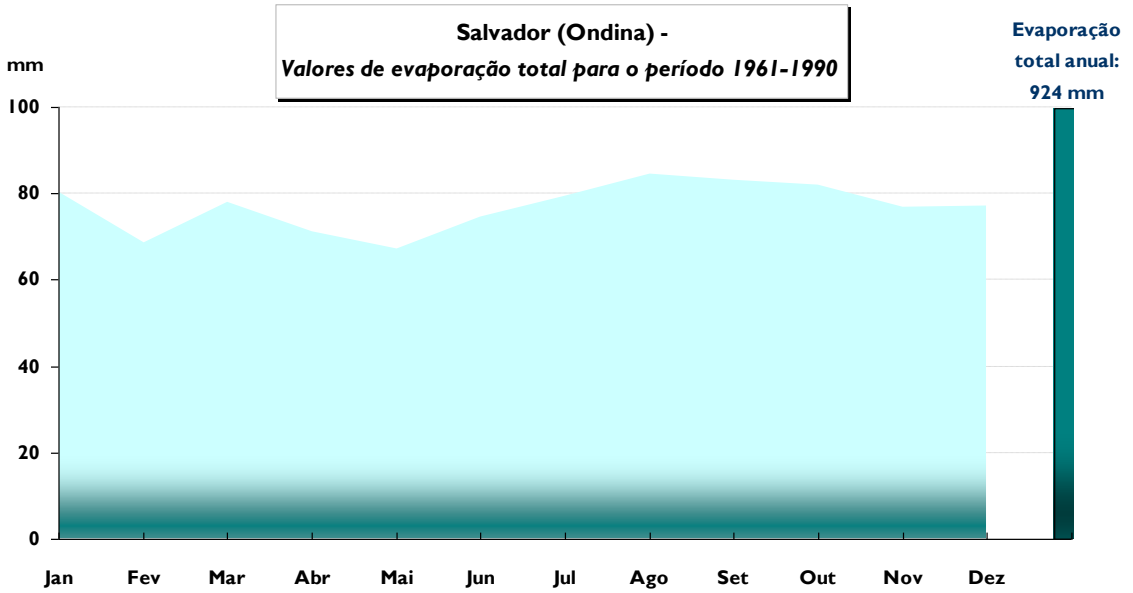


Fonte: Base de dados do INMET (1993-2012), exceto para Alagoinhas (1993-2005)

Figura 15 – Valores de insolação média mensal para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina)

2.1.2.7. Evaporação

A evaporação está fortemente relacionada com o regime de **ventos**, **temperatura** e **umidade relativa**. No caso do clima baiano em geral e para Salvador em particular, em que se verificam condições tropicais bem definidas, está associada uma evolução relativamente constante da evaporação ao longo dos meses do ano, tal como caracterizado pelos registros de evaporação mensal média sintetizados na figura seguinte.



Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990)

Figura 16 – Evaporação total (mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

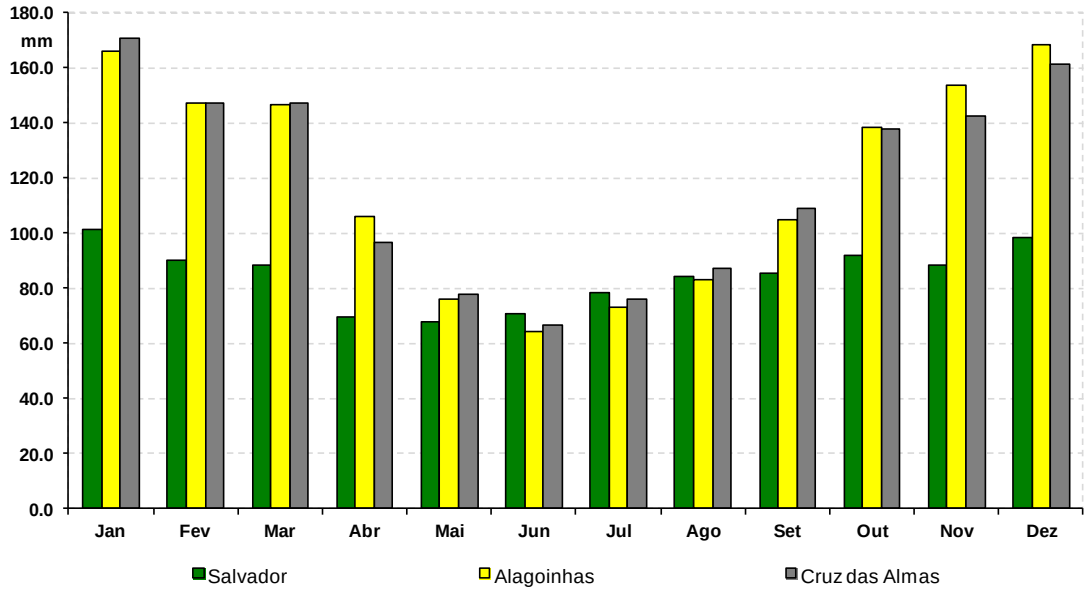
Na comparação de períodos de referência, se assinala que para os dados disponíveis para o período 1991-2012 a tendência é de **aumento** exceto para os meses de abril, junho e julho, sendo atingido um valor anual médio de 958,3 mm de evaporação (aumento de quase 10% em comparação com as normais climatológicas de 1961-1990), devido a aumentos particularmente importantes nos meses de outubro a março.

Quadro 10 – Valores de evaporação total (mm) para os períodos 1961-1990 e 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
61-90	80,4	68,7	78,1	71,2	67,1	74,7	79,5	84,6	83,3	82,0	76,8	77,2	**923,6**
91-12	99,5	88,7	88,4	70,0	68,8	70,3	79,0	85,6	86,1	93,1	88,8	97,2	**958,3**

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990); Base de dados do INMET (1991-2012)

No contexto regional, a estação de Salvador registrou nos meses de setembro a maio do período 1993-2012 valores bastante inferiores aos registrados nas estações de contexto (Alagoinhas e Cruz das Almas), sendo também valores mais estáveis ao longo de todo o ano. Este comportamento demonstra a forte influência da **proximidade** à Baía de Todos os Santos, onde o ar será tendencialmente mais saturado em vapor de água, dificultando a ocorrência de evaporação mesmo com temperaturas marginalmente mais elevadas.



Fonte: Base de dados do INMET (1993-2012)

Figura 17 – Valores de evaporação média mensal para o período 1993-2012 nas EC Alagoinhas, Cruz das Almas e Salvador (Ondina)

2.1.2.8. Evapotranspiração e balanço hídrico

A consideração da evapotranspiração inclui a estimativa da evapotranspiração potencial através do método de **Thornthwaite-Mather**, incluindo a consideração da sua latitude e temperatura média mensal registrada, e a sua correção às condições meteorológicas existentes junto da estação de Salvador (Ondina), especificamente através da consideração da precipitação registrada.

No seu ponto de vista mais geral, a **evapotranspiração potencial** pode ser definida como a capacidade que as condições atmosféricas de um determinado local têm para a transferência de água para a atmosfera através de processo físicos e biológicos, dependendo fundamentalmente da **incidência** de luz solar e da **temperatura atmosférica**. A evapotranspiração potencial EP, em mm/mês, pode ser expressa em função da evapotranspiração potencial de referência, $EP_{\varphi=0^\circ}$, e da aplicação de um fator mensal de correção K para ajustar o valor de referência à exposição solar do local considerado, de acordo com a seguinte expressão:

$$EP = K \cdot EP_{\varphi=0^\circ}$$

A evapotranspiração potencial de referência, obtida pelo método de Thornthwaite-Mather, é determinada em função dos valores médios de temperatura do ar, seguindo:

$$EP_{\varphi=0^\circ} = 16\left(\frac{10T}{I}\right)^a$$

Onde T é a temperatura média (°C), I é o índice térmico anual e a é um valor calculado através da expressão seguinte:

$$a = 6{,}75\times10^{-7}\cdot I^3 - 7{,}71\times10^{-5}\cdot I^2 + 1{,}79\times10^{-2}\cdot I + 0{,}493$$

O índice térmico anual I se obtém da consideração das temperaturas médias mensais T_i através da seguinte expressão:

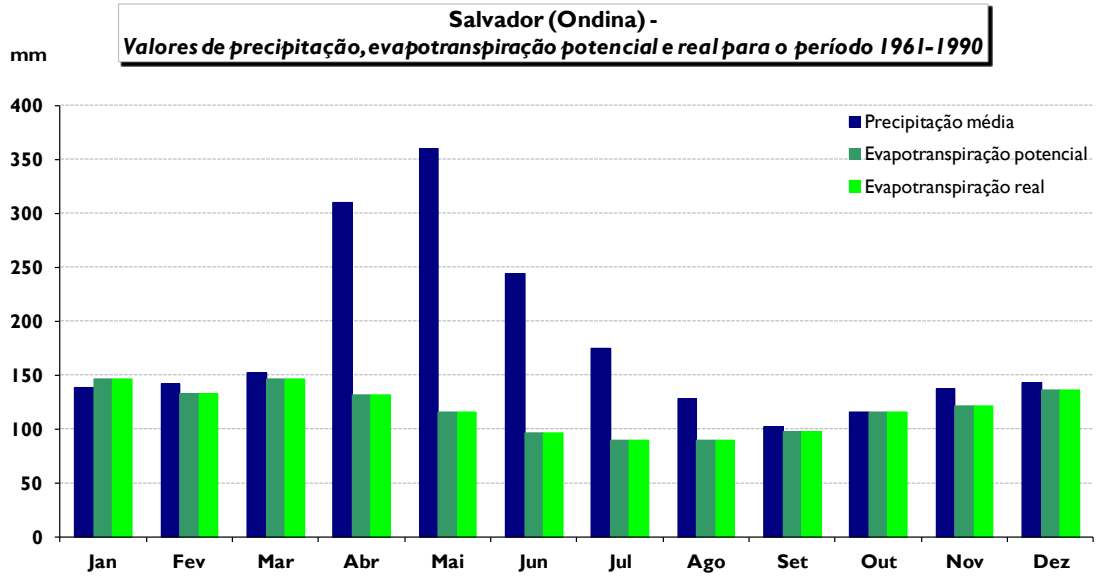
$$I = \sum_{i=1}^{12}\left(\frac{T_i}{5}\right)^{1{,}514}$$

A correção do valor de evapotranspiração de forma a considerar a exposição solar do local considerado é conseguida, tal como referido, através da introdução do fator mensal de correção K, que inclui a consideração da declinação solar e número de dias de cada mês. Apresentam-se abaixo os valores considerados para o fator mensal de correção.

Quadro 11 – Valores do fator mensal de correção K para a EC Salvador (Ondina)

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
K	1,095	0,985	1,070	1,010	1,010	0,950	0,965	0,975	0,965	1,020	1,020	1,085

Os resultados obtidos para a evapotranspiração potencial foram seguidamente integrados no **contexto meteorológico e hídrico** da estação meteorológica de Salvador (Ondina). Esta integração foi conseguida através da consideração do balanço hídrico local, incluindo a precipitação média mensal, a evapotranspiração potencial calculada anteriormente e a definição de um nível de referência para a saturação hídrica do solo (100 mm), que se estimou ser esgotável de acordo com uma aproximação logarítmica. Apresentam-se na figura seguinte os resultados obtidos para a **precipitação**, **evapotranspiração potencial** e **evapotranspiração real** no período 1961-1990.



Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990)

Figura 18 – Precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real (mensal) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

O balanço hídrico permite também quantificar outros aspectos hidrológicos, especificamente o **excedente hídrico anual** e **a deficiência hídrica anual**, respectivamente quantificados a 729,1 mm e 0,3 mm. Se apresentam na figura seguinte os valores mensais para estas variáveis hídricas, destacando-se o contributo dos meses de outono (abril, maio e junho) para o excedente. Por outro lado, a deficiência hídrica é apenas resultante da contribuição do mês de janeiro, único mês em que a evapotranspiração é superior à precipitação, resultando a deficiência hídrica da aproximação logarítmica à saturação do solo.

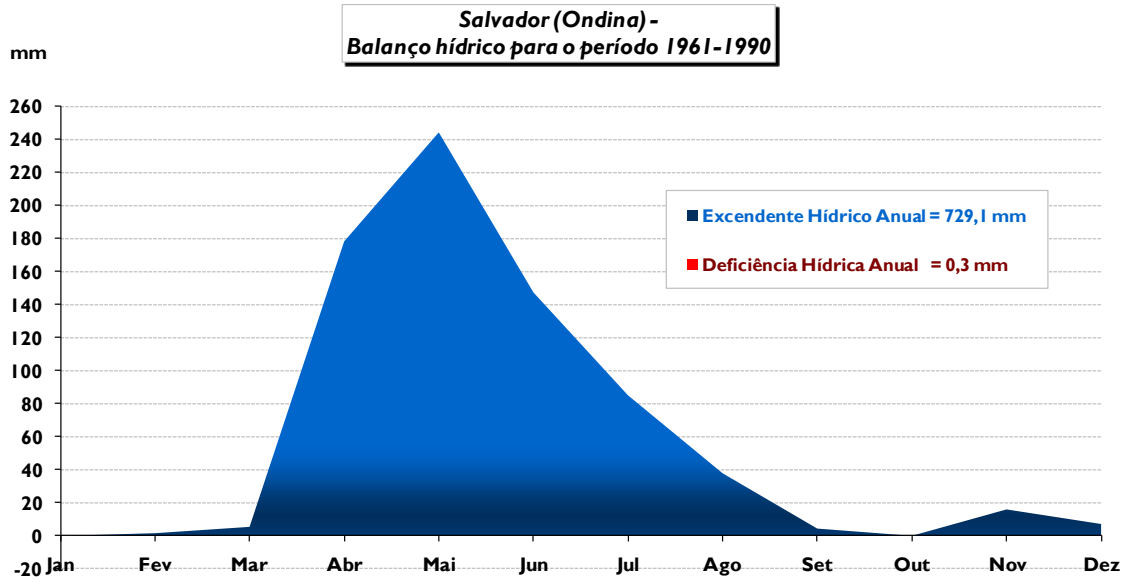
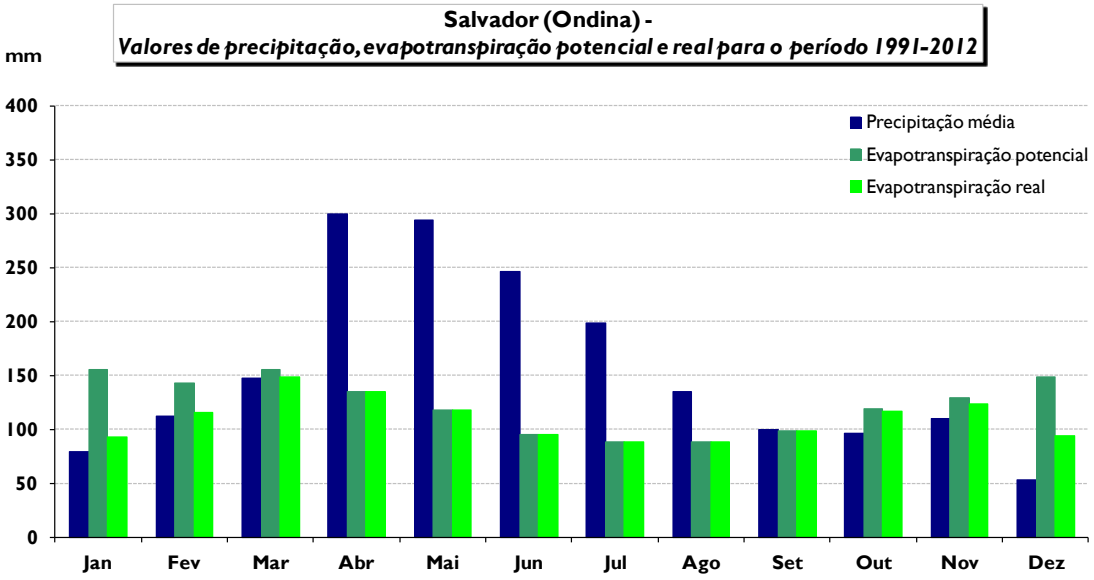


Figura 19 – Balanço hídrico (excedente e deficiência hídricas – mensal/anual) para o período 1961-1990 na EC Salvador (Ondina)

Na consideração do período 1991-2012, foi empregue a mesma metodologia de cálculo de Thornthwaite-Mather e a consideração hídrica subsequente, resultando os valores sintetizados nas figuras seguintes.

Em comparação com o período anterior, assinala-se o efeito significativo já descrito de modificação do padrão de distribuição mensal e de diminuição de **precipitação** em termos anuais e para todos os meses exceto de junho a agosto, levando a situações de escassez relevantes (160,3 mm de **deficiência hídrica anual**) concentradas essencialmente nos meses de Verão.



Fonte: Base de dados do INMET (1991-2012)

Figura 20 – Precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real (mensal) para o período 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

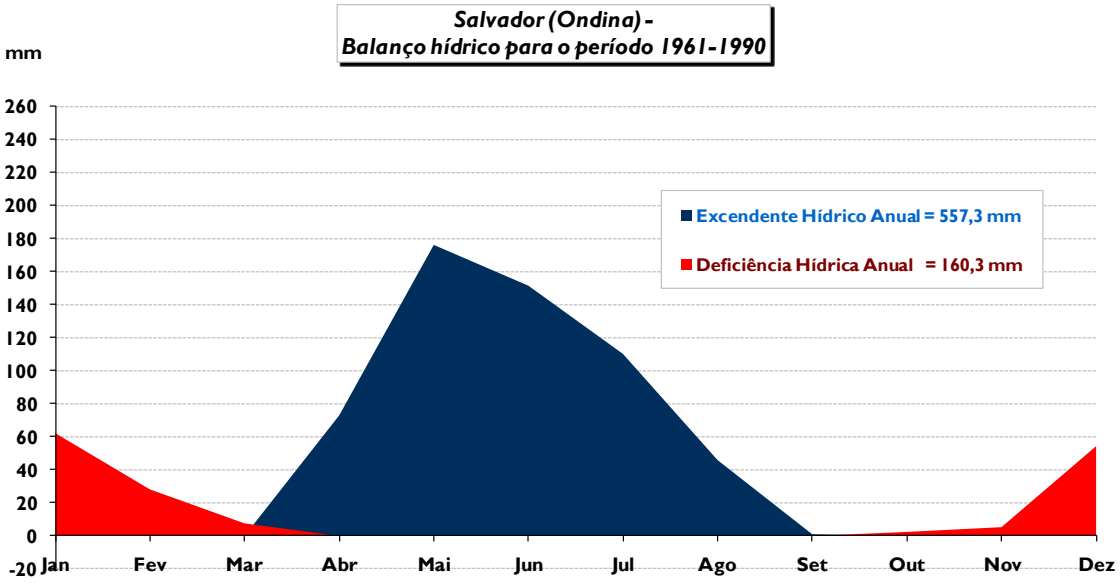


Figura 21 – Balanço hídrico (excedente e deficiência hídricas – mensal/anual) para o período 1991-2012 na EC Salvador (Ondina)

2.1.2.9. Classificação climática

Com a finalidade de enquadrar as características climatológicas da região, foram utilizadas as classificações climáticas de quatro autores – **Emberger**, **Thornthwaite**, **Arthur Strahler** e **Köppen-Geiger** – aplicadas aos resultados de monitoramento constantes nas Normais Climatológicas para o período do Instituto Nacional de Meteorologia.

No que se refere à classificação pelo método de Emberger, são consideradas características pluviométricas da região, assim como as temperaturas médias dos meses de temperaturas extremas mais significativas. O quociente pluviométrico de Emberger, *Q*, é definido por:

$$Q = \frac{2000 \cdot P}{(M+m) \cdot (M-m)}$$

onde *P* é a precipitação média anual (em mm), *M* é a média das temperaturas máximas do mês mais quente (em K) e *m* é a média das temperaturas mínimas do mês mais frio (em K).

Para a estação de Salvador (Ondina) e no período 1961-1990, o quociente pluviométrico de Emberger é estimado em 816, o que classifica o clima local como **úmido**. Para o período 1991-2012 o quociente pluviométrico baixa para 624, por efeito essencialmente da diminuição de precipitação anual média, mantendo-se a classificação de clima úmido.

A classificação de Thornthwaite leva em conta o enquadramento hídrico local, conjugando os índices de aridez e de umidade através das definições apresentadas no quadro seguinte. Estes índices incluem a consideração de variáveis climatológicas descritas na seção relativa à evapotranspiração e balanço hídrico.

Quadro 12 – Índices climáticos definidos pela classificação climática de Thornthwaite para a EC Salvador (Ondina)

Índice	Expressão	Valor 1961-1990	Valor 1991-2012
Índice hídrico	$I_h = I_{hu} - I_a$	51,5%	31,4%
Índice de aridez	$I_a = \frac{D}{EP}$	0,0%	10,9%
Índice de umidade	$I_u = \frac{S}{EP}$	51,5%	37,9%
Índice de concentração térmica estival	$C = \frac{Ep_q}{Ep}$	30,0%	30,8%

Nota: D – défice anual de água; S – superávit anual de água; EP – evapotranspiração potencial anual; Ep_q – evapotranspiração potencial no trimestre mais quente.

O clima é classificado de acordo com o enquadramento dos valores obtidos para os índices de acordo com a tabela seguinte.

Quadro 13 – Classificação climática de Thornthwaite de acordo com os índices climáticos

Índice	Gama de valores	Símbolo	Designação
Evapotranspiração potencial	EP < 142	E’	Clima de gelo
	142 ≤ EP < 285	D’	Tundra
	285 ≤ EP < 427	C'_1	1.º microtérmico
	427 ≤ EP < 570	C'_2	2.º microtérmico
	570 ≤ EP < 712	B'_1	1.º mesotérmico
	712 ≤ EP < 855	B'_2	2.º mesotérmico
	855 ≤ EP < 997	B'_3	3.º mesotérmico
	997 ≤ EP < 1140	B'_4	4.º mesotérmico
	≥ 1140	A’	Megatérmico

Índice	Gama de valores	Símbolo	Designação
Índice hídrico	$I_h > 100$	A	Super-úmido
	$80 \leq I_h < 100$	B_4	Muito úmido
	$60 \leq I_h < 80$	B_3	Úmido
	$40 \leq I_h < 60$	B_2	Moderadamente úmido
	$20 \leq I_h < 40$	B_1	Pouco úmido
	$0 \leq I_h < 20$	C_2	Subúmido úmido
	$-20 \leq I_h < 0$	C_1	Subúmido seco
	$-40 \leq I_h < -20$	D	Semi-árido
	$-60 \leq I_h < -40$	E	Árido
Índice de aridez (climas úmidos; A, B e C_2)	$0,0 < I_a \leq 16,7$	R	Défice de água no ano nulo ou pequeno
	$16,7 < I_a \leq 33,3$	s/w	Défice de água moderado no verão/inverno
	$I_a > 33,3$	s_2/w_2	Défice de água grande no verão/inverno
Índice de umidade (climas secos e áridos; C_1, D e E)	$0,0 < I_u \leq 10,0$	d	Superávit de água no ano nulo ou pequeno
	$10,0 < I_u \leq 20,0$	s/w	Superávit de água moderado no inverno/verão
	$I_u > 20,0$	s_2/w_2	Superávit de água grande no inverno/verão
Índice de concentração térmica estival	$C \leq 48,0$	a'	Eficácia nula ou pequena
	$48,0 < C \leq 51,9$ $51,9 < C \leq 56,3$ $46,3 < C \leq 61,6$ $61,6 < C \leq 68,0$	b'_4 b'_3 b'_2 b'_1	Eficácia moderada
	$68,0 < C \leq 76,3$ $76,3 < C \leq 88,0$	c'_2 c'_1	Eficácia grande
	$C > 88,0$	d'	Eficácia muito grande

Os resultados obtidos permitem classificar, para o período 1961-1990, o clima de Salvador pelo método de Thornthwaite como moderadamente úmido (**B_2**), com défice de água nulo ou pequeno no ano (**R**), megatérmico (**A'**) e de eficácia térmica do Verão nula ou pequena (**a'**). Esta classificação evolui para clima pouco úmido (**B_1**) no período 1991-2012 graças ao decréscimo assinalável no índice hídrico.

A classificação climática estabelecida por Arthur Strahler tem por base os princípios de geração de fenômenos climáticos, especificamente os regimes térmicos e

pluviométricos que influenciam as regiões de origem das massas de ar, natureza e movimento das massas de ar, formação de ciclones e de tempestades.

De acordo com a distribuição de climas apresentada na figura seguinte, a zona de Salvador se encontra inserida num **clima litorâneo úmido exposto às massas tropicais marítimas**, contornada interiormente por zonas onde é possível identificar a transição para um clima tropical tendendo a seco pela irregularidade de ação das massas de ar.

Fonte: IESDE Brasil S.A., s.d.

Figura 22 – Climas no Brasil pela classificação climática de Arthur Strahler

A classificação climática de Köppen-Geiger tem por base valores mensais e anuais da temperatura do ar média diária e da precipitação, especificamente, temperatura do mês mais frio e do mês mais quente e precipitação do mês mais chuvoso e do mês mais seco. Se resumem no quadro seguinte as critérios a verificar para cada tipo de clima.

Quadro 14 – Critérios de classificação climática de Köppen-Geiger por tipo de clima

Tipo	Descrição	Classificação climática de Köppen
A	**Climas equatoriais**	$T_{min} \geq 18°C$
Af	Floresta equatorial úmida	$P_{min} \geq 60\,mm$
Am	Monções equatoriais	$P_{anual} \geq 25(100 - P_{min})$
As	Savanas equatoriais com verão seco	$P_{min} < 60\,mm$ no verão
Aw	Savanas equatoriais com inverno seco	$P_{min} < 60\,mm$ no inverno
B	**Climas áridos**	$P_{anual} < 10\,P_{th}$
BS	Estepe	$P_{anual} > 5\,P_{th}$
BW	Deserto	$P_{anual} \leq 10\,P_{th}$
C	**Climas temperados**	$-3°C < T_{min} < 18°C$
Cs	Clima temperado com verão seco	$P_{v,min} < P_{i,min}, P_{i,max} > 3P_{v,min}, P_{v,min} < 40\,mm$
Cw	Clima temperado com inverno seco	$P_{i,min} < P_{s,min}, P_{v,max} > 10P_{i,min}$
Cf	Clima temperado úmido	Nem Cs nem Cw
D	**Climas de neve**	$T_{min} \leq -3°C$
Ds	Clima de neve com verão seco	$P_{v,min} < P_{i,min}, P_{i,max} > 3P_{v,min}, P_{v,min} < 40\,mm$
Dw	Clima de neve com inverno seco	$P_{i,min} < P_{s,min}, P_{v,max} > 10P_{i,min}$
Df	Clima de neve úmido	Nem Ds nem Dw
E	**Climas polares**	$T_{max} < 10°C$
ET	Tundra	$0°C < T_{max} < 10°C$
EF	Clima de gelo	$T_{max} < 0°C$
B_h	Estepe/deserto quente	$T_{anual} \geq 18°C$
B_k	Estepe/deserto frio	$T_{anual} < 10°C$
C ou D_a	Verão quente	$T_{max} \geq 22°C$
C ou D_b	Verão ameno	Não (a) e pelo menos 4 meses com $T_{mensal} \geq 10°C$
C ou D_c	Verão fresco e inverno frio	Não (b) e $T_{min} > -38°C$
C ou D_d	Continental	Não (b) e $T_{min} \leq -38°C$

Fonte: Adaptado de Kottek *et al.* (2006).

Aplicando estes critérios, a classificação de Köppen-Geiger da estação de Salvador (Ondina) se enquadra como **floresta equatorial úmida** (**Af**), considerando tanto os

dados das normais climatológicas para 1961-1990, como os dados de base do INMET para 1991-2012.

2.1.2.10. Síntese de variáveis climatológicas

No quadro que se segue são sintetizados os dados relativos à estação Salvador (Ondina) disponíveis pelo INMET (normais climatológicas e dados de base para os períodos 1961-1990 e 1991-2012), para os dois períodos em análise. Para efeitos de síntese, se consideraram os valores médios (ou totais) anuais, bem como a identificação dos valores máximos e mínimos e respectivo mês em que ocorrem.

Quadro 15 – Quadro-síntese de variáveis climatológicas para Salvador (Ondina)

Variáveis	1961-1990			1991-2012		
	Média [1]Total] Anual	Max/ Mês	Min/ Mês	Média [1]Total] Anual	Max/ Mês	Min/ Mês
Média de Temperaturas Médias Mensal (ºC)	25,3	26,6/ Mar	23,6/ Ago	25,6	27,1/ Fev, Mar	23,6/ Ago
Média de Temperaturas Máximas Mensais (ºC)	28,2	30,0/ Fev, Mar	26,2/ Jul	29,0	31,0/ Jan, Fev	26,6/ Jul
Média de Temperaturas Mínimas Mensais (ºC)	22,7	23,9/ Mar	21,2/ Ago	22,7	24,1/ Mar	21,0/ Ago
Precipitação Média Mensal (mm)	2144,0	359,9/ Mai	102,0/ Set	1867,2	299,0/ Abr	53,3/ Dez
Precipitação Máxima Diária (mm)	118,9	161,1/Mai (1970)	66,7/Ago (1976)	—	—	—
N.º dias com precipitação ≥ 1 mm	173,0 [1]	20,0/ Mai, Jul	10,0/Out, Dez, Jan	195,4 [1]	22,8/ Jul	9,4/ Dez
N.º períodos sem precipitação em 3 ou mais dias	25,1 [1]	3,2/ Nov	1,1/ Jul	—	—	—
N.º períodos sem precipitação em 5 ou mais dias	13,0 [1]	1,7/ Dez	0,5/ Mai, Jun	—	—	—
N.º períodos sem precipitação em 10 ou mais dias	2,4 [1]	0,5/ Jan	0,0/Abr, Jun, Ago	—	—	—

Variáveis	1961-1990			1991-2012		
	Média [1Total] Anual	Max/ Mês	Min/ Mês	Média [1Total] Anual	Max/ Mês	Min/ Mês
Umidade relativa do ar compensada (%)	80,9	83,1/ Mai	79,0/ Fev	81,2	84,4/ Mai	78,7/ Jan
Nebulosidade (% céu encoberto)	50	60/ Abr-Jul	50/ Ago-Mar	50	60/ Abr-Jul	40/Out, Dez-Mar
Insolação total (h)	2495,8 [1]	245,6/ Jan	167,2/ Jun	2377,0 [1]	242,3/ Jan	147,3/ Jun
Evaporação (mm)	923,6 [1]	84,6/ Ago	67,1/ Mai	958,3 [1]	99,5/ Jan	68,8/ Mai
Direção predominante do vento	SE	—	—	SE	—	—
Velocidade média do vento (m/s)	2,3	2,6/ Jul	1,9/ Mar	1,8	1,9/ Jun-Out	1,5/ Fev

Fonte: Normais climatológicas do INMET (1961-1990); Base de dados do INMET (1991-2012)

Com base no tratamento das variáveis climatológicas para o período 1960-1991, segundo a classificação de Thornthwaite, o clima de Salvador se caracteriza como megatérmico (A'), moderadamente úmido (B_2), com um défice de água nulo ou pequeno (R) e uma eficácia térmica no Verão nula ou pequena. Nas décadas mais recentes, o clima local tem evoluído para apresentar menos disponibilidades hídricas, sendo classificado pelo método de Thorthwaite como pouco úmido (B_1).

O contexto climático de escala regional da estação de Salvador (Ondina) é definido pelas estações de Alagoinhas e Cruz das Almas. O clima regional é profundamente influenciado pela Baía de Todos os Santos, que contribui para:

- Definir as direções predominantes do vento (da baía e área costeira adjacente para o interior)
- Amenizar as variações térmicas na sua vizinhança, pelo efeito termorregulador das massas de água da região;
- Potencializar a estabilização de níveis de precipitação, umidade relativa do ar, nebulosidade e evaporação ao longo do ano, equilibrando outros fatores que tendem a extremar o comportamento destes parâmetros, como a altitude e insolação.

2.2. Qualidade do ar

2.2.1. Metodologia

A caracterização da qualidade do ar em Salvador e na Ilha de Itaparica, locais interferidos com a implementação da Travessia, contemplou as seguintes tarefas:

- Caracterização meteorológica dos parâmetros com influência nos fenômenos de transporte e dispersão atmosférica dos poluentes associados ao tráfego rodoviário, tendo por base um ano meteorológico estimado pelo TAPM (modelo mesometeorológico) e validado face a dados climatológicos típicos locais;
- Determinação dos fatores de emissão dos poluentes associados ao tráfego rodoviário;
- Modelagem da dispersão atmosférica dos poluentes NO2, CO e MP10, contemplando o tráfego atualmente associado às vias existentes no domínio em estudo e os fatores de emissão determinados, para um ano meteorológico completo.

2.2.1.1. Legislação aplicável

A avaliação da qualidade do ar no Brasil está abrangida por instrumentos legislativos específicos, a Resolução CONAMA nº 3 de 1990, que estabelece os padrões de qualidade do ar previstos no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR).

Nesta Resolução, são estabelecidos os seguintes conceitos:

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

No Quadro 16 são apresentados os padrões de qualidade do ar no Brasil, para os poluentes em estudo.

Quadro 16 – Resumo dos padrões de qualidade do ar considerados para os poluentes em estudo

Referência	Parâmetro	Período	Valor Limite Padrão Primário ($\mu g.m^{-3}$)	Valor Limite Padrão Secundário ($\mu g.m^{-3}$)
Resolução CONAMA nº 3/1990	NO_2	Horário	320	190
		Anual	100	100
	MP_{10}	Diário	50	50
		Anual	150(1)	150(1)
	CO	Horário	40 000(1)	40 000(1)
		Octohorário	10 000(1)	10 000(1)

(1): A não exceder mais de uma vez por ano

2.2.1.2. Domínio de estudo

O impacto na qualidade do ar associado ao tráfego rodoviário foi avaliado tendo em conta dois domínios de estudo distintos: Salvador e Ilha de Itaparica.

A área definida para aplicação do modelo (

Figura 23 e

Figura 24) foi desenhada tendo em conta os seguintes critérios:

1. Posicionamento das vias de tráfego mais relevantes para o estudo em zona central do domínio em estudo;
2. Topografia da envolvente;
3. Localização dos receptores e fontes emissoras mais relevantes.

A grelha de receptores aplicados a Salvador foi do tipo retangular uniforme, com início na zona de influência da ponte estendendo-se até aos 7600 m para o interior da cidade (Leste e Sul). Aplicou-se uma malha de receptores com um espaçamento uniforme de 200 metros.

No caso da Ilha de Itaparica, uma vez que apenas se consideraram duas vias de tráfego sequenciais, assumiu-se uma malha de receptores discretos ao longo de toda a extensão das vias, atingindo distâncias entre os 2500 e os 3500 metros do seu centro. O espaçamento entre receptores manteve-se nos 200 metros.

O Quadro 17 apresenta as características dos domínios aplicados nas áreas de Salvador e Ilha de Itaparica, bem como a apresenta a grelha de receptores considerada.

Quadro 17 – Características dos domínios de simulação da qualidade do ar

Parâmetros	**Distância (km)**	**Salvador**	**Ilha de Itaparica**
Coordenadas Canto Sudoeste (UTM WGS84 – Fuso 24)	Leste (x)	550055	521000
	Norte (y)	8564271	8552800
Extensão máxima a Leste (m)		7600	23000
Extensão máxima a Norte (m)		7600	19200
Espaçamento entre receptores (m)		200	200
Nº de receptores		1521	4766

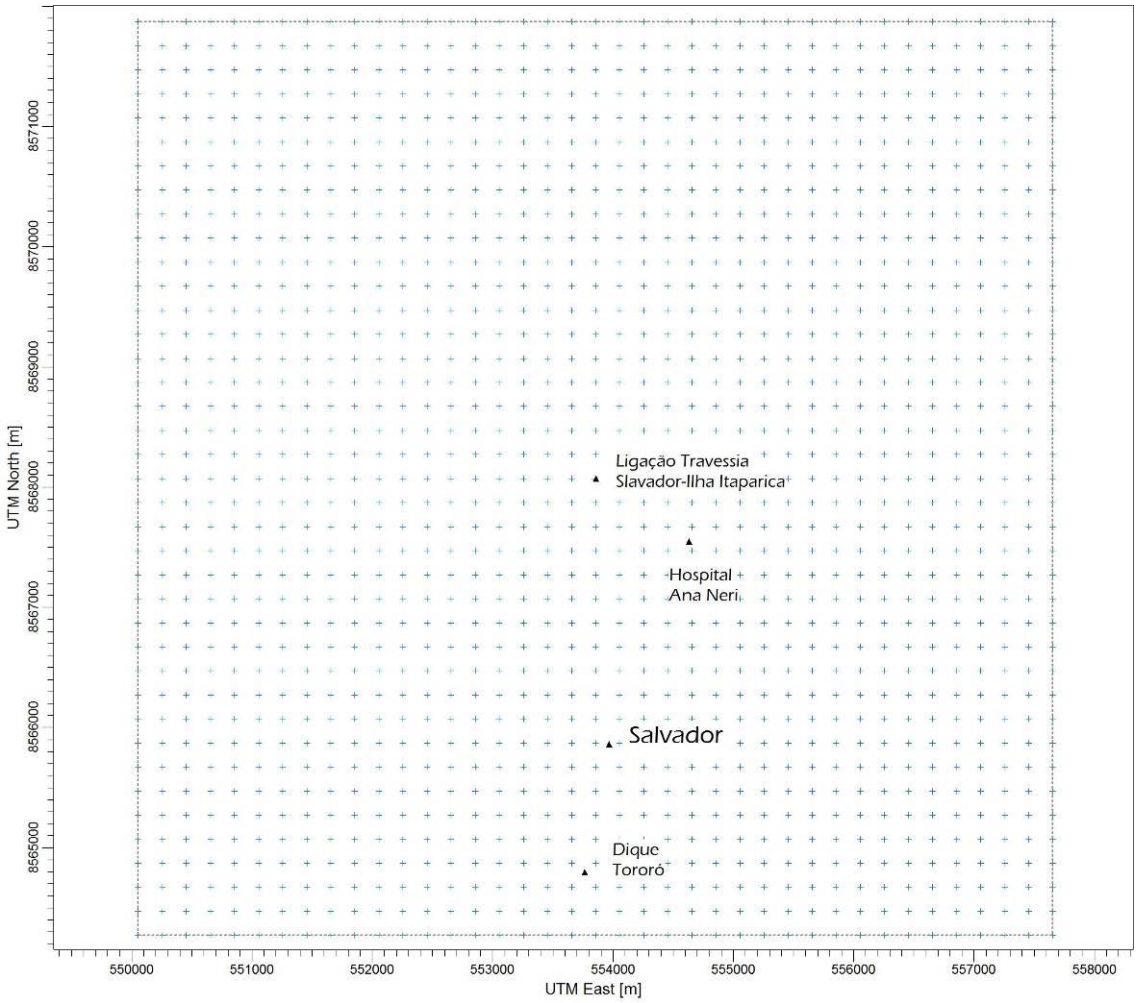


Figura 23 – Representação gráfica da grelha de receptores aplicada na simulação da qualidade do ar na zona de Salvador

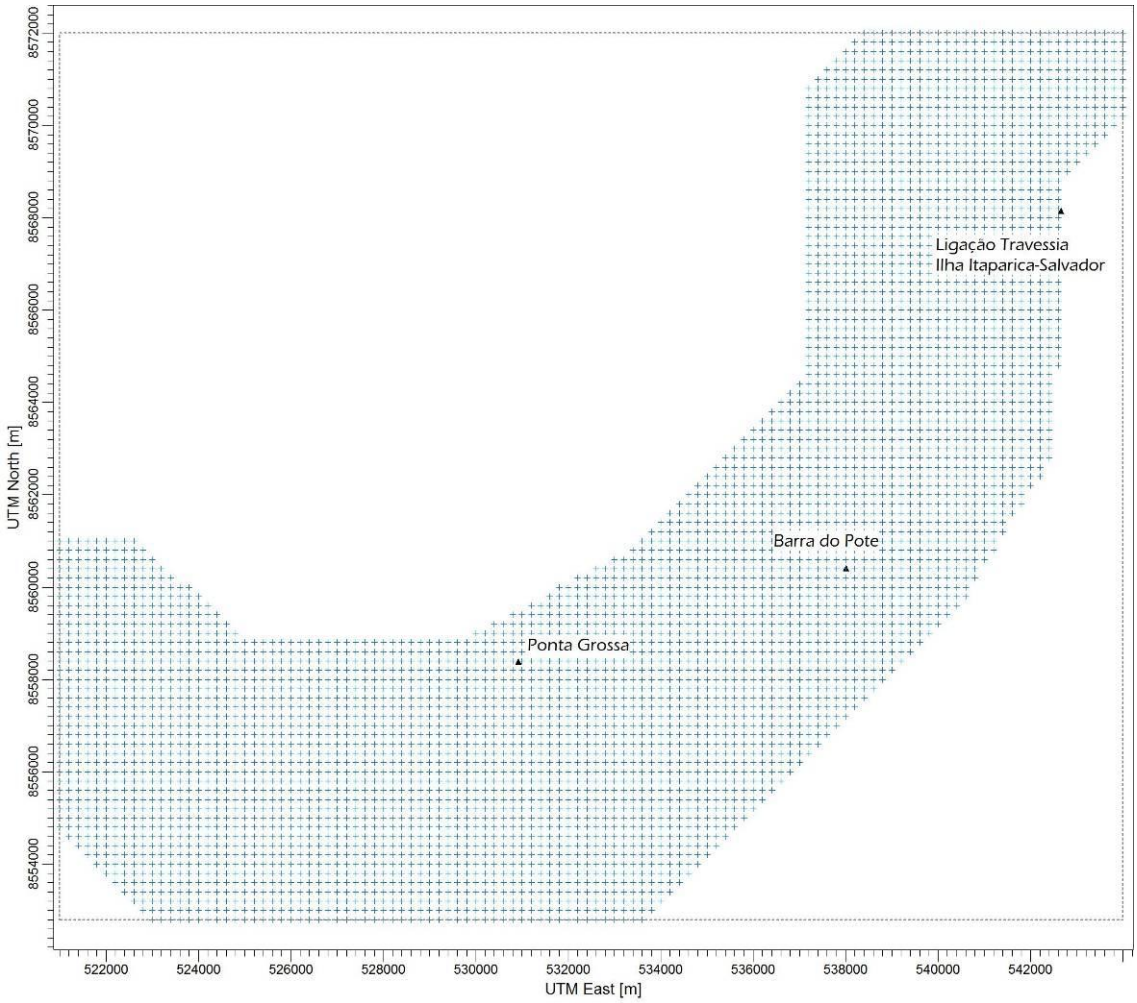


Figura 24 – Representação gráfica da grelha de receptores aplicada na simulação da qualidade do ar na zona da Ilha de Itaparica

2.2.1.3. Topografia

A topografia e o uso do solo da envolvente são, juntamente com os dados meteorológicos e as emissões/condições de emissão, fatores determinantes no que diz respeito aos níveis de qualidade do ar estimados por modelagem.

O ficheiro de base topográfica utilizado na simulação local foi criado a partir do modelo digital de elevação do terreno obtido através do produto de detecção remota ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), gerido pelo METI (Ministério da Economia, Comércio e Indústria do Japão) e a NASA.

O enquadramento topográfico do domínio de estudo é apresentado na Figura 25 e na Figura 26.

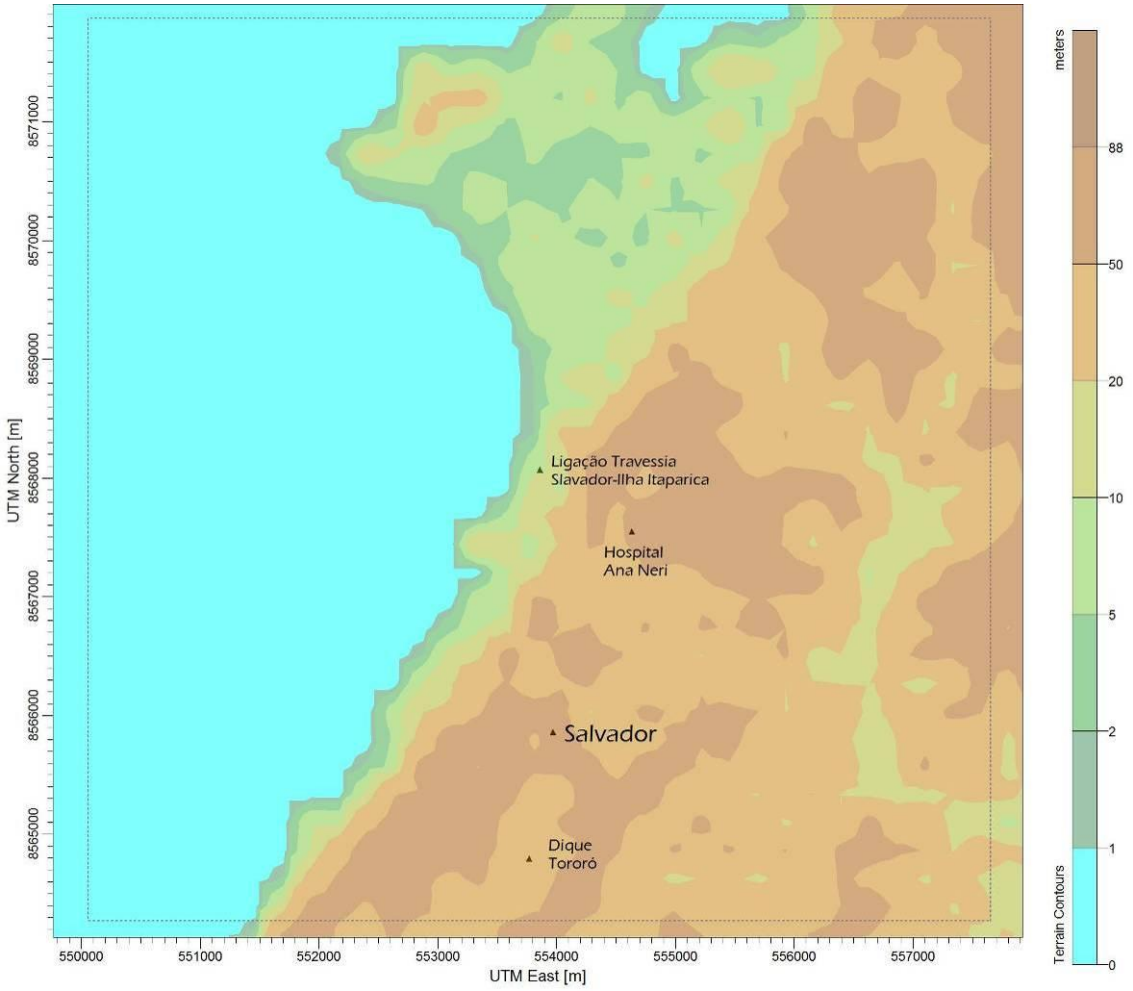


Figura 25 – Enquadramento topográfico do domínio de estudo em Salvador

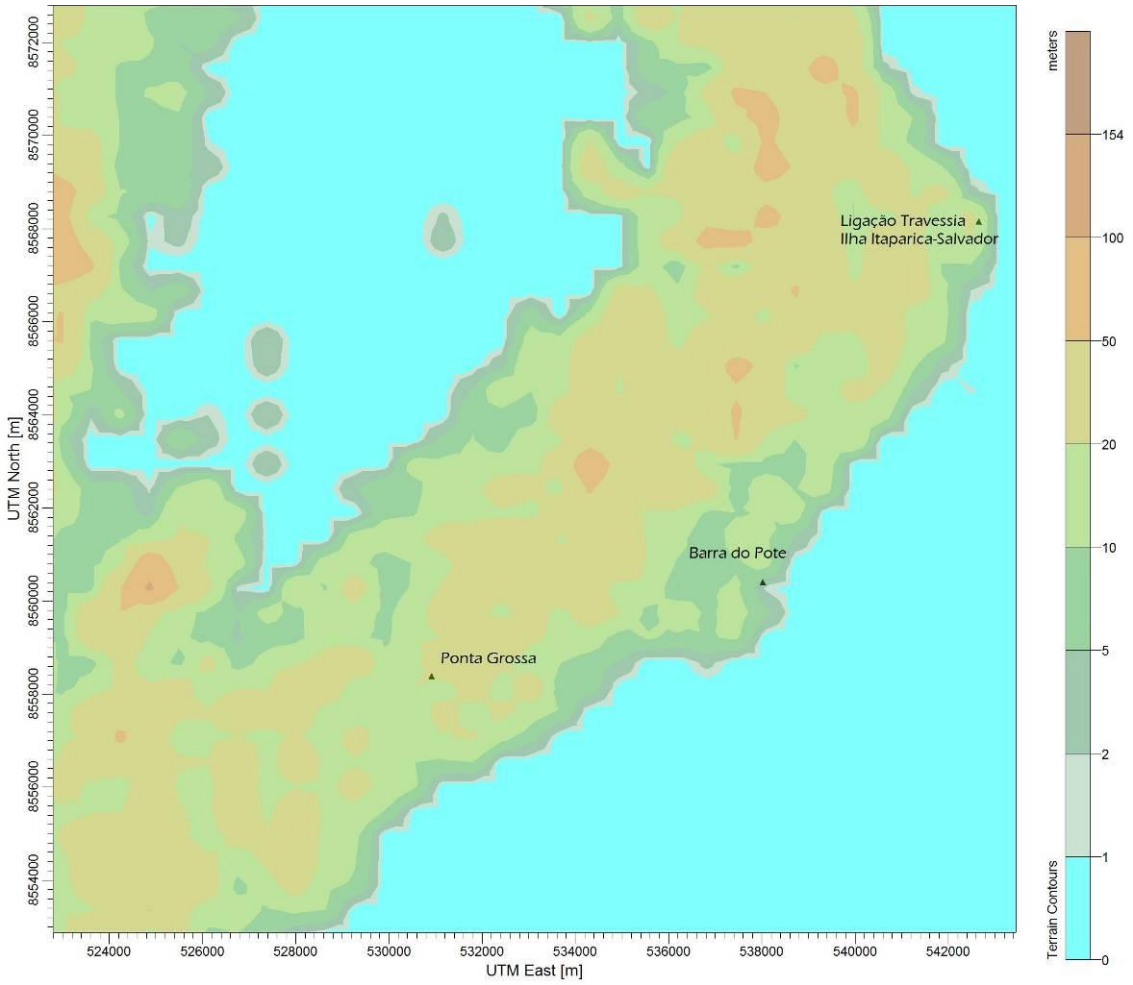


Figura 26 – Enquadramento topográfico do domínio de estudo aplicado na simulação da qualidade do ar na Ilha de Itaparica

2.2.1.4. Fontes emissoras

As emissões do tráfego rodoviário para a Situação Atual foram realizadas com base nas contagens reais de veículos de passeio e comerciais realizadas no ano 2010 nas vias urbanas de Salvador e nas rodovias que compõem o Sistema Viário Oeste[1]. Deste estudo foi possível retirar uma distribuição horária do volume de tráfego, permitindo, desta forma, inserir emissões dos poluentes atmosféricos variáveis ao longo do dia.

[1] PMI OAS-Odebrechet-Camargo Corrêa - Relatório Técnico do Estudo de Tráfego do Sistema Viário Oeste, Bahia, outubro de 2010

O volume de tráfego da Via Expressa Baía de Todos os Santos, inaugurada em finais de 2013, e das ligações da zona de Comércio à Calçada, localizadas junto da área de atravessamento da ponte, foi retirado do estudo de tráfego recentemente realizado para o projeto da ponte[2], pois no estudo de 2010, esta via não foi alvo de avaliação. O número de veículos apresentado para esta via resulta de projeções e não de contagens reais.

Os fatores de emissão dos poluentes atmosféricos em estudo (CO, NO_2 e MP_{10}) foram estabelecidos a partir do relatório Emissões Veiculares no Estado de São Paulo de 2012. Neste documento são apresentados fatores de emissão por tipo de veículo (automóveis, comerciais, motocicletas, caminhões leves, caminhões médios, caminhões pesados e ônibus urbanos e rodoviários) e combustível associado. Todos os veículos pesados consomem *diesel*, mas os veículos leves podem consumir gasolina C ou etanol hidratado, ou ainda ambos os combustíveis.

Foi, assim, necessário estabelecer o peso percentual dos veículos leves que consomem cada um dos tipos de combustível, para realizar uma média ponderada do fator de emissão dos automóveis, dos comerciais e das motocicletas, tendo por base os dados previstos para 2010 do 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários.

Por fim, e uma vez que os dados de tráfego disponíveis são diferenciados apenas pelas classes de veículos leves e pesados, foi necessário realizar uma ponderação da contribuição dos diferentes tipos de veículo dentro de cada classe, tendo por base os volumes de tráfego do Inventário de Emissões acima referido.

O Quadro 18 apresenta os fatores de emissão ponderados para os veículos leves e pesados considerados no estudo de qualidade do ar da Situação Atual.

[2] ENESCIL/COWI/Maia Melo Engenharia - Volume 1 - Relatório Técnico do Caderno de Estudo de Tráfego, maio de 2014

Quadro 18 – Fatores de Emissão ponderados para os veículos leves e pesados

Poluentes	FE leves ($g.km^{-1}.veículo^{-1}$)	FE pesados ($g.km^{-1}.veículo^{-1}$)
CO	0,523	0,756
NO_X	0,103	3,898
MP_{10}	0,0024	0,071

Nos Quadro 19 e Quadro 20 apresentam-se as caraterísticas das vias de tráfego de Salvador e da Ilha de Itaparica consideradas neste estudo, para a Situação Atual.

A seleção das vias teve por base a disponibilidade de dados de tráfego e a sua relevância para o futuro projeto da ponte (proximidade das vias à zona de ligação à ponte).

O Anexo 1.1 (Anexos do Volume 2 – Tomo 1) apresenta as emissões variáveis hora a hora, consideradas para cada via inserida nos domínios de simulação.

Quadro 19 – Características das vias de tráfego consideradas na Situação Atual (Salvador)

Vias de Tráfego		Distância (km)	TMDA leves	TMDA pesados
Via 1	Avenida da França	1,6	41547	7222
Via 2	Avenida dos Estados Unidos	0,9	19910	3602
Via 3	Rua Miguel Calmon	0,9	19910	3602
Via 4	Saída do túnel (via 6) para Sul	0,4	24300	3932
Via 5	Saída do túnel (via 6) para Norte	0,3	24300	3932
Via 6	Av. Presidente Castelo Branco	0,6	48600	7863
Via 7	Av. Jequitaia	0,9	15519	3273

Vias de Tráfego		Distância (km)	TMDA leves	TMDA pesados
Via 8	Av. José Joaquim Seabra	1,3	26510	6302
Via 9	Av. Mário Leal Ferreira	3,6	153238	13935
Via 10	Ligação Comércio/Calçada	0,6	66691	11769
Via 11	Ligação VEBTS Calçada	1,3	83445	14726
Via 12	Via Expressa Baía de Todos-os-Santos	3,6	36516	6444

Quadro 20 – Características das vias de tráfego consideradas na Situação Atual (Ilha de Itaparica)

Vias de Tráfego	Distância (km)	TMDA leves	TMDA pesados
BA-001 – Bom Despacho ao cruzamento com BA-532	2,5	1176	69
BA-001 - cruzamento com BA-532 até ponte do funil	26,4	2740	420

A Figura 27 e a Figura 28 apresentam o enquadramento espacial das vias de tráfego consideradas na avaliação da Situação Atual de Salvador e da Ilha de Itaparica e Salvador, respectivamente.

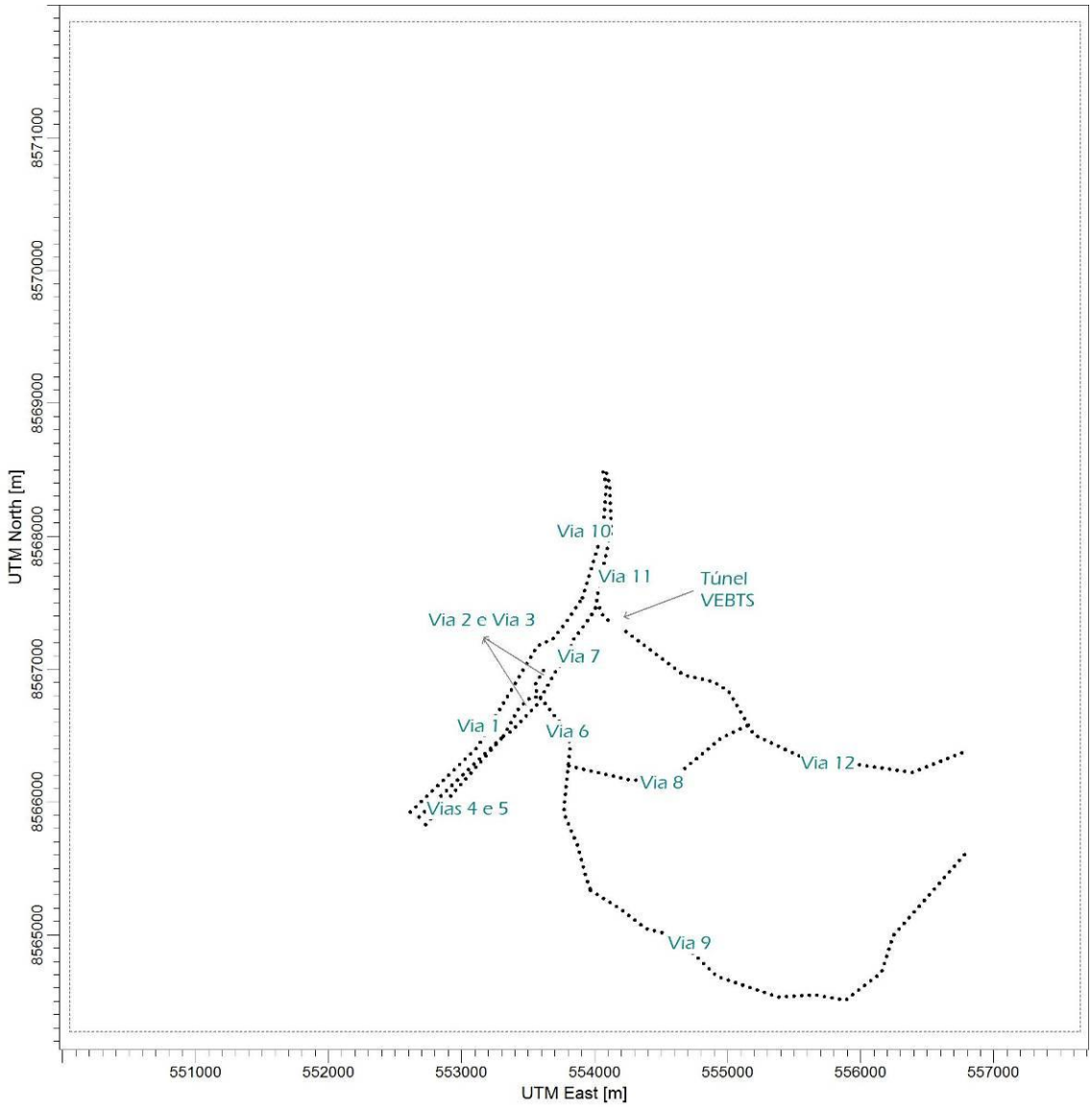


Figura 27 – Enquadramento espacial das vias de tráfego consideradas em Salvador na Avaliação da Situação Atual (Qualidade do Ar)

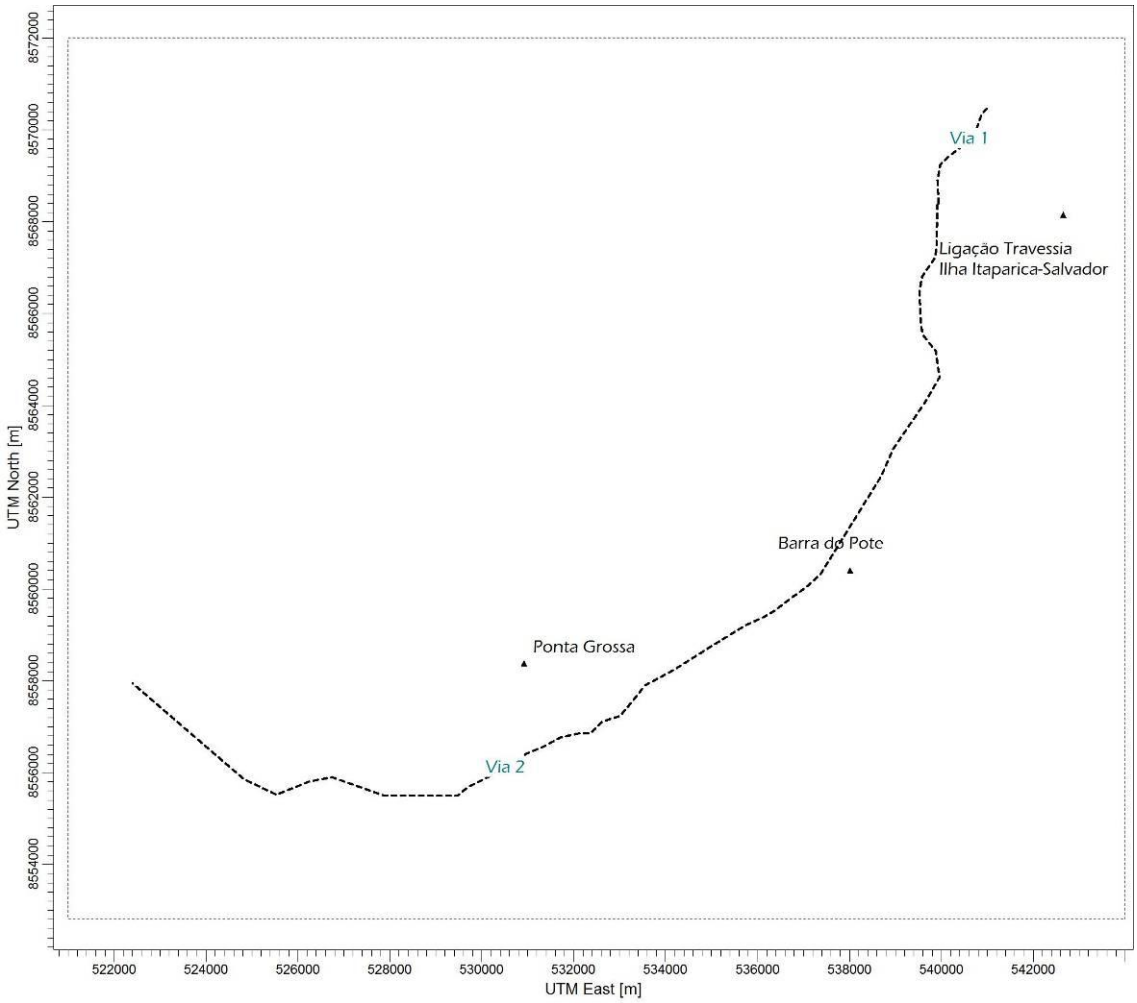


Figura 28 – Enquadramento espacial das vias de tráfego consideradas na Ilha de Itaparica na Avaliação da Situação Atual (Qualidade do Ar)

2.2.1.5. Valor de Fundo da Qualidade do Ar Contemplado na Modelagem

A Região Metropolitana de Salvador possui uma rede de qualidade do ar na zona urbana e outra que abrange a periferia (Rede de Camaçari). Para estabelecer os valores de fundo a utilizar no estudo, optou-se por utilizar os valores das medições da, da rede de Camaçari, por representar satisfatoriamente a qualidade do ar na fronteira do domínio, e que não está sob a influência direta das fontes de poluição do domínio (vias de tráfego, principalmente).

Os dados disponibilizados pelo INEMA para a Estação de Leandrinho dizem respeito a medições ocorridas durante o período 2004-2012 e apresentam valores médios anuais

apenas para o NO_2 e MP_{10}, pelo que só foi possível estabelecer valor de fundo para estes dois poluentes. Para o CO foram apresentados os valores máximos horários, não sendo possível assumir uma contribuição da qualidade do ar de fundo para os valores estimados deste poluente.

Os valores de fundo contemplados na modelagem correspondem a 15,4 $\mu g.m^{-3}$, para as MP_{10} e 6,2 $\mu g.m^{-3}$, para o NO_2.

2.2.1.6. Meteorologia

O modelo de dispersão utilizado exige a incorporação de dados meteorológicos horários de vários parâmetros relativos à superfície e estrutura vertical da atmosfera para o período de simulação considerado. Esta informação meteorológica detalhada é gerada por modelagem numérica pelo modelo mesometeorológico TAPM[3], que estima e adequa todos os parâmetros meteorológicos de entrada ao modelo de qualidade do ar.

A variável meteorologia influencia significativamente a dispersão de poluentes, sendo portanto, fundamental o uso de informação de elevada representatividade temporal. A representatividade temporal pressupõe que a informação meteorológica inclua as variações sazonais existentes, pelo que, se deve modelar um ano meteorológico completo e em base horária (para que se tenha em linha de conta o feito de variações intradiárias) e que as condições meteorológicas registradas nesse ano sejam representativas do clima local. O clima de um local é dado pela análise de um período longo de dados, como a *Normal Climatológica*[4] de uma região. Se os dados usados no modelo estiverem enquadrados no registrado na Normal Climatológica pode considera-se que o ano meteorológico é válido para a avaliação do impacto de um projeto.

[3] TAPM – The Air Pollution Model (CSIRO Atmospheric Research)
[4] "Conforme convencionado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), o clima é caracterizado pelos valores médios dos vários elementos climáticos num período de 30 anos, designando-se valor normal de um elemento climático o valor médio correspondente a um número de anos suficientemente longo para se admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado", texto retirado do Instituto de Meteorologia, consultado em abril de 2012.

Assim, a simulação mesometeorológica neste estudo foi realizada usando um ano próximo das condições apresentadas na *Normal Climatológica* de Salvador (2013), para forçamento do modelo mesometeorológico.

Para melhorar o desempenho do modelo, sempre que existem estações dentro do domínio de estudo, as observações registradas nessas estações são incorporadas na simulação por uma técnica conhecida por *Data Assimilation*. Assim, à modelagem mesometeorológica, conduzida para o ano de 2013 pelo modelo TAPM, usando as observações sinóticas fornecidas pelo *Australian Bureau of Meteorology*, foram integrados os dados meteorológicos desse ano de três estação da região (Quadro 21) por *Data Assimilation*. Os dados foram acedidos através da plataforma CDO (*Climate Data Online*) do *National Climatic Data Center* (NCDC)[5] do *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA) dos EUA.

Os valores estimados para o ano 2013 são comparados com os valores da Normal Climatológica de modo a verificar o enquadramento do ano modelado no clima local e assim justificar a sua representatividade.

Os dados meteorológicos usados são apresentados através da representação gráfica das médias horárias dos diferentes parâmetros meteorológicos considerados. A rosa dos ventos apresentada encontra-se dividida em 8 classes distintas. Os valores de direção do vento expressos em graus foram traduzidos nos diferentes sectores de direção através das correspondências apresentadas no Quadro 22. A classe de ventos calmos (< 1,0 $km.h^{-1}$) é apresentada de forma independente da direção do vento.

Quadro 21 – Informação relativa às estações meteorológicas cujos dados (2013) foram incorporados na modelagem mesometeorológica

Estação	Coordenadas decimais UTM DATUM WGS84	Distância ao Ponto Central (km)
Salvador Aeroporto	-12,900 S; -38,333 E	28
Aracaju	-10,917 S; -37,050 E	278
Aracaju Aeroporto	-10,983 S; -37,067 E	271

[5] http://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/

Quadro 22 – Informação das correspondências dos valores em graus com os diferentes sectores de direção do vento, utilizadas na realização da Rosa de Ventos

Setores de Direção do Vento	Gama Valores (Graus)	Setores de Direção do Vento	Gama Valores (Graus)
Norte (N)	338 - 22	Sul (S)	158 – 202
Nordeste (NE)	23 – 67	Sudoeste (SO)	203 – 247
Leste (E)	68 – 112	Oeste (O)	248 – 292
Sudeste (SE)	113 – 157	Noroeste (NO)	293 – 337

De forma a validar a adequação do ano meteorológico utilizado (2013) ao clima da região em estudo, os dados estimados pelo modelo TAPM foram comparados com a Normal Climatológica de Salvador (1961-1999).

Na Figura 29 e na Figura 30 é apresentada a comparação entre os dados estimados de velocidade do vento e de temperatura pelo TAPM com a informação proveniente da Normal Climatológica de Salvador (1961-1999), respectivamente. A Figura 31 apresenta a rosa dos ventos estimada pelo TAPM, para o ano 2013. Devido à forma como os dados da direção do vento estão apresentados na NC de Salvador, não foi possível apresentar a respectiva rosa dos ventos. No entanto, da informação disponível, os ventos predominantes no período de 1961-1999 são de Sudeste, com exceção dos meses de novembro e dezembro, que apresentam ventos predominantes de Nordeste.

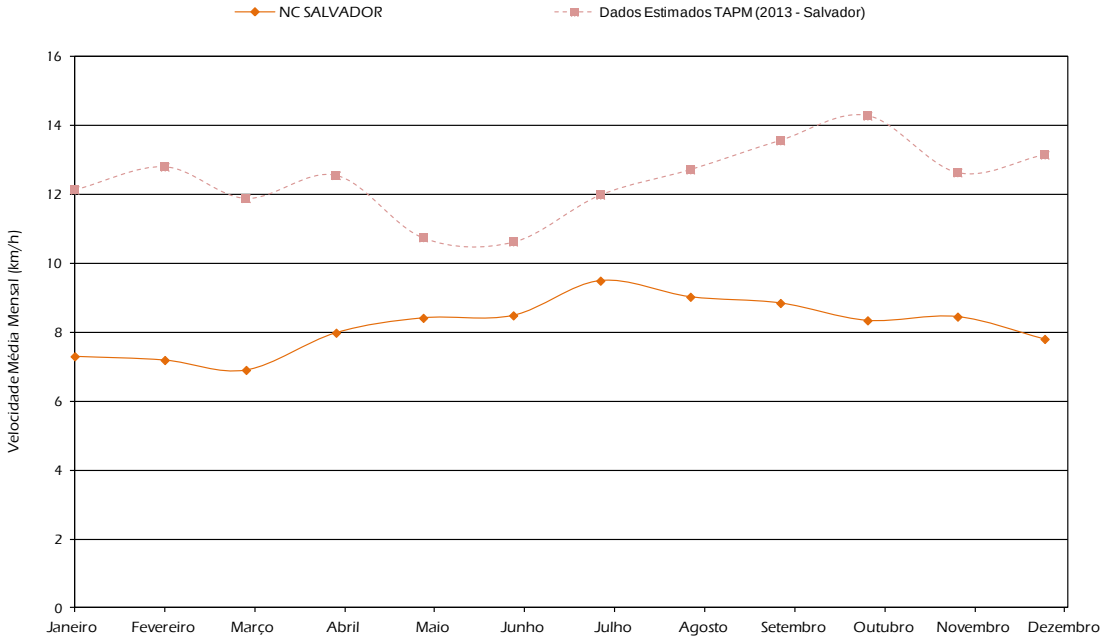


Figura 29 – Comparação da variação média mensal da velocidade do vento

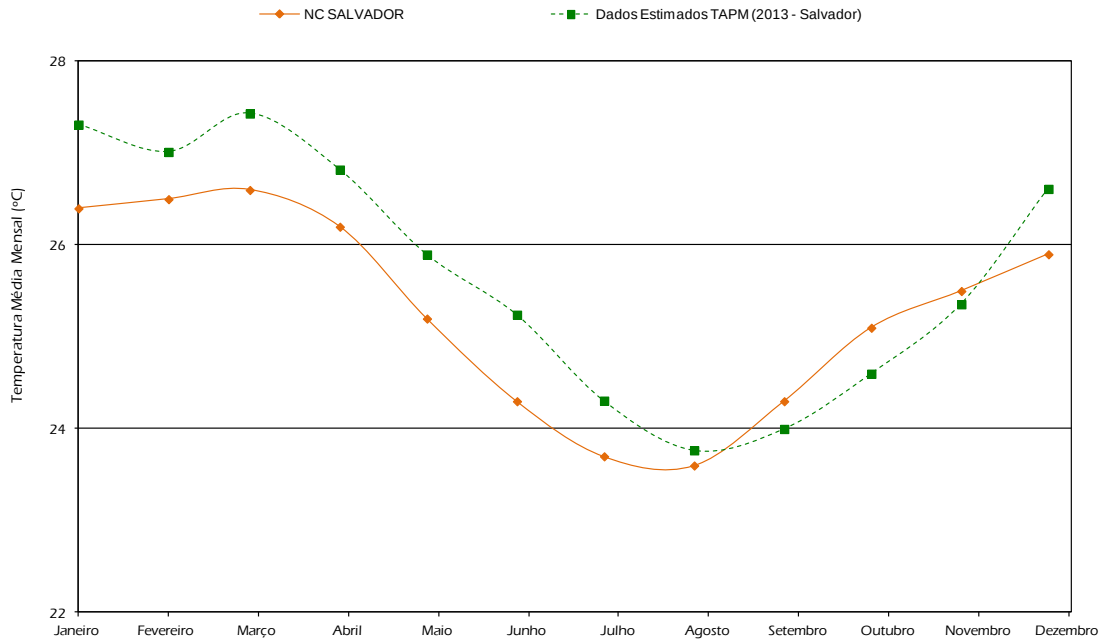


Figura 30 – Comparação das médias horárias de temperatura do ar

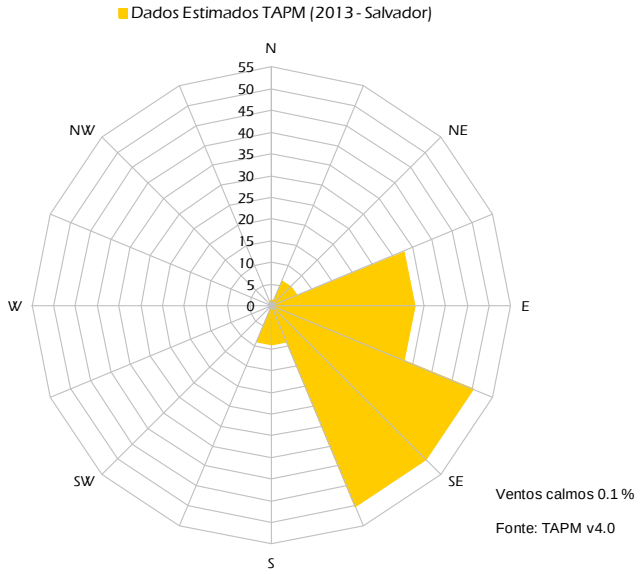


Figura 31 – Rosa dos ventos estimada pelo TAPM para o ano 2013

Síntese Interpretativa

Na análise aos gráficos apresentados deverá ser tido em conta o seguinte:

- Como foi referido, a simulação é realizada usando como forçamento sinóptico um ano de dados meteorológicos de três estações do domínio de estudo do modelo mesometeorológico (neste caso foi usado o ano de 2013 e as estações consideradas estão listadas no Quadro 21).
- A comparação entre os dados gerados pelo TAPM e a NC baseia-se no conceito das distâncias euclidianas. Isto é, quanto menor a distância euclidiana, maior é a concordância com a NC. No limite, um ano perfeitamente concordante com a NC, exibe distâncias euclidianas nulas.

Deste modo, a análise da informação disponível mostra que:

- Em termos da velocidade do vento, os dados estimados pelo modelo mesometeorológico TAPM são superiores aos valores registrados na NC de Salvador (1961-1999), variando entre os 11 e os 14 km, enquanto na NC os valores de velocidade do vento registrados variam entre os 7 e os 10 km. No entanto, o valor das distâncias euclidianas relativas à soma das médias mensais da NC considerada é igual a 0,16, o que permite concluir que

existe uma concordância razoável entre os dados estimados pelo TAPM e os dados registrados na NC considerada. Esta diferença pode ser justificada, entre outras razões, pela diferença entre as alturas de colocação do anemómetro na Estação e altura para a qual são produzidos dados no TAPM;

- Em termos de temperatura, os dados estimados pelo modelo mesometeorológico TAPM apresentam um comportamento idêntico ao verificado na NC (1961-1999). Pela análise das distâncias euclidianas relativas à soma das médias mensais da NC – 0,007 – verifica-se uma boa concordância entre o ano meteorológico simulado e NC de Salvador;
- No que diz respeito à direção do vento, verifica-se uma boa concordância dos dados gerados pelo modelo mesometeorológico, para o ano 2013, quando comparados com a NC de Salvador, uma vez que a proveniência de ventos que registram destacadamente a maior frequência de ocorrência é comum (Sudeste);
- Assim, face ao exposto, conclui-se que o ano de dados meteorológicos utilizado no estudo é adequado para a aplicação na modelagem da qualidade do ar. Deste modo, a utilização dos dados produzidos pelo modelo mesometeorológico TAPM garantem boa representatividade para a avaliação de impacto do projeto em estudo.

2.2.1.7. Modelagem da dispersão atmosférica

O estudo de qualidade do ar contempla a simulação da dispersão de poluentes para um ano de dados meteorológico, tendo em conta as emissões das fontes em linha, mais relevantes, atualmente existentes (Situação Atual), em Salvador e na Ilha de Itaparica.

O modelo utilizado para simular a dispersão de poluentes atmosféricos foi o AERMOD, versão 6.8.3, cuja descrição se encontra no Anexo 1.2 (Anexos do Volume 2 – Tomo 1). Este modelo permite a simulação para um ano inteiro de dados meteorológicos e, deste modo, a comparação dos resultados com os padrões de qualidade do ar.

O dióxido de nitrogênio é um poluente fortemente condicionado pelas reações fotoquímicas que ocorrem no ar ambiente, principalmente por via de reações associadas à formação / depleção de ozônio. O modelo de simulação usado para a

realização deste estudo apresenta vias alternativas para a simulação da dispersão atmosférica deste poluente. Nas simulações realizadas será utilizado o "Ozone Limiting Method", que faz uso das concentrações medidas de ozônio na atmosfera para estimar a conversão dos óxidos de nitrogênio em dióxido de nitrogênio.

Desta forma, a contabilização da concentração de NO_2 em cada período horário é determinada em função da concentração de ozônio existente no ar ambiente. O valor considerado para o ozônio foi retirado da estação de fundo da qualidade do ar Leandrinho (Rede de Camaçari), correspondente a 68,9 $\mu g.m^{-3}$. Este valor corresponde ao valor máximo horário, porque não foram disponibilizados valores médios anuais.

Da aplicação do AERMOD resultam arquivos de valores de concentração dos diferentes poluentes em análise, estimados tendo em conta as emissões inseridas das fontes em linha consideradas no estudo e as condições meteorológicas e topográficas locais. As concentrações são apresentadas para a malha de receptores considerada no estudo. Por "receptores" entendem-se pontos representativos de áreas unitárias, que constituem a grelha que cobre o domínio de estudo.

A partir dos valores estimados são efetuados mapas de distribuição de valores de concentração.

Os mapas de distribuição de longo termo (média anual) referem-se aos valores médios estimados para cada área, para o ano em análise.

Os mapas de distribuição de curto termo (médias horárias, octohorárias e diárias) referem-se ao valor máximo estimado no ano em estudo para o receptor (área) em análise. O mapa apresentado neste caso é representativo de uma compilação de vários períodos temporais nos quais se registraram valores elevados em determinado local. Trata-se, desta forma, de um cenário máximo criado apenas para avaliação dos máximos registrados em cada área.

A distribuição dos valores nestes mapas pode ser referente a períodos temporais distintos, durante os quais, em determinadas áreas (ou receptores), e com determinadas condições meteorológicas, ocorreram os valores máximos (horários, octohorários e diários). A análise efetuada nesta base de trabalho tem sempre de ter este fato em consideração, não podendo esta forma de apresentação ser diretamente comparável a valores limite ou de referência. Apesar disso, sempre que possível, nas

escalas gráficas dos mapas de distribuição dos valores máximos são inseridos os valores limite da legislação, de forma a integrar os valores estimados face a valores de referência.

Os mapas exprimem, para cada um dos receptores (pontos considerados representativos de áreas), a concentração máxima estimada pelo modelo independentemente do dia ou da hora do ano em estudo. No fundo, esta é uma perspetiva virtual onde se condensam todas as piores situações, receptor a receptor, numa imagem única, resultando numa espécie de "fotografia" dos piores casos, ponto a ponto, como se tivessem ocorrido todos em simultâneo.

No caso de poluição atmosférica, o pior cenário poderá ser a conjunção de um período (horário, octohorário ou diário) ou vários períodos onde simultaneamente teriam ocorrido valores elevados de vários poluentes. Esta análise é de elevada complexidade, dada a infinidade de variáveis em jogo, pelo que está convencionada a apresentação gráfica dos valores máximos, em períodos temporais distintos, tal como é efetuado neste estudo.

A comparação entre as concentrações máximas estimadas pelo modelo de simulação e os valores de referência ou legalmente aplicáveis é efetuada em forma de tabela a seguir aos mapas de distribuição de valores. Chama-se a atenção para o fato de os valores presentes nestas tabelas corresponderem aos valores máximos estimados (VE) para cada poluente em análise, dentro do universo de todos os receptores (áreas) e para as 8760 horas simuladas (um ano completo).

A comparação é efetuada também através da aplicação de um fator de segurança (designado por F2) atribuído aos resultados dos modelos Gaussianos, como o utilizado neste estudo. Por aplicação deste fator entende-se que os valores reais, estatisticamente, poderão ser metade ou o dobro dos valores estimados numericamente pelo modelo.

Ao comparar os resultados das simulações com a legislação brasileira é possível verificar se, em algum receptor (área), se prevê que haja ultrapassagem do limite legal para a qualidade do ar.

2.2.2. Situação atual na AII

A caracterização da AII teve por base os dados provenientes das estações da qualidade do ar da rede do INEMA, inseridas nesta área de influência, com informação disponível para os poluentes em estudo (MP_{10}, NO_2 e CO). A Figura 32 apresenta a localização das estações de qualidade do ar com relevância para a caracterização da AII.

Fonte: Google Earth/Salvador e Ilha de Itaparica (2013)

Figura 32 – Localização das estações de monitoramento de qualidade do ar existentes na AII

Conforme mostra a Figura acima, as estações de qualidade do ar encontram-se todas inseridas em zonas urbanas (Madre de Deus e Salvador), estando sob influência direta das fontes de poluição existentes nessas áreas, principalmente das vias de tráfego.

O Quadro 23 apresenta as características das estações de qualidade do ar localizadas no perímetro da AII.

Quadro 23 – Características das estações de qualidade do ar localizadas na AII

Estações Qualidade do Ar inseridas na AII	**Coordenadas UTM WGS84**		**Parâmetros Monitorizados[1] (µg.m^{-3})**		
	Longitude (m)	Latitude (m)	MP_{10}	NO_2	CO
A - Madre de Deus	541811	8591640	X	X	X
B - Av. Barros Reis	556475	8566773	X		
C - Dique do Tororó	553467	8564613	X	X	X
D- Campo Grande	552045	8563950	X	X	X
E - Rio Vermelho	555611	8562200	X	X	X

[1]: Apenas se apresentam os parâmetros com relevância para o estudo

Do Quadro 24 ao Quadro 27 apresenta-se a comparação das concentrações dos poluentes em estudo medidas nas estações de qualidade do ar, e os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº03/1990).

Apesar da estação de qualidade do ar Av. Barros Reis monitorizar as MP_{10}, estes dados não foram disponibilizados, não sendo possível proceder-se à sua caracterização.

Os valores de concentração, dos poluentes em estudo, para as estações de Dique de Tororó, Campo Grande e Rio Vermelho apenas foram disponibilizados para o ano 2012. Para Madre de Deus já são apresentados valores de concentração entre 2003 e 2008, dependendo do poluente em análise.

Quadro 24 – Comparação entre as concentrações medidas em Madre de Deus e os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº03/1990)

Poluente[1]	Período	Padrão Primário ($\mu g.m^{-3}$)	Valor medido em Madre de Deus ($\mu g.m^{-3}$)					
			2003	2004	2005	2006	2007	2008
MP_{10}	Diário[2]	150	-	-	-	-	74	46
	Anual	50	-	-	-	-	24	20
NO_2	Horário	320	-	-	-	-	-	-
	Anual	100	9	-	15	11	10	11
CO	Horário[2]	40000	4	2	14	3	3	3
	Octohorário	10000	-	-	-	-	-	-

[1]: Apenas se apresentam os parâmetros com relevância para o estudo
[2]: Valores máximos diários.
[3]: Valores máximos horários.

Quadro 25 – Comparação entre as concentrações medidas em Dique do Tororó e os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº03/1990)

Poluente[1]	Período	Padrão Primário ($\mu g.m^{-3}$)	Valor medido em Dique do Tororó ($\mu g.m^{-3}$)
			2012
MP_{10}	Diário[2]	150	80
	Anual	50	31
NO_2	Horário	320	-
	Anual	100	19
CO	Horário[2]	40000	2
	Octohorário	10000	-

[1]: Apenas se apresentam os parâmetros com relevância para o estudo
[2]: Valores máximos diários.
[3]: Valores máximos horários.

Quadro 26 – Comparação entre as concentrações medidas em Campo Grande e os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº03/1990)

Poluente[1]	Período	Padrão Primário ($\mu g.m^{-3}$)	Valor medido em Campo Grande ($\mu g.m^{-3}$)
			2012
MP_{10}	Diário[2]	150	39
	Anual	50	18
NO_2	Horário	320	-
	Anual	100	29
CO	Horário[2]	40000	3
	Octohorário	10000	-

[1]: Apenas se apresentam os parâmetros com relevância para o estudo
[2]: Valores máximos diários.
[3]: Valores máximos horários.

Quadro 27 – Comparação entre as concentrações medidas em Rio Vermelho e os padrões primários de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº03/1990)

Poluente[1]	Período	Padrão Primário ($\mu g.m^{-3}$)	Valor medido em Rio Vermelho ($\mu g.m^{-3}$)
			2012
MP_{10}	Diário[2]	150	60
	Anual	50	30
NO_2	Horário	320	-
	Anual	100	24
CO	Horário[2]	40000	8
	Octohorário	10000	-

[1]: Apenas se apresentam os parâmetros com relevância para o estudo
[2]: Valores máximos diários.
[3]: Valores máximos horários.

Síntese interpretativa

Os valores máximos diários e médios anuais de MP_{10} medidos durante o período em análise são inferiores aos respectivos padrões primários de qualidade do ar, em todas as estações inseridas na AII, verificando-se assim o cumprimento do estipulado na Resolução CONAMA nº 03/2013, para proteção da saúde humana.

As concentrações de NO_2, disponibilizadas pelo INEMA, não permitem a avaliação integral do cumprimento dos padrões de qualidade do ar, pois não apresentam valores máximos horários comparáveis com o padrão de qualidade do ar horário (320 $\mu g.m^{-3}$). Contudo, em termos anuais verifica-se o cumprimento da legislação em todas as Estações inseridas na AII, para o período em análise.

Os dados disponibilizados pelo INEMA para o CO também não permitem a avaliação integral do cumprimento da legislação, pois não incluem os valores máximos octohorários. No entanto, verifica-se que os valores máximos horários de CO registrados nas quatro estações de qualidade do ar são inferiores aos valores legislados.

2.2.3. Situação atual na AID e ADA

Nesta fase é realizada a simulação da dispersão dos três poluentes em estudo (MP_{10}, NO_2 e CO), para um ano completo de dados meteorológicos, para os dois domínios em estudo: Salvador e Ilha de Itaparica. Os resultados apresentados incluem, para os poluentes NO_2 e MP_{10}, o respectivo valor de fundo. Deve-se salientar que neste estudo, apenas não foi possível estabelecer o valor de fundo para o CO.

2.2.3.1. Partículas em Suspensão MP_{10}

A Figura 33 e a Figura 34 apresentam os mapas de distribuição de valores máximos das médias diárias e médios anuais de MP_{10} estimados para o domínio de Salvador, respectivamente.

A **Figura 35** e a **Figura 36** apresentam os mapas de distribuição de valores máximos das médias diárias e médios anuais de MP_{10} estimados para o domínio da Ilha de Itaparica, respectivamente.

A escala de concentrações aplicada abrange o padrão primário de qualidade do ar diário e anual estipulado na Resolução CONAMA nº 03/1990 (Padrão Primário) para este poluente, 150 $\mu g.m^{-3}$ e 50 $\mu g.m^{-3}$, respectivamente. Os valores apresentados incluem o valor de fundo de 15,4 $\mu g.m^{-3}$.

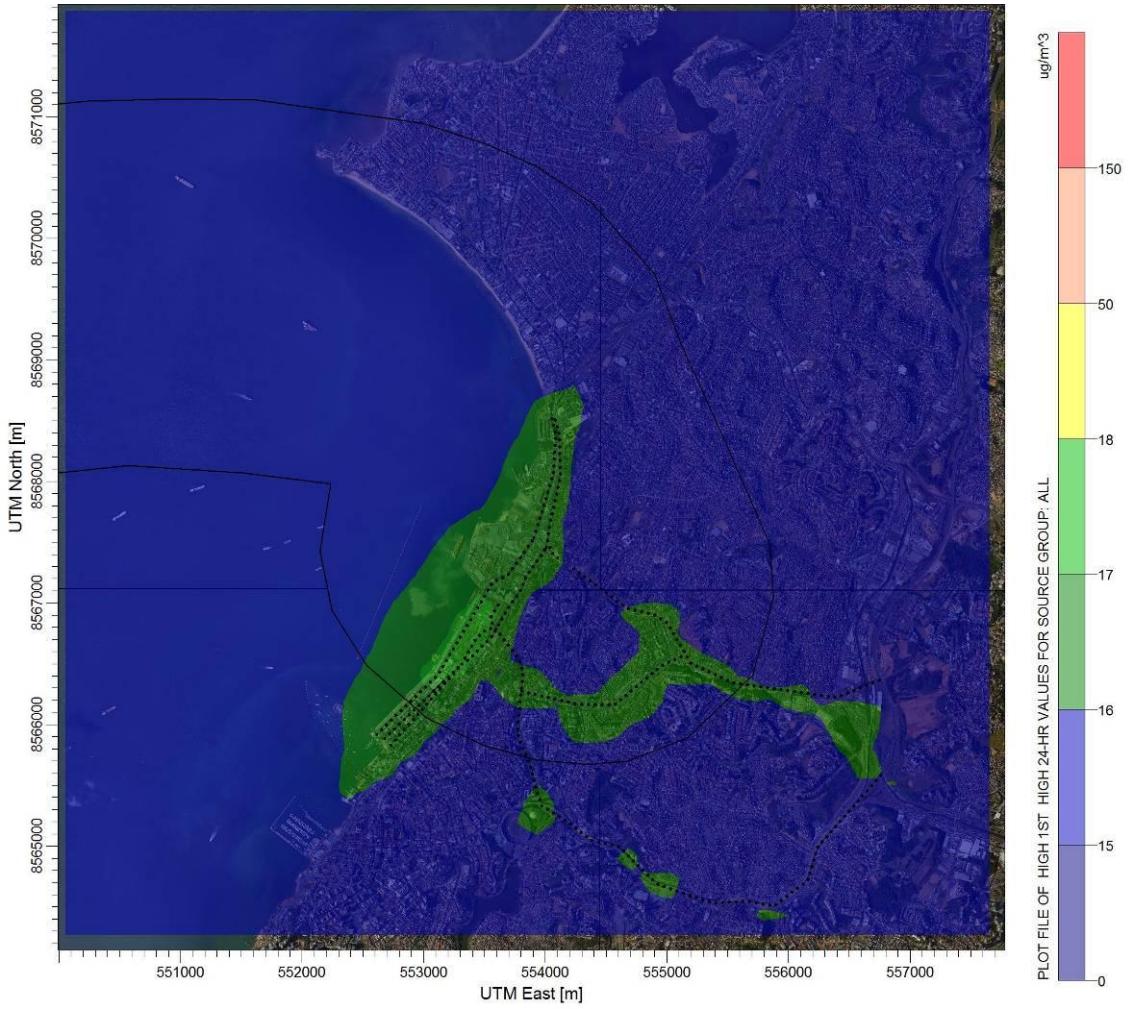


Figura 33 – Campo estimado das concentrações máximas das médias diárias de MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador

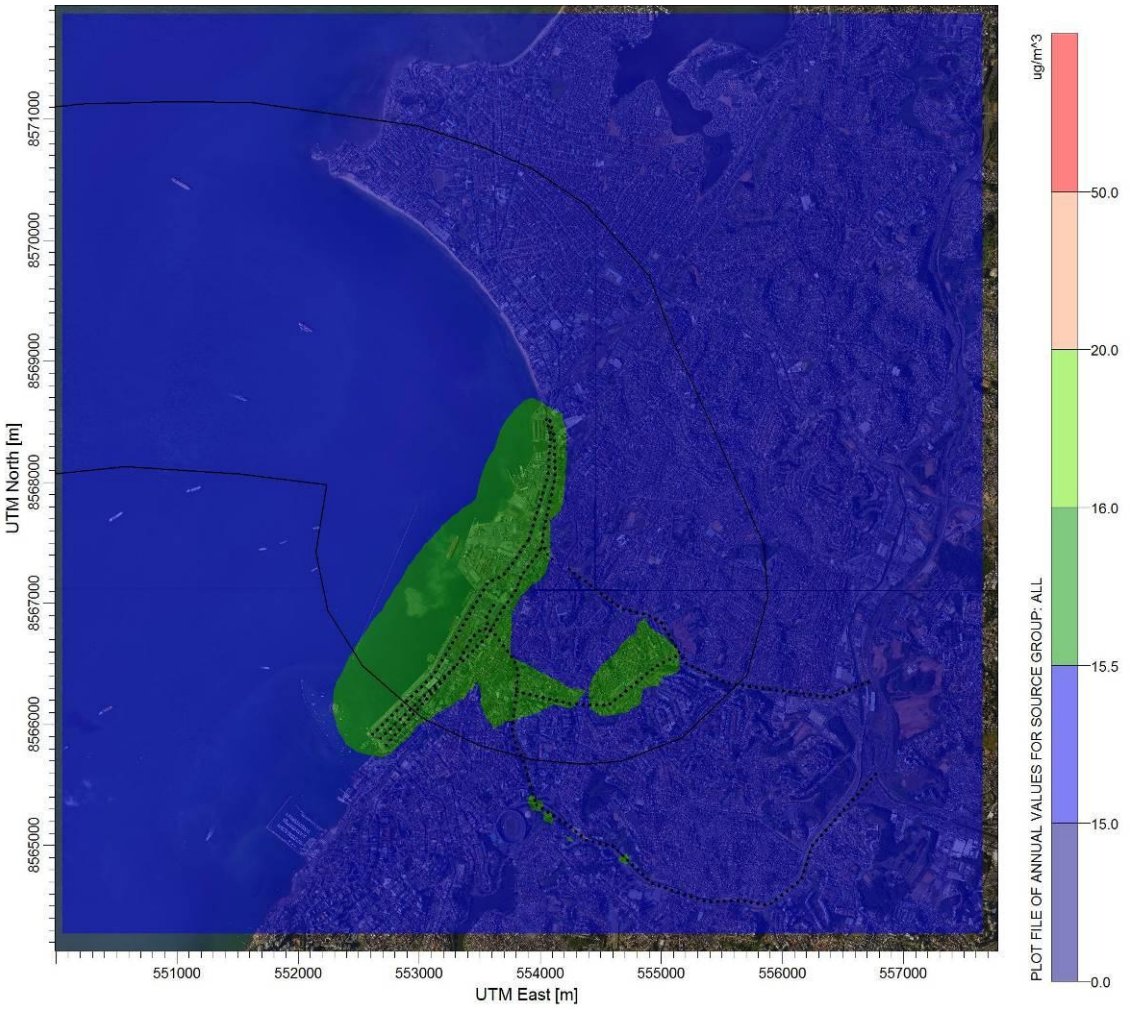


Figura 34 – Campo estimado das concentrações médias anuais de MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador

Figura 35 – Campo estimado das concentrações máximas das médias diárias de MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica

Figura 36 – Campo estimado das concentrações médias anuais de MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica

Síntese interpretativa

- Na Situação Atual obtêm-se valores de concentração de MP_{10} diários e anuais bastante reduzidos e afastados dos padrões primários, quer na área de Salvador, quer na área da Ilha de Itaparica. Os valores mais elevados estimados para Salvador são registrados na envolvente das vias de comunicação entre a zona de Comércio e a Calçada e na envolvente da Avenida da França. Na Ilha de Itaparica, os valores mais elevados ocorrem na proximidade do trecho da BA-001 que vai desde o cruzamento com a BA-532 à ponte do funil.
- Na Ilha de Itaparica, o peso do valor de fundo é muito significativo nos valores estimados, condicionando o mapa de dispersão de poluentes, que apresenta valores numa gama muito próxima de 15,4 $\mu g.m^{-3}$. Em Salvador, a

contribuição do valor de fundo para os valores estimados de MP_{10} perde relevância, continuando contudo a ser muito significativo;

- A AII do projeto é afetada atualmente por concentrações diárias e anuais de MP_{10} bastante reduzidas e afastadas dos padrões primários estipulados para este poluente. A contribuição do tráfego rodoviário para os valores registrados na AII é negligenciável face ao valor de fundo contemplado nas simulações;
- A AID do projeto, como os mapas de dispersão de MP_{10} demonstram, é afetada por valores de concentração de MP_{10} também muito reduzidos, sendo no entanto um pouco mais evidente a contribuição do tráfego rodoviário para os valores máximos e médios deste poluente aí registrados.

O Quadro 28 resume os valores máximos estimados para as MP_{10} na Situação Atual e estabelece a sua comparação com os respectivos valores limite legislados na Resolução CONAMA nº 03/1990.

Quadro 28 – Resumo dos valores estimados de MP_{10} e comparação com os respectivos valores limite legislados na Resolução CONAMA nº 03/1190

Domínio	**Período**	**Padrão Primário ($\mu g.m^{-3}$)**	**VE ($\mu g.m^{-3}$)**		**Área do domínio (km^2) com excedências em nº superior ao permitido**	
			Sem F2[(1)]	**Com F2[(2)]**	**Sem F2[(1)]**	**Com F2[(2)]**
Salvador	Diário	150	20	18 25	0	0
	Anual	50	17	16 19	0	0
Ilha de Itaparica	Diário	150	15,6	15,5 15,7	0	0
	Anual	50	15,44	15,42 15,49	0	0

Legenda: VE – Valor Máximo Obtido na Simulação
[(1)] Sem aplicação do Fator F2 implica considerar que os valores são estatisticamente representativos das condições reais
[(2)] Com a aplicação do Fator F2 considera-se que os valores reais podem ser o dobro ou metade dos valores estimados

Síntese interpretativa

- Na Situação Atual obtêm-se valores de concentração de MP_{10} máximos diários e médios anuais bastante reduzidos e próximos do valor de fundo estabelecido para os domínios de simulação (15,4 $\mu g.m^{-3}$). Os valores de concentração não atingem os padrões primários de qualidade do ar, mesmo com a aplicação do fator F2 aos resultados;
- O valor de fundo contribui muito significativamente para as concentrações máximas e médias registradas em todos os receptores de ambos os domínios em avaliação.

2.2.3.2. Dióxido de Nitrogênio NO_2

A Figura 37 e a Figura 38 apresentam os mapas de distribuição de valores máximos das médias diárias e médios anuais de NO_2 na área de Salvador, respectivamente.

A Figura 39 e a Figura 40 apresentam os mapas de distribuição de valores máximos das médias diárias e médios anuais de NO_2 para a Ilha de Itaparica, respectivamente.

A escala de concentrações aplicada abrange o padrão primário de qualidade do ar horário e anual estipulado na Resolução CONAMA nº 03/1990 (Padrão Primário) para este poluente, 320 $\mu g.m^{-3}$ e 100 $\mu g.m^{-3}$, respectivamente. Os valores apresentados incluem o valor de fundo de 6,2 $\mu g.m^{-3}$.

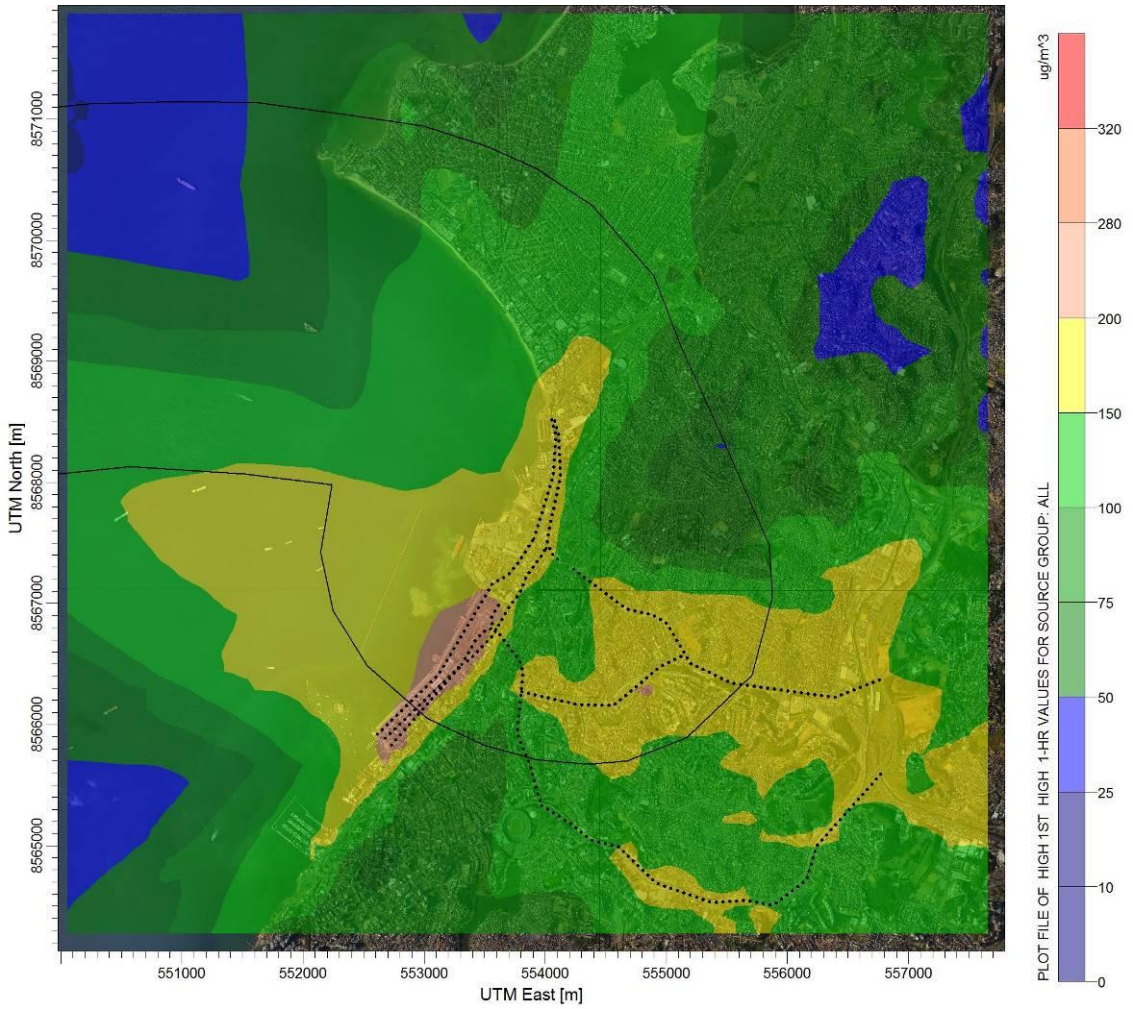


Figura 37 – Campo estimado das concentrações máximas das médias horárias de NO_2 ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador

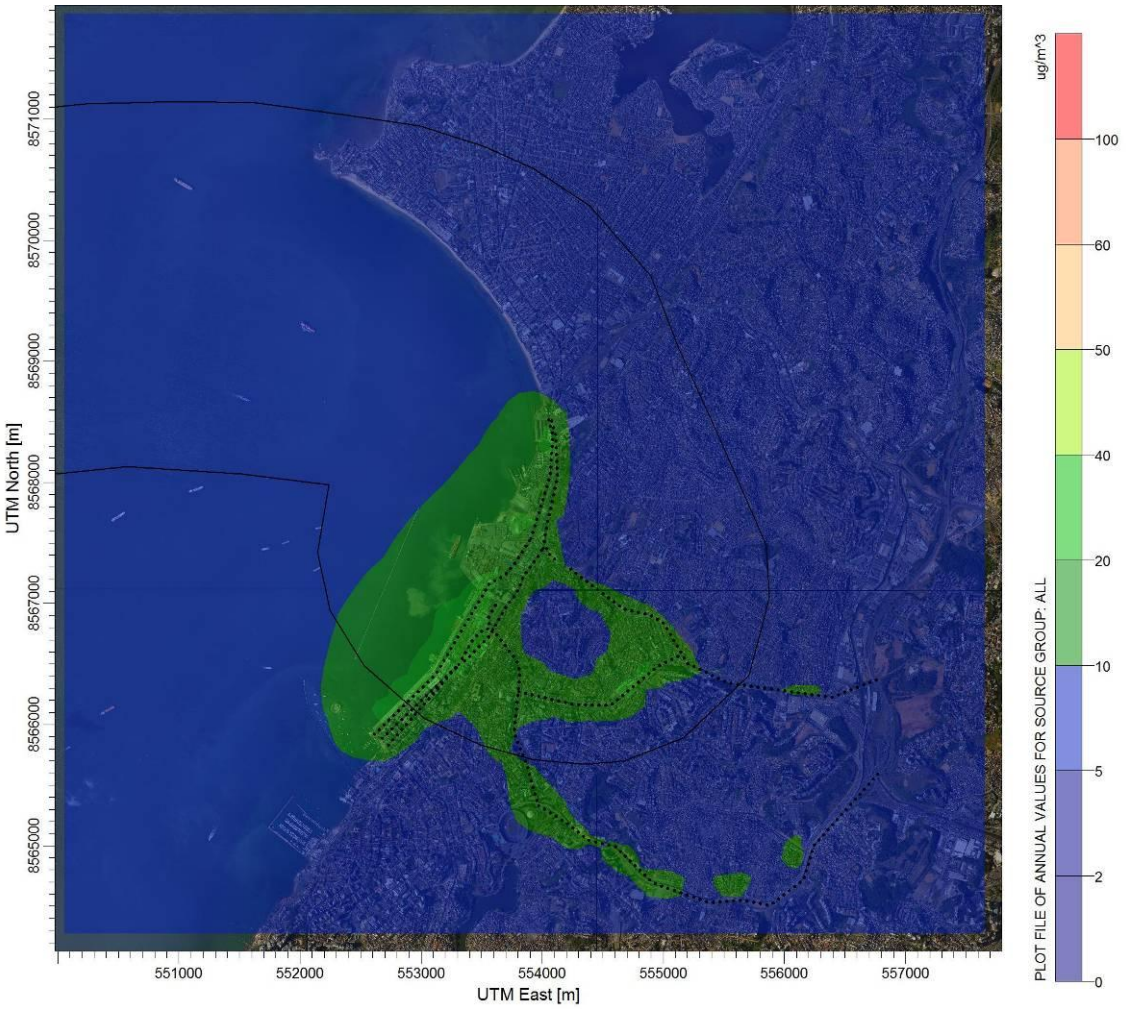


Figura 38 – Campo estimado das concentrações médias anuais de NO_2 ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador

Figura 39 – Campo estimado das concentrações máximas das médias horárias de NO_2 ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica

Figura 40 – Campo estimado das concentrações médias anuais de NO_2 ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica

Síntese interpretativa

- Em Salvador, na Situação Atual, obtêm-se valores de concentração máximos horários de NO_2 muito elevados junto das vias mais próximas da ligação da travessia Salvador-Ilha de Itaparica, pois é uma zona de tráfego intenso e rede viária densa. No restante domínio os valores diminuem significativamente mantendo-se bastante afastados do padrão primário de qualidade do ar. A distribuição dos valores anuais de NO_2 evidencia o mesmo foco de poluição, contudo os valores atingidos estão mais afastados do padrão de qualidade do ar estabelecido para este poluente;
- Na Ilha de Itaparica, os valores de concentração horários e anuais mais elevados ocorrem na proximidade do trecho da BA-001 que vai desde o

cruzamento com a BA-532 à ponte do funil. No entanto, não são atingidos os padrões primários de qualidade do ar em nenhum receptor do domínio;

- A AID do projeto é afetada atualmente por concentrações de NO_2 muito significativas na zona de Salvador. Na zona da Ilha de Itaparica, a AID é atualmente afetada por concentrações numa ordem mais reduzida de valores, mas ainda assim, relevantes. A AII engloba também alguns receptores com valores significativos de NO_2, principalmente na zona de Salvador.

O Quadro 29 resume os valores máximos estimados para o NO_2 e estabelece a sua comparação com os respectivos valores limite legislados na Resolução CONAMA nº 03/1990.

Quadro 29 – Resumo dos valores estimados de NO_2 e comparação com os respectivos valores limite legislados na Resolução CONAMA nº 03/1990

Domínio	**Período**	**Padrão Primário ($\mu g.m^{-3}$)**	**VE ($\mu g.m^{-3}$)**		**Área do domínio (km^2) com excedências em nº superior ao permitido**	
			Sem F2(1)	**Com F2(2)**	**Sem F2(1)**	**Com F2(2)**
Salvador	Horário	320	409	208 813	0,04	0 11,16
	Anual	100	62	34 118	0	0 0,04
Ilha de Itaparica	Horário	320	128	67 250	0	0
	Anual	100	8,5	7,4 10,8	0	0

Legenda: VE – Valor Máximo Obtido na Simulação
(1) Sem aplicação do Fator F2 implica considerar que os valores são estatisticamente representativos das condições reais
(2) Com a aplicação do Fator F2 considera-se que os valores reais podem ser o dobro ou metade dos valores estimados

Síntese interpretativa

- Em Salvador, na Situação Atual, foram estimados valores de NO_2 acima dos 320 $\mu g.m^{-3}$, sem aplicação do fator F2 e com aplicação do fator F2 mais

conservativo, em 0,04 km^2 e 11,2 km^2 do domínio, respectivamente. Com aplicação do fator mais permissivo (assumindo que os valores estimados podem ser o dobro dos valores reais), obtém-se o cumprimento legal do padrão de qualidade do ar horário de NO_2. Os valores anuais deste poluente são mais reduzidos, obtendo-se a ultrapassagem do padrão primário num único receptor (0,04 km^2), e apenas para as condições mais desfavoráveis (multiplicação dos valores estimados por 2);

- Na Ilha de Itaparica, na Situação Atual, observa-se a ocorrência de um pico de concentração horária elevado, contudo, inferior a 320 $\mu g.m^{-3}$, com e sem aplicação do fator F2. Os valores médios anuais registrados na Ilha de Itaparica são muito reduzidos e afastados do padrão primário de qualidade do ar, mesmo com a aplicação do fator F2 aos resultados;

- Os valores de NO_2 estimados na Ilha de Itaparica são muito mais reduzidos que os estimados em Salvador, pois a intensidade de tráfego circulante nas vias da Ilha de Itaparica é também muito mais reduzida que em Salvador.

2.2.3.3. Monóxido de Carbono CO

A Figura 41 e a Figura 42 apresentam os mapas de distribuição de valores máximos das médias diárias e médios anuais de CO, respectivamente, em Salvador.

A Figura 43 e a Figura 44 apresentam os mapas de distribuição de valores máximos das médias diárias e médios anuais de CO, respectivamente, na Ilha de Itaparica.

A escala de concentrações aplicada abrange o padrão primário de qualidade do ar horário e octohorário estipulado na Resolução CONAMA nº 03/1990 (Padrão Primário) para este poluente, 40000 $\mu g.m^{-3}$ e 10000 $\mu g.m^{-3}$, respectivamente.

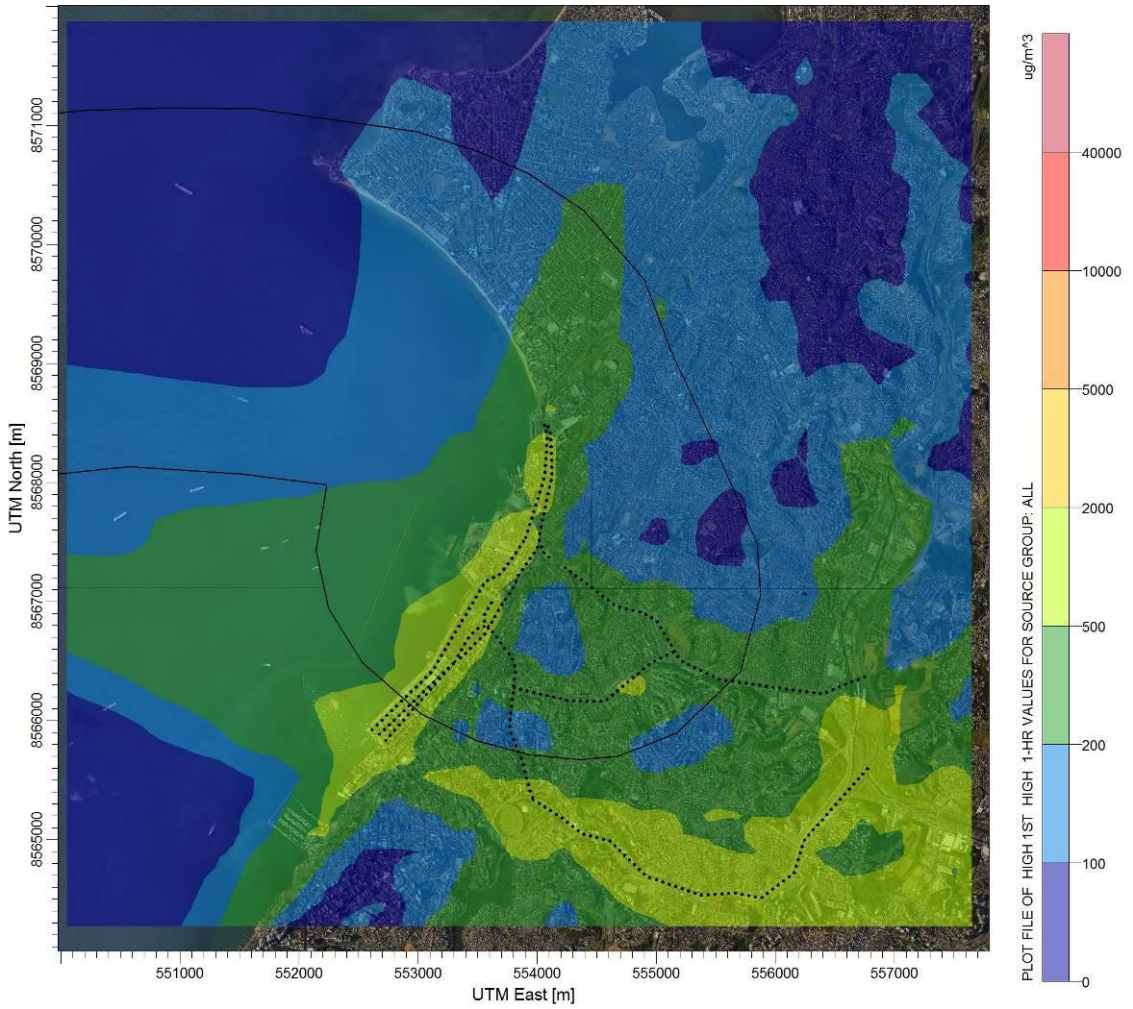


Figura 41 – Campo estimado das concentrações máximas das médias horárias de CO ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador

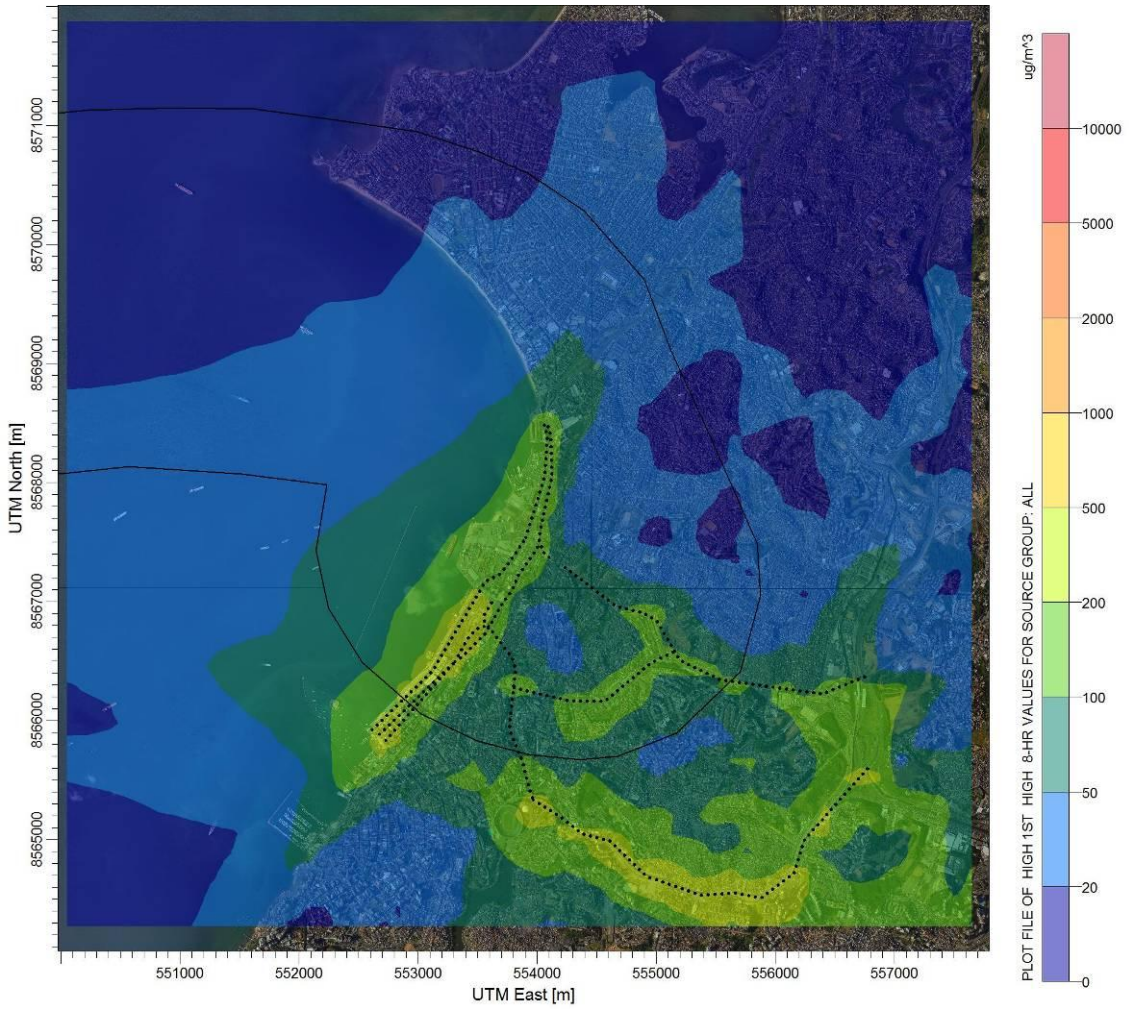


Figura 42 – Campo estimado das concentrações médias octohorárias de CO ($\mu g.m^{-3}$) verificadas em Salvador

Figura 43 – Campo estimado das concentrações máximas das médias horárias de CO ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica

Figura 44 – Campo estimado das concentrações médias octohorárias de CO ($\mu g.m^{-3}$) verificadas na Ilha de Itaparica

Síntese interpretativa

- Na Situação Atual obtêm-se valores de concentração de CO horários e octohorários bastante reduzidos e afastados dos padrões primários, quer em Salvador, quer na Ilha de Itaparica. Os valores mais elevados estimados para Salvador e Ilha de Itaparica são registrados na envolvente próxima das vias de tráfego, sem destacar nenhuma via em particular. Os valores mais elevados na Ilha de Itaparica ocorrem na envolvente próxima da BA-001, trecho que vai desde o cruzamento com a BA-532 à ponte do funil;
- As Áreas de Influência Indireta e Direta do projeto são afetadas atualmente por concentrações de CO bastante reduzidas e afastadas dos padrões primários horário e octohorário e anual, estipulados para este poluente. A contribuição do tráfego rodoviário para os valores de CO registrados na AID é bastante notória, mas negligenciável para os valores registrados na AII.

O Quadro 30 resume os valores máximos estimados para o CO e estabelece a sua comparação com os respectivos valores limite legislados na Resolução CONAMA nº 03/1990.

Quadro 30 – Resumo dos valores estimados de CO e comparação com os respectivos valores limite legislados na Resolução CONAMA nº 03/1990

Domínio	Período	Padrão Primário ($\mu g.m^{-3}$)	VE ($\mu g.m^{-3}$)		Área do domínio (km^2) com excedências em nº superior ao permitido	
			Sem F2[(1)]	Com F2[(2)]	Sem F2[(1)]	Com F2[(2)]
Salvador	Horário	40000	2237	1119 4475	0	0
	Octohorário	10000	434	217 868	0	0
Ilha de Itaparica	Horário	40000	111	55 222	0	0
	Octohorário	10000	19	8,5 38	0	0

Legenda: VE – Valor Máximo Obtido na Simulação
[(1)] Sem aplicação do Fator F2 implica considerar que os valores são estatisticamente representativos das condições reais
[(2)] Com a aplicação do Fator F2 considera-se que os valores reais podem ser o dobro ou metade dos valores estimados

Síntese interpretativa

- Na Situação Atual obtêm-se valores de concentração de CO máximos horários e octohorários bastante reduzidos, não atingindo os padrões primários de qualidade do ar, mesmo com a aplicação do fator F2 aos resultados;
- Os valores estimados de CO na Ilha de Itaparica são muito mais reduzidos que os estimados em Salvador, pois a intensidade de tráfego circulante nas vias da Ilha de Itaparica é também muito mais reduzida que em Salvador.

2.3. Ruído

2.3.1. Metodologia

A caracterização da situação atual do ruído em Salvador e na Ilha de Itaparica, locais interferidos com a implementação da Travessia, contemplou as seguintes tarefas:

- Numa primeira fase foram realizadas um conjunto de medições de ruído ambiental em 10 pontos de medida para caracterizar os níveis de Ruído Ambiente, LAeq, em locais no entorno da futura ponte Salvador/Ilha de Itaparica - BA e respectivos acessos viários. Foi emitido um Laudo Técnico reportando o monitoramento de ruído efetuado, em que se apresentaram os resultados e se fez a respectiva análise e enquadramento na NBR 10151.
- Desenvolvimento de um modelo acústico de base, com importação e tratamento de todos os dados cartográficos disponibilizados, implantação das vias existentes com relevância para o estudo e atribuição de dados de tráfego para as mesmas, em termos de tráfego médio horário, com distinção de leves e pesados e de períodos diurno e noturno. Validação do modelo através de comparação dos resultados medidos e calculados em pontos receptores localizados na proximidade das fontes de ruído introduzidas no modelo. O modelo desenvolvido servirá de base para as análises futuras, a realizar no escopo do estudo de impacto ambiental.
- Cálculo da propagação do ruído contemplando o tráfego atualmente associado às vias existentes no domínio em estudo apresentando mapas de ruído expressos em termos de LAeq diurno e LAeq noturno.

2.3.2. Referencial normativo

2.3.2.1. Resolução CONAMA 01/90

A Resolução CONAMA 01/90, de 08 de março de 1990 "Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais, comerciais, recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução". De acordo com esta Resolução:

I. A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política,

obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.

II. São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela Norma NBR-10.151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

III. Na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR-10.152 – Níveis de Ruído para conforto acústico, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

2.3.2.2. Norma NBR 10.151-2000

A Norma NBR-10.151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações.

Especifica ainda um método para a medição de ruído e define o nível de pressão sonora equivalente (LAeq), em decibels ponderados em "A" como parâmetro base de avaliação. Este valor pode ainda ser corrigido caso o ruído apresente características tonais ou impulsivas, sendo em ambos os casos aplicada uma correção de 5 dB(A), adicionada ao valor do LAeq.

A altura de avaliação indicada é aproximadamente de 1,20 m de altura.

A avaliação do ruído está assim definida no ponto 6 da Norma:

6 Avaliação do ruído

6.1 Generalidades

O método de avaliação do ruído baseia-se em uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido Lc e o nível de critério de avaliação NCA, estabelecido conforme a tabela 1.

6.2 Determinação do nível de critério de avaliação - NCA

6.2.1 O nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos está indicado na tabela 1.

6.2.2 Os limites de horário para o período diurno e noturno da tabela 1 podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.

6.2.3 O nível de critério de avaliação NCA para ambientes internos é o nível indicado na tabela 1 com a correção de - 10 dB(A) para janela aberta e - 15 dB(A) para janela fechada.

6.2.4 Se o nível de ruído ambiente L_{ra}, for superior ao valor da tabela 1 para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor do L_{ra}.

Tabela 1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

6 Avaliação do ruído

6.1 Generalidades

O método de avaliação do ruído baseia-se em uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido Lc e o nível de critério de avaliação NCA, estabelecido conforme a tabela 1.

6.2 Determinação do nível de critério de avaliação - NCA

6.2.1 O nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos está indicado na tabela 1.

6.2.2 Os limites de horário para o período diurno e noturno da tabela 1 podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.

6.2.3 O nível de critério de avaliação NCA para ambientes internos é o nível indicado na tabela 1 com a correção de - 10 dB(A) para janela aberta e - 15 dB(A) para janela fechada.

6.2.4 Se o nível de ruído ambiente L_{ra}, for superior ao valor da tabela 1 para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor do L_{ra}.

Tabela 1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Portanto, em conformidade com a Resolução CONAMA 01 de 1990, os NCAs são os constantes da Tabela 1 da Norma NBR 10.151:2000 que se reproduz no quadro seguinte.

Quadro 31 – Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB (A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Resolução do CONAMA 01 de 1990.

2.3.3. Monitoramento de ruído

Nesta seção será apresentado um resumo da campanha de monitoramento de ruído realizada em janeiro de 2014, a qual se encontra reportada com mais detalhe em laudo técnico de março de 2014.

As medições de ruído realizadas entre 16, 17 e 20 de janeiro de 2014 foram efetuadas para caracterizar os níveis de Ruído Ambiente, LAeq, em locais no entorno da futura ponte Salvador/Ilha de Itaparica - BA.

As medições foram realizadas em conformidade com as recomendações da NBR 10.151 (2000), “Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade”. O medidor de nível de pressão sonora foi ajustado com fonte calibrada de 93,8dB, em 1000Hz, antes e após a realização das medições sonoras, não havendo variação superior a 0,5dB em 1000Hz entre os dois ajustes.

Todas as medições foram efetuadas em modo contínuo com duração de 30 minutos em cada ponto e por período, nos períodos diurno e noturno, registrando Níveis Sonoros Equivalentes, na curva de ponderação A, LAeq, em intervalos de um minuto, para determinar os níveis de ruído ambiente. O histórico dos valores dos Níveis Sonoros Equivalentes registrados no tempo, em intervalos de um minuto, foram apresentados no laudo técnico. Os níveis estatísticos foram calculados a partir desses valores de LAeq armazenados, utilizando *software* específico do equipamento de medição acústica.

As medições foram efetuadas em 10 pontos selecionados considerando a presença de moradores que pudessem ser impactados pela implantação do empreendimento. Os pontos de medida são listados no Quadro 32 e a sua localização mostrada na Figura 45. As fotografias são da autoria do consórcio V&S Ambiental – NEMUS.

Quadro 32 – Identificação dos pontos onde foram efetuadas as medições sonoras

LOCAL	COORDENADAS LAT/LONG	DESCRIÇÃO
P01	12°57'23.92"S 38°30'5.27"O	Ponto localizado na laje da residência nº 31, Ladeira São Francisco de Paula, bairro Lapinha, Salvador-BA.
P02	12°57'11.82"S 38°36'55.99"O	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. José Bion, s/n, bairro Parque das Mangueiras, Itaparica-BA.
P03	12°57'2.41"S 38°37'57.41"O	Ponto localizado entre a rua da COELBA e o trevo de Mar Grande, ao lado da Oficina Mecânica do Renê, s/nº, Itaparica-BA.
P04	13°0'59.32"S 38°39'4.79"O	Ponto localizado na Rodovia BA 001, s/º em frente à distribuidora de água, Água Viva, Itaparica-BA.
P05	12°59'47.88"S 38°39'36.49"O	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Patrick, nº 5, rua Ernesto Carneiro Ribeiro, bairro Catita, Itaparica-BA.
P06	13°2'19.59"S 38°41'27.88"O	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. José, nº 26, estrada de Ponta Grossa, Itaparica-BA.
P07	12°56'40.93"S 38°30'9.60"O	Ponto localizado na Praia do Cantagalo, em frente a residência do Sr. Almir Pescador, nº 35, Salvador-BA.
P08	13° 4'0.69"S 38°43'49.18"O	Ponto localizado em frente ao lado da residência do Sr. Jaime, s/nº, bairro Tairu, próximo ao túnel do trevo da Rodovia BA 01, Itaparica-BA.
P09	13°2'5.58"S 38°48'44.53"O	Ponto localizado no campo de futebol do Povoado da Ilha da Banca, entre as residências dos Srs. Rodela e Roque, s/nº, Itaparica-BA.
P10	12°57'11.95"S 38°30'1.48"O	Ponto localizado na rua Lima e Silva, nº 34, nos fundos do Laboratório Sabin, bairro Lapinha, Salvador-BA.

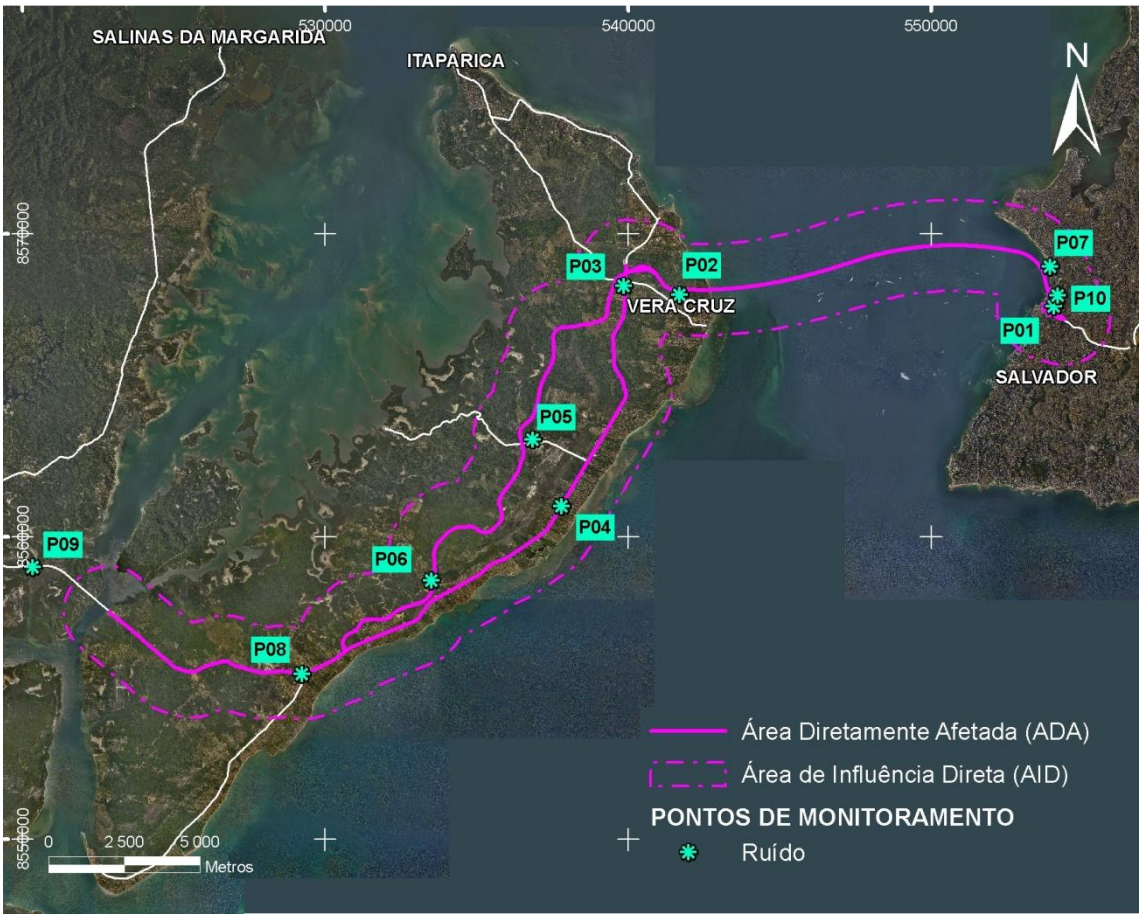


Figura 45 – Localização dos pontos de monitoramento de ruído

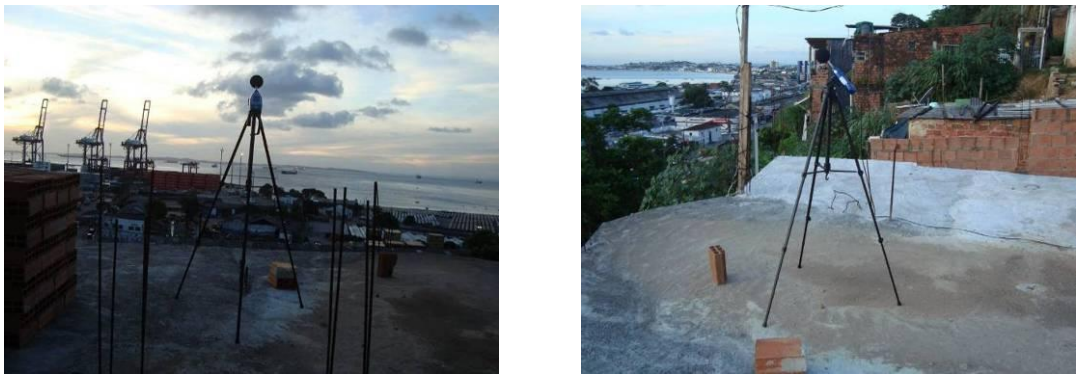


Figura 46 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P1

Figura 47 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P2

Figura 48 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P3

Figura 49 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P4

Figura 50 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P5

Figura 51 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P6

Figura 52 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P7

Figura 53 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P8

Figura 54 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P9

Figura 55 – Posicionamento dos equipamentos de medição no ponto P10

No Quadro 33 são apresentados os resultados das medições de ruído realizadas.

Estes resultados serão mais adiante cruzados com os obtidos a partir do modelo e com os Níveis Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos definidos na NBR 10151:2000 para vários tipos de áreas.

Quadro 33 – Resultados das medições de ruído nos períodos diurno e noturno

PERÍODO DE MEDIÇÃO: Diurno (entre 07:01 as 22:00h)												
PONTO DE MEDIÇÃO	DESCRITORES SONOROS [dB(A)]						DADOS DAS MEDIÇÕES					
								Horário		Temp.	U.R.*	Vento
	L_{Aeq}	L_{MIN}	L_{A90}	L_{A50}	L_{A10}	L_{MAX}	Data	Inicial	Final	[ºC]	[%]	[m/s]
R-01	**64**	62	62	63	66	68	20/1/2014	18:03	18:33	27	72	< 5,0
R-02	**44**	39	40	44	47	48	17/1/2014	13:12	13:42	33	53	< 5,0
R-03	**56**	51	53	55	58	63	17/1/2014	13:57	14:27	30	61	< 5,0
R-04	**68**	64	65	67	70	76	17/1/2014	10:49	11:19	33	51	< 5,0
R-05	**45**	41	42	44	48	50	17/1/2014	12:07	12:37	30	61	< 5,0
R-06	**48**	43	44	47	51	54	17/1/2014	10:00	10:30	39	43	< 5,0
R-07	**58**	55	56	58	60	61	20/1/2014	21:00	21:30	26	75	< 5,0
R-08	**64**	59	60	63	66	69	17/1/2014	09:05	09:35	33	60	< 5,0
R-09	**58**	49	54	57	62	63	17/1/2014	07:44	08:14	36	47	< 5,0
R-10	**61**	60	60	60	62	63	20/1/2014	17:06	17:36	38	44	< 5,0

PERÍODO DE MEDIÇÃO: Noturno (entre 22:01h e 07:00h)												
PONTO DE MEDIÇÃO	DESCRITORES SONOROS [dB(A)]						DADOS DAS MEDIÇÕES					
								Horário		Temp.	U.R.*	Vento
	L_{Aeq}	L_{MIN}	L_{A90}	L_{A50}	L_{A10}	L_{MAX}	Data	Inicial	Final	[ºC]	[%]	[m/s]
R-01	**61**	57	58	61	62	64	20/1/2014	22:52	23:22	26	77	< 5,0
R-02	**42**	41	41	42	43	44	16/1/2014	22:01	22:31	27	76	< 5,0
R-03	**64**	54	60	63	66	67	16/1/2014	22:45	23:15	25	83	< 5,0
R-04	**51**	36	37	47	56	59	17/1/2014	00:22	00:52	25	87	< 5,0
R-05	**42**	40	40	41	43	45	16/1/2014	23:36	00:06	25	87	< 5,0
R-06	**39**	36	37	39	41	42	17/1/2014	01:07	01:37	26	79	< 5,0
R-07	**67**	53	54	56	73	78	20/1/2014	22:01	22:31	26	76	< 5,0
R-08	**56**	41	42	54	60	63	17/1/2014	01:52	02:22	25	81	< 5,0
R-09	**49**	47	48	48	51	54	17/1/2014	02:44	03:14	23	81	< 5,0
R-10	**59**	56	57	59	61	64	20/1/2014	23:40	00:10	25	77	< 5,0

2.3.4. Modelo acústico

2.3.4.1. Mapas de ruído – descrição geral

O desenvolvimento de técnicas de modelagem da emissão e propagação sonora, a par do aumento enorme das capacidades de memória e cálculo dos sistemas informáticos, permitiram o aparecimento nos últimos anos de programas informáticos capazes de modelar, com boa precisão e relativa rapidez, as mais complexas situações de geração e propagação de ruído.

Os mapas de ruído são os elementos fundamentais da cartografia do ruído. Estes são normalmente apresentados sob a forma de planta com linhas isofônicas e/ou manchas coloridas, representando as áreas cujo nível de ruído se situa numa dada gama de valores.

Estes mapas de ruído não resultam diretamente de medições de ruído realizadas *in situ*, pois para que tal fosse possível com um mínimo de representatividade, seriam necessárias centenas, ou mesmo milhares, de medições, com duração de vários dias por cada ponto de medida. Os mapas de ruído resultam sim de cálculos realizados de acordo com modelos matemáticos baseados em normas ou métodos, englobando uma série de fases que a seguir se descrevem e os seguintes elementos fundamentais:

- Cartografia da zona a estudar – altimetria e planimetria;
- Fontes de ruído – características físicas e acústicas;
- Grelha receptora – definida a uma determinada cota acima do terreno e relativa a este, acompanhando a topografia;
- Atenuação sonora com a distância – por divergência geométrica, por absorção atmosférica, por atenuação em barreiras naturais e artificiais, etc.

Uma vez que a densidade da grelha receptora tem implicação direta com a resolução espacial do mapa de ruído e com o tempo de cálculo, é necessário estabelecer um compromisso equilibrado entre estes dois pontos.

2.3.4.2. *Software* utilizado e respectiva configuração

O programa utilizado para a elaboração dos Mapas de Ruído foi o CadnaA, com as seguintes configurações principais:

- Norma para fontes rodoviárias: NMPB Routes 96
- Erro máximo: 0 dB para cálculos em receptores e 0,5 dB para cálculo de mapas de ruído
- Raio de busca: 3.000 m para cálculos em receptores e 1.000 m para cálculo de mapas de ruído
- Períodos de referência considerados:
  - Diurno: das 7:00 às 22:00 h
  - Noturno: das 22:00 às 7:00h
- Ordem de reflexão: 2 para cálculos em receptores e 1 para cálculo de mapas de ruído
- Malha de cálculo de mapas de ruído: pontos equi-espaçados de 10 m entre si e a 1,50 m do solo.

2.3.4.3. Cartografia

A base cartográfica digital necessária para a construção do modelo acústico computacional 3D teve como principal origem um conjunto de ficheiros no formato GDB (Geodatabase, nativo da ESRI) obtidos junto a entidades públicas (CONDER). Esses ficheiros foram inicialmente importados para o aplicativo de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de código aberto QGIS v2.2 de forma a visualizá-los, tratá-los e perceber como se encontrava organizada a informação enviada. O passo seguinte consistiu em exportar cada um dos itens / temas (curvas de nível, toponímia, pontos cotados, edificado, entre outros) para o formato SHP de modo a poderem ser importados para o *software* de modelagem acústica CadnaA v3.7.231. Houve ainda necessidade de compatibilizar no QGIS os sistemas de referência de coordenadas entre os vários temas importados. O sistema escolhido foi o sistema com o código ESPG 32724 que corresponde ao datum WGS84,ao sistema de projeção UTM e à zona 24S, por ser o mais comum entre os temas analisados.

No *software* CadnaA importaram-se as *shapefiles* anteriores relativas às curvas de nível, bermas das rodovias, edificado (disponível apenas para a cidade de Salvador) e

limite da linha de costa. O edificado, ainda que parcial, da Ilha de Itaparica foi obtido por vetorização de fotografias aéreas provenientes do Google Earth (todos os direitos reservados) ao qual foi atribuído uma altura média de dois pisos. Essa vetorização, adequada do ponto de vista acústico para esta fase apesar de implicar simplificações e aproximações, revelou-se a única alternativa possível para a construção do modelo uma vez que não foi possível obter nesta fase essa parcela da cartografia digital.

Concluída a importação dos elementos necessários e a vetorização do edificado da Ilha de Itaparica houve necessidade de tratar a altimetria de modo a torná-la mais fácil de manipular e facilitar a implantação de estradas e edifícios. As curvas de nível apresentavam uma equidistância de 5 metros para uma área bastante mais vasta que a área de estudo escolhida, como se pode ver na figura seguinte. Note-se que a área de estudo está representada a azul-escuro. Corresponde à AID – Área de Influência Direta – do empreendimento, definida para este EIA.

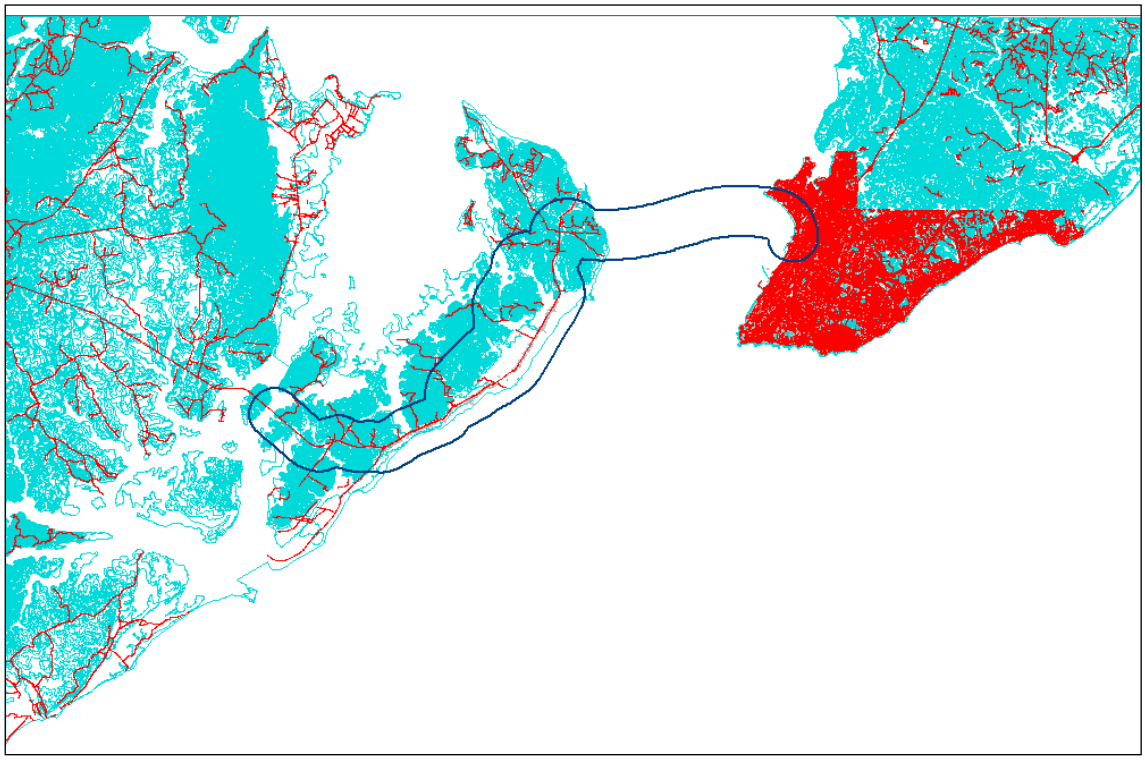


Figura 56 – Cartografia geral utilizada para o modelo acústico, incluindo-se apenas as vias existentes (modelo da situação atual)

A AID inclui as vias diretamente envolvidas no projeto, considerando 1.500 m para cada lado das mesmas. Esta área foi utilizada como área de estudo e como área de cálculo para os mapas de ruído. De notar que a cartografia representada na Figura 56

foi ainda simplificada, eliminando todos os elementos mais de 500 m fora da AID, de modo a tornar o modelo menos pesado, sem afetar em nada o rigor do cálculo.

