

5 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Segundo a Resolução nº 001/86 do CONAMA, o diagnóstico ambiental da Área de Influência de um projeto deve conter completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da realização de um empreendimento/intervenção.

O presente diagnóstico ambiental foi elaborado por uma equipe técnica multidisciplinar, formada por profissionais de elevada experiência em suas respectivas áreas de atuação e apresenta informações sobre os aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos do Município de São Francisco do Sul, e mais detalhadamente sobre as áreas de influência do empreendimento analisado nesse estudo (Dragagem de Aprofundamento do Lado Externo do Píer do TESC).

O diagnóstico foi elaborado para oferecer subsídios técnicos nas análises exigidas para o licenciamento ambiental da atividade, de forma a garantir o entendimento da dinâmica e das interações existentes entre os meios físico, biótico e socioeconômico, buscando a elaboração de um diagnóstico integrado da área de influência do projeto que permitiu a avaliação dos impactos resultantes da implantação do empreendimento/intervenção, e a definição de medidas mitigadoras, programas de controle ambiental e medidas compensatórias.

A coleta de dados foi realizada através de pesquisa em literatura, pesquisa em artigos científicos e teses acadêmicas, pesquisa em meios eletrônicos, e levantamento de dados em campo, bem como da utilização de dados pretéritos de estudos já realizados nas áreas de Influência do TESC.

Os mapas apresentados foram confeccionados a partir da base cartográfica extraída da Ortofotocarta digital em escala 1:10.000, Datum SAD 69 de 2007 da Prefeitura Municipal de São Francisco do Sul, sendo que esta base foi transformada para o DATUM WGS 84, além de cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, levantamento topográfico cedido pelo TESC e Administração do Porto de São Francisco do Sul .

5.1 – Meio Físico

A caracterização do meio físico teve por objetivo avaliar a fragilidade e as potencialidades dos recursos ambientais da Bacia em estudo, quanto à realização da Dragagem de Aprofundamento do lado externo do píer do TESC.

Esse estudo compreende a caracterização climatológica, geológica e dos recursos hídricos da região da Baía da Babitonga, as análises dos recursos atmosféricos e ruídos

provenientes das atividades de Dragagem de Aprofundamento e a Análise dos Sedimentos a serem dragados, seguido do Plano de Dragagem.

O diagnóstico ambiental do meio físico foi elaborado a partir da série histórica de informações contidas nos estudos já realizados nos empreendimentos portuários na Área de Influência Direta e Indireta de São Francisco do Sul, bem como da atualização dessas informações a partir da coleta e levantamento de dados em campo, além da utilização de dados secundários provenientes de instituições de caráter público e privado e da pesquisa em literatura.

As metodologias adotadas para o levantamento e análises das informações contidas nesse estudo serão descritas mais detalhadamente nos tópicos a seguir.

Os laudos e planos eventualmente contratados para embasamento desse estudo foram elaborados por empresas devidamente certificadas, encontrando-se anexos a este estudo.

5.1.1 – Climatologia e Meteorologia

O clima e as variações climáticas exercem grande influência sobre a sociedade e a maioria das atividades humanas, enquanto o homem também por meio de suas atividades pode ter interferência sobre o clima (AYOADE, 1996; BRITTO, 2004).

De maneira geral, a análise do clima de uma região fornece subsídios para a compreensão da realidade espacial, bem como da organização das atividades econômicas, tais atividades podem incluir a agricultura e a pecuária, o comércio, turismo e até mesmo as atividades industriais.

As atividades que são executadas ao ar livre são extremamente vulneráveis às variações climáticas, essas atividades podem ser desenvolvidas com sucesso se houver condições climáticas favoráveis. As condições climáticas também podem ter influência sob o desempenho e a durabilidade de certas máquinas (MATHER, 1974; SMITH, 1975; HOBBS, 1980 In AYOADE 1996).

Dos fatores do clima que podem alterar a operação das dragagens destacam-se a direção e a velocidade dos ventos e a incidência da pluviosidade.

Segundo Veado *et al.* (2002), predominam no Estado de Santa Catarina durante o verão as massas de ar equatorial continental (mEc), tropical atlântica (mTa) e, eventualmente, tropical continental (mTc), enquanto que na área do empreendimento possui um clima subtropical úmido, fortemente marcado por duas épocas distintas durante o ano, o verão e o inverno. No inverno, a passagem da frente polar atlântica (FPA) precede a chegada da massa polar atlântica (mPa), que desloca as massas tropicais para o centro e o norte do país. No verão, predominam massas de ar equatoriais e tropicais, a massa Equatorial Continental (mEc), a massa tropical atlântica (mTa) e eventualmente, a massa tropical continental (mTc).

Diversos são os modelos de classificação climática, entre eles, podem ser citados os modelos de W. Köppen (1900 a 1936), Thornthwaite (1948), Miller (1965). Dentre estes o modelo de Köppen é o mais utilizado, sendo que atualmente a maioria dos livros e textos a respeito de geografia regional e climatologia adotam esta classificação (AYOADE, 1996).

De acordo com Gaplan (1986), o clima da região do empreendimento foi caracterizado como super-úmido, conforme a classificação de Thornthwaite.

Já segundo a EPAGRI (2002) e de acordo com o modelo de classificação proposto por Köppen, ocorrem no Estado de Santa Catarina dois tipos climáticos principais: o clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações, com verão quente (Cfa), e o clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações, com verão moderadamente quente (Cfb), abrangendo cinco grupos climáticos principais, subdivididos com base na distribuição sazonal da precipitação e nas características da temperatura. Assim para o município de São Francisco do Sul, o clima foi caracterizado como o tipo Cfa, ou seja, mesotérmico úmido, sem estação seca definida e com chuvas bem distribuídas durante o ano.

A ocorrência desses tipos climáticos deve-se basicamente a sua localização relativa à fonte de suprimento de umidade do oceano e a sua topografia.

5.1.1.1 – Metodologia

Para caracterização do clima utilizou-se a classificação climática segundo W. Koeppen (1900 a 1936) e foram utilizados dados da estação meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI, situada no município de Joinville, na latitude de 26° 15'08" S e longitude de 48° 51'22" W, a 20 m de altitude. Os dados são referentes às medias mensais, no período de 2001 a 2010, no entanto, a série histórica apresenta algumas lacunas.

5.1.1.2 – Pluviosidade

Segundo Gonçalves *et al* (2006) a precipitação média anual da região da Baía da Babitonga varia em torno de 2265 mm.

Conforme a classificação climática utilizada neste estudo, a média anual de precipitação para a região de São Francisco do Sul foi de 2.328,1 mm e a média de precipitação mensal foi de 194 mm.

O alto índice de precipitação verificado deve-se aos eventos extremos de precipitação ocorridos nos anos de 2008 e 2010, ocasionando enchentes e inundações por toda a região

de Joinville e outras cidades do estado, sendo que o mês que registrou maior precipitação foi Janeiro com 375,42 mm e o de menor precipitação foi Junho com 84,33 mm.

Através do gráfico apresentado na figura 5.1, é possível visualizar a variação da pluviosidade ao longo dos meses, indicando um maior índice de pluviosidade nos meses da estação verão e um menor índice nos meses da estação de inverno.

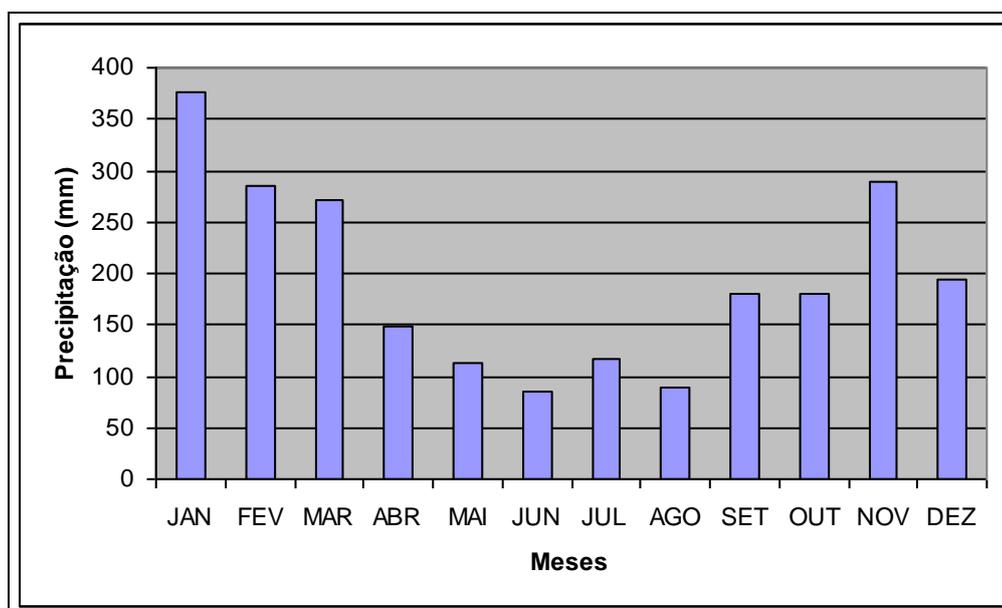


Figura 5.1 - Média anual de precipitação para a região de Joinville (2001 a 2010)

5.1.1.3 – Umidade Relativa do Ar

De acordo com a série histórica da EPAGRI de 2001 a 2010, a média para a umidade relativa do ar no período estudado foi de 79%. O mês com média mais elevada foi Junho com 82% e os meses com valor mais baixo foram novembro e dezembro com 76% (Figura 5.2).

Segundo Ayoade (1996) os dados sobre a umidade relativa do ar não são estritamente comparáveis de uma estação para a outra, por causa de sua relação com a temperatura, a não ser que esses dados tenham sido obtidos aproximadamente na mesma hora do dia e quando as temperaturas do ar não forem muito diferentes.

No entanto, em nível de informação, Veado *et al* (2002) traz os dados de umidade relativa do ar para o município de São Francisco do Sul com a menor média para o mês de dezembro e a média de valor mais elevado para o mês de agosto. Estes dados podem ser explicados pela localização costeira da área, que recebe influência dos ventos da direção Sudeste que empurram o ar úmido para dentro da Ilha de São Francisco, contribuindo para a formação de bancos de nevoeiros baixos principais indicadores de estabilidade atmosférica.

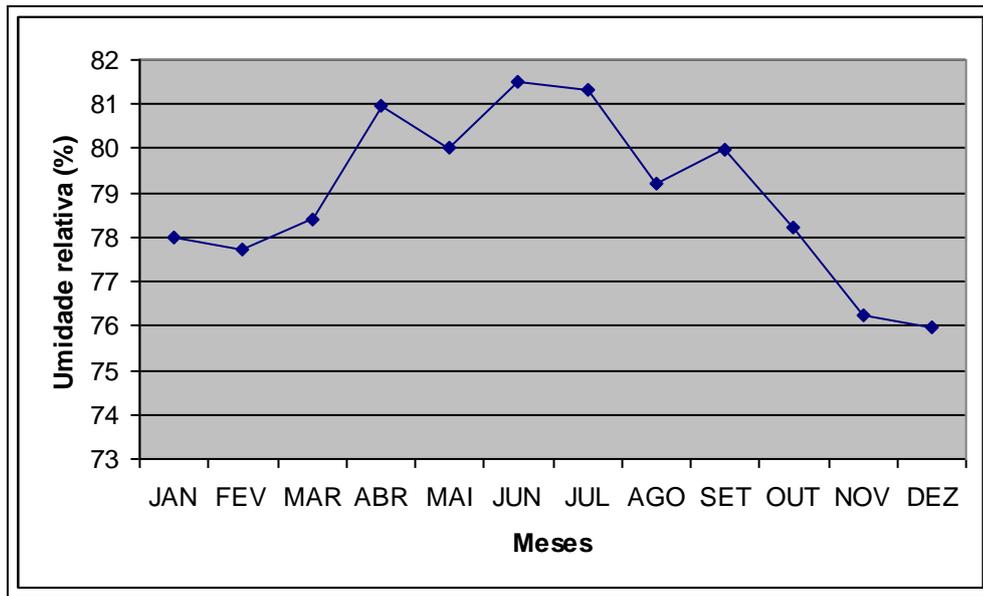


Figura 5.2 - Média anual da umidade relativa do ar (2001 a 2010)

5.1.1.4 – Temperatura

A temperatura média apresenta uma variação mensal fortemente relacionada com as estações do ano, o que evidencia a influência direta das massas de ar tropicais e equatoriais no verão e polares no inverno, de maneira geral, a temperatura é moderadamente quente durante o ano.

Para a série apresentada, a temperatura média da região é de 21,7° C, sendo que as mínimas e máximas oscilam entre 17,1° C em julho e 25,5° C em fevereiro (Figura 5.3).

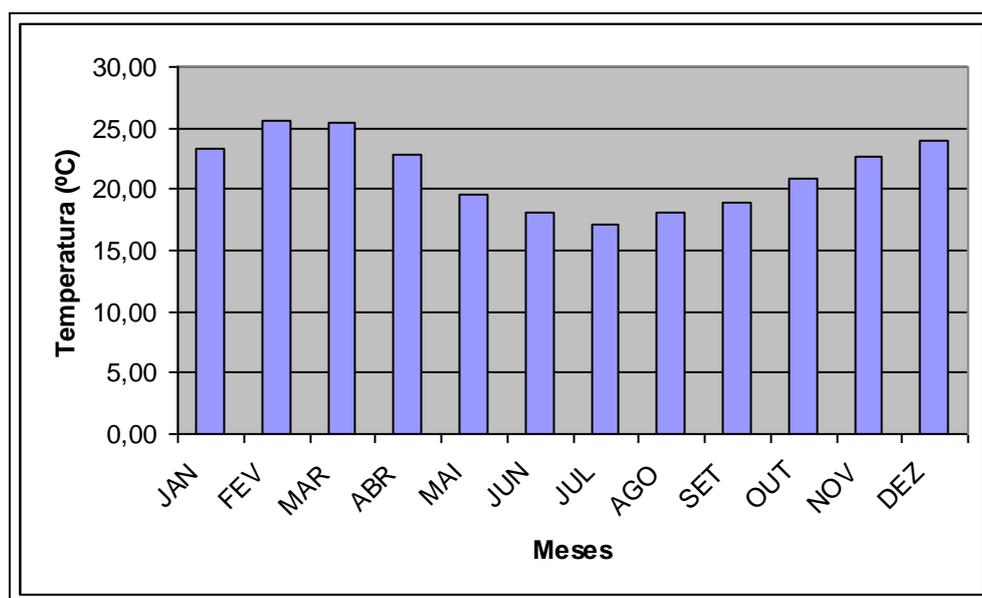


Figura 5.3 - Média anual da temperatura (2001 a 2010)

Segundo Veado *et al* (2002) a temperatura média na região é de 20,5° C, com máxima de 24,4° C em janeiro e mínima de 16,0° C em julho.

5.1.1.5 – Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica média na altitude da estação meteorológica da Univille na série apresentada é de 1015,18 mbar. A maior média mensal ocorre em julho e a menor em janeiro (Figura 5.4), o mesmo ocorre para o município de São Francisco do Sul na série de 1939-1983, de acordo com a Veado *et al* (2002), sendo que a pressão atmosférica média é de 1014,5 mbar nesta série histórica.

As baixas pressões medidas nos meses mais quentes são decorrentes das massas de ar equatoriais e tropicais que atingem o município de São Francisco do Sul no verão. As altas pressões estão correlacionadas aos meses mais frios do ano. São influenciadas por massas de ar polares e passagens de frentes frias. Os centros de baixa e alta pressão são os principais responsáveis pelos índices pluviométricos e alterações de temperatura.

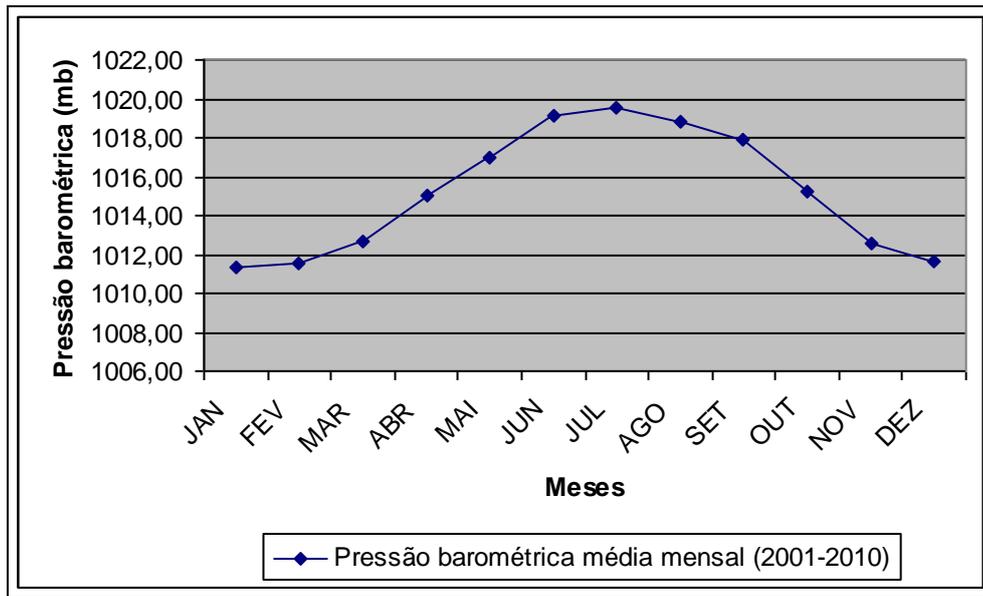


Figura 5.4 - Média anual da pressão atmosférica (2001 a 2010)

5.1.1.6 – Direção e Velocidade dos Ventos

Ventos das direções nordeste e sudoeste predominaram em São Francisco do Sul no período de 1939 a 1983. A velocidade média geral do vento foi 2,8 m/s. A maior velocidade média foi registrada em janeiro (3,2 m/s) e a menor em junho (2,5 m/s) (VEADO *et al*, 2002).

No período analisado (2001-2010), a velocidade média anual do vento foi de 0,72 m/s, sendo que o mês em que se registrou a maior velocidade média foi novembro, e o mês com a menor velocidade foi junho (Figura 5.5).

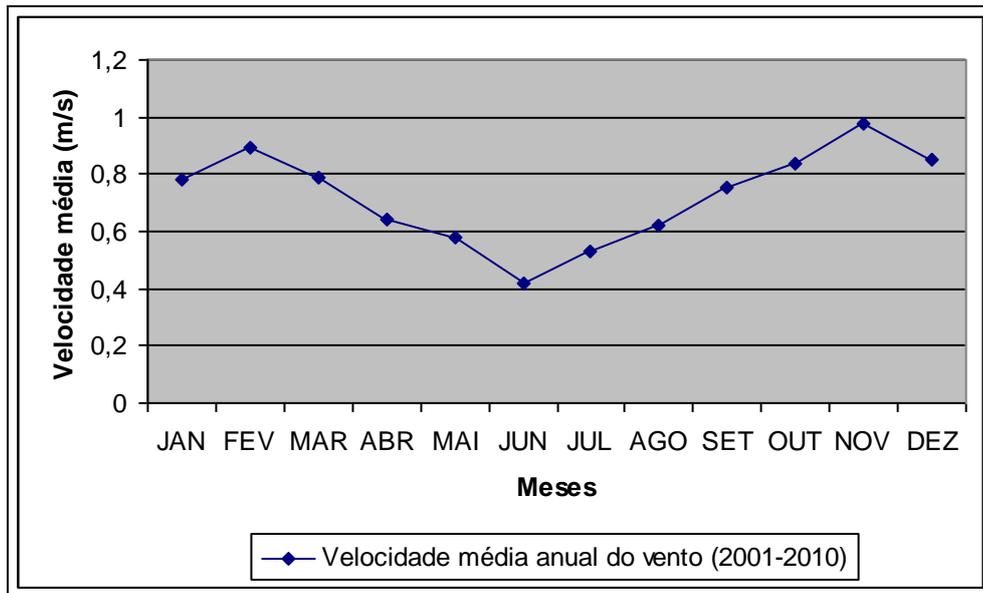


Figura 5.5 - Velocidade média anual do vento (2001 a 2010)

Os ventos da região da Baía da Babitonga são fatores importantes devido à grande influência que exercem sobre a maré meteorológica em relação à maré astronômica (UNIVILLE, 2004). Desta forma, podem ocasionar a elevação ou o abaixamento do nível da água e o atraso ou adiantamento dos instantes de baixa-mares ou preamares. Os efeitos de sobrelevação do nível estuarino por forçantes meteorológicas (ação do vento e da pressão atmosférica) podem significar até 1 metro em relação à maré astronômica (SCHETTINI & KLEIN, 1997; TRUCCOLO, 1998; TRUCCOLO & SCHETTINI, 2000).

Veado *et al* (2002) analisam os dados da estação meteorológica da Escola Técnica Tupy, da UNIVILLE e da FATMA-GTZ para o período de 1995 a 1999 e identificaram que na região de São Francisco do Sul predominam os ventos de leste (27 %).

Analisando os dados históricos da estação meteorológica da UNIVILLE para o período de 2001 a 2010, identificou-se que na região de São Francisco do Sul predominam os ventos de leste (50%). Com menor frequência: norte (18%), e sudeste (18%), os demais ocorrem com baixa frequência sul (9%), nordeste (3%) e noroeste (2%). A figura 5.6 ilustra estes dados de forma gráfica, onde cada uma das divisões representa 10%.

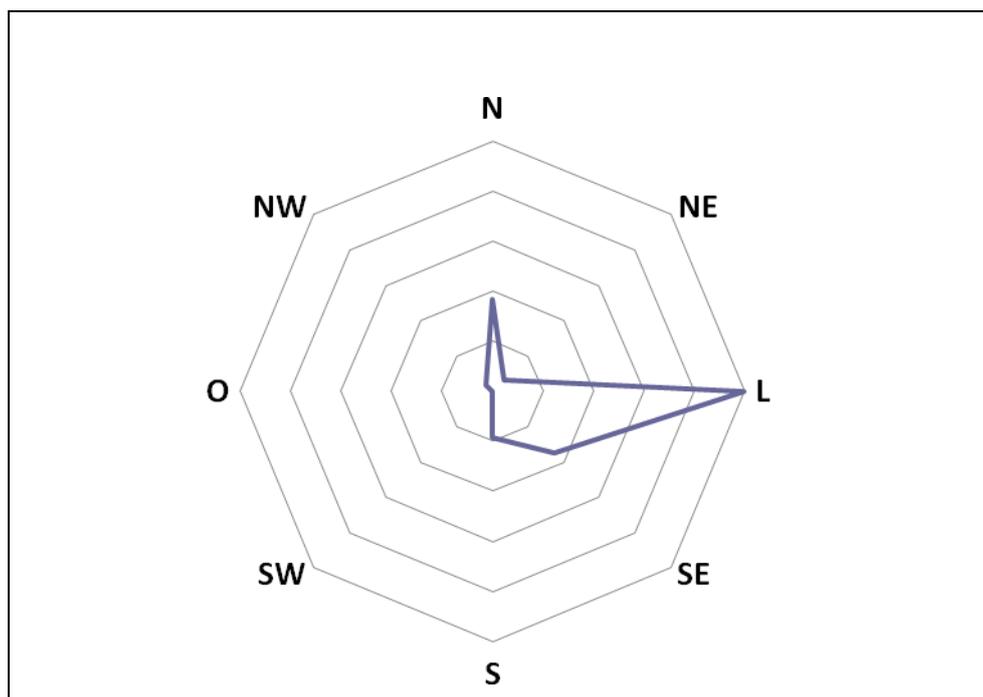


Figura 5.6 - Representação gráfica das direções predominantes dos ventos.

5.1.1.7 – Ocorrência de Eventos Extremos

De acordo com Hermann *et al* (2007) o registro de eventos extremos para o estado de Santa Catarina está relacionado com as adversidades atmosféricas caracterizadas:

- a) pelos elevados totais pluviométricos, que resultam em grandes áreas afetadas por escorregamentos, inundações e quedas de blocos, deixando, comumente, um grande número de desabrigados e mortos;
- b) pelos prolongados meses de estiagens que prejudicam a agricultura e a pecuária, afetando a renda dos agricultores e pecuaristas;
- c) e pelas tempestades severas que frequentemente geram vendavais, granizos, tornados e marés de tempestades, deixando inúmeras residências totalmente destruídas ou destelhadas, além de prejudicar significativamente as plantações e a infraestrutura pública dos municípios.

Além disso, em março de 2004, Santa Catarina também foi surpreendida pelo Furacão Catarina, fenômeno mais atípico registrado no sul do Estado até hoje.

HERMANN *et al* (2007) ainda avaliaram a frequência dos desastres naturais ocorridos no Estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2007. Segundo os autores, os 10 (dez) municípios mais afetados pelos desastres naturais foram: Blumenau, Canoinhas, Lages, Três

Barras, Florianópolis, Palhoça, Rio do Sul, Joaçaba, Caçador e Porto União, totalizando 1.050 ocorrências de inundações graduais, 81 de inundações bruscas, 43 de escorregamentos, 101 de estiagens, 65 de granizos, 100 de vendavais e 36 episódios de tornados. A partir de 1998 também foram computados 14 episódios de marés de tempestade, destacando no ano de 2004 o inédito episódio do Furacão Catarina.

As inundações graduais constituem as principais ocorrências de desastres e que afetam anualmente inúmeros municípios no estado de Santa Catarina devido aos episódios pluviométricos intensos.

Conforme pode ser visualizado nas figuras 5.7 e 5.8, o município do São Francisco do Sul ficou classificado como de média frequência para 04 dos desastres naturais levantados (inundação gradual, escorregamento, granizo, tornado e maré de tempestade), alta frequência para inundação brusca e vendaval e baixa/nula frequência para a estiagem.

Portanto pode-se inferir que a região onde o TESC está localizado tem uma forte tendência para eventos extremos de chuvas intensas, ciclones e ressacas. Devido à presença de grandes balneários, e nestes a presença de edificações, infraestruturas urbanas e de lazer, a exposição a estas adversidades possibilita a ocorrência de danos materiais.

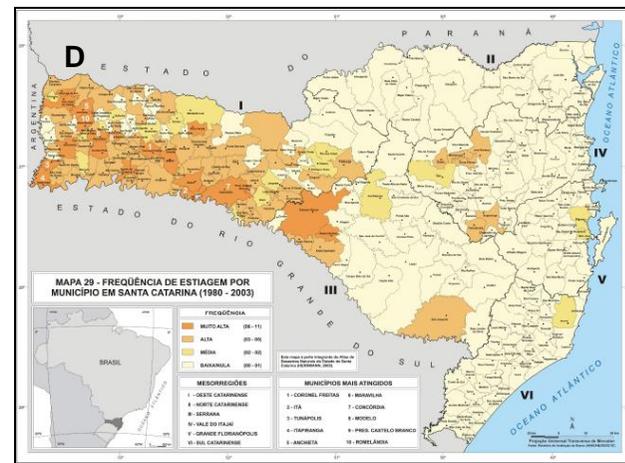
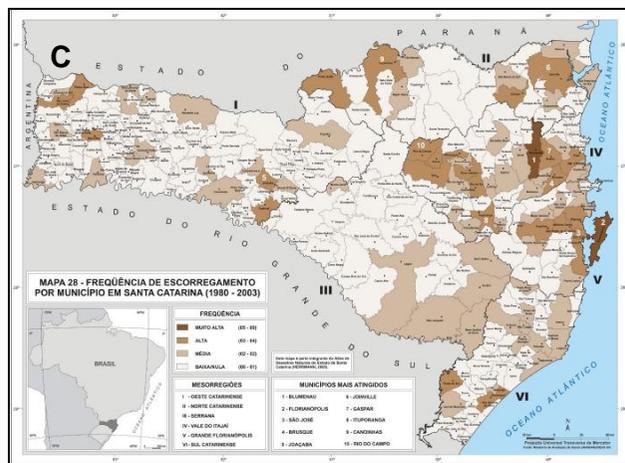
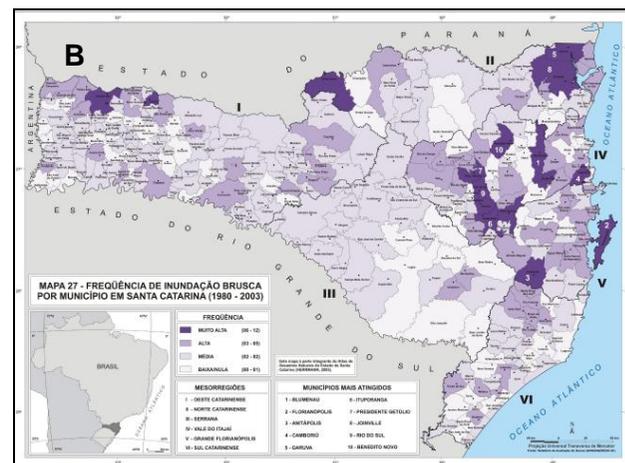
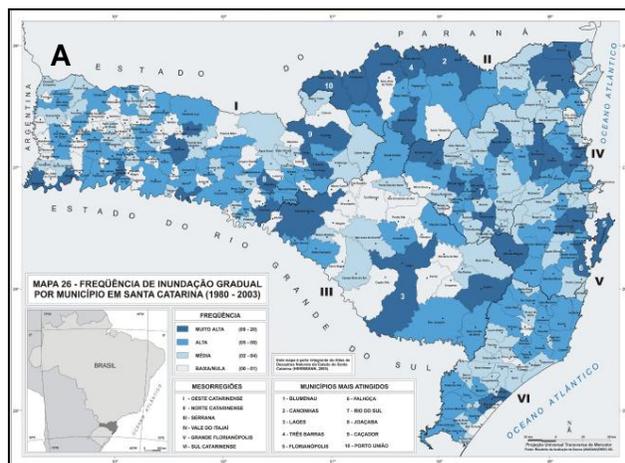


Figura 5.7 - Mapas da frequência de eventos extremos por município no Estado de Santa Catarina (1980 - 2003).
A – Inundação gradual; B – Inundação brusca; C – Escorregamento; D – Estiagem

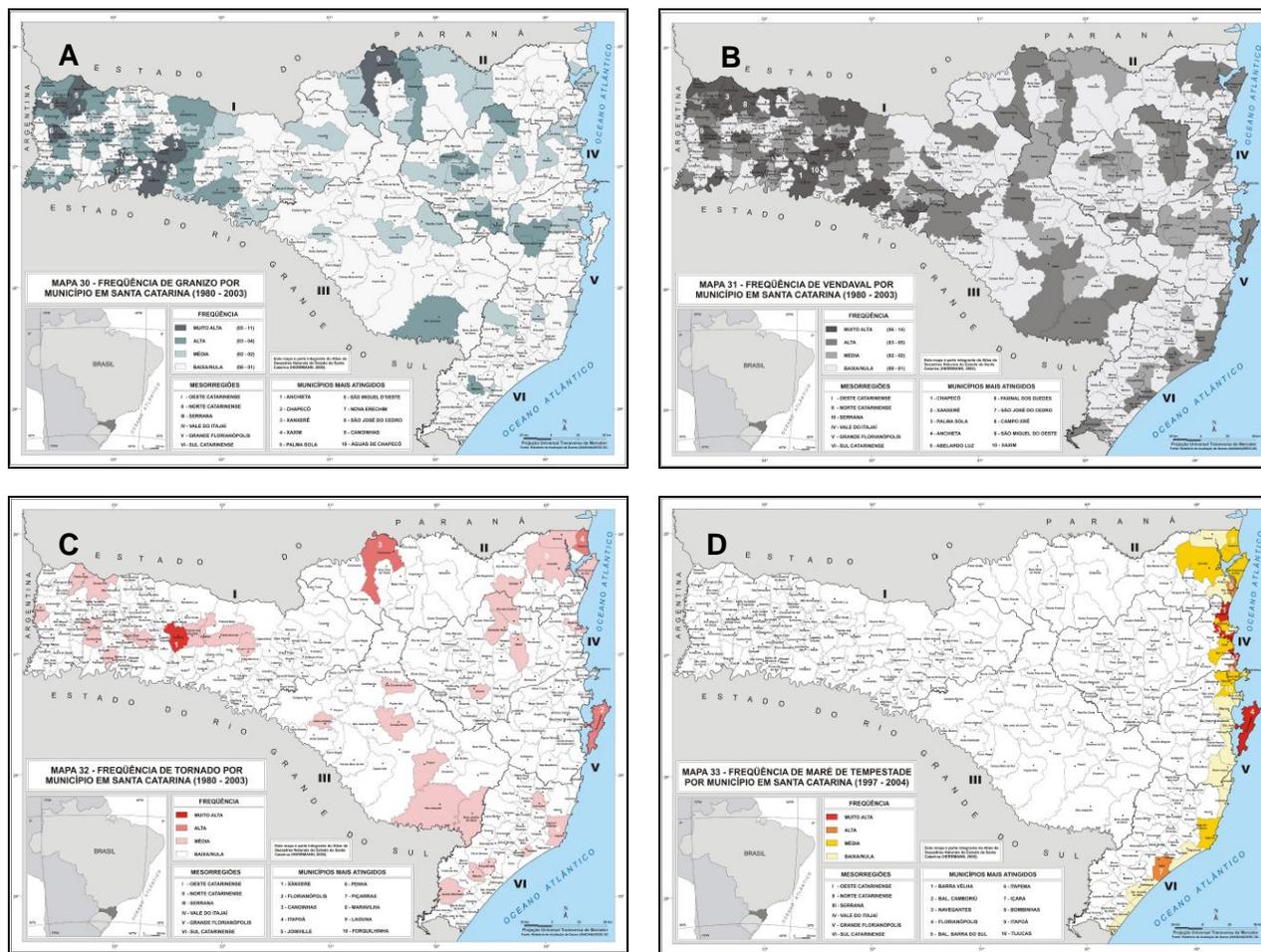


Figura 5.8 - Mapas da freqüência de eventos extremos por município no Estado de Santa Catarina (1980 - 2003)
A – Granizo; B – Vendaval; C – Tornado; D – Maré de tempestade.

5.1.1.7.1 – Interação dos Eventos Extremos com a Atividade de Dragagem

De acordo com o exposto, os dados climáticos predominantes apresentados para a região de São Francisco do Sul não impactam nas operações da dragagem, exceto quando eventualmente, há previsões de ventos fortes. Eventos extremos como chuvas intensas podem comprometer o cronograma de dragagem, podendo inclusive causar o carreamento de sedimentos para a área objeto desse estudo.

5.1.2 – Geologia

5.1.2.1 – Geologia da Área de Influência Indireta

De modo geral, a região do entorno do município de São Francisco do Sul e a bacia hidrográfica da Baía da Babitonga, apresentam-se inseridas num cenário geológico caracterizado por processos costeiros ocorridos ao longo do período Quaternário, dando origem aos Depósitos Sedimentares Cenozóicos. As unidades geológicas existentes estão associadas às rochas do Escudo Catarinense (Complexo Granulítico de Santa Catarina e Complexo Paranaguá), conforme pode ser visualizado na figura 5.9.

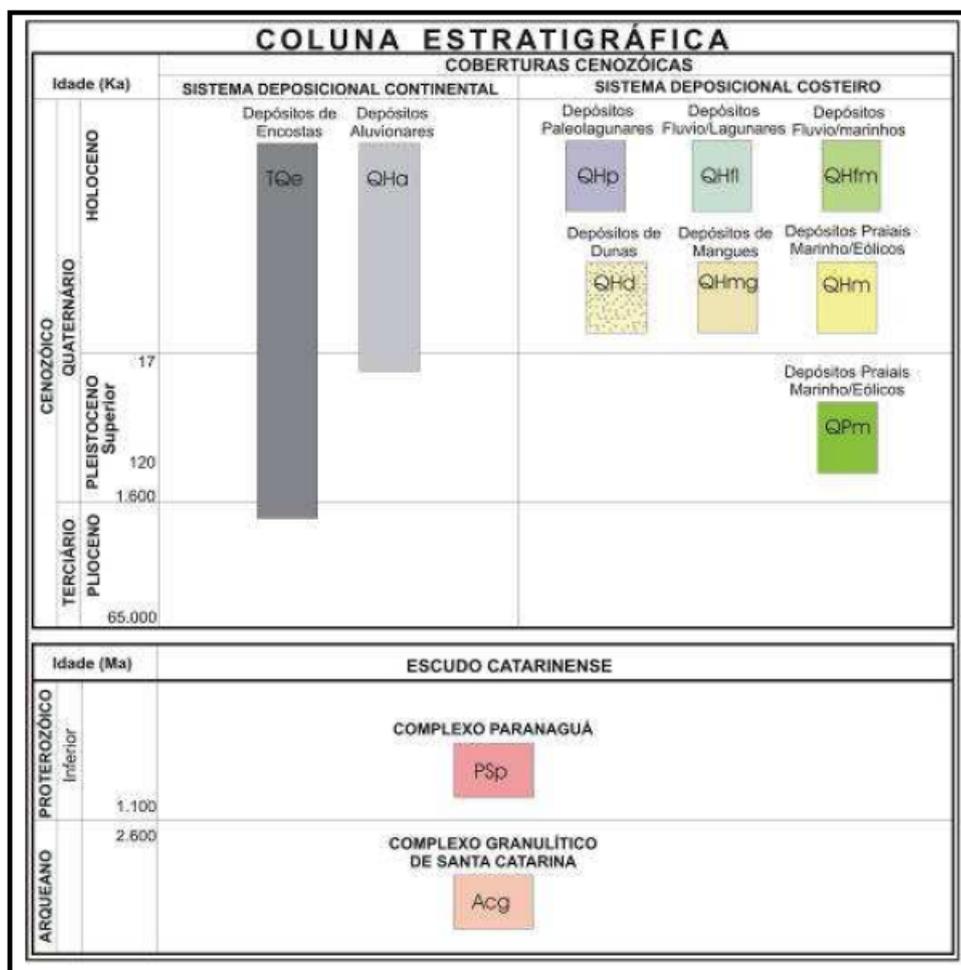


Figura 5.9 – Coluna Estratigráfica
(Fonte: CARUSO JR, 2009)

A figura 5.10 ilustra a distribuição das unidades geológicas do entorno da área de influência indireta.

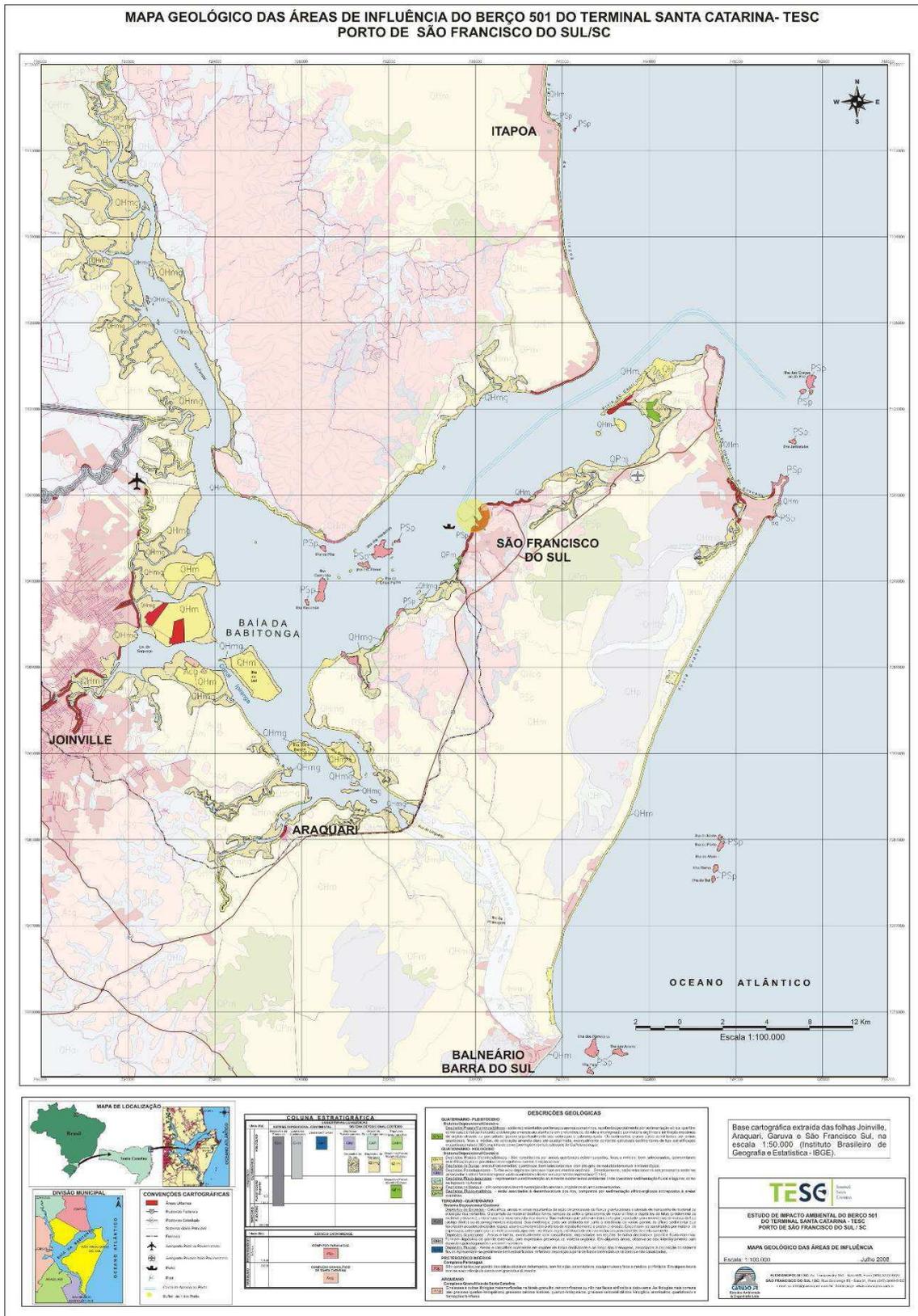


Figura 5.10 - Distribuição das Unidades Geológicas na AI (Fonte: CARUSO JR, 2009)

5.1.2.1.1 – Escudo Catarinense

Segundo Scheibe (1986) o escudo catarinense é constituído por quatro grandes unidades geotectônicas, de denominações divergentes, invadidas em graus de intensidade diferentes por corpos graníticos e granitóides. Na sequência apresenta-se um esboço geológico do estado de Santa Catarina (Figura 5.11).

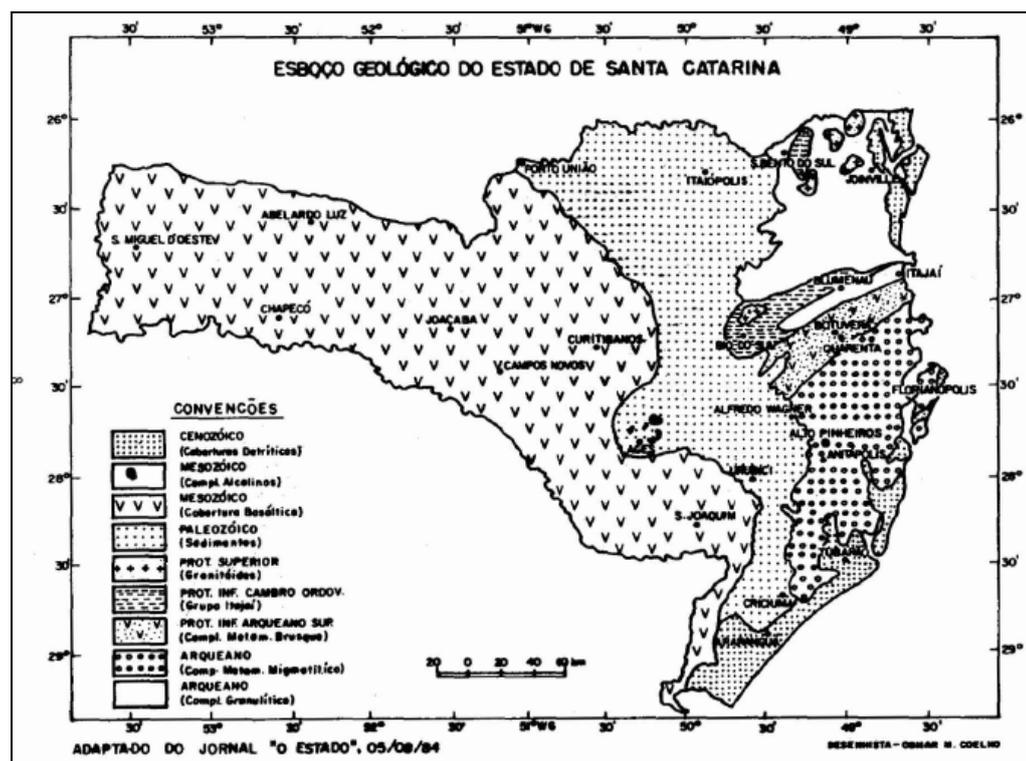


Figura 5.11 – Esboço geológico do Estado de Santa Catarina
(Fonte: SCHEIBE, 1986)

5.1.2.1.1.1 – Complexo Granulítico de Santa Catarina

A unidade geológica denominada por Hartmann *et al.* (1979) como Complexo Granulítico de Santa Catarina, consiste de complexo rochoso caracterizado por ocorrências metamórficas nos fácies granulito, anfibolito e xisto-verde. Segundo Chemale Jr. *et al.*, (1995) o evento metamórfico de alto grau tem idade transamazônica (2,2 Ga).