Nas figuras seguintes são apresentados dois pormenores da cartografia usada na cidade de Salvador e na Ilha de Itaparica.

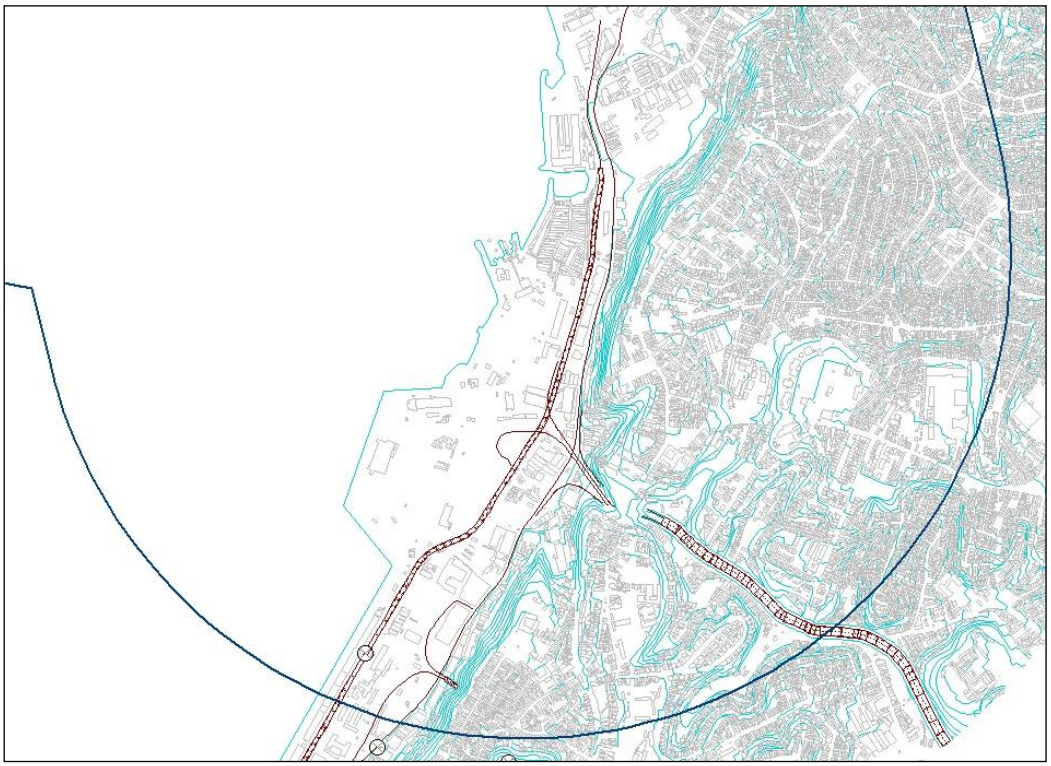


Figura 57 – Pormenor da cartografia na cidade de Salvador da Bahia, usada no modelo acústico

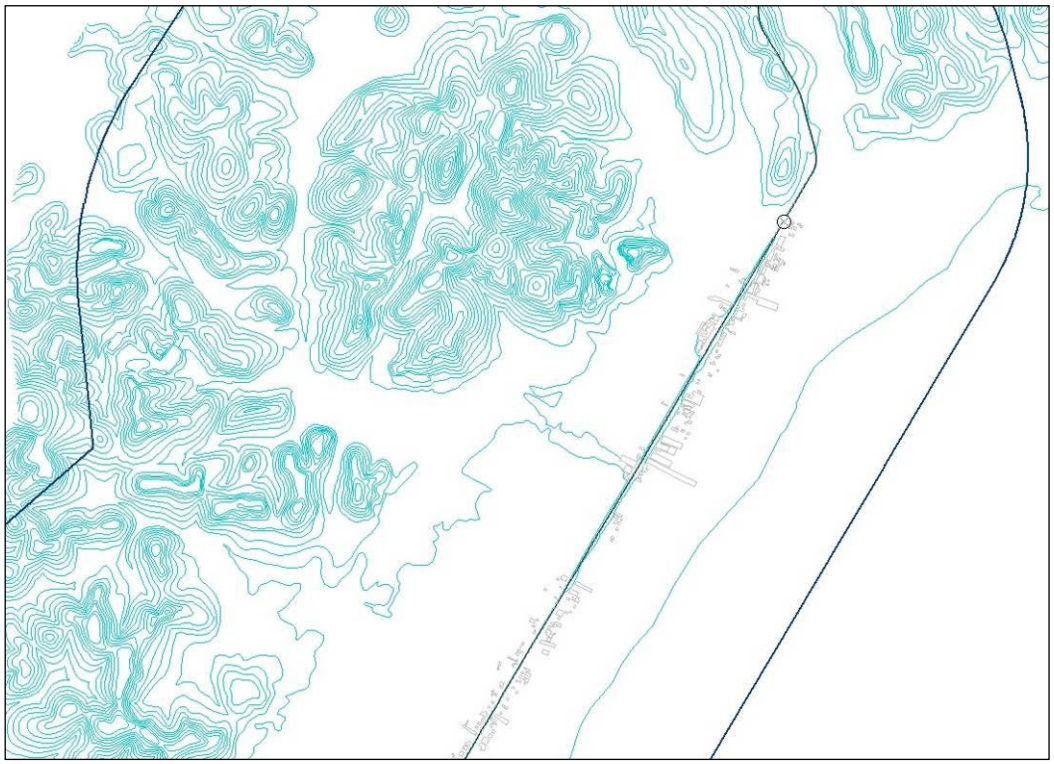


Figura 58 – Pormenor da cartografia na Ilha de Itaparica, usada no modelo acústico

2.3.4.4. Fontes sonoras – rodovias

Neste estudo pretendeu-se incluir as principais rodovias quer do lado da Ilha de Itaparica quer do lado de Salvador da Bahia, situadas na proximidade dos futuros acessos à Ponte Salvador – Ilha de Itaparica. A seleção das vias a considerar teve como principais critérios:

- Disponibilidade de dados de tráfego;
- Situadas na área de influência da futura ponte (coincidente com a área de estudo adotada);
- Volumes de tráfego significativos;

Assim, foram selecionadas as seguintes vias para incluir no modelo acústico:

- BA-001 (rodovia estadual do Estado da Bahia; trecho na Ilha de Itaparica);
- Avenida de França;
- Avenida Jequitaia;
- Túnel Américo Simas e acessos;

- VEBTS (Via Expresso da Baía de Todos os Santos) e acessos;

Os dados de tráfego considerados para a situação inicial foram retirados dos seguintes estudos:

- Estudo 1 – Caderno de Estudo de Tráfego, Volumes 1 a 3, Consórcio Enescil / COWI / Maia Melo Engenharia, maio 2014;
- Estudo 2 – Avaliação dos Impactos no Sistema Viário Oeste na Malha Rodoviária Regional, Volume 3, Revisão 02, Consórcio OAS / Camargo Corrêa / Odebrecht, Outubro 2010;

No entanto, os dados apresentados não se encontravam no formato adequado para inserir no modelo acústico pelo que houve necessidade de definir uma metodologia de cálculo para compatibilizar os dados dos estudos acima referidos com as exigências do mapa de ruído e que se detalha a seguir.

1. No Estudo 2 identificaram-se e localizaram-se no mapa de ruído os postos de contagem de tráfego com interesse para a área de estudo, especificamente RO-02 e RO-08 na Ilha de Itaparica e SV-01 a SV-04 na cidade de Salvador. Esses postos têm correspondência, com exceção da VEBTS, com as vias indicadas mais acima.
2. Para cada um desses postos retirou-se o VDMS (Volume Diário Médio Semanal) das respectivas tabelas, discriminado por veículos de passeio e veículos comerciais.
3. O VDMS é um volume médio para um dia inteiro (24 horas) e representativo de uma semana. No entanto, tendo em conta a normativa em vigor no Brasil (NBR 10151) que define dois períodos de referência para caracterização do ambiente sonoro (diurno, 07h00 – 22h00 e noturno, 22h00 – 07h00) foi preciso determinar como se distribuem os veículos de passeio e os comerciais por esses mesmos dois períodos. Para tal consideraram-se dois dos gráficos (RO-08 para a Ilha de Itaparica e SV-01 para Salvador da Bahia) com a indicação por hora do volume de tráfego entre as 0h00 e as 24h00 para ambos os tipos de veículos. De cada gráfico resultaram duas distribuições (passeio e comercial), aplicadas aos respectivos VDMS das vias de interesse. As distribuições do gráfico do posto RO-08 foram aplicadas à BA-001 e as do posto SV-01 foram aplicadas às restantes vias do lado de Salvador, incluindo a VEBTS e respectivos acessos. Assumiram-se

aqui dois comportamentos em matéria de tráfego: o que ocorre na Ilha de Itaparica e o que ocorre em Salvador.

4. O Estudo 2 não fornecia dados de tráfego para VEBTS pelo que a consulta do Estudo 1 se revelou essencial para completar a informação necessária. Desse estudo retiraram-se volumes de tráfego para a HPM (Hora de Ponta da Manhã) para o ano de 2017 (sem influência da ponte) e para vários movimentos de e para a VEBTS, especificamente (VECA – Via Expresso para a Calçada, BRVE – BR-324 para a Via Expresso e VEBR – Via Expresso para a BR-324). A soma dos volumes desses movimentos permitiu obter um valor de HPM para a totalidade da VEBTS. Esse valor foi depois convertido para um valor de TMD (tráfego médio diário, semelhante ao VDMS) com base na expressão TMD = 10 x HPM retirada do "Guide du Bruit et des Transports Terrestres – Prévision des Niveaux Sonores" publicado pelos Ministérios dos Transportes e do Ambiente em França em 1980. Posteriormente aplicou-se a distribuição referida no ponto anterior para obter os dados pretendidos.
5. Depois de obtidos todos os volumes de tráfego por período, para cada tipo de veículos e para todas as vias, foi ainda necessário calcular o tráfego médio horário (TMH) que engloba a totalidade dos veículos em circulação em cada via e a percentagem de comerciais, para cada período de referência e via. Assim, para o cálculo de TMH dividiu-se o VDMS total (ou TMD) obtido para o período diurno por 15 (correspondente às 15 horas de duração do período diurno) sendo que o do período noturno foi dividido por 9. A percentagem de comerciais para cada período foi calculada dividindo o respectivo VDMS para comerciais pelo VDMS total.
6. O tráfego a afetar a cada um dos acessos considerados (VEBTS e Túnel Américo Simas) foi obtido dividindo de igual forma os volumes dos respectivos trechos principais.

No quadro seguinte são apresentados os dados de tráfego considerados no mapa de ruído da situação inicial. Note-se que para todas as vias se considerou um piso em asfalto tradicional.

Quadro 34 – Volumes de tráfego médio horário (TMH) e % de comerciais para cada período de referência, usados no estudo de modelagem acústica

Via	ID	TMH		%Comerciais		Limite velocidade (km/h)	
		Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Passeio	Comercial
BA-001 - A	F001	73	14	5,9	3,0	40	40
BA-001 - B	F002	345	64	14,0	7,2	40	40
Av. França	F003	2910	569	14,4	18,1	50	50
Túnel Américo Simas	F004	3369	659	13,6	17,0	50	50
Av. Jequitaia	F005	1121	219	17,0	21,2	50	50
VEBTS	F006	2563	501	14,4	18,1	80	80
Acesso VEBTS - A	F007	1282	251	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - B	F008	1282	251	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - C	F009	641	125	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - D	F010	641	125	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - E	F011	641	125	14,4	18,1	50	50
Acesso VEBTS - F	F012	641	125	14,4	18,1	50	50
Túnel Américo Simas - A	F013	1684	329	13,6	17,0	50	50
Túnel Américo Simas - B	F014	1684	329	13,6	17,0	50	50

Nas figuras seguintes apresentam-se vistas 3D do modelo exibindo-se algumas das vias rodoviárias consideradas no modelo.

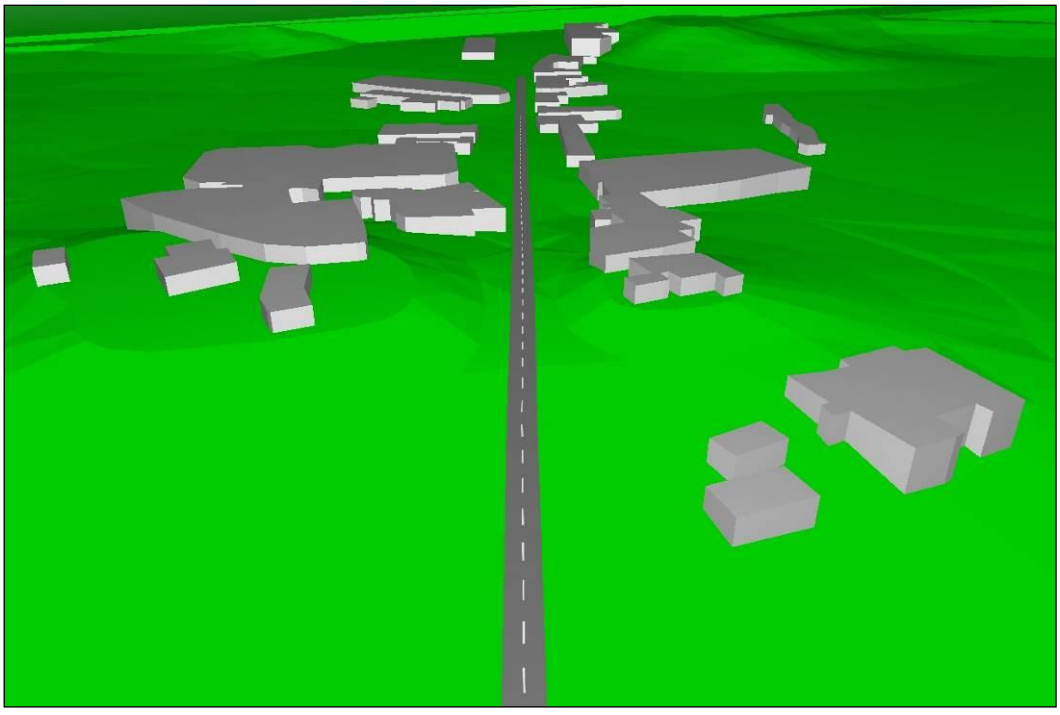


Figura 59 – Vista 3D na Ilha de Itaparica junto ao terminal de *ferry boats* na BA-001

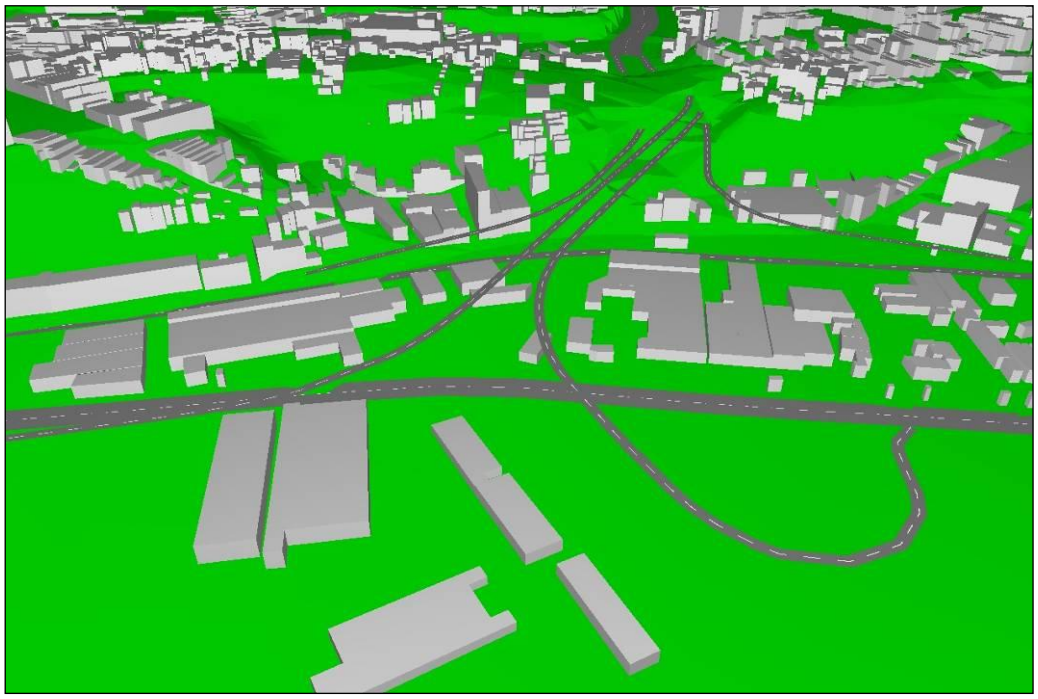


Figura 60 – Vista 3D em Salvador junto dos acessos da VEBTS na zona portuária de Salvador

2.3.4.5. Métodos de cálculo utilizados

Não existindo um método nacional no Brasil, o método de cálculo utilizado para a modelagem do ruído de tráfego rodoviário foi o recomendado na Europa para aplicação da Diretiva de Ruído Ambiente (2002/49/CE), e amplamente utilizado e validado a nível internacional, inclusive no Brasil[6]: método NMPB (Norma XPS 31-133) com a base de dados constante no documento "Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie; Ministère des Transports; CETUR – Guide du Bruit des Transports Terrestres: Prèvision des Niveaux Sonores". [s.l.]: ed. A., 1980. pág. 98 e 99.

Este método reparte a via de tráfego em fontes pontuais, considerando a aproximação da Acústica Geométrica para a propagação sonora associada a cada fonte, sendo necessária a seguinte informação:

[6] Ver por exemplo: Giunta, M.B., "Análise de modelagem de previsão acústica e mapeamento sonoro para a cidade de São Carlos – SP", Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos.

- Perfis longitudinal e transversal;
- Inclinação;
- Fluxos de tráfego horários em cada período de referência (diurno/noturno), com distinção de veículos leves e pesados;
- Características do pavimento;
- Classificação da rodovia;
- Limites de velocidade leves/pesados.

Devido às relativamente reduzidas dimensões dos veículos automóveis, o tráfego rodoviário numa via de tráfego pode ser modelado como um número de Fontes Pontuais igual ao número de veículos que nela circulam, a moverem-se com velocidades iguais às dos respectivos veículos e com um Nível de Potência Sonora, Ponderado A, L_{AW}, função da velocidade, do tipo de veículo, do perfil longitudinal e do fluxo de tráfego.

Como nos interessa a integração dos níveis sonoros ao longo do tempo, ou seja, o Nível Sonoro Contínuo Equivalente, Ponderado A, num determinado Receptor, uma via de tráfego pode ser modelada como uma fonte linear que, na prática, é dividida em vários segmentos elementares, que se comportam como fontes pontuais estáticas, com uma determinada potência sonora L_{AW}, função de diversos parâmetros como a velocidade, tipo de veículo, perfil longitudinal, fluxo de tráfego e comprimento do segmento.

A localização das fontes de ruído lineares poderá ser efetuada de três formas, por ordem decrescente de preferência e em função das dimensões da seção da via, da distância relativa aos pontos receptores de interesse e da escala de trabalho:

- uma fonte linear por faixa de tráfego
- uma fonte linear por cada direção
- uma fonte linear por via de tráfego, situada no eixo da referida via.

De acordo com o método NMPB-1996 uma fonte linear é segmentada em fontes pontuais da seguinte forma:

O nível de potência sonora L_{Awi} expresso em dB(A) de uma fonte pontual para uma dada banda de oitava pode ser obtida através de valores disponibilizados no “Guide du Bruit des Transports Terrestres” – “Prévision des niveaux sonores”, CETUR, 1980, ábacos 4.1 e 4.2, através da seguinte fórmula:

$$L_{Wi}=[(E_{VL}+10Log\ Q_{VL}) \oplus (E_{PL}+10Log\ Q_{PL})]+20+10Log(l_i)+R(j)$$

em que,

- $\oplus$ é a soma logarítmica das duas parcelas adjacentes;
- E_{VL} e E_{PL} são os níveis sonoros retirados dos ábacos acima referidos para veículos leves e pesados respectivamente;
- Q_{VL} e Q_{PL} são os fluxos horários de veículos leves e pesados respectivamente, representativos do período considerado para análise;
- L_I é o comprimento em metros do segmento da fonte linear modelada por fontes pontuais;
- R(j) é o espectro referência para tráfego rodoviário calculado pela Norma Europeia EN 1793-3 conforme o Quadro seguinte:

Quadro 35 – Espectro de referência para tráfego rodoviário

j	Banda de oitava	R(j) em dB(A)
1	125 Hz	-14
2	250 Hz	-10
3	500 Hz	-7
4	1 KHz	-4
5	2 KHz	-7
6	4 KHz	-12

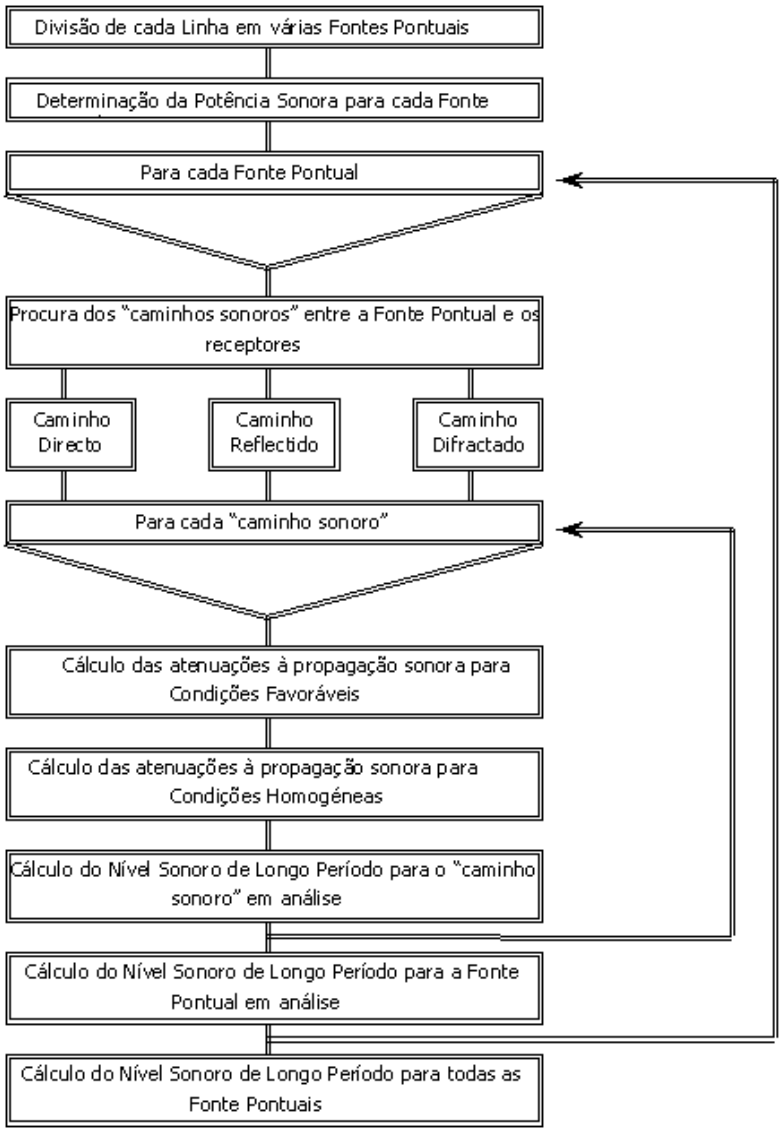


Figura 61 – Fluxograma do método NMPB'96

2.3.4.6. Validação do modelo

O trabalho de campo realizado em janeiro, com a realização de medições de ruído em contínuo por períodos de 30 min, de dia e de noite, possibilita, nesta fase, confrontar os resultados reais obtidos nas medições com os resultados obtidos pelo modelo em pontos receptores exatamente nas mesmas coordenadas e altura ao solo.

Os desvios entre os valores medidos e calculados permitem aferir o modelo, embora seja necessário algum cuidado na interpretação desses desvios, bem como na

seleção dos pontos a utilizar para essa validação. Se as fontes que influenciam o ruído no receptor do modelo coincidirem com as existentes na realidade e se, além disso, os parâmetros que influenciam a emissão das fontes no modelo corresponderem bem com os ocorridos durante os períodos de medição, os desvios entre valores medidos e calculados não deverá ser muito grande. É por isso importante tentar assegurar, durante as medições, condições de representatividade: no caso de fontes rodoviárias, trata-se acima de tudo de que o volume de tráfego e velocidades de circulação estejam próximos dos valores médios considerados no modelo. E também evitar o registro de ruídos espúrios não representativos no escopo do tipo de estudo em questão.

A escolha dos pontos a utilizar para a validação é também importante. Deverão ser incluídos apenas os pontos em que a influência das fontes representadas no modelo seja dominante – tipicamente pontos próximos das vias rodoviárias consideradas no modelo.

Nas figuras seguintes indicam-se as localizações dos pontos receptores inseridos no modelo, nas mesmas coordenadas e altura aproximada ao solo (1,2 a 1,5 m) que os pontos de medição utilizados na campanha de medições realizada em janeiro, à exceção do ponto P09. O ponto de medida P09, localizado a montante da ponte do Funil, do lado continental, por estar fora da AID foi substituído no modelo pelo ponto P09-A que pode ser considerado equivalente dado encontrar-se sensivelmente à mesma distância do mesmo trecho de estrada, mas a jusante da ponte do Funil, do lado da Ilha.

De referir ainda o ponto P03 que, pelas razões práticas referidas no laudo das medições, não foi rigorosamente o mesmo no período diurno e no período noturno, o que foi reproduzido no modelo, com um P03-dia e um P03-noite distintos.

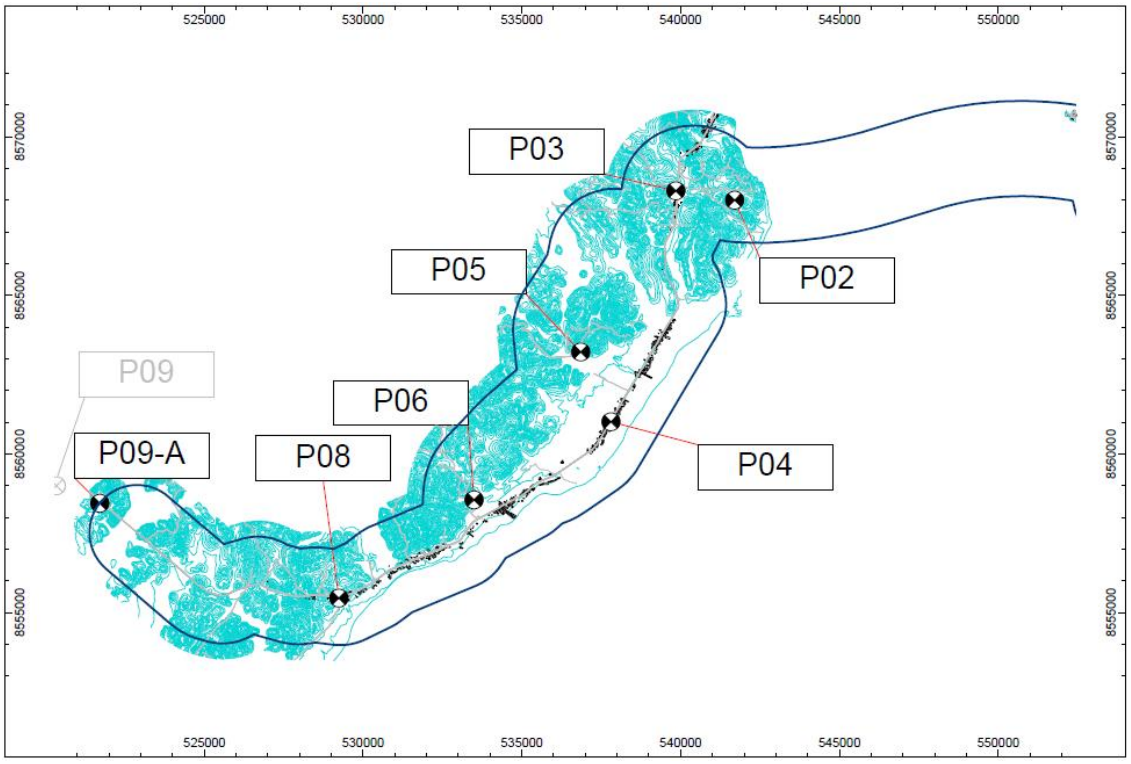


Figura 62 – Localização dos pontos receptores inseridos no modelo na Ilha de Itaparica

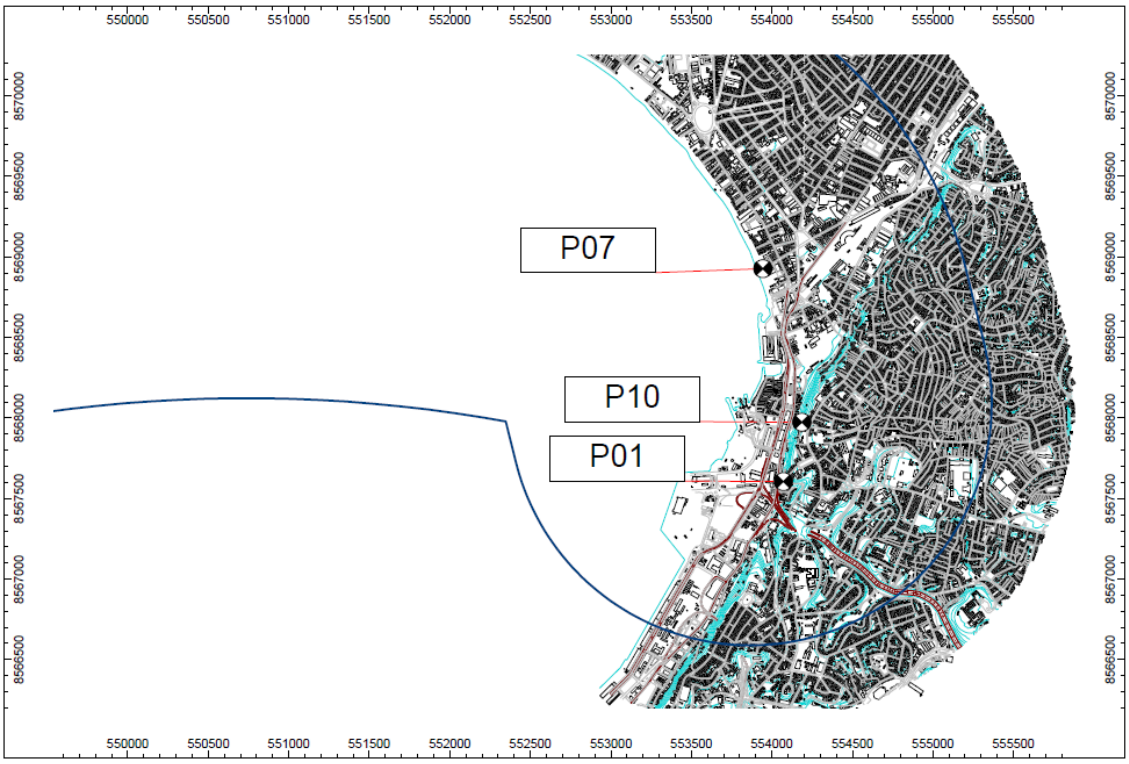


Figura 63 – Localização dos pontos receptores inseridos no modelo em Salvador

No quadro seguinte apresentam-se os valores obtidos nos 10 pontos pelo modelo e nas medições, em que o critério de validação utilizado foi o seguinte:

$$| L_{Aeq} \text{ calc.} - L_{Aeq} \text{ med} | \leq 3 \text{ dB(A)}$$

Quadro 36 – Comparação dos valores calculados e medidos

Ponto	LAeq calculado [dB(A)]		LAeq medido [dB(A)]		LAeq medido - LAeq calculado [dB(A)]		Verificação ± 3 dB(A)	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
P01	65	59	64	61	-1	2	OK	OK
P02	25	19	44	42	19	23	NA	NA
P03-Dia	56	-	56	-	0	-	OK	-
P03-Noite	-	57	-	64	-	7	-	(1)
P04	64	56	68	51	4	-5	(2)	(2)
P05	27	20	45	42	18	22	NA	NA
P06	40	33	48	39	8	6	NA	NA
P07	47	43	58	67	11	24	NA	NA
P08	63	54	64	56	1	2	OK	OK
P09-A	59	50	58	49	-1	-1	OK	OK
P10	64	58	61	59	-3	1	OK	OK

Observações:

- Os pontos assinalados “OK” são os que cumprem o critério de validação.
- Os pontos assinalados “NA” não são aplicáveis para efeitos de validação por não se encontrarem próximo das vias de tráfego incluídas no modelo.
- Nota (1): O ponto P03-Noite não foi validado, dado ter sido medido um valor 7 dB(A) superior ao calculado pelo modelo. De acordo com as observações constantes do Laudo de medições relativas a este ponto, no período noturno ocorreu a passagem de veículos tocando música com volume elevado e buzinando, tendo ainda ocorrido latidos de cães, o que justifica o desvio registrado.
- Nota (2): No ponto P04 os valores medidos de dia superaram em 4 dB(A) os calculados pelo modelo, enquanto de noite os medidos se situaram 5 dB(A) abaixo do calculado não tendo, por isso, sido validado.

Em síntese, dentre 12 valores de medição em pontos com localização adequada para comparação com o modelo, 9 (75%) cumprem o critério de validação, 2 (17%) não o

cumprem mas não apresentam desvios superiores a 5 dB(A) e 1 (8%) apresenta desvio superior a 5%, justificado pela ocorrência de ruídos espúrios ao objetivo do monitoramento mas que não foi possível expurgar.

Em face dos resultados obtidos, o modelo acústico de base para a situação atual se considera validado.

2.3.5. Resultados do Modelo – Mapas de Ruído

No Caderno de Mapas – Volume 2 se apresentam, à escala 1:25.000, os Mapas de Ruído expressos em termos do indicador LAeq para o período diurno e para o período noturno (Mapas 2.1 e 2.2).

Os mapas em versão reduzida seguidamente apresentados incluem as áreas de interesse da AID para a situação atual, de acordo com a Figura 64, sendo os mapas de ruído apresentados de acordo com a palete de cores da Figura 65.

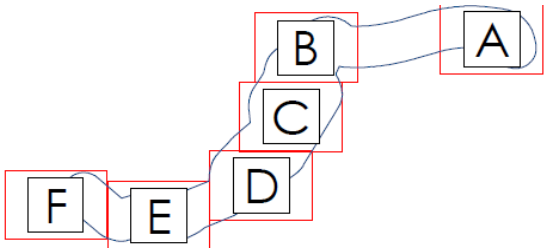


Figura 64 – Distribuição dos conjuntos de mapas de ruído ao longo da AID

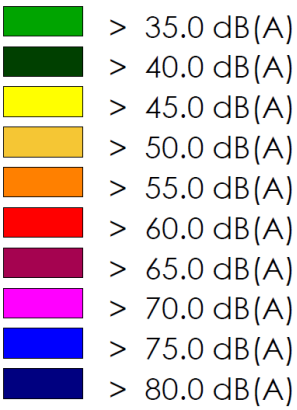
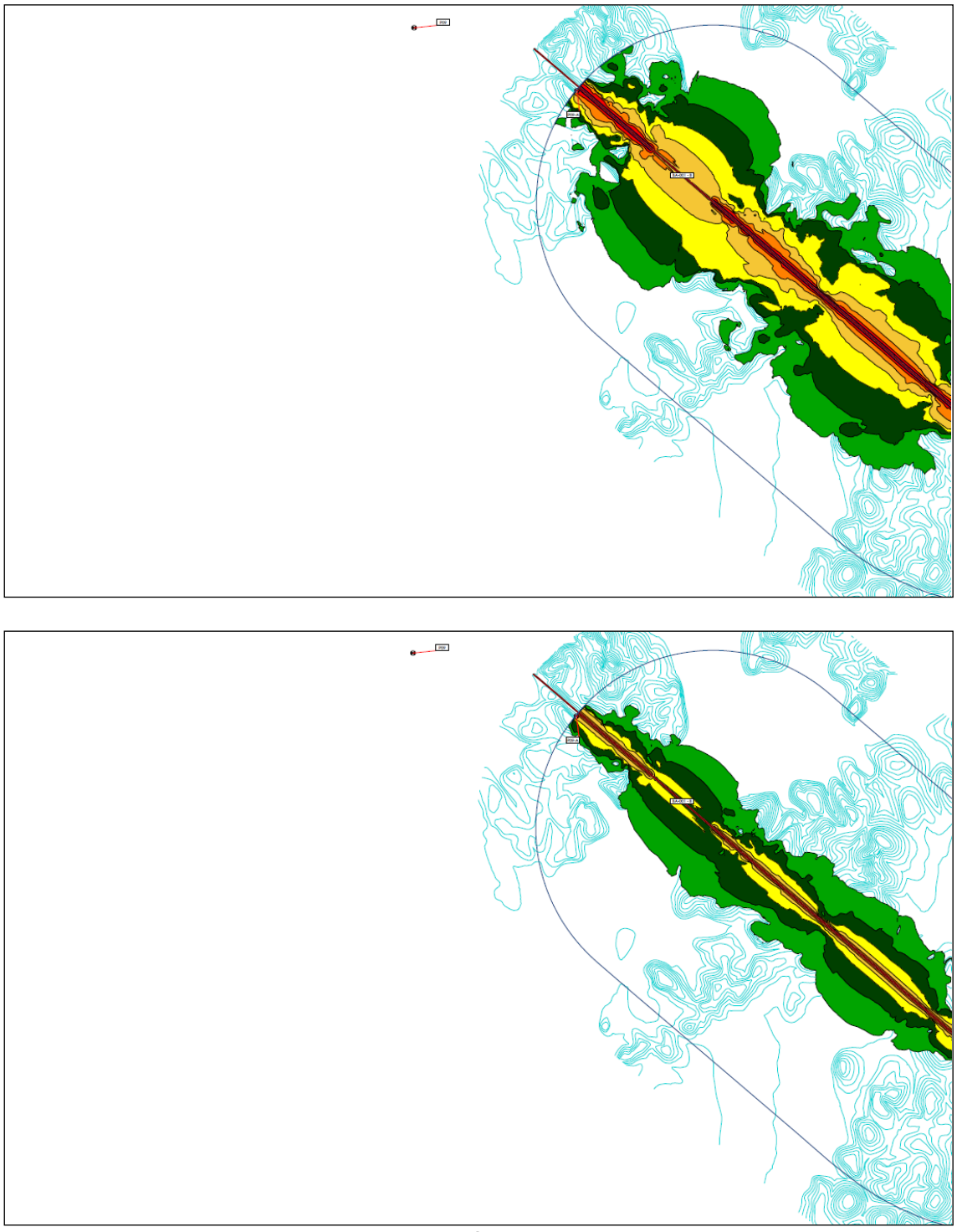


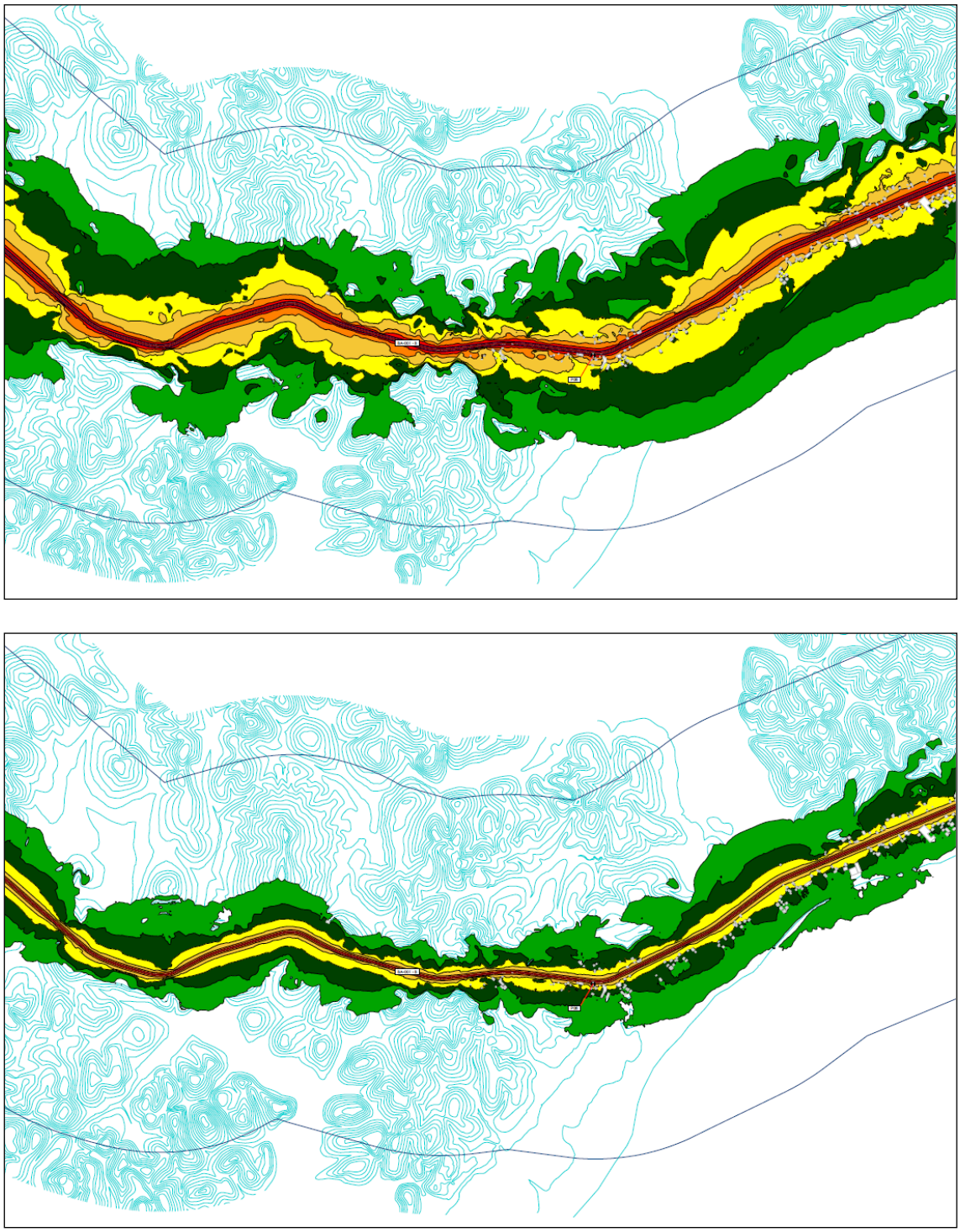
Figura 65 – Palete de cores utilizada nos mapas de ruído apresentados

Em seguida apresentam-se os mapas de ruído na sua versão reduzida, correspondente aos mapas de grande formato apresentados no Caderno de Mapas, (Volume 2). Se iniciam abaixo do lado da ponte do Funil e terminando em Salvador, para ambos os períodos diurno e noturno.



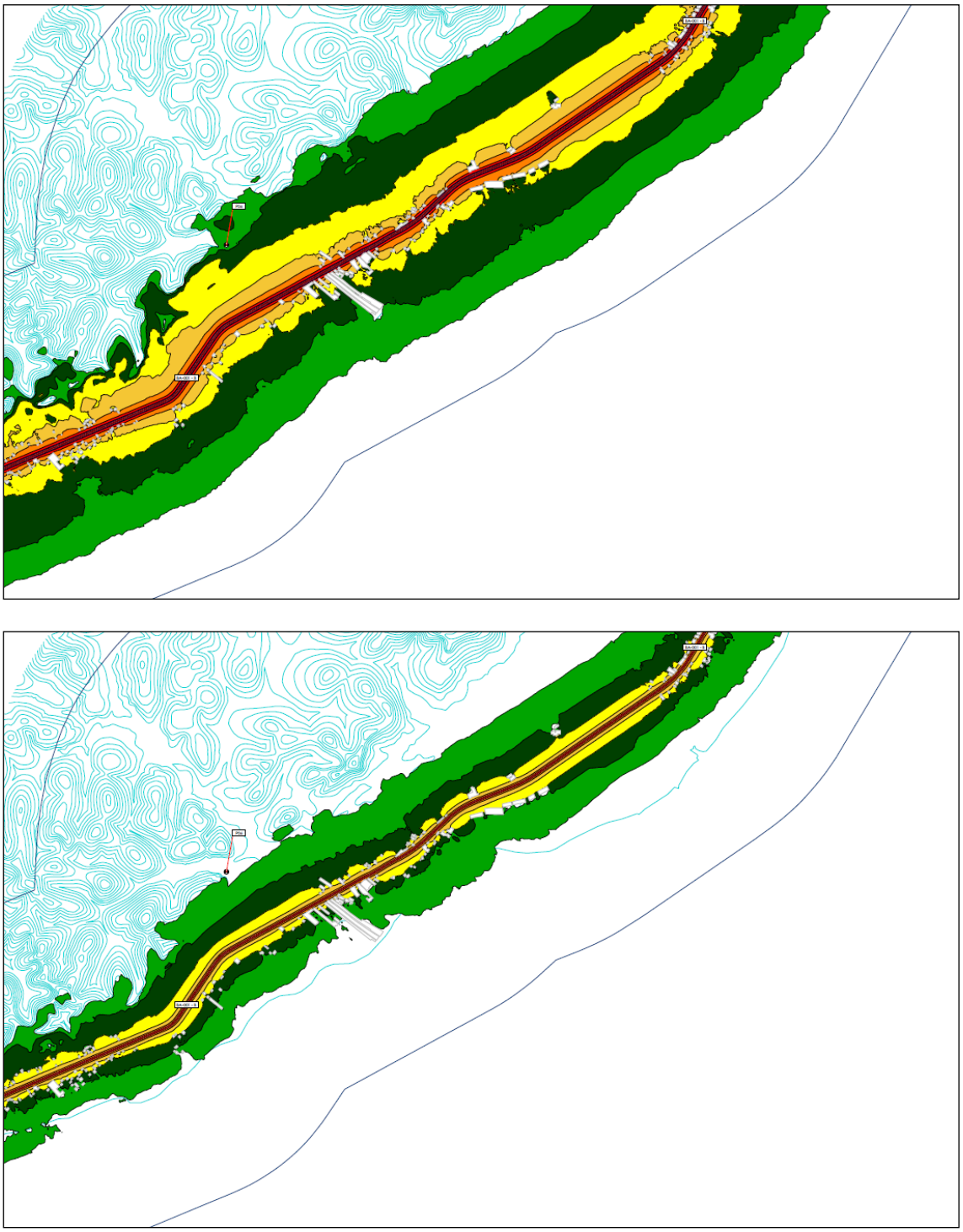
Nota: Neste trecho não há praticamente habitações

Figura 66 – Mapas de ruído do conjunto de mapas F (acima: diurno; abaixo: noturno)



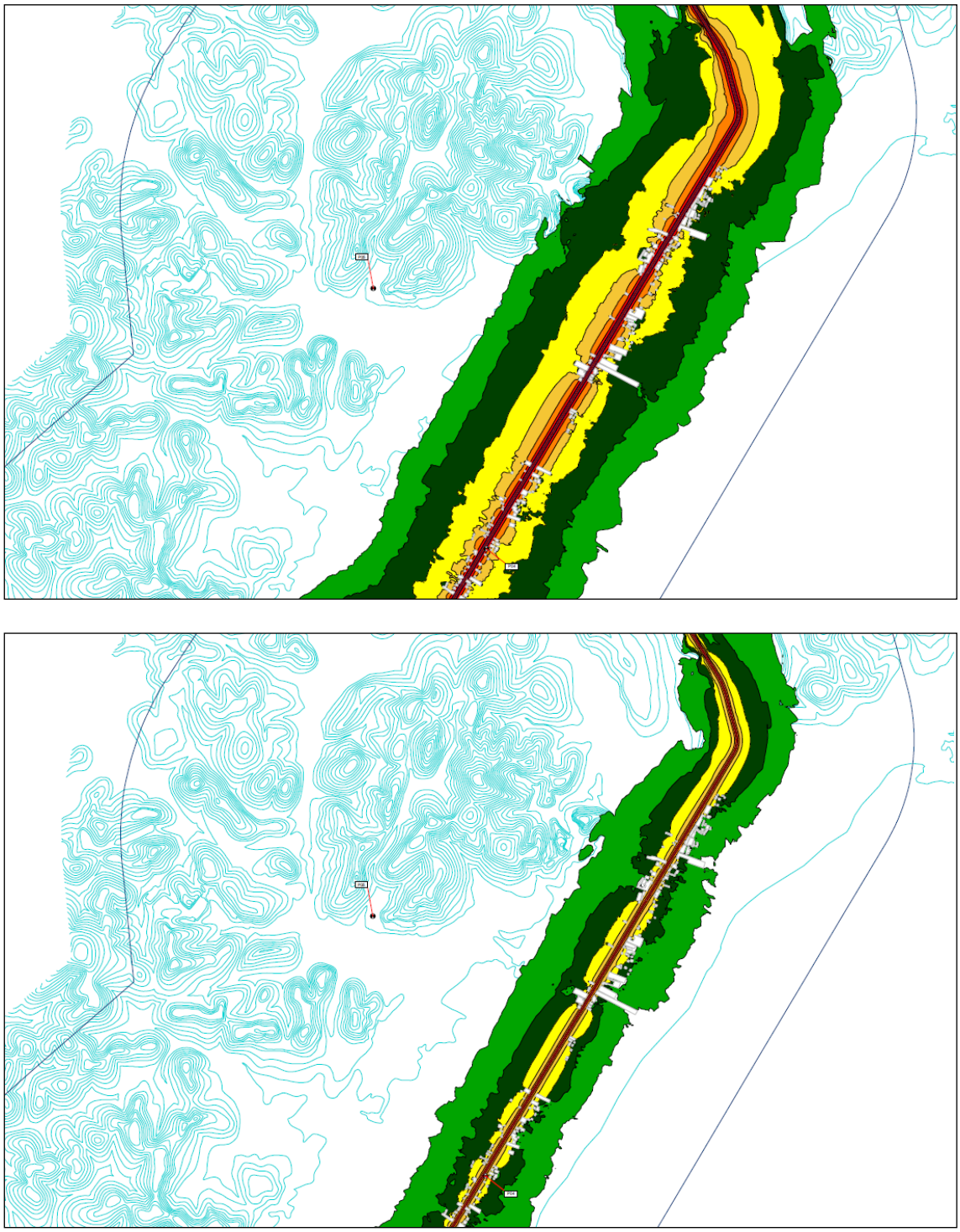
Nota: Na metade direita das figuras existem já habitações junto à via, cujas fachadas mais expostas apresentam níveis LAeq já superiores ao recomendado na NBR 10151 para zona estritamente residencial

Figura 67 – Mapas de ruído do conjunto de mapas E (acima: diurno; abaixo: noturno)



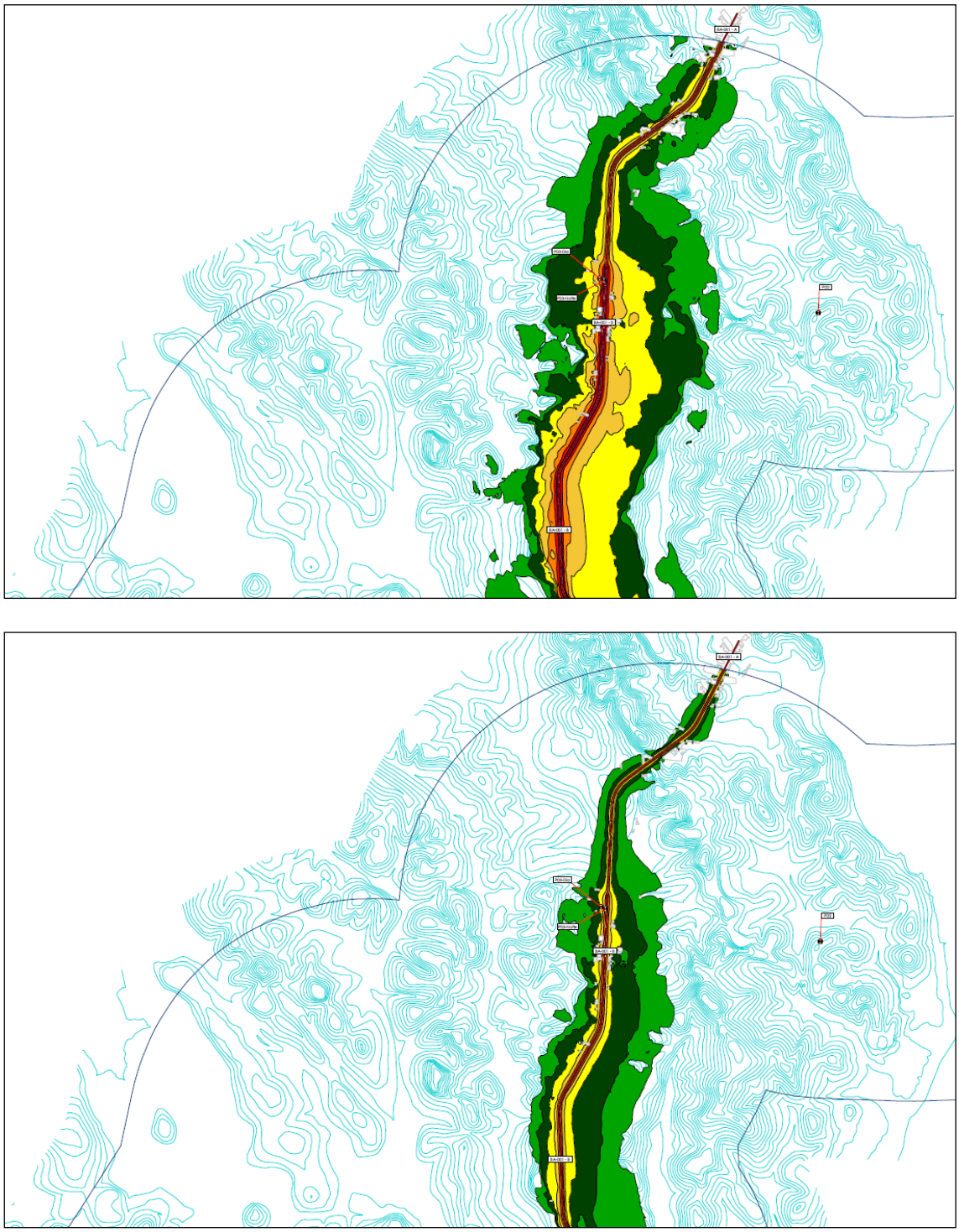
Nota: Neste trecho existem habitações junto à via, cujas fachadas mais expostas apresentam níveis LAeq já superiores ao recomendado na NBR 10151 para zona estritamente residencial

Figura 68 – Mapas de ruído do conjunto de mapas D (acima: diurno; abaixo: noturno)



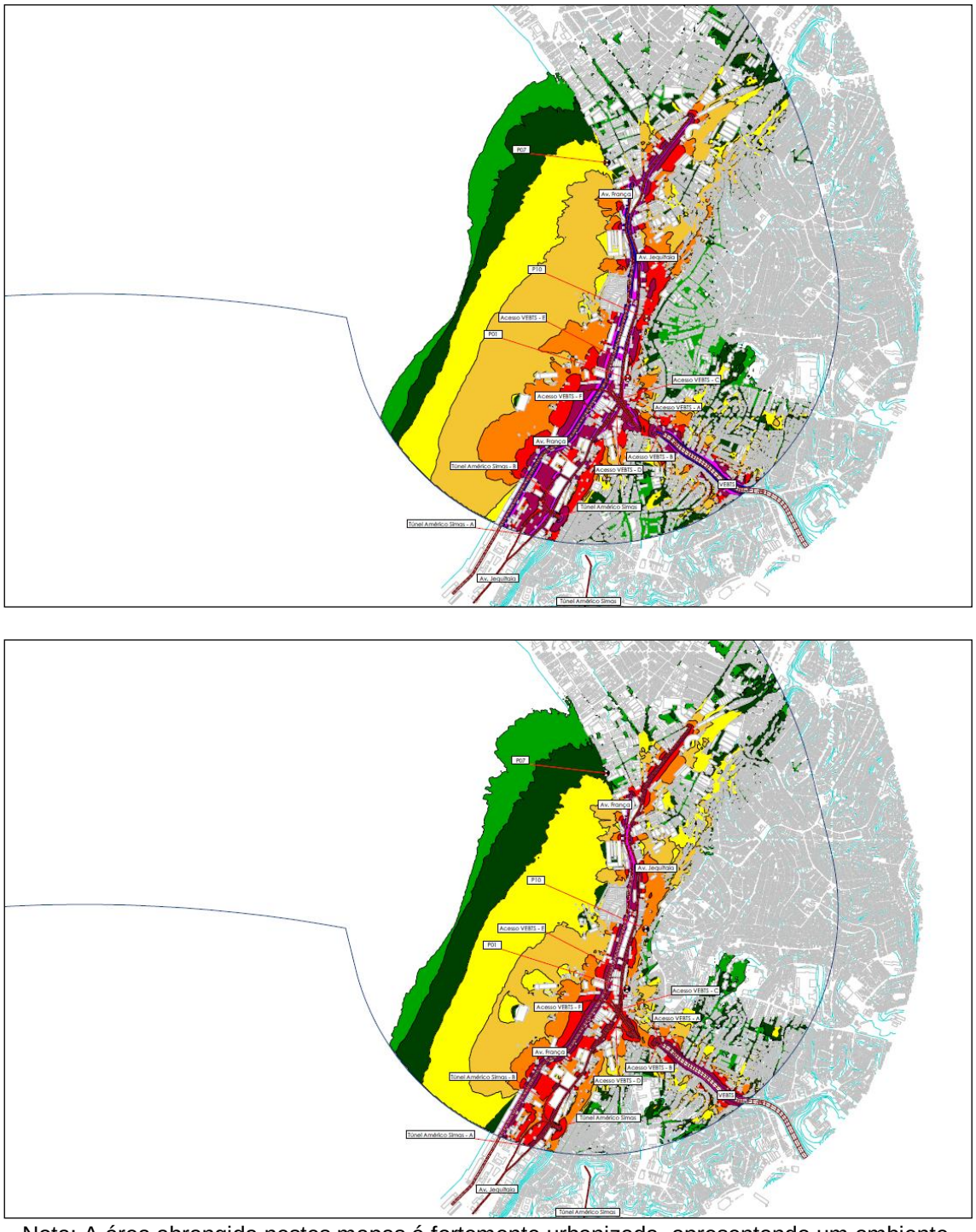
Nota: Neste trecho existem habitações junto à via, cujas fachadas mais expostas apresentam níveis LAeq já superiores ao recomendado na NBR 10151 para zona estritamente residencial

Figura 69 – Mapas de ruído do conjunto de mapas C (acima: diurno; abaixo: noturno)



Nota: Em parte deste trecho não há habitações junto à estrada, mas na parte norte há habitações junto à via, cujas fachadas mais expostas tendem a apresentar níveis LAeq já superiores ao recomendado na NBR 10151 para zona estritamente residencial

Figura 70 – Mapas de ruído do conjunto de mapas B (acima: diurno; abaixo: noturno)



Nota: A área abrangida nestes mapas é fortemente urbanizada, apresentando um ambiente sonoro já bastante interferido por ruído de tráfego rodoviário, com exceção das frentes de praia, na parte norte (praias do Cantagalo e da Boa Viagem)

Figura 71 – Mapas de ruído do conjunto de mapas A (acima: diurno; abaixo: noturno)

Síntese Interpretativa

- Para a Situação Atual, na Ilha de Itaparica, obtiveram-se níveis de ruído que, como seria de esperar, variam fortemente em função da distância às vias de tráfego rodoviário. Há vastas áreas afastadas da principal via rodoviária, a BA-001, em que se registram níveis de ruído muito baixos, compatíveis com os NCA (Níveis de Critério de Avaliação) recomendados para ambientes externos para áreas estritamente residenciais. Quer as medições quer os mapas de ruído revelam faixas de nível de ruído relativamente elevado apenas na proximidade imediata da BA-001. Naturalmente, onde se encontrem habitações junto dessa estrada, as respectivas fachadas mais expostas apresentam já níveis de ruído acima do indicado para áreas estritamente residenciais, ou mesmo para áreas mistas, predominantemente residenciais.
- Ainda para a situação atual, do lado de Salvador, o cenário é totalmente diferente, em virtude de se tratar de uma área densamente urbanizada e que, já atualmente, se caracteriza por elevados volumes de tráfego, destacando-se as vias incluídas no modelo, como a Via Expressa VEBTS e respectivos acessos, a Av. de França, a Av. Jequitaia e os acessos exteriores ao túnel Américo Simas. Nestes casos, as fachadas das habitações mais expostas ao ruído destas vias, encontram-se já claramente acima dos valores de NCA para Área mista, predominantemente residencial.

2.3.6. Definição (Provisória) de Níveis de Critério de Avaliação

Os Níveis Critério de Avaliação para o caso em questão, ou seja, os limitantes superiores dos Níveis Sonoros Equivalentes, LAeq, para o ruído proveniente do entorno do futuro empreendimento, devem ser estabelecidos em conformidade com a Resolução CONAMA 01 de 1990.

Os Níveis Critério de Avaliação (NCA) são os constantes da Tabela 1 da Norma NBR 10151:2000 apresentada no Quadro 37.

Quadro 37 – Níveis Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB (A), de acordo com a NBR 10151:2000

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Poderão ainda vir a ser considerados outros requisitos provenientes de legislação estadual ou municipal, cuja aplicabilidade será analisada no decorrer do Estudo de Impacto Ambiental. A classificação acústica dos locais caracterizados pelos pontos de medição e pelos cálculos realizados e a realizar, segundo o tipo de área mais apropriado, será também considerada com especial atenção em fases seguintes do EIA.

Não obstante, e a título preliminar, iremos considerar o seguinte:

- Áreas da Ilha de Itaparica com baixa densidade residencial e sem edifícios comerciais - Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas.
- Áreas da Ilha de Itaparica com maior densidade de habitações, mescladas com comércio, ao longo da BA-001, e zonas com usos residenciais incluídas na AID em Salvador - Área mista, predominantemente residencial.
- Zona baixa comercial e portuária de Salvador incluída na AID - Área mista, com vocação comercial e administrativa.

Ainda em conformidade com a Resolução CONAMA 01 de 1990, se o Ruído Ambiente da situação atual (inicial) for superior aos valores indicados na Norma, o Nível Critério de Avaliação passa a ser o valor do Ruído Ambiente.

Na aplicação deste critério é necessário algum cuidado, para não introduzir valores de NCA exageradamente elevados que possam decorrer de ruídos espúrios registrados no período de medição. Assim, utilizou-se o seguinte procedimento para estabelecer, mesmo que a nível preliminar ainda, os valores de NCA a considerar em cada ponto de avaliação:

1. Caso os valores medidos e calculados se situem abaixo dos NCA de referência, são utilizados estes;
2. Caso os valores medidos e calculados se situem acima do NCA de referência, utilizar o valor inferior dentre o medido e o calculado;
3. Caso o valor medido seja superior e o calculado inferior ao NCA de referência, em pontos afastados das fontes de ruído consideradas no modelo, utilizar o valor medido;
4. Caso o valor medido seja inferior e o calculado superior ao NCA de referência, utilizar o valor de referência;
5. Sempre que, pelas regras anteriores, se preveja a aplicação, ao período noturno, de um valor de NCA superior ao valor de NCA obtido para o período diurno deduzido de 5 dB(A) deverá ser avaliado se tal se deve a fontes de ruído permanentes e de interesse para o estudo ou a fontes espúrias ou ocasionais – neste último caso o valor de NCA a considerar para o período noturno será igual ao do período diurno subtraído de 5 dB(A).

Seguindo este procedimento, obtiveram-se os valores indicados no Quadro 38.

Na fase seguinte do EIA, salvo melhor definição posterior dos mesmos, estes valores de NCA servirão de referencial para avaliação do impacto acústico provocado pelo empreendimento objeto do estudo. Poderão ainda vir a ser considerados pontos adicionais para cálculo e análise do diferencial entre a situação de referência e a situação futura com o empreendimento, bem como incluídas análises baseadas nos mapas de ruído atuais e provisionais.

Quadro 38 – Níveis Ruído Ambiente e Níveis Critério de Avaliação (NCA) definidos com base na resolução CONAMA 01 e no procedimento acima indicado

Ponto	LAeq calculado [dB(A)]		LAeq medido [dB(A)]		Limite para área estritamente residencial urbana (NBR 10151:2000)		Nível de Critério de Avaliação, NCA (NBR 10151:2000)	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
P01	65	**59**	**64**	61	55	50	**64**	**59**
P02	25	19	44	42	50	45	**50**	**45**
P03-Dia	56	-	**56**	64	55	50	**56**	**-**
P03-Noite	-	**57**	-	64	55	50	**-**	**57**
P04	**64**	56	68	**51**	55	50	**64**	**51**
P05	27	20	45	42	50	45	**50**	**45**
P06	40	33	48	39	50	45	**50**	**45**
P07	47	43	**58**	67	55	50	**58**	**53 ***
P08	**63**	**54**	64	56	55	50	**63**	**54**
P09-A	59	50	**58**	**49**	50	45	**58**	**49**
P10	64	**58**	**61**	59	55	50	**61**	**58**

Nota *: Aplicado o critério 5. do procedimento indicado.

Síntese Interpretativa

- Os locais mais sossegados da Ilha de Itaparica, representados pelos pontos P2, P5 e P6 têm atualmente níveis de ruído ambiente bastante reduzidos, mantendo-se o NCA de 50/45;
- Em todos os locais restantes, quer na envolvente da BA-001 na Ilha, quer em Salvador, classificáveis como Área mista, predominantemente residencial, os NCA de referência para essa classificação foram alterados em função dos níveis de ruído ambiente já existentes, que ultrapassam aqueles;
- Em alguns casos, essa ultrapassagem é bastante significativa, como acontece nos locais P1 e P10, em Salvador, e P4 e P8, sobretudo no período diurno, na Ilha de Itaparica;
- No caso do ponto P7 o valor obtido por medição no período noturno foi descartado, por se considerar exageradamente elevado e não

representativo para utilizar como NCA, tendo-se definido um valor 5 dB(A) abaixo do obtido para o período diurno, mantendo assim o diferencial dia/noite dos NCA de referência.

2.4. Geologia e geotecnia

2.4.1. Metodologia

No escopo dos Estudos Ambientais para a implantação do Sistema de Travessia Salvador/Itaparica sobre a Baía de Todos os Santos apresenta-se uma caracterização dos principais aspectos geológicos, geotécnicos, dos recursos geológicos e do patrimônio geológico da área de influência do empreendimento (ADA, AID e AII).

Para a concretização do objetivo enunciado procedeu-se à recolha, análise e interpretação de todos os dados secundários constantes na bibliografia técnica e científica e cartografia disponíveis, tendo sido dada particular atenção a estudos de natureza geológica/geotécnica realizados especificamente na área de implantação e/ou que foram elaborados no entorno ao empreendimento. Neste escopo destaca-se a informação publicada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Para além da informação publicada pelos organismos oficiais, importa destacar os dados resultantes dos trabalhos de base para o desenvolvimento do empreendimento, em particular:

- O levantamento topográfico e planialtimétrico dos terrenos de saída e chegada ao mar das estruturas da ponte e respectivos acessos viários (Jogo de Mapas 1.3: Caderno de Mapas – Volume 1);
- O levantamento batimétrico ao longo do traçado previsto para a ponte (Anexos ao Volume 2 – Tomo 3: Anexo 5, Estudo Arqueológico);
- O levantamento com sonar de varredura lateral ao longo do traçado da ponte para avaliar a detecção de eventuais estruturas submersas (Anexos ao Volume 2 – Tomo 3: Anexo 5, Estudo Arqueológico);

- os dados do relatório de prospecção geotécnica do subsolo, elaborado na AID pela empresa Geofort, Fundações, Lda (Geofort, 2014)[7].

2.4.2. Situação atual na AII

2.4.2.1. Enquadramento geológico

O empreendimento desenvolve-se no seio da sub-bacia do Recôncavo, extensa depressão (10 359 km^2) com cerca de 60 km de largura preenchida por rochas sedimentares que ocupa a extremidade sul do conjunto de bacias Recôncavo-Tucano-Jatobá. Este conjunto de bacias, que assenta sobre o embasamento cristalino, é formado por um sistema de grábens orientados sensivelmente Norte-Sul (Recôncavo–Tucano), mudando abruptamente para nordeste–sudoeste, constituindo a Bacia de Jatobá.

A evolução da sub-bacia sedimentar do Recôncavo está relacionada com o processo de estiramento crustal que resultou na fragmentação do supercontinente Gondwana e na separação das placas Sul-Americana e Africana. É uma bacia do tipo rifte intracontinental abortado, gerada durante os estágios precoces da abertura do Oceano Atlântico Sul, no Jurássico/Eocretáceo (aproximadamente 200 a 145 Ma).

A evolução do seu preenchimento, de cerca de 7 000 m de sedimentos depositados entre o Jurássico e o Cretáceo, pode ser resumida ao longo de três fases (HATJE, ANDRADE, 2009; CPRM, 2010):

- Pré-rifte: sedimentos depositados na Depressão Afro-Brasileira, durante o Jurássico superior, antes da individualização do rifte e da separação dos continentes. O ambiente de deposição era continental, de clima desértico, com desenvolvimento de leques aluviais, sistemas fluviais eólicos (campos de dunas) e lacustres. Os terrenos mais representativos desta fase pertencem ao Grupo Brotas, onde ocorrem os maiores e mais importantes reservatórios de hidrocarbonetos da bacia do Recôncavo;

[7] GEOFORT. 2014. Relatório de Prospeção Geotécnica do Subsolo nº 050/2013. Obra: Ponte Rodoviária Salvador Itaparica. Departamento de Infraestrutura de Transporte da Bahia (DERBA). 68 p.

- Sin-rifte: durante esta fase, ocorrida no Cretáceo inferior, a Bacia do Recôncavo foi preenchida por dois sistemas progradacionais:
  - o primeiro, de norte para sul, fluviodeltaico, passando a folhelhos prodeltaicos e turbiditos;
  - o segundo, de leste para oeste, compreendendo fanglomerados derivados do embasamento, a leste do rifte, com conglomerados proximais e turbiditos mediais a distais.
- Pós-rifte: o rifteamento nas bacias do Recôncavo e Tucano cessou no Cretáceo superior. Uma discordância angular, bem definida na Bacia de Tucano Central, separa arenitos e folhelhos da sequência sin-rifte dos arenitos e conglomerados da Formação Marizal, depositada na fase pós-rifte.

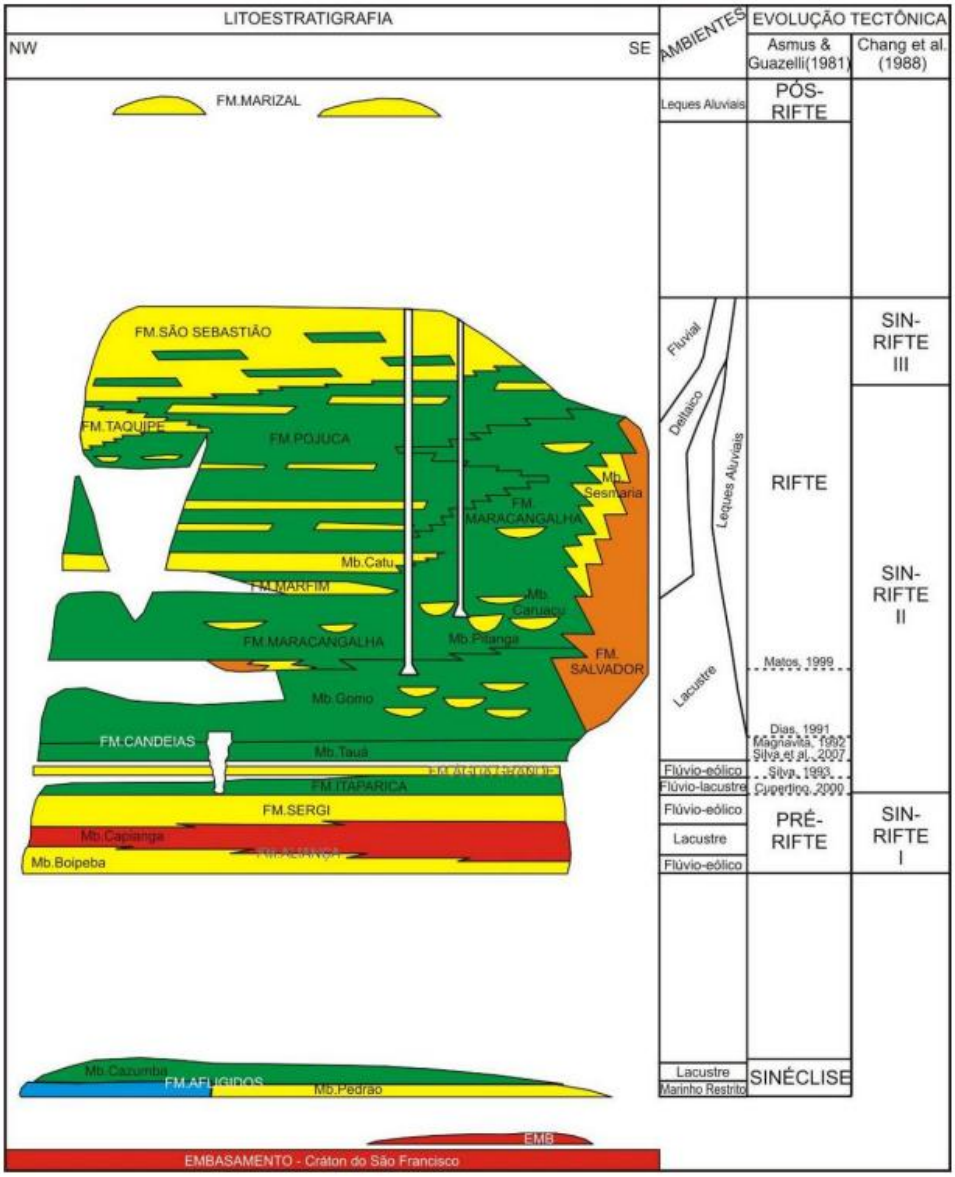
Fonte: MAGNAVITA et al. (2003)

Figura 72 – Enquadramento geológico da Bacia do Recôncavo

A sequência sedimentar apresenta a sua maior espessura próximo da extremidade leste da bacia e a sua evolução geológica e tectônica determinaram a inclinação geral das camadas para sudeste. Segundo ARAGÃO (1993, apud BEISL, 2003), as áreas mais subsidentes, e, portanto, com maior espessura de sedimentos, ocorrem nos baixos de Quiambina (3 800 m) e de Miranga (a norte com 5 200 metros e a sul com 6

900 metros), ambos associados à falha de borda e separados pelo Alto de Sete Galhos; o Baixo de Camaçari (6 900 m), associado à Zona de Falha de Mata-Catu, e o Baixo de Alagoinhas, único relacionado com a borda ocidental.

Na Figura seguinte apresenta-se a estratigrafia global da sub-bacia do Recôncavo.



Fonte: SILVA *et al*. (2007) e BUENO (2001) apud WIEDERKEHR (2008)

Figura 73 – Estratigrafia da sub-bacia do Recôncavo

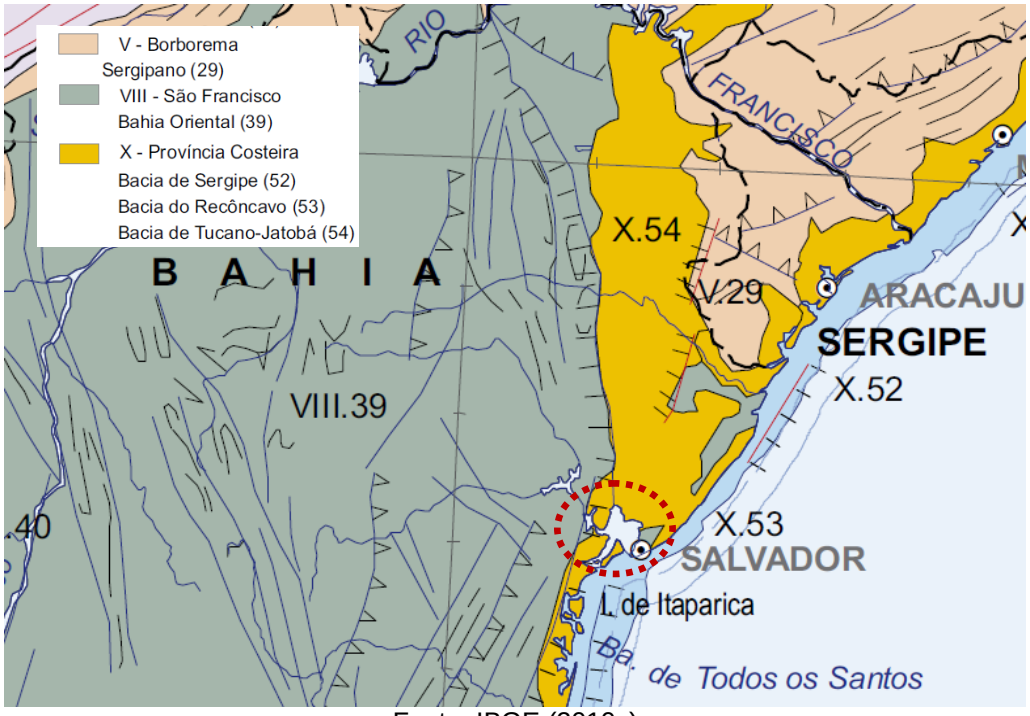
Sobre os depósitos sedimentares mesozoicos assenta uma cobertura detrítica cenozoica, que se estende desde o Paleogêneo/Neogeno, onde se inclui o Grupo

Barreiras, e a atualidade, onde se destacam os depósitos aluvionares, flúvio-lagunares, flúvio-marinhos e litorâneos.

A área de influência indireta do empreendimento abrange duas das quinze províncias estruturais em que o território Brasileiro foi dividido pelo Serviço Geológico Nacional (CPRM):

- Os terrenos do embasamento cristalino pertencem à Província Estrutural de São Francisco (correspondente a um cráton), especificamente ao domínio geotectônico do Cinturão Salvador-Esplanada, constituído, em geral, por rochas cristalinas granulíticas, granodioríticas, gnássicas e anfibolíticas;
- A sub-bacia sedimentar do Recôncavo inclui-se na Província Estrutural Costeira, a mais recente de todas as províncias (meso-cenozóica), fazendo contato com todas as outras, sob as quais foi instalada e desenvolvida.

As bacias Recôncavo-Tucano-Jatobá encontram-se alinhadas segundo as descontinuidades litoestratigráficas e geotectônicas pré-brasilianas do Cráton de São Francisco, evidenciando o controle tectônico do embasamento cristalino na formação destas bacias sedimentares.



Fonte: IBGE (2010c)

Figura 74 – Províncias estruturais

O afloramento das rochas mais antigas do estado da Bahia ocorre na margem esquerda da BTS, sendo abrangidas de forma muito restrita pelo acesso à ponte rodoviária a partir de Salvador.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Salvador/dezembro 2013

Fotografia 1 – Vista para afloramento dos terrenos do embasamento cristalino (praia em Rio Vermelho)

Na Ilha de Itaparica afloram os terrenos Mesozoicos da sub-bacia do Recôncavo, a maioria, contudo, subjacente à cobertura sedimentar detrítica mais recente, acumulada desde o Cenozoico e que no domínio aquático continua a desenvolver-se.

A exclusiva presença de formações sedimentares da sub-bacia do Recôncavo e de depósitos costeiros recentes na Ilha de Itaparica é consonante com a morfologia de baixada litorânea e de planícies marinhas/flúvio-marinhas que caracteriza a área de intervenção. A história e evolução geológica destes terrenos reflete-se assim num relevo variado entre plano a moderado onde se destacam pequenos topos arredondados. No jogo de Mapas 1.3 (Caderno de Mapas – Volume 1), onde consta o levantamento topográfico e planialtimétrico dos terrenos de saída e chegada ao mar das estruturas da ponte e respectivos acessos viários, se podem observar alguns desses topos arredondados que surgem paralelos à BTS e que se elevam até cotas máximas de 36 m.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Ilha de Itaparica/dezembro 2013

Fotografia 2 – Vista para afloramento do Mesozoico (marginal à estrada BA-001)

Em Salvador, em contato com as formações mais antigas, através da falha de Salvador, ocorrem ainda terrenos cretáceos do Grupo Ilhas. Neste caso refira-se que os afloramentos são relativamente pouco expressivos face à ocupação que caracteriza a cidade de Salvador. Embora em Salvador os afloramentos destas duas unidades geológicas não sejam observáveis, é possível observar no jogo de Mapas 1.3 (Caderno de Mapas – Volume 1), relativo ao levantamento topográfico e planialtimétrico dos terrenos de saída e chegada ao mar das estruturas da ponte e respectivos acessos viários (Caderno de Mapas – Volume 1), o ressalto altimétrico que marca de forma muito nítida o limite entre ambas.

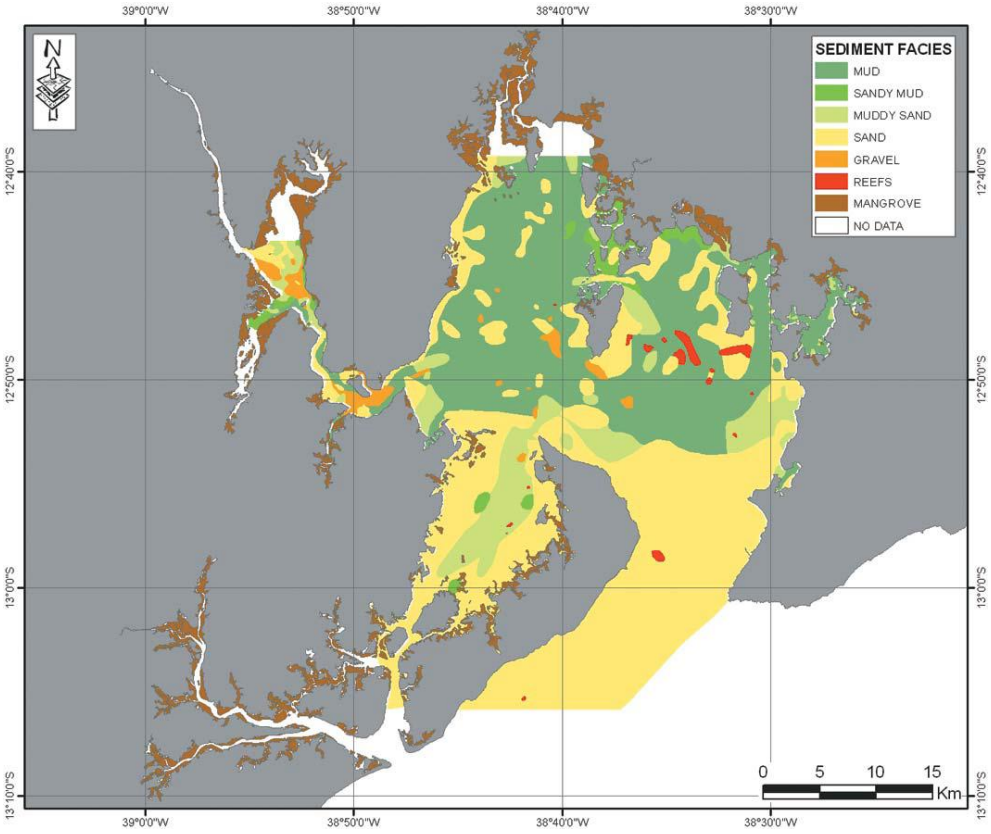
À chegada à margem de Salvador, onde ocorre a unidade do Grupo Ilhas, a altimetria é baixa, compreendida entre 2 m e 6 m, mas à medida que se avança em direção à escarpa de falha as cotas elevam-se de forma significativa para valores próximos dos 60 m de altitude.

As formações geológicas mais recentes ocorrem em domínio aquático e estão relacionadas com a evolução da Baía de Todos os Santos (BTS), cuja formação está essencialmente associada ao rebaixamento geral do nível de base no decurso das oscilações eustáticas do nível do mar. No interior da BTS, incluindo na sua margem, verifica-se a sedimentação atual dos materiais em suspensão transportados pelos afluentes à mesma e veiculados pelas correntes de maré.

Lessa e Dias (2009), congregando e complementando informação proveniente de diferentes estudos e projetos desenvolvidos desde os anos setenta do século XX,

propuseram um zonamento espacial dos fundos da Baía de Todos os Santos considerando a distribuição da fácies textural dos sedimentos no seu interior.

A BTS tem uma distribuição espacial de fácies relativamente bem definida. Na parte norte e central da BTS predominam os sedimentos silto-argilosos, com alguma componente arenosa. Na parte sul, onde se inclui a ADA e a AID da travessia Salvador/Ilha de Itaparica, ocorrem maioritariamente areias.



Fonte: Cirano e Lessa (2007)

Figura 75 – Fácies texturais da BTS

A proveniência dos sedimentos de preenchimento recente (Quaternário) da BTS é diversa e pode ser atribuída (LESSA, DIAS, 2009):

- À 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;
- Ao 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;

- À produção carbonática interna à baía, com sua progressiva submersão;
- À 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.

Considerando a distribuição geográfica dos sedimentos e as características hidrodinâmicas locais, as areias do canal de Salvador terão origem marinha preferencial, enquanto as areias depositadas no canal de Itaparica deverão ter, sobretudo, origem continental com influência marinha. Já os sedimentos arenosos depositados no canal de S. Roque e ao longo das praias da margem direita da BTS deverão ter uma origem essencialmente continental, enquanto as areias em torno das Ilhas de Maré, dos Frades e as bolsas de areias dispersas estarão associadas à fragmentação de carapaças carbonáticas, algas calcárias, foraminíferos, corais, entre outros organismos.

À semelhança do que se verifica com outros sistemas de transição no mundo, a BTS se encontra num processo contínuo de deposição de sedimentos. A análise da distribuição de fácies texturais ao longo do tempo evidencia que nos últimos 30 anos as argilas e os siltes tiveram uma progradação de 2 a 4 km, estimando-se taxas de sedimentação da fácies lamosa compreendida entre 2 e 10 mm/ano.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Ilha de Itaparica/dezembro 2013

Figura 76 – Cobertura sedimentar recente nas margens da BTS

No escopo dos trabalhos executados pela equipe de arqueologia do presente Estudo de Impacto Ambiental (ver Anexo 5 referentes ao Diagnóstico do Meio Socioeconômico – Anexos do Volume 2, Tomo 3 do EIA), foi realizado um

levantamento com sonar de varredura lateral que permite uma imagem das feições morfológicas do assoalho marinho.

Os resultados evidenciam uma morfologia aplanada, fruto da ação combinada dos agentes forçadores de evolução com as condições geológicas locais. A morfologia é assim reflexo dos sedimentos arenosos (depositados na parte central da baía e nos canais de maré) e areno siltosos (preferencialmente localizados nas margens e taludes marginais) e da modelagem exercida pelas correntes de maré.

Na zona atravessada pela ponte os fundos marinhos apresentam uma sucessão de relevos arenosos, que evidenciam, quer figuras de erosão (taludes marginais, aplanamentos e canais principais), quer figuras de acumulação de sedimentos (bancos arenosos e plataformas lodosas), quer ainda figuras em que o transporte é o principal agente modelador (campos de *ripples* sobre os aplanamentos da plataforma entre os canais principais).

Este padrão morfológico é típico da zona terminal de um estuário, fazendo a transição entre o domínio fluviomarinho e o domínio oceânico.

Já na proximidade à margem da Ilha de Itaparica a cobertura arenosa é menor e atapeta de forma irregular os fundos rochosos de recife de coral que se desenvolvem paralelamente à linha de costa.

2.4.2.2. Enquadramento geotécnico

A AII do empreendimento apresenta características geotécnicas marcadas pelo seu enquadramento geológico, podendo-se distinguir duas grandes unidades bem diferenciadas em termos geomecânicos:

- Maciços terrosos/solos, correspondentes:
  - à cobertura sedimentar recente que se acumula nos fundos da BTS;
  - aos terrenos detríticos mesozoicos da sub-Bacia do Recôncavo, que estão subjacentes à cobertura sedimentar recente e que afloram, quer na Ilha de Itaparica, quer em Salvador (Grupo Ilhas);
- Maciço rochoso cristalino que aflora exclusivamente em Salvador.

Estas unidades geotécnicas apresentam características litológicas e comportamento geotécnico diferenciado entre si, como terreno de fundação. Os maciços terrosos/solos, sobretudo granulares incoerentes, apresentam maiores condicionalismos como terrenos de fundação. O maciço rochoso cristalino aflorante em Salvador, de forma geral, apresenta melhores condições como terreno de fundação, embora o grau de fraturação e alteração possa diminuir a tensão de segurança à rotura que usualmente caracteriza um maciço cristalino são.

Considerando a informação disponibilizada no Mapa da Geodiversidade do Estado da Bahia (CPRM, 2010), os maciços terrosos/solos abrangidos pelo empreendimento poderão apresentar os seguintes condicionalismos geotécnicos (terrenos do mesozoico e do cenozoico):

- por serem constituídos pelo empilhamento irregular de camadas com diferentes espessuras, fácies, granulometrias (areia, silte, argila e cascalho) e consolidação formam-se descontinuidades geomecânicas que facilitam os processos erosivos e a instabilização de taludes de corte;
- os materiais consolidados ou inconsolidados depositados em meio aquoso apresentam configuração morfológica favorável à saturação em água, podendo originar baixa capacidade de suporte e serem colapsáveis;
- as rochas mesozoicas sedimentares (como aquelas que ocorrem na Ilha de Itaparica) têm maior possibilidade de possuir afloramentos de moderada resistência ao corte e à penetração e a desenvolver solos residuais bastante arenosos e erosivos.

No que diz respeito aos terrenos cristalinos que afloram em Salvador, estes poderão apresentar as seguintes limitações decorrentes dos condicionalismos geotécnicos:

- por serem rochas duras em grande parte das zonas, apresentam uma coerência média, com resistência ao corte e à penetração;
- embora a maior parte dos terrenos possuam características de elevada resistência, a intensa fraturação das rochas potencia o desenvolvimento de blocos e a sua instabilização em talude de corte;
- os terrenos de encosta, na área de influência da zona da falha de Salvador, potenciam os movimentos naturais de massa, desenvolvendo áreas de risco geológico (conforme evidenciado no capítulo geomorfologia);
- a fraturação é ainda responsável pelo grau de intemperismo variável que apresentam (entre baixo a alto);

- em zonas de solos residuais, pouco evoluídos, podem apresentar características expansivas, não sendo recomendável a sua utilização como materiais de empréstimo em obras. Por sua vez, em zonas com pedogênese avançada os solos apresentam boa capacidade de compactação, permeabilidade variável de baixa a moderada, sendo bons para o uso como material de empréstimo.

Não obstante as eventuais limitações/potencialidades geotécnicas que estes terrenos possam possuir, a construção das diferentes componentes do empreendimento serão suportadas por trabalhos de prospecção geológica-geotécnica destinados a estabelecer o zoneamento em profundidade, a determinar as características de fundação e a definir as condições das obras de terraplenagem. Neste escopo, foi realizada pela Geofort Fundações, em setembro de 2013, uma campanha de sondagens nos fundos da BTS.

2.4.2.3. Recursos geológicos

O território Brasileiro em geral, e a Bahia em particular, possui um significativo e diversificado conjunto de recursos minerais metálicos e não metálicos, incluindo ornamentais e industriais, hidrominerais e energéticos. De particular destaque são ainda as gemas, sendo o Brasil reconhecido internacionalmente pela sua quantidade e diversidade.

O empreendimento localiza-se na Província Mineral da Bacia do Recôncavo – Tucano, na qual ocorre uma significativa diversidade de recursos geológicos.

No estado da Bahia, só no período 2002-2006, foram protocolizados junto do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) cerca de 15 500 requerimentos de títulos minerários (SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO, 2008).

A maioria dos processos correspondeu a alvarás de pesquisa (70%), envolvendo os restantes requerimentos de pesquisa, licenciamento, lavra garimpeira e registro de extração. Atualmente o estado da Bahia é um dos maiores produtores de minérios do país, ocupando a quarta posição. Com produção de aproximadamente 30 substâncias, possui algumas das maiores reservas nacionais para grande parte dessas substâncias.

Os principais recursos geológicos do estado da Bahia são (CPRM, 2010):

- Recursos minerais metálicos: cromo, ferro, manganês, ferro-titânio-vanádio, ouro, cobre, bário, níquel;
- Recursos minerais não-metálicos: magnesita, talco, fosfato, calcário, sal-gema, rochas ornamentais (mármores e granitos), materiais de construção (pedra, areia, argila);
- Recursos hidrominerais: águas de mesa;
- Recursos energéticos: urânio, turfa, petróleo e gás natural;
- Gemas: diamante e esmeralda.

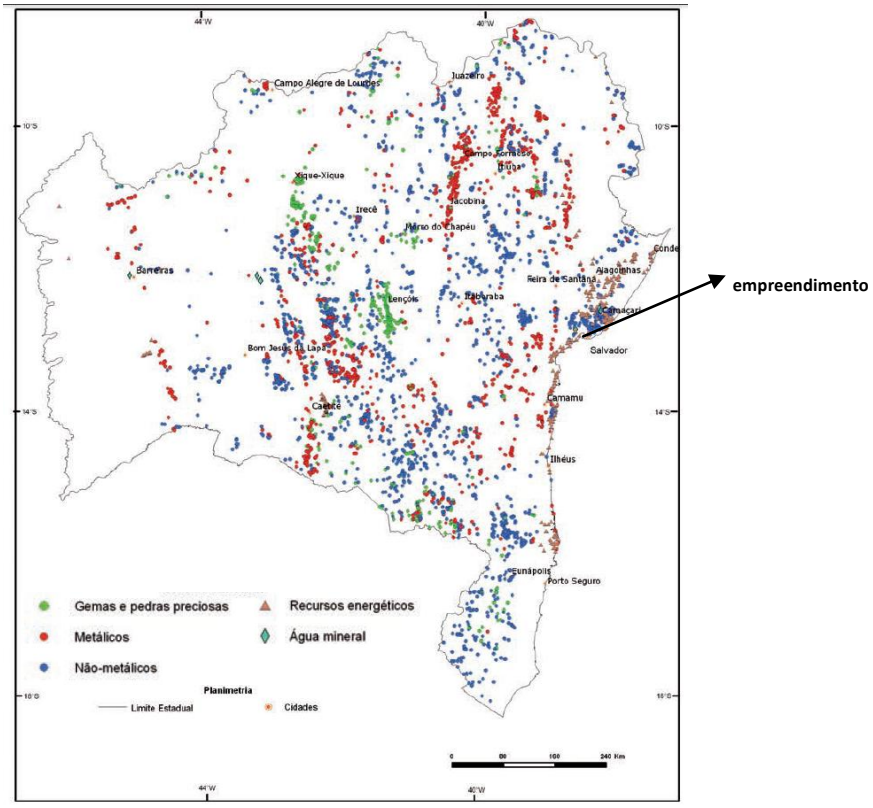
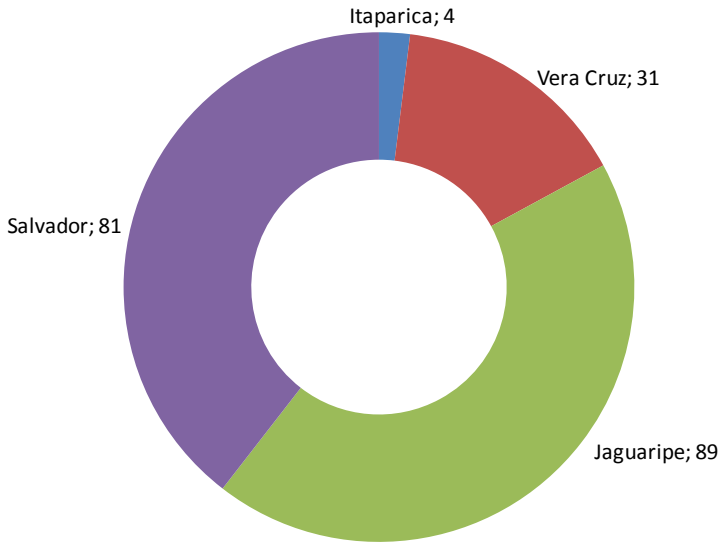


Figura 77 – Recursos geológicos no estado da Bahia

Os municípios abrangidos pelo empreendimento evidenciam a significativa diversidade de recursos geológicos, estando atualmente inventariados 205 processos minerários. Deste universo, 83% localizam-se nos municípios de Salvador e Jaguaripe, sendo que nos municípios da Ilha de Itaparica os processos minerários são em número bastante inferior (respectivamente 2% em Itaparica e 15% em Vera Cruz).



Fonte: CPRM (2008)

Figura 78 – Número de processos minerários por município

No quadro seguinte se apresentam as principais substâncias associadas aos processos minerários.

Quadro 39 – Substâncias associadas aos processos minerários de cada município

Itaparica	Vera Cruz	Jaguaripe	Salvador
Água mineral; calcário conchífero; sal-gema	Areia; argila; calcário; caulim; quartzo; sais de bromo; sal-gema	Areia; argila; calcário; cascalho; caulim; saibro; gnaisse; granito; granulito; minério de ferro; sais de bromo; sal-gema	Areia; argila; argila refractária; calcário; calcário conchífero; calcário coralíneo; caulim; gnaisse; granulito; saibro; sal-gema

Fonte: DNPM (2014)

A maior parte dos processos minerários está relacionada com requerimentos de autorização de pesquisa de areias, mas também de saibros, cascalho, gnaisses, e granulitos para a construção civil.

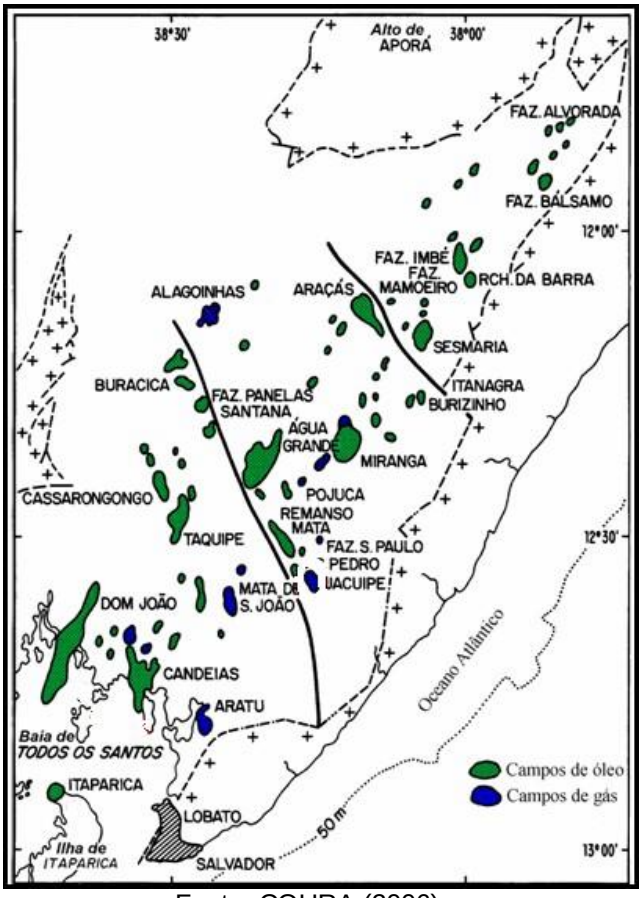
De fato, na região metropolitana de Salvador refira-se a importância dos recursos minerais não metálicos como materiais de construção civil. Em CPRM (2012) refere-se que foi avaliado um potencial da ordem de 17 milhões toneladas de areia branca e 138 milhões toneladas de areias amarelas que permitirão assegurar o abastecimento da região metropolitana nos próximos 45 anos. Foram ainda avaliadas reservas potenciais de brita para mais de 50 anos.

Fonte: CPRM (2008)

Figura 79 – Distribuição das principais zonas de interesse em materiais de construção civil na região metropolitana de Salvador

Por fim, refira-se que o estado da Bahia, em particular a sub-bacia do Recôncavo, é um importante produtor nacional de petróleo e de gás natural, sendo conhecidas exsudações de ambos desde meados do século XIX. O empreendimento localiza-se numa das 8 províncias petrolíferas do Brasil – a Bacia do Recôncavo. Inclusivamente na região metropolitana de Salvador são conhecidas diversas ocorrências de hidrocarbonetos líquidos e gasosos.

Em 2001, estimavam-se, na Bacia do Recôncavo, reservas da ordem de 33 milhões de m^3 de óleo e 19 bilhões de m^3 de gás natural (ANP, 2001, *apud* CPRM, 2003).



Fonte: COURA (2006)

Figura 80 – Campos de óleo e gás na sub-bacia do Recôncavo

2.4.2.4. Locais de interesse geológico

O estado da Bahia possui um importante conjunto de ocorrências geológicas de interesse patrimonial, incluindo sítios paleontológicos (2), paleoambientais (2), sedimentológicos (3), geomorfológicos (1), marinhos (1) e espeleológicos (4).

Todos estes sítios geológicos e paleontológicos encontram-se publicados no 1º volume do livro Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, da responsabilidade de DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), sendo que nenhum é abrangido pelo empreendimento.

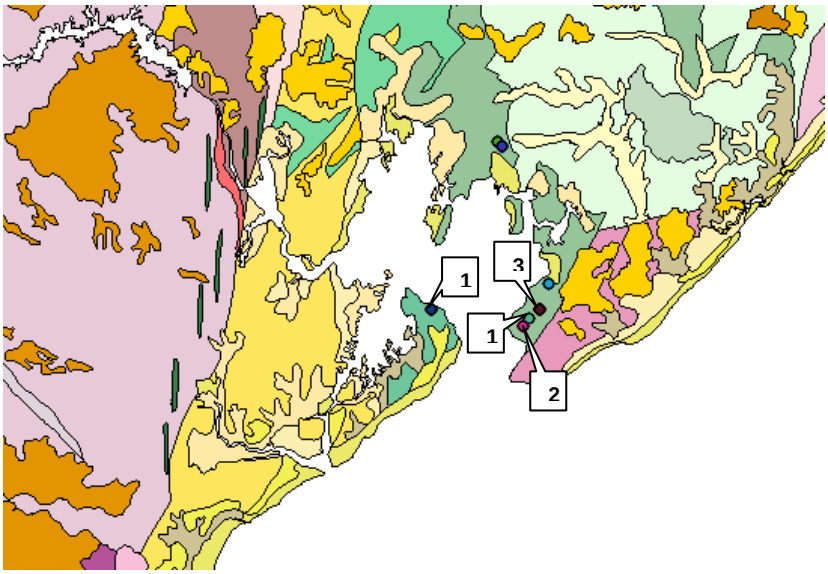
Não obstante, o contexto geológico, geomorfológico e estrutural da área da influência do empreendimento permite identificar ocorrências representativas da significativa geodiversidade e de particular valor científico, turístico, educativo e cultural:

- A própria **Baía de Todos os Santos** (BTS), e considerando as características geológicas, geomorfológicas e de evolução no contexto da Bacia Sedimentar do Recôncavo, considera-se um local de significativo interesse científico, didático e cultural;
- Para além da BTS, a **falha e a escarpa da Falha de Salvador** constituem um ponto geoturístico por excelência do estado da Bahia, em geral, e da cidade de Salvador, em particular. Inclusivamente encontra-se referenciada como atrativo geoturístico no Mapa de Geodiversidade do Estado da Bahia (CPRM, 2006) e no escopo do Projeto Caminhos Geológicos da Bahia, tendo sido elaborado um painel que apresenta as condições particulares de surgimento da Cidade Baixa e da Cidade Alta;
- A **Ilha de Itaparica** corresponde a uma forma geomorfológica de notável interesse científico, didático e cultural e que expressa a evolução e a relação entre sistemas costeiros e de transição.

A Bacia do Recôncavo apresenta um registro fossilífero relativamente diversificado, que inclui ostracodes, palinomorfos, foraminíferos, conchostráceos, bivalves e gastrópodes, além de restos vegetais, como âmbar, troncos silicificados de coníferas, e vertebrados. Na CPRM (2013) são identificadas algumas ocorrências de fósseis de interesse paleontológico na área de influência do empreendimento e embora nenhuma sofra interferência direta destacam-se as seguintes:

- *Lepidotes roxoi, Lepidotes souzai e Lepidotes mawsoni* [1] - **peixes fósseis** que ocorrem em afloramentos do Cretáceo, a cerca de 1 km a leste de Manguin (Ilha de Itaparica) e em Salvador. Correspondem a peixes acouraçados que habitavam lagos e mares profundos durante o Triásico Superior e o Cretáceo Inferior;
- *Candona candida* – **ostracodo (crustáceo) de água doce** [2]. Este fóssil foi registrado no afloramento dos terrenos do Grupo Ilhas, na escarpa de Monserrate (Salvador);

- *Crocodilus hartti* [3] – **réptil fóssil** que viveu entre 125,45 a 65,5 Ma, encontrando-se num afloramento do Grupo Ilhas, na escarpa de Monserrate (Salvador).



Fonte: CPRM (consulta em outubro de 2013)

Figura 81 – Ocorrência de fósseis na AII do empreendimento

Refira-se ainda que na base de dados geoespacializados das cavidades naturais subterrâneas do Brasil, inventariadas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), em nenhum dos municípios abrangidos pela área de influência do empreendimento existem cavidades naturais subterrâneas.

O contexto geológico regional, marcado por terrenos sedimentares detríticos e por rochas cristalinas não favorece o desenvolvimento de cavidades subterrâneas, ao contrário do que é relativamente comum acontecer nos terrenos de natureza calcária sujeitos ao desenvolvimento de cavidades por dissolução dos carbonatos pela água de circulação subterrânea.

A área de influência do empreendimento tem assim baixa potencialidade para o desenvolvimento de cavidades naturais.

2.4.3. Situação atual na AID

2.4.3.1. Principais unidades geológicas na AID

O empreendimento se desenvolve numa zona onde predominam as rochas sedimentares de preenchimento da sub-bacia do Recôncavo. Sobre estes terrenos assenta uma cobertura sedimentar detrítica recente e na sua base se desenvolve o embasamento cristalino, que aflora na margem esquerda da BTS sob o efeito do levantamento tectônico e erosão das formações geológicas mais recentes.

São apresentadas em seguinte as principais características das unidades geológicas abrangidas pela AID do empreendimento, quer em meio terrestre, quer em meio aquático.

A. Meio terrestre

Em meio terrestre as principais unidades geológicas correspondem aos terrenos sedimentares do Mesozoico e à cobertura recente que se depositaram na sub-bacia do Recôncavo. De acordo com a Carta Geológica de Salvador, folha SD-24, à escala 1:1 000 000 (CPRM, 2004), na área de influência direta do empreendimento aflora o seguinte conjunto de unidades geológicas e com as seguintes características (das mais recentes para as mais antigas, ver o Mapa 2.3, de Enquadramento Geológico (Caderno de Mapas – Volume 2):

- Depósitos litorâneos indiferenciados recentes (Quaternário/recente; Q2li): areia com conchas marinhas; argilas e silte ricos em matéria orgânica. Estes depósitos afloram ao longo de toda a faixa oriental da Ilha de Itaparica e são abrangidos em grande parte pelo traçado da BA-001 (ADA e AID);
- Depósitos flúvio-lagunares (Quaternário/recente; Q2fl): areia e siltes argilosos, ricos em matéria orgânica. Estes depósitos ocorrem no limite ocidental da Ilha de Itaparica, abrangendo, ainda que de forma pouco significativa, a AID e a ADA;
- Depósitos flúvio-marinhos e eólicos (Quaternário/Pleistocénico; Q1fme): areia e siltes argilosos, ricos em matéria orgânica; dunas de areia quartzosa bem selecionada. À semelhança dos depósitos flúvio-lagunares,

esta unidade é abrangida de forma muito restrita, embora só pela AID, na Ilha de Itaparica;

- Depósitos litorâneos indiferenciados antigos (Quaternário/Pleistocénico; Q1li): areia bem selecionada com tubos fósseis. Estes afloramentos são abrangidos na Ilha de Itaparica, próximo da Ponte do Funil e numa faixa paralela, mas mais interior, aos depósitos litorâneos indiferenciados recentes;
- Grupo Ilhas (Cretáceo inferior; K1i): ocorre apenas na margem de Salvador, sendo abrangida pela ADA e AID. Compreende depósitos sedimentares clásticos, de natureza continental, compostos por materiais de granulometria muito fina (folhelhos e argilitos cinza) e arenitos finos intercalados, margas, arenitos calcíferos, folhelhos carbonosos, siltitos e calcilutitos;
- Formações Morro do Barro e Rio de Contas Indiscriminadas (Cretáceo inferior; K1al): esta unidade pertencente ao Grupo Almada é constituída por arenito granuloso a conglomerático, calcilutito, folhelho calcífero carbonoso ou com restos de peixes; arenito, folhelho, marga e calcarenito. Esta unidade, que se encontra em grande parte coberta por vegetação, ocorre apenas na Ilha de Itaparica (limite noroeste e parte central) e é abrangida pela ADA e AID ;
- Grupo Brotas (Jurássico superior; J3b): arenito fino a conglomerático com estratificação entrecruzada, conglomerado, folhelho e calcilutito. Estes sedimentos têm origem lacustre e flúvio-deltáica, sendo abrangidos de forma localizada, na Ilha de Itaparica, pela ADA (BA-001) e AID;
- Complexo Salvador - Esplanada: ortognaisses charnoenderbíticos e charnockítico, gnaisse kinzigítico migmatizado e níveis de gabronorito, rocha calcissilicática e quartzito. Datações radiométricas com Urânio-Chumbo (U-Pb) enquadram a cristalização destas rochas entre 2 561 e 2 230 Ma e o metamorfismo, da fácies granulítica, há 2089 Ma. A deformação frágil que atuou sobre as rochas cristalinas resultou em duas famílias principais de fraturação (N30^{o}-40^{o} e N130^{o}-140º) preenchidas por sienitos, diques máficos metamorfisados, meta-sienitos e diques máficos não metamorfisados, respectivamente (BARBOSA *et al.,* 2005, *apud* NASCIMENTO E BARBOSA, 2010). Estas rochas cristalinas ocorrem em Salvador, sendo abrangidos pela ADA e AID.

De todas as unidades geológicas aflorantes, os depósitos litorâneos indiferenciados (antigos e modernos) são aqueles que têm maior representatividade na AID. Cerca de 47% das unidades geológicas abrangidas pertencem a estas tipologias e são atravessadas pelos acessos na Ilha de Itaparica.

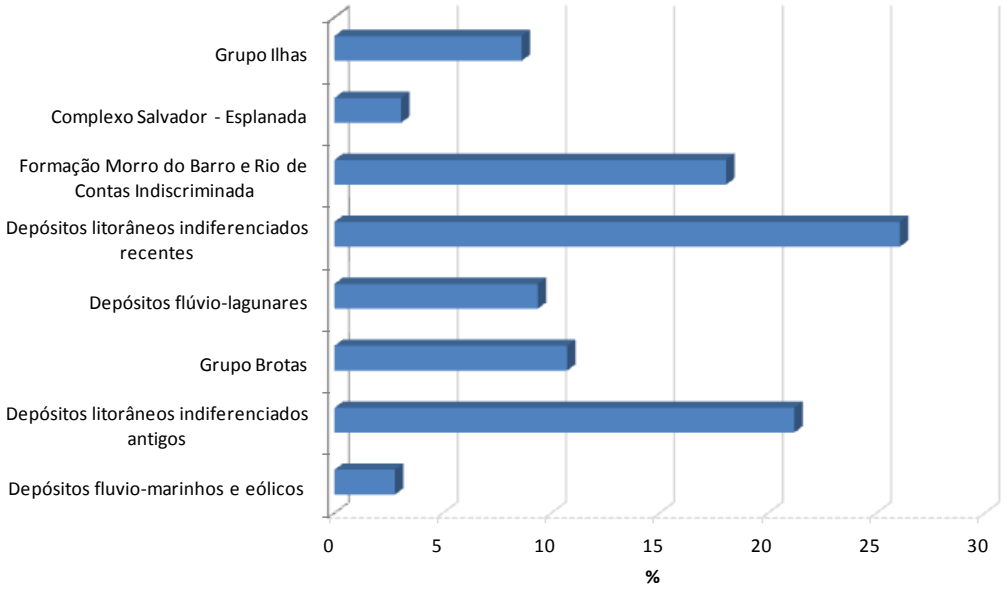


Figura 82 – Distribuição das unidades geológicas abrangidas pela AID

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Ilha de Itaparica/dezembro 2013

Fotografia 3 – Depósitos litorâneos indiferenciados recentes no local de inserção da ponte

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Ilha de Itaparica/dezembro 2013

Fotografia 4 – Vista para zona de depósitos flúvio-lagunares na costa oeste da Ilha de Itaparica

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Ilha de Itaparica/dezembro 2013

Fotografia 5 – Vista para zona de ocorrência das Formações Morro do Barro e Rio de Contas Indiscriminadas (afloramentos cobertos por vegetação)

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Ilha de Itaparica/dezembro 2013

Fotografia 6 – Vista para taludes cortados em rochas do Grupo Brotas

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Salvador/dezembro 2013

Fotografia 7 – Vista para afloramentos do embasamento cristalino

B. Meio aquático

As campanhas de dados primários de caracterização físico-química de amostras de sedimentos (ver Capítulo 2.10, relativo aos sedimentos), realizadas no decurso dos Estudos Ambientais (uma em período seco/dezembro de 2013 e outra em período úmido/abril 2014) evidenciam, quer na camada superficial, quer em profundidade, o predomínio da fácies arenosa nos fundos da AID e da ADA. A granulometria dos sedimentos ao longo do traçado e entorno da travessia Salvador/Ilha de Itaparica é consonante com os dados secundários do zoneamento apresentado em Lessa e Dias (2009) para os fundos desta zona da BTS.

Só pontualmente as amostras apresentam maior desenvolvimento da fração fina siltosa (36% das amostras coletadas têm mais de 30% de siltes na sua composição). Nas amostras coletadas a argila ou é ausente ou a sua presença é praticamente inexpressiva (< 1% do total).

Na fração grosseira predominam as areias médias a finas, sendo que algumas amostras possuem maior porcentagem de areia grossa a muito grossa (19% das amostras próximo ou mais de 50%). As amostras coletadas com maior proximidade a Salvador apresentam, em geral, maior desenvolvimento da fração arenosa mais fina, enquanto na proximidade da Ilha de Itaparica verifica-se um maior peso das frações arenosas mais grosseiras.

Fonte: Nemus/Salvador/dezembro 2013 (1ª campanha) e Ilha de Itaparica/abril 2014 (2ª campanha)

Fotografia 8 – Aspecto das areias coletadas ao longo do traçado da futura ponte rodoviária de Salvador e da ponte do Funil (ADA/AID)

2.4.3.2. Recursos geológicos na AID

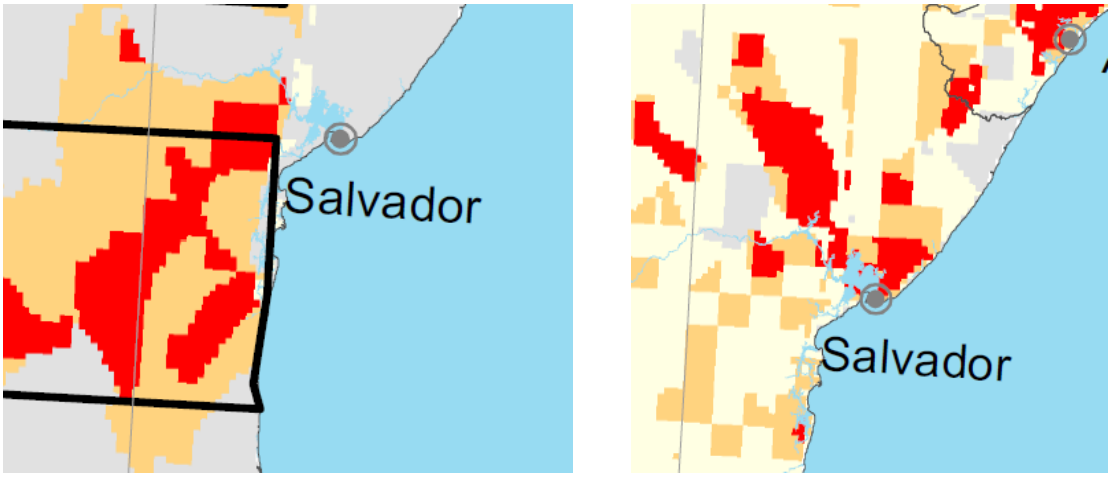
Seguidamente se apresenta uma análise das potencialidades e do aproveitamento dos recursos geológicos na área de influência do empreendimento. No Mapa 2.4, de Projeção dos Processos Minerários e dos Recursos Energéticos (Caderno de Mapas – Volume 2) se apresentam os processos minerários abrangidos pelo empreendimento.

A. Recursos minerais metálicos e não metálicos

A sub-bacia do Recôncavo, pelas suas características geológicas, é reconhecida como uma área de relevante interesse mineral, possuindo reservas de boa qualidade e potencial relevância no que diz respeito aos recursos minerais não metálicos (Figura 83b). Na área de influência do empreendimento estão em curso explotações de recursos minerais não metálicos e está comprovada a favorabilidade à ocorrência de depósitos ou jazidas minerais potencialmente explotáveis.

Embora no estado da Bahia existam áreas de favorabilidade comprovada e potencial relativamente aos recursos minerais metálicos (Figura 83a), na área de influência do empreendimento o contexto geológico não é compatível com a individualização de depósitos ou jazidas de manganês, ouro, ferro, estanho, cobre, titânio, chumbo ou

outras substâncias minerais metálicas como aquelas que estão identificadas a sul e a oeste de Salvador.



a) b)

Fonte: Matos (2009)

Figura 83 – Áreas de relevante interesse de recursos minerais metálicos (a) e não metálicos (b) na área de influência do empreendimento

De acordo com o Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, maio 2014) existem atualmente processos minerários em estádios diferenciados no que diz respeito à pesquisa ou à explotação de recursos geológicos. A globalidade destes processos diz respeito a recursos minerais não metálicos.

Na AID do empreendimento são abrangidos 21 processos minerários, a maioria no município de Vera Cruz. Estes processos minerários são essencialmente autorização de pesquisa (66%), sendo, sobretudo, de areia destinada à construção civil. No Quadro 40 apresentam-se os processos e as substâncias relativamente à área de influência do empreendimento.

Quadro 40 – Processos minerários na AID

Substância	Fase do processo	Uso	Município
Sal-gema	Concessão de lavra	Sem informação	Jaguaripe/Vera Cruz
Sal-gema	Disponibilidade	Industrial	Jaguaripe/Vera Cruz

Substância	Fase do processo	Uso	Município
Sal-gema	Disponibilidade	Industrial	Jaguaripe/Vera Cruz
Granito	Requerimento de pesquisa	Revestimento	Jaguaripe
Sais de bromo	Autorização de pesquisa	Sem informação	Vera Cruz
Argila	Autorização de pesquisa	Cerâmica	Vera Cruz
Argila	Autorização de pesquisa	Indústria	Vera Cruz
Areia (9)	Autorização de pesquisa	Construção civil	Vera Cruz
Areia (2)	Autorização de pesquisa	Construção civil	Vera Cruz
Areia (2)	Requerimento de pesquisa	Construção civil	Vera Cruz
Areia	Requerimento de pesquisa	Construção civil	Vera Cruz

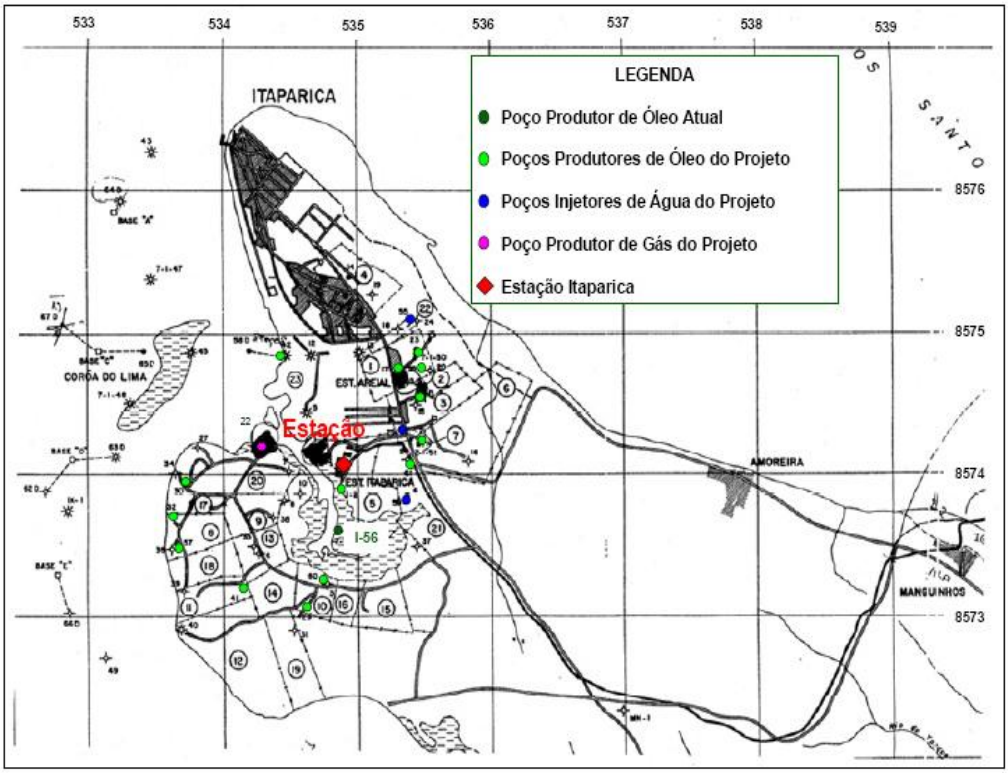
Fonte: DNPM (maio 2014)

B. Recursos energéticos

Na extremidade norte da Ilha de Itaparica está identificado um campo de óleo – Campo de Itaparica, descoberto em 1942, explotado em meio terrestre até 1953 e em meio aquático até 1998. No final de 2005 este campo foi reativado e atualmente existe um único poço de produção de óleo (ANP, 2008).

As rochas geradoras são os folhelhos da Formação Candeias, o início do processo de geração é de idade Barremiano/Aptino. A migração ocorreu através de contato lateral direto entre a rocha geradora e os principais reservatórios, Água Grande e Sergi, constituídos por arenitos fluvio-eólicos de idade juro-cretácica (pré-rift), apresentam porosidade média de 20%. O principal mecanismo de produção do campo é o de capa de gás (ANP, 2008).

De acordo com a ANP (2008), está em curso um projeto de revitalização do Campo de Itaparica que prevê a utilização de 19 poços, sendo que 14 poços existentes que se encontram fechados. O campo de Itaparica localiza-se fora da ADA e da AID, embora na AII.

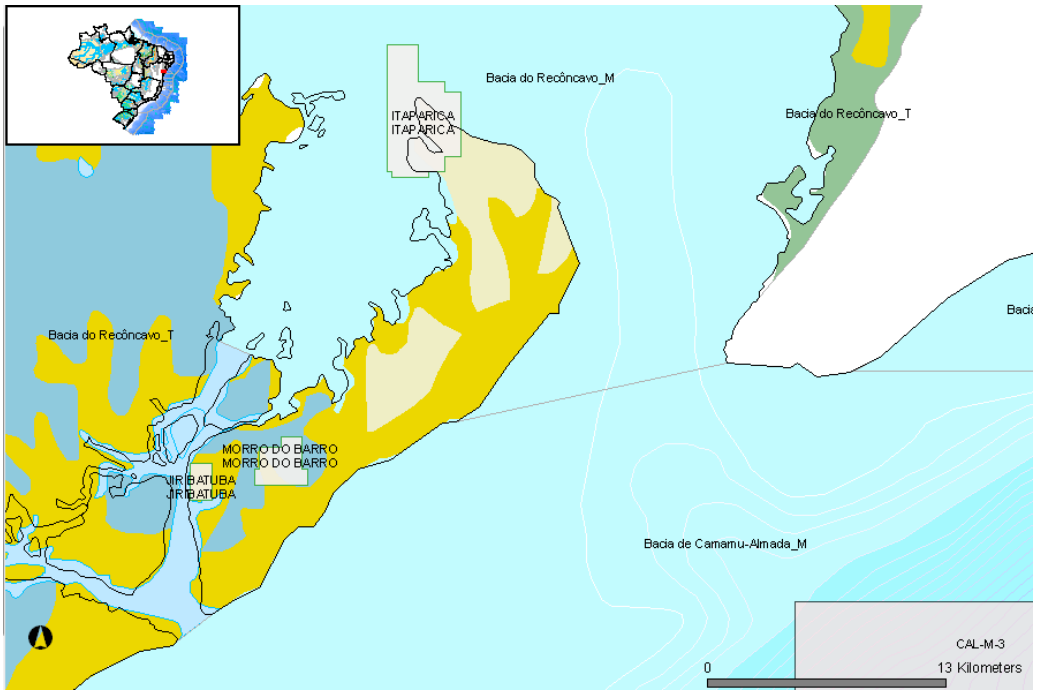


Fonte: ANP (2008)

Figura 84 – Projeto de revitalização do Campo de Itaparica

Na porção sudoeste da Ilha de Itaparica, coincidindo com ADA e AID, existe ainda uma área onde em abril de 1962 foi descoberto um campo de gás – Campo do Morro do Barro. Esse campo de gás entrou em produção em Setembro de 1964 e atualmente todos os poços, alguns deles com mais de 2 km de profundidade, encontram-se desativados (desde 1988).

Próximo da ponte do Funil, também na AID do empreendimento, foi descoberto, em dezembro de 1964, um campo de óleo – Campo de Jiribatuba, que atualmente não se encontra em produção. Este campo produziu até 1980 cerca de 24 mil m³ óleo e 361 mil m³ de gás. Trabalhos sísmicos aí realizados permitiram identificar dois poços como produtores de óleo.



Fonte: ANP (2014)

Figura 85 – Áreas de explotação e produção de óleo (Itaparica e Jiribatuba) e gás (Morro do Barro)

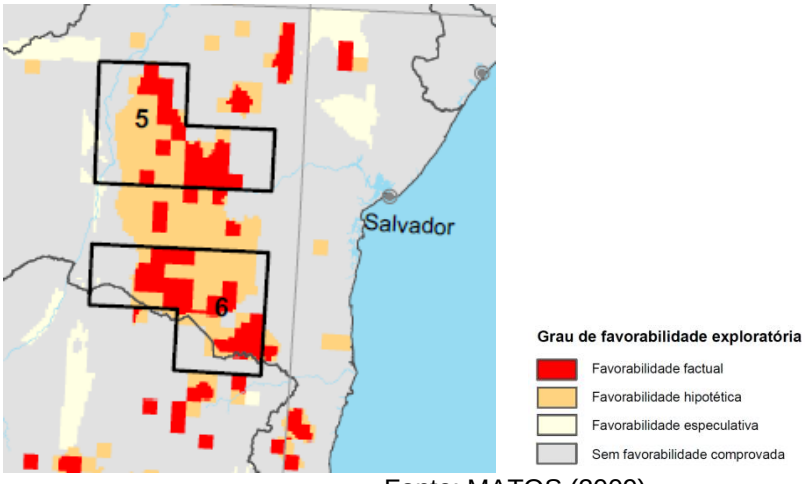
Para além do petróleo e do gás, são igualmente reconhecidas no estado da Bahia diversas ocorrências de outros recursos energéticos, especificamente turfa, carvão urânio e linhito. Nenhuma destas ocorrências contudo abrange a área de influência do empreendimento.

Fonte: MATOS (2009)

Figura 86 – Áreas de concentração de ocorrências de turfa, linhito, carvão e urânio

C. Gemas

A área de influência do empreendimento não abrange nenhuma das zonas de ocorrência de diamantes e esmeraldas do estado da Bahia. A principal explotação de diamantes localiza-se a cerca de 350 km de Salvador, no distrito diamantífero do Itapicuru, e o aproveitamento de esmeraldas ocorre nos municípios de Pindoaçu e Campo Formoso, a noroeste da capital do estado.



Fonte: MATOS (2009)

Figura 87 – Áreas de relevante interesse mineral para gemas

D. Recursos hidrominerais

Os recursos hidrominerais têm pouca expressão no estado da Bahia, estando, contudo, identificadas algumas ocorrências de águas minerais em Salvador e na extremidade norte da Ilha de Itaparica.

Fonte: MATOS (2009)

Figura 88 – Áreas de concentração de ocorrências de águas minerais

A Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM, 2012), bem como o Departamento Nacional de Produção Mineral, identificam na extremidade noroeste da Ilha de Itaparica uma explotação ativa de água mineral. Esta explotação, da Empresa Águas Minerais Itaparica S.A., está associada a uma mina que se desenvolve nas areias quartzosas, não sendo abrangida pelo empreendimento ou pela sua área de influência direta.

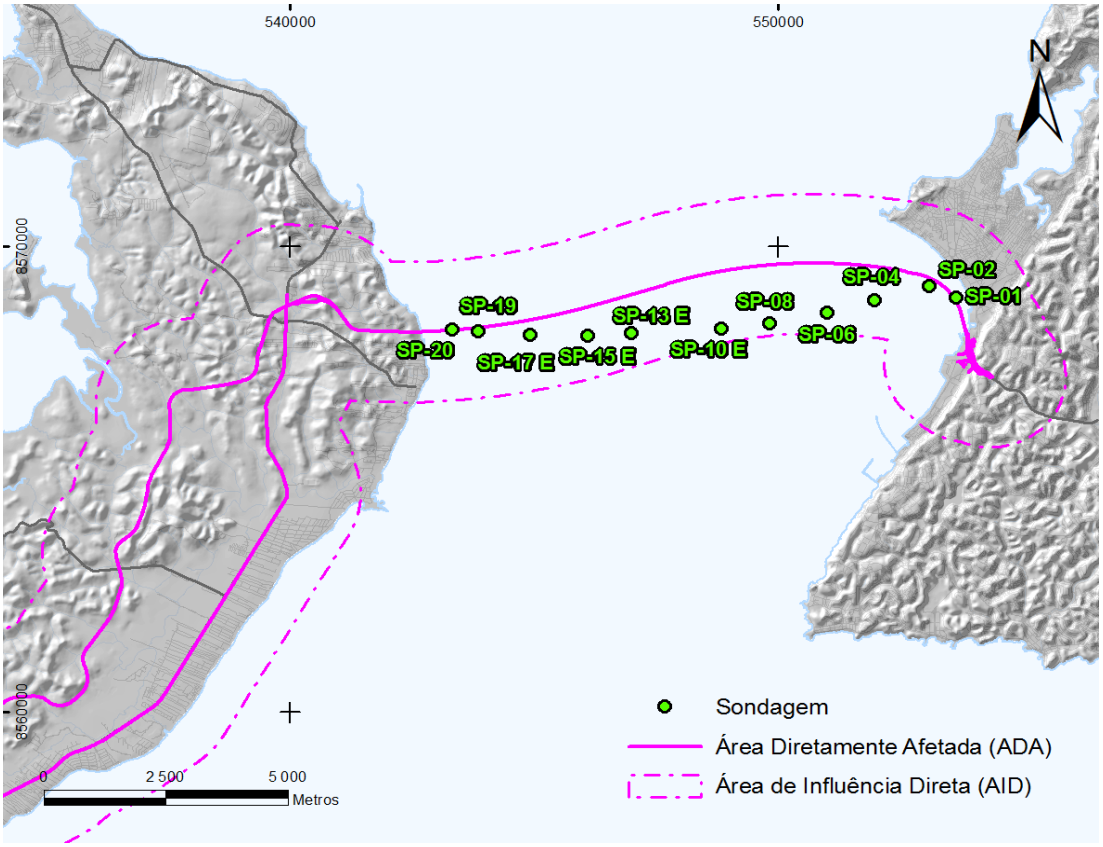
Durante anos procedeu-se à comercialização das águas captadas na Ilha de Itaparica, que a crença popular indica possuírem um excepcional poder digestivo e diurético, sendo recomendada especialmente para pacientes com problemas no fígado e baço (BATISTA, 2007).

É neste enquadramento que na Ilha de Itaparica foi criada, pela Lei Estadual Nº 78 de 28/08/1936, uma Estância Hidromineral, efetivada pelo Decreto Estadual Nº 10.440, de 10/12/1937. Os limites desta Estância Hidromineral são os do município à data,

pelo que a mesma é abrangida, de forma muito pontual pelo limite da AID, mas não pela ADA.

2.4.3.3. Características geotécnicas dos fundos da BTS

Na AID foi realizado, entre agosto de 2013 e fevereiro de 2014, pela empresa Geofort, Fundações Lda, uma campanha de prospecção geotécnica dos fundos da BTS. Os trabalhos incluíram a realização de 11 furos de sondagem (com método rotativo e à percussão), com comprimentos variáveis entre os 13 m e os 41 m. No total foram perfurados aproximadamente 315 m de terrenos sedimentares. A acompanhar as sondagens foram realizados ensaios de penetração dinâmica com sonda normalizada (SPT[8]-Terzaghi) para caracterização da compacidade e consistência dos terrenos atravessados.



Fonte: Geofort (2014)

Figura 89 – Localização das sondagens executadas pela Geofort na AID

[8] SPT – Standard Penetration Test

Os resultados da campanha de prospecção geotécnica, e embora se verifique uma estratigrafia relativamente variável em profundidade, permitem identificar duas unidades geotécnicas principais:

- Cobertura sedimentar recente;
- Rocha sedimentar.

Pelas suas características geológicas e geomecânicas, a cobertura sedimentar recente, associada ao transporte e deposição aluvionar que caracteriza a evolução recente da BTS, é considerada um solo. De fato, nesta unidade foram atravessadas essencialmente areias siltosas, areias argilosas e areias de cor cinza, com compacidade muito variável, entre fofa, pouco compactas a medianamente compactas e compactas. Os níveis de maior compacidade correspondem, em geral, a areias siltosas e areias. De forma pontual, ocorrem intercalados fragmentos de pedregulho. Nas sondagens realizadas, esta unidade geotécnica possui uma espessura variável entre um mínimo de 15 cm e um máximo de 35 m. À medida que se avança para a unidade subjacente ocorrem níveis argilosos.

A unidade rocha sedimentar corresponde a argilitos cinza escuros com intercalações de siltitos, formando blocos que se intercalam com arenitos finos muito alterados (onde se identificaram grãos de magnetita) e, em alguns casos, com material calcário. Nas sondagens executadas foram obtidas espessuras desta unidade variáveis entre 2 m e 26 m. Os ensaios SPT evidenciam uma rocha de consistência muito dura.

2.4.4. Situação atual na ADA

2.4.4.1. Principais unidades geológicas na ADA

Na ADA do empreendimento em meio terrestre são abrangidas as seguintes unidades geológicas já caracterizadas para a AID:

Margem esquerda da BTS; Salvador:

- Grupo Ilhas (Cretáceo inferior; K1i): esta unidade corresponde ao principal substrato geológico do traçado da ponte à chegada a Salvador (cerca de 4 km de extensão);

- Complexo Salvador - Esplanada: a restante extensão do traçado, ou seja, parte da ligação à recentemente inaugurada Via Expressa Baía de Todos os Santos, ocorre sobre formações geológicas do embasamento cristalino;

Margem direita da BTS; Ilha de Itaparica:

- Depósitos litorâneos indiferenciados recentes (Quaternário/recente; Q2li): unidade geológica abrangida na chegada da ponte à Ilha e em grande parte da extensão da atual BA-001 e da sua área de futuro alargamento (cerca de 16 km). No caso da via rodoviária pelo interior da Ilha, esta unidade geológica é abrangida de forma muito pontual, ao longo de cerca de 1,5 km de extensão, na zona próxima da confluência com a BA-001;
- Depósitos flúvio-lagunares (Quaternário/recente; Q2fl): esta unidade é unicamente abrangida pela variante a construir pelo interior da Ilha, numa extensão de cerca de 2 km;
- Depósitos litorâneos indiferenciados antigos (Quaternário/Pleistocénico; Q1li): esta unidade geológica é abrangida de forma comum pela BA-001 e pela variante pelo interior da Ilha, na zona de divergência entre ambas. Nesta zona, a BA-001 atravessa esta unidade ao longo de 4 km e a variante ao longo de 3 km. Em direção à ponte do Funil apenas a variante abrange esta unidade geológica (em dois trechos que totalizam aproximadamente 6 km) e já próximo do fim do traçado da BA-001 são abrangidos afloramentos ao longo de cerca de 1,5 km;
- Formações Morro do Barro e Rio de Contas Indiscriminadas (Cretáceo inferior; K1al): unidade geológica abrangida, ao longo de cerca de 1,5 km, após a chegada da ponte à Ilha e ao longo de uma extensão de aproximadamente 3 km da via rodoviária variante pelo interior da Ilha;
- Grupo Brotas (Jurássico superior; J3b): esta unidade é unicamente abrangida pela BA-001 (ao longo de aproximadamente 4 km), já próximo da ponte do Funil.

Em meio aquático são unicamente abrangidos sedimentos recentes, depositados sobre as rochas sedimentares da Bacia do Recôncavo. Em grande parte destes sedimentos (superficiais e em profundidade) predominam as areias (variáveis entre finas a muito grossas), sendo que a componente granulométrica mais fina (siltes sobretudo) ocorre de forma pontual e pouco expressiva nas amostras coletadas no escopo das campanhas realizadas no escopo dos Estudos Ambientais (ver seção

2.10, relativa à qualidade dos sedimentos). Em praticamente todas as amostras coletadas a argila é ausente ou representa uma muito reduzida porcentagem da fração granulométrica.

2.4.4.2. Recursos geológicos na ADA

A ADA do empreendimento na Ilha de Itaparica abrange dez áreas com processos minerários, todos relativos a recursos minerais não metálicos. Em Salvador não são abrangidas quaisquer áreas com processos minerários, situação consonante com a ocupação urbana da cidade.

Deste universo de processos minerários na Ilha de Itaparica, nove áreas ainda não se encontram a explotar os recursos geológicos. Todos estes processos minerários dependem da realização de um conjunto de trabalhos geológicos destinados à revelação, ou não, de recursos geológicos que justifiquem o seu aproveitamento.

Face ao enquadramento geológico da Ilha, as substâncias que serão alvo de pesquisa correspondem essencialmente a areias, com o objetivo de avaliar a sua disponibilidade para a construção civil. Há ainda um processo minerário identificado como tendo disponibilidade em sal-gema e duas autorizações de pesquisa de argila.

No final da ADA, junto à ponte do Funil, é abrangida a única concessão de lavra explotando sal-gema. Esta concessão é atualmente já atravessada pela BA-001.

No quadro seguinte se listam os processos minerários abrangidos pela ADA.

Quadro 41 – Processos minerários na ADA

Substância	Fase do processo	Localização relativamente ao empreendimento	Uso	Município
Sal-gema	Concessão de lavra	BA-001	Sem informação	Jaguaripe/Vera Cruz
Sal-gema	Disponibilidade	BA-001	Industrial	Jaguaripe/Vera Cruz
Argila	Autorização de pesquisa	BA-001	Indústria	Vera Cruz
Argila	Autorização de pesquisa	Variante interior da Ilha	Cerâmica vermelha	Vera Cruz
Areia (3)	Autorização de pesquisa	Variante interior da Ilha	Construção civil	Vera Cruz
Areia (3)	Requerimento de pesquisa	Variante interior da Ilha	Construção civil	Vera Cruz

Fonte: DNPM (maio 2014)

Na ADA, para além dos recursos minerais, é abrangida a área correspondente ao campo de gás do Campo do Morro do Barro. Esta área é atravessada pelo traçado da BA-001, encontrando-se desativada desde 1988.

2.5. Geomorfologia

2.5.1. Metodologia

No escopo dos Estudos Ambientais para a implantação do Sistema de Travessia Salvador/Itaparica sobre a Baía de Todos os Santos apresenta-se uma caracterização dos principais aspectos geomorfológicos das áreas de influência do empreendimento (ADA, AID e AII), demonstrando as formas de relevo dominante e os processos morfodinâmicos associados, avaliando o grau de propensão à erosão e à progradação do modelado.

Para a concretização do objetivo enunciado, procedeu-se à recolha, análise e interpretação de todos os dados constantes na bibliografia técnica e científica e cartografia disponíveis, tendo sido dada particular atenção a estudos de natureza

geomorfológica e geológica realizados especificamente na área de implantação e/ou que foram elaborados no entorno ao empreendimento. Importa destacar neste escopo os dados resultantes dos trabalhos de base para o desenvolvimento do projeto, notadamente:

- Resultados do Projeto RADAMBRASIL: Folha SD. 24 (1981). Ministério das Minas e Energia.
- Plano Diretor de Encostas do Município de Salvador (2004). Secretaria Municipal do Saneamento e infraestrutura urbana – SEMIN e Coordenadoria de Áreas de Risco Geológico – CARG.
- Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil – Geomorfologia: Carta 09 Baía de Todos os Santos (2008). Ministério do Meio Ambiente.
- Mapeamento de Áreas de Risco em Salvador (2009). Prefeitura Municipal de Salvador, CODESAL e SETIN.

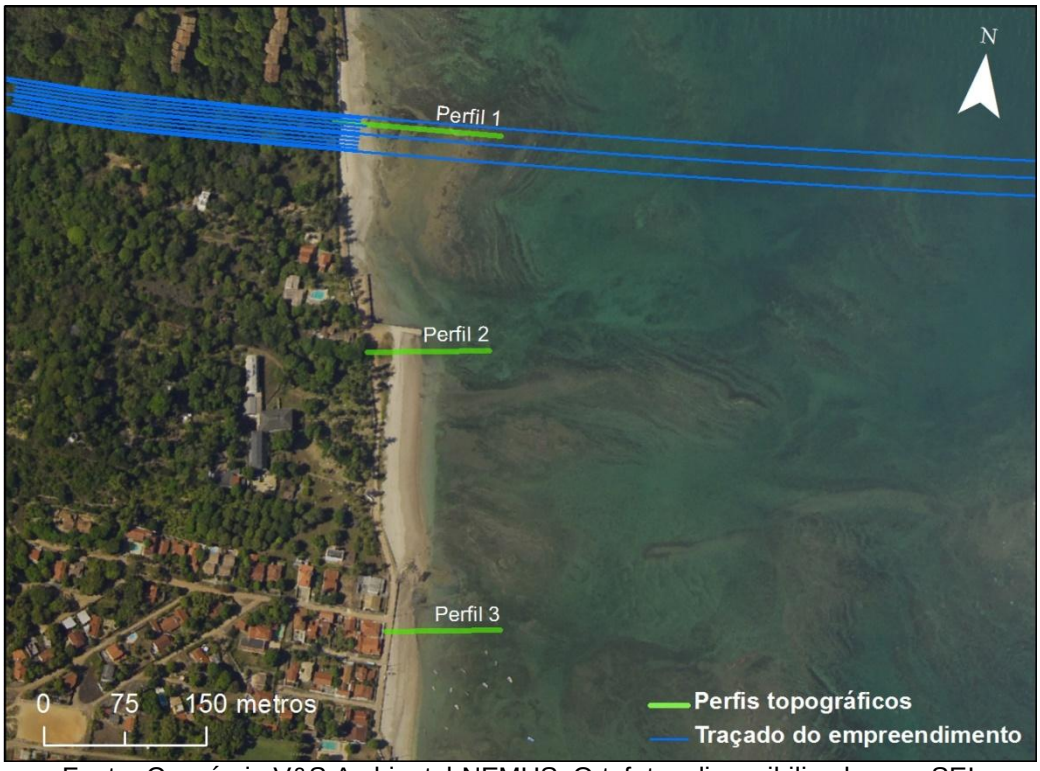
No escopo do fator geomorfologia, e de forma a caracterizar o estado atual e a influência dos agentes modeladores nas condições fisiográficas locais do setor costeiro arenoso na área de influência direta da ponte (margem direita da Baía de Todos os Santos/Ilha de Itaparica), foram executadas duas campanhas de coleta de dados primários (em Janeiro de 2014 e em abril de 2014), tendo sido realizado em cada uma:

- Três perfis topográficos de praia (Figura 90);
- Coleta de sedimentos superficiais na praia emersa em 3 (três) estações de amostragem, localizadas ao longo dos perfis de praia acima referidos. As amostras de sedimentos foram alvo de análise granulométrica.

Todo o serviço topográfico foi executado com base em marcos geodésicos transportados por GPS de Dupla Frequência da Topcon (GR-3) das Bases da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Continuo).

As equipes topográficas, equipadas com estação total, foram apoiadas por marcos geodésicos. Os dados da estação total foram descarregados no *software* Sistema Topograph 98SE, capaz de executar todos os cálculos da caderneta, curvas de nível e volumes, entre outros.

Os perfis foram levantados de acordo com a norma ABNT NBR-13.133 – Execução de levantamentos topográficos.



Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS. Ortofotos disponibilizados por SEI

Figura 90 – Localização dos perfis topográficos realizados em janeiro e abril de 2014

No Quadro 42 se apresentam os parâmetros analisados e respectivo número de amostras.

Quadro 42 – Parâmetros analisados nas amostras de sedimentos

Parâmetros	Unidades	Método	Limite de quantificação	Nº de amostras
Porcentagem de Sólidos	%	POP PA 058 Rev.2	0,05	12
Granulometria	g/kg	POP PA 180 / ISO 13320	*n.a.*	12

Os métodos laboratoriais respeitaram o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras e as normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO) ou, na ausência destas, no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-AWWAWPCF*, edição 22, 2012.

As coletas de amostras de sedimentos superficiais foram realizadas ao longo de dois dos três perfis de praia (P1 e P3). Em cada um dos perfis de praia foram coletadas

três amostras, efetuando-se para tais coletas manuais dos primeiros 15/20 centímetros da cobertura do areal.

Complementarmente realizaram-se reconhecimentos de campo destinados a avaliar os principais aspectos do contexto geomorfológico.

Produziram-se para a geomorfologia vários mapas interpretativos como sejam o de Hipsometria, Declividade e Geológico-Geomorfológico, apresentados no Volume 2 – Caderno de Mapas. Outras informações foram obtidas nos mapas e textos associados aos recursos hídricos, geologia, solos e sedimentos. O levantamento topográfico de detalhe na parte continental da ADA encontra-se no jogo de Mapas 1.3 (Caderno de Mapas – Volume 1) e os respectivos comentários no capítulo 2.6.3. O levantamento batimétrico da área submersa é apresentado nos Anexos do Volume 2 – Tomo 3 (Anexo 5).

2.5.2. Situação atual na AII

2.5.2.1. Descrição geomorfológica

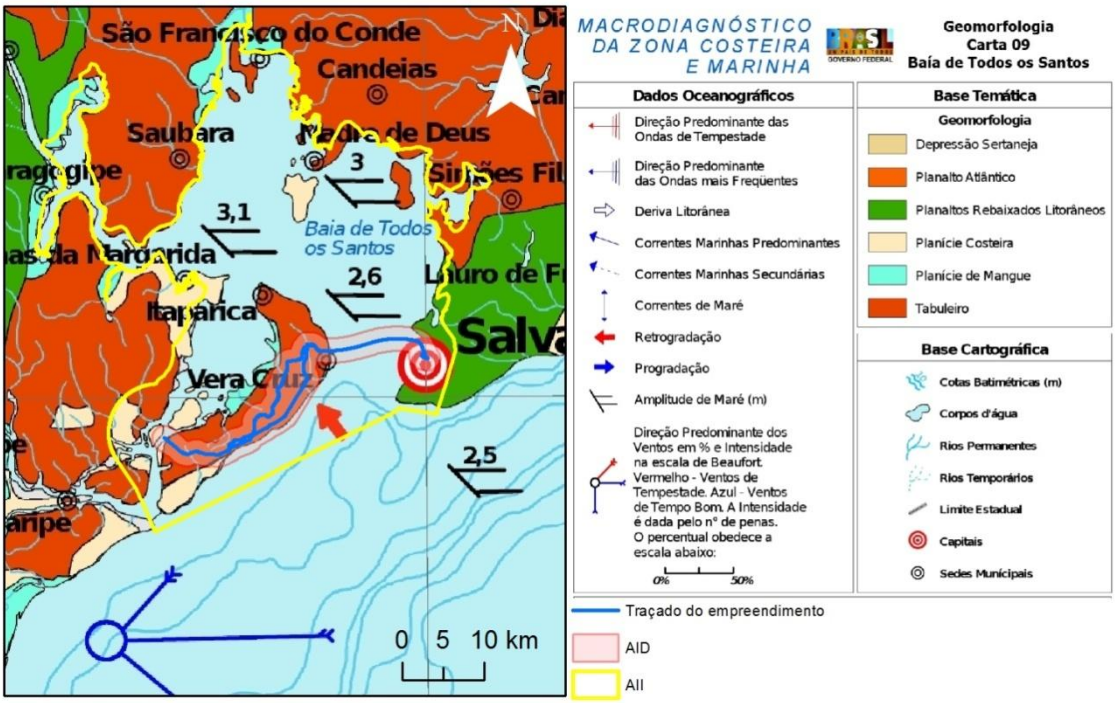
Dentre os quatro domínios morfoestruturais definidos para o todo o Brasil (IBGE, 2009), a área de influência do empreendimento localiza-se essencialmente no domínio Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas, no entanto, a área afeta ao projeto contata ainda com o domínio Crátons Neoproterozóicos, na zona de Salvador.

Num nível taxonômico mais baixo existem as unidades geomorfológicas. Elas são definidas como um arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. Cada unidade geomorfológica evidencia seus processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados dos demais (IBGE, 2009). São exemplos de unidades geomorfológicas, os tabuleiros, os planaltos, as planícies costeiras e as planícies de mangue.

Tabuleiros são formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas; e que apresentam altitudes relativamente baixas. Esta unidade geomorfológica ocorre seguindo o contorno da BTS (Figura 91) que, neste caso, raramente ultrapassa os 80 m e se encontra esculpida em arenitos, folhelhos, siltitos, calcários e conglomerados. Estas feições de relevo são comumente recobertas por argissolos.

Os planaltos são conjuntos de relevos planos ou dissecados, de altitudes elevadas, limitados, pelo menos em um lado, por superfícies mais baixas, onde os processos de erosão superam os de sedimentação. Na área em estudo esta unidade geomorfológica abrange a região de Salvador (Figura 91), sendo formada por relevos de topo concordantes, pouco elevados com altitudes que variam entre 80 a 120 metros. Estes planaltos rebaixados foram modelados em rochas graníticas do Complexo Jequié que se apresentam recobertas por um manto de cobertura superficial que dá origem aos latossolos, cambissolos e argissolos.

Na área próxima ao empreendimento existem ainda zonas de planície costeira e planície de mangue. Estas planícies são formadas por depósitos de sedimentos do Quaternário, pouco consolidados ou inconsolidados, com espessura variada, compreendendo parte da orla marítima da Ilha de Itaparica.



Fonte: Adaptado de MMA (2008)

Figura 91 – Porção da carta geomorfológica da Bahia

A hipsometria da área nos fornece a visão da BTS limitada pela falha de Maragogipe, a oeste da baía de Iguape, e pela falha de Salvador a leste (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.5 – Hipsometria). Ambas as falhas são cretácicas e estão associadas a um vale *rifte* abortado que deu origem a uma bacia sedimentar. Embora os principais sistemas de falha tenham sido estabelecidos no Cretácico, ocorreram

eventos de reativação no Terciário e Quaternário como indicado em King (1956) e Tricard e da Silva (1968) *apud* Cirano e Lessa (2007).

O perímetro balizado pelas falhas onde se localiza a BTS faz parte da Bacia do Recôncavo e engloba quase a totalidade dos terraços flúvio-marinhos e toda a área de acumulação fluvial e marinha, apresentando cordões litorâneos e manguezais. Estas áreas apresentam normalmente cotas inferiores a 70 m e declividade inferiores a 4,5º. No entanto, entre a Ilha da Itaparica e a Baía do Iguape existem também áreas de dissecação diferencial, com 70 a 200 metros de altitude e declividades superiores a 4,5º (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.6 – Declividade).

Diferentes suscetibilidades a fenômenos estão associadas a estas unidades geomorfológicas mediante a sua exposição a outros fatores ambientais como o clima ou a dinâmica costeira, ou fatores antrópicos. Os fenômenos aqui abordados referem-se a:

- Movimentos de massa;
- Erosão linear e marinha.

A interferência nos fundos marinhos será discutida na seção da oceanografia e hidrodinâmica costeira (Diagnóstico do Meio Físico), e as inundações serão discutidas na seção Recursos Hídricos Superficiais (Diagnóstico do Meio Físico).

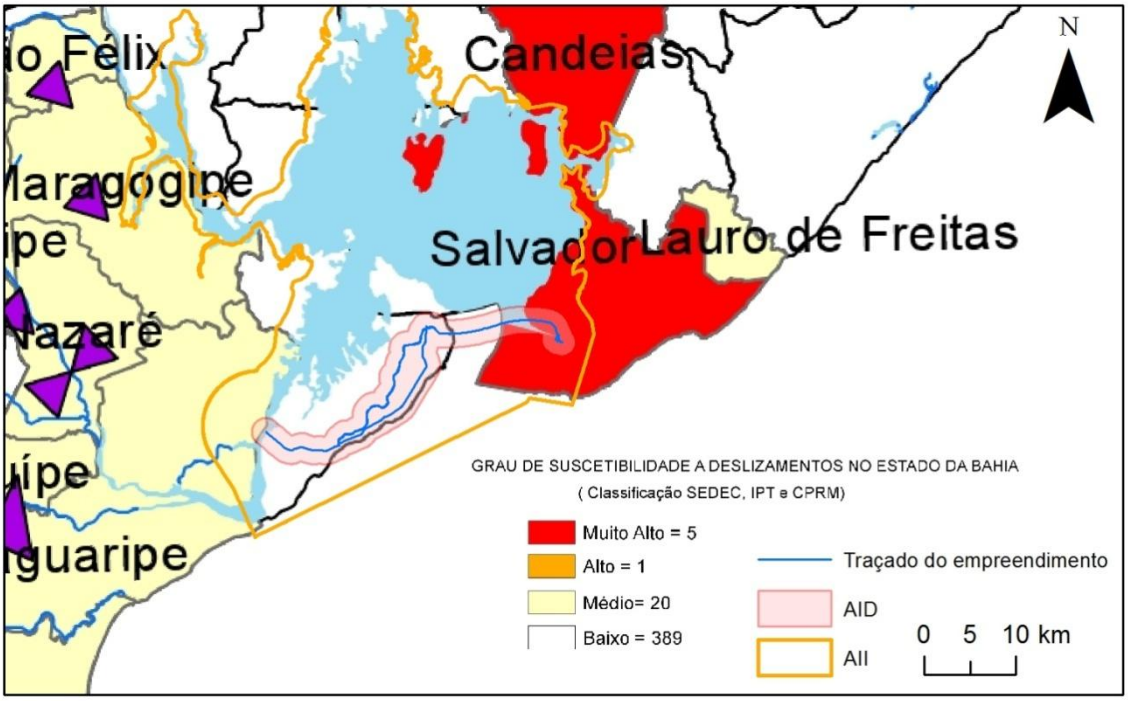
A. Movimentos de massa

Dentre as unidades geomorfológicas dominantes na área em estudo (tabuleiros e planaltos), os **movimentos de massa** serão mais frequentes nas zonas limítrofes destas unidades, caracterizadas pela presença de escarpas.

A Figura 92 revela o grau de suscetibilidade associado ao deslizamento de terras, constante em CPRM (2011) para os diferentes municípios localizados no entorno da BTS. De acordo com os autores, o índice leva em consideração, dentre outros, os dados de relevo (*e.g*. declive) e de precipitação.

Nesta classificação os municípios de Salvador e de Candeias apresentam o grau de suscetibilidade “muito alto”. Os municípios de Vera Cruz e de Itaparica aparentemente apresentam suscetibilidade “baixa”. Efetivamente, são frequentes as análises e os

estudos que se referem à ocorrência de deslizamentos de terras na zona metropolitana de Salvador (*e. g.* LEITE, 1966; DIAS, 2006; JESUS *et al.*, 2005). A Fotografia 9 revela um movimento ocorrido em junho de 2013 em Salvador, mas, por exemplo, em março do ano anterior nesta mesma cidade ocorreram mais de 50 deslizamentos num único episódio de fortes chuvas[9].



Fonte: Baseado em CPRM (2011); o número associado a cada nível de suscetibilidade corresponde ao número de municípios classificados com esse nível para o Estado da Bahia

Figura 92 – Classificação dos municípios no entorno da BTS de acordo com sua suscetibilidade a deslizamentos (tipo de movimento de massa)

B. Estudo da evolução histórica da linha de costa

De acordo com o Diagnóstico da Erosão Costeira no Estado da Bahia (DOMINGUEZ *et al.*, 2006), a evolução do trecho costeiro do estado da Bahia parece ser principalmente caracterizado pela classe em “equilíbrio”. Não obstante não terem sido reconhecidas, nas últimas décadas, variações significativas em grande parte da linha

[9] cf. http://www.estadao.com.br/noticias/cidades,chuvas-em-salvador-causam-109-deslizamentos-de-terra,875848,0.htm

de costa do estado da Bahia são contudo comuns variações morfológicas sazonais das praias de areia, associadas ao permanente dinamismo que caracteriza o litoral.

Concretamente sobre a área em estudo, e de acordo com o referido estudo, a zona costeira do município de Salvador é classificada por um aparente equilíbrio da linha de costa (Figura 93), no decorrer das últimas décadas. No que se refere à costa oceânica da Ilha de Itaparica, desde uma zona próxima e a norte de Caixa de Pregos até à localidade de Itaparica (extremo norte) a linha de costa é classificada como em "erosão". O extremo sul da Ilha (Caixa de Pregos) é classificado como de "elevada variabilidade". Na zona costeira elucidada na Figura 93 não são reconhecidos trechos em que a linha de costa encontre-se em "progradação".

Fonte: Adaptado de Dominguez *et al.* (2006)

Figura 93 – Comportamento da linha de costa numa porção do estado da Bahia

2.5.3. Situação atual na AID

2.5.3.1. Caracterização geomorfológica: unidades geomorfológicas

O mapa das unidades geomorfológicas de maior pormenor revela que a área de influência do empreendimento intercepta várias unidades geomorfológicas (Figura 94), a saber:

- Baixada Litorânea (na Ilha de Itaparica).
- Tabuleiro Pré-Litorâneo (na margem de Salvador);
- Planícies marinhas e fluviomarinhas (na margem de Salvador e nas ilhas de Itaparica e de S. Gonçalo);

Dentro da AID, a **Baixada Litorânea** se encontra apenas no interior da Ilha de Itaparica. Aqui a baixada apenas entra em contato com o oceano na zona entre a Gameleira e Vera Cruz, na zona de Manguinhos e na zona onde a ponte do Funil contata com a Ilha. Se tratam de colinas rebaixadas e restos de tabuleiros com altitudes que não excedem os 100 m, esculpidas em conglomerados e arenitos imaturos, e em folhelhos verdes e cinza-escuros. Estas litologias pertencem a várias formações cretácicas e jurássicas, sendo as mais importantes a Formações Morro do Barro e Rio de Contas e o Grupo Brotas.

A Baixada Litorânea na Ilha pode ser dividida em duas porções conforme as formações geológicas dominantes. As Formações Morro do Barro e Rio de Contas Indiscriminadas ocupam a maior parte da Ilha em extensas áreas de NE e centro, sendo constituído por arenitos, calcilutito e folhelhos. O Grupo Brotas, composto por arenito fino a conglomerático, conglomerados, folhelhos e calcilutito, ocorre na porção sudoeste da Ilha da Itaparica.

Os interflúvios são geralmente convexizados e o entalhe de ravinas dá às vertentes aspecto côncavo. Para sul do estuário do Paraguaçu, inclusive nos relevos colinosos das ilhas, predomina densidade de drenagem fina, que é explicada pela conjugação de sedimentos argilosos e pequenas variações holocénicas do nível do mar.

A atuação dos movimentos de massa torna-se aparente através das marcas de solifluxão (movimento maciço onde sedimentos encharcados por água descem encosta abaixo lentamente, sobre material impermeável) no material alterado constituído de argilas, e atualmente assume proporções significativas na área central ao norte da BTS (área próxima da AII), entre São Francisco do Conde e Santo Amaro.

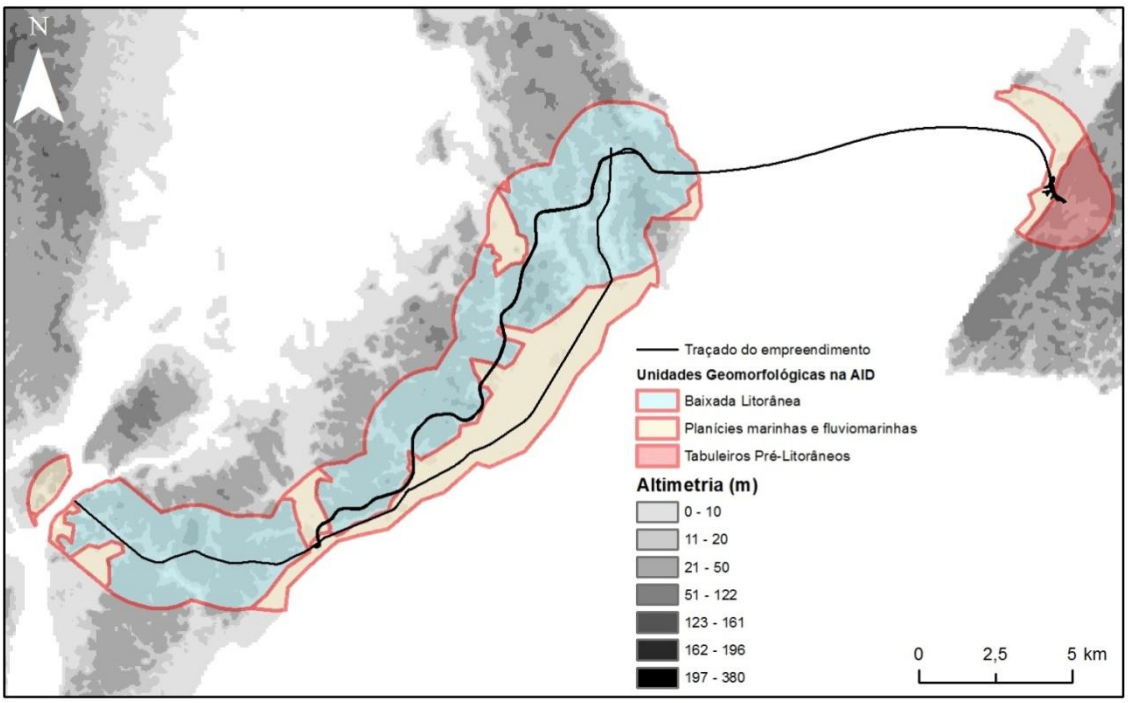


Figura 94 – Mapa das unidades geomorfológicas incluídas na AID

Na Baixada Litorânea aparecem várias fácies de dissecação homogênea e diferencial com desníveis variando entre 15 m e 98 m. A declividade na Ilha da Itaparica apenas pontualmente ultrapassa os 24º (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.7 – Mapa Geológico-Geomorfológico). Apesar da pequena amplitude de desníveis e dos comprimentos e declividade baixa das encostas, a presença de solos argilosos à superfície ou camadas de argila em profundidade intercaladas com outros materiais poderá predispor as formas à movimentação lenta, por solifluxão laminar.

A norte da BTS (a SE de Santo Amaro) os terrenos originados em sedimentos da Formação Ilhas acusam sua influência pelas dificuldades que impõem à abertura e conservação de estradas e nas fundações de obras da construção civil; os terrenos muito espessos de constituição areno-argilo mostram-se similares sob esse aspecto (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1981).

Os comportamentos diferenciados dos materiais derivados das várias fácies litológicas sedimentares possibilitam uma complexa distribuição de solos com diferentes propriedades físicas e químicas. No caso referido, a decomposição de folhelhos derivam argilas plásticas, portadoras de alta capacidade de retenção de água e subsequente expansão, proporcionando fenômenos de solifluxão, mesmo nas vertentes de inclinação menos acentuada.

Na Ilha da Itaparica, a Baixada Litorânea constitui um setor em que a vegetação primária acha-se mais preservada e provavelmente por isso e pela baixa ocupação, os movimentos de massa em Itaparica não são comuns. A devastação crescente dessa vegetação em outros locais, praticada desde os primórdios da colonização é traduzida pelos terrenos expostos às ações pluviais que provocam erosão superficial e movimentos de massa.

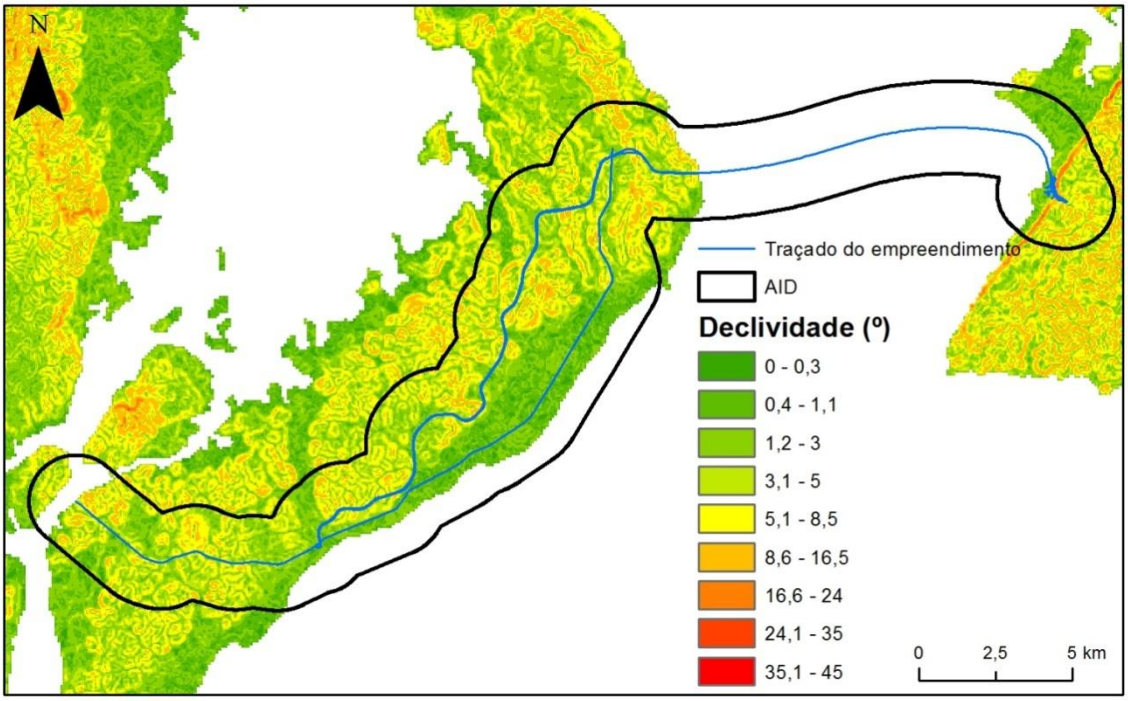


Figura 95 – Declividade dos terrenos incluídos na AID

O **Tabuleiro Pré-Litorâneo** compreende relevos dissecados instalados sobre a dorsal ocidental da Fossa do Recôncavo. Esta unidade é limitada em trechos extensos por escarpas que acompanham a Falha de Maragojipe e a Falha de Salvador, separando-a dos relevos da Baixada Litorânea e das Planícies Marinhas e Fluviomarinhas, chegando também até ao mar no sítio de Salvador. Dentro da AID esta unidade ocorre apenas na margem de Salvador.

O relevo da área é bastante uniforme, tendo a erosão dissecado intensa e indiferentemente os granulitos e charnockitos muito alterados do Pré-Cambriano Inferior. As formas resultantes são representadas como modelado de dissecação homogênea, independente de controle estrutural. Os interflúvios geralmente correspondem a outeiros e morros de vertentes convexas e convexo-côncavas e topos abaulados que, em certos trechos, compõem uma paisagem de “mares de morros”,

além de englobar as colinas do sítio da cidade de Salvador. O espesso manto de alteração existente em toda a área desta unidade inclui, sobre o saprolito da rocha, uma cobertura de latossolos correspondente a material coluvial vermelho-amarelado geralmente de um a dois metros de espessura.

Esta unidade é drenada principalmente por bacias de rios menores e perenes que correm diretamente para o oceano. De modo geral, a drenagem apresenta padrão dendrítico e, no planalto de Salvador, fácies de densidade fina da rede de drenagem. No planalto de Salvador, a configuração da drenagem dendrítica, nas proximidades do litoral, e a presença de estreitamentos localizados entre as colinas, em trechos de vales chatos, propiciaram represamentos de alguns rios visando ao abastecimento de Salvador, sendo exemplos as barragens do Joanes, de Ipitanga e de Pituaçu.

Salvador começou por ser ocupada sobre espigões do planalto dissecado, no extremo sul da larga península que domina a entrada da BTS. Trata-se de uma área de ocupação antiga onde o desmatamento e substituição da vegetação natural por pastagem, levou à aceleração dos processos erosivos. Os movimentos de massa se intensificam com o pisoteio do gado, evidenciando-se através de encostas inteiras esculpidas em terracetes, enquanto o escoamento superficial difuso e concentrado elementar aprofunda a incisão de sulcos e ravinas, chegando a desenvolver alvéolos de cabeceira (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1981).

A “cidade alta” assentou-se em espigões de topos estreitos, separados por vales de desníveis da ordem de 60 m, os quais rebaixam-se em direção à planície costeira e se repartem em colinas. Os vales têm fundos planos e são em geral naturalmente mal drenados, apresentando setores alagados e inundáveis; até aos anos 60 do século XX permaneciam repulsivos à ocupação humana e até a abertura das “avenidas de vale” encontravam-se pouco povoados, enquanto a trama urbana espalhava-se pelos topos dos espigões e desciam suas encostas (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1981).

Com a ocupação dos terrenos nas depressões após drenados e saneados, a população mais pobre é obrigada a invadir as encostas mais íngremes, onde se instala precariamente, preparando de certa forma o desencadeamento dos violentos ataques dos agentes erosivos.

Os fenômenos de corridas de lama e escorregamentos de vertentes associam-se, primeiramente, à presença de espesso manto de alteração sobre encostas íngremes.

Esse material, predominantemente argiloso, em contato com a rocha, onde se concentra grande parte da água infiltrada, desce, principalmente sob o efeito de chuvas torrenciais de prolongada duração. Os pontos mais atingidos alinham-se conforme a escarpa que limita os planos da cidade e ao longo dos vales de vertentes íngremes (Fotografia 9).

Na Figura 96 são sumariadas por bairro o número de ocorrências de movimentos de massa entre Janeiro 2005 e Julho de 2009. Constata-se que os bairros incluídos na AID não são aqueles onde ocorreram mais movimentos durante o referido período, no entanto, a classe mais baixa vai desde a não ocorrência de eventos até à ocorrência de 200, o que não permite efetivamente separar quais são os lugares onde os movimentos serão menos comuns ou mesmo inexistentes.

Fonte: Prefeitura do município de Salvador, SETIN, CODESAL (2009)

Figura 96 – Quantidade total de ocorrências de movimentos de massa por bairro entre Janeiro de 2005 e Julho de 2009 e AID do empreendimento

Os canais fluviais, com baixo gradiente, fundos chatos e colmatados muito próximos do nível do mar, aliados ao nível freático subsuperficial favorecem de forma significativa a ocorrência dos alagamentos de vias importantes da cidade, durante fortes chuvas. Em adição, com a maré alta ocorre represamento das embocaduras dos referidos cursos que transbordam.

Fonte: http://jornalcometa.com.br/?p=7312 (Autoria: Filipe Ferreira)

Fotografia 9 – Deslizamento de terras ocorrido na Av. do Contorno (Salvador), em junho 2013

A unidade **Planícies marinhas e fluviomarinhas** insere-se no Domínio dos Depósitos Sedimentares e portanto compreende sedimentos do Quaternário, pouco consolidados ou inconsolidados. Insere-se ainda na Região das Planícies Litorâneas que, neste caso, englobam modelados de origem marinha ou fluviomarinha.

Esta unidade circunda quase por completo a Ilha de Itaparica e se encontra também adjacente ao Planalto de Salvador na sua porção oeste.

Na face oceânica da Ilha de Itaparica e na margem de Salvador ocorrem planícies marinhas que no limite se traduzem em praias limitadas por bancos de arenitos e/ou corais e algas formando recifes. Outra feição observada no litoral oceânico da área em estudo são as flechas. Na margem oposta, a “cidade baixa” de Salvador, abrangendo o setor comercial e o porto, instala-se sobre estreita planície marinha, ampliada por aterros e é isolada do planalto dissecado por escarpamento de traçado retilínio, com desnível de cerca de 70 m, no local do Elevador Lacerda.

Essencialmente no verso da Ilha de Itaparica ocorrem planícies fluviomarinhas onde se desenvolvem inúmeros canais de maré e manguezais. A Ilha de S. Gonçalo é em parte formada por um terraço marinho que atingem os 50 m e outra parte por uma planície marinha de cotas próximas ao nível médio do mar.

Como seria de esperar nesta unidade geomorfológica não se esperam movimentos de massa. No entanto, se tratam de zonas de elevada vulnerabilidade à inundação por se apresentarem muito planas, com cotas maioritariamente baixas e naturalmente próximas ao mar. Por outro lado, são também zonas de elevada vulnerabilidade à erosão por serem constituídas maioritariamente por materiais inconsolidados. Este assunto será discutido de forma mais aprofundada em seguida.

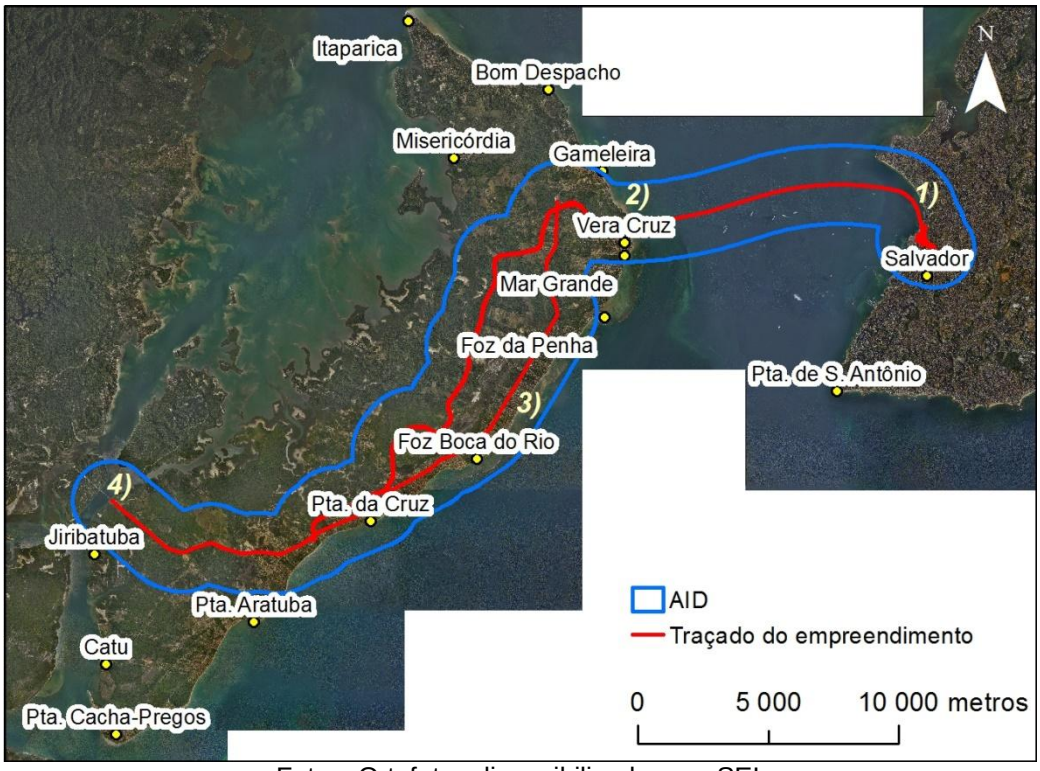
2.5.3.2. Caracterização geomorfológica: orla litorânea

Na AID distinguem-se 4 trechos com **zonas costeiras** (Figura 97):

1. Pta. Monte Serrat – Porto de Salvador (Salvador);
2. Gameleira – Vera Cruz (Ilha de Itaparica);
3. Costa Sudeste de Itaparica;
4. Canal de Itaparica junto à ponte do Funil.

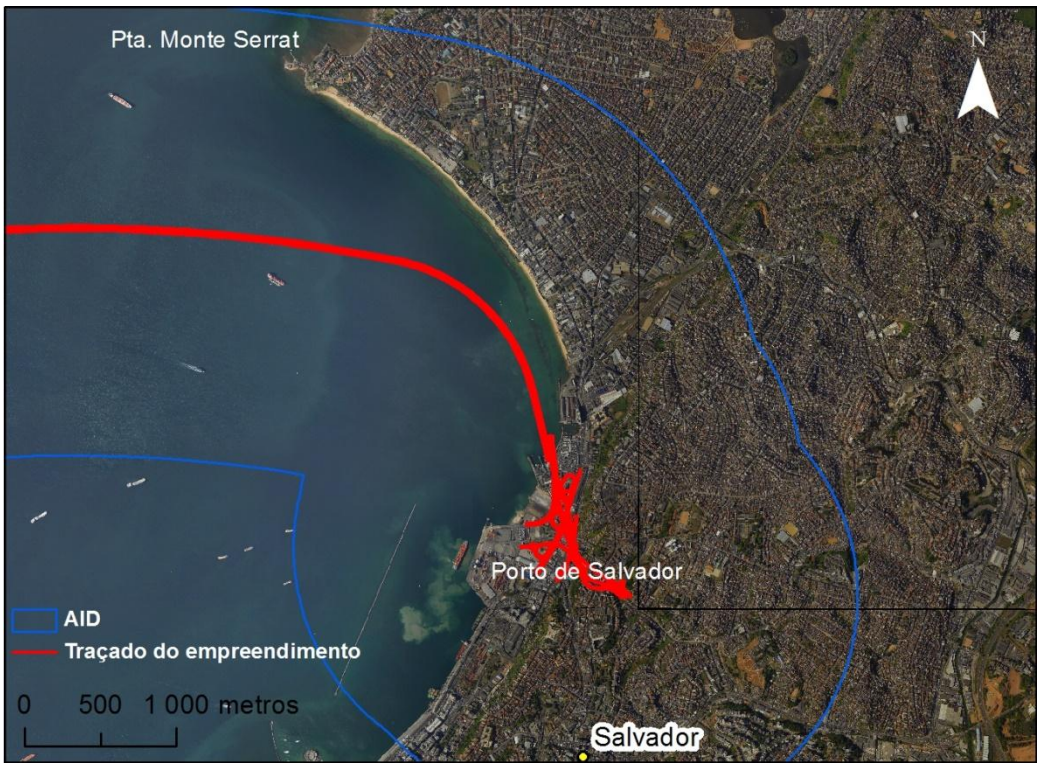
Na margem de Salvador, a zona costeira incluída na AID se estende desde a Pta. de Monte Serrat até ao Porto de Salvador. Este trecho forma um arco costeiro de praia contínua entre a referida ponta e a zona da Calçada, enquanto a sul desta a zona costeira está completamente artificializada com a presença de várias infraestruturas, inclusivamente do Porto de Salvador.

Este arco costeiro completo apresenta cerca de 3000 m de comprimento, enquanto a zona da Calçada e do Cantagalo corresponde ao trecho sul do arco que se estende por mais 1200 m.



Fotos: Ortofotos disponibilizados por SEI

Figura 97 – Traçado do empreendimento e sua AID com indicação dos setores costeiros abrangidos pela referida área



Fonte: Ortofotos disponibilizados por SEI

Figura 98 – Zona costeira de Salvador incluída na AID

O litoral da BTS entre a Pta. de Monte Serrat e a Calçada é constituído por praias com baixa energia de ondas, marcadas pela presença de afloramentos submersos de rochas do Cretáceo. Estas praias são constituídas de areias quartzosas/carbonáticas de granulometria média a grossa e apresentam declives muito baixos (< 3º).

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Salvador/dezembro 2013

Fotografia 10 – Arco costeiro entre o Forte de Monte Serrat e o Porto de Salvador

Na **Ilha da Itaparica** a costa leste e sul da Ilha que se estende entre Itaparica e Cacha-Pregos apresenta, de forma mais ou menos contínua, uma praia arenosa bordejada do lado do mar por afloramentos rochosos, atualmente ocupados por recifes de coral, que se estendem desde a porção inferior da face de praia. Em maré alta a largura da praia varia entre escassos metros e pouco mais de 100 m, em Manguinhos e Cacha-Pregos, respectivamente. No entanto, de uma forma geral, as acumulações arenosas na Ilha não parecem ser volumosas e as praias não excedem os 15-20 m de largura. As maiores acumulações de sedimentos arenosos na praia ocorrem precisamente nos extremos norte e sul da Ilha, Itaparica e Cacha-Pregos, respectivamente.

Na contracosta da Ilha a zona costeira é dominada por manguezais onde predominam sedimentos de granulometria fina, existindo também alguns pequenos trechos de praias arenosas nos extremos da Ilha que fazem a passagem para a face oceânica da Ilha.

O **trecho entre Gameleira e Vera Cruz** apresenta 3,8 km de extensão e orientação geral NNW-SSE. Esta zona é composta por uma plataforma rochosa não visível durante a maré alta, período durante o qual pode deixar de existir praia emersa ou

pode restar uma estreita praia arenosa que dificilmente atinge mais que 10 m de largura. Na metade norte deste trecho, as praias são bordejadas para o interior por pequenas falésias compostas em arenitos e turbiditos (Fotografia 14).

Na metade sul os terrenos que bordejam a praia são mais planos e não constituem falésias. A propósito das campanhas de coleta de dados primários para o presente EIA foram realizados perfis topográficos e análises granulométricas a sedimentos de praia em dois momentos neste trecho de costa: a 7 de Janeiro e a 13-15 de abril de 2014. Na Ilha de Itaparica, a zona escolhida para se analisar estes dados corresponde àquela que será no futuro diretamente afetada pela ponte – ADA (Figura 99 e Figura 100).

Fonte: Ortofotos disponibilizados por SEI

Figura 99 – Zona costeira entre Vera Cruz e a Gameleira (Ilha de Itaparica), incluídas na AID, e localização das zonas de coleta de dados primários de geomorfologia

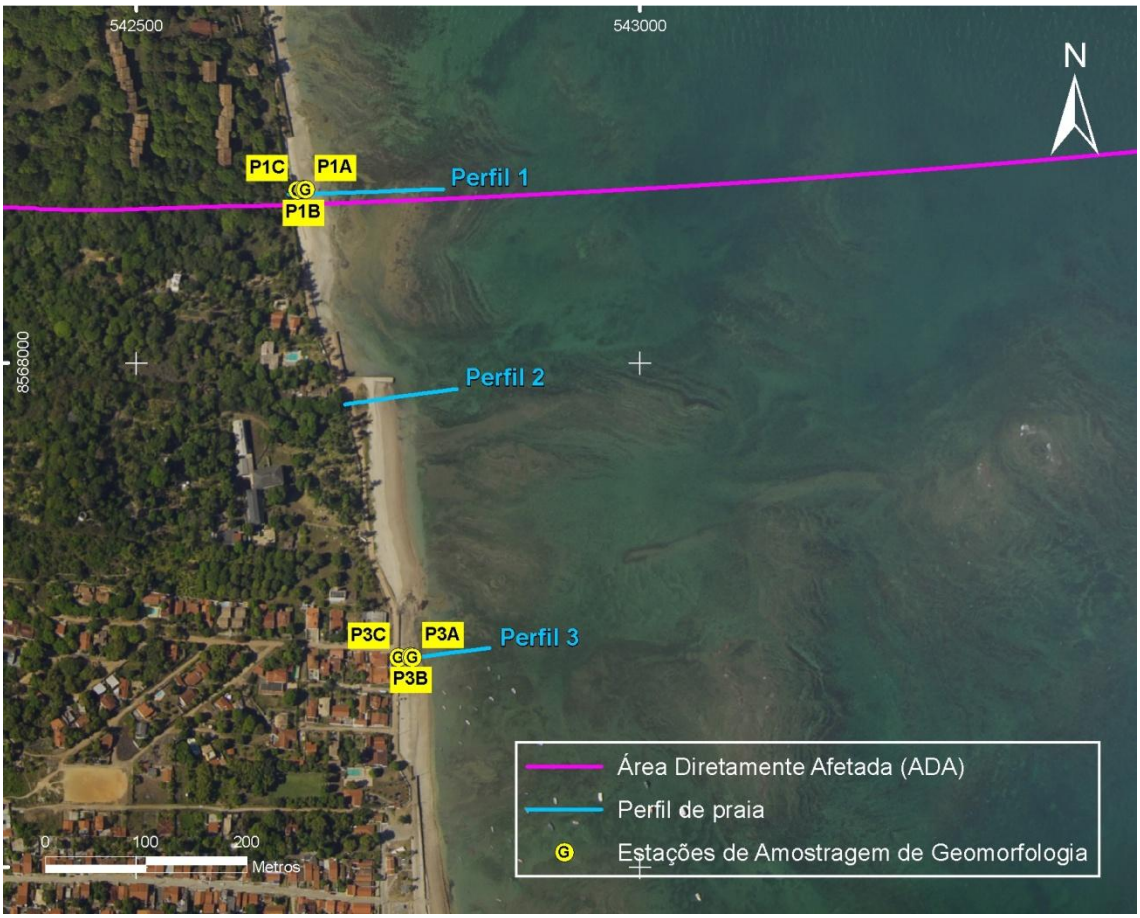


Figura 100 – Zona costeira entre Vera Cruz e a Gameleira (Ilha de Itaparica), incluídas na AID, e localização das zonas de coleta de dados primários de geomorfologia (detalhe)

Quadro 43 – Localização dos perfis topográficos realizados em janeiro e maio de 2014

Código de identificação do perfil	Comprimento (m)	Coordenadas ponto extremo *offshore* (SIRGAS 2000)		Coordenadas ponto extremo *onshore* (SIRGAS 2000)	
		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
Coleta 1 (período seco) - 07/01/2014					
P1	153,8	542805,13	8568172,20	542651,14	8568166,64
P2	112,6	542818,40	8567974,24	542706,72	8567958,92
P3	105,6	542859,82	8567718,57	542755,05	8567704,84

Código de identificação do perfil	Comprimento (m)	Coordenadas ponto extremo *offshore* (SIRGAS 2000)		Coordenadas ponto extremo *onshore* (SIRGAS 2000)	
		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
Coleta 2 (período úmido) - 01/05/2014					
P1	153,83	542805,08	542651,41	542651,41	8568166,68
P2	112,73	542818,48	542706,87	542706,87	8567958,81
P3	105,69	542859,77	542755,04	542755,04	8567704,86

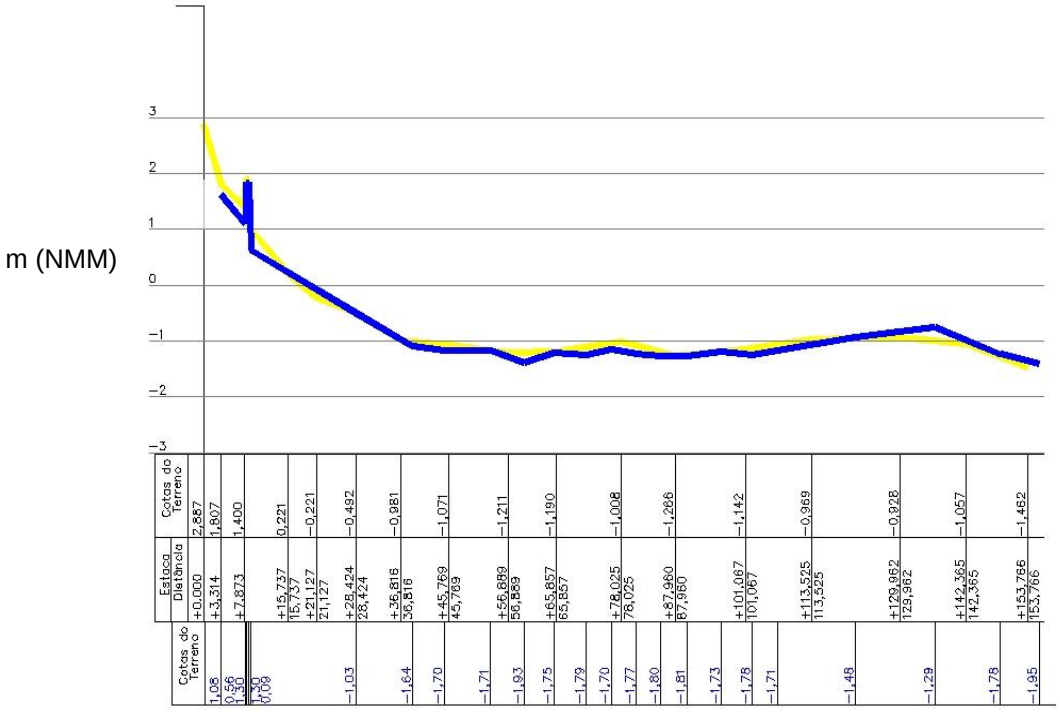
Quadro 44 – Localização de estações de coleta de dados primários de geomorfologia / coleta de amostras de sedimentos, em janeiro e abril de 2014

Código de identificação da amostra	Coordenadas (SIRGAS 2000)		Data / Hora	Condição de maré*
	X (m)	Y (m)		
Coleta 1 (período seco) - 07/01/2014				
P3C	542760,73	8567707,58	07/01/2014 – 8:30	Maré alta (8:32)
P3B	542772,76	8567708,34	07/01/2014 – 11:30	Maré média
P3A	542774,51	8567707,89	07/01/2014 – 14:20	Maré baixa (14:28)
P1C	542660,18	8568170,91	07/01/2014 - 8:40	Maré alta (8:32)
P1B	542666,33	8568171,31	07/01/2014 – 11:40	Maré média
P1A	542668,25	8568171,24	07/01/2014 – 14:30	Maré baixa (14:28)
Coleta 2 (período úmido) - 15/04/2014				
P3C	542760,73	8567707,58	15/04/2014 – 16:05	Maré alta (16:08)
P3B	542772,76	8567708,34	15/04/2014 – 13:00	Maré média
P3A	542774,51	8567707,89	15/04/2014 – 09:53	Maré baixa (09:51)
P1C	542660,18	8568170,91	15/04/2014 – 16:25	Maré alta (16:08)
P1B	542666,33	8568171,31	15/04/2014 – 13:14	Maré média

Código de identificação da amostra	Coordenadas (SIRGAS 2000)		Data / Hora	Condição de maré*
	X (m)	Y (m)		
P1A	542668,25	8568171,24	15/04/2014 – 10:10	Maré baixa (09:51)

Notas: * condição de maré no Porto de Salvador obtida de MARINHA DO BRASIL (2014)[10].

O perfil 1 desenvolve-se especialmente abaixo do nível médio do mar e numa zona de plataforma rochosa (Fotografia 11). Em ambos os levantamentos os sedimentos parecem ocorrer essencialmente acima de -1 m NMM. À cota 1 m NMM existe um pequeno muro que permite a contenção de uma porção de sedimentos que aí é mantida (Figura 101 e Fotografia 11).



Nota: 7 Jan. 14 (amarelo); 1 Mai. 14 (azul)

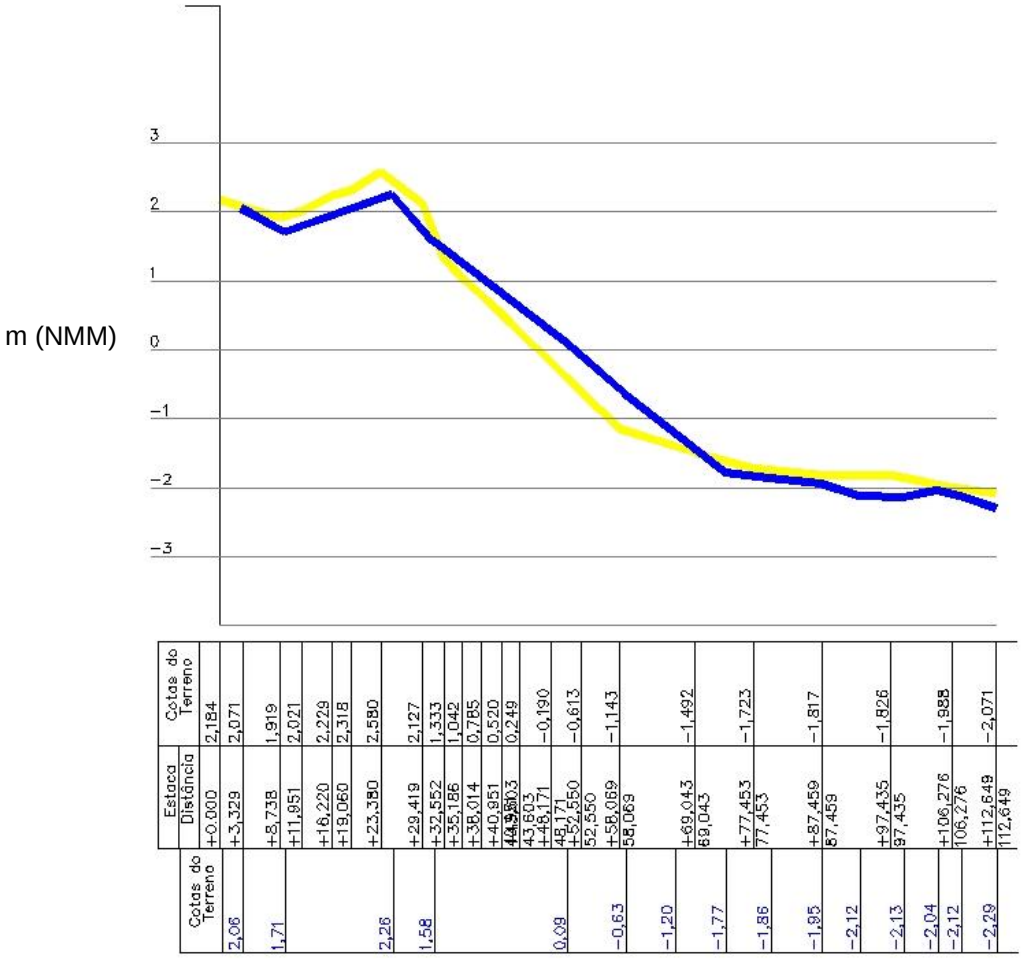
Figura 101 – Perfil topográfico de praia 1

[10] MARINHA DO BRASIL, Diretoria de Hidrografia e Navegação, Centro de Hidrografia da Marinha, Banco Nacional de Dados Oceanográficos. Previsões de marés. Marinha do Brasil, 2014. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>. Acesso em: 17 fev. 2014.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Praia de Vera Cruz – Ilha de Itaparica / Jan. 2014

Fotografia 11 – Vista do local onde foi feito o perfil 1 durante a maré-baixa

O perfil 2, localizado a cerca de 180 m a sul do anterior, desenvolve-se em parte acima do nível médio do mar. Neste setor existe maior acumulação de sedimentos (Fotografia 12) devido à existência de um espigão que dificulta a passagem destes para norte. A configuração da praia neste setor coberto pelo perfil 2 (Figura 102) permite constatar que, neste setor, a deriva litoral residual dirige-se para norte.



Estaca Distância	Cotas do Terreno
+0,000	2,184
+3,329	2,071
+8,738	1,919
+11,951	2,021
+16,220	2,229
+19,060	2,318
+23,380	2,580
+29,419	2,127
+32,552	1,333
+35,186	1,042
+38,014	0,785
+40,951	0,520
43,603	0,249
+46,171	−0,190
48,171	−0,613
+52,550	−1,143
52,550	−1,492
+58,069	−1,723
58,069	−1,817
+69,043	−1,826
69,043	−1,988
+77,453	−2,071
77,453	
+87,459	
87,459	
+97,435	
97,435	
+106,276	
106,276	
+112,649	
112,649	

Cotas do Terreno
2,06
1,71
2,26
1,58
0,09
−0,63
−1,20
−1,77
−1,86
−1,95
−2,12
−2,13
−2,04
−2,12
−2,29

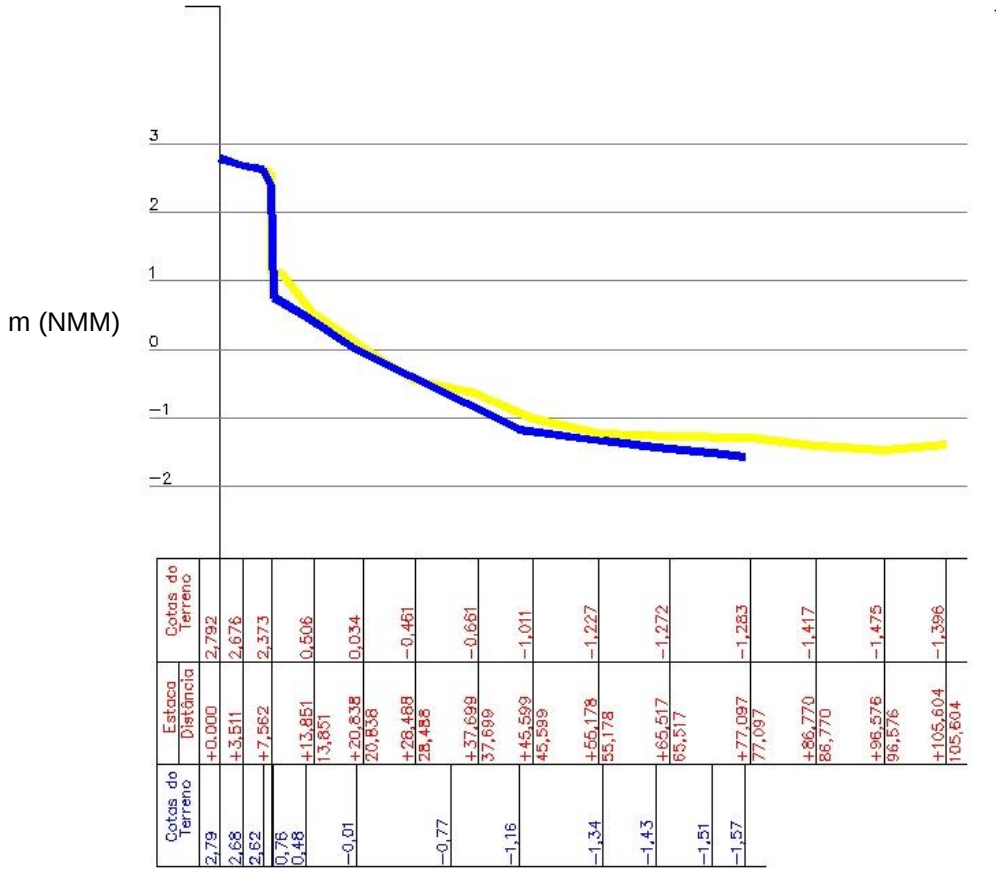
Nota: 7 Jan. 14 (amarelo); 1 Mai. 14 (azul)

Figura 102 – Perfil topográfico de praia 2

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Praia de Vera Cruz - Ilha de Itaparica / dezembro 2013

Fotografia 12 – Vista do local onde foi feito o perfil 2 durante a maré-baixa

O perfil 3 desenvolve-se em grande parte abaixo do nível médio do mar, sendo que não existe praia emersa durante a maré alta (Figura 103). O perfil culmina com um muro de proteção que protege as casas adjacentes de níveis extremos de água (Fotografia 13).



Nota: 7 Jan. 2014 (amarelo); 1 Mai. 2014 (azul)

Figura 103 – Perfil topográfico de praia 3

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Praia de Vera Cruz - Ilha de Itaparica / abril 2014

Fotografia 13 – Vista do local onde foi feito o perfil 3 durante a maré alta

Em suma, os depósitos arenosos de praia neste setor da Ilha são muito localizados e aparentam ser muito superficiais, e portanto os perfis de praia são, a 7 de janeiro de 2014 e a 1 de maio de 2014, dominados pela plataforma rochosa.

Os resultados das análises granulométricas feitas às amostras de sedimentos superficiais da praia emersa coletadas na campanha de 7 de janeiro de 2014 são apresentados nas Figura 104 e Figura 105. Através da observação dos resultados constata-se que:

- Os sedimentos que compõem estas praias nesta campanha oscilam entre areias muito grossas e areias finas;
- As amostras tornam-se mais grosseiras à medida que se caminha para *offshore*, oscilando entre:
  - areia média e areia muito grossa no perfil 1;
  - areia fina e areia muito grossa no perfil 3.
- No mesmo perfil a porcentagem de sólidos aumenta em direção a *onshore*.

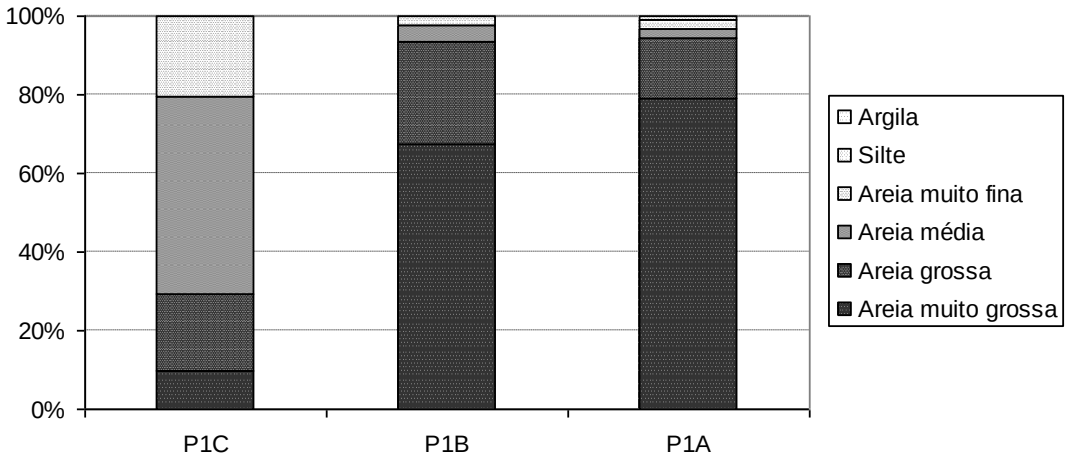


Figura 104 – Granulometria das amostras de sedimentos colhidos no perfil 1, a 7 de Janeiro de 2014

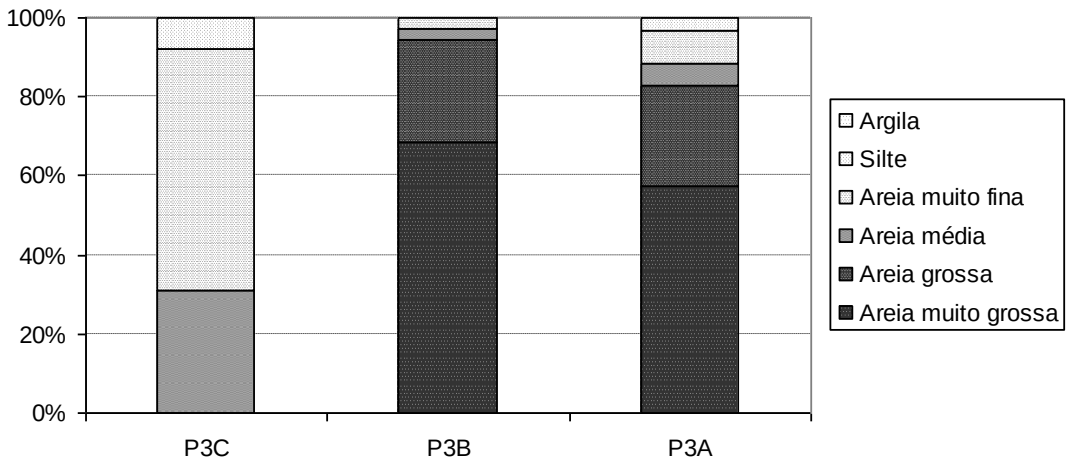


Figura 105 – Granulometria das amostras de sedimentos colhidos no perfil 3, a 7 de Janeiro de 2014

Os resultados das análises granulométricas feitas às amostras de sedimentos superficiais da praia emersa coletadas na campanha de 15 de abril de 2014 são apresentados nas Figura 106 e Figura 107. Através da observação dos resultados constata-se que:

- Os sedimentos que compõem estas praias nesta campanha oscilam entre areias muito grossas e areias finas;
- No perfil 1 as amostras tornam-se um pouco mais grosseiras à medida que se caminha para *offshore*, oscilando entre: areia grossa e areia muito grossa;
- No perfil 3 as amostras tornam-se mais finas à medida que se caminha para *offshore*, oscilando entre areia muito grossa até areia fina;
- No mesmo perfil a porcentagem de sólidos aumenta em direção a *onshore*.

Genericamente os perfis topográficos permanecem pouco alterados em maio, relativamente a janeiro de 2014, no entanto, se verifica um pequeno incremento das cotas da praia emersa no P2 e uma pequena redução das mesmas na praia do P3. Dada a sua localização, abrigada relativamente à ondulação proveniente do largo, e à pouca disponibilidade de sedimentos na zona é provável que nesta praia as variações sazonais sejam efetivamente pouco significativas. As análises efetuadas em os diferentes períodos revelam alguma variabilidade temporal da granulometria dos sedimentos. Se na primeira campanha a granulometria aumentava claramente para

offshore em ambos os perfis essa tendência deixa de ser tão clara na segunda campanha. As diferenças não são contudo muito significativas.

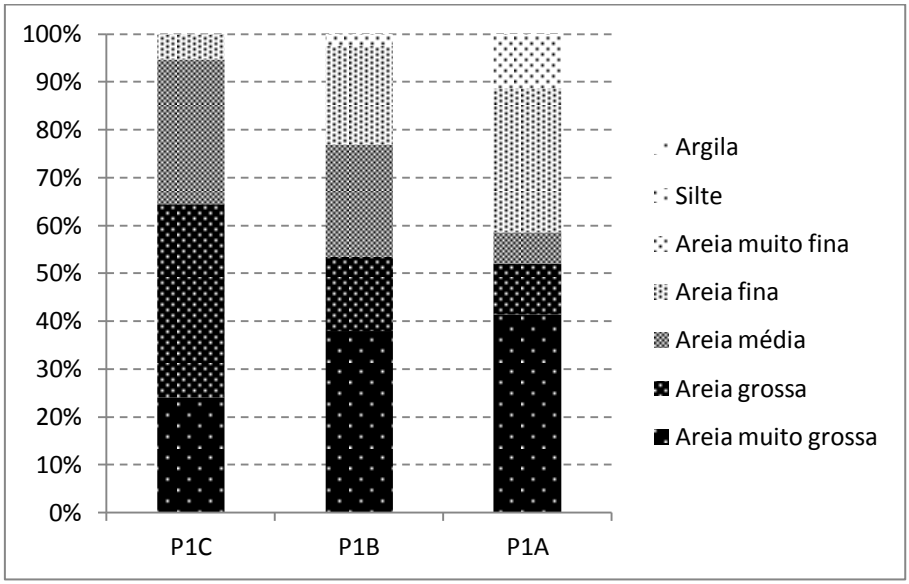


Figura 106 – Granulometria das amostras de sedimentos colhidos no perfil 1, a 15 de abril de 2014

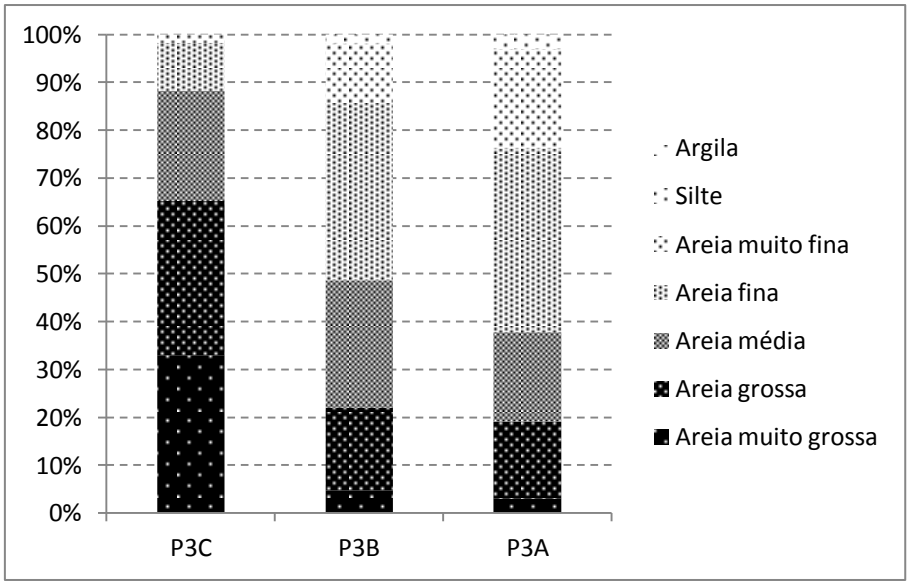


Figura 107 – Granulometria das amostras de sedimentos colhidos no perfil 3, a 15 de abril de 2014

O trecho costeiro abrangido pela AID na **costa sudeste da Ilha de Itaparica** apresenta cerca de 16,9 km de extensão e uma orientação genericamente NE-SW na metade norte e WSW-ENE na metade sul, entre Foz da Penha e Boca do Rio e entre

esta e Tairu, respectivamente. As praias de areia fina são contínuas e apenas pontualmente apresentam larguras superiores a 20 m. São bordejadas do lado do mar por uma plataforma rochosa contínua (onde se instalaram recifes de coral) apenas interrompida pelas denominadas barras, ou seja, canais nas plataformas. A referida plataforma ocorre especialmente na metade norte pela sua continuidade longilitoral e grande exposição durante a maré baixa.

O trecho costeiro incluído na AID na porção oeste da Ilha, e que contata com o canal de Itaparica (ponte do Funil) é muito diferente dos anteriores porque, neste caso, estamos num contexto com forte influência lagunar. Tanto do lado da Ilha de Itaparica, como do lado da Ilha de S. Gonçalo (que na verdade hoje em dia já não é uma Ilha) a zona costeira é constituída por manguezais.

Fonte: Ortofotos disponibilizados por SEI

Figura 108 – Porção norte do trecho costeiro abrangido pela AID na costa sudeste da Ilha de Itaparica

Fonte: Ortofotos disponibilizados por SEI

Figura 109 – Porção sul do trecho costeiro abrangido pela AID na costa sudeste da Ilha de Itaparica

Fonte: Ortofotos disponibilizados por SEI

Figura 110 – Trecho costeiro abrangido pela AID na zona do canal de Itaparica

2.5.3.3. Estudo da evolução histórica da linha de costa na AID

A análise da evolução histórica da linha de costa na AID foi feita recorrendo aos levantamentos aerofotográficos de 1976, 1989, 1998, 2006 e 2009/2010, fornecidos pela CONDER, e abrange essencialmente 4 trechos costeiros (Figura 97 e Anexo 2 – Volume 2 – Tomo 1):

1. Pta. Monte Serrat – Porto de Salvador (Salvador);
2. Gameleira – Vera Cruz (Ilha de Itaparica);
3. Costa sudeste da Ilha de Itaparica (entre Foz da Penha e Tairu);
4. Canal de Itaparica junto à ponte do Funil;

Para se aferir as tendências evolutivas da zona costeira, analisou-se e demarcou-se, sempre que possível, a linha frontal da vegetação. Usou-se este limite porque não está dependente das oscilações sazonais da largura da praia, permitindo analisar alterações do limite da praia a mais longo prazo.

Além dos referidos trechos são feitas referências a outros locais que, apesar de não estarem incluídas na AID, se encontram próximos desta área e apresentam aspectos interessantes da evolução costeira nas últimas décadas.

O estudo da evolução histórica da linha de costa no trecho 1 (Pta. Monte Serrat – Porto de Salvador) evidencia que:

- Esta zona costeira se encontra artificializada desde há muito tempo e portanto a comparação de levantamentos realizados entre 1976 e 2009 não revela alterações significativas quer ao nível da praia, quer ao nível da ocupação da zona costeira (Figura 1: Anexo 2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1).

Mesmo não se verificando alterações significativas desde 1976, não significa que esta zona não esteja sujeita aos mecanismos forçantes que levam a alterações, por vezes muito significativas, em outras praias naturais.

Uma vez que as condições energéticas mais frequentes nesta área são muito baixas e os níveis de maré são facilmente acomodadas pela praia, esta zona caracteriza-se por

apresentar ocupação até à zona do areal de praia (Figura 98), o que se traduz certamente a estarem sujeitas a maiores riscos.

O estudo da evolução histórica da linha de costa no trecho 2 (Gameleira – Vera Cruz) evidencia:

- A sul da Gameleira, e numa extensão com cerca de 1400 m, houve recuo da linha frontal da vegetação em valores máximos de aproximadamente 10 m entre 1976 e 2010 (Figuras 2 e 3: Anexo 2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1); conforme elucidado pela Fotografia 14 atualmente e neste caso a linha vegetação representa grosseiramente a crista da falésia; note-se que o valor indicado de recuo da vegetação frontal provavelmente não corresponde ao recuo efetivo da falésia sendo este inferior.
- A sul do trecho anterior a zona costeira dentro da AID se encontra artificializada não sendo possível verificar a evolução da linha frontal da vegetação; algumas das estruturas existentes, especificamente o espigão a norte de Vera Cruz e os muros a norte desta estrutura já existiam em 1976;
- No referido espigão, a norte de Vera Cruz, verifica-se em todos os levantamentos acumulação de areia a sul deste o que permite concluir que nesta zona específica a deriva residual de sedimentos ao longo da costa ocorre para norte;
- Nos diferentes levantamentos aerofotográficos que abrangem a zona emersa e submersa não parece haver alterações significativas das áreas cobertas por depósitos arenosos.

Fonte: http://www.panoramio.com/
Coordenadas: x = 542057,2; y = 8568964,0 (SIRGAS 2000);
Autoria: Marcelo Falcão Santos Silva

Fotografia 14 – Falésia talhada em turbiditos entre Gameleira e Vera Cruz

O estudo da evolução histórica da linha de costa no trecho 3 (Costa sudeste da Ilha de Itaparica) evidencia:

- Todo este setor sofreu forte ocupação entre 1976 e 2010 de forma que a comparação da linha de costa recorrendo à linha frontal de vegetação nem sempre é possível; por outro lado, a aparente estabilidade verificada em grande parte deste setor provavelmente provém da construção de muros que permitem a manutenção da linha de costa (aqui verificada pela linha frontal da vegetação);
- Desde a Pta. da Penha até à foz da Boca do Rio (~6,8 km) a costa parece ter-se mantido estável entre 1976 e 2010, havendo mesmo locais onde parecem ter ocorrido avanços da linha de vegetação (Figura 4: Anexo 2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1);
- Na foz da Boca do Rio e imediatamente a sul desta houve recuo da linha frontal da vegetação entre 1976 e 1998, tendo-se depois mantido constante. Entre 1976 e 1998 o recuo máximo atinge os 30 m e durante este mesmo período terá sido construído um campo de espigões para atenuar os efeitos deste recuo (Figura 5: Anexo 2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1). O recuo atingiu o seu máximo a cerca de 500 m a sul da referida foz mas os efeitos parecem ter-se feito sentir até 2500 m a sul da mesma.
- A zona costeira a partir deste ponto permanece relativamente estável até ao extremo sul da zona costeira dentro da AID (Figura 6: Anexo 2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1).

A sul do trecho 3, mais concretamente a partir de 4 km a sul do limite da AID, inicia-se um setor com cerca de 5 km e que se estende quase até Cacha-Pregos (extremo sul da Ilha) e que sofreu progradação desde 1976 até 2010.

Comparativamente ao resto da Ilha, a extremidade sul da mesma é muito dinâmica, não sendo possível definir uma tendência única de evolução. Há alterações importantes mesmo entre os levantamentos de 2006 e de 2010 (Figuras 7 e 8: Anexo 2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1).

O estudo da evolução histórica da linha de costa no trecho 4 (Canal de Itaparica junto à ponte do Funil) revela que:

- O limite da vegetação (maioritariamente mangue) em ambas as margens do canal manteve-se sensivelmente inalterado entre 1976 e 2010 (Figuras 9 e 10: Anexo 2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1); a exceção foi nos 700 m imediatamente a norte da ponte do Funil na margem do lado de Itaparica onde parece ter havido um avanço do manguezal (valor médio em torno dos 15 m). Se desconhece a justificação desse avanço mas talvez esteja relacionado com a construção da referida ponte que entrou em funcionamento em 1968 segundo alguma informação encontrada na *internet*[11].

Em suma se pode concluir que o trecho 1 (margem de Salvador) entre 1976 e 2010 se caracteriza por uma aparente estabilidade morfológica. Apesar desta zona estar, durante as tempestades, sujeitas a fenômenos erosivos, a forte ocupação da zona costeira impede que se observem recuos da vegetação (e mesmo da ocupação) (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.7 – Mapa Geológico-Geomorfológico).

Sensivelmente a metade norte do trecho 2 (Gameleira – Vera Cruz) encontra-se em erosão enquanto a metade sul apresenta uma aparente estabilidade. Esta última trata-se igualmente de uma zona ocupada pelo que a observação de recuos da linha frontal de vegetação torna-se impossível (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.7 – Mapa Geológico-Geomorfológico).

No trecho 3 (entre Foz da Penha e Tairu) grande parte deste setor se encontra aparentemente estável sob o ponto de vista morfológico, mesmo em zonas não ocupadas onde se pode observar a linha frontal da vegetação. A única exceção é o trecho costeiro entre a Foz da Boca do Rio e a porção costeira nos 2500 m para sul (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.7 – Mapa Geológico-Geomorfológico).

No trecho 4 (junto à Ponte do funil) a zona costeira encontra-se estável não sendo visível recuos ou avanços significativos da vegetação (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.7 – Mapa Geológico-Geomorfológico).

[11] e.g. http://wagau.blogspot.pt/2013/06/itaparica-ponte-do-lado-de-la.html#!/2013/06/itaparica-ponte-do-lado-de-la.html

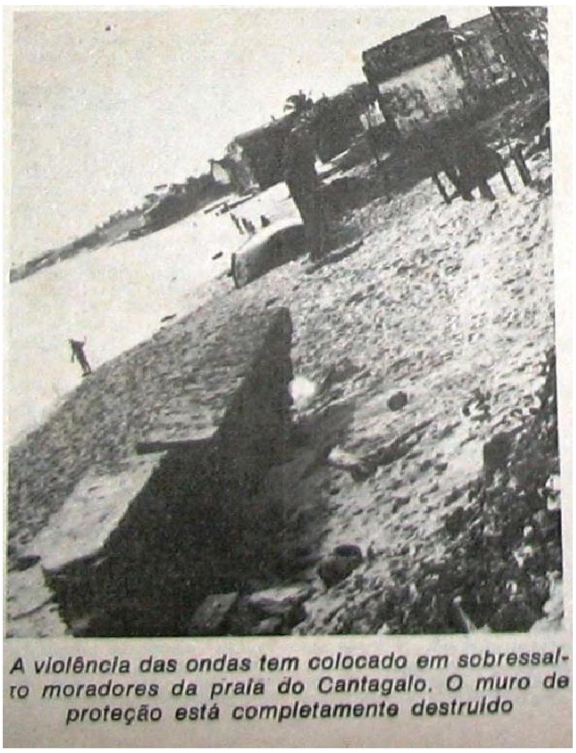
2.5.3.4. Caracterização da dinâmica costeira

Na zona costeira incluída na AID na margem de Salvador a ondulação ao largo tem pouco efeito neste setor costeiro devido à sua localização dentro da BTS e a dinâmica costeira é, por isso, marcada pela ondulação gerada localmente, pelas correntes de maré e pelo nível atingido pelas águas do mar. O transporte sedimentar neste trecho costeiro deve ser por isso insignificante.

Uma vez que as condições energéticas mais frequentes nesta área são muito baixas e as praias estão sujeitas a níveis de maré que facilmente são acomodadas pela praia, esta zona caracteriza-se por apresentar, em algumas zonas, construção até à zona do areal de praia.

Este fato torna esta área particularmente vulnerável durante tempestades em que ocorrem, por exemplo, sobrelevações de origem meteorológica. Não será por isso de estranhar que o levantamento feito em Dutra (2008) inclua estas praias como aquelas de Salvador onde, entre 1965 e 2006, foram registrados mais frequentemente eventos de erosão severos. Na Fotografia 15 são apresentados alguns estragos provocados por uma tempestade que atingiu a praia de Cantagalo em 1975.

Em suma trata-se de uma área que para as presentes condições dos mecanismos forçantes em situação normal encontra-se em equilíbrio. No entanto, durante condições extremas, durante as tempestades ocorrem processos erosivos sobre a praia o que se traduz de forma mais significativa sobre as estruturas que se encontram na zona adjacente à praia.



Fonte: Dutra (2008)

Fotografia 15 – Fotografia retirada da edição de 30 de maio de 1975 do jornal A Tarde que reporta os estragos provocados por uma tempestade na praia de Cantagalo

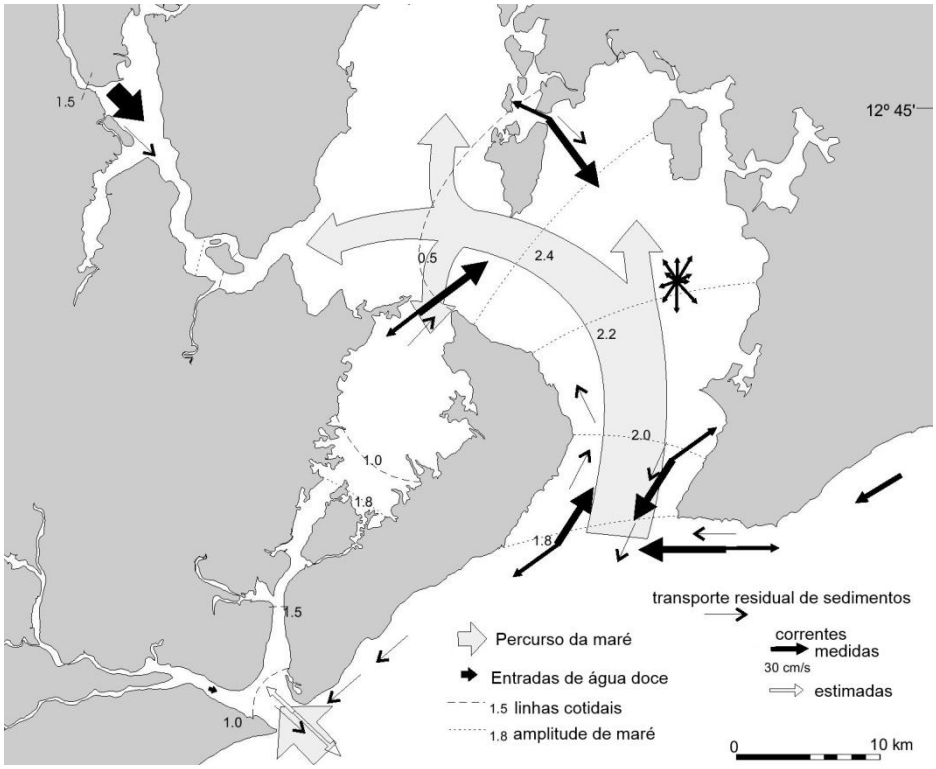
Na Ilha de Itaparica as condições energéticas serão obviamente muito diferentes na costa oceânica e na contracosta da Ilha, havendo zonas com características intermédias entre ambos os ambientes.

Na **contracosta da Ilha** o ambiente é tipicamente lagunar, onde as margens são normalmente ocupadas por manguezais que protegem as mesmas. Os sedimentos são tipicamente compostos por materiais de granulometria fina devido à referida proteção dada pelo mangue, mas também porque os mecanismos forçantes são essencialmente as marés e, portanto, o nível energético sobre a margem é baixo.

A análise histórica desta porção da Ilha indica que o limite exterior do manguezal se tem mantido sensivelmente inalterado nas últimas três décadas e as pequenas alterações detectadas parecem mais relacionadas com atividades humanas. A área de manguezal incluída na AID junto à ponte do funil não é exceção.

Com relação à contracosta da Ilha de Itaparica, sua **margem oceânica** apresenta condições hidrodinâmicas de maior energia devido à sua maior exposição à ondulação ao largo. Como será visto na seção da oceanografia e hidrodinâmica costeira

(Diagnóstico do Meio Físico), a ondulação dominante provém de leste (~42%) e de sudeste (~30%) (DHN, 1993) e, portanto, atinge a costa com ângulos diferenciados consoante a zona em causa. Esta diferenciação leva a que o transporte residual de sedimentos ao longo da costa não seja feito em uma única direção. Pela análise das acumulações sedimentares nos espigões, da orientação da costa e da configuração dos bancos de areia próximos da linha de costa se conclui que na porção norte da costa oceânica, a norte de Vera Cruz, a deriva residual ocorre para NW, enquanto a sul da Pta. da Penha até ao esporão de Cacha-Pregos a deriva parece ocorre na direção oposta, ou seja, para SW até à Pta. Cacha-Pregos e para NW no esporão já no canal de Itaparica. Estas conclusões estão aliás em concordância com as conclusões de Lessa *et al.* (2001) e que, a este respeito, se encontram sumariadas na Figura 111.



Fonte: Adaptado de Lessa *et al.* (2001)

Figura 111 – Diagrama esquemático que sugere os padrões gerais de circulação de água e de transporte residual de sedimentos na BTS e zona costeira adjacente

É provável que a energia da ondulação que atinge a zona costeira oriental da Ilha de Itaparica aumente à medida que se caminha para sul. A plataforma rochosa onde atualmente ocorrem recifes de coral ocorre essencialmente a norte da Pta. da Cruz fornecendo nesta área uma importante proteção à costa. Para sul desta ponta, a

plataforma rochosa ocorre a maiores profundidades e de forma não contínua pela que a proteção fornecida é menor. Efetivamente, a zona onde ocorram maiores alterações da linha de costa se localiza ainda mais para sul, a sul da Pta. de Aratuba, conforme documentado anteriormente. Estas alterações não estarão somente relacionadas com a energia da hidrodinâmica mas também com a dinâmica sedimentar associada à foz do canal de Itaparica.

A análise das duas campanhas realizadas para a aquisição de perfis topográfico na zona próxima onde irá chegar a ponte na Ilha de Itaparica indica que não houve variação dos perfis das três praias entre janeiro e abril de 2014. É natural que em zonas mais expostas esta variação do perfil seja mais acentuada, mas não será certamente importante.

2.5.4. Situação atual na ADA

2.5.4.1. Caracterização geomorfológica: unidades geomorfológicas e orla litorânea

Na porção terrestre da ADA o traçado do empreendimento apenas intercepta a Ilha de Itaparica. Nesta Ilha a ADA atravessa as unidades geomorfológicas: planície marinha ou fluviomarinha e baixada litorânea.

Na porção do traçado que segue inteiramente pela BA-001 e depois liga à ponte que atravessa a BTS são cruzados 17,1 km de extensão de terrenos da baixada litorânea e 12,4 km de terrenos de planícies marinhas ou fluviomarinhas (Figura 112). As zonas de maior declividade ocorrem nas zonas da baixada litorânea, em ambos os extremos da Ilha, e atingem valores próximos a 27º na zona da interseção entre a BA-001 duplicada e o início da ponte que atravessa a BTS. Como seria de esperar as zonas de menor declividade correspondem a zonas de planície marinha onde as cotas são frequentemente abaixo dos 5 m.

Considerando o traçado que inclui a BA-001 e segue depois pelo interior da Ilha ocupa maior porção de terrenos da baixa litorânea (26,4 km) e pontualmente a planície marinha ou fluviomarinha (2,9 km) (Figura 113). Pela natureza dos terrenos atravessados no trecho de desvio à BA-001 o trajeto aqui considerado inclui uma maior extensão de zonas com declividade acima dos 17º (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.6 – Declividade e Mapa 2.7 – Mapa geológico-geomorfológico). No

trecho de desvio à BA-001 são também atravessados setores (embora apenas pontualmente) em que as cotas atingem valores inferiores a 5 m.

No trecho que atravessa a Ilha apenas pela BA-001 duplicada são atravessadas maiores extensões de terrenos vulneráveis à inundação, não só nas áreas de planícies marinhas e fluviomarinhas mas também em algumas zonas de interflúvios da baixada litorânea.

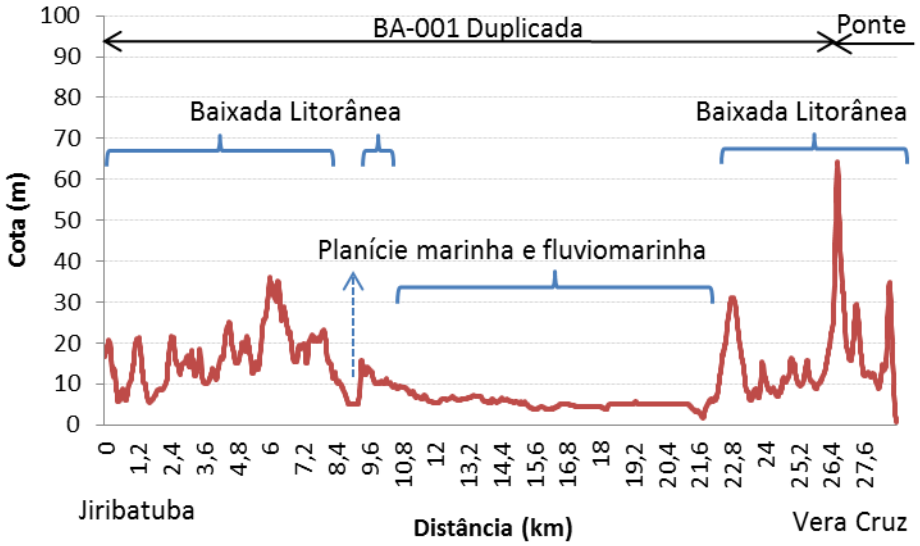


Figura 112 – Perfil altimétrico do traçado do empreendimento na Ilha de Itaparica que segue inteiramente pela BA-001

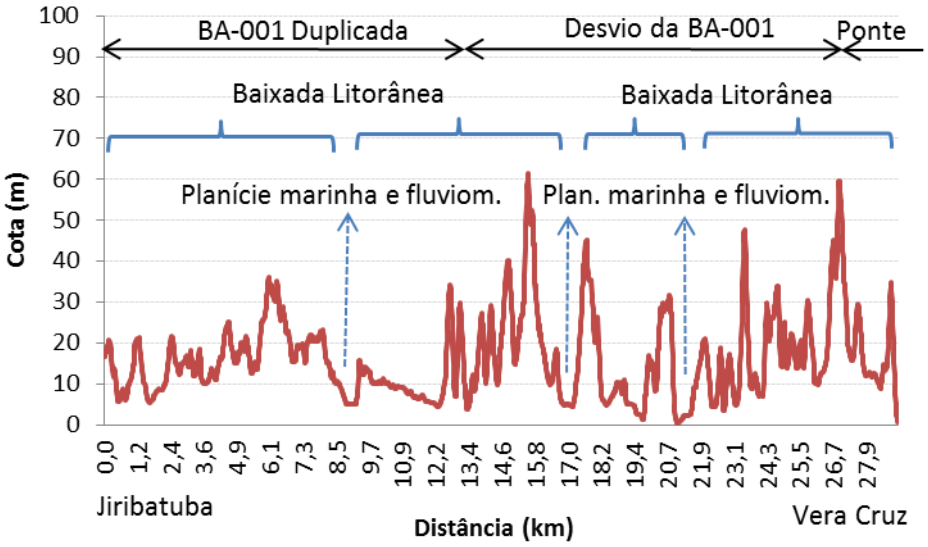


Figura 113 – Perfil altimétrico do traçado do empreendimento na Ilha de Itaparica que segue pela BA-001 e pelo desvio no interior da Ilha (variante)

O trecho que inclui parte da BA-001 e um desvio à BA-001 atravessa zonas mais extensas de maior declividade em terrenos que potencialmente podem causar movimentos de massa quando desflorestados e intervencionados. Neste trecho a vulnerabilidade ligada à inundação encontra-se mais localizada.

Considerando a orla litorânea, a porção da BA-001 mais próxima da linha costa ocorre a cerca de 330 m em vários trechos entre a Barra Grande e Tairu. Um destes setores mais próximos da linha de costa corresponde a um setor classificado como em erosão – setor junto à Boca do Rio (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.7 – Mapa Geológico-Geomorfológico). Considerando que este setor apresentou entre 1976 e 1998 uma taxa de recuo média de 1,3 m/ano (Cf. trecho 3 do estudo da evolução histórica da linha de costa), conclui-se que, a manterem-se estas taxas, dificilmente a erosão costeira afetará a BA-001 neste setor, dentro da vida útil da obra. No entanto, sabe-se que muito provavelmente as taxas de recuo irão aumentar em consequência das alterações climáticas. A outra zona indicada como em erosão corresponde ao setor a norte de Vera Cruz (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.7 – Mapa Geológico-Geomorfológico). Aqui o empreendimento corresponde à ponte que atravessa a BTS pelo que a erosão costeira não irá afetar o empreendimento.

2.6. Solos

2.6.1. Metodologia

Considerando os potenciais impactos do projeto nos solos (e.g. diminuição da cobertura vegetal, desagregação, instabilidade, compactação, impermeabilização, contaminação) define-se como **área de estudo** nesse contexto a área sujeita aos impactos diretos da atividade, isto é, a área de influência direta (AID) estabelecida para o meio físico, que contém também a área diretamente afetada (ADA). Não se considera que possam vir a verificar-se impactos relevantes nos solos na área de influência indireta (AII), pelo que essa área não foi abordada.

Deste modo, na AID foram primeiramente identificados e descritos os principais tipos de solos. A identificação e interpretação das **classes de solos** abrangidas é realizada com base no arquivo vetorial de solos da base de dados Geobank (CPRM – SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL, 2007), no "Mapa Exploratório de Solos" (folha SD.24 – Salvador) do Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981, escala 1:1.000.000) e no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2.ª Edição – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2006), entre outras referências, mencionadas adiante.

Em seguida analisa-se a **permeabilidade dos solos**, enquanto indicador fundamental para a avaliação de impactos potenciais. Essa análise é baseada nas características físicas e relevância de cada classe de solos na AID.

A **qualidade dos solos** é então analisada com base nos resultados da campanha de coleta de dados primários de solos, realizada com o objetivo de se obter uma referência de qualidade do solo na AID definida para o meio físico.

O **uso atual do solo** é caracterizado com base no Mapa Temático "Vegetação – Estado da Bahia – 2012" (INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA), na escala 1:1.250.000.

A **suscetibilidade dos solos à erosão** é seguidamente avaliada de uma forma qualitativa, tendo em consideração os fatores naturais, do clima, do solo e do relevo, intervenientes no processo de erosão.

Por último é analisada a **aptidão agrícola** dos solos, com base no mapa "Avaliação do potencial das terras para irrigação no nordeste (para compatibilização com os recursos hídricos)", na escala 1:2.000.000 (CAVALCANTI *et al.*, 1994).

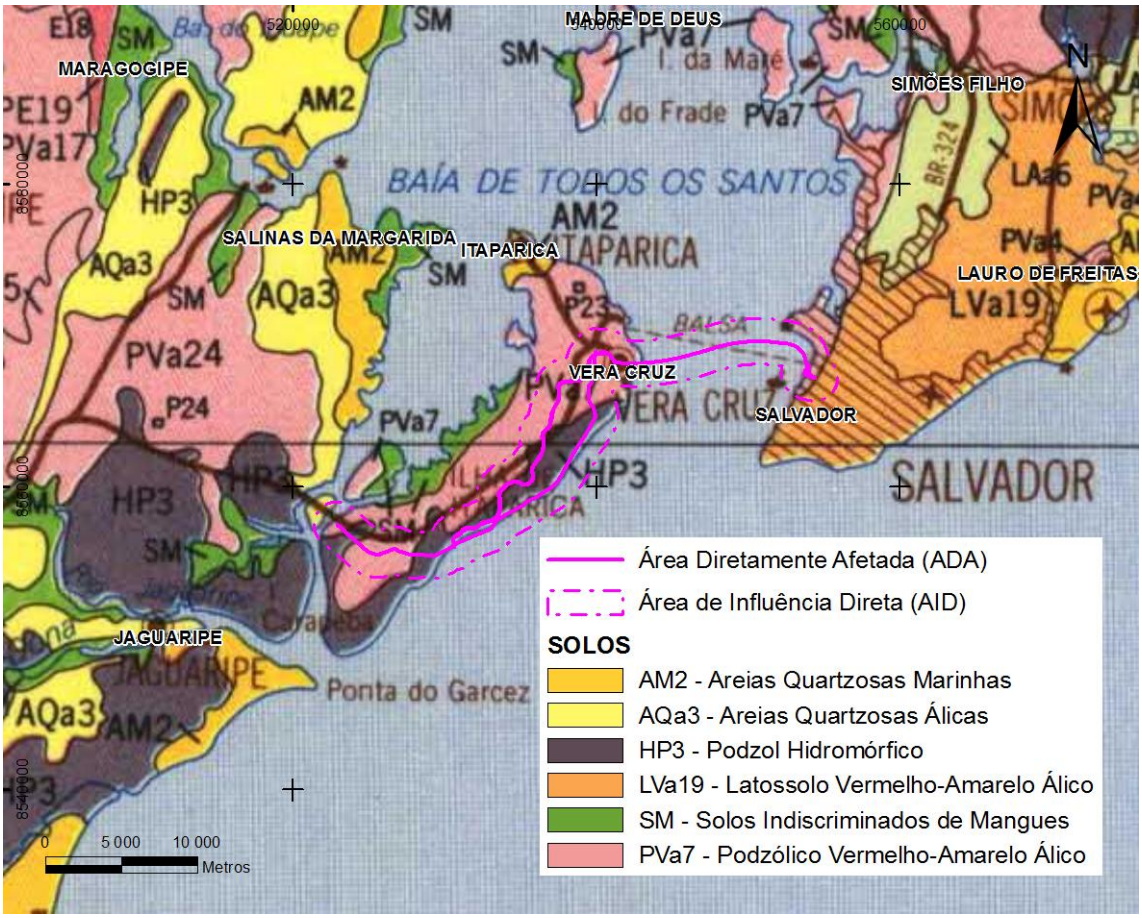
2.6.2. Situação atual na AID

2.6.2.1. Mapeamento e classificação dos solos

Como se referiu anteriormente, a identificação e interpretação das **classes de solos** abrangidas pela AID é realizada com base no arquivo vetorial de solos da base de dados Geobank (CPRM – SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL, 2007), no "Mapa Exploratório de Solos" (folha SD.24 – Salvador) do Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981, escala 1:1.000.000) e no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2.ª Edição – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2006), entre outras referências, mencionadas adiante.

Conforme a metodologia dos estudos contidos nos levantamentos de recursos naturais, executados pelo Projeto RADAMBRASIL, as unidades de mapeamento são expressas por associações de solos com alto nível categórico, consideradas suficientes para uma visualização espacial da ocorrência e distribuição das unidades. Sempre que possível, com base na informação disponível, são utilizadas como unidades de mapeamento as classes de 2.º nível categórico – subordens – ou de 3.º nível – grandes grupos – para além das classes de 1.º nível – ordens.

No Mapa "Solos" (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.8) e na Figura 114 se apresentam os **mapas de solos** referidos.



Fonte: Brasil (1981)

Figura 114 – Cruzamento da AID com o “Mapa Exploratório de Solos” do Projeto RADAMBRASIL, na escala 1:1.000.000

O Quadro 45 a seguir apresenta as **unidades de mapeamento (com as respectivas classes e associações de solos e áreas)** identificadas no mapa pedológico da AID (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.8).

Quadro 45 – Unidades de mapeamento das classes de solos na AID e respectivas áreas

Unidades de mapeamento	Classes de Solos	Área (ha)	%
PVAd59	**ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico** Tb A moderado textura média/argilosa, relevo ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Ta A moderado textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb A moderado textura arenosa/média, relevo ondulado e suave ondulado	6.757,11	64%
EKg3	**ESPODOSSOLO** CÁRBICO **Hidromórfico** arênico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico espódico, ambos A moderado, álicos, fase campo de restinga, relevo plano (declividade 0 a 1%)	2.894,26	27%
LVAd55	**LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico** típico, A moderado, muito profundo, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso (40 %) + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilo arenosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso (25 %) + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado/forte ondulado (15 %) + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, A moderado, textura argilo arenosa, fase floresta tropical caducifólia, relevo montanhoso/escarpado (15 %) + AFLORAMENTO DE ROCHA (5 %)	731,71	7%

Unidades de mapeamento	Classes de Solos	Área (ha)	%
RQo11	**NEOSSOLO QUARTZARÊNICO** Órtico típico, A moderado, relevo suave ondulado, NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, A moderado, textura arenosa, relevo suave ondulado, AFLORAMENTOS ROCHOSOS, fase relevo forte ondulado	148,10	1%
SM2	**TIPOS DE TERRENO** (**SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE**) textura média a argilosa fase floresta perenifólia de mangue relevo plano + GLEISSOLO HÁPLICO Tb e Ta Distrófico e Eutrófico típico e neofluvissólico A moderado textura média a argilosa fase campo higrófilo de várzea relevo plano (80% + 20%)	49,59	1%

Fontes: CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2007); Brasil (1981); Embrapa (2001, 2012) e cruzamento SIG do consórcio.

Na AID predominam assim associações de Argissolos Vermelho-Amarelos (representando 64% e ocorrendo em particular no interior da Ilha de Itaparica) e de Espodossolos Hidromórficos com Neossolos Quartzarênicos (com 27%, sobretudo na costa leste da Ilha).

As classes de solos representadas na AID são descritas em seguida. Essas classes foram agrupadas em unidades descritas pela predominância, em termos de área, de uma determinada classe, para efeito de mapeamento.

A. ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico

Compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvissolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. Apresentam geralmente horizonte A moderado. O horizonte Bt é de cores amareladas.

Possuem baixa reserva de nutrientes, sendo predominantemente álicos.

São geralmente profundos e bem drenados, de cores avermelhadas ou amareladas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este.

São forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente cauliníticos.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos incluem os solos que foram classificados anteriormente como Podzólico Vermelho-Amarelo argila de atividade baixa ou alta, na maioria com gradiente textural necessário para B textural, sendo no presente caso distróficos (saturação por bases <50%) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)

B. ESPODOSSOLO Hidromórfico

Compreende solos constituídos por material mineral com horizonte B espódico subjacente a horizonte eluvial E (álbico ou não), ou subjacente a horizonte A, que pode ser de qualquer tipo, ou ainda, subjacente a horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Apresentam, usualmente, sequência de horizontes A, E, B espódico, C, com nítida diferenciação de horizontes.

A cor do horizonte A varia de cinzenta até preta e a do horizonte E desde cinzenta ou acinzentada-clara até praticamente branca. A cor do horizonte espódico varia desde cinzenta, de tonalidade escura ou preta, até avermelhada ou amarelada.

A textura é predominantemente arenosa, sendo menos comumente textura média e raramente argilosa no horizonte B. A drenagem é muito variável, havendo estreita relação entre profundidade, grau de desenvolvimento, endurecimento ou cimentação do B espódico e a drenagem do solo.

São solos, em geral, muito pobres em fertilidade, moderada a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa, podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível.

São desenvolvidos principalmente de materiais arenoquartzosos, sob condições de umidade elevada, em clima tropical e subtropical, em relevo plano, suave ondulado, áreas de surgente, abaciamentos e depressões. Em geral, estão associados aos ambientes de restingas, mas ocorrem em outros tipos de vegetação.

Quando “Hidromórfico” compreende solos que permanecem saturados com água em um ou mais horizontes, dentro de 100 cm da superfície do solo, durante algum tempo na maioria dos anos (ou são artificialmente drenados) e que apresentam pelo menos uma das seguintes características:

- horizonte H hístico; e/ou
- horizonte Eg, e/ou mosqueados, e/ou áreas de acumulação de óxidos de ferro e/ou manganês, devido à redução e oxidação de ferro e/ou manganês, no horizonte E ou no B espódico, dentro de 100 cm da superfície do solo.

Nesta classe estão incluídos todos os solos que foram classificados anteriormente como Podzol e Podzol Hidromórfico.

C. LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico

Compreende solos constituídos por material mineral, não hidromórficos, tipicamente com argila de atividade baixa, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo. Por este motivo apresentam baixa reserva de nutrientes para as plantas, mas, em contrapartida, possuem ótimas condições físicas para o desenvolvimento radicular.

São normalmente muito profundos e variam geralmente de fortemente a bem drenados, bastante permeáveis, muito porosos, de textura variando de média a muito argilosa no horizonte B, friáveis e de baixa plasticidade. Têm sequência de horizontes A, B, C, com pouca diferenciação de suborizontes, e transições usualmente difusas ou

graduais. Em distinção às cores mais escuras do A, o horizonte B tem cores mais vivas, variando desde amarelas até vermelho-escuro-acinzentadas, dependendo da natureza, forma e quantidade dos constituintes minerais – mormente dos óxidos e hidróxidos de ferro – segundo condicionamento de regime hídrico e drenagem do solo, dos teores de ferro no material de origem e se a hematita é herdada ou não. No horizonte C, comparativamente menos colorido, a expressão cromática é bem variável, mesmo heterogênea, dada a sua natureza mais saprolítica.

São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. São típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, distribuídos, sobretudo, por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevo plano e suave ondulado. São originados a partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos, sob condições de clima e tipos de vegetação os mais diversos.

Embora os Latossolos possuam boas propriedades físicas, o manejo destes solos deve ser cuidadoso para evitar a sua degradação, devido principalmente ao decréscimo do nível de matéria orgânica e alteração da distribuição de poros (compactação), acarretando maior suscetibilidade à erosão e decréscimo da fertilidade natural.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos incluem todos os antigos Latossolos, excetuadas algumas modalidades anteriormente identificadas como Latossolos plínticos. Quando distróficos, são solos com saturação por bases baixa (V <50%) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

D. NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

Compreende solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos.

Exígua diferenciação de horizontes, com individualização de horizonte A seguido de C ou R. Esta classe admite, contudo, diversos tipos de horizontes superficiais, incluindo horizonte O com menos de 20 cm de espessura quando sobrejacente à rocha, ou horizonte A húmico ou proeminente com mais de 50 cm quando sobrejacente à camada R, C ou Cr. Alguns solos podem ainda apresentar horizonte B, mas com insuficiência de requisitos (espessura muito pequena, por exemplo) para caracterizar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Podem ocorrer horizontes C diagnósticos para outras classes, porém em posição que não permite enquadrá-los nas classes dos Gleissolos, Vertissolos ou Plintossolos.

Nesta classe estão incluídos os solos que foram reconhecidos anteriormente como Litossolos e Solos Litólicos, Regossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzosas (Distróficas, Marinhas e Hidromórficas).

Quando “Quartzarênico” compreende solos sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, com sequência de horizontes A-C, porém apresentando textura areia ou areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; são essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo).

Nessa classe estão agrupados solos bem drenados, profundos e muito profundos e, menos frequentemente, pouco profundos.

Devido à constituição essencialmente quartzosa, esses solos são pobres em nutrientes para as plantas, além de não disporem de reservas nutricionais que possam ser liberadas gradativamente.

E. SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE

Solo halomórfico de áreas alagadas, formado sob influência de marés e com vegetação característica, denominada mangue.

Ocorrem Gleissolos Hálicos – solos hidromórficos, constituídos por material mineral, encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. Caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do

ambiente redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica. O processo de gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido à redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila, ou ainda a precipitação de compostos ferrosos. São solos mal ou muito mal drenados, em condições naturais, tendo o horizonte superficial cores desde cinzentas até pretas, espessura normalmente entre 10 e 50 cm e teores médios a altos de carbono orgânico. São solos formados principalmente a partir de sedimentos, estratificados ou não. Normalmente, desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos de água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões. São solos que ocorrem sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea.

2.6.2.2. Permeabilidade dos solos

A permeabilidade é a propriedade que os solos têm de permitir o escoamento de água através dos seus vazios e, portanto, sinônimo de drenagem e percolação (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007). A sua avaliação é feita através do **coeficiente de permeabilidade k**, expresso em cm/h ou m/dia.

O Manual Técnico de Pedologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007) recomenda, na condução de testes de permeabilidade para caracterização do solo do ponto de vista do comportamento hídrico, o estabelecimento de **classes de permeabilidade** utilizando os critérios do “Bureau of Reclamation Manual”, Vol. V (“Irrigated Land Use”), Parte 2 (“Land Classification” – UNITED STATES DEPARTMENT OF INTERIOR, 1953 *apud* INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007) – Cf. Quadro 46.

Quadro 46 – Classes de permeabilidade

Classe de permeabilidade	cm/h
Muito lenta	< 0,8
Lenta	0,8 – 2,0
Moderada	2,0 – 6,0
Moderadamente rápida	6,0 – 8,0
Rápida	8,0 – 12,5
Muito rápida	> 12,5

Fonte: United States Department of Interior (1953 *apud* INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007)

Considerando as principais **classes de solos identificadas na AID, respectiva proporção e características quanto à permeabilidade**, isto é:

- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO – 64% da AID – solos geralmente bem drenados (permeabilidade moderada a moderadamente rápida);
- ESPODOSSOLO HIDROMÓRFICO em associação com NEOSSOLO QUARTZARÊNICO – 27% da AID – textura predominantemente arenosa, drenagem muito variável em associação com solos bem drenados (permeabilidade moderada a moderadamente rápida);
- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO – 7% da AID – solos fortemente a bem drenados, bastante permeáveis (permeabilidade rápida a muito rápida);
- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO – 1% da AID – solos bem drenados (permeabilidade moderada a moderadamente rápida);
- SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE em associação com GLEISSOLO HÁPLICO – 1% da AID – solos mal ou muito mal drenados (permeabilidade lenta a muito lenta).

conclui-se que a maior parte da AID apresenta solos bem drenados, avaliando-se desse modo a permeabilidade dos solos da AID (e ADA) em moderada a moderadamente rápida, o que se traduz em um **coeficiente de permeabilidade dos solos da AID entre 2,0 e 8,0 cm/h**.

2.6.2.3. Qualidade dos solos

No contexto destes Estudos Ambientais (para a Implantação de Sistema de Travessia Salvador / Ilha de Itaparica sobre a Baía de Todos os Santos) foi efetuada uma campanha de coleta e análise de amostras de solos, com o **objetivo** de obter uma referência de qualidade do solo na AID definida para o meio físico.

A coleta foi realizada a **6 de janeiro de 2014** em **quatro locais de amostragem** na AID do empreendimento na Ilha de Itaparica, correspondentes a poços efetuados no período seco de coleta de dados primários de águas subterrâneas, cuja localização foi definida tendo em consideração as características do empreendimento, em particular o fato de existir uma alternativa de ligação à atual BA-001 e a sua duplicação até à ponte do Funil e uma alternativa de desvio do traçado da BA-001 pelo interior da Ilha. Dentre os oito poços onde se efetuou a coleta de águas subterrâneas foram selecionados, pela proximidade a potenciais fontes de poluição, quatro poços para coleta de solos. No Mapa "Localização dos pontos de coleta de dados primários de águas subterrâneas e de solos e poços inventariados no SIAGAS" (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.18) se apresenta a localização dos poços referidos. Em **cada local foram coletadas três amostras de solo, a 1, 2 e 3 m de profundidade**.

Para a construção dos poços de monitoramento foram executadas sondagens com recurso a um trado manual de 4" a 8 ½" e seguindo os procedimentos descritos na Norma ABNT NBR 15492:2007. Todos os poços foram revestidos com tubulação e filtros em PVC geomecânico em 2" ou 4", possuindo os filtros ranhuras de 0,75 mm (apropriados para o solo da região). O pré-filtro é em quartzo e foi colocado selo de bentonita e cimentação, além de cap inferior, tampa de pressão e revestimento superior em alumínio com 60 cm e cadeado de segurança.

As 12 amostras de solo coletadas foram analisadas quanto aos seguintes **parâmetros**: Umidade, Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Molibdénio, Níquel, Prata, Selênio, Vanádio, Zinco, Nitrato (como N), Soma de PAHs, Mercúrio, Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno, Xilenos Totais.

Em todos os parâmetros as análises foram realizadas no laboratório certificado da ALS Corplab Serviços Analíticos Ambientais Ltda., Av. Valdomiro Rodrigues, 147 - Centro - Lauro de Freitas/BA. Para cada parâmetro foi utilizado um método com limite de quantificação compatível com os respectivos valores máximos permissíveis

representados pelos Valores de Prevenção (VP) na Resolução do CONAMA n.º 420, de 28 de dezembro de 2009.

Os resultados obtidos para os vários parâmetros foram avaliados segundo os respectivos valores máximos permissíveis representados pelos **Valores de Prevenção (VP) na Resolução do CONAMA n.º 420, de 28 de dezembro de 2009**. De acordo com o Art. 6º desta Resolução, o VP é a concentração de valor limite de determinada substância no solo de modo a que este seja capaz de sustentar as suas funções principais.

A análise dos resultados obtidos mostra que em alguns dos parâmetros analisados existe uma grande variação de valores entre estações de amostragem, especialmente nas menores profundidades. Este é o caso do Ferro, parâmetro que, em conjunto com o Alumínio, verifica as maiores concentrações nos solos analisados. A estação de amostragem com maiores concentrações também varia conforme o parâmetro em análise, revelando uma relativamente grande heterogeneidade na composição química dos solos analisados.

Como se refere no capítulo 2.9 (referente aos recursos hídricos subterrâneos), o mais provável é que as concentrações de Ferro e de Alumínio detectadas estejam associadas a causas naturais, dado:

- o caráter predominantemente álico (e. g. indicativo de saturação por alumínio) dos solos mais abundantes na AID;
- que os valores destes parâmetros ultrapassam os Valores Máximos Permitidos (VMP) constantes na Resolução CONAMA 396/2008 de 3 de abril em todas as amostras de águas subterrâneas coletadas, indiciando a distribuição desses metais pela globalidade da massa de água subterrânea (os problemas de qualidade verificam-se de uma extremidade à outra da Ilha de Itaparica).

Embora seja possível que, pelo menos em parte, as concentrações de Alumínio e Ferro detectadas tenham origem natural/geológica, não parece existir uma relação direta entre as concentrações de alumínio e ferro nos solos e nas águas subterrâneas (como se demonstra no capítulo 2.9, referente aos recursos hídricos subterrâneos). Pelo que é possível que uma pressão esteja também a contribuir para as elevadas concentrações de ambos os metais, atendendo ao fato de existirem outros poluentes que estão a contribuir para a degradação da qualidade da água subterrânea, alguns

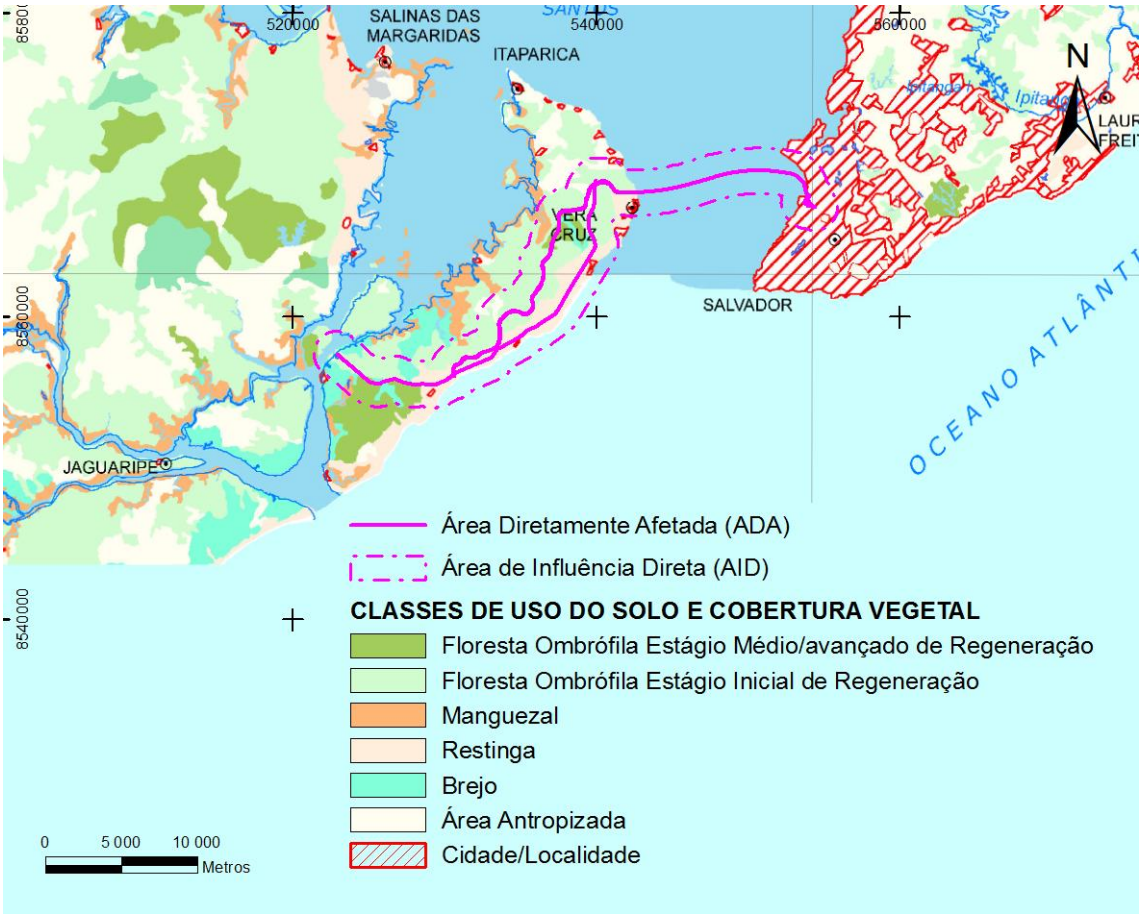
deles com probabilidade muito reduzida de terem uma origem natural (chumbo ou cromo, por exemplo). A verificar-se esta possibilidade, o mais provável é que o esgotamento sanitário sem tratamento no solo possa ser essa pressão, dada a contaminação microbiológica que se verifica em quase todas as amostras de águas subterrâneas coletadas. Neste contexto será de consultar também o capítulo 2.8 (referente aos recursos hídricos superficiais), onde é apresentada a caracterização pormenorizada das principais fontes de poluição na AID do empreendimento, bem como os Mapas 2.15 e 2.16 (Caderno de Mapas – Volume 2 – Tomo 1), onde se encontram representadas as fontes de poluição hídrica.

Em todo o caso a principal conclusão a retirar é que todas as amostras de solos se encontram em **conformidade com os VP estabelecidos**.

Mais detalhes (e. g. métodos de análise e resultados de qualidade, por parâmetro e estação de amostragem a diferentes profundidades) podem ser consultados em anexo (Anexo 3 dos Anexos do Volume 2 – Tomo 1).

2.6.2.4. Uso atual do solo

Na Figura 115 se apresenta o uso atual do solo e cobertura vegetal na AID, baseado no Mapa Temático “Vegetação – Estado da Bahia – 2012” (INEMA), na escala 1:1.250.000, no trabalho de Cavedon, Shinzato e Jacques (2000) e no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012a).



Fonte: INEMA (2012b), Cavedon, Shinzato e Jacques (2000) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012a)

Figura 115 – Uso atual do solo e cobertura vegetal na AID

Nesse mapa se identificam, na AID, as **classes de uso do solo e cobertura vegetal** apresentadas no Quadro 47.

Quadro 47 – Classes de uso do solo e cobertura vegetal na AID e respectivas áreas

Classes de uso do solo e cobertura vegetal		Área (ha)	%
Floresta Ombrófila	Estágio Inicial de Regeneração	4.846,43	46%
	Estágio Médio/Avançado de Regeneração	906,06	9%
Restinga		2.406,44	23%
Brejo (Campos Hidrófilos e Higrófilos de Várzea)		707,38	7%
Manguezal		245,41	2%
Área Urbanizada		1.485,14	14%

Fonte: INEMA (2012b), Cavedon, Shinzato e Jacques (2000) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012)

Na AID predomina assim o uso florestal (55%), que se encontra, sobretudo, no interior da Ilha de Itaparica e as formações pioneiras de influência marinha (restinga, com 23%), dominantes na costa leste da Ilha.

Em seguida são descritas as classes de uso do solo e cobertura vegetal identificadas na AID.

A. Floresta Ombrófila

Segundo Cavedon, Shinzato e Jacques (2000),

- **Floresta ombrófila** é a formação vegetal onde a maioria das espécies que a compõem suportam e/ou necessitam de sombra numa fase do seu desenvolvimento;
- A **Floresta Secundária** ocorre pela eliminação total ou parcial da Floresta Primária por exploração de produtos florestais ou desmatamento para implantação de atividades agropecuárias; essa tipologia tem duas origens: a exploração seletiva não-intensiva e desordenada e a exploração extrativista predatória.

Segundo resolução do Conama 90/94 (BRASIL, 1990 apud CAVEDON; SHINZATO; JACQUES 2000), para Floresta Ombrófila Densa, a Floresta Secundária (**estágio inicial de regeneração**) apresenta fisionomia herbáceo-arbustiva de porte baixo, com altura média inferior a 5 m e pequena amplitude diamétrica com DAP inferior a 8 cm. A camada de serrapilheira é fina, pode apresentar trepadeiras, muitas espécies pioneiras e ausência de sub-bosque. São áreas ditas capoeiras, com pequena diversidade vegetal, onde foram totalmente desmatadas ou destruídas pelo fogo, estando em processo inicial de colonização por espécies florestais. Compreende a vegetação típica de vales abandonados, pastos sem manutenção, geralmente com solos de baixa fertilidade e degradados; entretanto, permite o retorno do processo de regeneração florestal.

De acordo com resolução do Conama 05/94 (BRASIL, 1990 apud CAVEDON; SHINZATO; JACQUES 2000), o **estágio avançado de regeneração** da Floresta Secundária compreende um dossel fechado e uniforme, com fisionomia arbórea dominante, podendo apresentar árvores de porte elevado, com altura média superior a 12 m (Floresta Ombrófila Densa). São áreas que, de alguma forma, sofreram

inferência antrópica, como a retirada de madeiras nobres, provocando grande desuniformidade de altura no dossel superior e alterando as características originais da composição florística, não sendo mais classificadas como Floresta Primária.

A Floresta Secundária (**Estágio Intermediário de Regeneração**) difere da Floresta Secundária (estágio avançado de regeneração) por apresentar modificações na altura média do dossel superior e da composição florística típica. Predomina a fisionomia arbóreo-arbustiva sobre o estrato herbáceo, podendo constituir estratos diferenciados com altura média entre 5 e 12 m para Floresta Ombrófila Densa e distribuição diamétrica com diâmetro à altura do peito (DAP) variando entre 8 a 18 cm, de acordo com resolução do Conama de 1994.

B. Restinga

Segundo Cavedon, Shinzato e Jacques (2000), **restingas** são acumulações arenosas litorâneas, de formas geralmente alongadas e paralelas à linha de costa, produzidas pelo empilhamento de sedimentos transportados pelo mar. A **vegetação** que ocorre ao longo desses cordões arenosos apresenta-se nas formas arbórea, arbustiva e herbácea, desenvolvendo-se sobre as Areias Quartzosas Marinhas e Podzóis Hidromórficos, ambos com forte influência do mar. As restingas herbáceo-arbustivas da planície situam-se próximas aos cordões litorâneos, formando moitas esparsadas com áreas mais ou menos abertas e ocorrência de árvores isoladas.

O Manual Técnico da Vegetação Brasileira (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012a) descreve a **vegetação com influência marinha (Restingas)** como as comunidades vegetais que recebem influência direta das águas do mar e apresentam gêneros característicos das praias: Remirea e Salicornia. Seguem-se, em áreas mais altas, afetadas pelas marés equinociais, as conhecidas *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br e *Canavalia rosea* (Sw) DC., além dos gêneros *Paspalum* e *Hidrocotyle*. As duas primeiras são plantas escandentes e estoloníferas que atingem as dunas, contribuindo para fixá-las.

C. Brejo

De acordo com Cavedon, Shinzato e Jacques (2000), são comunidades que se desenvolvem em áreas permanente ou periodicamente alagadas, sendo típicas das áreas de várzeas. Dominam as espécies vegetais submersas, emergentes e flutuantes, compreendendo o domínio de plantas herbáceas, como as ciperáceas, gramíneas e espécies de famílias como nymphaeaceae, alismataceae, melostomaceae, salviniaceae e potenderiaceae. Ocorrem, principalmente, na planície aluvial de alguns rios e também na parte litorânea.

D. Manguezal

Segundo Cavedon, Shinzato e Jacques (2000), **mangue** é a vegetação halófita tropical, arbórea ou arbustiva, com pouca diversidade de espécies, que se desenvolve na vaza marítima da costa ou nos estuários dos rios. Compreende a vegetação litorânea que ocorre na faixa intramarés (situada entre o ponto mais baixo da maré baixa e o ponto mais alto da maré alta), apresentando alta densidade de indivíduos com pouca diversidade de espécies vegetais em comparação a outros sistemas, como as florestas. Mesmo assim, constitui um dos ecossistemas mais produtivos do mundo. É uma vegetação adaptada às variações de pH, salinidade, diferença de potencial e saturação em água e que protege os continentes da erosão, reduz a poluição e garante a continuidade da cadeia alimentar nos oceanos. O manguezal pode se apresentar de forma arbustiva e arbórea, com árvores de até 15 m de altura.

O Manual Técnico da Vegetação Brasileira (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012a) o descreve como veg**etação com influência fluviomarinha**, definindo o **manguezal** como a comunidade microfanerófitica de ambiente salobro, situada na desembocadura de rios e regatos no mar, onde, nos solos limosos (manguitos), cresce uma vegetação especializada, adaptada à salinidade das águas.

E. Área Urbanizada

Nessa classe incluíram-se as **cidades/localidades**, bem como as restantes **áreas antropizadas**, incluindo as edificações e o sistema viário. Engloba todo o sistema urbano das cidades, municípios, distritos, vilas e vias pavimentadas.

2.6.2.5. Suscetibilidade à erosão

Erosão é o processo de desprendimento e arrastamento acelerado das partículas de solo, causado pela água e pelo vento, que constitui a principal causa da perda do seu potencial produtivo. Tal processo tem origem, sobretudo, no escoamento superficial resultante da água da chuva que não se infiltra ou não fica retida à superfície, transportando partículas de solo, nutrientes em solução e eventuais agroquímicos. A erosão é assim influenciada pela chuva, pelo declive e seu comprimento, pela capacidade do solo para absorver água, pela resistência que este oferece à ação erosiva da água e pela densidade do coberto vegetal.

Na previsão das perdas de solo por erosão hídrica tem-se generalizado o uso de modelos, como o modelo EUPS (**Equação Universal de Perda de Solo**), proposto por Wischmeier e Smith (1978):

A = R . K . L . S . C . P, onde

- A corresponde à erosão específica ou perda de solo média anual, em toneladas por hectare, em um dado campo de acordo com certos parâmetros de precipitação, planos de manejo e cultivo e práticas de controle de erosão;
- R é o fator de erosividade da precipitação ou fator de chuva, caracterizado pelo índice de erosão, provocado pelas chuvas; é uma medida do potencial de erosão por chuva média anual de área; o fator chuva é um índice numérico que expressa à capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção;
- K é o fator erodibilidade do solo, intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25 m; o fator erodibilidade refere-se ao risco que determinado tipo de solo tem de se

erodir, levando-se em consideração as propriedades inerentes de cada solo (textura, estrutura, conteúdo em matéria orgânica, permeabilidade);

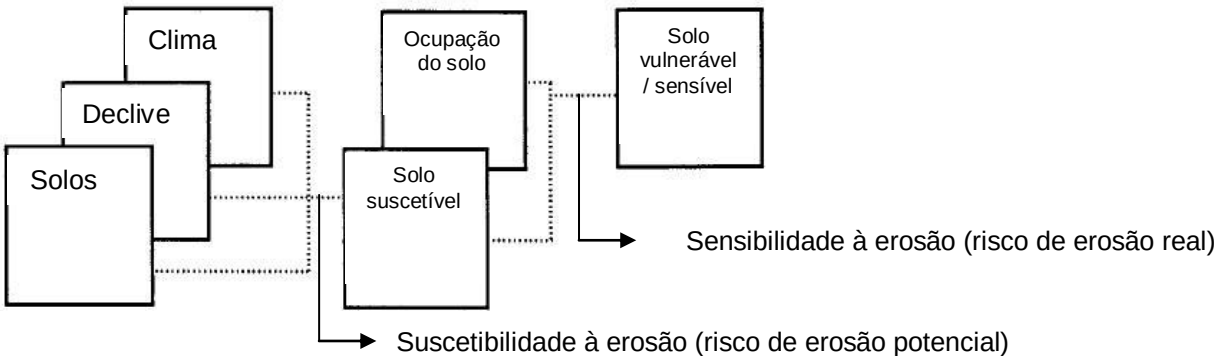
- L é o fator comprimento do declive, que se refere ao comprimento de declive em metros e S é fator grau de declive, grau do declive em porcentagem; os fatores L e S são combinados através de equação, para formar o fator topográfico;
- C é o fator uso e manejo do solo que corresponde à relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado;
- P corresponde ao fator da prática conservacionista, que é a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta no sentido do declive (CARVALHO *et al.*, 2010).

Note-se que a EUPS é um modelo empírico desenvolvido para a parte leste dos EUA para calcular a perda de solo causada pela chuva em terrenos agrícolas à escala da exploração, pelo que alguns parâmetros carecem de ajustamento quando aplicados em outras regiões do mundo e a diferentes escalas; a fórmula geral da EUPS continua a ser útil noutros estudos, uma vez que lista os fatores básicos da erosão do solo pela água, mas tornam-se necessárias simplificações, cuja natureza é ditada pela disponibilidade de dados, pela sua fiabilidade e precisão, bem como pela resolução espacial pretendida (BATJES, 1996).

No relatório do *International Soil Reference and Information Centre* (ISRIC) "*Global assessment of land vulnerability to water erosion on a ½° by ½° grid*", por exemplo, Batjes (1996) utiliza o seguinte modelo para avaliar o **risco de erosão hídrica (E)**:

E = f(R, T, V), onde

- R é um fator de erosividade da chuva;
- T é um fator de erodibilidade do terreno que considera o declive e o tipo de solo;
- V é um fator de ocupação do solo.



Fonte: Adaptado de Batjes (1996) e Hootsmans *et al.* (2001).

Figura 116 – Metodologia geral para avaliar áreas em risco de erosão hídrica

Levando em conta os trabalhos de Batjes (1996) e Hootsmans *et al.* (2001), se utiliza esta metodologia para chegar ao Mapa de "**Suscetibilidade à erosão**" (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.9) ou risco de erosão potencial Ep = f(R, T), tendo em consideração os fatores naturais, do clima, do solo e do relevo, intervenientes no processo de erosão.

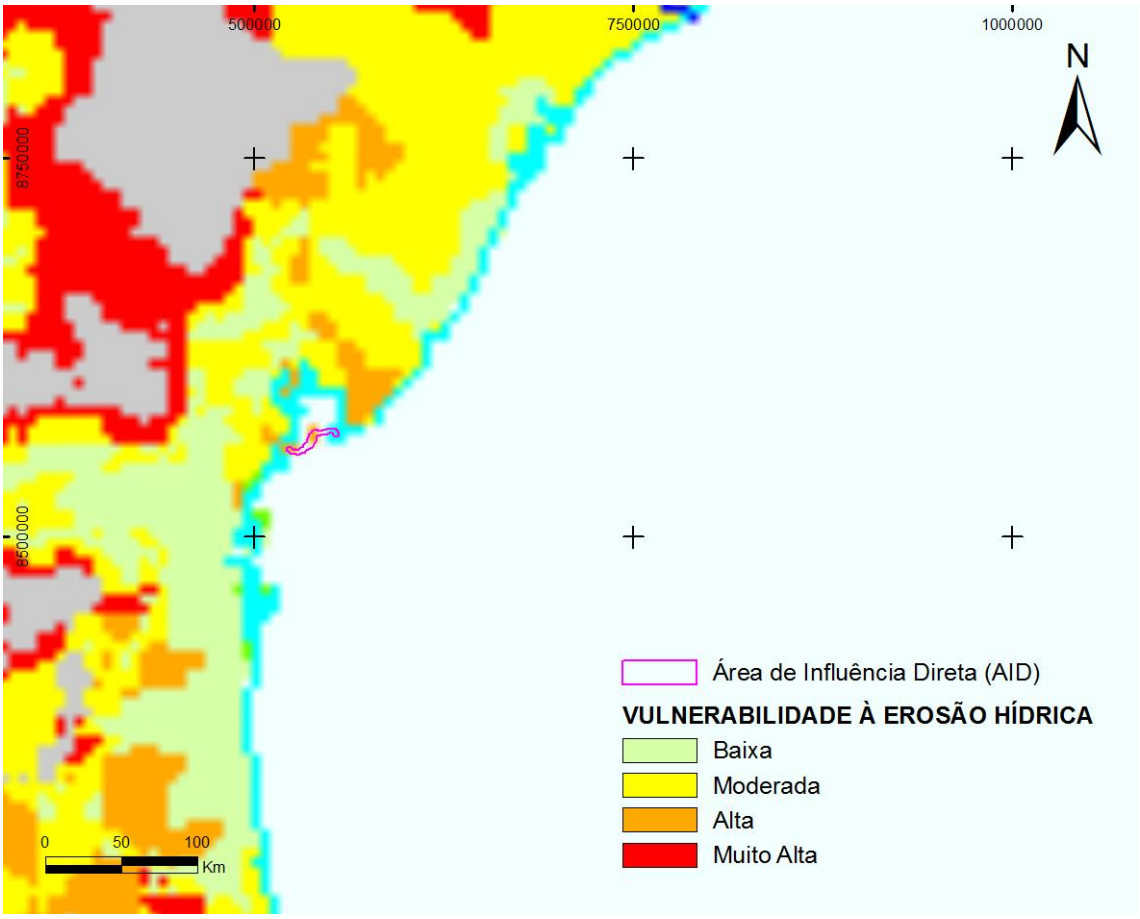
A determinação das classes de erodibilidade do terreno T e de erosividade da chuva R e a sua combinação para identificar as áreas suscetíveis à erosão hídrica foram realizadas de acordo com Batjes (1996), com base nas características (físicas e do relevo) dos solos e na pluviometria da AID:

- Textura arenosa a média argilosa (EMBRAPA, 2006);
- Densidade aparente dos solos em média desde abaixo de 1 kg/dm^3 até 1,55 kg/dm^3 (CORREIA *et al.*, 2008; EBELING *et al.*, 2013; LOSS *et al.*, 2009; CAMPOS *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2008);
- Solos rasos (menor ou igual a 50 cm) a muito profundos (acima dos 200 cm) (EMBRAPA, 2006);
- Relevo plano (0 a 3%) a montanhoso (45 a 75%) (EMBRAPA, 2006);
- Pluviometria entre 1800 e 2100 mm (BAHIA, 2003b), equiparando-se a um índice de erosividade da chuva de 1250 (BOUWMAN, 1989; ESTADOS UNIDOS, 1999).

Partindo destes pressupostos, a conciliação das características (físicas e do relevo) dos solos na AID redunda numa moderada erodibilidade do terreno para todas as unidades de mapeamento dos solos presentes (considerando as respectivas texturas,

densidades, profundidades e relevo) que, conjugada com uma elevada erosividade da chuva na zona sugere uma **suscetibilidade à erosão elevada** para toda a AID.

Esta avaliação é coerente com a análise global da vulnerabilidade à erosão hídrica efetuada pelo Serviço de Conservação dos Recursos Naturais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (2002), de que se apresenta um extrato na Figura 117.



Fonte: Estados Unidos (2002)

Figura 117 – Extrato do mapa (mundo) de vulnerabilidade à erosão hídrica

2.6.2.6. Aptidão agrícola

No Mapa de "Aptidão agrícola" (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.10) se apresenta o **cruzamento da AID com o mapa "Avaliação do potencial das terras para irrigação no nordeste (para compatibilização com os recursos hídricos)"** (CAVALCANTI *et al.*, 1994).

Nesse mapa se identificam, na AID, as **unidades de mapeamento** das classes de terra para irrigação apresentadas no Quadro 48.

Quadro 48 – Unidades de mapeamento das classes de terra para irrigação na AID, respectivas classes e áreas

Unidades de mapeamento	Classes de terra para irrigação			Área (ha)	%
	Classes	Subclasses	Fatores limitantes		
6d	Terras não aráveis	Drenagem	-	7.748,65	73%
3t y	Terras aráveis com aptidão restrita	Topografia	Fertilidade	1.884,50	18%
6t + 3 y	Terras não aráveis	Topografia	-	960,59	9%
	Terras aráveis com aptidão restrita	-	Fertilidade		

Fonte: Cavalcanti *et al.* (1994)

Assim, no mapeamento do potencial das terras da AID para irrigação predominam as seguintes classes:

- **Classe 6 – Terras não aráveis**. "São terras que não satisfazem os mínimos requisitos para enquadramento em outras classes e que são inadequadas para irrigação. Geralmente compreendem terras com solos muito rasos sobre embasamento rochoso ou outra formação impermeável às raízes ou água; terras de textura extremamente grosseira e baixa disponibilidade de água; terras influenciadas por sais e de recuperação muito difícil; terras dissecadas e severamente erodidas; terras muito elevadas e com topografia muito declivosa ou complexa; enfim, todas as áreas obviamente não aráveis." Associadas a esta classe aparecem, em parcelas distintas da AID, as seguintes **subclasses**, consideradas como principais deficiências:
  - d = drenagem (nas zonas leste e sul da atual Rodovia BA-001 na Ilha de Itaparica);
  - t = topografia (na margem de Salvador);
- **Classe 3 –** "**Terras aráveis de aptidão restrita** para agricultura irrigada, devido a deficiências de solo, topografia e drenagem mais intensas que na classe 2. Podem apresentar deficiências como fertilidade muito baixa, textura grosseira, topografia irregular, salinidade, drenagem restrita, etc.

suscetíveis de correção a alto custo, ou não corrigíveis. Têm um restrito número de culturas adaptáveis, mas com manejo adequado, podem produzir economicamente." Associada a esta classe aparece, em uma porção da AID (zona oeste da atual Rodovia BA-001 na Ilha de Itaparica), a **subclasse** t (topografia) e, de forma generalizada (na zona oeste da atual Rodovia BA-001 na Ilha de Itaparica e na margem de Salvador), o **fator limitante** y (fertilidade natural [produtividade]); o fator limitante (avaliação de deficiência), neste caso relativo à deficiência do solo (em alternativa a deficiência de topografia ou de drenagem), visa fornecer maiores informações sobre os aspectos relacionados com o uso e manejo dos solos.

Estas definições são conformes com o mapa de "**Solos – Potencialidade agrícola**", em menor escala (1:15.000.000), do Atlas Nacional do Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010, p. 79), que classifica toda a AID como tendo um solo "Desaconselhável", uma fertilidade "Muito baixa" (Cf. Figura 118) e apresentando como limitações "Alta salinidade / reduzida profundidade / presença de pedregosidade ou rochosidade / textura arenosa".

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010)

Figura 118 – Cruzamento da AID com o mapa de “Solos – Potencialidade agrícola” do Atlas Nacional do Brasil

Deduz-se que a principal limitação para o uso produtivo destes solos é, na maior parte da AID (73%), a permeabilidade das formações superficiais, que favorece a drenagem e não permite a retenção da umidade e, na restante área – zona oeste da atual Rodovia BA-001 na Ilha de Itaparica (18%) e margem de Salvador (9%) – a topografia e a baixa fertilidade.

Os solos da AID se apresentam assim com **baixa aptidão agrícola**, em particular para agricultura irrigada e, portanto, como **áreas indicadas somente para pastagens, reflorestamento e para preservação de ecossistemas**. Ainda assim, nas terras com alguma aptidão para este fim, o uso para agricultura depende de técnicas de manejo do solo que adequem a topografia e promovam a fertilidade natural (produtividade).

2.6.3. Situação atual na ADA

Na ADA do empreendimento são abrangidas fundamentalmente as seguintes unidades de **mapeamento das classes de solos**, já caracterizadas para a AID:

- Associações de Argissolos Vermelho-Amarelos (representando 45% do traçado e ocorrendo em particular no interior da Ilha de Itaparica);
- Associação de Espodossolos Hidromórficos com Neossolos Quartzarênicos (com 42% do traçado, sobretudo na costa leste da Ilha).

As características de **permeabilidade** (moderada a moderadamente rápida) e de **suscetibilidade à erosão** (elevada) dos solos são semelhantes na ADA e na AID, dada a predominância dos mesmos tipos de solos.

Nenhum dos locais de amostragem da **qualidade dos solos** é diretamente abrangido pela ADA.

Também no caso do **uso do solo** e cobertura vegetal as classes predominantes na ADA são as mesmas que na AID, com proporções mais significativas:

- o uso florestal representa 51% do traçado (42% de Floresta Ombrófila em Estado Inicial de Regeneração e 9% em Estado Médio/Avançado);
- a Restinga representa 32%;
- Brejo e Área urbanizada estão presentes em 3% e 15% do traçado, respectivamente.

Quanto à **aptidão agrícola** dos solos, como na AID, a principal limitação para o uso produtivo dos solos da ADA é a permeabilidade das formações superficiais, embora neste caso a proporção de terras não aráveis ascenda a 90% do traçado.

2.7. Sismicidade

2.7.1. Metodologia

A análise da sismicidade é suportada por informação bibliográfica e cartográfica publicadas (dados secundários), quer por organismos públicos nacionais (notadamente o Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo) e internacionais (como, por exemplo, os Serviços Geológicos dos Estados Unidos – USGS), quer em trabalhos científicos desenvolvidos por equipas dedicadas ao estudo da tectônica.

Atendendo a que a sismicidade natural está sobretudo relacionada com o contexto geotectônico mundial, ou seja, com a movimentação das placas tectônicas, e regional, em particular decorrente da movimentação de falhas ativas, a caracterização da situação atual é comum para as diferentes áreas de influência do empreendimento (ADA, AID, AII).

O Diagnóstico Ambiental da componente sismicidade compreende:

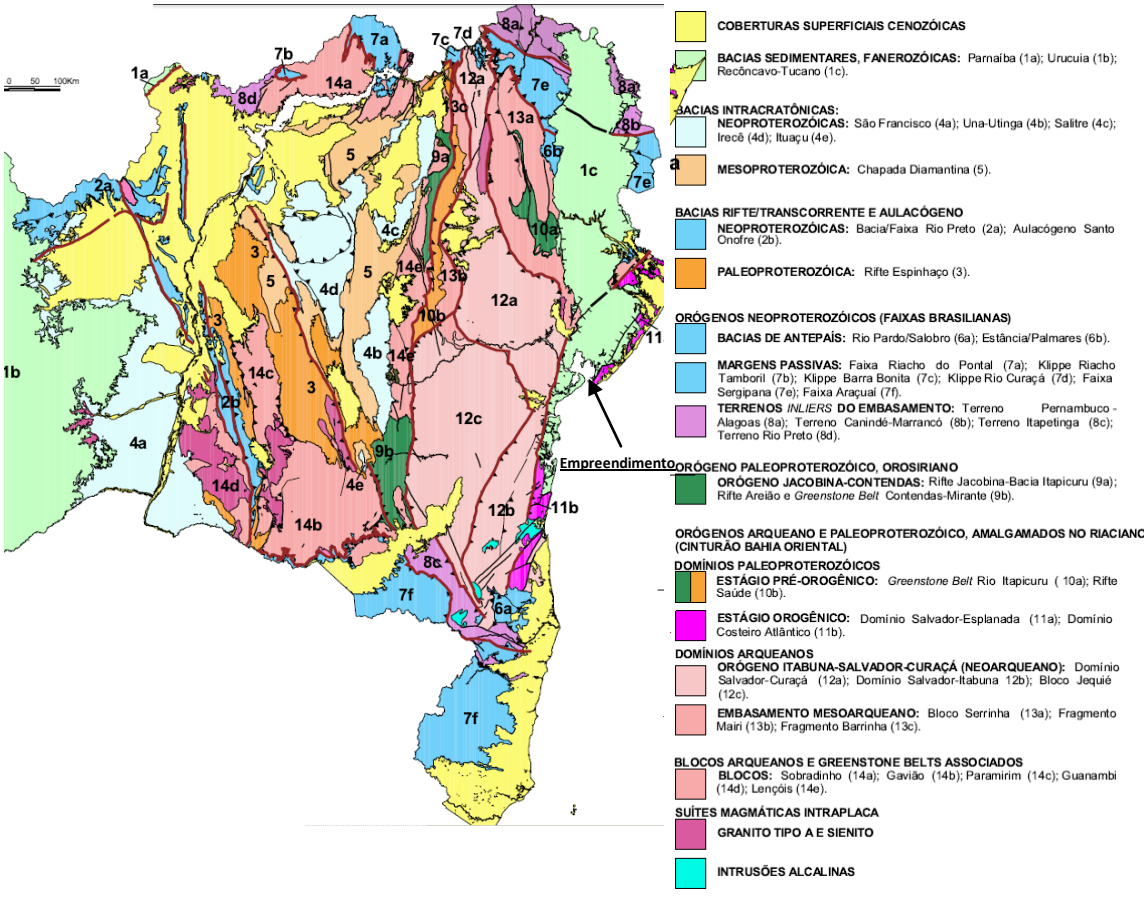
- O enquadramento tectônico e sísmico da região em que se insere o empreendimento;
- A identificação dos principais eventos sísmicos inventariados no Catálogo Sísmico Brasileiro do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, para o período compreendido entre 1560 e 2012 (dados até 31/12/2012, versão Agosto/2013, consulta em maio de 2014). Considerando a informação disponível apresenta-se uma listagem dos sismos históricos ocorridos no estado da Bahia, sendo dado particular destaque àqueles que tiveram epicentro num raio de 200 km em torno do empreendimento;
- A identificação dos acidentes tectônicos reconhecidos como possuindo movimentação recente (Quaternário).

Pela sua localização na zona costeira, e atendendo ao enquadramento geotectônico e sísmico, analisa-se ainda a susceptibilidade das áreas de influência do empreendimento aos efeitos de um evento tsunaminogênico em consequência da atividade sísmica.

2.7.2. Situação atual na AII

2.7.2.1. Enquadramento tectônico

O empreendimento abrange essencialmente terrenos do domínio tectônico da sub-bacia sedimentar do Recôncavo, integrada no sistema de bacias Recôncavo-Tucano-Jatobá. Na margem esquerda da Baía de Todos os Santos, em Salvador, individualiza-se uma reduzida parte do domínio tectônico de Salvador-Esplanada, pertencente ao cinturão Bahia Oriental, representado pelo afloramento das rochas do embasamento cristalino.



Fonte: adaptado de MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2003)

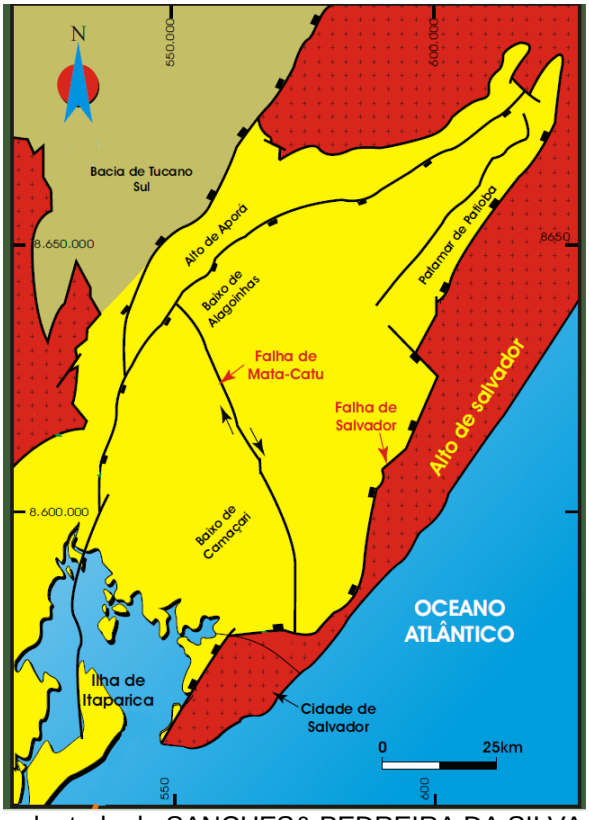
Figura 119 – Extrato do mapa tectônico da Bahia

A origem da sub-bacia do Recôncavo está associada à fase inicial de ruptura do paleocontinente Gondwana e à abertura do Oceano Atlântico Sul, do qual foi abortado um braço secundário durante o Aptiano. Taxas de extensão diferenciadas ao longo da bacia são acomodadas através de zonas de transferência com orientação N40°W, a

exemplo da falha de Mata-Catu. O campo de tensões responsável pela atenuação e ruptura da crosta teria estado ativo entre o Mesojurássico (cerca de 165 Ma) e o Eocretáceo (cerca de 115 Ma) (MILHOMEM *et al,* 2003).

As características da sub-bacia sedimentar do Recôncavo refletem as heterogeneidades do embasamento pré-cambriano sobre o qual atuaram esforços distensivos.

Esta bacia é assim delimitada e compartimentada por um conjunto de acidentes tectônicos normais, com direção preferencial N30°E. É limitada pelo sistema de falhas de Salvador, a Leste, pela falha de Maragojipe, a Oeste, pela falha do Alto Aporá, a Norte e Noroeste, e pelo sistema de falhas da Barra, a Sul. Corresponde a uma estrutura única, formando um semi-graben orientado Norte/Nordeste – Sul/Sudoeste, com a borda falhada a sudeste e flexural a Oeste. Encontra-se dividida, por ação de falhas orientadas Noroeste-Sudeste (Mata-Catu e Itanagra-Araçás), em três compartimentos com características estratigráficas e estruturais distintas (norte, central e sul), localizando-se o empreendimento no seu limite sul.