Segundo Silva (1987), esta unidade como entidade geotectônica mantém suas características estruturais e petrológicas até as proximidades de Garuva, próximo à divisa com o estado do Paraná onde, através de extensiva zona de transcorrência, limita-se com terrenos de natureza granítico-migmatítica. Ao sul mantém contato tectônico com os

metamorfitos do Complexo Brusque e Sedimentos da Bacia do Itajaí, estendendo-se a Oeste sob a cobertura da Bacia do Paraná e limitando-se a Leste com o Oceano Atlântico.

Estratigraficamente, as rochas desse Complexo constituem o embasamento das unidades adjacentes, Complexo Brusque e Bacia do Itajaí. Seus contatos com os metamorfitos do Complexo Brusque se fazem através de extensa e larga faixa milonítica do denominado Lineamento Perimbó. Também os sedimentos da Bacia do Itajaí ao longo da faixa do Perimbó, apresentam contatos por falha com os gnaisses granulíticos retromorfizados, apresentando imbricações tectônicas com os mesmos, associadas aos empurrões da última fase de baixo ângulo, modificados posteriormente por intenso cisalhamento de baixo ângulo.

Os tipos litológicos constituintes são variados predominando os gnaisses hiperstênicos quartzo-feldspáticos com teor relativamente baixo de minerais máficos. Variavelmente outras litologias são encontradas como milonito gnaisses granulíticos, gnaisses blastomiloníticos, corpos ultramáficos lenticulares, gnaisses cálcios silicatados, Kinzigitos e anortositos, quartzitos, e formações ferríferas.

Estruturalmente, os gnaisses granulíticos mostram uma foliação S_n , de natureza metamórfica, bem marcada pelo alinhamento dos minerais ferromagnesianos que contornam os porfiroblastos de minerais leucocráticos. Essa superfície mostra-se, em grande parte, modificada por fases mais jovens ligadas a fenômenos de cisalhamento dúctil, resultando foliações miloníticas de alto ângulo, acompanhadas de retrometamorfismo.

Segundo Fiori & Carmignani (2001), as discontinuidades mais comuns presentes nos maciços rochosos são representadas por juntas, falhas, contatos litológicos e foliações metamórficas. Os blocos geométricos irregulares ou não, representados e definidos pela presença destas discontinuidades, podem ter ainda suas propriedades físicas modificadas e complicadas com a superimposição do manto de intemperismo. A interação destes fatores confere aos diferentes blocos propriedades físicas muito diferentes quando comparadas com as da rocha intacta. Estas variáveis sinalizam que, dentro de um mesmo maciço, à primeira vista homogêneo, podemos encontrar materiais com propriedades físicas bastante distintas.

A história deformativa dos granulitos desenvolveu-se ao longo de sua evolução petrotectônica, desde a incorporação do material primitivo à crosta, passando pela fase de granulitização (arqueana) até os eventos tardios, brasileiros, que afetaram, em parte, as rochas granulíticas.

Ocorrem ainda na região pequenos diques de rochas básicas toleíticas e alcalinas. Estes diques apresentam em geral coloração preta, decomposição esferoidal e fraturamento intenso, estando encaixados em estruturas como falhas e fraturas associadas às rochas encaixantes, que são geralmente migmatitos e gnaisses.

5.1.2.1.1.2 – Complexo Paranaguá

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), situado no litoral paranaense, se estende até a região abrangida da Vila da Glória e Itapoá, além da Ilha de São Francisco, apresentando afloramentos de granitóides cinzas na sua porção sul da AID. Isso pode ser observado através do conjunto de morros que circunda a área portuária (Figura 5.12).



Figura 5.12 - Afloramento de granitóides cinzas na área de influência direta

Segundo Fernandes (1999) predominam as ocorrências de gnaisses e migmatitos que gradam para granitóides cinzas de característica cálcio-alcalinos deformadas, com foliação, cataclásticas, equigranulares finos a médios, porfiríticos, que correspondem, em parte, ao denominado Núcleo Migmatítico de Injeção Polifásica de São Francisco do Sul (SILVA, 1984). Também são encontradas ocorrências de xistos metabasito com granada e silimanita, além de quartzitos, anfibolitos e migmatitos.

As rochas originárias dos granitóides (protólitos crustais) se formaram há cerca de 2.200 – 1.900 Ma, sendo que são encontradas partes de épocas mais remotas, há cerca de 2.400 Ma.

Os granitos exibem predominantemente texturas equigranulares de grão médio, além de texturas porfiríticas com fenocristais de ortoclásio e microclínio, e equigranulares de grão grosseiro a pegmatíticas. Os granitóides não são totalmente isotrópos, apresentando variações laterais para gnaisses bandeados, sem possibilidade distinção entre os limites das duas litologias. Mônaco *et al.* (1974), sugeriram uma continuidade entre os granitóides e migmatitos, sobre os quais atuou mais energicamente o metamorfismo regional.

5.1.2.1.2 – Depósitos Sedimentares Cenozóicos

As coberturas cenozóicas são caracterizadas pela sobreposição de material de sedimentar depositados sobre as unidades do embasamento. Seu desenvolvimento tem relação com os processos de intemperismo associados aos sistemas de transporte de sedimentos, que podem ser organizados em duas classificações:

- * Continental: com depósitos de encostas, de planícies colúvio-aluvionares e fluviais;
- * Costeiro: englobando depósitos praias marinhos e eólicos (de idade pleistocênica e holocênica) (Figura 5.13), paleolagunares (Figura 5.14), flúvio-lagunares, flúvio-marinhos (Figura 5.15).

O empreendimento encontra-se inserido no sistema deposicional costeiro, conforme pode ser visualizado no **Mapa Geológico**.



Figura 5.13 - Depósito praias marinho eólico, na área de influência indireta, Praia Grande.



Figura 5.14 - Depósito paleolagunar, na área de influência indireta. Porção interior da Praia Grande.



Figura 5.15 - Depósito flúvio-marinho na área de influência direta.

Mapa Geológico

5.1.2.1.2.1 – Sistema Depositional Costeiro

O sistema deposicional costeiro é caracterizado pela acomodação de sedimentos, parcialmente sustentados sobre os depósitos continentais, dando origem a complexos de sistemas sedimentares. Tais ocorrências são resultado principalmente da variação do nível relativo do mar, ocorrido no período Quaternário, e do retrocesso deste na era glácio-eustasia.

5.1.2.1.2.1.1 – Depósitos Pleistocênicos

Devido sua maior idade geológica, os depósitos pleistocênicos se apresentam na forma de terraços arenosos de transportes marinhos, recoberto por camadas eólicas, que atingem no norte da costa catarinense, até vinte quilômetros de largura.

Seus sedimentos apresentam coloração varia conforme a profundidade, sendo amarela esbranquiçada na superfície, escurecendo para amarelo acastanhado conforme vai ganhando profundidade, devido o aumento do teor de argila.

Quanto sua mineralogia pode se classificá-los, segundo Caruso Jr. (2009) como “areias quartzosas, finas a médias, de coloração amarela claro até acastanhada (Figura 5.16) eventualmente contendo estruturas sedimentares do tipo estratificação cruzada acanalada (3D), espinha de peixe (herringbone) e tubos fósseis de *Callichirus major*. Os sedimentos eólicos que os recobrem compõem-se de areias quartzosas, bimodais, de coloração amarela acastanhada, com a presença de uma matriz secundária, composta por argilas e filmes de óxidos/hidróxidos de ferro”.



Figura 5.16 - Areias quartzosas de coloração amarelo claro à acastanhada. Praia Grande, área de influência indireta (Fonte: CARUSO Jr, 2009).

Em termos genéticos, constitui-se de um depósito praiado marinho originado pelos processos de transgressão e regressão do nível relativo do mar ocorrido no Pleistoceno Superior (120 Ka), e parcialmente erodido no auge da transgressão holocênica (5,1 a). Sua morfologia superficial indica a ação de uma atividade eólica, que retrabalhou parcialmente o topo do terraço marinho. Durante a fase regressiva do Pleistoceno Superior, associada à glaciação, esses depósitos foram parcialmente erodidos por cursos d'água provenientes do embasamento em direção à plataforma. Posteriormente, no auge da transgressão marinha holocênica, parte das áreas situadas na retaguarda dos depósitos pleistocênicos foram afogadas.

Na ilha de São Francisco do Sul, na sua área central, de maior ocorrência, possui comprimento de 22 km na direção principal NE-SW, larguras médias de 7 a 8 km e altitudes médias entre 12 e 16 m, podendo atingir 24 a 26 m em regiões com maior espessura eólica. Outras ocorrências também são constatadas no setor Norte e Sul da ilha, porém de menor expressão. Em alguns terrenos pleistocênicos, uma sucessão de cristas e cavas pode ser bem delineada, principalmente através de fotos aéreas.

Uma das características marcantes dos depósitos pleistocênicos nessa região é a presença de um horizonte arenoso superficial de coloração clara, com espessura variável, sobreposto a um horizonte de coloração marrom, variável no contato com o nível do lençol freático, que gradua em profundidade para um horizonte amarelado. Esta variação na coloração é gerada pela oscilação do lençol freático, que causa um ambiente geoquímico particular e precipitação mais intensa de óxidos/hidróxidos de ferro sobre os grãos de horizonte intermediário. Por outro lado, a camada arenosa superficial sofre um processo de lixiviação, o que confere a sua coloração branca, enquanto que abaixo do lençol freático, o processo dominante é a infiltração de argilas.

5.1.2.1.2.1.2 – Depósitos Holocênicos

Os depósitos praiados holocênicos, de maneira geral, ocupam cotas mais baixas do que os depósitos pleistocênicos, que se encontram mais interiorizados. São constituídas por areias quartzosas esbranquiçadas, finas a médias, bem selecionadas, apresentando estratificação plano-paralela com mergulho suave em direção ao mar (Figura 5.17). O pacote eólico que geralmente os recobrem é constituído por areias quartzosas, apresentando-se na forma de dunas ou como depósitos eólicos mantiformes (Figura 5.18).



Figura 5.17 - Depósitos praias holocênicos constituídos por areias quartzosas na AID (Paulas).



Figura 5.18 - Depósitos praias holocênicos, Prainha – All.

Segundo Caruso Jr. (2009) “uma série de cristas de praia holocênicas orienta-se nas direções NE-SW e N-S, acompanhando praticamente a linha de costa atual, o que sugere certa regularidade espacial e temporal na direção e sentido das ondas predominantes. Depósitos de Dunas barcanóides na direção principal do quadrante Norte podem ser constatados, a partir da ação predominante dos ventos originados de Sul, recobrendo depósitos praias holocênicos e pleistocênicos. Há também situações em que os depósitos praias holocênicos ocorrem na forma de restinga, como na praia do Pontal do Capri, através da progradação de um esporão arenoso no sentido Nordeste - Sudoeste”.

“Também de grande ocorrência na região são os depósitos paleolagunares, representantes de antigas lagunas costeiras e de corpos aquosos interiorizados que foram colmatados. Estes depósitos têm sua grande representatividade na borda Leste da Ilha de São Francisco e em Araquari. Os depósitos flúvio-lagunares, por sua vez, representam a sedimentação atualmente existente nos ambientes onde coexistem sedimentação fluvial e lagunar, como na lagoa do Acarai. Os depósitos de mangue são compostos de sedimentação silto-arenosa, originárias do ambiente estuarino” (CARUSO 2009). Como pode ser observado na figura 5.19.



Figura 5.19 - Depósitos flúvio-marinhos na AI

5.1.3 – Sedimentos

Segundo Baisch *et al*, In Boldrini *et al* (2008), o compartimento “sedimentos” em escala regional tem suas características naturais determinadas em função de duas variáveis: a rocha fonte, com distintos elementos em variadas concentrações; e do clima, que determina o tipo e grau de intemperismos (físico, químico e biológico) sobre a rocha fonte e o material transportado.

Nos ambientes deposicionais, os sedimentos interagem com a água e a biota, de forma a realizarem mútuas alterações. O sedimento pode representar o histórico das condições físico-químicas da coluna d’água, e em caso de perturbações pode alterar as características hidroquímicas. Os organismos podem acumular elementos e compostos presentes nas águas e nos sedimentos/detritos depositados, assim como perturbar a estrutura sedimentar e secretar substâncias para a coluna d’água. Já as características da água, como a salinidade e pH, podem determinar condições ótimas ou de estresse aos

organismos, assim como modificar as condições de solubilidade e a forma química de elementos e compostos (BAISCH *et al*, In BOLDRINI *et al*, 2008).

A dragagem e disposição de sedimentos dragados é uma prática comum em todo o mundo, porém, devido à contaminação ambiental, tais atividades têm sido frequentemente criticadas e vem se tornando problemáticas (ANDERSEN *et al.*, 1998; FOSTNER & CALMANO, 1998; USEPA, 1998 in SOUSA 2007).

De maneira geral, dependendo da técnica adotada, as atividades de dragagem realizadas nos portos são a principal causa da ressuspensão de sedimentos, seguido pelo trânsito de navios de grande porte. Isto demonstra que apesar de ser uma atividade necessária, as dragagens devem ser controladas, várias análises devem ser realizadas, com o objetivo de caracterizar estes sedimentos, incluindo avaliações ecotoxicológicas, sendo que alguns procedimentos devem ser evitados, como, por exemplo, o retorno “overflow” para o ambiente (SOUSA, 2007).

Segundo Almeida *et al* (1993), a coluna de sedimentos em ambientes aquáticos, principalmente a sua fração orgânica, realiza troca de nutrientes com a coluna d’água sobrejacente, onde ocorre a reciclagem de compostos através de processos biológicos, físico-químicos (adsorção, dessorção) e químicos (precipitação, oxidação, redução), além dos processos de transporte.

Araújo *et al* (2006) complementam que, o estudo dos sedimentos tem enorme importância dentre os vários fatores para se fazer uma avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos, pois pode influenciar o metabolismo de todo o ecossistema aquático, devido a sua capacidade de acumular vários compostos como matéria orgânica (hidrocarbonetos, pesticidas) e inorgânica (metais) pelo processo de decantação em áreas de baixa hidrodinâmica.

5.1.3.1 – Determinação do Número de Amostras para Análise

Para subsidiar o procedimento do licenciamento ambiental da dragagem de aprofundamento do lado externo do píer do TESC, foram caracterizadas amostras que representam o material a ser dragado na área diretamente afetada pela dragagem (ADA) e na área de influência indireta (AI).

No Brasil, a coleta e análise de sedimentos, estão regulamentadas de acordo com a Resolução nº. 344/2004 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Esta resolução estabelece as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado, em águas jurisdicionais brasileiras, e determina os parâmetros físicos, químicos e biológicos para a comparação dos critérios de qualidade dos sedimentos.

Segundo a Resolução CONAMA nº. 344/2004, a distribuição das amostras de sedimento deve ser representativa da dimensão da área e do volume a ser dragado. Deste

modo, as profundidades das coletas das amostras são representativas do perfil (cota) do material a ser removido. O anexo desta resolução estabelece o número mínimo de amostras para a caracterização de sedimentos, em função do volume a ser dragado.

Para o aprofundamento do berço no lado externo do píer do TESC, será necessário remover 190.529,80 m³ de material de acordo com o “Plano de Dragagem” anexo.

Portanto, considerando a tabela 5.1, adaptada da Resolução nº. 344/04, este volume enquadra-se entre 100.000 e 500.000 m³, o que demanda um número de 7 a 15 amostras a serem analisadas.

Tabela 5.1 – Número de amostras a serem coletadas e analisadas na dragagem em relação ao volume (m³)

Volume a ser dragado (m³)	Número de amostras
Até 25.000	3
Entre 25.000 e 100.000	4 a 6
Entre 100.000 e 500.000	7 a 15
Entre 500.000 e 2.000.000	16 a 30
Acima de 2.000.000	10 extras por 1 milhão de m ³

Fonte: Anexo da Resolução CONAMA nº 344/2004

Para respeitar a razão de proporcionalidade, adotou-se uma metodologia para distribuição das coletas, que considerou além da área a ser dragada, o volume do material e sua localização.

Dividindo a ADA transversalmente, cerca de 150.000 m³ do material a ser removido está localizado na porção mais próxima à costa, e o restante, aproximadamente 40.000 m³, localizado mais para o interior da baía, convencionou-se a locação das coletas em número maior na área mais rasa. Na porção mais profunda, onde há menos material a ser retirado, o número de amostras foi menor.

Para tanto, apresenta-se a seguir a metodologia utilizada para as amostragens, e caracterização dos sedimentos, bem como os resultados e a discussão dos resultados obtidos para a caracterização granulométrica, química e uma abordagem sobre ecotoxicologia dos sedimentos das Áreas de Influência da atividade de dragagem de aprofundamento e descarte do material.

5.1.3.2 – Coleta das Amostras para Análises

As amostras de sedimento da área de dragagem foram coletadas por empresa subcontratada para a realização deste estudo, no período compreendido entre 26 de julho e 29 de julho de 2011. Para a caracterização química adotou-se 11 pontos, onde se coletou 25 amostras de sedimentos, sendo que estas amostras foram coletadas durante a sondagem geológica, realizada para a caracterização granulométrica e obtenção do perfil sedimentológico na ADA. O sistema de coleta foi semelhante ao procedimento do SPT

(Standard Penetration Test – Teste Padrão de Penetração), sendo que a amostra ficou totalmente preservada no interior do amostrador.

Há alternância de profundidade de penetração do amostrador em função da coluna d'água e resistência do material existente no local selecionado para cada perfuração.

As figuras 5.20 e 5.21 demonstram o método utilizado para as coletas na área de dragagem.



Figura 5.20 - Balsa flutuante utilizada (esquerda) provida de tripé metálico (direita)
(Fonte: SPECTRAH, 2011)



Figura 5.21 - Amostrador tubular de sedimentos de 2" de diâmetro e ao lado o peso utilizado para cravação do amostrador.
(Fonte: SPECTRAH, 2011)

5.1.3.2.1 – Caracterização Granulométrica

5.1.3.2.1.1 – Metodologia

As análises granulométricas foram realizadas como subsídio para o Plano de Dragagem, pelo Laboratório de Geologia e Sedimentologia do CTTMar/UNIVALI. O mapa com a locação dos pontos de coleta e os laudos com os resultados da caracterização granulométrica encontram-se anexo ao referido Plano.

As amostras de sedimento da área de dragagem foram coletadas por empresa subcontratada para a realização do Plano de Dragagem, no período compreendido entre 26 de julho e 29 de julho de 2011.

Para a caracterização granulométrica utilizou-se os resultados das análises realizadas com amostras retiradas dos pontos (01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 18, 19, 20) em diferentes perfis. A nomenclatura adotada para estas amostras utiliza um índice correspondente à faixa de profundidade (altura) de onde foi retirada a amostra, por exemplo: **02₄₋₆** (amostra retirada do ponto 02 em uma profundidade entre 4 a 6 metros).

Para melhor entendimento, elaborou-se um mapa contendo a localização dos pontos e os respectivos perfis. Os mesmos podem ser evidenciados na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Localização dos Pontos de Amostragens para Caracterização Granulométrica

Denominação utilizada para a Amostra	Localização da Amostra Ponto Perfil (m)	x (Latitude)	y (Longitude)	Z (Profundidade)
01	01 ₂₋₄	735898.0	7095759.6	-3
02	02 ₀₋₂	735867.8	7095733.3	-1
03	02 ₂₋₄	735867.8	7095733.3	-3
04	02 ₄₋₆	735867.8	7095733.3	-5
05	03 ₀₋₂	735837.6	7095707.1	-2
06	03 ₂₋₄	735837.6	7095707.1	-4
07	03 ₄₋₆	735837.6	7095707.1	-6
08	04 ₀₋₂	735869.8	7095761.5	-1
09	04 ₂₋₄	735869.8	7095761.5	-3.5
10	04 ₆₋₈	735869.8	7095761.5	-6.5
11	05 ₈₋₁₀	735871.8	7095789.7	-9
12	06 ₀₋₂	735841.6	7095763.5	-1
13	06 ₂₋₄	735841.6	7095763.5	-3
14	06 ₄₋₆	735841.6	7095763.5	-5
15	06 ₆₋₈	735841.6	7095763.5	-7
16	07 ₂₋₄	735811.4	7095737.3	-3
17	07 ₆₋₈	735811.4	7095737.3	-7
18	08 ₈₋₁₀	735845.5	7095819.9	-10
19	08 ₁₀₋₁₂	735845.5	7095819.9	-11
20	08 ₁₂₋₁₄	735845.5	7095819.9	-12
21	09 ₆₋₈	735815.3	7095793.7	-7
22	18 ₁₂₋₁₄	735736.6	7095884.2	-14
23	19 ₁₀₋₁₂	735740.6	7095940.7	-12
24	20 ₁₂₋₁₄	735710.4	7095914.4	-13

A seguir apresenta-se o **Mapa de Localização dos Pontos de Coleta para Análise Granulométrica da Qualidade do Sedimento**.

Mapa de Localização dos Pontos de Coleta para Análise Granulométrica da Qualidade do Sedimento

5.1.3.2.1.2 – Resultados e Discussão

O padrão do tamanho de grão dos sedimentos é uma resposta temporal do substrato aos processos de transporte de um período de ao menos duas estações. Uma associação de tamanhos diferentes de grão com várias feições topográficas pode sugerir relações morfo-texturais entre topografia e os padrões de distribuição textural (LUI & HOU, 1997). As correntes de maré são importantes na redistribuição dos sedimentos na zona próxima à costa.

Com base na distribuição do tamanho dos grãos, os sedimentos podem ser classificados entre argila, silte e areia (SOUSA, 2007). Em geral, os sedimentos de origem marinha (areia) são encontrados próximos à entrada do estuário e os de origem fluvial (silte e argila) estão próximos à Foz dos rios que contribuem para a Baía da Babitonga.

As amostras coletadas na confecção do plano de dragagem foram utilizadas para caracterizar os sedimentos da ADA.

Os sedimentos da ADA são constituídos predominantemente por areia, seguido de argila e silte (Figura 5.22). As quantidades médias de areia nos sedimentos a serem dragados correspondem a 52%, enquanto que a de argila corresponde a 25% e silte 23%.

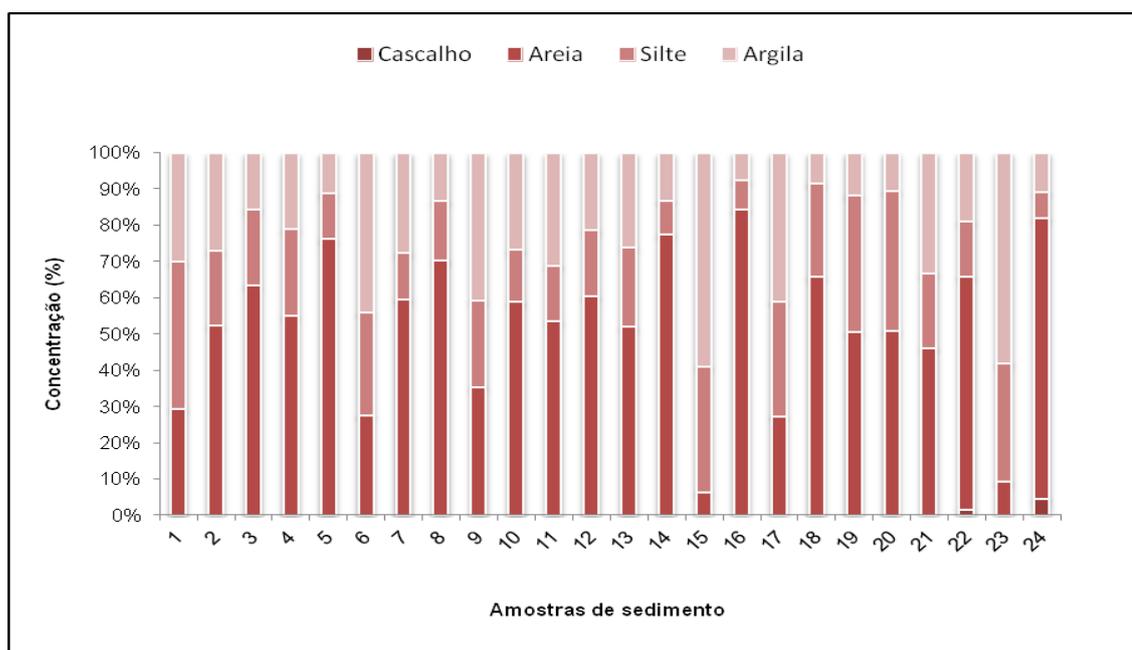


Figura 5.22 - Representação dos valores texturais dos sedimentos na área proposta para a dragagem de aprofundamento do lado externo do pier do TESC

Das amostras obtidas, 11 foram classificadas em areia argilosa, correspondendo à classe textural de maior porcentagem encontrada, 03 amostras foram classificadas em areia siltica, e as demais foram classificadas em argila siltica, argila siltica arenosa e areia ou arenito. Na tabela 5.3, apresentam-se os resultados das amostras obtidas para a caracterização granulométrica.

Verifica-se que nas amostras superficiais ($z = -1$), o componente areia, silte e argila variam relativamente pouco entre si, correspondendo na classificação de Shepard, à areia lamosa e lama arenosa (Tabela 5.3).

Segundo o estudo da hidrodinâmica e sedimentação costeira da ADA, verificou-se que a concentração de material sedimentar fino (argila+silte), ocorre preferencialmente na extremidade do píer do TESC.

Por outro lado, ocorre um sutil aumento de sedimentos mais grosseiros, inclusive da fração cascalhosa, no centro da ADA. Tal aumento pode ser associado à presença de taludes submersos, e provavelmente ao retrabalhamento do material de dragagens anteriores, além do balanço morfodinâmico do Rio da Pedreira.

Por fim, nas porções oeste e norte da ADA, ocorre o predomínio de sedimento areno lamoso em relevo submerso menos acidentado, com aumento do teor de finos em profundidades maiores que 10 metros, adjacentes à plataforma.

Tabela 5.3 - Propriedades e características das amostras sedimentares obtidas no Plano de Dragagem*

Parâmetros - Folk & Ward*							Teor em (%)			
Perfil	Amostra	z	DM	DP	As.	Curt	Casc.	Areia	Silte	Argila
1	01	-3	6.19	2.95	0.38	0.73	0.12	29.43	40.43	30.02
2	02	-1	5.44	3.01	0.71	0.70	0.00	52.53	20.63	26.84
2	03	-3	3.56	3.52	0.51	0.77	0.13	63.34	20.93	15.60
2	04	-5	4.21	3.76	0.41	0.1	0.18	54.99	23.85	20.98
3	05	-2	3.83	2.49	0.54	2.35	0.06	76.17	12.60	11.17
3	06	-4	6.97	3.41	-0.12	0.70	0.42	27.17	28.30	44.11
3	07	6	4.36	3.91	0.55	0.63	0.25	59.45	12.83	27.47
4	08	-1	3.85	3.06	0.38	1.67	0.25	70.12	16.39	13.24
4	09	-3.5	5.86	4.0	-0.03	0.61	0.08	35.46	23.84	40.63
4	10	-6.5	4.27	3.93	0.54	0.63	0.10	58.81	14.52	26.57
5	11	-9	4.60	4.0	0.44	0.60	0.12	53.48	15.36	31.04
6	12	-1	4.41	3.66	0.41	0.81	0.20	60.28	18.28	21.24
6	13	-3	5.19	3.38	0.49	0.76	0.10	51.90	21.95	26.05
6	14	-5	3.34	2.99	0.51	1.796	0.27	77.42	9.29	13.02
6	15	-7	8.31	2.59	-0.19	0.84	0.00	6.46	34.76	58.78
7	16	-3	3.21	1.46	0.44	3.81	0.00	84.41	7.98	7.62
7	17	-7	6.79	3.09	0.08	0.61	0.00	27.39	31.74	40.87
8	18	-10	3.29	3.04	0.47	0.83	0.04	65.73	25.98	8.25
8	19	-11	4.22	3.13	0.20	0.85	0.00	50.60	37.74	11.66
8	20	-12	4.06	3.18	0.16	0.79	0.03	50.99	38.58	10.39
9	21	-7	5.77	3.52	0.33	0.74	0.00	46.26	20.41	33.33
18	22	-14	4.73	3.17	0.57	1.34	1.46	64.49	15.15	18.90
19	23	-12	8.18	2.72	-0.22	0.82	0.00	9.23	32.66	58.11
20	24	-13	2.45	2.84	0.23	1.88	4.64	77.46	7.06	10.84

* **z**-profundidade em subsuperfície; **x** e **y**- coordenadas UTM (WGS84); **DM**-Diâmetro médio; **DP**-Desvio Padrão; **As.**-Assimetria; **Curt.**- Curtose.

A representação dos valores texturais dos sedimentos dos pontos Ponto 01 (PCBB), Ponto 09 (PCBF) e Ponto 10 (PBF) pode ser visualizada na figura 5.23.

Com relação ao Ponto 01 (PCBB), foi verificado que o sedimento superficial é constituído predominantemente por silte (54%), seguido de areia (37%) e argila (10%).

O ponto de coleta na área licenciada para descarte dos materiais das dragagens realizadas no Porto de São Francisco do Sul (Ponto 10) é constituído predominantemente por areia (73,7%), seguido de silte (20,69%) e argila (5,7%). Enquanto os sedimentos do ponto escolhido como controle para o Bota-Fora (Ponto 09) são constituídos predominantemente por areia (97,1%) seguido de silte e argila em menores proporções (1,6% e 1,3%, respectivamente).

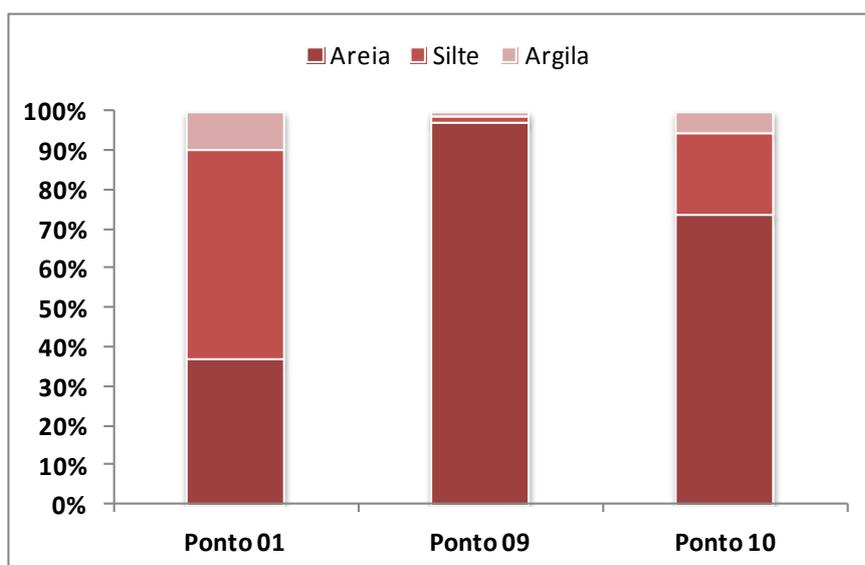


Figura 5.23 – Representação dos valores texturais dos sedimentos dos pontos Ponto 01 (PCBB), Ponto 09 (PCBF) e Ponto 10 (PBF).

5.1.3.2.2 – Caracterização Química

5.1.3.2.2.1 – Metodologia

As análises químicas dos sedimentos a serem dragados foram realizadas pela empresa BIOAGRI AMBIENTAL LTDA., tendo como responsável técnico das atividades da área química, o profissional José Carlos Moretti, registrado como bacharel em Química, CRQ sob o n°. 04107238, processo n°. 24672, com os laudos de qualidade de sedimento, assinados pela coordenadora de projeto Juliana Bombasaro (CRQ 04469985 – 4ª Região).

Os métodos utilizados para as análises químicas estão apresentados na tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Metodologia empregada para a caracterização química dos sedimentos

Parâmetros	Unidade	Técnica Analítica
Carbono Orgânico Total	% p/p	Método da Combustão em Forno. IAC - 1989.
Nitrogênio Total Kjeldhal	mg/kg	POP PA 113 / SMEWW 4500
Mercúrio	mg/kg	POP PA 037 / USEPA 1631, 245.7
Metais	mg/kg	(ICP-OES): POP PA 035 / SMWW 3120 B, USEPA 6010
SVOC	µg/kg	POP PA 076 / USEPA SW 846 - 8270D, 3550C

Para a caracterização química utilizou-se 25 amostras coletadas em 11 pontos durante a sondagem geológica realizada para a caracterização granulométrica e obtenção do perfil sedimentológico na ADA.

Adicionalmente, foram coletadas três amostras superficiais em três pontos distintos, a fim de se conhecer os padrões físicos, químicos e ecotoxicológicos. A seguir, apresenta-se a localização dos referidos pontos:

* Ponto 01 Superfície (PCBB) – Ponto de Controle na Baía da Babitonga: Escolhido como área controle, situado próximo a Ilha do Alvarenga, encontra-se distante da área de dragagem, porém situado na área de influência indireta (AII) do TESC. Este ponto está contemplado nos programas de monitoramento e foi aprovado como controle através da licença de instalação nº. 701/2010 emitido pelo IBAMA para **dragagens de aprofundamento da dársena, bacia de evolução e canal de navegação para a cota de – 14m do Porto de São Francisco do Sul;**

* Ponto 09 Superfície (PCBF) – Localizado distante da área de descarte do sedimento dragado, este ponto representa uma importante ferramenta de controle e diagnóstico da situação da área e também está licenciado junto ao IBAMA.

* Ponto 10 Superfície (PBF) – Situado no centro do raio de 0,7 milhas náuticas na plataforma continental. Este raio foi licenciado pelo IBAMA para o Porto de São Francisco do Sul, como área de descarte das dragagens. Esta área fica a 2,26 milhas náuticas (4,2 km) da Ilha dos Veados, a mais próxima dentre as ilhas do Arquipélago das Graças. Segundo a Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, a profundidade local é de aproximadamente 19 m;

A localização dos pontos de amostragens apresentada na caracterização química e ecotoxicológica pode ser visualizada na tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Localização dos Pontos de Amostragens para Caracterização Química.

Denominação utilizada para a Amostra	Localização da Amostra Perfil (m)	X (Latitude)	Y (Longitude)
01 _{Superfície}	01 _{Superfície}	735147.5	7098869.7
02 _{Superfície}	02 ₀₋₂	735867.8	7095733.3
02 _{Fundo}	02 ₄₋₆	735867.8	7095733.3
03 _{Superfície}	03 ₄₋₆	735871.8	7095789.7
03 _{Fundo}	03 ₈₋₁₀	735871.8	7095789.7
04 _{Superfície}	04 ₀₋₂	735811.4	7095737.3
04 _{Fundo}	04 ₆₋₈	735811.4	7095737.3
05 _{Superfície}	05 ₈₋₁₀	735845.5	7095819.9
05 _{Fundo}	05 ₁₀₋₁₂	735845.5	7095819.9
06 _{Superfície}	06 ₄₋₆	735785,2	7095767,4
06 _{Fundo}	06 ₆₋₈	735785,2	7095767,4
07 _{Superfície}	07 ₆₋₈	735762,9	7095854,1
07 _{Fundo}	07 ₁₀₋₁₂	735762,9	7095854,1
08 _{Superfície}	08 ₁₀₋₁₂	735710.4	7095914.4
08 _{Fundo}	08 ₁₂₋₁₄	735710.4	7095914.4
09 _{Superfície}	09 _{Superfície}	751719.7	7105101.7
10 _{Superfície}	10 _{Superfície}	753652.8	7107466.0
11 _{Superfície}	11 ₀₋₂	735837.6	7095707.1
11 _{Meio}	11 ₂₋₄	735837.6	7095707.1
11 _{Fundo}	11 ₆₋₈	735837.6	7095707.1
12 _{Superfície}	12 ₀₋₂	735841.6	7095763.5
12 _{Meio 1}	12 ₂₋₄	735841.6	7095763.5
12 _{Meio 2}	12 ₄₋₆	735841.6	7095763.5
12 _{Fundo}	12 ₆₋₈	735841.6	7095763.5
13 _{Superfície}	13 ₆₋₈	735732,7	7095827,8
13 _{Fundo}	13 ₁₂₋₁₄	735732,7	7095827,8
14 _{Superfície}	14 ₈₋₁₀	735766,8	7095910,5
14 _{Fundo}	14 ₁₂₋₁₄	735766,8	7095910,5

É importante ressaltar que a nomenclatura é discrepante da utilizada para a caracterização granulométrica, pois corresponde à adotada pelo laboratório.

Para uma melhor visualização destes pontos vide **Mapa de Localização dos Pontos de Coleta para Análise da Qualidade do Sedimento**.

Mapa de Localização dos Pontos de Coleta para Análise da Qualidade do Sedimento.

5.1.3.2.2.2 – Resultados e Discussão

De acordo com a Resolução CONAMA nº. 344/2004:

“Art. 3º Para efeito de classificação do material a ser dragado, são definidos critérios de qualidade, a partir de dois níveis, conforme procedimentos estabelecidos no anexo desta Resolução:

I - nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.

II - nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota...”

Os resultados de todas as análises realizadas encontram-se na tabela 5.5. Os dados foram comparados com a referida resolução para sedimentos de água salina-salobra.

A figura 5.24 apresenta a variação da concentração do parâmetro arsênio para os pontos coletados.

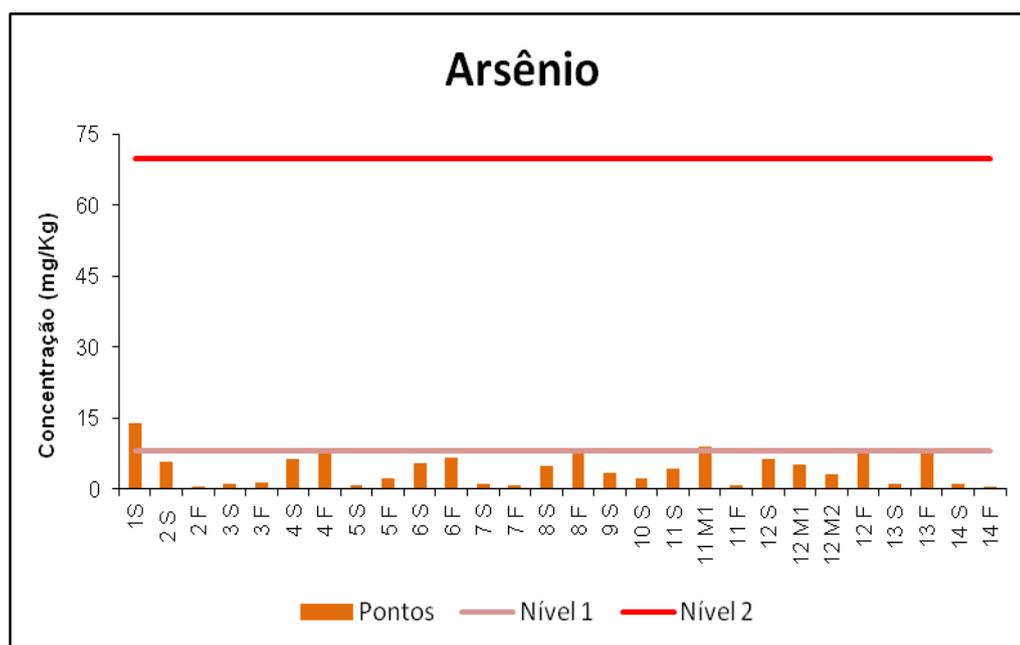


Figura 5.24 – Concentração de Arsênio nos pontos coletados, comparados com a Resolução CONAMA 344/04 (Nível 1 e Nível 2).

Os valores de arsênio superam minimamente os valores estabelecidos para o nível 1 da CONAMA para 04 das 28 amostras analisadas (amostras 01_{superfície}, 04₆₋₈, 08₁₀₋₁₄ e 11₂₋₄), conforme pode ser visualizado na figura 5.24. O arsênio é a causa mais comum de envenenamento em adultos e suas principais vias de entrada no ambiente são a fundição de cobre, zinco e chumbo e a manufatura de produtos químicos e de vidro. Outras fontes incluem tintas, raticidas, fungicidas empregados para proteção de madeira. Vale ressaltar que este elemento foi identificado tanto no Ponto 01 (PCBB) como em alguns pontos na ADA, citados

anteriormente, nesta última em concentrações pouco significativas em relação ao ponto de controle, o que corrobora com a hipótese de acumulação deste semi-metal no Complexo Estuarino da Baía da Babitonga.

Em 05 das 28 amostras analisadas (amostras 03₄₋₆, 04₀₋₂, 05₈₋₁₀, 07₆₋₈, 11₀₋₂), os níveis de zinco superam o valor de referência nível 1, já em 04 das 28 amostras ultrapassaram o nível 2 estipulado pela Resolução (amostras 02₀₋₂, 06₄₋₆, 12₀₋₂, 14₈₋₁₀) (Figura 5.25).

O zinco é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre, é amplamente utilizado na indústria, na fabricação de ligas metálicas (bronze, latão e metal branco), proteção contra ferrugem (zarcão, galvanização), pilhas, borrachas, corante e tintas, proteção de madeiras, colas, etc. Grande parte do zinco lançado no ambiente tem origem antropogênica, possivelmente ligadas às atividades industriais do pólo industrial norte de Santa Catarina, cujo principal ramo é o metal mecânico e despejos de efluentes sanitários.

Para o composto Zinco, alguns resultados ultrapassaram o nível 2, sabe-se que em estudos realizados pela FATMA em 1981, 1982 e 1985 na Baía da Babitonga foram obtidas concentrações elevadas para esse composto, quando se observou um indicativo de poluição por Zinco, além dos metais Cádmio, Chumbo e Mercúrio nos sedimentos analisados, conforme verificado em Delmori (2008).

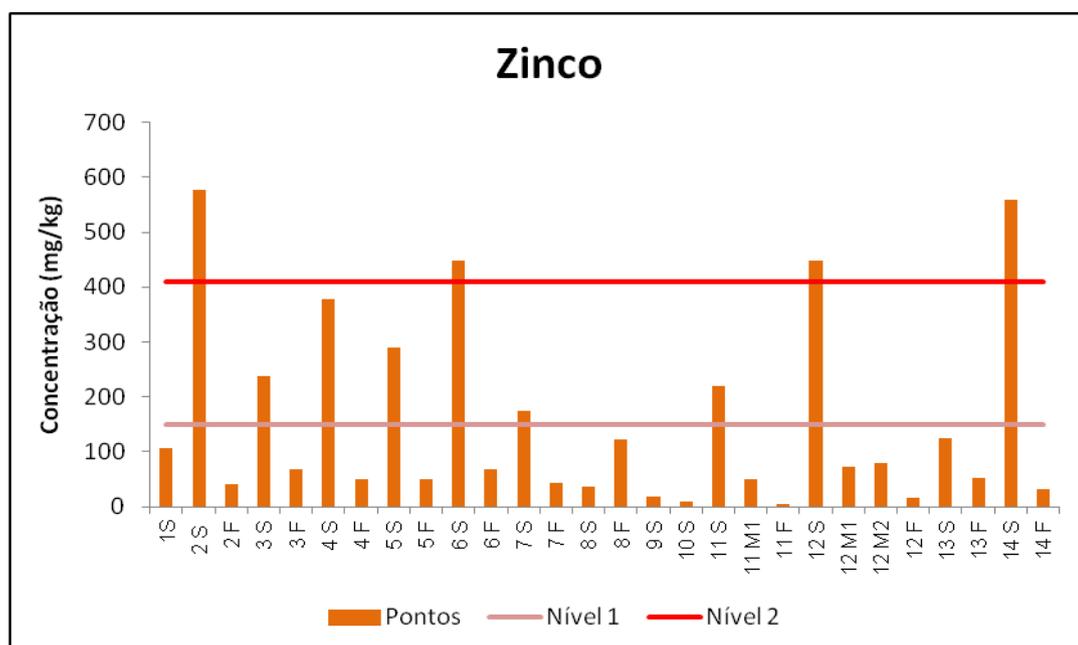


Figura 5.25 – Concentração de Zinco nos pontos coletados, comparados com a Resolução CONAMA 344/04 (Nível 1 e Nível 2).

Uma das amostras (Amostra 12₂₋₄) apresentou valores não esperados para HPA's (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) do Grupo A, mas que se encontram entre o nível 1 e 2. A maior parte dos HPA's puros não tem aplicações técnicas, salvo o naftaleno e o antraceno (CEPA, 1996). Não obstante, são muito utilizados indiretamente, uma vez que estão presentes nas substâncias asfálticas e betuminosas empregadas na impermeabilização

e proteção de superfícies de estruturas, na conservação da madeira, em produtos pecuários, entre outras. Poucos HPA's são produzidos para uso comercial; estes incluem naftaleno, fluoreno, antraceno, fenantreno, fluoranteno e pireno (FRANCK & STADELHOFER, 1987). Os HPA's são utilizados principalmente na fabricação de corantes, explosivos, nas sínteses químicas e na produção de fibras sintéticas e plásticos. O antraceno é empregado na produção de antraquinona, uma importante matéria prima para a fabricação de corantes rápidos.