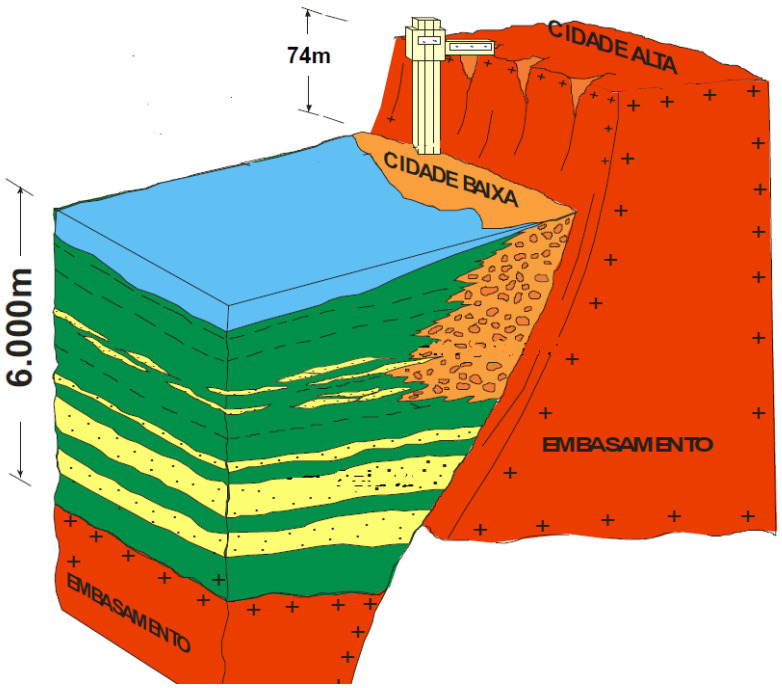
Fonte: adaptado de SANCHES& PEDREIRA DA SILVA (2006)

Figura 120 – Principais acidentes tectônicos na região

O Alto de Salvador, proeminente bloco elevado de granulitos précambrianos do embasamento cristalino, separa o Recôncavo da margem continental contígua, em sua porção correspondente à Bacia de Jacuípe (CAINELLI E MOHRIAK, 1998, *in* CPRM, 2003).

Na região em que se insere o empreendimento as falhas com maior expressão e importância no contexto geológico são:

- a Falha de Salvador, com aproximadamente 150 km de extensão, localiza-se no limite Leste da Bacia do Recôncavo. A Falha de Salvador tem uma inclinação da ordem dos 70º para Noroeste e rejeito de cerca de 74 m. É o acidente tectônico responsável pela existência de uma cidade alta e de uma cidade baixa em Salvador;
- a Falha do Alto de Aporá, que estabelece a fronteira entre a Bacia do Recôncavo e a Bacia do Tucano Sul;
- a Falha da Barra, define o limite Sul da Bacia do Recôncavo, separando-a da Bacia de Camamu;
- Falha de Mata-Catu: dispõe-se transversalmente à Bacia do Recôncavo, tendo evoluído como uma estrutura passiva controlada pela Falha de Salvador, e a Falha de Tombador e o Alto de Boa União-Orobó, a Noroeste. Possui 80 km de extensão;
- a Falha de Maragojipe: falha com 157 km, que define o limite Oeste da Bacia do Recôncavo. Tem um deslocamento vertical de aproximadamente 200 m.



Fonte: adaptado de SILVA (2005)

Figura 121 – Escarpa de falha de Salvador

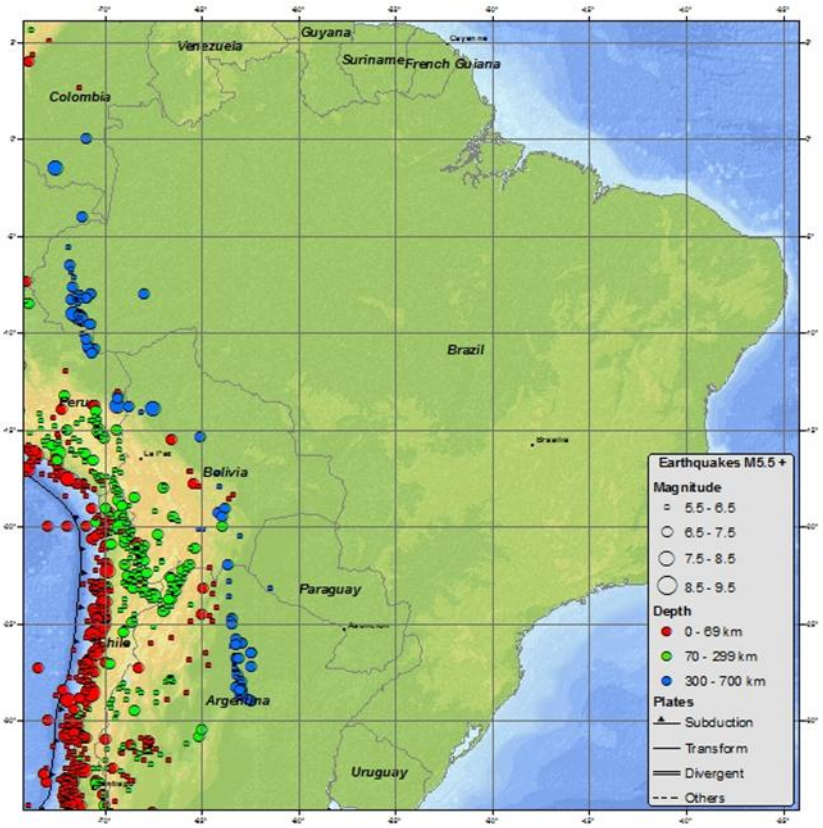
Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Salvador/2013
Nota: Note-se o desnível entre a cidade alta/cidade baixa na zona próxima da chegada da ponte a Salvador

Fotografia 16 – Vista para a escarpa de falha de Salvador

2.7.2.2. Enquadramento sísmico

O Brasil situa-se no interior da Placa Sul-Americana, na sua porção central. Esta localização, distante das margens ativas das placas tectônicas, confere-lhe uma atividade sísmica significativamente menor do que aquela que se verifica noutras partes do globo, em geral, e nos países vizinhos a Oeste e que confrontam com a placa de Nazca (mergulhante sob a placa Sul-Americana), em particular.

De acordo com Lopes e Nunes (2011), a atividade sísmica no território Brasileiro caracteriza-se pela ocorrência média de menos de dois sismos com magnitudes maiores que 4 m_b por ano, um sismo com magnitude maior que 5 m_b a cada seis anos, e um sismo de magnitude 6 m_b a cada 45 anos.



Fonte: http://earthquake.usgs.gov (consulta em maio de 2014)

Figura 122 – Mapa sísmico de 1900 até março de 2012 considerando sismos com magnitude superior a 5.5

Pela sua posição intraplaca, o Brasil era considerado, até há pouco tempo, como praticamente assísmico, sendo a pequena atividade registrada considerada de importância secundária. Não obstante a menor sismicidade interplacas, registram-se

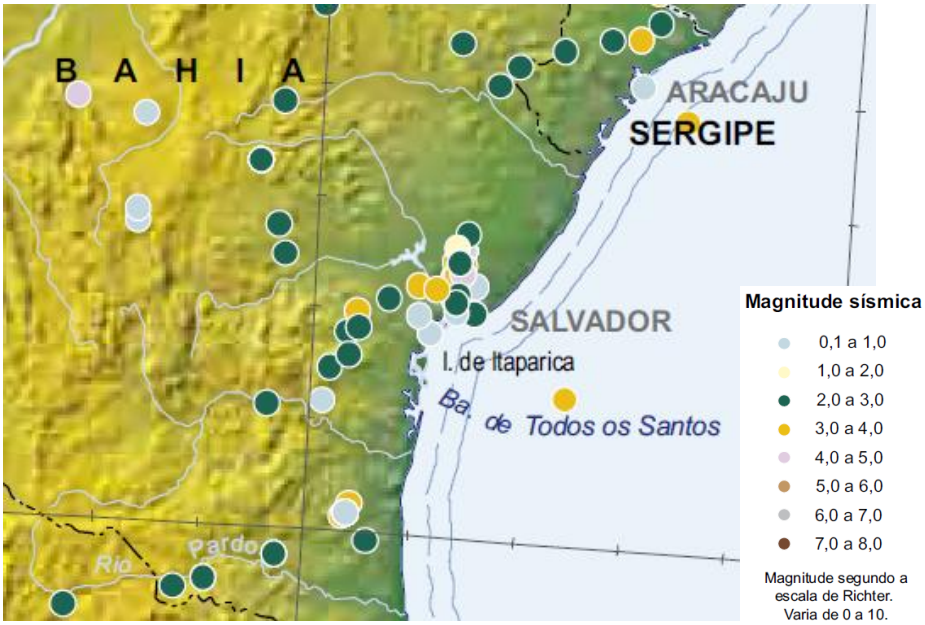
alguns eventos sísmicos intraplaca, fruto de movimentos associados a acidentes tectônicos ativos por compressão da Placa Sul-Americana. Estes sismos são aparentemente pouco profundos (< 33 km).

Apesar da reduzida perigosidade sísmica que caracteriza em geral o país, não é de excluir a ocorrência de sismos com magnitude de até 7,5 m_b, referindo Lopes e Nunes (2011) um período de recorrência desse tipo de evento de aproximadamente 885 anos.

O nordeste do Brasil é a principal região de atividade sísmica do país (FERREIRA *et al*, 2013), assumindo-se a sub-bacia do Recôncavo, na qual se insere o empreendimento, como uma das zonas sísmicas por excelência.

Apesar da frequente atividade sísmica no estado da Bahia, os eventos sísmicos são de reduzida magnitude. Os principais registros de sismos ocorridos no Brasil remontam ao século XVI, e segundo o levantamento de Ferreira e Assumpção (1983, *in* LIMA, 2000), no nordeste Brasileiro, entre o século XVII e o início da década de 80 do século XX, foram catalogados 253 sismos.

De acordo com o Catálogo Sísmico Brasileiro, no estado da Bahia, entre 1560 e 2012, registraram-se 134 sismos. Do universo de sismos, apenas 5% tiveram magnitudes superiores a 4 (na Escala de Richter), sendo que o último destes eventos históricos verificou-se no início do século XX (23 de novembro de 1919).



Fonte: adaptado de ATLAS NACIONAL DO BRASIL, à escala 1:15 000 000 (IBGE, 2010)

Figura 123 – Magnitude dos principais eventos sísmicos ocorridos no estado da Bahia até 2010

2.7.2.3. Sismicidade histórica e instrumental

A Rede Sismográfica Brasileira é composta por um vasto conjunto de estações (atualmente 155), das quais sete se localizam no estado da Bahia. Duas destas estações sismográficas – Pedra do Cavalo e Muritiba, localizam-se a menos de 80km a Noroeste do empreendimento.

As estações sismográficas são responsáveis pelos registros recentes do Catálogo Sísmico Brasileiro, sendo que parte dos sismos inventariados, sobretudo os históricos, resultam da compilação de dados de várias fontes bibliográficas, como o livro "*Sismicidade do Brasil*" (BERROCAL *et al.,*1984, *in* http://www.moho.iag.usp.br, consulta em maio de 2014) e até 1995 da informação constante nos Boletins Sísmicos publicados na Revista Brasileira de Geofísica.

Fonte: http://www.moho.iag.usp.br (consulta em maio de 2014)

Figura 124 – Estações sismográficas do estado da Bahia

No Mapa Sismicidade entre 1560 e 2012 (Caderno de Mapas – Volume 2: Mapas 2.11), e de acordo com o Catálogo Sísmico Brasileiro (consulta em maio de 2014), apresenta-se a atividade sísmica histórica e registrada entre 1560 e 2012 num raio de 200 km em torno do empreendimento. No Quadro 49 apresenta-se a listagem dos 60 sismos catalogados nesse período e nesse raio, bem como as suas características. Refira-se que na AID apenas está identificado um sismo ocorrido em 1911 (Ilha de Itaparica), não havendo contudo informação sobre a magnitude ou intensidade.

Quadro 49 – Sismos inventariados em torno do empreendimento (200 km) entre 1560 e 2012

Ano	Mês/Dia	Magnitude*	Intensidade**	Área afetada/sismo sentido
1666	---	---	---	Salvador
1709	---	---	---	Salvador
1720	11/23	---	---	Salvador
1724	01/04	2.8	III-IV	Salvador
1815	--/06	---	---	Caboto
1899	---	3.5	V	Amargosa
1911	--/11	---	---	Itaparica
1911	03/15	3.3	---	Itaparica
1911	03/22	4.4	VII	Itaparica
1912	04/18	---	---	Br. Jequirica
1912	04/19	3.7	V-VI	Br. Jequirica
1915	11/06	4.0	VI	Fontes Area

Ano	Mês/Dia	Magnitude*	Intensidade**	Área afetada/sismo sentido
1916	06/12	---	---	Nazaré
1917	11/07	4.3	VI-VII	Rio Fundo
1917	11/08	3.7	IV	Rio Fundo
1917	11/08	---	---	Rio Fundo
1917	12/23	---	---	Rio Fundo
1918	01/12	3.7	V-VI	Rio Fundo
1918	03/04	---	---	Rio Fundo
1918	03/22	---	---	Rio Fundo
1918	03/27	---	---	Rio Fundo
1918	03/29	---	---	Rio Fundo
1918	04/14	---	---	Rio Fundo
1918	04/19	---	---	Rio Fundo
1918	--/06	---	---	Rio Fundo
1919	07/29	---	---	S.B. Daslajes
1919	11/09	3.8	IV	Acupe
1919	11/10	3.6	IV	Santo Amaro
1919	11/11	---	---	S.B. Daslajes
1919	11/13	3.5	V	Santo Amaro
1919	11/16	3.5	V	S.B. Daslajes
1919	11/23	4.2	VII	M. Recôncavo
1937	---	---	---	Ubaira
1983	06/28	2.2	---	S.A. de Jesus
1987	04/26	---	---	Apuarema
1987	08/03	2.3	---	V. Jequirica
1989	05/09	2.2	---	T.Sampaio
1990	30/04	2.9	---	Itaberara
1991	09/11	2.3	---	Itaparica
1991	11/22	2.2	IV-V	Itaparica
1992	07/01	2.0		Teodora Sampaio
1994	06/09	3.0	---	Jaguaquara
1992	08/25	3.2	---	Recôncavo
1994	07/01	3.4	---	Margem Continental
1994	09/23	2.7	---	Jaguaquara
1995	04/12	2.2	---	Itaberara
1999	07/11	2.9	---	Ubaira
2002	10/10	3.6	---	Amargosa
2002	09/20	3.0	---	Santo Amaro

Ano	Mês/Dia	Magnitude*	Intensidade**	Área afetada/sismo sentido
2002	09/28	3.7	---	Santo Amaro
2002	10/01	2.8	---	Santo Amaro
2002	10/17	2.9	---	Santo Amaro
2002	10/01	2.3	---	Santo Amaro
2006	29/03	3.7	IV	Jequieh
2010	16/03	---	---	Mutuipe
2010	28/03	---	---	Mutuipe
2010	27/05	---	---	Mutuipe
2010	31/05	---	---	Mutuipe
2010	01/06	3.2	---	Mutuipe
2010	20/10	---	---	Mutuipe

Fonte: CATÁLOGO SISMICO BRASILEIRO – CATÁLOGO DO IAG, consulta em maio de 2014);
Notas: * Richter; ** Escala Mercalli-Modificada

A maioria destes sismos tem magnitude inferior a 4, sendo que foi na Ilha de Itaparica o epicentro dos sismos de maior magnitude. Em 1911 ocorreram 3 sismos em Itaparica, dos quais dois com magnitude de 4.4 e 3.3. O sismo de magnitude 4.4 teve uma intensidade de 7, correspondendo a um evento muito forte em que os efeitos são sentidos pelas pessoas e ao qual estão associados danos pequenos a moderados em edifícios e situações de instabilidade de vertentes suportadas por terrenos arenosos.

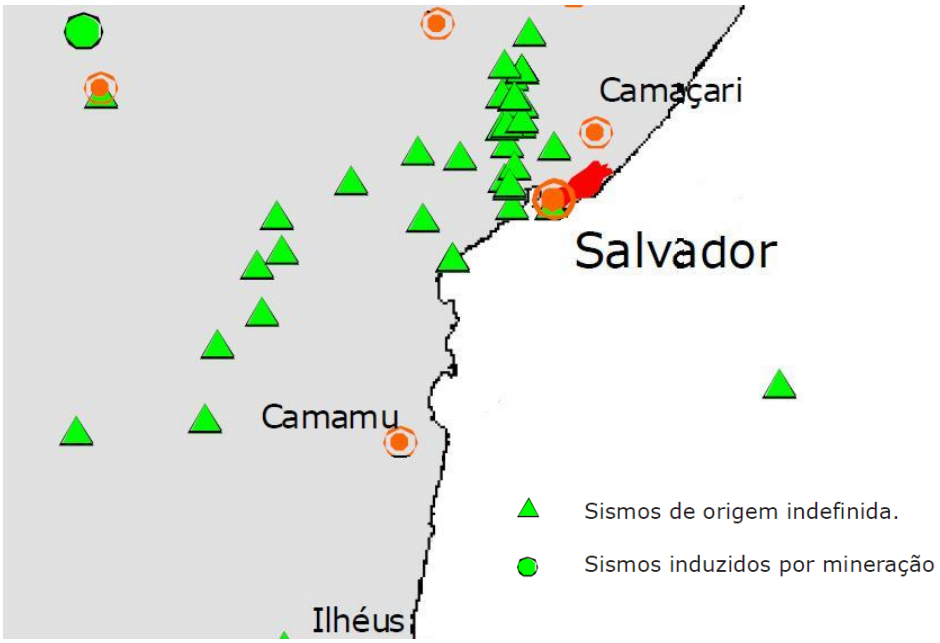
Os últimos sismos na Ilha de Itaparica remontam a 1991, tendo sido registradas magnitudes de 2.2 e 2.3.

A Norma ABNT relativa à elaboração de Projetos de estruturas resistentes a sismos (ABNT NBR 15421:2006) enquadra a região em que se insere o empreendimento na zona sísmica zero, correspondendo a uma aceleração sísmica horizontal de 0.025 g. Esta zona sísmica inclui-se na categoria A, ou seja, para as estruturas aí localizadas na zona sísmica zero, nenhum requisito de resistência antissísmica é exigido.

Contudo, e embora esta zona corresponda a uma menor perigosidade sísmica, refira-se que no nordeste Brasileiro, em geral, e no estado da Bahia, em particular, está inventariado um conjunto significativo de sismos, alguns dos quais com a maiores magnitudes do país. Vasconcelos (2010) refere que na região de Salvador, embora caracterizada como tendo uma aceleração menor que 0,025 g, os valores encontrados em estudos de risco sísmico na região são maiores que 0,06 g.

Lopes e Nunes (2011) a este respeito salientam a falta de conhecimento que ainda existe sobre o perigo sísmico de grande parte do território Brasileiro, referindo que o mapa regional do perigo sísmico apresentado na Norma ABNT é preliminar e pouco representativo do perigo sísmico real. De acordo com os autores a classificação constante da Norma ABNT deve ser usada de forma limitada para grandes obras, justificando-se inclusivamente nestes casos a realização de estudos de risco sísmico específicos para o local da obra.

Inclusivamente, no Mapa de Geodiversidade do Estado da Bahia (CPRM, 2010) a região em que se insere o empreendimento é identificada como área susceptível a riscos geológicos em virtude da ocorrência de sismos de origem indefinida.



Fonte: adaptado de CPRM (2010)

Figura 125 – Risco geológico – sismos

2.7.2.4. Neotectônica

A atividade tectônica assume um papel de particular destaque na evolução e história geológica da Baía de Todos os Santos. A influência da atividade tectônica no Quaternário é há várias décadas apontada, por diversos autores, como responsável pela evolução da Baía de Todos os Santos. Tricard e Cardoso da Silva (1968, *in* HATJE, ANDRADE, 2009) acreditavam que a Baía de Todos os Santos resultou de

deformações tectônicas recentes, ao ponto de ainda não ter influenciado a organização da rede hidrográfica local.

Por sua vez, Martin *et al.* (1986, *in* HATJE, ANDRADE, 2009) deduziram a existência de movimentos verticais holocênicos, com base na distribuição de depósitos quaternários no interior da Baía de Todos os Santos. Mais recentemente, Carvalho (2000), Lessa *et al* (2000), Lessa (2005) e Cirano e Lessa (2007) reafirmaram, principalmente com base em evidências apresentadas em trabalhos mais antigos, a crença em movimentos tectônicos recentes como um dos principais fatores a modelarem a baía.

Refira-se, contudo, que levantamentos de campo de algumas centenas de quilômetros de linhas sísmicas de alta resolução, recobrindo toda a baía, não mostraram qualquer evidência de movimentações tectônicas afetando os sedimentos quaternários que a preenchem parcialmente (HATJE, ANDRADE, 2009).

Não obstante a relativa estabilidade do território Brasileiro, os frequentes registros sísmicos no início do século XX no estado da Bahia também foram interpretados por alguns autores como associados a acidentes tectônicos intraplaca com atividade recente (LIMA, 2000).

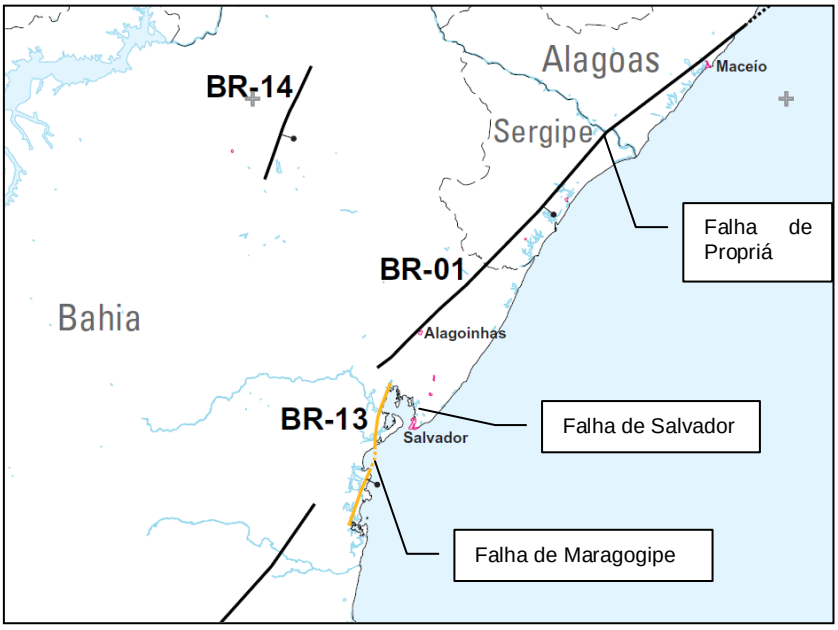
De acordo com o Mapa das Falhas e Lineamentos do Quaternário do Brasil, à escala 1:6 000 000 (USGS, 2002), na região em que se insere o empreendimento estão identificados dois acidentes tectônicos com sinais de movimentação recente:

- Falha de Propriá e Lineamentos (BR-01): esta falha movimenta terrenos igneo-metamórficos do Pré-Câmbrico. A sua formação, bem como dos lineamentos associados, ter-se-á verificado durante a fragmentação do Gondwana. Com cerca de 575 km de extensão forma um conjunto de escarpas e limita a ocidente a sub-bacia do Recôncavo. Terá sofrido movimentação nos últimos 1.6 milhões de anos, atendendo às evidências morfológicas e ao fato de atravessar os sedimentos do Grupo Barreiras (cobertura sedimentar terrígena continental, do Pliocênico). A subsidência atual da Baía de Todos os Santos constituirá um outro elemento da sua atividade. Esta falha localiza-se a vários quilômetros a Norte do local do empreendimento;
- Falha de Maragogipe (BR-13): esta falha formou-se no Mesozoico, aquando da separação de África da América do Sul. Estabelece o limite

entre os sedimentos do Cretáceo e as rochas do embasamento cristalino Pré-Câmbrico. A movimentação recente desta falha terá ocorrido no Holocênico e pós-glaciar (< 15 000 anos). A estimativa do período de movimentação relaciona-se com a morfologia da escarpa de falha, pelos cursos de água que não tiveram tempo para se ajustar ao nível de base imposto e pela subsidência que ainda ocorre da Baía de Todos os Santos. Esta falha desenvolve-se paralelamente ao limite ocidental da BTS, prolongando-se para sul do estado da Bahia e passando próximo da zona de duplicação da ponte do Funil (estrada BA-001).

Há autores que correlacionam a origem de alguns sismos à reativação da falha de Maragogipe, mas também à falha de Salvador (ELO, 2010), embora esta não esteja identificada como acidente tectônico ativo no Mapa de Falhas e lineamentos quaternários publicado pela USGS em 2002.

Refira-se que não existem atualmente dados relativos à recorrência dos movimentos tectônicos ou a identificação do tipo de deslocamento associado a qualquer uma destas falhas.

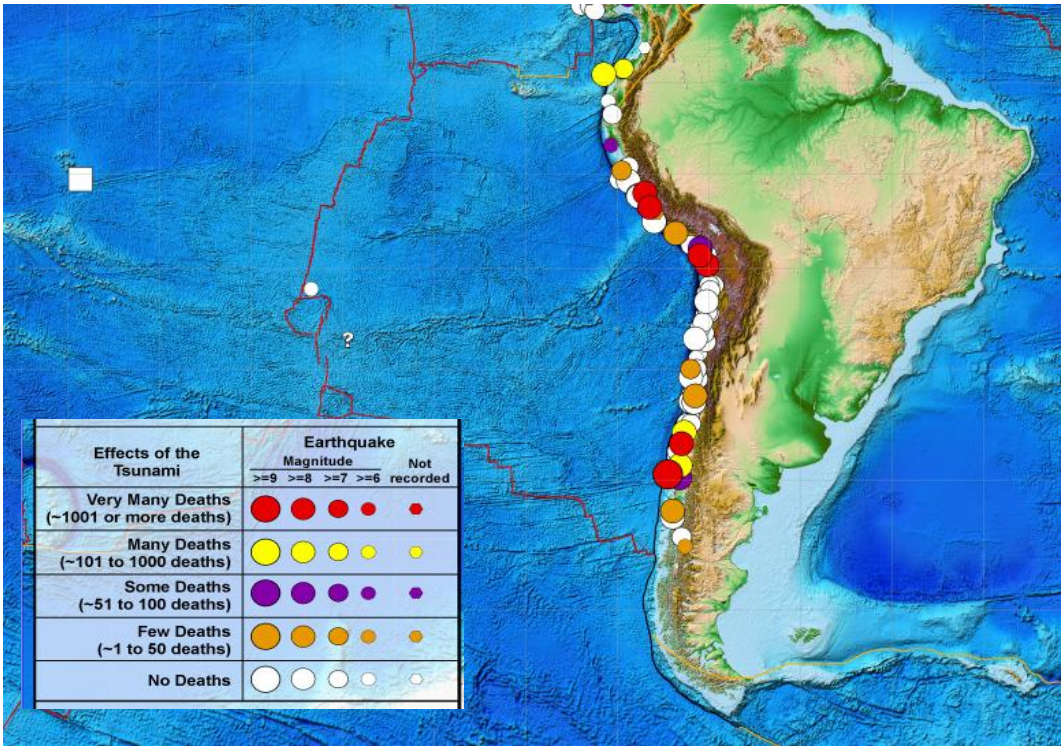


Fonte: adaptado de USGS (2002)

Figura 126 – Falhas e lineamentos quaternários

2.7.2.5. Atividade tsunaminogênica

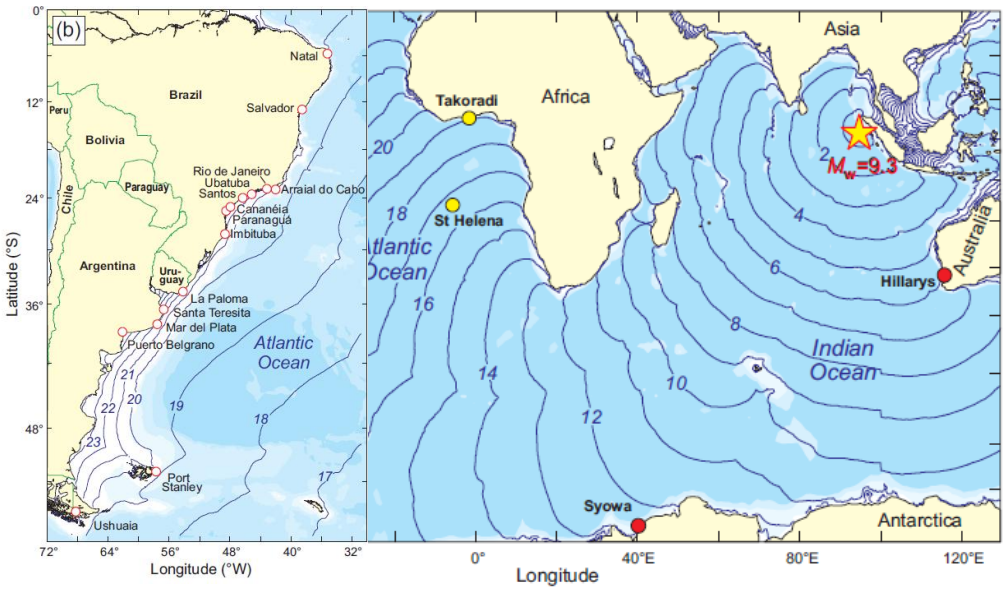
Face ao enquadramento de reduzida sismicidade é compreensível a ausência de eventos tsunaminogênicos de relevância na costa Brasileira. Por outro lado, a ocorrência de *tsunamis* com origem no oceano Atlântico é muito inferior à do oceano Pacífico, pelo que a probabilidade de chegada de ondas à costa brasileira é também relativamente reduzida.



Fonte: adaptado de NOAA (2011)

Figura 127 – Relação entre efeitos de *tsunamis* e sismos no período compreendido entre 1410 (Antes de Cristo) e 2011 (Depois de Cristo)

Não obstante este enquadramento, os efeitos do sismo de magnitude 9.3 ocorrido em 26 de dezembro de 2004 na costa de Sumatra (oceano Índico), foram registrados na zona costeira de Salvador, região onde até à data nunca havia sido registrado um evento tsunaminogênico. De fato, o sismo de dezembro de 2004 foi o primeiro evento claramente registrado no Atlântico Sul, e especificamente, na costa atlântica da América do Sul (CANDELLA *et al*, 2008).



Fonte: adaptado de CANDELLA *et al* (2008)

Figura 128 – Localização do epicentro do sismo de 2004 (estrela) e marégrafos de registro na zona costeira Brasileira (pontos vermelhos)

Este *tsunami* com efeitos catastróficos em vários países em termos de vidas humanas e de bens materiais foi sentido de forma pouco significativa em Salvador no imediato dia em que ocorreu. No marégrafo de Salvador, às 21h13m foi registrada a primeira onda, sendo que a onda máxima, de cerca de 60 cm, foi sentida às 00h12m do dia 27 de dezembro (CANDELLA *et al,* 2008).

2.7.3. Situação atual na AID

A sismicidade na AID é reflexo do contexto geotectônico do território Brasileiro e da região de Salvador/estado da Bahia, pelo que a situação atual é a mesma que a descrita para a AII.

2.7.4. Situação atual na ADA

As condições sismotectônicas da ADA são o resultado do enquadramento geotectônico do país e da região em que se insere o empreendimento, sendo desta forma iguais ao que foi referido para a AII.

2.8. Recursos hídricos superficiais

2.8.1. Aspectos quantitativos dos recursos hídricos superficiais

2.8.1.1. Metodologia

A metodologia seguida para o diagnóstico da situação de referência no que diz respeito aos aspectos quantitativos dos recursos hídricos superficiais na AII do empreendimento foi a seguinte:

- Identificação dos principais cursos de água afluentes à BTS;
- Avaliação da quantidade e principais usos de água das afluências fluviais à BTS (situação de referência), seu contributo para o balanço hídrico da BTS e tendências de evolução nos últimos anos;
- Previsão da evolução da situação de referência da quantidade de recursos hídricos superficiais, na ausência de implementação do Projeto.

Para este desenvolvimento consideraram-se na AII as bacias hidrográficas principais (regiões de planejamento e gestão da água) afluentes à BTS, especificamente, a bacia do rio Paraguaçu, a bacia do Recôncavo Sul e a bacia do Recôncavo Norte. Dentro destas bacias consideraram-se os principais corpos de água, incluindo principais rios e seus estuários, e os principais barramentos e captações de água.

Para determinação dos principais rios considerou-se a sua importância em termos de quantidade de água afluente à BTS (rio Paraguaçu, rio Jaguaripe, rio Subaé) e também, de modo a contextualizar a seção de Recursos Hídricos Superficiais – qualidade, a sua importância para a qualidade da água da BTS. Deste modo, mereceram destaque rios que apesar de terem pouca relevância para a BTS em termos de quantidade de água afluente, são importantes para a compreensão da situação da qualidade da água, especificamente, o rio São Paulo e os rios urbanos dos municípios Salvador e Simões Filho.

O diagnóstico dos Recursos Hídricos Superficiais – aspectos quantitativos foi conduzido de modo a fornecer subsídios para a compreensão de outras seções do diagnóstico do Meio Físico, especificamente a seção de Recursos Hídricos Superficiais – qualidade da água e a seção de Oceanografia e Dinâmica Costeira.

Os dados secundários foram obtidos de principais documentos enquadradores da gestão das bacias hidrográficas e de estudos específicos efetuados para a BTS ou

principais rios afluentes, privilegiando as fontes mais recentes. Para este efeito foram utilizadas as seguintes fontes de dados secundários:

- Sinopse das Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2001): caracterização da região hidrográfica e de principais bacias hidrográficas;
- Plano Estadual de Recursos Hídricos (BAHIA, 2004): características das bacias hidrográficas principais, incluindo locais de ocorrência de inundações e seca;
- Balanço Hídrico para a Revisão do Plano Estadual de Recursos Hídricos (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA, 2010a): área das bacias hidrográficas principais;
- Atlas do Abastecimento Urbano de Água (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010): captações de água para consumo humano (abastecimento urbano e rural) na AII;
- HYDROS e CH2MHILL (2000b): afluências à BTS pelas pequenas bacias do Recôncavo Norte;
- Bahia (2008a, 2008b): rede hidrográfica e usos de água das bacias hidrográficas afluentes à BTS;
- Empresa Baiana de Águas e Saneamento (2011a, 2011b, 2011c, 2011d, 2011e): captações de água para consumo humano (abastecimento urbano e rural) nos sistemas que servem os municípios de Cachoeira, Itaparica, Maragogipe, Salinas da Margarida, Saubara;
- Genz (2006), Genz *et al.* (2006): caracterização da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu e da Barragem Pedra do Cavalo;
- Lima e Lessa (2001): caracterização da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, da Barragem Pedra do Cavalo e balanço hídrico da BTS;
- Adômo *et al.* (2013): localização das nascentes do rio Subaé;
- Cirano e Lessa (2007): vazões dos rios Jaguaripe e Subaé e balanço hídrico da BTS.

Para a AID (área de influência direta) e ADA (área diretamente afetada) do empreendimento se apresenta, primeiramente, uma descrição do enquadramento hidrológico local, caracterizando as principais condições hidrológicas. Posteriormente, se apresenta um estudo hidrológico dessas áreas, compatível com a fase de projeto e a informação de base disponível. Para a realização deste estudo foi recolhida toda a informação disponível sobre os meios hídricos, destacando em particular diversos

trabalhos que se relacionam com as questões hidrológicas das bacias hidrográficas abrangidas pelo empreendimento, quer na Ilha de Itaparica quer na cidade de Salvador, a saber:

- Bahia (2003a). Secretaria de Infra-Estrutura. Superintendência de Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-BA: relatório final. Salvador: Governo do Estado da Bahia;
- Carvalho, M. S. (2010) Qualidade da Água da Fonte da Bica de Itaparica, Bahia, NE do Brasil. Plurais – Revista Multidisciplinar da UNEB. Salvador, p. 178-200, v.1, n.1, jan/abr.;
- Fragoso Júnior, C.R. (2004). Regionalização da Vazão Máxima Instantânea com base na Precipitação de Projeto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH. ReRH – Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, v. 1, n.1, p.5-13, jul./dez.

Embora os estudos relativos às águas superficiais, especificamente da Ilha de Itaparica, sejam escassos, apresenta-se uma caracterização hidrológica da Ilha tendo por base os registros históricos udométricos disponíveis no Portal do SNIRH – Rede Hidrometeorológica Nacional e a informação relativa ao modelo digital de terreno.

Foi paralelamente realizado um extenso trabalho de campo para identificação e caracterização de corpos hídricos, fontes e nascentes, áreas alagadiças e outros elementos relevantes para a matéria em estudo.

Os resultados são expostos nos pontos seguintes e nos mapas 2.12 e 2.13 (Caderno de Mapas – Volume 2).

2.8.1.2. Situação atual na AII

A. Introdução

A rede hidrográfica e principais barragens na AII e AID são apresentados no Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.12.

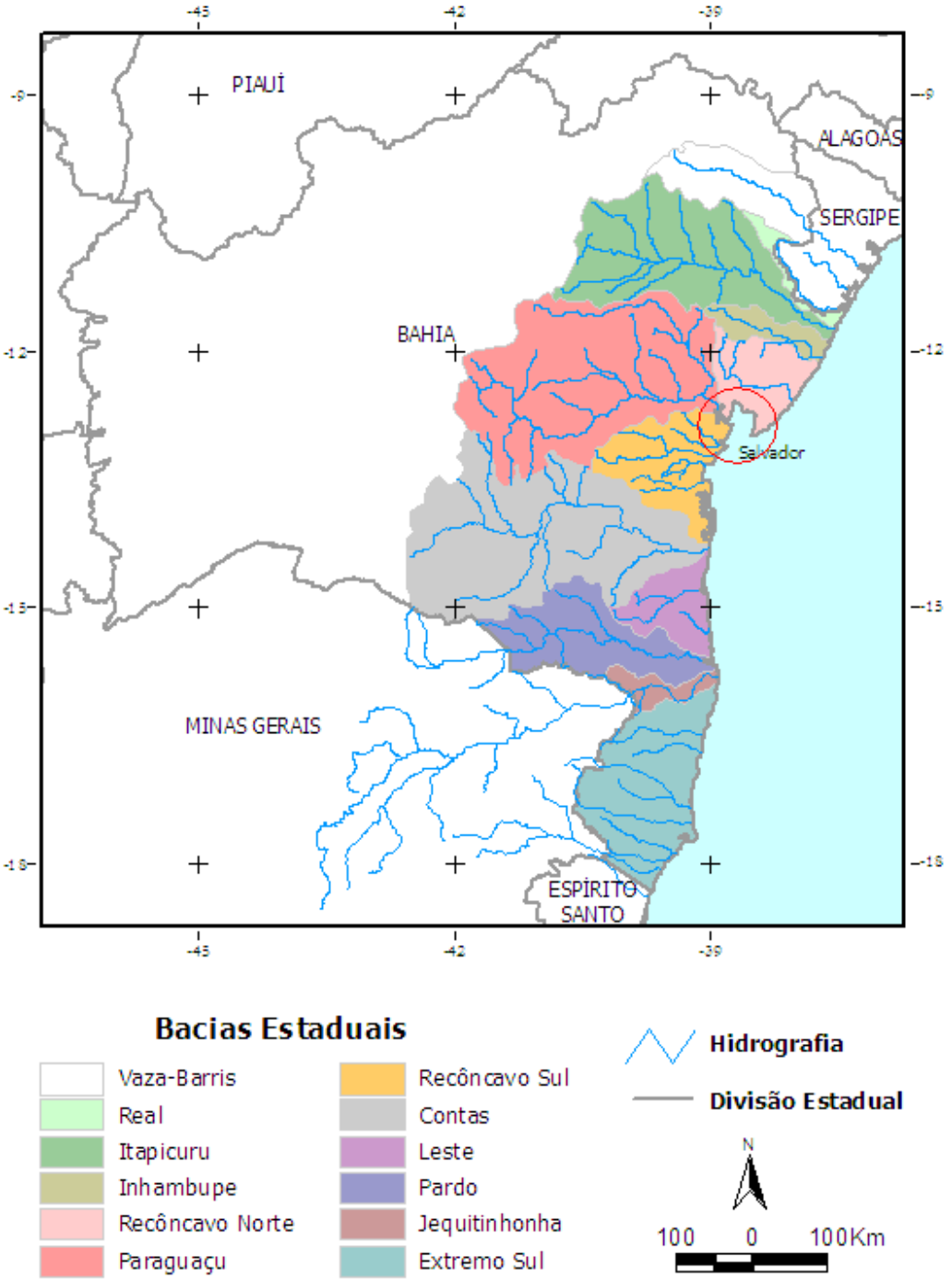
Os rios afluentes à BTS inserem-se na macrorregião hidrográfica do Atlântico Leste (Figura 129), distribuindo-se depois pelas bacias hidrográficas principais (regiões de

planejamento e gestão da água – RPGA) seguintes (Figura 130, INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA, 2010a):

- Bacia Recôncavo Norte (15.588,1 km^2): Rio Subaé, desaguando no noroeste da BTS, rio São Paulo, desaguando no norte da BTS, rios urbanos de Salvador e de Simões Filho, desaguando a leste da BTS;
- Bacia do Paraguaçu (53.206,05 km^2): Rio Paraguaçu, desaguando a oeste da BTS;
- Bacia do Recôncavo Sul (17.865,59 km^2): Rio Jaguaripe e rios da Ilha de Itaparica.

A generalidade dos rios presentes na AII são rios permanentes, devido ao clima úmido predominante (BAHIA, 2004).

Nas seções seguintes se apresentam os principais aspectos das três bacias hidrográficas principais da AII, as principais captações de água efetuadas nestas bacias e as disponibilidades hídricas.



Nota: Em vermelho assinalada a localização aproximada da AII
Fonte: Agência Nacional de Águas (2001)

Figura 129 – Região hidrográfica do Atlântico Leste e suas principais bacias hidrográficas

Fonte: Adaptado de HYDROS e CH2MHILL (2000b)

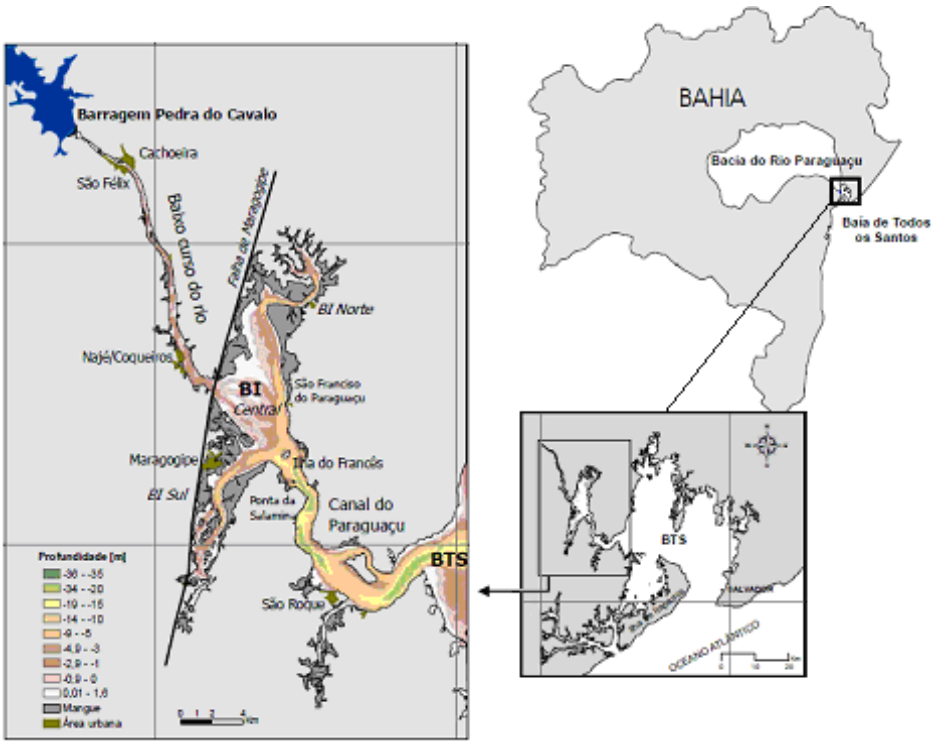
Figura 130 – Principais bacias hidrográficas afluentes à BTS e sedes municipais (detalhe)

B. Bacia hidrográfica do Paraguaçu

A principal afluência à BTS é o **rio Paraguaçu** (Figura 131), com uma bacia com 53.206,05 km^2 (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA, 2010a). Este rio tem as suas nascentes no município de Barra da Estiva (Serra do Sincorá). Dispondo de diversos afluentes nas margens esquerda e direita ao longo da bacia, merece menção na AII o afluente Jacuípe (Cf. Figura 130),

que conflui diretamente, pela margem esquerda, no corpo de água formado pela Barragem da Pedra do Cavalo, em Governador Mangabeira (BAHIA, 2008a; Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.12).

Os principais **usos das águas** desta bacia são o abastecimento urbano e rural (Barragem de Pedra do Cavalo, desde 1986), a geração de energia elétrica (Usina Hidrelétrica de Pedra do Cavalo, desde 2005), abastecimento de indústrias (metalúrgicas, têxteis, de celulose e beneficiamento mineral), lazer e esportes náuticos, pesca e dessedentação de animais (BAHIA, 2008a).



Fonte: Adaptado de Genz (2006)

Figura 131 – Bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu e da Baía de Iguape (BI)

Para a AII do presente empreendimento é relevante nesta bacia o baixo curso do rio Paraguaçu e a zona estuarina.

O baixo curso do rio Paraguaçu, desde a Barragem de Pedra do Cavalo até à desembocadura na Baía de Iguape, desenvolve-se num vale encaixado, com uma extensão de 16 km (Figura 131). Apresenta uma batimetria muito irregular, com várias depressões e bancos arenosos. Enquanto as depressões podem chegar a profundidades de 10 m, um grande número de bancos de areia aflora na baixa-mar de sizígia. O escoamento é limitado a sistemas de canais de pequena dimensão, rasos, e

com meandros de difícil navegação (GENZ, 2006). Próximo à Barragem da Pedra do Cavalo localiza-se uma ponte ferroviária (Fotografia 17) que liga as cidades de Cachoeira, na margem esquerda, e de São Félix, na margem direita. Os pilares desta ponte provocam retenção significativa de sedimentos no leito do rio (BAHIA, 2004).

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / São Félix e Maragogipe / dezembro 2013

Fotografia 17 e Fotografia 18 – Aspectos do baixo curso do rio Paraguaçu

ponte ferroviária entre São Félix e Cachoeira, bancos arenosos próximo à desembocadura na baía do Iguape

As marés oceânicas propagam-se até ao limite da cidade de Cachoeira, estabelecendo condições de água salobra em parte do baixo curso do rio, especialmente na época seca (Cf. seção de Qualidade da água de recursos hídricos superficiais). Assim, a zona estuarina do rio Paraguaçu é constituída pela baía do Iguape e pelo Canal do Paraguaçu, que comunica com a BTS no seu entorno oeste (Figura 131).

A baía do Iguape (área total de 76,1 km2) tem no seu setor central grandes bancos de areia alongados e paralelos à corrente de maré, os quais são notórios durante a maré baixa de sizígia e correspondem ao delta fluvial do rio Paraguaçu. As maiores profundidades da baía ocorrem nos setores norte e sul (Fotografia 19), em canais de maré com profundidades entre 5 e 10 m, sendo superiores a 18 m no trecho final entre São Francisco do Paraguaçu e a Ilha do Francês, na entrada do Canal do Paraguaçu (GENZ, 2006). Esta baía terá um efeito importante no abatimento da onda de cheia fluvial originada no rio Paraguaçu (GENZ et al., 2006).

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Maragogipe / dezembro 2013

Fotografia 19 – Aspecto do estuário do rio Paraguaçu: setor sul da baía do Iguape próximo à cidade de Maragogipe

O Canal do Paraguaçu estende-se por 18 km deste a Ilha do Francês até à BTS (Figura 131). Tem uma profundidade de 20 m na maior parte do seu percurso, menor em São Roque do Paraguaçu e maior frente à Ponta da Salamina, onde atinge 44 m (GENZ, 2006).

Por possuir uma área extensa, a bacia do rio Paraguaçu abrange condições climáticas bastante diferenciadas: parte alta em um clima de montanha (Chapada Diamantina), parte média em clima semi-árido e baixo curso, a jusante da barragem de Pedra do Cavalo, em clima mais úmido (GENZ, 2006). Esta abrangência climática justifica a ocorrência não sincronizada de cheias fluviais, entre novembro e fevereiro, característicos do clima semi-árido, e de picos de afluências ao estuário, no outono e inverno, característicos do clima costeiro (GENZ, 2006; LIMA e LESSA, 2001; Cf. secção de Clima).

A vazão do rio Paraguaçu na confluência com a BTS é determinada por este enquadramento climático, e também, desde 1985, pela Barragem de Pedra do Cavalo. De fato, a jusante da barragem a afluência é constituída apenas por pequenos rios que drenam uma área de apenas cerca de 450 km^2, entre os quais se destaca o rio Capivara (bacia com 316 km^2; GENZ, 2006).

A **Barragem de Pedra do Cavalo** foi concebida para usos múltiplos: captação de água para abastecimento urbano (especificamente à RMS), controle de enchentes a

jusante e, desde 2005, geração de energia elétrica, na Usina Hidrelétrica (UHE) Pedra do Cavalo (GENZ, 2006).

A vazão efluente da barragem é ditada por regras operacionais, em função das vazões afluentes, no nível do reservatório e da precipitação ocorrida e prevista (GENZ, 2006):

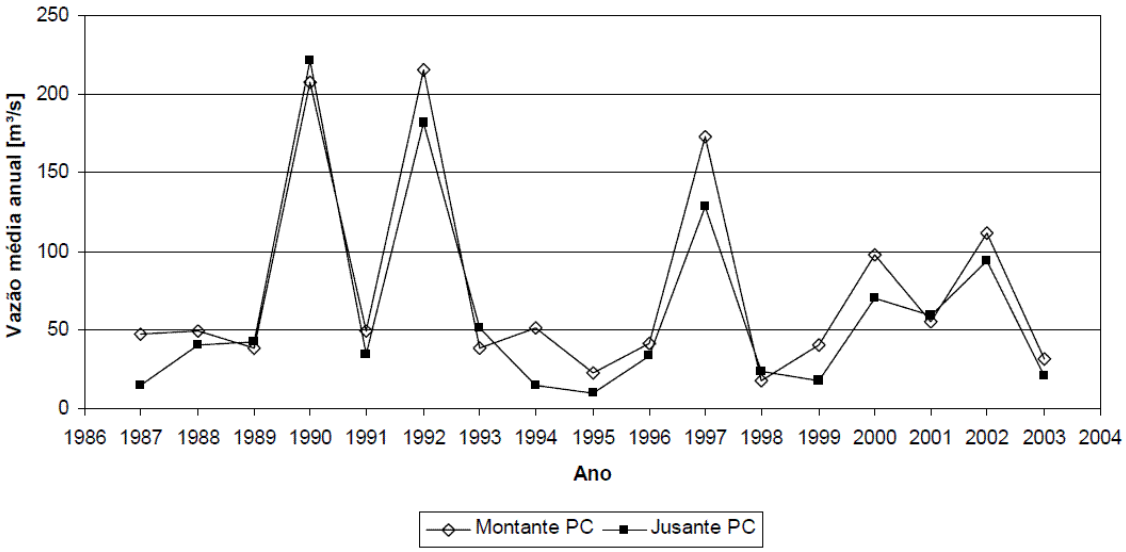
- Até 2005:
  - Na época seca: se a vazão afluente é menor que 10 m^3/s a vazão efluente média diária era de 5 m^3/s; caso contrário era de 12 m^3/s;
  - Na época úmida: vazão efluente máxima de 1.700 m^3/s;
- Desde 2005:
  - Na época seca: vazão efluente média diária de 10 m^3/s (considerada como vazão sanitária; em pulsos durante algumas horas do dia);
  - Na época úmida (época de produção elétrica): até 80 m^3/s (1 turbina) ou perto de 160 m^3/s (2 turbinas).

A implantação da barragem se traduziu na redução da vazão média anual afluente ao estuário (Cf. Quadro 50 e Figura 132). Esta redução está relacionada com a captação de água para consumo humano na barragem, evaporação na superfície do reservatório e com a diminuição natural da vazão do rio (devido a oscilações climáticas; GENZ *et al.*, 2006). A operação da UHE se terá traduzido, face ao período anterior, numa maior regularidade da vazão, diminuindo a ocorrência de situações de vazão muito baixa na época seca e reduzindo a extensão de água salobra no baixo curso do rio (GENZ, 2006).

Quadro 50 – Vazões anuais representativas do rio Paraguaçu (1987 e 2003), afluentes à Barragem de Pedra do Cavalo (Montante PC) e efluentes liberadas para o estuário (Jusante PC)

Local	Vazão (m^3/s)		
	Máxima	Média	Mínima
Montante PC	215,2	75,8	17,8
Jusante PC	221,7	62,4	9,9

Fonte: Adaptado de Genz (2006)



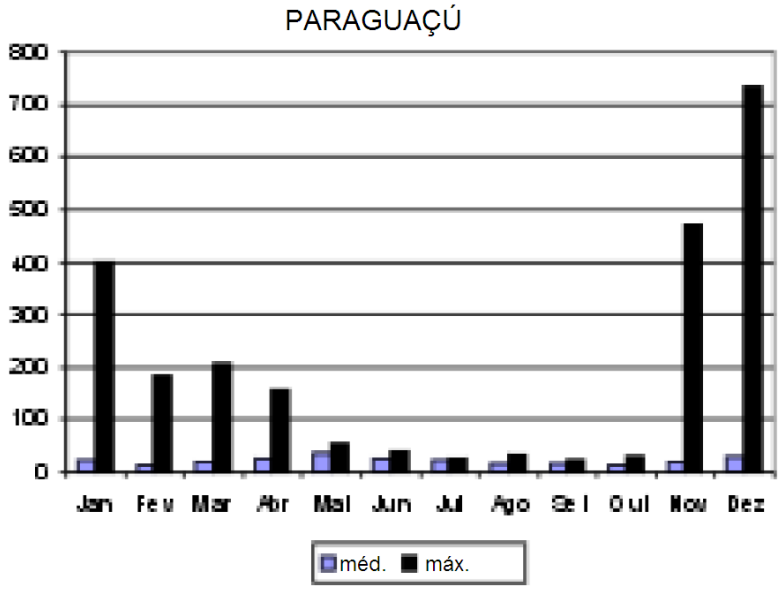
Fonte: Genz (2006)

Figura 132 – Vazão média anual no rio Paraguaçu: afluente à Barragem de Pedra do Cavalo (Montante PC) e liberada para o estuário (Jusante PC)

A variabilidade intra-anual da vazão produzida na bacia do rio Paraguaçu e afluente à BTS após a entrada em funcionamento da Barragem de Pedra do Cavalo (anterior à operação da UHE) é apresentada na Figura 133. Verifica-se uma distribuição muito uniforme da vazão média mensal ao longo do ano, originada pela regularização efetuada pela barragem, em torno de um valor médio mensal de cerca de 21 m^3/s. Já na vazão máxima verifica-se uma variação mensal significativa entre um mínimo de 23,5 m^3/s em setembro e 730,2 m^3/s em dezembro (LIMA, LESSA, 2001), concordante com o pico de vazão fluvial no verão, característico da bacia afluente à barragem (Cf. texto acima referente às condições climáticas na bacia).

Previamente à implantação da Barragem de Pedra do Cavalo as **inundações** eram muito frequentes nas cidades de Cachoeira e São Félix, propiciadas pela retenção de sedimentos propiciada pelos pilares da ponte ferroviária entre as duas cidades (BAHIA, 2004; Cf. Fotografia 17), que favorece um elevado nível das águas do rio Paraguaçu neste setor na época úmida do clima semi-árido (Fotografia 20). Atualmente, as inundações nestas cidades verificam-se ainda, dado existirem limitações ao controle de cheias pela barragem (HYDROS e CH2MHILL, 2000b), mas com menor frequência (BAHIA, 2004).

Dos eventos de inundação ocorridos nas últimas décadas se destaca o de 1989, no qual a vazão efluente da barragem atingiu o valor de 5726 m^3/s, correspondendo a um período de retorno de 500 anos (LIMA e LESSA, 2001; Figura 134).

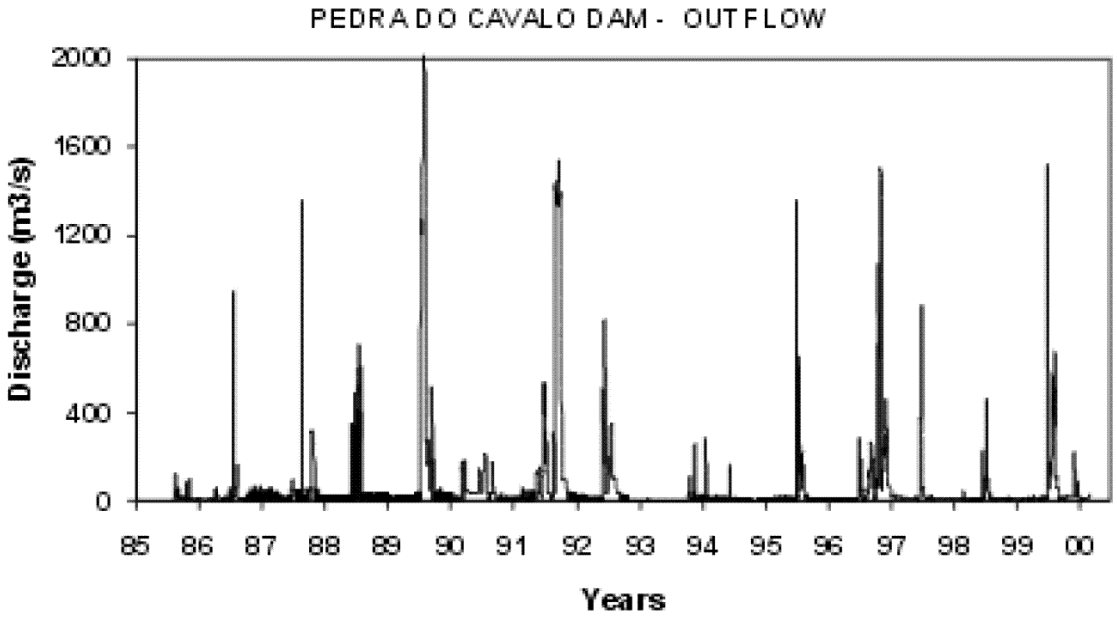


Fonte: Adaptado de Lima e Lessa (2001)

Figura 133 – Vazões média e máxima mensal (m^3/s) na bacia do rio Paraguaçu no período 1986-2000

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / São Félix / dezembro 2013

Fotografia 20 – Baixo trecho do rio Paraguaçu junto à cidade de São Félix



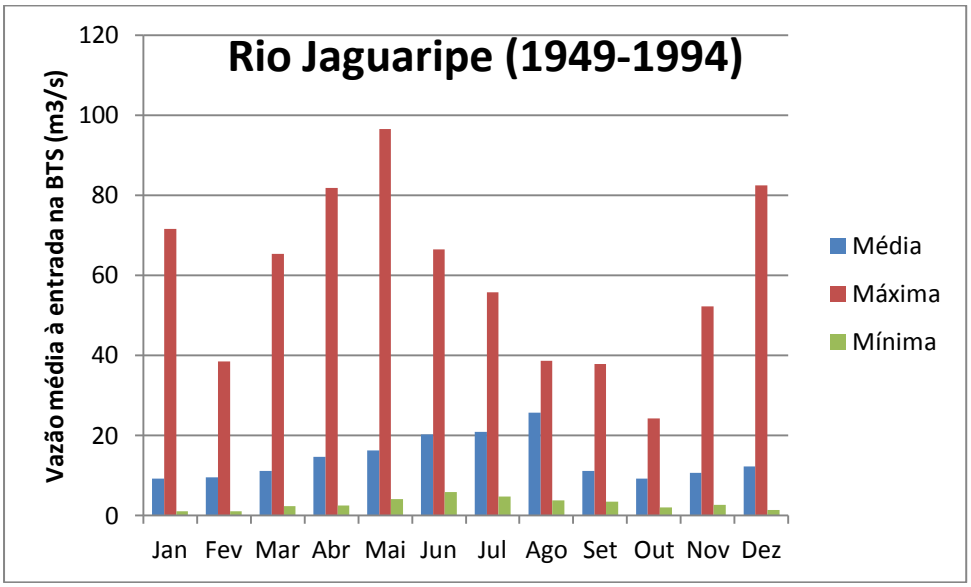
Fonte: Lima e Lessa (2001)

Figura 134 – Vazão média diária efluente da Barragem de Pedra do Cavalo no período 1986 – 2000

C. Bacia hidrográfica do Recôncavo Sul

Na bacia do Recôncavo Sul se assinala na AII o **rio Jaguaripe**, com uma bacia com 2117,65 km^2 (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA, 2010a). O principal afluente deste rio é o rio da Dona, que aflui diretamente ao estuário.

A vazão do rio Jaguaripe varia entre o valor médio mensal máximo de 28 m^3/s em junho e o valor médio mensal mínimo de 13 m^3/s no verão (CIRANO e LESSA, 2007). A variação mensal da vazão à entrada na BTS estimada por HYDROS e CH2MHILL (2000b) com base em séries de dados fluviométricos do período 1949-1994 é apresentada na Figura 135. Verifica-se a ocorrência de vazões mais elevadas em média no período de inverno (junho – agosto) e valores mínimos no verão (fevereiro). Os valores mais elevados de vazão se encontram deslocados (do outono para o inverno) do padrão de precipitação costeiro (Cf. seção de Clima), o que se poderá dever à dimensão da bacia.



Fonte: Adaptado de HYDROS e CH2MHILL (2000b)

Figura 135 – Vazão média mensal do rio Jaguaripe à entrada na BTS

Na bacia do rio Jaguaripe assinala-se a ocorrência de **inundações** na cidade de Nazaré, relacionada com o assoreamento da sua calha favorecendo a ocorrência de extravasamento em eventos de vazão elevada (BAHIA, 2004).

Os principais **usos das águas** da bacia principal do Recôncavo Sul são o abastecimento urbano e rural (notadamente através da captação de água nas barragens do rio Tapera, no município de Jaguaripe e do rio Piau, no município de Salinas da Margarida; Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.12), a irrigação, a dessedentação de animais, lazer e turismo (faixa litorânea), navegação na foz dos rios, geração hidrelétrica de pequeno porte, abastecimento industrial e aquicultura (BAHIA, 2008b).

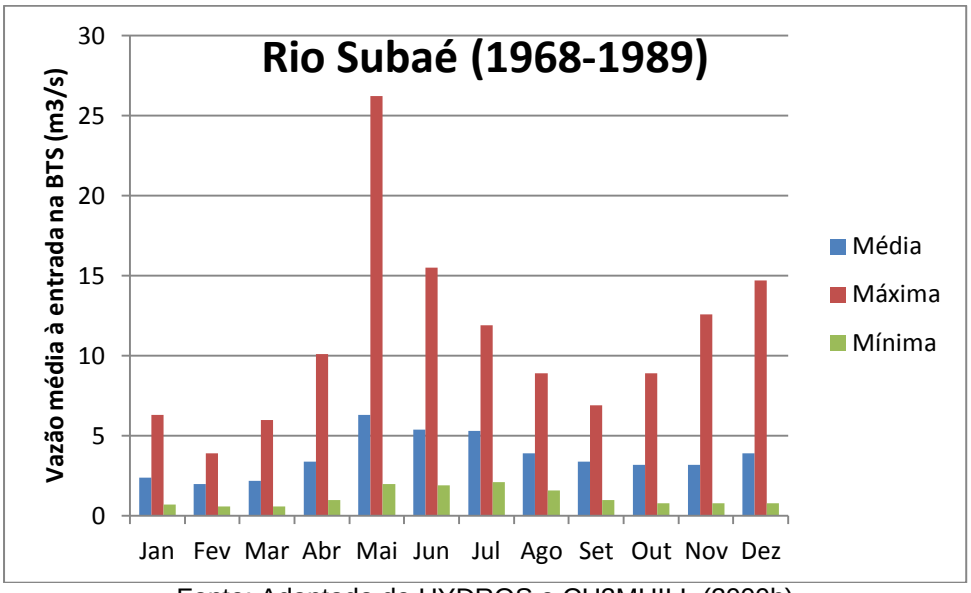
D. Bacia hidrográfica do Recôncavo Norte

Na bacia do Recôncavo Norte se destaca na AII o **rio Subaé**, com uma bacia com 580 km^2 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2001). Este rio tem a sua nascente numa região de lagoas no município de Feira de Santana (ADÔMO *et al.*, 2013) e o seu estuário compreende os municípios de Santo Amaro da Purificação e São Francisco do Conde. Os seus principais afluentes são na margem esquerda o rio Traripe e na margem direita o rio Sergi Mirim. Junto ao estuário do rio Subaé deságuam os rios Açu, à direita, e Traripe, à esquerda, este último integrado na bacia do rio Subaé.

Os principais **usos das águas** são o abastecimento doméstico e a dessedentação de animais (BAHIA, 2008a).

A vazão do rio Subaé oscila entre o valor médio mensal máximo de 9 m^3/s em junho e valor médio mensal mínimo de 3 m^3/s no verão (CIRANO, LESSA, 2007). A variação intra-anual de vazão à entrada na BTS estimada por HYDROS e CH2MHILL (2000b) com base em séries de dados fluviométricos do período 1968-1989 é apresentada na Figura 136. Verifica-se a ocorrência de vazões médias mais elevadas no período de outono (maio – julho), com um máximo relativo na primavera (dezembro) e valores mínimos no verão (fevereiro), reproduzindo aproximadamente o padrão sazonal de precipitação (Cf. seção de Clima), o que se deve ao caráter essencialmente costeiro da bacia.

A razão entre vazões máxima e mínima nos meses de maior vazão é significativa (cerca de 10, Cf. Figura 136). Consistentemente, nesta bacia, assinala-se a ocorrência frequente de **inundações** na cidade de Santo Amaro, relacionadas com a confluência do rio afluente Sergi Mirim imediatamente a montante da cidade (BAHIA, 2004).



Fonte: Adaptado de HYDROS e CH2MHILL (2000b)

Figura 136 – Vazão média mensal do rio Subaé à entrada na BTS

Merecem ainda menção na bacia principal do Recôncavo Norte, o rio São Paulo, os rios afluentes à baía de Aratu, no município de Simões Filho, e os rios urbanos do município de Salvador. Estes rios têm bacias de pequenas dimensão e vazão (Cf. Quadro 51) mas encontram-se bastante poluídos, tendo relevância no presente

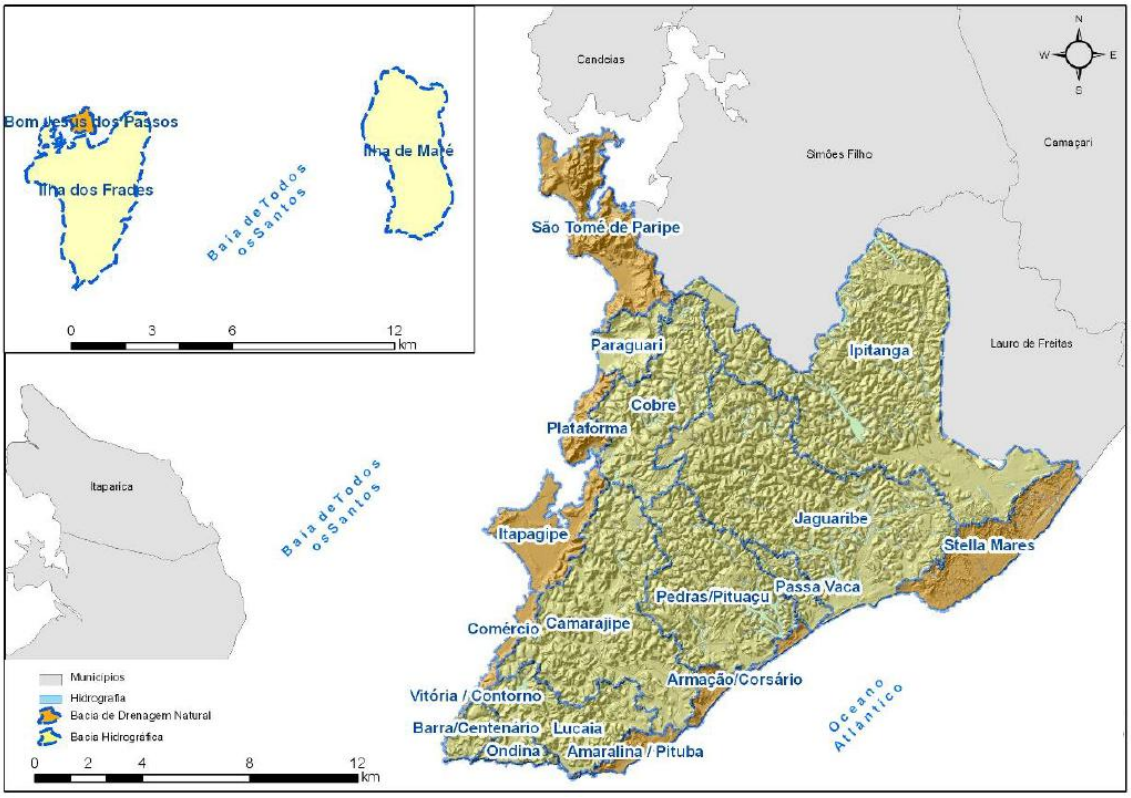
diagnóstico pelo aporte de poluentes que originam para a BTS (cf. seção Qualidade dos recursos hídricos superficiais).

O **rio São Paulo**, com uma bacia com 37,0 km^2 (HYDROS e CH2MHILL, 2000b), tem a sua nascente no município de São Francisco do Conde, não tendo afluentes significativos. Os principais usos das águas são o abastecimento doméstico, o lazer e esportes náuticos (especialmente no estuário), dessedentação de animais e pesca e mariscagem (nas faixas de mangue) (BAHIA, 2008a; Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.12).

Dentre os pequenos rios que afluem à baía de Aratu (nordeste da BTS) destaca-se o **rio Macaco**, com uma bacia de 9,6 km^2 (HYDROS e CH2MHILL, 2000b; Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.12).

Os principais rios urbanos da cidade de Salvador que deságuam na BTS são o **rio do Cobre**, na bacia do mesmo nome (20,3 km^2, HYDROS e CH2MHILL, 2000b) e onde se localiza a Barragem do Cobre (Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.12), afluente à baía de Itapagipe, e o **rio do Paraguari**, na bacia do mesmo nome (7,0 km^2, HYDROS e CH2MHILL, 2000b; Figura 137), afluente direto da BTS.

Entretanto, a maioria dos rios de Salvador, especificamente os de maior dimensão, Camarajipe e Jaguaribe, deságuam na orla atlântica da cidade. Destes, com foz próxima à embocadura da BTS destacam-se o **rio dos Seixos**, na bacia da Barra / Centenário, e o **rio Lucaia** (também chamado de rio Vermelho), na bacia do mesmo nome (13,0 km^2, HYDROS e CH2MHILL, 2000b; Figura 137).



Fonte: Prefeitura Municipal do Salvador (2010)

Figura 137 – Bacias hidrográficas da cidade de Salvador

As vazões médias e as representativas da época seca (mínima) e da época úmida (máxima) estimadas a partir da precipitação para estas pequenas bacias da bacia principal do Recôncavo Norte (HYDROS e CH2MHILL, 2000b) são apresentadas no quadro seguinte. Das bacias afluentes à BTS verifica-se a maior vazão no rio São Paulo, sendo mais reduzida no rio Paraguari e no rio Macaco.

Quadro 51 – Vazões representativas de pequenas bacias da bacia principal do Recôncavo Norte afluentes à BTS

Rio	Área da bacia (km^2)	Vazão (m^3/s)		
		Máxima	Média	Mínima
Rio São Paulo	37,0	1,6	1,2	0,3
Rio do Macaco	9,6	0,5	0,3	0,1
Rio Paraguari	7,0	0,3	0,2	0,1
Rio do Cobre	20,3	1,0	0,6	0,2
Rio Lucaia	13,0	0,7	0,4	0,1
Rio Camarajipe	33,1	1,6	1,1	0,3

Rio	Área da bacia (km^2)	Vazão (m^3/s)		
		Máxima	Média	Mínima
Rio Jaguaribe	44,2	2,1	1,4	0,4

Nota: vazão máxima associada à permanência de 10%, representando um valor médio para a estação úmida; vazão mínima associada à permanência de 90%, representando um valor médio para a estação seca.
Fonte: Adaptado de HYDROS e CH2MHILL (2000b)

Na bacia do Recôncavo Norte, os **principais usos das águas** na AII são o uso de consumo para abastecimento público e industrial (Barragem do Cobre), dessedentação animal, o uso para lazer e esportes náuticos e pesca e mariscagem (principalmente nos mangues no estuário do rio São Paulo; BAHIA, 2008a).

E. Principais captações de água

Como referido, nas bacias hidrográficas afluentes à BTS um dos principais usos consuntivos dos recursos hídricos superficiais é a **captação para abastecimento humano e industrial**. No quadro seguinte são apresentadas as principais captações relevantes para a AII do empreendimento em estudo (Cf. barragens em Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.12).

De acordo com o Atlas de Abastecimento Urbano de Água não se prevê até 2025 a utilização de novos mananciais na AII (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010). Embora se preveja a criação até 2025 de uma nova captação de 250 l/s na Barragem Pedra do Cavalo para ampliação do Sistema Integrado Muritiba e de uma nova captação no rio da Dona de 10 l/s, integrada na ampliação do Sistema Isolado Jaguaripe, este aumento de captação não será significativo (cerca de 4%).

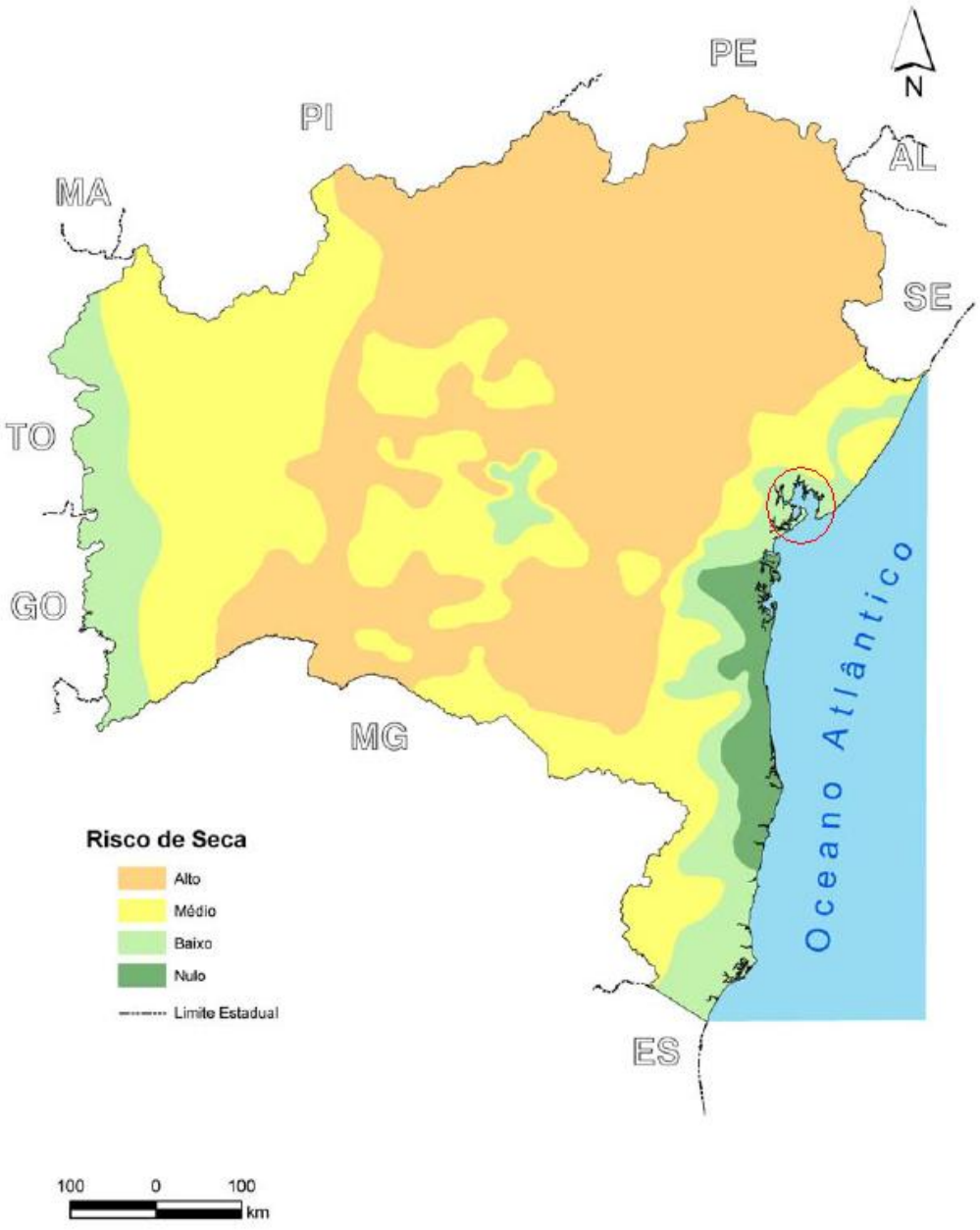
Quadro 52 – Principais captações de água superficial para abastecimento humano relevantes para a AII

Bacia hidrográfica principal	Manancial (município)	Sistema	Vazão da captação	Municípios servidos
Paraguaçu	Barragem de Pedra do Cavalo (Governador Mangabeira)	Integrado Salvador / Lauro de Freitas	7.000 l/s (24 h/dia)	Salvador, Lauro de Freitas, Simões Filho, Candeias, Madre de Deus, São Francisco do Conde
		Isolado Santo Amaro		Santo Amaro
		Integrado Muritiba	119,4 l/s (24 h/dia)	Cachoeira, Governador Mangabeira, São Félix, Muritiba
	Rio Pitanga (Cachoeira)	Isolado Cachoeira	29,2 l/s (19 h/dia)	Cachoeira
	Rio Cachoeirinha (Maragogipe)	Isolado Maragogipe	45,6 l/s (18 h/dia)	Maragogipe
Recôncavo Norte	Barragem do rio Cobre (Salvador)	Isolado Salvador - Cobre	78 l/s (24 h/dia)	Salvador
	Rio Grande (Saubara)	Isolado Saubara	45 l/s (19 h/dia)	Saubara
Recôncavo Sul	Barragem do rio Tapera (Jaguaripe)	Integrado Itaparica	299 l/s (19 h/dia)	Itaparica Vera Cruz
	Barragem do rio Piau (Salinas da Margarida)	Isolado Salinas da Margarida	39,4 l/s (17 h/dia)	Salinas da Margarida
	Rio da Dona (Jaguaripe)	Isolado Jaguaripe 1	10 l/s (24 h/dia)	Jaguaripe

Fonte: Agência Nacional de Águas (2010); Empresa Baiana de Águas e Saneamento (2011a, 2011b, 2011c, 2011d, 2011e)

F. Disponibilidades hídricas

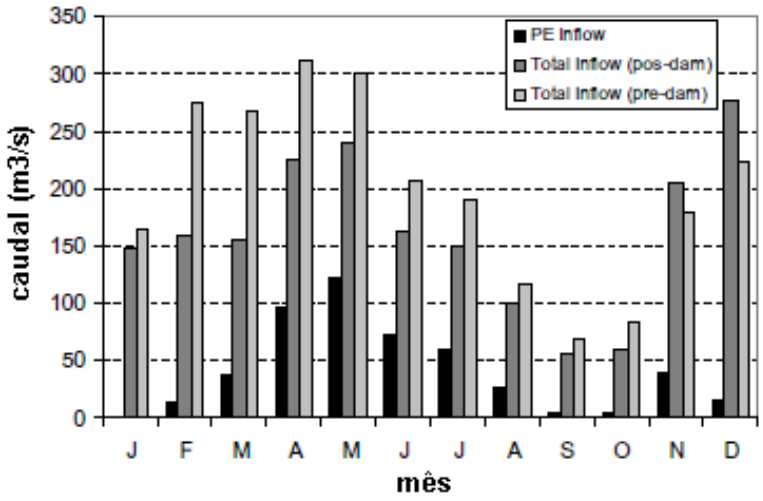
Não se assinala na AII a ocorrência significativa de situações de **seca e de escassez de água** (Figura 138), devido ao clima úmido, com breve estiagem, observado no litoral. Na bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu, as situações de escassez de água são observadas essencialmente no alto e médio cursos do rio, nas áreas de clima semi-árido (BAHIA, 2004; Cf. Figura 138).



Nota: em vermelho assinalada a localização aproximada da AII
Fonte: Adaptado de Bahia (2004)

Figura 138 – Risco de seca no Estado da Bahia

As **afluências totais de água doce à BTS** foram determinadas por Cirano e Lessa (2007), sendo a afluência média mensal representada pela precipitação e pela afluência fluvial apresentada na Figura 139. Verifica-se que a Barragem de Pedra do Cavalo representou um decréscimo das afluências fluviais essencialmente concentrado nos meses de fevereiro a maio, resultando no deslocamento do pico de afluências mensais dos meses de abril e maio para os meses de novembro e dezembro, coincidindo com o pico de afluências à barragem (época úmida do clima semi-árido). A entrada de água doce por precipitação e excetuando perdas por evaporação é relevante no outono, quando representa cerca de metade da afluência fluvial.



Notas: PE inflow - entrada por precipitação (excetuando perdas por evaporação); Total inflow (pre-dam) - entrada por vazão fluvial previamente à implantação da Barragem de Pedra do Cavalo; Total inflow (pos-dam) - entrada por vazão fluvial após à implantação da Barragem de Pedra do Cavalo
Fonte: Adaptado de Cirano e Lessa (2007)

Figura 139 – Afluência média mensal de água doce na BTS

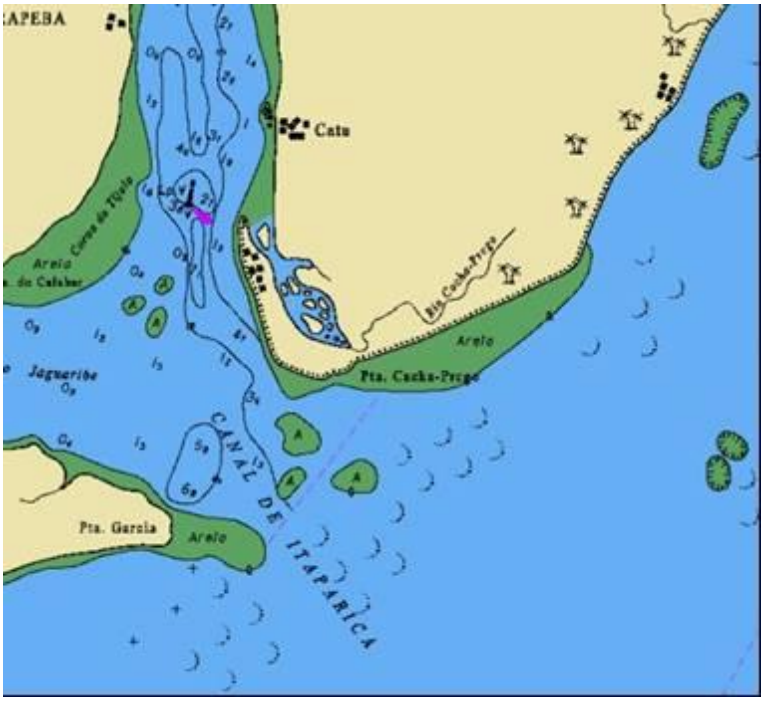
Considerando um valor médio de vazão pela maré de sigízia em enchente na BTS (através dos canais de Salvador e de Itaparica) de 130.000 m^3/s e uma vazão fluvial média afluente à BTS de 111,1 m^3/s (valor bastante semelhante ao que pode ser retirado da Figura 139), calculadas por Lima e Lessa (2001), obtém-se que a afluência fluvial representa apenas cerca de 0,08% da afluência pela maré, a qual se eleva apenas para 1,6 % caso todas as bacias afluentes apresentem vazões máximas simultâneas.

Consequência do baixo significado das afluências fluviais no balanço hídrico da BTS, são as condições essencialmente marinhas encontradas na maior parte da BTS (Cf. seção de Oceanografia e dinâmica costeira).

2.8.1.3. Situação atual na AID/ADA

A. Ilha de Itaparica

A Ilha de Itaparica se localiza na região Nordeste do Brasil, na costa do estado da Bahia, com as seguintes coordenadas: latitude 12º52'45''S e longitude 38º41'09''W. Situada a sudoeste da Baía de Todos os Santos, apresenta uma extensão de 35 km de comprimento e 21 km de largura. A Ilha de Itaparica possui a característica peculiar de ser praticamente desprovida de importantes cursos de água, apesar do balanço hídrico ser anualmente positivo. A contracosta da Ilha apresenta-se próxima do continente pela presença de um canal que se estende até Cacha-Pregos, no extremo sul da Ilha. O canal de acesso ao mar, neste trecho, conhecido como Barra Falsa, é semeado por bancos de areia com fortes arrebentações durante a vazante, principalmente com vento de nordeste (Figura 140). A costa leste da Ilha de Itaparica é praticamente tomada por recifes, apresentando perigo à navegação próxima da praia (BAHIA, 2003a).



Fonte: http://tangatamanu.wordpress.com/2011/02/13/saindo-pela-barra-falsa

Figura 140 – Contracosta da Ilha de Itaparica

A precipitação nesta região varia entre 1.900 a 2.000 mm/ano (BAHIA, 2003a). Os cálculos do balanço hídrico na sequência dos últimos cinco anos (2003 a 2008), baseados nos dados disponíveis no portal do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE, 2010), demonstraram que as variações da precipitação e evapotranspiração registraram picos alternados, tendo a sua maior incidência nos meses de maio, oscilando entre abril e junho. A evapotranspiração manteve-se inferior a precipitação, exceto nos meses de outubro e novembro de 2007, outubro (2003); março e setembro (2004); setembro (2005) e dezembro (2006).

As vazões representativas médias, associadas a permanências de 10% e 90%, representando valores médios para a estação úmida e para a estação seca, respectivamente, estimadas para o conjunto das bacias da Ilha de Itaparica e da adjacente Ilha de Carapeba (HYDROS e CH2MHILL, 2000b), localizada no estuário do rio Jaguaripe, são apresentadas no quadro seguinte. A vazão máxima associada à permanência de 10% representa um valor médio para a estação úmida, enquanto que a vazão mínima, associada à permanência de 90%, representa um valor médio para a estação seca.

Quadro 53 – Vazões representativas das bacias das Ilhas de Itaparica e Carapeba

Área da bacia (km^2)	**Vazão (m^3/s)**		
	Máxima	**Média**	**Mínima**
177,8	7,7	4,4	1,4

Fonte: Adaptado de HYDROS e CH2MHILL (2000b)

A ADA, no lado da Ilha de Itaparica, se insere em 10 bacias hidrográficas (BH) principais, de acordo com a base topográfica usada e conforme apresentado na Figura 141 e numa versão mais detalhada no Mapa 2.13 (Caderno de Mapas – Volume 2).

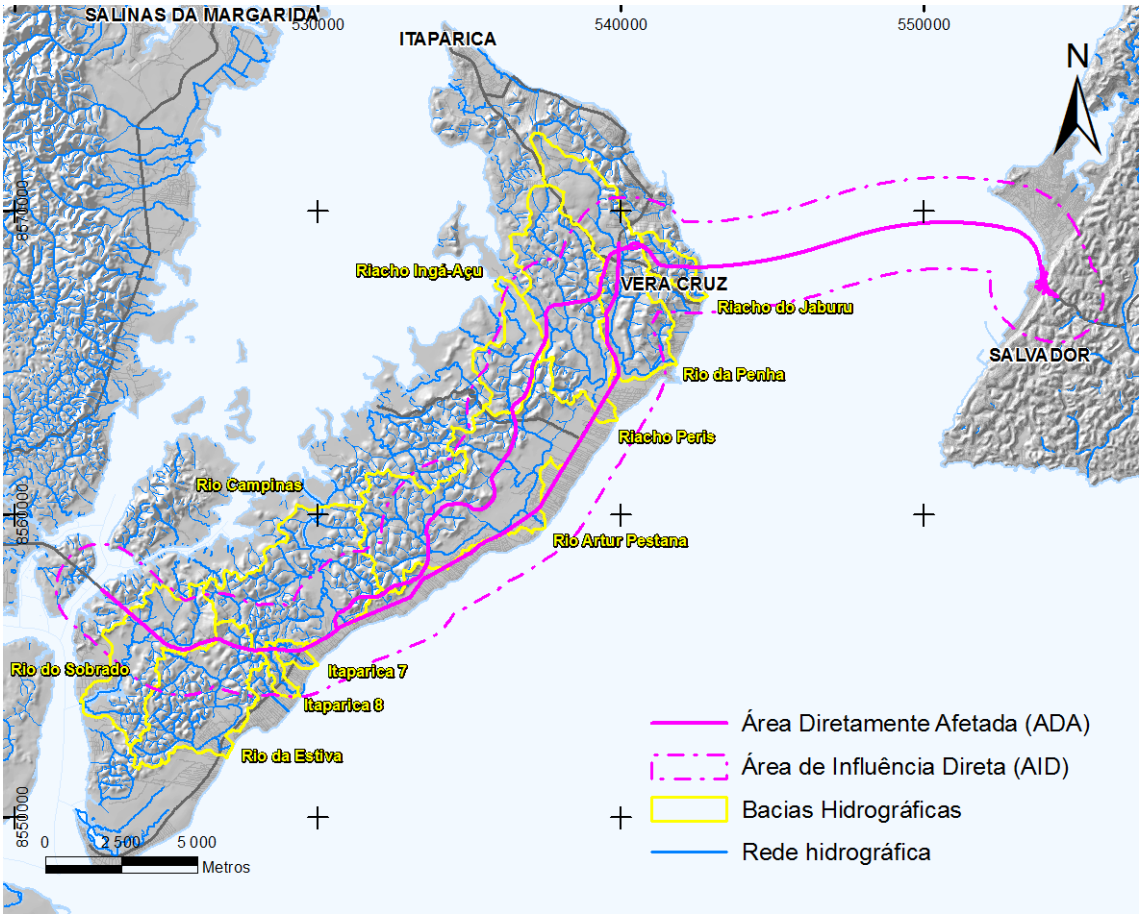


Figura 141 – Localização das bacias hidrográficas da Ilha de Itaparica cruzadas pela ADA

De entre estas bacias destaca-se a BH do rio Artur Pestana por ser a que apresenta maior área (24,94 km^2), com 8,54 km comprimento do rio principal, seguida pela BH do rio da Penha, com o maior comprimento do rio principal (10,71 km, o mais extenso da Ilha) mas menor área (13,61 km^2). A variação altitudinal da BH do rio da Penha encontra-se entre os 101,47 m e os 0,00 m, sendo a altitude média de 26,51m. Esta linha de água apresenta uma configuração composta por trechos meandrizados e entrançados, desenvolvendo-se praticamente junto à estrada BA-001.

No Volume 2 do Caderno de Mapas, Mapas 2.5 e 2.6, encontra-se a o mapa hipsométrico e de declives, mostrando a Ilha de Itaparica.

A caracterização dos principais cursos de água e destas BH é apresentada mais adiante.

No escopo dos recursos hídricos superficiais na AID/ADA foram também mapeadas as nascentes e fontes[12] na Ilha de Itaparica, bem como as áreas alagadiças. O levantamento destas componentes foi feito através de um extenso trabalho de campo, complementado com entrevistas a moradores e representantes locais.

Para o mapeamento das áreas alagadiças da Ilha de Itaparica partiu-se das delimitações obtidas pela flora terrestre (ver Diagnóstico do Meio Biótico), que foram posteriormente classificadas como permanentes/intermitentes e naturais/modificadas, numa primeira fase por comparação de ortofotos de diferentes anos e estações do ano, notadamente de 1976, 1989, 1998 e 2010 (CONDER) e 4/2003, 11/2003, 10/2007, 2/2008, 9/2008, 10/2008, 3/2009, 9/2009, 2/2010, 4/2010, 6/2010, 12/2011, 3/2013 e 8/2013 (Google Earth). Essa primeira classificação por intermédio de fotointerpretação foi depois conferida por observação no campo e através de entrevistas a moradores e representantes locais.

O produto desses levantamentos pode ser observado no Mapa 2.13 (Caderno de Mapas - Volume 2). No capítulo dos recursos hídricos subterrâneos é também apresentada e discutida esta informação.

Do levantamento realizado verifica-se que o maior conjunto de fontes se localiza no município de Itaparica (doze fontes, todas a Norte da AID), das quais a Fonte da Bica constitui uma importante atração turística. Ainda fora da AID, no município de Vera Cruz, foram identificadas mais duas fontes e uma nascente. Foram ainda inventariadas três nascentes e uma fonte na AID (sem serem abrangidas pela ADA). O total obtido entre fontes e nascentes foi de dezenove (doze no município de Itaparica e sete em Vera Cruz), das quais apenas quatro estão dentro da AID.

Na AID tem-se assim, de norte para sul:

- Fonte da Penha (~540m a sul da ADA/Estaca 1268 da Variante)
- Nascente de Baiacu (~490m sudeste da ADA/Estaca 1462 da Variante)
- Nascente de Ponta Grossa (~900m da ADA/Estaca 780 da variante)
- Nascente 2 (~50m a sul da ADA/estaca 988 da BA-001)

[12] Entendidas como ressurgências de água subterrânea à superfície. “Nascente” é onde a água subterrânea brota à superfície de forma natural. “Fonte” pressupõe uma intervenção humana no sentido de encaminhar essas águas (através de canalizações ou dutos) que brotam e/ou de tornar mais fácil o seu aproveitamento (colocação de manilhas e construção de açudes, por exemplo).

O quadro seguinte apresenta os dados relativos às fontes e nascentes inventariadas na Ilha de Itaparica.

Quadro 54 – Fontes e nascentes inventariadas na Ilha de Itaparica

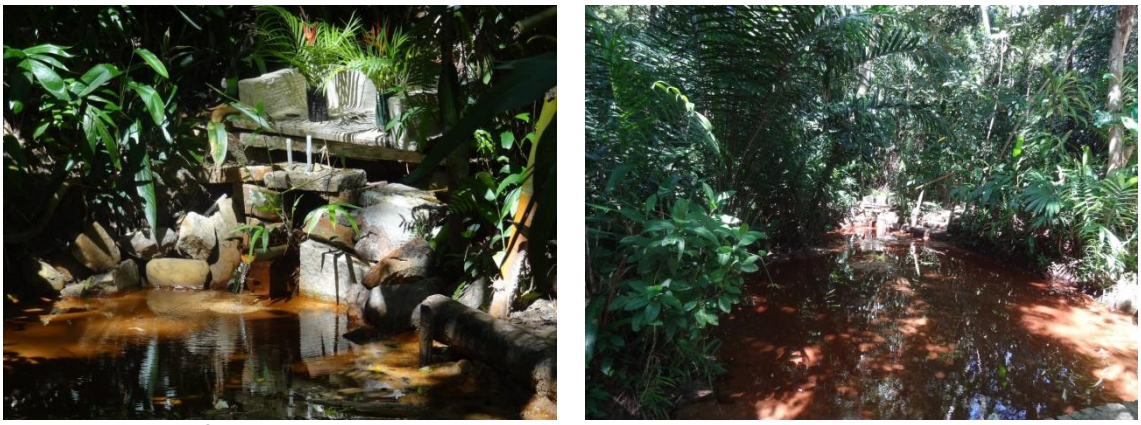
Nome	Município	AII	AID
1 - Fonte Porto Calado - Catu	Vera Cruz	√	
2 - Fonte do Tororó	Vera Cruz	√	
3 - Nascente 2	Vera Cruz	√	√
4 - Nascente 1	Vera Cruz	√	
5 - Nascente de Baiacu	Vera Cruz		√
6 - Fonte Ilha das Canas	Vera Cruz	√	
7 - Fonte do HGI	Itaparica	√	
8 - Nascente da Rodotec	Itaparica	√	
9 - Fonte do Rio Prata	Itaparica	√	
10 - Fonte do Rio Piratingui	Itaparica	√	
11 - Fonte do Rio Jacaré	Itaparica	√	
12 - Fonte da Bica	Itaparica	√	
13 - Fonte do Papo	Itaparica	√	
14 - Fonte de Bélem	Itaparica	√	
15 - Fonte de Manguinhos	Itaparica	√	
16 - Fonte (s/n)	Itaparica	√	
17 - Fonte dos Milagres (Venceslau Monteiro)	Itaparica	√	
18 - Fonte da Penha	Vera Cruz	√	√
19 - Nascente de Ponta Grossa	Vera Cruz	√	√

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS

Seguidamente se apresentam algumas fotografias de fontes e nascentes inventariadas no campo.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ Ilha de Itaparica (Itaparica) / setembro 2014

Fotografia 21 – Fonte da Bica, em Itaparica



Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ Ilha de Itaparica (Itaparica) / setembro 2014

Fotografia 22 – Fonte dos Milagres (Reserva Venceslau Monteiro), em Itaparica

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / setembro 2014

Fotografia 23 – Nascente de Baiacu, em Vera Cruz

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / setembro 2014

Fotografia 24 – Nascente de Ponta Grossa, em Vera Cruz

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / setembro 2014
Nota: Nascente famosa por ter água doce brotando na área da praia. As manilhas que se veem na foto permitem que, durante a maré alta, ainda seja possível retirar água doce do local

Fotografia 25 – Fonte de Porto Calado – Catu, em Vera Cruz

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / dezembro 2014

Fotografia 26 – Fonte do Tororó, na Ilha de Matarandiba, Vera Cruz

Do levantamento e mapeamento das áreas alagadiças da Ilha de Itaparica (ver Mapa 2.13: Caderno de Mapas – Volume 2) verifica-se que a maior parte são áreas naturais e permanentes, ocorrendo em especial na zona central da Ilha, ao longo das margens do riacho Peris e do rio Artur Pestana e seus afluentes na zona baixa da Ilha.

B. Salvador

Do lado de Salvador, a área de influência direta do projeto entra em conflito com diversas linhas de água e consequentes bacias. De entre o conjunto hídrico que compõe as bacias hidrográficas localizadas no Município de Salvador, destacam-se as bacias Itapagipe e Camarajipe. A respeito da bacia Camarajipe, identifica-se a maior linha de água (com o mesmo nome), com uma extensão de cerca de 14 km. Na bacia de Itapagipe, identifica-se apenas 1 curso de água com alguma expressão (Figura 142 e numa versão mais detalhada no Mapa 2.13 do Volume 2 do Caderno de Mapas).

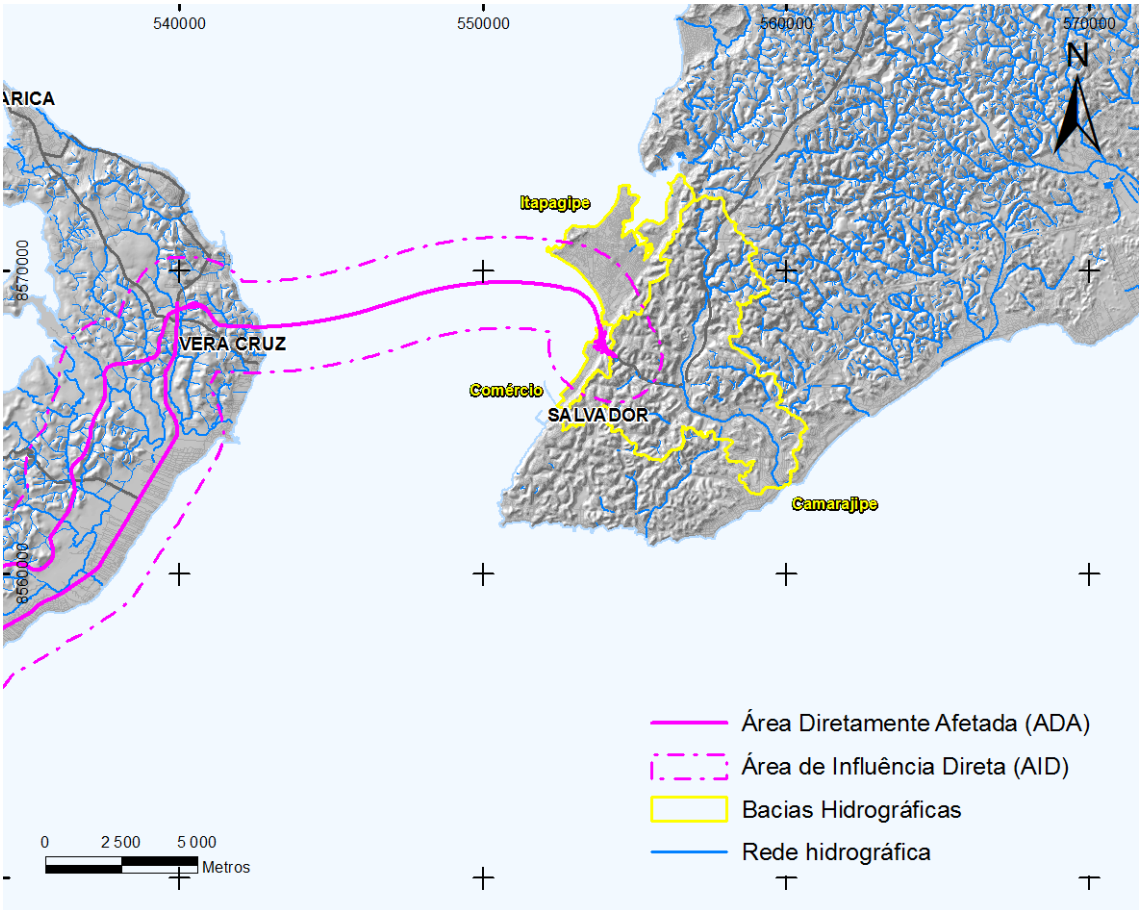


Figura 142 – Localização das bacias hidrográficas de Salvador cruzadas pela ADA

Atualmente, em Salvador, a gestão de recursos hídricos ainda se encontra na fase higienista e o desenvolvimento do tecido urbano continua a ocorrer de forma desordenada, sem obediência aos requisitos das leis de ordenação do uso e da ocupação do solo urbano, o que poderia evitar problemas para as redes públicas de drenagem (SETIN, 2010). Em linhas gerais, Salvador pode ser identificada pelo aumento de ocupações irregulares em áreas de risco; pela crescente mistura de usos nas diferentes zonas habitacionais, assim como, pela deterioração das zonas industriais e pela ocupação e degradação de áreas que deveriam ser protegidas ambientalmente. Este processo de ocupação desordenada tem conduzido a profundas modificações no uso do solo que, por sua vez, causam marcas permanentes nos processos de infiltração e drenagem. Consequentemente, adicionam-se as deficiências das infraestruturas e dos serviços urbanos, onde algumas regiões da cidade são beneficiadas com serviços básicos como abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e transporte, enquanto que outras grandes áreas não dispõem destes serviços de forma adequada, gerando frequentes deslizamentos de terras, comprometimento da drenagem e alagamento em áreas cada vez mais impermeabilizadas (PEREIRA e SOUZA apud TARQUI, SANTOS e SANTOS, 2002).

Do lado de Salvador, Tourinho e Beretta (2010) inventariaram um conjunto de dezenove fontes urbanas localizadas na envolvente próxima ao empreendimento (AII+AID). Cinco destas localizam-se na AID.

O produto desses levantamentos pode ser observado no Mapa 2.13 (Caderno de Mapas – Volume 2).

No capítulo dos recursos hídricos subterrâneos é também apresentada e discutida esta informação.

C. Caracterização dos aspectos quantitativos dos recursos hídricos superficiais na AID/ADA

A respeito das bacias hidrográficas cruzadas pela ADA/AID, referidas anteriormente, procedeu-se ao estudo hidrológico das bacias cujas linhas de água principais são cruzadas pela ADA na Ilha de Itaparica e no município de Salvador, apresentando-se nos Quadro 57 e Quadro 58 as características fisiográficas das 12 bacias selecionadas

e respectivos cursos de água principais, com interesse para a determinação dos tempos de concentração associados.

Sabendo que os cursos de água podem ser classificados em três tipos básicos (LENCASTRE e FRANCO, 2003):

- Perenes - escoam água durante todo o ano. O escoamento é mantido pelas reservas de água subterrâneas que alimentam o escoamento, mesmo na estação seca. O nível de água subterrâneo nunca desce abaixo do leito do curso de água, mesmo nas secas mais severas;
- Intermitentes (temporários) - geralmente, escoam durante a estação úmida e secam na estação seca. Durante a estação úmida o nível freático sobe acima do nível inferior do leito escoando, por isso, água de origem subterrânea e superficial. Durante a estação seca, o nível freático desce a um nível inferior ao do leito e o escoamento cessa, ocorrendo apenas após ou durante chuvadas pontuais;
- Efêmeros - existem apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação transportando, por isso, apenas escoamento superficial. O nível freático encontra-se sempre abaixo do leito do curso de água não havendo, portanto, qualquer contribuição subterrânea para o escoamento.

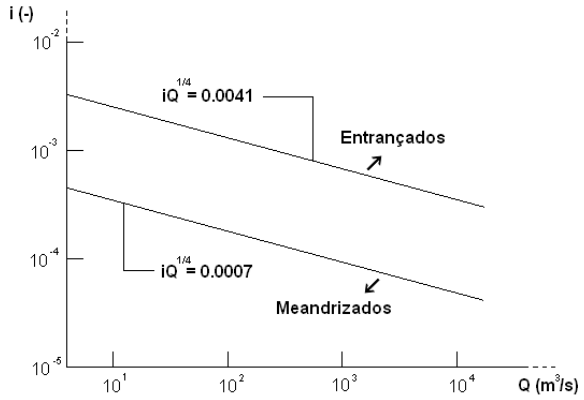
Foi possível avaliar, por meio de registros cartográficos e visita de campo, o tipo de classificação correspondente a cada curso de água. Além deste tipo de caracterização, os rios podem também ser classificados de acordo com padrões fluviais, tais como:

- Rectilíneo – quando um curso de água não apresenta uma configuração sinuosa em planta (CARDOSO, 1998). Em regra apresenta valores de sinuosidade inferiores a 1,5. Os tramos retos são instáveis no meio natural, portanto, praticamente inexistentes, podendo observar-se ocasionalmente em pequenos rios, com baixo caudal;
- Entrançados – regra geral são largos, com margens mal definidas e apresentam grandes declividades longitudinais, pequenas alturas de água e canais múltiplos que se desenvolvem em torno de ilhas aluvionares, transportando material sólido por arrastamento. As principais condições para o aparecimento deste tipo de linhas de água são o excesso de carga sólida transportada, dando origem à deposição, e à existência de declives

elevados que induzem pequenas alturas de escoamento e formação de ilhas (CARDOSO, 1998).

- Meandros – essencialmente caracterizados por curvas de concavidade alternada, conferindo uma forma de sucessivos “SS” em planta. O escoamento apresenta profundidades elevadas no extradorso das curvas e profundidades reduzidas nos trechos curtos intermédios, de pequena curvatura, situados em curvas. Sendo o padrão mais típico dos vales aluvionares (CARDOSO, 1998). De acordo com LEOPOLD *et al.* (1964) os cursos de água são classificados como meandrizados para valores de sinuosidade superiores a 1,5.

Os domínios de ocorrência dos cursos de água entrançados e meandrizados podem ser definidos em função do caudal e do declive do talvegue (LANE, 1957), de acordo com a figura seguinte.



Fonte: adaptado de LANE (1957)

Figura 143 – Domínios de ocorrência de cursos de água entrançados e meandrizados

Face ao exposto, procedeu-se a uma caracterização mais detalhada de cada linha de água principal cruzada pela ADA, conforme exposto no Quadro 55 e no Quadro 56.

Quadro 55 – Características das linhas de água principais localizadas no município de Salvador, com influência na ADA/AID do empreendimento

Caracterização	Rio Camarajipe	Rio Itapagipe
Classificação/ Tipo de escoamento	Perene	Perene
Extensão/ Comprimento (km)	13,38	0,34

Caracterização	Rio Camarajipe	Rio Itapagipe
Localização da Nascente (X / Y SIRGAS2000)	557012,70 / 8571967,65	554855,85 / 8570637,64
Localização da Foz (X / Y SIRGAS2000)	560070,31 / 8562930,40	555073,77 / 8570897,17
Padrões fluviais*	M	R, M

Legenda: *E – Entrançado; R - Rectilíneo; M – Meandrizado. Estimativas baseadas nos coeficientes anteriormente descritos, imagens satélite e fotografias.

Quadro 56 – Características das linhas de água principais localizadas na Ilha de Itaparica, com influência na AID/ADA do empreendimento

Caracterização	Riacho do Jaburu	Riacho da Penha	Riacho Peris	Riacho Ingá-Açu	Rio Artur Pestana	Rio Campinas	Riacho 7	Riacho 8	Rio da Estiva	Rio do Sobrado
Classificação/ Tipo de escoamento	Perene	Perene	Perene	Perene	Perene	Perene	Perene	Perene	Perene	Perene
Extensão/ Comprimento (km)	3,27	10,71	9,17	6,20	8,54	4,92	1,58	3,07	6,70	8,12
Localização da Nascente[13] (X/Y SIRGAS2000)	540912,97 / 8569300,06	538101,11 / 8571350,77	537571,91 / 8570786,20	536335,17 / 8563391,74	531634,34 / 8558659,49	531850,40 / 8557256,42	528680,58 / 8555611,37	528329,95 / 8555518,38	524946,22 / 8555449,59	525998,83 / 8557477,55
Localização da Foz (X/Y SIRGAS2000)	542841,09 / 8567203,66	541722,45 / 8565015,01	539162,02 / 8563707,67	535820,12 / 8567695,36	537441,15 / 8559618,41	530150,23 / 8560078,93	529888,44 / 8555053,61	529702,64 / 8554658,37	527007,53 / 8551983,56	522231,18 / 8553778,11
Nº de afluentes principais	1	3	4	3	6	4	-	-	5	6
Extensão do principal afluente (km)	-	2,95	6,37	1,04	5,96	5,96	-	-	3,30	2,57
Padrões fluviais *	R, M	E, M	R, M	R, M	M	E, M	E,M	E,M	E, M	E

*E – Entrançado; R - Rectilíneo; M – Meandrizado. Estimativas baseadas nos coeficientes anteriormente descritos, imagens satélite e fotografias.

[13] Nascentes de rios/riachos são a área onde se originam os cursos d'água, no seio da sua bacia hidrográfica, e são determinadas pela orografia

Quadro 57 – Características das bacias hidrográficas e respectivas linhas de água principais pertencentes ao município de Salvador, com influência na AID/ADA do empreendimento

Características		Salvador	
		Camarajipe	Itapagipe
Linha de água	L (km)	13,38	0,34
	Declive Médio d_m (%)	7,20	1,41
Bacia	Área (km^2)	36,11	9,81
	h_{med} (m)	41,65	12,61
	H_{max} (m)	91,23	85,20
	H_{min} (m)	0,00	0,00

Quadro 58 – Características das bacias hidrográficas e respectivas linhas de água principais localizadas na Ilha de Itaparica, com influência na AID/ADA do empreendimento

Características		Ilha de Itaparica									
		Riacho do Jaburu	Rio da Penha	Riacho Peris	Riacho Ingá-Açu	Rio Artur Pestana	Rio Campinas	Riacho 7	Riacho 8	Rio da Estiva	Rio do Sobrado
Linha de água	L (km)	3,27	10,71	9,17	6,20	8,54	4,92	1,58	3,07	6,70	8,12
	Declive Médio d_m (%)	2,52	1,64	1,67	0,92	1,22	1,97	2,93	2,73	1,15	1,35
Bacia	Área (km^2)	2,20	13,61	14,90	5,77	24,95	16,82	0,83	0,88	12,44	10,59
	h_{med} (m)	23,89	26,51	19,11	14,31	18,01	18,14	16,75	19,06	19,52	16,56
	H_{max} (m)	67,49	101,47	93,45	60,83	93,87	87,92	39,88	66,89	88,88	88,34
	H_{min} (m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,16	0,00	0,00

Nota: Para identificação do nome das BH verificar na Figura 141

A análise hidrológica passa, assim, por identificar e caracterizar as bacias hidrográficas drenantes tendo em conta a sua dimensão. No caso de bacias compreendidas entre 2 km^2 e 200 km^2, utilizou-se o método Ven Te Chow (BIANCHI *et al*., 2012), que considera fatores adicionais referentes ao armazenamento na bacia, à distribuição da chuva e às características da bacia (cobertura superficial, tipo de solo) através da expressão.

$$Q = 0.278\ A\ X\ Y\ Z$$

onde,

Q – vazão máxima (m^3/s);

A – área da bacia (km^2);

X – fator de deflúvio, sendo igual a razão da precipitação excedente (Re) pela duração (X=Re/td);

Y – Fator climático que depende da fórmula-base regionalizada;

Z – fator de redução do tempo de pico.

Segundo Fendrich (2008, p. 40) o **fator de redução** de pico (Z), um dos coeficientes para o cálculo médio da vazão, obtém-se pela relação entre o tempo de duração da precipitação (td), e o tempo de ascensão (tp), sendo este último obtido em função da topografia da bacia (extensão e declividade da linha de água) através da expressão:

$$t_p = 0.005055 \left(\frac{L}{\sqrt{d_m}} \right)^{0.64}$$

em que,

t_p – Tempo de pico (h);

L – comprimento do curso de água principal (m);

d_m – declividade média da linha de água principal (%).

Assim, o fator de redução de pico da vazão (Z) é calculado em função da relação entre a duração da chuva (td) e o tempo de pico (tp), tal como pode ser observado no Quadro 59 de acordo com Wilken (1971).

Quadro 59 – Valores de Z em função da relação t_d/t_p

Valores de Z em função da relação td/t_p									
td/t_p	Z	td/t_p	Z	td/t_p	Z	Td/t_p	Z	td/t_p	Z
0,05	0,04	0,46	0,36	0,84	0,58	1,22	0,75	1,60	0,90
0,10	0,08	0,48	0,38	0,86	0,59	1,24	0,76	1,62	0,90
0,12	0,10	0,50	0,39	0,88	0,50	1,26	0,77	1,64	0,91
0,14	0,12	0,52	0,40	0,90	0,60	1,28	0,78	1,66	0,91
0,16	0,14	0,54	0,41	0,92	0,61	1,30	0,79	1,68	0,92
0,18	0,16	0,56	0,42	0,94	0,62	1,32	0,80	1,70	0,92
0,20	0,18	0,58	0,44	0,96	0,63	1,34	0,81	1,72	0,93
0,22	0,19	0,60	0,45	0,98	0,64	1,36	0,82	1,74	0,93
0,24	0,20	0,62	0,46	1,00	0,65	1,38	0,82	1,76	0,94
0,26	0,22	0,64	0,47	1,02	0,66	1,40	0,82	1,78	0,94
0,28	0,24	0,66	0,48	1,04	0,67	1,42	0,83	1,80	0,95
0,30	0,25	0,68	0,49	1,06	0,68	1,44	0,84	1,82	0,95
0,32	0,26	0,70	0,50	1,08	0,69	1,46	0,85	1,84	0,96
0,34	0,28	0,72	0,51	1,10	0,70	1,48	0,86	1,86	0,96
0,36	0,29	0,74	0,52	1,12	0,71	1,50	0,86	1,88	0,97
0,38	0,30	0,76	0,54	1,14	0,72	1,52	0,87	1,90	0,97
0,40	0,32	0,78	0,55	1,16	0,73	1,54	0,88	1,92	0,98
0,42	0,33	0,80	0,56	1,18	0,74	1,56	0,88	1,94	0,98
0,44	0,34	0,82	0,57	1,20	0,74	1,58	0,89	1,96	0,99

Fonte: Wilken (1971)

A chuva efetiva ou **precipitação excedente** (Re) é calculada de acordo com a seguinte equação (FENDRICH, 2008, p. 31):

$$\mathrm{Re} = \frac{(R - 5080/N + 50{,}8)^2}{R + 20320/N - 203{,}2}$$

sendo,

Re – precipitação excedente (mm);

R – chuva total (mm);

N – Número de deflúvio (CN);

A chuva total ou precipitação incidente (R) é obtida pela multiplicação da intensidade pluviométrica pelo tempo de duração estabelecido para diferentes tempos de recorrência. As chuvas intensas são determinadas pela seguinte equação (FENDRICH, 2003, p. 07):

$$I = \frac{a\,T^b}{(t + c)^d}$$

onde T é o período de retorno, t é a duração em minutos, a, b, c, d são parâmetros ajustados ao local, selecionados de acordo com o Quadro 60. Neste quadro se

apresentam os parâmetros para cada cidade brasileira, selecionando os referentes à cidade de Salvador.

Quadro 60 – Coeficientes da equação IDF para algumas cidades brasileiras

Cidade	a	b	c	d	R^2
Rio Branco (AC)	1419,345	0,162	18	0,795	0,99779
Salvador (BA)	1100,949	0,172	25	0,755	0,99827
São Luiz (MA)	1519,371	0,161	28	0,777	0,99764
Teresina (PI)	1248,856	0,177	10	0,769	0,99861
Vitória (ES)	998,028	0,179	17	0,747	0,99836

Fonte: Fragoso Júnior (2004)

No Quadro 61 e Quadro 62 apresentam-se os caudais de ponta de cheia associados a um período de retorno de 100 anos por aplicação da fórmula de Ven Te Chow.

Quadro 61 – Caudais de ponta de cheia obtidos para as 2 BH que se localizam na AID/ADA, em Salvador

T (anos)	td (min)	td (h)	i (mm/h)	R (mm)	Re (mm)	X (mm/h)	tp (h)	td/tp	Z	Y	$Q_{T=100anos}$ (m^3/s)
100	**Camarajipe**										
	240	4	35,99	143,97	143,97	35,99	5,13	0,78	0,55	1	**198,75**
	Itapagipe										
	60	1	84,93	84,93	84,93	84,93	0,82	1,21	0,75	1	**173,75**

Quadro 62 – Caudais de ponta de cheia obtidos para as 10 BH que se localizam na AID/ADA, na Ilha de Itaparica

T (anos)	td (min)	td (h)	i (mm/h)	R (mm)	Re (mm)	X (mm/h)	tp (h)	td/tp	Z	Y	$Q_{T=100anos}$ (m^3/s)
100	**Riacho do Jaburu**										
	240	4	35,99	143,97	143,97	35,99	2,91	1,37	0,82	1	**18,03**
	Rio da Penha										
	300	5	30,85	154,26	154,26	30,85	7,14	0,70	0,50	1	**58,38**
	Riacho Peris										
	300	5	30,85	154,26	154,26	30,85	6,43	0,78	0,55	1	**70,30**
100	**Riacho Ingá-Açu**										
	300	5	30,85	154,26	154,26	30,85	6,06	0,82	0,57	1	**28,21**
	Rio Artur Pestana										
	240	4	35,99	143,97	143,97	35,99	6,80	0,59	0,45	1	**112,33**
	Rio Campinas										
	300	5	30,85	154,26	154,26	30,85	4,10	1,22	0,75	1	**108,20**
100	**BH Riacho 7**										
	120	2	56,75	113,49	113,49	56,75	1,74	1,15	0,73	1	**9,51**
	BH Riacho 8										
	240	4	35,99	143,97	143,97	35,99	2,72	1,47	0,86	1	**7,53**

T (anos)	td (min)	td (h)	i (mm/h)	R (mm)	Re (mm)	X (mm/h)	tp (h)	td/tp	Z	Y	$Q_{T=100anos}$ (m^3/s)
100	**Rio da Estiva**										
	300	5	30,85	154,26	154,26	30,85	5,93	0,84	0,58	1	**61,89**
	Rio do Sobrado										
	240	4	35,99	143,97	143,97	35,99	6,37	0,63	0,47	1	**49,98**

Tal como se pode observar pelos resultados obtidos verifica-se que, no caso da Ilha de Itaparica, o caudal máximo obtido para um período de retorno de 100 anos, foi de 112,33 m3/s, na BH Artur Pestana. Confrontando estes resultados com os obtidos em HYDROS e CH2MHILL (2000b), efetuados para um período de retorno de 2 anos, e por aplicação da fórmula de Gumbel, verifica-se que em média estes valores apresentam uma boa correlação entre si.

Comparando os picos de caudal obtidos para Salvador e Ilha de Itaparica, verifica-se que para as bacias de Camarajipe e Itapagipe, apresentam valores superiores às bacias identificadas na Ilha de Itaparica. Esta diferença se deve, maioritariamente, ao fato das bacias de Salvador apresentarem solos mais saturados, diminuindo a sua capacidade de infiltração, aumentando o escoamento superficial e consequentemente levando a região a ter picos de vazão maiores.

O método Ven Te Chow permite, assim, avaliar a resposta hidrológica das bacias, obtendo as vazões máximas ou de pico que podem ser utilizadas nos estudos das enchentes bem como avaliação, dimensionamento e planejamento de obras hidráulicas para proteção contra inundações nas bacias urbanizadas, como as bacias pertencentes ao município de Salvador.

2.8.2. Aspectos qualitativos dos recursos hídricos superficiais

2.8.2.1. Metodologia

A. Metodologia geral

A metodologia seguida para o diagnóstico da situação atual para a qualidade da água dos recursos hídricos superficiais é a seguinte:

- Inventário de principais fontes de poluição dos recursos hídricos superficiais;

- Avaliação da qualidade da água atual (situação de referência) e tendências de evolução nos últimos anos;
- Previsão da evolução da situação de referência da qualidade da água, na ausência do empreendimento.

Para o diagnóstico da qualidade da água dos recursos hídricos superficiais consideraram-se os principais corpos de água superficiais existentes na AID e AII do Projeto.

De acordo com cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1967, 1972), estes corpos de água são os seguintes:

- AID: BTS sob o traçado da nova ponte (entre Salvador e Itaparica) e sob a ponte do Funil, trechos de rios e riachos da Ilha de Itaparica atravessados por rodovia, especificamente os do Riacho do Jaburu, Riacho da Penha, Riacho Peris, Rio Artur Pestana, Rio Campinas e Rio da Estiva;
- AII: toda a BTS, incluindo a baía de Itapagipe e baía de Aratu, os estuários dos rios Paraguaçu (incluindo baía de Iguape), Subaé, Jaguaripe, São Paulo, Tapera, Jacuruna e Santana, e trechos terminais dos rios Paraguari, do Cobre e Seixos (rios urbanos de Salvador).

Foram consideradas como principais fontes de poluição as atividades localizadas nos municípios da AID (Salvador, Vera Cruz e Jaguaripe) e demais municípios com orla para a BTS ou principais estuários (Itaparica, Simões Filho, Candeias, São Francisco do Conde, Madre de Deus, Santo Amaro, Saubara, Cachoeira, Maragogipe, Salinas da Margarida) com interferência direta (através de lançamentos de efluentes líquidos) ou indireta (através de poluição atmosférica ou contaminação de solos) sobre a qualidade da água.

Foram ainda consideradas como principais fontes de poluição as atividades de porte excepcional, grande, médio ou pequeno (nos termos do Anexo III do Decreto N.º 11.235 de 10 de outubro de 2008, alterado pelo Decreto N.º 12.353 de 25 de agosto 2010), localizadas em municípios sem orla para a BTS, mas com lançamentos nos principais rios afluentes à BTS. Desta forma, foram também consideradas as atividades relevantes localizadas nos municípios de Amélia Rodrigues, Conceição do Jacuípe, Feira de Santana, Governador Mangabeira e Muritiba.

De acordo com o Atlas do Abastecimento Urbano (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010) na AID do Projeto não existem atualmente nem se preveem a médio prazo (até 2025) mananciais superficiais para a captação de água para a produção de água para consumo humano (Cf. Quadro 1: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1).

Nos municípios da AII assinalam-se os seguintes mananciais superficiais para a captação de água para a produção de água para consumo humano (BAHIA, 2014b; AGÊNCIA REGULADORA DO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA, 2013; HYDROS, 2009):

- Barragem do Tapera (município de Jaguaripe), utilizada para o abastecimento aos municípios de Itaparica / Vera Cruz,
- Barragem do rio Piau (município de Salinas da Margarida), utilizada para o abastecimento ao município de Salinas da Margarida;
- Barragem do Cobre (município de Salvador), utilizada para o abastecimento do município de Salvador;
- Captação de água superficial no rio Cachoeirinha (município de Maragogipe), utilizada para o abastecimento ao município de Maragogipe;
- Captação de água superficial no rio Grande (município de Saubara), utilizadas para abastecimento ao município de Saubara.

No município de Maragogipe se assinala também o uso dos recursos hídricos superficiais, em pequena escala, com manancial para abastecimento humano, em áreas não abrangidas pelo sistema de abastecimento de água (que atende apenas 51-70% dos distritos; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011).

Desta forma os usos de água relevantes para a avaliação da qualidade da água são o suporte à pesca de subsistência e comercial, aquicultura (nas áreas estuarinas dos principais rios afluentes à BTS) e mariscagem, navegação comercial, e atividades de lazer e turismo (especificamente recreação de contato primário), bem como o suporte à vida aquática (Cf. seções de Recursos Hídricos Superficiais – quantidade, Meio Biótico – ecossistema aquático e Meio Socioeconômico; figuras seguintes).

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / dezembro de 2013

Fotografia 27 e Fotografia 28 – Pesca no Canal de Itaparica e no Canal de Salvador (AID)

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / dezembro de 2013

Fotografia 29 – Uso balnear das águas da BTS na contracosta da Ilha de Itaparica (AII)

Neste contexto, a qualidade da água na AID e AII deverá conformar-se com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução CONAMA n.º 357, de 2005, referentes a águas doces de classe 2, águas salobras de classe 1 e águas salinas de classe 1.

De acordo com a mesma resolução a distinção entre águas doces, águas salobras e águas salinas é feita com base na salinidade, observando-se as seguintes definições:

- Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰;

- Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰;
- Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30‰.

De acordo com estudos anteriores (*e. g*. BAHIA, 2011a, 2011b; LOPES *et al.*, 2009) na AID as águas superficiais interiores (municípios de Salvador, Vera Cruz e Jaguaripe) são águas doces e as águas superficiais da BTS e estuários dos rios afluentes são águas salinas ou salobras.

Assim, as condições da água e os padrões de qualidade a verificar são os estabelecidos no Capítulo III, seções II, III e IV da Resolução CONAMA n.º 357, de 2005, para parâmetros físico-químicos, orgânicos, metais e pesticidas.

No que diz respeito ao parâmetro coliformes termotolerantes, para o uso de recreação de contato primário deve ser obedecida a Resolução CONAMA n.º 274, de 2000. Esta resolução estabelece a avaliação da condição de águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) nas categorias Própria e Imprópria.

As águas serão consideradas com balneabilidade Própria se em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes termotolerantes ou 800 *Escherichia* coli ou 100 enterococos (apenas para águas marinhas) por 100 ml.

As águas destinadas à balneabilidade são consideradas Impróprias, se for verificada uma das seguintes ocorrências:

- Não forem atendidos os critérios estabelecidos para as águas Próprias;
- Valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes termotolerantes ou 2000 Escherichia coli ou 400 enterococos por 100 ml;
- Incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- Presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- Floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;

- Outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Para aplicação da metodologia foram coletados dados primários caracterizadores da qualidade da água dos recursos hídricos superficiais na AID do Projeto (Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.17).

Como subsídio para a análise dos dados primários e para o inventário das principais fontes de poluição, foram também coletados dados secundários para a AID e AII do Projeto (Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.16).

Os procedimentos utilizados na coleta de dados, primários e secundários, são apresentados nas seções seguintes.

B. Coleta de dados primários

A coleta e análise de dados primários foi dirigida às componentes água doce e água salina, efetuada em duas campanhas sazonais, representativas de:

- Período seco: previamente à redução extrema de caudais;
- Período úmido: após as primeiras chuvas e num período de caudais regulares.

A campanha de período seco foi realizada entre 6 e 13 de dezembro de 2013 para as águas salinas e no dia 8 de janeiro de 2014 para as águas doces.

A campanha de período úmido foi realizada entre 1 e 4 de abril de 2014 para as águas salinas e 9 de abril de 2014 para as águas doces.

Para cada campanha foram considerados 11 pontos de amostragem. Estes pontos foram escolhidos de modo a contemplar não apenas usos e fontes poluentes atuais mas também as intervenções e fontes poluentes futuras, de forma a garantir que os locais de coleta são representativos da situação atual nas ADA e AID. Em particular, foram tidos em conta o traçado futuro da Ponte sobre a Baía de Todos os Santos e as linhas de água potencialmente interferidas pelas futuras drenagens da obra de alargamento da rodovia BA-001 até à Ponte do Funil e pela variante a desenvolver no interior da Ilha.

Em concreto, a definição dos pontos de amostragem resultou da ponderação de diversos critérios:

- Distribuição e avaliação transversal e longitudinal à diretriz da Ponte da Baía de Todos os Santos (águas salinas): 6 pontos;
- Proximidade a rodovias a construir / duplicar (águas doces): 2 pontos de amostragem a jusante dessas vias;
- Proximidade de múltiplas fontes potenciais de poluição (águas doces): a jusante da rodovia BA-001, na proximidade do aeródromo e do clube de golfe, 1 ponto;
- Avaliação dos efeitos resultantes da Ponte do Funil (águas salinas): 2 pontos, montante e jusante.

No Quadro 73 apresenta-se, para as campanhas 1 e 2, a localização das estações de amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais, data e hora de amostragem e, quando aplicável, condição de maré. A localização das estações de amostragem é apresentada em Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.17.

Quadro 63 – Localização de estações de amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais nas campanhas 1 (período seco) e 2 (período úmido)

Código da amostra	**Coordenadas (SIRGAS 2000)**				**Prof**	**Data / Hora* (maré**)**	
	C1		**C2**				
	X (m)	**Y (m)**	**X (m)**	**Y (m)**		**C1**	**C2**
QA1 (águas salinas)	552899,82	8569350,23	552899,82	8569350,23	S	13/12/13 / 8:30 – 9:25 (E)	02/04/14 / 8:50 - 9:00 (V)
					M	13/12/13 / 9:00 – 9:10 (E)	02/04/14 / 9:00 - 9:03 (V)
					F	13/12/13 / 8:50 (E)	02/04/14 / 9:00 (V)

Código da amostra	Coordenadas (SIRGAS 2000)				Prof	Data / Hora* (maré**)	
	C1		C2				
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)		C1	C2
QA2 (águas salinas)	552947,89	8568182,84	552947,89	8568182,84	S	09/12/13 / 18:00 - 18:35 (M)	03/04/14 / 9:55 (V)
					M	09/12/13 / 18:25 – 18:30 (M)	03/04/14 / 10:00 (V)
					F	09/12/13 / 18:15 (M)	03/04/14 / 10:03 (V)
QA3 (águas salinas)	547825,88	8568525,46	547825,88	8568525,46	S	09/12/13 / 14:45 - 14:50 (B)	03/04/14 / 13:40 (E)
					M	09/12/13 / 15:45 - 15:55 (B)	03/04/14 / 13:50 (E)
					F	09/12/13 / 15:30 (B)	03/04/14 / 14:00 (E)
QA4 (águas salinas)	547837,75	8567302,45	547837,75	8567302,45	S	09/12/13 / 16:20 - 16:55 (E)	04/04/14 / 11:20 (V)
					M	09/12/13 / 16:25 - 16:50 (E)	04/04/14 / 11:30 (V)
					F	09/12/13 / 16:40 (E)	04/04/14 / 11:40 (V)
QA5 (águas salinas)	543258,56	8568823,65	543258,56	8568823,65	S	09/12/2013 / 07:45 - 08:35 (E)	03/04/14 / 18:30 - 18:50 (A)
					M	09/12/13 / 08:20 - 08:30 (E)	03/04/14 / 18:50 (A)
					F	09/12/13 / 08:00 (E)	03/04/14 / 18:50 (A)
QA6 (águas salinas)	543381,83	8567380,00	543381,83	8567380,00	S	09/12/13 / 09:05 - 09:50 (A)	03/04/14 / 17:50 (E)
					M	09/12/13 / 09:15 - 10:00 (A)	03/04/14 / 18:00 (E)
					F	09/12/13 / 09:30 (A)	03/04/14 / 18:10 (E)

Código da amostra	Coordenadas (SIRGAS 2000)				Prof	Data / Hora* (maré**)	
	C1		C2				
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)		C1	C2
QA7*** (águas doces)	539943,26	8567905,98	539943,26	8567905,98	S	08/01/14 / 15:20 - 15:45 (n/a)	09/04/14 / 10:00 (n/a)
QA8*** (águas doces)	537176,31	8561006,47	537176,31	8561006,47	S	08/01/14 / 13:35 - 13:55 (n/a)	09/04/14 / 13:30 (n/a)
QA9 (águas salinas)	522802,16	8557921,35	522801,97	8557886,06	S	06/12/13 / 12:50 - 13:10 (E)	01/04/14 / 10:30 (V)
					M	06/12/13 / 12:53 - 13:00 (E)	01/04/14 / 10:40 (V)
					F	06/12/13 / 12:55 (E)	01/04/14 / 10:40 (V)
QA10 (águas salinas)	522473,97	8557526,27	522435,53	8557524,03	S	06/12/13 / 10:30 - 10:45 (V)	01/04/14 / 12:00 (E)
					M	06/12/13 / 10:20 - 10:40 (V)	01/04/14 / 12:00 (E)
					F	06/12/13 / 10:25 (V)	01/04/14 / 12:29 (E)
QA11*** (águas doces)	536667,71	8559756,62	536667,71	8559756,62	S	08/01/14 / 13:20 - 13:40 (n/a)	09/04/14 / 9:40 (n/a)

Legenda: * Hora variável conforme amostra coletada para cada profundidade (três, duas e uma amostras coletadas à superfície, no meio e fundo, respectivamente); ** condição de maré (E – enchente, V – vazante, A – alta, B – baixa, M – meia; n/a – não aplicável) no Porto de Salvador obtida de Marinha do Brasil (2014).*** Devido à reduzida profundidade disponível nas estações de amostragem de águas doces (QA7, QA8 e QA11) foram coletadas amostras apenas na superfície; P Profundidade (S – superfície, M – meio, F – fundo).

Em virtude de o traçado da Ponte da Baía de Todos os Santos ter sido alterado durante a realização do presente EIA, e após a realização das campanhas sazonais, foi realizada uma terceira campanha de coleta de águas salinas no canal de Salvador a 17 de julho de 2014.

Esta campanha teve como objetivo avaliar uma eventual diferença de qualidade da água salina no novo local do traçado, mais a norte na proximidade de Salvador que o traçado inicial.

Para esta campanha foram considerados cinco pontos de amostragem de águas salinas no canal de Salvador. Estes pontos foram escolhidos de modo a contemplar:

- Um ponto de controle, comum às campanhas 1 e 2: foi escolhido o ponto QA5, localizado próximo à Ilha de Itaparica, onde o traçado se mantém;
- Quatro pontos distribuídos transversal e longitudinalmente no entorno da metade leste da Ponte da Baía de Todos os Santos, onde o traçado se altera.

No Quadro 64 apresenta-se para a campanha 3 a localização das estações de amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais, data e hora de amostragem e condição de maré. A localização das estações de amostragem é apresentada em Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.17.

Quadro 64 – Localização de estações de amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais na campanha 3

Código da amostra	Coordenadas (SIRGAS 2000)		Prof.	Data / Hora* (maré**)
	X (m)	Y (m)		
QA5 (águas salinas)	543258,51	8568823,70	S	17/07/14 / 13:45 (B)
			M	17/07/14 / 15:55 (E)
			F	17/07/14 / 14:00 (E)

Código da amostra	Coordenadas (SIRGAS 2000)		Prof.	Data / Hora* (maré**)
	X (m)	Y (m)		
QA12 (águas salinas)	552369,16	8570025,22	S	17/07/14 / 8:50 (V)
			M	17/07/14 / 9:15 (V)
			F	17/07/14 / 9:00 (V)
QA13 (águas salinas)	552354,24	8568991,71	S	17/07/14 / 9:30 (V)
			M	17/07/14 / 9:40 (V)
			F	17/07/14 / 9:35 (V)
QA14 (águas salinas)	547936,64	8569813,81	S	17/07/14 / 11:10 (V)
			M	17/07/14 / 11:25 (V)
			F	17/07/14 / 11:30 (V)
QA15 (águas salinas)	548134,58	8568735,43	S	17/07/14 / 11:35 (V)
			M	17/07/14 / 11:45 (V)
			F	17/07/14 / 11:55 (V)

Legenda: * Hora variável conforme amostra coletada para cada profundidade (três, duas e uma amostras coletadas à superfície, no meio e fundo, respectivamente); ** condição de maré (E – enchente, V – vazante, A – alta, B – baixa, M – meia) no Porto de Salvador obtida de Marinha do Brasil (2014); Prof. – Profundidade (S – superfície, M – meio, F – fundo).

Em cada um dos pontos de amostragem são coletadas três amostras representativas da coluna de água, observadas a três profundidades diferenciadas: superfície, meio e fundo. Nas estações de amostragem referentes a águas doces foi coletada apenas uma amostra à superfície, pois a reduzida coluna de água disponível (tendo em conta a reduzida dimensão dos cursos de água) não permitiu a coleta de amostras em profundidade, quer em período seco e quer em período úmido.

As coletas foram efetuadas através de uma garrafa amostradora Van Dorn em PVC, de 2 litros, que foi introduzida, em cada ponto de amostragem, até às profundidades pretendidas, excetuando os casos em que a profundidade da coluna de água não o

justificou (caso das águas doces na Ilha de Itaparica, em corpos de água com profundidade muito baixa, até 0,5 m, que são amostradas apenas à superfície).

No Quadro 65 e Quadro 66 apresentam-se para as campanhas 1 e 2 e campanha 3, respectivamente, os parâmetros amostrados e respectivo número de amostras e número de locais de amostragem definidos.

No caso dos parâmetros pH, Temperatura, Condutividade, Resistividade e Oxigênio Dissolvido fez-se a sua medição em campo. Nas campanhas 1 e 2 foram utilizados uma Sonda Multiparâmetros OAKTON Serie 6000 Modelo PCD 650 para a medição dos primeiros quatro parâmetros e um Oxímetro LUTRON DO-5519 para a medição do Oxigênio Dissolvido. Na campanha 3 todos os parâmetros foram medidos com uma Sonda Multiparâmetros HORIBA Serie U-50.

Quadro 65 – Amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais nas campanhas 1 e 2: número de amostras e parâmetros

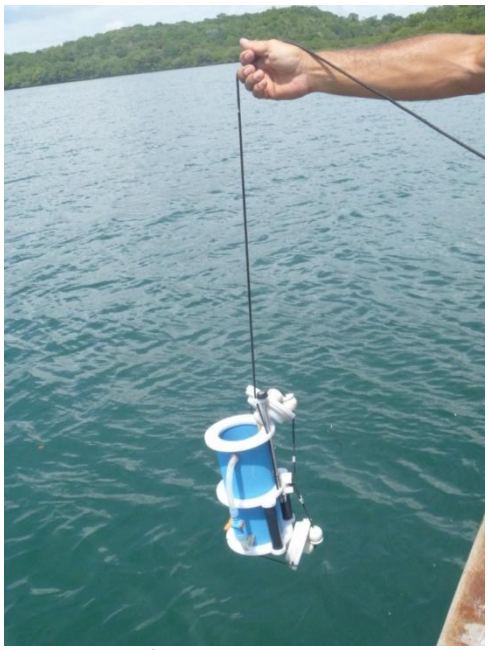
Parâmetros	N.º amostras por local	N.º locais	N.º amostras total (por campanha)
Temperatura, Condutividade, Resistividade, Salinidade; Turbidez; Oxigênio dissolvido; pH; Sólidos suspensos; Sólidos totais; Nitrogênio amoniacal; Nitrato; Fósforo total; Ortofosfato solúvel; Ferro dissolvido; Cobre dissolvido; Manganês total; Chumbo total; Mercúrio total; Zinco total; Cádmio total; Carbono Orgânico total;	3 (superfície, meio e fundo)*	11	27
Clorofila-a	2 (superfície e meio)*	11	19
Óleos e graxas, Surfatantes, Coliformes termotolerantes (E. coli), Enterococos	1 (superfície)	11	11

Nota: * devido à reduzida profundidade disponível nas estações de amostragem de águas doces (QA7, QA8 e QA11) foram coletadas amostras apenas na superfície.

Quadro 66 – Amostragem para coleta de dados primários de meio físico / qualidade da água de recursos hídricos superficiais na campanha 3: número de amostras e parâmetros

Parâmetros	N.º amostras por local	N.º locais	N.º amostras total (por campanha)
Temperatura, Condutividade, Resistividade, Salinidade; Turbidez; Oxigênio dissolvido; pH; Sólidos suspensos; Sólidos totais; Nitrogênio amoniacal; Nitrato; Fósforo total; Ortofosfato solúvel; Ferro dissolvido; Cobre dissolvido; Manganês total; Chumbo total; Mercúrio total; Zinco total; Cádmio total; Carbono Orgânico total;	3 (superfície, meio e fundo)	5	15
Clorofila-a	2 (superfície e meio)	5	10
Óleos e graxas, Surfatantes, Coliformes termotolerantes (E. coli), Enterococos	1 (superfície)	5	5

Nas fotografias seguintes apresentam-se aspectos representativos do trabalho efetuado nas três campanhas.



Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Canal de Itaparica / dezembro de 2013

Fotografia 30 e Fotografia 31 – Primeira campanha de coleta de águas superficiais (período seco): introdução de garrafa amostradora e enchimento de recipiente de amostra a partir de garrafa amostradora

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Canal de Itaparica / dezembro de 2013

Fotografia 32 e Fotografia 33 – Primeira campanha de coleta de águas superficiais (período seco): preservação de amostras para transporte e medição de parâmetros em campo com Sonda Multiparâmetros

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Canal de Salvador e Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / abril de 2014

Fotografia 34 e Fotografia 35 – Segunda campanha de coleta de águas superficiais (período úmido): introdução de garrafa amostradora e medição de parâmetros em campo com Sonda Multiparâmetros

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Canal de Salvador / julho de 2014

Fotografia 36 e Fotografia 37 – Terceira campanha de coleta de águas superficiais: introdução de garrafa amostradora e recipientes para acondicionamento de amostras

Para os restantes parâmetros, as análises foram realizadas no laboratório certificado da Bioagri Ambiental Ltda. – Matriz, R. Aljovil Martini, 177/201, Bairro Dois Córregos, Cep. 14420-833, Piracicaba/SP.

Os métodos laboratoriais respeitaram o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras e as normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO) ou, na ausência destas, no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-AWWAWPCF*, edição 22, 2012, EPA e ABNT (se aplicável).

Para cada parâmetro foi utilizado um método com limite de quantificação compatível com os respectivos valores máximos/mínimos permissíveis dos padrões de qualidade

apresentados na Resolução do CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, para águas salinas de classe 1 e para as águas doces de classe 2.

C. Coleta de dados secundários

Para a identificação e caracterização das principais fontes de poluição das águas superficiais na AID e na envolvente do Projeto foram consideradas principalmente as seguintes fontes:

- Inventário de Atividades com Potencial de Contaminação / Poluição e de Produtos Químicos na Baía de Todos os Santos (HYDROS, 2009): fontes de poluição industriais, agrícolas e carcinicultura e saneamento;
- Saneamento Ambiental da Baía de Todos os Santos – Modelamento e Avaliação Ambiental (HYDROS e CH2MHILL, 2000b): fontes de poluição;
- Atlas do Saneamento 2011 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011): recolha e tratamento de esgotos e disposição final de resíduos sólidos urbanos;
- Atlas do Abastecimento Urbano de Água (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010): mananciais de abastecimento urbano, tipo de tratamento de água;
- Panorama de Qualidade das Águas Superficiais do Brasil 2012 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012b): fontes de poluição e efeitos das alterações climáticas na qualidade da água;
- Site da empresa The DOW Chemical Company (2013): fontes de poluição;
- Site da empresa Gerdau (2013): fontes de poluição;
- Site da empresa M. Dias Branco (2013): fontes de poluição;
- Site da empresa Enseada (2013): fontes de poluição.

Para diagnóstico das áreas de influência do empreendimento e contextualização dos dados primários foram coletados um conjunto de dados secundários referentes à **qualidade da água** na AID / ADA e AII do Projeto (BTS e trechos finais de principais rios afluentes à BTS). Estes dados referem-se a parâmetros físico-químicos, nutrientes e concentrações de metais e hidrocarbonetos na água e em matéria particulada em suspensão.

Os corpos de água superficiais na AID / ADA e AII do Projeto são apresentados na seção de Recursos Hídricos Superficiais – Quantidade. Para identificação do corpos de água na ADA se considerou ainda a informação das cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística à escala 1:100 000 para a Baía de Todos os Santos (Folha SD-24-X-A-IV, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 1972) e Jaguaripe (Folha SD-24-J-I, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 1967).

Os dados de qualidade da água foram selecionados de acordo com a sua relevância para o Projeto e dando preferência aos dados mais recentes.

As fontes selecionadas foram as seguintes:

- Programa Monitora (INEMA, BAHIA, 2014c): qualidade da água em principais rios afluentes à BTS, AID e AII do Projeto;
- Monitoramento da balneabilidade das praias de Salvador (INEMA, BAHIA, 2014a): condição de balneabilidade das praias do Município de Salvador e da BTS, AID e AII do Projeto;
- Celino et al. (2010): qualidade físico-química geral e hidrocarbonetos na água da BTS, AID e AII do Projeto;
- Estudo de Impacto Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Salvador – Bahia (BAHIA, 2008a): dados primários de monitoramento da qualidade da água na envolvente do Porto de Salvador, AID do Projeto;
- Lopes et al. (2009): revisão de estudos de qualidade da água no Norte da BTS, AII do Projeto;
- Hatje et al. (2009): metais em material particulado em suspensão nos estuários dos rios Jaguaripe, Paraguaçu e Subaé, AII do Projeto;
- Hatje et al. (2010): qualidade físico-química da água nos estuários dos rios Jaguaripe, Paraguaçu e Subaé, AII do Projeto;
- Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do Estaleiro do Paraguaçu (BAHIA, 2009): dados primários de monitoramento da qualidade da água no estuário do rio Paraguaçu, AII do Projeto;
- Milazzo et al. (2011): qualidade físico-química, concentração de metais e fósforo total na água superficial do estuário do rio São Paulo (Norte da BTS), AII do Projeto.