Segundo Zanardi (1996), a granulometria dos sedimentos é um fator muito importante para a acumulação e persistência dos hidrocarbonetos, os sedimentos mais ricos em frações finas (silte+argila) são geralmente os mais ricos em HPA's. Segundo o autor quando a granulometria excede 80% de areia, não propicia ligações com hidrocarbonetos, mesmo em áreas de entrada contínua de contaminantes. Conforme a caracterização da granulometria para o sedimento coletado neste estudo, o ponto que apresentou valores de HPA's acima do nível 1 permitido pela Resolução CONAMA 344/04 foi classificado como argila siltica arenosa, e apresenta concentração média de areia $\approx 52\%$, quando comparado com as concentrações das demais amostras.

Todos os outros parâmetros analisados permaneceram abaixo do nível 1, da CONAMA nº. 344/04 para todos os pontos analisados, conforme pode ser visualizado na tabela 5.6.

Com relação aos pontos de coletas de sedimento escolhidos para caracterização do Bota-Fora, pode-se verificar que tanto as amostras obtidas no ponto de descarte quanto no ponto de controle apresentaram características semelhantes. Os resultados das análises de ambos os pontos não atingiram valores acima daqueles estabelecidos pela Resolução nº. 344/04 do CONAMA para o nível 1.

Tabela 5.6 – Características químicas das amostras sedimentares obtidas na ADA e AII

5.1.3.2.3 – Caracterização Ecotoxicológica

O objetivo dos testes ecotoxicológicos com sedimento é determinar se esse material é prejudicial aos organismos bênticos e para os da coluna d'água.

Conforme Abessa *et al* (2006) tais testes são úteis na avaliação dos efeitos e riscos causados pela presença de poluentes sobre um ecossistema. Ainda segundo os autores, os testes com sedimento têm sido usualmente empregados, pois produzem uma medida integrada resultante da mistura dos contaminantes existentes no sedimento.

No entanto, para resultar em toxicidade o contaminante deve estar biodisponível e isso significa que a presença de altas concentrações de poluentes nos sedimentos não necessariamente resulta em toxicidade aos organismos bentônicos ou a coluna d'água (JARDIM, 2004).

De acordo com o inciso II do art. 7º da Resolução nº 344/04 do CONAMA: “O material cuja concentração de qualquer dos poluentes exceda o nível 2 somente poderá ser disposto mediante prévia comprovação técnico-científica e monitoramento do processo e da área de disposição, de modo que a biota desta área não sofra efeitos adversos superiores àqueles esperados para o nível 1...”

Ainda segundo o CONAMA, Resolução nº. 344/04, artigo 7º, inciso III): “O material cuja concentração de mercúrio, cádmio, chumbo ou arsênio, ou de HPA's do Grupo A estiver entre os níveis 1 e 2, ou se a somatória das concentrações de todos os HPA's, estiver acima do valor correspondente a soma de HPA's, deverá ser submetido a ensaios ecotoxicológicos...”

Em estudos realizados por corpo técnico da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE e publicado em 2006, intitulado como Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga observa-se comportamento semelhante para os parâmetros físico-químicos analisados neste estudo. Ao efetuar ensaios ecotoxicológicos com organismo-teste *Mysidopsis juniae* (SILVA, 1979 – CRUSTACEA: MYSIDACEA), um pequeno crustáceo marinho encontrado em regiões costeiras, em pontos da Baía da Babitonga situados próximos a zona portuária constatou-se que: “... no que tange a toxicidade do sedimento, este não apresentou níveis letais nos bioensaios realizados com *Mysidopsis juniae*”.

Conforme caracterização química dos sedimentos realizados para elaboração do Plano de Dragagem, parte integrante deste Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto ao Meio Ambiente - RIMA, identificou-se nos pontos 11 (Amostra 11₂₋₄), 04 (Amostra 04₆₋₈), 08 (Amostra 08₁₂₋₁₄) e 01 (superfície), o parâmetro Arsênio minimamente acima do nível 1, conforme CONAMA nº. 344/04. Para Zinco, valores acima do nível 2 foram registrados nos pontos 02 (Amostra 02₀₋₂), 12 (Amostra 12₀₋₂), 14 (Amostra 14₈₋₁₀) e 06 (Amostra 06₄₋₆). HPA's do grupo A, apresentaram valores entre os níveis 1 e 2 da CONAMA nº. 344/04, para o ponto 12 (Amostra 12₂₋₄), ou seja, de modo geral constatou-se que em

apenas **09 (nove)** das **25 (vinte e cinco)** amostras, devido a esses resultados e de forma a atender a referida resolução, realizou-se as análises ecotoxicológicas.

As referidas análises foram realizadas pelo laboratório ECOTEC – Bioanálises e Ecotecnologia Ltda., localizado em Balneário Camboriú/SC, com os laudos assinados por Pricila Lima de Sousa (Bióloga - CRBio 63711-03D) e Rodrigo Soares Macedo (Oceanógrafo).

Os testes ecotoxicológicos foram conduzidos com o crustáceo *Mysidopsis juniae* – (Mortalidade) e a bactéria marinha *Vibrio fischeri* (Agudo – Efeito na luminescência), permitindo uma caracterização ecotoxicológica completa das amostras. Os resultados podem ser visualizados de modo resumido na Tabela 01, e cujos laudos originais encontram-se anexos.

Os ensaios com *M. juniae* foram realizados de acordo com a metodologia descrita para ensaios agudos com misidáceos (ABNT, 2005). O ensaio foi realizado expondo os organismos a diferentes concentrações da substância-teste e o efeito tóxico determinado de acordo com a mortalidade dos organismos ao final de 96 horas de exposição.

De acordo com o laudo apresentado pela ECOTEC, das 09 (nove) amostras de sedimento, somente 02 (duas), sendo as amostras dos pontos P14S e P08F foram consideradas **tóxicas**, pois apresentaram após 96h de monitoramento 30% e 16,7% de mortalidade, respectivamente.

Estudos na Baía da Babitonga já foram realizados usando esse crustáceo. Estes foram realizados pelo corpo técnico da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE e publicado em 2006, intitulado como Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga, que conclui: Nos pontos situados próximos a zona portuária constatou-se que:

“... no que tange a toxicidade do sedimento, este não apresentou níveis letais nos bioensaios realizados com Mysidopsis juniae”.

Já para os ensaios realizados com *Vibrio fischeri* (NBR 15411-3/2006), estes apresentaram para todas as 09 (nove) amostras um percentual de inibição na luminescência inferior a 20%, ou seja, **não tóxico**. Segundo Knie e Lopes (2004), os ensaios com essa bactéria foram utilizados desde os anos 70 para determinar a toxicidade de solos e sedimentos, além de meios aquáticos. De acordo com os autores, quando estas bactérias se encontram em condições ambientais favoráveis elas emitem luz naturalmente, desde que a concentração de oxigênio do meio esteja acima de 0,5 mg/L. A determinação de toxicidade ocorre quando amostras tóxicas inibem a emissão da luz: quanto maior a inibição, maior a toxicidade da amostra (Link, 2012).

Padronizado pela CETESB - L5.227, o teste que utiliza a bactéria marinha bioluminescente *Vibrio fischeri* e que recebe o nome de Microtox é um teste de toxicidade rápido. Conforme CETESB - L5.227, nesse ensaio a emissão de luz é medida, em condições padronizadas, antes e depois da exposição da bactéria luminescente *Vibrio fischeri* a várias concentrações da amostra, por um período de 15 a 30 minutos

A tabela 5.7 evidencia os pontos amostrados, os organismos utilizados e os valores dos testes de toxicidade.

Tabela 5.7 - Resumo dos resultados ecotoxicológicos realizados em 09 (nove) amostras de sedimento utilizando os organismos *Mysidopsis juniae* e *Vibrio fischeri*.

PONTOS	CONAMA 344/04		TESTE DE TOXICIDADE	PARECER LAUDO	TESTE DE TOXICIDADE	PARECER LAUDO
	Parâmetro	Nível	<i>M. juniae</i> - Mortalidade após 96h (%) [*]		<i>V. fischeri</i> - Inibição Média Luminescência (%) ^{**}	
Ponto 11 Meio (Amostra 11 ₂₋₄)	ARSÊNIO	> 1	0	Não tóxico	-2,41	Não tóxico
Ponto 04 Fundo (Amostra 04 ₆₋₈)		> 1	0	Não tóxico	10,55	Não tóxico
Ponto 08 Fundo (Amostra 12-14)		> 1	16,7	Tóxico	13,98	Não tóxico
Ponto 01 Superfície (Superfície)		> 1	0	Não tóxico	14,89	Não tóxico
Ponto 02 Superfície (Amostra 02 ₀₋₂)	ZINCO	> 2	0	Não tóxico	0,92	Não tóxico
Ponto 12 Superfície (Amostra 12 ₀₋₂)		> 2	0	Não tóxico	10,19	Não tóxico
Ponto 14 Superfície (Amostra 14 ₈₋₁₀)		> 2	30	Tóxico	1,18	Não tóxico
Ponto 06 Superfície (Amostra 06 ₄₋₆)		> 2	0	Não tóxico	7,35	Não tóxico
Ponto 12 Meio (Amostra 12 ₂₋₄)	HPA's Grupo A	1 < n < 2	0	Não tóxico	7,62	Não tóxico

* *M. juniae*: A amostra é considerada tóxica quando o percentual de mortalidade é superior a 10% (percentual máximo permissível de organismos mortos no controle para que o teste seja considerado válido).

** *V. fischeri*: A amostra é considerada tóxica quando o percentual de inibição na luminescência é superior a 20%.

5.1.3.3 – Plano de Dragagem

As informações relacionadas à localização da área a ser dragada, como também ao volume estimado, memorial de cálculo e aos dados batimétricos do processo de dragagem foram apresentados no capítulo 3.

No decorrer do diagnóstico ambiental, ou seja, no meio físico, biótico e socioeconômico, foi discriminado conteúdos presentes no Plano de Dragagem, como por exemplo, dados referentes à análise dos sedimentos, contemplando a caracterização do material dragado, a representatividade da malha amostral, a caracterização do sedimento quanto a sua contaminação ou não. Também foi destacada a questão relacionada à caracterização do sedimento da área de descarte, bem como comunidade bentônica, planctônica e ictiofauna, além das atividades pesqueiras desenvolvidas na área de influência direta.

A modelagem da dispersão da pluma de sedimentos nas áreas de dragagem e de descarte está apresentada no item 5.1.7, referente à hidrodinâmica e sedimentação costeira, assim como outras informações pertinentes ao plano de dragagem.

No item 7.3 constam descritos os programas ambientais de monitoramento para a área de influência direta, que visam acompanhar a evolução da qualidade ambiental e permitir medidas de controle durante as atividades de dragagem de aprofundamento do lado externo do píer do TESC.

Ressalta-se que maiores informações e complementações referentes à atividade de dragagem podem ser obtidas no Plano de Dragagem anexo.

5.1.4 – Recursos Atmosféricos

A atmosfera constitui o principal meio de transporte e depósito para os compostos orgânicos e inorgânicos emitidos por fontes naturais ou antrópicas (LOPES & DE ANDRADE, 1996). Deste modo, é importante que se faça a avaliação da qualidade do ar em ambientes abertos e fechados, para identificar e classificar esses compostos e para que medidas de controle de emissões sejam estabelecidas para o bem estar e equilíbrio do meio ambiente.

A poluição atmosférica inclui todo o tipo de atividade, fenômeno e substância que contribua para a deterioração da qualidade natural da atmosfera, causando males aos seres humanos e ao meio ambiente (ALMEIDA, 1999; EPA 2011).

Segundo a Resolução n°. 003/1990 do CONAMA, entende-se por poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou característica em desacordo com os níveis estabelecidos, que tornem ou possam tornar o ar nocivo, impróprio ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-

estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora e prejudicial à segurança, ao uso e ao gozo das propriedades e às atividades normais da comunidade.

As atividades desenvolvidas nos portos podem resultar em diferentes tipos de emissões para a atmosfera, na forma *particulada*, *gasosa* e de *vapor*, especificamente no terminal do TESC essas emissões ocorrem com maior intensidade na forma particulada e devem-se principalmente, à movimentação das mercadorias a granel e de equipamentos a diesel e caminhões no pátio do terminal, sendo no setor operacional, onde há maior contribuição de emissões atmosféricas. Essas características das emissões atmosféricas foram estudadas no Relatório de Controle Ambiental e Plano de Controle Ambiental – RCA/PCA desenvolvido para o TESC – Terminal Santa Catarina que está relacionado ao processo de licenciamento ambiental de operação n.º. 02001.003264/2011-00.

Com relação à atividade de dragagem de aprofundamento, foco desse estudo de impacto ambiental, as emissões atmosféricas associadas este processo estão ligadas diretamente a operação da draga.

A draga é um tipo de embarcação especial projetado para executar a escavação e remoção de solo e rochas decompostas submersos em qualquer profundidade, a qual por ser uma máquina movida a óleo diesel (combustível derivado do petróleo) emite fumaça preta.

5.1.4.1 – Fumaça Preta

A fumaça preta é considerada material particulado devido às suas dimensões reduzidas. Esta se mantém suspensa na atmosfera e pode causar danos à saúde dos seres vivos que estão sujeitos a esta exposição.

Está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera.

Sendo assim, ao iniciar as atividades de dragagem de aprofundamento do lado externo do píer do TESC dar-se-á o início das medições de fumaça preta com auxílio da Escala Ringelmann. O monitoramento deverá levar em consideração o Programa de Gerenciamento de Emissões de Fumaça Preta que se encontra no Capítulo 7, item 7.3.5. Tal parâmetro monitorado não deverá exceder uma densidade colorimétrica de 40% (n.º 2) da Escala Ringelmann.

Caso evidenciado durante o monitoramento de fumaça preta o desvio da conformidade conforme preconiza a legislação vigente, deve-se informar a empresa terceirizada responsável por desenvolver a atividade de dragagem para que sejam tomadas providências de adequações do equipamento, conforme requer o Programa de Gerenciamento de Emissões de Fumaça Preta - Capítulo 7, item 7.3.5.

5.1.5 – Ruídos e Vibrações

Este item trata dos níveis de pressão sonora gerados por atividade portuária, no TESC - Terminal Santa Catarina S/A, conforme critérios das normas técnicas e Resoluções CONAMA, citadas a seguir:

- * NBR 10.151:2000 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento;
- * ISO 8.297:1994 – Determinação de Nível de Potência Sonora de multifontes de ruído de plantas industriais para avaliação de níveis de pressão sonora no ambiente – Método de engenharia;
- * ISO 3.746:2010 – Determinação de Nível de Potência Sonora de fontes de ruído usando pressão sonora – Método de estimativa usando uma superfície de envelope sobre um plano refletor;
- * NBR 8.433:1995 – Ruído Emitido de Veículos Automotores em Aceleração – Método de Ensaio;
- * NBR 9.714:2000 – Veículo rodoviário automotor – Ruído emitido na condição parado;
- * NBR 15.145:2004 – Acústica – Medição do ruído emitido por veículos rodoviários em aceleração – Método de Engenharia;
- * RESOLUÇÃO CONAMA nº. 001, de 08 de março de 1990, dispõe sobre emissão de ruídos em quaisquer atividades industrial, comercial, sociais ou recreativas;
- * RESOLUÇÃO CONAMA nº.s 008/93, 252/99 e 272/00 que dispõem sobre limites máximos de ruído para os veículos rodoviários automotores em aceleração.

5.1.5.1 – Dados das Medições

Durante os monitoramentos mensais realizados pela empresa de janeiro de 2008 a julho de 2010, verificou-se uma grande variabilidade dos níveis medidos em todos os pontos sugeridos. Estes pontos estão espalhados pela área do terminal e locados conforme a tabela 5.8 e figura 5.26, sendo 4 (quatro) deles na área interna da empresa e 2 (dois) na área externa.

Tabela 5.8 – Coordenadas geográficas dos pontos de medição do nível de pressão sonora

Ponto	Local	Latitude	Longitude
Ponto 1	Ao final do píer	26°14'12.0"S	48°38'20.4"W
Ponto 2	No meio do píer	26°14'14.3"S	48°38'18.7"W
Ponto 3	No início do píer	26°14'17.3"S	48°38'16.2"W
Ponto 4	Próximo a passarela às margens do rio Pedreira	27°29'29.0"S	48°31'48.0"W
Ponto 5	Próximo a Colônia de Pesca Z2	26°14'24.6"S	48°38'13.3"W
Ponto 6	Rua Quintino Bocaiúva, Centro, ao lado do n. 67	26°14'28.1"S	48°38'25.5"W



Figura 5.26- Localização dos pontos de monitoramento dos níveis de ruído do TESC.

As figuras 5.27 e 5.28 apresentam os resultados obtidos durante os monitoramentos dividindo os mesmos em área interna e externa. Como é possível verificar, as medições pontuais, mesmo que realizadas mensalmente, apresentam grande variabilidade, provavelmente causadas pelas variações das fontes e suas localizações durante as operações sobre o pátio do terminal.

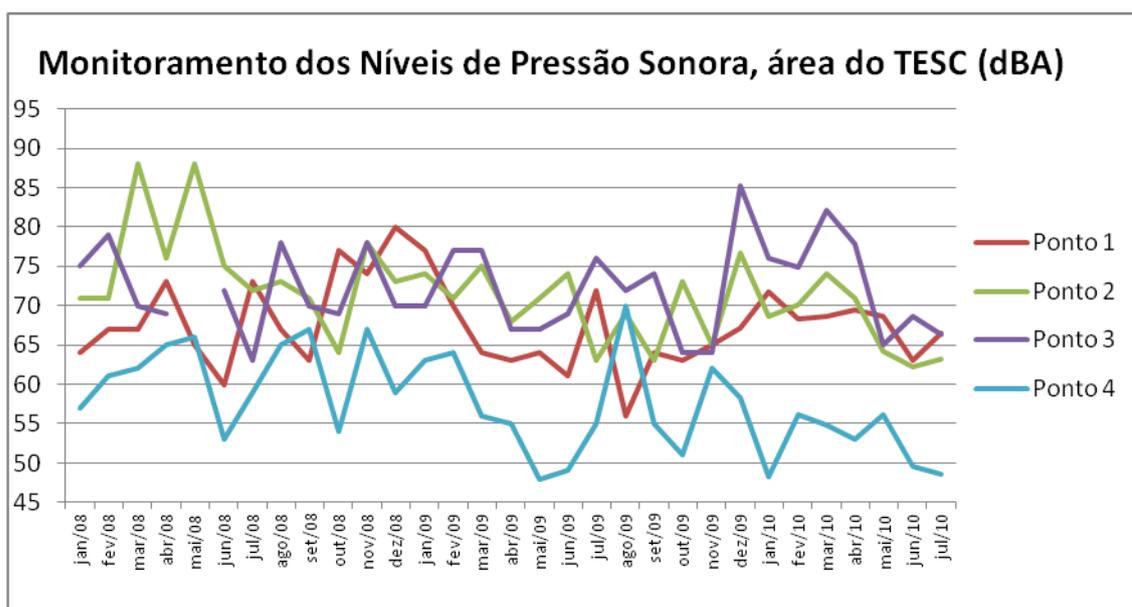


Figura 5.27 – Resultados do monitoramento dos níveis de pressão sonora realizados na área do TESC

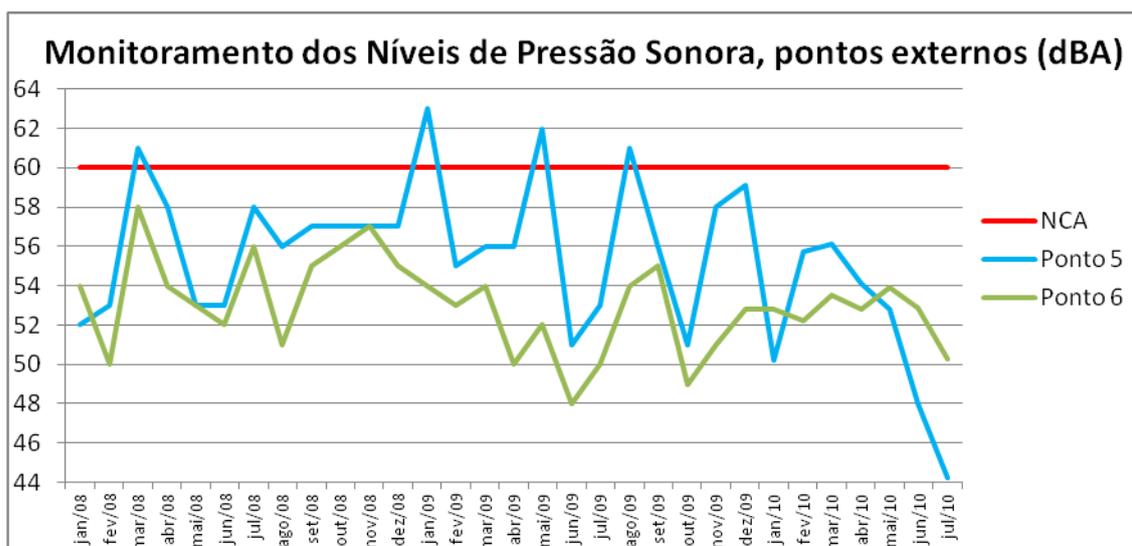


Figura 5.28 – Resultados do monitoramento dos níveis de pressão sonora realizados na área externa ao TESC

No método adotado, mesmo quando comparados os pontos mais próximos entre si, 4 e 5, os resultados não garantem correlação entre o ponto (4) próximo à fonte e o ponto (5) próximo ao receptor. Isto gerou a necessidade da realização de uma avaliação mais profunda para averiguar as possibilidades de resolver o problema e garantir definitivamente o atendimento aos limites legais de emissão de ruído, conforme determina a NBR 10.151/2000.

Conforme descrito no Relatório de Controle Ambiental e Plano de Controle Ambiental – RCA/ PCA desenvolvido para o TESC – Terminal Santa Catarina, relacionado ao processo de licenciamento ambiental de operação nº. 02001.003264/2011-00, o novo trabalho iniciou pela identificação e mapeamento das principais fontes sonoras existentes na empresa, e

apresenta de forma resumida as fontes observadas nas atividades operacionais, administrativas, de apoio e de manutenção.

Dentro destas atividades, diversas operações desenvolvidas no terminal portuário foram verificadas e quantificadas como geradoras de ruído. As principais estão listadas abaixo, algumas delas ilustradas por meio de fotos.

- 1) Atividades de lavagem e manutenção de máquinas na oficina;
- 2) Movimentação de contêineres de cargas no píer por empilhadeiras grandes;
- 3) Movimentação de contêineres de cargas para inspeção nos armazéns por empilhadeiras grandes (Figura 5.29);



Figura 5.29 – Ilustração de movimentação de contêineres com empilhadeiras grandes no píer

- 4) Operação com navios de carga à granel;
- 5) Operação com navios de contêineres;
- 6) Operação com navios de bobinas de aço;
- 7) Armazenamento de contêineres refrigerados no terminal (Figura 5.30);



Figura 5.30 – Ilustração de contêineres refrigerados armazenados no píer

- 8) Trânsito de caminhões de carga no pátio do TESC;
- 9) Operações com guindastes MHC no píer para carregamento de cargas diversas (Figura 5.31).



Figura 5.31 – Operação com guindastes MHC

Nos itens a seguir estão descritos os equipamentos (Tabela 5.9) e procedimentos seguidos em todas as medições realizadas para determinação dos níveis sonoros gerados pela operação do TESC, bem como os enquadramentos legais adotados.

5.1.5.1.1 – Equipamentos Utilizados

Para efetuar as medições de campo visando avaliar os níveis de ruído atuais gerados pelo TESC foram utilizados equipamentos seguindo as recomendações do item 4 da norma técnica NBR 10.151/2000. A tabela 5.9 apresenta os detalhes destes equipamentos, sendo todos classe 1, com certificados de calibração válidos na época das medições, emitidos por laboratórios acreditados pela Rede Brasileira de Calibração – RBC.

Tabela 5.9 – Detalhamento de informações dos equipamentos utilizados

Equipamento	MARCA	TIPO*	MODELO	Nº DE SÉRIE	Certificado RBC
Medidor	01 dB	1	SOLO	30401	AO228a/2010*
Microfone	BSWA	1	201	4500394	AO220a/2010*
Calibrador	Bruel & Kjaer	1	BK 4231	2343015	AO124/2010*

* Cópia do certificado de calibração segue anexa.

5.1.5.1.2 – Enquadramentos Legais Adotados

Na figura 5.32 é possível identificar os zoneamentos escolhidos para os enquadramentos legais adotados. No interior da área hachurada em cinza, os limites de ruído devem ser regidos pelas normas de segurança do trabalho, em especial a NR 15. Na zona portuária **ZP-1** e fora dela, na zona do **Centro**, normatização ambiental passam a valer, neste caso em especial a Resolução CONAMA nº. 001/90 e as recomendações da NBR 10.151/2000.



Figura 5.32 – Mapa de localização do TESC (hachurada em cinza) e seu entorno, com limites e referências

Neste caso considerou-se a NBR 10.151/2000 combinada com a lei de uso do solo do município e adotou-se para a Zona Portuária – ZP1 os limites de área predominantemente industrial, 70dBA e 60dBA para o período diurno e noturno respectivamente. Para a área do Centro os limites adotados foram de área mista com vocação comercial e administrativa, 60dBA e 55dBA. A tabela 5.10 apresenta um resumo do enquadramento do entorno aqui descrito.

Tabela 5.10 – Enquadramento do entorno (conforme NBR 10.151/2000 e zoneamento – Lei nº. 763/81)

	Zoneamento	Diurno	Noturno
Mista, com vocação comercial e administrativa	Centro	60 dBA	55 dBA
Predominantemente industrial	ZP	70 dBA	60 dBA

5.1.5.1.3 – Condições Climáticas e Níveis de Ruído de Fundo

Para efetuar as medições, as visitas eram realizadas preferencialmente à noite, período no qual existe menos ruído intrusivo na região do pátio e do píer. Durante a noite não há muito movimento de caminhões e carros nas vias internas e externas. O número de funcionários conversando próximo aos pontos de medição é menor, o setor administrativo está fechado, ar condicionado e outros equipamentos com menor significância desligados. Além disso, o ruído de fundo é mais baixo.

Para avaliar todas as atividades desenvolvidas no TESC, inclusive as máquinas móveis e fixas, realizaram-se diversas medições ao longo do ano de 2010 conforme descrito no Relatório de Controle Ambiental e Plano de Controle Ambiental – RCA/ PCA desenvolvido para o TESC – Terminal Santa Catarina, relacionado ao processo de licenciamento ambiental de operação nº. 02001.003264/2011-00. As avaliações ocorreram nos períodos diurno e/ou noturno, dependendo do horário no qual havia a atividade específica. Todas elas foram realizadas em período sem chuva e sem vento que pudessem comprometer os resultados. **Durante todas as medições foi utilizado protetor de vento.**

Os níveis de ruído de fundo foram medidos conforme recomenda a NBR 10.151/2000, na ausência de qualquer atividade audível gerada pela empresa, nos pontos de medição escolhidos, e sem ruídos intrusivos como, por exemplo, batidas e tráfego nas vias internas e vias públicas vizinhas (Rua Eng. Leite Ribeiro e outras). Os valores obtidos variaram de 34 a 48 dBA dependendo do ponto avaliado e do dia de medição.

5.1.5.2 – Procedimentos Adotados

A NBR 10.151/2000 recomenda que as avaliações de ruído de uma fonte sonora, para fins de avaliação do incômodo à vizinhança deve ser realizada conforme transcrito abaixo:

“No exterior das edificações que contêm a fonte, as medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso e pelo menos 2 m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes etc. Na impossibilidade de atender alguma destas recomendações, a descrição da situação medida deve constar no relatório.”

Porém, a simples medição de ruído gerado pela atividade de movimentação portuária, conforme a recomendação da norma é de difícil consecução, pois a variação entre as atividades é tamanha que seria necessária um monitoramento permanente para avaliar corretamente o impacto do ruído gerado. Na impossibilidade de se distribuírem microfones no entorno da empresa, coletando dados de ruído continuamente, por conta de dificuldades

como alimentação elétrica, ruídos intrusivos, segurança, chuvas, e outras, foram propostos dois métodos alternativos de predição do ruído irradiado no entorno da empresa.

5.1.5.2.1 – Método de Predição do Ruído Irradiado Através da Medição do Ruído na Área Interna

As medições para avaliação do ruído gerado pela empresa foram realizadas nos 83 pontos escolhidos e distribuídos dentro dos limites do terminal portuário conforme mostra a figura 5.33. Em cada um dos pontos ao menos três medições consecutivas de nível de pressão sonora equivalente (LAeq) foram realizadas em cada uma das avaliações. As medições somente eram realizadas quando não havia nenhuma fonte externa perceptível e quando era possível caracterizar perfeitamente o ruído gerado pela atividade específica que estava sendo monitorada.



Figura 5.33 – Imagem do empreendimento com localização do grid de pontos criado para avaliação dos níveis de ruído dentro dos limites do TESC

5.1.5.2.1.1 – Dados das medições

De todas as avaliações realizadas durante o ano de 2010, foram retirados os níveis máximos obtidos. Em especial foram utilizadas as medições efetuadas nos dias 15 de maio, 20 de julho e 03 de dezembro, nas quais foi possível mapear um maior número de pontos com a mesma operação sendo realizada – movimentação de contêineres no pátio, descarregamento de navio com bobinas e cargas a granel – por conta da duração das atividades, constância do ruído e condições climáticas. A figura 5.34 representa os níveis máximos de pressão sonora em dBA verificados em todas as visitas realizadas no TESC em 2010 para avaliação acústica.



Figura 5.34 – Níveis máximos de ruído medidos na área do TESC

Estes valores foram utilizados como dados de entrada em uma rotina computacional criada para cálculo dos valores de nível de pressão sonora para uma área de 1000m x 1000m centrada no meio do pátio do terminal, numa malha com espaçamento constante de 50m.

A figura 5.35 representa os resultados da rotina computacional onde são visíveis as linhas isoacústicas. Esta figura foi sobreposta a uma imagem de satélite retirada do GoogleEarth® para facilitar a visualização do campo sonoro.

Cabe lembrar que as obras de construção e/ou movimentação de máquinas para este fim não foram contempladas neste mapeamento. Também as operações na oficina/lavação não puderam ser quantificadas em nenhuma das oportunidades devido às atividades principais não coincidirem com as visitas realizadas com aparelho de medição, impossibilitando registros precisos. Porém elas foram consideradas qualitativamente como fontes sonoras relevantes, principalmente quando as empilhadeiras têm os motores ligados para manutenção e/ou levantamento de cargas e as bombas de alta pressão de água são utilizadas para lavagem.

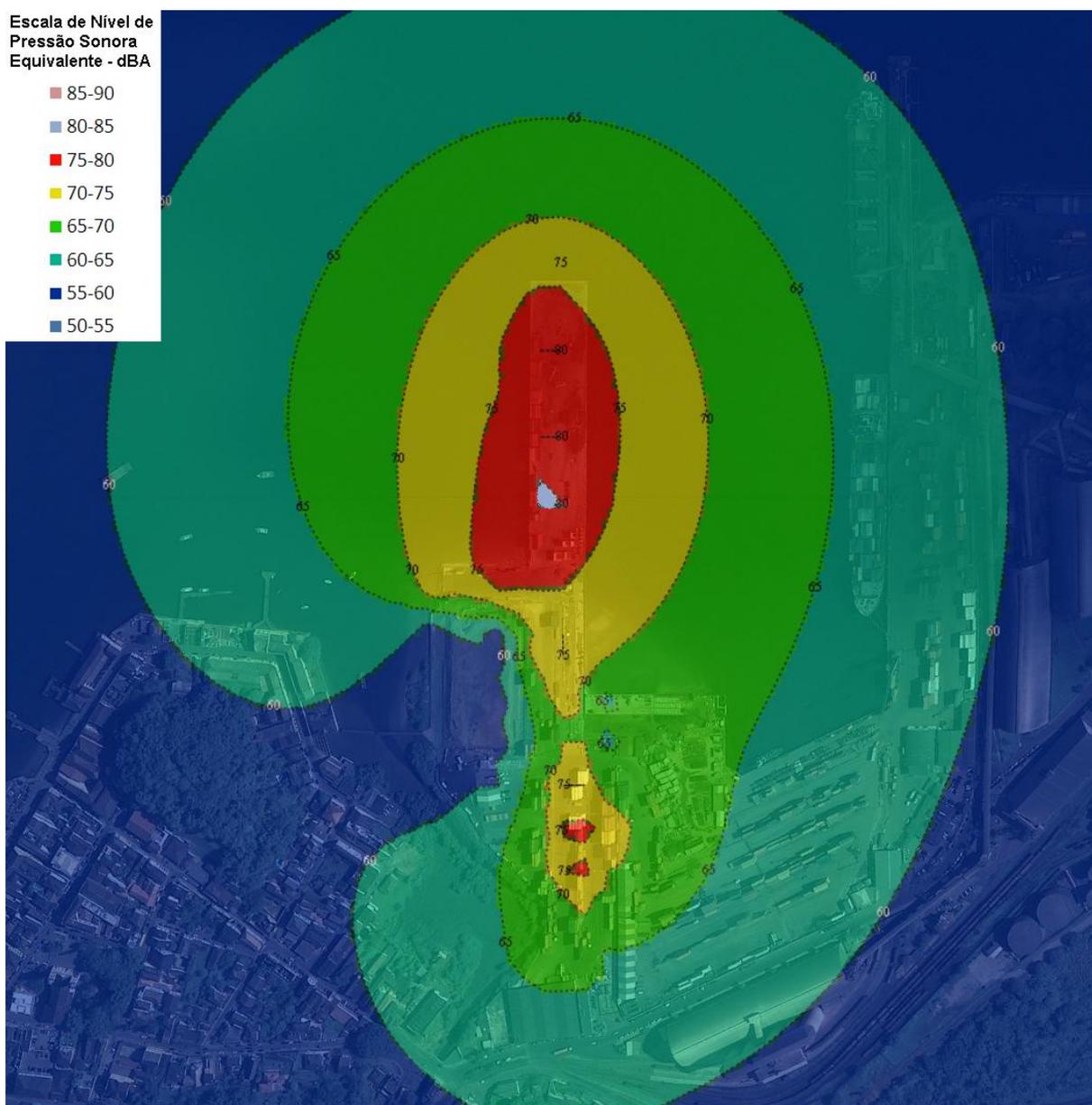


Figura 5.35 – Mapa com o resultado das medições dos níveis de pressão sonora medidos e interpolados a partir dos valores de medição dos pontos internos.

5.1.5.2.2 – Método de Predição do Ruído Irradiado Através da Determinação de Potência Sonora das Principais Fontes

Este método consistiu na determinação da potência sonora das fontes principais em operação no terminal e no cálculo de sua irradiação para a área de influência. Este procedimento se baseou na norma ISO 8497/1994 – Determinação de Nível de Potência Sonora de multifontes de ruído de plantas industriais para avaliação de níveis de pressão

sonora no ambiente – Método de engenharia – foi proposto a fim de avaliar o impacto das principais fontes sonoras sobre a área de influência do TESC.

5.1.5.2.2.1 – Avaliação das Fontes que Operam Principalmente no Pátio do TESC

As principais fontes foram mapeadas e suas potências sonoras determinadas através do método recomendado pela norma ISO 3746/2010 – Determinação de Nível de Potência Sonora de fontes de ruído usando pressão sonora – Método de estimativa usando uma superfície de envelope sobre um plano refletor.

As figuras 5.36 e 5.37 ilustram as grades utilizadas para avaliação das máquinas móveis e guindastes respectivamente. Uma vez determinadas as potências sonoras das fontes e sua posição relativa na área do TESC, um modelo computacional de irradiação sonora foi utilizado para calcular os níveis de pressão sonora em qualquer ponto na área de influência.

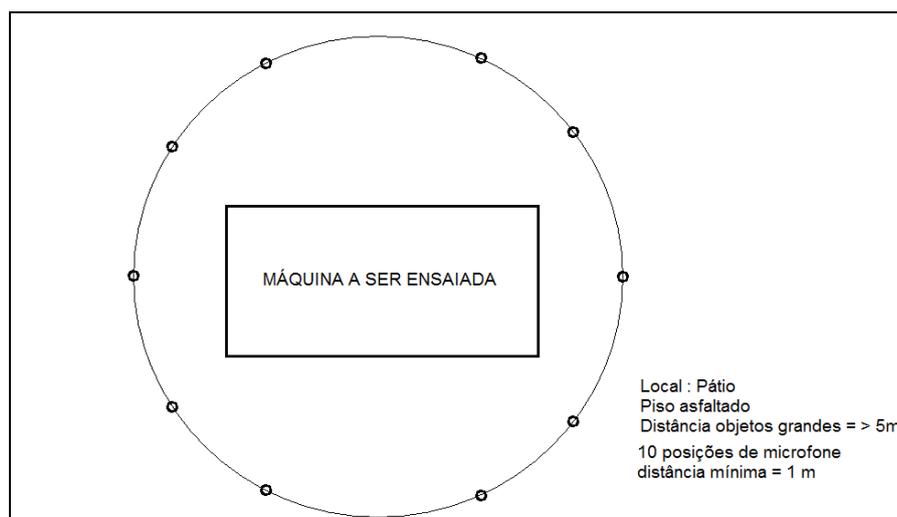


Figura 5.36 – Croqui do ensaio para determinação da potência sonora de máquinas móveis e outras fontes

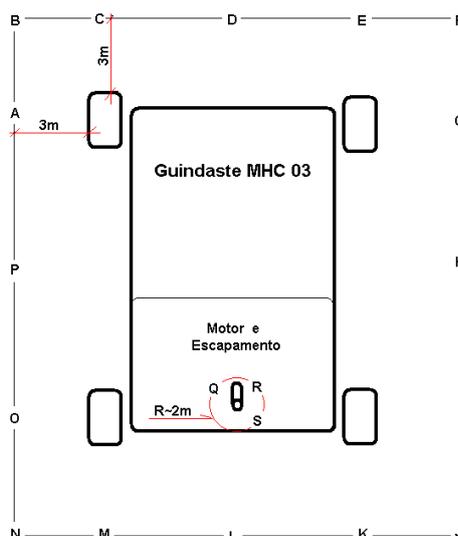


Figura 5.37 – Croqui do ensaio para determinação da potência sonora do Guindaste MHC

Estas avaliações se propuseram ao conhecimento profundo das atividades portuárias de modo a permitir o desenvolvimento de um modelo computacional simplificado capaz de estimar matematicamente os resultados das medições de campo. No programa é possível localizar precisamente as principais fontes sonoras consideradas ao longo do trabalho e visualizar a propagação dos níveis de ruído gerado por elas, que extrapolam os limites do TESC.

Partindo de ensaios deste tipo e utilizando as medições realizadas em campo, as potências sonoras das principais fontes foram obtidas. Os valores dos equipamentos avaliados como os mais ruidosos, considerando os níveis de potência e as características de tempo de operação, estão apresentados na tabela 5.11.

Tabela 5.11 – Espectro da Potência Sonora das três principais fontes medidas (valores expressos em decibéis – dB)

Fonte sonora	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Potência Sonora – NWS (dB)
Média Guindaste MHC 03	108,2	117,7	104,0	95,6	93,2	87,9	80,4	70,4	118,4
Média Empilhadeiras Grandes	76,4	88,6	93,1	99,4	100,9	100,6	94,2	84,3	105,8
Contêineres Refrigerados, com compressor + ventilador ligados	65,2	77,0	84,1	91,0	88,5	88,9	84,2	75,3	95,4

5.1.5.2.2.2 – Avaliação de Fontes Móveis que Circulam no Pátio do TESC

Complementarmente às medições descritas no item anterior, também foram realizadas avaliações de alguns dos caminhões que operam dentro do terminal transportando contêineres seguindo os procedimentos recomendados pelas normas NBR 9.714:2000 – Veículo rodoviário automotor – Ruído emitido na condição parado, NBR 8.433:1995 – Ruído Emitido de Veículos Automotores em Aceleração – Método de Ensaio e NBR 15.145:2004 – Acústica – Medição do ruído emitido por veículos rodoviários em aceleração – Método de Engenharia. Trata-se de máquinas móveis de propriedade de terceiros que circulam por curto período de tempo dentro do pátio do TESC.

A norma NBR 9.714 preconiza que os veículos devem ser avaliados para as principais fontes dos veículos, ou seja, escapamento de gases do motor e o chassi, representado por um ponto alinhado com o eixo do motor de combustão. O método é destinado a verificar veículos em uso e também variações no ruído emitido por componentes do veículo sob ensaio, causados por desgaste, modificação de componentes, regulagens fora do especificado e/ou remoção parcial ou completa de dispositivos que reduzem a emissão de ruído.

Os testes foram realizados numa parte aberta do terminal, afastada das pilhas de containers e demais interferências externas, sobre piso asfáltico, de alta refletividade acústica. Cuidados foram tomados para evitar que quaisquer objetos e/ou barreiras estivessem a menos de 5 metros do caminhão a ser ensaiado, conforme recomendado pela norma. O ruído de fundo foi registrado entre 51 e 55 dBA, suficientes para que as medições fossem realizadas segundo item 5 da norma NBR 9714/2000.

Os resultados das medições seguem apresentados em decibéis nas tabelas 5.12 a 5.14.

Tabela 5.12 - Caminhão Mercedes Modelo 1935 Placa LYI2009

Condição	Local de medição	1	2	3	Média
700 RPM	Escapamento	77	78	78	78
Marcha lenta	Motor	77	79	77	78
2100 RPM	Escapamento	87	87	87	87
75% Carga	Motor	87	86	86	86

Tabela 5.13 - Caminhão Scania Modelo 110 Placa IFU0241

Condição	Local de medição	1	2	3	Média
700 RPM	Escapamento	79	80	80	80
Marcha lenta	Motor	85	87	83	85
2100 RPM	Escapamento	89	90	89	89
75% Carga	Motor	93	95	95	94

Tabela 5.14 - Caminhão Mercedes Modelo 1519/1524 Placa BWI3617

Condição	Local de medição	1	2	3	Média
700 RPM	Escapamento	81	81	80	81
Marcha lenta	Motor	78	80	77	78
2100 RPM	Escapamento	92	93	94	94
75% Carga	Motor	86	88	87	87

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – nº. 252 de 01 de fevereiro de 1999 estabelece limites máximos de ruído nas proximidades de escapamentos, para fins de fiscalização de veículos rodoviários automotores em uso, medidos segundo a norma NBR 9714. Em sua Tabela 1, a resolução descreve os limites máximos de acordo com a categoria do veículo, potência do motor, peso bruto total e posição do motor. Para veículos de carga ou de tração com peso bruto total (PBT) acima de 3.500 kg, o limite máximo estabelecido é de 101 dBA.

Os resultados demonstrados nas tabelas acima, nenhum dos caminhões analisados mostrou nível de ruído irradiado superior a 100 dBA, quer seja no motor, quer seja no escapamento. Portanto, as condições de manutenção dos caminhões encontravam-se de acordo com a legislação federal vigente para inspeção de funcionamento.

Ainda como conhecimento dos níveis de influência na vizinhança, o ruído de passagem quando da movimentação de caminhões e empilhadeiras na parte interna do terminal foi registrado. O procedimento elaborado considerou as recomendações das NBR 8.433:1995 e NBR 15.145:2004 simplificadamente.

As medições foram tomadas aproximadamente no centro do pátio. A distância mínima entre as fontes sonoras e o ponto de medição foi aproximadamente de 5 metros. Foram registrados os valores máximos lidos no Medidor de Nível Sonoro (MNS).

As medições mostraram níveis máximos de 86 dBA para as empilhadeiras e 77 dBA para os caminhões. Considerado a distância de operação destes equipamentos e as casas residenciais circunvizinhas, pode-se concluir que o ruído gerado pela simples movimentação destas máquinas (ruído de passagem) não gera impacto à vizinhança.

5.1.5.2.2.3 – Síntese dos Dados e Elaboração do Mapa Acústico

Outras fontes listadas também foram avaliadas, mas não apresentaram grau de significância alto quando relacionadas com as grandes empilhadeiras e os guindastes MHC em funcionamento. No setor de manutenção os ruídos observados e que apresentaram magnitudes parecidas com o dos motores dos equipamentos de movimentação de carga pesadas não tem duração que possam contribuir significativamente no ruído equivalente global do TESC, limitando-se a impactos eventuais causados por marteladas necessárias

para ajustes ou montagens mecânicas. Outros ruídos observados na manutenção foram a máquina de alta pressão, com níveis relativamente baixos quando comparados com as demais fontes, como também o ruído dos motores em teste ou fase de regulagem na oficina.