Tendo em conta a escassez de dados secundários referentes à área da BTS situada na AID, foram ainda considerados dados na AID e AII do Projeto referentes à biota,

indicadores indiretos da qualidade da água em Cruz (2008): cianobactérias bentônicas em recifes de coral na costa do município de Salvador e Ilha de Itaparica.

2.8.2.2. Situação atual na AII

A. Fontes de poluição

Introdução

Na AII assinalam-se como potenciais fontes de poluição dos recursos hídricos superficiais (rios e BTS) algumas instalações industriais, terminais marítimos, agrícolas e de sistemas de saneamento. A localização das principais instalações bem como os lançamentos pontuais de efluentes líquidos identificados como tendo potencial interferência na qualidade da água dos recursos hídricos superficiais são apresentadas em Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.14 e Mapa 2.15.

A contaminação dos recursos hídricos superficiais se realiza de forma direta através de lançamentos de efluentes líquidos ou de forma indireta através do carreamento, após chuvas, para os corpos de água de poluentes despejados nos solos ou ainda por deposição no solo e água de poluentes emitidos para a atmosfera.

Embora a principal forma de contaminação dos recursos hídricos seja o lançamento de efluentes líquidos e em menor grau o carreamento de material depositado no solo, a deposição seca (material particulado) ou úmida (chuva) de poluentes atmosféricos pode representar uma contribuição significativa para alguns poluentes, especificamente no caso dos HPA e metais (Cu, Zn e especialmente Fe e Mn) (HATJE *et al.*, 2009; ROCHA *et al.*, 2012).

Indústrias

As principais instalações industriais, apresentadas no Quadro 67 por setor de atividade, localizam-se no entorno leste-noroeste da BTS, principalmente nos municípios de Simões Filho, Feira de Santana, Candeias, São Francisco do Conde e Santo Amaro e Salvador, concentrando-se no Centro Industrial de Aratu (CIA), no município de Simões Filho, e no Centro Industrial do Subaé (CIS).

Tendo em conta o número de instalações e o seu porte (capacidade de produção) as atividades desenvolvidas envolvem principalmente o refino de petróleo, a fabricação de produtos químicos orgânicos e inorgânicos, a siderurgia, a metalomecânica, o beneficiamento de couro, os têxteis, a fabricação de artefatos de metal e plástico, a indústria de papel e a extração de petróleo e gás natural, entre outras indústrias, sendo produzidos efluentes líquidos e/ou emissões atmosféricas ou contaminação de solos com possível interferência nos recursos hídricos.

As atividades interferem de modo direto, através de lançamentos de efluentes líquidos contendo matéria orgânica, compostos químicos orgânicos e inorgânicos e hidrocarbonetos, na qualidade da água dos rios Paraguaçu e Subaé, principalmente, mas também da Baía de Aratu, do rio São Paulo, na Baía de Itapagipe e no Norte da BTS. Indiretamente, podem contaminar os rios próximos e a própria BTS com material particulado, metais e compostos orgânicos por deposição nos solos e água de emissões atmosféricas.

A generalidade das indústrias que efetuam lançamentos de efluentes para corpos de água superficial efetua o seu tratamento adequado previamente ao lançamento (HYDROS, 2009). Entretanto, é possível que possam ocorrer situações, especificamente por situações de vazão adversas ou coincidência de lançamentos, em que os lançamentos causem uma degradação significativa relativamente ao padrão de qualidade. Já a poluição de caráter difuso, especificamente a resultante de deposição de poluentes atmosféricos ou de solos e sedimentos contaminados, terá menor controle, podendo conduzir, em situações meteorológicas adversas, a eventos graves de poluição.

Quadro 67 – Principais fontes industriais de poluição de recursos hídricos superficiais na AII

Atividade (n.º)	Empreendimentos (Município / Porte*)	Tipo de poluição (potenciais contaminantes dos recursos hídricos superficiais)**	Corpo de água diretamente interferido
Refino de Petróleo (1)	Petrobrás – RLAM (São Francisco do Conde / Excepcional)	Difusa (deposição de material particulado e hidrocarbonetos emitidos para a atmosfera)	-
Fabricação de produtos químicos orgânicos e inorgânicos (8)	DOW Brasil S/A (Candeias / Excepcional), Proquigel Química S/A (Candeias / Excepcional), Pluriquímica Indústria e Comércio Ltda (Simões Filho / Médio), Procter & Gamble Química Ltda (Simões Filho / Pequeno), Quimil Indústria (Simões Filho / Pequeno), Xerox Comércio e Indústria Ltda (Simões Filho / Grande), Cromex Bahia Ltda (Simões Filho / Pequeno), Reichhold do Brasil Ltda (Simões Filho / Pequeno)	Pontual (matéria orgânica, tintas, compostos orgânicos e inorgânicos) Difusa (deposição de material particulado, CN e compostos orgânicos emitidos para a atmosfera)	Baía de Aratu (BTS) Foz do rio São Paulo
Fabricação de metais ferrosos e ferroligas (2)	Gerdau Aços Longos S/A (Simões Filho / Médio), Rio Doce Manganês S/A (Simões Filho / Excepcional)	Pontual (Fenóis, compostos de nitrogênio) Difusa (deposição de material particulado emitido para a atmosfera)	Afluente da Baía de Aratu (BTS)

Atividade (n.º)	Empreendimentos (Município / Porte*)	Tipo de poluição (potenciais contaminantes dos recursos hídricos superficiais)**	Corpo de água diretamente interferido
Fabricação de peças e acessórios para veículos (2)	Pirelli Pneus Ltda (Feira de Santana / Excepcional), Robert Bosch Ltda (Simões Filho / Grande)	Pontual (compostos químicos, hidrocarbonetos) Difusa (deposição de material particulado, CN e compostos de cloro e enxofre emitidos para a atmosfera)	Rio Subaé Afluente da Baía de Aratu
Beneficiamento de couro (1)	Mastrotto Reichert S/A (Cachoeira / Excepcional)	Pontual (matéria orgânica) Difusa (deposição de material particulado emitido para a atmosfera)	Rio Paraguaçu (jusante da Barragem Pedra do Cavalo)
Preparação e fiação de fibras têxteis naturais (2)	Sisalana S/A Indústria e Comércio (Simões Filho / Excepcional), UCI do Brasil Indústria e Comércio Ltda (Simões Filho / Excepcional)	Difusa (deposição de material particulado emitido para a atmosfera)	-
Fabricação de artefatos e embalagens de metal (3)	Metalbasa Metalúrgica da Bahia S/A (São Francisco do Conde / Médio), Durit Brasil Ltda (Simões Filho / Grande), Latapack-Ball Embalagens Ltda (Simões Filho / Médio)	Difusa (deposição de material particulado e compostos orgânicos emitidos para a atmosfera)	-

Atividade (n.º)	Empreendimentos (Município / Porte*)	Tipo de poluição (potenciais contaminantes dos recursos hídricos superficiais)**	Corpo de água diretamente interferido
Fabricação de papel e/ou papelão (4)	Fábrica de Papel da Bahia S.A (Feira de Santana / Médio), Santo Expedito Indústria de Papéis Ltda. (Cachoeira / Pequeno), Penha Papéis e Embalagens Ltda – Matriz e Filial (Santo Amaro / Grande e Médio)	Pontual (matéria orgânica) Difusa (deposição de material particulado emitido para a atmosfera)	Afluente do rio Subaé Rio Paraguaçu (jusante da Barragem Pedra do Cavalo)
Fabricação de artefatos de borracha ou plástico (2)	FCC Jacuípe Termoplásticos Adesivos e Componentes Ltda (Conceição do Jacuípe / Médio), Poly Embalagens Ltda (Simões Filho / Médio)	Pontual (matéria orgânica, compostos orgânicos) Difusa (deposição de material particulado e compostos orgânicos emitidos para a atmosfera)	Rio Subaé
Fabricação de Biodiesel (1)	Comanche Biocombustíveis da Bahia Ltda. (Simões Filho / Médio)	Difusa (deposição de material particulado e compostos orgânicos emitidos para a atmosfera)	-
Fabricação de máquinas e equipamentos para a prospecção de gás e petróleo (1)	Petrol Industrial S/A (Simões Filho / Médio)	Difusa (deposição de material particulado emitido para a atmosfera)	-

Atividade (n.º)	Empreendimentos (Município / Porte*)	Tipo de poluição (potenciais contaminantes dos recursos hídricos superficiais)**	Corpo de água diretamente interferido
Fabricação de produtos do fumo (1)	Golden Leaf Tabacco Ltda (Simões Filho / Médio)	Difusa (deposição de material particulado e compostos orgânicos emitidos para a atmosfera)	-
Fabricação de malte, cervejas e chopes (1)	Cervejarias Kaiser (Feira de Santana / Médio)	Pontual (matéria orgânica) Difusa (deposição de material particulado emitido para a atmosfera)	Afluente do rio Paraguaçu (montante da Barragem Pedra do Cavalo)
Fabricação de medicamentos (1)	Labovet Produtos Veterinários Ltda (Feira de Santana / Médio)	Pontual (compostos químicos)	Afluente do rio Paraguaçu (montante da Barragem Pedra do Cavalo)
Fabricação de asfalto e derivados e de produtos asfálticos (2)	Ipiranga Asfaltos S/A (Feira de Santana / Pequeno), Betumat Química Ltda (Candeias / Pequeno)	Pontual (hidrocarbonetos) Difusa (deposição de material particulado e hidrocarbonetos emitidos para a atmosfera)	Afluente do rio Paraguaçu (montante da Barragem Pedra do Cavalo) Rio São Paulo

Atividade (n.º)	Empreendimentos (Município / Porte*)	Tipo de poluição (potenciais contaminantes dos recursos hídricos superficiais)**	Corpo de água diretamente interferido
Fabricação de óleos vegetais (2)	Biooleo Industrial e Comercial Ltda (Feira de Santana / Pequeno), Bom-Brasil Óleo de Mamona Ltda (Salvador / Micro)	Pontual (matéria orgânica) Difusa (deposição de material particulado emitido para a atmosfera)	Rio Subaé Enseada dos Tainheiros (Baía de Itapagipe, BTS)
Fabricação de sabões e detergentes sintéticos (1)	Savon Indústria Comércio Imp. e Exp. Ltda (Feira de Santana / Pequeno)	Pontual (compostos químicos) Difusa (deposição de material particulado emitido para a atmosfera)	Afluente do rio Paraguaçu (montante da Barragem Pedra do Cavalo)
Fabricação de colchões (1)	Indústria Baiana de Colchões e Espumas Ltda (Salvador / Pequeno)	Difusa (deposição de compostos orgânicos emitidos para a atmosfera)	-
Extração de petróleo e gás natural (1)	Petróleo Brasileiro S.A - Unidade de Negócio Exp. & Prod. Bahia / UN-BA (São Francisco do Conde / Micro – por poço)	Pontual (hidrocarbonetos) Difusa (carreamento de solo e resuspensão de sedimentos contaminados com hidrocarbonetos)	Norte da BTS
Tecelagem de algodão (1)	FAGIP - Fábrica de Gazes Industriais Agroprotetoras S/A (Salvador / Micro)	Pontual (matéria orgânica)	Enseada dos Tainheiros (Baía de Itapagipe, BTS)

Atividade (n.º)	Empreendimentos (Município / Porte*)	Tipo de poluição (potenciais contaminantes dos recursos hídricos superficiais)**	Corpo de água diretamente interferido
Metalúrgica de chumbo (1)	Plumbum COBRAC (Santo Amaro / Desativada em 1993)	Difusa (carreamento de escórias e solo e resuspensão de sedimentos contaminados com metais As, Cd, Pb e Zn)	Rio Subaé
Indústria de cloro – soda (1)	Companhia Química do Recôncavo (Salvador / Desativada)	Difusa (eventual resuspensão de sedimentos contaminados com Mercúrio)	Enseada dos Tainheiros (Baía de Itapagipe, BTS)

Legenda: * de acordo com a classificação do Anexo III do Decreto N.º 11.235 de 10 de outubro de 2008, baseada na capacidade de produção da instalação industrial; ** considera-se apenas a poluição de efluentes / emissões industriais e não efluentes domésticos; *** contaminação originada pela atividade da Companhia Química do Recôncavo.
Fontes: Adaptado de HYDROS (2009), HYDROS e CH2MHILL (2000b), completado com efluentes / emissões típicas por tipo de atividade de Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e Sinditêxtil (2009), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2014), Fonseca (2010).

Merecem destaque duas instalações desativadas que deixaram um passivo ambiental de contaminação dos recursos hídricos superficiais de alta toxicidade:

- A metalúrgica de chumbo Plumbum COBRAC: depósito a céu aberto e em lagoas de decantação no espaço do seu recinto, a menos de 300 m do rio Subaé, de escórias contaminadas com metais (principalmente As, Cd, Pb e Zn) podendo atingir o rio por escoamento superficial após chuvas e deposição de poeiras; merece também menção a provável contaminação dos sedimentos do fundo do rio e do estuário com metais devido aos lançamentos efetuados pela instalação diretamente no rio durante a sua atividade (HATJE *et al*., 2009; ELO CONSULTORIA EM MEIO AMBIENTE, 2010).
- A indústria de cloro – soda Companhia Química do Recôncavo: provável contaminação dos sedimentos da Enseada dos Tainheiros, Baía de Itapagipe, com metais, principalmente Mercúrio, em consequência do despejo de células eletrolíticas durante a sua atividade (HATJE *et al.*, 2009); embora a qualidade da água da Baía de Itapagipe não ateste uma contaminação significativa com metais, a ressuspensão dos sedimentos, por ação antrópica (e. g. excavações) ou natural (condições de maré ou meteorológicas adversas), poderá conduzir a um aumento significativo da concentração destes poluentes na água.

Terminais marítimos

Os terminais marítimos na AII são apresentados no Quadro 68. A maioria dos terminais industriais encontra-se na Baía de Aratu, suportando as atividades industriais aí localizadas.

As atividades desenvolvidas nos terminais são potencialmente poluentes dos recursos hídricos superficiais, especialmente a BTS, através de derrames de substâncias contaminantes associadas ao tráfego naval relacionado.

As substâncias derramadas serão geralmente hidrocarbonetos, provenientes de derrames de combustível e óleos, mas também poderão ser alguns dos materiais transportados pelos navios, dado a maioria dos terminais estar associada ao transporte de mercadorias (exceção apenas do terminais de Bom Despacho e de São

Joaquim e do Canteiro de São Roque do Paraguaçu, Fotografia 29, dedicados ao transporte de passageiros e à reparação naval, respectivamente).

Quadro 68 – Principais terminais marítimos com influência na qualidade dos recursos hídricos superficiais na AII

Terminal marítimo (Município)	Atividade	Potenciais contaminantes dos recursos hídricos superficiais
Porto de Aratu (Candeias)	Movimentação de granéis sólidos e líquidos, produtos gasosos e óleos vegetais	Produtos químicos, fertilizantes, hidrocarbonetos
Porto de Salvador (Salvador)	Movimentação de produtos químicos	Produtos químicos, hidrocarbonetos
Terminal Gerdau / Usiba (Salvador)	Recebimento de minério de ferro bruto ou pelotizado e de sucata de ferro prensada	Hidrocarbonetos Em caso de acidente especialmente Fe e Mn
Terminal Dias Branco (Salvador)	Recebimento de trigo para o Grande Moinho de Aratu, movimentação (exportação) de soja do oeste do Estado	Hidrocarbonetos Em caso de acidente também matéria orgânica
Terminal DOW Química (Candeias)	Movimentação de produtos químicos (e.g. eteno, criogênio, óxido de propeno líquido e propeno líquido)	Hidrocarbonetos Em caso de acidente também produtos químicos (álcool, ácidos)
Terminal Ford (Candeias)	Movimentação de veículos automotores da Ford	Hidrocarbonetos
TEQUIMAR - Terminal Químico de Aratu (Candeias)	Movimenta produtos químicos, e possui instalações de armazenagem, dispositivos de recepção e movimentação	Hidrocarbonetos Em caso de acidente também produtos químicos
TEMADRE (Madre de Deus)	Recebimento de petróleo e embarque de derivados de petróleo processados pela Refinaria Landulfo Alves	Hidrocarbonetos
Terminal de Regaseificação da Bahia (*offshore* Salvador – Ilha dos Frades)	Regaseificação de gás natural liquidefeito (transferência entre navios)	Hidrocarbonetos
Canteiro de São Roque do Paraguaçu (Maragogipe)	Construção e manutenção, reparo e reformas de plataformas petrolíferas e embarcações	Hidrocarbonetos
Terminal do Bom Despacho (Itaparica)	Embarque e desembarque de passageiros e veículos	Hidrocarbonetos
Terminal de São Joaquim (Salvador)	Embarque e desembarque de passageiros e veículos	Hidrocarbonetos

Fonte: HYDROS (2009), Hatje *et al.* (2009); The DOW Chemical Company (2013), GERDAU (2013), M. Dias Branco (2013), Enseada (2013); Petrobras (2014).

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / São Roque do Paraguaçu (Maragogipe) / dezembro de 2013

Fotografia 38 – Aspecto do Canteiro de São Roque do Paraguaçu: plataforma em construção / reparação

Atividades agrícolas e carcinicultura

Quanto às **atividades agrícolas**, destaca-se a atividade pecuária desenvolvida através de áreas de pastagem no entorno da BTS, que origina contaminação difusa dos cursos de água com matéria orgânica de origem fecal (ELO CONSULTORIA EM MEIO AMBIENTE, 2010). Excetuando-se algumas grandes plantações de cana de açúcar e de produção de fumo (Cf. seção de Meio Socioeconômico) que utilizam fertilizantes e agrotóxicos (Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.14), originando contaminação difusa dos cursos de água das bacias dos rios Paraguaçu e Subaé, as restantes atividades agrícolas são desenvolvidas em pequena escala e sem utilização de fertilizantes insumos, pelo que a qualidade da água é pouco influenciada por estes compostos químicos.

Nas zonas costeiras dos municípios de Salinas da Margarida, Jaguaripe e Santo Amaro desenvolve-se a atividade de **carcinicultura** (produção de camarão em cativeiro), levando à contaminação de forma pontual das águas do Noroeste da BTS, Canal de Itaparica e estuários do rio Jaguaripe com rações (matéria orgânica),

fertilizantes e antibióticos, através de lançamentos de efluentes líquidos, geralmente sem tratamento (HYDROS, 2009).

Saneamento

Por último se assinalam as fontes poluentes associadas ao saneamento. As principais fontes identificadas na AII por tipo de atividade são apresentadas no Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.15.

Verifica-se que o setor do saneamento interfere na qualidade da água dos recursos hídricos superficiais da AII através das atividades relacionadas ao:

- Abastecimento de água;
- Esgotamento sanitário;
- Disposição final de resíduos sólidos.

Relativamente aos sistemas de **abastecimento de água**, em alguns municípios da AII (Cachoeira, Candeias, Jaguaripe, Maragogipe, Salinas da Margarida, Salvador, Santo Amaro, Saubara e Vera Cruz) localizam-se Estações de Tratamento de Água (ETA) (cf. seção de Meio Socioeconômico) que efetuam lançamentos para:

- Rio e estuário do Paraguaçu;
- Rio da Dona;
- Rio Grande (afluente a noroeste da BTS);
- Orla atlântica de Salvador.

Estes lançamentos poderão originar contaminação dos corpos de água com substâncias químicas utilizadas no tratamento de água (principalmente sulfato de alumínio; HYDROS, 2009).

Nos sistemas operando nos municípios de Maragogipe e Jaguaripe está prevista até 2025 a ampliação dos sistemas produtores de água tratada, o que poderá representar um acréscimo da eventual contaminação do rio da Dona e do estuário do rio Paraguaçu (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010). Nos restantes sistemas na AII a capacidade de produção é considerada satisfatória.

Quanto aos **sistemas de esgotamento sanitário**, na AII se localizam, nos municípios de Cachoeira, Candeias, Itaparica, Madre de Deus, Maragogipe, Santo Amaro, São

Francisco do Conde, Simões Filho, Vera Cruz e Salvador, várias estações de tratamento de esgotos (ETE) e estações elevatórias (EE) (Cf. seção de Meio Socioeconômico) que efetuam lançamentos para:

- Rio e estuário do Paraguaçu;
- Rio e estuário do Subaé;
- Rio São Paulo;
- Rio Macaco e baía de Aratu;
- Rio do Cobre;
- BTS;
- Orla atlântica de Salvador.

Estes lançamentos originam potencial contaminação dos recursos hídricos superficiais principalmente com matéria de origem fecal, interferindo sobre os parâmetros Coliformes termotolerantes, Turbidez, Carbono orgânico total, Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) e Oxigênio dissolvido, entre outros.

Poderão ocorrer nestes sistemas lançamentos de esgotos não tratados nos extravasadores de EE (em situações de grande vazão no sistema ou falhas de energia elétrica para o funcionamento das bombas). A rede coletora de esgotos é geralmente tipo separador absoluto mas ocorrem por vezes ligações clandestinas de águas pluviais, falhas de energia elétrica que impedem o funcionamento das EE e problemas de operação das ETEs, que justificam lançamentos de efluentes não tratados nos corpos de água receptores mesmo nas áreas abrangidas pelo tratamento de esgotos (HYDROS, 2009; Cf. seção de Meio Socioeconômico).

Nos municípios de Jaguaripe, Salinas da Margarida e ilhas de Salvador (Maré, Bom Jesus dos Passos e Frades) se assinalam lançamentos de esgotos não tratados, em virtude da operação de sistemas de esgotamento sanitário sem tratamento, os quais interferem na qualidade da água dos rios da Dona e Jaguaripe e na BTS (embocadura do rio Paraguaçu e norte / nordeste).

Na AII os sistemas públicos de esgotamento sanitário atendem geralmente apenas parte da população em cada município (para análise detalhada Cf. seção de Meio Socioeconômico). A situação em 2008 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011) se caracterizava da seguinte forma (Cf. Quadro 1: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1):

- Apenas os municípios mais urbanizados da RMS (Salvador, Simões Filho e Madre de Deus) têm rede coletora em todos os distritos;
- Nos municípios de Saubara, Salinas da Margarida e Jaguaripe não existe rede coletora;
- Mesmo nos distritos que têm rede de coleta de esgoto geralmente apenas uma parte das unidades residenciais e não residenciais são atendidas:
  - A grande maioria das unidades nos municípios de Salvador, Madre de Deus, São Francisco do Conde, Cachoeira e Itaparica;
  - Uma minoria das unidades principalmente nos municípios de Simões Filho e Vera Cruz (menos de 1/3 das unidades);
- Nas áreas não abrangidas pelos sistemas de esgotamento sanitário o saneamento do esgoto efetua-se principalmente pelo uso de fossa séptica e sumidouro; menos frequentemente é usada a fossa rudimentar (sistema de sumidouro sem fossa séptica, permitindo a infiltração de líquido no solo; municípios de Santo Amaro e Maragogipe) e a fossa seca (poço seco escavado em terra, para onde é lançado o esgoto primário; município de Cachoeira).

Esta situação sugere a possível ocorrência de contaminação difusa dos recursos hídricos superficiais com esgotos não tratados, principalmente nos municípios do entorno oeste – sudoeste da BTS: Saubara, Salinas da Margarida, Jaguaripe, Vera Cruz, especialmente por via da contaminação de solo ou também por lançamentos clandestinos em cursos de água.

A situação do município de Vera Cruz, detalhada nos estudos para o Plano Diretor Urbano com Abrangência Municipal (BAHIA *et al.*, 2004), considera-se indicativa da realidade dos municípios da AII:

- O sistema de tratamento de esgoto que atendia apenas parte das localidades de Mar Grande, Barra do Gil, Ilhota e Gamboa, não é considerado adequado, sendo despejado efluente contaminado em rios;
- A falta de controle da eficiência e qualidade construtiva das fossas sépticas usadas como alternativa à rede de coleta de esgoto faz assumir a existência de risco de poluição de recursos hídricos;
- Em algumas áreas do município verifica-se o lançamento de esgoto diretamente em rios e riachos, principalmente na contracosta, ou nos córregos formados nas ruas dos povoados.

Por último, os **sistemas de disposição final de resíduos sólidos**, existentes em todos os municípios do entorno da BTS, poderão também originar, por contaminação dos solos e carreamento de poluentes, contaminação difusa dos cursos de água próximos com matéria orgânica e nutrientes, bem como algumas substâncias químicas. Na AII (Cf. Quadro 1: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1):

- Esta situação é especialmente provável nos lixões localizados nos municípios de Cachoeira e Jaguaripe;
- A contaminação poderá também ocorrer nos aterros sanitários, a forma de destino final usada na maioria dos municípios e a única considerada adequada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n.º 12.305/2010, de 2 de agosto), dado ser relativamente comum a existência de problemas de operação que originam contaminação do ambiente no seu entorno (HYDROS, 2009; Cf. seção de Meio Socioeconômico).

A contaminação dos recursos hídricos superficiais, como cursos de água ou águas costeiras, poderá também resultar da disposição inadequada de resíduos sólidos (vazadouro a céu aberto ou aterro com confinamento de resíduos sólidos mas sem contenção de efluentes líquidos), independentemente da existência de um sistema público de disposição final dos resíduos, tal como se observa com especial significado em Salvador, Vera Cruz (ambos os municípios servidos com aterros sanitários), Salinas da Margarida e Jaguaripe (Cf. Quadro 1: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1 e também seção de Meio Socioeconômico).

Não obstante as suas deficiências, **a situação atual nos sistemas de saneamento da AII é resultado de um esforço efetuado ao longo das últimas duas décadas para a melhoria do saneamento básico e suas interferências na qualidade dos recursos hídricos superficiais, especialmente da BTS**. Neste contexto, se destacam as intervenções proporcionadas por (Cf. seção de Meio Socioeconômico):

- Programa BAHIA AZUL (1996-2001; HYDROS, 2009; SANTOS *et al.*, 2007): ações no escopo do esgotamento sanitário, abastecimento de água e resíduos sólidos (notadamente encerramento de lixões e construção de aterros sanitários) nas zonas assistidas pela EMBASA (exceto zonas rurais) nos municípios da RMS;
- Programa de Desenvolvimento do Turismo da Bahia (PRODETUR-BA; SANTOS *et al.*, 2007): desenvolvimento de infraestrutura básica de

saneamento nos municípios de Itaparica e Vera Cruz (notadamente, no período 1996-1999 a criação do sistema de abastecimento de água);

- PRÓ-SANEAMENTO (até 2002; SANTOS *et al.*, 2007): implantação e ampliação de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, focando o atendimento às camadas da população com menor renda, nos municípios de Salvador e Salinas da Margarida (apenas abastecimento de água);
- Programa Aceleração e Crescimento (PAC; BRASIL, 2013a, 2013b): contempla até ao final de 2014 intervenções de melhoria do:
  - Esgotamento sanitário (principalmente ampliação dos sistemas nas sedes municipais): municípios de Cachoeira, Candeias, Itaparica, Jaguaripe Madre de Deus, Maragogipe, Salvador, Santo Amaro, São Francisco do Conde, Saubara, Vera Cruz;
  - Manejo de resíduos sólidos: municípios de Itaparica, São Francisco do Conde, São Francisco do Conde, Simões Filho e Vera Cruz.

No campo dos resíduos sólidos destaca-se o enquadramento promotor da melhoria da situação da disposição final proporcionado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n.º 12.305/2010), que estabelece a obrigatoriedade de disposição final ambientalmente adequada de rejeitos (eliminação total dos vazadouros a céu aberto / lixões) até 2 de agosto de 2014 (Cf. seção de Meio Socioeconômico). Neste contexto, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos estabelece como diretrizes a eliminação dos lixões e aterros controlados e recuperação das áreas de lixão (BRASIL, 2011).

Os desenvolvimentos de saneamento básico na zona em estudo têm-se concentrado nas zonas urbanas do município de Salvador e nos municípios mais centrais da RMS (Cf. seção de Meio Socioeconômico), privilegiando as áreas com interesse econômico (especialmente turístico), à semelhança do verificado nos restantes territórios do estado da Bahia (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011; SANTOS *et al.*, 2007).

Estas intervenções diferenciadas repercutem-se na situação mais desfavorável no atendimento do saneamento dos municípios exteriores à RMS (Saubara, Salinas de Margarida e Jaguaripe) e das zonas rurais (fora das sedes de município), tal como evidenciado no diagnóstico do Meio Socioeconômico.

B. Qualidade da água

Principais rios: Jaguaribe, Paraguaçu, Subaé e São Paulo

São apresentados nos Quadro 2 e Quadro 3: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 –Tomo 1 os dados secundários da **qualidade físico-química e biológica geral** nos trechos terminais de principais rios afluentes à BTS (Jaguaripe, Paraguaçu, Subaé e São Paulo, Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.16), proporcionados pelo Programa MONITORA para os anos 2011, 2012 e 2013.

O monitoramento de qualidade físico-química geral e biológica indica para a maior parte dos parâmetros monitorados a conformidade com o padrão de qualidade estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357, de 2005 para as águas doces de classe 2. Realça-se, contudo, a existência de não conformidades, revelando alguns problemas de contaminação:

- **Rio Jaguaripe**: excedência do VMP para o Fósforo total;
- **Rio Paraguaçu**: excedência do VMP para Coliformes termotolerantes, Fósforo total e Sólidos totais dissolvidos; tanto para os Coliformes termotolerantes como para o Fósforo total verifica-se uma tendência de aumento nos últimos três anos; pontualmente verificam-se não conformidades para Clorofila-a, DBO e Oxigênio dissolvido, traduzindo apenas leves afastamentos do valor padrão de qualidade;
- **Rio Subaé**: excedência do VMP para Coliformes termotolerantes;
- **São Paulo**: não conformidades sistemáticas para os Coliformes termotolerantes, DBO e Fósforo total, revelando grandes afastamentos do VMP (até cerca de 1500%, 200% e 300%, respectivamente); pontualmente verificam-se não conformidades para os Sólidos totais dissolvidos e Oxigênio dissolvido, com alguma relevância neste último caso.

Entre estes rios, a qualidade físico-química geral e biológica da água se encontra mais degradada no rio Paraguaçu e no rio São Paulo, tanto em número de não conformidades como em grau de afastamento ao padrão de qualidade. Por sua vez, o Rio Jaguaripe se destaca por uma relativamente melhor qualidade.

Esta situação se adequa à distribuição de fontes de poluição conhecidas, notadamente à concentração de lançamentos (industriais e de sistemas de saneamento) no rio Paraguaçu (Cf. seção anterior, Fontes de poluição na AII).

Os dados secundários para concentrações de **metais e outros contaminantes específicos** para os rios Jaguaripe, Paraguaçu, Subaé e São Paulo estão disponíveis pelo Programa MONITORA (Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.16) para os anos de 2008, 2009 e 2009, apresentando-se no Quadro 5: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1.

Verifica-se para estes rios a seguinte situação face ao padrão de qualidade das águas doces de classe 2 estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357, de 2005:

- **Rio Jaguaripe**: apenas foram monitorados os Fenóis, não tendo sido detectados;
- **Rio Paraguaçu**: excedência do VMP para os Fenóis em 2 de 3 amostras coletadas; pequenas excedências pontuais dos VMP para Alumínio solúvel, Manganês total e Mercúrio total; pesticidas (não incluídos nos quadros referidos) e alguns metais (Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre solúvel, Prata) não foram detectados nas amostras;
- **Rio Subaé**: excedência do VMP para Alumínio (com aparente tendência de redução de concentrações), Fenóis, Ferro solúvel e Manganês, nestes últimos três parâmetros os resultados sugerem que a concentração seja mais elevada na época úmida (abril-junho); verifica-se ainda pontualmente uma ligeira excedência do VMP para o Níquel (embora se observem concentrações muito próximas do VMP em várias amostras) e a presença de Óleos e graxas; pesticidas (não incluídos nos quadros referidos) e alguns metais (Arsênio e Cádmio) não foram detectados em nenhuma amostra;
- **Rio São Paulo**: excedência do VMP para Fenóis e Ferro Solúvel (com aparente tendência de redução das concentrações), Manganês (neste caso com tendência para concentração mais elevada na época seca), Sulfetos e Surfactantes; pontualmente, verifica-se a presença de Óleos e graxas e a excedência do VMP para Cianobactérias, Alumínio e Cloreto.

Esta situação evidencia uma pior qualidade, em termos de número de não conformidades e de afastamento ao VMP nos rios Subaé e São Paulo. O principal problema de contaminação é representado pelos Fenóis, com concentrações em não conformidade com o padrão de qualidade na quase totalidade dos rios, com exceção única do rio Jaguaripe, no qual, no entanto, o monitoramento ocorreu apenas uma vez.

Esta situação está em concordância com a distribuição de fontes de poluição conhecidas, especialmente aquelas relacionadas com os setores do saneamento e industrial (Cf. seção anterior – Fontes de poluição na AII e Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.14 e Mapa 2.15), as quais poderão justificar a concentração de Fenóis, devido ao seu uso comum como desinfetante. Se assinala ainda a proximidade de um posto revendedor de combustível e de tanques e dutos de uma empresa petrolífera aos pontos de coleta no rio Subaé e no rio São Paulo, respectivamente (BAHIA, 2008b; HYDROS, 2009), pelo que vazamentos nestes sistemas poderão também associar-se à elevação da concentração de Fenóis.

Para as concentrações de Ferro e Manganês poderão contribuir causas naturais (lixiviação dos solos), devido às características dos solos locais (Cf. seção de Solos).

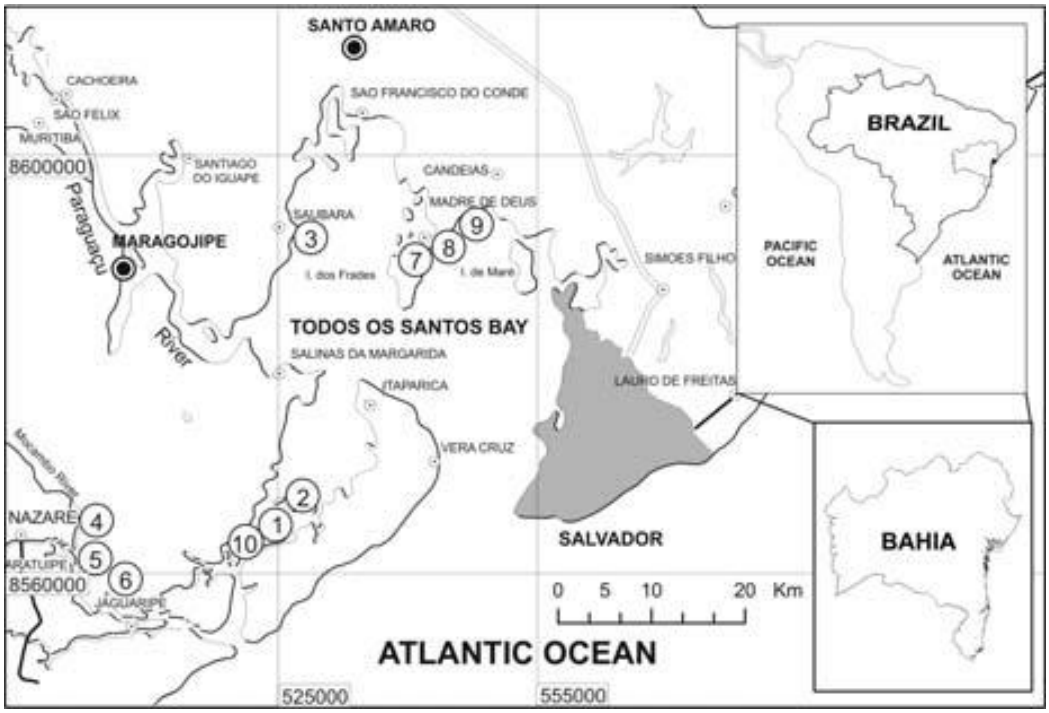
Principais estuários: Jaguaribe, Paraguaçu, Subaé e São Paulo

Segundo os dados secundários de **qualidade físico-química e biológica geral** disponíveis para os estuários dos rios Jaguaripe, Paraguaçu, Subaé e São Paulo (Figura 144, Figura 145 e Figura 147), menos abrangentes em termos de parâmetros monitorados que os do Programa Monitora, é possível verificar-se a seguinte situação face ao padrão de qualidade para águas salobras / salinas de classe 1 estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357, de 2005:

- **Estuário do rio Jaguaripe**: não satisfação do valor mínimo exigido para o Oxigênio dissolvido nas zonas mais internas do estuário (valores entre 1,3 e 2,6 mg/l) e ocorrência de não conformidades para o pH (valores entre 6,16 e 6,23); a salinidade situa-se em condições salobras (entre 0 e 25 p.s.u) (julho de 2007 e épocas secas e úmidas de 2003-2007; CELINO *et al.*, 2010; HATJE *et al.*, 2010; Figura 146);
- **Estuário do rio Paraguaçu** (transição entre desembocadura e BTS): valores com ligeiro afastamento do valor mínimo exigido para o Oxigênio dissolvido em águas salinas (entre 5,03 e 6,03 mg/l), Coliformes termotolerantes com máximo de 1553 UFC/100 ml, em não conformidade com padrão de qualidade; no inverno existe excedência do valor máximo permitido para o Carbono orgânico total; na salinidade varia entre condições salobras (25-30 p.s.u., no inverno) e salinas (30-36 p.s.u) Turbidez entre 0,91 e 5,60 NTU, Sólidos suspensos totais entre 2 e 95

mg/l, Sólidos totais entre 36 e 42 mg/l; Fósforo total inferior a 0,06 mg/l; pH entre 7 e 8 (verão e inverno de 2009; BAHIA, 2009; HATJE *et al.*, 2010, Figura 146);

- **Estuário do rio Subaé**: <u>não satisfação do valor mínimo exigido para o Oxigênio dissolvido</u>, com valores inferiores a 3 mg/l no estuário superior; a salinidade varia entre 0 e 33 p.s.u. e o pH entre 6,91 e 8,33 (épocas secas e húmidas de 2003-2007; HATJE *et al.*, 2010, Figura 146);
- **Estuário do rio São Paulo**: não satisfação do valor mínimo exigido para o Oxigênio dissolvido (com valores entre 4 e 5 mg/l); o Fósforo assimilável apresenta máximos (até 0,09 mg/l) superiores ao VMP para Fósforo total (0,062 mg/l); verificam-se condições de água salina (valores entre 36 e 39 p.s.u.) e o pH situa-se entre 7 e 8 (MILAZZO *et al.*, 2011, Quadro 70).



Fonte: Celino *et al.* (2010)

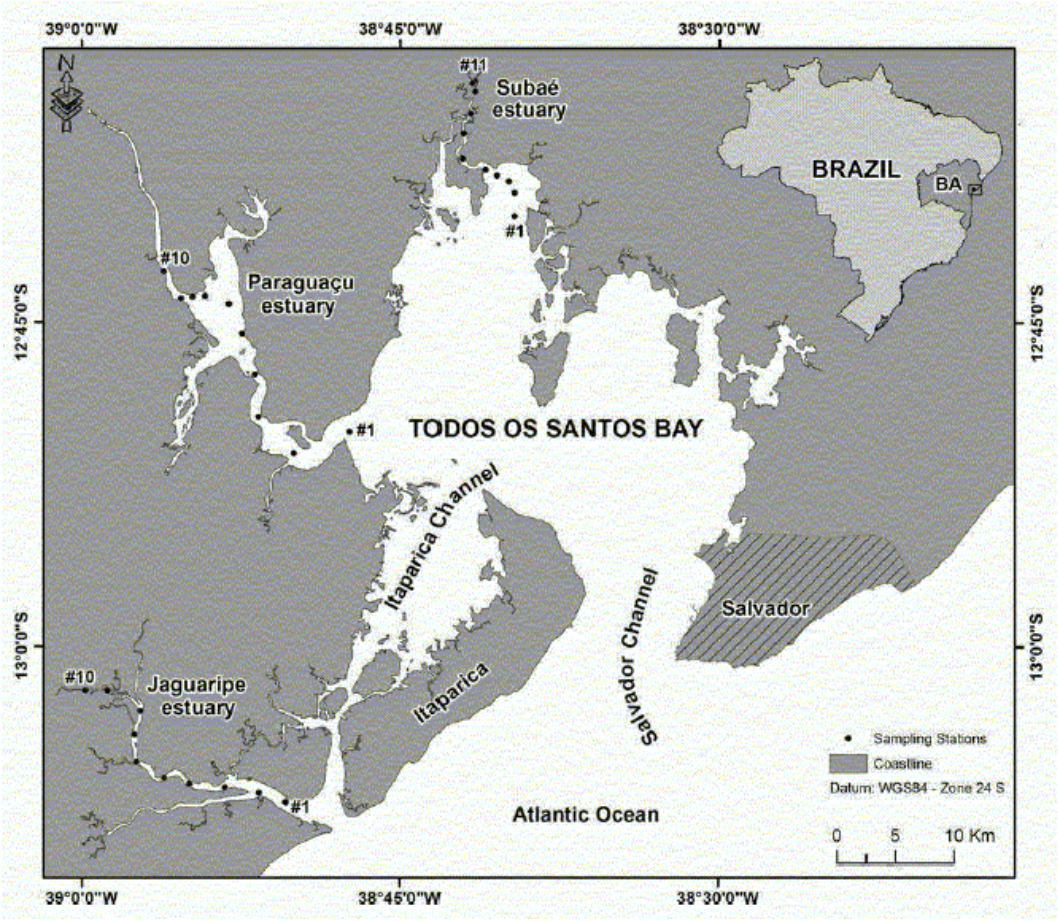
Figura 144 – Localização dos pontos de amostragem de qualidade físico-química geral e hidrocarbonetos na água superficial da BTS em julho de 2007 por Celino *et al.* (2010)

Quadro 69 – Resultados de qualidade físico-química geral e hidrocarbonetos (ng/l) na água superficial para pontos de amostragem da BTS em julho de 2007 por Celino *et al.* (2010)

Station	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	6,71	6,58	6,82	7,81	6,22	6,23	6,16	8,21	8,27	8,3
Eh	41	46	36	-12	68	67	71	-35	-38	-39
Temperature (ºC)	25,1	25,1	25,1	28,0	26,2	25,5	27,6	29,4	29,4	29,6
Salinity (‰)	31	32	32	29	20	20	20	31	31	32
Dissolved Oxig. (mg/l)	5,9	5,9	5,8	7,5	2,6	1,3	5,3	7,5	7,5	7,5
Np	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0055	0,0001	0,0001
mNp	0,0001	0,0006	0,0002	nd	0,0001	0,0001	0,0000	0,0009	0,0008	0,0000
dNp	nd	0,0009	0,0002	nd	0,0000	0,0006	0,0001	0,0003	0,0010	0,0000
Acy	0,0019	0,0032	0,0077	0,0001	0,0001	0,0013	0,0061	0,0001	0,0013	0,0087
Ace	0,0002	0,0012	0,0007	0,0008	0,0003	0,0008	0,0009	0,0004	0,0015	0,0005
F	0,0001	0,0030	0,0005	0,0002	0,0271	0,0023	0,0003	0,0002	0,0032	0,0003
Ph	0,0002	0,0023	0,0010	0,0002	0,0000	0,0006	0,0002	0,0001	0,0025	0,0005
An	0,0001	nd	nd	0,0003	0,0001	0,0006	0,0001	0,0002	nd	0,0002
Fl	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Py	0,0001	0,0019	0,0010	0,0003	0,0002	0,0034	0,0014	0,0001	0,0020	0,0266
BaAn	0,0001	0,0012	0,0014	0,0001	0,0001	0,0018	nd	0,0003	nd	0,0009
Chry	0,0001	0,0014	0,0007	0,0003	0,0004	0,0009	nd	0,0003	0,0019	0,0001
BbFl	0,0000	0,0006	0,0003	0,0005	0,0002	0,0004	0,0005	0,0000	0,0007	0,0011
BkFl	nd	0,0034	0,0010	0,0024	nd	0,0007	0,0019	0,0010	0,0104	0,0008
BaPy	nd	0,0064	0,0034	0,0034	nd	0,0047	0,0015	0,0016	0,0015	0,0011
Total PAH	**0,0029**	**0,0262**	**0,0184**	**0,0088**	**0,0290**	**0,0183**	**0,0132**	**0,0111**	**0,0269**	**0,0410**
PAH LMM	**0,0026**	**0,0112**	**0,0105**	**0,0017**	**0,0280**	**0,0065**	**0,0079**	**0,0078**	**0,0104**	**0,0104**
PAH HMM	**0,0003**	**0,0150**	**0,0079**	**0,0071**	**0,0009**	**0,0119**	**0,0053**	**0,0033**	**0,0166**	**0,0306**
Ph/An	**3,0487**	**nc**	**nc**	**0,6822**	**0,3812**	**0,9640**	**1,5012**	**0,5563**	**nc**	**2,0645**
BaAn/(BaAn+Chry)	**0,4724**	**0,4535**	**0,6587**	**0,2065**	**0,1942**	**0,6714**	**nc**	**0,5182**	**nc**	**0,8971**
F/(F+Py)	**0,6248**	**0,6104**	**0,3498**	**0,3988**	**0,9939**	**0,4060**	**0,1553**	**0,5363**	**0,6167**	**0,0115**
An/(An+Ph)	**0,2470**	**nc**	**nc**	**0,5944**	**0,7240**	**0,5092**	**0,3998**	**0,6425**	**nc**	**0,3263**

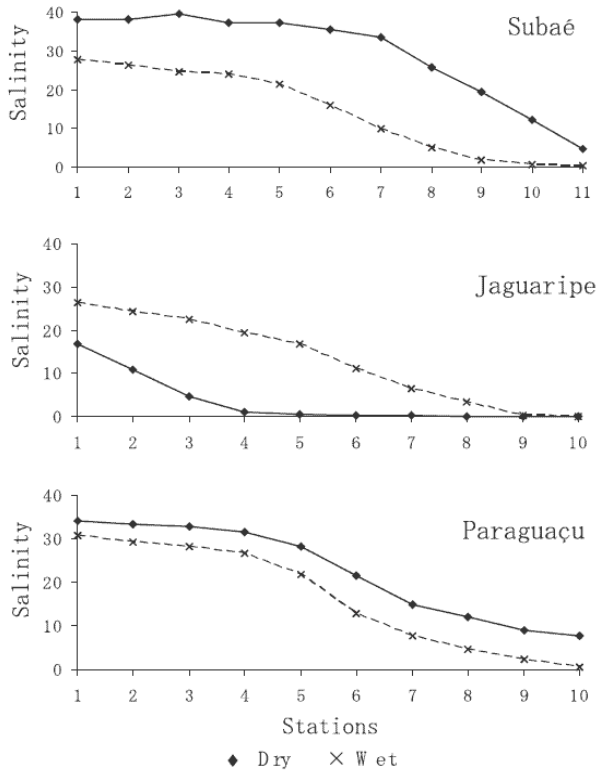
nd = not detected nc = not calculated na = not analyzed

Fonte: Celino *et al.* (2010)



Fonte: Hatje *et al.* (2010)

Figura 145 – Localização dos pontos de amostragem por Hatje *et al.* (2010) da qualidade físico-química da água dos estuários dos rios Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé nas épocas secas e úmidas de 2003 – 2007



Fonte: Hatje *et al.* (2010)

Figura 146 – Resultados de salinidade (p.s.u.) à superfície para os estuários dos rios Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé nas épocas secas (Dry) e úmidas (Wet) de 2003 - 2007

Fonte: Milazzo *et al.* (2011)

Figura 147 – Localização dos pontos de amostragem da qualidade da água no estuário do rio São Paulo por Milazzo *et al.* (2011)

Quadro 70 – Resultados de média e desvio padrão (SD) obtidos para parâmetros físico-químicos gerais no estuário do rio São Paulo por Milazzo *et al.* (2011)

Variável	pH	Eh	Tempe-ratura ºC	Salini-dade	Oxigênio Dissolvido mg L^{-1}
Média	7,53	-38,9	32,7	37,6	4,5
SD	0,27	9,11	1,11	1,22	0,7

Fonte: Milazzo *et al.* (2011)

Estes resultados demonstram que um dos principais problemas de qualidade em todos os estuários é o Oxigênio dissolvido, possivelmente acompanhado por não conformidades pontuais em parâmetros associados a contaminação com matéria orgânica, como os Coliformes termotolerantes e Carbono orgânico total (parâmetros monitorados apenas no estuário do rio Paraguaçu), e o Fósforo total.

Face aos resultados de qualidade dos respectivos rios, estes resultados sugerem que a contaminação da água acontece não apenas nos rios mas também nos estuários, contrabalançando o efeito de diluição proporcionado pela maior vazão. Note-se por exemplo o decréscimo do rio para o estuário, observado nos casos de Jaguaripe e Subaé, da concentração de Oxigênio dissolvido, com o surgimento de não conformidades apenas nos estuários.

Esta contaminação ao longo de todo o trecho final dos rios e estuários concorda com a distribuição de fontes de poluição junto aos estuários, especificamente os lançamentos e poluição difusa relacionados com os sistemas de esgotamento sanitário e, no caso dos estuários dos rios Paraguaçu e Subaé, com a atividade de carcinicultura (Cf. seção anterior, Fontes de poluição na AII).

Os dados secundários disponíveis para os estuários permitem apenas uma avaliação do efeito de sazonalidade para o caso do Paraguaçu, em que foram obtidos em diversas estações secas e úmidas do período 2003-2007. Neste caso, a qualidade da água surge geralmente mais degradada na época úmida (inverno), especificamente quanto à concentração de Sólidos totais em suspensão, Fósforo total, Carbono orgânico total e Turbidez, provavelmente devido ao aumento do afluxo de águas doces contaminadas e carreamento de materiais depositados no solo após eventos de chuva. Contudo, para alguns parâmetros esta sazonalidade não se evidencia, como os Coliformes termotolerantes, sugerindo a importância das fontes de contaminação pontuais como os lançamentos de esgotos.

Dados secundários referentes a **metais e a outros parâmetros químicos** encontram-se disponíveis para os estuários dos rios Jaguaripe e Paraguaçu, evidenciando face ao padrão de qualidade para águas salobras de classe 1 estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357, de 2005:

- **Estuário do rio Jaguaripe** (CELINO *et al.,* 2010): são detectadas próximo à vila de Nazaré concentrações de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) bem inferiores ao VMP de 0,0018 µg/l do padrão de qualidade de águas salobras de classe 2;
- **Estuário do rio Paraguaçu** (desembocadura; BAHIA, 2009; cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.16): presença de Óleos e graxas e a excedência do VMP (em 200%) para o parâmetro Cobre dissolvido; Para outros metais monitorados (Ferro dissolvido, Manganês total, Chumbo total, Mercúrio total e Cádmio total) não foram detectadas concentrações acima dos respectivos limites de quantificação.

A presença de HAP no estuário do rio Jaguaripe estará relacionada, dada a baixa razão (<10) fenantreno / antraceno verificada no grupo com dois anéis benzênicos, principalmente com processos de combustão incompleta de materiais orgânicos: queima de carvão e madeira, gases de escape de veículos motorizados, fugas de óleo de veículos e de barcos, coberturas de asfalto (CELINO *et al.,* 2010).

Face aos dados disponíveis para o rio Paraguaçu, a situação apresentada sugere a contaminação da água com Cobre junto ao estuário, o que poderá estar relacionado com insumos utilizados em atividades agrícolas ou em contaminação relacionada com a ocupação urbana no entorno do estuário, especificamente lançamentos de esgotos e despejo e queima de resíduos domiciliares (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2012b).

Como se referiu, as concentrações de metais observadas nos rios Paraguaçu e Subaé são relativamente reduzidas face à distribuição de potenciais fontes de poluição nas suas bacias de drenagem. Uma razão para esta situação será o fato de a maior parte dos metais (Chumbo, Zinco, Cromo, Cobalto e Cobre) ser transportada na água como material particulado em suspensão e não dissolvido (HATJE *et al.*, 2009).

Os dados secundários para o **teor de metais no material particulado nos estuários dos rios Jaguaripe, Paraguaçu e Subaé** permitem evidenciar o seguinte (HATJE *et al.*, 2009; Quadro 71):

- O metal com maior teor em todos os estuários é o Manganês, com valores entre 482-6027 µg/g no estuário do Subaé, 480-4130 µg/g no estuário do Paraguaçu e 1581-2883 µg/g no estuário do Jaguaripe;
- O estuário do rio Subaé apresenta geralmente os maiores teores de metais, especialmente Zinco (62,7-212 µg/g), Chumbo (30,7-125 µg/g), Cobre (12,3-38,9 µg/g) e Cobalto (9,15-48,0 µg/g), sendo o estuário do rio Jaguaripe o menos contaminado (exceção do Chumbo e Zinco, com teores mais elevados que no estuário do rio Paraguaçu);
- Não existe decréscimo das concentrações do rio para a desembocadura, como seria de esperar se a fonte predominante fosse geológica, sugerindo aumento de adsorção de metais nos sólidos em suspensão, causado pelo incremento do pH ao longo do gradiente estuarino (Cf. por exemplo o caso do rio Subaé, contrastando os resultados do programa Monitora e os de HATJE *et al.,* 2010), e/ou fontes antrópicas amplamente distribuídas nas bacias de drenagem.

Quadro 71 – Teores de metais traço (µg/g) associados ao material particulado nos estuários dos tributários da BTS

Elemento	Paraguaçu		Subaé		Jaguaripe	
	mínima	máxima	mínima	máxima	mínima	máxima
Cd	>0,001	0,61	>0,001	3,47	>0,001	>0,001
Co	0,89	13,3	9,15	48,0	2,24	12,9
Cr	1,98	10,2	1,40	13,6	2,69	19,4
Cu	3,11	11,6	12,3	38,9	2,67	14,1
Ni	8,59	33,4	9,94	22,3	2,42	13,0
Mn	480	4130	482	6027	1581	2883
Pb	5,00	19,9	30,7	125	5,77	22,3
Zn	9,35	46,6	62,7	212	14,4	64,4

Fonte: Hatje *et al.* (2009)

O pH assume um papel importante na dissolução de metais, verificando-se para a maioria dos metais um aumento da adsorção em material particulado com o aumento do pH (*e g.* MOUSA *et al.,* 2013). A presença de metais pesados em material particulado em suspensão, bem como em sedimentos (Cf. seção de Sedimentos) permite evidenciar que a ocorrência de uma alteração de pH ou operações de

ressuspensão de sedimentos podem causar um aumento súbito de concentrações de metais dissolvidos na água.

Rios urbanos de Salvador

Relativamente aos rios do município de Salvador que deságuam na BTS, os dados secundários do Programa MONITORA (Quadro 4: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1; localização de pontos em Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.16) permitem caracterizar a situação dos trechos finais dos principais rios que deságuam na porção leste da BTS, rodeando a AID: rios Paraguari, do Cobre e dos Seixos, que deságuam, respectivamente, na orla do Subúrbio Ferroviário (entre a baía de Itapagipe e a baía de Aratu), na baía de Itapagipe e na Barra (embocadura da BTS).

Relativamente ao padrão de qualidade de águas doces de classe 2 estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357, de 2005, estes dados revelam:

- **Rio Paraguari**: grande excedência do VMP para os Coliformes termotolerantes (o valor do parâmetro em todas as amostras é superior ao valor máximo contável) e considerável excedência também para o DBO e Fósforo total; para o Oxigênio dissolvido todas as amostras são não conformes para o valor mínimo exigido pelo padrão de qualidade, verificando-se uma tendência de redução do valor deste parâmetro ao longo dos últimos três anos; pontualmente verifica-se também a excedência (com significativo afastamento, superior a 100%) do VMP para os Sólidos totais dissolvidos;
- **Rio do Cobre**: excedência do VMP para os parâmetros Coliformes termotolerantes, DBO (últimos dois anos) e Fósforo total (últimos dois anos) e não satisfação do valor mínimo exigido para o Oxigênio dissolvido (últimos dois anos); para todos estes parâmetros há, aparentemente, uma tendência de aumento do afastamento ao VMP, especialmente nos últimos dois anos; pontualmente verifica-se a não satisfação do valor mínimo exigido de pH;
- **Rio dos Seixos**: excedência do VMP para Coliformes termotolerantes, com tendência de aumento de concentrações nos últimos anos, e Fósforo total, com aparente tendência de estabilização ou ligeira redução de concentrações; pontualmente se observa excedência do VMP para DBO e

Nitrato e a não satisfação do valor mínimo exigido para o Oxigênio dissolvido.

A qualidade da água destes rios, também é encontrada geralmente em outros rios do município, os que deságuam na orla atlântica como os rios Lucaia, Camarajipe, das Pedras e Jaguaripe (BAHIA, 2014c), se diferencia da dos principais rios afluentes à BTS pela maior degradação associada aos parâmetros Coliformes termotolerantes e Oxigênio dissolvido, reveladores da significativa interferência dos lançamentos de esgotos e despejos de resíduos domiciliares na qualidade da água. Se assinala a situação particularmente degradada do rio Paraguari.

BTS

Os dados secundários caracterizadores da qualidade da água da BTS, são relativamente escassos além dos trechos finais dos principais estuários, especialmente para contaminantes como metais pesados e compostos orgânicos. Para esta situação contribuirão as dificuldades de análise de contaminantes em baixas concentrações na água salina e a grande variabilidade temporal e espacial dos contaminantes na água (HATJE *et al.*, 2009).

Não obstante, existem alguns dados secundários proporcionados pelos estudos de Celino *et al.* (2010) e Lopes *et al.* (2009) que permitem uma caracterização da qualidade da água em alguns locais da BTS face ao padrão de qualidade de água salina de classe 1 estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357, de 2005:

- **Canal de Itaparica** (condições de inverno; CELINO *et al.,* 2010): valores de Oxigênio dissolvido de 5,8-5,9, ligeiramente inferiores ao valor mínimo exigido; valores de pH de 6,58-6,82; condições de água salina (salinidade de 32 p.s.u.); concentrações de HAP individuais bastante inferiores ao VMP de 0,018 µg/l; com exceção do Oxigênio dissolvido todos os outros parâmetros encontram-se em conformidade com o padrão de qualidade para águas salinas de classe 1 ;
- **Noroeste da BTS** (adjacente a Saubara, condições de inverno; CELINO *et al.*, 2010): Oxigênio dissolvido de 7,5 mg/l; condições de água salobra (29 p.s.u.); pH de 7,81; concentrações de HAP bem inferiores ao VMP de

0,018 µg/l; todos os parâmetros encontram-se em conformidade com o padrão de qualidade;

- **Nordeste da BTS** (adjacente aos municípios de Madre de Deus e Candeias, condições de verão e inverno; LOPES *et al.*, 2009): Oxigênio dissolvido de 7,5 mg/l, em conformidade com o padrão de qualidade; condições de águas salinas (salinidade entre 30 e 35 p.s.u.); pH entre 6,8 e 8,1, podendo chegar até 8,3 no inverno; Sólidos totais em suspensão entre 2,9 e 47,8 mg/l; Carbono orgânico particulado entre 0,68 e 4,2 mg/l, podendo exceder o VMP; Clorofila-a entre 0,1 e 8,7 µg/l, Nitrato em concentração inferior a 0,4 mg/l; Turbidez inferior a 75 NTU, diminuindo da costa para as maiores profundidades; HAP individuais em concentrações bastante inferiores ao VMP de 0,018 µg/l (situação de inverno); para todos estes parâmetros, exceto o Carbono orgânico, as concentrações estiveram sempre em conformidade com o padrão de qualidade.

Relativamente à **qualidade físico-química e biológica geral, estes dados revelam uma boa qualidade,** excetuando-se um ligeiro afastamento do valor mínimo exigido para o Oxigênio dissolvido no Canal de Itaparica (no inverno), provavelmente devido à contaminação com matéria orgânica e nutrientes proveniente das vazões dos estuários dos rios Jaguaripe e Paraguaçu e da poluição costeira, e a excedência pontual do Carbono orgânico total no Nordeste da BTS, a qual se poderá relacionar com contaminação da zona costeira por esgotos (Cf. seção de Fontes de poluição na AII).

Quanto à **contaminação por hidrocarbonetos**, e embora não se verifiquem não conformidades relativamente ao padrão de qualidade, **é evidente uma maior degradação da qualidade da água no Canal de Itaparica e no Nordeste da BTS (junto a Candeias e Madre de Deus)**.

Os baixos valores de razão fenantreno / antraceno no grupo de HAP com dois anéis benzênicos encontrados por Celino *et al.* (2010) sugerem que predominantemente os hidrocarbonetos não provêm de operações de produção e manuseamento de produtos de petróleo mas antes de processos de combustão incompleta de materiais orgânicos: derrames de óleo de veículos e de navios (*e. g.* relacionados com o terminal TEMADRE), emissão de gases de escape de veículos e carreamento de materiais provenientes de coberturas de asfalto ou de material orgânico queimado (*e. g.* resíduos domiciliares).

Balneabilidade

Quanto ao uso balnear das águas da AII, a **balneabilidade das praias monitoradas no município de Salvador e na BTS** é apresentada no Quadro 72 e no Quadro 73.

Quadro 72 – Classificação de condição de balneabilidade de acordo com Resolução CONAMA n.º 274, de 2000, para praias do município de Salvador na AII

Praia	Classificação predominante (Resolução CONAMA n.º 274, de 2000) (% classificações)[a]		
	Média 1994 – 2001	**2012**	**2013**
S. TOMÉ DE PARIPE – IN 0100	**Imprópria (55%)**	Própria (76%)	Própria (79%)
PERIPERI – PR 0100	**Imprópria (92%)**	**Imprópria (71%)**	**Imprópria (87%)**
PENHA – PE 0100	**Imprópria (85%)**	**Imprópria (90%)**	**Imprópria (83%)**
BOGARI – BO 0100	**Imprópria (77%)**	Própria (67%)	**Imprópria (71%)**
PEDRA FURADA – PF 0100	**Imprópria (98%)**	**Imprópria (100%)**	**Imprópria (100%)**
PORTO DA BARRA – PB 0100	Própria (86%)	Própria (95%)	Própria (81%)
SANTA MARIA – SM 0100	Própria (84%)	Própria (100%)	Própria (90%)
FAROL DA BARRA – FB 0100	Própria (80%)	Própria (83%)	Própria (77%)
FAROL DA BARRA – FB 0200	Própria (68%)	Própria (90%)	Própria (60%)
ONDINA – ON 0100	Própria (66%)	Própria (88%)	Própria (77%)
ONDINA – ON 0200	Própria (51%)	Própria (69%)	Própria (54%)
RIO VERMELHO – RV 0100	**Imprópria (50%)**	Própria (83%)	Própria (62%)
RIO VERMELHO – RV 0200	**Imprópria (75%)**	Própria (60%)	**Imprópria (75%)**

Notas: [a] condição de balneabilidade predominante; a **negro** a classificação Imprópria predominante
Fontes: Bahia (2002; 2014a).

Quadro 73 – Classificação de condição de balneabilidade de acordo com Resolução CONAMA n.º 274, de 2000, para praias da BTS na AII

Praia	Classificação (Resolução CONAMA n.º 274, de 2000)	
	13-01-2012	14-02-2014 a 17-04-2014 (% classificações)[a]
ITAMOABA - BTS IT 100	Própria	Própria (100%)
BOTELHO - BTS BO	Própria	Própria (100%)
MADRE DE DEUS - BTS MD 100	Própria	Própria (90%)
MADRE DE DEUS - BTS MD 200	Própria	Própria (90%)
MADRE DE DEUS - BTS MD 300	**Imprópria**	**Imprópria (60%)**
BOM JESUS DOS POBRES - BTS JP 100	Própria	Própria (100%)
CABUÇU - BTS CB 100	**Imprópria**	**Imprópria (100%)**
ITAPEMA - BTS IM 100	**Imprópria**	Própria (60%)
SALINAS - BTS SL 100	Própria	Própria (100%)
CONCEIÇÃO DE SALINAS - BTS CS 100	Própria	**Imprópria (50%)**
CAIRU DE SALINAS - BTS CA 100	Própria	Própria (100%)
ENCARNAÇÃO - BTS EC 100	Própria	Própria (100%)
MUTÁ - BTS MT 100	Própria	Própria (100%)
CAÇÕES - BTS CC 100	Própria	**Imprópria (50%)**
CACHA PREGOS - BTS CP 100	Própria	Própria (90%)
BERLINQUE - BTS BQ 100	Própria	Própria (90%)
ARATUBA - BTS AR 100	Própria	Própria (90%)
BARRA DE TAIRÚ - BTS BT 100	Própria	Própria (90%)
ITAPARICA - BTS IP 100	Própria	Própria (90%)
PONTA DE AREIA - BTS PA 100	Própria	Própria (100%)
AMOREIRAS - BTS AM 100	Própria	**Imprópria (70%)**

Notas: [a] condição de balneabilidade predominante; a negro a classificação Imprópria predominante
Fonte: Bahia (2014c, 2014e)

Relativamente às **praias do município de Salvador** se verifica (Quadro 72):

- A condição de balneabilidade se encontra em geral mais degradada a Norte da AID, especialmente na orla do Subúrbio Ferroviário (praia de

Periperi) e no entorno da Baía de Itapagipe (praias de Penha, Bogari e Pedra Furada; neste último caso com categoria Imprópria em todas as classificações): esta situação se deve à contaminação com esgotos e resíduos domiciliares, devido às deficiências de atendimento dos sistemas de saneamento nos bairros de menor renda de Salvador (Fotografia 11); nota-se que a praia de Periperi é próxima à foz do rio Paraguari, referenciado com uma qualidade da água bastante degradada devido à contaminação de origem domiciliar;

- A sul da AID (na parte final da BTS e na orla atlântica) a condição de balneabilidade é mais favorável, com categoria Imprópria predominante em 2013 atribuída apenas na praia do Rio Vermelho, com 75% das classificações anuais: esta praia está localizada próximo da foz do rio Lucaia (orla atlântica), cuja qualidade da água está comprometida pela poluição pelos esgotos e resíduos domiciliares (BAHIA, 2014c).

A diferente condição de balneabilidade nas praias analisadas se dá, assim, à distribuição das fontes de contaminação, especialmente à contaminação dos rios urbanos de Salvador e ao carreamento após chuvadas de resíduos indevidamente dispostos nos terrenos adjacentes às praias.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Salvador / dezembro de 2013

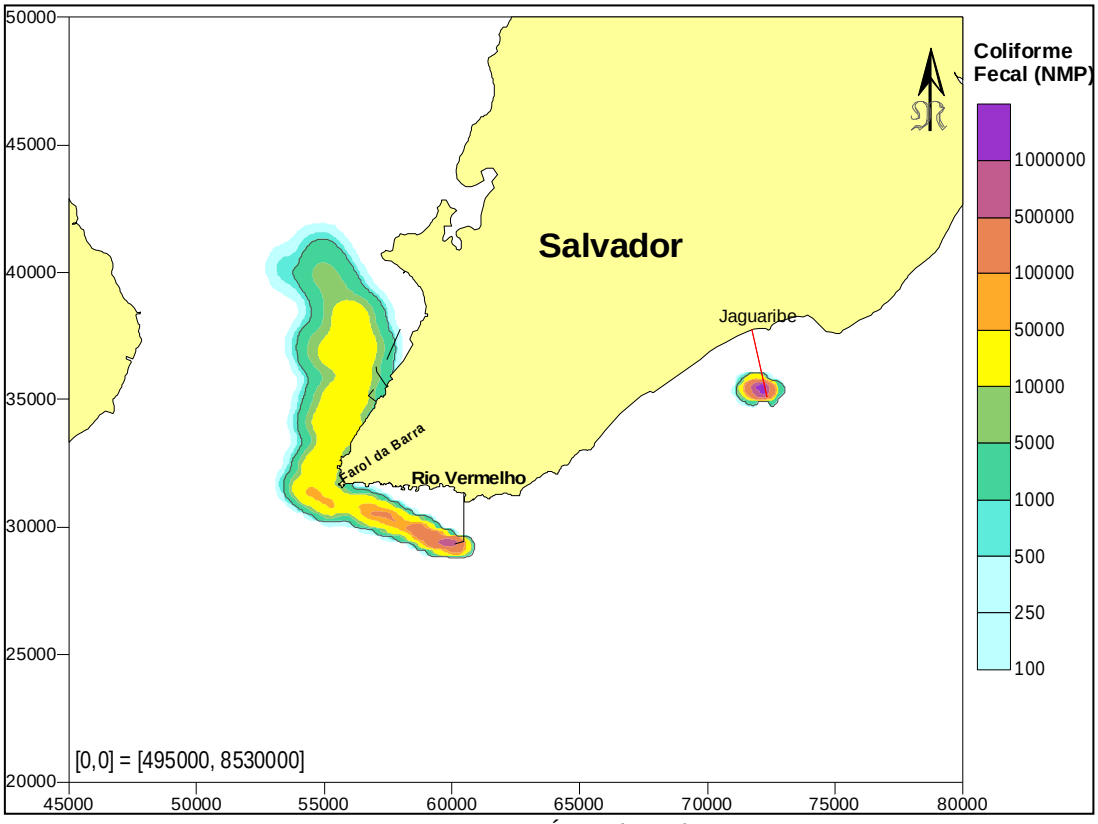
Fotografia 39 – Entulho e resíduos na orla da BTS próximo à praia de Pedra Furada

Face às classificações de condição de balneabilidade obtidas no período entre 1994 e 2001 (engloba o período de implementação das ações de melhoria de saneamento de

Salvador previstas no Programa BAHIA AZUL: 1996-2001), verifica-se uma redução da classificação de condição de balneabilidade Imprópria na maioria das praias analisadas (8 em 13 dos locais de amostragem), embora mais expressiva a Norte da baía de Itapagipe e em algumas praias da orla atlântica: principalmente na praia de São Tomé de Paripe e na parte poente da praia do Rio Vermelho. Entretanto, em algumas praias, na orla atlântica e no interior da BTS, não se assinala uma redução significativa da classificação Imprópria, chegando mesmo a verificar-se, em algumas praias junto à saída da BTS, um ligeiro aumento desta classificação, especialmente considerando os resultados de 2013.

Apesar da melhoria do saneamento e da balneabilidade no município proporcionada pelo Programa BAHIA Azul (SILVA *et al.*, 2005; PAZ, 2011), esta degradação da qualidade da água verificada nos últimos anos poderá estar relacionada com um aumento da poluição da água dos rios urbanos bem como uma saturação da capacidade do emissário do Rio Vermelho, relacionados com um aumento da população do município.

O Programa BAHIA Azul terá conseguido reduzir o número de terminais de esgoto na orla (PAZ, 2011) mas, entretanto, não evitou a poluição dos rios urbanos em bairros de baixa renda do Centro e Norte do município, por deficiente expansão da rede de coleta de esgotos e da rede de coleta de resíduos domiciliares. Igualmente, é conhecida a influência que o lançamento efetuado pelo emissário do Rio Vermelho tem na balneabilidade das praias da embocadura da BTS (TOPÁZIO, 2003; SILVA, 2011; Figura 148).



Fonte: TOPÁZIO (2003)

Figura 148 – Comportamento das plumas de Coliformes fecais (UFC/100ml) dos emissários submarinos de Salvador na preamar em maré de sizigia num cenário de frente fria

Quanto às **praias localizadas nos municípios restantes do entorno da BTS**, os dados de balneabilidade são escassos. No entanto é possível verificar-se que:

- A maioria das praias (71%) teve condição de balneabilidade predominante Própria no início de 2014 e a mesma classificação também no início de 2012, cerca de metade destas (nos municípios de Salvador – Ilha de Maré, Saubara, Salinas da Margarida, Jaguaripe e Itaparica) com condição de balneabilidade Própria em todas as classificações, sugerindo uma boa balneabilidade; as restantes praias tiveram cerca de 90% das classificações com balneabilidade Própria;
- Duas praias (10%) tiveram condição de balneabilidade predominante Imprópria (início de 2014 e início de 2012): Madre de Deus (no canal entre a Ilha de Madre de Deus e o município de São Francisco do Conde) e Cabuçu (Saubara, com condição Imprópria em todas as classificações);

- Três praias tiveram condição de balneabilidade Imprópria predominante apenas no início de 2014: Conceição de Salinas (Salinas da Margarida), Cações (Jaguaripe) e Amoreiras (Itaparica).

A distribuição de condição de balneabilidade pelas praias da BTS reflete a distribuição da contaminação da orla com esgotos domiciliares, verificando-se uma menor balneabilidade nas praias perto das orlas mais urbanizadas e com maiores deficiências nos sistemas de esgotamento sanitário. Para além da provável contaminação resultante de sistemas particulares de esgotamento sanitário, verifica-se em algumas praias a proximidade a lançamentos na orla de sistemas municipais de esgotamento sanitário, como é o caso das praias de Madre de Deus, de Conceição de Salinas e do Rio Vermelho.

Nota-se que os dados de balneabilidade concordam com os dados relativos à qualidade físico-química e biológica geral ao realçarem o Canal de Itaparica e o Nordeste da BTS como áreas com qualidade da água mais degradada.

C. Síntese da situação na AII

O diagnóstico efetuado para a qualidade dos recursos hídricos superficiais na AII permite ressaltar os seguintes **aspectos relevantes para a avaliação dos impactos do empreendimento em análise**:

- Entre as **fontes de poluição** interferindo nos recursos hídricos superficiais realçam-se:
  - Nos rios e estuários afluentes à BTS: atividades ligadas ao saneamento, notadamente instalações de tratamento de esgotos com problemas de operação, lançamentos irregulares de esgotos particulares e situações de disposição inadequada de resíduos domiciliares;
  - Na BTS: terminais marítimos no arco leste-norte, associados geralmente ao transporte de mercadorias geralmente com alto potencial contaminante das águas superficiais (metais e hidrocarbonetos), algumas áreas de carcinicultura no entorno Leste e em todo o entorno lançamentos de esgotos não tratados;
  - Assinalam-se também situações de passivos ambientais com comprometimento de sedimentos no estuário do rio Subaé e na baía de

Itapagipe, em consequência de poluição histórica efetuada por duas instalações industriais atualmente desativadas (Plumbum COBRAC e Companhia Química do Recôncavo);

- A **qualidade da água das principais afluências à BTS** verifica problemas notadamente quanto aos parâmetros Oxigênio dissolvido, Coliformes termotolerantes e, mais pontualmente, também de Fósforo total; os dados disponíveis sugerem, notadamente para os Coliformes termotolerantes, uma tendência de redução da qualidade nos últimos anos;
- Das principais afluências a qualidade da água apresenta-se mais degradada no rio / estuário do Paraguaçu e nos rios urbanos de Salvador e menos degradada no rio Jaguaripe, coincidindo com a distribuição das zonas urbanas e industrializadas no entorno da BTS;
- Nas afluências à BTS não se verificam em geral problemas com concentrações de metais ou hidrocarbonetos, embora o monitoramento não seja adequado para a avaliação exata da situação; entretanto, existe significativo teor de metais no material particulado nos principais estuários do entorno norte-oeste, o qual poderá repercutir-se na qualidade da água em condições adversas de pH ou de agitação das águas;
- A **qualidade da água na BTS** (nordeste-noroeste-sudoeste) se caracteriza por uma boa qualidade físico-química e biológica geral, entretanto, com alguns problemas pontuais com o Oxigênio dissolvido (Sul do canal de Itaparica) e Carbono orgânico particulado (junto a Candeias e Madre de Deus);
- Embora o monitoramento seja escasso, quanto à contaminação por hidrocarbonetos não se verificam não conformidades face ao padrão de qualidade na BTS: entretanto, se notam como zonas críticas o canal de Itaparica e junto a Candeias e Madre de Deus.
- A balneabilidade das praias na AII se caracteriza por:
  - Condições geralmente Impróprias nas praias urbanas de Salvador na orla da BTS (de Periperi até Pedra Furada),
  - Condições usualmente Próprias nas praias urbanas de Salvador da orla atlântica;
  - Condições geralmente Próprias nas praias do restante litoral da BTS: entretanto se notam algumas praias com problemas provavelmente significativos (o monitoramento não é regular), notadamente, Madre de Deus, Cabuçú (Saubara) e Amoreiras (Itaparica).

2.8.2.3. Situação atual na AID

A. Fontes de poluição

A principal fonte de poluição na AID é o lançamento de esgotos em cursos de água ou em solos (por funcionamento inadequado de fossas sépticas e sumidouros) **e os resíduos domiciliares dispostos inadequadamente**, contaminando as águas doces e atingindo também as águas costeiras por lançamentos e despejos diretos ou indiretos (através dos cursos de água drenantes).

Esta poluição, de caráter especialmente difuso, resulta de diversas deficiências nos sistemas de saneamento (tal como abordado de forma geral na seção relativa à AII e em detalhe na seção de Meio Socioeconômico), especificamente:

- Não existência de rede de coleta de esgoto na maior parte dos distritos de Vera Cruz, recorrendo a população principalmente a fossas sépticas ou sumidouros, provavelmente com operação deficiente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011; HYDROS, 2009);
- Não atendimento da totalidade da população de Salvador pela rede coletora de esgoto existente, recorrendo a população não atendida, principalmente em bairros de gênese clandestina, aos cursos de água urbanos e à orla como vias de coleta e drenagem de esgotos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011);
- Deficiente rede de coleta de resíduos domiciliares face às necessidades da população tanto na Ilha como em Salvador, especialmente nos bairros de menor renda, sendo comuns os despejos no solo e cursos de água (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011).

A esta fonte de poluição acrescem outras fontes que poderão assumir importância local (Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.17):

- Operação inadequada do Aterro Integrado da Ilha (na AID), que não funcionará como um aterro sanitário, contaminando provavelmente de forma difusa solos e cursos de água próximos, especialmente na época úmida (MORAIS e BORJA, 2012; HYDROS, 2009; Cf. seção de Meio Socioeconômico);

- Lançamentos de águas residuais do sistema de esgotamento sanitário de Vera Cruz, especificamente o lançamento da ETE de Vera Cruz sobre o Riacho da Penha e os lançamentos em caso de extravasamento das EE de Ilhota, Gamboa na rede de drenagem e Jaburu sobre o Riacho Jaburu (HYDROS, 2009);
- Lançamentos de águas residuais do sistema de esgotamento sanitário do condomínio residencial de Barra do Gil, especificamente o lançamento da ETE de Barra do Gil sobre o Riacho Jardim das Gameleiras e o da EE de Barra do Gil em local não apurado (HYDROS, 2009);
- Eventuais escorrências do tanque de reaproveitamento da ETA do Sistema de Abastecimento Integrado de Itaparica (próximo à Ponte do Funil), para cursos de água próximos e BTS (HYDROS, 2009);
- Vazamentos, notadamente de combustível, sobre a BTS / oceano associados à operação do Porto de Salvador (Fotografia 40) e dos terminais de passageiros de São Joaquim e Bom Despacho;
- Escorrências de vias rodoviárias, notadamente da BA 001;
- Escorrências de áreas de exploração agrícola, como pastagens.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Salvador / dezembro de 2013

Fotografia 40 – Porto de Salvador

É de assinalar também a possível poluição difusa da água, especialmente de cursos de água interiores, em áreas com solo potencialmente contaminado. Entre estas áreas

na AID se destacam especialmente os postos de combustível que poderão originar vazamentos para os solos que atingiriam de forma difusa os cursos de água e, em zonas costeiras, a BTS e o oceano, notadamente:

- O licenciamento ambiental (necessário pela Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000), só passou a ser exigido previamente à autorização da atividade pela ANP em 2012, facilitando as situações de operação sem licenciamento ambiental e aumentando a probabilidade de vazamentos (MARANHÃO *et al.*, 2007);
- Grande parte dos tanques enterrados em postos anteriores a 2002 (entrada em vigor da Resolução CONAMA n.º 319 de 4 de dezembro de 2002) era em aço sem revestimento contra corrosão, potenciando os vazamentos (BEZERRA, 2011): a corrosão dos tanques surge como a principal causa de vazamento nos eventos de vazamento ocorridos no Estado de São Paulo (onde o cadastro de áreas contaminadas está mais desenvolvido) entre 1984 e 2006 (cerca de 30% dos casos, MARANHÃO *et al.*, 2007).

Existem na AID 24 postos revendedores de combustível autorizados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2014):

- 7 na Ilha de Itaparica (1 com autorização anterior a 2002), a maioria junto à rodovia BA 001, sendo que 3 (em Barra do Pote, Barra do Gil e Barra Grande) foram alvo de ações de fiscalização ambiental (BAHIA, 2014d) que detectaram operação sem o necessário licenciamento ambiental (1 com autorização em 2001);
- 17 em Salvador (4 com autorização anterior a 2002), sendo que 4 (nos bairros de Roma, Água de Meninos, Nazaré e Barbalho) foram alvo de ações de fiscalização ambiental (BAHIA, 2014d) que detectaram operação sem o necessário licenciamento ambiental (3 com autorização em 2001).

B. Qualidade da água

Águas doces

Para as águas doces na **Ilha de Itaparica**, os **dados primários** obtidos nas campanhas de estação seca e de estação úmida de 2013 / 2014 em três corpos de

água (Fotografia 41, Fotografia 42, Fotografia 43) são apresentados no Quadro 5: Anexo 4.1 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1.

Verifica-se que para a grande maioria dos parâmetros analisados existe conformidade com o padrão qualidade para águas doces de classe 2 da Resolução do CONAMA n.º 357, de 2005, assinalando-se, contudo, as seguintes não conformidades:

- Oxigênio dissolvido: não satisfação do valor mínimo exigido em todas as estações de amostragem (Cf. Figura 149; monitoramento apenas na segunda campanha);
- Ferro dissolvido: excedência do VMP em todas as estações de amostragem em ambas as campanhas;
- Manganês total: excedência do VMP em todas as estações na primeira campanha e na estação QA8 também na segunda campanha;
- Coliformes termotolerantes (*E. coli*): excedência do VMP em ambas as campanhas na estação QA8 e na estação QA7 (segunda campanha) e estação QA11 (primeira campanha; Cf. Figura 149);
- Fósforo total: excedência do VMP nas estações QA7 e QA8 na segunda campanha.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / abril de 2014

Fotografia 41 – Estação de amostragem de água doce QA7

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / abril de 2014

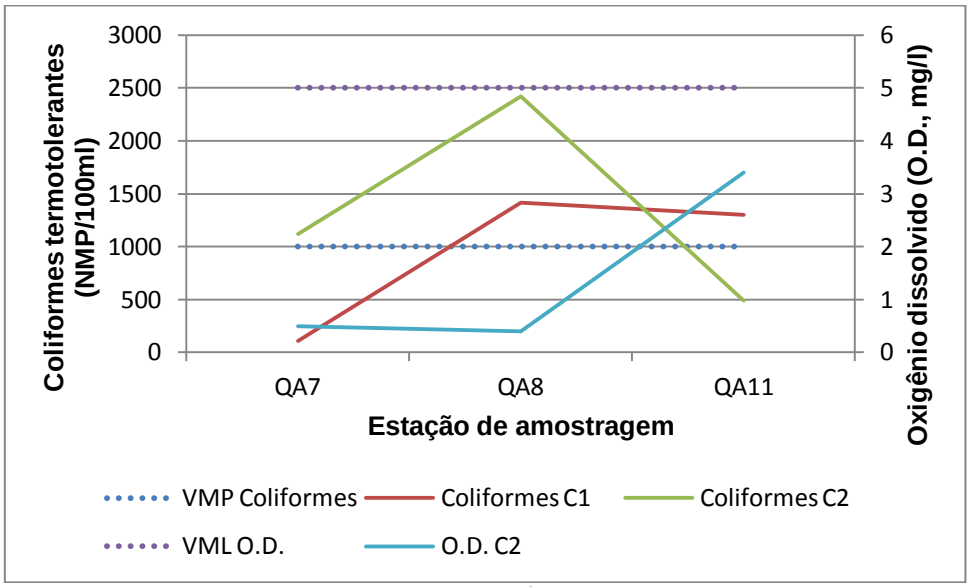
Fotografia 42 – Estação de amostragem de água doce QA8

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Ilha de Itaparica (Vera Cruz) / abril de 2014

Fotografia 43 – Estação de amostragem de água doce QA11

A excedência de Ferro dissolvido e Manganês total é comum à situação verificada na AII (Cf. seção de Situação atual da AII), sendo possível que parte da contaminação decorra da erosão de solos (Cf. seção de Solos).

A concentração de Coliformes termotolerantes indica a contaminação com matéria fecal, proveniente de esgotos domésticos ou de atividade pecuária. A hipótese de contaminação com esgotos domésticos parece provável tendo em conta proximidade das estações QA8 e QA11 à povoação de Barra Grande, face ao entorno menos urbanizado da estação QA7. As não conformidades verificadas para o Oxigênio dissolvido e Fósforo total poderão se originar por contaminação com a mesma origem.



Nota: VML valor mínimo limite.

Figura 149 – Dados primários para água doces para os parâmetros Coliformes termotolerantes e Oxigênio dissolvido: campanha 1 (C1) e campanha 2 (C2)

Comparando os resultados obtidos nas duas campanhas, verifica-se para a maior parte dos parâmetros uma pior qualidade na segunda campanha (cf. situação para os Coliformes termotolerantes em Figura 149), traduzida em concentrações mais elevadas dos parâmetros, mas sem se traduzir num aumento significativo de não conformidades.

Entretanto, a situação revelada pelas duas campanhas não é muito distinta, verificando-se mesmo para alguns parâmetros e estações concentrações mais baixas na segunda campanha (*e. g.* Manganês total nas estações QA7 e QA11 ou Coliformes termotolerantes na estação QA11), contrariando a tendência geral. A ausência de uma sazonalidade significativa poderá indicar a relevância dos lançamentos permanentes de esgotos nos cursos de água.

Os **dados secundários** referentes a águas doces, proporcionados pelo Programa MONITORA, caracterizadores do Riacho da Penha, Fonte Tereré e Fonte Catita na Ilha de Itaparica e de um afluente do rio Caramagipe em Salvador (Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.16) nos anos 2011, 2012 e 2013, são apresentados nos Quadro 8 e Quadro 9: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1.

É possível verificar-se que para a maioria dos parâmetros monitorados na **Ilha** (que são apenas uma pequena parte dos parâmetros monitorados nas campanhas de

coleta de dados primários) existe conformidade com o padrão de qualidade para águas de classe 2 estabelecido pela Resolução do CONAMA n.º 357, de 2005. Entretanto, existem algumas não conformidades:

- Oxigênio dissolvido: não satisfação do valor mínimo no Riacho da Penha e em uma amostra na Fonte Tereré;
- pH: ligeira não satisfação do valor mínimo na maioria das amostras no Riacho da Penha, na Fonte Tereré e na Fonte Catita;
- Fósforo total: excedência do VMP em uma amostra no Riacho da Penha na época úmida de 2012 (junho);
- DBO: excedência do VMP em uma amostra no Riacho da Penha na época úmida de 2012 (junho);
- Clorofila-a: excedência do VMP em uma amostra na Fonte Tereré na época úmida de 2012 (junho).

A estação no Riacho da Penha encontra-se a cerca de 500 m a montante do local da estação de coleta de dados primários QA7: para os parâmetros comuns aos dois monitoramentos (dados primários / dados secundários) os valores são bastante semelhantes.

Quanto à variação espacial da qualidade da água nos rios da Ilha de Itaparica, verifica-se do conjunto de dados primários e secundários:

- Os valores de Coliformes.termotolerantes no Riacho da Penha deverão exceder apenas pontualmente o VMP;
- Existe um problema de contaminação das águas do Riacho da Penha com matéria orgânica e nutrientes, especialmente na época úmida, o que se poderá dever à contaminação com excreta de animais provenientes de atividades de pastagem ou a poluição com esgotos domiciliares (Cf. seção de Fontes de poluição na AID);
- As estações na Fonte Tereré e principalmente a da Fonte Catita revelam uma melhor qualidade da água;
- Os dados secundários para a Fonte Catita sugerem, de forma mais evidente que os dados primários, que os cursos de água mais interiores da Ilha se encontram com qualidade relativamente ainda pouco alterada pela poluição antrópica;
- As ligeiras não conformidades referentes ao pH notadas apenas nos dados secundários, poderão dever-se a causas naturais, tendo em conta o

caráter ácido dos solos predominantes na zona em estudo (cf. secção de Solos), como é referido por Bahia (2011c).

As excedências de Ferro Dissolvido e Manganês Total reveladas nos dados primários não são encontradas nos dados secundários dado estes parâmetros não serem monitorados pelo Programa MONITORA.

Relativamente à estação do Programa MONITORA caracterizando um **afluente do rio Caramagipe** (cidade de Salvador; Cf. Caderno de Mapas: Volume 2 – Mapa 2.16), verifica-se que para parte importante dos parâmetros monitorados (4 em 9) existe não conformidade relativamente ao padrão das águas doces de classe 2 da Resolução do CONAMA n.º 357, de 2005:

- Coliformes termotolerantes, DBO, Fósforo total: excedência do VMP em todas as amostras;
- Oxigênio dissolvido: não satisfação do valor mínimo exigido em todas as amostras.

As não conformidades são sistemáticas e resultam de grandes desvios em relação ao padrão de qualidade, revelando uma situação de significativa degradação da qualidade da água, à semelhança do verificado para a quase generalidade dos rios do município de Salvador (Cf. seção de Situação atual na AII). Os dados secundários na AID sugerem que a degradação se processa por poluição com matéria orgânica e excremento, o que concorda com as fontes de poluição conhecidas para esta zona da AID (esgotos e resíduos domiciliares).

Apesar da existência de alguma degradação por ação antrópica junto às zonas mais urbanizadas, **os cursos de água da Ilha de Itaparica encontram-se ainda relativamente bem conservados face à situação grave observada em Salvador.** A diferente qualidade das águas doces entre estas duas zonas da AID é devido a elevada urbanização e densidade populacional de Salvador, que ultrapassa a capacidade de atendimento dos sistemas de saneamento existentes.

Águas salinas

Quanto à componente de **águas salinas** (BTS e água oceânica) os **dados primários** obtidos para a época seca e para a época úmida de 2013 / 2014 (primeira e segunda

campanhas) para o canal de Salvador (estações QA1 a QA6; Fotografia 44) e para o canal de Itaparica (estações QA9 e QA10; Fotografia 45) são apresentados nos Quadro 1, Quadro 2 e Quadro 3: Anexo 4.1 – Anexos do Volume 2 – Tomo1, respectivamente para a superfície, meio e fundo.

Os dados primários para o canal de Salvador obtidos na terceira campanha de julho de 2014 (estações QA5 e QA12 a QA15; Fotografia 46) são apresentados no Quadro 4: Anexo 4.1 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Canal de Salvador / abril de 2014

Fotografia 44 – Canal de Salvador com vista para a orla de Salvador, próximo à estação de amostragem QA1

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Canal de Itaparica / dezembro de 2013

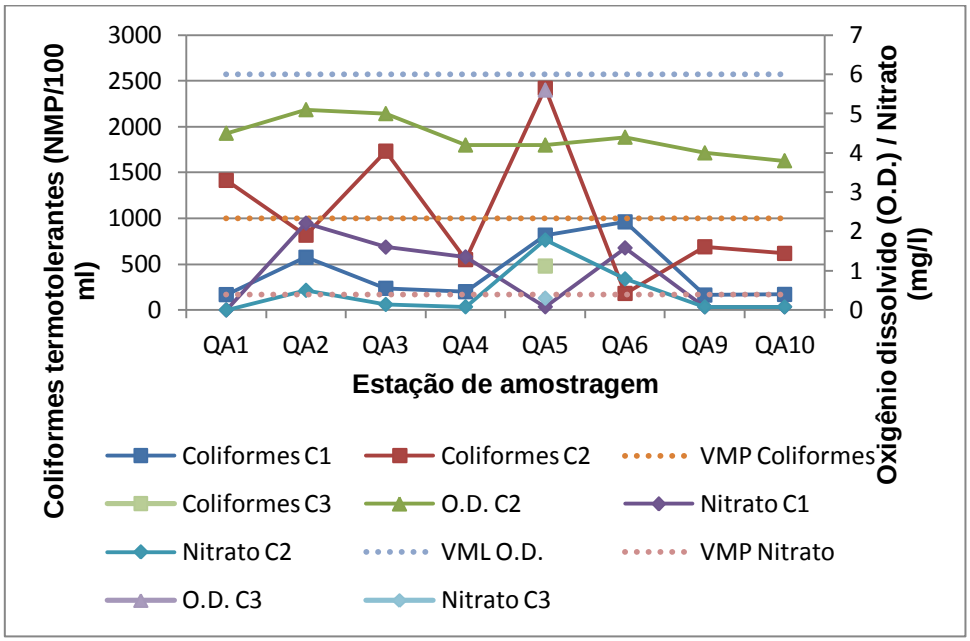
Fotografia 45 – Canal de Itaparica com vista para a Ponte do Funil, próximo à estação de amostragem QA9

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS / Canal de Salvador / julho de 2014

Fotografia 46 – Parte central do canal de Salvador

Relativamente ao **canal de Salvador** os dados primários para as campanhas 1 e 2 indicam que a qualidade da água é para a maioria dos parâmetros analisados conforme o padrão de águas salinas de classe 1 da Resolução do CONAMA n.º 357, de 2005. Ainda assim, são de assinalar algumas não conformidades:

- Oxigênio dissolvido: não satisfação do valor mínimo exigido em todas as estações de amostragem e profundidades (monitoramento apenas na segunda campanha; Cf. Figura 150);
- Nitrato: há excedência do VMP na maior parte das estações de amostragem em ambas as campanhas (Cf. Figura 150), especialmente à superfície e no meio da coluna de água; as concentrações tendem a ser mais elevadas nas estações próximas da Ilha de Itaparica (QA5 e QA6), sendo que na estação QA6, localizada próximo a Mar Grande, o VMP é excedido em todas as profundidades na primeira campanha;
- Coliformes termotolerantes: não satisfação do VMP na segunda campanha nas estações mais interiores na BTS (QA1, QA3 e QA5; cf. Figura 150); nestas estações o valor deste parâmetro verifica uma concentração crescente de Salvador para a Ilha de Itaparica;
- pH: em algumas estações de amostragem em ambas as campanhas verifica-se uma ligeira excedência do VMP, especialmente à superfície e no fundo; na estação QA3, localizada aproximadamente a meio do canal, a excedência do VMP é observada nas duas campanhas em todas as profundidades;
- Ferro dissolvido: na primeira campanha verifica-se a excedência do VMP na estação de amostragem mais próxima à cidade de Salvador (QA1).



Nota: VML valor mínimo limite; as estações são apresentadas de Salvador (esquerda) para a Ilha de Itaparica (direita).

Figura 150 – Dados primários para água salinas (superfície) para as estações de amostragem QA1 a QA10 para os parâmetros Coliformes termotolerantes, Oxigênio dissolvido e Nitrato: campanha 1 (C1), campanha 2 (C2) e campanha 3 (C3)

Da análise dos dados primários das campanhas 1 e 2 para o canal de Salvador ressalta o seguinte:

- Os valores Fósforo total nas estações de amostragem dos extremos do canal (notadamente próximo a Salvador) se apresentam já bastante próximos do VMP;
- Os resultados obtidos para o Nitrato e para o Fósforo total sugerem uma situação de enriquecimento por ação antrópica, provavelmente por contaminação esgotos domésticos (Cf. seção de Fontes de poluição na AID; Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.17);
- A contaminação com Nitratos em toda a coluna de água observada na estação de amostragem QA6 (junto à Ilha) concorda com a existência de uma fonte de poluição próxima: esta hipótese é suportada pelos níveis mais elevados de Coliformes termotolerantes (*E. coli*) e de Enterococos verificados próximo à Ilha de Itaparica face à orla de Salvador.
- A qualidade da água é geralmente menor na primeira campanha, com maior número de não conformidades e maior nível de excedência ao VMP no caso do Nitrato; em exceção se encontram os parâmetros

microbiológicos, notadamente os Coliformes termotolerantes (Cf. Figura 150).

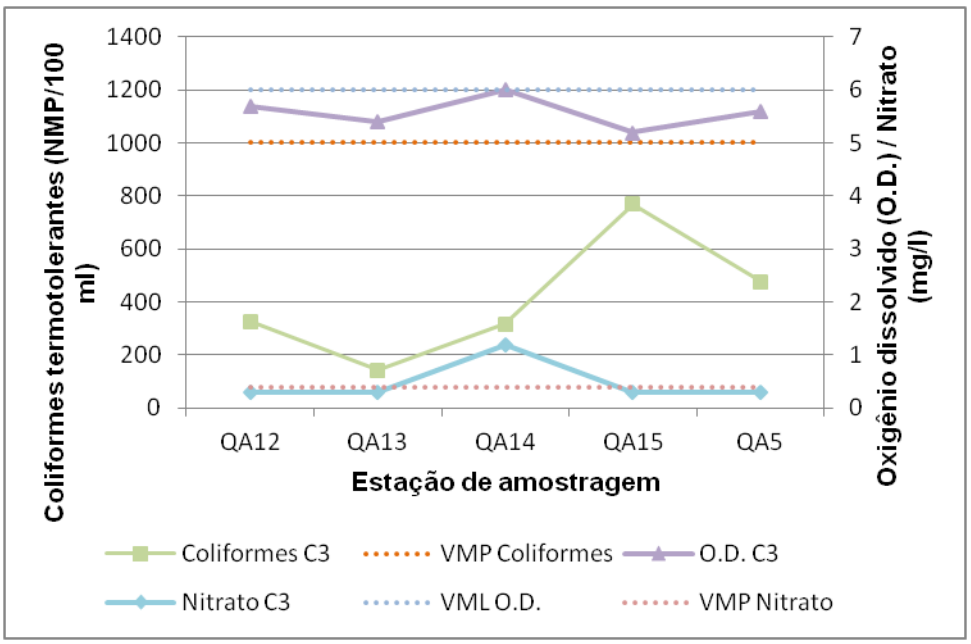
Os dados primários para o canal de Salvador obtidos na campanha 3 (julho de 2014), apresentam para a estação de amostragem QA5 uma relativa melhor qualidade que nas anteriores campanhas. Esta melhoria é particularmente notada quanto à concentração de Oxigênio dissolvido, apenas ligeiramente abaixo do valor mínimo exigido, de Nitrato, conforme o valor máximo permitido em todas as profundidades, e Coliformes termotolerantes, com uma concentração conforme o valor máximo permitido e inferior às concentrações obtidas nas campanhas anteriores (Cf. Figura 150 para os dados relativos à superfície).

Para esta melhor qualidade poderá contribuir a vazão mais elevada verificada nesta campanha, notando-se então uma profundidade do fundo de 8 m, cerca do dobro da profundidade de 4,5 – 5 m verificada nas anteriores campanhas.

Face a esta posição relativa da campanha 3 face às campanhas 1 e 2, observada para a estação QA5, os dados primários obtidos para as novas estações amostradas nesta terceira campanha (QA12 a QA15) não sugerem num mesmo momento de amostragem uma situação de qualidade da água significativamente diferente daquela observada nas estações localizadas mais a sul amostradas nas campanhas anteriores. Notadamente é possível observar para o canal de Salvador alguns dos principais aspectos referidos anteriormente:

- Valores de Fósforo total relativamente mais elevados nos extremos do canal (estações QA5, próxima à Ilha, e QA12, próxima a Salvador), sugerindo enriquecimento em nutrientes por ação antrópica;
- Concentrações mais elevadas de Coliformes termotolerantes tendem a ser observadas mais próximo à Ilha de Itaparica (estações QA5 e QA15) que a Salvador (estações QA12 e QA13; Cf. Figura 151).

Estes resultados indicam que os resultados das campanhas 1 e 2 podem ser considerados indicativos da qualidade da água nas épocas seca e úmida no entorno do mais recente traçado da ponte do empreendimento em análise.



Nota: VML valor mínimo limite; as estações são apresentadas de Salvador (esquerda) para a Ilha de Itaparica (direita).

Figura 151 – Dados primários para água salinas (superfície) para as estações de amostragem QA5 e QA12 a QA15 para os parâmetros Coliformes termotolerantes, Oxigênio dissolvido e Nitrato: campanha 3 (C3)

Relativamente ao **canal de Itaparica,** mais especificamente nos dois locais amostrados no entorno da Ponte do Funil, a maioria dos parâmetros está conforme o padrão de qualidade para as águas salinas de classe 1 mas verificam-se também problemas de qualidade:

- Oxigênio dissolvido: em ambas as estações de amostragem e em todas as profundidades (Cf. Figura 150);
- Nitrato: na primeira campanha, com excedência do VMP na água de fundo na estação de amostragem QA9 (mais interior na BTS);
- pH: ligeira excedência do VMP na água de superfície e meio na estação QA10 (mais exterior na BTS).

Da análise dos dados primários para o canal de Itaparica ressalta o seguinte:

- À semelhança do canal de Salvador, os níveis de Nitrato poderão estar associados à poluição com esgotos, provenientes da Ilha e do município de Jaguaripe (cf. seção relativa a Situação atual na AII);
- Verifica-se em geral uma pior qualidade da água na primeira campanha, sendo como no canal de Salvador exceção a esta situação os parâmetros

microbiológicos (Coliformes termotolerantes e Enterococos), que tendem a verificar valores mais elevados na segunda campanha (Cf. Figura 150);

- Relativa melhor qualidade da água que no canal de Salvador, especialmente notada nas concentrações de Nitrato e Coliformes termotolerantes (Cf. Figura 150).

Os **dados secundários** disponíveis para as águas salinas da AID, proporcionados por Celino *et al.* (2010) para o canal de Itaparica e por Bahia (2008a) para a envolvente do Porto de Salvador (Cf. Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.16), são apresentados nos Quadro 6 e no Quadro 7: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1.

Os dados para o **canal de Itaparica** (CELINO *et al.*, 2010) evidenciam:

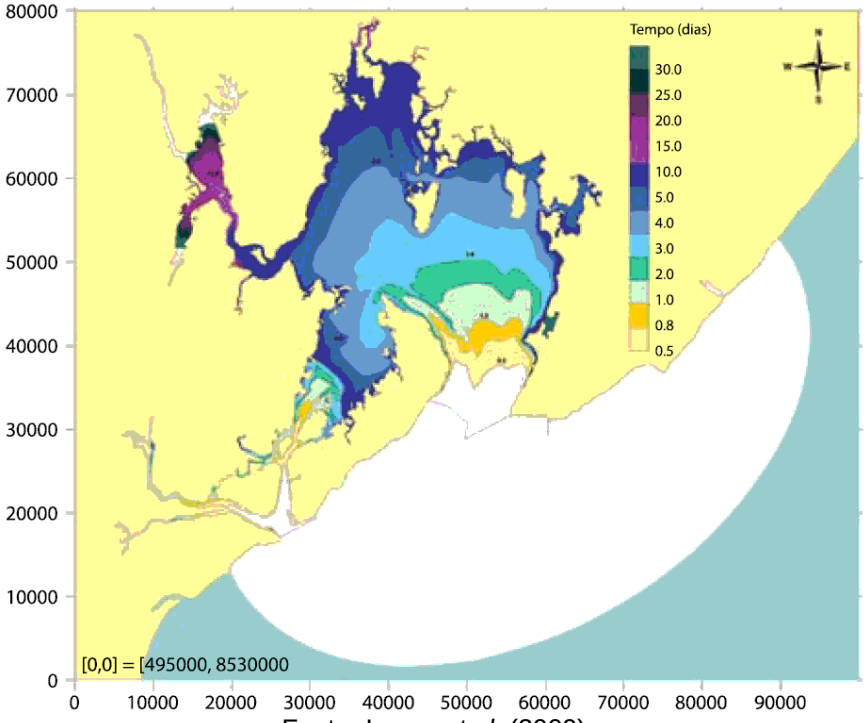
- Não conformidade para o Oxigênio dissolvido, tal como verificado nos dados primários (estações QA9 e QA10): entretanto, contrariamente aos dados primários, bastante próximo do valor mínimo exigido;
- Valores de pH e Salinidade inferiores aos obtidos nos dados primários;
- Valores de Temperatura superiores.

Os dados para o **Porto de Salvador** (BAHIA, 2008a) apresentam uma situação de referência (janeiro de 2005) e uma situação após excavações na área do porto (janeiro de 2007). Da análise dos dados secundários para o Porto de Salvador ressalta o seguinte:

- Os dados para a situação de referência distinguem-se dos dados primários para a proximidade do porto (QA1 e QA2) por valores geralmente mais baixos de pH, de Nitratos e de Fósforo total e valores mais elevados de Oxigênio dissolvido (cerca de 1 mg/l de diferença neste último parâmetro), especialmente considerando o ponto de coleta de dados secundário mais próximo (PS14):
  - Nos parâmetros Nitrato e Oxigênio dissolvido existe na situação de referência dos dados secundários um menor afastamento ao padrão de qualidade, face aos dados primários das campanhas 1 e 2; note-se que para o Oxigênio dissolvido as concentrações detectadas são bastante concordantes com as observadas na campanha 3, realizada na mesma época do ano (julho);

- Entretanto, os valores para os parâmetros Temperatura, Salinidade, Turbidez e Nitrogênio amoniacal são bastante semelhantes aos dados primários;

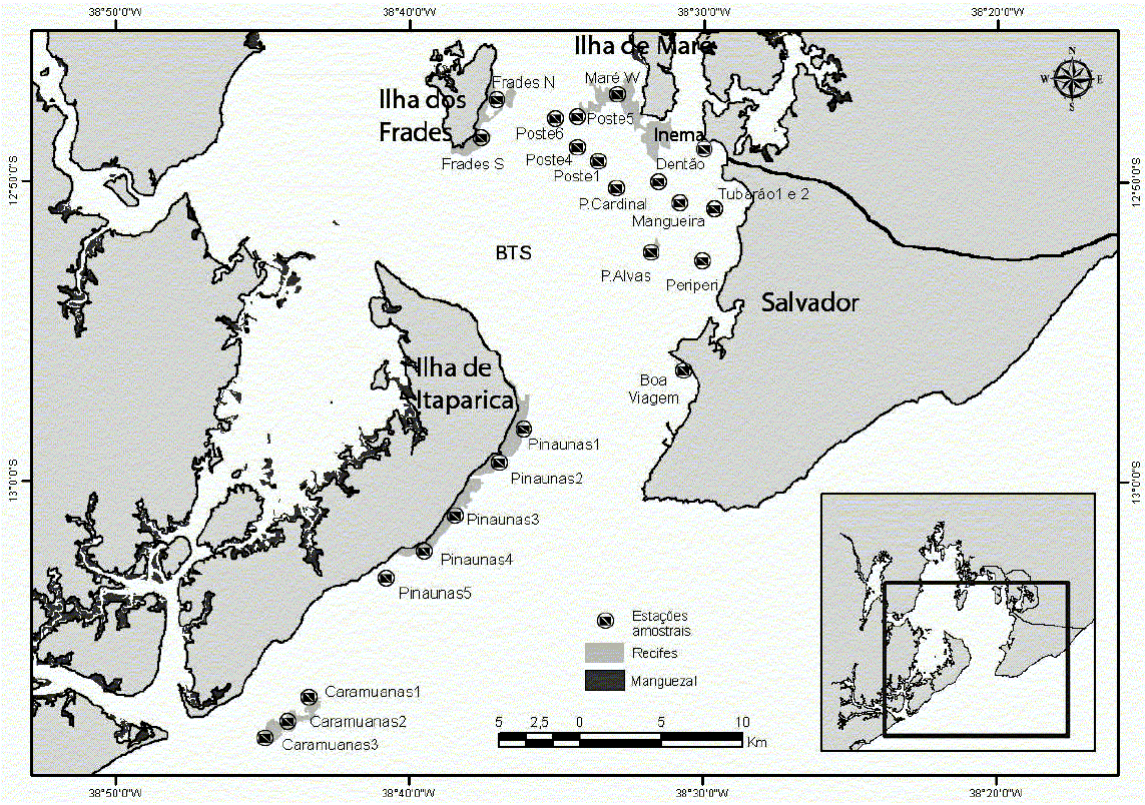
- Para a diferença poderá contribuir a maior proximidade das estações dos dados primários à orla urbanizada da península de Itapagipe e a existência nestes locais de um relativamente menor hidrodinamismo (XAVIER, 2002; Cf. Figura 153);
- A situação após excavação mostra que:
  - Poderão surgir nestes eventos não conformidades quanto a vários metais, ressuspensos dos sedimentos de fundo pelas operações de excavação, notadamente Manganês total, Cromo total e especialmente Cobre dissolvido;
  - Não se evidenciam problemas quanto aos metais de maior toxicidade, especificamente quanto a Arsênio, Chumbo e Mercúrio ou a parâmetros orgânicos (Pentaclorofenol e Toxafeno), confirmando um grau de contaminação relativamente baixo dos sedimentos (Cf. seção de Sedimentos).



Fonte: Lessa *et al.* (2009)

Figura 152 – Tempo de residência na BTS, obtido por simulação numérica do fluxo em condição de verão (maré e vento), de acordo com Xavier (2002)

Embora não se disponham de dados secundários de qualidade da água para a **costa leste da Ilha de Itaparica**, o estudo de cianobactérias bentônicas, indicadoras de eutrofização, em recifes de coral efetuado por Cruz (2008; Figura 153) fornece resultados que apoiam o padrão de contaminação com Nitratos e Fósforo total no canal de Salvador presente nos dados primários: denotam indícios de condições eutróficas na costa de Mar Grande e de Barra do Pote, na orla da Ilha de Itaparica, e na Boa Viagem na orla de Salvador.



Fonte: Cruz (2008)

Notas: Pinaúnas 1 (junto a Mar Grande), Pinaúnas 2 (junto a Penha), Pinaúnas 3 (junto a Barra do Pote), Pinaúnas 4 (a Sul de Vila de Conceição e do Clube Mediterranee), Pinaúnas 5 (a Sul de Barra Grande)

Figura 153 – Localização dos pontos de amostragem (março a dezembro de 2007) de recifes na BTS por Cruz (2008)

Balneabilidade

Relativamente ao uso balnear das águas salinas da AID, apresentam-se os resultados de balneabilidade no Quadro 74 para o município de Salvador e no Quadro 75 para a Ilha de Itaparica.

Quadro 74 – Classificação de condição de balneabilidade de acordo com Resolução CONAMA n.º 274, de 2000, para praias do município de Salvador na AID

Praia	Classificação predominante (Resolução CONAMA n.º 274, de 2000) (% classificações)[a]		
	Média 1994 – 2001	**2012**	**2013**
BOA VIAGEM – BV 0100	**Imprópria (83%)**	Própria (71%)	Própria (75%)
ROMA – RO 0100	**Imprópria (96%)**	**Imprópria (50%)**	**Imprópria (79%)**
CANTA GALO – CG 0100	**Imprópria (92%)**	Própria (57%)	**Imprópria (54%)**

Notas: [a] condição de balneabilidade predominante; a **negro** a classificação Imprópria predominante
Fontes: Bahia (2002; 2014a).

Da balneabilidade da **orla de Salvador** ressalta o seguinte:

- As praias de Roma e Canta Galo (localizadas a Norte do Porto de Salvador) têm categoria Imprópria predominante em 2013 e no caso de Roma também em 2012: a evolução verificada nos últimos dois anos sugere uma degradação da balneabilidade nestas praias;
- A praia da Boa Viagem, situada no limite norte da AID, tem uma melhor condição de balneabilidade, com categoria Própria em 71-75% das classificações efetuadas em 2012 e 2013;
- Face ao período entre 1994 e 2001 (engloba o período de implementação das ações de melhoria de saneamento da cidade previstas no Programa BAHIA AZUL, Cf. seção referente a Situação atual na AII), nota-se uma redução da classificação de condição de balneabilidade Imprópria em todas as praias, com reduções entre 50-61% da percentagem de classificação Imprópria.
- A confirmar-se com mais dados, a tendência de degradação da qualidade da água nos últimos dois anos poderá resultar do acentuar das carências de saneamento (coleta de esgotos e coleta de resíduos domiciliares) face à expansão urbana.

Quadro 75 – Classificação de condição de balneabilidade de acordo com Resolução CONAMA n.º 274, de 2000, para praias da BTS na AID

Praia	Classificação (Resolução CONAMA n.º 274, de 2000)	
	13-01-2012	14-02-2014 a 17-04-2014 (% classificações)[a]
BARRA GRANDE - BTS BG 100	Própria	Própria (70%)
CONCEIÇÃO - BTS CÇ 100	Própria	**Imprópria (60%)**
BARRA DO POTE - BTS BP 100	Própria	**Imprópria (50%)**
COROA - BTS CR 100	Própria	Própria (90%)
BARRA DO GIL - BTS BL 100	Própria	Própria (90%)
PENHA - BTS PH 100	Própria	Própria (100%)
MAR GRANDE - BTS MG 100	Própria	**Imprópria (100%)**
GAMELEIRA - BTS GM 100	**Imprópria**	**Imprópria (80%)**

Notas: [a] condição de balneabilidade predominante; a **negro** a classificação Imprópria predominante
Fonte: Bahia (2014a, 2014e)

Quanto à balneabilidade das praias da AID localizadas na **Ilha de Itaparica** nota-se:

- Metade das praias apresentaram balneabilidade predominantemente Imprópria em fevereiro – abril de 2014: Gameleira, Mar Grande, Barra do Pote e Conceição: a balneabilidade encontra-se mais degradada nas praias localizadas junto à embocadura da BTS, especialmente em Mar Grande (todas as classificações Impróprias);
- Na classificação de janeiro de 2012 apenas a praia mais a Norte da AID (Gameleira) apresentava condição de balneabilidade Imprópria;
- Tendo em conta as fontes de poluição existentes na AID (notadamente relativas ao saneamento; Cf. seção de Fontes de poluição na AID), a fraca balneabilidade destas praias poderá ser resultado da poluição por esgotos descarregados em córregos e em solos (por deficiente funcionamento de fossas sépticas e sumidouros) e que chegam às praias, especialmente após eventos de precipitação: as praias com classificação de balneabilidade Imprópria predominante localizam-se junto a zonas urbanas;

- Os dados de balneabilidade suportam o padrão de poluição detectado nos dados primários e nos dados secundários de Cruz (2008): notadamente, os casos de Mar Grande e Barra do Pote evidenciam-se como locais contaminados por esgotos em Cruz (2008), sugerindo que estes locais, em conjunto com Gameleira, sejam alguns dos mais críticos de poluição na orla da Ilha.

Para a situação de balneabilidade observada tanto no caso da orla de Salvador como no caso da Ilha, não será de excluir também a influência da produção de resíduos nas próprias praias pelos banhistas, especialmente nas praias da Ilha que poderão verificar carências nas infraestruturas de saneamento oferecidas aos visitantes (instalações sanitárias), à semelhança do notado por Paz (2011) para as praias de Salvador.

C. Síntese da situação atual na AID

O diagnóstico efetuado para a qualidade dos recursos hídricos superficiais na AID permite ressaltar os seguintes **aspectos relevantes para a avaliação dos impactos do empreendimento em análise**:

- A principal fonte de poluição das águas doces da Ilha e das águas salinas da BTS é constituída pelas atividades de saneamento, notadamente o lançamento irregular de esgotos e o despejo inadequado de resíduos domiciliares efetuado em cursos de água, orla ou em solos;
- A qualidade das **águas doces da Ilha** diferencia-se, em geral, de acordo com o grau de antropização do seu entorno:
  - Junto às principais áreas urbanizadas, da orla sudeste da Ilha e do entorno da rodovia BA-001, existem problemas de qualidade quanto ao Oxigênio dissolvido, Ferro dissolvido, Fósforo total e mais pontualmente também de Coliformes termotolerantes;
  - Em áreas menos urbanizadas, no interior da Ilha, nota-se uma boa qualidade geral das águas, exceto por problemas sistemáticos quanto ao Oxigênio e Ferro dissolvidos;
- Na cidade de **Salvador** os cursos de água encontram-se significativamente mais degradados que na Ilha, com grandes desvios relativamente ao

padrão de qualidade para os Coliformes termotolerantes, matéria orgânica, Fósforo total e Oxigênio dissolvido;

- A qualidade da água na **BTS** apresenta-se:
  - No canal de Salvador: alterada face ao padrão de qualidade para o Oxigênio dissolvido e Nitrato; na zona mais interior na BTS verificam-se pontualmente também não conformidades para os Coliformes termotolerantes; a contaminação tende a ser mais elevada próximo à Ilha;
  - Dados secundários perto do Porto de Salvador revelam que após excavações podem surgir não conformidades na água referentes a alguns metais (Manganês, Cromo e especialmente Cobre);
  - No canal de Itaparica; a qualidade é comparativamente melhor, ainda assim com problemas sistemáticos quanto ao Oxigênio dissolvido.
- Não se assinalam tendências significativas de alteração da qualidade das águas doces e salinas nos últimos anos, embora na Ilha de Itaparica o aumento da urbanização no município de Vera Cruz faça supôr aumento do número de cursos de água com qualidade alterada;
- A balneabilidade das três praias de Salvador na AID foi em 2013 predominantemente Imprópria, principalmente na praia de Roma;
- A balneabilidade das praias da Ilha de Itaparica se apresenta Própria na maioria das praias, existem algumas praias críticas na orla norte da AID com balneabilidade significativamente Imprópria, notadamente Gameleira e Mar Grande;
- Embora tenha ocorrido uma melhoria da balneabilidade nas últimas duas décadas, a tendência para as praias de Salvador nos últimos anos se caracteriza por uma degradação da balneabilidade.

2.8.2.4. Situação atual na ADA

A. Fontes de poluição

Na ADA não se assinalam fontes de poluição dos recursos hídricos superficiais do tipo pontual (lançamentos) relevantes. Assim, as principais fontes são do tipo difuso, notadamente:

- Para os **cursos de água da Ilha de Itaparica** atravessados pelo empreendimento:

- Escorrências da rodovia BA 001;
- Escorrências de áreas usadas para pastagem de gado;
- Lançamentos irregulares de esgotos em cursos de água ou nos solos, relacionados com sistemas de saneamento particulares em áreas urbanizadas;
- Despejos inadequados de resíduos domiciliares no solo;

- **BTS** no traçado do empreendimento (Canal de Salvador e Canal de Itaparica):
  - Escorrências da Ponte do Funil, no Canal de Itaparica;
  - Derrames de combustível e outras substâncias associadas ao tráfego naval, principalmente no Canal de Salvador e junto ao Porto de Salvador.

São esperadas na Ilha de Itaparica, na ADA relacionada com a BA-001, as fontes de poluição se esperam mais significativas, sendo menos abundantes na ADA relacionada com a variante, dada a menor urbanização nesta última área.

Convém ainda ressaltar que, embora tenham sido identificados na AID alguns postos revendedores de combustível localizados junto à rodovia BA-001 na Ilha de Itaparica (6; AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2014), nenhum deles se localiza a menos de 100 m dos principais cursos de água atravessados pelo empreendimento (cf. seção de Metodologia), pelo que, eventual contaminação dos solos provocada por estes postos é considerada não significativa para a ADA.

Estas fontes de poluição poderão conduzir a alterações locais da qualidade da água, principalmente relacionadas com:

- Matéria orgânica, nutrientes e parâmetros microbiológicos, no caso dos cursos de água da Ilha;
- Hidrocarbonetos: no caso da BTS.

B. Qualidade da água

Cursos de água da Ilha de Itaparica

Para os cursos de água da Ilha de Itaparica na ADA, notadamente (Cf. seção de Metodologia) Riacho do Jaburu, Riacho da Penha, Riacho Peris, Rio Artur Pestana,

Rio Campinas e Rio da Estiva, se dispõem apenas dados de qualidade da água para os seguintes:

- Riacho da Penha: dados primários para estação QA7 (a jusante da ADA) e dados secundários do Programa MONITORA (na ADA da BA-001);
- Rio Artur Pestana: dados primários para a estação QA8 (a jusante da ADA da variante) e estação QA11 (na ADA da BA-001);
- Rio da Estiva: dados secundários do Programa MONITORA, a jusante da ADA.

Os principais resultados, exceto para o Rio da Estiva, foram apresentados na seção da Situação atual da AID (Cf. Quadro 4: Anexo 4.1 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1 para os dados primários e Quadro 8: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1 para os dados secundários para o Riacho da Penha). São relevantes também para a presente análise dados primários e secundários referentes a cursos de água na Ilha, apresentados na seção de Situação atual da AID.

Com base nestes dados primários e secundários, cabe na presente seção realçar os seguintes aspectos caracterizadores da qualidade da água atual dos cursos de água na ADA, face ao padrão de qualidade para águas doces de classe 2 da Resolução do CONAMA n.º 357, de 2005:

- **Riacho do Jaburu**: dado o entorno pouco urbanizado, não se esperam problemas significativos de qualidade da água além de eventual contaminação referente a Ferro dissolvido e Manganês, de origem geológica;
- **Riacho da Penha**: ocorrência de não conformidades referentes aos parâmetros Oxigênio dissolvido, do pH (ligeira não satisfação do valor mínimo exigido) e provavelmente também de Ferro dissolvido, podendo ocorrer mais pontualmente problemas também com Coliformes termotolerantes, DBO e Fósforo total;
- **Riacho Peris**: se espera na ADA (variante e BA-001) uma situação de contaminação semelhante à observada no rio Artur Pestana (Cf. abaixo);
- Rio Artur Pestana:
  - ADA da variante: tendo em conta o entorno pouco urbanizado, não se esperam problemas significativos de qualidade da água, à exceção de não conformidades para o Ferro dissolvido e eventualmente também de Manganês, de origem geológica;

- ADA da BA-001: não conformidades para o Oxigênio dissolvido e Ferro dissolvido, podendo ocorrer mais pontualmente também de Manganês total e de Coliformes termotolerantes;

- **Rio Campinas**: dado o entorno urbanizado, são prováveis problemas de qualidade para o Oxigênio dissolvido e Ferro dissolvido, e pontualmente também de Coliformes termotolerantes;
- **Rio da Estiva**: os dados secundários a jusante (2011 a 2013; Cf. Quadro 2: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1 e localização em Caderno de Mapas – Volume 2: Mapa 2.16) evidenciam problemas sistemáticos com o Oxigênio dissolvido; entretanto, estes dados referem-se a um trecho do rio com entorno mais urbanizado (nota-se a ausência de problemas para a Fonte Catita, com entorno também pouco urbanizado, Cf. Quadro 9: Anexo 4.2 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1); considera-se que na ADA não deverão ocorrer problemas significativos de qualidade da água, exceto não conformidades para o Ferro dissolvido e eventualmente para o Manganês, de origem geológica.

Os dados primários e secundários não permitem evidenciar tendências significativas de evolução. Entretanto, a crescente urbanização verificada no município de Vera Cruz (Cf. seção de Meio Socioeconômico) faz supor que nestes cursos de água (à semelhança da AID) a tendência de evolução nos últimos anos seja de degradação da qualidade da água.

BTS

Tendo em conta a situação exposta para AID, a localização da estação de coleta de dados primários QA1 na ADA do Canal de Salvador e o bom hidrodinamismo verificado na ADA (Cf. Figura 152), a situação de qualidade da água na BTS se caracteriza da seguinte forma:

- **Trecho no Canal de Salvador**: prováveis não conformidades para o Oxigênio dissolvido e Nitrato, principalmente perto da Ilha; próximo à orla de Salvador poderão também ocorrer problemas com os Coliformes termotolerantes;

- **Trecho no Canal de Itaparica:** à exceção do Oxigênio dissolvido, parâmetro para o qual é esperada não conformidade, não se esperam problemas significativos de qualidade de água.

2.9. Recursos hídricos subterrâneos

2.9.1. Metodologia

No presente subcapítulo se efetua um enquadramento hidrogeológico regional da AII e uma caracterização das principais condições hidrodinâmicas e hidroquímicas das águas subterrâneas que poderão ser influenciadas pelo desenvolvimento do empreendimento na ADA e na AID.

Foi coletada toda a informação disponível sobre os meios hidrogeológicos, destacando-se em particular aquela que consta da base de dados de poços tubulares compilada no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Foi ainda consultada a base de dados de poços tubulares perfurados pela Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB), não constando à data da realização dos Estudos Ambientais qualquer poço na Ilha de Itaparica. Os seis poços perfurados por esta entidade no município de Salvador e o único poço em Jaguaripe estão fora da área de influência do empreendimento.

Foram ainda consultados instrumentos de planejamento e estudos técnico-científicos específicos sobre as águas subterrâneas do estado da Bahia, avaliada a potencialidade aquífera das formações geológicas aflorantes na área de influência do empreendimento e caracterizada a qualidade global dos meios hidrogeológicos nas zonas terrestres de Itaparica e de Salvador. Se analisam também a permeabilidade da zona não saturada através das características gerais das formações geológicas, as condições gerais de escoamento em profundidade e as eventuais relações entre os recursos hídricos subterrâneos e superficiais.

De forma complementar à informação hidrogeológica disponível (dados secundários) foram executados oito poços de monitoramento na ADA/AID (dados primários), incluindo campanhas de medições do nível de água em profundidade e a determinação em laboratório de um conjunto de parâmetros físico-químicos. Em cada

um dos oito poços foram realizadas duas campanhas de monitoramento, uma em janeiro de 2014 (período seco) e outra em abril de 2014 (período úmido).

Por fim, e de forma a apoiar a avaliação dos impactos ambientais do empreendimento, procedeu-se à avaliação da vulnerabilidade natural à poluição do meio hídrico subterrâneo.

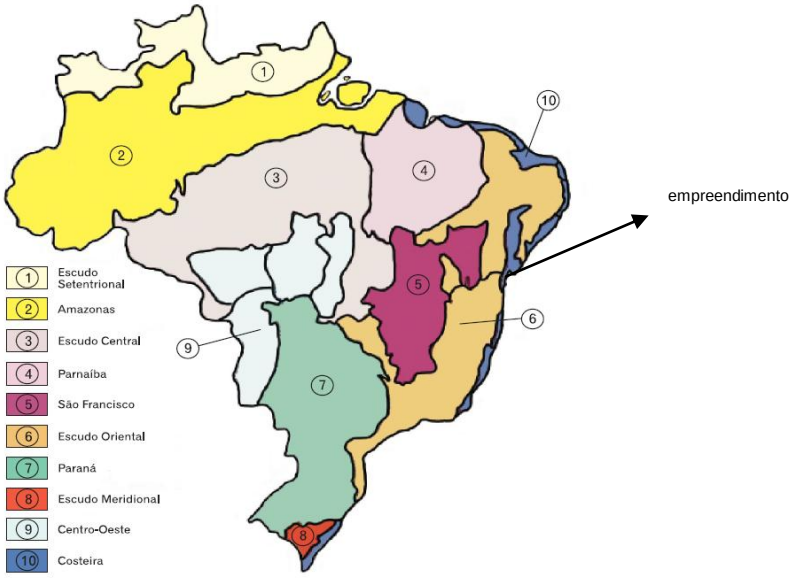
2.9.2. Situação atual na AII

2.9.2.1. Enquadramento hidrogeológico regional

O Brasil possui uma significativa abundância de água subterrânea. Estima-se uma reserva de águas subterrâneas de cerca de 112 000 km^3, considerando uma profundidade de até 1 000 metros, com volumes de recarga anuais de 3 500 km^3 anuais (REBOUÇAS, 1997, *apud* MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE *et al.,* 2007).

O território Brasileiro encontra-se subdividido em 10 grandes províncias hidrogeológicas[14], individualizadas de acordo com as suas condições geológicas (litologia e tectónica), geomorfológicas e climáticas. O empreendimento enquadra-se na **Província Hidrogeológica Costeira**, **sub-província do Recôncavo-Tucano-Jatobá**.

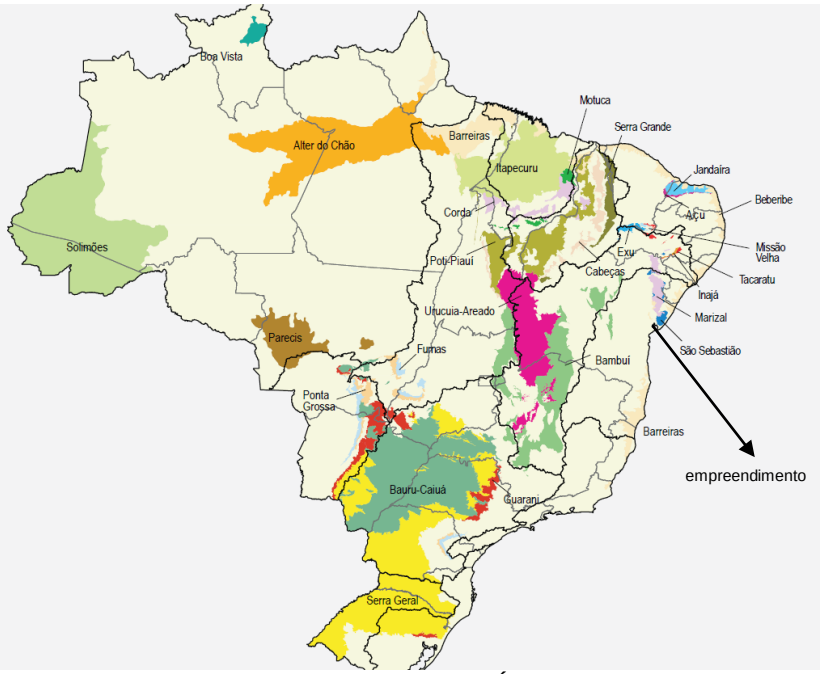
[14] Províncias Escudo Setentrional, Amazonas, Escudo Central, Parnaíba, São Francisco, Escudo Oriental (Nordeste e Sudeste), Paraná, Escudo Meridional, Centro-Oeste e Costeira.



Fonte: Carvalho (2002)

Figura 154 – Províncias hidrogeológicas do Brasil

Nesta província, que se estende ao longo de grande parte da faixa litorânea do país, ocorrem alguns dos mais importantes reservatórios de água subterrânea do Brasil. Não obstante o relativo interesse hidrogeológico das formações que ocorrem na área de influência do empreendimento, o mesmo não abrange qualquer um dos sistemas aquíferos de importância regional delimitados nesta província hidrogeológica.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2007a)

Figura 155 – Sistemas aquíferos do Brasil

Na Província Hidrogeológica Costeira os aquíferos mais promissores e bem distribuídos correspondem aos clásticos inconsolidados e fracamente consolidados de idade cenozoica, que mostram, em geral, bons índices de produtividade média, sendo aproveitados em diversas áreas para o abastecimento populacional (MENTE, 2009). No Quadro 76 descrevem-se de forma resumida as principais características dos sistemas aquíferos da sub-província do Recôncavo-Tucano-Jatobá, todos localizados a Norte da área de influência do empreendimento.

Quadro 76 – Principais características dos sistemas aquíferos da Província Costeira - sub-província do Recôncavo-Tucano-Jatobá

Sub-Província	Principais Sistemas Aqüíferos	Tipo de aqüífero	Litologia	Espess. (m) [1]	Parâmetros Hidráulicos dos Poços					Parâmetros Hidrodinâmicos	
					Prof. média (m)	Vazão média (m^3/h)	Desvio padrão Vazão	Capac. Espec. média (m^3/h/m)	Poços Consult.	K*	S**
Recôncavo/ Tucano/Jatobá (56.000 Km^2)	Marizal	Poroso e livre	Arenitos grossos a conglomeráticos com níveis de folhelhos e calcários	200	129	21	30	2,13	43	---	---
		Poroso e confinado			141	15	10	2,00	42	---	---
	São Sebastião	Poroso e livre	Arenitos médios a grossos com níveis de argilitos e folhelhos	3.000	127	24	33	2,88	59	---	---
		Poroso e confinado			170	40	46	2,37	109	$1,2.10^{-5}$	$2,0.10^{-4}$
	Inajá	Poroso e livre	Arenitos finos a médios com níveis de folhelhos e siltitos	300	116	4	2	0,47	30	---	---
		Poroso e confinado			212	20	20	1,59	7	$6,0.10^{-6}$	$2,0.10^{-4}$
	Tacaratu	Poroso e livre	Arenitos finos a grossos com níveis de conglomerados e folhelhos	200	102	6	4	0,86	27	---	---

*K-condutividade hidráulica; **S- armazenamento;

Fonte: Zoby e Matos (2002)

2.9.2.2. Disponibilidade e demanda regional de água subterrânea

A distribuição de água subterrânea não é uniforme no território Brasileiro. Na região em que se desenvolverá o Sistema de Travessia Salvador/Itaparica sobre a Baía de Todos os Santos (Nordeste do Brasil), o enquadramento hidrogeológico é em grande parte determinado pelo contexto geológico. Refira-se que em cerca de 50% da sua área ocorrem rochas do embasamento cristalino, de reduzida potencialidade hídrica e que afloram nas zonas de maior aridez (por exemplo nos Estados do Ceará, de Paraíba, de Pernambuco, a norte da Bahia e a leste do Piauí).

Por sua vez, a posição geográfica e as características morfoclimáticas influenciam as condições hidrogeológicas locais. Na região Nordeste ocorrem áreas de significativa escassez de recursos hídricos associadas ao clima semi-árido. Uma das principais características do Nordeste são as precipitações irregulares e os extensos períodos anuais de insolação e evaporação. É neste contexto de acentuada deficiência hídrica que ocorrem muitas vezes secas.

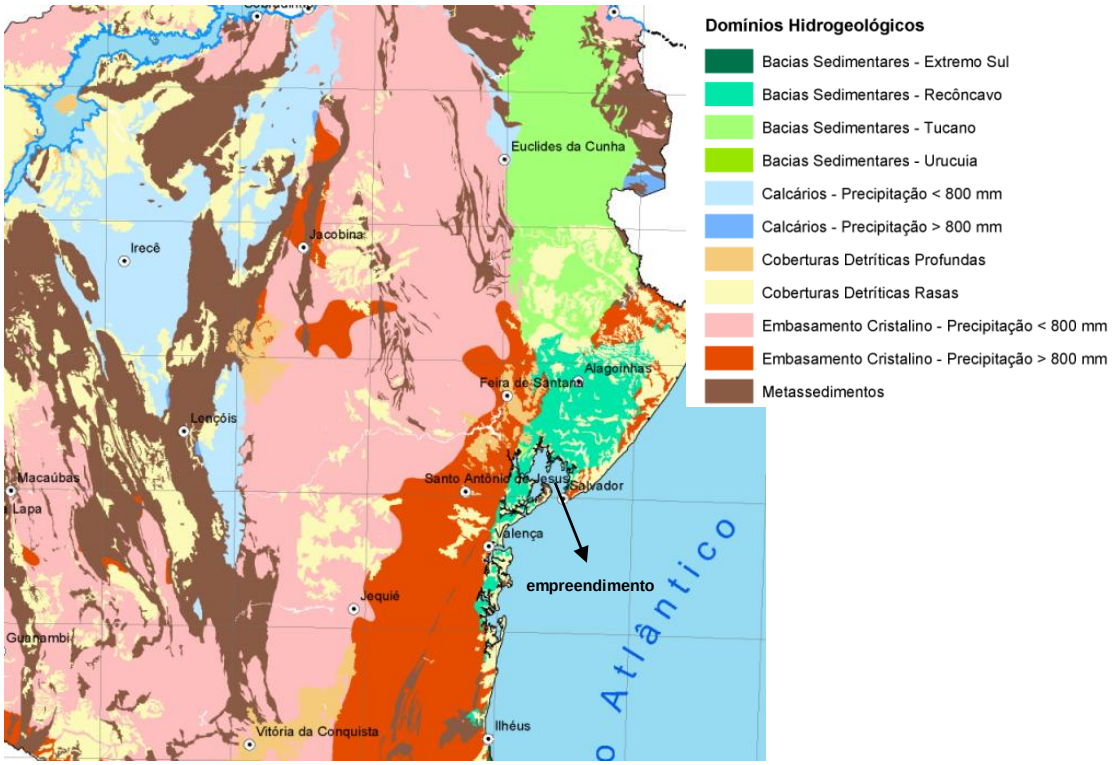
Não obstante, na zona costeira (onde se insere o empreendimento) verificam-se diferenças relativamente significativas nas disponibilidades e produtividade dos poços em relação ao semi-árido da região Nordeste. Estas diferenças estão relacionadas

com as condições climáticas e a distribuição da precipitação. Na zona costeira a precipitação é superior àquela que se verifica na zona interior do Nordeste, pelo que o potencial hidrogeológico e as reservas aquíferas são também superiores.

Fonte: http://www.asabrasil.org.br/ (maio, 2014)

Figura 156 – Delimitação do semiárido do nordeste Brasileiro

É neste contexto que o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia (BAHIA, 2005b) subdivide a zona costeira e o interior do Nordeste em domínios hidrogeológicos diferenciados, não só devido ao contexto geológico, mas também de acordo com o fato de a precipitação ser inferior ou superior a 800 mm.



Fonte: BAHIA (2005b)

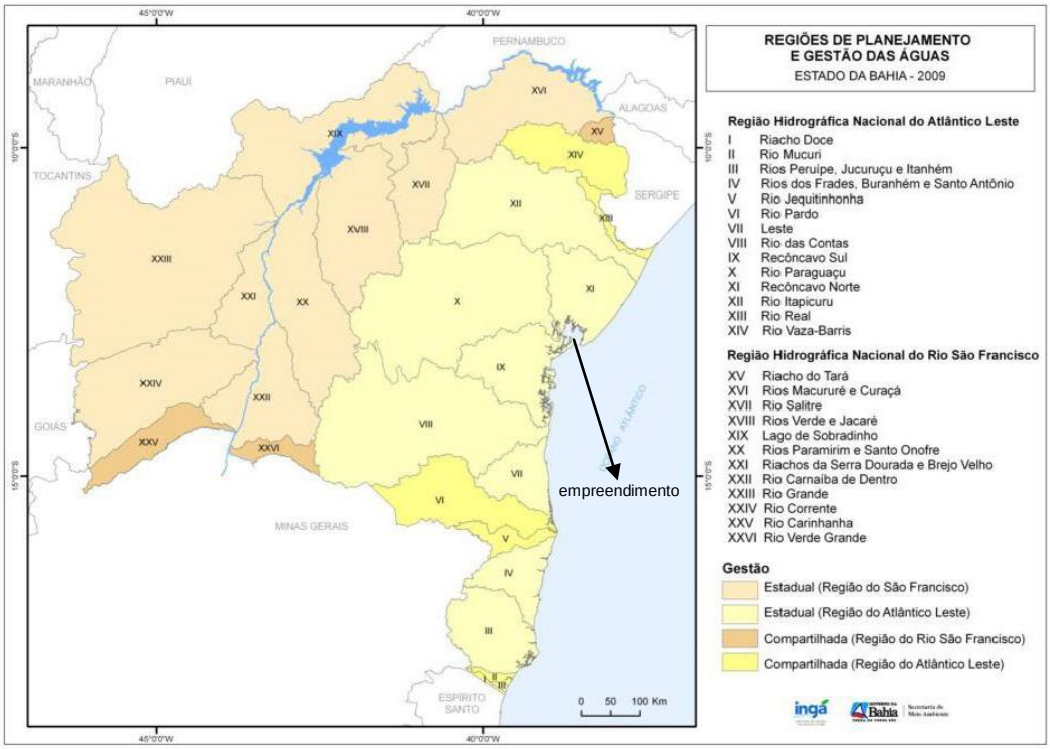
Figura 157 – Sistemas aquíferos do Brasil

No escopo da estimativa do balanço hídrico para a revisão do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia (IICA, 2010) foram estimadas as disponibilidades de água subterrânea do conjunto de regiões de planejamento e gestão da água (RPGA) em que se subdividiu o estado.

O empreendimento abrange duas dessas RPGA – o Recôncavo Sul, que inclui a Ilha de Itaparica e o município de Jaguaripe (RPGA IX), e o Recôncavo Norte (RPGA XI), que inclui Salvador, tendo sido determinadas as seguintes disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado da Bahia (IICA, 2010b)[15]:

- disponibilidade potencial – 473 244 hm^3/ano
- disponibilidade virtual – 441 645 hm^3/ano
- disponibilidade efetiva – 2 287 hm^3/ano
- disponibilidade atual – 451 hm^3/ano

[15] disponibilidade potencial - volume que pode ser utilizado anualmente, incluindo parcela das reservas permanentes, passíveis de serem explotadas, com descarga constante, durante um período de tempo;
disponibilidade virtual - vazão anual passível de ser extraída sem que se produzam efeitos indesejáveis;
disponibilidade efetiva ou instalada - volume anual passível de explotação através de captações existentes;
disponibilidade atual - volume anual atualmente explotado nas obras existentes.

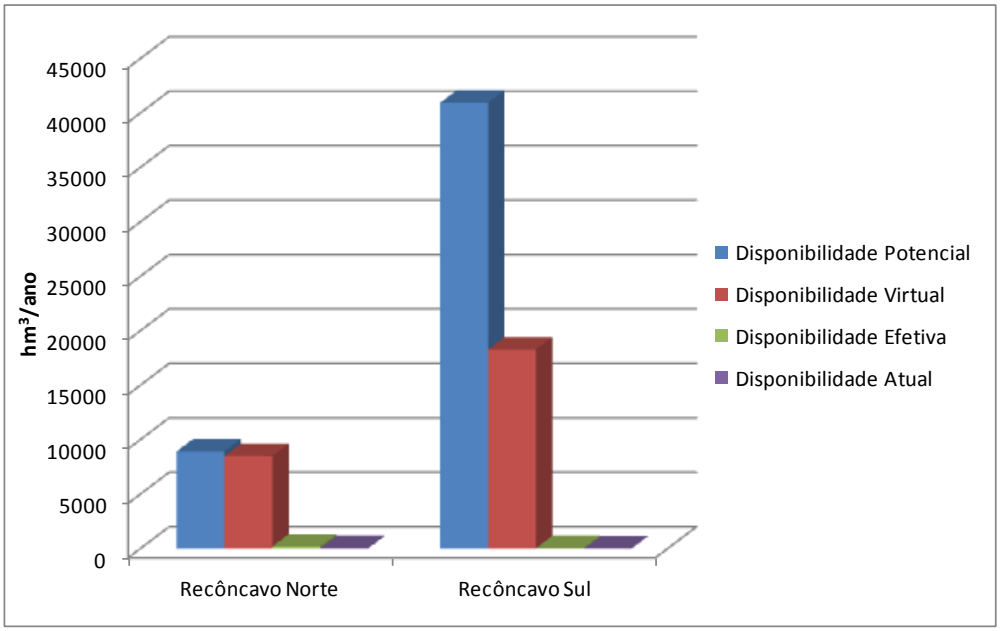


Fonte: IICA (2010b)

Figura 158 – Regiões de planejamento dos recursos hídricos no estado da Bahia

Considerando as regiões de planejamento e gestão da água abrangidas pelo empreendimento, verifica-se uma maior disponibilidade potencial e virtual de água subterrânea no Recôncavo Sul relativamente ao Recôncavo Norte. Esta situação é compreensível pelo maior potencial hidrogeológico das formações sedimentares que predominam no Recôncavo Sul, sendo que no Norte ocorrem formações geológicas cristalinas que condicionam o armazenamento e o interesse hidrogeológico.

Não obstante os condicionalismos associados ao contexto geológico, refira-se que o volume anual atualmente explotado na RPGA Recôncavo Norte (26 hm^3/ano) é superior àquele que ocorre no Recôncavo Sul (4,5 hm^3/ano). Esta situação estará associada à maior pressão humana na RPGA Recôncavo Norte relativamente ao Sul. De fato, a população na RPGA Recôncavo Norte é quase cinco vezes e meia a do Recôncavo Sul (4 907 848 hab *vs* 886 069 hab (IICA, 2010), sendo que nesta a densidade populacional é de aproximadamente 50 hab/km^2, enquanto no Recôncavo Norte ascende a 315 hab/km^2.



Fonte: IICA (2010b)

Figura 159 – Disponibilidade de água subterrânea por região de planejamento e gestão da água

De acordo com o IICA (2010b), na RPGA Recôncavo Sul, a potencialidade da água subterrânea *per capita* possui uma taxa de cerca de 1.300 m^3/ano.habitante, enquanto na RPGA Recôncavo Norte a potencialidade da água subterrânea *per capita* possui uma taxa de cerca de 1.700 m^3/ano.habitante.

Negrão (2007) identifica uma potencialidade do aquífero fissural em rochas cristalinas da ordem dos 32 m^3/s (1 009 hm^3/ano), enquanto nas formações sedimentares porosas estima valores de cerca de 53 m^3/s (1 671 hm^3/ano).

Atualmente, e muito por causa da ausência de um inventário completo dos poços em atividade na região, não estão contabilizados ou estimados os consumos de água subterrânea. Penalva dos Santos e Brandão de Oliveira (2007) referem que a região Hidrográfica do Recôncavo Norte possui uma intensa atividade antrópica que vem comprometendo os recursos subterrâneos, verificando-se que a sua utilização para fins de abastecimento humano, doméstico e industrial vem crescendo em escala acentuada e de forma desordenada. Esta utilização ocorre principalmente nas áreas urbanas, podendo provocar prejuízos futuros de caráter irreversível para os aquíferos.