Após os levantamentos efetuados é possível reduzir as fontes geradoras de ruído no TESC para basicamente dois equipamentos que auxiliam e/ou participam da maior parte das operações realizadas no terminal: empilhadeiras grandes e Guindastes MHC. Estes dois tipos de máquinas podem estar presentes na oficina no momento da regulagem e ajustes de motores, no transporte e armazenamento de cargas e nas operações de importação e exportação de produtos no píer.

Com a quantificação e conhecimento das principais atividades/fontes de ruído, foi criada uma nova rotina computacional e utilizada para determinar os níveis de ruído delas agregadas, em funcionamento simultâneo. Posteriormente a rotina foi utilizada para simular diversas possibilidades de localização sobre o pátio e simultaneidade das atividades, e com isto identificar a pior situação verificada para as 10 (dez) operações consideradas.

A figura 5.38 mostra o resultado considerando o ruído irradiado das principais fontes sonoras existentes no terminal.

Para elaborar o mapa, uma área de 1000 x 1000 metros foi proposta e centrada no meio do terminal. Posteriormente, os valores de potência calculados para cada uma das fontes, somados considerando operações simultâneas e os níveis extrapolados em 100 x 100 pontos que desenham as curvas de nível de ruído no mapa apresentado na figura 5.38.

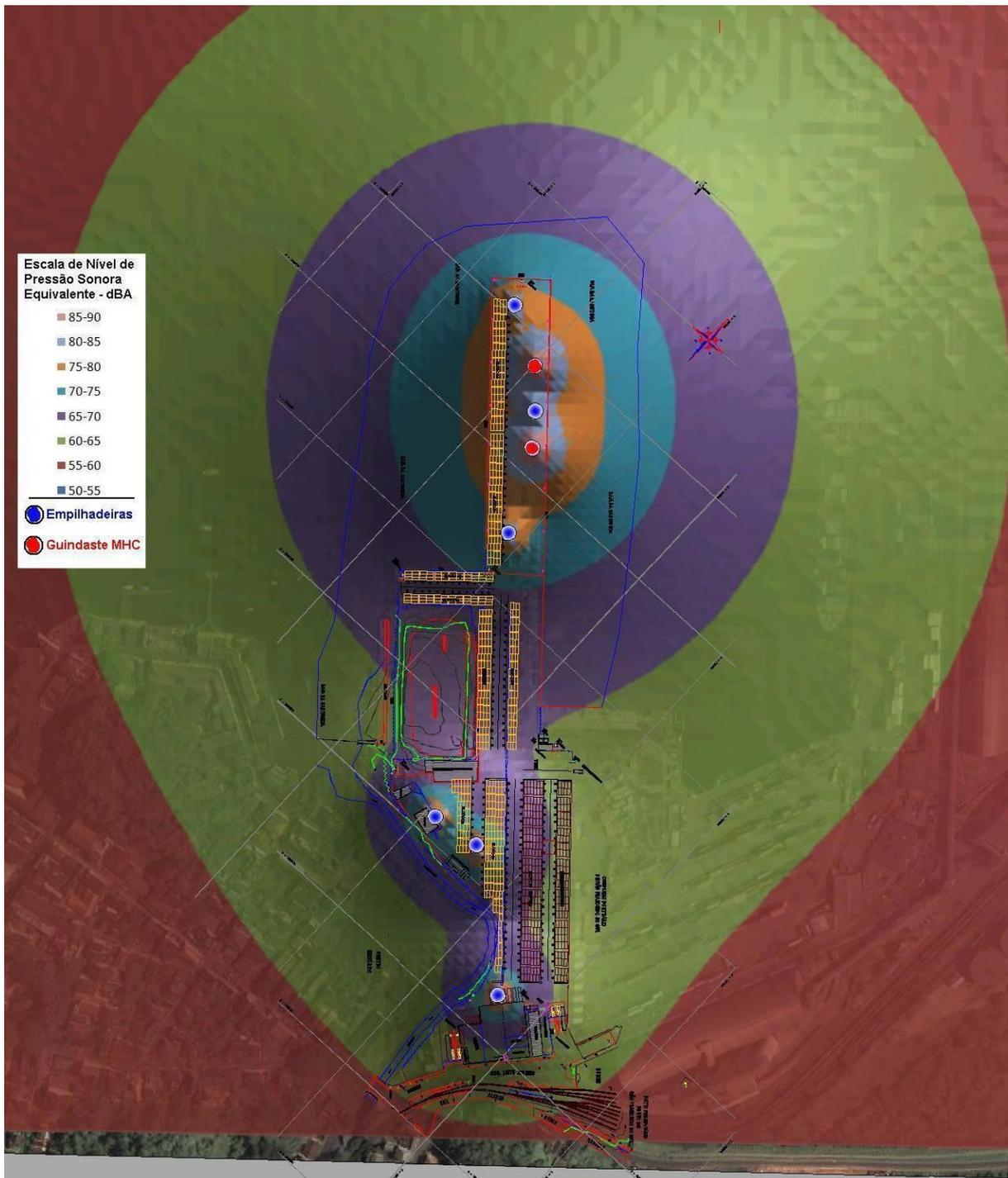


Figura 5.38 – Croqui do empreendimento com o modelo dos níveis sonoros equivalentes aproximados em dB(A)

Nota-se que há duas áreas que podem ser consideradas como pólos irradiadores de ruído: o pier e a área de pátio próxima aos portões de entrada até o início da ponte de acesso.

Segundo o mapa gerado, o nível de ruído predito na área habitada mais crítica, correspondente ao centro histórico e à margem esquerda do rio Pedreira, situa-se na faixa de

60 a 65 dBA. Estes resultados são condizentes com os picos das amostragens realizadas pela empresa durante os monitoramentos mensais efetuados até meados de 2010. Porém, **deve-se levar em consideração que os níveis de ruído apresentados nas Figuras 5.35 e 5.38 correspondem à condição mais crítica, quando todos os equipamentos estão operando em conjunto, o que raramente ocorre.**

Por exemplo, as empilhadeiras grandes, operam na maior parte do tempo no pátio do terminal, ora num ponto, ora em outro, podendo operar em conjunto de 2 (duas) ou mais máquinas simultaneamente. Outro caso importante é o dos guindastes MHC, são as máquinas com maior potência sonora quantificadas no TESC e, quando há operação com contêineres funcionam durante todo o tempo sem parar, gerando desconforto inclusive para os operários mais próximos que ficam submetidos a níveis que facilmente atingem 85 dBA.

A pior situação considerada ao final daquele trabalho serve como forma de avaliar o maior incômodo aos vizinhos. Na simulação foram incluídas simultaneamente: operações com navio de contêiner, onde operam 2 (dois) guindastes MHC ilustrados por pontos vermelhos e 3 (três) empilhadeiras grandes; movimentação de cargas no píer e no setor de inspeção com 2 (duas) empilhadeiras grandes, e; uma outra empilhadeira grande em manutenção na oficina. As localizações das empilhadeiras estão representadas pelos pontos azuis.

5.1.5.2.3 – Comparação entre os Valores Simulados

Os resultados obtidos tanto pela simulação de irradiação das fontes móveis quanto pela medição dos níveis de pressão sonora podem ser sobrepostos de forma a avaliar a assertividade entre os dois métodos. A figura 5.39 abaixo mostra este resultado.

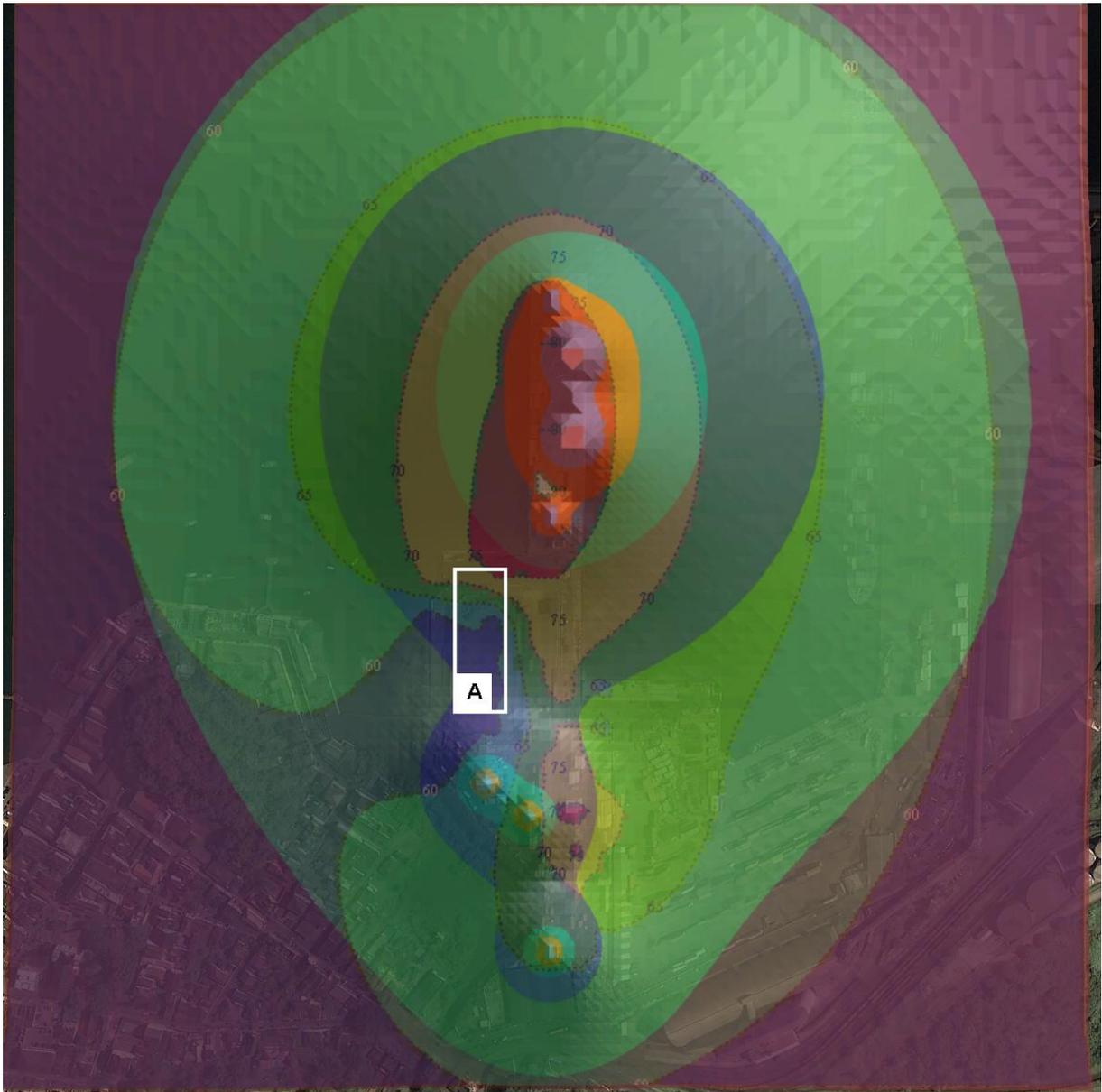


Figura 5.39 – Comparações entre os dois métodos de mapeamento utilizados

Apesar das diferenças entre os dois procedimentos em análise, a figura demonstra boa aproximação entre os dois. Exceto por alguns pontos da figura 5.39, pode-se considerar que ambos os métodos apontaram para valores iguais nas áreas mais afastadas das fontes.

As diferenças podem ser explicadas pela simplificação no modelamento matemático de propagação, que consideram as fontes sonoras como pontuais, propagando em campo livre, não levando em conta efeitos de sombreamento de barreiras, absorção sonora do solo, da vegetação, objetos e construções, efeitos de tunelamento entre os contêineres, propagação acústica em longas distâncias com influência de ventos, absorção da umidade atmosférica, inversão térmica entre outros.

A principal diferença está localizada na área delimitada em branco, identificada na figura com a letra A, onde estão localizados o galpão de armazenamento de materiais e o aterro de ampliação do pátio. Uma possível explicação para este fato é o efeito de barreira acústica gerada pelos obstáculos e de absorção sonora do solo ainda sem cobertura na área de ampliação do pátio, impedindo a propagação do ruído em direção aos vizinhos localizados próximos às margens do rio Pedreira e do museu do Mar.

5.1.5.3 – Análise dos Resultados Obtidos Durante o Diagnóstico

A variabilidade de operações e condições de funcionamento do TESC - Terminal Santa Catarina não permite que uma simples amostragem pontual dos níveis de ruído no entorno sirva como avaliação do incômodo das áreas circunvizinhas do empreendimento. Fatores como simultaneidade de operação de guindastes, deslocamento de empilhadeiras, carregamento e descarregamento de embarcações entre outros, faz com que o ruído percebido pela comunidade vizinha seja bastante variável e diversificado.

Diante da impossibilidade de monitoramento do ruído percebido pela comunidade, dois métodos de avaliação foram propostos. O primeiro método teve como base a determinação experimental das potências sonoras das principais fontes sonoras e o cálculo numérico da irradiação sonora destas fontes. O segundo método consistiu no mapeamento da energia sonora (Medição dos Níveis de Pressão Sonora) na área interna do empreendimento e extrapolar os valores medidos para os contornos da área de influência.

Os valores obtidos pelos dois métodos mostraram-se em boa concordância. A região habitada mais próxima do terminal, o centro histórico da cidade de São Francisco do Sul, mostrou-se também a mais crítica. Os valores máximos previstos, quando todas as fontes sonoras importantes estiverem operando em conjunto, foram estimados entre 60 e 63 dBA.

O empreendimento está situado na zona portuária da cidade, considerada como Zona Industrial para fins de avaliação de adequação à legislação ambiental. A NBR 10.151/2000 utilizada como referência para valores máximos de ruído em áreas habitadas, prediz que os valores máximos permitidos para tal zoneamento é de 70 dBA no período diurno e 60 dBA no período noturno. Sob este ponto de vista, o Terminal Santa Catarina poderia ser considerado ligeiramente acima do valor máximo permitido, no que tange às emissões sonoras neste zoneamento, para o período noturno.

Considerado o zoneamento misto, com vocação comercial e administrativa adotado para o centro histórico (60 dBA diurno e 55 dBA noturno), estes limites também poderão ser ultrapassados numa pequena área próxima ao rio Pedreira, no período noturno.

Porém, há de se considerar que estas operações raramente ocorrem simultaneamente. Na grande maioria do tempo, metade das fontes sonoras encontram-se desligadas, enquanto a outra trabalha.

Considerando que somente metade das fontes é operada, o valor de ruído calculado pelos métodos utilizados pode ser subtraído de 3 dB. Portanto, na grande maioria do tempo, o valor máximo percebido na região circunvizinha habitada estará próximo de 55 dBA. Isto leva a conclusão que o TESC - Terminal Santa Catarina encontra-se em conformidade com a legislação ambiental vigente no que tange ao quesito, emissões sonoras.

5.1.5.4 – Projeção dos Níveis de Ruído Gerados Durante a Operação de Dragagem de Aprofundamento

Para predição dos níveis futuros de ruído na área do TESC e no entorno durante a operação de dragagem de aprofundamento do berço do lado externo do píer utilizou-se o modelo matemático validado no diagnóstico. Para tanto, realizou-se uma nova simulação na qual inseriu-se como dados de entrada os valores das potências sonoras calculadas a partir das medições obtidas a bordo da draga Goliath e descritas no item 2.4.1.7.4.

Os resultados desta projeção podem ser visualizados no **Mapa de Projeção dos Níveis Máximos de Pressão Sonora previstos para Operação Simultânea de Dragagem e do Terminal**, e sugerem que os níveis máximos atuais terão acréscimo de 5 decibéis na área do centro histórico quando a draga mecanizada estiver operando no limite externo da ADA (pior hipótese considerada). Recomenda-se que as operações com este equipamento sejam realizadas somente durante o período diurno e o programa de monitoramento item 7.3.3 cumprido na íntegra.

Mapa de Projeção dos Níveis Máximos de Pressão Sonora previstos para Operação Simultânea de Dragagem e do Terminal

5.1.6 – Recursos Hídricos

5.1.6.1 – Hidrografia

Segundo a divisão adotada atualmente pela ANA (Agência Nacional das Águas) os rios que drenam o Estado de Santa Catarina - SC integram três grandes regiões hidrográficas – a Região Hidrográfica do Paraná, a Região Hidrográfica do Uruguai e a Região Hidrográfica Atlântico Sul, sendo o território estadual subdividido em 10 regiões hidrográficas (RHs), conforme pode ser visualizado no mapa das regiões hidrográficas do Estado de Santa Catarina (Figura 5.40).

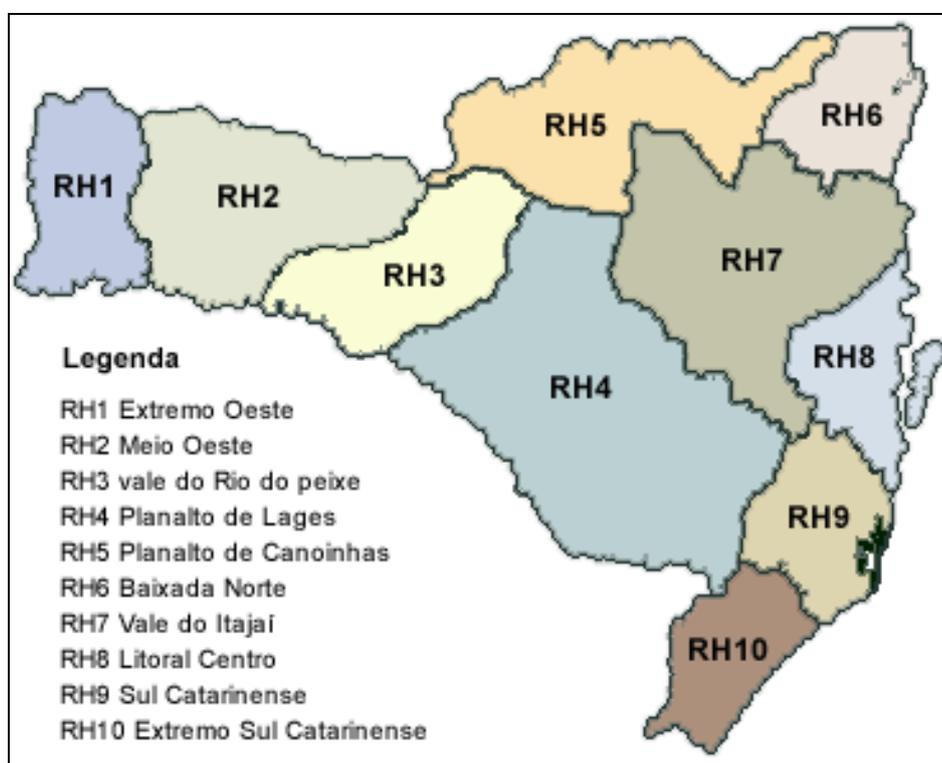


Figura 5.40 – Mapa das regiões hidrográficas do Estado de Santa Catarina

A Área de Influência Indireta da Dragagem é formada por seis municípios, Joinville, Balneário Barra do Sul, Araquari, Itapoá, Garuva e o município de São Francisco do Sul. São estes municípios que formam o Complexo Hidrográfico da Baía da Babitonga, que por sua vez, encontra-se localizado na região hidrográfica do Atlântico-Sul, mais especificamente RH 6 – Baixada Norte Catarinense.

A região hidrográfica da baixada norte possui como divisor de águas a Serra do Mar, que dá origem às duas vertentes – atlântica e do interior –, as quais caracterizam o sistema de drenagem natural do Estado.

O sistema hidrográfico da vertente atlântica por sua vez, onde se encontra localizada a RH6, é formado por um conjunto de 12 bacias isoladas que fluem para leste, desembocando no Oceano Atlântico (SDS, 2011).

A maior parte da hidrografia regional caracteriza-se por rios de pequeno curso. Em época de cheias, ou seja, nos períodos de grande pluviosidade, estes rios apresentam grande volume de água. Em geral, a cobertura vegetal das nascentes encontra-se bem conservada.

Os municípios inseridos na área de drenagem do Complexo da Babitonga, à exceção de Joinville, que possui cerca de 14% da totalidade do município com a cobertura de rede de coleta e tratamento de esgotos, não possuem sistema público de esgotos sanitários que atenda a malha urbana, ou seja, nas cidades de Garuva, Araquari, Itapoá, Barra do Sul e São Francisco do Sul os esgotos ali gerados, sem tratamento, são lançados diretamente, ou por meio das galerias pluviais, nas águas dos rios existentes na região.

A hidrografia da região pode ser dividida em três conjuntos:

- a) Bacias hidrográficas do complexo da Baía da Babitonga;
- b) Bacias hidrográficas do Rio Itapocu;
- c) Bacias hidrográficas litorâneas.

5.1.6.1.1 – Complexo Hidrográfico da Baía da Babitonga

A Baía da Babitonga encontra-se localizada na porção norte do litoral catarinense (26°02'-26°28' S e 48°28'-48°50' W), conforme pode ser visualizado no **Mapa da Hidrografia Regional**. A proximidade com a Serra do Mar favorece o aparecimento de uma rede hidrográfica extensa, com características particulares, sendo que as nascentes que deságuam na baía são originadas dentro dos próprios municípios (SILVA, 1995 in: CREMER, 2006).

Mapa da Hidrografia Regional

Segundo Cremer (2006) sua área corresponde a aproximadamente 160 km², com um comprimento máximo de 20 km e até 5 km de largura, enquanto que Stimamiglio (2002) comenta que a baía possui um armazenamento de água em torno de 7,8 x 10⁸ m³, já a sua profundidade, de acordo com DNIT/IME (2004) atinge entre 10 e 15m no canal, conferindo boa navegabilidade na região.

Segundo DHN (2007) o litoral norte do estado de Santa Catarina, mais especificamente o porto do município de São Francisco do Sul, encontra-se sob domínio de regime de micromarés (amplitude máxima inferior a 2m), semidiurno, com altura média de 0,84 m e máxima de 1,9 m, durante os períodos de sizígia. O complexo estuarino da baía da Babitonga é caracterizado pela dominância de maré enchente com amplificação da altura da maré (hipersíncrona) nas áreas mais interiores (TRUCCOLO & SCHETTINI 1999), causada principalmente por efeitos de fricção e estreitamento do canal principal (VIEIRA *et al*, 2008).

O Complexo da Baía da Babitonga recebe contribuição das bacias hidrográficas do Rio Cubatão (Norte), Cachoeira, Palmital, Parati e Pirabeiraba.

Segundo SDS (2009) a baía localiza-se entre o continente e a ilha de São Francisco do Sul, sendo uma das principais regiões estuarinas de Santa Catarina, onde se desenvolve uma das mais extensas zonas de manguezal do Sul do Brasil. Devido a sua grande extensão territorial e as condições climáticas locais, a região da Baía da Babitonga apresenta altos índices de biodiversidade.

No entanto, esse importante ecossistema vem sendo comprometido devido aos lançamentos inadequados de metais pesados, agrotóxicos, efluentes urbanos e industriais e de resíduos sólidos na região, o que se deve basicamente, à carência de controles ambientais, como por exemplo, o sistema de tratamento de esgotos sanitários nas áreas urbanizadas do seu entorno. Pode ser observado também como fator de degradação das águas da baía, o assoreamento dos rios e a ocupação de áreas de manguezal da região.

Outro fator que deve ser considerado, quanto à degradação do ambiente local, é o fechamento do Canal do Linguado, o qual impede a circulação da água, causando também o assoreamento deste canal na parte mais a oeste, ocorrendo à concentração de poluentes tóxicos e orgânicos neste canal (SDS, 2011).

5.1.6.1.2 – Mananciais Superficiais do Município de São Francisco do Sul

Segundo Stimamiglio (2002), a hidrografia do município de São Francisco do Sul consiste de rios perenes da Vertente Atlântica, os quais drenam os terrenos do Escudo Catarinense no setor ocidental e os terrenos sedimentares da planície costeira adjacente. A maioria desses rios apresenta forma meândrica livre, de baixa a média sinuosidade, desembocando nas águas da Baía da Babitonga.

As principais bacias hidrográficas que drenam o município de São Francisco do Sul são as bacias do rio Monte de Trigo, Morro da Palha, Laranjeiras, Jacutinga, Miranda, Perequê, e a do Rio Acarai.

O corpo hídrico mais representativo na região é o Rio Acarai, com cerca de 19 km de extensão, desde suas nascentes até a Foz na Praia da Enseada. Este corpo hídrico faz parte do Complexo Hídrico do Acarai, formado em conjunto com as nascentes do rio Perequê e a Lagoa Capivaru. Este complexo é responsável pelo abrigo, reprodução e alimentação de várias espécies aquáticas, que, em conjunto com a vegetação pioneira de influência marinha e de Mata Atlântica, representam local para proteção da flora e fauna existente, entre elas endêmicas e ameaçadas de extinção (SDS, 2009).

Em função de suas pequenas dimensões, o município não apresenta bacias hidrográficas capazes de acumular volumes de água significativos, portanto, não possuem aproveitamento hidráulico e nem são utilizados em projetos de irrigação, servem apenas para abastecimento da população local (STIMAMIGLIO, 2002).

Em um panorama geral, do Estado de Santa Catarina, o sistema de captações de água é feito em mananciais de superfície.

Da mesma forma ocorre no município de São Francisco do Sul, onde a captação para o abastecimento da população é feita nos Rios Olaria, Cardoso, Alegre, do Grito e Laranjeiras, com uma vazão total de 1597,17 l/s (SDS, 2009).

5.1.6.1.2.1 – Hidrografia da Área de Influência Direta (AID)

A Área de Influência Direta para esse estudo, situada no estuário da Baía da Babitonga têm sua classificação conforme Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A referida resolução define as classes de qualidade como o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.

Conforme essa Resolução, o artigo 42 menciona: *“Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”*.

Desse modo as águas superficiais da AID – Rio Pedreira (somente a extensão do rio considerada dentro da AID) e Baía da Babitonga - podem ser classificadas como águas Salobras de Classe 1. Mesmo que a região tenha intensa atividade portuária, em muitos pontos a Baía da Babitonga é destinada à recreação de contato primário. A classe 1 também enquadra as águas destinadas para fins de aqüicultura.

O estuário como um todo se caracteriza por apresentar na pesca artesanal uma das principais atividades realizadas pela população local, para fins de subsistência ou comercial, sustentada pela elevada produtividade do estuário, sendo que a maior parte dos pescadores artesanais do município desenvolve suas atividades no bairro Paulas, tendo o camarão como o principal alvo das pescarias.

A Área de Influência Direta do TESC não é utilizada para pesca, basicamente por três motivos: (1) baixa abundância de espécies de valor comercial em comparação a outras áreas de pesca do estuário, (2) dificuldade de operação de artefatos de pesca devido à movimentação de navios, lanchas da praticagem e embarcações de turismo, e (3) além de parte da área ser composta pela bacia de evolução e canal de acesso, onde a pesca é proibida.

Além da pesca, a maricultura é desenvolvida no município de São Francisco do Sul, desde 1990, sendo que os maricultores estão organizados em 6 associações, sendo elas: AMAB (Associação dos Maricultores da Babitonga), AMACOP (Associação de Maricultores Comunitários do Bairro do Paulas), AMARIPE (Associação de Maricultores do Iperoba), AMAPRI (Associação dos Maricultores do Capri), AMAE (Associação dos Maricultores da Enseada) e AABC (Associação dos Aqüicultores do Balneário do Capri), todas visando o cultivo de mexilhões.

Na região da AID, não há cultivos de mariscos, apenas a AMACOP é a associação localizada na região mais próxima ao terminal, e seus associados se dedicam ao cultivo de mexilhões *Perna perna*.

Outra atividade representativa do estuário é o turismo, devido a diversidade de seus ecossistemas, praias e pelo seu patrimônio histórico.

Na Área de Influência Direta do empreendimento está localizada parcialmente a sub-bacia hidrográfica do Rio Pedreira.

O Rio da Pedreira, localizado a montante do TESC – Terminal Santa Catarina é um pequeno curso d'água com somente 2,12 km² de extensão. Possui seus afluentes localizados em uma malha urbana, densamente ocupada na região central da cidade, recebendo a influência direta da contribuição de esgotos domésticos oriundos da ocupação do entorno e apresenta circulação de águas em função do regime de marés.

5.1.6.2 – Hidrogeologia

A exploração das águas subterrâneas, de um modo geral, vem crescendo nos últimos anos, configurando uma exploração que, em sua grande maioria, não é precedida de estudos para avaliação do potencial hídrico do aquífero explorado (SDS, 2011).

De acordo com SDS (2011), a AID encontra-se inserida em área do Sistema de Aquíferos anisotrópicos e heterogêneos, que representam aquíferos de rochas cristalinas,

com porosidade e permeabilidade condicionadas pelo fraturamento, conforme pode ser visualizado na figura 5.41. Estão associados às rochas do complexo granulítico de Santa Catarina – com ocorrência de gnaisses granulíticos, quartzitos e formações ferríferas, são rochas que, em geral, não constituem bons aquíferos. A água explorável nesses terrenos liga-se à zona superior de decomposição das rochas e às fraturas.

Nas regiões próximas à Baía de Babitonga, especificamente na AID da dragagem, onde ocorre influência da maré, é comum a entrada da cunha salina, causando um gosto de água salobra nos poços rasos. A exploração excessiva da água subterrânea tem levado a uma migração da cunha salina em direção ao continente (PROJETO MEU LUGAR, 2005).

O histórico dos poços subterrâneos na região de Joinville aponta para uma variação do nível da água do poço relacionada com a precipitação pluviométrica, desmatamentos, perfuração de poços profundos e extrações de minerais em áreas próximas (PROJETO MEU LUGAR, 2005).

Gonçalves e Duarte (1996) verificaram que a vazão média dos poços profundos cadastrados até 1995 era de $6,4 \text{ m}^3/\text{h}$, na região de Joinville. Neste trabalho, dos 77 poços que possuíam controle da vazão, 45% apresentaram produção inferior a $3 \text{ m}^3/\text{h}$. Estes levantamentos apontam que 25% dos poços profundos perfurados no Município de Joinville têm fornecido vazões menores que $1,0 \text{ m}^3/\text{h}$, havendo alguns poços secos. Os autores estabeleceram que o controle estrutural na vazão dos poços profundos é muito importante e constataram que o aquífero cristalino nesta região é fornecedor de vazões baixas.

Baggio (1997) caracterizou qualitativamente as águas subterrâneas do sistema cristalino de Joinville e concluiu que as águas subterrâneas de Joinville têm pouco tempo de permanência no aquífero cristalino e que possuem de moderada a baixa mineralização. Tais propriedades foram atribuídas às características de aquífero cristalino raso (100 m), à alta taxa pluviométrica e ao alto grau de meteorização das rochas.

5.1.6.3 – Qualidade da Água

A qualidade da água referida neste estudo compreende o ambiente estuarino da Baía da Babitonga e Área do Bota-fora, sendo a caracterização realizada na Área Diretamente Afetada (ADA), Área de Influência Direta (AID) e Área de Influência Indireta (AII).

Para compor o diagnóstico de qualidade da água, utilizou-se como base os dados recentes levantados durante o período de fevereiro de 2008 a julho de 2010, realizados em monitoramentos na ADA, AID e AII do empreendimento, e dados oriundos das campanhas amostrais realizadas nos meses de Agosto e Setembro de 2011.

As campanhas amostrais contemplaram a sazonalidade do ambiente e levaram em consideração os períodos de marés (sizígia e quadratura).

Nas análises foram caracterizados os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05 que dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A referida resolução define as classes de qualidade como o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.

Os pontos de amostragem estão identificados no **Mapa de Localização dos Pontos de Coleta e Análise para o Diagnóstico da Qualidade da Água**, e na tabela 5.15 seguem as coordenadas dos pontos de amostragem.

Tabela 5.15 - Localização dos pontos de coleta para análise da qualidade da água.

Ponto	Localização	Coordenadas Geográficas	
		Latitude	Longitude
Ponto 01	Av. Eng. Leite Ribeiro, Ponte Rio Pedreiras	26°14'30.83"S	48°38'7.78"W
Ponto 02	Junto ao lado externo do píer do TESC	26°14'11.93"S	48°38'23.83"W
Ponto 03	Próximo a Ilha do Alvarenga (Controle)	26°12'39.3"S	48°38'49.1"W
Ponto 04	Área de Bota-fora, centro do raio de 0,7 milhas náuticas.	26°07'47.0"S	48°27'47.4"W
Ponto 05	Próximo a Ilha do Veado (Controle), na área do bota-fora.	26°09'05.0"S	48°28'55.3"W

A localização dos pontos de amostragem foi estabelecida de modo a abranger a área de influência, dessa forma consideraram-se:

* Ponto 01: Jusante do Rio Pedreira na área de influência direta (AID). Acredita-se que a contaminação que este rio sofre ao longo do seu curso pode influenciar na água da região de análise. Considerando que a qualidade das águas varia em função de diversos fatores, tais como o uso e ocupação do solo da bacia de drenagem e da existência de comércios com

lançamento de efluentes diversificados, além do esgoto doméstico. Identificou-se a importância da análise desse ponto, considerado crítico. Essa fonte pontual tem um alto potencial poluidor no estuário da baía da Babitonga, e pode alterar representativamente a qualidade da água da baía;

* Ponto 02: Localizado junto ao lado externo do píer do TESC, na área diretamente afetada (ADA), sua análise permite o diagnóstico da área onde ocorrerá a intervenção;

*Ponto 03: Escolhido como área controle, situado próximo a Ilha do Alvarenga, encontra-se distante da área de dragagem, porém situado na área de influência indireta (AII) do TESC. Este ponto foi licenciado junto ao IBAMA como ponto de controle em outras dragagens que ocorreram no Porto de São Francisco do Sul;

*Ponto 04: Apresenta um raio de 0,7 milhas náuticas na plataforma continental, e foi licenciada pelo IBAMA após estudos ambientais realizados para o Porto de São Francisco do Sul, que contemplaram modelagem computacional realizado pela ASA South America com objetivo de entender a dispersão dos sedimentos após o lançamento do material dragado. Esta alternativa de área de despejo fica a 2,26 milhas náuticas (4,2 km) da Ilha dos Veados, a mais próxima dentre as ilhas do Arquipélago das Graças. Segundo a carta náutica de n°. 1804 da DHN, a profundidade local é de aproximadamente 19 m.

*Ponto 05: Localizado distante da área de descarte do sedimento dragado, este ponto representa uma importante ferramenta de controle e diagnóstico da situação da área e também está licenciado junto ao IBAMA.

Mapa de Localização dos Pontos de Coleta e Análise para o Diagnóstico da Qualidade da Água

5.1.6.3.1 – Metodologia

As coletas das amostras de água foram realizadas conforme a NBR 9898/87 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento).

As campanhas amostrais foram realizadas com o auxílio da garrafa horizontal *Van Dorn*, com capacidade de 3 litros, por equipe técnica da empresa Ambient. Durante as amostragens determinou-se *in loco*, o potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura (°C), Oxigênio Dissolvido (OD) e Turbidez (NTU). Para tanto se utilizou um pHmetro AT – 300, Oxímetro AT – 150, e um Turbidímetro Digital Plus, conforme ilustrado na figura 5.42.

Adicionalmente, foram observadas *in loco* a presença ou ausência dos parâmetros: óleos e graxas, materiais flutuantes, substâncias que comunicam odor e resíduos sólidos objetáveis.

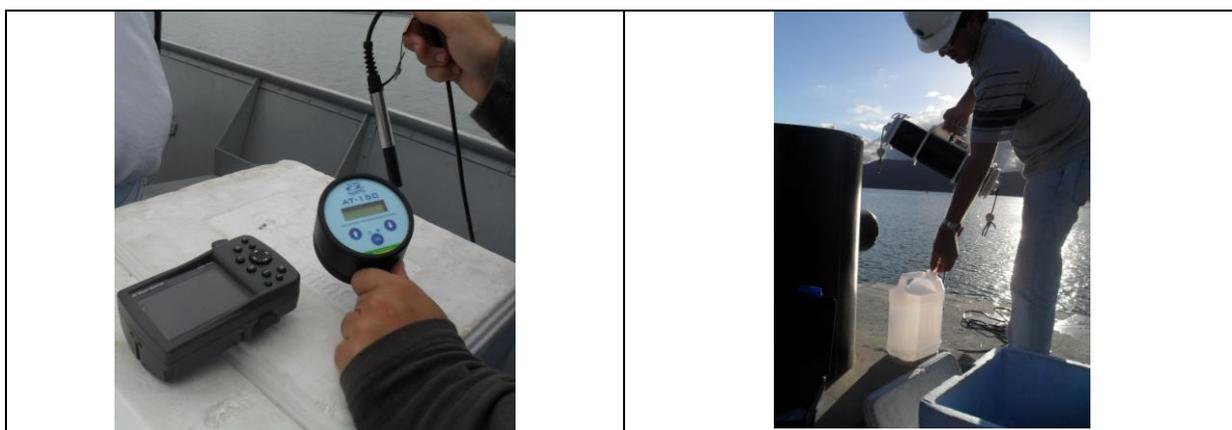


Figura 5.42 – Amostragem de qualidade da água realizada durante monitoramento ambiental no TESC

Em todos os pontos amostrados, foram coletadas amostras de água durante o período de enchente e vazante das marés, buscando detectar a influência da dinâmica hídrica sobre a qualidade da água nos pontos amostrais.

As medições buscaram ser realizadas obedecendo aos níveis de gradiente – superfície, meio e fundo. Considerando a série histórica pode-se comparar os resultados com as campanhas de Agosto e Setembro de 2011, que são apresentados de acordo com o ponto de amostragem, conforme segue abaixo:

- * Ponto 01: Neste ponto os resultados da série histórica e das campanhas de Agosto e Setembro de 2011, contemplaram somente a superfície, devido à baixa profundidade do local.
- * Ponto 02: As análises entre 2008 a 2010 contemplaram a superfície da coluna d'água. De modo complementar as campanhas de Agosto e Setembro de 2011 abrangeram também análises no meio e fundo da coluna d'água.

* Ponto 03: Esse ponto utilizado como controle foi realizado em duas campanhas (Agosto e Setembro de 2011), abrangendo o gradiente superfície e fundo, devido a pouca profundidade no local de aproximadamente 4 metros.

* Ponto 04 e Ponto 05: As análises de todos os parâmetros nesses pontos conforme CONAMA nº. 357/05, que contemplaram os meses de Agosto e Setembro de 2011, foram realizadas no gradiente superfície, meio e fundo.

Posteriormente, os frascos identificados com as amostras de água foram armazenados em caixas de isopor com gelo a temperatura aproximada de 2°C, para manter as suas propriedades e encaminhadas ao laboratório.

Durante o período de monitoramento, as análises da qualidade da água foram realizadas pelos laboratórios:

* NATRIUM QUÍMICA LTDA., situado na Rua Dona Elza Meinert, 900, Bairro Costa e Silva, Joinville/SC. O laboratório está sob responsabilidade do químico industrial César Jocias Weber (CRQ nº13200568). Os certificados e registros da empresa são: Certificado do Exército: 2817 SFPC/5 SC; Certificado Funcionamento: 0043295-4; Certificado Policia Federal: 2005/000485; e CRQ: 3612;

* CORPLAB SERVIÇOS ANALÍTICOS AMBIENTAIS LTDA., situado na Rua Galatéia, 1824, Vila Guilherme, São Paulo/SP. O laboratório está sob responsabilidade do Gerente Técnico Marcelo Takata (CRQ 4º Região 04254994);

* BIOENSAIOS ANÁLISES E CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA., situado na Rua Palermo, 257, Viamão, RS. Estes laudos estão sob responsabilidade técnica do Sr. Milton Conti da Silva (CRQ 5ª Região 05200947); Sra. Gisele de Azevedo Kimieciki (CRQ 5ª Região 05101065); e Helena Campos Rolla (CRBio 08124-03).

O diagnóstico referente às amostragens de agosto e setembro de 2011 foi realizado pela BIOAGRI AMBIENTAL LTDA., registrada no Conselho Regional de Química sob o nº. 16082 – F, processo nº. 141850, CNPJ nº. 04830624000197, situado na Rua Aujovil Martini, 201, Dois Córregos – Piracicaba – SP, tendo como responsável técnico das atividades da área química o profissional José Carlos Moretti, registrado como bacharel em Química, sob o nº. 04107238, processo nº. 24672. Com os laudos de qualidade da água, sob a responsabilidade técnica da coordenadora de projeto Juliana Bombasaro (CRQ 04469985 – 4º Região).

Para o Ponto 01, Ponto 02 e Ponto 03, as amostras de água foram analisadas com base na classificação de Água Salobra de Classe 1. Esta classificação foi baseada no que determina a Resolução CONAMA nº. 357/2005: *“Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe*

1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”. Mesmo que a região tenha intensa atividade portuária, em muitos pontos a Baía da Babitonga é destinada à recreação de contato primário. A classe 1 também enquadra as águas destinadas para fins de aquicultura. Assim, justifica-se o uso dos parâmetros - classe 1, por ser parâmetros atingíveis no que tange a qualidade de água na Baía da Babitonga.

No Ponto 04 e Ponto 05, as amostras de água foram analisadas conforme artigo 18 da CONAMA nº. 357/05, na classificação de Água Salina de Classe 1, sendo águas que podem ser destinadas:

- a) A recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº. 274, de 2000;
- b) A proteção das comunidades aquáticas; e
- c) A aquicultura e a atividade de pesca.

5.1.6.3.2 – Resultados e Discussões

5.1.6.3.2.1 – Indicadores de Qualidade da Água Obtidos *In Loco* Durante as Amostragens

Temperatura

A temperatura exerce um efeito sobre as reações químicas e a atividade biológica na água. A velocidade destas reações duplica para cada 10°C de aumento de temperatura. Este parâmetro também controla a concentração máxima de oxigênio dissolvido na água (BENETTI e BIDONE, 1993 apud COLLISCHONN, 2011).

Nas últimas campanhas realizadas, registrou-se a temperatura da água nos Pontos 01 e 02 (descritos anteriormente), na superfície da coluna d'água. Estes pontos apresentaram respectivamente 18,7 e 24,0°C, durante a maré enchente. Na maré vazante, valores de 18,8°C no Ponto 01 e 20,5°C no Ponto 02 foram medidos.

Considerando todos os resultados obtidos na Baía da Babitonga no período de fevereiro de 2008 a julho de 2010, e outra medição de agosto de 2011, é possível verificar a variação da temperatura ao longo dos meses na superfície, considerando as marés enchente e vazante (Figura 5.43). Isto já foi demonstrado por Oliveira, *et al* (2006), onde os dados variaram de 17,8°C até 32,1°C ao longo das campanhas realizadas, durante as diferentes estações do ano, com temperaturas superiores a 30°C no verão e abaixo de 20°C no inverno.

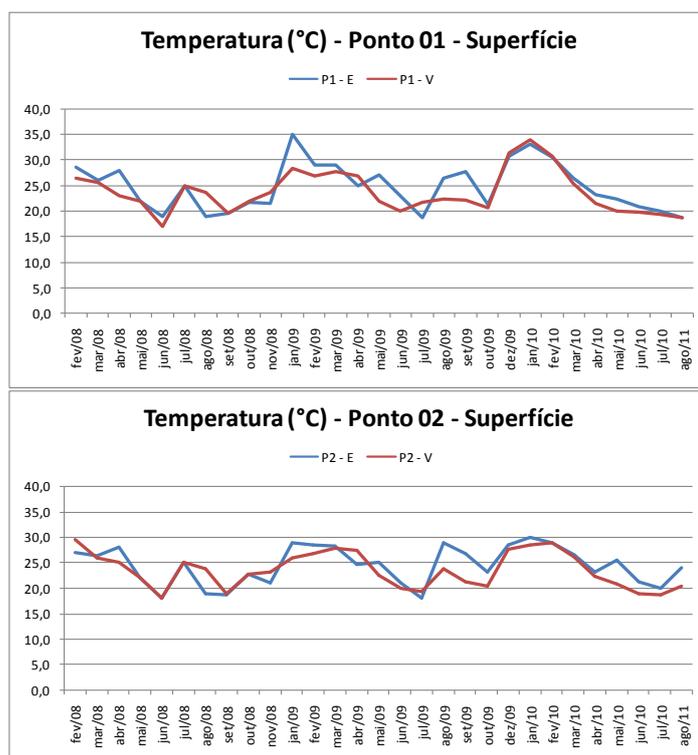


Figura 5.43 – Variação da Temperatura considerando a série histórica e dados atuais para a superfície

Baseado no Diagnóstico Ambiental da Baía da Babitonga (CREMER, M.; MORALES, P.; OLIVEIRA, T., 2006), que apresenta dados temperatura obtidos para a superfície, meio e fundo da coluna d'água em um ponto situado no Canal de Acesso, estima-se que os valores de temperatura variem entre 18°C à 20°C na área do Bota-fora.

Salinidade

A salinidade de acordo com Esteves (1988) é expressa como a concentração de sais minerais dissolvidos na água. Os resultados de salinidade estão sumarizados na tabela 5.16, considerando as campanhas de monitoramento realizadas na baía da Babitonga.

Para a Baía da Babitonga, ambiente estuarino, a salinidade registrada nas campanhas amostrais variou entre 6,2‰, no Ponto 1 em maré vazante a 42,5‰ ponto 3, em maré enchente. A Resolução CONAMA n°. 357/05 utiliza a salinidade apenas como balizador para a classificação dos corpos d'água.

Tabela 5.16 – Resultados trimestrais da salinidade para o gradiente superfície nos pontos situados na Baía da Babitonga.

Ponto Amostral	Período	Superfície	
		Enchente	Vazante
Ponto 01	Outubro/2008	30,8	30,9
	Janeiro/2009	13,7	4,5
	Abril/2009	40,2	34,6
	Julho/2009	32,0	34,0
	Outubro/2009	15,0	11,0
	Janeiro/2010	31,0	6,2
	Abril/2010	32,0	18,0
	Julho/2010	14,0	26,0
	Ponto 02	Outubro/2008	30,2
Janeiro/2009		30,8	27,0
Abril/2009		41,6	34,6
Julho/2009		8,4	35,0
Outubro/2009		23,0	22,0
Janeiro/2010		19,0	19,0
Abril/2010		32,0	30,0
Ponto 03	Julho/2010	28,0	26,0
	Outubro/2008	32,1	30,5
	Janeiro/2009	29,4	28,7
	Abril/2009	42,5	40,0
	Julho/2009	34,0	35,0

Obs.: Resultados obtidos durante os monitoramentos ambientais realizados na Baía da Babitonga.

Os resultados apresentados evidenciaram a interferência da atuação das marés nos pontos monitorados na Baía da Babitonga, uma vez que na elevação do nível do mar é gerada a corrente de enchente para o interior do estuário, aumentando a salinidade do mesmo, conforme figura 5.44.

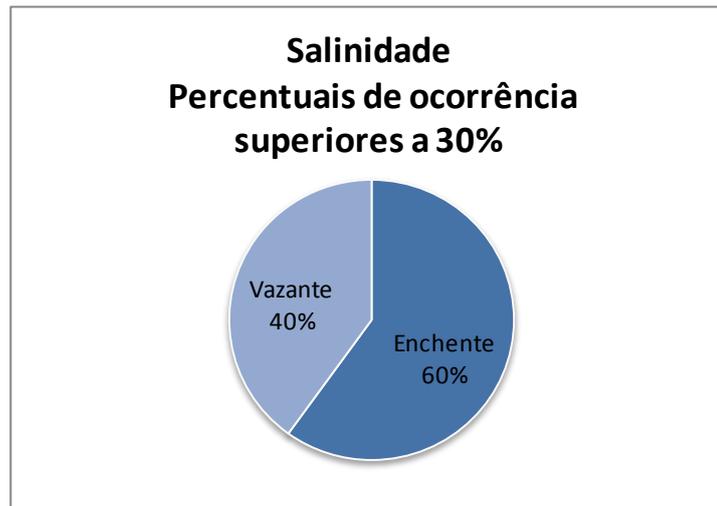


Figura 5.44 - Percentual de ocorrência de salinidade conforme níveis de marés

Essa influência marinha que atenua a salinidade na baía da Babitonga pode estar relacionada à sua configuração que se apresenta em linha reta. Devido a isso, as maiores salinidades da água podem ser mais evidenciadas, sobretudo em maré enchente.

Oxigênio Dissolvido

A importância do Oxigênio Dissolvido (OD) está intrinsecamente ligada à qualidade de um corpo hídrico, uma vez que é fundamental para manter a atividade biológica, durante a respiração dos organismos. Trata-se de um elemento essencial para a oxidação, decomposição e ciclagem da matéria orgânica que circula nesse sistema. De acordo com Esteves (1988), as principais fontes de oxigenação para água são a atmosfera e a fotossíntese.

A figura 5.45 apresenta os resultados para Oxigênio Dissolvido (OD), durante o monitoramento ambiental realizado na baía da Babitonga nos pontos 01 e 02, na superfície da coluna d'água.

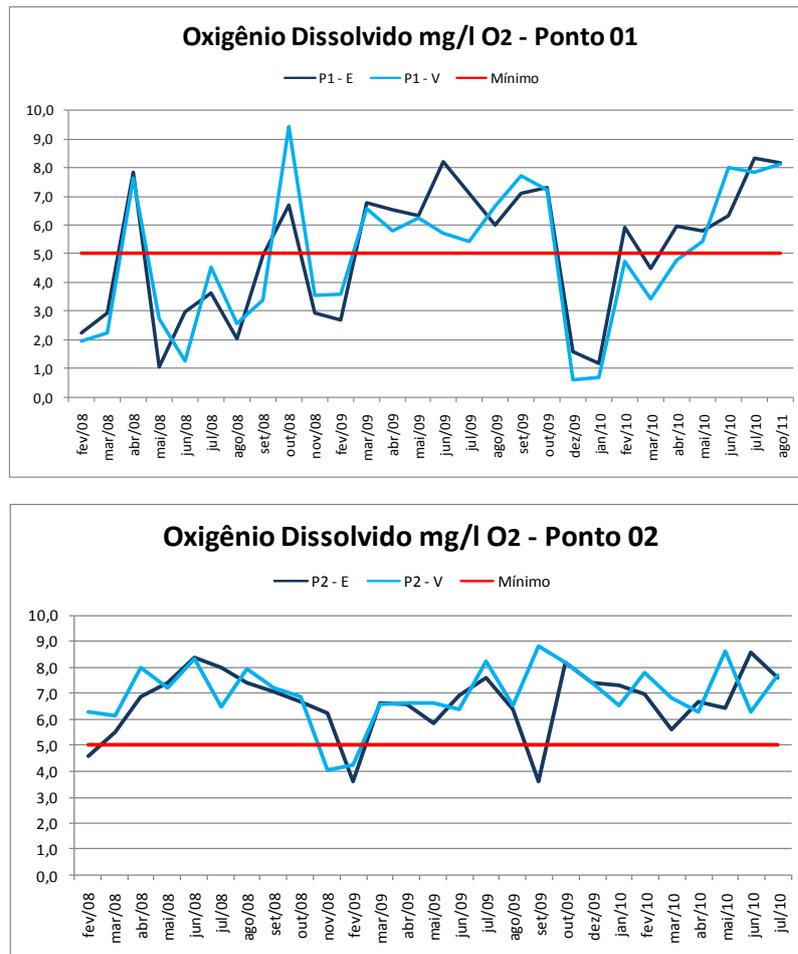


Figura 5.45 – Variação do Oxigênio Dissolvido (OD) durante as atividades de monitoramento ambiental na baía da Babitonga

De acordo com a resolução nº. 357/05 do CONAMA, o limite mínimo de Oxigênio Dissolvido na água em questão é de 5,00 mg/l. Observa-se que no ponto 01 ocorreu o maior número de casos onde o valor ficou abaixo do limite citado na referida legislação.

A maior frequência de valores de Oxigênio Dissolvido (OD), abaixo do exigido pela legislação no Ponto 01, pode ser ocasionada principalmente pela pressão antrópica que este rio sofre ao longo do seu curso, provavelmente devido ao lançamento de esgoto sanitário sem tratamento e aumento da carga orgânica de um modo geral, conforme mencionado por Oliveira *et al* (2006). Esse aumento da carga orgânica faz com que as bactérias decompositoras façam uso do oxigênio em seus processos respiratórios, podendo diminuir sua presença no meio. Dependendo da intensidade com que esse oxigênio é consumido e da taxa de aeração do ambiente, podem vir a morrer diversos seres aquáticos devido à ausência de oxigênio (PEREIRA, 1994).

No Ponto 02, os menores valores apresentados estiveram em 4,0 mg/L, somente nas amostras coletadas em Novembro/2008, Fevereiro e Setembro de 2009. Os demais resultados apresentaram-se acima de 5,0 mg/L, atendendo a legislação. Em águas naturais,

um teor de 5 a 6 mg/l já é o suficiente para suportar uma população variada de peixes, por exemplo.

Os resultados dispostos na figura 5.46 apresentam os valores que estiveram abaixo do permitido pela resolução nº. 357/05 do CONAMA, levando em consideração o período de maré.

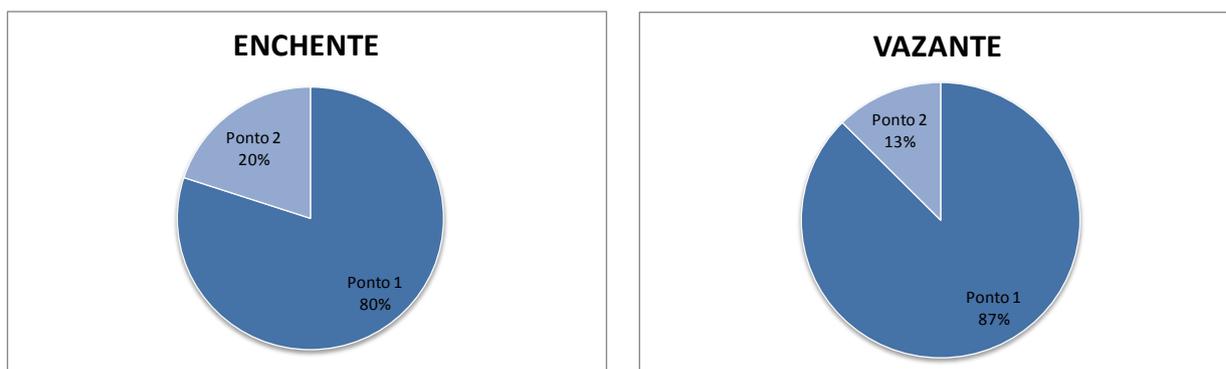


Figura 5.46 – Incidência de valores abaixo do permitido pela CONAMA 357/05 de acordo com a maré

Como pode ser observado, mais de 80% das amostras de retiradas do Ponto 01 tanto na maré vazante quanto enchente estiveram abaixo de 5,00 mg/l de oxigênio. Esses resultados podem ser explicados pela presença de vegetação e matéria orgânica presentes no local. No Ponto 02, situado na área diretamente afetada, os valores obtidos com índices abaixo do permitido, apresentam-se em menor proporção, devido à maior hidrodinâmica desse ponto.

Sobre a área do bota-fora, os resultados de Oxigênio Dissolvido apresentaram níveis de 7,55 mg/L na maré vazante, caracterizando ambientes marinhos bem oxigenados, o que era esperado para este ambiente, afastado de fontes emissoras de material orgânico.

Turbidez

A presença de sólidos na água é normal. No estuário, da baía da Babitonga a variação hidrodinâmica, a influência dos rios afluentes, que compõe o Complexo da Baía da Babitonga, a saber: Rio Cubatão (Norte), Cachoeira, Palmital, Parati e Pirabeiraba, e os mananciais distribuídos ao longo de São Francisco do Sul, podem apresentar naturalmente níveis altos de turbidez, o que pode elevar consequentemente os padrões desse índice.

Para entender e avaliar o comportamento das águas da baía da Babitonga ao receber as atividades de dragagem e desse modo intervir sobre possíveis impactos negativos no corpo hídrico apresenta-se a tabela 5.17, que demonstra os valores de turbidez de alguns contribuintes.

Tabela 5.17 – Parâmetros de qualidade da água superficial, provenientes de mananciais distribuídos ao longo de São Francisco do Sul.

Parâmetro	Unidade	Rio Olaria ¹	Rio Laranjeiras	Rio Miranda	Rio Acaraí	Rio Acaraí	Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas Classe 2
Turbidez	NTU	10,3	6,5	17,4	2,4	6,3	40

Fonte: ENGEVIX (2000a), sobre resultados de análises efetuadas no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA/ENS/UFSC).

1 Amostra coletada na barragem da SAMAE.

2 Amostra coletada na ponte de acesso à Praia do Ervino, localidade de Miranda.

3 Amostra coletada a cerca de 1.800 m dos poços da PETROBRAS.

4 Amostra coletada próximo nos poços da PETROBRAS.

Dados de Turbidez (NTU), também foram obtidos em 14 pontos distribuídos na Baía da Babitonga, considerando o Termo de Referência do IBAMA, compreendendo a região entre o aterro da BR – 280 e o canal de acesso à Baía da Babitonga; e Barra do Sul (compreendendo a região entre o aterro da BR – 280 e o canal de acesso a Barra do Sul), conforme pode ser visualizado na figura 5.47.

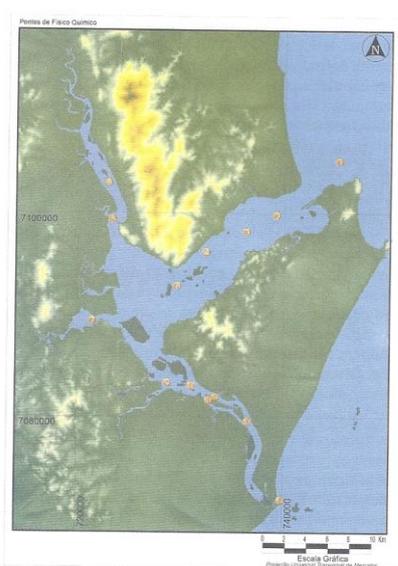


Figura 5.47- Distribuição dos pontos de amostragem físico-química definidos nas áreas da Baía da Babitonga e Barra do Sul. (OLIVEIRA *et al*, 2006).

O resultado do diagnóstico apresentou valores entre 0,3 e 67 NTU ao longo das estações para os 14 pontos amostrados. Sendo que nos meses de verão, com temperaturas mais altas, ocorreram os maiores valores de turbidez da água. Os maiores valores de turbidez foram encontrados para o ponto situado junto à Lagoa do Saguazu, foz do Rio Cachoeira, que recebe grande descarga de sedimentos contaminados e esgotos sanitários (CREMER, M.; MORALES, P.; OLIVEIRA, T., 2006).

Em se tratando dos resultados de Turbidez (NTU) obtidos durante as campanhas de amostragem realizadas no monitoramento ambiental das atividades do TESC a figura 5.48 apresenta-os na forma de gráfico.

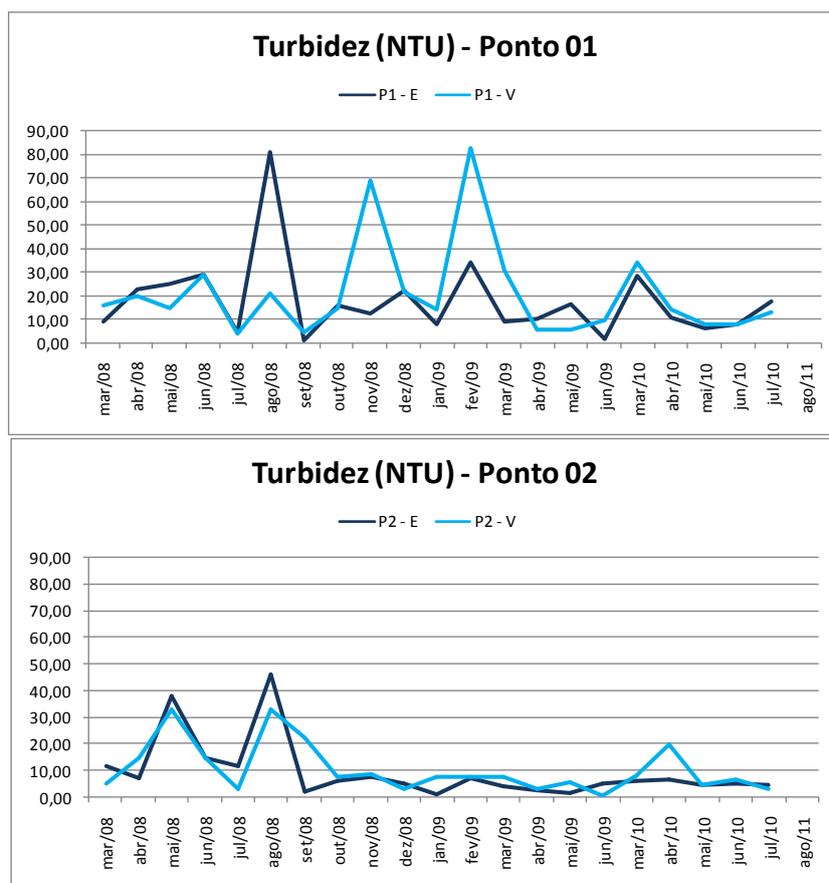


Figura 5.48 – Variação Turbidez (NTU) na superfície durante as atividades de monitoramento ambiental na baía da Babitonga

No Ponto 3, situado próximo a ilha do Alvarenga e considerado como um ponto de controle, os valores médios mensais em 2011 foram similares conforme pode ser evidenciado na figura 5.49 que não ultrapassaram a 8,0 NTU.

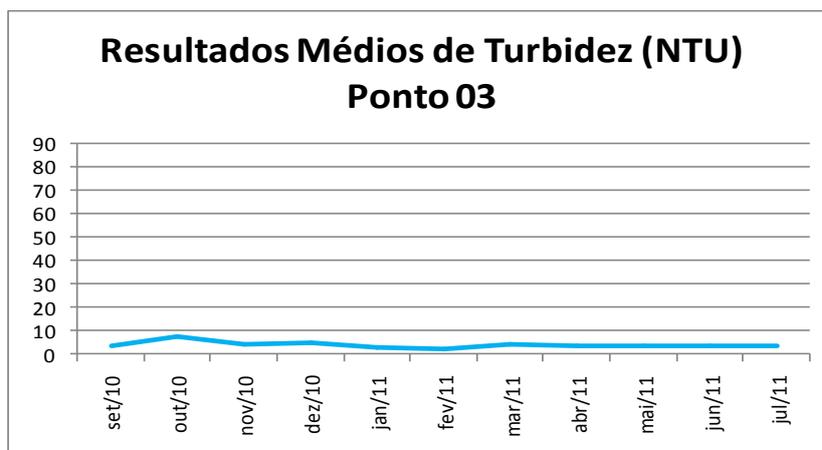


Figura 5.49 – Variação Turbidez (NTU) durante as atividades de monitoramento ambiental na baía da Babitonga

Nas últimas campanhas amostrais realizadas no mês de Agosto/11 e Setembro/11 os valores de turbidez para os pontos de coleta situados na Baía da Babitonga e na área de Bota-fora estão considerados nas tabelas 5.18 e 5.19.

Tabela 5.18 - Resultados de Turbidez (NTU) para o gradiente superfície, meio e fundo nos pontos situados na baía da Babitonga

Período	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03	
	E	V	E	V	E	V
Superfície	8,30	17,20	6,97	1,26	2,28	2,69
Horário	11:00	14:00	11:05	13:34	11:30	14:19
Meio	-	-	4,20	4,79	-	-
Horário	-	-	11:16	13:40	-	-
Fundo	-	-	2,10	4,28	3,53	5,29
Horário	-	-	11:20	13:48	11:38	14:30

Tabela 5.19- Resultados de Turbidez (NTU) para o gradiente superfície, meio e fundo nos pontos situados no Bota-fora.

Parâmetro	Ponto 04						Ponto 05					
	S		M		F		S		M		F	
	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V
Turbidez	0,0	0,0	0,0	0,0	0,76	0,0	0,0	1,26	0,0	0,0	0,1	0,0
Horário	10:23	09:50	11:02	10:00	11:20	10:25	13:00	10:50	13:15	11:00	13:23	11:23

Durante as últimas campanhas confirmou-se o caráter de turbidez baixa e até mesmo nula na área do bota-fora, local onde estão alocados os pontos 04 e 05. Isso se deve em parte a ausência de características típicas que em presença causam a turbidez da água, como: presença de matérias sólidas em suspensão (silte, argila, sílicas), matéria orgânica e inorgânica, organismos microscópicos e algas. A origem desses materiais pode ser o solo (quando não há mata ciliar); a mineração (como a retirada de areia ou a exploração de argila); as indústrias; ou o esgoto doméstico, lançado no manancial sem tratamento.

Potencial Hidrogênio Iônico (pH)

O pH é um indicador de acidez ou alcalinidade de determinado composto líquido. A legislação competente em vigor, determina que o pH de águas salobras e salinas, de classe I devem ficar entre 6,5 e 8,5 (Figura 5.50).

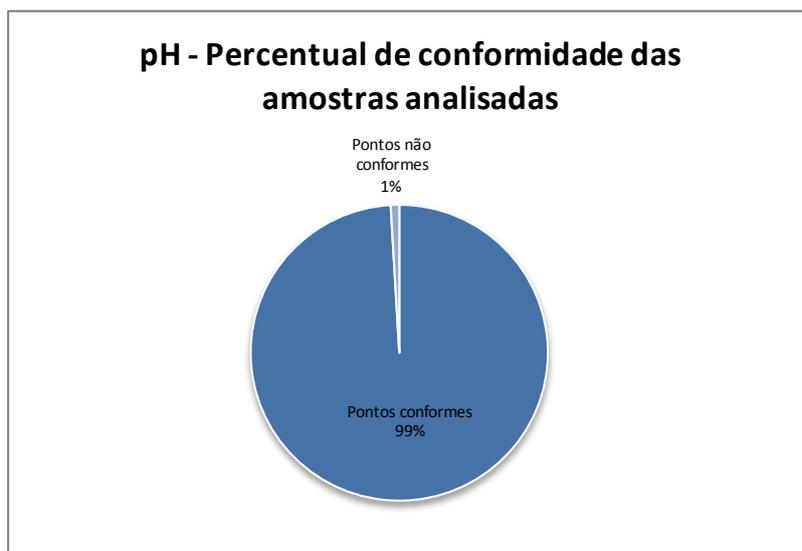


Figura 5.50 - Percentual dos valores em conformidade com a CONAMA nº. 357/05

A tabela 5.20 apresenta a média mensal para cada ponto amostral, durante todos os períodos de amostragem realizados, na superfície.

Tabela 5.20 – Resultados de pH médio mensal para a superfície nos pontos 01 e 02 na baía da Babitonga.

Período	Ponto 01		Ponto 02	
	Enchente	Vazante	Enchente	Vazante
Fevereiro/08	7,32	7,73	8,25	8,24
Março/08	7,32	7,51	7,66	8,02
Abril/08	7,69	7,6	8,04	7,97
Maio/08	7,23	7,33	8,12	8,13
Junho/08	7,23	7,16	8,11	8,06
Julho/08	7,59	8	8,17	8,13
Agosto/08	7,15	7,2	8,03	8,06
Setembro/08	8,2	7,48	7,9	8,01
Outubro/08	7,52	7,8	7,96	7,97
Novembro/08	7,8	7,38	7,95	7,9
Dezembro/08	7,12	7,3	7,73	7,35
Janeiro/09	8,03	8,26	8,09	7,99
Fevereiro/09	6,78	7,82	8,06	8,15
Março/09	8,35	7,82	8,1	8,15
Abril/09	8,29	8,25	7,24	8,27
Maio/09	7,87	7,69	8,08	8,05
Junho/09	7,99	7,2	8,02	7,98
Agosto/09	7,86	7,9	8,0	7,8
Setembro/09	8,13	7,78	8,21	8,03
Outubro/09	7,57	8,03	8,13	8,07
Junho/10	7,15	7,21	7,96	8,14
Julho/10	6,82	6,87	7,78	7,9
Agosto/11	6,15	6,74	7,46	7,82

Observa-se que os valores de pH nos pontos P1 e P2 apresentam-se quase em sua totalidade atendendo legislação competente.

Com relação à última campanha amostral estão sumarizados na tabela 5.21, para todos os pontos na baía da Babitonga e bota-fora os resultados que estiveram no limite estipulado pela resolução do CONAMA, com exceção apenas da superfície do ponto 01 (6,15).

Tabela 5.21 - Resultados de pH nos pontos situados na Baía da Babitonga e na área do Bota-fora em Agosto/11.

Período	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03		Ponto 04		Ponto 05	
	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V
Superfície	6,15	6,74	7,46	7,82	7,87	7,75	8,13	7,97	8,06	7,64
Meio	-	-	7,70	7,67	-	-	8,06	7,90	7,86	7,56
Fundo	-	-	7,56	7,65	7,54	7,49	8,07	7,95	7,88	7,60

Carbono Orgânico Total – COT

O Carbono Orgânico Total (COT) corresponde à soma dos COD (Carbono Orgânico Dissolvido) e COP (Carbono Orgânico Particulado). O COD corresponde principalmente à decomposição de plantas e animais e a partir de produtos de excreção destes organismos, já o COP é constituído pelo carbono orgânico particulado da biota (fitoplâncton, zooplâncton e bactérias) e pelo carbono orgânico particulado detrital (material orgânico em suspensão, detrito orgânico particulado etc.) (PACHECO *et al.*, 2004).

A análise de COT independe do estado de oxidação da matéria orgânica e não sofre a interferência de outros átomos que estejam ligados à estrutura orgânica, quantificando apenas o carbono presente na amostra. Dessa maneira, o carbono orgânico total na água é um indicador útil do grau de poluição por origem orgânica do corpo hídrico (CETESB, 2010).

Os gráficos a seguir apresentam as concentrações deste parâmetro, nos pontos 01 e 02 e o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 357/2005 para água salobra de classe I (Figura 5.51).

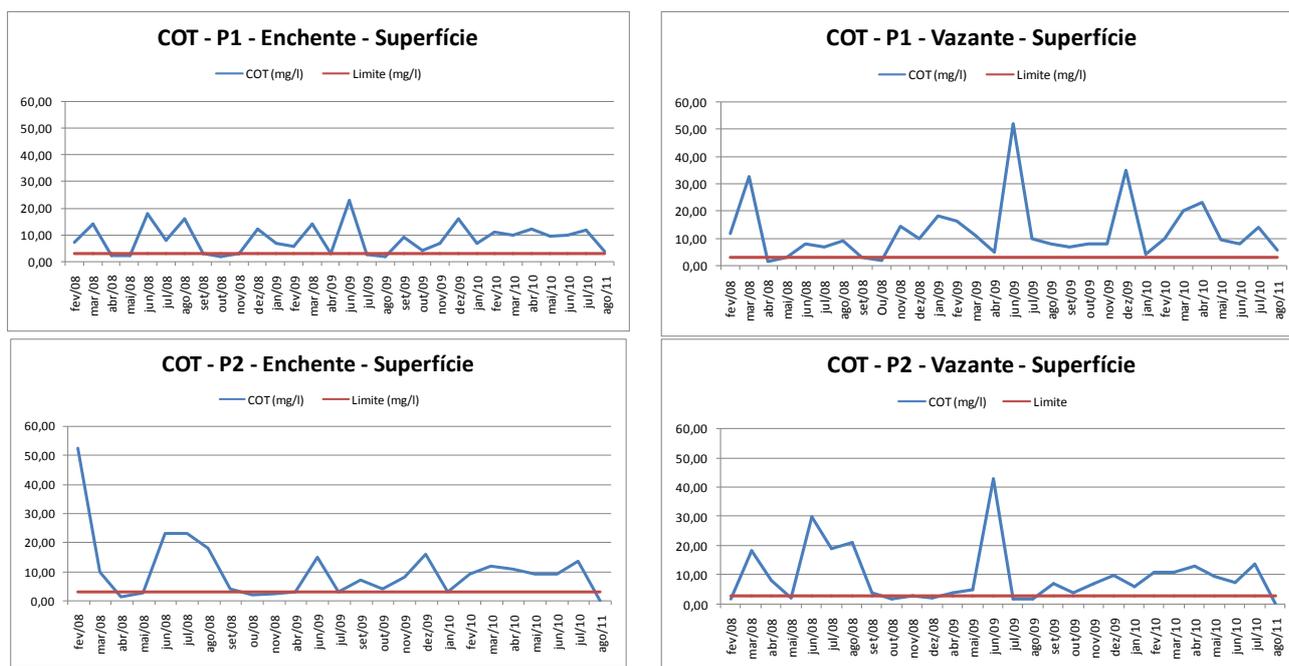


Figura 5.51 - Resultados de Carbono Orgânico Total (COT), nos pontos 01 e 02, superfície, na baía da Babitonga

O ponto que apresentou maior número de meses com amostras não conformes foi o Ponto 01 (vazante), com 26 amostras fora do padrão. Diferentemente deste, o Ponto 02 (enchente) registrou o menor número de amostras não conformes (Figura 5.52).

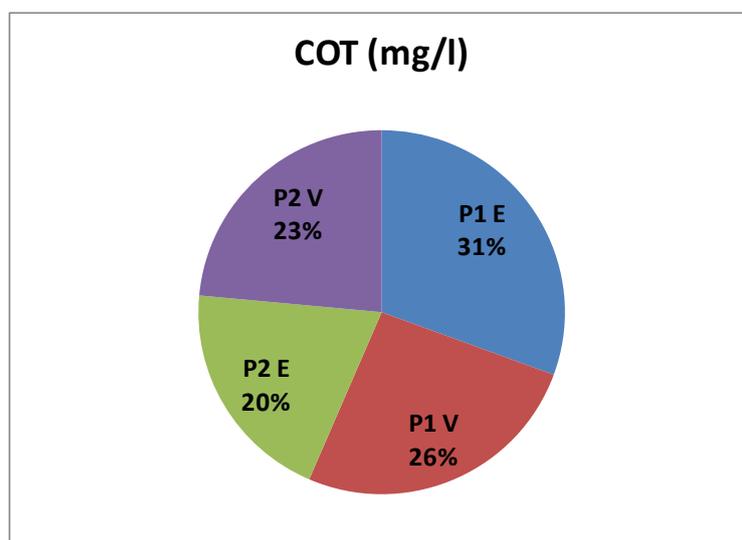


Figura 5.52 - Percentuais de COT, considerando a maré para as amostras não-conformes

A investigação das concentrações de COT amostradas na baía da Babitonga e na área do bota-fora está demonstrada na tabela 5.22, considerando o gradiente superfície, meio e fundo.

Tabela 5.22 - Resultados de COT nos pontos situados na Baía da Babitonga e na área do Bota-fora em Agosto/11

Limite CONAMA 357/05 3,0 mg/L	Período	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03		Ponto 04		Ponto 05	
		E	V	E	V	E	V	E	V	E	V
	Superfície	3,6	5,5	<2,5	<2,5	<2,5	2,6	<2,5	<2,5	3,1	<2,5
	Meio	-	-	<2,5	<2,5	-	-	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
	Fundo	-	-	<2,5	<2,5	3,5	<2,5	2,7	<2,5	<2,5	<2,5

Coliformes Totais

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera. As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal.

A figura 5.53 apresenta os resultados da concentração de Coliformes Totais na superfície, obtidos de 2008 a 2010, durante as atividades de monitoramento ambiental na área do TESC juntamente com os resultados das últimas campanhas realizadas em Agosto de 2011, para o Ponto 01 e Ponto 02.

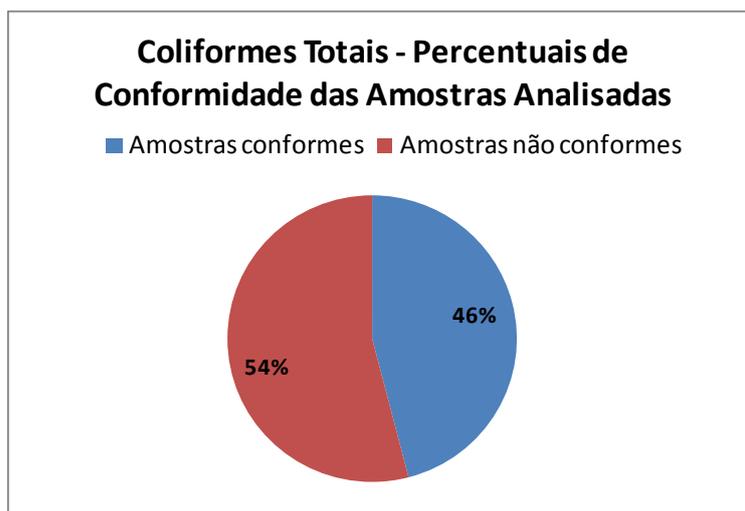


Figura 5.53 - Percentual de conformidade de coliformes termotolerantes nas amostras analisadas

O ponto 01, situado junto à foz do rio Pedreira, contribuiu para um maior número de amostras não conformes, conforme é demonstrado na figura 5.54.

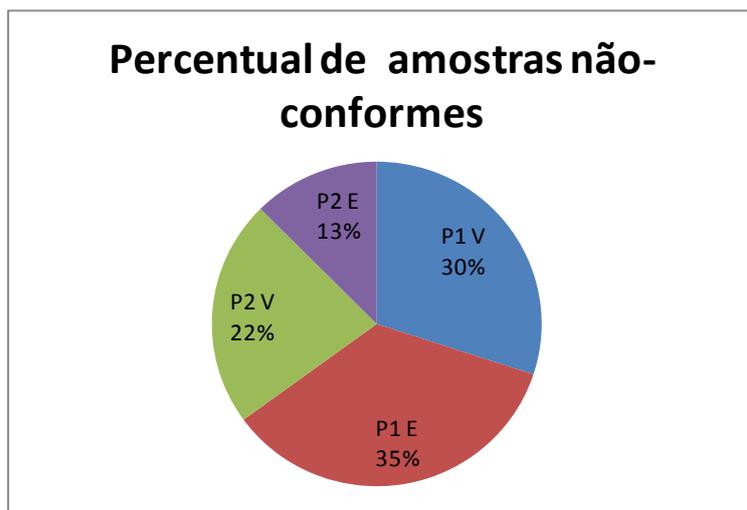


Figura 5.54 – Percentual de amostras não-conformes

Para o diagnóstico completo as análises deste parâmetro contemplaram todos os pontos amostrais (Tabela 5.23).

Tabela 5.23- Resultados de Coliformes Totais nos pontos situados na Baía da Babitonga e na área do bota-fora, resultados obtidos na campanha de Agosto/11

VMP CONAMA 357 - ART. 21	P 1		P 2				P 4				P 5			P 6										
	Superfície		Superfície		Meio		Fundo		Superfície		Fundo		Superfície			Meio		Fundo						
	E	V	E	V	E	V	E	V	V	E	V	E	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V		
1000	1733	1733	1733	1120	1120	1203	1046	1553	921	1733	365	548	1203	2419	43	1870	308	2419	58	1986	55	2419	602	2419

Por fim, observa-se que os pontos amostrais com maiores registros de contaminação foram os pontos 01 e 02, situados na baía da Babitonga o que pode ser explicado pela maior influência da urbanização ao longo do trecho do rio Pedreira.

Este rio, bem como seus afluentes, está localizado em sua totalidade em uma malha urbana densamente ocupada. O desenvolvimento dessa urbanização ocorreu de forma desequilibrada não havendo nenhum controle quanto à ocupação das áreas ribeirinhas. Além disso, de acordo com o Atlas Ambiental da Região de Joinville – Complexo Hídrico da Baía da Babitonga (2002), parte do município de Araquari e a totalidade dos municípios de São Francisco do Sul, Itapoá e Garuva não dispõem de sistemas centrais de tratamento de esgotos sanitários.

Presume-se que também a grande maioria da população não possui sistemas individuais de tratamento do efluente sanitário. Oliveira *et al* (2006) destaca que a emissão constante de matéria orgânica na Baía da Babitonga é fundamentada principalmente pela carência de sistemas de tratamento de esgotos sanitários nos seis municípios do entorno.

O Ponto 02 localizado junto ao lado externo do píer do TESC, também pareceu refletir a influência desse rio, apresentando para superfície, meio e fundo valores acima do permitido pela legislação.

5.1.6.3.2.2 – Parâmetros Inorgânicos

Cádmio

O cádmio tem grande poder cumulativo, e é um subproduto dos tratamentos dos minerais de zinco, chumbo e cobre. A metalização de tintas, a fotografia, as matérias plásticas, as baterias, os pigmentos, alguns pesticidas, os adubos fosfatados e a indústria metalúrgica são algumas aplicações do cádmio. É utilizado como anticorrosivo, como estabilizador de PVC e em reatores nucleares (FATMA/GTZ, 1999 *apud* OLIVEIRA *et al*, 2006).

A avaliação desse composto, assim como outros apresentados neste trabalho foi realizado periodicamente durante as atividades de monitoramento da qualidade da água entre 2008 a 2010, nos pontos 01 e 02 localizados nas áreas de influência do TESC, sendo o percentual de conformidade apresentado na figura 5.55.

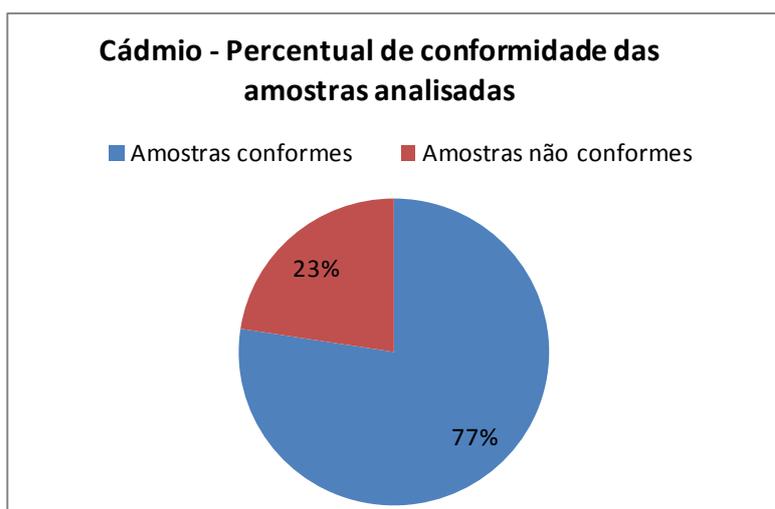


Figura 5.55 – Percentual de conformidade de cádmio nas amostras analisadas durante o monitoramento ambiental realizado na baía da Babitonga, durante o período de 2008 a 2010

Das 124 (cento e vinte e quatro) amostras analisadas, 96 (noventa e seis) apresentaram-se dentro da legislação, o que representa 77% das amostras. Os resultados são referentes às análises de superfície, dos pontos 01 e 02. O mês da última ocorrência acima do limite máximo estabelecido foi em setembro de 2008 para o Ponto 2 (Vazante). Este parâmetro apresentou concentração estável desde então, não apresentando valor superior a 0,005 mg/l, conforme preconizado na Resolução CONAMA nº. 357/2005, para águas salobras de classe I. Para as amostras que estavam acima do permitido, observa-se uma equidade entre as concentrações da maré de enchente e vazante.

Os valores encontrados durante a última campanha, para todos os pontos amostrados na baía da Babitonga e boca-fora apresentou valores abaixo de $<0,0001$ mg/L, como constam nos laudos anexo.

Alumínio Dissolvido

O alumínio e seus sais são usados no tratamento da água, como aditivo alimentar, na fabricação de latas, telhas, papel alumínio, na indústria farmacêutica, etc. Na água, o metal pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. Quanto maior a acidez, quantidade de matéria orgânica, chuva e turbidez, maior a concentração de alumínio na água (CETESB, 2010).

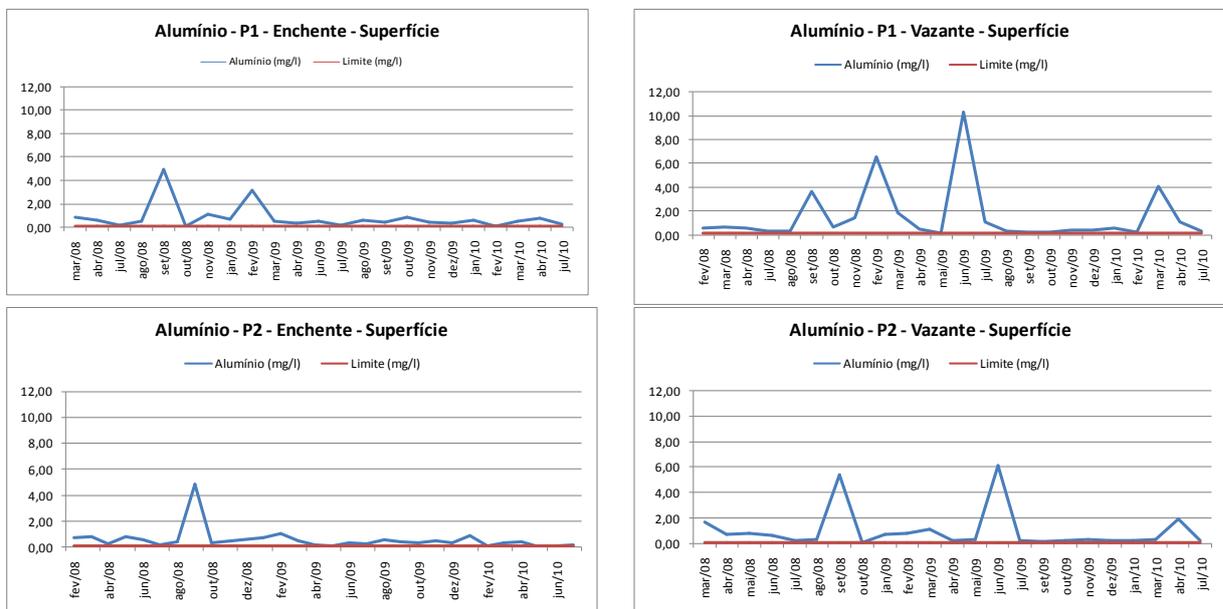


Figura 5.56 – Concentrações de alumínio acima do limite para os pontos 1 e 2 na baía da Babitonga

Com base nos estudos realizados entre 2008 e 2010 e de acordo com os gráficos apresentados na Figura 5.56 pode-se concluir que nos pontos 01 e 02 as concentrações mais elevadas de alumínio na superfície da coluna d'água estão presentes no ponto 01, na maré de vazante. Durante o monitoramento verificou-se também que o ponto 02 (enchente) apresentou maior número de meses com amostras não conformes com a legislação.

Por meio da análise de cada ponto monitorado durante a última campanha amostral em agosto/11 tem-se para Alumínio resultados inferiores aos constantes na resolução nº. 357/05 do CONAMA em todos os pontos de amostragem (Tabela 5.24).

Tabela 5.24 - Resultados de Alumínio Dissolvido nos pontos situados na baía da Babitonga e bota-fora, obtidos nas campanhas de agosto/2011

VMP CONAMA 357/05	Ponto de Amostragem	Gradiente	Maré	Resultado Analítico
ÁGUA SALOBRA – 0,1 (mg/L) ÁGUA SALINA – 1,5 (mg/L)	P1	Superfície	E	0,044
			V	0,05
		Superfície	E	0,023
			V	0,016
	P2	Meio	E	0,013
			V	0,016
		Fundo	E	0,09
			V	0,021
	P3	Superfície	V	0,017
			E	0,009
		Fundo	V	0,016
			E	0,014
	P4	Superfície	V	<0,0001
			E	<0,0001
		Meio	V	<0,0001
			E	<0,0001
		Fundo	V	<0,0001
			E	<0,0001
	P5	Superfície	V	<0,0001
			E	<0,0001
	Meio	V	<0,0001	
		E	<0,0001	
	Fundo	V	<0,0001	
		E	<0,0001	

Cromo

Este composto é comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel e fotografia (PHILIPPI *et. al.*, 2004).

Considerando as campanhas de agosto/11 somadas ao histórico de resultados para este composto, temos o gráfico abaixo que representa a porcentagem de conformidade para a superfície nos Pontos 01 e 02 (Figura 5.57).

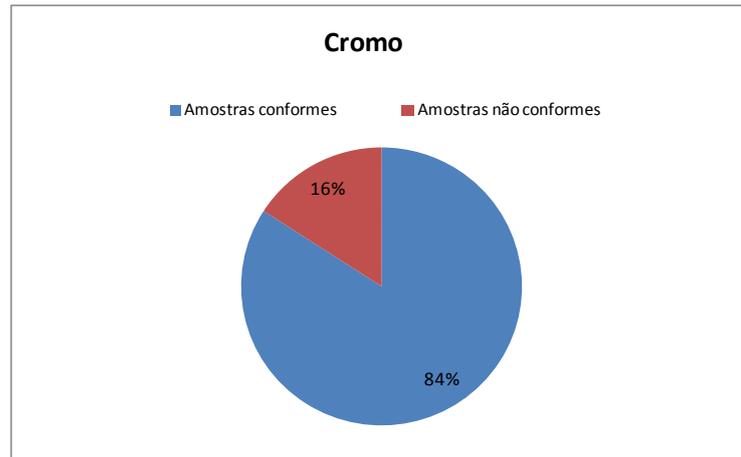


Figura 5.57 – Percentual de conformidade de Cromo nas amostras analisadas durante o monitoramento ambiental realizado na baía da Babitonga

O mês da última ocorrência acima do limite máximo estabelecido foi setembro de 2008, sendo verificada no Ponto 02 (Vazante). Este parâmetro apresentou concentração estável desde então, não apresentando valor superior a 0,005 mg/l, conforme preconizado na Resolução CONAMA nº. 357/2005, para águas salobras de classe I (Figura 5.58).