No escopo do Zoneamento Ecológico-Econômico Preliminar da Bahia (GEOHIDRO e SONDOTÉCNICA, 2012) foi avaliada a disponibilidade natural das águas subterrâneas

na área de influência do empreendimento. De forma geral, as condições de disponibilidade hídrica subterrânea está em linha de conta com o que é apresentado no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia, embora se apresente uma maior pormenorização em virtude do contexto geológico diferenciado.

Conforme se verifica na Figura 160, a disponibilidade natural de água subterrânea na área de influência do empreendimento varia entre muito elevada e baixa. Nas áreas de afloramento de rochas do Grupo Almada e do Grupo Ilhas a disponibilidade natural de água é muito alta, enquanto nas áreas de afloramento dos depósitos litorâneos e fluvio-marinhos e eólicos essa disponibilidade é alta. Já os depósitos flúvio-lagunares e o embasamento cristalino (em Salvador) apresentam uma disponibilidade baixa e muito baixa, respectivamente, devido no primeiro caso à presença de argila e no segundo caso ao fato de serem rochas que naturalmente apresentam comportamento próximo do impermeável.

Fonte: GEOHIDRO e SONDOTÉCNICA (2012)

Figura 160 – Disponibilidade natural de água subterrânea

No Zoneamento Ecológico-Econômico Preliminar da Bahia é ainda avaliada a vulnerabilidade natural no que diz respeito à disponibilidade, verificando-se que os casos em que a disponibilidade natural é muito elevada, a vulnerabilidade é baixa e vice-versa.

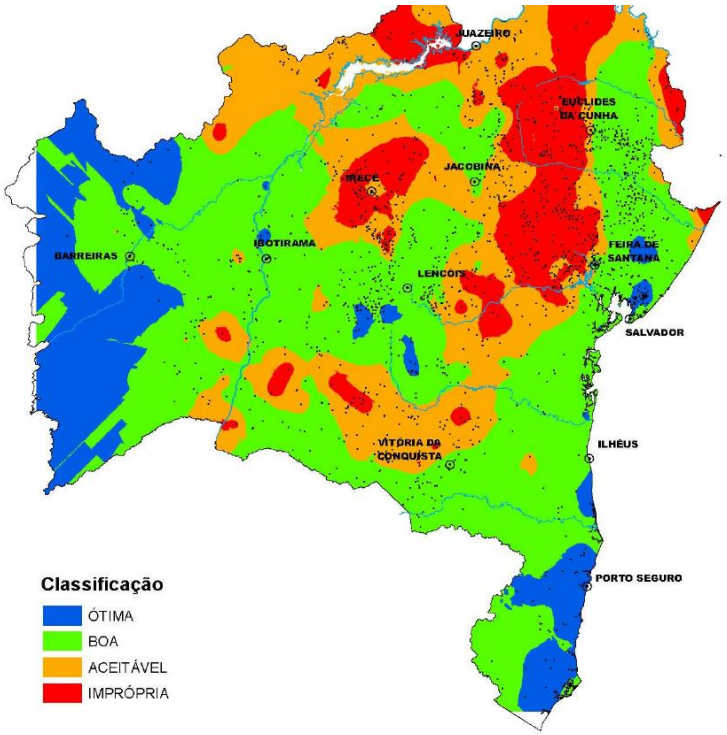
Fonte: GEOHIDRO e SONDOTÉCNICA (2012)

Figura 161 – Vulnerabilidade da disponibilidade natural de água subterrânea

2.9.2.3. Características hidroquímicas regionais do meio hídrico subterrâneo

No estado da Bahia a informação sobre as características hidroquímicas do meio hídrico subterrâneo está sobretudo concentrada nos grandes sistemas aquíferos, uma vez que é nestes que existe maior número de análises físico-químicas.

Brandão de Oliveira *et al.* (2007) aplicou o Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas (IQNAS) ao estado da Bahia, tendo concluído que os meios hídricos subterrâneos (poroso e cristalino) da área de influência do empreendimento armazenam água de boa qualidade no que diz respeito aos parâmetros cloreto, pH, sólidos totais, dureza, nitrato e flúor.

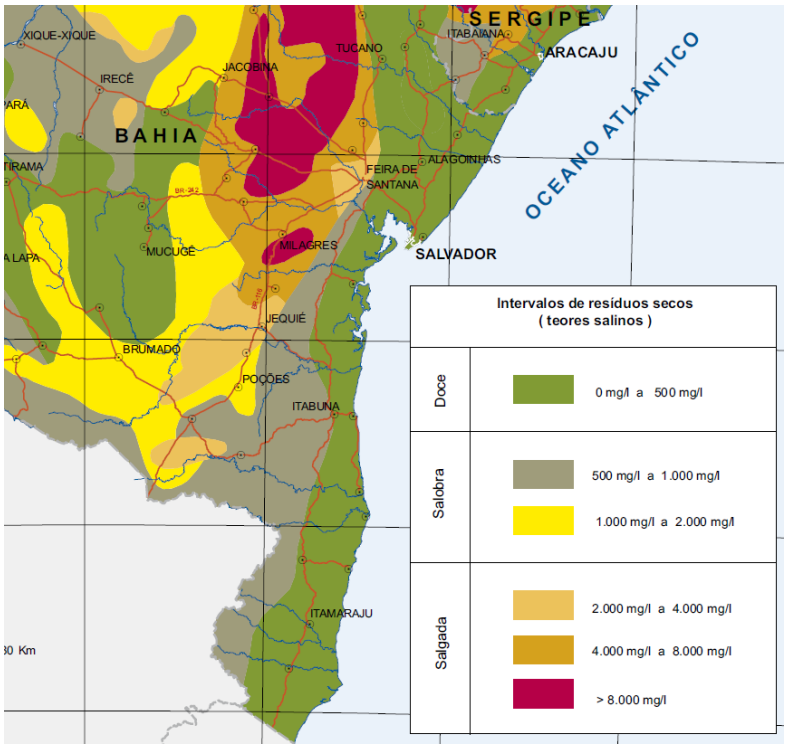


Fonte: Brandão de Oliveira *et al.* (2007)

Figura 162 – Mapeamento do Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas/IQNAS no estado da Bahia

De forma geral, considera-se que as águas subterrâneas armazenadas nos aquíferos porosos das bacias sedimentares possuem naturalmente uma qualidade boa e nos casos das formações geológicas cristalinas, embora a qualidade natural seja boa, existem algumas situações de maior mineralização que enquadram as águas subterrâneas na classe salina.

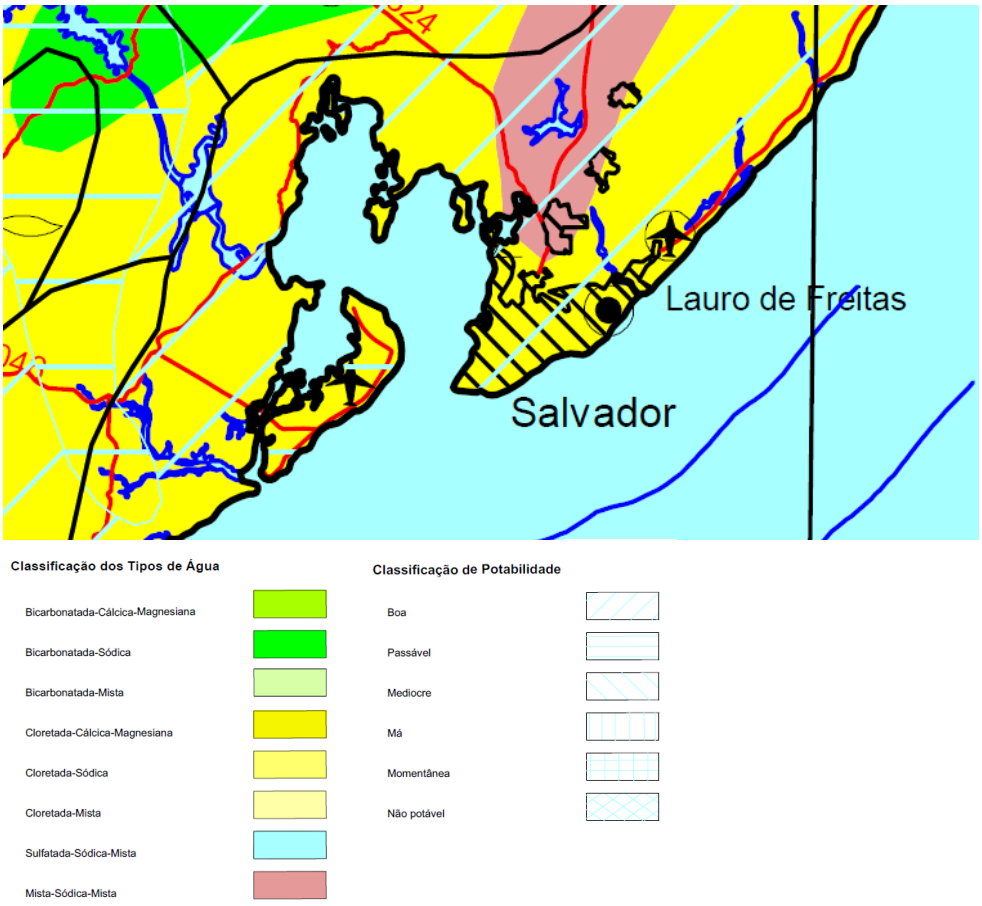
No Atlas do Brasil relativo à variação do resíduo seco das águas subterrâneas da Região Nordeste (IBGE, 2003), a área de influência do empreendimento, independentemente dos meios hidrogeológicos abrangidos é enquadrada na classe inferior a 500 mg/l, correspondendo a água subterrânea doce.



Fonte: IBGE (2013)

Figura 163 – Classificação das águas subterrâneas de acordo com o resíduo seco

Na recente publicação do Mapa da Hidroquímica dos Mananciais Subterrâneos da Região Nordeste (IBGE, 2013) as águas subterrâneas são identificadas como possuindo fácies hidroquímica dominante cloretada sódica (Ilha de Itaparica e Salvador). Neste mapa as águas subterrâneas armazenadas na Ilha de Itaparica são consideradas como tendo uma potabilidade passável, enquanto em Salvador a potabilidade é considerada boa.



Fonte: IBGE (2013)

Figura 164 – Classificação hidroquímica geral das águas subterrâneas

Pelas suas características hidroquímicas, em particular pela salinidade baixa a muito baixa e pelo baixo teor em sódio, as águas subterrâneas estão incluídas nas classes de baixo risco de salinização e alcalização dos solos, de acordo com a classificação do U.S. Salinity Laboratory. As águas subterrâneas podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, em quase todos os solos, com pequeno risco de aparição de teores nocivos de sódio, susceptível de troca, e de incidentes provenientes da salinização do solo.

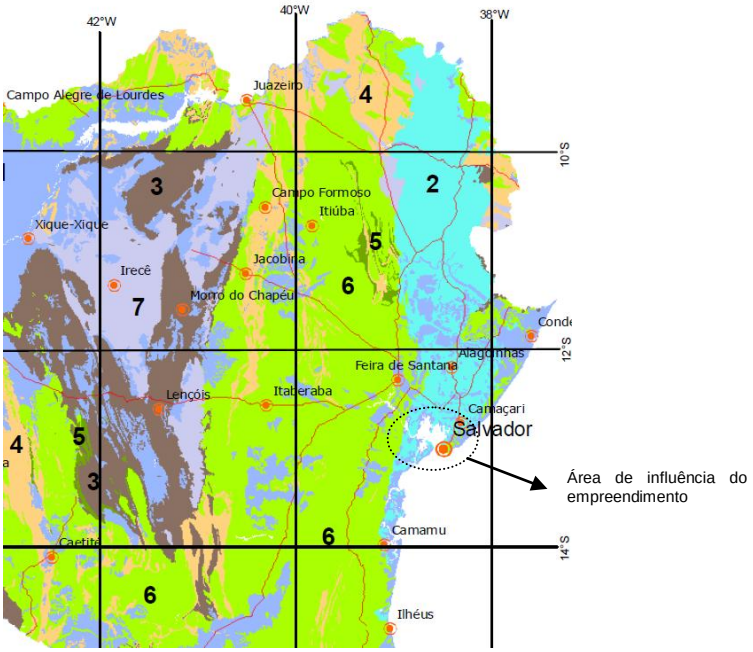
2.9.2.4. Potencial aquífero na área de influência do empreendimento

O empreendimento se desenvolve numa região onde a complexidade litológica, estrutural e evolutiva dos terrenos do embasamento cristalino e a variabilidade vertical

e lateral da série detrítica sedimentar da sub-bacia do Recôncavo determinam o desenvolvimento de meios com potencial aquífero distinto.

O desenvolvimento da Bacia Sedimentar do Recôncavo e o afloramento de rochas cristalinas antigas devido à atividade tectônica permite a individualização de três domínios hidrogeológicos abrangidos pelo empreendimento – o **Domínio das Bacias Sedimentares**, o **Domínio das Formações Cenozoicas** (ou das Coberturas Detríticas) e o **Domínio do Embasamento Cristalino**.

	DOMÍNIO	TIPO	POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO
1	FORMAÇÕES CENOZÓICAS	POROSO	MÉDIO A ALTO
2	BACIAS SEDIMENTARES		ALTO
3	POROSO/FISSURAL	MISTO	MÉDIO A ALTO
4	METASSEDIMENTOS/ METAVULCÂNICAS	FISSURAL	BAIXO A MÉDIO
5	VULCÂNICAS		BAIXO A MÉDIO
6	CRISTALINO		BAIXO
7	CARBONATOS/ METACARBONATOS		MÉDIO A ALTO



Fonte: CPRM (2010)

Figura 165 – Domínios hidrogeológicos

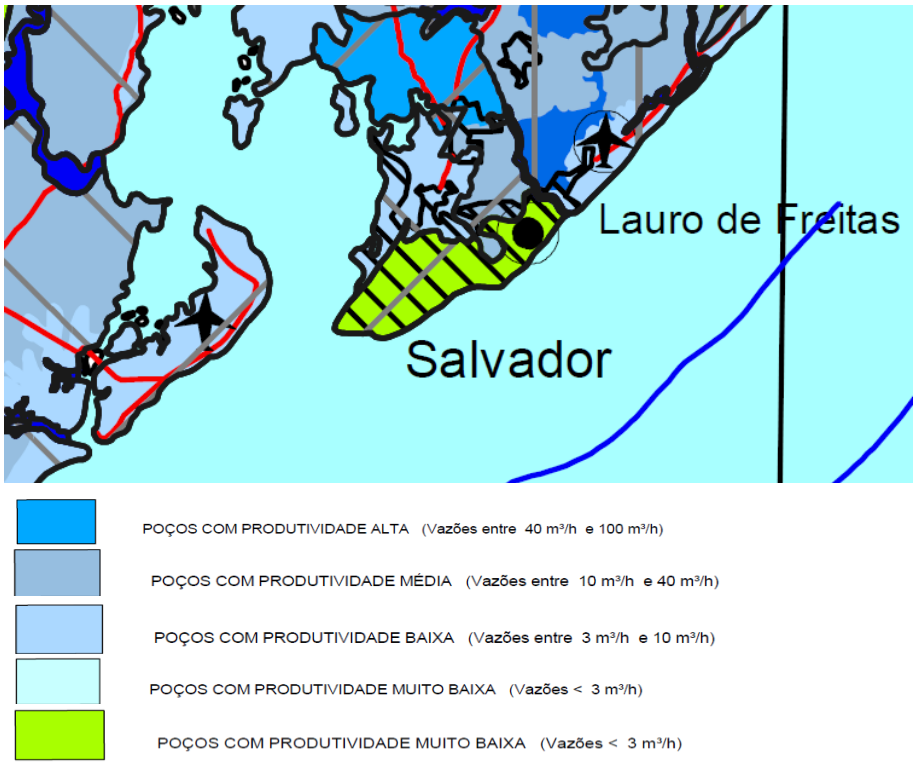
Cada um destes domínios hidrogeológicos é constituído por unidades geológicas que pelas suas características litológicas possuem um potencial aquífero e meio de escoamento diferenciado. Na área de influência do empreendimento refira-se o potencial aquífero associado a cada um destes domínios:

- Potencial aquífero alto e alto a médio / aquíferos porosos: correspondendo às áreas de afloramento das rochas detríticas terciárias e quaternárias dos terrenos da sub-bacia do Recôncavo. De forma geral, as rochas sedimentares constituem os melhores aquíferos em termos de produtividade e reservas hídricas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007a). Não obstante a produtividade, em geral, ser muito baixa (inferior a

3 m^3/h), há poços instalados nestes aquíferos que atingem vazões de várias dezenas a centenas de metros cúbicos por hora.

- A morfologia suave e as características de porosidade, permeabilidade e espessura significativa de grande parte das séries sedimentares detríticas integranulares refletem-se na favorabilidade para o armazenamento de água subterrânea, em particular através do desenvolvimento de aquíferos porosos, livres, contínuos e descontínuos de extensão variável. Face às características das formações geológicas os depósitos litorâneos indiferenciados (recentes e antigos) e os depósitos flúvio-marinhos e eólicos apresentam alta favorabilidade ao desenvolvimento de aquíferos livres, com porosidade e permeabilidades altas.
- As variações laterais e verticais de espessura das rochas, mas também de fácies, podem justificar a variabilidade da produtividade. Em séries sedimentares detríticas é comum meios de escoamento porosos e permeáveis que permitem a extração de caudais importantes, intercalarem com níveis aquíferos de permeabilidade reduzida e que originam aquitardos, aquíferos confinados, semiconfinados e multiaquíferos. Neste caso incluir-se-ão os depósitos flúvio-lagunares. Os terrenos dos Grupos Brotas, Ilhas e Formação Morro do Barro e Rio de Contas Indiscriminada, de acordo com o grau de consolidação dos arenitos poderão inclusivamente evidenciar características mistas de aquíferos porosos granulares e fissurais, com permeabilidade variável.
- É por este motivo que poços instalados em aquíferos sedimentares da sub-bacia do Recôncavo podem ter vazões médias em poços tubulares variáveis entre 5 e 200 m^3/h (CGEE, 2012).
- Sobre estes terrenos integra-se a maior parte da ADA do empreendimento, bem como a AID, em meio terrestre, ou seja, na Ilha de Itaparica e em Salvador, na zona de afloramento dos terrenos do Grupo Ilhas.
- Potencial aquífero baixo a variável/aquíferos fissurais: as rochas do embasamento cristalino da sub-bacia do Recôncavo apresentam, na generalidade dos casos, uma reduzida produtividade, encontrando-se o aumento do potencial aquífero dependente do grau de fraturação. Estes terrenos são abrangidos de forma muito restrita na extremidade leste do empreendimento, ou seja, em Salvador, correspondendo essencialmente aos afloramentos de rochas granulíticas (Complexo Salvador-Esplanada).

- O diaclasamento a que as rochas cristalinas estão sujeitas em determinadas áreas confere a um meio, predominantemente impermeável e com baixo potencial aquífero, uma porosidade secundária e o aumento da aptidão aquífera.
- Dependendo das condições de fraturação daquelas rochas, em particular à sua abertura e à conectividade entre si, podem individualizar-se aquíferos fissurais aleatórios, descontínuos e de pequena extensão, mas em alguns casos com boa produtividade.
- As rochas cristalinas apresentam assim produtividades inferiores à média dos aquíferos sedimentares (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005a). Os poços instalados nestes terrenos são, em geral, de baixa vazão, podendo em alguns casos chegar a valores da ordem de 1 m³/h. Na região Nordeste as vazões médias em poços tubulares variam entre 3 e 10 m^3/h (CGEE, 2012).
- O desenvolvimento da aptidão aquífera local e os caudais que se obtêm devido à fraturação ficam comprometidos quando as descontinuidades se encontram preenchidas por minerais de natureza secundária. Os preenchimentos resultantes da circulação das águas que dissolvem e precipitam os minerais nas fraturas, são responsáveis pela continuidade do comportamento das formações cristalinas enquanto aquífugos.
- Por o clima da região ser tropical úmido, as formações cristalinas são alvo de intemperismo químico, podendo originar uma cobertura detrítica que contribui para a formação de níveis aquíferos livres suprajacentes às formações cristalinas sãs e fraturadas. A importância da capa de alteração enquanto produtora de caudais está, contudo, dependente da espessura do meio poroso formado e da percentagem da fração argilosa que a constitui. A componente argilosa traduz-se na diminuição das características de permeabilidade e de produtividade do meio, originando localmente pequenos aquíferos e aquitardos.
- Nestas áreas, forma-se um sistema de dupla porosidade que se encontra hidraulicamente conectado: *i)* fraturado na porção mais profunda, não alterada e; *ii*) poroso, no manto intempérico (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005a).



Fonte: IBGE (2013)

Figura 166 – Produtividade média dos poços na área de influência do empreendimento

2.9.2.5. Recarga, escoamento em profundidade e descargas naturais

A recarga dos aquíferos porosos (Domínio das Bacias Sedimentares e das Formações Cenozoicas) e fissurais (Domínio do Embasamento Cristalino) é assegurada precipitação que se infiltra à superfície das áreas de afloramento das formações geológicas, podendo ainda ocorrer entradas de água associadas à rede hidrográfica, que assim, contribuem para a manutenção dos níveis de água e dos caudais explotados.

Estima-se que a recarga média anual dos aquíferos suportados por rochas sedimentares corresponda a 8% da precipitação e que no caso dos terrenos cristalinos a taxa de recarga varie entre 1% e 4%, dependendo das condições de fraturação/cobertura de solo de alteração dos mesmos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005a).

Quer no caso das unidades geológicas sedimentares de preenchimento da sub-bacia do Recôncavo, quer no caso das coberturas detríticas recentes sobre o embasamento cristalino podem ocorrer transferências de água dos depósitos mais espessos e com litologias mais permeáveis para os níveis subjacentes.

De acordo com Nascimento e Barbosa (2010), na cidade de Salvador, os despejos domésticos e as perdas na rede de distribuição de água assumem-se como parcelas de recarga do meio hídrico subterrâneo e que embora não contabilizadas constituem uma entrada permanente de água durante todo o ano.

Relativamente à descarga natural, refira-se que a relativa ausência de dados e a distribuição espacial aleatória daqueles que estão disponíveis, existindo zonas sem qualquer informação e outras em que se concentram vários poços, alguns dos quais sem dados relativos ao nível de água, não permite a conceptualização de um modelo hidrogeológico local. No entanto, considerando os dados disponíveis e as características geológicas e fisiográficas locais, estima-se que o fluxo subterrâneo na Ilha de Itaparica se faça preferencialmente no sentido das linhas de água e da Baía de Todos os Santos. Devido à topografia aplanada e à posição relativamente pouco profunda do nível de água ocorrem descargas naturais difusas para a rede de drenagem.

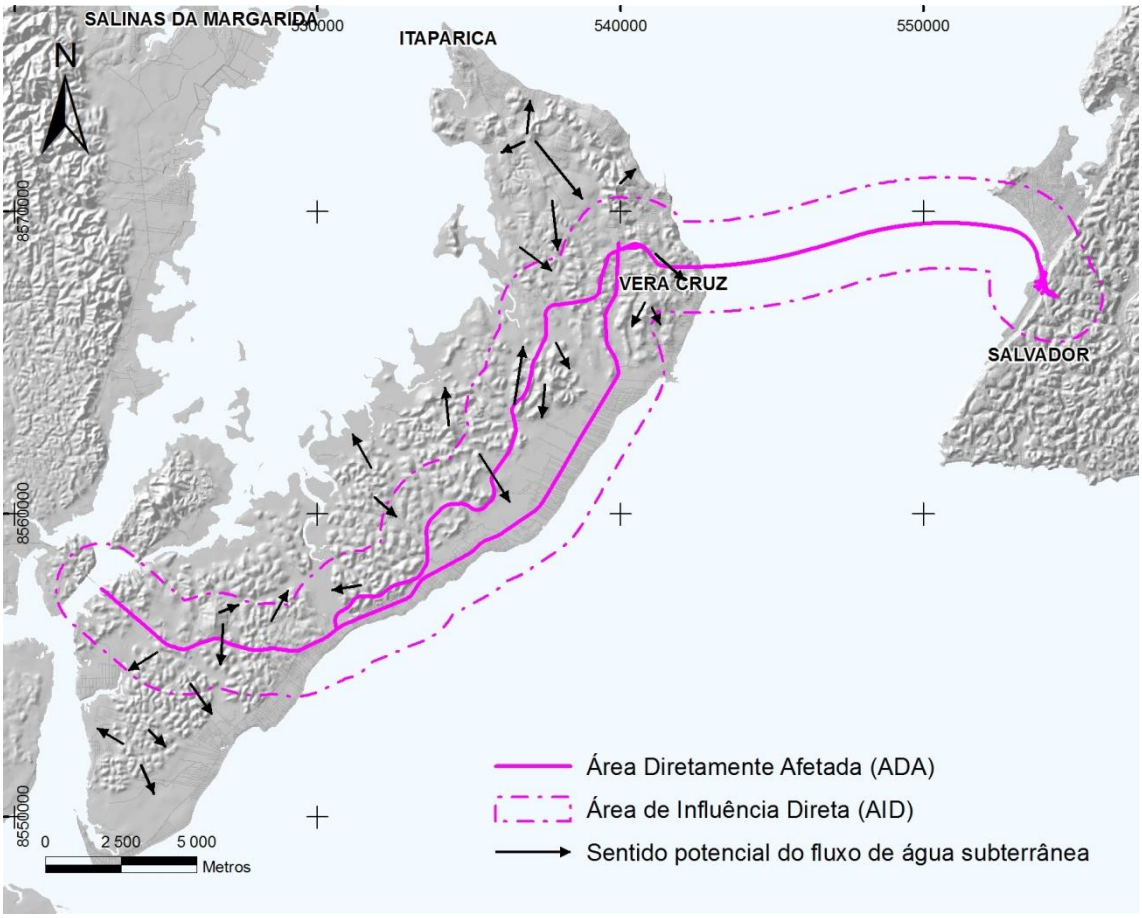
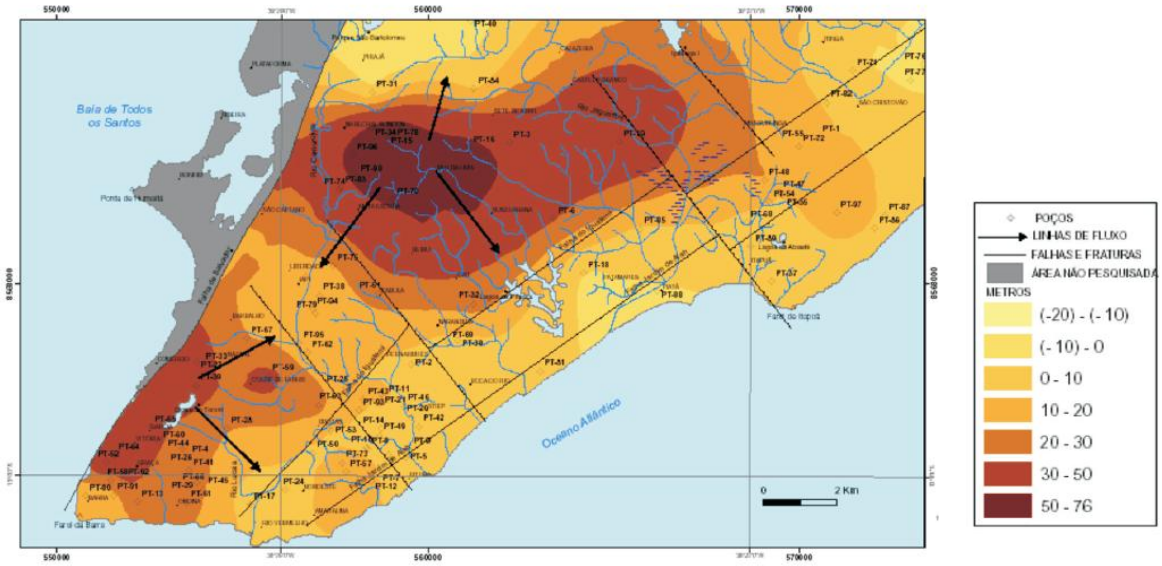


Figura 167 – Sentido potencial de fluxo de água subterrânea na Ilha de Itaparica

No caso de Salvador, o fluxo subterrâneo é condicionado pela deformação tectônica a que foram sujeitos os terrenos do embasamento cristalinos e à morfologia local que individualiza quatro compartimentos estruturais limitados por falhas em que os níveis de água ocorrem em profundidades diferenciadas. Nascimento e Barbosa (2010) identificam dois sentidos preferenciais do escoamento subterrâneo: *i)* de Sudoeste para Nordeste, em direção aos cursos de água, e de *ii)* Noroeste para Sudeste, em direção ao oceano Atlântico.



Fonte: Nascimento e Barbosa (2010)

Figura 168 – Principais sentidos de fluxo da água subterrânea em Salvador

Apesar de não ser predominante o fluxo em direção à Baía de Todos os Santos, refira-se que ao longo da escarpa da Falha de Salvador ocorrem alguns minadouros naturais e pequenas fontes que evidenciam a emergência de água subterrânea ao longo desta zona de barreira hidrogeológica.

Não existe informação técnica/científica que identifique os caudais ou volumes de descarga de água subterrânea nos cursos de água da área de influência do empreendimento. Contudo, as descargas de água subterrânea poderão contribuir com uma parcela que pode ser importante para garantir o escoamento superficial.

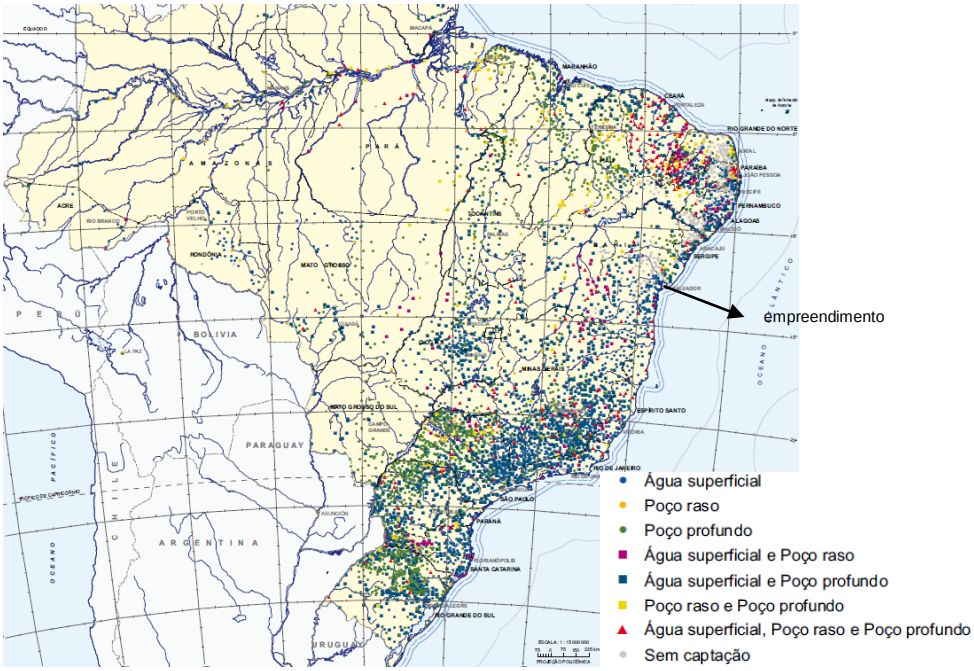
Refira-se que o Plano Estadual – Bahia Programa Água Doce 2010 – 2019 (IICA, 2010) estima que a descarga de base proveniente das águas subterrâneas para as águas superficiais esteja compreendida entre 2,45% (Recôncavo Norte) e 13% (Recôncavo Sul) da vazão escoada nas bacias hidrográficas.

2.9.2.6. Inventário de poços na área de influência do empreendimento

À semelhança do que se verifica noutras partes do mundo, no Brasil as águas subterrâneas desempenham um papel determinante para os mais diversos fins

(consumo humano, agricultura, indústria, recreação, dessedentação animal, entre outras), sendo significativamente explotadas a partir de poços.

Aproximadamente 39% dos municípios brasileiros são abastecidos por água subterrânea e 14% pela combinação de origens subterrâneas e superficiais (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012a). Estima-se que haja, pelo menos, 416 mil poços no país, com um aumento anual de 10,8 mil novas captações, atendendo a 30-40% da população (HIRATA *et al.*, 2010).



Fonte: IBGE (2011)

Figura 169 – Distribuição de tipologias de captação no Brasil

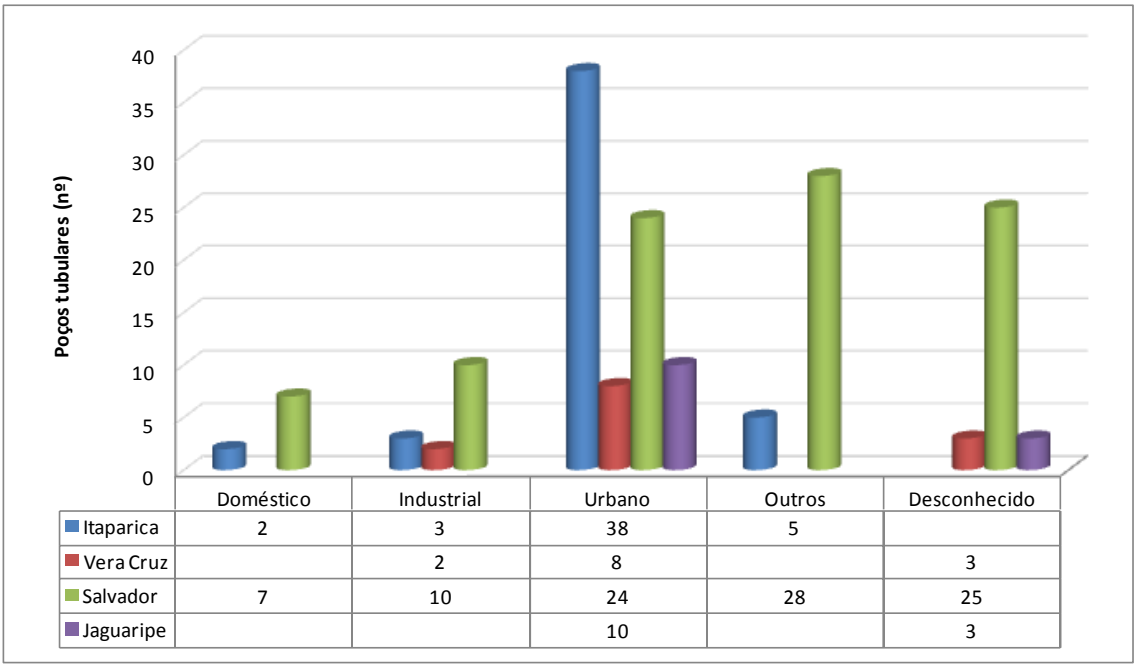
No caso concreto do estado da Bahia, 73% dos municípios são abastecidos por mananciais superficiais, assegurando as águas subterrâneas 19% do abastecimento e os sistemas mistos (água subterrânea e superficial) 8% da parcela das necessidades de consumo. Os principais sistemas aquíferos explotados são o Barreiras e o Bambuí-Caatinga, respectivamente a noroeste e sudoeste de Salvador.

A maioria da população da cidade de Salvador e da Ilha de Itaparica é abastecida por rede de água potável, tratada, proveniente de origens superficiais. No caso do município de Jaguaripe, as águas subterrâneas, em concreto 3 poços, em conjunto com uma captação no rio da Dona asseguram o abastecimento público da população.

Estas três captações, em conjunto com a captação de origem superficial, têm vazões médias de 15,67 l/s e abasteciam em 2000 cerca de 19 500 pessoas.

Para além dos casos não cobertos pelo fornecimento de água ou em que este é irregular, nos períodos de maior necessidade hídrica, ou ainda pela economia que proporciona a utilização de um recurso facilmente disponível, é comum as populações recorrerem a um conjunto diversificado de origens subterrâneas dispersas para assegurar as diferentes necessidades, especificamente a fontes (algumas do período colonial como acontece no centro da cidade de Salvador), cacimbas e poços tubulares.

No SIAGAS estão inventariadas 168 poços tubulares nos quatro municípios abrangidos pelo empreendimento (Itaparica, Vera Cruz, Jaguaripe e Salvador). Deste universo de poços, 56% localizam-se no município de Salvador e 29% no município de Itaparica. Nos restantes dois municípios o número de poços tubulares inventariados representa apenas 8% do total, respectivamente. A maioria dos poços inventariados no SIAGAS destina-se ao abastecimento urbano (48%), sendo que em Itaparica se localizam 38 das 80 captações destinadas a este fim. Refira-se ainda que 7% destes poços encontram-se atualmente abandonados.



	Doméstico	Industrial	Urbano	Outros	Desconhecido
Itaparica	2	3	38	5	
Vera Cruz		2	8		3
Salvador	7	10	24	28	25
Jaguaripe			10		3

Fonte: SIAGAS (2013)

Figura 170 – Distribuição de poços tubulares por município e por utilização

Na Ilha de Itaparica a maioria dos poços tubulares concentra-se na sua extremidade Norte, enquanto em Salvador encontram-se distribuídos de forma espacialmente uniforme. Nos municípios de Vera Cruz e Jaguaripe os poços tubulares por serem em reduzido número apresentam-se dispersos pelos núcleos urbanos.

Atendendo que nem todos os poços são sujeitos a outorga, que o SIAGAS compila informação de poços de uso público e que o recurso a água subterrânea é relativamente comum, é possível que existam mais poços do que aqueles que constam do inventário disponível, ou seja, poços de utilização particular das populações dos municípios abrangidos pelo empreendimento.

Não existe informação sobre os consumos a partir dos poços inventariados. A CPRM, em 2005, desenvolveu o projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, que embora abrangendo o estado da Bahia não incluiu nenhum dos municípios abrangidos pelo empreendimento. Este levantamento concentrou-se sobretudo em municípios do semi-árido do Nordeste.

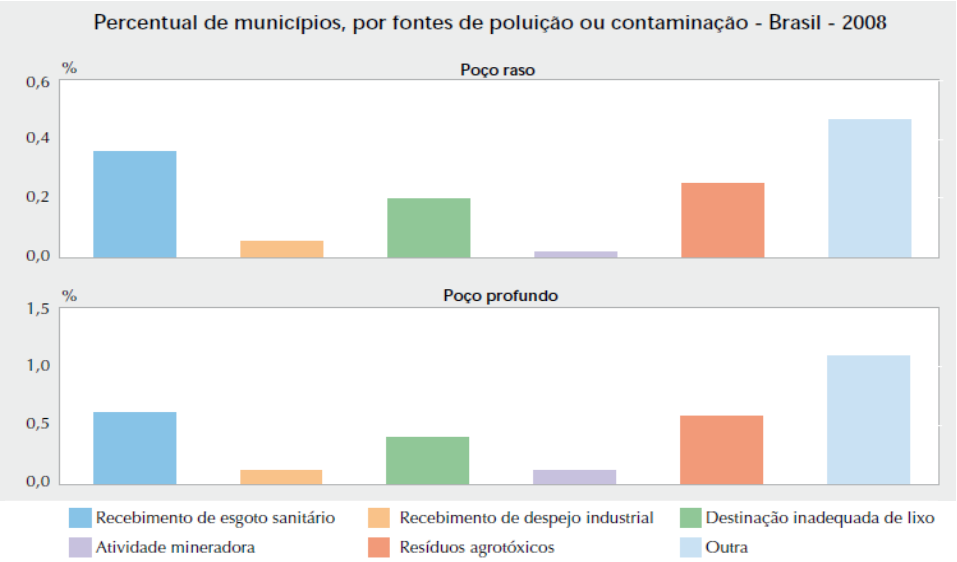
No decurso dos Estudos Ambientais, para além dos dados secundários constantes em bibliografia técnica, realizou-se um levantamento das nascentes e fontes na Ilha de Itaparica, uma vez que na mesma é reconhecido o significativo número daquelas, das quais a Fonte da Bica constitui uma importante atração turística (fora da AID). No Mapa 2.19 (Caderno de Mapas – Volume 2) pode-se observar a distribuição espacial das nascentes e fontes inventariadas.

Do levantamento realizado verifica-se um significativo conjunto de fontes no município de Itaparica (doze fontes, todas a Norte da AID). Foram ainda inventariadas três nascentes na AID e uma fonte (sem serem abrangidas pela ADA). Ainda fora da AID, no município de Vera Cruz, foram identificadas mais duas fontes e uma nascente.

2.9.2.7. Pressões potenciais para a água subterrânea

A degradação da qualidade da água subterrânea é muitas vezes o reflexo de atividades que são desenvolvidas sobre os aquíferos. Estas atividades são responsáveis pela entrada e circulação em profundidade de substâncias poluentes que podem conduzir a alterações significativas das características físico-químicas naturais das águas subterrâneas.

No Brasil as principais fontes poluentes do meio hídrico subterrâneo estão relacionadas com o esgotamento sanitário e a disposição inadequada de resíduos sólidos. A utilização de resíduos agrícolas e os efluentes industriais são outra das origens significativas de degradação da qualidade da água subterrânea.



Fonte: IBGE (2011)

Figura 171 – Percentual de municípios por fontes potenciais de poluição de poços no Brasil em 2008

Considerando o contexto geográfico do empreendimento existem diversas atividades na sua área de influência que podem potenciar a degradação da qualidade da água subterrânea, das quais se destacam:

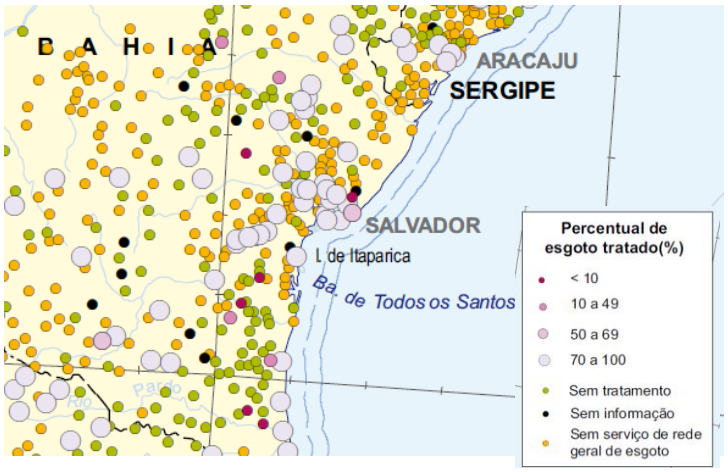
- **Ocupação e crescimento urbano**: Salvador é uma cidade densamente ocupada e o crescimento urbano traduz-se no desenvolvimento de atividades potenciadoras de problemas de qualidade do meio hídrico subterrâneo, por exemplo, resultantes de deposição não controlada de resíduos sólidos urbanos, sendo contudo que a maioria dos resíduos têm como destino um aterro devidamente controlado.
- Na Ilha de Itaparica a ocupação urbana é bastante mais localizada e a população é menor, pelo que o desenvolvimento de atividades potenciadoras de problemas ambientais é significativamente mais restrita. À semelhança do que se referiu para Salvador, embora o destino final da maioria dos resíduos seja o aterro, existem alguns problemas relacionados

com a disposição não controlada no solo. Conforme identificado na bibliografia e nos trabalhos desenvolvidos no escopo do descritor socioeconomia, o Aterro Sanitário Compartilhado pelos municípios de Itaparica e Vera Cruz se encontra degradado, apresentando atualmente características de lixão a céu aberto;

Fonte: IBGE (2011)

Figura 172 – Disposição inadequada de resíduos sólidos

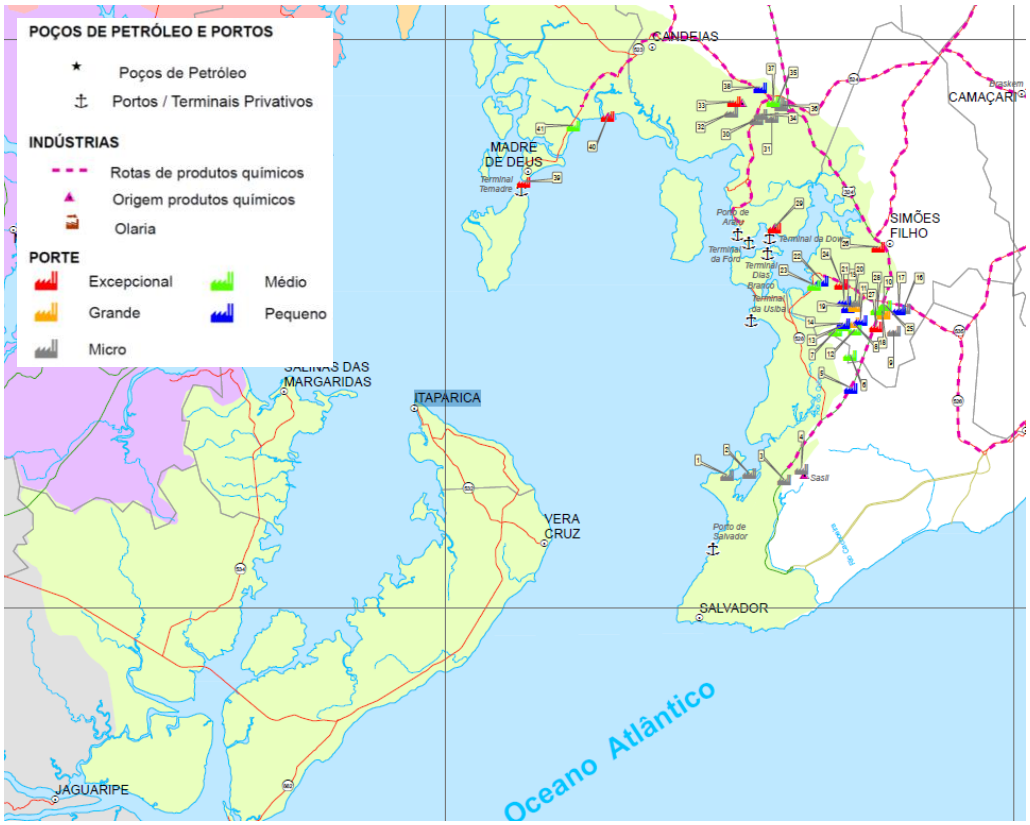
- **Problemas de esgotamento doméstico**: embora os municípios no entorno da BTS apresentem uma porcentagem significativa de situações de tratamento do esgoto doméstico, existem ainda situações em que se processa a descarga no solo de efluentes sem tratamento. Sobretudo na Ilha de Itaparica, mas também na margem de Salvador que confronta com a BTS, existem fossas sépticas de muitos condomínios e casas de veraneio localizadas junto à linha de costa que se assumem como pressões potenciais para a qualidade das águas subterrâneas;



Fonte: IBGE (2011)

Figura 173 – Porcentagem de esgoto tratado

- **Atividade industrial**: o empreendimento localiza-se numa região com importante atividade industrial, estando enquadrada no Mapa de Poluição industrial potencial do IBGE (2010b) nas seguintes classes:
  - Emissão potencial industrial do solo/tóxicos do solo (amônia, benzeno, arsênio e asbesto): 19.494 a 46.492 ton/ano;
  - Emissão potencial industrial do solo/metais tóxicos do solo (cádmio, cromo, cobalto e mercúrio): 3.759 a 9.364 ton/ano;
- Na Figura 174, apresenta-se o inventário das indústrias na envolvente da BTS e pode-se verificar que na Ilha de Itaparica não existe qualquer indústria que potencialmente possa contribuir para a degradação da qualidade da água subterrânea. No caso de Salvador a indústria concentra-se essencialmente em polos a Norte da área de influência direta do empreendimento. A maioria destas indústrias procede ao tratamento dos efluentes previamente à sua descarga, pelo que eventuais pressões para as águas subterrâneas poderão decorrer de eventuais acidentes, incluindo situações que obriguem a descargas de emergência.



Fonte: HYDROS (2009)

Figura 174 – Localização de indústrias, poços de petróleo, portos, terminais privativos e rotas de produtos químicos

- **Aplicação de pesticidas e fertilizantes** em áreas com prática agrícola. Na cidade de Salvador não existe agricultura, pelo que esta atividade não se assume como uma fonte potencial de contaminação dos aquíferos. Na Ilha de Itaparica a prática agrícola é restrita, constituindo a aplicação de agro-químicos um foco, ainda que muito pontual, de contaminação das águas subterrâneas;
- **Vazamento de tanques subterrâneos de postos de combustível**: de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) nos municípios da área de influência indireta do empreendimento existem atualmente 382 postos de combustível, dos quais 93% em Salvador. Não existe informação sobre situações críticas de contaminação com compostos orgânicos em resultado da sua presença/explotação, embora trabalhos realizados por Bezerra (2011) tenham detectado algumas situações com altas concentrações de BTEX no aquífero da bacia do Rio Lucaia (Salvador, abrangendo a extremidade Leste da AID). Para além de eventuais acidentes pontuais, ocorrem muitas

vezes problemas associados a deficiências nos tanques de armazenamento subterrâneo, em muitos casos antigos e de difícil inspecção;

- **Explotação de recursos geológicos**: a Ilha de Itaparica possui importantes recursos geológicos, em particular de areias, que têm sido alvo de aproveitamento clandestino nos últimos anos, mas também de sal-gema. Com estas explotações é removida a cobertura que constitui a zona não saturada dos aquíferos livres, deixando o nível de água diretamente exposto a focos de contaminação.

No capítulo 2.8.2 (referente à qualidade das águas superficiais) é apresentada a caracterização pormenorizada das principais fontes de poluição da região no entorno do empreendimento, bem como na AID.

2.9.3. Situação atual na AID

2.9.3.1. Caracterização hidrogeológica

O Brasil, em geral, não possui uma rede nacional global de monitoramento de águas subterrâneas, situação que condiciona o conhecimento das características hidrodinâmicas e hidroquímicas das áreas não integradas em grandes sistemas aquíferos regionais, bem como das condições de explotação. É o caso da área de influência direta do empreendimento.

Embora os estudos relativos às águas subterrâneas sejam escassos, apresenta-se uma caracterização hidrogeológica da Ilha de Itaparica e da cidade de Salvador tendo por base a as características geológicas locais, a informação disponível no SIAGAS (consulta em dezembro de 2013) e os trabalhos realizados por Pereira (2009), na Ilha de Itaparica, e Tourinho e Beretta (2010), em Salvador.

No SIAGAS estão inventariados os poços e nos trabalhos de Pereira (2009), na Ilha de Itaparica, e Tourinho e Beretta (2010), em Salvador, para além da identificação de poços são apresentados resultados de análises físico-químicas.

Ao contrário da informação hidroquímica apresentada pelos autores referidos, que é relativamente recente (2009/2010), a informação do SIAGAS é relativamente antiga (a maioria reporta-se aos anos 70 e 80 do século XX). Não obstante, os registros da

profundidade do nível hidrostático são importantes para caracterizar a profundidade dos aquíferos na área de influência do empreendimento.

Refira-se que no escopo dos Estudos Ambientais foram construídos oito poços de monitoramento e em cada um deles realizadas duas campanhas de caracterização físico-química e de medição do nível de água que complementa os dados secundários disponíveis.

Seguidamente apresenta-se a caracterização hidrogeológica da AID na Ilha de Itaparica e em Salvador, suportada pelos dados constantes na bibliografia, sendo posteriormente apresentados os resultados das campanhas de monitoramento aos oito poços construídos.

A. Ilha de Itaparica

A totalidade das formações geológicas da AID na Ilha de Itaparica é de natureza sedimentar (pertencendo à sub-bacia do Recôncavo, capítulo 2.4 – Geologia e geotecnia, correspondendo 54% dos afloramentos a depósitos litorâneos indiferenciados (antigos e recentes) e os restantes a terrenos arenosos com intercalações de siltes e argilas (14%) e a arenitos, conglomerados e folhelhos (32%).

Considerando as características destes terrenos, o empreendimento e a sua AID se desenvolverá sobre aquíferos porosos, maioritariamente livres, produtivos a moderadamente pouco produtivos. Os aquíferos mais produtivos estarão associados aos depósitos litorâneos, que possuem maior permeabilidade, enquanto os aquíferos moderadamente pouco produtivos estarão associados às formações geológicas areníticas e conglomeráticas com intercalações de folhelhos, siltitos e calciculitos. O Quadro 77 apresenta os valores médios de porosidade e de permeabilidade para as litologias que ocorrem na Ilha de Itaparica.

Quadro 77 – Valores médios de porosidade e permeabilidade por litologia – Ilha de Itaparica

Litologia	Porosidade (%)	Permeabilidade (cm/s)
Argila	40-60	10^{-9} a 10^{-6}
Silte	35-50	10^{-7} a 10^{-3}
Areia fina ou siltosa	20-50	10^{-5} a 10^{-3}
Areia grosseira ou bem calibrada	20-50	10^{-3} a 10^{-1}
Arenito bem consolidado	5-35	10^{-8} a 10^{-5}
Arenito pouco consolidado		10^{-6} a 10^{-3}

Fonte: Sanders (1998)

A explotação de água subterrânea nos terrenos sedimentares em que se individualizam aquíferos porosos livres, como é o caso da Ilha de Itaparica, é feita frequentemente por poços rasos. Não está disponível uma base de dados de poços rasos nesta Ilha, existindo, contudo, um inventário de 19 poços tubulares, compilado no SIAGAS e em Pereira (2009).

Quadro 78 – Poços na AID – Ilha de Itaparica

Origem da informação	AID
SIAGAS (2013)	11
Pereira (2009)	8
Total	**19**

A informação disponível para estes 19 poços é muito escassa. Contudo, considera-se que a informação disponível para a globalidade dos poços inventariados nos diferentes municípios é representativa da AID e da ADA do empreendimento.

Os 48 poços tubulares inventariados no município de Itaparica encontram-se a captar a reduzida profundidade. Cerca de 85% desses poços tubulares têm o nível estático a menos de 5 m de profundidade. O mesmo sucede no município de Vera Cruz, em que 77% dos poços tubulares também se encontram a captar a reduzida profundidade (< 5 m). Situação similar se verifica no município de Jaguaripe.

No município de Vera Cruz existem três poços tubulares a captar em níveis mais profundos (mais de 25 m de profundidade), sendo contudo dois destinados à atividade industrial e um ao abastecimento urbano.

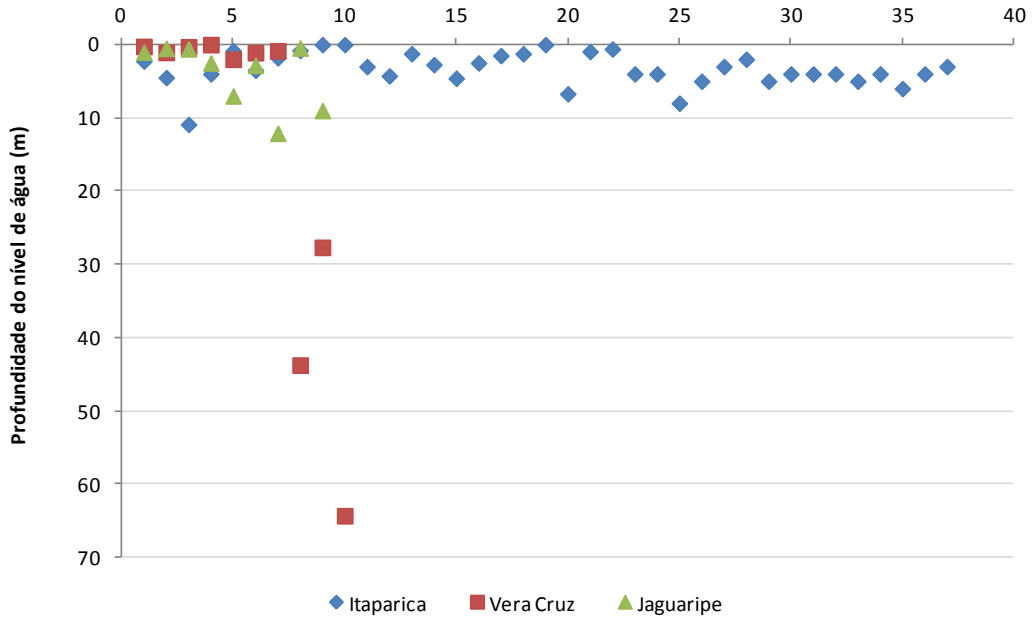
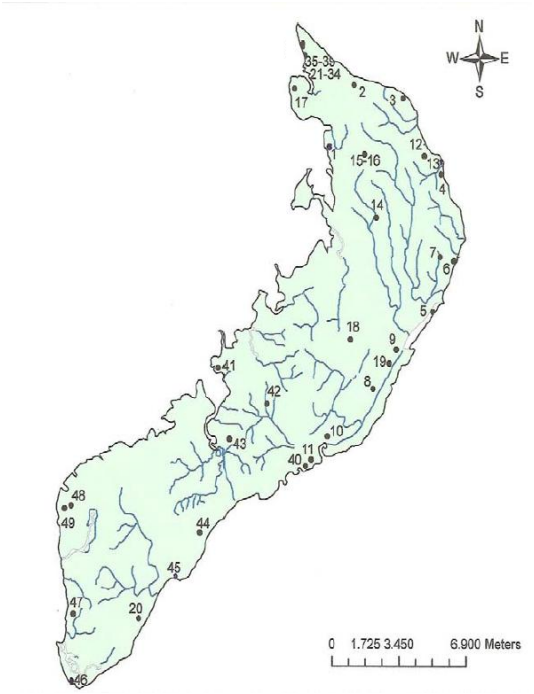


Figura 175 – Profundidade do nível de água dos poços tubulares inventariados na Ilha de Itaparica

Muitos dos poços perfurados encontram-se abandonados e com vazões insuficientes, pois o folhelho do Grupo Ilhas é uma camada de rocha quase que impermeável. Como as camadas de arenitos permeáveis se encontram na parte superior do solo, o aquífero livre da Ilha de Itaparica é predominantemente raso (PEREIRA, 2009).

Pela sua posição geográfica e pelas características geológicas das formações de suporte dos aquíferos locais é possível a existência de conexão hidráulica com a Baía de Todos os Santos. Desta forma, e embora não existam dados de monitoramento que o confirmem, é esperado que para além das oscilações do nível de água associadas às variações climáticas sazonais se verifiquem variações periódicas decorrentes das marés.

Relativamente à qualidade da água, Pereira (2009) realizou, entre 2008 e 2009, três campanhas de recolha e análise laboratorial de 59 amostras de água subterrânea nos locais identificados na Figura 176. À semelhança do que foi referido para a informação disponibilizada pelo SIAGAS, considera-se que os dados apresentados para a globalidade da Ilha de Itaparica são representativos da qualidade da água subterrânea na AID e na ADA do empreendimento.



Fonte: Pereira (2009)

Figura 176 – Localização de pontos amostrados na Ilha de Itaparica para caracterização das águas subterrâneas

Os trabalhos de caracterização hidrogeológica realizados por Pereira (2009) evidenciam o seguinte:

- A água subterrânea é, em geral, de fácies bicarbonatada sódica-cálcica (80% das amostras), com algumas águas enquadradas na fácies cloretada sódica (12% das amostras);
- São águas brandas, com reduzida condutividade elétrica (valores inferiores a 1 000 µS/cm);
- Alguns problemas de contaminação com nitrato, bem como com coliformes totais e fecais, resultantes possivelmente de fossas sépticas e esgotos sem tratamento em áreas adjacentes e que no caso dos parâmetros microbiológicos condicionam a sua potabilidade para o consumo humano, mas também para a recreação. Refira-se que 14 amostras apresentavam concentrações de nitrato superior a 50 mg/l, concentração a partir da qual a Organização Mundial de Saúde considera poderem resultar problemas de saúde pública;
- As concentrações de sódio e cloreto são, em geral, inferiores ao estipulado pela legislação. Em pelo menos dois locais amostrais próximos da Baía de Todos os Santos existem situações de incumprimento em relação ao cloreto, encontrando-se o poço a captar água salobra, inadequada para o consumo humano, bem como para a irrigação e a recreação;
- De acordo com a projeção, no Diagrama de Riverside do U.S. Salinity Laboratory, as águas subterrâneas são muito pouco mineralizadas (classe C_1S_1 predominante), representando um perigo de alcalização e salinização baixo, sendo a sua aplicação aconselhável a todos os tipos de solos e culturas. Existem, contudo, algumas amostras de água que revelam susceptibilidade à salinização média.

Não obstante, a Ilha de Itaparica se localizar em ambiente costeiro, cerca de 96% das amostras de água subterrânea analisadas por Pereira (2009) correspondem a águas doces e apenas 4% a águas salobras.

Refira-se, contudo, que pela sua localização os aquíferos da Ilha de Itaparica possuem risco de intrusão salina. Pereira (2009) estimou uma lente de água doce sobre a água salgada que poderá ser da ordem dos 20 m, pelo que a explotação de água subterrânea deve ocorrer de forma sustentável.

Refira-se que na Ilha de Itaparica existe uma Estância Hidromineral, determinada pela Lei Estadual Nº 78, de 28/08/1936 e efetivada pelo Decreto Estadual Nº 10.440, de 10/12/1937 que estabelece que os limites da mesma são os do município à data

(abrangida de forma muito restrita pela AID). Esta estância está associada à água mineral termal, com temperatura variável de 27 a 28°C e cujas condições de circulação são mais profundas do que aquelas que caracterizam as águas subterrâneas com circulação superficial em geral.

B. Salvador

Na AID de Salvador ocorrem terrenos do Complexo Salvador – Esplanada (26%) e do Grupo Ilhas (76%), que pelas suas características geológicas, em particular devido às variações de permeabilidade, apresentam, em geral, reduzida aptidão aquífera.

No caso das formações geológicas do Grupo Ilhas não possuem características de bons aquíferos porosos, em particular devido à reduzida permeabilidade conferida pelas intercalações de arenitos, siltitos, folhelhos e argilas.

As rochas cristalinas do Complexo Salvador – Esplanada assumem-se, em geral, como aquífugos, embora a fraturação possa favorecer localmente o desenvolvimento de aquíferos fissurados descontínuos. Sobre estas rochas desenvolve-se uma cobertura detrítica, fruto quer da sua alteração, quer do afloramento de depósitos sedimentares terciários areno-argilosos da Formação Barreiras e depósitos fluvio-marinhos e eólicos de idade quaternária que ocorrem de forma dispersa na parte norte da cidade de Salvador ou no caso das formações dunares na sua extremidade Leste. Esta cobertura pode atingir localmente espessuras máximas até 48 m.

Nascimento e Barbosa (2010) descrevem este conjunto (rochas cristalinas com cobertura sobreposta) como dois sistemas aquíferos distintos, intercomunicáveis entre si, geralmente de natureza livre formando um sistema heterogêneo e anisotrópico, denominando-o como Alto Cristalino de Salvador.

O Quadro 79 apresenta os valores médios de porosidade e de permeabilidade para o embasamento cristalino (que predomina na área de influência do empreendimento) de acordo com as suas características de alteração e fraturação. As rochas sedimentares do Grupo Ilhas que afloram em Salvador e a cobertura detrítica sobre as rochas do embasamento cristalino têm características similares às referidas para as litologias sedimentares na Ilha de Itaparica.

Quadro 79 – Valores médios de porosidade e permeabilidade para os terrenos cristalinos – Salvador

Litologia	Porosidade (%)	Permeabilidade (cm/s)
Rocha cristalina fraturada	1-10	10^{-8} a 10^{-4}
Rocha cristalina sã	0,01-1	10^{-12} a 10^{-8}

Fonte: Sanders (1998)

Nascimento e Barbosa (2010) referem, para o Alto Cristalino de Salvador, valores de transmissividade média da ordem de 1,29 x 10^{-3} m^2/min (valor da mediana) e de permeabilidade média de cerca de 3,82 x 10^{-5} m/min, enquadrando-se nos valores típicos para rochas cristalinas fraturadas (conforme consta do quadro acima).

As limitações no que diz respeito à aptidão hidrogeológica das formações geológicas aflorantes em Salvador explicam o reduzido número de poços existentes na AID (6).

Quadro 80 – Poços na AID – Salvador

Origem da informação	AID
SIAGAS (2013)	1
Tourinho e Beretta (2010)	5
Total	**6**

À semelhança do que se verifica na Ilha de Itaparica, a grande maioria dos poços tubulares inventariados no município de Salvador tem o nível estático a menos de 5 m de profundidade (80%). Pontualmente existem poços com profundidades que podem atingir os 20 m.

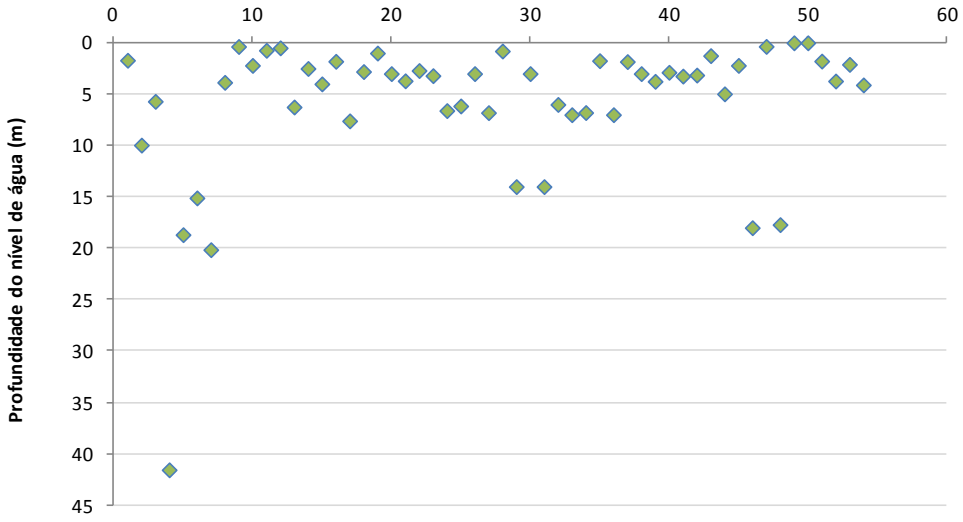
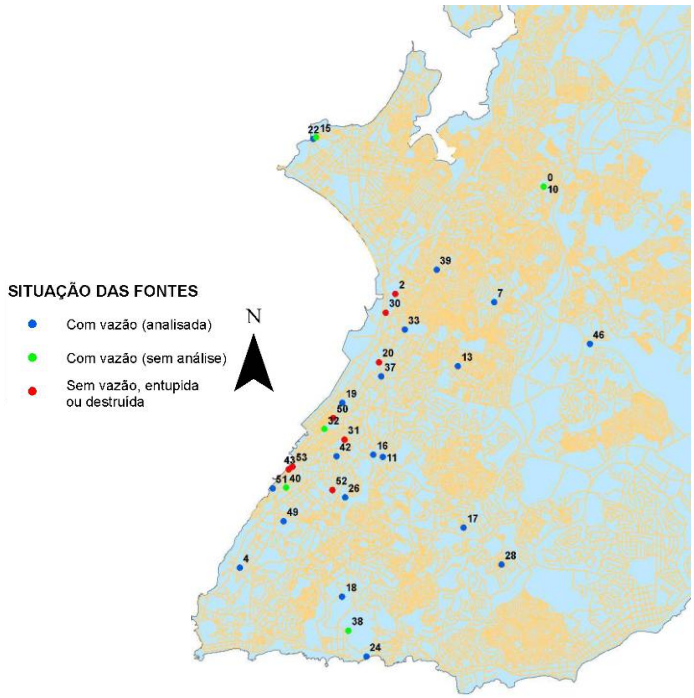


Figura 177 – Profundidade do nível de água dos poços inventariados em Salvador

Trabalhos realizados, entre 2005 e 2007, por Tourinho e Beretta (2010) num conjunto de vinte e duas fontes urbanas localizadas na envolvente próxima ao empreendimento permitem caracterizar do ponto de vista hidroquímico a qualidade geral das águas subterrâneas na AID.



Fonte: Tourinho e Beretta (2010)

Figura 178– Localização de pontos amostrados em Salvador

Os resultados das análises físico-químicas mostram:

- Problemas de qualidade relacionados com o nitrato e os coliformes termotolerantes, com elevados teores em várias fontes da cidade. Refira-se que no caso dos nitratos, não obstante o incumprimento relativamente ao nitrato de acordo com a Resolução CONAMA nº 396/2008 de 3 de abril, as concentrações não são particularmente elevadas (inferiores a 25 mg/l);
- Alguns incumprimentos em relação ao ferro, situação que pode originar a problemas de canalização;
- As concentrações de cloreto são reduzidas, sendo que em apenas três amostras foram registrados valores superiores a 100 mg/l.

Nascimento e Barbosa (2005, *apud* BEZERRA, 2011) referem que na área de influência do empreendimento podem ser encontrados três tipos de água: *i)* cloretada sódica, *ii)* cloretada cálcio-magnesiana e *iii)* bicarbonatada sódica, com predomínio da primeira.

2.9.3.2. Vulnerabilidade das águas subterrâneas à contaminação

No escopo do Zoneamento Ecológico-Econômico Preliminar da Bahia (GEOHIDRO e SONDOTÉCNICA, 2012) foi avaliado o potencial natural de contaminação das águas subterrâneas, tendo em consideração o seguinte conjunto de parâmetros hidrogeológicos:

- As características geológicas de suporte dos aquíferos (composição textural, grau de litificação e de coerência);
- A profundidade da zona não saturada do solo;
- A estrutura (falhas e fraturas);
- A condutividade elétrica da água subterrânea;
- As concentrações de metais pesados em concentrações elevadas.

A área de influência direta do empreendimento apresenta uma vulnerabilidade à poluição variável entre muito alta e muito baixa na Ilha de Itaparica e alta a muito baixa em Salvador (Figura 179).

Fonte: GEOHIDRO e SONDOTÉCNICA (2012)

Figura 179 – Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas

A vulnerabilidade muito alta à contaminação na Ilha de Itaparica é expressão dos seguintes aspectos:

- o desenvolvimento de **aquíferos porosos e permeáveis,** como é o caso dos Depósitos Litorâneos e dos Depósitos flúvio-marinhos e eólicos que favorecem a circulação de contaminantes em profundidade com velocidades significativas de propagação dos poluentes e a reduzida capacidade de atenuação. Nos casos em que ocorrem intercalações de argilas e siltes com as areias (depósitos flúvio-lagunares) e nos arenitos do Grupo Brotas ou do Grupo Ilhas a vulnerabilidade é relativamente menor devido à menor permeabilidade do meio de escoamento. Nestes casos a vulnerabilidade é variável entre moderada a muito baixa;
- o **nível freático encontra-se relativamente pouco profundo**. Sendo muito reduzida a espessura da zona não saturada, depois de mobilizada uma substância contaminante presente à superfície o seu aparecimento no aquífero ocorre de forma muito rápida. A reduzida espessura da zona não saturada não facilita os processos naturais de neutralização de substâncias contaminantes;
- a **topografia suave a aplanada facilita a infiltração de poluentes**, permitindo que qualquer poluente permaneça no solo e se infiltre;
- os solos têm **elevada capacidade de permitir a circulação de águas**, devido à permeabilidade moderada a moderadamente rápida que grande parte destes possui.

No caso de Salvador, a vulnerabilidade alta à contaminação resulta essencialmente da **permeabilidade secundária das formações cristalinas do embasamento**, em particular da maior intensidade de fraturamento e alteração do maciço rochoso que permite a rápida circulação de poluentes em profundidade. Na zona baixa de Salvador, onde predominam os terrenos do Grupo Ilhas, a **menor permeabilidade conferida pela presença de uma maior componente argilosa**, justifica a muito baixa vulnerabilidade à poluição.

Para além da vulnerabilidade natural à contaminação associada ao contexto geológico/hidrogeológico importa ter em consideração as condições e as características dos poços que captam as águas subterrâneas. Um dos problemas de muitas captações no Brasil é a sua inadequada construção, sem assegurar as necessárias condições técnicas. A Agência Nacional de Águas (2005b) apresenta as seguintes situações no que diz respeito à construção de poços e que contribuem para degradar a qualidade da água subterrânea:

- Não isolamento das camadas indesejáveis durante a perfuração, como por exemplo, a parte de rochas alteradas mais superficiais, que são mais vulneráveis à contaminação;
- Ausência de laje de proteção sanitária e altura inadequada da boca do poço;
- Proximidade com pontos potencialmente contaminantes da água como fossas, postos de gasolina, lixões;
- Não desinfecção do poço após a construção;
- Não cimentação do espaço anelar entre o furo e o poço, facilitando a entrada de águas superficiais.

A maioria dos poços inventariados na Ilha de Itaparica e em Salvador foram construídos com o objetivo de serem utilizados para o abastecimento urbano, pelo que a sua execução terá obedecido, em geral, às normas vigentes à época, possuindo revestimento e isolamento entre níveis, de forma a garantir a extração de água subterrânea de qualidade. Embora alguns estejam abandonados, estes poços possuem isolamento exterior, impedindo o despejo direto de substâncias contaminantes no seu interior.

Na Ilha de Itaparica deverão existir mais poços do que aqueles que estão disponíveis no inventário do SIAGAS. Esses poços de utilização privada poderão não ter sido

construídos com as mesmas especificidades técnicas dos poços destinados ao abastecimento urbano.

Pereira (2009) mostra no trabalho que desenvolveu na Ilha de Itaparica alguns casos de poços sem qualquer tipo de proteção e cujo estado de salvaguarda da captação constitui um risco significativo de contaminação do meio hídrico subterrâneo.

a) b)

Fonte: Pereira (2009)

Fotografia 47 – Poços sem proteção – Ilha de Itaparica

Por fim, importa referir que não obstante a vulnerabilidade natural do meio hídrico subterrâneo à poluição, atualmente não estão delimitados perímetros de proteção de poços abrangidos pela área de influência do empreendimento. Para esta situação deverá contribuir, entre outros aspectos, o fato das águas subterrâneas armazenadas nos aquíferos da Ilha de Itaparica e de Salvador não serem uma origem de água para o abastecimento urbano e de alguns poços estarem abandonados.

2.9.3.3. Poços de monitoramento construídos na área de influência do empreendimento

A. Campanha de dados primários

No escopo dos Estudos Ambientais para a Implantação de Sistema de Travessia Salvador / Ilha de Itaparica sobre a Baía de Todos os Santos foram construídos oito poços de monitoramento tendo em vista o acompanhamento do nível de água e das características físico-químicas e microbiológicas das águas subterrâneas na AID do empreendimento na Ilha de Itaparica.

Os oito poços foram construídos em dezembro de 2013 e as campanhas de medição dos níveis de água e de coleta de amostras de água para análise laboratorial foram realizadas nos seguintes dois períodos:

- período seco ou de águas baixas (período do ano de menor precipitação e em que a regeneração das águas nos aquíferos é também menor – janeiro 2014);
- período úmido ou de águas altas (período do ano de maior precipitação e em que a regeneração das águas nos aquíferos é maior – abril/maio de 2014).

No Quadro 81 apresentam-se as coordenadas dos poços, bem como a sua profundidade total. No Caderno de Mapas – Volume 2, é apresentado um Mapa com a localização dos pontos de coleta (Mapa 2.18).

Quadro 81 – Localização das estações de amostragem para coleta de dados primários de águas subterrâneas

Código de identificação da amostra	Coordenadas SIRGAS 2000		Profundidade do poço (m)
	X	Y	
PM1	542102,61	8568009,73	8,0
PM2	539881,13	8568292,02	4,0
PM3	539348,08	8563672,30	6,0
PM4	535528,41	8563370,15	6,0
PM5	536752,81	8561203,89	4,0
PM6	536045,67	8559361,65	4,0
PM7	529697,06	8555671,94	6,0
PM8	528331,68	8555559,26	11,0

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/Ilha de Itaparica/dezembro 2013

Fotografia 48 – Medição do nível de água com recurso a medidor elétrico

As amostras de água coletadas foram sujeitas a análise laboratorial para determinação de um conjunto de parâmetros físico-químicos de acordo com os métodos definidos no Quadro 82 e respeitando as especificações da Resolução CONAMA 396/2008 de 3 de abril.

Quadro 82 – Parâmetros de avaliação físico-química e microbiológica de águas subterrâneas e respectivos métodos de análise

Parâmetro	Métodos de análise
Alumínio, Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Prata, Selênio, Sódio, Urânio, Zinco, mercúrio,	SMWW 3125 B/Preparo: EPA 3010a:1992 e EPA 3005: 1992
Benzeno, Etilbenzeno, m,p-Xilenos, o-Xileno, Tolueno, Xileno	EPA 8260 C
Cianeto	POP PA 122 – Ver. 05
Cloreto	SMEWW 4500 – CI D Potenciometric Method
Fluoreto	SMWW 4500 – F-D
Índice de fenóis	POP PA 155– Ver. 01
Nitrato	SMEWW 4500 – NO3 H
Nitrito	POP PA 125– Ver. 04
Sólidos dissolvidos totais	SMWW 2540 C e E

Parâmetro	Métodos de análise
Sulfato	SMEWW 4500 – SO4-2 E Turbidimetric Method
Coliformes termotolerantes (E.coli)	SMEWW 9223 A e B
TPH detectado, TPH faixa diesel (C14-C20), TPH faixa gasolina (C8-C11), TPH faixa óleo lubrificante (C20-C40), TPH faixa querosene (C11-C14), TPH total	USEPA 8015 D

B. Profundidade do nível de água

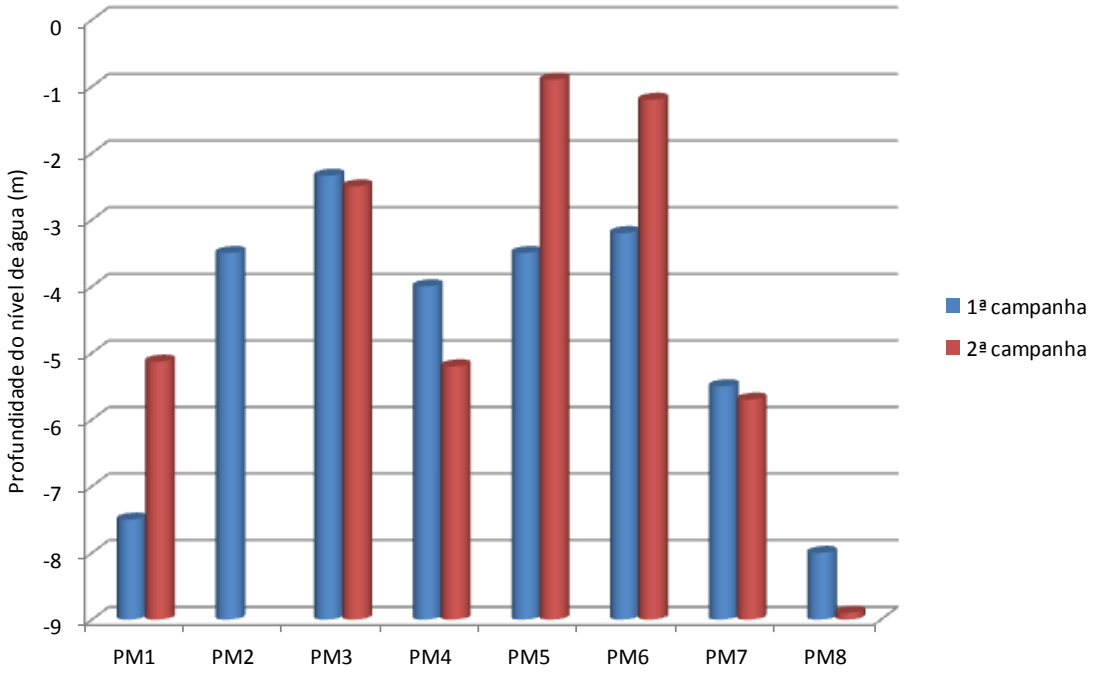
Em cada uma das sondagens foi medida a profundidade do nível de água, cujos resultados se apresentam no quadro abaixo.

Quadro 83 – Profundidade do nível de água

Poço	Profundidade do nível de água (m)	
	1ª campanha	2ª campanha
PM1	7,5	5,13
PM2	3,5	-------- (1)
PM3	2,34	2,5
PM4	4,0	5,2
PM5	3,5	0,9
PM6	3,2	1,2
PM7	5,5	5,7
PM8	8,0	8,9

(1) Poço destruído

A principal observação no que diz respeito ao nível de água nos poços de monitoramento é a sua reduzida profundidade (inferior a 10 m), situação que se verifica em praticamente toda a Ilha de Itaparica, como demonstram os trabalhos de Pereira (2009).



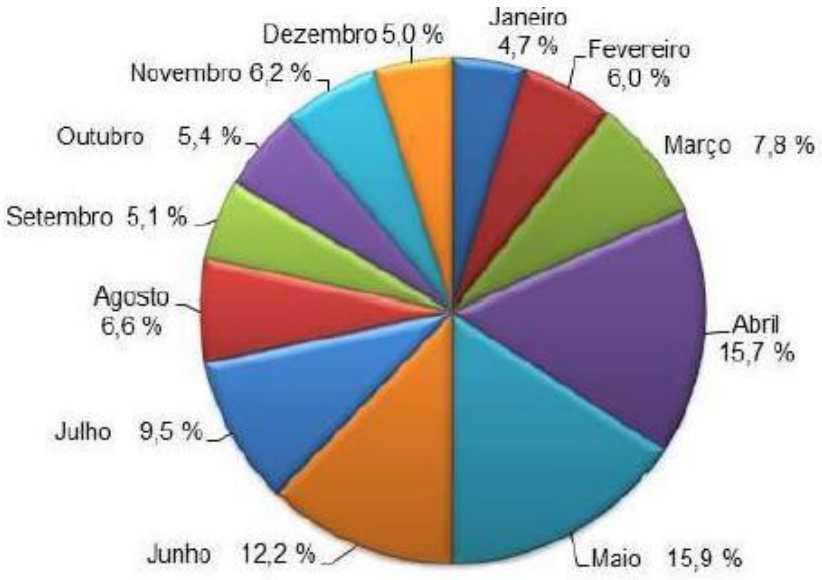
Nota: P2 - poço destruído (2ª campanha)

Figura 180 – Variação, entre campanhas, do nível de água em profundidade

Entre a 1ª e a 2ª campanhas registraram-se variações da profundidade do nível de água, sendo contudo pouco significativas. Em 4 poços os níveis de água estão ligeiramente mais profundos na campanha do período úmido do que na campanha do período seco (poços PM3, PM4, PM7 e PM8). Nestes poços a descida dos níveis de água variou entre 20 cm (PM3 e PM7) e 1,2 m (PM4).

Pelo contrário, nos três outros poços verificou-se uma subida do nível de água relativamente superior à descida. No poço PM5 o nível de água subiu 2,6 m, ficando praticamente à superfície, enquanto no poço PM6 subiu 2 m, ficando igualmente muito próximo da superfície, e no poço PM1 subiu cerca de 2,4 m.

Os registros mensais da precipitação em Salvador no período de 1949 a 2009 mostram que entre abril e maio (período em que se realizou a 2ª campanha), em média, se verifica 32% da precipitação anual, enquanto de novembro a janeiro (período em que se realizou a 1ª campanha), a precipitação é de apenas 11%.

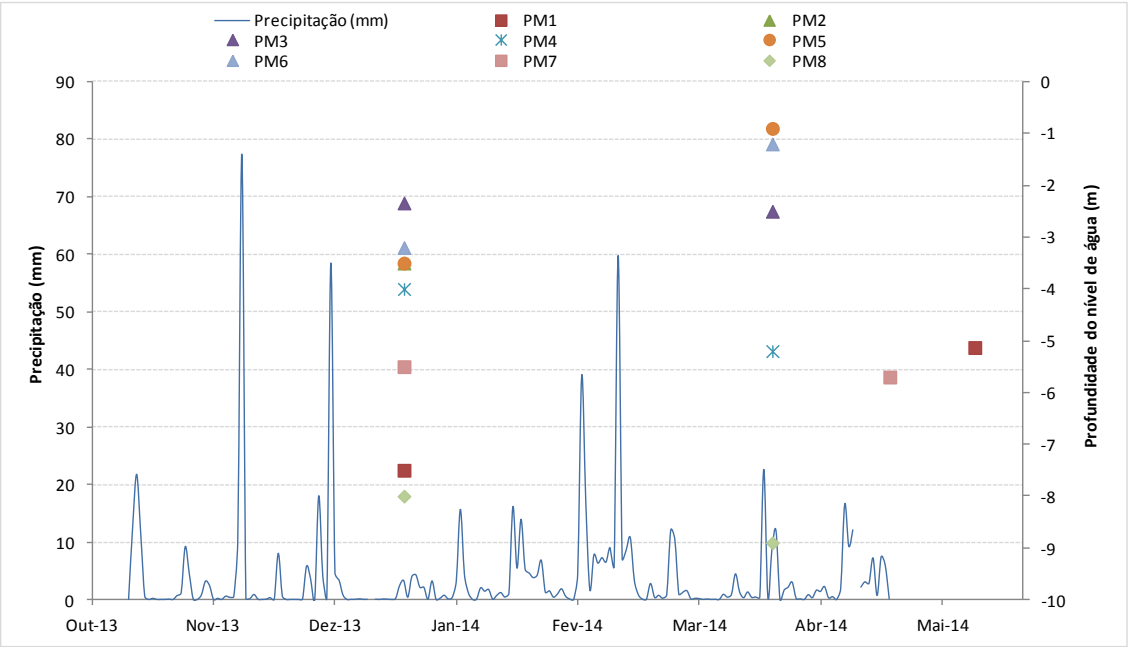


Fonte: PALMA (2013)

Figura 181 – Distribuição mensal da precipitação em Salvador no período compreendido entre 1949 e 2009

Apesar da 2ª campanha de coleta de dados primários ter ocorrido em período úmido, a precipitação foi inferior àquela que se registrou em período seco (1ª campanha).

Considerando a precipitação registrada em Salvador antes e durante os períodos em que foram realizadas as campanhas e a profundidade dos níveis de água nos poços monitorados não é possível concluir se existe uma relação direta entre as oscilações dos níveis de água e a chuva.



Fonte: Gráfico elaborado com informação disponibilizada em http://www.defesacivil.salvador.ba.gov.br/ (junho, 2014)

Figura 182 – Relação entre a profundidade do nível de água e a precipitação diária em Salvador entre outubro de 2013 e maio de 2014

C. Qualidade da água subterrânea

No Quadro 40 e no **Quadro 87** apresentam-se os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas aos oitos poços de monitoramento no decurso das duas campanhas de caracterização do meio hídrico subterrâneo na área de influência do empreendimento.

Os resultados são comparados com os Valores Máximos Permitidos (VMP) constantes na Resolução CONAMA 396/2008 de 3 de abril, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Os resultados das amostras de água subterrânea são analisados de acordo com a sua compatibilidade com o seguinte conjunto de usos principais: consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação.

A principal conclusão dos trabalhos de monitoramento no que diz respeito à qualidade da água subterrânea é o incumprimento, em todas as amostras, dos VMP do **alumínio** e do **ferro** para o consumo humano.

O alumínio é particularmente abundante na crosta terrestre. Contudo as concentrações presentes nas águas subterrâneas da Ilha de Itaparica são significativamente elevadas face aos resultados usualmente conhecidos em águas subterrâneas.

De forma geral as concentrações de alumínio no meio hídrico variam entre 1 e 50 µg/l (= 0,001 e 0,05 mg/l), podendo atingir valores entre 500 e 1 000 µg/l (= 0,5 e 1 mg/l) em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica.

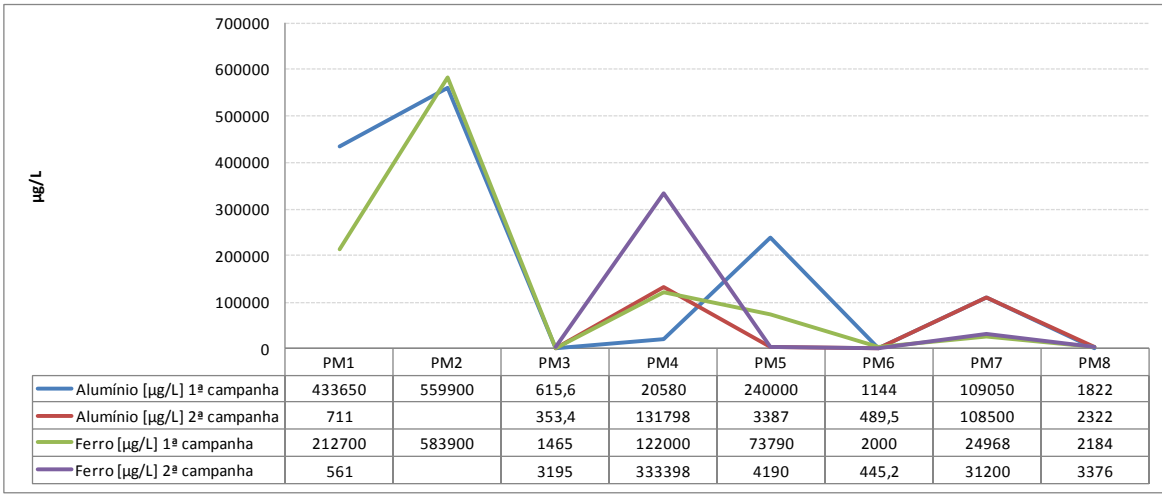
As concentrações de alumínio presentes em praticamente todas as amostras coletadas são elevadíssimas, verificando-se casos, na primeira campanha de monitoramento, em que são mais de duas mil vezes superiores ao VMP para o consumo humano (200 µg/l = 0,2 mg/l). Na segunda campanha de monitoramento, realizada em abril/maio de 2014, apesar de existirem situações de redução da concentração do alumínio, mantêm-se as elevadas concentrações de alumínio, que oscilam entre duas vezes e meia e quinhentas vezes acima do VMP para o consumo humano.

Refira-se que a Organização Mundial de Saúde considera que teores de alumínio acima de 900 µg/l (= 0,9 mg/l) podem originar problemas de saúde, sendo que na primeira campanha apenas uma amostra apresentou valores inferiores a este limite (PM3) e na segunda campanha se verificou em três poços (PM1, PM3 e PM6). Devido a estas concentrações em alumínio a água da maioria destes poços não é igualmente compatível com os usos recreativos, a dessedentação de animais ou a irrigação.

O ferro é o segundo metal mais abundante da crosta terrestre, sendo que a sua concentração em águas naturais pode variar entre 500 e 50 000 µg/l (= 0,5 e 50 m/l), pelo que alguns dos valores obtidos nos poços de monitoramento, apesar de elevados (superiores ao VMP), estão enquadrados nesta gama (PM3, PM6, PM7 e PM8 – primeira campanha e PM1, PM3, PM5, PM7 e PM8 – segunda campanha). Nas restantes amostras em que a concentração de ferro é superior ao VMP chegam a verificar-se teores entre quatrocentas e setecentas vezes superiores ao VMP para o consumo humano.

Um dos aspectos particularmente evidentes nos resultados destas amostras de água subterrânea é a correlação entre as concentrações de alumínio e de ferro. De fato, nos casos em que as concentrações de alumínio são as mais elevadas verifica-se o mesmo com o ferro. Da mesma forma, mas inversamente, quando se verificam as

concentrações mais baixas de alumínio o mesmo acontece com o ferro. As concentrações mais baixas de ambos os metais ocorrem nos poços PM3, PM6 e PM8, e embora as suas concentrações não sejam da ordem das centenas de mg/l, ultrapassam o VMP de 0,2 mg/l. As concentrações mais reduzidas oscilam entre 0,62 mg/l (PM3 – 1ª campanha) e 0,56 mg/l (PM1 – 2ª campanha).



	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
Alumínio [µg/L] 1ª campanha	433650	559900	615,6	20580	240000	1144	109050	1822
Alumínio [µg/L] 2ª campanha	711		353,4	131798	3387	489,5	108500	2322
Ferro [µg/L] 1ª campanha	212700	583900	1465	122000	73790	2000	24968	2184
Ferro [µg/L] 2ª campanha	561		3195	333398	4190	445,2	31200	3376

Figura 183 – Correlação entre as concentrações de alumínio e ferro na primeira e segunda campanhas de coleta de águas subterrâneas

Nos trópicos, de clima tropical úmido e semiúmido, são comuns as elevadas concentrações de ferro e alumínio nos solos em resultado da intensa lixiviação dos elementos de menor solubilidade em profundidade, razão pela qual uma das hipóteses para as concentrações obtidas nas águas subterrâneas poder ser o contexto geológico.

As análises físico-químicas feitas a amostras de solos coletadas no decurso da execução dos poços evidenciam também significativas concentrações de ambos os metais, pelo que é possível que, pelo menos em parte, as concentrações nas águas subterrâneas possam ter origem natural/geológica.

Quadro 84 – Concentrações de alumínio e ferro nas águas subterrâneas e nos solos coletados na AID pelo consórcio

Poço	Amostra de solo	Alumínio		Ferro	
		Água subterrânea (mg/l)	Solo (mg/kg)	Água subterrânea (mg/l)	Solo (mg/kg)
		1ª campanha / 2ª campanha		1ª campanha / 2ª campanha	
PM1	------	433,65 / 0,71	------	212,70 / 0,56	------
PM2	PM2 – 1 m	559,90 / (1)	2 995	583,90/ (1)	3 614
	PM2 – 2 m		3 513		19 599
	PM2 – 3 m		3 652		15 386
PM3	------	0,62 / 0,35	------	1,47 / 3,19	------
PM4	PM4 – 1 m	20,58/ 131,79	5 194	122,00 /333,39	27 762
	PM4 – 2 m		6,48		10,2
	PM4 – 3 m		3 956		20 820
PM5	PM5 – 1 m	240,00 / 3,39	4 811	73,79 /4,19	19,1
	PM5 – 2 m		412		2 970
	PM5 – 3 m		3 791		20 692
PM6	PM6 – 1 m	1,14 / 0,49	2 816	2,00 / 0,44	8 361
	PM6 – 2 m		4 211		24 851
	PM6 – 3 m		2 521		10 528
PM7	------	109,05 / 108,5	------	24,97 / 31,2	------
PM8	------	1,82 / 2,32	------	2,18 / 3,38	------

Nota: (1) poço destruído

Não obstante, e conforme evidencia o gráfico seguinte, não parece existir nenhuma relação direta entre as concentrações de alumínio e ferro nos solos e nas águas subterrâneas.

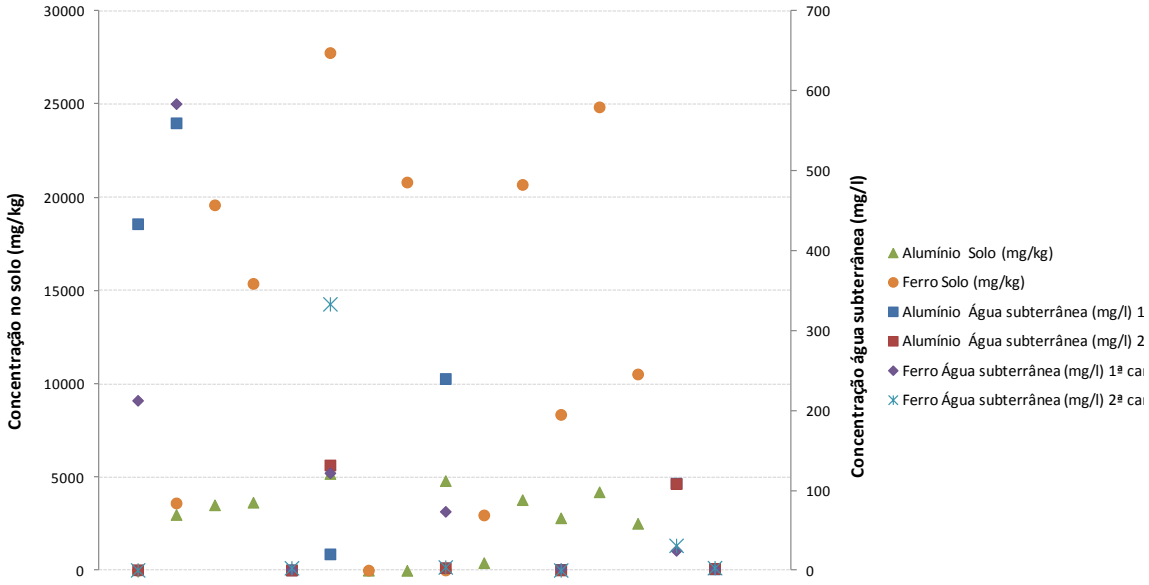


Figura 184 – Concentrações de alumínio e ferro nos solos e águas subterrâneas da AID

Refira-se ainda que na bibliografia consultada não foram encontradas referências a concentrações similares de alumínio e ferro nas águas subterrâneas em condições naturais (da ordem das centenas de mg/l como acontece nos poços PM1, PM2, PM4, PM5 e PM7, sobretudo na campanha 1 referente ao período seco), pelo que se considera a possibilidade poder existir também a interferência da atividade humana.

Pereira (2009), que apresentou à Universidade Federal da Bahia, a Dissertação de Mestrado denominada Caracterização Hidrogeoquímica da Ilha de Itaparica (Bahia), refere que dos pontos amostrados no escopo desse trabalho, 10 (27%) apresentaram concentração acima do permitido pela legislação (< 0,2 mg/l = 200 µg/l). Contudo o valor máximo detectado nessas amostras foi de 0,89 mg/l (= 890 µg/l), ou seja, um valor significativamente inferior ao observado na maioria das amostras coletadas no escopo dos Estudos Ambientais.

O alumínio é utilizado num conjunto diversificado de indústrias, incluindo o fabrico de produtos de uso doméstico, materiais de construção (por exemplo caixilhos e cerâmicos refratários), peças para veículos e como abrasivo. É ainda utilizado na indústria farmacêutica, elétrica, eletrônica e alimentar como aditivo e como componente das embalagens para alimentos. Para além da lixiviação dos solos e

minerais, os efluentes e rejeições industriais constituem as vias mais vulgares de dispersão do alumínio no meio aquático (MENDES, OLIVEIRA, 2004).

O ferro, para além da meteorização das rochas, tem como uso principal o aço e a construção civil. As águas naturais apresentam normalmente reduzidas concentrações de ferro, podendo a sua presença ser resultante da lixiviação do solo ou resultar de poluição industrial, em particular de indústrias siderúrgicas ou metalúrgicas.

Na Ilha de Itaparica não está contudo inventariada nenhuma das indústrias referidas como potencial origem de alumínio, nem são desenvolvidas atividades que possam justificar os elevados valores de ferro.

As principais fontes potencialmente contaminantes das águas subterrâneas da Ilha de Itaparica são o esgotamento doméstico e o Aterro Sanitário Compartilhado pelos municípios de Itaparica e Vera Cruz, localizado a aproximadamente 3 Km da estrada BA-001.

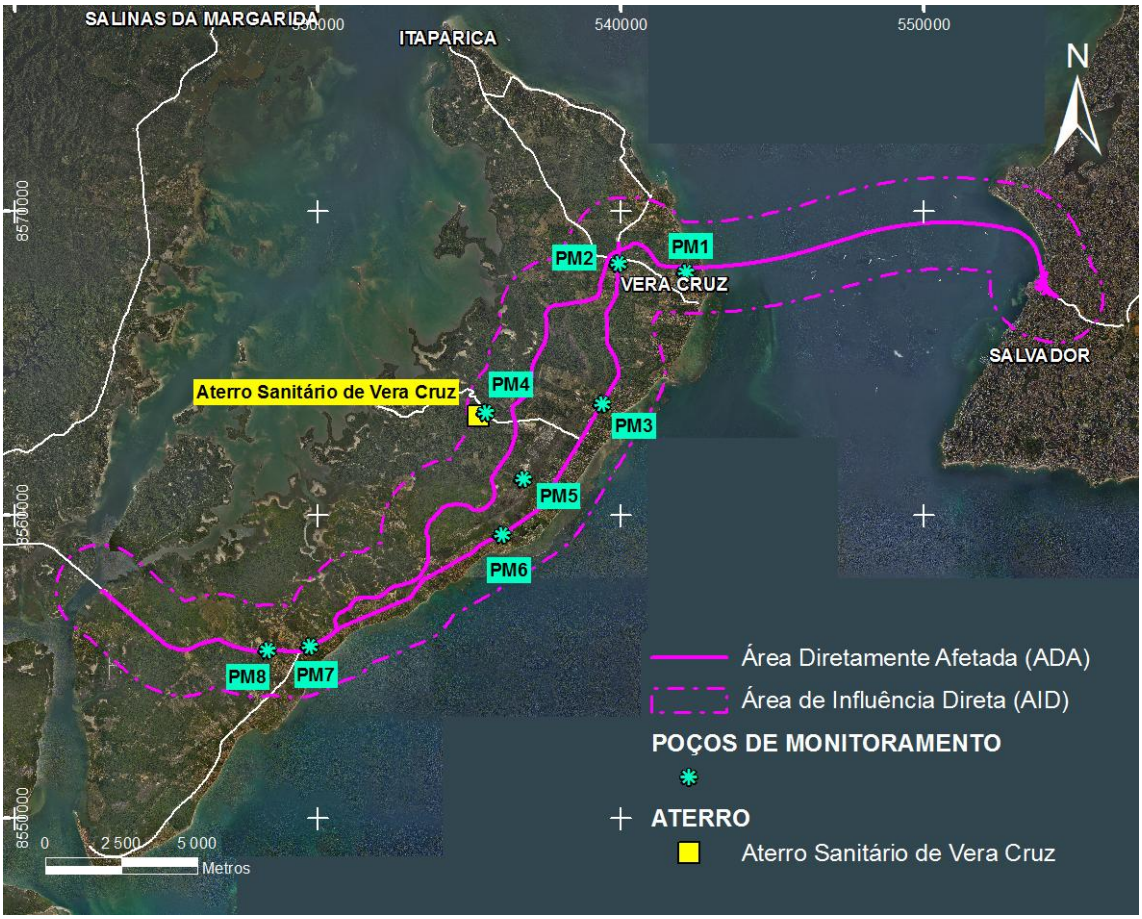
Não está disponível, quer um inventário completo das localizações de todos os esgotamentos domésticos na Ilha de Itaparica, quer dados de monitoramento dos efluentes do aterro, que permitam avaliar a eventual pressão para a qualidade das águas subterrâneas.

Pereira (2009) interpreta as altas concentrações de alumínio em algumas das amostras coletadas na Ilha de Itaparica como estando relacionadas com a contaminação das águas das cacimbas decorrente ao elevado contato destas com as argilas do tipo gibsita presente no solo. Considerando os problemas de saneamento na Ilha, é de fato possível que parte dos problemas de qualidade das águas subterrâneas relacionados com o alumínio e com o ferro possam estar associados a estas pressões.

No que diz respeito ao Aterro Sanitário Compartilhado pelos municípios de Itaparica e Vera Cruz, e de acordo com Marchi (2011), não há qualquer mecanismo para impermeabilização do solo, captação e tratamento de gases e lixiviado deste aterro construído em 1997. Em 2007, o Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Justiça do Meio Ambiente divulgou um laudo técnico, que descreve o seu estado como o de vazadouro a céu aberto. O mesmo autor refere que atualmente os resíduos sólidos são colocados sem critérios técnicos, estando as células originais desativadas.

Os trabalhos desenvolvidos no escopo da socioeconomia dos Estudos Ambientais evidenciam que este aterro degradado, com características de lixão a céu aberto, está desde janeiro de 2014 a ser alvo de recuperação.

Como o aterro se transformou em um vazadouro a céu aberto, e embora não exista um monitoramento dos resíduos aí colocados ou do meio ambiente envolvente, é possível que a sua explotação atual interfira com a qualidade das águas subterrâneas. Refira-se que na Ilha de Itaparica se desenvolvem aquíferos freáticos, com o nível de água a reduzida profundidade, particularmente susceptíveis à contaminação, sobretudo de uma pressão difusa como é um aterro sem as adequadas condições de explotação.



Nota: Na imagem estão ainda assinalados os poços de monitoramento

Figura 185 – Localização do Aterro Sanitário compartilhado pelos municípios de Itaparica e Vera Cruz

Não estando disponíveis dados sobre a eventual influência do aterro na qualidade das águas subterrâneas, recorreu-se à análise bibliográfica para identificar eventuais situações de contaminação de águas subterrâneas com alumínio e ferro devido a este tipo de pressão. Refira-se que a análise bibliográfica dos efeitos de outros aterros na qualidade das águas subterrâneas não permitiu identificar qualquer situação próxima dos valores obtidos nas amostras coletadas nos poços de monitoramento na Ilha de Itaparica.

No quadro seguinte, e tendo em consideração os trabalhos desenvolvidos por MOURA *et al.* (2009), apresentam-se as concentrações de alumínio e ferro em solos e águas subterrâneas em zonas de influência de três aterros localizados no município de Tremembé (São Paulo). Note-se que não obstante as elevadas concentrações de alumínio e ferro nos solos, de uma ordem de grandeza similar àquela que foi obtida nos oito poços de monitoramento, as concentrações nas águas subterrâneas são, em geral, substancialmente inferiores às registradas em Itaparica. Pontualmente foram identificadas concentrações de alumínio e ferro nas águas subterrâneas superiores a 0,2 mg/l, mas contudo em nenhum caso são registrados valores da ordem das centenas de mg/l.

Quadro 85 – Concentrações de alumínio e ferro em solos e águas subterrâneas em zonas envolventes a aterros no estado de São Paulo

Amostra solo (prof. cm)	**Alumínio (mg/kg)**	**Ferro (mg/kg)**
S1 (0-20)	2 355,74	691,03
S1 (20-50)	2 359,92	610,17
S2 (0-20)	3 333,99	3 390,72
S2 (20-65)	2 899,53	2 696,34
S3 (0-20)	2 335,29	2 580,48
S3 (20-40)	2 289,85	1 508,24
Amostra água subterrânea	**Alumínio (mg/l)**	**Ferro (mg/l)**
A_{A1}	0,05	----
A_{A2}	13,58	22,80
A_{B1}	2,20	3,31
A_{B2}	0,08	----
A_{C1}	0,06	0,05
A_{C2}	0,99	0,11

Fonte: Adaptado de MOURA *et al.* (2009)

Na ausência de um estudo hidrogeológico/hidrogeoquímico específico ou de monitoramento do meio hídrico subterrâneo da Ilha de Itaparica, não é possível determinar as verdadeiras causas para as elevadas concentrações de alumínio e do ferro.

Contudo, o mais provável é estarem relacionadas com o contexto geológico local onde circulam e se encontram armazenadas as águas subterrâneas, uma vez que a presença destes metais aparenta estar distribuída pela globalidade da massa de água subterrânea (os problemas de qualidade verificam-se de uma extremidade à outra da Ilha de Itaparica).

Não é contudo de descartar a possibilidade de existir uma pressão que esteja a contribuir também para as elevadas concentrações de ambos os metais, atendendo ao fato de existirem outros poluentes que estão a contribuir para a degradação da qualidade da água subterrânea, alguns deles com muito reduzida probabilidade de terem uma origem natural (chumbo ou cromo, por exemplo).

Porque um dos poços de monitoramento (PM4), mesmo estando na envolvente do aterro, não é aquele em que ocorrem as maiores concentrações de alumínio e ferro e porque a distribuição de ambos os metais ocorre por toda a Ilha, considera-se que o mais provável é que o esgotamento sanitário sem tratamento no solo possa ser essa pressão que está a contribuir também para os problemas de qualidade detectados.

Os problemas de esgotamento sanitário na Ilha são particularmente evidenciados pela contaminação microbiológica que se verifica em quase todas as amostras. Verificou-se em 87,5% das amostras coletadas na 1ª campanha e 71% coletadas na 2ª campanha, a presença de coliformes termotolerantes, tornando as águas subterrâneas impróprias para o consumo humano.

O **manganês** é outro dos parâmetros em que ocorrem incumprimentos relativamente ao VMP estabelecido para os diferentes usos. À exceção do PM8, na 1ª campanha, que não cumpre o VMP para a dessedentação de animais, e os poços PM5 e PM6, na 2ª campanha, todas as restantes amostras apresentam concentrações superiores ao VMP para todos os usos considerados na Resolução CONAMA nº 396/2008 de 3 de abril.

O manganês é também um dos metais mais abundantes e a sua ocorrência está em muito casos associada ao ferro. Em condições redutoras podem ocorrer

concentrações de manganês nas águas subterrâneas variáveis entre 1 300 µg/l (1,3 mg/l) e 9 600 µg/l (9,6 mg/l), enquadrando grande parte dos resultados obtidos nos poços de monitoramento.

O manganês é utilizado num grande número de indústrias, destacando-se a metalurgia (fabrico de aço, ligas e soldaduras), a elétrica (elétrodos) e a química (catalisador, corante) e na fabricação de combustíveis. Conforme referido anteriormente, na Ilha de Itaparica não existe qualquer indústria deste tipo. São ainda passíveis de ocorrer em locais de acumulação de longo prazo de resíduos, incluindo aqueles que possuem substâncias tóxicas e perigosas.

Assim, para além da possível origem geológica, e atendendo que existem na Ilha problemas relacionados com a gestão de resíduos é possível que, à semelhança do que se referiu para o alumínio e o ferro, haja alguma contribuição da pressão humana para as elevadas concentrações de manganês.

Existem ainda amostras em que há problemas de qualidade para o consumo humano ou para mais do que dois usos. Destacam-se em particular os parâmetros chumbo, cromo, bário e níquel.

O **chumbo** ocorre nas águas naturais em concentrações compreendidas entre 10 e 30 µg/l. A origem do chumbo é, em geral, antropogênica, estando associada por exemplo a fundições e refinarias, revestimentos de cabos elétricos, baterias de acumuladores, tintas, entre outros. Embora na envolvente da BTS existam diversas indústrias que poderiam libertar chumbo, em Itaparica não existe nenhuma. Refira-se contudo que efluentes domésticos, assim como a disposição de óleo lubrificante como o que foi detectado no poço PM4 na 2ª campanha, podem também ser a origem deste metal.

O **cromo** é utilizado sobretudo na indústria metalúrgica e siderúrgica, no fabrico de aços especiais, de ligas, na cerâmica, vidro e fotografia, mas também pode ser proveniente da combustão de gás natural e de combustíveis naturais, bem como de efluentes. Na ausência de indústrias é provável que as situações pontuais de incumprimento estejam relacionadas com os efluentes do esgotamento doméstico não tratado.

O **bário** é um metal pouco frequente nas águas naturais (MENDES, OLIVEIRA, 2004), sendo a concentração na maior parte dos casos inferior a 100 µg/l. Em Itaparica, na 1ª

campanha, foram registrados alguns casos em que as concentrações eram superiores ao VMP. O bário surge em muitos casos associado a efluentes industriais (vidro, fotográfica, eletrônica, pirotecnia, tintas) e agrícolas. O bário é ainda utilizado na perfuração de poços de petróleo. Atendendo ao enquadramento geológico regional, em particular ao potencial da sub-bacia do Recôncavo em recursos energéticos (sendo uma das oito províncias petrolíferas do Brasil), é possível que alguns incumprimentos relativamente a este metal possam estar relacionados com perfurações para a exploração de petróleo.

O **níquel** é utilizado em múltiplas atividades, entre outras, no fabrico de ligas, na indústria química e cerâmica, na metalomecânica, siderurgia e aeronáutica, refinaria e em revestimentos para a proteção da corrosão. Pode ainda estar associado a refinarias de petróleo, deposição e incineração de resíduos, lamas residuais urbanas, fertilizantes e tráfego automóvel. A sua presença nas águas subterrâneas é pouco comum e quando presente tem origem antropogênica.

No período seco, as concentrações de cobre, cobalto e zinco foram também significativas nas águas subterrâneas dos poços PM1, PM2 e PM5, tornando-as impróprias para irrigação. Esta situação não se verifica contudo no período úmido.

Refira-se ainda o fato do poço PM2 (1ª campanha) apresentar uma concentração de mercúrio superior ao VMP para o consumo humano, sendo contudo esta uma situação muito pontual, uma vez que na maior parte dos casos essas concentrações são inferiores a 0,1 µg/l.

Não obstante a localização geográfica, todas as amostras cumprem os requisitos de qualidade no que diz respeito ao cloreto e ao sódio, sugerindo um aparente equilíbrio da interface água doce/água salgada. Também a prata, selênio, sulfato e urânio cumprem os requisitos do VMP.

À exceção do índice de fenóis, que na 1ª campanha não cumpriu os objetivos para a dessedentação de animais e o uso na recreação nos poços PM2, PM4 e PM8, não foram observados problemas de qualidade resultantes das concentrações de outros compostos orgânicos. Na 2ª campanha foi detectado ainda óleo lubrificante no poço PM4, situação que estará provavelmente relacionada com a proximidade ao aterro e ao fato de este atualmente estar a funcionar como um vazadouro a céu aberto.

As concentrações de nitrato e de nitrito são relativamente reduzidas, evidenciando reduzida interferência de atividades humanas, como a agricultura, na envolvente dos poços monitorados.

Refira-se que não obstante o abastecimento de água às populações da Ilha de Itaparica ser assegurado por rede de água potável, tratada, nos períodos de maior consumo ou em que se verificam falhas na distribuição verifica-se o recurso à água subterrânea a partir de fontes, cacimbas e poços. Pelo exposto anteriormente a **água subterrânea tem problemas de qualidade** e **não é adequada para o consumo humano**, quer devido às elevadas concentrações de alumínio e ferro, quer pelas situações pontuais de contaminação com metais como o manganês ou o chumbo ou com compostos orgânicos como os fenóis ou o TPH, quer ainda devido à presença de coliformes.

Quadro 86 – Resultados da 1ª campanha de caracterização físico-química às águas subterrâneas (período seco) e comparação com a Resolução CONAMA 396/2008 de 3 de abril

Parâmetro	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	VMP consumo humano	VMP Dessedentação de animais	VMP Irrigação	VMP Recreação
Alumínio [µg/L]	433 650	559 900	615,6	20 580	240 000	1 144	109 050	1 822	200	5 000	5 000	200
Arsênio [µg/L]	<1	<1	<1	<1	25,3	<1	<1	<1	10	200	---	50
Bário [µg/L]	711	1 122	84,4	34,4	863,5	31,5	70,2	240,0	700	---	---	1 000
Cádmio [µg/L]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	50	10	5
Chumbo [µg/L]	332,7	740	<1	8,24	193,2	<1	43,6	<1	10	100	5 000	50
Cianeto [µg/L]	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	70	---	---	100
Cloreto [µg/L]	31 980	39 260	39 480	56 700	22 300	8 160	33 520	18 510	250 000	---	100 000-700 000	400 000
Cobalto [µg/L]	6,87	62,7	<1	<1	16,8	<1	<1	<1	---	1 000	50	---
Cobre [µg/L]	237	366,6	<1	<1	71,5	<1	11,8	<1	2 000	500	200	1 000
Cromo [µg/L]	466,1	661,7	<1	15,5	431,5	<1	111,1	<1	50	1 000	100	50
Ferro [µg/L]	212 700	583 900	1 465	122 000	73 790	2 000	24 968	2 184	300	---	5 000	300
Fluoreto [µg/L]	50	50	90	<50	<50	<50	<50	<50	1 500	2 000	1 000	---
Manganês [µg/L]	363,7	5 896	156,3	1 206	504,9	1 227	129	85,4	100	50	200	100
Mercúrio [µg/L]	<0,1	1,55	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,213	<0,1	1	10	2	1
Níquel [µg/L]	40,7	177	<1	<1	33,8	7,19	12	5,71	20	1 000	200	100
Nitrato [µg/L]	<300	<300	<300	<300	1 120	<300	7 020	<300	10 000	90 000	---	10 000
Nitrito [µg/L]	<20	<20	<20	<20	<20	65	60	29	1 000	10 000	1 000	1 000
Prata [µg/L]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	100	---	---	50
Selénio [µg/L]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	10	50	20	10
Sódio [µg/L]	13 498	13 148	14 818	7 783	25 478	2 762	13 218	6 026	200 000	---	---	300 000
Sólidos totais dissolvidos [µg/L]	116 000	162 000	462 000	266 000	3 542 000	174 000	164 000	354 000	1 000 000	---	---	---
Sulfato [µg/L]	<5 000	<5 000	44 100	9 470	6 510	<500	9 250	13 100	250 000	1 000 000	---	400 000
Urânio [µg/L]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	15	200	10	---
Zinco [µg/L]	4 084	1 421	8,98	170,5	2 576	19,7	499,5	34,2	5 000	24 000	2 000	5 000
Benzeno [µg/L]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	---	---	10
Etilbenzeno [µg/L]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	200	---	---	---
Tolueno [µg/L]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	170	24	---	---
m,p-Xilenos [µg/L]	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	---	---	---	---
o-Xileno [µg/L]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	---	---	---	---
Xilenos [µg/L]	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<1	300	---	---	---
Índice de fenóis [µg/L]	1,0	2,5	1,8	2,7	1	<1	1,3	2,1	3	2	---	2

Parâmetro	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	VMP consumo humano	VMP Dessedentação de animais	VMP Irrigação	VMP Recreação
TPH Faixa Gasolina (C8-C11) [mg/L]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	---	---	---	---
TPH Faixa Querosene (C11-C14) [mg/L]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	---	---	---	---
TPH Faixa Diesel (C14-C20) [mg/L]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	---	---	---	---
TPH Faixa Óleo Lubrificante (C20-C40) [mg/L]	0,08	0,09	<0,05	0,12	0,22	<0,05	<0,05	<0,05	---	---	---	---
TPH Detectado	Não combina	Não combina	Não se aplica	Não combina	Não combina	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	---	---	---	---
TPH Total [mg/L]	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,23	<0,2	<0,2	<0,2	---	---	---	---
Coliformes termotolerantes [PA em 100 mL]	Presentes	Ausentes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes	Ausentes	200/100 mL	---	1 000/100 mL

Legenda:

	Cumpre VMP para todos os usos
	Não cumpre VMP para consumo humano
	Não cumpre VMP para irrigação
	Não cumpre VMP para dessedentação de animais
	Não cumpre VMP para dois ou mais usos
	Sem VMP definido para qualquer uso

Quadro 87 – Resultados da 2ª campanha de caracterização físico-química às águas subterrâneas (período úmido) e comparação com a Resolução CONAMA 396/2008 de 3 de abril

Parâmetro	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	VMP consumo humano	VMP Dessedentação de animais	VMP Irrigação	VMP Recreação
Alumínio [µg/L]	711	---	353,4	131 798	3 387	489,5	108 500	2 322	200	5 000	5 000	200
Arsênio [µg/L]	<1	---	<1	2,38	<1	<1	<1	<1	10	200	---	50
Bário [µg/L]	9,65	---	121,7	292,3	23,4	23,3	235,9	320,6	700	---	---	1 000
Cádmio [µg/L]	<1	---	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	50	10	5
Chumbo [µg/L]	<1	---	<1	84,5	<1	<1	159,7	24,0	10	100	5 000	50
Cianeto [µg/L]	<5	---	<5	13.3	<5	<5	<5	<5	70	---	---	100
Cloreto [µg/L]	20 030	---	142 190	41 820	11 480	25 680	15 690	7 350	250 000	---	100 000-700 000	400 000
Cobalto [µg/L]	<1	---	<1	1.52	<1	<1	6,67	<1	---	1 000	50	---
Cobre [µg/L]	2,5	---	<1	75.6	<1	<1	46,7	7,06	2 000	500	200	1 000
Cromo [µg/L]	3,64	---	<1	82	3,38	<1	256,4	5,04	50	1 000	100	50
Ferro [µg/L]	561	---	3 195	333 398	4 190	445,2	31 200	3 376	300	---	5 000	300
Fluoreto [µg/L]	170	---	510	<50	<50	<50	<50	<50	1 500	2 000	1 000	---
Manganês [µg/L]	7,29	---	119,4	2 457	21,5	19,3	361,8	155,9	100	50	200	100
Mercúrio [µg/L]	<0,1	---	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	10	2	1
Níquel [µg/L]	<1	---	<1	6,35	<1	<1	20,0	9,03	20	1 000	200	100
Nitrato [µg/L]	730	---	760	<300	<300	<300	1 360	1 050	10 000	90 000	---	10 000
Nitrito [µg/L]	<20	---	<20	<20	<20	<20	<20	<20	1 000	10 000	1 000	1 000
Prata [µg/L]	<1	---	<1	<1	<1	<1	<1	<1	100	---	---	50
Selénio [µg/L]	<1	---	<1	<1	<1	<1	<1	<1	10	50	20	10
Sódio [µg/L]	15 900	---	30 978	10 708	6 440	2 803	9 468	11 098	200 000	---	---	300 000
Sólidos totais dissolvidos [µg/L]	83 000	---	370 000	180 000	152 000	66 000	281 000	338 000	1 000 000	---	---	---
Sulfato [µg/L]	<5 000	---	< 5 000	6 080	9 840	<5 000	13 275	13 379	250 000	1 000 000	---	400 000
Urânio [µg/L]	<1	---	<1	<1	<1	<1	<1	<1	15	200	10	---
Zinco [µg/L]	21,3	---	23,5	859,4	91,9	5,39	1 154	72,0	5 000	24 000	2 000	5 000
Benzeno [µg/L]	<1	---	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	---	---	10
Etilbenzeno [µg/L]	<1	---	<1	<1	<1	<1	<1	<1	200	---	---	---
Tolueno [µg/L]	<1	---	<1	<1	<1	<1	<1	<1	170	24	---	---
m,p-Xilenos [µg/L]	<2	---	<2	<2	<2	<2	<2	<2	---	---	---	---
o-Xileno [µg/L]	<1	---	<1	<1	<1	<1	<1	<1	---	---	---	---
Xilenos [µg/L]	<3	---	<3	<3	<3	<3	<3	<3	300	---	---	---
Índice de fenóis [µg/L]	<1	---	3	2	<1	1,0	<1	<1	3	2	---	2

Parâmetro	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	VMP consumo humano	VMP Dessedentação de animais	VMP Irrigação	VMP Recreação
TPH Faixa Gasolina (C8-C11) [mg/L]	<0,05	---	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	0,93	---	---	---	---
TPH Faixa Querosene (C11-C14) [mg/L]	<0,05	---	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	---	---	---	---
TPH Faixa Diesel (C14-C20) [mg/L]	<0,05	---	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	0,49	---	---	---	---
TPH Faixa Óleo Lubrificante (C20-C40) [mg/L]	<0,05	---	<0,05	3,88	<0,05	<0,05	<0,05	1,07	---	---	---	---
TPH Detectado	Não se aplica	---	Não se aplica	Óleo lubrificante	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não combina	---	---	---	---
TPH Total [mg/L]	<0,2	---	<0,2	3,97	<0,2	<0,2	<0,2	2,59	---	---	---	---
Coliformes termotolerantes [PA em 100 mL]	Ausentes	---	Presentes	Ausentes	Presentes	Presentes	Presentes	Presentes	Ausentes	200/100 mL	---	1 000/100 mL

Legenda:

	Cumpre VMP para todos os usos
	Não cumpre VMP para consumo humano
	Não cumpre VMP para irrigação
	Não cumpre VMP para dessedentação de animais
	Não cumpre VMP para dois ou mais usos
	Sem VMP definido para qualquer uso

2.9.4. Situação atual na ADA

O contexto hidrogeológico da ADA é exatamente o mesmo da AID, sendo sobretudo determinado pela geologia.

Na Ilha de Itaparica as formações geológicas sedimentares atravessadas, quer pelo alargamento da BA-001, quer pela construção rodoviária variante pelo interior da Ilha, permitem o desenvolvimento de aquíferos porosos, sobretudo livres, e com produtividade variável (neste tipo de aquíferos pode oscilar entre 5 e 200 m^3/h.

No caso de Salvador, o embasamento cristalino devido às condições locais de alteração e fraturação pode subdividir-se num sistema heterogêneo e anisotrópico, identificado na bibliografia de Alto Cristalino de Salvador. Este aquífero é contudo muito pontualmente abrangido pela ADA. As formações geológicas do Grupo Ilhas, devido às intercalações de arenitos, siltitos, folhelhos e argilas, podem constituir aquíferos porosos de reduzida permeabilidade e, consequentemente, produtividade.

Nenhum dos 19 poços inventariados na Ilha de Itaparica (no SIAGAS e em Pereira (2009)) é diretamente abrangido pela ADA, localizando-se o mais próximo a menos de 25 m da berma da BA-001 (F 10 (Arauá), poço inventariado por Pereira (2009)). Os restantes poços distam, em média, mais de 100 m da diretriz da via mais próxima. O mesmo se verifica em Salvador. Nenhum dos 6 poços inventariados (no SIAGAS e em Tourinho e Beretta (2010)) é diretamente abrangido pela ADA.

No Caderno de Mapas – Volume 2 se apresentam os poços inventariados no SIAGAS, em Pereira (2009), e os poços executados pelo consórcio, bem como o inventário das nascentes e fontes na Ilha de Itaparica, realizado no escopo dos Estudos Ambientais.

As características de funcionamento dos aquíferos, a qualidade da água subterrânea e a vulnerabilidade à poluição da ADA são as mesmas da AID, uma vez que os aquíferos abrangidos são os mesmos.

2.10. Qualidade dos sedimentos

2.10.1. Metodologia

No escopo do diagnóstico foram efetuadas três campanhas de coleta e caracterização dos sedimentos superficiais ao longo do traçado da ponte rodoviária. Estas campanhas distribuíram-se pelos períodos seco e úmido, tendo em vista a avaliação do grau de contaminação da cobertura sedimentar recente, que gradualmente se deposita nos fundos da área diretamente afetada pela intervenção.

Atendendo a que para a construção da ponte rodoviária, em particular para a fundação dos pilares, serão necessárias excavações, realizou-se ainda a coleta e caracterização de sedimentos em profundidade. As amostras de sedimentos em profundidade foram obtidas a partir das sondagens geológicas realizadas na BTS pela Geofort Fundações, empresa responsável pelos trabalhos de investigação geológica e geotécnica ao longo do traçado da ponte.

As amostras coletadas foram sujeitas a análises físico-químicas e seus resultados foram confrontados com as disposições da Resolução CONAMA nº 454/2012 de 1 de novembro – diploma que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser escavado em águas sob jurisdição nacional tendo em vista a disposição em meio aquático.

Na análise dos dados primários foi ainda tida em consideração a informação bibliográfica disponível sobre a Baía de Todos os Santos no que diz respeito às características sedimentológicas, de fácies e de qualidade dos sedimentos depositados nos fundos, bem como as potenciais fontes de contaminação.

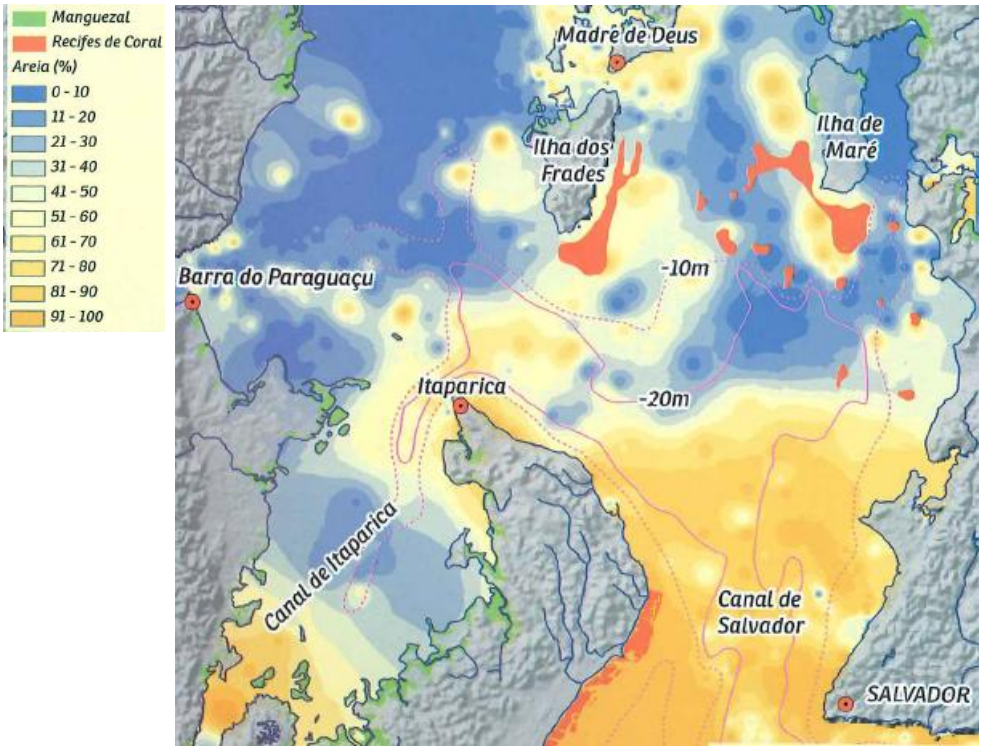
Por fim, refira-se a informação constante na campanha de prospecção geotécnica dos fundos da BTS, executada pela empresa Geofort, Fundações Lda.

2.10.2. Situação atual na AII

2.10.2.1. Granulometria e fácies sedimentológica da BTS

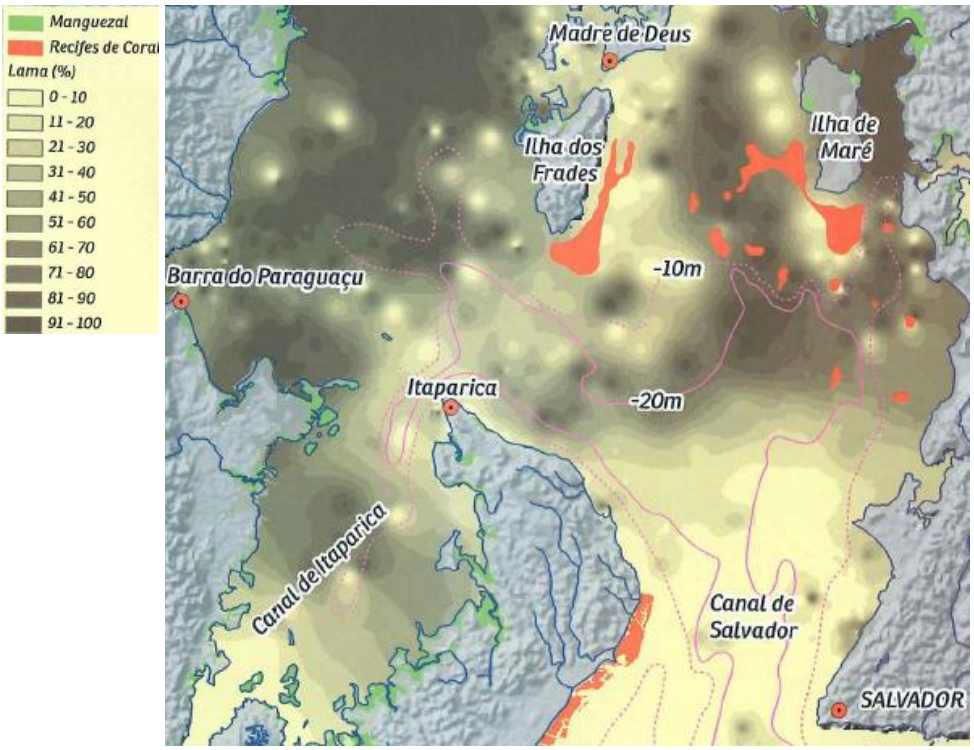
Os fundos da BTS são dominados por duas fácies sedimentológicas: a **areia** e a **argila siltosa**. De acordo com os mapas de distribuição apresentados em CBPM (2012), na

BTS os sedimentos da dimensão das areias (0,063 mm a 2 mm) representam mais de 80% da fração granulométrica dos materiais de cobertura dos fundos. A areia de composição siliciclástica atapeta predominantemente os fundos da parte sul e sudoeste da BTS, enquanto as frações finas (siltes e argilas) cobrem grande parte da zona central e norte, estando praticamente ausentes nos sedimentos superficiais do canal de Salvador.



Fonte: adaptado de CBPM (2012)

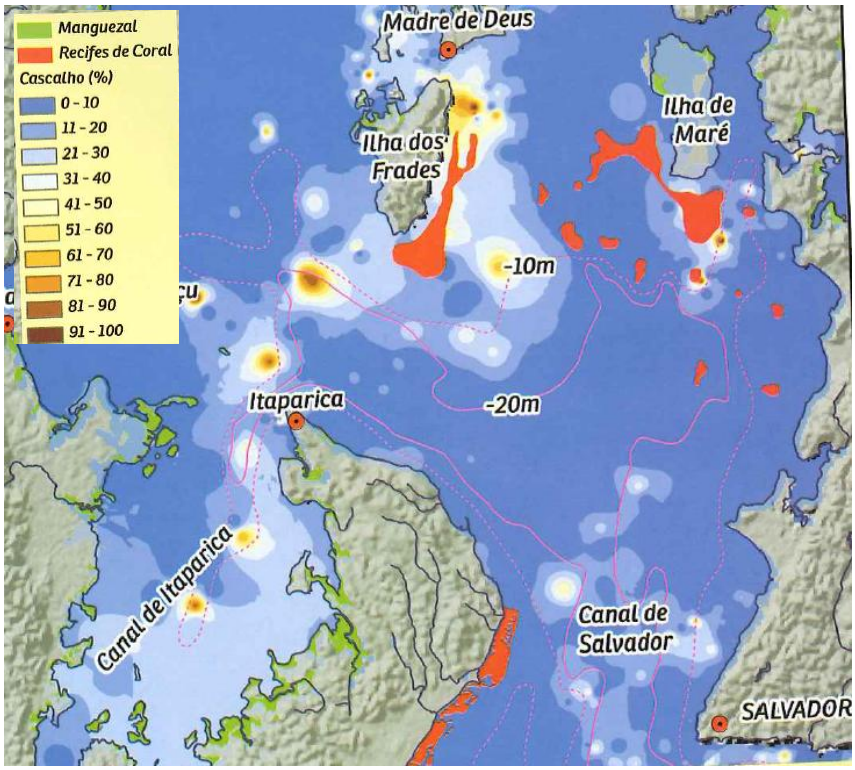
Figura 186 – Distribuição dos teores de areia nos sedimentos superficiais da BTS



Fonte: adaptado de CBPM (2012)

Figura 187 – Distribuição dos teores de lama (siltes e argilas) nos sedimentos superficiais da BTS

Os materiais da dimensão do cascalho/seixo (superior a 2 mm) distribuem-se de forma muito restrita na BTS, sob a forma de pequenos núcleos distribuídos ao longo do canal de Itaparica e na envolvente das Ilhas dos Frades e de Maré.

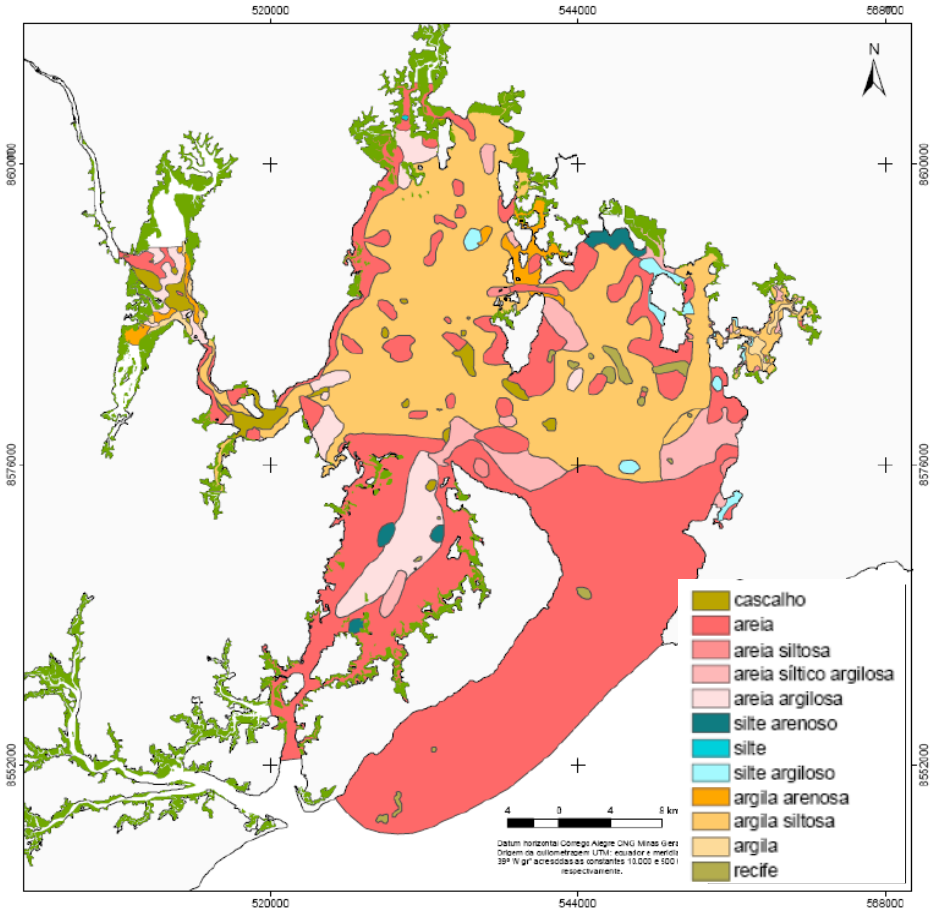


Fonte: adaptado de CBPM (2012)

Figura 188 – Distribuição dos teores de cascalho nos sedimentos superficiais da BTS

Ao contrário das areias, que dominam as frações granulométricas onde ocorrem (mais de 50%), no seio da extensa cobertura de argilas encontram-se diversas dimensões de partículas, desde areias siltosas, a areias, a seixos e a siltes arenosos, que se individualizam sobre a forma de pequenas bolsas com localização espacial bem definida de acordo com o zoneamento proposto por Lessa e Dias (2009).

Lessa e Dias (2009) estimam que 460 km^2 dos fundos da BTS estejam cobertos com sedimentos lamosos (argila e silte), 764 km^2 com areias e areias argilosas a siltosas e 21 km^2 com cascalho.



Fonte: adaptado de Lessa e Dias (2009)

Figura 189 – Zoneamento de fácies sedimentar superficial na BTS

Na fácies arenosa é possível distinguir um zoneamento de acordo com a dimensão granulométrica das partículas:

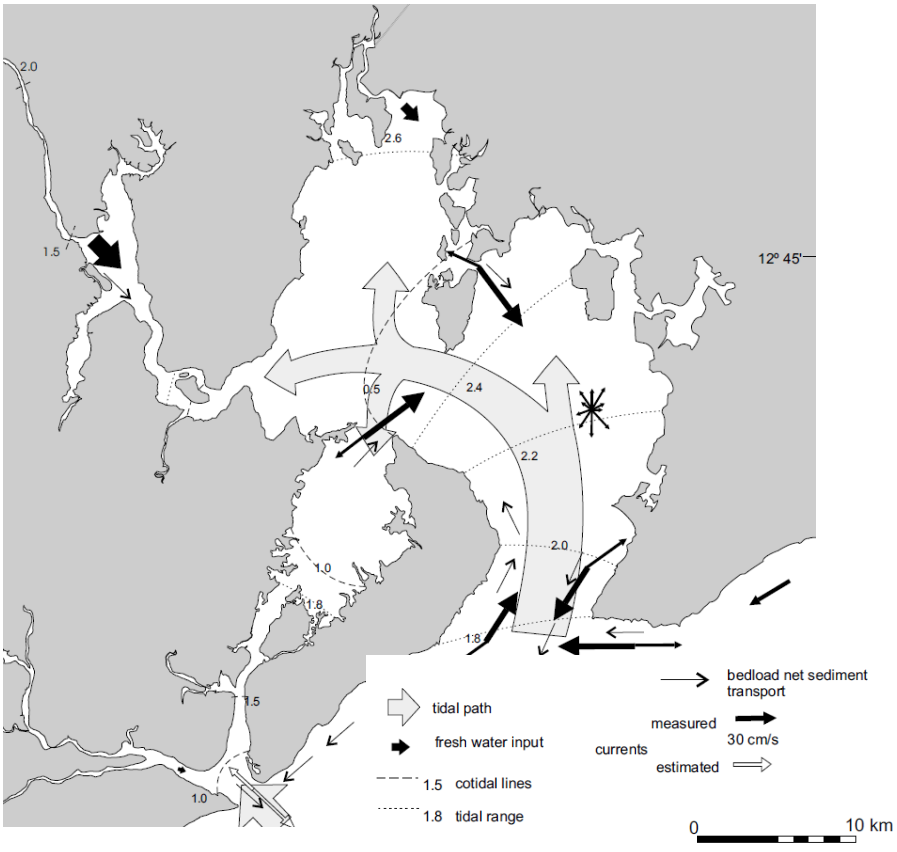
- as areias médias a grosseiras ocorrem junto à entrada da BTS, no canal de Salvador e no trecho terminal do canal de Itaparica, na margem direita do canal de Itaparica, na foz do rio Paraguaçu (baía de Iguape) e a sul da Ilha de Maré;
- as areias muito finas a finas ocorrem ao longo de grande parte da extensão do canal de Itaparica, numa faixa transversal à BTS, entre Salvador e a extremidade noroeste da Ilha de Itaparica, ao longo do canal de Paraguaçu e junto à margem direita da BTS.

Os sedimentos depositados na BTS são, em geral, provenientes:

- das bacias de drenagem afluentes à BTS, sobretudo no canal de Itaparica, canal de São Roque e praias na margem oeste da baía;
- da plataforma continental adjacente, sobretudo no canal de Salvador;
- de organismos (gastrópodes, bivalves, ostracodes, foraminíferos, corais, algas, entre outros);
- da desagregação de formações recifais.

A distribuição de fácies é consonante com o ambiente energético que caracteriza de forma diferenciada a BTS. De fato, nas zonas de menor hidrodinamismo, ou seja, nas zonas mais internas da BTS, predominam os depósitos argilosos, enquanto nas zonas mais energéticas do ponto de vista hidrodinâmico, sobretudo onde se evidencia a influência das marés e localmente das descargas fluviais (como por exemplo o rio Paraguaçu), as areias grosseiras dominam os fundos.

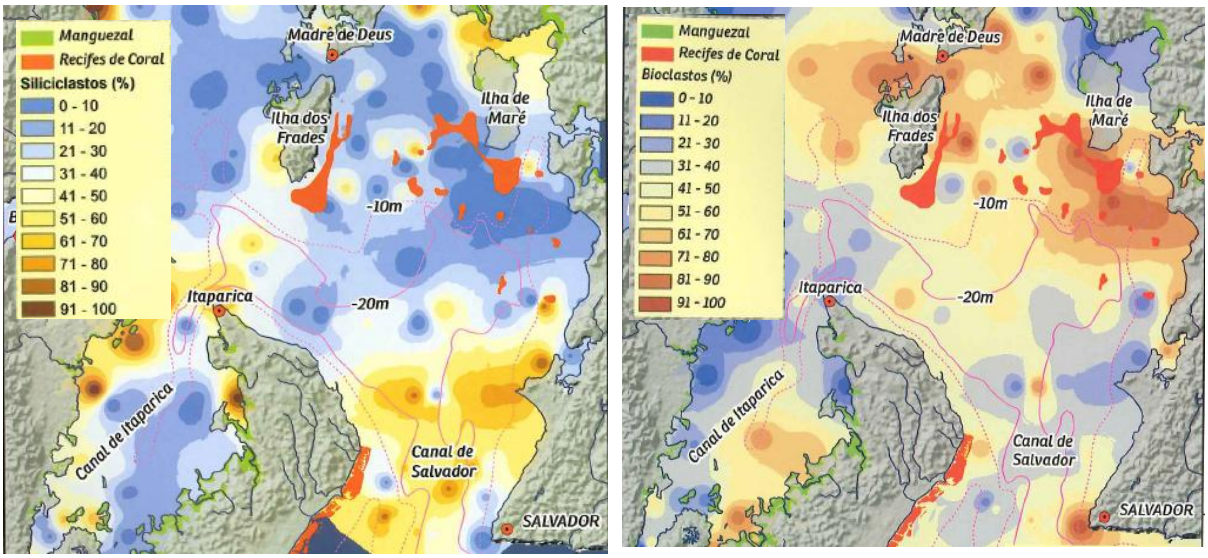
Na porção central da baía e em trechos de seus principais canais ocorrem afloramentos rochosos parcialmente soterrados, testemunhos de ilhas pretéritas que foram completamente arrasadas pela ação de ondas, seja em associação com o nível do mar atual, ou em períodos de nível do mar mais baixo (HATJE, ANDRADE, 2009).



Fonte: adaptado de Lessa *et al.* (2001)

Figura 190 – Sentido de transporte de sedimentos para o interior da BTS

Na maior parte dos sedimentos predominam os grãos de natureza siliclástica (superior a 50%), sendo que a componente biogénica é mais limitada, em geral, inferior a 40%.



Fonte: adaptado de CBPM (2012)

Figura 191 e Figura 192 – Distribuição da natureza dos grãos dos sedimentos superficiais da BTS

2.10.2.2. Qualidade dos sedimentos e contaminação na BTS

A informação disponível sobre a qualidade dos sedimentos na Baía de Todos os Santos resulta das campanhas de monitoramento levadas a cabo pelos Portos de Salvador e de Aratu, que em conjunto com o Porto de Ilhéus constituem o Complexo Portuário do Estado da Bahia, e de um conjunto de estudos técnicos e científicos de aprofundamento do conhecimento desta zona de transição entre o domínio costeiro e terrestre.