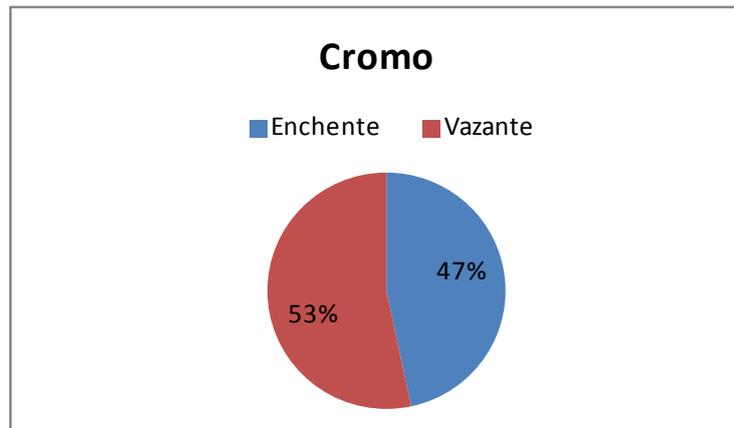


Figura 5.58 – Percentual de amostras não conformes distribuídas de acordo com a maré.

Os resultados de não conformidade apresentaram-se ao longo do período amostrado, distribuídos semelhantemente divididos entre a maré enchente e vazante. Os resultados de Cromo encontrados tanto na área da baía como na região do bota-fora foram inferiores ao estabelecido pela legislação, apresentando em todos os pontos valores inferior a <0,0001, como constam nos laudos anexo.

Níquel

A crosta terrestre é composta de aproximadamente 0,015% de níquel. Também existem traços de níquel em muitas rochas sedimentares e no carvão. É aplicado em grande

quantidade em processos de galvanoplastia. Produtos à base de níquel são utilizados no enobrecimento do aço e na produção de ligas à base de níquel. O níquel metálico é utilizado na indústria química como catalisador. É um elemento considerado essencial para algumas espécies de animais, plantas e microorganismos procarióticos (OLIVEIRA, *et al*, 2006).

Índices de Níquel acima do permitido pela legislação não foram encontrados na campanha realizada em agosto de 2011, em nenhum ponto amostral, tanto no estuário como na área de bota-fora, como pode ser evidenciado nos laudos em anexo. Durante o monitoramento ambiental realizado nos anos anteriores (2008 a 2010) uma pequena porcentagem de amostras apresentou valores de Níquel que excederam os limites, conforme pode ser visualizado na figura 5.59.

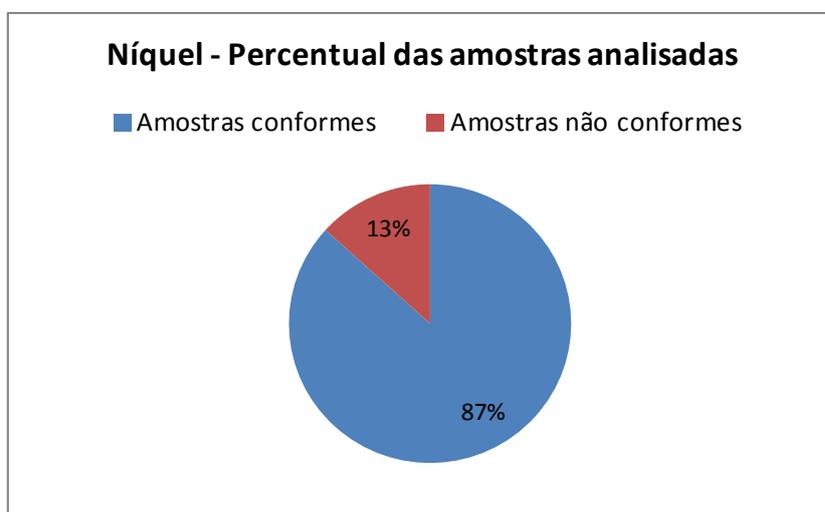


Figura 5.59 – Percentual de conformidade de Níquel nas amostras analisadas durante o monitoramento ambiental (2008 a 2010), realizado na baía da Babitonga.

O níquel apresentou concentração acima do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 357/2005 para águas salobras de classe I (0,025mg/l) com relativa frequência até o mês de julho de 2008. Após estas ocorrências, a concentração apresentou-se frequentemente estável e aquém do estabelecido pela supracitada resolução aparecendo somente em mais duas ocasiões acima do limite (fevereiro de 2009 no ponto P2-E e em abril de 2009 no ponto P2-V). Para as amostras que estavam acima do permitido, observa-se uma maior ocorrência nas marés vazantes, presumindo-se assim contaminação saindo de dentro da Baía da Babitonga para fora, conforme figura 5.60.

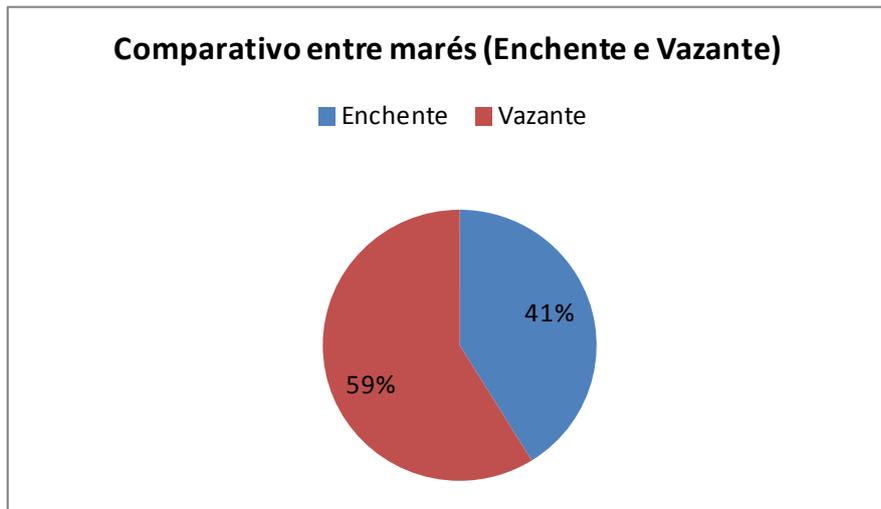


Figura 5.60 – Comparativos entre marés do parâmetro Níquel

Em resumo, 87% das amostras apresentaram valores favoráveis. Além disso, nos últimos 12 meses analisados, não houve ocorrências alarmantes.

Nitrato

O nitrato é resultante do processo de degradação da matéria orgânica, através da oxidação da amônia na presença de bactérias (nitrossomas). Considerado um composto tóxico, está presente nas zonas de recuperação em áreas de autodepuração natural de rios. Quando da existência de nitrato nas águas, significa que a fonte de contaminação (em maioria correspondem a esgotos) encontra-se distante, pois já houve a decomposição da matéria orgânica em amônia e a decomposição da amônia em nitrato.

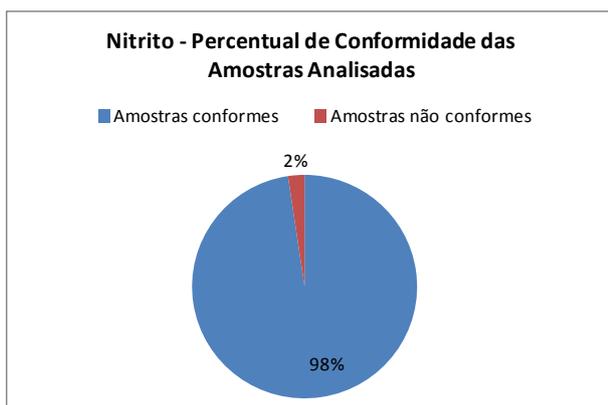


Figura 5.61 – Percentual nos pontos 01 e 02 (superfície) de Nitrato conforme legislação ambiental

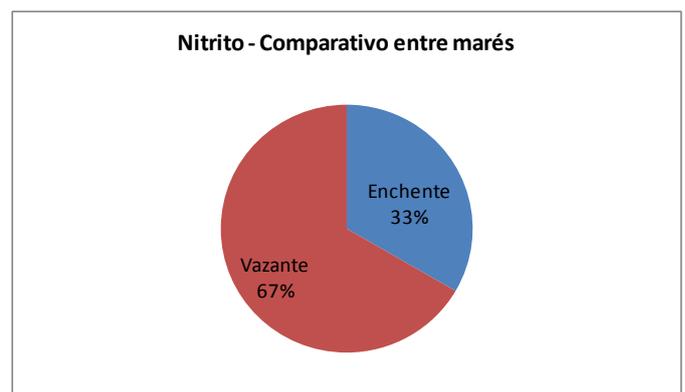


Figura 5.62 - Percentual de amostras não-conformes distribuídas de acordo com a maré

A concentração de nitrito esteve acima do permitido pela legislação (0,07mg/l) somente em três momentos (dezembro/08 – P1-V; fevereiro/09 – P1V e P1-E). O fato desta alteração ter sido encontrada somente no ponto 01, confirma a contaminação que o Rio Pedreiras sofre ao longo do seu trajeto. Estas três amostras alteradas representaram apenas 2% do total de não conformes. Em resumo, 98% das amostras apresentaram valores favoráveis, conforme figura apresentada (Figura 5.61 e 5.62).

Nos demais pontos (Ponto 3, Ponto 4 e Ponto 5), os resultados encontrados na última campanha de amostragem confirmam valores abaixo do permitido pela legislação, como pode ser evidenciado nos laudos anexo.

Nitrato

O Nitrato é a principal fonte de nitrogênio associada à contaminação das águas pelas atividades agropecuárias.

Em amostras coletadas em agosto/11 para análise da concentração desse composto no gradiente de superfície, meio e fundo foram verificados valores < 0,3 nos pontos localizados no estuário e valores variando < 0,3 a < 0,1 nos pontos de coleta em águas salinas, resultados estes que estão em anexo.

Para esse composto é possível apresentar também os dados históricos de amostragens realizadas na superfície nos ponto 1 e 2, conforme demonstra a figura 5.63.

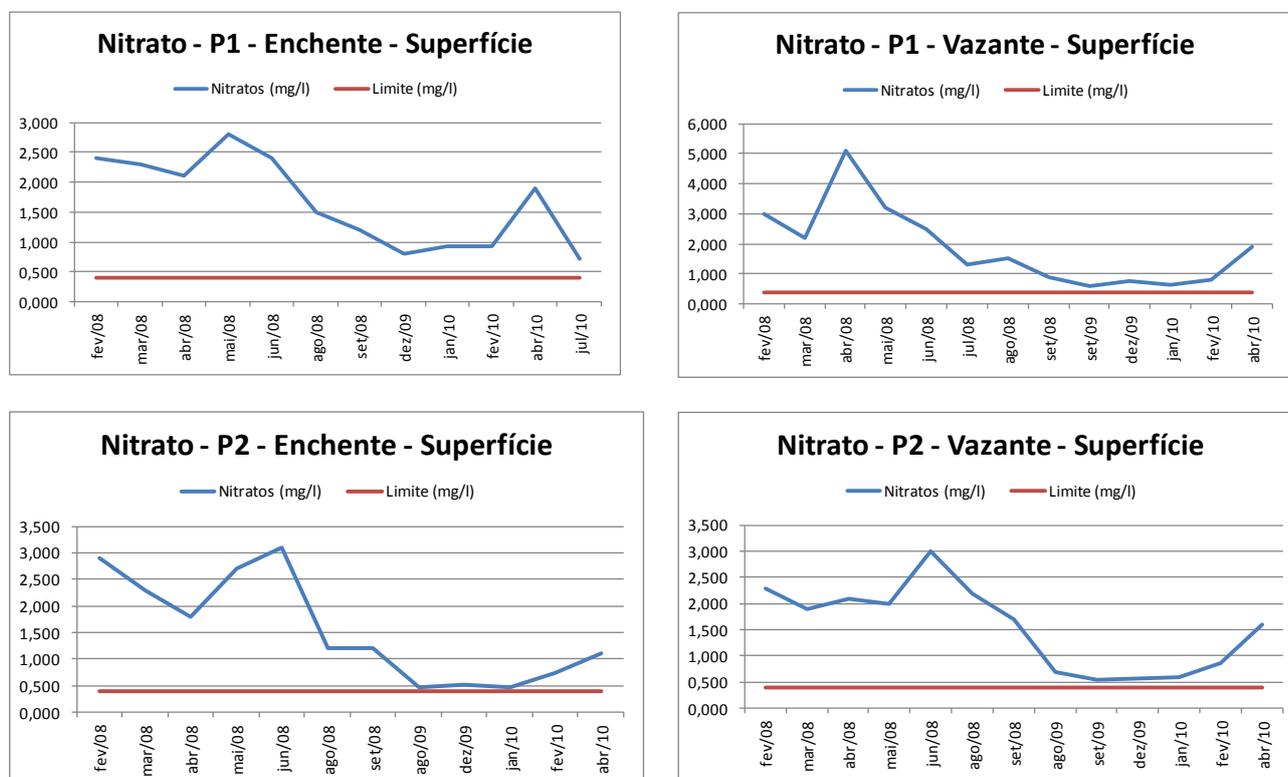


Figura 5.63 - Concentrações de Nitrato acima do permitido pela legislação

A análise dos 13 meses em que os valores para esse composto ultrapassaram os limites estabelecidos conforme legislação nos permite inferir que as prováveis causas de existência de nitrogênio amoniacal em águas superficiais na área de influência do TESC, podem ser em função do derrame ocasional de produtos fertilizantes e/ou a deterioração de animais e vegetais que possuem nitrogênio em forma orgânica que em contato com água rapidamente transforma-se em nitrogênio amoniacal. Porém, ressalta-se que o Rio Pedreira é importante fonte de transporte de esgotos sanitários proveniente da ocupação humana nos arredores do TESC com tratamento deficiente ou mesmo “*in natura*” o que pode também estar causando a ocorrência de valores elevados em várias amostras.

Ferro Dissolvido, Fluoreto Total e Fósforo Total, Arsênio Total, Berílio Total, Boro, Chumbo Total, Cianeto Livre, Cloro Total, Cobre Dissolvido, Manganês Total, Mercúrio Total, Nitrogênio Amoniacal, Polifosfatos, Prata, Sulfetos, Selênio e Zinco.

As principais fontes naturais do ferro para o ambiente aquático são o intemperismo das rochas que compõem a bacia de drenagem e a erosão de solos ricos nesses materiais. Atualmente, além das fontes naturais de metais, as fontes antrópicas têm-se destacado como responsáveis pelos elevados níveis desses elementos nos corpos d'água, colocando em risco o equilíbrio ecológico desses sistemas (ESTEVES, 1998).

Por sua vez, os compostos de fósforo podem estar nas águas sob as formas de ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico. Segundo Esteves (1988), na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas. Podem originar-se de numerosas descargas industriais.

O Chumbo está presente na água devido às descargas de efluentes industriais como, por exemplo, os efluentes das indústrias de acumuladores (baterias), bem como ao uso indevido de tintas e tubulações e acessórios a base de chumbo (materiais de construção). Dissolvido em águas superficiais naturais, os teores de chumbo geralmente são baixos. A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes, além de sua utilização como aditivo anti-impacto na gasolina. O chumbo e seus compostos também são usados em processos de eletrodeposição, metalurgia, materiais de construção, plásticos, tintas, inseticidas, fabricação de baterias e vidros (CETESB, 2010).

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estação de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas de cobre como fungicidas e pesticidas no tratamento de solos e efluentes, e a precipitação atmosférica de fontes industriais. As principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refinação (PHILIPPI *et. al.*, 2004).

Largamente utilizado na indústria, o zinco é produzido no meio ambiente por processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam as produções de zinco

primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e apresenta um sabor metálico ou adstringente quando aquecida.

O manganês é muito usado na indústria do aço e na fabricação de ligas metálicas e baterias, bem como, na indústria química, em tintas vernizes, fogos de artifício e fertilizantes, entre outros.

O Arsênio é considerado um semimetal. Quando aparece em concentrações maiores na água, muitas vezes a causa é geogênica. Os efluentes industriais da produção de estanho em forma de “óxido branco de arsênio”, em processos de fundição, liberam compostos de arsênio.

A presença de nitrogênio amoniacal na água significa matéria orgânica em decomposição e que o ambiente está pobre em oxigênio. Os compostos de nitrogênio são de grande importância nos processos vitais de todas as plantas e animais. O nitrogênio é um elemento fundamental na formação das proteínas. Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, alternam-se várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas (APHA et. al., 1995): 3 - nitrogênio amoniacal, como amônia (NH₃) e o íon amônio (NH₄⁺) (FARIAS, 2006). Os polifosfatos trata-se de uma das formas do fósforo, os polifosfatos são provenientes de despejos de esgotos domésticos e de alguns despejos industriais que utilizam detergentes sintéticos à base de polifosfatos (FARIAS, 2006).

Muitas atividades industriais utilizam o mercúrio para a fabricação de cloro, soda cáustica, para a produção de tintas protetoras, para material de medida, como termômetros, para amálgama dentário e pilhas do tipo botão. As lâmpadas de luz fluorescentes também são fontes difusas de mercúrio. A contaminação do meio ambiente ocorre quando produtos em que se utiliza o mercúrio não são coletados seletivamente e também na incineração desse lixo (OLIVEIRA *et al*, 2006).

Vários processos industriais, particularmente aqueles existentes nas minerações de ouro e nas galvanoplastias, utilizam o cianeto como reagente, gerando grandes quantidades de efluente industrial contendo cianeto e metais pesados em solução (Tabela 5.25 e 5.26).

Tabela 5.25 - Resultados de qualidade da água para os pontos situados na baía da Babitonga obtidos em agosto/11.

Parâmetro	VMP Conama 357/ Art. 21	Ponto 1		Ponto 2				Ponto 3					
		Superfície		Superfície		Meio		Fundo		Superfície		Fundo	
		E	V	E	V	E	V	E	V	V	E	V	E
Ferro	0,3	2,71	3,05	2,37	2	2,28	2,16	1,91	2,04	2,18	2,14	2,09	2,02
Fluoreto	1,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,40	0,50	0,50	0,5
Fósforo	0,124	0,140	0,140	0,040	0,020	0,020	0,020	0,030	0,020	0,02	0,03	0,02	0,02
Arsênio	0,01	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Berílio	5,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Boro	0,5	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,366	0,361	0,34	0,35
Cádmio	0,005	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Chumbo	0,01	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Cianeto	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cloro	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobre	0,005	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Manganês	0,1	0,0902	0,1264	0,0199	0,0119	0,0102	0,0147	0,011	0,0132	0,0262	0,0103	0,0147	0,0117
Mercúrio	0,0002	< 1 x 10-5											
Nitrogênio	0,4	< 0,1	1,44	0,23	0,12	0,12	0,12	< 0,1	0,13	0,13	0,11	0,11	< 0,1
Polifosfato	0,062	0,09	0,04	0,03	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	0,04	< 0,02	< 0,02
Prata	0,005	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Selênio	0,01	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Sulfetos	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Zinco	0,09	< 0,0001	0,06	0,04	0,025	< 0,0001	0,0383	< 0,0001	0,0153	0,016	0,024	0,034	0,063

Tabela 5.26 - Resultados obtidos durante o monitoramento realizado na área do bota-fora.

Parâmetros	VMP CONAMA 357 - ART. 18	Ponto 04						Ponto 05					
		Superfície		Meio		Fundo		Superfície		Meio		Fundo	
		E	V	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V
Arsênio	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Bário	1,00	0,0149	0,0153	0,0125	0,0214	0,012	0,0123	0,0171	0,0146	0,0164	0,013	0,0155	0,0157
Berílio	5,3	3,10	2,90	3,40	3,50	3,30	3,10	3,70	2,90	3,30	3,60	3,40	3,50
Boro	5,0	5,71	6,20	5,81	6,07	5,65	6,61	5,45	6,81	5,66	6,60	5,69	6,60
Cádmio	0,005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Chumbo	0,01	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Cianeto	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cloro	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre	0,005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cromo	0,05	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Ferro	0,3	1,16	1,24	1,55	1,63	1,21	1,07	1,19	1,10	1,36	1,25	1,17	1,26
Fluoreto	1,4	0,60	0,60	0,60	0,5	0,7	0,50	0,60	0,50	0,60	0,60	0,60	0,50
Fósforo	0,062	0,11	<0,01	0,08	0,02	0,06	<0,01	<0,01	0,09	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrogênio	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	<0,1	<0,1	0,13	<0,1	0,2	<0,1	0,13	<0,1
Manganês	0,1	0,0041	0,0056	0,0013	0,0151	0,0100	0,0004	0,0036	0,0050	0,0068	0,0043	0,0100	0,0122
Merúrio	0,0002	<1x10 ⁻⁵											
Polifosfato	0,031	<0,02	<0,02	0,05	0,03	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,06
Prata	0,005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0009
Selênio	0,01	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Sulfetos	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Tálio	0,1	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Urânio	0,5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zinco	0,09	0,4197	0,1102	<0,0001	0,1045	<0,0001	0,1120	<0,0001	0,2000	<0,0001	0,1183	0,4828	0,1214

A concentração de Ferro (Fe) apresentou-se acima do permitido pela legislação em todos os pontos amostrados na baía da Babitonga e área do bota-fora. De acordo com a resolução CONAMA nº. 357/05 as águas salobras e salinas devem apresentar concentração máxima de 0,3 mg/L. Para água salobra o Ferro apresentou resultados acima do permitido ainda maiores que para águas salinas. Essa maior concentração no estuário pode estar relacionada às principais fontes naturais do ferro para o ambiente aquático como o intemperismo das rochas que compõem a bacia de drenagem e a erosão de solos ricos nesses materiais (FARIAS, 2006).

Atualmente, além das fontes naturais de metais, as fontes antrópicas têm-se destacado como responsáveis pelos elevados níveis desses elementos nos corpos d'água, colocando em risco o equilíbrio ecológico desses sistemas (ESTEVES, 1998).

Índices de Fósforo ultrapassaram, ainda que não, muito acima os valores estabelecidos pela resolução CONAMA nº. 357/05, sendo detectado nos Pontos 01, 04 e 05. Sobre isso é possível levar em consideração que esgotos urbanos, sem tratamento, contêm principalmente ortofosfato e fosfatos inorgânicos condensados, oriundos de dejetos humanos e efluentes domésticos (ESCHRIQUE, 2007). De acordo com Valiela (1995), elevadas concentrações de fósforo também estão ligadas a grande quantidade de matéria orgânica acumulada na camada bêntica e que funciona como meio redutor. Outros efluentes também podem conter fósforo em quantidades significativas, tais como os efluentes de pesca das fazendas de carcinicultura, que são ricos em nutrientes dissolvidos (OSÓRIO e OLIVEIRA, 2011; PAULA FILHO, 2004; PIMENTA, 2006 In ESCHRIQUE, 2007).

Valores para Manganês e Nitrogênio apresentaram níveis acima do permitido também somente no Ponto 01. Altas concentrações de Manganês juntamente com ferro são também encontradas em situações de ausência de oxigênio dissolvido, como, por exemplo, em águas subterrâneas ou nas camadas mais profundas dos lagos. Em condições de anaerobiose, o ferro e o manganês apresentam-se em sua forma solúvel (Fe^{2+} e Mn^{2+}), voltando a precipitar-se quando em contato com o oxigênio (oxidação a Fe^{3+} e Mn^{4+}) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Na área do bota-fora, todas as amostras foram registradas com níveis levemente acima do permitido pela legislação para o parâmetro Boro, sendo que o Ponto 4 (Fundo), na maré vazante, registrou a maior densidade desse composto com 6,61 mg/L. O boro elementar não é significativamente tóxico, não podendo ser classificado como veneno; no entanto, quando em pó muito fino, é duro e abrasivo, podendo causar indiretamente problemas de pele, se esta for esfregada depois de estar em contato com ele, parece ser indispensáveis pequenas quantidades de boro na água para o crescimento das plantas, mas em grandes quantidades é tóxico (AYRES & WESTCOT, 1991).

No que diz respeito ao Zinco, que apresentou alguns valores que ultrapassaram a legislação, conforme pode ser observado na tabela 5.24, Morgan et al. (1990) apud Pereira et al., 1994, relata que esse metal é muito comum em áreas estuarinas sujeitas à ação

antropogênica, podendo provocar alterações fisiológicas e genéticas em organismos aquáticos. De acordo com Oliveira *et al* (2006), esse composto pode entrar no ambiente por processos antropogênicos e naturais, como na geração de efluentes domésticos.

5.1.6.3.2.3 – Parâmetros Orgânicos

Os parâmetros orgânicos de qualidade da água, em atendimento a Resolução nº. 357/05 do CONAMA estão apresentados na tabela 5.27 e 5.28.

Tabela 5.27 - Resultados das campanhas amostrais de agosto/2011 para os parâmetros orgânicos de qualidade da água, na baía da Babitonga.

PARÂMETROS	VMP CONAMA 357/Artigo 21.	Ponto 1		Ponto 2				Ponto 3					
		Superfície		Superfície		Meio		Fundo		Superfície		Fundo	
		E	V	E	V	E	V	E	V	V	E	V	E
Aldrin e Dieldrin	0,0019	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Benzeno	700	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Carbaril	0,32	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Clordano	0,004	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
2,4 D	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DDT	0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Demeton	0,1	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06
Dodecatoropentaciclodecano	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Endrin	0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Endossulfan	0,01	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Etilbenzeno	25	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Índice de Fenóis	0,003	0,002	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,002	0,002	< 0,001	0,003	0,001	< 0,001	< 0,001
Gution	0,01	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Lindano	0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Malation	0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Metoxicloro	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Monoclorobenzeno	25	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Paration	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Pentaclorofenol	7,9	< 1 x 10 ⁻⁵											
PCB's	0,03	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Surfactantes	0,2	0,91	1,1	1,2	1,4	1,4	1,2	1,7	1,5	1,2	1,3	1,20	1,2
2,4,5 T	10	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Tolueno	215	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Toxafeno	0,0002	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2,4,5 TP	10	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Tributilestanho	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Triclorobenzenos	80	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Sólidos Dissolvidos Totais		298	299	297	298	298	296	297	298	297	296	298	296

Tabela 5.28 - Resultados dos parâmetros orgânicos para os pontos situados na área do bota-fora.

PARÂMETROS	VMP CONAMA 357/ Artigo 18.	Ponto 04						Ponto 05					
		Superfície		Meio		Fundo		Superfície		Meio		Fundo	
		E	V	E	V	E	V	E	V	E	V	E	V
Benzeno	700	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Carbaril	0,32	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
2,4 D	30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Demeton	0,1	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Dodecacloropentaciclodecano	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	0,004	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Endossulfan	0,01	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Etilbenzeno	25	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Índice de Fenóis	0,06	0,028	<0,001	0,01	0,005	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Gution	0,01	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Lindano	0,004	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Malation	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Metoxicloro	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Monoclorobenzeno	25	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pentaclorofenol	0,0079	<1x10 ⁻⁵											
PCB's	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Surfactantes	0,2	1,30	2,80	1,50	1,60	1,40	3,50	1,50	3,00	1,70	3,00	1,60	3,00
2,4,5 T	10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Tolueno	215	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,4,5 TP	10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Triclorobenzenos	80	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Tricloroeteno	30	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sólidos Dissolvidos Totais		29672	31915	29705	28145	30348	34268	28411	33112	29341	33144	30498	32942

Como pode ser observado nas tabelas acima apenas o parâmetro Surfactante foi encontrado acima da legislação competente, tanto para as amostras de água salobra como para salina. Os surfactantes são compostos orgânicos sintéticos amplamente utilizados nas indústrias especialmente na indústria de detergentes e demais produtos de limpeza (ROMANELLI, 2004). Muitos produtos de limpeza contêm pelo menos dois surfactantes para o desenvolvimento eficaz de suas funções (COSMÉTICOS & PERFUMES, 2001). Diversos estudos têm demonstrado que a presença de detergentes e surfactantes pode causar sérios distúrbios ecológicos, afetando organismos aquáticos, inclusive peixes (BARBIERI *et al.*, 2000).

Os resultados de Surfactantes obtidos para as amostras de água salina indicaram valores superiores aos permitidos pela legislação, o que provavelmente deve estar associado a problemas de interferência no método de análise ou durante a coleta.

5.1.7 – Hidrodinâmica e Sedimentação Costeira

A abordagem de tal estudo tem predomínio de revisão de dados secundários, adicionados de geração de dados e informações de natureza primária, organizados de forma espacialmente hierárquica. Desta forma inicia-se com análise em escala espacial maior, abrangendo a Baía da Babitonga e entorno marítimo, e segue com maior detalhamento nas análises na Área de Influência Direta e Área Diretamente Afetada.

Os itens de 5.1.7.2 a 5.1.7.6 correspondem à etapa de diagnóstico ambiental, onde encontra-se a caracterização descritiva e analítica dos temas hidrodinâmica e sedimentação costeira, com desdobramento em temas associados da geomorfologia, geologia e oceanografia física. Ao final do presente documento, apresenta-se uma avaliação de impacto ambiental baseada no Plano de Dragagem constante no processo de licenciamento pertinente às atividades.

5.1.7.1 – Materiais e Métodos

Os materiais e métodos utilizados na elaboração do presente documento contaram com duas principais abordagens:

* Revisão e re análise de dados secundários, gerando caracterização geral da Geomorfologia, Sedimentação Costeira e dos aspectos hidrodinâmicos;

* Obtenção de dados primários via geoprocessamento, realizando análise espacial, a partir de dados batimétricos, topográficos e interpretação de aerofotos.

5.1.7.1.1 – Revisão de Dados Secundários

Foi realizado o levantamento e revisão dos seguintes materiais:

- a) Todas as dragagens já realizadas no Porto de São Francisco do Sul;
- b) Plantas e cartas batimétricas existentes no arquivo da Administração do Porto de São Francisco do Sul e Terminal Santa Catarina S/A (TESC);
- c) Material sobre modelagens hidrodinâmicas realizadas no âmbito dos licenciamentos ambientais das operações de dragagem realizadas na última década, respectivos relatórios técnicos, estudo de impacto ambiental - EIA.

Os aspectos específicos da releitura dos dados secundários são explicados no início dos subitens, quando necessário.

5.1.7.1.2 – Geoprocessamento e Análise Espacial

Foram utilizadas cartas batimétricas, base topográfica e aerofotos procedentes de levantamentos aerofotogramétricos de duas datas distintas (Tabela 5.29).

A aerofoto em papel foi digitalizada via Scanner Hewlett Packard–Deskjet F4215, em resolução de 400 a 600 *dpi*, e armazenadas em formato *TIFF*.

O material cartográfico e aerofotogramétrico foram processados no programa Arc INFO 9.3, onde, após serem georreferenciados, constituíram um Sistema de Informação Geográfica (SIG), estruturado em sistema de coordenadas planas Universal Transversa de Mercator (UTM), faixa 22 S e *datum* SAD 69.

A base cartográfica utilizada no georreferenciamento é composta de ortofotos digitais da Prefeitura Municipal de São Francisco do Sul em de 1:5.000. Os elementos geográficos contidos na base e destacados para uso neste trabalho foram: malha viária/arruamentos, curvas de nível (intervalos de 1 m), pontos cotados, marcas de vegetação, hidrografia, edificações.

A batimetria foi obtida a partir das plantas batimétricas do Porto de São Francisco do Sul e do Terminal de Santa Catarina S/A (TESC), referentes aos planos de dragagem e estudos de impacto ambiental dos anos de 2004, 2007 e 2011, formando um mosaico que permitiu a geração de modelo numérico de terreno em escala de 1:5.000.

No entanto nas áreas onde não se dispunha de base batimétrica de foi utilizada a Carta Náutica nº. 1904 da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), de escala de 1:50.000.

Tabela 5.29 - Material aerofotogramétrico utilizado e constituinte do SIG.

Tipo de material	Ano/ data	Escala original	Fonte	Escala final
Aerofoto em papel escaneada em 660 dpi e georreferenciada.	10/08/1957	1:25.000	Secretaria do Planejamento/Gov. do Estado de Santa Catarina	1:12.000
Ortofoto restituído	01/2007	1:5.000	Prefeitura Municipal de São Francisco do Sul	1:5.000

A partir do SIG elaborado, foram realizadas:

- * Interpolações de batimetria e topografia para geração de modelo numérico de terreno (MNT), tanto no algoritmo TOPOGRID, como por rede de triangulação irregular (TIN);
- * Derivações de 2 e 3 ordem do MNT, para obtenção de inclinação, orientação de pendente, curvatura, estimativa de área de contribuição entre outros;
- * Interpretações dos cartogramas e aerofotos para geração de mapas de compartimentação geomorfológica, áreas de contribuição, perfis longitudinais e análise da linha de costa.

5.1.7.1.2.1 – Análise Espaço-temporal da Linha de Costa

A definição da linha de costa nas aerofotos adota o critério de linha de preamar média (LPM), a qual é determinada pela linha de saturação hídrica nos sedimentos. A demarcação da LPM iniciou-se por meio de análises de contraste e magnificação (*enhancement*) sobre os mosaicos. Tais processamentos se deram com o uso do programa Arc INFO 9.3, gerando vetores em linha, cada qual com sua precisão inerente à escala final das aerofotos.

A determinação de taxas de variação foram obtidas com o auxílio da extensão *Digital Shoreline Analysis System v. 4.2* (THIELER *et al*, 2009) para o programa supracitado. Essa extensão realiza o cálculo da variação da linha de costa, pressupondo a referência de uma linha de base (*baseline*), a fim de estabelecer um ponto fixo para referenciar os pontos de interseção entre as séries temporais de linha de costa, realizando a medida entre tais pontos, através de perfis transversais. Dessa forma, obteve-se a variação líquida (faixa existente entre o período mais antigo e mais recente), além de taxas de variação anual.

5.1.7.2 – Caracterização Geológica e Geomorfológica da Baía da Babitonga

Os estuários brasileiros têm sua origem relacionada à eustasia positiva (MIRANDA *et al.*, 2002), sendo a transgressão holocênica, ou transgressão Cananéia, ocorrida em aproximadamente 5.100 anos A.P., com o afogamento de vales fluviais e planícies costeiras. Além destes processos de sedimentação costeira advindos posteriormente em pequenos eventos trans-regressivos (SUGUIO *et al.*, 1987), bem como variações no aporte sedimentar, foram importantes na morfogênese de canais e desembocaduras estuarinas.

O complexo estuarino da Baía da Babitonga compreende uma área de aproximadamente 160 km², possuindo, atualmente um canal de livre conexão com o oceano, e desenvolvimento de canais estuarinos associados a desembocaduras fluviais. Tais canais desenvolvem subsistemas estuarinos bastante significativos, tais como Rio Cubatão, Rio Cachoeira, Rio Parati Mirim, no município de Joinville e Córrego Alvarenga e Rios Laranjeiras e Jaguaruna, no município de São Francisco do Sul.

O complexo estuarino enquadra-se na classificação morfológica denominada *Rias*, que de acordo com Suguio (1988) e Perrilo (1995), são estruturas geológicas-geomorfológicas baseadas em vales de dissecação fluvial inundadas por elevação do nível médio relativo do mar (eustasia positiva).

A Baía da Babitonga possui dois eixos estruturais principais de direção NW-SE e NNE-SSW, determinavam o arcabouço destes vales. Tal influência estrutural condiciona atualmente os três maiores compartimentos do complexo estuarino (HORN F°, 1997), a saber, (Figura 5.64):

- Canal Principal;
- Canal do Palmital; e
- Canal do Linguado-Fundo da Baía.

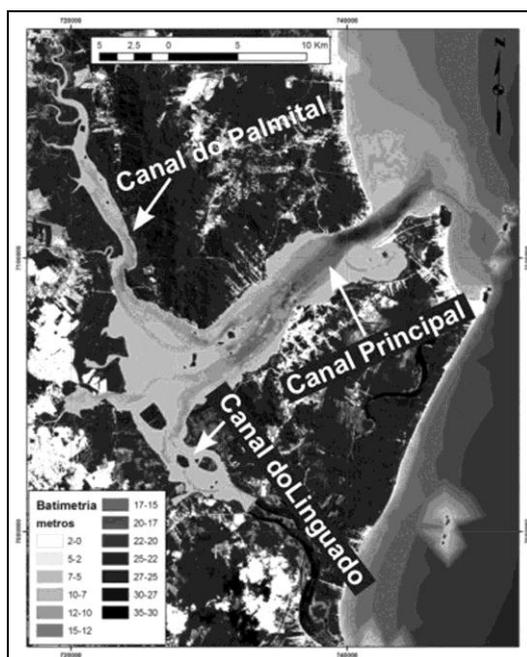


Figura 5.64 – Baía da Babitonga e delimitação dos três principais eixos estruturais. (Fonte: Mazzer & Gonçalves, 2008)

5.1.7.2.1 – Geologia

A geologia da Baía da Babitonga é constituída por dois grupos distintos de rochas formadas no pré-cambriano e sedimentos recentes. Das rochas pré-cambrianas tem-se o Complexo Paraíba do Sul (SILVA e BORTOLUZI, 1987) também conhecido na literatura por Complexo Migmatítico de Injeção Polifásica de São Francisco e individualizado por Gonçalves e Prestini, (2000) em três domínios: granito, gnaiss migmatítico e quartzito. O granito aflora na maior parte da área e foi formado por anatexia a partir do gnaiss migmatítico. Este gnaiss exibe lentes de granada, sillimantita xisto na porção central de Península de Itapoá. O quartzito aflora uma lente descontínua ao longo da margem leste do canal do Palmital.

O outro grupo de rochas do pré-cambriano é conhecido por Complexo Luis Alves (KAUL e TEIXEIRA, 1982), também conhecido como Complexo Granulítico de Santa Catarina (HARTMANN, SILVA e ORLANDI, 1979). Este grupo de rochas foi detalhado por Gonçalves e Kaul (2003), os quais denotaram lentes de quartzito associados à formação ferrífera bandada e aos corpos de rocha ultramáfica. No que se relaciona à estrutura das rochas, destaca-se um grande lineamento com direção NNW/SSE.

Na Geologia do Quaternário, compõem a planície costeira na região, expressivos depósitos sedimentares costeiros de idade pleistocênica e holocênica, além de depósitos continentais de idade indiferenciada. Tais depósitos são correlacionados com Sistemas Laguna - Barreira VI e III, associados a ambientes marinhos e costeiros (HORN Fº, 1997;

MAZZER & OLIVEIRA, 2003) e Sistema de Leques Aluviais, associados a ambientes de sedimentação continentais.

5.1.7.2.2 – Morfologia e Batimetria

A Baía da Babitonga caracteriza-se por apresentar uma profundidade média em torno de 6 metros, e sua amplitude batimétrica situa-se em 28 metros.

O canal principal baía da Babitonga, de sentido NE/SW, possui aproximadamente 3,8 km de largura. Os demais canais, alongados no sentido SE/NW, apresentam largura máxima de 1,5 km e profundidades médias de 4 m.

A distribuição das classes hipso-batimétricas, conforme Mazzer & Gonçalves (2008), ocorrem na maior parte (cerca de 58%) em faixas situadas entre 0 a 3 metros. Observa-se também a ocorrência de intervalos batimétricos com grande expressão, tais como as faixas entre: 4 e 5 metros, 7 a 8 metros e 11 a 12 metros (Figura 5.65).

A curva hipso-batimétrica representada na figura 5.63, ressalta a relação espacial das cotas batimétricas com maior extensão (MAZZER & GONÇALVES, 2007).

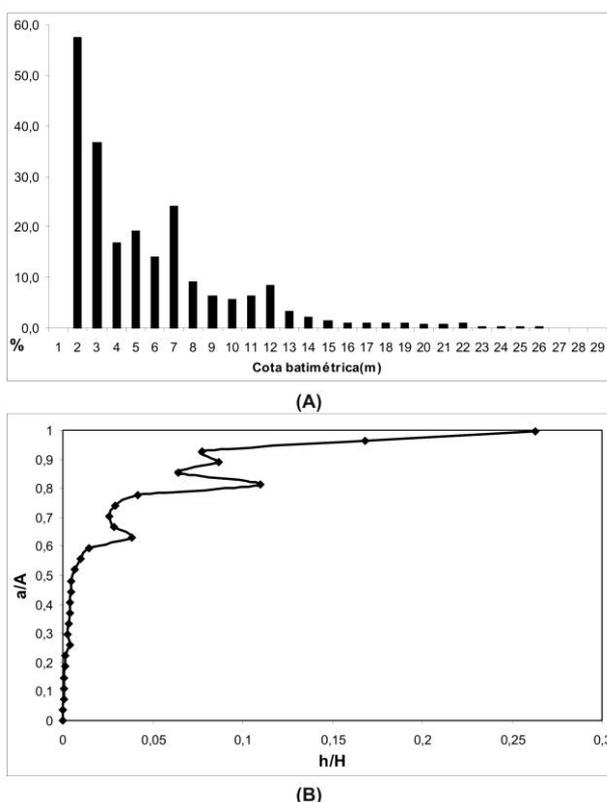


Figura 5.65 – a) Histograma da batimetria; b) Curva Hipso-Batimétrica. (Fonte: MAZZER & GONÇALVES, 2008)

Mazzer & Gonçalves (2008), realizaram uma série de perfis transversais ao longo da Baía da Babitonga demonstram significativa variação morfológica, principalmente ao longo do canal principal. Em tal segmento (eixo NE-SW) a profundidade apresenta gradual diminuição em direção ao alto estuário. Provavelmente, tal aumento é associado com maior preenchimento por sedimentos associados ao preenchimento ocorrido na transgressão holocênica (CASTANG & GUILCHER, 1995). No entanto, estabilizações de paleoníveis marinhos (CORREA *et. al*, 1992) provavelmente, tiveram significativa influência no retrabalhamento em certas cotas batimétricas, denotando feições aplainadas e escavação de canais, conforme será descrito, a seguir.

A feição de canal único com até 27 metros de profundidade, a qual varia na maior parte entre 22 e 15 metros, destaca-se nos perfis n. 1 a 4 (Figura 5.66). No fundo da baía o canal bifurca-se e torna-se mais raso, apresentando dois níveis: 8 e 5 metros. Nesta área nota-se forte controle estrutural, demonstrado pelo alinhamento no sentido NE-SW (GONÇALVES & KAUL, 2001), bem como pela presença de lajes e depressões alternadas. As cotas batimétricas destacadas na curva hipso-batimétricas (5, 8 e 12 metros) estão representadas nos perfis de forma recorrente, sendo que as duas primeiras representam feições de bancos, terraços, lajes ou canais. Entre os perfis nº 1 a 5, a seção transversal estuarina varia entre 3,5 a 5 km de extensão, e três cotas batimétricas se destacam: i) terraços submarinos entre 4 e 5 metros; ii) canais rasos e lajes entre 8 e 12 metros e canais profundos em 14 e 15 metros (Figura 5.66).

A nítida diminuição da profundidade presente nos perfis 5 e 6 (Figura 5.66), denotam o domínio da feições deposicionais associadas a foz dos principais rios e a confluência dos compartimentos Canal do Palmital e do Linguado. Nos perfis 6, 7 e 8, os canais passam a ocorrer na cota batimétrica de 5 metros, e a presença de amplas planícies de marés, bancos sedimentares, parecem sugerir a presença de delta deposicional, sendo que predominam as cotas entre 0 e 2 metros. Nos últimos dois perfis citados, a proximidade da desembocadura dos rios Parati e Paranaguamirim, juntamente, com a diminuição da circulação hidrodinâmica, devido com o fechamento do canal do Linguado (IME /DNIT, 2003), há cerca de 70 anos, provavelmente contribuem com caráter deposicional desta área.

Os perfis 9 e 10, localizados num compartimento distinto da baía, o canal do Palmital, possuem os canais demarcados na cota de 5 metros, planícies de maré ocorrendo ente 0 e 2 metros. Porém, observa-se um nível intermediário a 3 metros que parece ter destaque neste compartimento, tratando-se possivelmente de bancos sedimentares. Ambientes de planícies de maré mostram-se presentes nos perfis 1, 2, 4, 7, 9 e 10 entre as cotas de 0 e 2 metros, bem como bancos sublitorâneos que ocorrem entre 2 e 3 metros.

A distribuição de áreas por intervalos batimétricos combinados com feições analisada acima, permite destacar 5 zonas fisiográficas ocorrentes na baía da Babitonga: Planícies de Maré, Bancos Sublitorâneos, Terraços Submarinos, Lajes Rochosas e Canais.