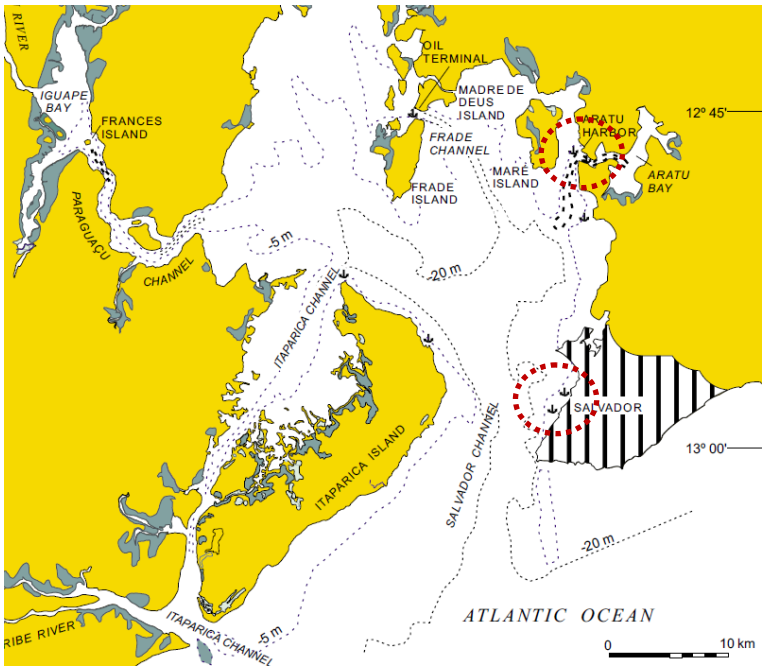
As campanhas realizadas no decurso da gestão das áreas portuárias decorrem da necessidade de cumprimento da legislação nacional no que diz respeito ao gerenciamento do material escavado no escopo das obras de estabelecimento de fundos compatíveis e/ou de manutenção dos mesmos.

Refira-se ainda como fonte de informação de particular relevância no contexto regional, a publicação relativa à Baía de Todos os Santos – Aspectos Oceanográficos (HATJE, ANDRADE, 2009), que reúne um conjunto significativo de dados relativos à qualidade dos sedimentos superficiais depositados nos fundos da BTS.

Nos pontos seguintes apresenta-se uma síntese da qualidade dos sedimentos dos fundos da BTS tendo em consideração os trabalhos publicados mais recentemente e que permitem um enquadramento dos principais problemas de contaminação.

A. Portos de Aratu e Salvador

No escopo do Projeto Realização de Estudo Técnico-Científico de Caracterização de Sedimentos e Fontes de Contaminação das Regiões Portuárias Brasileiras (IVIG/COPPE/UFRJ, 2011) são evidenciados alguns problemas de contaminação nos sedimentos recolhidos nas campanhas executadas entre 2005 e 2010.



Fonte: adaptado de Lessa *et al.* (2001)

Figura 193 – Localização dos Portos de Aratu e de Salvador

No **Porto de Aratu**, a Norte do empreendimento, os principais problemas com compostos orgânicos registraram-se entre 2005 e 2006 e estavam essencialmente relacionados com algumas substâncias dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

(PAH) - benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno e pireno. Algumas amostras foram classificadas entre o Nível 1 e o Nível 2 da Resolução CONAMA 344/04 de 25 de março (revogada recentemente pela Resolução CONAMA 454/2012).

Quadro 88 – Excedências em relação a compostos orgânicos em sedimentos do Porto de Aratu

Campanha	Número de amostras	Parâmetros	Níveis Resolução CONAMA 344	
			Entre 1 e 2	Acima nível 2
1/2005	40	Benzo(a)antraceno	4 pontos	-
		Benzo(a)pireno	7 pontos	-
		Criseno	2 pontos	-
		Pireno	1 ponto	-
		Pesticidas e demais HPA's abaixo do nível 1		
2/2006	8	Criseno	1 ponto	-
		Pesticidas e demais HPA's abaixo do nível 1		
3/2006	8	Pesticidas e HPA's abaixo do nível 1		
4/2006	7	**Benzo(a)antraceno**	2 pontos	-
		Benzo(a)pireno	3 pontos	-
		Criseno	2 pontos	-
		Dibenzo(a,h)antraceno	1 ponto	-
		Pesticidas e demais HPA's abaixo do nível 1		
5/2007 6/2008	Não foram realizadas análises de pesticidas organoclorados, PCB's e HPA's.			
7/2010	12	Pesticidas, PCB's e HPA's abaixo do nível 1		

Fonte: IVIG/COPPE/UFRJ (2011)

Relativamente aos metais, no período de 2005 a 2010, a presença de cobre e níquel foi sempre registrada, quer nos sedimentos de superfície, quer nos sedimentos de profundidade, e as suas concentrações foram em grande parte dos casos superiores ao Nível 1 da Resolução CONAMA 344/04 de 25 de março. No Relatório do IVIG/COPPE/UFRJ (2011) é sugerida a hipótese de existir uma fonte permanente de lançamento destes metais ou mesmo que os seus índices de *background* sejam elevados, embora nenhuma delas seja confirmada.

Neste porto registraram-se ainda alguns incumprimentos para outros metais, especificamente arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio e zinco.

Quadro 89 – Excedências em relação a metais em sedimentos do Porto de Aratu

Ano/ profundidade	N° coletas	elemento	% de estações acima do nível 1
2005 = zero m	*40*	*As*	*12,5*
		Pb	*2,5*
		Cu	*97,5*
		Hg	*20*
		Ni	*85*
2006 = zero a 0,2m	*23*	*As*	*65,2*
		Pb	*17,39*
		Hg	*17,39*
		Ni	*13*
		Zn	*5*
2007 = zero a 0,2 m	*8*	*As*	*62,5*
		Pb	*37,5*
		Cu	*100*
		Ni	*75*
2008 = zero a 0,2m	*20*	*As*	*100*
		Cd	*95*
		Pb	*100*
		Cu	*100*
		Ni	*100*
		Zn	*20*
2010 = zero a 0,4m	*12*	*Cu*	*78,5*

Fonte: IVIG/COPPE/UFRJ (2011)

Por sua vez, no **Porto de Salvador**, e embora apenas em 2005, os principais problemas de qualidade dos sedimentos relacionados com compostos orgânicos diziam respeito, sobretudo, a pesticidas, e, pontualmente, a alguns PAH's (bezo(a)antraceno, benzo(a)pireno e criseno).

Quadro 90 – Excedências em relação a compostos orgânicos no Porto de Salvador

Campanha	Número de amostras	Parâmetros	Níveis Resolução CONAMA 344	
			Entre 1 e 2	Acima nível 2
1/2005	18	BHC(alfa)	16 pontos	-
		BHC(beta)	16 pontos	-
		BHC(delta)	16 pontos	-
		BHC(gama)	16 pontos	-
		Dieldrin	16 pontos	-
		Benzo(a)antraceno	7 pontos	-
		Benzo(a)pireno	3 pontos	-
		Criseno	1 ponto	-
		Demais pesticidas e demais HPA's abaixo do nível 1		
2/2005	17	PCB's	1 ponto	-
		Benzo(a)antraceno	2 pontos	-
		Benzo(a)pireno	2 pontos	-
		Dibenzo(a,h)antraceno	2 pontos	-
		Fluoreno	2 pontos	-
		Criseno	1 ponto	-
		Fenantreno	1 ponto	-
		2 metil naftaleno	1 ponto	-
		Acenaftileno	3 pontos	-
		Naftaleno	4 pontos	-
		Pesticidas e demais HPA's abaixo do nível 1		
3/2007	8	HPA's abaixo do nível 1		
4/2008	8	HPA's abaixo do nível 1		
5/2010	24	Pesticidas, PCB's e HPA's abaixo do nível 1		
6/2010	12	DDT	1 ponto	-
		PCB's, HPA's e demais pesticidas abaixo do nível 1		

Fonte: IVIG/COPPE/UFRJ (2011)

Relativamente aos metais, e à semelhança do que se verificou no Porto de Aratu, o cobre e o níquel são os parâmetros metálicos em que se verificaram as maiores excedências relativamente à CONAMA 344/04 de 25 de março. Da mesma forma verificaram-se ainda alguns problemas de qualidade dos sedimentos resultantes das concentrações de arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio e zinco.

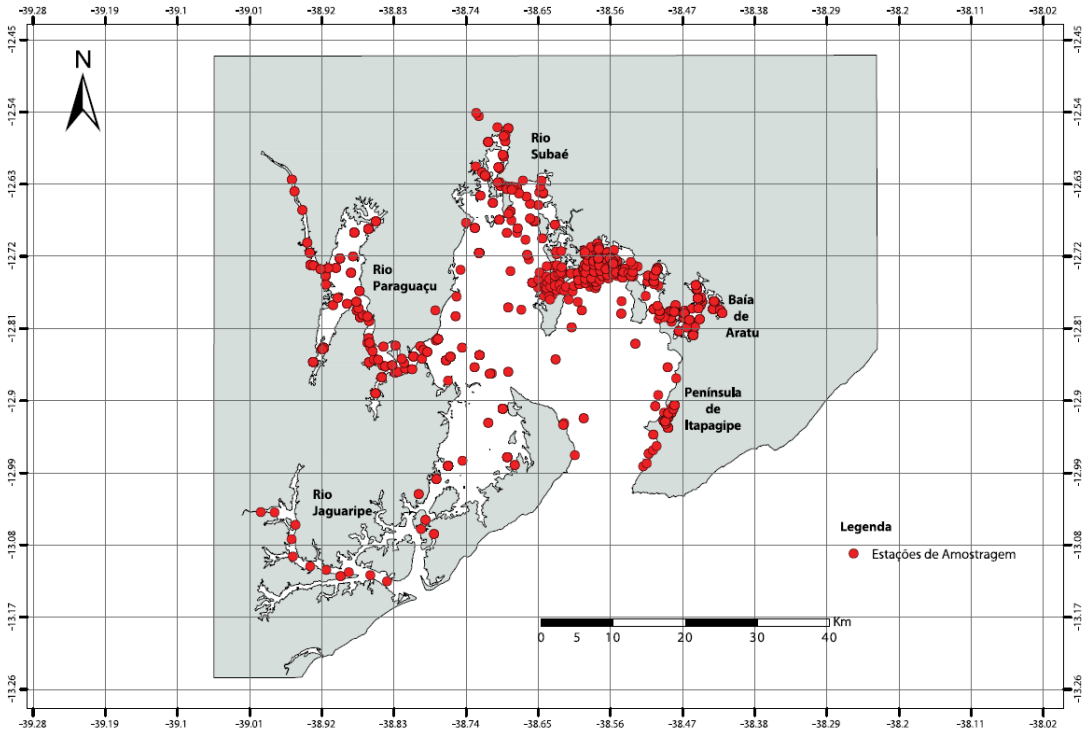
Quadro 91 – Excedências em relação a metais em sedimentos do Porto de Salvador

Ano/ profundidade	N° coletas	Elementos	% de estações acima do nível 1
2005= Superficie	*20*	*As* *Pb* *Cu* *Hg* *Ni*	*5* *5* *35* *5* *5*
2005 = zero a 1 m	*14*	*Cu* *Hg* *Ni*	*21,4* *7,14* *7,14*
2005 = 0,5 m	*3*	*Cu* *Ni*	*33,3* *33,3*
2007 = zero m	*7*	*Cu*	*28,57*
2007 = 1 m	*1*	*Hg*	*100*
2008 = zero m	*8*	*Cu* *Hg* *Ni*	*50* *25* *37,5*
2010 = zero a 0,4 m	*25*	*Cu* *Hg* *Ni* *Cd*	*36* *40* *32* *4*
2010 = 2 m	*6*	*Cu* *Ni*	*83,3* *66,6*
2010 = 3 m	*5*	*Cu* *Ni*	*60* *40*

Fonte: IVIG/COPPE/UFRJ (2011)

B. Outras áreas da BTS

Hatje e Andrade (2009) compilaram o vasto conjunto de informação disponível, desde os anos 70 do século XX, sobre a contaminação dos sedimentos superficiais depositados na BTS, incluindo também os Portos de Aratu e de Salvador.



Fonte: Hatje e Andrade (2009)

Figura 194 – Distribuição de estações de amostragem de sedimentos na BTS

Uma das conclusões deste trabalho é a existência de uma fonte de contaminação por excelência dos sedimentos dos fundos da BTS – o rio Subaé (a norte do empreendimento). No entorno deste rio esteve em funcionamento, entre 1960 e 1993, uma empresa metalúrgica (a Plumbum/COBRAC) à qual é atribuída uma contaminação significativa dos sedimentos com chumbo, cádmio, cobre e zinco. As escórias e as lagoas de decantação ainda se assumem atualmente como uma fonte difusa de contaminação nesses metais.

Considerando as concentrações destes metais ao longo dos anos e os vários locais da BTS amostrados são evidentes diversas situações de contaminação dos sedimentos. Embora não sendo indicado em que locais da BTS é que se registraram as concentrações máximas de zinco, chumbo, cobre e cádmio apresentadas no Quadro 92, verifica-se que a maioria dos casos de contaminação identificados é, em geral, anterior a 2005.

Quadro 92 – Concentrações máximas e mínimas de metais em estações de amostragem de sedimentos na BTS, entre 1993 e 2008

	Zn (µg g^{-1})		Pb (µg g^{-1})		Cu (µg g^{-1})		Cd (µg g^{-1})	
Fonte	**Mín**	**Máx**	**Mín**	**Máx**	**Mín**	**Máx**	**Mín**	**Máx**
Bahia Azul, 2000*	72,2	320	25,0	148	37,0	96,0	3,40	3,40
CRA, 1996	4,00	1646	2,00	780	3,00	666	0,650	3,00
CRA, 1997	2,20	774	2,00	359	1,90	404	-	-
CRA,1998	3,20	307	6,40	43,4	2,30	425	-	-
CRA, 2004	0,44	332	0,16	107	0,16	429	0,003	5,56
Paredes *et al.*, 1995	15,3	102	2,50	156	6,80	51,0	0,010	11,4
Silva, 2006	16,2	22,8	10,7	15,6	4,28	15,2	0,034	0,28
Mestrinho, 1998	19	136	18	40	9,5	24	<LD	2,67
Alves, 2002	20,4	107	13,3	60,2	11,1	52,7	-	-
Bonfim, 2005	2,90	108	0,90	33,6	0,50	30,0	0,100	1,15
Garcia, 2005	18,7	73,3	0,02	32,9	12,4	35,3	0,004	0,98
Junior, 2005	14,1	97,7	6,14	53,6	8,99	44,4	0,010	2,73
Leão, 2004	0,29	124	0,25	631	2,51	23,0	0,050	1125
Onofre, 2005	4,68	37,8	0,65	25,7	0,80	10,3	-	-
Ramos, 1993	42,4	49,4	43,8	63,4	33,4	46,8	-	-
Rosa, 2004	3,20	69,0	-	<10	2,20	134	<1	<1
Santos, 2002b	43,0	116	8,00	32,0	19,0	83,0	0,050	1,50
Queiroz, 1992	15,3	530	2,50	156	4,30	90,9	0,010	12,8
Queiroz e Celino, 2008a	3	95	10	74	5	43	<LD	0,06
Pletsch, 2002	2,60	178	1,58	75,4	2,30	195	-	-
BMA, 2002	17,0	88,0	27,0	27,0	-	-	-	-
UFBA, 1996	-	-	2,70	618	2,63	230	0,010	2,16
Wallner Kersanach,1994	3,84	4,17	1,95	2,07	0,98	1,04	0,050	0,05
Celino *et al.*, 2005	50,3	100	8,67	30,3	22,7	58,7	0,020	1,29
Otero *et al.*, 2008	2,17	77,8	10,1	69,4	5,04	42,2	<0,9	<0,9
Hatje *et al.*, 2006a	37,2	667	10,9	325	10,4	21,8	0,20	3,48
Barros *et al.*, 2008	20,1	32,5	10,7	34,5	4,25	15,2	<LD	0,21

Fonte: Hatje e Andrade (2009)

De acordo com os autores a presença de cádmio e de chumbo é particularmente evidente nos sedimentos depositados no rio Subaé, enquanto o cobre apresenta-se disperso por diversas zonas de BTS. A contaminação dos sedimentos com cobre estará associada ao esgotamento doméstico que aflui a diversas zonas do entorno da BTS. No caso deste parâmetro destaca-se as elevadas concentrações registradas no entorno do Porto de Aratu, da Baía de Itapagipe e do Terminal de S. Roque, no estuário do Paraguaçu.

Na foz do rio Subaé, no Porto de Aratu, na baía de Itapagipe, no rio Jaguaripe e no entorno de Mataripe foram também observadas concentrações elevadas de arsênio. Foram ainda identificados sedimentos enriquecidos com mercúrio, sobretudo na baía

de Itapagipe, local onde a Companhia Química do Recôncavo esteve em funcionamento durante 12 anos, bem como no entorno de Mataripe.

Hatje e Andrade (2009) referem que a persistência de elevados teores nos sedimentos de algumas localidades reflete:

- O contínuo aporte de metais para a BTS;
- A remobilização e a diagênese de sedimentos contaminados;
- O tempo de residência das águas no interior da baía ser relativamente alto.

Relativamente a compostos orgânicos, Sant'Anna *et al* (2010) avaliaram a contaminação de 24 PAH's em sedimentos superficiais com o objetivo de identificar as possíveis fontes desses compostos e avaliar os impactos na BTS. As amostras analisadas mostram sedimentos pouco a altamente contaminados. Os sedimentos com maiores concentrações de PAH coincidem com locais com número significativo de embarcações ou próximo de zonas industriais, como é o caso da baía de Aratu.

Contaminação de sedimentos e pressões potenciais

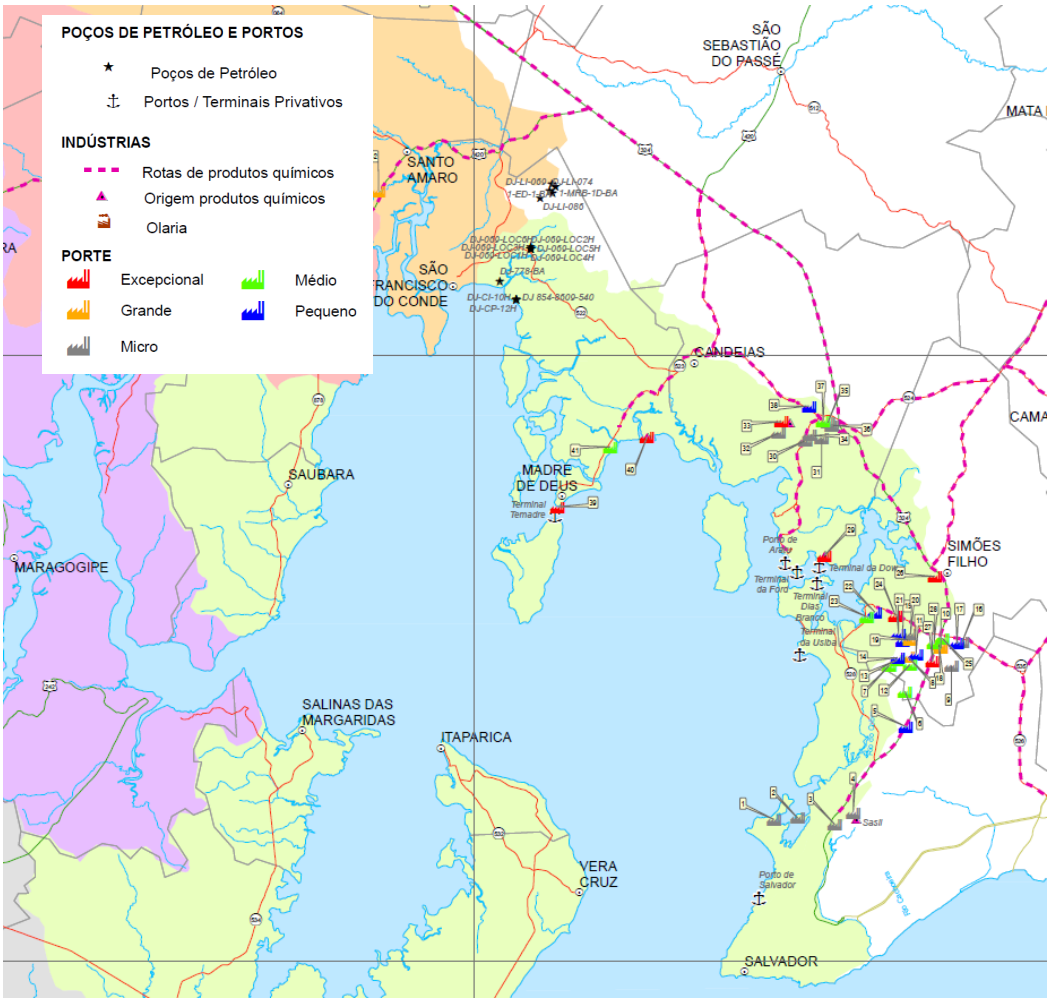
As características físico-químicas e o grau de contaminação dos sedimentos mais profundos serão expressão da contemporaneidade e diversidade de atividades humanas desenvolvidas com a intensa transformação observada na BTS desde a segunda metade do século XX.

De fato, a qualidade dos sedimentos em profundidade deverá revelar a pressão exercida pelo crescimento da cidade de Salvador, bem como o desenvolvimento da indústria naval, da atividade portuária e dos terminais e cais marítimos, dos trabalhos de exploração dos recursos petrolíferos e a significativa industrialização operada no entorno da BTS (com destaque para a indústria química e petroquímica que teve particular desenvolvimento na década de 50 do século XX).

No caso dos sedimentos superficiais, os problemas de contaminação continuam a estar associados à intensa ocupação do entorno da BTS e do próprio espaço aquático. Em 2009 foi realizado um inventário das atividades antrópicas com potencial de contaminação da BTS (HYDROS, 2009), no escopo do qual se identificaram várias indústrias, de diferenciado porte, que constituirão uma pressão potencial para o meio

aquático e, consequentemente, justificar alguns problemas de qualidade dos sedimentos superficiais.

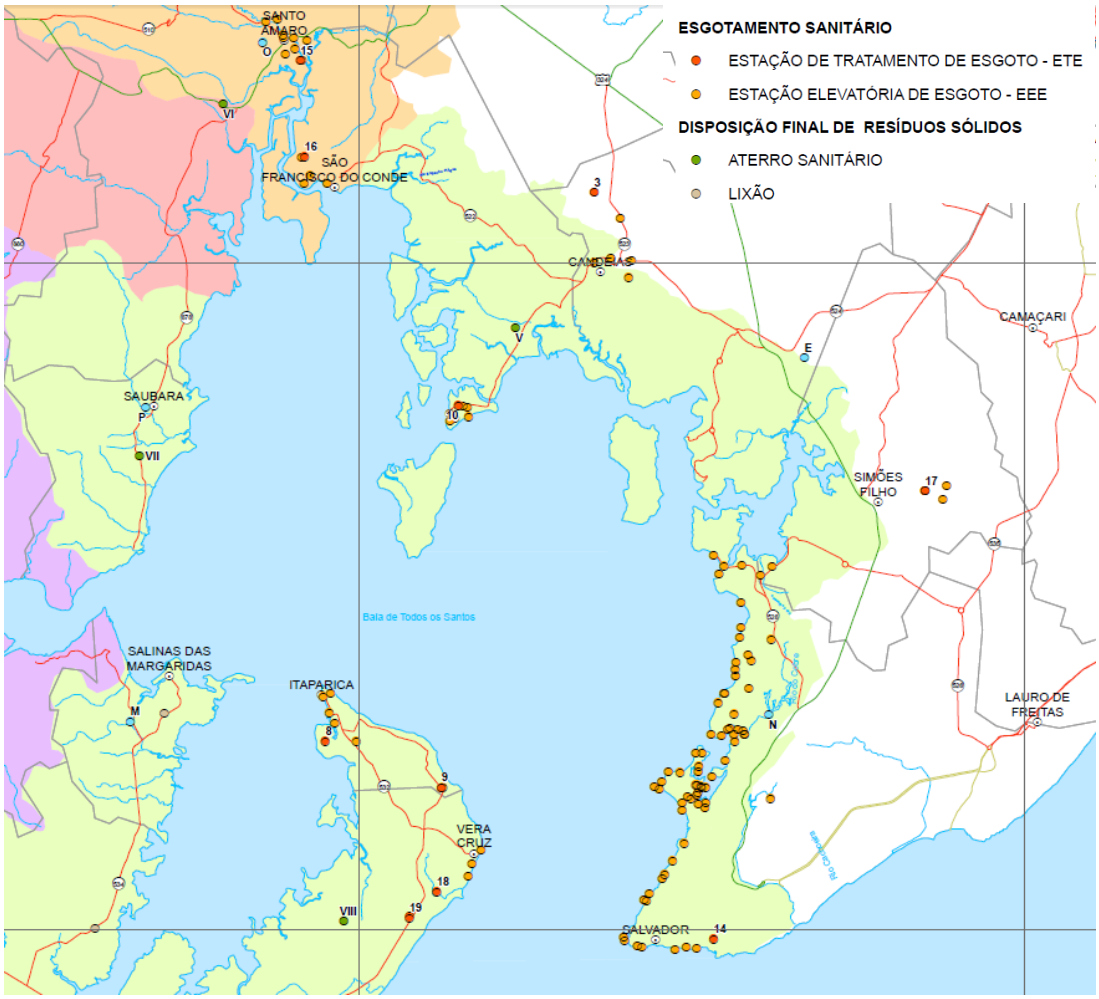
De acordo com o referido inventário, os municípios de Simões Filho, Feira de Santana, Salvador e Candeias, concentram o maior número de atividades industriais (químicas, petroquímicas, metalúrgicas, de produtos alimentícios e fertilizantes).



Fonte: adaptado de HYDROS (2009)

Figura 195 – Distribuição de indústrias no entorno da BTS

Refiram-se ainda a pressão resultante do esgotamento doméstico que aflui a diversas zonas do entorno da BTS, quer tratado, quer sem tratamento e que poderão contribuir para alguns dos problemas de qualidade dos sedimentos da BTS.



Fonte: adaptado de HYDROS (2009)

Figura 196 – Distribuição de locais de descarga de esgotamento sanitário no entorno da BTS

2.10.3. Situação atual na AID e na ADA

2.10.3.1. Dados primários

A. Estações de amostragem

No escopo dos trabalhos de coleta de dados primários para o EIA procedeu-se à coleta de amostras de sedimentos representativos da ADA e AID em meio aquático, ou seja, na área a atravessar pela ponte rodoviária a construir na BTS.

A travessia Salvador/Ilha de Itaparica implicará a realização de excavações nos locais de fundação dos pilares. Neste contexto, ao abrigo da Resolução CONAMA n.º 454/2012 de 1 de novembro – diploma que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser escavado em água sob jurisdição nacional –, foram realizadas no escopo dos Estudos Ambientais:

- três campanhas de caracterização e avaliação do grau de contaminação de sedimentos superficiais;
- uma campanha de caracterização e avaliação do grau de contaminação de sedimentos em profundidade.

O número de estações amostradas foi:

- 36 estações de amostragem de sedimentos superficiais ao longo do traçado da ponte Salvador/Ilha de Itaparica (32 estações) e do alargamento da Ponte do Funil (4 estações) – 1ª e 2ª campanhas;
- 7 estações de amostragem de sedimentos superficiais ao longo do traçado da ponte Salvador/Ilha de Itaparica – 3ª campanha;
- 3 estações de amostragem de sedimentos em profundidade coincidentes com locais de 3 sondagens executadas ao longo do traçado da ponte Salvador/Ilha de Itaparica.

As coletas de sedimentos superficiais foram realizadas em três campanhas de amostragem, repartidas pelos períodos seco e úmido, enquanto que a coleta de sedimentos em profundidade foi efetuada numa única campanha, recorrendo aos testemunhos de sondagem obtidos no decurso dos trabalhos de prospecção geológica e geotécnica realizados pela empresa Geofort Fundações.

Na totalidade foram recolhidas amostras de sedimentos em 46 estações de amostragem, compreendendo a seleção de 49 amostras para análise laboratorial.

Quadro 93 – Resumo das campanhas de sedimentos

Tipo de campanha	Nº de estações	Nº de campanhas	Nº de amostras
Recolha de sedimentos superficiais	43	3 (dezembro 2013/abril 2014/julho 2014)	43
Recolha de sedimentos em profundidade	3	1 (dezembro 2013/janeiro 2014)	6
Total	**46**		**49**

A localização das estações de amostragem de sedimentos superficiais é parcialmente diferente entre a 1ª, 2ª e 3ª campanhas. A alteração da localização das estações de amostragem de sedimentos superficiais deveu-se à alteração, para norte, do traçado da Ponte Salvador – Ilha de Itaparica, com o desenvolvimento dos estudos de engenharia para elaboração do projeto básico, sob responsabilidade do consórcio Enescil/COWI/Maia Melo.

A diferença entre as campanhas não é total, uma vez que não houve alterações à localização das estações de amostragem no canal de Itaparica (zona de potencial alargamento da Ponte do Funil) e da 2ª para a 3ª campanha não houve alterações, quer nos primeiros três quilômetros da ponte com início na Ilha de Itaparica, quer no primeiro quilômetro e meio da ponte com início em Salvador. Na Figura 197 e no Mapa de Localização dos pontos de coleta de dados primários de sedimentos: Mapa 2.19 (Caderno de Mapas – Volume 2) apresenta-se o mapa com a localização das estações de coleta de amostras de sedimentos superficiais ao longo da área atravessada pela ponte e a localização de estações de amostragem de sedimentos em profundidade.

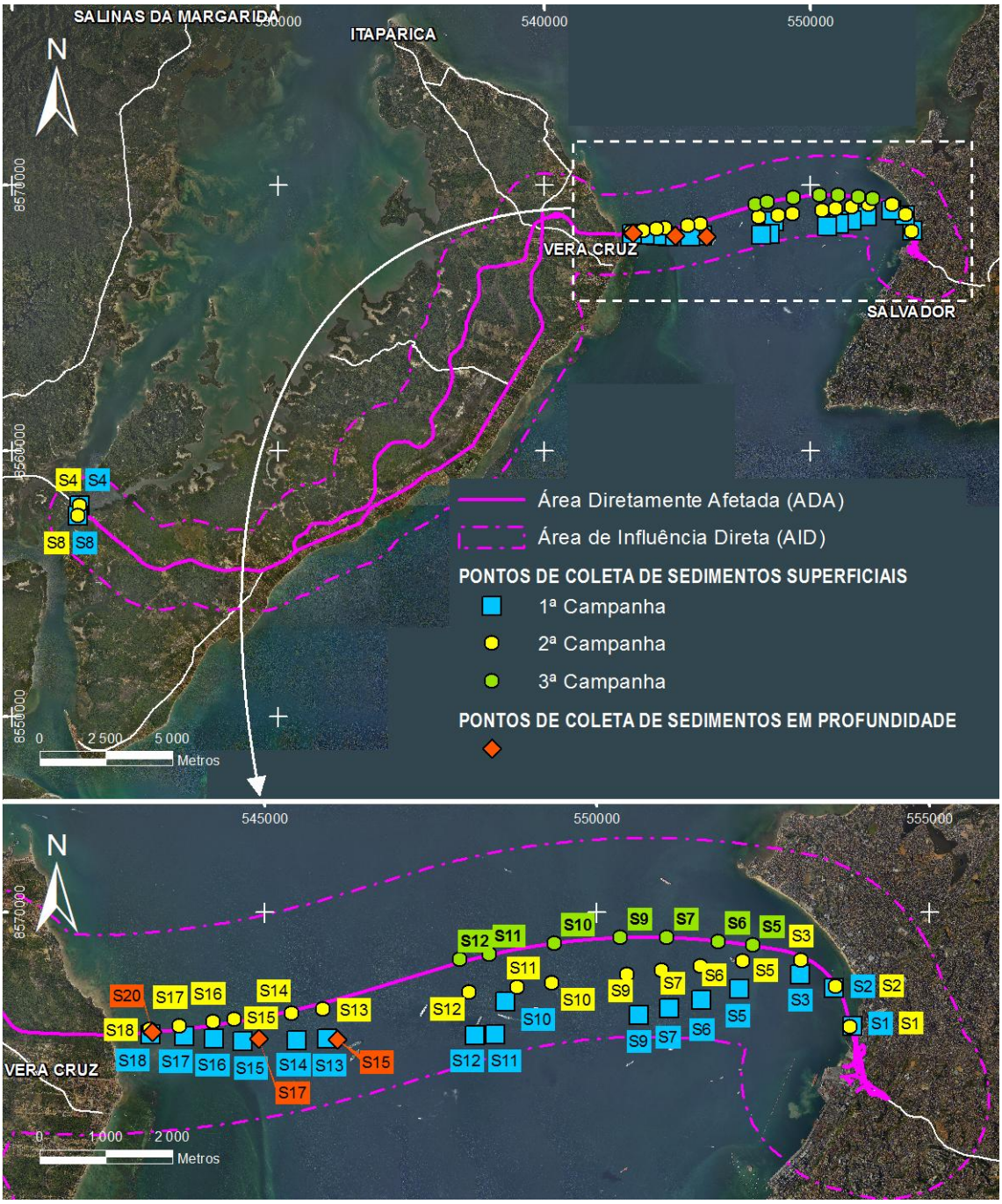


Figura 197 – Estações de amostragem de sedimentos (superficiais e em profundidade)

Quadro 94 – Coordenadas das estações de amostragem de sedimentos superficiais

Código de identificação da amostra	1ª campanha		2ª campanha		3ª campanha		Profundidade (m)
	Coordenadas SIRGAS 2000		Coordenadas SIRGAS 2000		Coordenadas SIRGAS 2000		
	X	Y	X	Y	X	Y	
S1	553844,31	8568285,76	553808,79	8568277,49	----	----	0 m-0,5 m
S2	553573,19	8568860,76	553598,37	8568885,64	----	----	0 m-0,5 m
S3	553066,94	8569055,37	553076,74	8569273,40	----	----	0 m-0,5 m
S4	522531,00	8557926,00	522531,00	8557926,00	----	----	0 m-0,5 m
S5	552141,94	8568846,03	552200,74	8569264,94	552349,58	8569498,56	0 m-0,5 m
S6	551571,67	8568676,01	551554,99	8569190,31	551829,83	8569555,66	0 m-0,5 m
S7	551090,52	8568551,44	550974,08	8569123,18	551058,04	8569616,67	0 m-0,5 m
S8	522457,00	8557563,00	522457,00	8557563,00	----	----	0 m-0,5 m
S9	550630,24	8568448,01	550450,23	8569062,64	550356,57	8569613,47	0 m-0,5 m
S10	549628,57	8568658,13	549324,31	8568932,52	549360,07	8569531,41	0 m-0,5 m
S11	548475,29	8568160,16	548802,77	8568872,25	548380,16	8569359,56	0 m-0,5 m
S12	548167,56	8568143,63	548081,46	8568788,89	547934,00	8569283,00	0 m-0,5 m
S13	545938,27	8568094,78	545873,88	8568533,76	----	----	0 m-0,5 m
S14	545478,89	8568072,90	545406,15	8568479,71	----	----	0 m-0,5 m
S15	544675,97	8568057,89	544549,73	8568380,73	----	----	0 m-0,5 m
S16	544236,73	8568091,25	544227,52	8568343,50	----	----	0 m-0,5 m
S17	543790,14	8568129,44	543715,58	8568284,34	----	----	0 m-0,5 m
S18	543290,54	8568156,78	543277,99	8568233,76	----	----	0 m-0,5 m

Quadro 95 – Coordenadas das estações de amostragem de sedimentos em profundidade

Sondagem	Código de identificação da amostra	Coordenadas SIRGAS 2000		Profundidade (m)
		X	Y	
S17	S17-1	544530,71	8568530,15	33,0 m-34,0 m
	S17-2			36,0 m-37,0 m
S20	S20-1	543317,47	8568199,94	16,0 m-17,8 m
	S20-2			22,7 m-23,5 m
S15	S15-1	545613,83	8568717,32	23,0 m-24,0 m
	S15-2			25,0 m-26,7 m

B. Coletas de sedimentos

Em todas as campanhas as coletas de sedimentos superficiais foram realizadas na camada superficial/subsuperficial dos fundos (0 m-0,5 m de profundidade) com recurso a amostrador do tipo draga – Draga de Petersen em aço inox de 8 kg com 3 litros de mordedura.

A primeira campanha de amostragem, relativa ao período seco decorreu em dezembro de 2013, e a segunda e terceira campanhas relativas ao período úmido decorreram em abril e julho de 2014, respectivamente. Seguidamente apresentam-se algumas fotografias representativas dos trabalhos executados em cada uma das campanhas.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ BTS/dezembro 2013

Fotografia 49 e Fotografia 50 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ BTS/dezembro 2013

Fotografia 51 e Fotografia 52 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ BTS/dezembro 2013

Fotografia 53 e Fotografia 54 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ BTS/abril 2014

Fotografia 55 e Fotografia 56 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ BTS/abril 2014

Fotografia 57 e Fotografia 58 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ BTS/dezembro 2013

Fotografia 59 e Fotografia 60 – Campanha de recolha de sedimentos superficiais na BTS

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ BTS/ julho 2014

Fotografia 61 e Fotografia 62 – Campanha de coleta de sedimentos superficiais na BTS

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ BTS/ julho 2014

Fotografia 63 e Fotografia 64 – Campanha de coleta de sedimentos superficiais ao longo do traçado da ponte Ilha de Itaparica-Salvador

A coleta de sedimentos em profundidade foi realizada com recurso a equipamento específico de sondagem geológica que permite a recolha de testemunhos em materiais inconsolidados até ao nível pretendido. A coleta de testemunhos contínuos da coluna de sedimentos em profundidade foi realizada por intermédio da empresa Geofort Fundações, no escopo dos trabalhos de prospecção geológica e geotécnica. A partir dos testemunhos de sondagem foi selecionado um conjunto de amostras representativas de níveis em profundidade.

Fonte: Consórcio V&S Ambiental-NEMUS/ BTS/dezembro 2013
Nota: A partir dos testemunhos de sondagem foram selecionadas amostras de sedimentos em profundidade.

Fotografia 65 e Fotografia 66 – Campanha de sondagens geológicas na BTS

Os trabalhos de campo foram coordenados e acompanhados por uma equipe técnica com significativa experiência na execução de campanhas de coleta e de amostragem de sedimentos em meio aquático e em zonas contaminadas.

C. Análises laboratoriais

Em cada uma das estações de recolha de sedimentos superficiais foram selecionadas amostras para análise laboratorial, tendo sido selecionadas amostras de sedimentos para análise físico-química em cada uma das campanhas de amostragem. No total das três campanhas de amostragem foram selecionadas 43 amostras para análise laboratorial.

No caso dos testemunhos de sondagem procedeu-se à seleção de um conjunto de amostras compósitas dos níveis profundos. Em cada um dos testemunhos foram selecionadas 2 amostras para análise laboratorial, perfazendo 6 amostras para análise laboratorial.

Os parâmetros físico-químicos determinados em laboratório respeitaram as especificações da Resolução CONAMA nº 454/2012 de 1 de novembro.

O laboratório BIOAGRI Ambiental foi responsável pelo tratamento e ensaios físico-químicos das amostras coletadas, acreditado segundo a norma NBR/ISO/IEC 17025 pelo INMETRO. Os ensaios analíticos foram realizados conforme a última versão do Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 22nd 2012 (SMEWW) e normas EPA e ABNT (quando aplicável).

D. Resultados

Nos quadros seguintes apresentam-se os resultados obtidos nas diferentes campanhas de caracterização de sedimentos.

Os resultados são analisados à luz da legislação em vigor na matéria, mais especificamente da Resolução CONAMA nº 454/2012 de 1 de novembro – que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser escavado em águas sob jurisdição nacional.

Sedimentos superficiais

Nos quadros que se seguem apresentam-se os resultados da **análise granulométrica** às 43 amostras de sedimentos superficiais no decurso das três campanhas de coleta de dados primários, bem como das respectivas porcentagens de sólidos.

Quadro 96 – Resultados das análises físicas a amostras de sedimentos superficiais: frações granulométricas (g/kg)

Cp	Amostras	Areia muito grossa *(2 a 1mm)*	Areia grossa *(1 a 0,5mm)*	Areia média *(0,5 a 0,25mm)*	Areia fina *(0,25 a 0,125mm)*	Areia muito fina *(0,125 a 0,062mm)*	Silte *(0,062 a 0,00394mm)*	Argila *(0,00394 a 0,0002mm)*
1ª Campanha	S1	17	183	254	162	49	331	4
	S2	0	0	26	186	264	520	4
	S3	0	25	351	230	84	307	3
	S4	6	309	604	26	1	54	0
	S5	0	31	196	271	91	405	6
	S6	0	1	88	266	161	475	9
	S7	0	99	235	186	122	351	7
	S8	207	205	326	83	17	162	0
	S9	0	100	553	138	14	195	0
	S10	0	162	202	84	37	506	9
	S11	1	81	339	300	52	224	3
	S12	45	326	359	68	12	189	1
	S13	330	510	117	23	5	15	0
	S14	124	382	419	38	8	26	0
	S15	0	87	475	232	27	179	0
	S16	1	86	420	283	48	157	5
	S17*	—	—	—	—	—	—	—
	S18	232	445	198	52	16	57	0
2ª Campanha	S1	0	77	205	161	143	414	0
	S2	0	32	149	117	68	626	8
	S3	0	0	15	178	269	458	80
	S4	276	411	215	32	10	56	0
	S5	0	14	147	292	146	387	14
	S6	0	24	179	298	120	376	3
	S7	0	15	391	398	38	155	3
	S8	39	299	569	51	7	35	0
	S9	0	129	171	249	85	362	4
	S10	50	408	324	64	17	135	2

Cp	Amostras	Areia muito grossa *(2 a 1mm)*	Areia grossa *(1 a 0,5mm)*	Areia média *(0,5 a 0,25mm)*	Areia fina *(0,25 a 0,125mm)*	Areia muito fina *(0,125 a 0,062mm)*	Silte *(0,062 a 0,00394mm)*	Argila *(0,00394 a 0,0002mm)*
	S11	306	191	241	72	19	170	1
	S12	0	100	502	227	23	147	1
	S13	28	291	635	46	0	0	0
	S14	51	328	474	93	13	41	0
	S15	47	334	461	98	15	45	0
	S16	562	110	138	84	21	83	2
	S17*	—	—	—	—	—	—	—
	S18	302	362	228	45	15	48	0
3ª Campanha	S5	0	0	14	162	211	609	4
	S6	0	0	44	140	92	711	13
	S7	83	163	229	169	39	313	4
	S9	98	172	365	234	42	89	0
	S10	0	25	177	197	61	531	9
	S11	145	250	285	167	26	127	0
	S12	7	173	616	120	12	72	0

* O elevado conteúdo de conchas, pedaços de corais e outros restos de organismos com dimensão superior à das areias (>2 mm) não permite ao método, utilizado para a análise granulométrica de todas as amostras de sedimentos, uma individualização da fração granulométrica do que aquela que foi feita

Quadro 97 – Resultados das análises físicas a amostras de sedimentos superficiais: porcentagem de sólidos (%)

% de Sólidos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
1ª campanha	71,8	49,1	81,3	77,4	62,6	59,7	64,7	76,5	70,5	65,6	68,1	65,0	69,8	75,4	84,2	72,5	71,5	69,4
2ª campanha	70,5	74,2	62,0	75,8	58,1	62,9	69,2	68,1	64,8	61,3	63,1	66,6	75,8	74,1	76,9	70,9	79,6	69,1
3ª campanha	---	---	---	---	52,4	57,8	72,3	---	71,0	64,6	73,9	38,9	---	---	---	---	---	---

Os resultados das análises químicas são resumidos nos quadros seguintes, incluindo a identificação das normas legais e respectiva classificação de conformidade.

Quadro 98 – Resultados obtidos para sedimentos superficiais (campanha 1 – período seco) e comparação com as normas legais

Parâmetros	VO | VA[1] (CON.454/12)		Resultados																
	Nível 1	Nível 2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Arsênio [mg/kg]	19	70	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3,3	<1	13	<1
Cádmio [mg/kg]	1,2	7,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo [mg/kg]	46,7	218	<1	8,9	<1	<1	<1	6,3	6,7	<1	<1	4,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cobre [mg/kg]	34,0	270	4,6	18,0	3,3	<1	4,7	6,0	14,0	<1	<1	5,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cromo [mg/kg]	81,0	370	11,0	30,0	4,5	<1	9,9	12,0	9,9	<1	5,2	15,0	8,0	6,1	42,0	3,0	41,0	6,0	59,0	4,2
Mercúrio [mg/kg]	0,3	1,0	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	0,12	0,12	<0,05	<0,05	0,095	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel [mg/kg]	20,9	51,6	2,8	12,0	<1	<1	<1	3	4,5	<1	<1	4,2	<1	<1	9,6	<1	9,9	<1	12	<1
Zinco [mg/kg]	150	410	15,0	35,0	7,1	<1	12,0	18,0	22,0	18,0	3,9	17,0	8,4	4,6	21,0	<1	3,5	<1	5,3	<1
HCH (Alfa-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,11	<0,16	<0,093	<0,097	<0,12	<0,13	<0,12	<0,098	<0,11	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	<0,10	<0,089	<0,11	<0,11	<0,11
HCH (Beta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,11	<0,16	<0,093	<0,097	<0,12	<0,13	<0,12	<0,098	<0,11	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	<0,10	<0,089	<0,11	<0,11	<0,11
HCH (Delta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,11	<0,16	<0,093	<0,097	<0,12	<0,13	<0,12	<0,098	<0,11	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	<0,10	<0,089	<0,11	<0,11	<0,11
HCH (Gama-HCH/ Lindano) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,11	<0,16	<0,093	<0,097	<0,12	<0,13	<0,12	<0,098	<0,11	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	<0,10	<0,089	<0,11	<0,11	<0,11
Clordano (Alfa) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,35	<0,51	<0,31	<0,33	<0,40	<0,42	<0,39	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Clordano (Gama) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,35	<0,51	<0,31	<0,33	<0,40	<0,42	<0,39	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
DDD [µg/kg]	1,22	7,81	<0,18	<0,26	<0,16	<0,17	<0,20	<0,21	<0,20	<0,17	<0,18	<0,20	<0,19	<0,20	<0,18	<0,17	<0,15	<0,18	<0,18	<0,18

Parâmetros	VO | VA[1] (CON.454/12)		Resultados																
	Nível 1	Nível 2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
DDE [µg/kg]	2,07	374	<0,18	<0,26	<0,16	<0,17	<0,20	<0,21	<0,20	<0,17	<0,18	<0,20	<0,19	<0,20	<0,18	<0,17	<0,15	<0,18	<0,18	<0,18
DDT [µg/kg]	1,19	4,77	<0,18	<0,26	<0,16	<0,17	<0,20	<0,21	<0,20	<0,17	<0,18	<0,20	<0,19	<0,20	<0,18	<0,17	<0,15	<0,18	<0,18	<0,18
Dieldrin [µg/kg]	0,71	4,3	<0,21	<0,31	<0,19	<0,20	<0,24	<0,26	<0,24	<0,20	<0,22	<0,23	<0,23	<0,23	<0,22	<0,20	<0,18	<0,21	<0,21	<0,22
Endrin [µg/kg]	2,67	62,4	<0,21	<0,31	<0,19	<0,20	<0,24	<0,26	<0,24	<0,20	<0,22	<0,23	<0,23	<0,23	<0,22	<0,20	<0,18	<0,21	<0,21	<0,22
Bifenilas Policloradas (PCB; soma[2]) [µg/kg]	22,7	180	<2,44	<3,57	<2,15	<2,26	9,5	<2,94	<2,71	<2,28	<2,49	<2,67	<2,57	<2,69	<2,5	<2,32	<2,08	<2,41	<2,44	<2,52
Benzo(a) antraceno [µg/kg]	280	690	0,484	6,8	3,6	0,350	2	5,1	9,2	<0,33	<0,36	0,772	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Benzo(a)pireno [µg/kg]	230	760	0,472	6,9	2,5	0,373	2,3	4,4	12	<0,33	<0,36	1,2	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Criseno [µg/kg]	300	850	0,453	8,1	4,0	<0,33	2,5	5,3	8,8	<0,33	<0,36	0,622	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Dibenzo(a,h) antraceno [µg/kg]	43,0	140	<0,35	1,1	<0,31	<0,33	0,619	0,931	1,6	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Acenafteno [µg/kg]	16,0	500	<0,35	<0,51	<0,31	<0,33	<0,40	<0,42	<0,39	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Acenaftileno [µg/kg]	44,0	640	<0,35	<0,51	<0,31	<0,33	<0,40	<0,42	<0,39	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Antraceno [µg/kg]	85,3	1100	<0,35	1,5	<0,31	<0,33	0,515	0,519	1,0	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	0,398	<0,36
Fenantreno [µg/kg]	240	1500	<0,35	2,5	0,363	0,381	1,5	1,6	3,2	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Fluoranteno [µg/kg]	600	5100	0,608	12,0	5,4	0,525	3,5	8,7	13	0,361	<0,36	0,84	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	0,325	0,483	0,417	<0,36
Fluoreno [µg/kg]	19,0	540	<0,35	<0,51	<0,31	<0,33	<0,40	<0,42	<0,39	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36

Parâmetros	VO | VA[1] (CON.454/12)		Resultados																
	Nível 1	Nível 2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
2-Metilnaftaleno [µg/kg]	70,0	670	<0,35	<0,51	<0,31	<0,33	<0,40	<0,42	<0,39	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Naftaleno [µg/kg]	160	2100	<0,35	<0,51	<0,31	<0,33	<0,40	<0,42	<0,39	<0,33	<0,36	<0,39	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	<0,35	<0,35	<0,36
Pireno [µg/kg]	665	2600	0,644	11,0	5,4	0,332	3,4	8,9	14,0	<0,33	<0,36	0,908	<0,37	<0,39	<0,36	<0,34	<0,30	0,428	0,372	<0,36
Soma PAH[3] [µg/kg]	4000	—	<5,91	69,0	28,0	<5,47	23,0	50,0	92,0	<5,54	<6,03	<6,48	<6,24	<6,52	<6,07	<5,64	<5,03	<5,86	<5,93	<6,12
Carbono orgânico total [% p/p]	10,0[1]		1,20	2,30	0,75	0,81	1,9	2,4	1,5	1,0	2,5	1,1	1,2	2,1	1,7	0,99	1,7	1,5	1,8	1,30
Nitrogênio Kjeldahl [mg/kg]	4800[1]		2344	2571	1268	229	1833	1967	2168	240	2388	2264	2004	315	133	118	431	264	242	228
Fósforo total [mg/kg]	2000[1]		225	456	126	51	235	234	318	74	165	325	185	136	195	82	1004	141	459	232

[1] VO – Valor Orientador (para água salina/salobra);
VA – Valor Alerta (aplicável a Carbono orgânico total, Nitrogênio Kjeldahl e Fósforo Total)
[2] Somatório de PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 E 180 (Resolução CONAMA n,º 454/2012)
[3] Somatório inclui, além dos compostos avaliados: benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno e indeno(1,2,3cd)perileno

Legenda:

Cumpre VA | VO – Nível 1 e 2 (Água salina/salobra)

Não cumpre VA | VO – Nível 1 (Água salina/salobra)

Não cumpre VA | VO – Nível 2 (Água salina/salobra)

Quadro 99 – Resultados obtidos para sedimentos superficiais (campanha 2 – período úmido) e comparação com as normas legais

Parâmetros	VO | VA[1] (CON,454/12)		Resultados																
	Nível 1	Nível 2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Arsênio [mg/kg]	19	70	<1	<1	<1	<1	<1	2,3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2,0	2,5	2,3	19	16	1,9
Cádmio [mg/kg]	1,2	7,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo [mg/kg]	46,7	218	7,8	4,1	7,2	1,3	5,3	4,3	4,0	1,3	3,9	3,1	2,8	2,9	<1	1,6	2,7	3,5	2,8	2,7
Cobre [mg/kg]	34,0	270	19	14,0	22	4,2	11	9,0	4,0	2,4	4,6	6,3	2,9	1,8	1,7	2,2	<1	4,6	4,9	4,2
Cromo [mg/kg]	81,0	370	13	9,1	32	2,6	18	10,0	9,9	2,6	9,0	12,0	8,8	5,8	2,9	4,5	5,4	31	45,0	6,9
Mercúrio [mg/kg]	0,3	1,0	<0,05	0,043	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel [mg/kg]	20,9	51,6	6,7	3,9	14,0	1,20	6,0	3,4	2,7	1,2	2,9	3,8	2,6	1,9	<1	1,5	<1	11	11	1,9
Zinco [mg/kg]	150	410	27	15	34,0	20,0	28,0	9,9	11,0	9,3	10,0	23,0	8,0	6,0	8,7	9,0	4,5	10	17	25
HCH (Alfa-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,11	<0,11	<0,13	<0,099	<0,13	<0,12	<0,11	<0,12	<0,12	<0,13	<0,12	<0,12	<0,09	<0,11	<0,098	<0,11	<0,09	<0,11
HCH (Beta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,11	<0,11	<0,13	<0,099	<0,13	<0,12	<0,11	<0,12	<0,12	<0,13	<0,12	<0,12	<0,09	<0,11	<0,098	<0,11	<0,09	<0,11
HCH (Delta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,11	<0,11	<0,13	<0,099	<0,13	<0,12	<0,11	<0,12	<0,12	<0,13	<0,12	<0,12	<0,09	<0,11	<0,098	<0,11	<0,09	<0,11
HCH (Gama-HCH/ Lindano) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,11	<0,11	<0,13	<0,099	<0,13	<0,12	<0,11	<0,12	<0,12	<0,13	<0,12	<0,12	<0,09	<0,11	<0,098	<0,11	<0,09	<0,11
Clordano (Alfa) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,36	<0,34	<0,41	<0,33	<0,43	<0,40	<0,37	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Clordano (Gama) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,36	<0,34	<0,41	<0,33	<0,43	<0,40	<0,37	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
DDD [µg/kg]	1,22	7,81	<0,18	<0,17	<0,21	<0,17	<0,22	<0,20	<0,19	<0,19	<0,20	<0,21	<0,20	<0,19	<0,17	<0,17	<0,17	<0,18	<0,18	<0,19

Parâmetros	VO | VA[1] (CON,454/12)		Resultados																
	Nível 1	Nível 2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
DDE [µg/kg]	2,07	374	<0,18	<0,17	<0,21	<0,17	<0,22	<0,20	<0,19	<0,19	<0,20	<0,21	<0,20	<0,19	<0,17	<0,17	<0,17	<0,18	<0,16	<0,19
DDT [µg/kg]	1,19	4,77	<0,18	<0,17	<0,21	<0,17	<0,22	<0,20	<0,19	<0,19	<0,20	<0,21	<0,20	<0,19	<0,17	<0,17	<0,17	<0,18	<0,16	<0,19
Dieldrin [µg/kg]	0,71	4,3	<0,21	<0,21	<0,25	<0,20	<0,26	<0,24	<0,22	<0,23	<0,24	<0,25	<0,24	<0,23	<0,20	<0,21	<0,20	<0,22	<0,19	<0,22
Endrin [µg/kg]	2,67	62,4	<0,22	<0,21	<0,25	<0,20	<0,26	<0,24	<0,22	<0,23	<0,24	<0,25	<0,24	<0,23	<0,20	<0,21	<0,20	<0,22	<0,19	<0,22
Bifenilas Policloradas (PCB; soma[2]) [µg/kg]	22,7	180	<2,5	<2,36	<2,82	<2,31	<3,01	<2,79	<2,60	<2,57	<2,70	<2,86	<2,77	<2,63	<2,31	<2,36	<2,27	<2,47	<2,20	<2,53
Benzo(a) antraceno [µg/kg]	280	690	42	0,901	7,3	<0,33	5,2	1,4	1,2	0,451	<0,39	0,458	0,419	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	0,404	<0,32	0,507
Benzo(a)pireno [µg/kg]	230	760	36	1,2	8,9	<0,33	7,6	1,3	1,1	0,707	<0,39	0,633	0,614	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	0,586	<0,32	0,738
Criseno [µg/kg]	300	850	44	0,851	6,2	<0,33	5,9	1,6	1,2	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Dibenzo(a,h) antraceno [µg/kg]	43,0	140	1,4	0,370	1,4	<0,33	1,3	0,502	<0,37	0,415	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Acenafteno [µg/kg]	16,0	500	0,699	<0,34	<0,41	<0,33	<0,43	<0,40	<0,37	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Acenaftileno [µg/kg]	44,0	640	2,8	<0,34	<0,41	<0,33	1,0	<0,40	<0,37	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Antraceno [µg/kg]	85,3	1100	2,8	<0,34	0,918	<0,33	0,493	<0,40	<0,37	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Fenantreno [µg/kg]	240	1500	26	<0,34	3,3	<0,33	2,3	0,470	0,611	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Fluoranteno [µg/kg]	600	5100	89	0,994	10	<0,33	8,8	1,9	1,3	0,390	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	0,363	<0,32	<0,37
Fluoreno [µg/kg]	19,0	540	0,923	<0,34	<0,41	<0,33	<0,43	<0,40	<0,37	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37

Parâmetros	VO | VA[1] (CON,454/12)		Resultados																
	Nível 1	Nível 2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
2-Metilnaftaleno [µg/kg]	70,0	670	<0,36	<0,34	<0,41	<0,33	<0,43	<0,40	<0,37	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Naftaleno [µg/kg]	160	2100	1,0	<0,34	<0,41	<0,33	<0,43	<0,40	<0,37	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Pireno [µg/kg]	665	2600	81	0,918	9,0	<0,33	7,1	1,9	1,7	<0,37	<0,39	<0,41	<0,40	<0,38	<0,33	<0,34	<0,33	<0,36	<0,32	<0,37
Soma PAH[3] [µg/kg]	4000	—	390	69,0	8,9	<5,61	67	14,0	10	<6,24	<6,55	<6,93	<6,72	<6,38	<5,61	<5,73	<5,51	<5,99	<5,33	<6,14
Carbono orgânico total [% p/p]	10,0[1]		4,0	2,30	0,95	0,37	2,0	3,0	1,1	0,33	1,30	1,4	3,4	1,4	0,57	1,1	1,1	3,5	0,58	1,0
Nitrogênio Kjeldahl [mg/kg]	4800[1]		306	2571	2152	162	382	631	1738	177	1464	245	359	2919	151	155	126	113	221	196
Fósforo total [mg/kg]	2000[1]		238	456	245	66	303	195	692	68	211	237	174	142	71	107	98	416	472	176

Legenda:

Cumpre VA | VO – Nível 1 e 2 (Água salina/salobra)

Não cumpre VA | VO – Nível 1 (Água salina/salobra)

Não cumpre VA | VO – Nível 2 (Água salina/salobra)

Quadro 100 – Resultados obtidos para sedimentos superficiais (campanha 3 – período úmido) e comparação com as normas legais

Parâmetros	VO | VA[1] (CON.454/12)		Resultados						
	Nível 1	Nível 2	S5	S6	S7	S9	S10	S11	S12
Arsênio [mg/kg]	19	70	<1	<1	<1	<1	<1	2,27	2,26
Cádmio [mg/kg]	1,2	7,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo [mg/kg]	46,7	218	16,1	8,37	2,28	2,34	11,1	2,79	1,59
Cobre [mg/kg]	34,0	270	11,1	7,45	<1	1,25	4,28	<1	<1
Cromo [mg/kg]	81,0	370	19	14,2	3,5	6,74	12,7	4,94	3,01
Mercúrio [mg/kg]	0,3	1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel [mg/kg]	20,9	51,6	6,9	4,91	1,11	2,03	4,14	1,46	<1
Zinco [mg/kg]	150	410	35,3	22,4	3,89	5,76	19,2	11,9	2,4
HCH (Alfa-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,14	<0,13	<0,1	<0,11	<0,12	<0,1	<0,19
HCH (Beta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,14	<0,13	<0,1	<0,11	<0,12	<0,1	<0,19
HCH (Delta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,14	<0,13	<0,1	<0,11	<0,12	<0,1	<0,19
HCH (Gama-HCH/ Lindano) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,14	<0,13	<0,1	<0,11	<0,12	<0,1	<0,19
Clordano (Alfa) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,47	<0,43	<0,34	<0,35	<0,39	<0,34	<0,64
Clordano (Gama) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,47	<0,43	<0,34	<0,35	<0,39	<0,34	<0,64
DDD [µg/kg]	1,22	7,81	<0,24	<0,22	<0,17	<0,18	<0,19	<0,17	<0,32
DDE [µg/kg]	2,07	374	<0,24	<0,22	<0,17	<0,18	<0,19	<0,17	<0,32
DDT [µg/kg]	1,19	4,77	<0,24	<0,22	<0,17	<0,18	<0,19	<0,17	<0,32
Dieldrin [µg/kg]	0,71	4,3	<0,28	<0,26	<0,21	<0,21	<0,22	<0,2	<0,38
Endrin [µg/kg]	2,67	62,4	<0,28	<0,26	<0,21	<0,21	<0,23	<0,2	<0,38
Bifenilas Policloradas (PCB; soma[2]) [µg/kg]	22,7	180	<3,3	<3	<2,4	<2,5	<2,7	<2,4	<4, 5
Benzo(a) antraceno [µg/kg]	280	690	<0,47	1,56	<0,34	<0,35	<0,39	<0,34	<0,64
Benzo(a)pireno [µg/kg]	230	760	<0,47	0,82	<0,34	<0,35	<0,39	<0,34	<0,64
Criseno [µg/kg]	300	850	<0,47	3,99	<0,34	<0,35	<0,39	<0,34	<0,64
Dibenzo(a,h)	43,0	140	<0,47	<0,43	<0,34	<0,35	<0,39	<0,34	<0,64

Parâmetros	VO | VA[1] (CON.454/12)		Resultados						
	Nível 1	Nível 2	S5	S6	S7	S9	S10	S11	S12
antraceno [µg/kg]									
Acenafteno [µg/kg]	16,0	500	<0,47	3,41	<0,34	1,25	1,09	1,3	8,14
Acenaftileno [µg/kg]	44,0	640	<0,47	8,69	<0,34	2,88	2,53	2,26	<0,64
Antraceno [µg/kg]	85,3	1100	1,92	1,22	0,73	0,478	0,576	0,578	3,39
Fenantreno [µg/kg]	240	1500	1,53	1,08	1,3	0,538	0,775	1,2	2,54
Fluoranteno [µg/kg]	600	5100	4,82	1,67	2,54	0,506	1,19	0,694	1,75
Fluoreno [µg/kg]	19,0	540	<0,47	0,58	0,455	0,449	0,508	0,991	1,88
2-Metilnaftaleno [µg/kg]	70,0	670	<0,47	<0,43	<0,34	<0,35	<0,39	<0,34	<0,64
Naftaleno [µg/kg]	160	2100	<0,47	0,574	<0,34	<0,35	<0,39	<0,34	0,996
Pireno [µg/kg]	665	2600	2,13	1,67	2,19	0,416	1,04	0,401	1,92
Soma PAH[3] [µg/kg]	4000	—	10,4	26,8	7,22	6,52	7,71	7,42	20,6
Carbono orgânico total [% p/p]	10,0[1]		2,94	2,22	1,08	0,77	2,09	1,33	0,68
Nitrogênio Kjeldahl [mg/kg]	4800[1]		362	579	399	165	503	627	406
Fósforo total [mg/kg]	2000[1]		607	438	137	189	322	235	112

[1] VO – Valor Orientador (para água salina/salobra);
VA – Valor Alerta (aplicável a Carbono orgânico total, Nitrogênio Kjeldahl e Fósforo Total)
[2] Somatório de PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 E 180 (Resolução CONAMA n,º 454/2012)
[3] Somatório inclui, além dos compostos avaliados: benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno e indeno(1,2,3cd)perileno

Legenda:

Cumpre VA | VO – Nível 1 e 2 (Água salina/salobra)

Não cumpre VA | VO – Nível 1 (Água salina/salobra)

Não cumpre VA | VO – Nível 2 (Água salina/salobra)

Sedimentos em profundidade

Nos Quadros que se seguem, apresentam-se os resultados de **análise granulométrica** às amostras de sedimentos em profundidade bem como das respectivas porcentagens de sólidos.

Quadro 101 – Resultados das análises físicas a amostras de sedimentos em profundidade: frações granulométricas (g/kg)

Estações	**Areia muito grossa** *(2 a 1mm)*	**Areia grossa** *(1 a 0.5mm)*	**Areia média** *(0,5 a 0,25mm)*	**Areia fina** *(0,25 a 0,125mm)*	**Areia muito fina** *(0,125 a 0,062mm)*	**Silte** *(0,062 a 0,00394mm)*	**Argila** *(0,00394 a 0,0002mm)*
S17-1 (33,0-34,0m)	28	280	532	126	7	27	0
S17 (36,0-37,0m)	0	95	403	236	38	188	40
S20 (16-17,8m)	0	0	80	90	71	681	78
S20 (22,7-23,5m)	0	0	0	23	28	621	76
SP15E (23-24m)	382	327	182	40	2	67	0
SP15E (25- 26,7 m)	370	339	172	48	2	69	0

Quadro 102 – Resultados das análises físicas a amostras de sedimentos em profundidade: porcentagem de sólidos (%)

Estações	Porcentagem de Sólidos
S17-1 (33,0-34,0m)	80,6
S17-2 (36,0-37,0m)	79,3
S20-1 (16,0-17,8m)	73,1
S20-2 (22,7-23,5m)	79,8
SP15E (23-24m)	84,1
SP15E (25- 26,7 m)	84,5

Os resultados analíticos dos ensaios químicos produzidos para o conjunto de amostras de sedimentos em profundidade são resumidos no quadro que se segue, incluindo a identificação das normas legais a verificar e respectiva classificação de conformidade.

Quadro 103 – Resultados obtidos para sedimentos em profundidade (campanha 1 – período seco) e comparação com as normas legais

Parâmetros	VO | VA[1] (CON.454/2012)		Resultados			
	Nível 1	Nível 2	S17-1 *(33,0-34,0m)*	S17-2 *(36,0-37,0m)*	S20-1 *(16,0-17,8m)*	S20-2 *(22,7-23,5m)*
Arsênio [mg/kg]	19	70	<1	<1	<1	<1
Cádmio [mg/kg]	1,2	7,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chumbo [mg/kg]	46,7	218	<1	<1	4,9	<1
Cobre [mg/kg]	34	270	<1	<1	59	41
Cromo [mg/kg]	81	370	<1	3,3	62	11
Mercúrio [mg/kg]	0,3	1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Níquel [mg/kg]	20,9	51,6	<1	<1	37	15
Zinco [mg/kg]	150	410	58	11	41	46
HCH (Alfa-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,093	<0,095	<0,110	<0,094
HCH (Beta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,093	<0,095	<0,110	<0,094
HCH (Delta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,093	<0,095	<0,110	<0,094
HCH (Gama-HCH/ Lindano) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,093	<0,095	<0,110	<0,094
Clordano (Alfa) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,310	<0,320	<0,350	<0,320
Clordano (Gama) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,310	<0,320	<0,350	<0,320
DDD [µg/kg]	1,22	7,81	<0,160	<0,160	<0,180	<0,160
DDE [µg/kg]	2,07	374	<0,160	<0,160	<0,180	<0,160
DDT [µg/kg]	1,19	4,77	<0,160	<0,160	<0,180	<0,160
Dieldrin [µg/kg]	0,71	4,3	<0,190	<0,190	<0,210	<0,190
Endrin [µg/kg]	2,67	62,4	<0,190	<0,190	<0,210	<0,190
Bifenilas Policloradas (PCB; soma[2]) [µg/kg]	22,7	180	<2,17	<2,2	<2,39	<2,19
Benzo(a)antraceno [µg/kg]	280	690	0,823	0,536	0,502	0,402
Benzo(a)pireno [µg/kg]	230	760	0,762	0,687	0,698	0,548
Criseno [µg/kg]	300	850	2,3	0,655	0,855	0,564
Dibenzo(a,h)antraceno [µg/kg]	43	140	<0,310	<0,320	<0,350	<0,320
Acenafteno [µg/kg]	16	500	<0,310	<0,320	<0,350	<0,320
Acenaftileno [µg/kg]	44	640	<0,310	<0,320	<0,350	<0,320
Antraceno [µg/kg]	85,3	1100	<0,310	<0,320	<0,350	<0,320
Fenantreno [µg/kg]	240	1500	1,2	0,420	1,1	0,699
Fluoranteno [µg/kg]	600	5100	2,5	0,723	1,1	0,685
Fluoreno [µg/kg]	19	540	<0,310	<0,320	<0,350	<0,320
2-Metilnaftaleno [µg/kg]	70	670	<0,310	<0,320	<0,350	<0,320

Parâmetros	VO | VA[1] (CON.454/2012)		Resultados			
	Nível 1	Nível 2	S17-1 *(33,0-34,0m)*	S17-2 *(36,0-37,0m)*	S20-1 *(16,0-17,8m)*	S20-2 *(22,7-23,5m)*
Naftaleno [µg/kg]	160	2100	<0,310	<0,320	<0,350	<0,320
Pireno [µg/kg]	665	2600	2,0	0,653	0,903	0,582
Soma PAH[3] [µg/kg]	4000	—	15,0	6,40	8,90	5,50
Carbono orgânico total [% p/p]	10[1]		0,80	0,80	0,60	1,10
Nitrogênio Kjeldahl [mg/kg]	4800[1]		1279	1516	1470	1808
Fósforo total [mg/kg]	2000[1]		57	324	404	201

[1] VO – Valor Máximo Permitido (para água salina/salobra);
VA – Valor Alerta (aplicável a Carbono orgânico total, Nitrogênio Kjeldahl e Fósforo Total)
[2] Somatório de PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 E 180 (Resolução CONAMA n.º 454/2012)
[3] Somatório inclui, além dos compostos avaliados: benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno e indeno(1,2,3cd)perileno

Legenda:

Cumpre VA | VO – Nível 1 e 2 (Água salina/salobra)

Não cumpre VA | VMP – Nível 1 (Água salina/salobra)

Não cumpre VA | VO – Nível 2 (Água salina/salobra)

Quadro 104 – Resultados obtidos para sedimentos em profundidade (campanha 2 – período úmido) e comparação com as normas legais

Parâmetros	VO | VA[1] (CON.454/2012)		Resultados	
	Nível 1	Nível 2	S15-1 *(23,0-24,0m)*	S15-2 *(25,0-36,7m)*
Arsênio [mg/kg]	19	70	<1	<1
Cádmio [mg/kg]	1,2	7,2	<0,1	<0,1
Chumbo [mg/kg]	46,7	218	2,9	2,1
Cobre [mg/kg]	34	270	4,2	5,6
Cromo [mg/kg]	81	370	9,1	8,2
Mercúrio [mg/kg]	0,3	1,0	<0,05	<0,05
Níquel [mg/kg]	20,9	51,6	4,4	4,6
Zinco [mg/kg]	150	410	14	14
HCH (Alfa-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,09	<0,089
HCH (Beta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,09	<0,089
HCH (Delta-HCH) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,09	<0,089
HCH (Gama-HCH/ Lindano) [µg/kg]	0,32	0,99	<0,09	<0,089

Parâmetros	VO | VA[1] (CON.454/2012)		Resultados	
	Nível 1	Nível 2	S15-1 *(23,0-24,0m)*	S15-2 *(25,0-36,7m)*
Clordano (Alfa) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,3	<0,3
Clordano (Gama) [µg/kg]	2,26	4,79	<0,3	<0,3
DDD [µg/kg]	1,22	7,81	<0,15	<0,15
DDE [µg/kg]	2,07	374	<0,15	<0,15
DDT [µg/kg]	1,19	4,77	<0,15	<0,15
Dieldrin [µg/kg]	0,71	4,3	<0,18	<0,18
Endrin [µg/kg]	2,67	62,4	<0,18	<0,18
Bifenilas Policloradas (PCB; soma[2]) [µg/kg]	22,7	180	<2,09	<2,08
Benzo(a)antraceno [µg/kg]	280	690	0,6	1,1
Benzo(a)pireno [µg/kg]	230	760	1,0	1,6
Criseno [µg/kg]	300	850	1,1	1,8
Dibenzo(a,h)antraceno [µg/kg]	43	140	<0,3	0,626
Acenafteno [µg/kg]	16	500	<0,3	0,351
Acenaftileno [µg/kg]	44	640	<0,3	<0,3
Antraceno [µg/kg]	85,3	1100	<0,3	<0,3
Fenantreno [µg/kg]	240	1500	0,792	1,9
Fluoranteno [µg/kg]	600	5100	1,3	2,7
Fluoreno [µg/kg]	19	540	<0,3	0,325
2-Metilnaftaleno [µg/kg]	70	670	<0,30	<0,30
Naftaleno [µg/kg]	160	2100	<0,30	<0,30
Pireno [µg/kg]	665	2600	1,2	2,1
Soma PAH[3] [µg/kg]	4000	—	11,0	19,0
Carbono orgânico total [% p/p]	10[1]		1,3	0,98
Nitrogênio Kjeldahl [mg/kg]	4800[1]		1580	1573
Fósforo total [mg/kg]	2000[1]		57	55

[1] VO – Valor Máximo Permitido (para água salina/salobra);
VA – Valor Alerta (aplicável a Carbono orgânico total, Nitrogênio Kjeldahl e Fósforo Total)
[2] Somatório de PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 E 180 (Resolução CONAMA n,º 454/2012)
[3] Somatório inclui, além dos compostos avaliados: benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno e indeno(1,2,3cd)perileno

E. Discussão de resultados

Granulometria e relação com fácies sedimentológica da BTS

Os sedimentos superficiais coletados enquadram-se na fácies predominante na BTS (ver Figura 189). A maioria destes sedimentos superficiais corresponde a areias, que pontualmente possuem uma maior componente siltosa.

Apenas onze das quarenta e três amostras superficiais coletadas (1ª campanha/período seco: S2, S5, S6, S7 e S10; 2ª campanha/período úmido:S2, S3 e S4; 3ª campanha/período úmido:S5, S6, S10) possuem mais de 40% de silte na sua composição. Em todas as amostras a presença de fração argilosa é residual, verificando-se apenas três casos em que esta representa mais de 1% (amostras S2, S5 e S6 coletadas em período úmido).

Em termos de análise transversal, observa-se que as amostras coletadas mais próximo da margem de Salvador tendem a apresentar um maior peso de frações finas (areias muito finas, areias finas e areias siltosas) face às amostras coletadas do lado da Ilha de Itaparica.

Relativamente às amostras coletadas na zona da Ponte do Funil – S4 e S8 –, não se verificam variações significativas no conteúdo granulométrico, ou seja, em ambas as campanhas os fundos são constituídos maioritariamente por areias grossas a médias. Refira-se contudo que, na 2ª campanha/período úmido, na estação S4 se verificou um ligeiro incremento da componente areia muito grossa em detrimento da areia de granulometria média, enquanto na estação S8 se verificou uma pequena redução da componente grosseira e um aumento da areia média.

No caso dos sedimentos em profundidade, à exceção da estação S20, verifica-se igualmente um predomínio da componente grosseira (arenosa). Quer as amostras coletadas na estação S17, quer as amostras coletadas na estação S15, apresentam porcentagens de areias superiores a 70%. No caso das amostras coletadas na sondagem S20 predomina a fração siltosa (mais de 60% do total das amostras), verificando-se a presença ainda de argila (cerca de 8%).

A diferença granulométrica entre as amostras coletadas nas estações S15 e S17 e a estação S20 está relacionada com as unidades geotécnicas em que as mesmas foram coletadas. Conforme mostram os perfis geológico-geotécnicos das sondagens onde estas amostras foram obtidas (GEOFORT, 2014), as amostras das estações S15 e

S17 foram coletadas na unidade identificada como transportado aluvionar, correspondendo à cobertura sedimentar mais recente, dominada por areias siltosas, enquanto as amostras coletadas na estação S20 foram obtidas na unidade geotécnica rocha sedimentar, onde predominam os argilitos com intercalações de siltitos.

Grau de contaminação dos sedimentos

Os resultados das análises químicas mostram que a totalidade dos sedimentos superficiais coletados não apresentam contaminação, classificando-se as amostras como Nível 1 para efeitos de material a ser escavado (Tabela III da Resolução CONAMA n.º 454/2012), sendo reduzida a probabilidade de efeitos adversos ao meio aquático e ao biota.

Acresce ainda que, para os parâmetros carbono orgânico total e nutrientes (nitrogênio Kjeldahl e fósforo), não foram atingidos os valores de alerta tabelados (Tabela IV da Resolução CONAMA n.º 454/2012).

No caso dos sedimentos em profundidade observaram-se alguns problemas, pontuais, de contaminação, referentes a níveis coletados na sondagem S20. Ambas as amostras S20 indicam uma elevação dos valores de cobre face ao valor orientador para materiais escavados de Nível 1, ainda que esse aumento não seja significativamente expressivo. Para a amostra S20-2, acresce ainda a não conformidade com o valor orientador para materiais escavados de Nível 1 para o parâmetro níquel.

Assim, as amostras S20 são classificadas entre o Nível 1 e o Nível 2 (Tabela III da Resolução CONAMA n.º 454/2012). Refira-se que para os parâmetros carbono orgânico total e nutrientes (nitrogênio Kjeldahl e fósforo) não foram atingidos os valores de alerta tabelados (Tabela IV da Resolução CONAMA n.º 454/2012).

A concentração detectada de cobre e níquel nos sedimentos em profundidade sugere uma situação de contaminação localizada no espaço e no tempo.

A utilização do **cobre** é diversa, destacando-se a fundição de cobre e de aço, a indústria do plástico e o tratamento de efluentes. No caso do níquel a utilização ocorre sobretudo associada a ligas metálicas, em baterias, sendo as principais origens deste

metal as fundições de cobre e níquel, a indústria química, as refinarias de petróleo, os aterros e a incineração de resíduos e as lamas de efluentes.

A estação S20 localiza-se próximo da Ilha de Itaparica, a menos de 1 km da margem, pelo que a contaminação detectada poderá estar relacionada com os problemas de esgotamento sanitário que há vários anos são conhecidos na BTS. Hatje e Andrade (2009) referem que o esgotamento doméstico, fonte reconhecida de cobre, é lançado *in natura* em diversas regiões do entorno da baía, bem como nas ilhas, e é certamente um importante vetor de aporte de cobre em toda a BTS. O fato desta contaminação ser profunda, sendo as concentrações de cobre à superfície relativamente reduzidas (S18 na 1ª campanha apresenta concentração em cobre < 1 mg/kg e na 2ª campanha valores de 4,2 mg/kg), evidencia que a fonte de contaminação não será atual.

A excedência em **níquel** na amostra S20-1 deverá igualmente corresponder a uma situação de contaminação pontual (por exemplo uma bateria que terá ficado nos fundos da BTS) que terá ocorrido há vários anos, uma vez que nenhuma outra amostra, quer superficial, quer profunda, apresenta concentrações, deste metal, superiores ao Nível 1.

2.11. Oceanografia e hidrodinâmica costeira

2.11.1. Introdução

O presente capítulo trata do diagnóstico da oceanografia, hidrodinâmica costeira e modelagem matemática na Baía de Todos os Santos (BTS). Este relatório foi elaborado de modo a apresentar uma avaliação dos estudos efetuados anteriormente complementados com simulações dos modelos MOHID e SWAN.

Os aspectos relevantes sobre a implementação e validação dos modelos são apresentados no Anexo 5 (Anexos do Volume 2 – Tomo 1).

2.11.2. Estudos anteriores

Diversos estudos de caráter técnico e científico foram desenvolvidos na BTS até à data. Os estudos efetuados abrangem a caracterização da hidrodinâmica e do

transporte de contaminantes, caracterização da hidrologia e qualidade ambiental (coluna de água, sedimentos e parte bentônica).

O resumo de trabalhos considerados como relevantes para efetuar o diagnóstico da caracterização hidrodinâmica e de transporte de sedimentos na BTS sumariam-se no Quadro 105 e Quadro 106. O Quadro 105 resume as publicações científicas e o Quadro 106 os trabalhos técnicos.

Quadro 105 – Principais publicações científicas, consideradas como mais relevantes, para efetuar o diagnóstico da caracterização hidrodinâmica e de transporte de sedimentos na BTS

Ano	Título do Estudo	Referência
2001	The tides and tidal circulation of Todos os Santos Bay, northeast Brazil: a general characterization	Lessa, G. C.; Dominguez J. M. L.; Bittencourt A. C. S. P.; Brichta, A. (2001) The tides and tidal circulation of Todos os Santos Bay, northeast Brazil: a general characterization. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 73, n. 2, p. 245–261.
2002	Análise hidrodinâmica da Baía de Todos os Santos	Xavier, A. G. (2002) Análise hidrodinâmica da Baía de Todos os Santos. Tese de doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 222 p.
2002	The freshwater discharge in Todos os Santos Bay and its significance to the general water circulation	Lima, G. M. P. e Lessa, G. C. (2002) The freshwater discharge in Todos os Santos Bay and its significance to the general water circulation. Revista Pesquisas. Porto Alegre (RS), v. 28, p. 85-98.
2006	Avaliação dos efeitos da Barragem de Pedra do Cavalo sobre a circulação estuarina do Rio Paraguaçu e Baía de Iguape	Genz, F. (2006) Avaliação dos efeitos da Barragem de Pedra do Cavalo sobre a circulação estuarina do Rio Paraguaçu e Baía de Iguape. Tese de doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, Brasil, 266 p.
2007	Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil	Cirano, M.; Lessa, G. C. (2007) Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. Revista Brasileira de Geofísica, v. 25, p. 363-387.
2009	Varying patterns of water circulation in Canal de Cotegipe, Baía de Todos os Santos	Pereira, M. G. e Lessa, G. C. (2009) Varying patterns of water circulation in Canal de Cotegipe, Baía de Todos os Santos. Revista Brasileira de Geofísica, v. 27 (no prelo).
2010	Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis	Pianca, C., Mazzini, P. L. F. e Siegle, E. (2010) Brazilian offshore wave climate based on NWW3

Ano	Título do Estudo	Referência
		reanalysis. Braz. j. oceanogr. 2010, vol.58, n.1, pp. 53-70.
2013	Validation of a thirty year wave hindcast using the Climate forecast System Reanalysis winds.	Chawla, A., Spindler, M. D. e Tolman,H. (2013) Validation of a thirty year wave hindcast using the Climate forecast System Reanalysis winds. Ocean Modelling, Vol. 70, pp. 189-206.

Quadro 106 – Principais estudos realizados, considerados como os mais revelantes, para efetuar o diagnóstico da caracterização hidrodinâmica e de transporte de sedimentos na BTS

Ano	Título do Estudo	Objetivo	Autor
1995	Caracterização Física das Águas Costeiras na Área de Influência do SDOE do Rio Vermelho	Apresentação dos resultados obtidos com os estudos de oceanografia física, tecendo considerações sobre os resultados obtidos com os estudos de diluição e dispersão realizados, e sobre os dados hidrodinâmicos disponíveis	Hydros Engenharia e Planejamento Ltda
1996	Bahia Azul – Um Projeto de Saneamento Ambiental / Trabalho Apresentado no VII SILUBESA – Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental	Relatório de avaliação da qualidade das águas e sedimentos da BTS, visando a confeção de um diagnóstico da situação de contaminação da BTS, e suas necessidades na área de saneamento ambiental e controle da contaminação de águas e sedimentos costeiros	CRA – Centro de Recursos Ambientais
1996	Plano Diretor de Recursos Hídricos Bacia do Médio e Baixo Paraguaçu Volume I – Diagnóstico / “Tomo III – Diagnóstico Ambiental”	Diagnóstico da qualidade das águas na bacia do baixo e médio Paraguaçu, objetivando a caracterização qualitativa dos recursos hídricos desta parte da bacia hidrográfica.	Latin Consult
1997	Qualidade das Águas e Sedimentos da Baía de Todos os Santos	Avaliação da qualidade ambiental da BTS, com referência à condição de balneabilidade das praias e a qualidade das águas costeiras e sedimentos da região infralitoral	CRA – Centro de Recursos Ambientais

Ano	Título do Estudo	Objetivo	Autor
2000	Saneamento ambiental da Baía de Todos os Santos. Modelamento e avaliação ambiental	Desenvolvimento de modelos computacionais de circulação hidrodinâmica, de transporte de contaminantes e de qualidade de água da BTS, e elaboração do seu diagnóstico. Relatório dos estudos básicos. Technical Report RT- 257-03-GR-002-RF, 248 p., Centro de Recursos Ambientais, Salvador, Bahia, Brazil	Consórcio HYDROS Engenharia e Planejamento Ltda e CH2M Hill International Ltda
2001	Saneamento ambiental da Baía de Todos os Santos. Modelamento e avaliação ambiental	Desenvolvimento de modelos computacionais de circulação hidrodinâmica, de transporte de contaminantes e de qualidade da água da BTS. Prognóstico dos efeitos do Programa Bahia Azul com relação à balneabilidade das praias. Technical Report RT-257-05-MA-003-RF, 262 p., Centro de Recursos Ambientais, Salvador, Bahia, Brazil	Consórcio HYDROS Engenharia e Planejamento Ltda e CH2M Hill International Ltda
2003	Diagnóstico ambiental marinho da área de influência da Refinaria Landulpho Alves Mataripe	PETROBRAS/FUNDESPA. (2003) Diagnóstico ambiental marinho da área de influência da Refinaria Landulpho Alves Mataripe (DAMARLAM). Relatório Final. São Paulo, FUNDESPA.	FUNDESPA
2005	Programa de monitoramento ambiental do ecossistema estuarino na área de influência da Refinaria Landulpho Alves	PETROBRAS/FUSP. (2005) Programa de monitoramento ambiental do ecossistema estuarino na área de influência da Refinaria Landulpho Alves (PROMARLAM). Relatório Final. São Paulo, FUSP.	FUSP

2.11.3. Abrangência dos dados

Os trabalhos efetuados até à data na BTS abrangem um conjunto distinto de dados oceanográficos, os quais incluem: i) nível do mar, ii) correntes, iii) salinidade e temperatura e iv) sedimentos.

Os primeiros dados de nível de maré na BTS foram obtidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) entre 1947 e 1988 (HYDROS, 1995). A DHN

monitorizou 9 estações (Figura 198) com uma frequência horária, ao longo de períodos que variaram entre uma semana (São Francisco do Conde) e um ano (Salvador). Seguiu-se o monitoramento efetuada no escopo do Programa Bahia Azul levado a cabo pelo Centro de Recursos Ambientais-CRA (CRA,1996; CRA, 1997; CRA, 2000; CRA, 2001), nos meses de janeiro e maio de 1999. Neste programa de monitoração o sinal de maré foi obtido simultaneamente por 15 dias em 7 estações (Figura 198) em intervalos de 15 minutos. Da totalidade das estações de monitoramento apenas uma delas, Madre de Deus, foi coincidente com as estações anteriores da DHN. Mais recentemente, Genz (2006) e Pereira e Lessa (2009) monitorizaram as oscilações de maré em 4 estações (Figura 198), especificamente Base Naval de Aratu, São Roque, Najé e Cachoeira (todas elas coincidentes com as estações da DHN). Neste estudo, os registros foram obtidos para períodos de tempo superiores a 1 mês com uma frequência de 3 minutos.

A magnitude e direção das correntes na BTS foram obtidas, pela primeira vez, em 1974 pela DHN (Figura 198), tendo sido analisadas por Lessa *et al.* (2001). O estudo da DHN inclui o monitoramento das correntes em 15 estações distribuídas próximo aos portos de Aratu, Salvador, Madre de Deus e Itaparica. No escopo do Programa Bahia Azul foi efetuado um programa de monitoramento do campo de correntes na BTS (CRA, 2000; CRA, 2001) mais extenso e completo do que o efetuado anteriormente. O monitoramento compreendeu 15 dias no verão e inverno de 1999, abrangendo 11 estações dentro da baía (Figura 198). Este monitoramento compreendeu ainda perfilagens horárias com um CTD durante 13 horas em dois dias consecutivos nas estações #1 a #8 (Figura 198), para condições de marés de sizígia e de quadratura, nos meses de janeiro (verão) e maio/junho (inverno) de 1999. Mais recentemente, foram obtidos de salinidade pela PETROBAS/FUNDESPA (2003), PETROBRAS/FUSP (2005) e Genz (2006), que serviram para atualizar os dados analisados por Lima e Lessa (2002).

Ao abrigo dos presentes estudos ambientais foram realizadas duas campanhas de coleta de dados primários de qualidade da água e de sedimentos (entre outros), uma no período seco e outra no período úmido, na BTS. Os dados e análises correspondentes, incluindo as variáveis salinidade, temperatura e turbidez, podem ser encontradas na secção 2.8.2 – Qualidade dos recursos hídricos superficiais)

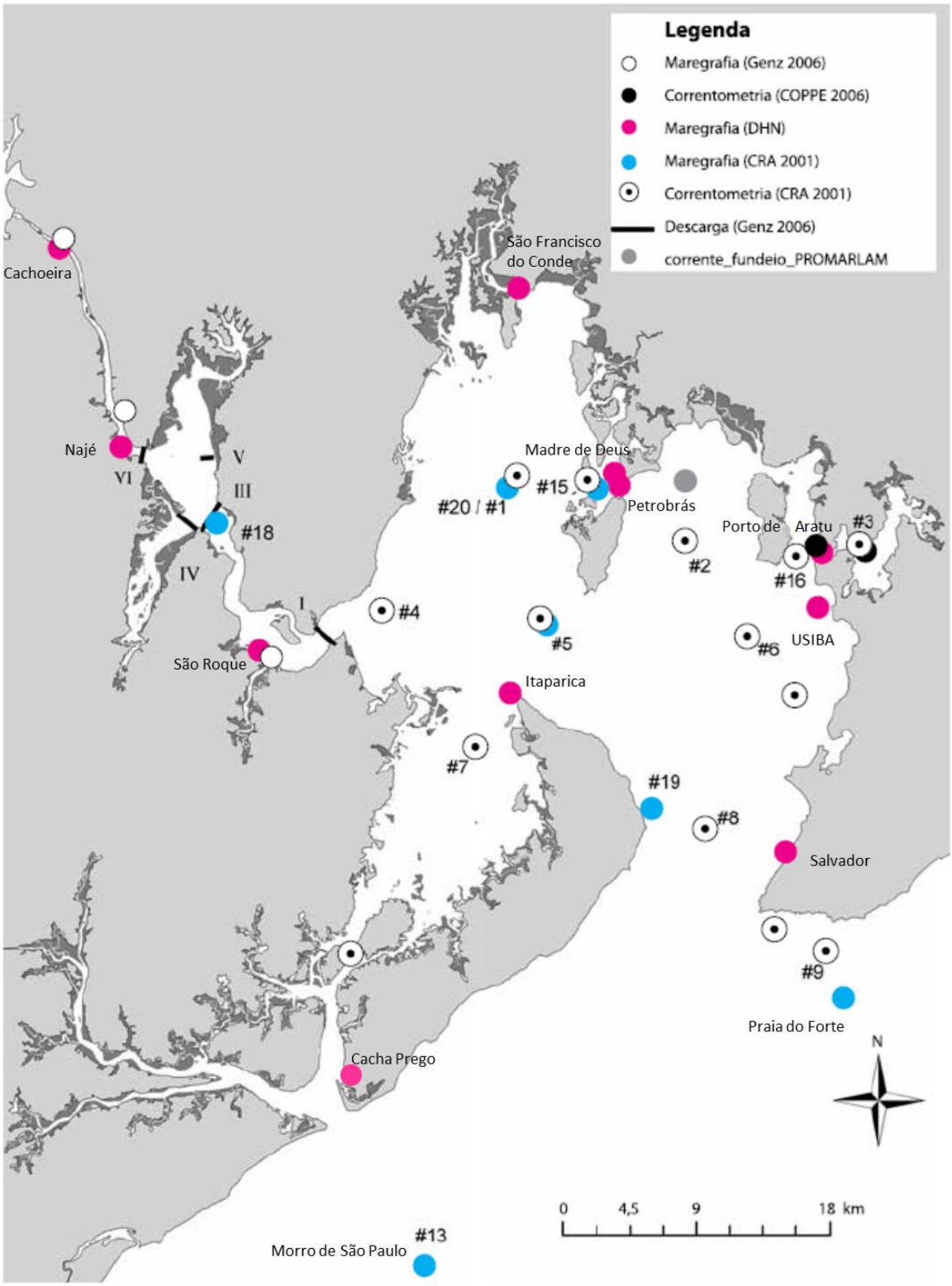


Figura 198 – Localização das estações de monitoramento de marés, correntes e salinidade e temperatura na BTS dos estudos efetuados até à data (adaptado de Hatje e Andrade, 2009)

2.11.4. Área de estudo

A BTS (BTS, Figura 199) fica localizada na costa litoral brasileira do estado da Bahia, entre a latitude de 12°50’ S e a longitude de 38°38’ W e tem uma área de cerca de 1233 km^2. Na maior parte da sua extensão, a BTS é rasa, com profundidade média de 6 m e máxima de 70 m, no paleovale do rio Paraguaçu (HATJE, ANDRADE, 2009).

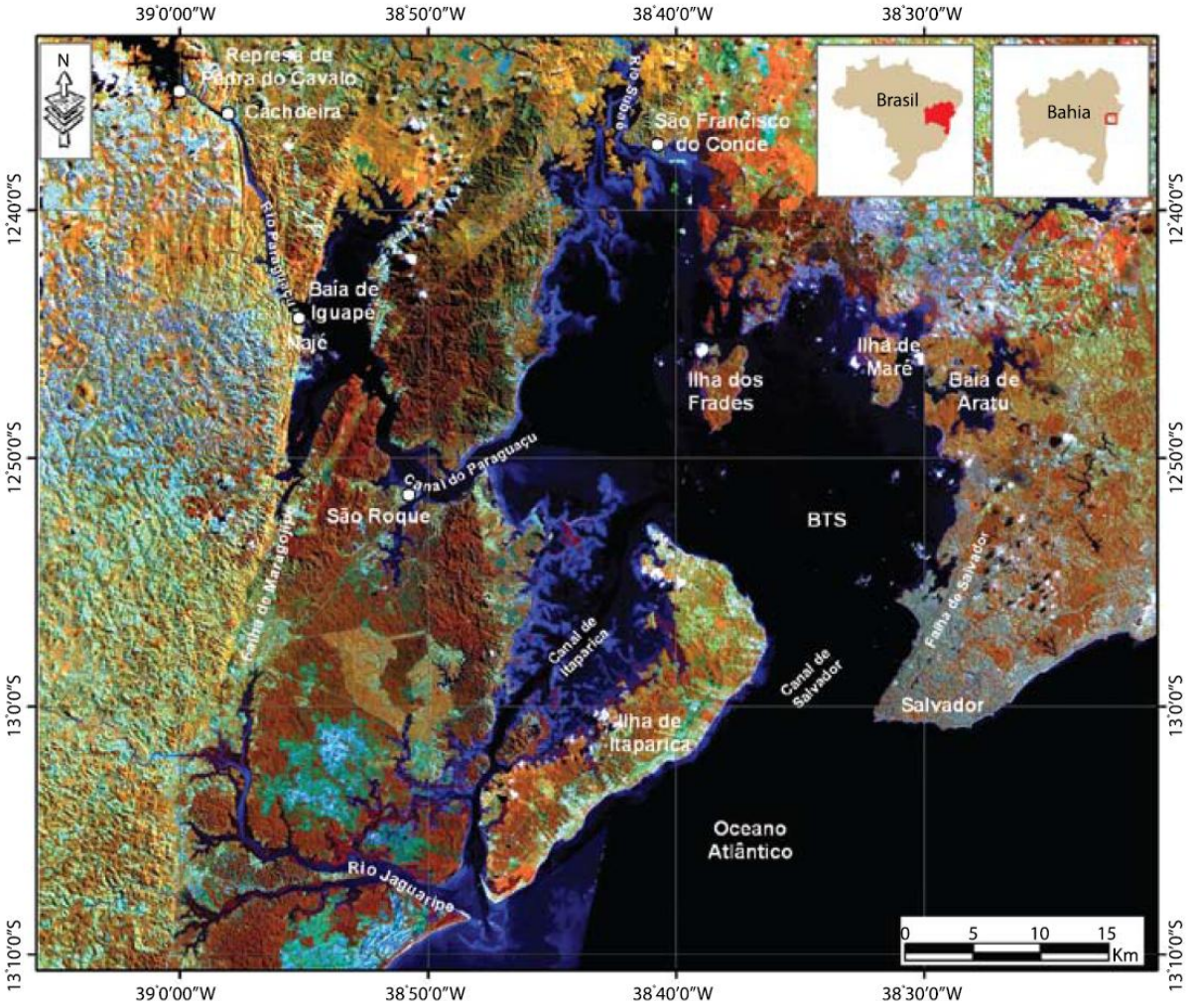


Figura 199 – Baía de Todos os santos, Brasil (GIRANO, LESSA, 2007)

A comunicação com o Oceano Atlântico é feita através dos canais de Salvador e Itaparica, separados entre si pela maior das ilhas da baía, a Ilha de Itaparica (Figura 199). O Canal de Salvador, embora seja bastante irregular devido à presença de altos topográficos e depressões localizadas (máximo de 102 m a oeste do Farol da Barra), tem cerca de 9 km de largura e profundidade média em torno de 25 m (Figura 200). O Canal de Itaparica (Figura 200), a oeste, tem cerca de 2 km de largura e

profundidades inferiores a 10 m (CRA, 2000; CRA, 2001). O setor NNW da BTS apresenta uma batimetria monótona e rasa, com profundidades raramente superiores a 10 m (Figura 200) ao longo do canal que se estende até ao rio Subaé (CRA, 2000; CRA, 2001). Este setor da BTS é caracterizado pela presença de pequenos canais de drenagem e extensas áreas de mangue.

No interior da BTS, a partir do Canal de Salvador, observa-se um canal profundo (profundidade média de 25 m) com direção noroeste, ramificando-se em três na parte central.

O canal menor segue em direção à Baía de Aratu e tem profundidades máximas da ordem de 25 m (CRA, 2000; CRA, 2001). Já dentro da Baía de Aratu o canal recebe o nome de Canal Cotegipe, tornando-se estreito em torno de 200 m de largura (CRA, 2000; CRA, 2001).

O segundo canal estende-se entre a Ilha de Maré e a Ilha dos Frades, atingindo a profundidade máxima de cerca de 30 m, no estreito entre a Ilha dos Frades e Madre de Deus. Este canal bifurca-se ao longo do pequeno arquipélago a NW da Ilha dos Frades e desaparece ao alcançar o setor NW da BTS.

O terceiro canal segue em direção ao Canal do Paraguaçu (secção de ligação entre a BTS e Baía de Iguape). As profundidades máximas são da ordem de 30 m até ao centro da Baía de Iguape, sendo bruscamente reduzidas junto do delta fluvial associado ao rio Paraguaçu.

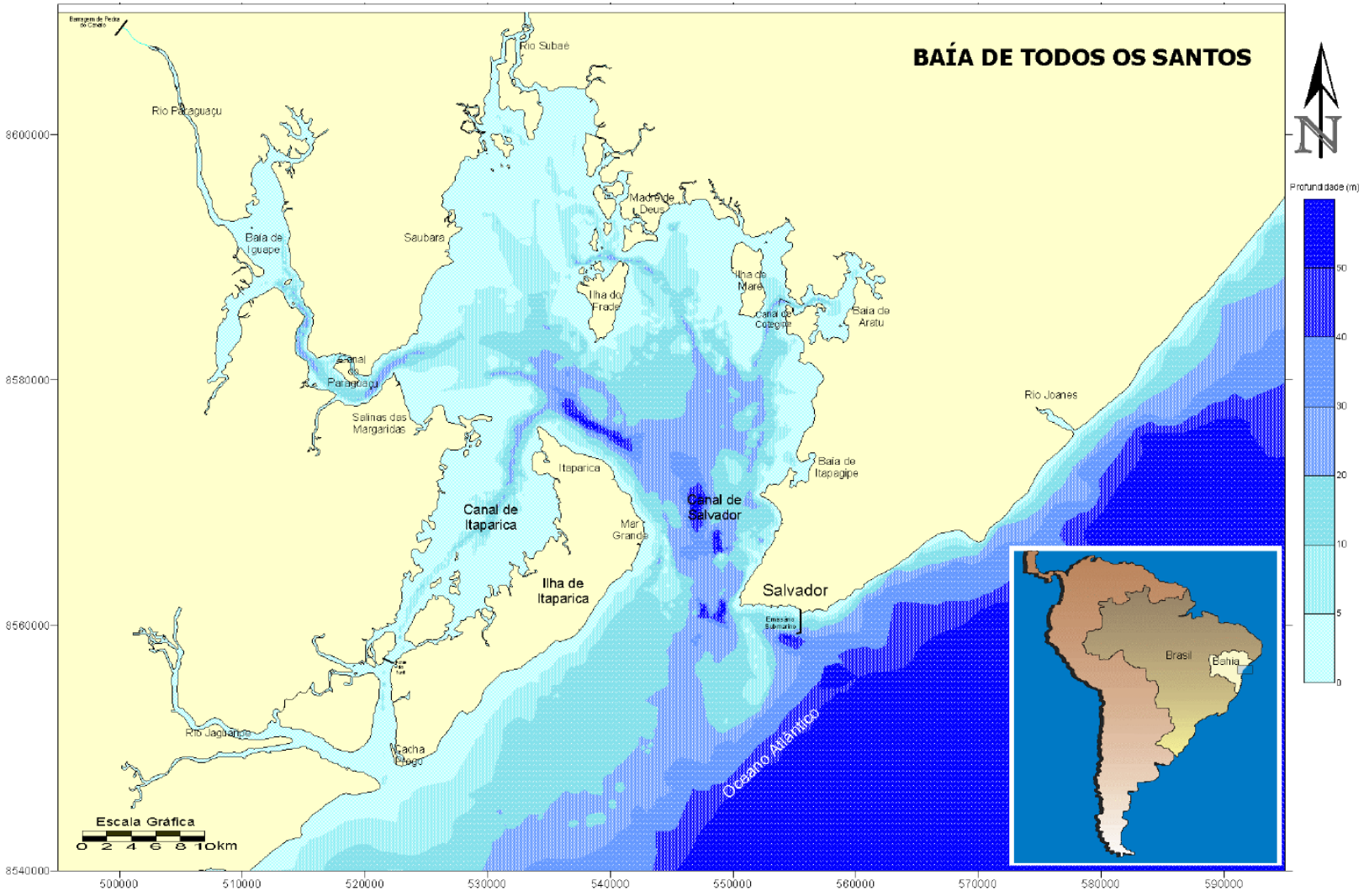


Figura 200 – Batimetria da Baía de Todos os Santos (CRA, 2000; CRA, 2001)

2.11.5. Condições climatológicas

Com base nos relatórios de diagnóstico da qualidade das águas da BTS (2000) é feita uma caracterização geral da climatologia que influencia esta zona de estudo.

O nordeste brasileiro apresenta um sistema atmosférico resultante de um conjunto de diferentes correntes de circulação, tornando-o extremamente complexo. Os principais sistemas são:

- A massa equatorial Atlântica (mEa);
- A zona de convergência Intertropical (CIT);
- A massa equatorial continental (mEc);
- Frentes polares de sul (frentes frias, correntes de Sul);

Durante o verão a mEa desloca-se para interior do continente, originando a monção de verão Norte do Brasil e a mEc expande-se em direção ao litoral. Em simultâneo, a CIT encontra-se na posição mais meridional o que ocasionalmente gera chuvas de verão no norte do estado. No outono a mEc retorna ao norte do país, ficando confinada a uma pequena área no Alto Amazonas. Adicionalmente a zona de CIT move-se para norte, fazendo com que mEa, e as frentes polares, avancem. Quando as frentes frias entram em contato com o ar quente e úmido da mEa provocam chuvas torrenciais no período de outono/inverno.

A área da BTS é essencialmente influenciada por fluxos de ar associados aos ventos alísios com origem de NE, E e SE. Ao início da tarde e até o entardecer ocorre o fenômeno da brisa marítima, passando a uma brisa terrestre no início da noite e que tem apenas a duração de algumas horas.

A análise dos parâmetros climáticos (pressão, temperatura, umidade relativa, precipitação, insolação e nebulosidade e vento) tem como base um período de 30 anos (1961 a 1990) de observações da estação de Salvador (Quadro 107). O período em análise foi completado com informações das campanhas oceanográficas, realizadas entre janeiro e maio/junho de 1999, com dados de direção e velocidade do vento obtidos em estações anemométricas instaladas em Mar Grande e na Ilha do Frade.

Quadro 107 – Normais Climatológicas (1961 a 1990) – Estação de Salvador. (CRA, 2000)

Mês	Pressão (mb)	Temperaturas (Graus ºC)					Umidade Relativa (%)	Precip. Total (mm)	Precipitação			Insol Total (hs)	Nebulosidade (%)	Vento (1)	
		Md/mx	Md/mn	Mx/Ab	Mn.Ab	Md/Cp			Max. 24 (mm)	Data	nº dias Chuva			Dir (graus)	Vel (m/s)
JAN	1006,3	29,9	23,7	33,6	21,8	26,5	79,4	102,4	130,8	12/88	13	245,6	50	E	2,1
FEV	1006,3	30,0	23,9	34,4	21,9	26,6	79,0	122,1	159,0	06/80	15	226,4	52	SE	2,0
MAR	1005,8	30,0	24,1	34,7	22,3	26,7	79,8	148,0	100,9	16/69	18	231,1	53	SE	2,0
ABR	1006,6	28,6	22,9	32,8	21,2	25,2	82,2	326,2	367,2	27/71	21	189,7	59	SE	2,3
MAI	1008,3	27,7	23,0	31,5	21,3	25,2	83,1	349,5	208,4	22/66	24	174,3	62	SE	2,3
JUN	1010,4	26,5	22,1	31,8	20,3	24,3	82,3	251,0	217,5	03/78	23	167,2	59	SE	2,3
JUL	1011,5	26,2	21,4	30,6	19,8	23,6	81,5	184,9	97,8	14/90	23	181,2	58	SE	2,5
AGO	1011,4	26,4	21,3	31,3	19,9	23,7	80,0	134,1	86,1	22/71	20	202,6	54	SE	2,4
SET	1010,4	27,2	21,8	29,8	20,2	24,2	79,6	109,5	123,7	19/89	16	211,4	53	SE	2,4
OUT	1008,2	28,1	22,5	32,2	20,9	25,0	80,7	123,0	178,0	27/90	14	228,0	49	SE	2,3
NOV	1006,7	28,9	22,9	32,1	21,0	25,5	81,5	119,0	126,5	24/64	14	213,6	54	SE/NE	2,3
DEZ	1006,2	29,0	23,2	32,5	21,4	26,0	81,1	130,6	104,0	31/90	14	224,7	52	E	2,2
ANO	1008,2	28,2	22,7	34,7	19,8	25,2	80,8	2100,2			18	2495,8	55	SE	2,2

2.11.5.1. Pressão atmosférica

De acordo com o relatório de diagnóstico da qualidade das águas da Baia de Todos os Santos (CRA, 2000) a pressão atmosférica apresenta variações climáticas sazonais. No Quadro 107 é possível verificar que os valores mais elevados de pressão atmosférica ocorrem durante as estações de primavera e verão. O valor médio mínimo ocorre em março, começando a aumentar gradualmente até julho, atingindo o valor médio máximo de 1011.5 mb. Estes valores representam valores médios, longe de extremos, estabelecendo condições meteorológicas calmas para a região (CRA, 2000).

2.11.5.2. Temperatura

A temperatura média, as temperaturas médias compensadas (Md/Cp), as médias das máximas e das mínimas (Quadro 107), são sempre superiores a 18 ºC, com uma amplitude térmica inferior a 4 ºC (CRA, 2000). As temperaturas mais baixas (Md/Cp), verificam-se no mês de julho apresentando uma média igual a 23.6 ºC. As temperaturas mais elevadas (Md/Cp) ocorrem em março, com uma média igual a 26.7 ºC (CRA, 2000).

2.11.5.3. Insolação e nebulosidade

A insolação média anual é de cerca de 7 meses de luz solar direta. O período com maior insolação ocorre durante os meses de janeiro a março e o período com menor insolação ocorre durante os meses de maio a julho (CRA, 2000).

A média mensal de nebulosidade apresenta uma variação sazonal. A nebulosidade aumenta nos meses de outono/inverno, devido à ascensão de frentes frias dando início ao período das chuvas. A maior percentagem de cobertura do céu ocorre durante o mês de maio quando a média a atingir os 62%, sendo que ao longo do ano apresenta uma percentagem de cobertura em média superior a 49% (Quadro 107) (CRA, 2000).

2.11.5.4. Precipitação pluviométrica

A precipitação média anual para o espaço temporal analisado é de cerca 2100 mm ano^{-1}, onde os meses de abril a julho são os que apresentam maior precipitação. Na Figura 201 é possível verificar que o trimestre mais chuvoso ocorre entre abril e junho, representando o total das médias destes três meses aproximadamente 45% da precipitação média anual (926.7 mm) (CRA, 2000).

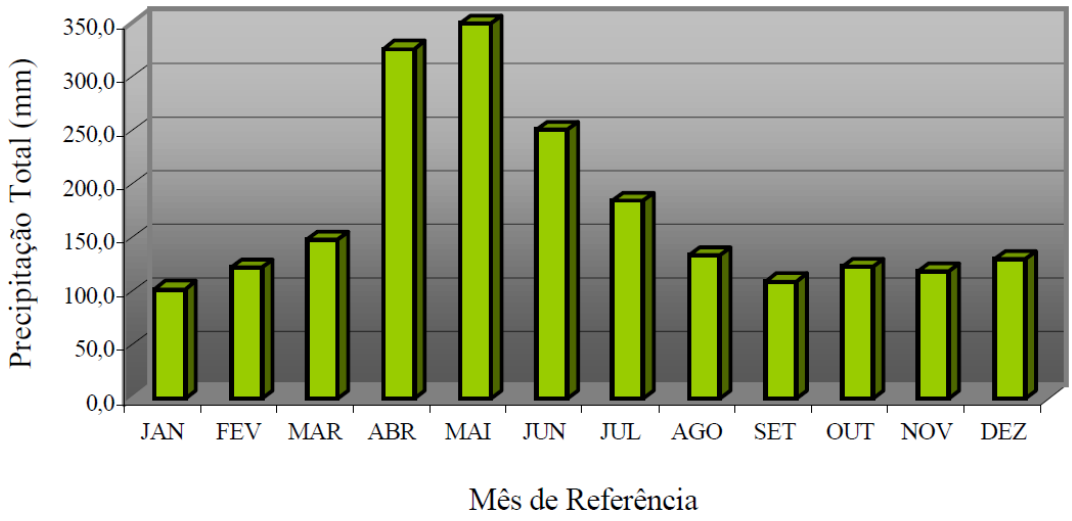


Figura 201 – Precipitação Total Média de 1961 a 1990 (CRA, 2000)

A comparação das médias mensais de precipitação de 1999, com a normal climatológica de precipitação (1961 a 1990) permite verificar que nos meses de janeiro

e fevereiro de 1999 (verão) a precipitação pluviométrica é muito próxima do valor da média (1961 a 1990). Considerando o primeiro semestre, com exceção de janeiro e fevereiro, a precipitação foi mais intensa que a sua normal climatológica para o período de 1961 a 1990. O mês de junho foi o único onde se verificou uma inversão significativa em relação aos outros meses (Figura 202) (CRA, 2000).

No período entre março a maio de 1999, a precipitação pluviométrica chegou a 1067.4 mm, aproximadamente 15% acima da precipitação média para o trimestre chuvoso médio (Figura 202) (CRA, 2000).

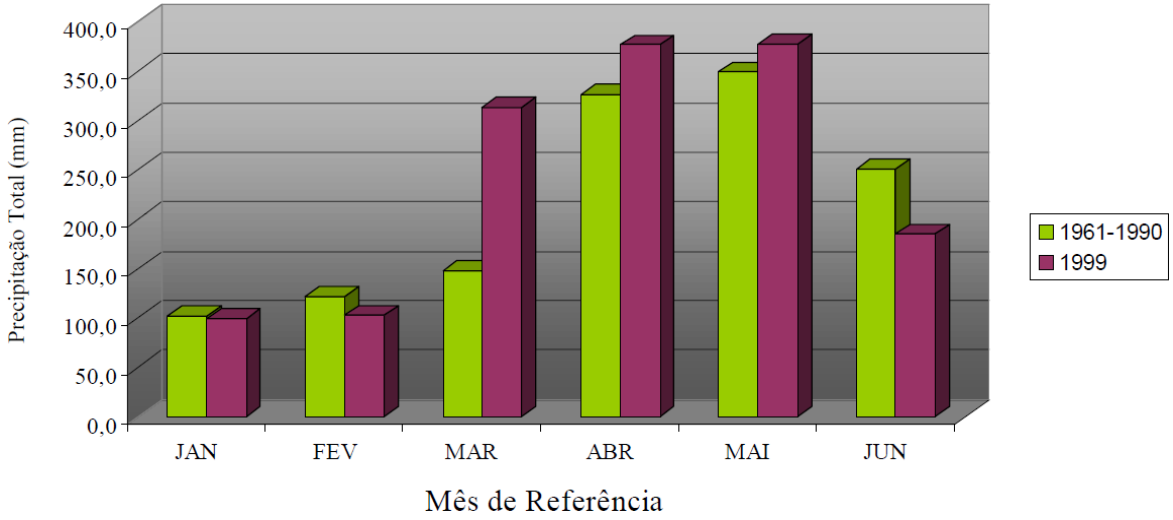


Figura 202 – Precipitação Total Média de janeiro a junho de 1961 a 1990 e de 1999 (CRA, 2000)

2.11.5.5. Direção e velocidade do vento

Com base nos dados obtidos na Estação Meteorológica de Salvador (Quadro 107), verifica-se que os ventos ocorrem predominantemente do sector SE ao longo do ano. Durante os meses de novembro a janeiro, verifica-se uma alteração nos rumos principias, passando os ventos a terem como rumos de origem os sectores E e NE. Devido à estação se encontrar parcialmente protegida, as velocidades médias são baixas, sendo os valores inferiores a 2.5 m s^{-1} (CRA, 2000).

Os anemômetros instalados em pontos específicos na BTS durante as campanhas oceanográficas de janeiro a junho de 1999 permitiram obter valores de vento próximos da superfície da água. Na Figura 203 e na Figura 204 é possível observar os dados recolhidos nas campanhas de verão na estação Ilha dos Frades e de inverno na

estação Mar Grande. Os registros indicam que existe uma predominância para os ventos apresentarem um rumo de Leste e Sudeste (com alguma representatividade para rumos de NE) e velocidades máximas de cerca de 12 m s^{-1}, reproduzindo um padrão típico de verão. Na campanha de inverno, existe uma predominância de ventos com rumos de Sul e Sudeste (com alguma representatividade para rumos de Sudoeste) sendo uma situação típica nesta época de ascensão de frentes frias e com velocidades máximas de cerca de 12 m s^{-1} (CRA, 2000).

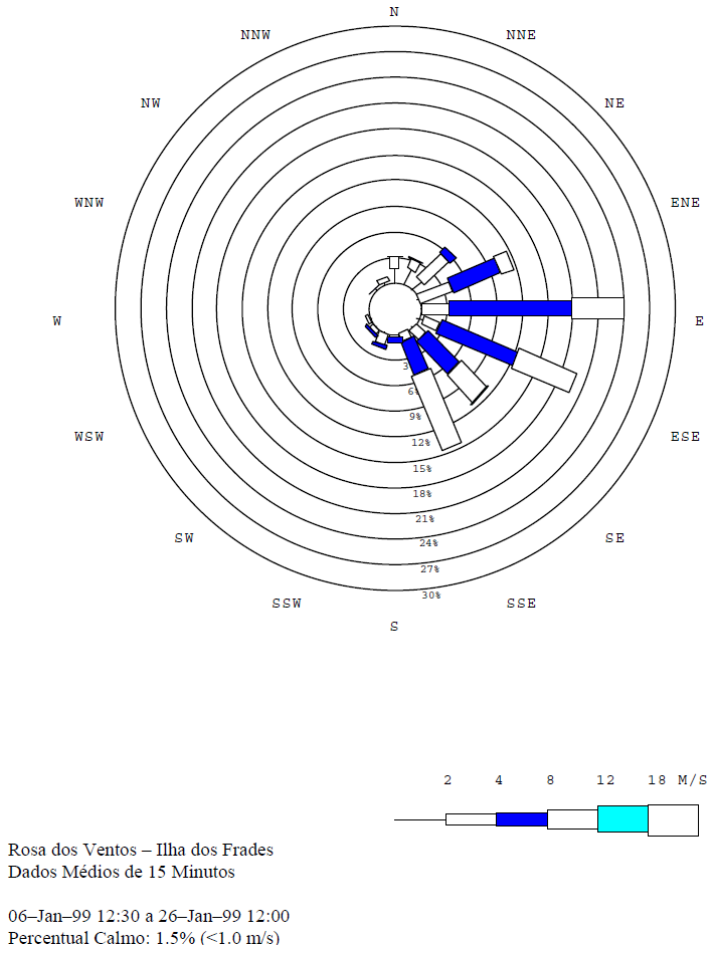


Figura 203 – Rosa dos Ventos para o Período da Campanha de verão (Ilha dos Frades) (CRA, 2000)

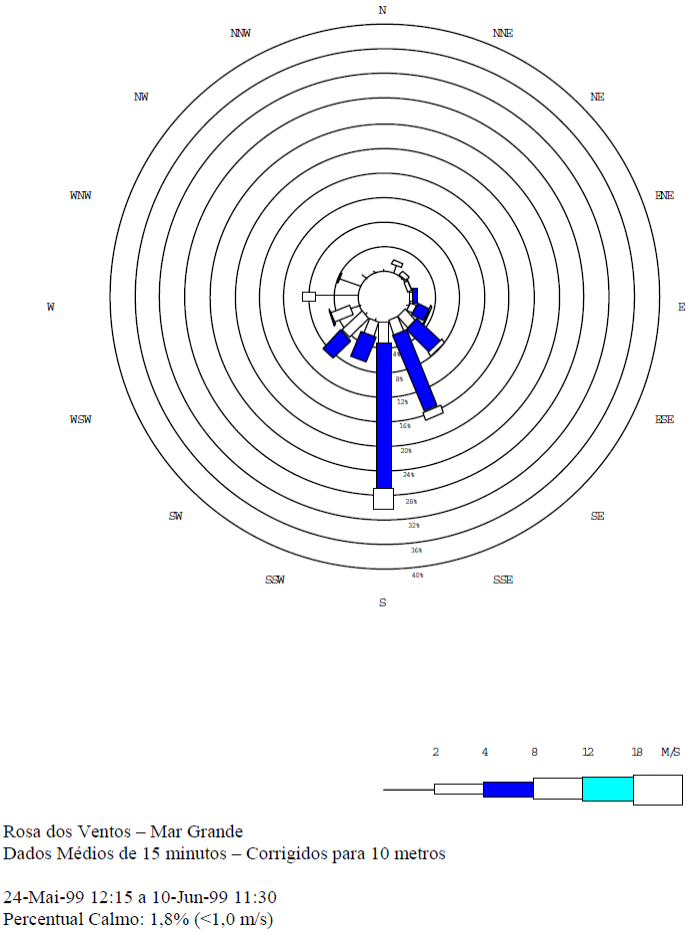


Figura 204 – Rosa dos Ventos para o Período da Campanha de inverno (Mar Grande) (CRA, 2000)

2.11.6. Hidrologia

A BTS recebe a descarga de três grandes bacias de drenagem associadas aos rios Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé (Figura 199 e Figura 200), responsáveis por uma descarga média anual de cerca de 116 m s^{-1} (Quadro 108), ou seja 74% da descarga fluvial total (GENZ, 2006; CIRANO, LESSA, 2007; CRA, 2001; HATJE, ANDRADE, 2009). De um total de 61110 km^2 da área de drenagem, a bacia do rio Paraguaçu corresponde a 92.1% (56300 km^2), sendo o restante distribuído entre as bacias do rio Jaguaripe (2200 km^2 ou 3.6% da área total), do rio Subaé (660 km^2 ou 1.1% da área total) e dos pequenos cursos de água periféricos (1950 km^2 ou 3.2% da área total; LIMA, LESSA, 2002).

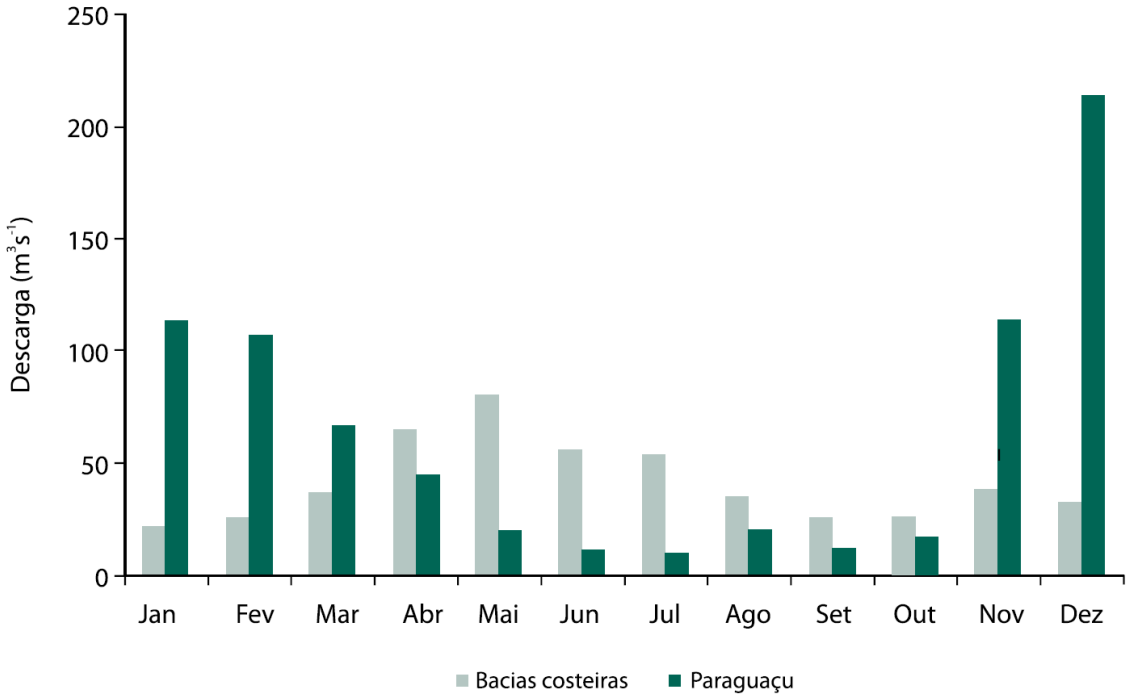
O rio Paraguaçu é o principal contribuinte de água doce para a BTS, com uma descarga média de 92.5 $m^3 s^{-1}$ (média de 1947 a 2003, Quadro 108). O valor que chega à BTS é, no entanto, regulado pela barragem de Pedra do Cavalo, localizada 16 km a montante da Baía de Iguape (Figura 199) e em operação desde 1986 (HATJE, ANDRADE, 2009). A vazão máxima de operação do reservatório é 1600 $m^3 s^{-1}$ (Quadro 108), valor que evita a inundação das cidades de São Félix e Cachoeira. Em caso de cheias excepcionais, a vazão pode ser superior a 1600 $m^3 s^{-1}$, o que ocorreu uma única vez em dezembro de 1989, cuja descarga atingiu cerca de 5726 $m^3 s^{-1}$ (causando a inundação das cidades a jusante).

Quadro 108 – Valores de descarga das principais bacias de drenagem da BTS (GENZ, 2006;CIRANO, LESSA, 2007; CRA, 2001; HATJE, ANDRADE, 2009)

Rio	Qmáximo (m3 s-1)	Qmédio (m3 s-1)	Período
Paraguaçu	5034	92.5	1947/2003
Afluente	8302	75.8	1987/2003
Defluente	1600	62.4	1987/2003
Subaé/Taripe	198	4.8	1987/2003
Açu	112	2.7	1987/2003
Jaguaripe	369	9.0	1987/2003
Dona	134	3.3	-
Pequenas Bacias	58	33.7	-
Média geral		115.9	

A Figura 205 mostra a distribuição média mensal do caudal do Rio Paraguaçu e das bacias costeiras (excetuando-se os rios Jaguaripe e Dona). Observa-se que os caudais combinados da drenagem do Rio Subaé/Traripe com a drenagem difusa têm a mesma ordem de grandeza do caudal do Rio Paraguaçu, sendo mais importante de abril a julho, quando o Rio Paraguaçu está com caudais menores (Hatje e Andrade, 2009).

As bacias periféricas, assim como a bacia dos Rios Jaguaripe e Subaé, são costeiras e apresentam pico de descarga no outono. Já a bacia do Rio Paraguaçu, que cobre 9,9 % da área do Estado e atravessa três cinturões climáticos, tem o pico de descarga no verão, período de maior precipitação na cabeceira localizada no interior do Estado (Hatje e Andrade, 2009).



Nota: os rios Jaguaripe e Dona não foram incluídos. A distribuição sazonal da vazão das bacias periféricas foi considerada a mesma da chuva da estação de Ondina.

Figura 205 – Descarga fluvial média mensal afluente à BTS, proveniente do rio Paraguaçu e das bacias costeiras, as quais incluem as bacias periféricas e os rios Traripe, Subaé e Açu

2.11.7. Composição dos sedimentos

A distribuição das frações granulométricas na BTS apresenta-se na Figura 206**.** As texturas dos sedimentos superficiais de fundo variam desde argila a areia muito grossa.

As areias médias a muito grossas são encontradas nas duas entradas da BTS, na foz do rio Paraguaçu (na Baía de Iguape), ao longo da margem oeste do Canal de Itaparica, junto à Ilha da Maré e em zonas esparsas na parte central da BTS. As areias finas a muito finas ocorrem principalmente ao longo do Canal de Itaparica, e continuamente ao longo da margem oeste da BTS, adentrando pelo Canal do Paraguaçu (CRA, 2000; CRA, 2001).

Os sedimentos argilosos caracterizam a maior parte da metade norte da BTS, assim como o Canal do Paraguaçu, a Baía de Aratu, a Baía de Itapagipe e a parte voltada para a BTS da Baía de Iguape. Os sedimentos arenosos dentro da Baía de Iguape formam um delta que, atualmente está sobre uma região lamosa mais profunda no Canal do Paraguaçu (CRA, 2000; CRA, 2001). Paralela à costa oceânica, numa faixa relativamente estreita e contínua, ocorrem fácies de areia quartzosa, constituída de sedimentos com granulometria variando de areia média a grossa.

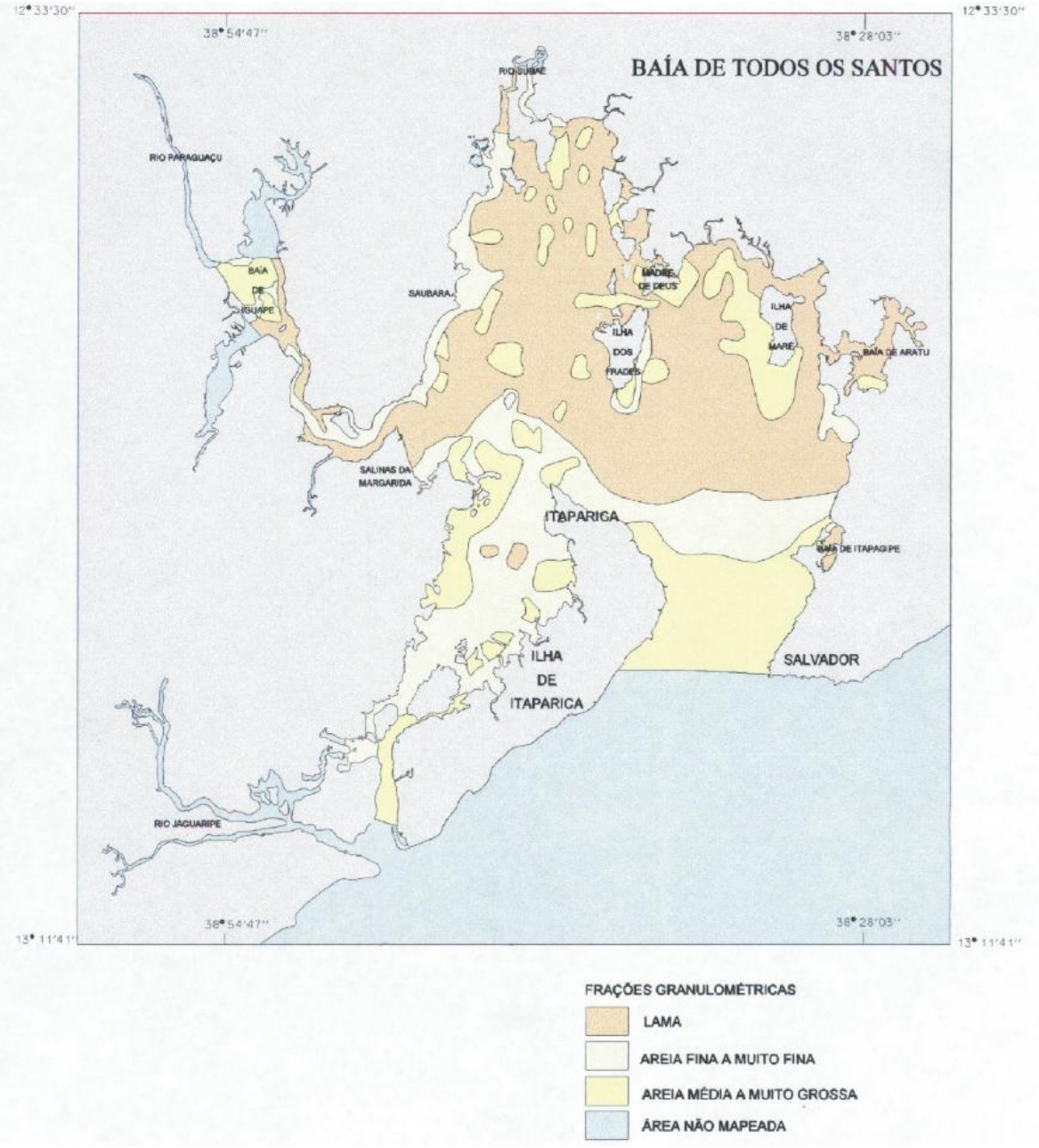


Figura 206 – Distribuição das frações granulométricas na Baía de Todos-os-Santos (CRA, 2000; CRA, 2001)

2.11.8. Condições hidrodinâmicas

A hidrodinâmica na BTS inclui uma caracterização dos regimes de marés e correntes, salinidade e temperatura, renovação das águas e agitação marítima, incluindo as variações sazonais Esta caracterização é baseada na análise de dados de monitoramento históricos (séries temporais e mapas espaciais) e aplicações de modelos numéricos.

2.11.8.1. Marés

As marés no interior da BTS são semidiurnas (com dominância das componentes M_2 e S_2) com pequenas, porém perceptíveis, desigualdades diurnas. Dentro da BTS, a onda de maré é progressivamente amplificada e distorcida, especialmente nos canais mais estreitos e rasos. A análise da componente M_2 em 12 estações no interior da BTS (Figura 198) indica amplificação e desfasamento distintos à medida que a onda de maré se propaga para o interior da BTS (Quadro 109; LESSA *et al.*, 2001).

A distorção e amplificação (valores médios sem considerar os ciclos sizígia-quadratura, Quadro 109) da componente M_2 entre a região costeira da Praia do Forte (no exterior da baía) e o rio Paraguaçu (estação Najé, próximo da Baía de Iguape) é de 0.74 m e 54 minutos, respectivamente. Estes valores podem, no entanto, variar entre marés de enchente e de vazante, e também com o ciclo de marés sizígia-quadratura. A amplificação entre os dois locais referidos anteriormente é de 0.85 m em marés de sizígia e quase 0.5 m em marés de quadradura (Quadro 109). A distorção em marés de quadratura não ultrapassa os 120 minutos em maré de enchente e 60 minutos em maré de vazante, e em sizígia é em média, superior em cerca de 30 minutos dos valores de quadratura. A distorção da onda de maré entre o exterior da BTS e a Baía de Iguape pode ser observada na Figura 207, através do registro sincronizado do nível de água em cinco estações distribuídas ao longo do eixo longitudinal da BTS entre o oceano (#13, Figura 198) e a Baía de Iguape (#18, Figura 198). Como se pode observar o tempo mínimo de distorção entre a estação do exterior e as localizadas na BTS aumenta à medida que se adentra pela baía.

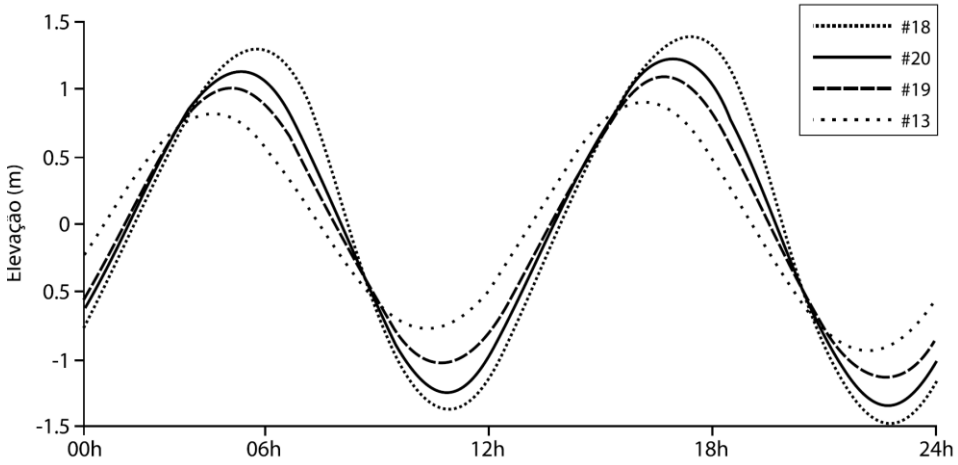


Figura 207 – Registro simultâneo da maré no oceano e em três estações dispostas ao longo do eixo longitudinal da Baía de Todos-os-Santos (CIRANO, LESSA, 2007; HATJE, ANDRADE, 2009)

Ver Figura 198 para localização das estações.

Quadro 109 – Diferenças obtidas em termos de amplitude e distorção para a componente semidiurna da maré (M2) em diferentes estações de medição (total de 12) na Baía de Todos-os-Santos (LESSA *et al.*, 2001)

Estação	Amplitude (m)			Desfasamento (Horas)[16]				
	Média	Média Maré de Sizígia	Média Maré de Quadratura	Média[17]	Maré de Sizígia[18]		Maré de Quadratura	
					Enchente	Vazante	Enchente	Vazante
Praia do Forte	1.47	1.86	0.81	-	-	-	-	-
Salvador	1.71	2.17	0.95	0.33	0.5	0	0.5	0
Cacha Prego	1.52	1.86	0.99	0.88	>1.0 e <1.5	1.5	1.0	1.0
USIBA	1.82	2.32	0.99	0.22				
Porto de Aratu	1.81	2.31	0.98	0.55				
Madre de Deus	2.01	2.51	1.15	0.41	0.5	<0.5	>0.5 e <1.0	<0.5
Petrobrás	2.07	2.53	1.23	0.51				
São Francisco do Conde	2.12	2.72	1.14	0.40				
Itaparica	1.97	2.54	1.03	0.33	>0.5 e <1.0	<0.5	0.5	0
São Roque	2.04	2.59	1.12	0.43	1.0	>0.5 e <1.0	1.5	<0.5
Najé	2.21	2.71	1.31	0.90	1.5	>1.5 e <2.0	2.0	<0.5
Cachoeira	2.18	2.68	1.28	1.48	>1.5 e <2.0	>2.5 e <3.0	2.0	1.0

Nota: Ver Figura 198 para localização das estações.

[16] Desfasamento calculado relativamente a Praia do Forte
[17] Desfasamento estimado com base na diferença de fase da M2
[18] Desfasamento calculado com base nas previsões de maré relativas a maio de 1976

Dados extraídos de simulações numéricas do modelo RMA2-SMS (CRA, 2000; CRA, 2001) de propagação da maré na BTS em condições de marés de sizígia (Figura 208 e marés de quadratura (Figura 209), confirmam a amplificação progressiva da maré em toda a baía observada nas medidas. As previsões de maré obtidas com o modelo RMA2-SMS no canal de Salvador apontam para amplitudes 0.2 m a 0.25 m superiores à maré oceânica (1.87 m) em marés de sizígia. Na zona central, próximo da Ilha dos Frades, a altura da maré prevista aponta para uma amplificação de 0.55 m em marés de sizígia, e 0.25 m em marés de quadratura, o que corresponde a 30% e 26% da maré oceânica (1.87 m em marés de sizígia e 0.98 em maré de quadratura), respectivamente. Na margem oeste, próximo a Saubara, a amplificação prevista é de 0.75 m (40%) em marés de sizígia s e 0.35 m (36%) em marés de quadratura (HATJE, ANDRADE, 2009). Os valores extremos de amplificação previstos pelo RMA2-SMS ocorrem dentro da Baía de Iguape, à semelhança do observado nas medidas. Os resultados do modelo preveem uma amplificação de cerca de 1.0 m, ou 53% da altura da maré oceânica em condições de marés de sizígia.

A variação espacial da amplificação da altura de maré em relação à maré no oceano prevista pelo RMA2-SMS em de sizígia (Figura 208) e marés de quadratura (Figura 209) mostra ainda que, ao longo do canal de Itaparica ocorre o encontro de duas ondas de maré que se propagam em direções opostas, provenientes de Itaparica a norte, e de Cacha Pregos a sul (Hatje e Andrade, 2009). Ambas as ondas sofrem amplificação, alcançando a altura máxima próximo a norte da Ponte do Funil, ou seja, 0.65 m em marés de sizígia (Figura 208) e 0.60 m em marés de quadratura (Figura 209). No baixo curso do rio Paraguaçu, ao longo dos rios Subaé e Jaguaripe, as marés sofrem amortecimento em condições marés de sizígia e amplificação em condições de marés de quadratura.

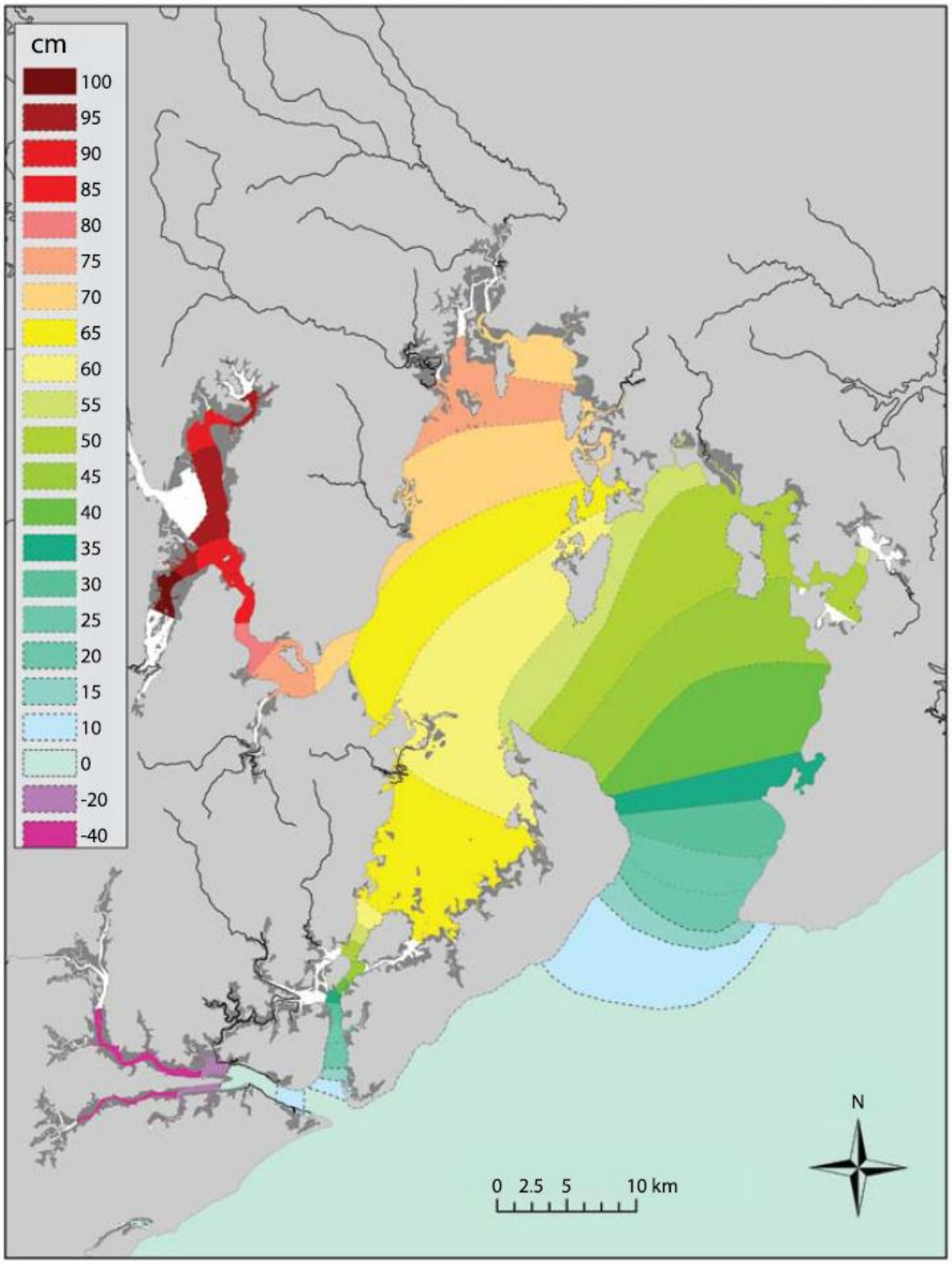


Figura 208 – Variação espacial da amplificação da altura de maré em relação à maré no oceano, de acordo com os resultados de simulações numéricas obtidas com o modelo RMA2-SMS em condições de marés de sizígia

A altura de maré de sizígia no oceano foi de 1.87 m. Os valores negativos significam amortecimento das marés (HATJE, ANDRADE, 2009).

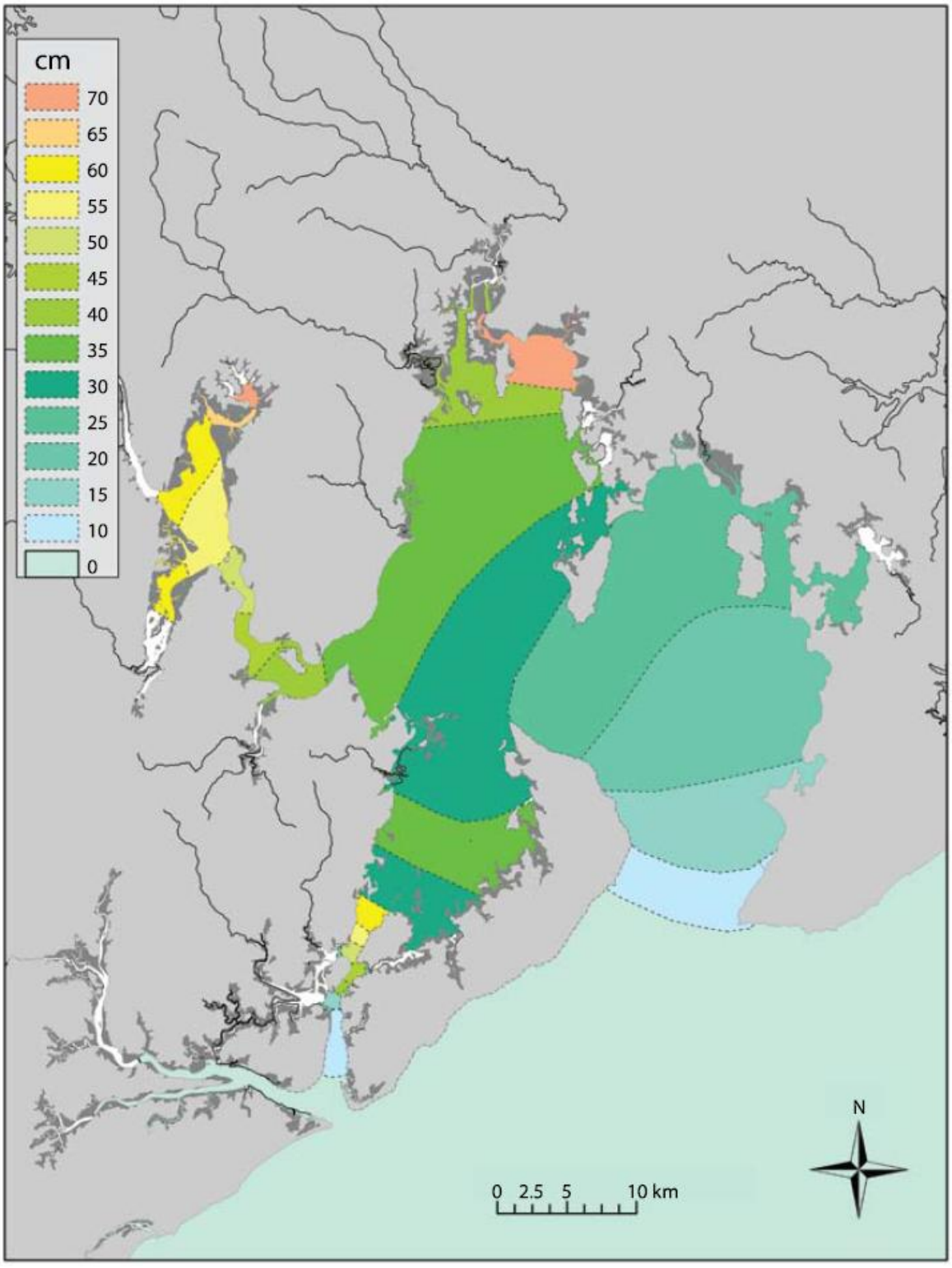


Figura 209 – Variação espacial da amplificação da altura de maré em relação à maré no oceano, de acordo com os resultados de simulações numéricas obtidas com o modelo RMA2-SMS em condições de marés de quadratura

A altura de maré morta no oceano foi de 0.98 m (HATJE, ANDRADE, 2009).

2.11.8.2.Campos de correntes

A caracterização dos campos de correntes na BTS foi efetuada com base dados de monitoramento obtidos no programa Bahia Azul no verão e no inverno em 17 estações (Figura 198) e simulações efetuadas pelo Sistema de Modelagem SisBAHIA (CRA, 2000; CRA, 2001).

De um modo geral, as correntes na BTS são fundamentalmente causadas pela troca de maré (Xavier, 2002). As maiores diferenças são determinadas pelo ciclo de marés de sizígia e quadratura e não tanto pela sazonalidade. De acordo com Xavier (2002) estima-se que as correntes originadas em marés de sizígia podem ser 50% mais intensas comparativamente com as originadas em marés de quadratura. Em termos sazonais, ou seja, entre os períodos de inverno (estação seca) e verão (estação úmida) não se observam diferenças significativas.

No interior da BTS as correntes tendem a ser mais intensas na superfície da coluna de água (e. g. devido ao efeito do vento) e bidirecionais, orientadas no sentido norte-sul ao longo do ano. Em termos espaciais as correntes atingem os seus máximos à entrada do Canal de Salvador (1.0 m s^{-1}) seguido do Canal de Itaparica (~0.8 m s^{-1}). Os valores médios das correntes nestes locais são da ordem de 0.50 m s^{-1} no Canal de Salvador e 0.2 - 0.30 m s^{-1} no Canal de Itaparica. Nas restantes zonas da BTS (as quais incluem o canal ao norte da Ilha do Frade, a região central entre Itaparica e a Ilha do Frade, e a região mais ao norte do Canal de Itaparica) as correntes máximas variam entre 0.50 e 0.60 m s^{-1}.

No exterior da baía, mais em particular na região costeira a sul de Salvador (zona do emissário submarino do Rio Vermelho), o escoamento predominante tende a alinhar-se em direção ao canal, entre o Banco de Santo Antônio e o Farol da Barra. As correntes superficiais nessa região são moderadamente altas, com correntes máximas que podem variar entre 0.67 m s^{-1} na zona do emissário, e 0.80 m s^{-1} nas proximidades do Banco de Santo Antônio (CRA, 2000; CRA, 2001).

A distribuição aproximada da direção e intensidade máxima das correntes (média na coluna d'água) obtidas com o Sistema de Modelagem SisBAHIA (CRA, 2000; CRA, 2001) é apresentada na Figura 210 e Figura 211. Estas figuras que representam os resultados de fluxo do Sistema de Modelagem SisBAHIA, nos instantes da meia maré vazante e da meia maré enchente, em sizígia. Observa-se que as maiores intensidades de corrente ocorrem na maré vazante e que o fluxo mais vigoroso ocorre

ao longo do eixo que conecta o Canal de Salvador ao Canal de São Roque e ao Rio Paraguaçu, com uma segunda área de aceleração do fluxo próxima à embocadura do Canal de Itaparica (HATJE, ANDRADE, 2009). As marés de vazante são caracteristicamente de menor duração e associadas às maiores velocidades de fluxo, principalmente próximo da superfície.

De acordo com Cirano e Lessa (2007) e Xavier (2002), comparações das correntes observadas com as previstas, a partir de componentes harmônicas, mostram que a maré astronômica explica pelo menos 86% da variância das correntes medidas. A variância restante, é explicada pelo efeito do vento nas camadas mais superficiais da coluna de água e por fluxos de origem barotrópica e baroclínica (e.g., mais importantes nos canais junto das descargas de água doce).

Quadro 110 – Relação das velocidades médias (apenas intensidade) e máximas (intensidade e direção) registradas em cada estação do Programa Bahia Azul, no verão e no inverno (HATJE, ANDRADE, 2009)

Estação	Velocidades Médias (m s-1)				Velocidades Máximas (m s-1)							
	Verão		Inverno		Verão				Inverno			
	Sup.	Fundo	Sup.	Fundo	Sup.		Fundo		Sup.		Fundo	
1	0.18	-	0.17	-	0.38	S	-	-	0.34	SSO	-	-
2	0.15	0.18	0.20	0.17	0.32	NNO	0.38	NNO	0.43	SSE	0.39	N
3	0.17	0.19	0.19	0.21	0.40	E	0.41	ESE	0.42	ESE	0.47	ESSE
5	0.27	0.30	0.30	0.27	0.61	SSE	0.64	ESE	0.55	SE	0.60	NO
6	0.11	0.12	0.12	0.13	0.29	S	0.28	S	0.46	NE	0.29	S
7	0.25	0.22	0.22	0.22	0.56	N	0.49	N	0.58	N	0.58	NNE
8	0.50	0.35	0.35	0.45	0.12	NNO	0.79	S	0.89	S	1.05	S
10	0.37	0.29	0.29	-	0.83	ESE	0.86	ESE	0.92	ESE	-	-
15	0.31	0.27	0.27	0.28	0.68	E	0.62	ESE	0.83	ONO	0.63	ONO
16	0.16	-	-	-	0.32	SSO/NNE	-	-	0.38	NNE	-	-
17	0.40	-	-	-	0.10	S	-	-	0.77	S	-	-

Nota: Ver Figura 198 para localização das estações.

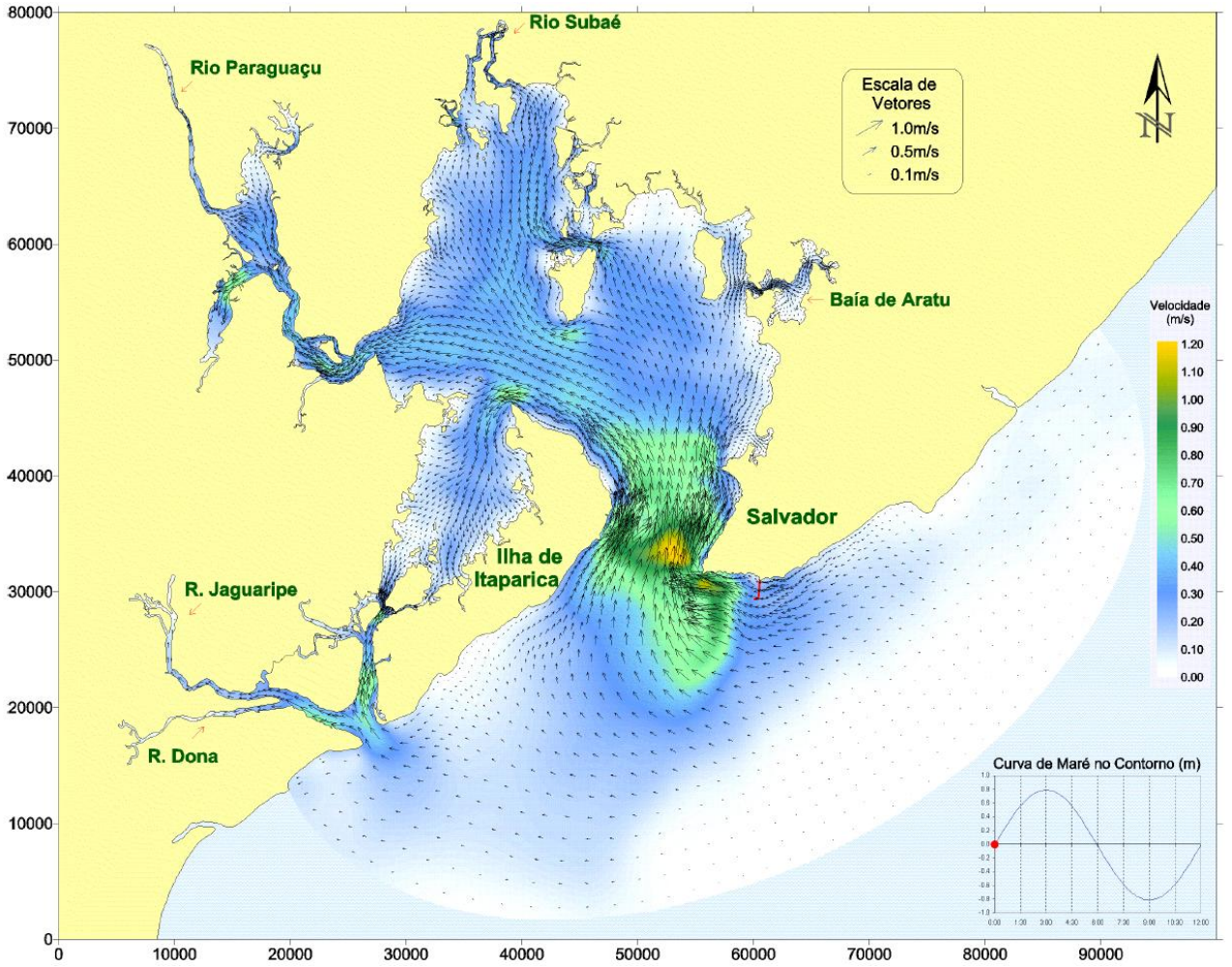


Figura 210 – Campo de correntes em situação de meia maré enchente em marés de sizígia considerando um forçamento de ventos típicos (simulado pelo Sistema SisBAHIA; CRA, 2000; CRA, 2001)

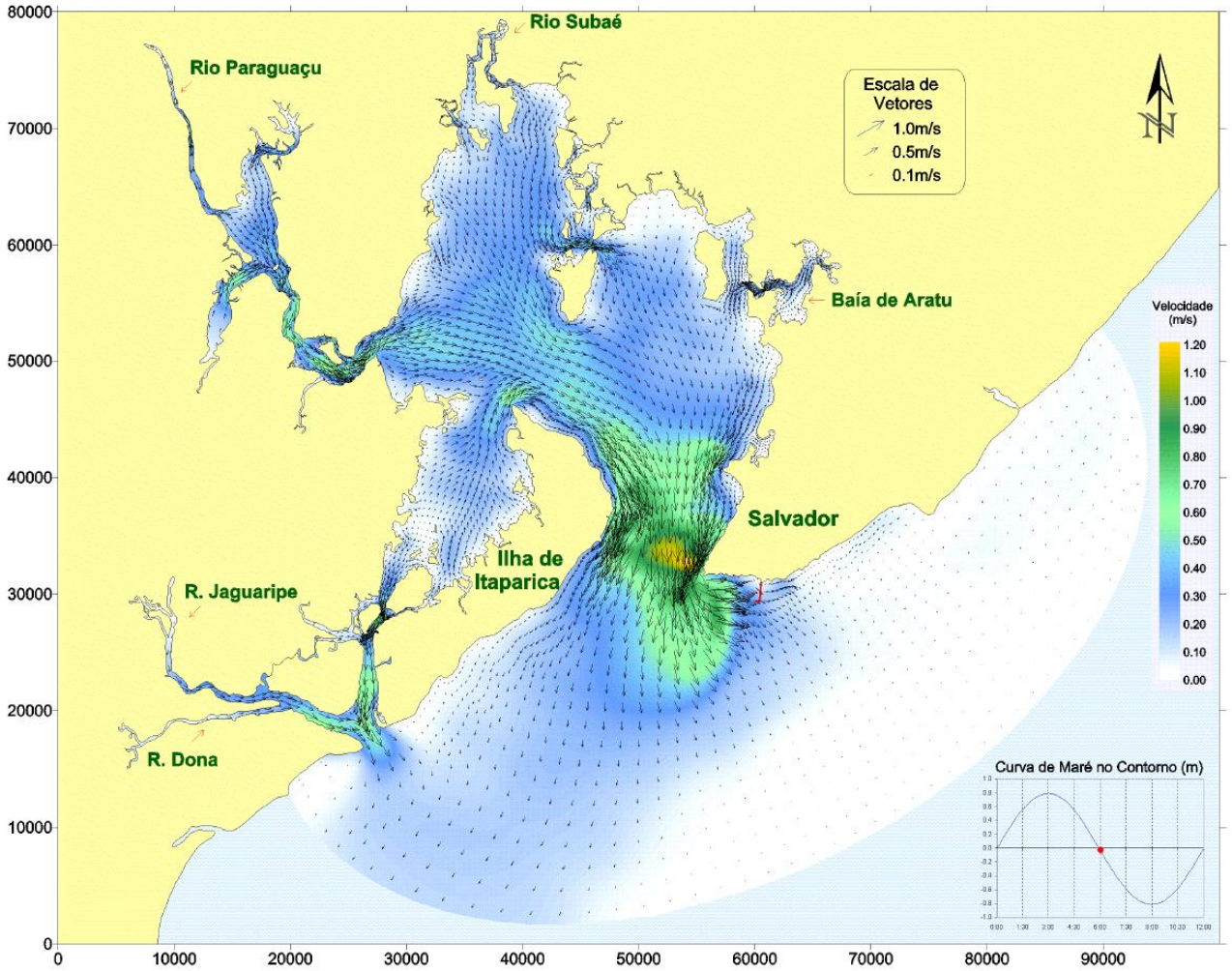


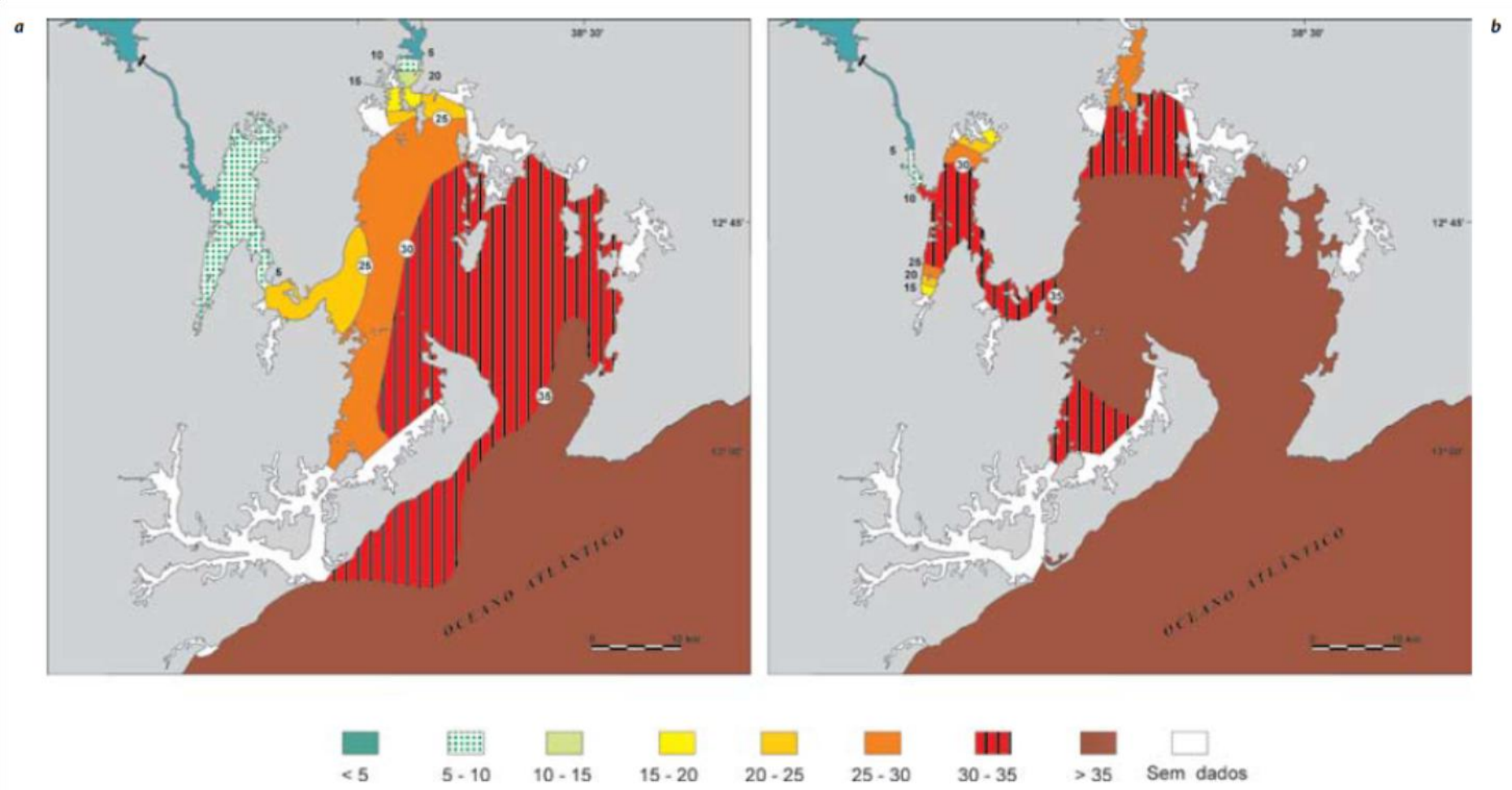
Figura 211 – Campo de correntes em situação de meia maré vazante em marés de sizígia considerando um forçamento de ventos típicos (simulado pelo Sistema SisBAHIA; CRA, 2000; CRA, 2001)

2.11.8.3. Variações nos campos de salinidade e temperatura

As variações nos campos de salinidade e de temperatura na BTS são caracterizadas na horizontal e na vertical. As variações horizontais são influenciadas pelas trocas de maré e descargas de água doce nos períodos seco (inverno) e úmido (verão); e as verticais pelos gradientes de densidade bem como a troca de mistura na vertical.

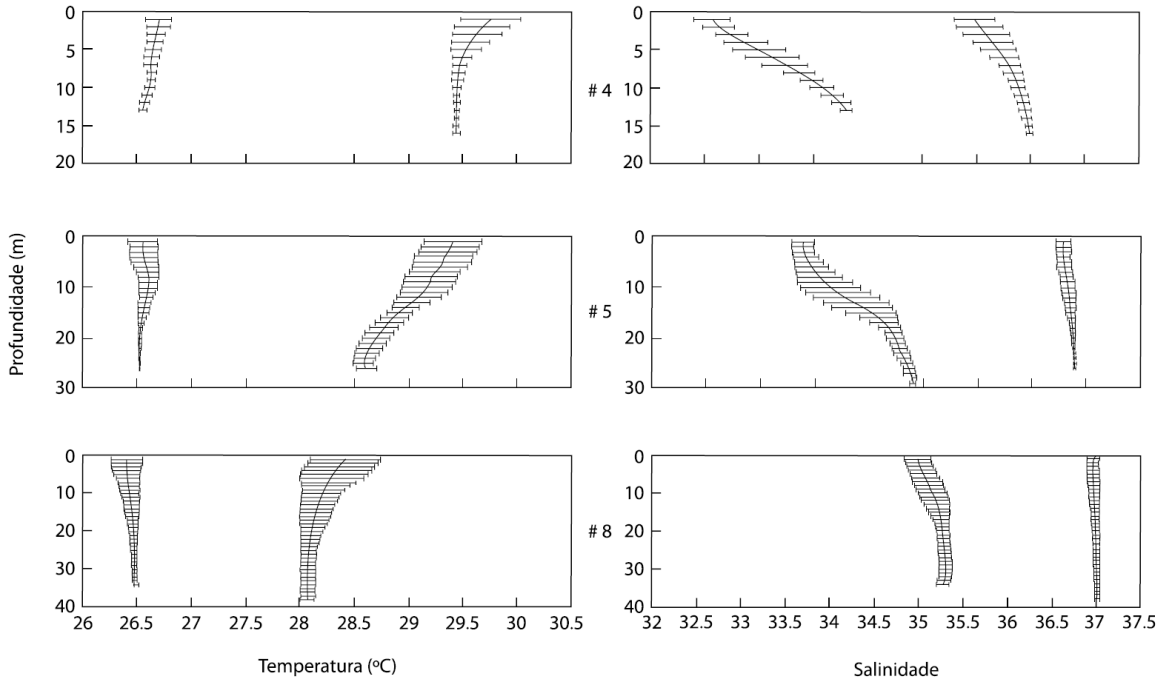
A BTS é caracterizada por variações horizontais distintas de temperatura e salinidade, com os valores mínimos normalmente associados à estação úmida e os máximos ao período seco (XAVIER, 2002; CIRANO, LESSA; 2007). Globalmente, a salinidade (Figura 212) tende a diminuir gradativamente para o interior e a temperatura a aumentar, sendo esta tendência observada tanto no período seco (verão) como no úmido (inverno), assim como em marés de sizígia e quadratura. A amplitude de variação da salinidade (subtraindo os valores dos dois mapas, Figura 212) no setor central da baía é em torno de 5, enquanto, nas proximidades dos rios Paraguaçu e Subaé, a amplitude é superior a 10, com valores máximos registrados acima de 30 na Baía de Iguape (HATJE, ANDRADE, 2009). As diferenças sazonais de salinidade e temperatura na BTS geram a ocorrência de duas massas de água características: i) a Água Tropical, com temperaturas superiores a 20 ºC e salinidade acima de 36 e que adentra a baía nos meses de verão; e ii) a Água Costeira, mais fria e menos salina (salinidades inferiores a 36) que se forma na BTS nos meses de inverno e impede a entrada da Água Tropical (HATJE, ANDRADE, 2009).

As variações verticais associadas à temperatura são mais importantes na época seca (inverno), enquanto as variações na salinidade refletem o efeito da época úmida (verão). Perfis verticais médios de temperatura e salinidade (marés de sizígia e de quadratura) na estação úmida (verão) e seca (inverno) em três estações (#8, #5 e #4 da Figura 198) alinhadas longitudinalmente desde a entrada da BTS (Canal de Salvador) ao paleovale do rio Paraguaçu (descarga e água doce mais importante) mostram que, quer as variações verticais em temperatura quer em salinidade, são pouco expressivas e dependem da época do ano (Figura 213). As variações verticais observadas na temperatura à superfície e fundo foram inferiores a 1 ºC no período seco e 0.3 ºC no período úmido, em todos os locais. O gradiente máximo vertical observado na salinidade foi de cerca de 2 na estação úmida junto do paleovale do rio Paraguaçu (estação #4), apontando para uma ligeira influência da pluma de água doce originada por este rio neste local. No período seco, as variações verticais em salinidade foram inferiores a 0.5 em todos os locais.



Nota: O mapa não representa uma situação sinótica. Mapa atualizado dos valores mínimos de Lima e Lessa, 2002 (HATJE, ANDRADE, 2009).

Figura 212 – Mapeamento dos (a) valores mínimos e (b) máximos de salinidade registrados na metade superior da coluna de água na BTS



Nota: Nos perfis de temperatura e salinidade a imagem esquerda corresponde à época úmida e a direita à época seca

Figura 213 – Variação vertical dos valores médios e dos desvios padrão de temperatura e salinidade em três estações (#8, #5 e #4, Figura 198) alinhadas longitudinalmente na BTS (CIRANO, LESSA, 2007; HATJE, ANDRADE, 2009) no período úmido (verão) e seco (inverno)

2.11.8.4.Renovação das águas

O tempo de renovação das águas na BTS foi estimado por Xavier (2002) utilizando um modelo barotrópico lagrangiano (SisBAHIA). Os cenários simulados consistiram em simulações numéricas de 15 dias representativas do período seco (janeiro) e úmido (maio), considerando em ambos o efeito da maré e do vento (Figura 214, apenas representado o período seco).

As simulações obtidas por Xavier (2002) para o período seco apontam para tempos de renovação das águas inferiores a 1 dia à entrada da BTS (e. g., Canal de Salvador) e da ordem de 4 a 5 na parte central até próximo da entrada do Canal de Itaparica e do paleovale do Rio Paraguaçu. As zonas junto da Ilha dos Frades, Ilha de Maré, Ilha de Madre de Deus e Baía de Aratu apresentam tempos de renovação que podem ir de 5 (na parte mais exterior) a 10 dias (nas zonas mais confinadas, Baía de Aratu). Os

tempos de renovação máximos da ordem de 15 a 25 dias são observados junto do Canal de Paraguaçu, mais propriamente na Baía do Iguape.

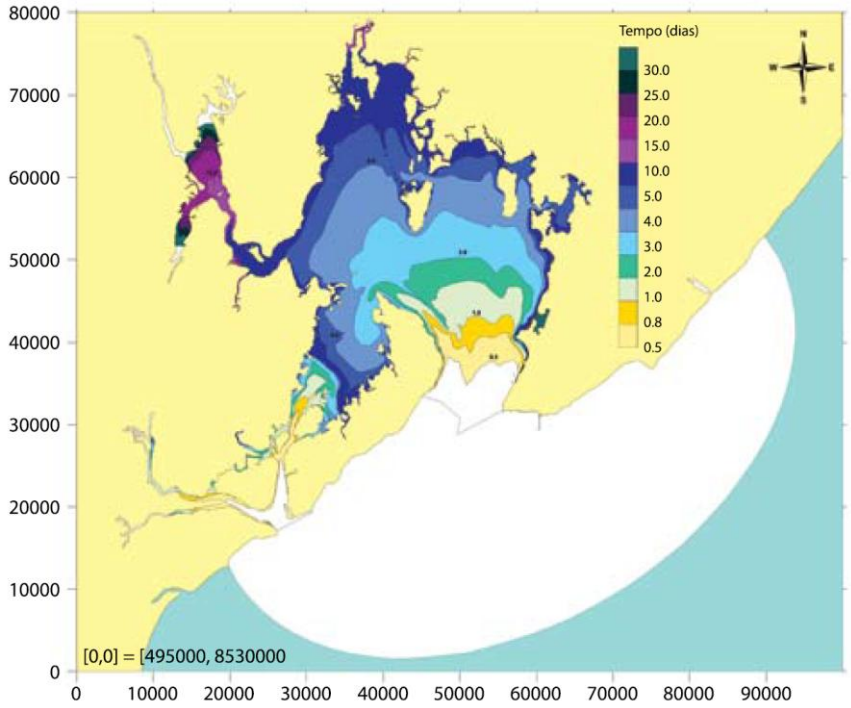


Figura 214 – Zonamento do tempo de residência na BTS, obtido através de simulações numéricas representativas do período seco (janeiro) considerando o efeito da maré e vento (HATJE, ANDRADE, 2009)

2.11.8.5. Agitação marítima

Nesta secção efetua-se uma caracterização da agitação marítima ao largo da Salvador. Esta caracterização tem como base a literatura disponível e a reanálise de 30 anos do modelo WaveWatch3 da NOAA (CHAWLA *et al*., 2013).

A caracterização mais próxima da BTS é efetuada com base em cenários de agitação marítima ao largo (reanálise de 30 anos da NOAA) e parâmetros de ventos que possam influenciar a BTS na indução de agitação marítima local.

O estudo efetuado por Pianca *et al.* (2010), tem como base uma avaliação das condições de agitação marítima ao largo da costa brasileira num período de 11 anos (1997 a 2007) através da reanálise do modelo operacional WaveWatch 3 da NOAA (NWW3). Neste estudo são analisados 6 pontos de controle ao longo da costa (Figura

215). A agitação marítima nos pontos W1, W2 e W3 é controlada pela Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e pela passagem de frentes frias sinóticas; os pontos W4, W5 e W6 são controlados pela Zona de Convergência Intertropical (CIT) e sua oscilação meridional (PIANCA *et al.*, 2010).

Figura 215 – Pontos de estudo (PIANCA *et al.*, 2010)

A agitação marítima com rumos de S é a que apresenta maior energia e é gerada por ventos intensos associados à passagem de frentes frias. No período de inverno a agitação marítima mais energética faz-se sentir nos pontos W1 a W4. O período de verão corresponde a situações de maior energia para os pontos W5 e W6 (PIANCA *et al.*, 2010).

Para a zona de Salvador, os pontos mais relevantes são o W3 e W4. No ponto de controle W3 verifica-se que os principais rumos são de S e E, tendo os rumos de S uma maior representatividade no outono e os rumos de E no verão. No ponto W4 o rumo de E é predominante ao longo de todo ano, com a exceção da época de inverno onde a agitação proveniente de SE domina. A agitação que influencia a zona de Salvador tem como rumos de incidência S, SE e E. Os valores máximos não ultrapassam os 5 m e os períodos encontram maioritariamente entre 5 e 15 segundos.

Utilizou-se também uma reanálise de 31 anos (1979 a 2009) que faz uso da mais recente base de dados da de alta resolução de vento (10m) e gelo da NCEP (Climate Forecast System Reanalysis, CFSR), do modelo WaveWatch3. A resolução da malha é de 1/2º e a validação do modelo foi feita com base em dados de altimetria e registro de boias da *National Data Buoy Center* dos Estados Unidos (NDBC). De um modo geral, os resultados obtidos para a altura significativa são bem reproduzidos encontrando-se dentro do percentil 90 (CHAWLA *et al.*, 2013).

Com base nesta informação a é feita uma análise, aos principais parâmetros de agitação:

- Altura significativa, Hs (m);
- Período de Pico, Tp (s);
- Direção, Dir (º);

De forma idêntica ao estudo anterior, é feita a extração de séries temporais em localizações específicas (Quadro 111, Figura 216). Os resultados permitiram aferir da concordância entre as duas abordagens, nos pontos W3 e W4. A caracterização descrita acima para os pontos W3 e W4 é confirmada na Figura 217 e na Figura 218 que resultam das séries temporais com 31 anos.

Quadro 111 – Localização dos pontos de extração da série temporal de 31 anos

Pontos	Longitude (º)	Latitude (º)
W3	-36.25	-19.00
W4	-33.75	-9.00
S1	-38.018	-13.52

Figura 216 – Pontos de extração da série temporal de 31 anos

Considerando o ponto W3, verifica-se que neste período de 31 anos, as alturas significativas estão concentradas entre 1 a 3 metros e o período de pico apresenta uma distribuição uniforme entre os 6 e 12 segundos. Os principais rumos de incidência os sectores de SSW/S e E (Figura 217).

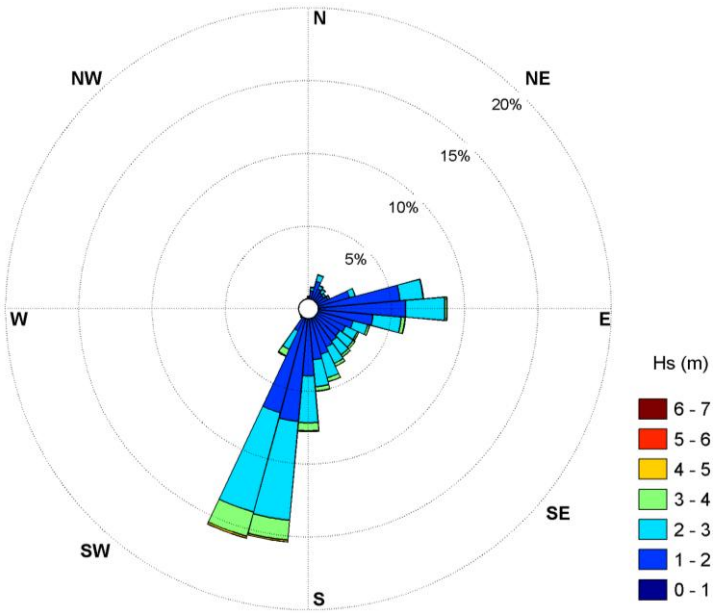


Figura 217 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos. Ponto W3

No ponto W4 a altura significativa encontram-se entre 1 e 3 m e o período de pico neste ponto encontra-se maioritariamente entre 6 a 12 s. Os principais rumos de incidência os sectores de N, SE a E, e S (Figura 218).

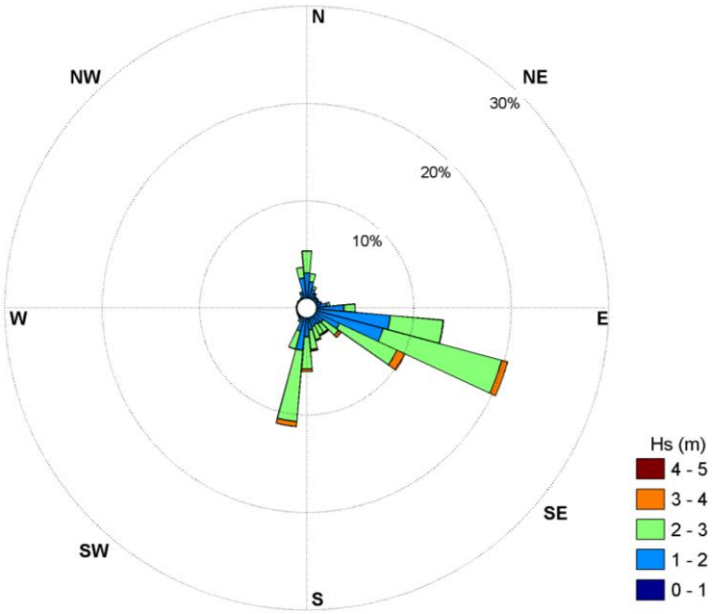


Figura 218 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos. Ponto W4

Na localização S1 a agitação marítima está entre 1 a 2 metros (84%). A agitação superior a 2 metros representa cerca de 14% dos resultados e acima de 3 metros menos de 1% (Figura 219). A altura significativa máxima é de 4.54 m, com um período pico associado de 9.18 s e uma direção 165.23º (S) (Quadro 112). Os resultados mostram que o período de pico se encontra concentrado entre os 6 a 10 segundos (84%), que o período de pico entre os 10 e 14 segundos representa cerca de 11% das ocorrências e acima de 14 segundos 2% (Figura 220). O valor máximo do período de pico nos resultados é de 19.51 segundos, associado a uma altura significativa de 1.3 metros e uma direção de 172.76 (S) (Quadro 112).

Quadro 112 – Máximos de Altura Significativa (Hs) /Período de Pico (Tp) e respectivos valores associados a cada máximo

	Hs (m)	**Tp (s)**	**Dir (º)**
Hs (m)	4.54	9.18	165.23
TP (s)	1.30	19.51	172.76

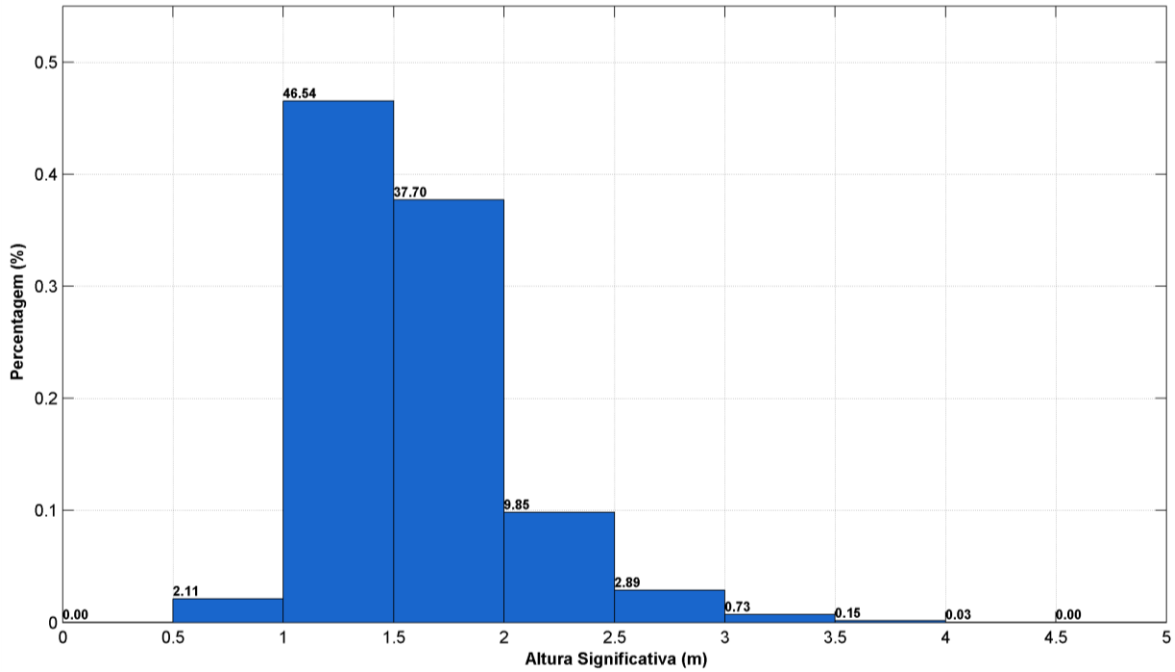


Figura 219 – Distribuição da altura significativa, série temporal de 31 anos

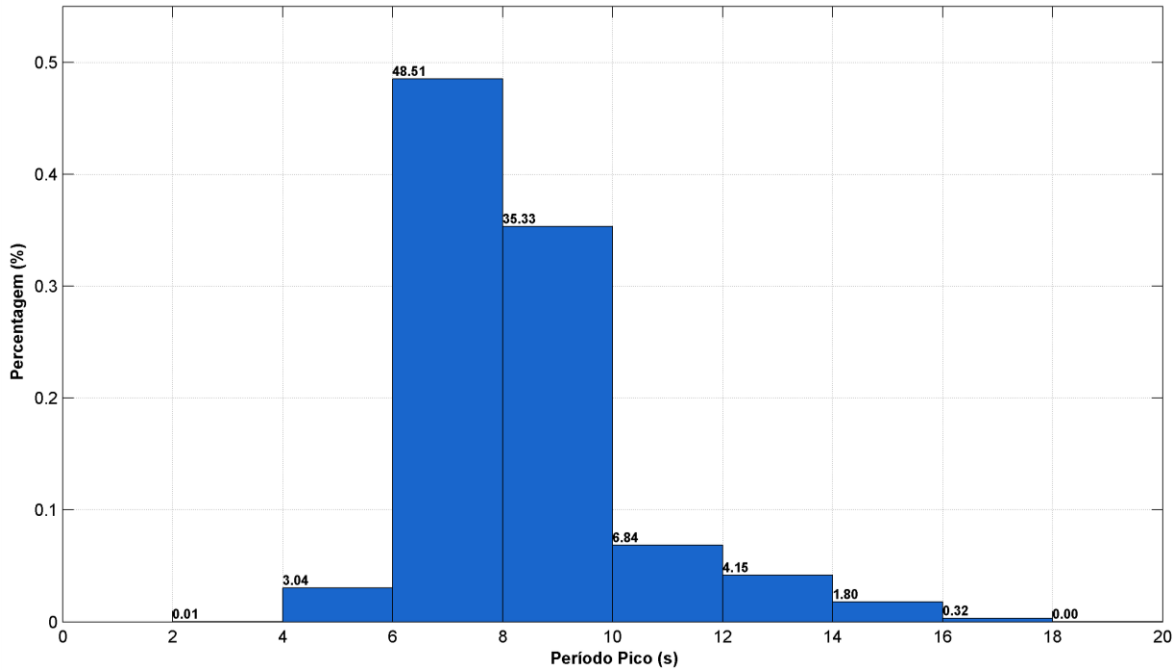


Figura 220 – Distribuição do período de pico, série temporal de 31 anos

Os resultados de agitação marítima neste ponto mostram que o sector de maior incidência está compreendido entre SE e E com cerca de 77% dos resultados e entre SE e S com 18% (Figura 221).

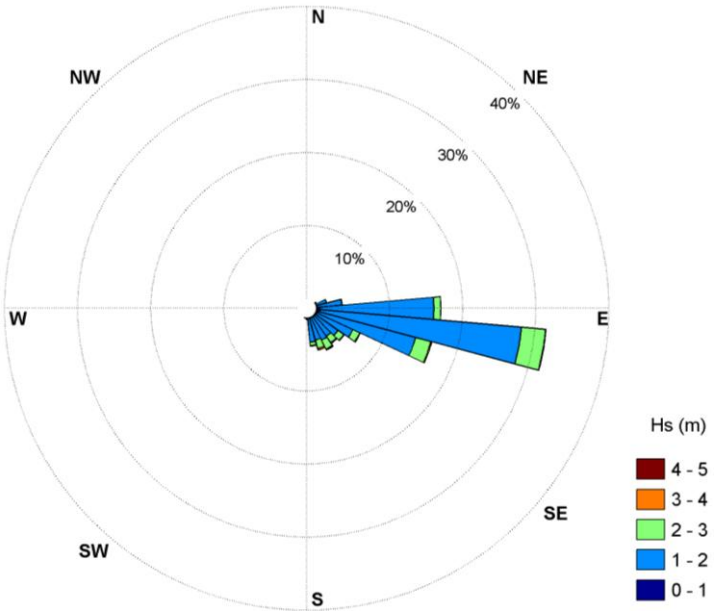


Figura 221 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos

A avaliação sazonal mostra que durante o verão as direções predominantes são do quadrante ESE a ENE (77%) e SSE a ESSE com cerca de 17% dos resultados (Figura 222). Os valores de altura significativa encontram-se entre 1 a 2 metros (94%, Figura 223) e os valores de período de pico estão entre os 6 a 10 segundos (85%, Figura 224) sendo que 62.72% está entre os 6 e 8 segundos. Os valores máximos estão no Quadro 113.

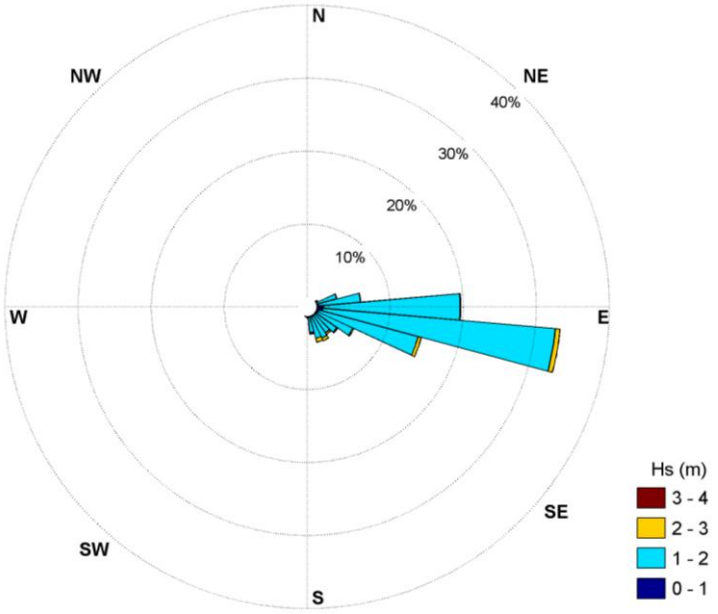


Figura 222 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos (verão)

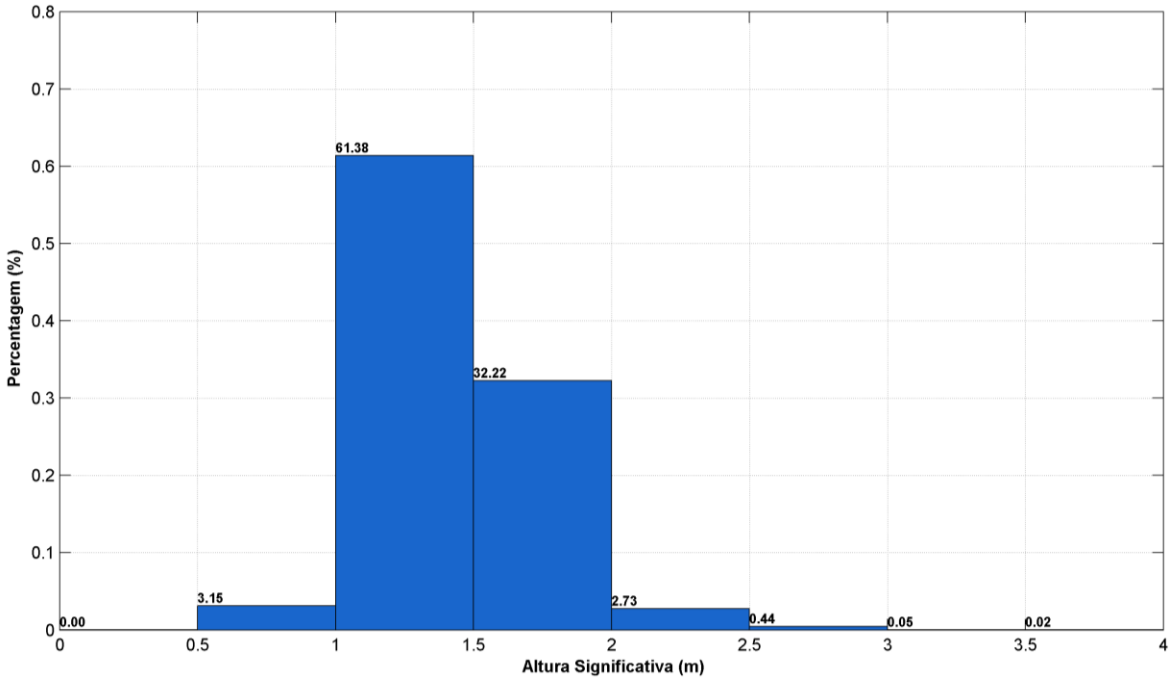


Figura 223 – Distribuição da altura significativa, série temporal de 31 anos (verão)

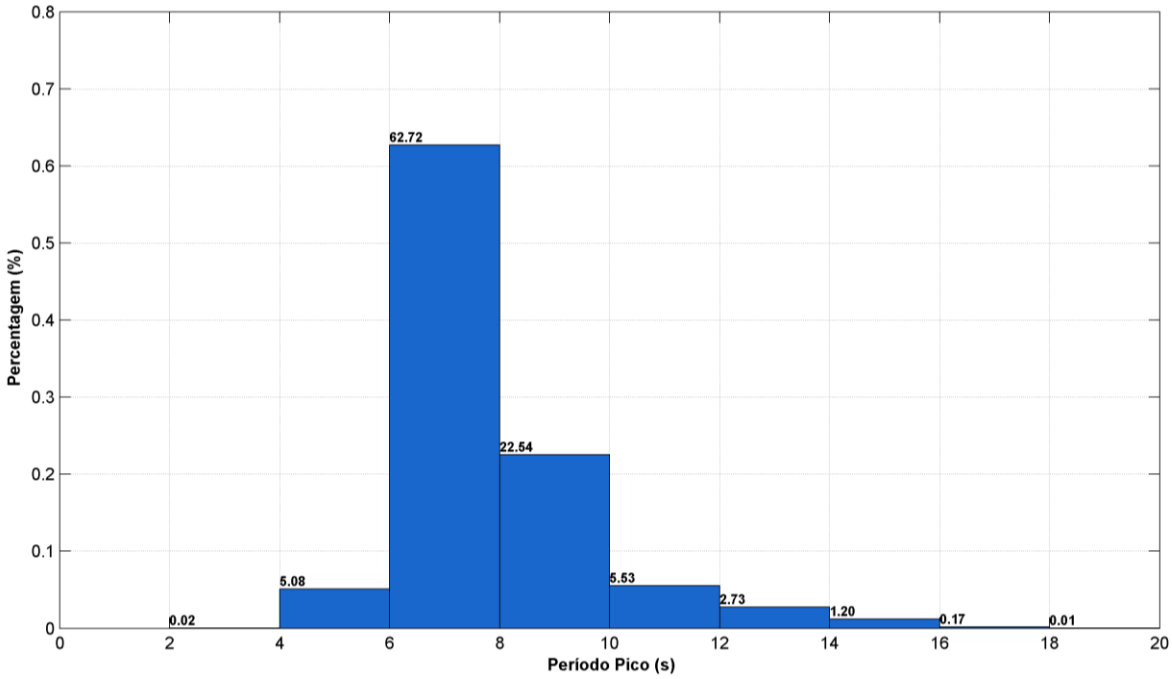


Figura 224 – Distribuição do período de pico, série temporal de 31 anos (verão)

Quadro 113 – Máximos de Altura Significativa (Hs) /Período de Pico (Tp) e respectivos valores associados a cada máximo (verão)

	Hs (m)	Tp (s)	Dir (º)
Máximo Hs	3.85	8.44	154.44
Máximo de Tp	1.30	19.51	172.76

Durante o inverno as direções predominantes são do quadrante ESE a ENE (63%) e SSE a ESSE com cerca de 26% dos resultados (Figura 225). Os valores de altura significativa encontram-se entre 1 a 2 metros (75%, Figura 226) e os valores de período de pico estão entre os 6 a 10 segundos (82%, Figura 227). Os valores máximos estão no Quadro 114.

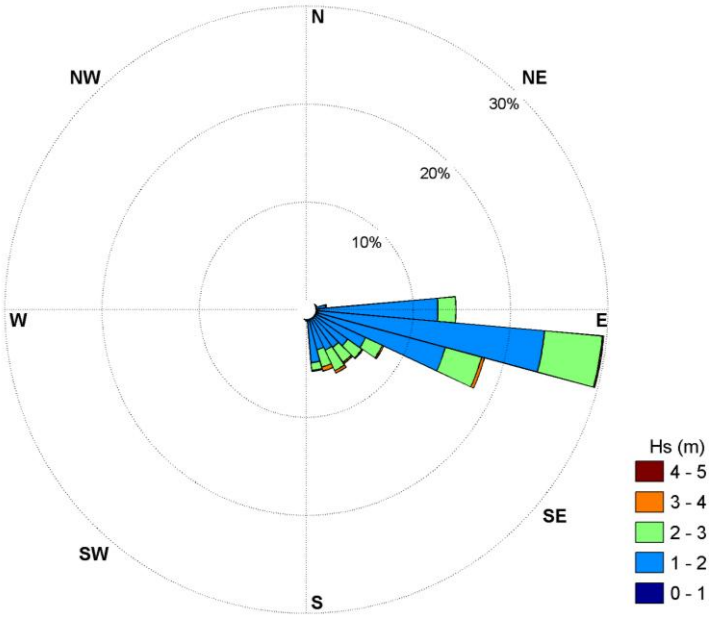


Figura 225 – Distribuição conjunta de frequência relativa da altura significativa com a direção, série temporal de 31 anos (inverno)

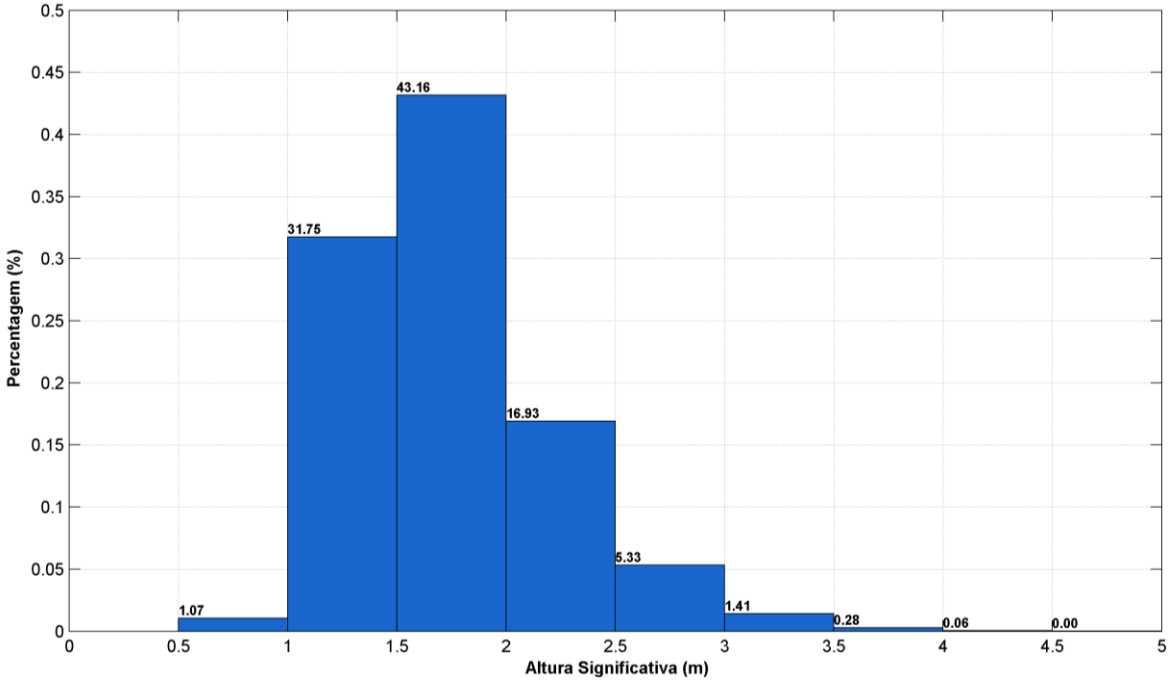


Figura 226 – Distribuição da altura significativa, série temporal de 31 anos (inverno)

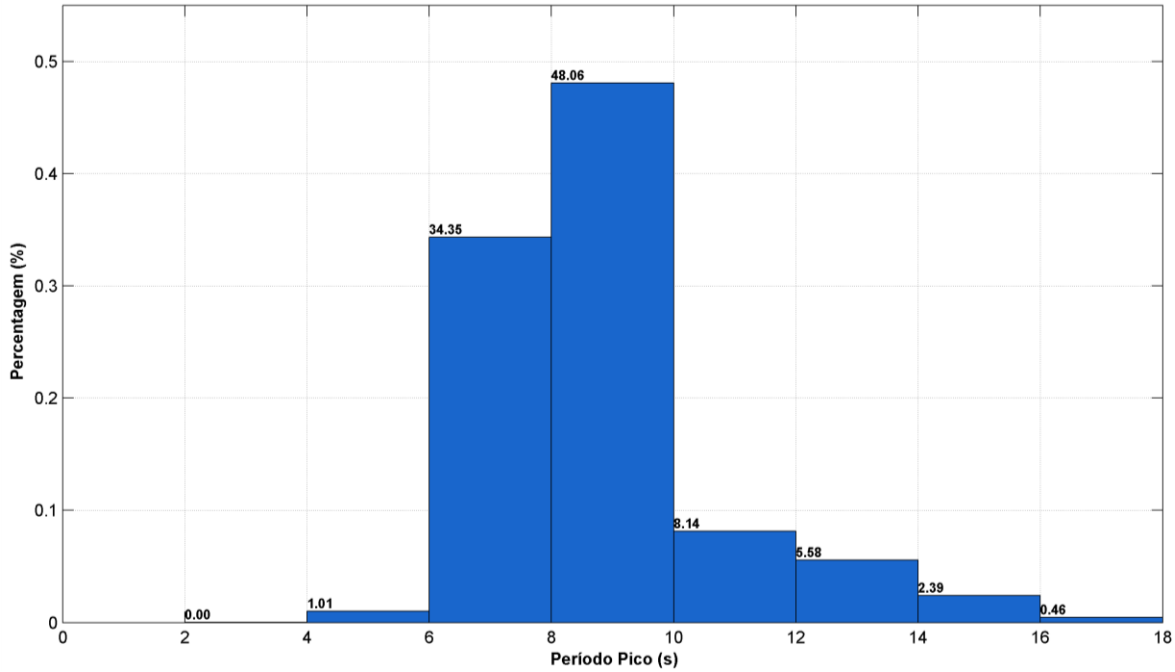


Figura 227 – Distribuição do período de pico, série temporal de 31 anos (inverno)

Quadro 114 – Máximos de Altura Significativa (Hs) /Período de Pico (Tp) e respectivos valores associados a cada máximo (inverno)

	Hs (m)	Tp (s)	Dir (º)
Máximo Hs	4.54	9.18	165.23
Máximo de Tp	1.18	17.92	173.78

Para a avaliação da agitação local na Baía de Todos os Santos foi necessário recorrer a modelagem numérica de modo a obter uma indicação do tipo de altura significativa que pode ocorrer. Para o forçamento atmosférico do modelo foi considerada a informação contida nos relatórios de diagnóstico da qualidade das águas da Baia de Todos os Santos (CRA, 2000). Do relatório é possível retirar que:

- Dos ventos analisados, verifica-se os principais quadrantes são NE, E e SE;
- Existe uma predominância do quadrante de SE durante quase todo o ano com a exceção dos meses de novembro a janeiro que passa a soprar com mais frequência de E e NE;
- Campanhas entre janeiro a junho de 1999 mostram que durante o verão existe uma predominância para ventos de Leste e Sudeste e velocidades

máximas de 12 m/s. No período de inverno verifica-se uma predominância para ventos de Sul e Sudeste e velocidades máximas de 12 m/s.

De acordo com os dados anteriores foram selecionados sete cenários preliminares de estudo. Os cenários escolhidos comtemplam situações de vento máximo e os principais rumos para os regimes de verão e de inverno (Quadro 115) e o cenário comum às duas épocas (Quadro 116).

Quadro 115 – Cenários de agitação local (verão e inverno)

Verão			**Inverno**		
Cenário	Dir (º)	Intensidade (m/s)	Cenário	Dir (º)	Intensidade (m/s)
C1	ENE	12	C5	SSE	12
C2	E	12	C6	S	12
C3	ESE	12	C7	SSW	8

Quadro 116 – Cenários de agitação local (verão e inverno).

Verão/Inverno		
Cenário	Dir (º)	Intensidade (m/s)
C4	SE	12

Foi definido um ponto de controle na zone de interesse de modo a obter informação sobre os parâmetros de altura significativa, período pico e direção (Figura 228).

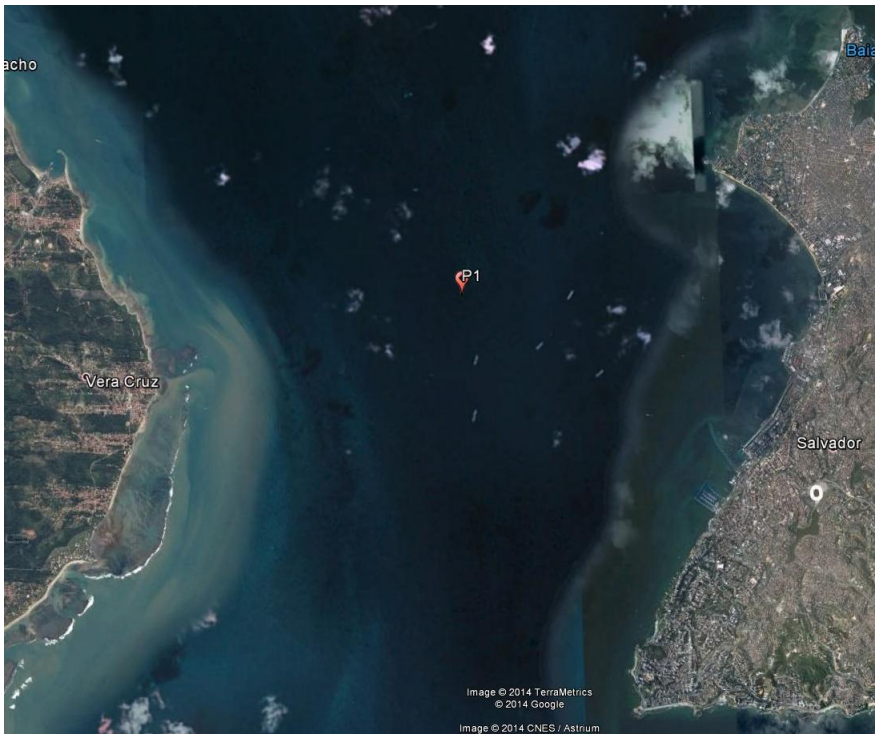


Figura 228 – Ponto de Controle BTS

Dos cenários simulados verifica-se que no ponto de controle

Quadro 117(Quadro 117):

- A agitação varia entre 0.5 a 1 metro;
- O período pico encontra-se dentro dos valores característicos para a agitação gerada localmente;
- Com a rotação de ENE para Sul verifica-se um aumento da altura significativa da ondulação, sendo os rumos de SSE e S que têm maior influência;

Nas figuras é possível observar os mapas de agitação marítima que têm maior influência na BTS (os restantes mapas encontram-se no Anexo 5 – Anexos do Volume 2 – Tomo 1).

Quadro 117 – Resultados no ponto de controle

Ponto P1				
Cenário	**Hs (m)**	**Tp (S)**	**Dir (º)**	**Época do Ano**
C1	0.60	3	47.52	Verão
C2	0.57	2.7	82.21	
C3	0.59	3.15	133	
C4	0.73	3.66	160.9	Verão/Inverno
C5	0.90	3.85	175.64	Inverno
C6	1.01	4.05	187.96	
C7	0.56	3.48	201.11	

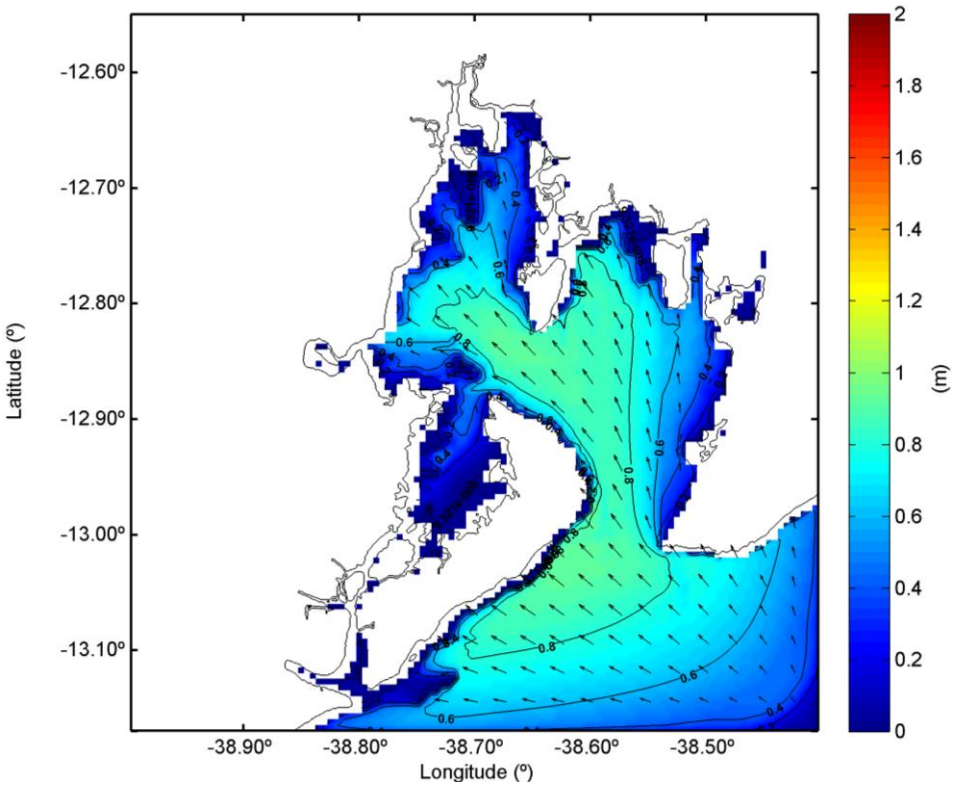


Figura 229 – Cenário C4

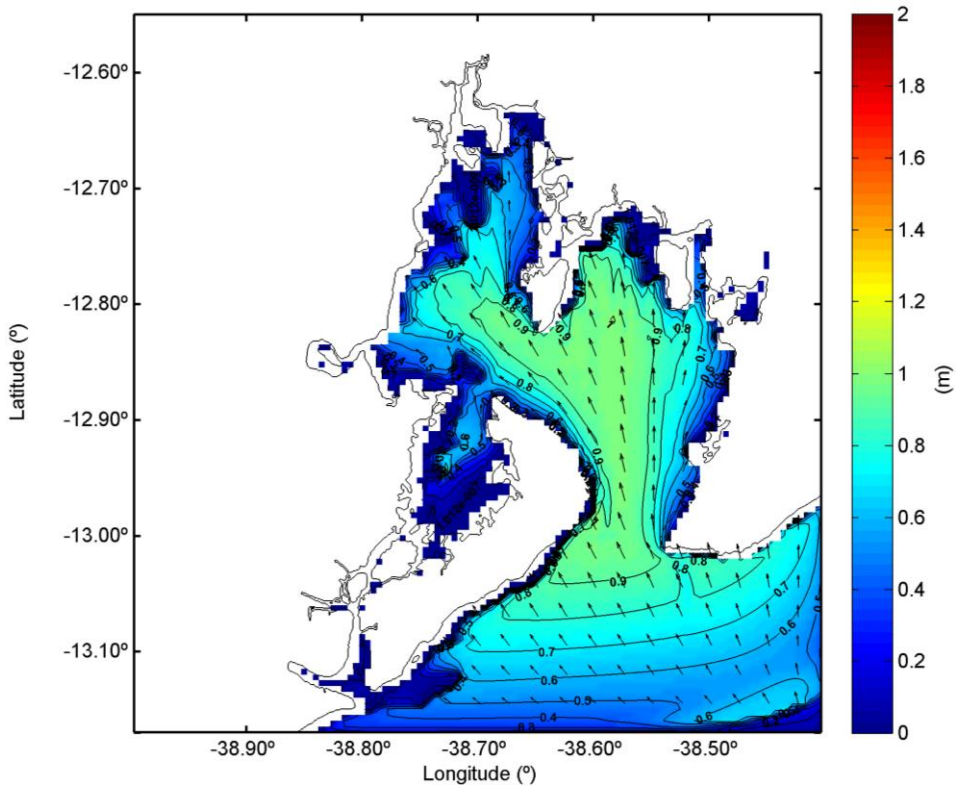


Figura 230 – Cenário C5

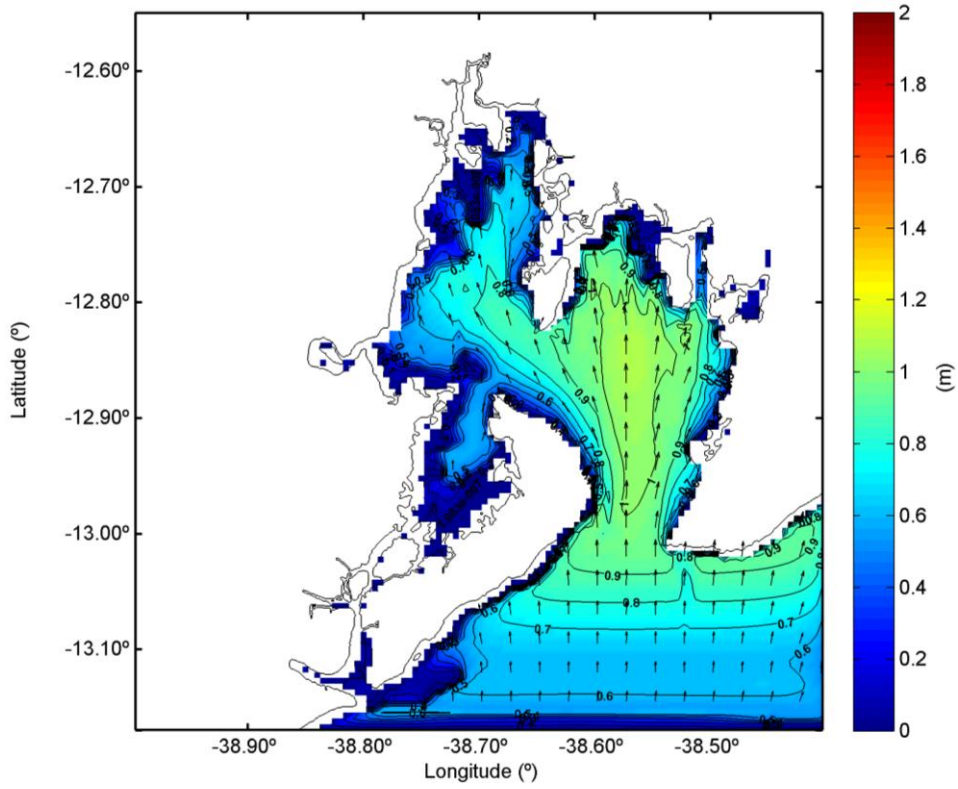


Figura 231 – Cenário C6

A agitação marítima no interior da BTS por influência da agitação ao largo também foi simulada. Dos dados analisados anteriormente, no ponto S1 (C1 e C2), foram escolhidos para as simulações a altura significativa máxima (com os respectivos valor direção e período de pico) e o período de pico máximo (com os respectivos valor direção e altura significativa) e um cenário teórico com base nos valores mais frequentes de altura significativa, período de pico e direção mais desfavoráveis.

Cenários	Hs (m)	Tp (s)	Dir (º)
C1	5	9	165
C2	1	20	173
C3	2	12	180

Na avaliação dos resultados é considerado o mesmo ponto de controle (Figura 228).

Dos cenários simulados, verifica-se que existe uma grande dissipação de energia para o interior da BTS, caindo a altura significativa para menos de metade do valor incidente (Figura 232, Figura 233, Figura 234), os resultados obtidos no ponto de controle podem ser consultados no Quadro 118.

Quadro 118 – Resultados no ponto de controle

Ponto P1			
Cenário	Hs (m)	Tp (S)	Dir (º)
C1	2.16	9.10	192.55
C2	0.40	15.895	192.51
C3	0.82	11.7	194.69

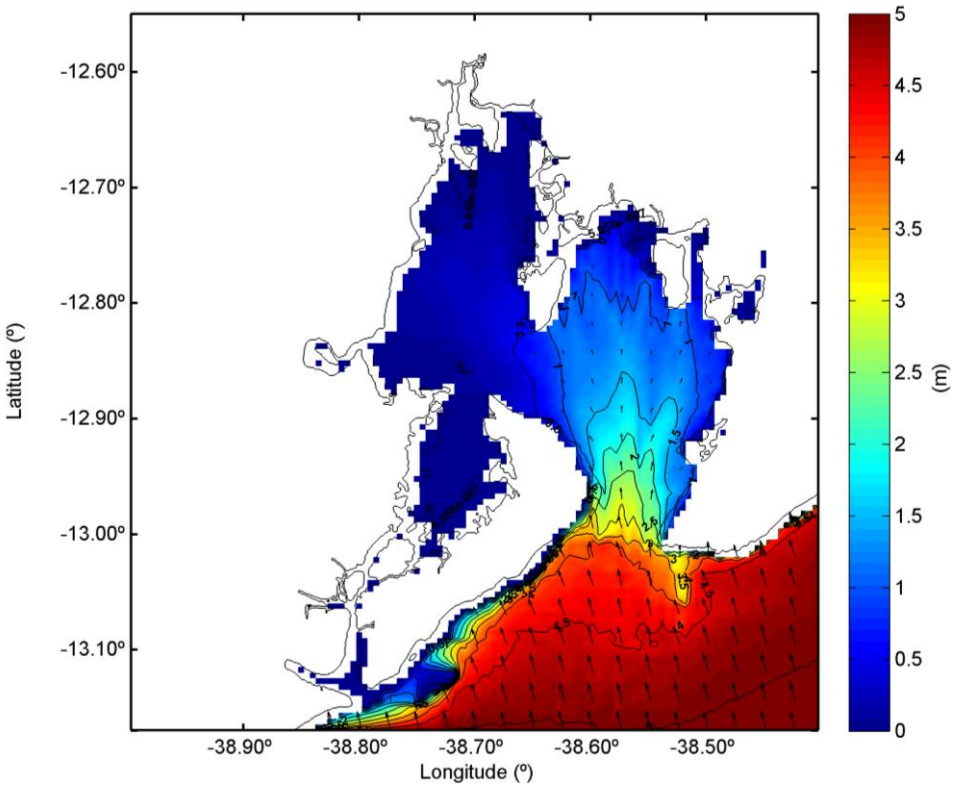


Figura 232 – Cenário C1

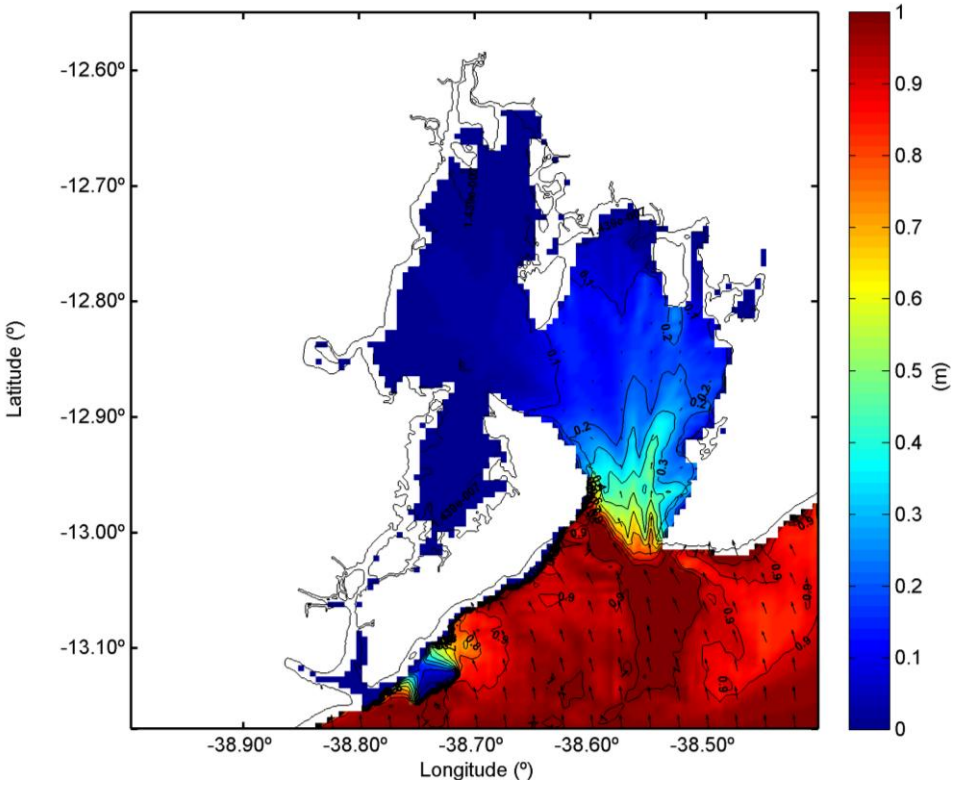


Figura 233 – Cenário C2

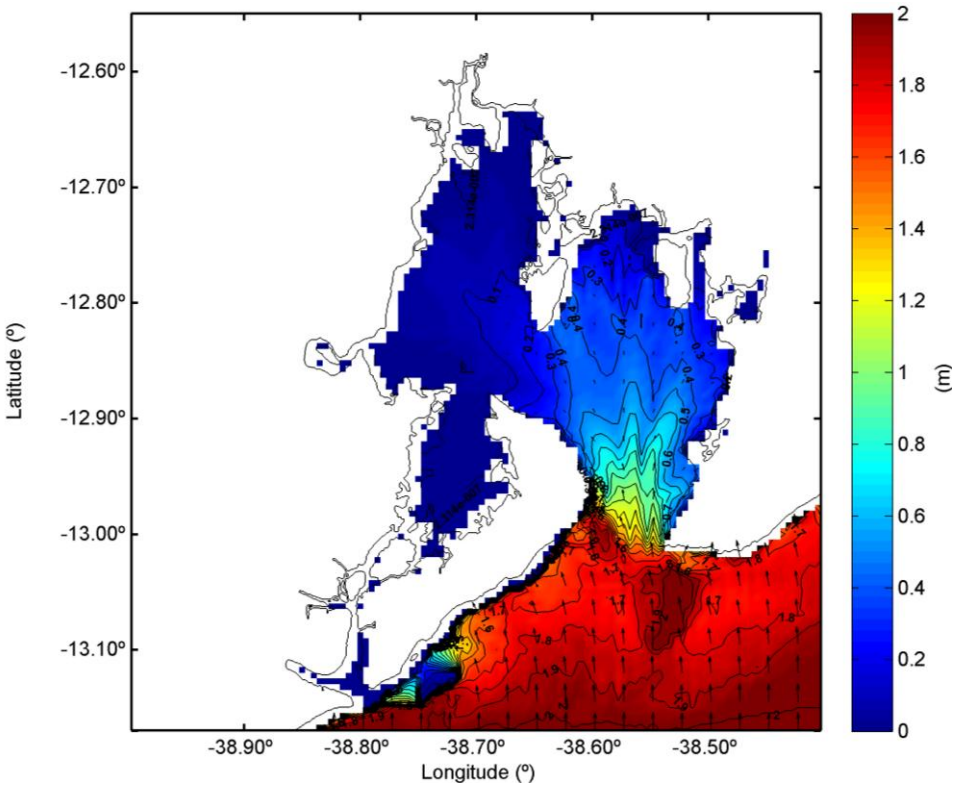


Figura 234 – Cenário C3

2.11.9. Modelo esquemático da circulação

De acordo com estudos efetuados até à data a circulação hidrodinâmica no interior da BTS parece ser determinada essencialmente pelas marés (e. g., de caráter semidiurno), sendo a importância da componente M2 particularmente evidente. De acordo com Lessa *et al.*, 2001, as descargas fluviais médias são cerca de 2 ordens de magnitude inferiores ao fluxo de marés originado no canal de Salvador. A maré astronômica explica pelo menos 86% da variância das correntes sendo a restante variância explicada pelo efeito do vento e fluxos de origem barotrópica e baroclínica (e. g., mais importantes nos canais junto das descargas de água doce). No geral, a coluna de água é bem misturada na vertical durante todo o ano, devido à menor entrada de água doce na BTS (MIRANDA *et al.*, 2011). Nesta situação os gradientes horizontais acabam por ser mais importantes do que propriamente a variação vertical, originando duas massas de água com características distintas: i) a Água Tropical, com temperaturas superiores a 20 ºC e salinidade acima de 36 e que adentra a baía nos meses de verão; e ii) a Água Costeira, mais fria e menos salina (salinidades inferiores

a 36) que se forma na BTS nos meses de inverno e impede a entrada da Água Tropical. Os padrões de circulação sazonal são atribuídos ao regime de ventos de verão e de inverno, pelo fato de a descarga de água doce rio Paraguaçu (principal contribuinte para a BTS) ser controlada pela Barragem Pedra do Cavalo.

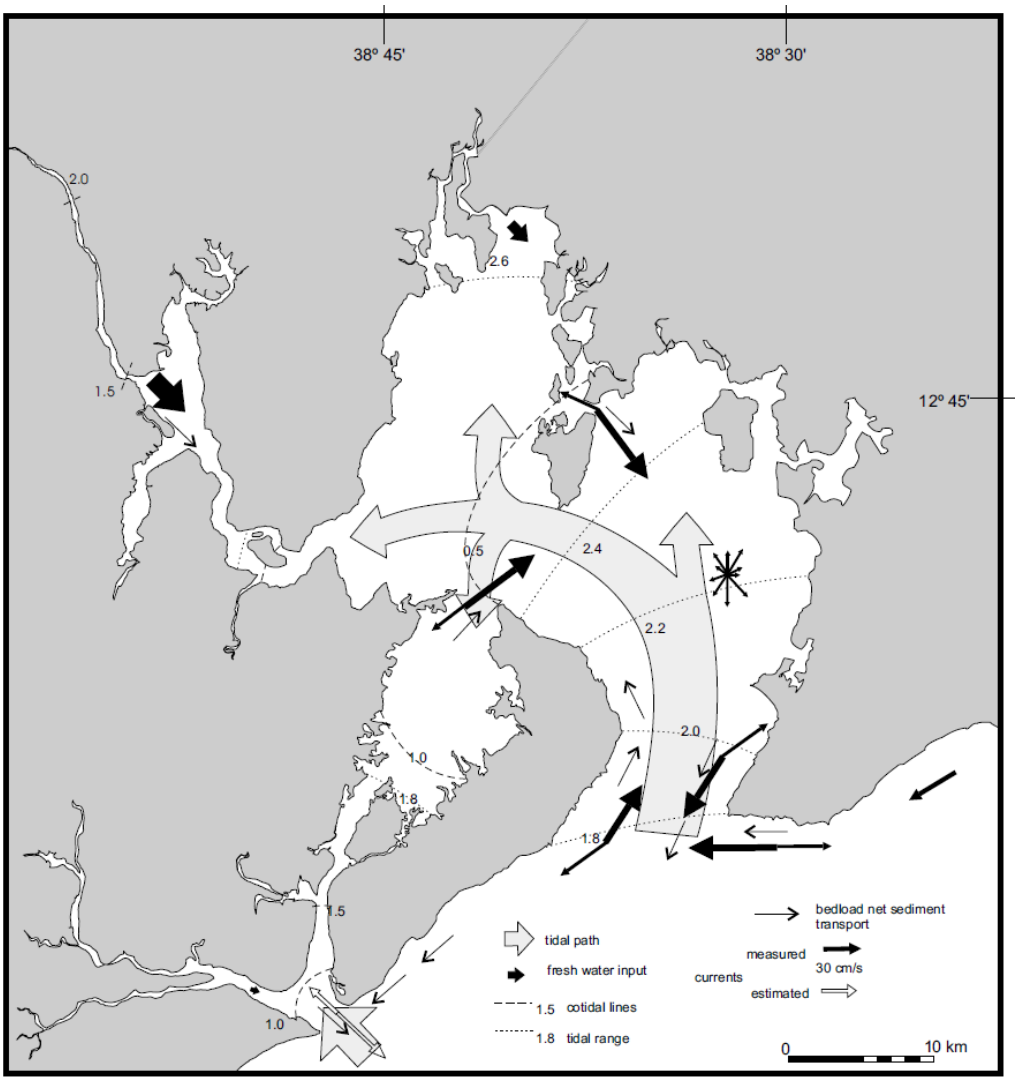
O modelo esquemático ou conceptual da circulação hidrodinâmica e de transporte de sedimentos na BTS apresenta-se na Figura 235. Este modelo esquemático é completado com o resultado obtido com o modelo MOHID, o qual permite uma visualização integrada no espaço (Figura 236). A complexidade da dinâmica da maré aliada à distribuição espacial dos pontos de descarga de água doce, às diferenças climáticas existentes no eixo leste-oeste (entre Salvador e Cachoeira) e à contrastante sazonalidade pluviométrica entre as bacias de drenagem criam regiões com características particulares de circulação de água, como se pode observar através do modelo esquemático de circulação combinado com o campo espacial obtido com o modelo MOHID.

A propagação da maré faz-se no sentido do interior da BTS tendo como “corredores” preferenciais o Canal de Salvador e o Canal de Itaparica, adentrando até à Baía de Aratu, Ilha dos Frades e de Madre de deus, e Canal de Paraguaçu. A sul do Canal de Salvador e junto do Morro de São Paulo (canal junto a Cacha do Prego) a propagação da maré é feita através do canal gerado pelo Rio Jaguaripe.

A circulação residual mostra a existência de um vórtice bem definido à entrada da BTS (Figura 236), responsável pela mistura que ocorre entre o interior e o exterior da baía. No Canal de Salvador observa-se um escoamento preferencial de enchente junto à orla costeira da Ilha de Itaparica, e de vazante ao longo da margem da cidade de Salvador (Figura 235 e Figura 236). Na parte superior da BTS, existem zonas de transição, especificamente o Canal de Itaparica, e Ilha dos Frades e Madre de Deus. Estas zonas de transição dão origem à formação de vórtices juntos destes locais (Figura 236). Junto das descargas de água doce a circulação residual aponta para o interior da BTS pelo fato de o escoamento originado por estas descargas ser no sentido de vazante.

No exterior da BTS observa-se um escoamento que vem do largo com a sua intensificação máxima junto da cidade de Salvador (Figura 235 e Figura 236). Junto da cidade de Salvador, ocorre a convergência entre o escoamento que vem do largo e o escoamento preferencial de vazante do Canal de Salvador.

O transporte de sedimentos associado à circulação originada pela maré e ondas aponta para a entrada de sedimentos preferencialmente ao longo da Ilha de Itaparica e de saída ao longo da margem da cidade de Salvador. No interior da BTS existe uma tendência preferencial de transporte no sentido vazante no Canal de Itaparica e junto da Ilha dos Frades.



Nota: O transporte de sedimentos associado à maré e agitação marítima também está esquematizado (LESSA *et al.*, 2001)

Figura 235 – Modelo esquemático ou conceptual da circulação na BTS

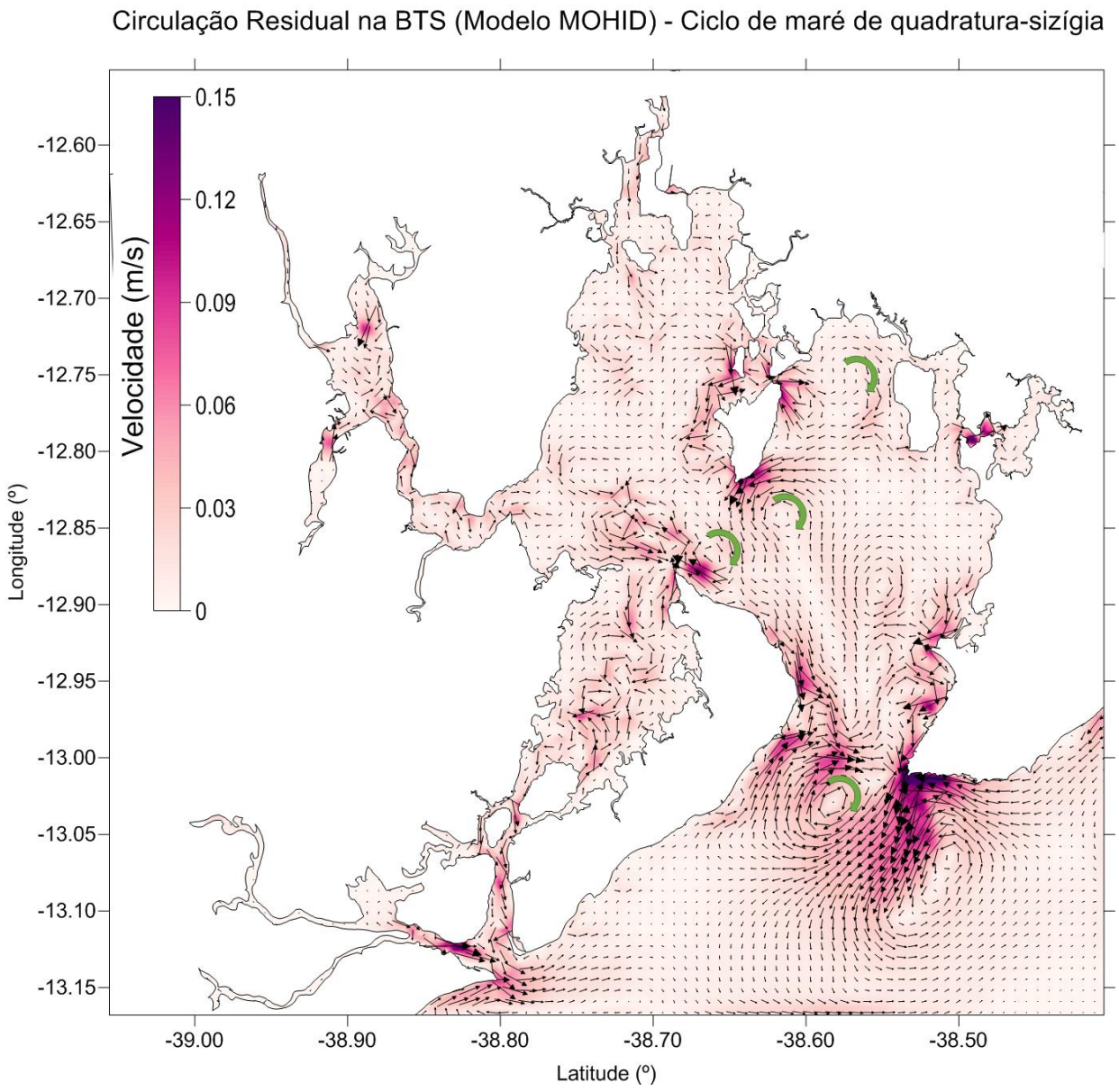


Figura 236 – Circulação residual obtida com o modelo MOHID para um ciclo de maré de sizígia e quadratura

2.12. Síntese

Seguidamente se apresenta uma síntese dos principais resultados do diagnóstico físico, por fator ambiental.

Quadro 119 – Síntese do diagnóstico por fator ambiental

Fator ambiental	Síntese do diagnóstico
Classificação climática e meteorologia	O clima da região é quente e úmido, com distribuições anuais relativamente estáveis de temperatura, precipitação, umidade relativa e evaporação, graças ao papel amenizador da Baía de Todos os Santos. A distribuição suave da precipitação tem-se tornado mais assimétrica ao longo do ano, de acordo com dados recentes, reduzindo o índice hídrico. Os ventos são globalmente fracos e de direção dominada pela topografia, originando genericamente de SE.
Qualidade do ar	Os valores de concentração diários e anuais de MP10 são bastante reduzidos e afastados dos padrões primários estipulados para este poluente, tanto na AII como na AID. A AID do projeto é afetada atualmente por concentrações de NO2 muito significativas na zona de Salvador, onde o tráfego rodoviário contemplado na modelagem é mais intenso. A AII engloba também alguns receptores com valores significativos de NO2, principalmente na zona de Salvador. As AII e AID do projeto são afetadas atualmente por concentrações de CO bastante reduzidas e afastadas dos padrões primários horário e octohorário estipulados para este poluente.
Ruído	A AID é atualmente afetada por ruído rodoviário sobretudo ao longo da BA-001, na Ilha de Itaparica, e nas áreas residenciais de Salvador mais próximas dos principais eixos viários ou de ruas com elevado ruído urbano. Nesses locais a aplicação de Níveis de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos conduziu a valores já superiores aos valores de referência para os usos do solo existentes. Em contrapartida, na Ilha existem ainda vastas áreas pouco afetadas por Ruído, em que os NCA de referência para zonas de maior sensibilidade, como os estritamente residenciais ou de usos escolar ou hospitalar, não são ultrapassados.

Fator ambiental	Síntese do diagnóstico
Geologia e geotecnia	O empreendimento abrange maioritariamente unidades geológicas sedimentares, pertencentes à sub-bacia do Recôncavo. Estes terrenos sedimentares têm uma ampla distribuição temporal, tendo-se formado desde o Jurássico e continuam até à atualidade (sedimentos que atapetam os fundos da BTS e que constituem as praias da Ilha de Itaparica). De forma pontual, em Salvador, é abrangido o embasamento cristalino. Estas unidades geológicas refletem-se no comportamento geotécnico diferenciado entre os maciços terrosos/solos e o maciço rochoso no que diz respeito às condições de fundação e de estabilidade de taludes. O contexto geológico explica a relevância dos recursos geológicos na área de influência do empreendimento. Atualmente, na AID existem 21 processos minerários, sendo que na ADA existe uma concessão de lavra de sal-gema, abrangida pela BA-001 e em explotação desde 1967, um conjunto de oito processos minerários de requerimento/autorização de pesquisa e um de disponibilidade de sal-gema.
Geomorfologia	No contexto da AII e da AID as unidades geomorfológicas que dominam a área são, por esta ordem de importância: a baixada litorânea, a planície marinha e fluviomarinha e o planalto pré-litorâneo. Os processos morfodinâmicos associados às formas de relevo dominantes incluem movimentos de massa e erosão linear e marinha. Relativamente aos movimentos de massa, a área de maior vulnerabilidade é a porção que ocupa a unidade geomorfológica do planalto pré-litorâneo (Salvador). Na Ilha de Itaparica os terrenos que compõem a baixada litorânea, apesar da terem pequena amplitude de desníveis e declividade baixa, quando intervencionados, apresentam solos/camadas argilosas que poderão predispor as formas à movimentação lenta, por solifluxão laminar. No que diz respeito à evolução costeira, entre 1976 e 2010, se concluí que na margem litorânea incluída na AID se destaca a métade norte do trecho entre a Gameleira e Vera Cruz e o trecho entre a Foz da Boca do Rio e a porção costeira nos 2500 m para sul onde se observaram os maiores recuos da linha frontal de vegetação devido à erosão costeira.

Fator ambiental	Síntese do diagnóstico
Solos	Na área de influência do empreendimento predominam Argissolos Vermelho-Amarelos (em particular no interior da Ilha de Itaparica) e Espodossolos Hidromórficos (sobretudo na costa leste da Ilha). Esses solos são maioritariamente bem drenados (permeabilidade moderada a moderadamente rápida), ocupados por floresta ou formações pioneiras de influência marinha, apresentam uma elevada suscetibilidade à erosão e baixa aptidão agrícola, em particular para agricultura irrigada, constituindo terras indicadas, sobretudo, para pastagens, reflorestamento e para preservação de ecossistemas. Não foram detectados problemas de qualidade dos solos.
Sismicidade	O empreendimento localiza-se numa região em que, embora seja das que registra maior atividade sísmica no território Brasileiro, a perigosidade dos eventos históricos é reduzida. Os sismos históricos e os registros instrumentais recentes no estado da Bahia evidenciam, em geral, uma baixa magnitude e intensidade, bem como efeitos pouco significativos em construções e, consequentemente, em pessoas. Não obstante, não é possível prever um episódio sísmico ou a sua magnitude. Na região em que se insere o empreendimento existem falhas com evidências de atividade recente que poderão originar eventos sísmicos (falhas de Propriá e lineamentos associados, Salvador e Maragogipe). Pelo contexto geotectônico, eventuais *tsunamis* têm reduzida probabilidade de ocorrer, contudo importa referir que ondas geradas pelo sismo de 2004, no oceano Índico, foram registradas na costa de Salvador (embora de reduzida altura; onda de máxima altura tinha 60 cm).

Fator ambiental	Síntese do diagnóstico
Recursos hídricos superficiais (hidrologia)	Na **AII** a principal afluência fluvial à BTS é o rio Paraguaçu, cuja vazão se encontra regularizada ao longo do ano pela Barragem de Pedra do Cavalo, em torno do valor médio mensal de 21 m^3/s. As vazões fluviais representam geralmente menos de 1% da vazão da maré na BTS, não sendo significativas para o balanço hídrico da baía. Na **AII** assinalam-se como pontos de ocorrência de inundações as cidades de Cachoreira, São Félix, Nazaré e Santo Amaro. A vazão captada na **AII** (notadamente para abastecimento humano) é pouco significativa face às disponibilidades hídricas das bacias hidrográficas. As bacias hidrográficas na **AID** apresentam solos já saturados ou ocupados, sendo difícil de promover a infiltração ou percolação. As bacias pertencentes ao município de Salvador apresentam solos mais saturados, com baixa capacidade de infiltração, aumentando o escoamento superficial e consequentemente levando a picos de vazão maiores. A **ADA**, no lado da Ilha de Itaparica, se insere em 10 bacias hidrográficas (BH) principais. De entre estas bacias destaca-se a BH do rio Artur Pestana por ser a que apresenta maior área, seguida pela BH do rio da Penha, com menor área mas com maior comprimento do rio principal, sendo o mais extenso da Ilha. Do lado de Salvador a **ADA/AID** se integra nas bacias de Itapagipe e de Camarajipe, sendo esta última a maior. Foram identificadas 19 fontes e nascentes na Ilha, das quais apenas 4 estão dentro da **AID**. Do lado de Salvador, Tourinho e Beretta (2010) inventariaram um conjunto de 19 fontes urbanas localizadas na envolvente próxima ao empreendimento (14 na **AII** e 5 na **AID**). Nenhuma destas é intersetada pela **ADA**.
Recursos hídricos superficiais (qualidade da água)	A qualidade da água na AII / AID / ADA é principalmente determinada pela poluição associada aos lançamentos de esgotos e despejos irregulares de resíduos domiciliares. Tanto nas águas doces como nas águas salinas existem problemas de qualidade relacionados com os parâmetros Oxigênio dissolvido, Coliformes termotolerantes e nutrientes. A balneabilidade se encontra degradada, principalmente na orla da BTS, no município de Salvador e em alguns pontos da Ilha de Itaparica, notadamente na AID.

Fator ambiental	Síntese do diagnóstico
Recursos hídricos subterrâneos	Na AID ocorrem dois tipos diferenciados de aquíferos: porosos livres, na Ilha de Itaparica e nas áreas de afloramento do Grupo Ilhas, em Salvador, e aquíferos fraturados, suportados pelas formações rochosas do embasamento cristalino (apenas em Salvador). O número de poços inventariados na AID é reduzido (19 na Ilha de Itaparica e 6 em Salvador, sendo que nenhum é abrangido pela ADA). As duas campanhas de coleta de água subterrânea em oito poços construídos na Ilha de Itaparica confirmaram a baixa profundidade do nível de água (em geral < 10 m da superfície). Estas campanhas evidenciaram ainda problemas de qualidade da água relacionados com o alumínio e ferro, bem como incumprimentos devido a coliformes termotolerantes, condicionando o seu uso para o consumo humano. Em Salvador, o nível de água é igualmente pouco profundo, variando entre 5 e 10 m de profundidade, existindo poços tubulares com profundidades da ordem dos 20 m. São conhecidas algumas situações de incumprimento dos parâmetros físico-químicos, mas maioritariamente relacionadas com o ferro e os coliformes termotolerantes. A vulnerabilidade à poluição na AID é variável entre muito alta e muito baixa, na Ilha de Itaparica, e alta a muito baixa em Salvador.
Qualidade dos sedimentos	Foram efetuadas três campanhas de coleta de sedimentos superficiais na ADA/AID da ponte. Verificou-se que os sedimentos superficiais são maioritariamente constituídos por areias e não evidenciam problemas de contaminação. Embora na BTS sejam conhecidos diversos problemas de contaminação relacionados com atividades poluentes, a ausência de contaminação dos sedimentos superficiais é consonante com o fato de se estar numa zona de maior hidrodinamismo, e com fundos arenosos, sendo que a diminuta percentagem de materiais finos (siltes e argila) não favorece a adsorção de contaminantes. No caso dos sedimentos em profundidade verificaram-se pelo menos duas amostras coletadas numa sondagem executada pela Geofort Fundações que ultrapassam o Nível 1 da Resolução CONAMA n.º 454/2012 no que diz respeito aos metais níquel e cromo. Embora os problemas de contaminação de sedimentos em profundidade não se tenham verificado em todas as amostras coletadas, face ao histórico da BTS e ao fato de sob a cobertura arenosa recente existirem rochas argilíticas e siltíticas, é possível que existam mais situações desta natureza. Importa contudo referir que ambas as amostras apresentavam uma percentagem de siltes muito superior a todas as restantes amostras (a rondar os 70%).

Fator ambiental	Síntese do diagnóstico
Oceanografia e hidrodinâmica costeira	As correntes são essencialmente devidas à maré astronômica, a qual explica 86% da sua variabilidade. A variabilidade restante, especificamente a sazonalidade, é explicada pelo regime de ventos (Verão e Inverno) e outros fluxos (e. g., barotrópicos e/ou baroclínicos). O transporte de sedimentos acaba por ser determinado pelas correntes (e.g., marés e vento) e pelos processos associados à agitação marítima.

3. Referências Bibliográficas

ADÔMO, E.; SANTOS, E.; JESUS, T. SIG e regressão linear para avaliação ambiental das nascentes do rio Subaé em Feira de Santana (BA). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n. 2, p. 221-238, mai./ago. 2013. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/view/25557/15595>. Acesso em: 3 jun. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2010. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas>. Acesso em: jun. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil).Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. **Informe 2012**. Ed. Especial. Brasília, 2012a. 218p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. **Cadernos de Recursos Hídricos**. Ministério do Meio Ambiente. 2007a. 126p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. **Cadernos de Recursos Hídricos.** Ministério do Meio Ambiente. 2007b. 126p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2012b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Sinopse das Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul**. Volume I – Trecho Leste. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). Banco de Dados de Exploração e Produção. **Brasil**. [2014?] Disponível em: <http://maps.bdep.gov.br/website/maps/viewer.htm>. Acesso em: 16 mai. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Plano de Desenvolvimento aprovado na Reunião de Diretoria nº 468 de 19/03/2008**. Resolução de Diretoria nº 192/2008. SUMÁRIO EXECUTIVO EXTERNO DO CAMPO DE ITAPARICA. Contrato de Concessão n°48000.003659/97-12. 2008. 4p.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Sistema de consulta de postos revendedores**. [S.L.]: ANP, 2014. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?id=414>. Acesso em: mai. 2014.

AGÊNCIA REGULADORA DO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA (Brasil). **Sistema de Abastecimento de Água de Salinas da Margarida e de Cações**: Relatório de Fiscalização. [S.L.]: AGERBA, 2013.

BAHIA (Estado). Companhia das Docas do Estado da Bahia. **Licenciamento Ambiental da Dragagem de Aprofundamentodo Porto de Salvador – BA**. Biomonitoramento e Meio Ambiente. Salvador: Companhia das Docas do Estado da Bahia, 2008a.

BAHIA (Estado). Coordenação de Avaliação da Qualidade Ambiental. **Evolução das Condições de Balneabilidade das Praias de Salvador**. Salvador: Coordenação de Avaliação da Qualidade Ambiental, 2002.

BAHIA (Estado). Governo do Estado da Bahia – Secretarias do Planejamento e de Desenvolvimento Urbano. **Plano Diretor de Itaparica, com abrangência municipal**. Itaparica: Governo do Estado da Bahia, CAR – Companhia de Desenvolvimento e Acção Regional, PRODUR – Programa de Desenvolvimento e Infra-estrutura Urbana, Prefeitura Municipal de Itaparica, PCL – Projetos e Consultoria, Ltda., 2005a.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Dados de balneabilidade para o município de Salvador**. Comunicação escrita, 2014a.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Inventário das Barragens do Estado da Bahia**. Salvador: INEMA, 2014b. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/08/Link-2-_-Inventario-das-Barragens-do-Estado-da-Bahia.xls>. Acesso em: 20 jan. 2014.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Mapas Temáticos**. Salvador: INEMA, 2013. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/mapas-tematicos/>. Acesso em: 5 jun. 2014.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Portal do INEMA**. 2014e. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/>. Acesso em: 22 abr. 2014.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Região de Planejamento e Gestão das Águas do Recôncavo Norte: Relatório 2ª Campanha 2011**, Volume I – Bacias dos rios vertentes para Baía de Todos os Santos, Bacias dos rios urbanos de Salvador. Salvador: INEMA, 2011a. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/>. Acesso em: 24 out. 2013.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Região de Planejamento e Gestão das Águas do Recôncavo Norte: Relatório 4ª Campanha 2008**. Salvador: INEMA, 2008b. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/relatorio-da-4%c2%aa-campanha-2008/>. Acesso em: 10 out. 2013.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Região de Planejamento e Gestão das Águas do Recôncavo Sul, Monitoramento da Qualidade das Águas: Relatório 1ª Campanha**. Salvador: INEMA, 2011b. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/>. Acesso em: 10 out. 2013.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Região de Planejamento e Gestão das Águas do Recôncavo Sul, Monitoramento da Qualidade das Águas: Relatório 2ª Campanha**. Salvador: INEMA, 2011c. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/>. Acesso em: 24 out. 2013.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Região de Planejamento e Gestão das Águas do Rio Paraguaçú, Monitoramento da Qualidade das Águas: Relatório 2ª Campanha**. Salvador: INEMA, 2011d. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/>. Acesso em: 24 out. 2013.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **SEIRH MONITORA: Relatório Parâmetros**. Salvador: INEMA, 2014c. Disponível em: <http://monitora.inema.ba.gov.br/index.php/relatorioparametro/index/>. Acesso em: mai. 2014.

BAHIA (Estado). Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos:** Consulta em fiscalização

ambiental. Salvador: INEMA, 2014d. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/fiscalizacao/consulta-em-fiscaliza-o-ambiental>. Acesso em: mai. 2014.

BAHIA (Estado). Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. **Informações Geológicas e de Recursos Minerais do Estado da Bahia**. [2008?c] Disponível em: <http://www.cbpm.com.br/igba/>. Acesso em: 10 out. 2013.

BAHIA (Estado). Secretaria de Infra-Estrutura. Superintendência de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-BA**: relatório final. Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2003a.

BAHIA (Estado). Secretaria de Infra-Estrutura. Superintendência de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-BA**. Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2004.

BAHIA (Estado). Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia – PERH-BA**. Governo do Estado da Bahia, 2005b. 103p.

BAHIA (Estado). Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Programa Monitora: Regiões de Planejamento e Gestão das Águas. Volume 1**. [S.L.]: Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2008d. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/introducao/>. Acesso em: 3 jun. 2014.

BAHIA (Estado). Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Programa Monitora: Regiões de Planejamento e Gestão das Águas. Volume 2**. [S.L.]: Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2008e. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/introducao/>. Acesso em: 3 jun. 2014.

BAHIA (Estado). Superintendência de Desenvolvimento Industrial e Comercial. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA do Estaleiro do Paraguaçu**: Meio Físico. Biomonitoramento e Meio Ambiente. Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2009.

BAHIA (Estado). Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Pluviometria – Estado da Bahia – 2003**. Salvador: SEI, Gerência de Recursos

Naturais, 2003b. 1 mapa, cor. Escalas 1:1.000.000 e 1:2.000.000. Disponível em <http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/mapa_pluviometria.pdf>. Acesso em: 8 out. 2013.

BAHIA (Estado); CAR; PRODUR; VERA CRUZ (Prefeitura Municipal); PCL. **Plano Diretor Urbano com Abrangência Municipal Vera Cruz**: Relatório Técnico 01. Bahia: Governo da Bahia, 2004.

BATISTA, M. H. S. **Interação entre Águas Minerais de Itaparica e o Aqüífero Periférico**. Originalmente apresentada como monografia como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Geologia, Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, 2007. 72p.

BATJES, N. H. **Global assessment of land vulnerability to water erosion on a 1/2° by 1/2° grid**. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre, 1996. (Working Paper – 96/08). Disponível em: <http://www.isric.org/isric/webdocs/docs/ISRIC_Report_96_08.pdf>. Acesso em: 4 out. 2013.

BEISL, C. H. **Integração de Dados de Sensoriamento Remoto, Geologia, Gravimetria e Topografia para o Estudo do Arcabouço Estrutural em uma parte do Compartimento Nordeste da Bacia do Recôncavo**. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos: INPE, 2003. 130p.

BELÉM, A. Impactos das Mudanças Climáticas Globais no Risco de Inundações em Zonas Costeiras. In: JORNADAS INTERNACIONALES SOBRE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS DE LADERAS, mai. 2007, Brasil. Disponível em: <http://hercules.cedex.es/hidraulica/PROHIMET/Br07/Comunicaciones/Belem.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2014.

BEZERRA, P. G. **Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX na Bacia do Rio Lucaia, Salvador, Bahia**. Originalmente apresentada como dissertação como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente - POSPETRO, Universidade Federal da Bahia, 2011. 88p.

BICUDO, C. E.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências e Instituto de Botânica, 2010. 224p.

BOUWMAN, A. F. **Land Evaluation for Rainfed Farming Using Global Terrain Information on a 1º Longitude x 1º Latitude Grid**. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre, 1989. (Working Paper and Preprint – 89/1). Disponível em: <http://www.isric.org/isric/webdocs/docs/ISRIC_Report_1989_01.pdf>. Acesso em: 8 out. 2013.

BRANDÃO DE OLIVEIRA, I., NEGRÃO, F. I., SILVA, A. G. L. Mapeamento dos Aquíferos do Estado da Bahia utilizando o Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas – IQNAS. **Águas Subterrâneas**, v. 21, n. 124 1, p. 123-137, 2007.

BRASIL (Governo Federal). Ministério das Minas e Energia. **Mapa Exploratório de Solos: folha SD.24 – Salvador**. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral, 1981. 1 mapa, cor. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <http://library.wur.nl/WebQuery/isric/21493>. Acesso em: 25 set. 2013.

BRASIL (Governo Federal). Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

BRASIL (Governo Federal). Ministério do Planejamento. **Programa de Aceleração do Crescimento – PAC2**. 2013a. Disponível em: http://www.pac.gov.br/. Acesso em: 11 nov. 2013.

BRASIL (Governo Federal). Ministério do Planejamento. **Programa de Aceleração do Crescimento – PAC 2 – 7.º Balanço – janeiro-abril/2013**. Brasília: Governo Federal, 2013b. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/>. Acesso em: 11 dez. 2013.

BRASIL (Governo Federal). Ministério do Planejamento. **Programa de Aceleração do Crescimento – PAC2 – Prevenção de áreas de risco – Bahia**. [2013?] Disponível em: <http://www.pac.gov.br/cidade-melhor/prevencao-de-areas-de-risco/ba>. Acesso em: 16 dez. 2013.

CAMPOS, M. C. C.; FERRAZ, F. B.; FREITAS, E. V. S.; SOUZA, Z. M. de. Dependência espacial de atributos físicos e hídricos de um espodossolo da zona da

mata de Pernambuco. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, v. 7, n. 1, 1. sem. 2007. Disponível em: <http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/pdf/espodossolo.pdf>. Acesso em: 8 out. 2013.

CANDELLA, R. N., RABINOVICH, A. B.; THOMSON, R. E. The 2004 Sumatra tsunami as recorded on the Atlantic coast of South America. **Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union**, 2008. 12p.

CARDOSO, A.H. **Hidráulica Fluvial**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 1998.

CARVALHO, E. M.; PINTO, S. A. F.; SEPE, P. M.; ROSSETTI, L. A. F. G. **Utilização do Geoprocessamento para Avaliação de Riscos de Erosão do Solo em uma Bacia Hidrográfica: Estudo de Caso da Bacia do Rio Passa Cinco/SP**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, III, 2010, Recife. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2010. p. 001–008. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Todos_Artigos/A_101.pdf> . Acesso em: 4 out. 2013.

CARVALHO, M. S. Qualidade da Água da Fonte da Bica de Itaparica, Bahia, NE do Brasil. **Plurais – Revista Multidisciplinar da UNEB**. Salvador, p. 178-200, v.1, n.1, jan/abr. 2010.

CARVALHO, T. **O estado do Meio Ambiente no Brasil - Estado dos recursos hídricos**. Geobrasil 2002. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA. Escritório Regional para a América Latina e o Caribe. Ministério do Meio Ambiente – MMA & Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. 2002. 475p.

CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; ARAÚJO Filho, J. C. de; SILVA, F. B. R. e. **Avaliação do potencial das terras para irrigação no nordeste (para compatibilização com os recursos hídricos)**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento, 1994. 38 p. ISBN 85-85007-28-1. 1 mapa, cor. Escala 1:2.000.000. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/zoneamentos_irrigacao.php>. Acesso em: 10 out. 2013.

CAVEDON, A. D.; SHINZATO, E.; JACQUES, P. D. Capítulo 4 – Uso do Solo e Cobertura Vegetal. In: CAVEDON, A. D.; SHINZATO, E.; JACQUES, P.D. (Org.). **Projeto Porto Seguro-Santa Cruz Cabrália: Levantamento de reconhecimento de solos, capacidade de uso das terras e uso do solo e cobertura vegetal**. Salvador: CPRM/SA, 2000. v. 4, n. 94 p. il.; mapas. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/ps/solos/solos_unidades.pdf>. Acesso em: 11 out. 2013.

CELINO, J.; CORSEUIL, H.; FERNANDEs, M.; GARCIA, K.; SÁNCHEZ, G.; SILVA JÚNIOR, P. Occurence and Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Water of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. **Cadernos de Geociências**, n. 7, mai. 2010. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/viewFile/4066/2994>. Acesso em: 5 nov. 2013.

CENTRAL DE PUBLICAÇÃO DE MAPAS NA WEB. Central de Publicação de Mapas na WEB – CPMW: **Mapoteca Virtual**. (2011). Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=608&sid=9>. Acesso em: 10 out. 2013.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE (Brasil). **A Questão da Água no Nordeste**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. – Brasília, DF: CGEE. 2012. 436p.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CPTEC/INPE (Brasil). Portal do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2010). Disponível em: <www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 5 mai. 2014.

CENTRO DE SISMOLOGIA DA USP (Brasil). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAC e Instituto de Energia e Ambiente – IEE. **Boletim Sísmico Brasileiro**. [2014?]. Disponível em: <http://moho.iag.usp.br/>. Acesso em: 26 fev. 2014.

CIRANO, M., LESSA, G. C. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, n. 4, p. 363-387, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbg/v25n4/a02v25n4.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2014.

COMISSÃO BRASILEIRA DE SÍTIOS GEOLÓGICOS E PALEOBIÓTICOS (Brasil). **Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos**. [2013?] Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/>. Acesso em: 20 out. 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (Brasil). **Águas Superficiais**. 2014. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas>. Acesso em: 27 mai. 2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (Brasil). **Ficha de Informação Toxicológica: Alumínio**. CETESB, 2012a. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/aluminio.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (Brasil). **Ficha de Informação Toxicológica: Cobre**. São Paulo: CETESB, 2012b. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/cobre.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (Brasil); SINDITÊXTIL. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. São Paulo: CETESB e SINDITÊXTIL, 2009. Disponível em: <http://www.inovacao.usp.br/APL/pdf/docs/guia_textil.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2014.

COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL – CBPM (Brasil). Geologia da Bahia – Pesquisa e Atualização. **Série Publicações Especiais**: Coordenação Geral Johildo Barbosa, v. 1 e v. 2, p. 559 e 643, 2012.

CORREIA, G. G.; MOURA, R. F. de; RODRIGUES, J. J. V.; BARROS, M. F. C.; CORREIA, K. G. Caracterização da Capacidade de Retenção e Disponibilidade de Água em Solos de Tabuleiro Costeiro Paraibanos. **Revista Caatinga**, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, v. 21, n. 3, p.156-162, jul./set. 2008. Disponível em: <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/download/50/376>. Acesso em: 8 out. 2013.

COURA, A. P. P. **Análise de Fácies da Formação Maracangalha (Cretáceo Inferior) no Campo ne Gás ne Jacuípe, Bacia do Recôncavo (Ba)**. Originalmente apresentada como trabalho de conclusão de curso (Bacharelado Geologia), 2006. 83p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (Brasil). **Banco de Dados GEOBANK**. 2007. Disponível em: <http://geobank.sa.cprm.gov.br>. Acesso em: 17 out. 2013.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (Brasil). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**, folha SD. 24 (Salvador), à escala 1:1 000 000. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2004.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (Brasil). **Geodiversidade do Estado da Bahia Programa Geologia do Brasil Levantamento da Geodiversidade**. Ministério de Minas e Energia Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2010. 186p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (Brasil). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Texto, Mapas & SIG. 2003. 642p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (Brasil). **Recursos Minerais e Metalogenia**. v. 1: Catálogo Temático de Produtos. 2012. 88p.

CRA. Bahia Azul – Um Projeto de Saneamento Ambiental. **VII SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 1996.

CRA. **Qualidade das águas e sedimentos da Baía de Todos os Santos**. Governo do Estado da Bahia. SEPLANTEC. 1997.

CRA. **Saneamento ambiental da Baía de Todos os Santos**. Modelamento e avaliação ambiental. Desenvolvimento de modelos computacionais de circulação hidrodinâmica, de transporte de contaminantes e de qualidade de água da BTS, e elaboração do seu diagnóstico. Relatório dos estudos básicos. Technical Report RT-257-03-GR-002-RF. Salvador, Bahia, Brazil: Centro de Recursos Ambientais, 248 p., 2000.

CRA. **Saneamento ambiental da Baía de Todos os Santos**. Modelamento e avaliação ambiental. Desenvolvimento de modelos computacionais de circulação hidrodinâmica, de transporte de contaminantes e de qualidade da água da BTS. Prognóstico dos efeitos do Programa Bahia Azul com relação à balneabilidade das praias. Technical Report RT-257-05-MA-003-RF. Salvador, Bahia, Brazil: Centro de Recursos Ambientais, 262 p., 2001.

CRUZ, I. **Recifes de Corais da Baia de Todos os Santos, Caracterização, Avaliação e Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação**. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado em Ecologia e Biomonitoramento. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/12696/1/Cruz%20_%20Igor%20CS%20Dissertа%C3%A7%C3%A3o%202008.pdf>. Acesso em: 18 out. 2013.

DEFESA CIVIL DE SALVADOR (Brasil). **Defesa Civil de Salvador**. [2013?] Disponível em: <http://www.defesacivil.salvador.ba.gov.br/>. Acesso em: 15 out. 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM (Brasil). **Departamento Nacional de Produção Mineral**. 2014. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/>. Acesso em: 16 mai. 2014.

DIAS BRANCO, M. **Website da M.Dias Branco**. [2008]. Disponível em: <http://www.mdiasbranco.com.br/>. Acesso em: 11 dez. 2013.

DNPM&IBGE. Províncias Estruturais. **Atlas Nacional do Brasil – Geologia**. 2006.

DUTRA, F. R. **Marés Meteorológicas e os Episódios de Erosão Costeira Severa no Litoral de Salvador/Ba**. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. Curso de Pós - Graduação em Geologia. Área de Geologia Costeira e Sedimentar. 2008.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C. dos; PÉREZ, D. V., PEREIRA, M. G. ; NOVOTNY, E. H. Atributos Físicos e Matéria Orgânica de Organossolos Háplicos em Distintos Ambientes no Brasil. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 37:763-774, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n3/23.pdf>. Acesso em: 8 out. 2013.

EIRAS GARCIA (coord.). **II Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras**. Relatório Final. 2011.

ELO CONSULTORIA EM MEIO AMBIENTE. **Convite de Manifestação de Interesse PMI SEPLAN Nº001/2010**, Anexo 5.1 – Recurso Água. Salvador: OAS, Odebrecht TransPort e Camargo Corrêa, 2010.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO (Brasil). **Relatório Anual de Informação ao Consumidor 2011: Sistema de Abastecimento de Água do Município de Cachoeira**. Salvador: Empresa Baiana de Águas e Saneamento, 2011a.

Disponível em: <http://www.embasa.ba.gov.br/sites/default/files/relatorio_anual/RAIC_2011_Cachoeira.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO (Brasil). **Relatório Anual de Informação ao Consumidor 2011: Sistema de Abastecimento de Água do Município de Itaparica**. Salvador: Empresa Baiana de Águas e Saneamento, 2011b. Disponível em: <http://www.embasa.ba.gov.br/sites/default/files/relatorio_anual/RAIC_2011_Itaparica.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO (Brasil). **Relatório Anual de Informação ao Consumidor 2011: Sistema de Abastecimento de Água do Município de Maragogipe**. Salvador: Empresa Baiana de Águas e Saneamento, 2011c. Disponível em: <http://www.embasa.ba.gov.br/sites/default/files/relatorio_anual/RAIC_2011_Maragogipe.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO (Brasil). **Relatório Anual de Informação ao Consumidor 2011: Sistema de Abastecimento de Água do Município de Salinas das Margaridas**. Salvador: Empresa Baiana de Águas e Saneamento, 2011d. Disponível em: <http://www.embasa.ba.gov.br/sites/default/files/relatorio_anual/RAIC_2011_Salinas_da_Margarida.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO (Brasil). **Relatório Anual de Informação ao Consumidor 2011: Sistema de Abastecimento de Água do Município de Saubara**. Salvador: Empresa Baiana de Águas e Saneamento, 2011e. Disponível em: <http://www.embasa.ba.gov.br/sites/default/files/relatorio_anual/RAIC_2011_Saubara.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Brasil). **Levantamento pedológico, vulnerabilidade e potencialidade ao uso das terras – Quadrículas de Silva Jardim e Rio das Ostras, Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. (Boletim de Pesquisa, n.º 23). ISSN 1517-5219. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/bp23_2001_silva_jardim.pdf>. Acesso em: 23 out. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Brasil). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p. ISBN 85-85864-19-2.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Brasil). **Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas – Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Alagoas**. Relatório Técnico – Convênios SEAGRI-AL / Embrapa Solos n.os 10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife, PE: Embrapa Solos, 2012. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77193/1/Relatorio-solos-08-02-13.pdf>. Acesso em: 23 out. 2013.

ENSEADA. **Enseada: Indústria Naval**. Disponível em: <http://www.enseada.com/>. Acesso em: 11 dez. 2013.

ESTADOS UNIDOS. United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service. **Soil moisture regimes**. Washington D.C.: USDA-NRCS, Soil Science Division, World Soil Resources, 1999. 1 mapa, cor. Escala 1:100.000.000. Disponível em: <http://soils.usda.gov/use/worldsoils/mapindex/smr.html>. Acesso em: 8 out. 2013.

ESTADOS UNIDOS. United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service. **Water Erosion Vulnerability**. Washington D.C.: USDA-NRCS, Soil Science Division, World Soil Resources, 2002. 1 mapa, cor. Escala 1:100.000.000. Disponível em: <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/maps/?cid=nrcs142p2_054006>. Acesso em: 4 out. 2013.

FERREIRA, J. M., JULIÀ, J., NASCIMENTO, A. E BEZERRA, F. H. R. **Ameaça Sísmica no Nordeste do Brasil**. 4p. 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, Brazil, 2013. 4p.

FONSECA, S. **Levantamento Ambiental FTE – Fábrica de Tabaco Estrela**. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado em Ambiente, Saúde e Segurança). Ponta Delgada: Universidade dos Açores, 2010. Disponível em: <https://repositorio.uac.pt/handle/10400.3/1080>. Acesso em: 21 mai. 2014.

FRAGOSO JÚNIOR, C. R. Regionalização da Vazão Máxima Instantânea com base na Precipitação de Projeto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS,

Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH. ReRH – **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, v. 1, n.1, p.5-13, jul./dez. 2004.

GENZ, F. **Avaliação dos efeitos da Barragem Pedra do Cavalo sobre a circulação estuarina do rio Paraguaçú e baía de Iguape**. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado em Ciências – Geologia. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2006. 266 p. Disponível em: <http://www.goat.fis.ufba.br/uploads/userfiles/31.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2006.

GENZ, F.; LESSA, G.; CIRANO, M. The Impact of an Extreme Flood upon the Mixing Zone of the Todos os Santos Bay, Northeastern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 39 – ICS 2004, p. 707–712, 2006. Disponível em: <http://www.goat.fis.ufba.br/uploads/userfiles/194.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2014.

GEOFORT. 2014. **Relatório de Prospecção Geotécnica do Subsolo nº 050/2013. Obra: Ponte Rodoviária Salvador Itaparica**. Departamento de Infraestrutura de Transporte da Bahia (DERBA). 68 p.

GEOHIDRO; SONDOTÉCNICA. **Zoneamento Ecológico-Econômico Preliminar da Bahia**. Avaliação das Potencialidades e Limitações: 3º Relatório Básico. v. 7, 2012. 740 p.

GERDAU. **Portal da Gerdau**. Disponível em: <http://www.gerdau.com.br/>. Acesso em: 11 dez. 2013.

HATJE, V.; ANDRADE, B. J. **Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2009. 304 p.

HATJE, V.; BÍCEGO, M.; CARVALHO, G.; ANDRADE, J. Contaminação Química. In: HATJE, V.; ANDRADE, J. **Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, 2009.

HATJE, V.; MACEDO, S.; JESUS, R.; COTRIM, G.; GARCIA, K.; QUEIROZ, A.; FERREIRA, S. Inorganic As speciation and bioavailability in estuarine sediments of Todos os Santos Bay, BA, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, n. 60, p. 2225-2232, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/4786/1/__www.sciencedirect.com_....0-S0025326X10003905-main.pdf>. Acesso em: 18 out. 2013.

HOOTSMANS, R.M.; BOUWMAN, A.F.; LEEMANS, R.; KREILEMAN, G.J.J. **Modelling land degradation in IMAGE 2**. Bilthoven, The Netherlands: National Institute of Public Health and the Environment, RIVM – Research for Man and Environment, 2001. (RIVM report 481508009). Disponível em: <http://rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/9527/1/481508009.pdf>. Acesso em: 7 out. 2013.

HYDROS. **Inventário de Atividades com Potencial de Contaminação / Poluição e de Produtos Químicos na Baía de Todos os Santos**: Assessoria Técnica Complementar ao Instituto de Meio Ambiente em Ações de Gestão Ambiental no Estado da Bahia, Inventário Final – Volume II. Governo do Estado da Bahia, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Instituto do Meio Ambiente, 2009. Disponível em: <http://www.ceama.mp.ba.gov.br/boletim-informativo/cat_view/532-nucleo-da-baia-de-todos-os-santos/1045-bts-regional/1091-degradacao-ambiental/1100-estudos-tecnicos.html?limit=30&limitstart=0&order=name&dir=ASC>. Acesso em: 6 jan. 2014.

HYDROS; CH2MHILL. **Modelamento e Avaliação Ambiental: Desenvolvimento de Modelos Computacionais de Circulação Hidrodinâmica, de Transporte de Contaminantes e de Qualidade da Água da BTS, e elaboração do seu Diagnóstico**. Volume I – Estudos Preliminares, Fontes de Poluição, Legislação e Metodologia. [S.L.]: Governo do Estado da Bahia, 2000a.

HYDROS; CH2MHILL. **Saneamento Ambiental da Baía de Todos os Santos - Modelamento e Avaliação Ambiental: Relatório de Diagnóstico da Qualidade das Águas da BTS**, Volume I – Estudos Preliminares, Fontes de Poluição, Legislação e Metodologia. Salvador: Centro de Recursos Ambientais (BAHIA, BA), 2000b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Atividades Sísmicas no Brasil e na América do Sul**. Atlas Nacional do Brasil – Risco natural de base sísmica. 2010a. 1p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Atlas de saneamento 2011**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm>. Acesso em: out. – nov. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Baía de Todos os Santos**. Folha SD-24-X-A-IV. 1 mapa. Escala 1:100.000. 1972.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Hipsometria**. Atlas Nacional do Brasil – Relevo. 2009. 1p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Jaguaripe**. Folha SD-24-J-I. 1 mapa. Escala 1:100.000. 1967.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2012. (Manuais Técnicos em Geociências, n.º 1). Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf>. Acesso em: 11 out. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Manual Técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2007. (Manuais Técnicos em Geociências, n.º 4). Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_pedologia.pdf>. Acesso em: 26 set. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Mapa da Hidroquímica dos Manaciais Subterrâneos da Região Nordeste**. Atlas Nacional do Brasil – Relevo. 2003.1p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Mapa Hidrogeológico da Região Nordeste**. Atlas Nacional do Brasil. 2013. 1p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Poluição Industrial Potencial**. Atlas Nacional do Brasil. 2010b. 1p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Províncias estruturais**. Atlas Nacional do Brasil – Geologia. 2010c. 1p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Solos – Potencialidade agrícola**. Atlas Nacional do Brasil, p. 79. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais,

2010. 1 mapa, cor. Escala 1:15.000.000. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/atlas/atlas_nacional_do_brasil_2010/2_territorio_e_meio_ambiente/atlas_nacional_do_brasil_2010_pagina_79_potencialidade_agricola.pdf>. Acesso em: 2 out. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Unidades de Relevo**. Atlas Nacional do Brasil – Relevo. 2006. 1p.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Brasil). **Solos – Estado da Bahia – 2013**. Salvador: 2013. 1 mapa, cor. Escala indeterminável. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/mapas-tematicos>. Acesso em: 24 set. 2013.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Brasil). **Vegetação – Estado da Bahia – 2012**. Salvador: 2012. 1 mapa, cor. Escala 1:1.250.000. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/mapas-tematicos>. Acesso em: 10 out. 2013.

IVIG/COPPE/UFRJ. **Projeto Realização de Estudo Técnico-Científico de Caracterização de Sedimentos e Fontes de Contaminação das Regiões Portuárias Brasileiras**. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais. Quarto Relatório Técnico. 2011. 258p.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA. **Balanço Hídrico para a Revisão do Plano Estadual de Recursos Hídricos: Quarto Produto – Relatório Técnico**. [S.L.]: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 2010a.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA. **Plano Estadual – Bahia Programa Água Doce 2010 – 2019**. 2010b. 161p.

IPCC. **Summary for Policymakers**. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013

IVIG/COPPE/UFRJ. **Projeto Realização de Estudo Técnico-Científico de Caracterização de Sedimentos e Fontes de Contaminação das Regiões**

Portuárias Brasileiras. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais. Quarto Relatório Técnico. 2011. 258p.

KING, L. C. Geomorfologia da Região Oriental do Brasil. **Rev. Bras. Geogr**., n. 2, p37-72. 1956.

KOTTEK, M.; GRIESER., J.; BECK, C.; RUDOLF, B. e RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. Meteorologische Zeitschrift**, Berlim, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

LANE, E.W. A **Study of the Shape of Channels Formed by Natural Streams Flowing in Erodible Materials**. Missouri River Div. Sediments series No. 9, U. S. army Engineering Div., Missouri River, Corps of engineers, Omaha, Nebraska. 1957.

LEITÃO P.; LEITÃO J.; NEVES, R.; BERZIN, G.; SILVA, A. Hydrodynamics And Transport In The Coastal Zone Of São Paulo – Brazil. **Proceedings 29th International Conference of Coastal Engineering**, v. 3, p. 3316-3328, 2004.

LEITÃO, P.; COELHO, H.; SANTOS, A.; NEVES, R. Modelling the main features of the Algarve coastal circulation during July 2004: A downscaling approach. **Journal of Atmospheric and Ocean Science**, v. 10, n. 4, p. 1-42, 2005.

LENCASTRE, A.; FRANCO, F.M. **Lições de Hidrologia**. Lições de Hidrologia, Fundação Armando Lencastre, Lisboa. 2003.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial Processes in Geomorphology**, W.H. Freeman and Company, San Francisco, California. 1964.

LESSA, G.; DIAS, K. Distribuição espacial das litofácies de fundo da Baía de Todos os Santos. **Quaternary and Environmental Geosciences**. 2009. 14p.

LESSA, G., DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P.; BRICHTA, A. The Tides and Tidal Circulation of Todos os Santos Bay, Northeast Brazil: a general characterization. **An. Acad. Bras. Cienc**., v. 73, n. 2, p. 245-261, 2001.

LIMA, C. O. Neotectonismo na Costa do Sudeste e do Nordeste Brasileiro = Neotectonism of Southeastern and Northeastern Brazilian Coast. **Revista de Ciência & Tecnologia**, n. 15, 2000. 12p.

LIMA, G.; LESSA, G. The fresh-water discharge in Todos os Santos Bay (BA) and its significance to the general water circulation. **Revista Pesquisas**, v. 28, n. 2, p. 85-98, dez. 2001. Disponível em: <http://www.goat.fis.ufba.br/uploads/userfiles/188.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2014.

LIMA, U.; CAMARGO, S.; ROSMAN, P.; COELHO, V.; TOPÁZIO, E. **Prognóstico dos efeitos do Programa BAHIA Azul com relação à balneabilidade das praias**. 2001. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/dcsiv.pdf>. Acesso em: 25 out. 2013.

LOPES, A. E. V.; NUNES, L. C. Intensidades sísmicas de terremotos: formulação de cenários sísmicos no Brasil. **REVISTA USP**, São Paulo, p. 90-102, n. 91, set./nov. 2011.

LOPES, R.; DIAS, J.; GAETA, S. Ambiente Pelágico. In: HATJE, V.; ANDRADE, J. **Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C. dos; SILVA, E. M. R. da. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesq. agropec. bras**., Brasília, v. 44, n. 1, p. 68-75, jan. 2009. Disponível em: <http://orgprints.org/20267/1/Loss_atributos.pdf>. Acesso em: 8 out. 2013.

MAGNAVITA, L., DESTRO, N., SALGADO DE CARVALHO, M. S., MILHOMEM, P. S.; SOUZA-LIMA, W. Bacias sedimentares brasileiras – Bacia de Tucano. **Fundação Paleontológica Phoenix**, ano 5, n. 52, 2003. Disponível em: <http://www.phoenix.org.br/Phoenix52_Abr03.htm>

MARANHÃO, D.; TEIXEIRA, C.; TEIXEIRA, T. **Procedimentos de Investigação e Avaliação da Contaminação em Postos de Combustíveis, Utilizando Metodologias de Análise de Risco: Aplicação da ACBR em Estudo de Caso na RMS**. Dissertação (Curso de Especialização em Gerenciamento de Tecnologias Ambientais e Tecnologias). Salvador: UFBA, 2007. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/monografias/mono_denise_carlos_tiago .pdf>. Acesso em: 7 jan. 2014.

MARCHI, C. M. D. **Ecogerenciamento: Aspectos das Características Geológicas e de Gestão na Construção de um Modelo para Instalação de Aterros Sanitários no Estado da Bahia**. Curso de Pós-Graduação em Geologia. Área de Geologia

Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos. Universidade Federal da Bahia. 2011. 164p.

MARINHA DO BRASIL. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Centro de Hidrografia da Marinha. **Banco Nacional de Dados Oceanográficos. Previsões de marés**. Marinha do Brasil, 2014. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>. Acesso em: abr. - mai. 2014.

MARTINS, F.; LEITÃO, P. C.; SILVA, A.; NEVES, R. 3D modelling in the Sado estuary using a new generic vertical discretization approach. **Oceanologica Acta**, v. 24, n. 1, p. 551-562, 2001.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J. F. **Qualidade da Água para o Consumo Humano**. Lidel, Edições Técnicas, 2004. 615p.

MENTE, A. **Análise das Informações sobre Recursos Hídricos Subterrâneos no País**. Relatório Técnico 015. Projeto Estal -Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Banco Mundial. 2009. 111p.

MILAZZO, A.; RIOS, M.; OTERO, O.; CRUZ, M. Concentração de Metais em Águas Superficiais no Estuário do Rio São Paulo, Baía de Todos os Santos. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 1, 2011. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/viewFile/5183/3747>. Acesso em: 18 out. 2013.

MILHOMEM, P. S., MAMAN, E. J., MIRANDA DE OLIVEIRA, F, CARVALHO, M. S. S.; SOUZA-LIMA, S. Bacias sedimentares brasileiras - Bacia do Recôncavo. **Fundação Paleontológica Phoenix**, ano 5, n. 51, 2003. Disponível em: <http://www.phoenix.org.br/phoenix51_mar03.html>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil – Geomorfologia**: Carta 09 Baía de Todos os Santos., Brasília, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil), ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS & PETROBRAS. **Águas Subterrâneas** – Um Recurso a ser Conhecido e Protegido. 2007. 40p.

MIRANDA, L. B.; SILVEIRA, I. C. A.; FERNANDES, F. P. A.; PONSONI, L.; COSTA, T. P. A descriptive analysis of the seasonal variation of physical oceanographic characteristics in the northern region of the Todos os Santos Bay (Bahia, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 59, n. 1, p. 9-26, 2011.

MORAIS, L.; BORJA, P. **Gestão Integrada e Sustentável de Tecnologias Apropriadas para Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – Um outro paradigma**. Salvador: Associação Nacional dos Serviços Municipals de Saneamento, 2012. Disponível em: <http://www.assemae.org.br/artigos.asp?offset=16>. Acesso em: 30 jan. 2014.

MOURA, C. L; HYPOLITO, R.; PUGAS, M. S.; EZAKI, S.; NASCIMENTO, S. C., GARCIA, M. A. A.; TANASOV. V. S.; SOTELO, A. F. **Comprometimento do Meio Subterrâneo pelas Atividades Oriundas de Aterros Sanitários na Região de Tremembé/SP**. I CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO. 2009. 15p.

MOUSA, W.; SOLIMAN, S.; EL-BIALY, A.; SHIER, H. Removal of some Heavy Metals from Aqueous Solution Using Rice Straw. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 9, n. 3, p. 1696-1701, 2013. Disponível em: <http://www.aensiweb.com/old/jasr/jasr/2013/1696-1701.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2014.

MUEHE, D. Brazilian Coastal Vulnerability to Climate Change. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 2, p. 173-183, 2010.

MUEHE, D.; ROSMAN, P. C. C. **A Orla Costeira da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Impactos das Mudanças Climáticas Sobre o Meio Físico**. Elevação do Nível do Mar e e Redefinição da Linha de Costa na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Megacidades, Vulnerabilidades e Mudanças Climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro. 2011.

NASCIMENTO, S. A. M; BARBOSA. J. S. F. **Aspectos Hidrogeológicos do Alto Cristalino de Salvador**. Plurais, Salvador, v. 1, n. 1., p. 144-158, 2010.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Tsunami Sources 1410 B.C. to A.D. 2011 from Earthquakes, Volcanoes, Landslides and other Causes**. 2011. 1p.

NAVAS, J. M.; TELFERA, T. C.; ROSSA, L. G. Application of 3D hydrodynamic and particle tracking models for better environmental management of finfish culture. **Continental Shelf Research,** v. 31, n. 6, p. 675-684, 2011.

NEGRÃO, F. I., **Hidrogeologia do Estado da Bahia: qualidade, potencialidade, disponibilidade, vulnerabilidade e grau de poluição**. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Instituto Universitario de Xeoloxía Isidro Parga Pondal, Universidade da Coruña, 2007. 195p.

OAS, ODEBRECHT TRANSPORT, CAMARGO CORRÊA. **Convite de Manifestação de Interesse PMI SEPLAN Nº 001/2010, Volume 1 – Estudo de Concepão da Ponte Salvador-Itaparica**. OAS, Odebrecht TransPort, Camargo Corrêa, 2010a.

OAS, ODEBRECHT TRANSPORT, CAMARGO CORRÊA. **Convite de Manifestação de Interesse PMI SEPLAN Nº 001/2010, Volume 2 – Estudo de Concepção Global do Sistema Viário Oeste**. OAS, Odebrecht TransPort, Camargo Corrêa, 2010b.

PAZ, D. **Sucessão e abandono nas praias de Salvador / BA: os efeitos da poluição urbana nas práticas balneares**. In: XIV Encontro Nacional da ANPUR, Rio de Janeiro (RJ), mai. 2011. Disponível em: <http://www.anpur.org.br/site/anais/ena14/ARQUIVOS/GT7-932-522-20110106132229.pdf>. Acesso em: 30 out. 2013.

PENALVA DOS SANTOS, P. R.; BRANDÃO DE OLIVEIRA, I. **Avaliação do Gerenciamento das Águas Subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte, Estado da Bahia, utilizando a Concessão da Outorga de Uso como Indicador do Nível de Gestão**. XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, São Paulo, 2007. 20p.

PEREIRA, E. R. S. **Caracterização Hidrogeoquímica da Ilha de Itaparica, Bahia**. Apresentada como dissertação como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Geologia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, 2009. 164p.

PEREIRA, M. G.; LESSA, G. C. Varying patterns of water circulation in Canal de Cotegipe, Baía de Todos os Santos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27 (no prelo), 2009.

PETROBRAS. Iniciamos Operação do Terceiro Terminal de Regaseificação de GNL. **Fatos e Dados**, 24 de janeiro de 2014. Disponível em: <http://fatosedados.blogspetrobras.com.br/2014/01/24/iniciamos-operacao-do-terceiro-terminal-de-regaseificacao-de-gnl/>. Acesso em: 18 jun. 2014.

PETROBRAS/FUNDESPA. **Diagnóstico ambiental marinho da área de influência da Refinaria Landulpho Alves Mataripe – DAMARLAM: Relatório Final**. São Paulo: FUNDESPA, 2003.

PETROBRAS/FUSP. **Programa de monitoramento ambiental do ecossistema estuarino na área de influência da Refinaria Landulpho Alves – PROMARLAM: Relatório Final.** São Paulo: FUSP, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR (Brasil). **Encostas**. 2004

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR (Brasil). Secretaria Municipal dos Transportes Urbanos e Infra-Estrutura. **Plano Municipal de Saneamento Básico: 1ª Etapa – Diagnóstico da Situação do Saneamento Básico em Salvador**, Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. Salvador: Prefeitura Municipal do Salvador, 2010. Disponível em: <http://www.infraestrutura.salvador.ba.gov.br/consultapublica/arquivos/DIAGNOSTICO_SERVICOS_AGUA_E_ESGOTO.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2010.

RIBEIRO, J.; SILVA, A.; LEITÃO, P. High resolution tsunami modelling for the evaluation of potential risk areas in Setúbal (Portugal). **Natural Hazards and Earth System** Science, v. 11, n. 8, p. 2371-2380, 2011.

RIOCC. **Efectos del cambio climático en la costa de américa Latina y el Caribe**. ECLAC - United Nations. 2013.

ROCHA, G.; GUARIEIRO, A.; ANDRADE, J.; EÇA, G.; ARAGÃO, N.; AGUIAR, R.; KORN, M.; BRITO, G.; MOURA, C.; HATJE, V. Contaminação na Baía de Todos os Santos. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 5, 2012. Disponível em: <http://www.uff.br/rvq/index.php/rvq>. Acesso em: 25 out. 2013.

SANCHES, C. P.; PEDREIRA DA SILVA, A. **Salvador: Cidade Alta e Cidade Baixa, Porquê? Pontos de Interesse Geológico**. Projeto Caminhos Geológicos da Bahia. Petrobras. CPRM. 2006. 1p.

SANDERS, L. A. Manual of Field Hydrogeology. **Prentice-Hall, Inc**. 1998. 381p.

SANT'ANNA JR. N., BERETTA, M., TEIXEIRA, S. M. TAVARES, T. M. **Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Sedimentos Superficiais na Baía de Todos Os Santos – Nordeste do Brasil**. Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, 2010. 16p.

SANTORO, P.; FERNÁNDEZ, M.; FOSSATI, M.; CAZES, G.; TERRA, R.; PIEDRA-CUEVA, I. Pre-operational forecasting of sea level height for the Río de la Plata. **Applied Mathematical Modelling**, v. 35, n. 5, p. 2462-2478, 2011.

SANTOS, R.; SILVA JÚNIOR, C.; RIBEIRO, E.; GOMES, F.; RIBEIRO, M.; SANTOS, T.; CARIBE, D.; SOUTO, I.; SANTOS, L. As Políticas Estatais de Saneamento Básico na Bahia. **Revista VeraCidade**, ano 2, n. 2, 2007. Disponível em: <http://www.veracidade.salvador.ba.gov.br/v2/images/veracidade/pdf/artigo%20politicas%20de%20saneamento.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2013.

SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO (Brasil). **Avaliação da Produção Mineral da Bahia 2002-2006**. Uniminas Engenharia e Mineração Ltda. Salvador, 2008. 93p.

SECRETARIA MUNICIPAL DOS TRANSPORTES E INFRAESTRUTURA (Brasil). Prefeitura Municipal do Salvador. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Salvador**: Relatório do diagnóstico dos serviços de drenagem Pluvial Urbana de Salvador. Salvador, out. 2010.

SILVA, B.-C.; SILVA, M. Crescimento Demográfico no Estado da Bahia, 2000 a 2010: Uma Contribuição Estatístico-Cartográfica. **GeoTextos**, v. 7, n. 2, p. 179-208, dez. 2011. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/geotextos/article/viewFile/5650/4083>. Acesso em: 11 dez. 2013.

SILVA, C. N. **Diagnóstico Ambiental de Áreas de Pedreiras Abandonadas na Cidade do Salvador-Ba com Ênfase na Estabilidade de Taludes**. Originalmente apresentada como dissertação como requisito à obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Ambiental Urbana, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Universidade Federal da Bahia. 2005. 128p.

SILVA, G. J.; VALADÃO JR., D. D.; BIANCHINI, A.; AZEVEDO, E. C. de; MAIA, J. C. S. Variação de Atributos Físico-Hídricos em Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado Mato-Grossense sob Diferentes Formas de Uso. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 32:2135-2143, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/34.pdf>. Acesso em: 8 out. 2013.

SILVA, M. **Otimização do emissário do Rio Vermelho, Salvador – BA, via modelagem computacional**. Originalmente apresentada como dissertação no Curso de Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001775.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2014.

SILVA, R.; BORJA, P.; CRUZ, F.; MORAES, L. **Saneamento em Salvador: Uma Avaliação Antes e Após o Programa BAHIA Azul**. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Campo Grande (MS), set. 2005. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/V-037.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS – SNIRH. **Portal do SNIRH: Rede Hidrometeorológica Nacional**. [2014?]. Disponível em: <http://www2.snirh.gov.br/home/index.html>. Acesso em jul. 2014.

TANAJURA, C; GENZ, F., ARAÚJO, H. Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos na Bahia: Validação da Simulação do Clima Presente do HadRM3P e Comparação com os Cenários A2 e B2 para 2070-2100. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 245-358, 2010.

TARQUI, J.; SANTOS, J.; SANTOS, S. **Estudo da política de aplicação de recursos em drenagem urbana na cidade do Salvador**. BAHIA-BRASIL. UCSAL, 2002.

THE DOW CHEMICAL COMPANY. **Portal da DOW Brasil**. Disponível em: <http://www.dow.com/brasil/>. Acesso em: 11 dez. 2013.

TOPÁZIO, E. **Modelagem de pluma de emissários com T90 variável na costa oceânica de Salvador, BA**. Originalmente apresentada como dissertação de

mestrado em Ciências em Engenharia Oceânica. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.oceanica.ufrj.br/costeira/arquivos/46_.doc>. Acesso em: 25 fev. 2014.

TOURINHO, A. O.; BERETTA, M. Investigação da Qualidade da Água das Fontes Naturais da Cidade de Salvador. **Águas Subterrâneas**, v. 24, n. 1,, p59-68, 2010.

TRICART, J., DA SILVA, T. C. **Estudos de Geomorfologia da Bahia e Sergipe**, Fund. Desenv. Da Ciência na Bahia, Salvador, 1968.

TUCCI, C. Gerenciamento da Drenagem Urbana. RBRH: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.7, n.1, p. 5-27, 2002.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Brazil, Seismicity Map - 1900 to March 2012**. Disponível em: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/brazil/seismicity.php>. Acesso em: 26 fev. 2014.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Map and Database of Quaternary Faults and Lineaments in Brazil**, à escala 1:6 000 000. 2002. 63p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (Brasil). **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – 1991 a 2010**. Volume Bahia. 2011. 83p.

VASCONCELOS, A. **Risco Sísmico no Brasil e seu impacto sobre grandes obras**. Instituto de Engenharia, n. 58., abr./mai. 2010. 7p.

V&S AMBIENTAL. **Baía de Todos os Santos: Diagnóstico Ambiental**. Salvador: V&S Ambiental, 2001.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. Companhia de Saneamento Ambiental – CTESB, São Paulo, 1978.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning**. US Department of Agriculture. Agriculture Handbook, n. 537, 1978.

XAVIER, A. G. **Análise da Hidrodinâmica da Baía de Todos os Santos (BA)**. 2002. 222 p. Originalmente apresentada como dissertação para o doutoramento em Ciências

em Engenharia Oceânica. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

ZOBY, J. L. G. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2008. 20p.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. **Águas Subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos**. XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2002. 19p.