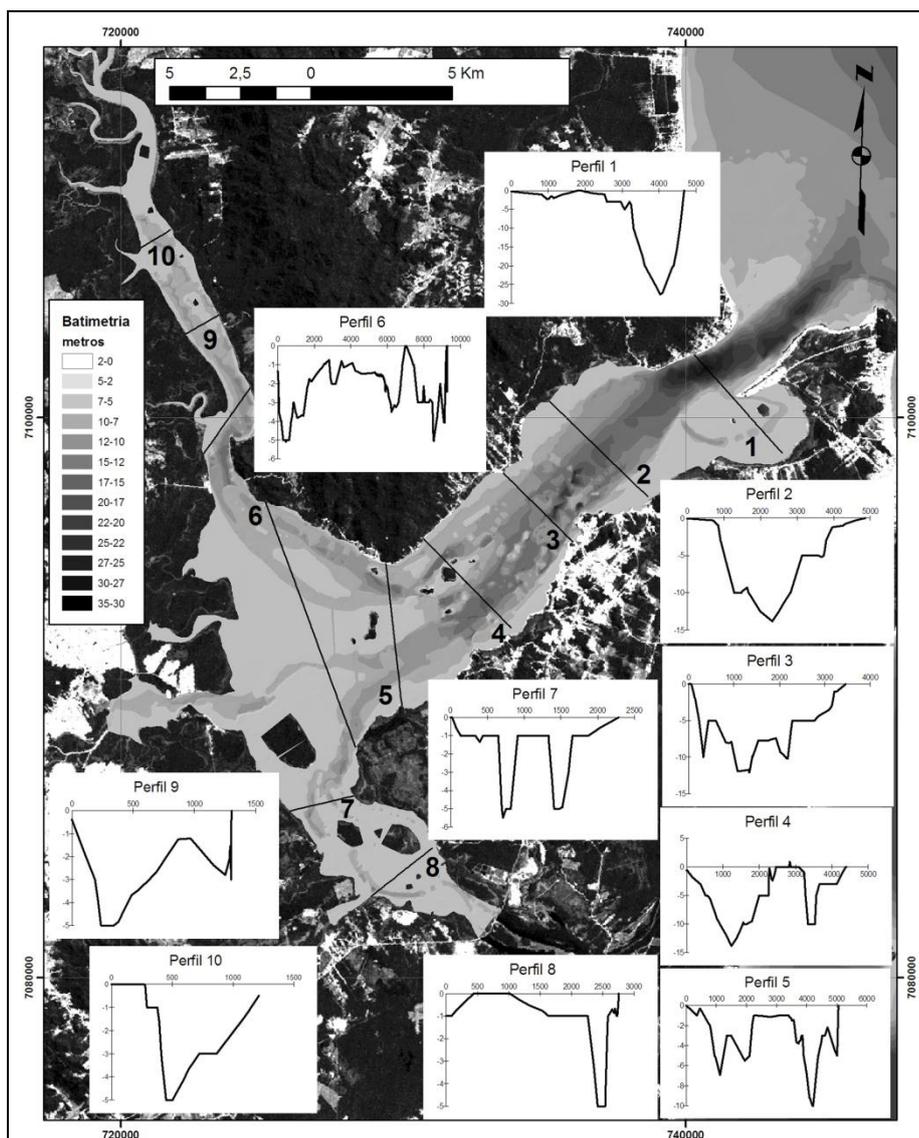


Figura 5.66 – Perfis batimétricos da Baía da Babitonga. O início dos mesmos se dá na extremidade que contém os números correspondentes a sua identificação. (Fonte: MAZZER & GONÇALVES, 2008).

* *Planícies de Maré*

A maior parte da baía está representada pelas faixas que estende se entre 0 a 2 metros de profundidade, e caracteriza-se por ambiente de planície de marés. A sua provável origem esta ligada a processos morfodinâmicos atuais, envolvendo a hidrodinâmica estuarina e a ampla carga sedimentar aportada na baía.

* *Bancos Sublitorâneos*

Os Bancos Sublitorâneos ocorrem de forma expressiva, porém, não em toda a baía, sendo mais característicos em áreas onde os perfis batimétricos atingem maiores

profundidades, ou seja, no compartimento do Canal Principal, além do Canal do Palmital. Sua origem, provavelmente está ligada ao retrabalhamento atual em antigas planícies de mares, nos períodos de eustasia negativa durante o Holoceno, conforme Martin *et al* (1988), estando localizado, de forma geral, entre as cotas de 2 a 3 metros.

* *Terraços Submarinos*

Ocorrendo entre canais, ou em nível abaixo dos bancos sublitorâneos, a feição de Terraço Submarino destaca-se ao longo do Canal Principal na profundidade de 5 metros, e mais raramente na cota de 8 metros. Apresentam extensões entre cerca de 50 a 200 metros, e pela localização associada à lajes rochosas, e canais menores que ocorrem nas adjacências dos perfis nº 2 e 4, parecem estarem associados a níveis de retrabalhamento erosivo mais antigos, e pelo estrutural.

* *Lajes e Ilhas Rochosas*

As feições de topografia individualizada que variam entre 2 a 8 metros de profundidades, e que ocorrem na maior parte na porção mediana do Canal Principal, tratam-se de lajes e afloramentos rochosos menores, conforme as cartas da Marinha do Brasil. Tais feições podem ser aplainadas ou não, e denotam maior resistência rochosa, as quais quando perenemente emersas caracterizarem-se como ilhas. Possivelmente, tais feições já podem terem sido plataformas de abrasão marinhas ou ilhas rochosas, conforme o nível eustático durante o Quaternário.

* *Canais*

Os canais apresentam-se de forma e em profundidade variada ao longo da baía, representando feições erosivas que ocorreram tanto em fases de retrabalhamento fluvial como estuarino. Provavelmente, tratam-se de locais que denotam menor resistência geológica, tendo sido escavadas em fase de emersão costeira, denotando paleocanais de drenagem fluvial. Feições semelhantes foram identificadas por Bonetti F^o et. al (1998) na Baía Norte de Florianópolis (SC), nas quais foram atribuídas à processos morfogenéticos semelhantes.

Nos perfis nº1 e 2, apresenta-se único e profundo em forma de “V”, típica de vales fluviais maduros, variando entre 22 e 15 metros e com largura de 1500. a 2.00 metros. Adentrando o estuário, o canal passa a ser bifurcado e posteriormente, adicionado de canais menores e mais rasos entre ilhas e lajes. Quando associado aos Terraços Submarinos, ocorrem em cotas batimétricas inferiores a 12 metros, enquanto no alto estuário, sua profundidade diminui, passando a ocorrer em 5 metros tanto próximo a Lagoa de Saguçu, e nos canais do Palmital e Linguado. Tais canais estão associados às desembocaduras fluviais

e suas paleodrenagens, sendo que alguns locais, sua profundidade é cerca de 2 metros, sugerindo a influência de sedimentação recente, de forma semelhante ao proposto no modelo de sedimentação de Rias da Espanha e França, proposto por Castang & Guilcher (1995).

5.1.7.2.3 – Sedimentologia e Dinâmica Sedimentar

No contexto sedimentológico da baía da Babitonga, destaca-se o Canal do Palmital, como principal eixo de aporte fluvial e sedimentar. Conforme Oliveira & Ross (2006), são nove bacias hidrográficas associadas aos contrafortes da Serra do Mar, distribuídas em cerca de 747 Km² ^{canal} supracitado. Desta forma pode ser caracterizado por como um ambiente exportador de sedimentos para o interior da baía da Babitonga (SCHETTINI & CARVALHO, 1999).

O eixo localizado ao sul, conhecido como canal do Linguado, apresenta como principal característica a alteração da circulação hidrológica, por ocasião do fechamento do canal em 1935, para a construção da rodovia de acesso à ilha de São Francisco do Sul, fato que promoveu a intensa sedimentação no interior do canal (BARBOSA & MAZZER, 2003).

Segundo Vieira & Horn Filho (2007) os sedimentos de fundo da baía da Babitonga podem ser agrupados em duas classes distintas baseado na composição carbonática biodetrítica: sedimentos litoclásticos (carbonatos < 30 %) e litobioclásticos (> 30 % carbonatos < 50 %). Texturalmente, os sedimentos de fundo variam de areia fina (sedimentos compostos de 100% de areia) e três classes de depósitos lamosos (lama > 75%; > 25% lama < 75%; lama < 25%) (VIEIRA & HORN FILHO, 2007). O mapa da distribuição de sedimentos na Baía da Babitonga é apresentado na figura 5.67.

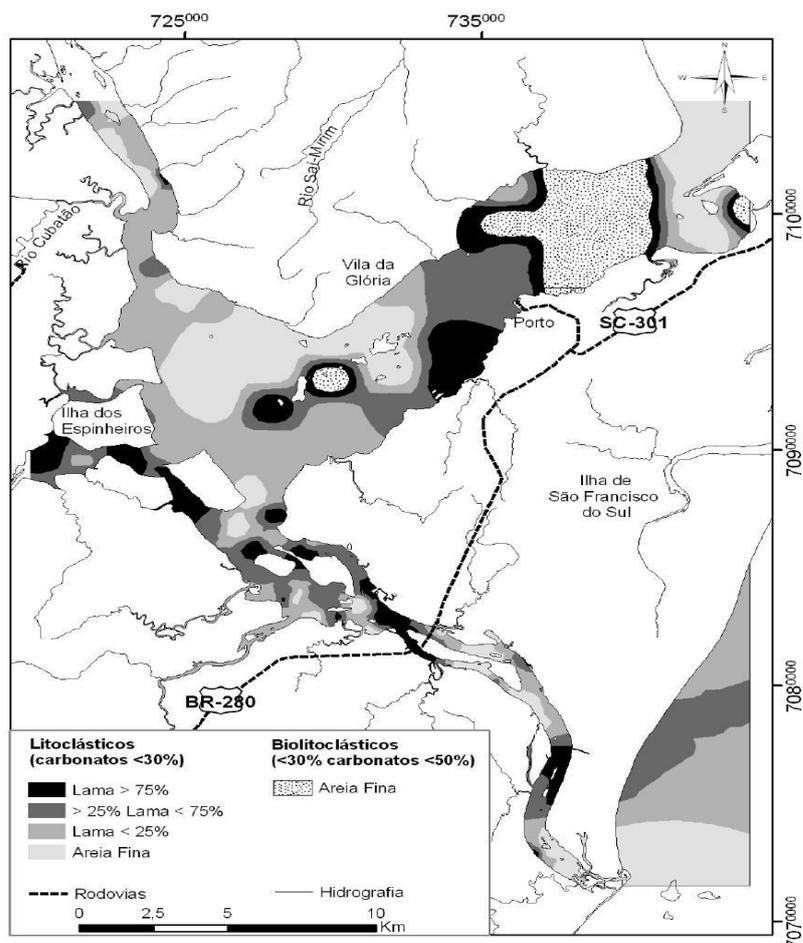


Figura 5.67 – Carta sedimentológica do complexo estuarino da baía da Babitonga (VIEIRA & HORN FILHO, 2007).

Ainda segundo os autores, os sedimentos essencialmente arenosos, bem selecionados, localizam-se nas desembocaduras da baía da Babitonga, do canal do Linguado e no setor central da baía, devido principalmente a alta hidrodinâmica estabelecida nestes setores do complexo, que remobiliza os sedimentos mais finos em suspensão, exportando-os para fora do sistema ou depositando os sedimentos em áreas de hidrodinâmica mais restrita. Já os sedimentos lamosos, mal selecionados, compostos por mais de 75% de finos, estão situados principalmente nas áreas mais interiores, nas proximidades da ilha dos Espinheiros e no porto de São Francisco do Sul. Também é possível visualizar uma alta concentração destes sedimentos próximos à BR 280, no canal do Linguado (VIEIRA & HORN FILHO, 2007).

A construção do aterro para a instalação da rodovia alterou de maneira significativa a circulação hidrodinâmica natural estabelecida no interior do estuário, assim, a obstrução causada pelo aterro, possibilitou a deposição de altas taxas de sedimentos lamosos, que contribuem para o processo de colmatagem do complexo estuarino (IME/DNIT, 2003).

Embora a baía apresente uma média geral de 13,4% de carbonato nos sedimentos, os altos teores de carbonato (superiores a 30%) estão relacionados com as areias bem

selecionadas do canal central, possuindo ainda, relação com as áreas de maior profundidade da baía da Babitonga. Os locais com as menores concentrações de carbonatos (< 10 %) estão situados na desembocadura central da baía da Babitonga e nas áreas adjacentes ao TESC e ao Porto de São Francisco do Sul.

Conforme Schettini (2002), este complexo estuarino possui tendência a exportar sedimentos devido às correntes de vazante ser mais intensas do que as correntes de enchente, o que ocasiona um balanço negativo de sedimentos ao longo do tempo.

5.1.7.3 – Caracterização Meteorológica

5.1.7.3.1 – Clima e Processos Sinópticos

O clima da região, conforme a classificação de Köppen é do tipo Cfa – Clima subtropical (mesotérmico úmido e verão quente). A dinâmica climática local é regida pelo predomínio durante o verão das massas de ar Equatorial Continental (mEc), Tropical Atlântica (mTa) e, eventualmente, Tropical Continental (mTc). A presença da massa Equatorial Continental (mEc) promove a ocorrência de temperaturas e umidade elevadas, com intensa precipitação na forma de chuvas de convecção (FATMA, 2002). O efeito orográfico da Serra do Mar promove a ampliação deste fenômeno, em especial entre os meses de dezembro e fevereiro. Já a presença da massa Tropical Atlântica (mTa) é associada à ocorrência de fortes chuvas convectivas, porém de menor intensidade daquelas associadas à massa Equatorial Continental. Quando ocorre o predomínio da massa Tropical Continental (mTc), predomina tempo quente e seco, com pluviosidade reduzida ou nula (FATMA, *op.cit.*).

No inverno, a passagem da Frente Polar Atlântica (FPA) precede a chegada da Massa Polar Atlântica (mPa), que desloca as massas tropicais para o centro e norte do País. As entradas das frentes polares ocorrem em geral com grande intensidade na região e são caracterizadas pela incidência de chuvas com trovoadas, seguidas de ar frio e seco (FATMA, 2002).

A circulação atmosférica regional e sua alteração em função da evolução de frentes frias é caracterizada pela atuação do sistema semi-fixo de alta pressão denominado Anticiclone do Atlântico Sul (Figura 5.68). A situação normal é o domínio do sistema semi-fixo com ventos de NE, juntamente com o efeito local da brisa marinha. Periodicamente, o sistema é perturbado pela passagem de frentes frias originadas pelo Anticiclone Móvel Polar (Figura 5.68), que migram sobre a região de sudoeste para nordeste (DHN, 1994, *apud* TRUCCOLO, 1998).

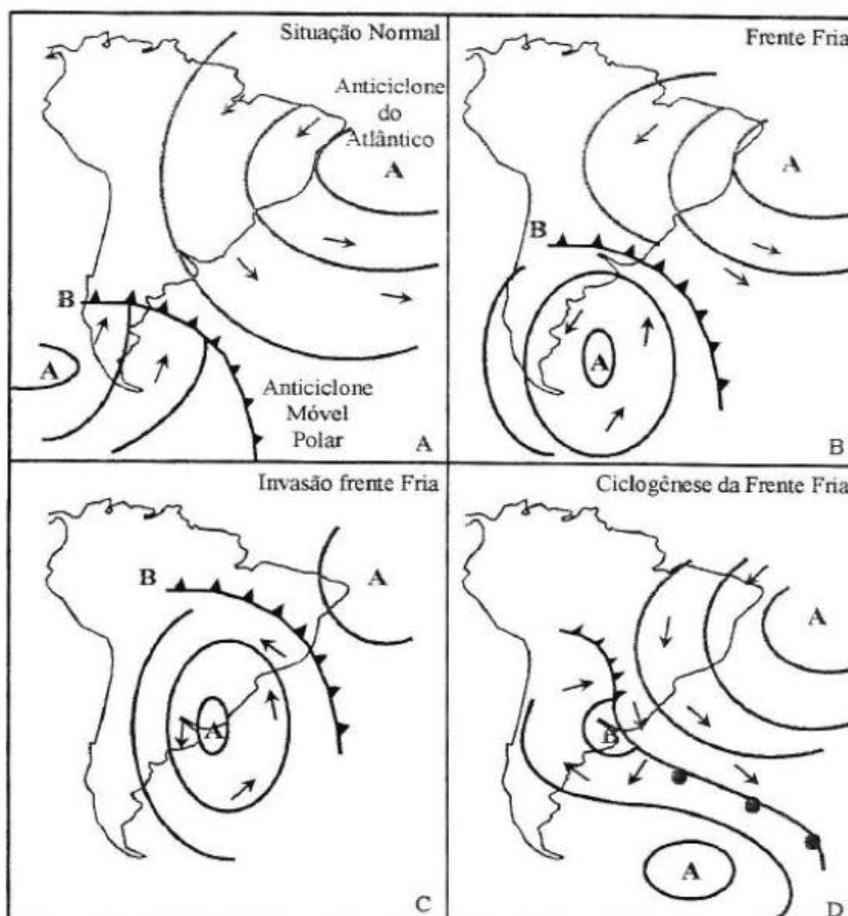


Figura 5.68 - Circulação atmosférica no sul do Brasil e sua alteração devido a entrada de frentes frias: (A) situação normal; (B) geração de frente fria; (C) invasão de frente fria (D) ciclogênese de frente fria (Fonte: DHN 1994, apud TRUCOLLO, 1998)

Em média 3 a 4 frentes frias atingem Santa Catarina em todos os meses do ano, com um número ligeiramente maior de sistemas nos meses de primavera. A passagem de uma frente fria produz variações bruscas da pressão e da temperatura do ar, ocasionando também uma modificação da magnitude e direção do vento. Frentes frias seguidas de vento sudeste, situação típica de verão, geram um aumento do nível do mar relativamente pequeno. Já uma condição de pós-frontal com ventos de sudoeste e de sul, típica de inverno, favorece o empilhamento de água na costa Sul do Brasil graças ao efeito de Ekman (RODRIGUES, 2003).

5.1.7.3.2 – Temperatura

A temperatura média na região é de 20,5°C, com máxima de 24,4°C em janeiro e fevereiro e mínima de 16,5°C em julho (Figura 5.69). A variável temperatura está correlacionada diretamente com as variáveis de pressão atmosférica e precipitação. No

verão, com temperaturas mais elevadas, ocorrem centros de baixa pressão, devido às massas de ar freqüentes nesta época. Esta baixa pressão provoca aumento de precipitação (CARUSO JR, 2008).

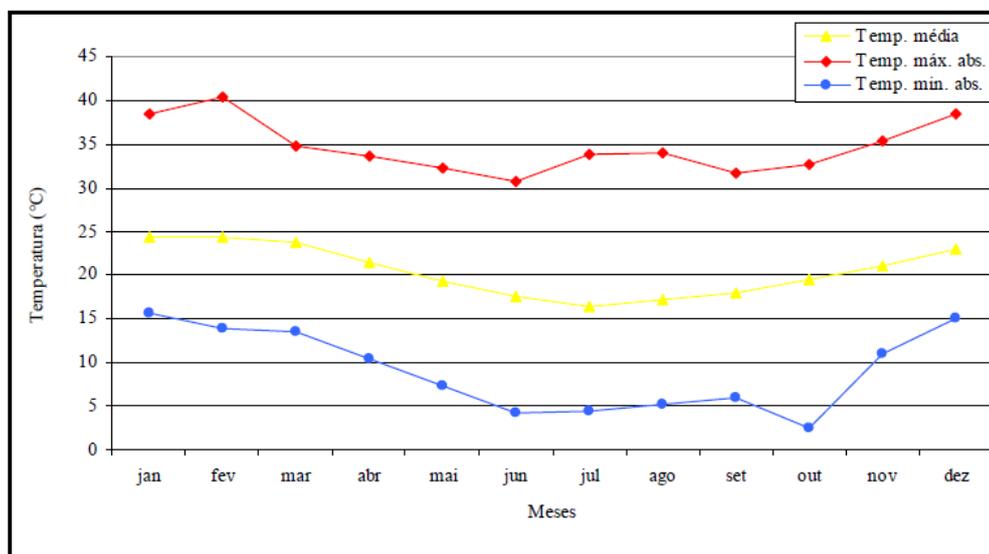


Figura 5.69 – Temperatura média, máxima e mínima absoluta (Fonte: CARUSO JR, 2008)

A temperatura máxima absoluta registrada foi de 40,3 °C em fevereiro e a mínima absoluta registrada de 2,6 °C em outubro. A ocorrência das temperaturas máximas absolutas altas e mínimas absolutas baixas em todas as estações do ano está provavelmente associada às passagens de frentes frias, massas de ar quente e também vinculada aos fenômenos de El Niño e La Niña (ACQUAPLAN, 2007).

5.1.7.3.3 – Precipitação

ACQUAPLAN (2007) analisou uma série histórica de 44 anos de dados de normais climatológicas obtidos da Estação meteorológica de São Francisco do Sul de responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Segundo resultados obtidos, a precipitação total anual da região foi de 1,904 mm. O mês de fevereiro com 281 mm apresentou a maior precipitação total e agosto com 92,2 mm a menor. A média mensal de precipitação ficou em 158,7 mm. A média da precipitação máxima em 24 horas foi de 46,6 mm sendo o mês de fevereiro com 73,4 mm o maior índice e agosto com 33,8 o menor. A região apresenta uma média de 15 dias mensais de chuva com o mês de março com o maior índice de 19 dias e julho o menor com 11 dias (Figura 5.70). Quanto ao regime de chuvas a região apresenta normalidade climática com o verão apresentando o maior índice e o inverno o menor índice.

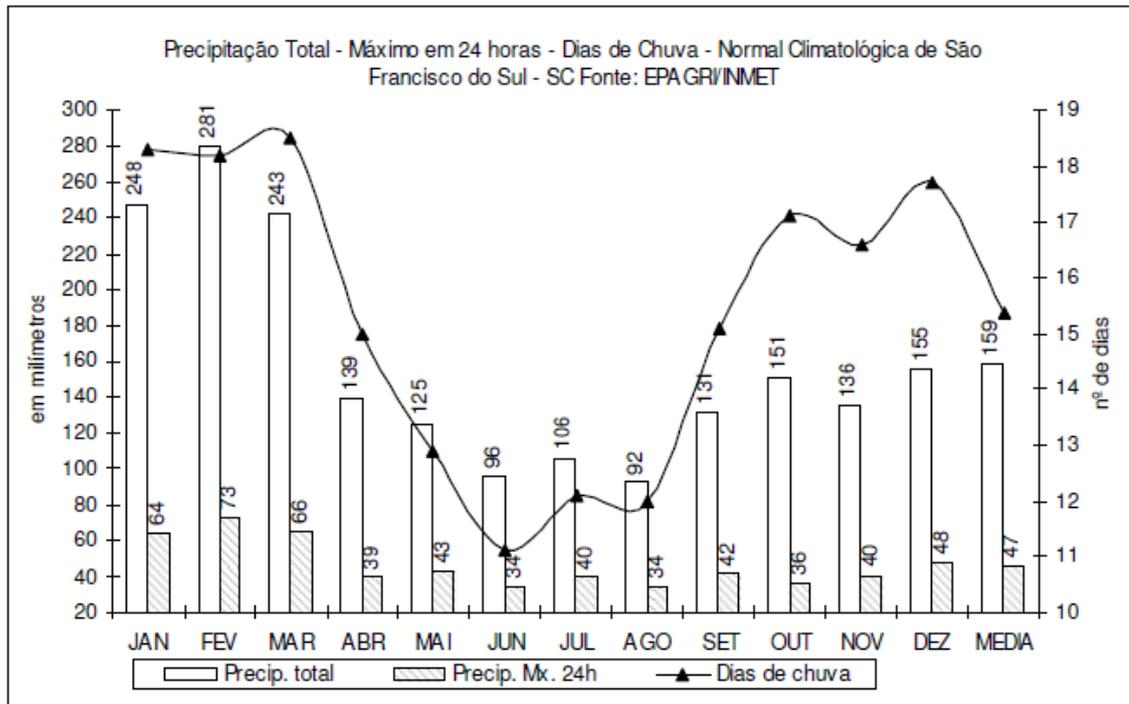


Figura 5.70 – Precipitação total, precipitação máxima em 24 horas e dias de chuva – Normal Climatológica de São Francisco do Sul – SC. (Fonte: EPAGRI/INMET *apud* ACQUAPLAN, 2007).

5.1.7.3.4 – Balanço Hídrico

O Balanço Hídrico representa o excedente ou déficit hídrico para uma determinada região. Segundo análises realizadas por ACQUAPLAN (2007), a média anual de excedente hídrico em São Francisco do Sul foi de 927,7 mm e a média mensal de 77,3 mm (Figura 5.71). O mês de fevereiro apresenta o maior excedente hídrico com 165 mm, combinando com o mês de maior precipitação. Dezembro apresentou o menor valor, com 40,2 mm.

Os valores de maior excedente encontrados no verão se devem a elevada precipitação que ocorre neste período, superando as elevadas demandas hídricas do ecossistema. E, apesar dos valores de menor precipitação ocorrerem nos meses de junho, julho e agosto, esses são períodos de baixa demanda da atmosfera e vegetação.

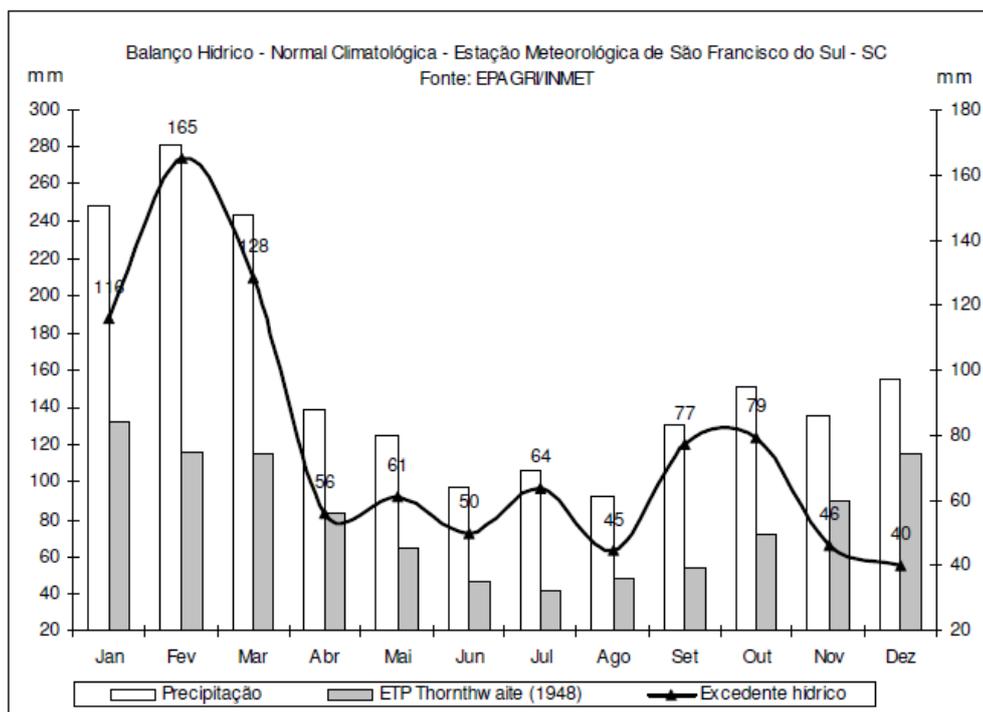


Figura 5.71 - Balanço Hídrico – Normal Climatológica de São Francisco do Sul – SC. (Fonte: EPAGRI/INMET *apud* AQCUALAN, 2007)

5.1.7.3.5 – Análise de Ventos para a Baía da Babitonga

O vento é uma importante componente para circulação no interior da Baía da Babitonga, pois este promove um aumento ou rebaixamento do nível do mar na zona costeira e, conseqüentemente, no interior da baía, dependendo da sua direção. Eles atuam de forma distinta ao longo do ano, e são fortemente influenciados pela temperatura das estações do ano e chegadas das frentes frias.

De modo geral, pode-se classificar três categorias de distribuição de freqüência do vento com respeito a sua direção e intensidade na região da Baía da Babitonga (TRUCCOLO, 1998):

- Ventos com direção norte-nordeste, mais constantes na região, e com intensidade entre 2 e 4 m/s;
- Ventos com direção leste-oeste que correspondem as brisas marinhas e terras, perpendiculares à linha de costa, e com intensidade de cerca de 2 m/s;
- Ventos com direção sudeste associados à passagens de frentes frias e, portanto atingindo as maiores magnitudes, de 6 a 8 m/s. Ventos com esta direção são mais freqüentes durante o outono e inverno quando os sistemas de frentes frias tornam-se mais intensos.

O padrão indicado por Truccolo (op. cit) verifica-se também nos resultados de análise de dados de direção de vento para o Porto de São Francisco (CARUSO JR, 2009). Os dados finais plotados em uma rosa dos ventos, indicam a direção do quadrante em que o vento incide, sendo que o norte verdadeiro indica a posição 0/360°, seguindo no sentido horário. Os ventos do primeiro quadrante (N – NE) aparecem como os mais frequentes, correspondendo a aproximadamente 39% de toda ocorrência (Figura 5.72). Os ventos de menor frequência provêm do quarto quadrante (W - NW), com somente 5%. No mês de dezembro a maior média das velocidades ocorreu no segundo quadrante, 3,59 m/s, sendo a direção Sudeste - SE com maior velocidade média 3,86 m/s.

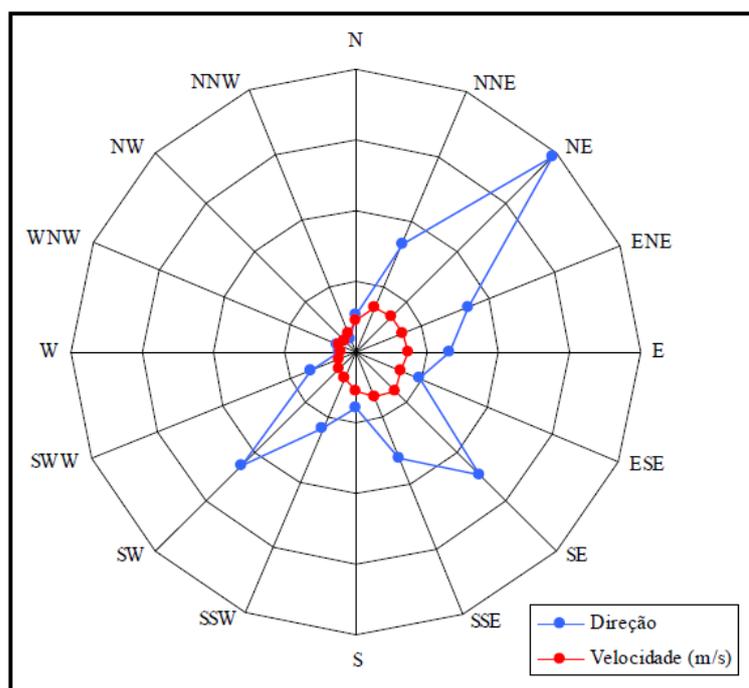


Figura 5.72 – Velocidade média correspondente a direção para os dados de vento amostrados na estação meteorológica da EPAGRI, de São Francisco do Sul, durante o mês de dezembro (CARUSO JR, 2009).

Analisando evolução temporal do vento durante um ano, observamos diferentes comportamentos ao longo das estações. O diagrama abaixo (Figura 5.73) mostra que os ventos do quadrante leste e nordeste foram predominantes, ocorrendo ainda de forma mais evidente nos meses de primavera e verão. Observa-se também uma maior quantidade de inversões de direção e intensidade nos período de outono e inverno. Estas inversões ocorrem devido a passagem de frentes frias, que produzem variações bruscas da pressão e da temperatura do ar, ocasionando também uma modificação da magnitude e direção do vento.

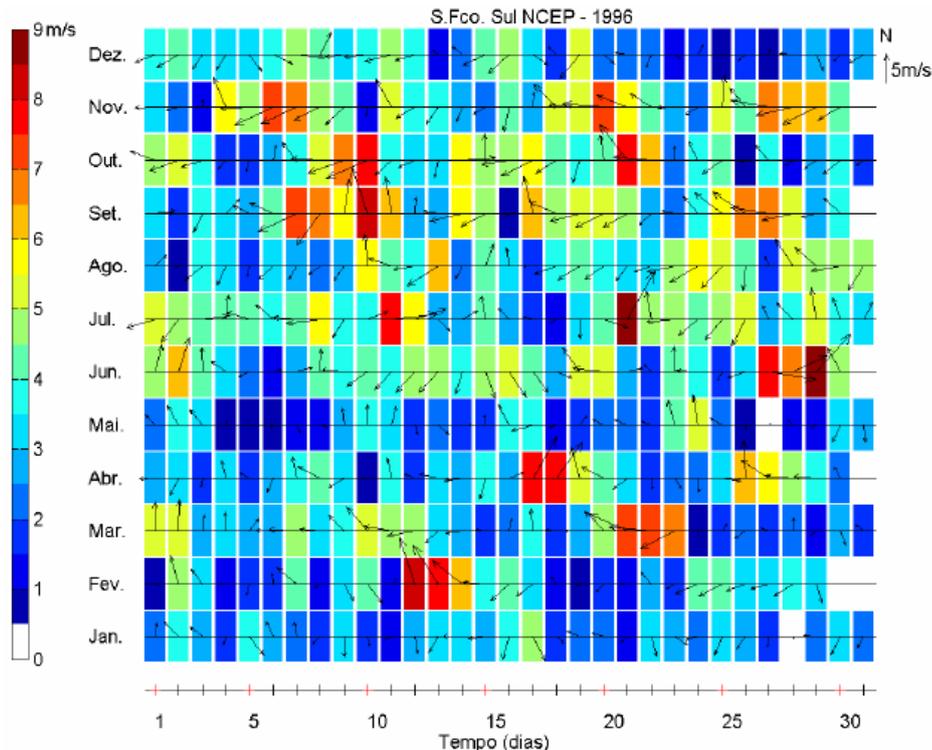


Figura 5.73 – Diagrama *stick plot* dos valores médios diários de dados de vento (NCEP) para o período de 1° de janeiro à 31 de dezembro de 1996. Apresenta os valores médios diários do vento relativo ao quadrilátero de 2,5° x 2,5° em torno das coordenadas 25,7°S e 46,9°W. (CARUSO JR, 2008)

5.1.7.4 – Caracterização Oceanográfica

5.1.7.4.1 – Caracterização de Massas D'água

As massas de água são caracterizadas por possuírem parâmetros específicos de salinidade e temperatura, e podem ser visualizadas através de diagramas TS. As curvas tradicionais do TS exibem uma única relação entre Temperatura e Salinidade. As principais massas de água presentes no trecho de estudo são:

* *Água Tropical (AT)*, é originada pela advecção da Corrente do Brasil, sendo caracterizada por temperaturas superiores à 20 °C e salinidades maiores que 36,4, apresentando maior influência nas camadas superficiais. Essa água é formada em virtude da intensa radiação solar e excesso de evaporação em relação à precipitação, característicos do Atlântico tropical. Tem como principais características baixas concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido (MIRANDA, 1982; CASTRO *et al.*, 2006 *apud* HILLE, 2009), e é encontrada nas proximidades da quebra da plataforma continental;

* *Água Central do Atlântico Sul (ACAS)*, é caracterizada por apresentar temperatura inferior à 20 °C e salinidade inferior à 36,4 e superior à 34,5. De acordo com Sverdrup et al., (1942) a ACAS é formada pelo afundamento das águas na região da Convergência Subtropical. Ela ocupa usualmente os estratos inferiores (aproximadamente de 200 à 500m de profundidade), e a sua presença ocasiona uma termoclina acentuada na plataforma continental. É muito rica em nutrientes inorgânicos e possui concentrações de oxigênio elevadas. Como nas correntes superficiais, há uma bifurcação, e parte da ACAS flui rumo ao equador, enquanto outra porção flui para o sul (MIRANDA, 1982; CASTRO et al., 2006 *apud* HILLE, 2009);

* *Água Costeira (AC)*, resultante da mistura da descarga continental de água doce com as águas da plataforma continental, tendo a menor salinidade das águas da plataforma continental catarinense, devido principalmente ao efeito combinado dos muitos rios pequenos e médios existentes na região (MATSUURA, 1986; CASTRO & MIRANDA, 1998 *apud* SPG/SC (2010). Seu efluxo máximo se dá durante os períodos de inverno-primavera (LENTINI, 1997 *apud* HILLE, 2009).

Principalmente durante a primavera e o verão observa-se termoclina, e sob determinadas condições de ventos do quadrante norte, pode ocasionar ascensão da ACAS, que está associada às camadas inferiores, caracterizada por águas de baixas temperaturas e ricas em nutrientes. Portanto, ocorre dinâmica de variação de temperatura e turbidez das águas costeiras condicionadas diretamente por determinantes meteorológicos (HILLE *et al.*, 2008)

A Plataforma Continental Catarinense é uma área de transição ambiental sob influência da Convergência Subtropical formada pelo encontro de duas correntes provenientes de direções opostas, a Corrente das Malvinas, com sua direção para o norte e a Corrente do Brasil, com sua direção de fluxo para o sul (CASTELLO, 1999 *apud* HILLE, 2009). Esta última origina-se como um braço da Corrente Sul Equatorial e flui em direção ao pólo sul próximo e paralela à quebra da plataforma. Esta corrente é tropical em sua origem e por isto é quente, salina e relativamente oligotrófica. Em sua trajetória na direção sul, a Corrente do Brasil apresenta uma intensa atividade meandrante e de liberação de vórtices tanto ciclônicos como anticiclônicos MATSUURA, 1986; (CASTRO & MIRANDA, 1998). Já a corrente das Malvinas origina-se de uma separação da Corrente Circumpolar Antártica e flui para norte ao longo da elevação continental, e devido a sua origem possui águas frias e ricas em nutrientes.

Com o objetivo de observar padrões de distribuição de Temperatura e Salinidade entre as estações verão e inverno e superfície e fundo, (SPG, 2009) realizou interpolações de dados de amostragens da plataforma interna de Santa Catarina, cedidos pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO).

Nos perfis de salinidade de verão (Figura 5.74), foram observadas plumas de menor salinidade nos estuários formados pela desembocadura do Canal do Linguado, ao sul da Baía da Babitonga e no Canal do Palmital, ao norte da Baía da Babitonga. Na desembocadura do

Canal do Linguado, a pluma de baixa salinidade, com valores entre 32 e 33.5 é observada até a linha batimétrica de 40 metros, sendo esta pluma mais intensa nos dados de superfície. A partir dos 40 metros a salinidade aumenta 35 a 36.5, perdendo gradativamente a influência das águas doces continentais.

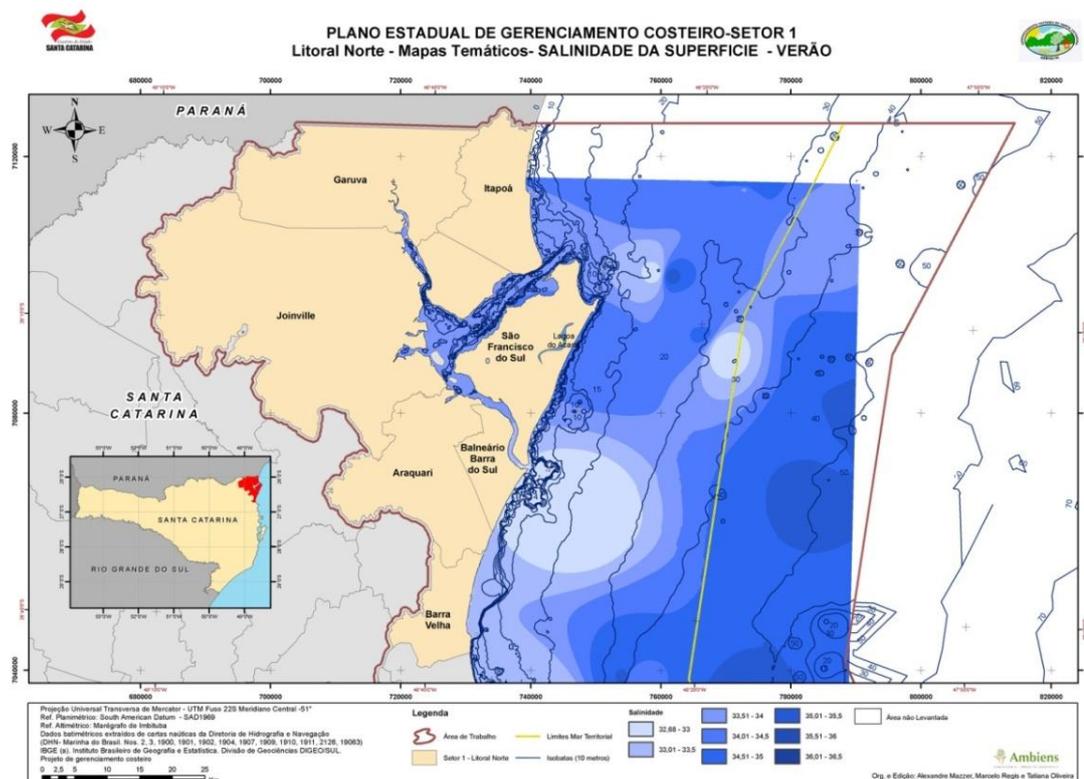


Figura 5.74 – Resultado das interpolações de dados de salinidade abaixo de 10 metros de profundidade e na superfície no período de verão (Fonte: SPG, 2009)

O mapa de distribuição de salinidade de inverno (Figura 5.75) apresenta-se mais homogêneo, sendo nesta estação menor a influência das águas com baixa salinidade da Baía da Babitonga. Tal distribuição se deve a baixa precipitação ocorrente nos meses de inverno, o que diminui significativamente a intensidade do aporte fluvial na costa.

Agora analisando a Temperatura, observou-se que tanto em perfis de verão como de inverno, os maiores valores são encontrados nos setores ao norte. No verão, a plataforma continental é amplamente ocupada por águas de maior temperatura, chegando a 27°C na superfície. No inverno, observou-se diminuição das temperaturas na plataforma, com valores mínimos de 14°C e máximos de 22°C.

No mapa de distribuição de temperatura em superfície no verão (Figura 5.76) observa-se maior temperatura na desembocadura do canal do linguado, com valores de 25 a 26°C na área mais próxima à desembocadura até a isóbata de 30 m, e nas áreas adjacentes um pouco mais afastadas da desembocadura os valores atingem 24 a 25°C. Observam-se também alguns vórtices com temperatura um pouco mais elevada com valores entre 26 e

28°C entre as isóbatas de 40 e 50 m. Ao norte de São Francisco do Sul os valores de temperatura apresentam-se entre 24-25°C na plataforma até os 50 m.

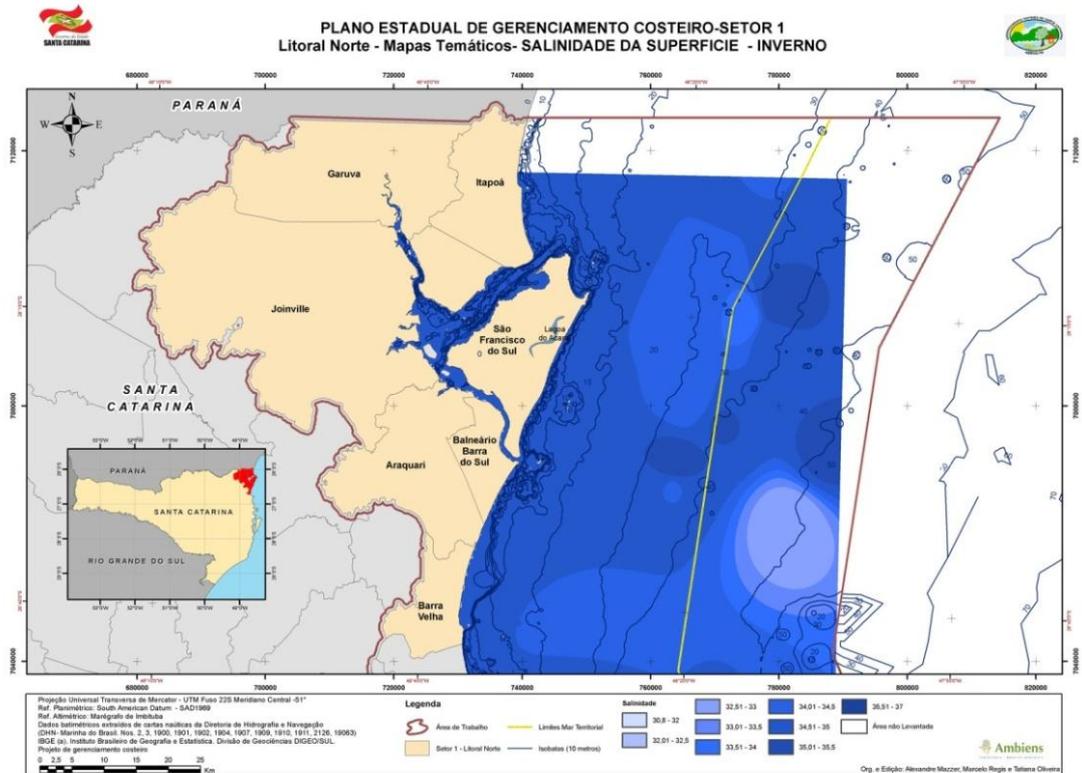


Figura 5.75 - Resultado da interpolação de dados de salinidade na superfície no período de inverno (Fonte: SPG, 2009)

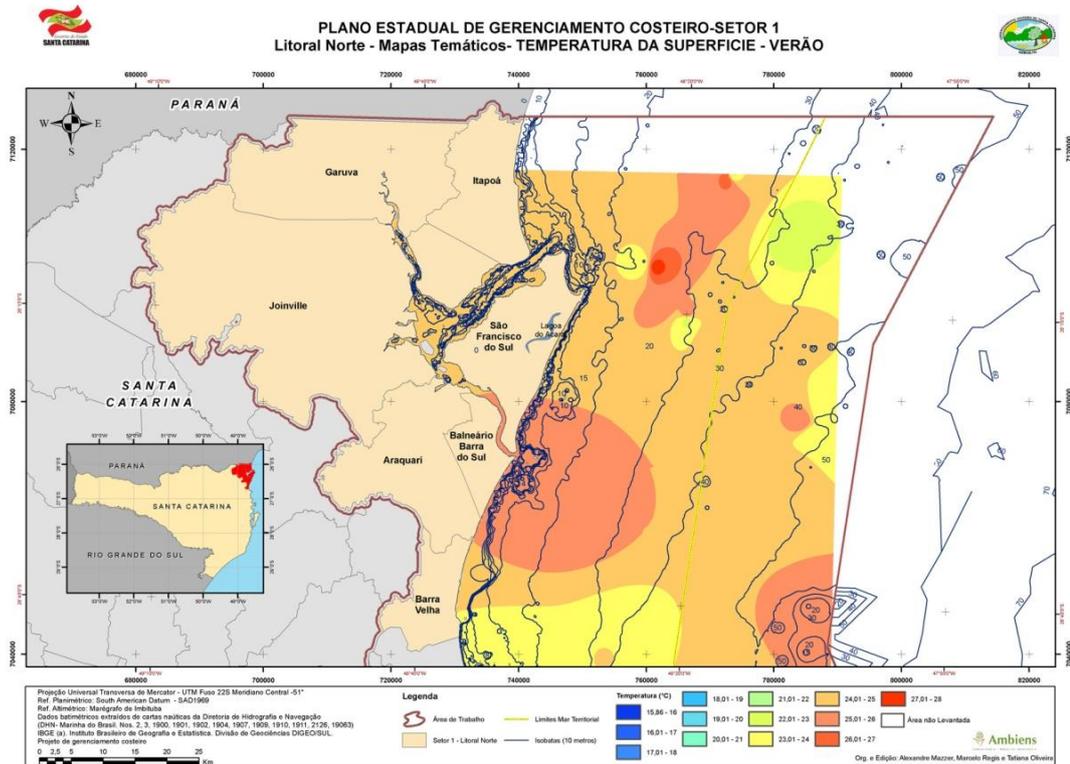


Figura 5.76- Resultado da interpolação dos dados de temperatura na superfície no período de verão (Fonte: SPG,2009)

No mapa de distribuição de temperatura de inverno (Figura 5.77) em superfície, a região ao norte de São Francisco do Sul apresenta valores de temperatura de superfície mais elevados, entre 21 a 23 °C até a isóbata de 50 m. A partir da linha batimétrica de 20 metros ocorrem alguns núcleos com temperaturas levemente mais altas, entre 22 e 23°C. Na parte ao sul de São Francisco do Sul a temperatura atinge valores de 19 a 20°C até a isóbata de 20 m, e a partir de 20 m até 50 m ocorrem alguns núcleos com temperaturas mais baixas, entre 16 a 19 °C.

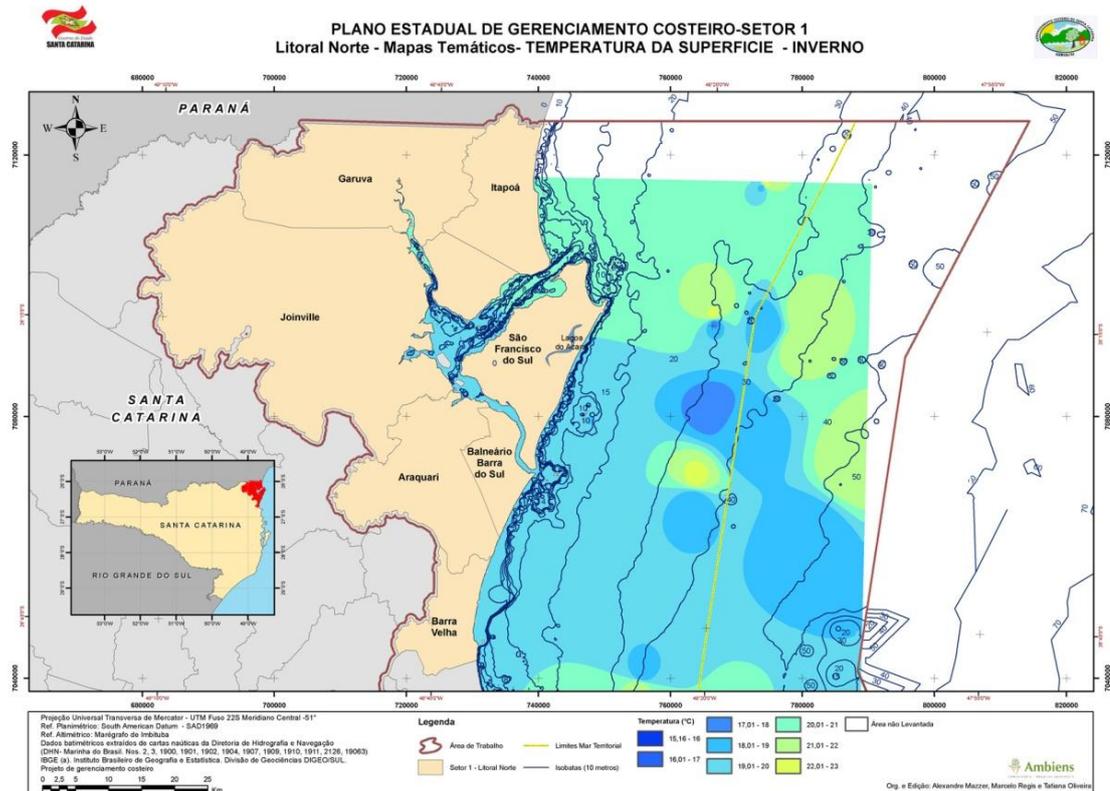


Figura 5.77 – Resultado da interpolação dos dados de temperatura na superfície no período de inverno (Fonte: SPG, 2009)

A diferença de temperatura ocorrente entre as duas estações se deve principalmente a influência das correntes Malvinas e do Brasil ao longo da Costa. Durante o outono e o inverno, quando predominam ventos de sudoeste, ocorre a penetração da Corrente das Malvinas originando águas frias e de baixa salinidade que se estendem por uma faixa estreita ao longo da costa uruguaia e do sul do Brasil, até o norte da ilha de Florianópolis, mas eventualmente atingindo latitudes mais ao norte. O encontro da Corrente das Malvinas fria e pouco salina com a Corrente do Brasil quente e salina ocasiona instabilidades e geração de vórtices devido ao forte contraste termohalino (PIOLA et al., 2000 *apud* SPG, 2009).

5.1.7.4.2 – Regime de Ondas

A região sul do Brasil possui o regime de ondas controlado pela Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e pela passagem de frentes frias sinóticas. As ondas mais energéticas são de sul, geradas por ventos intensos associados à passagem de frentes frias.

A Ilha de São Francisco está situada num trecho recuado do litoral que se estende para o sul com orientação norte - noroeste / sul-sudeste e para o norte com orientação norte-nordeste / sul - sudoeste. Essa configuração impede a existência de ondas provenientes de

oeste e noroeste, além de restringir significativamente a ocorrência de ondas originárias dos quadrantes norte, noroeste e sudoeste (ALVES, 1996).

Estudo realizado por Pianca *et al* (2010) definiu, através de reanálise de modelo operacional NWW3, o clima de ondas ao longo da costa brasileira. Os dados utilizados foram de uma série temporal de 11 anos (1997 – 2007). Os dados da região sul foram validados pelo estudo realizado por Araújo *et al* (2003). Os resultados são baseados sobre a porcentagem de ocorrência de onda, e serão apresentados a seguir para cada estação (Figura 5.78).

VERÃO

- * As direções de onda predominantes são de NE (28,4%) e do S (26,7%);
- * Ondas de nordeste apresentaram alturas que variam entre 1 - 2 m (18,4%) com períodos de 6 - 8 s (16,3%);
- * Ondas de Sudeste chegaram na costa com alturas entre 1 - 2 m (11,4%) e 2 - 3 m (10,9%), e com períodos de 8-10 s (9,6%) e 10-12 s (8,7%);
- * Ondas da região Leste (22,2%), abordaram a região com altura dominante variando entre 1-2 m (13,5%) e períodos de 6-8 s (12,9%);
- * Embora ocorrendo com menor frequência, as ondas de sudoeste apresentaram picos de altura, chegando a atingir 5,9m.

OUTONO

- * Direção de onda dominante é de S (36,7%), com alturas entre 2 - 3 m (14,1%) e períodos de 10-12 s (15,9%);
- * Ondas mais altas são de S, atingindo até 7,3 m, e os períodos mais longos de SE, com 15 s.

INVERNO

- * Direção de incidência dominante de onda é S (30,2%), com alturas que variam de 2 - 3 m (12,9%) com períodos de 10-12 s (12,5%);
- * Em segundo lugar em ocorrência, vem às ondas de nordeste (26,4%) com alturas entre 2 - 3 m (13%) e períodos de 6-8 s (17,5%);
- * Os valores de alturas de ondas vão aumentando conforme a sua incidência se aproxima da região SW.

PRIMAVERA

- * As ondas de nordeste dominam essa estação (35,2%) com alturas que variam 1-2 m (16,4%) e 2 - 3 m (13,6%), e períodos de 6 - 8 s (23,1%);

* A ocorrência de ondas de S é de 25,5%, com alturas entre 1-2 m (10,4%) e entre 2 - 3 m (11,4%) e períodos de 8-10 s (11%);

* Ondas mais altas são de NE, com pico de 5,9 m.

Através destes dados observamos que os estados de mar apresentados para cada estação estão fortemente associados aos padrões meteorológicos locais. É verificado também que ao longo do ano o estado de mar predominante é a “Lestada” (E e ESE) e que as maiores alturas de ondas são registradas em ondulação de S e SE. Concordando assim com dados obtidos para a região de São Francisco do Sul por DTA (2002).

Outro estudo sobre ondas na região de São Francisco do Sul que vale ressaltar é o de ALVES (1996). Com objetivo de estudar as transformações que as ondas geradas pelo vento sofrem durante sua propagação sobre a plataforma continental, ele instalou um ondógrafo direcional próximo a costa, fundeado numa lâmina d’água de 18 metros, na Praia da Enseada.

A análise dos registros obtidos evidenciou que a ocorrência de lestadas, espectros com direções leste e leste-sudeste, é dominante (60,10%) em relação aos demais estados de mar. O período de pico varia de 5 a 11 segundos e as Alturas significativas de 0,3 a 1,7 metros. Tipicamente, as lestadas mais intensas são antecedidas por ventos fracos que mudam constantemente de direção, até estabilizarem-se na direção sul-sudeste. O mar local é gradualmente sobreposto por ondas de leste geradas pelo campo de ventos de um anticiclone extratropical que, em geral, permanece estacionado sobre o litoral da Região Sul durante alguns dias. Por este motivo, nos estágios iniciais de desenvolvimento a lesta é dominada por vagas (sea - ondas de baixo período, geradas localmente e direção coincidente com a direção vento local). Com o estacionamento do anticiclone extratropical, formam-se pistas de vento que gradativamente resultam em um crescimento do período de pico e altura significativa de onda. Transformando as vagas em ondulações (*swell* – ondas com período superior a 10 segundos e direção não coincidente com o vento local).

As ondulações de Sudeste são o segundo estado de mar em termos de frequência relativa, correspondendo a 27,28% das condições observadas. A grande maioria dos espectros com direções dominantes do setor sudeste apresentaram características típicas de ondulações (*swell*). O Período de pico destas ondulações varia de 7 a 15 segundos e as Alturas significativas entre 0,5 e 2,1 metros. Nota-se a existência de dois picos de probabilidades centrados em 11 segundos/0,8 metro e 9 segundos/1,75 metros. Pode-se supor que esses picos estão associados a ondas provenientes de duas zonas de geração distintas, cuja ocorrência se repete regularmente no tempo.

As vagas de Leste-Nordeste (7,21%) e Sul-Sudeste (5,15%) se assemelham na distribuição de períodos de pico (3 a 8 segundos), porém os dois estados de mar são bastante distintos quando se comparam seus valores típicos de Altura significativa. As Alturas das vagas de Leste-Nordeste variam de 0,3 a 1,5 metros, enquanto as vagas de Sul-Sudeste estão entre 0,5 e 2,25 metros.

Quanto às transformações que essas ondas sofrem em águas rasas, ele concluiu que a redução é mais significativa em espectros que apresentam energia concentrada em baixas frequências. Espectros com energia concentrada em altas frequências são praticamente insensíveis aos efeitos de refração. Os efeitos de refração em espectros com energia em baixas frequências resultam no aparecimento de áreas de convergência e divergência de energia e, conseqüentemente, numa distribuição espacial bastante variável de alturas significativas.

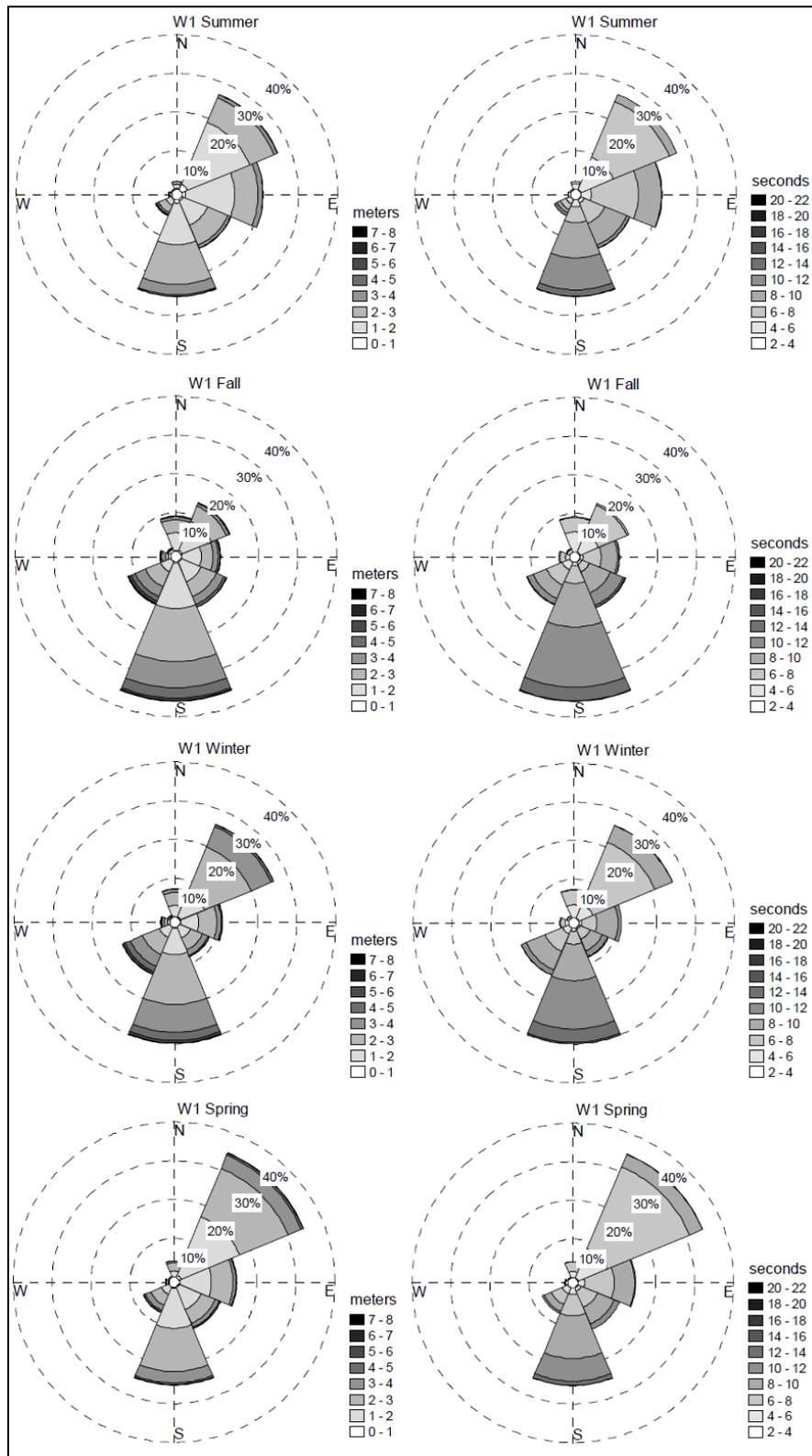


Figura 5.78 – Histogramas direcionais com as características sazonais das ondas para a Região Sul do Brasil. Os histogramas da esquerda mostram as alturas, enquanto os histogramas da direita apresentam os períodos (Fonte: PIANCA *et al*, 2010)

5.1.7.4.3 – Regime de Correntes

Segundo dados obtidos por MPB (2006), que fundeou um correntômetro a uma profundidade de 18 metros de coluna de água e a 2 metros do fundo na região do Porto de São Francisco do Sul, a velocidade média da corrente na região é de 30,51 cm/s e a velocidade máxima é 60,2 cm/s, em condições de maré de sizígia. Sendo que as maiores velocidades de correntes estão relacionadas às correntes de vazantes.

Para a região da desembocadura da Baía da Babitonga, AMORIM *et al.* (2006) mediu velocidade e direção de corrente ao longo da coluna de água. Os dados apresentados revelam que os maiores valores médios de velocidade são apresentados na superfície da coluna de água. No meio da coluna, esses valores são mínimos, ocorrendo um aumento de velocidade no fundo (Tabela 5.30 e Figura 5.79). Os dados também mostraram que as velocidades das correntes medidas na região do porto, em situação de maré vazante foram sempre superiores (na ordem de 40 a 50 cm/s) em relação às situações de enchente.

Tabela 5.30 - Valores médios de velocidade e direção da corrente medida ao longo da coluna da desembocadura da Baía da Babitonga

Profundidade (m)	Velocidade (cm/s)	Direção (graus)
0	15,18	72,60
0,5	13,70	78,08
1,5	11,81	84,40
2,5	9,55	89,50
3,5	6,95	94,64
4,5	4,20	104,09
5,5	1,84	138,08
6,5	2,07	220,39
7,5	3,76	245,38
8,5	5,10	254,41
9,5	6,15	258,79
10,5	6,87	261,59
11,5	7,22	265,36
12,5	7,55	269,48
13,5	7,97	271,81
14,5	8,26	272,83
15,5	8,32	273,42

Fonte: AMORIM *et al* (2006)

Os resultados do correntógrafo condizem com as médias obtidas em trabalhos anteriores para a baía da Babitonga, realizados por Bucci (2004) e Truccolo & Schettini (1999), os quais descrevem o canal principal da baía com velocidades máximas de corrente em torno de 60 cm/s, sendo que na porção da desembocadura essas velocidades podem atingir 124 cm/s.

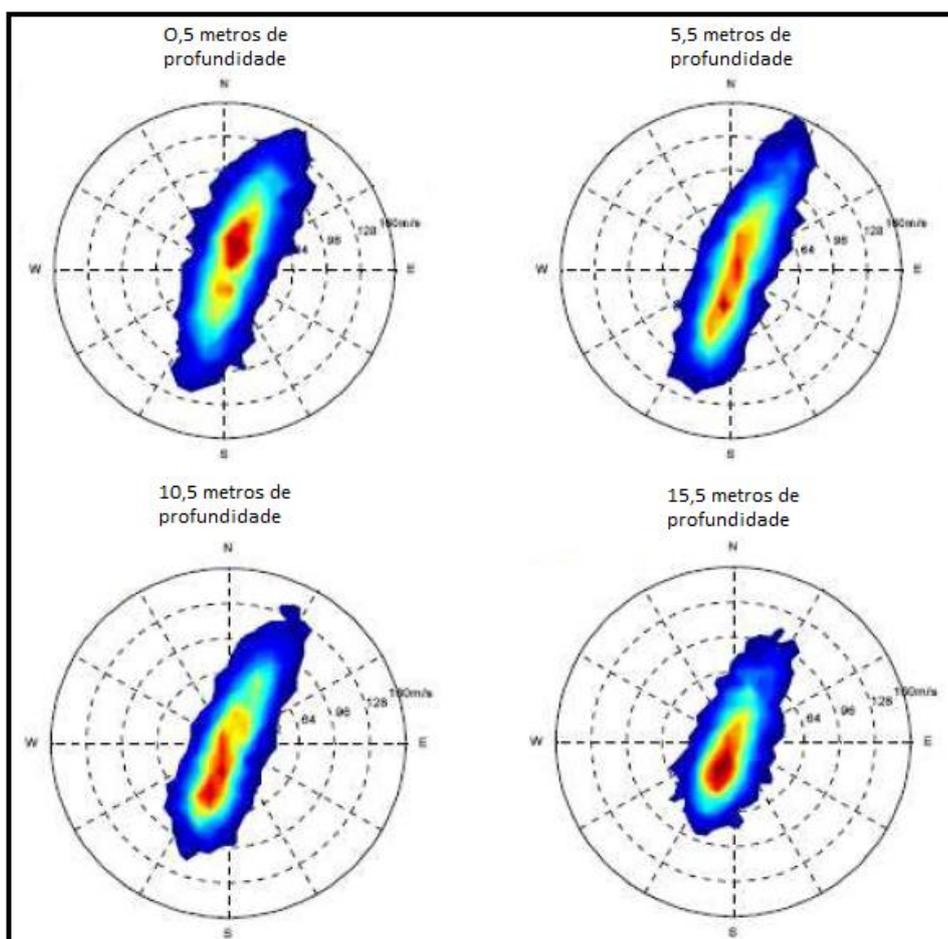


Figura 5.79 - Velocidade e direção das correntes observadas entre 21 de fevereiro e 28 de março de 2003, na desembocadura da Baía da Babitonga (AMORIM *et al*, 2006)

Correntes enchentes ou vazantes no interior da Baía ocorrem com maior ou menor intensidade de acordo com as variações do nível do mar. Ventos intensos do quadrante sul associados a passagem de frentes frias elevam o nível do mar na costa. Esta elevação da superfície do mar contribuiria com uma maior entrada de água do mar dentro da baía atuando, desta forma, no mesmo sentido da maré enchente e intensificando as correntes enchentes.

5.1.7.4.4 – Elevação do Nível de Água

Segundo a classificação de Hayes (1975), a Baía da Babitonga pode ser caracterizada por um regime de micro-marés, com a máxima altura de maré inferior a 2 m. Truccolo & Schettini (1999) em seus resultados obtiveram o número de forma para o Porto de São Francisco do Sul de 0,29, o que representa um regime de maré do tipo misto com predominância semidiurna, com desigualdades de alturas para as preamares e baixa-mares

consecutivas. A amplitude média de maré para o Porto de São Francisco do Sul é de 85 cm, com valores máximos de 128 cm. (TRUCCOLO & SCHETTINI, 1999)

O movimento regular e previsível das marés é determinado por componentes astronômicas, mais especificamente pela posição relativa entre a Terra e a Lua e a Terra e o Sol, é modificado em maior ou menor extensão por fatores meteorológicos irregulares sendo os principais a pressão atmosférica e a ação do vento sobre a superfície do oceano (PUGH, 1987; GILL, 1982). Considerando o fato de que o regime de marés ao longo da costa norte do estado de Santa Catarina é de micro-maré, mudanças devido à forçantes atmosféricas, deixam de ser pequenas e apresentam importância considerável (TRUCCOLO *et al* 1996).

As oscilações de baixa frequência durante as estações de inverno e primavera de 1996 mostraram que as principais forçantes atmosféricas que promovem a ascensão e queda do nível do mar foi o componente da força do vento paralelo a linha de costa, com a pressão atmosférica desempenhando um papel secundário (TRUCOLLO *et al*, 2004). A resposta máxima do nível do mar foi induzida por ventos locais com a orientação de 12°, quase linearmente orientado pela linha de costa. O efeito do vento paralelo a costa foi insignificante. A resposta de variação do nível do mar apresentou um atraso de 10 horas em relação à incidência do vento. O efeito do vento *cross-shore* foi insignificante (TRUCOLLO, *op.cit.*).

Desta forma, as variações meteorológicas de maré podem ocasionar a elevação ou o abaixamento do nível da água e o atraso ou adiantamento dos instantes de baixa-mares ou preamares. De acordo com Schettini & Klein (1997), Truccolo (1988) e Truccolo & Schettini (2000) os efeitos de sobrelevação do nível estuarino por forçantes meteorológicas (ação do vento e da pressão atmosférica) podem significar até 1m em relação à maré astronômica (DTA, 2002).

Porém, na maior parte do tempo, a maré astronômica prevista responde sozinha às variações do nível do mar. Estando, a maré meteorológica, com sua interferência no nível d'água, restrita a eventos de alta magnitude ou longa duração. Tal fato é observado por Caruso Jr (2008), que compara o registro de elevação do nível d'água e maré astronômica prevista (Figura 5.80). Onde nota-se que previsão responde com boa precisão os efeitos ocorrentes na costa

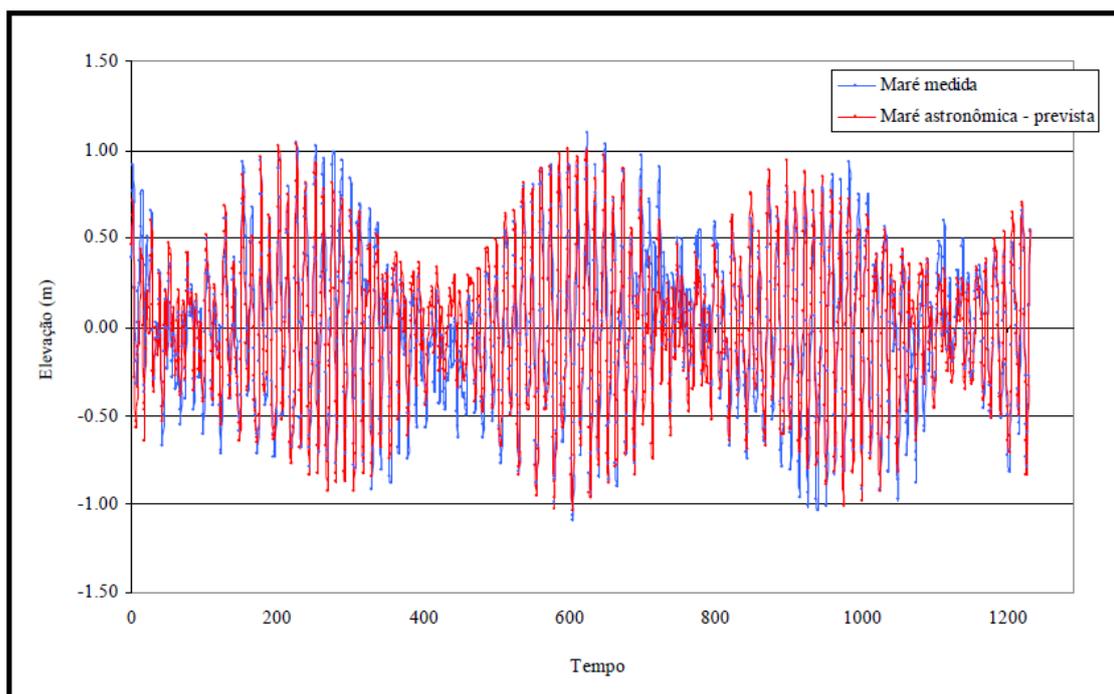


Figura 5.80 - Série Temporal comparativa entre a maré astronômica prevista e a maré registrada em campo (Fonte: CARUJO JR, 2008).

Um estuário pode ser classificado conforme a importância relativa do atrito de fundo com a constrição do canal. De acordo com Truccolo & Shettini (1999) a ocorrência da baixa-mar na praia da Enseada antecede à do porto de São Francisco do Sul, que por sua vez antecede à observada na barra do rio Cubatão. A figura 5.81 mostra claramente a amplificação e o atraso que ocorre na progressão da maré para o interior da baía. A linha tracejada representa a variação do nível do mar observada na barra do Rio Cubatão, que deságua no Rio Palmital que é o braço norte da baía. Neste mesmo período, a altura alcançada na Praia da Enseada foi de 1,30 m, aumentando para 1,87 m no interior da Baía, e decaindo para 1,70 na barra do Rio Cubatão (TRUCCOLO & SCHETTINI, 1999)

Este comportamento sugere que a baía da Babitonga é um estuário do tipo hipersíncrono, onde a convergência do canal excede o atrito, causando um aumento da altura de maré em direção a montante (NICHOLS & BIGGS, 1985). Da mesma forma, DTA (2002) classificou o complexo estuarino como do tipo “hipersíncrono” devido aos efeitos de fricção com o fundo e do estreitamento lateral do canal principal. Quando os efeitos de constrição do canal são dominantes e a fricção tem um papel menor, a constrição causa uma compressão da onda lateralmente e a conservação de energia requer que as velocidades e amplitudes da onda de maré aumentem (DYER, 1997). A variação das amplitudes e fases dos constituintes de maré observados ao longo do estuário afetarão as velocidades de correntes de maré. (TRUCCOLO & SCHETTINI, 1999)

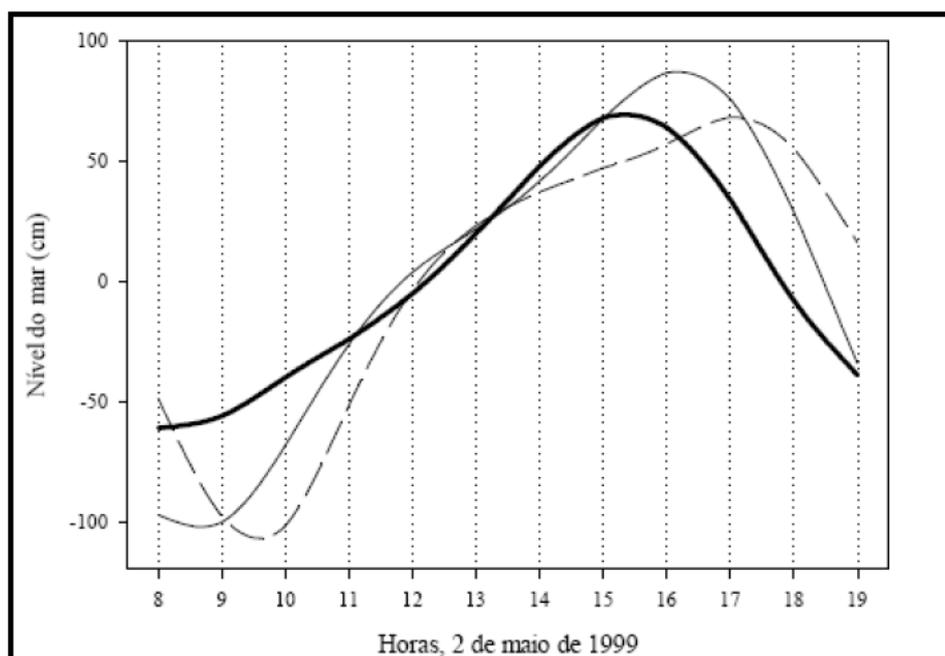


Figura 5.81 - Variação do nível do mar ao longo da Baía da Babitonga, no dia 2 de maio de 1999. Praia da Enseada: linha contínua em negrito; Porto de São Francisco do Sul: linha contínua; Barra do Rio Cubatão: linha tracejada (Fonte: TRUCOLLO & SCHETTINI, 1999).

Além da amplificação da energia de maré a partir da Praia da Enseada para o interior da Baía, ocorrem também distorções da onda neste trecho decorrente do seu avanço para um ambiente restrito. Segundo Speer & Aubrey (1985), a maior parte da assimetria da curva de maré astronômica é resultado do balanço entre a topografia do estuário e os efeitos de fricção e estreitamento do canal. A distorção da onda causa a dominância de enchente ou de vazante, podendo ser avaliada pela análise das fases da constante principal lunar M2 e M4, relacionada à progressão de maré em águas rasas, pela relação $(2M2 - M4)$. Para um sistema ser caracterizados como dominado por enchente, este deve apresentar uma elevação de fase entre 0° e 180° , e em caso de valores entre 180° e 360° , o sistema é caracterizado por domínio de vazante. Esta relação é 4° para a Praia da Enseada e 43° para o interior da Baía da Babitonga. Valores próximos à $0^\circ/360^\circ$ ou 180° implicam em um regime quasi-simétrico, sendo o caso da maré na Praia da Enseada, em mar aberto. Entretanto, no interior da Baía, a relação de simetria mostra uma forte tendência para domínio de marés de enchente. (TRUCOLO & SCHETTINI, 1999)

As alturas de marés observadas na baía da Babitonga são consideravelmente maiores do que aquelas observadas ao longo da zona costeira adjacente (TRUCOLO & SCHETTINI, 1999). Dentro da baía, as componentes semidiurnas M2 e S2 são as mais expressivas, sendo que as componentes de águas rasas M4 e M3 também possuem altura de onda significativa (TRUCOLO, 1998).

5.1.7.5 - Elementos Geomorfológicos e Sedimentológicos da Área de Influência Direta (AID)

5.1.7.5.1 – Caracterização Batimétrica e Geomorfológica

A área de influência direta compreende a conjunção de dois círculos com raio de 1.000 metros medidos a partir das extremidades do píer do TESC, compreendendo em área de 2.025.592 metros quadrados dentro da baía da Babitonga (Figuras 5.82 e 5.83).

No contexto geomorfológico, a localização da AID se dá no início da porção distal do canal principal, onde ocorre a faixa de transição entre fundo irregular devido à alternância de lajes e depressões batimétricas, e o canal profundo bordejado por plataformas e bancos sublitorâneos.

Dentro da AID, ocorrem profundidades entre 0 à cerca de 23,5 metros distribuídas de forma multimodal. A distribuição das faixas batimétricas foram realizadas separadamente com o conjunto de levantamento com escalas de 1:5.000 ou maiores, representam 60% da área denominada de área A (Figura 5.82), e cerca de 40% com dados da Carta Náutica nº. 1904 da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), escala 1:27.000, área B (Figura 5.84).

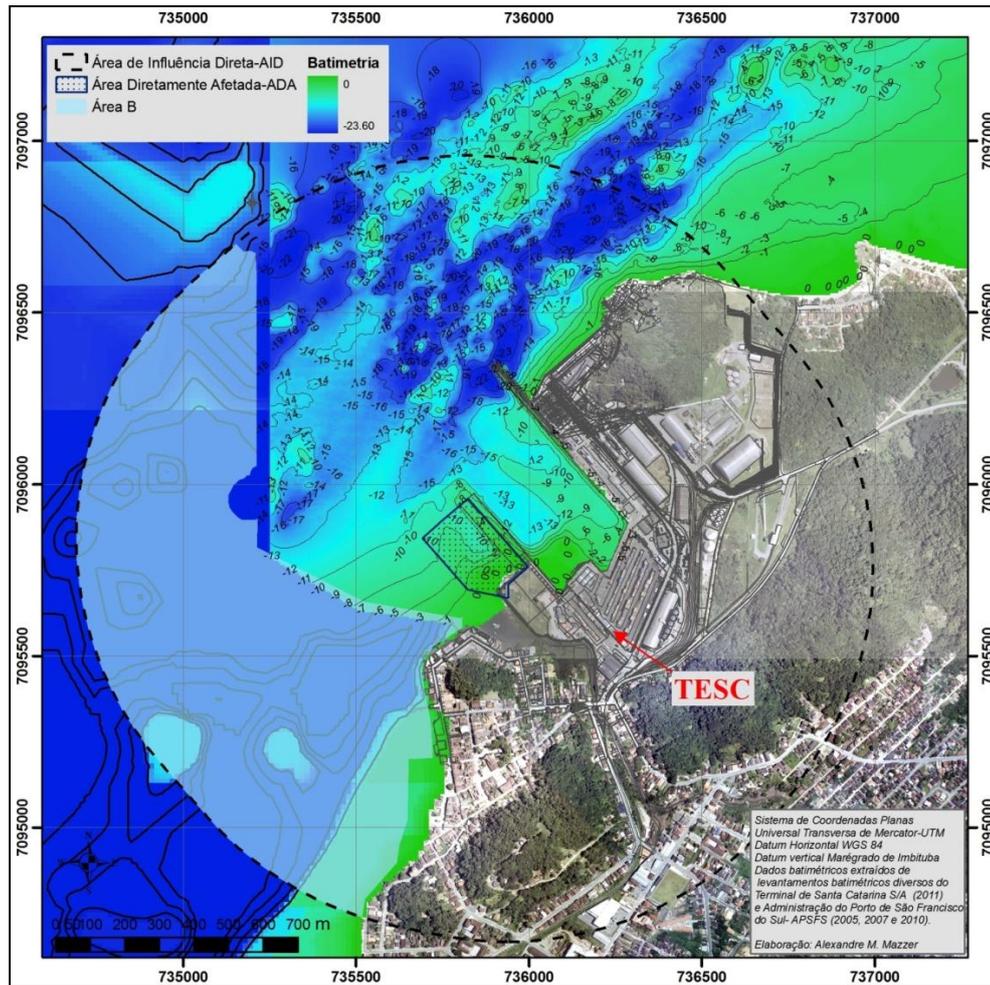


Figura 5.82 - Modelo numérico de terreno da batimetria da área A.

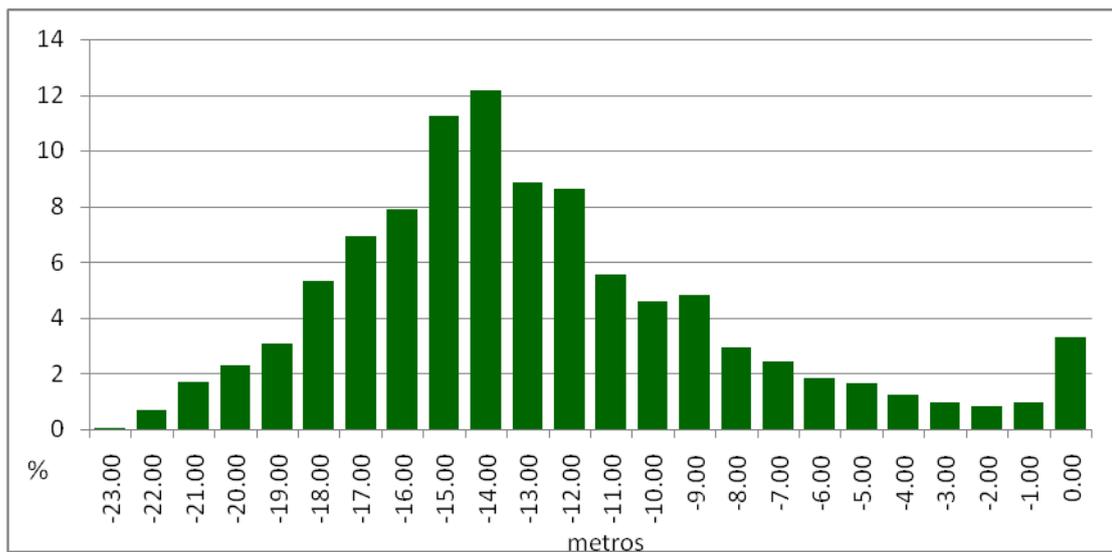


Figura 5.83 - Distribuição das classes batimétricas da área A.

A área A abrange a Dársena, a Bacia de Evolução do TESC e parte canal interno da Área de Porto Organizado (Figura 5.82). Sua distribuição batimétrica, representada na figura 5.81, demonstra o predomínio das faixas batimétricas entre 12 e 16 metros, e média de 13,26 metros. Destacam-se as faixas batimétricas entre 14 e 15 metros, as quais representam 12% do total (Figura 5.83).

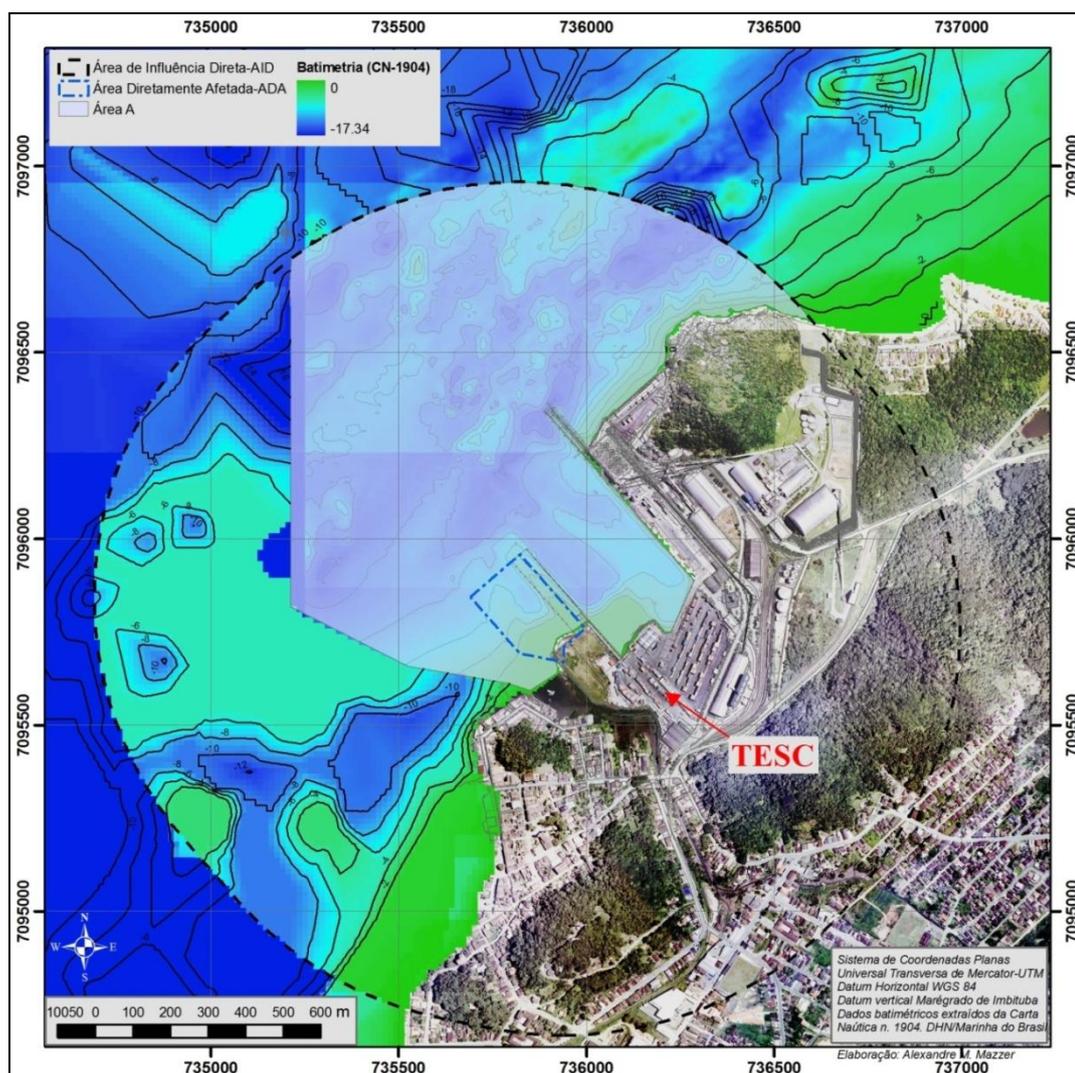
A presença de operações de dragagem, iniciadas há mais de 25 anos contribui para a ocorrência de tal fato, no entanto a alternância entre lajes depressões e canais reflete a influência estrutural do embasamento cristalino, denotando um local com profundidades acima de 10 metros sem a influência posterior das dragagens.

A área B, situada mais ao interior do canal principal, é caracterizada por profundidades menores, com máxima de 17 metros, e média de 6,5 metros (Figura 5.84 e 5.85).

As faixas batimétricas com maior ocorrência situam-se em 5 metros, a qual predomina em cerca de um terço da área B (Figuras 5.84 e 5.85). Secundariamente, ocorre a faixa de 10 metros de profundidade ocupando cerca de 15 % do total, seguido pelas faixas batimétricas intermediárias entre 5 a 10 metros.

O predomínio da faixa de 5 metros pode ser atribuído aos Terraços Submarinos, citados por Mazzer & Gonçalves (2008), uma vez que correspondem à área com baixa declividade e associadas a deposições alongadas e plataformas sublitorâneas anexas à zona inframarés.

A distribuição das faixas batimétricas está diretamente associada à ocorrência de compartimentos geomorfológicos. A conformação de tais áreas possui forte influência estrutural dos remanescentes do embasamento cristalino, da morfodinâmica estuarina de médio e longo prazo, e do histórico operacional de dragagem e derrocamento.



Na figura 5.86, apresenta-se uma proposta de compartimentação geomorfológica baseada nas feições indicadas por Mazzer & Gonçalves (2008) e na interpretação dos modelos numéricos de terrenos da batimetria (Figura 5.82 e 5.84, áreas A e B).

Segue abaixo, uma breve caracterização descritiva dos compartimentos (figura 5.87):

Canal e fundo irregular

Feições lineares com profundidade superior a 12 metros de natureza rochosa, porém podendo ocorrer deposições cascalhosas e mesmo bancos de lama de menor expressão e pontuais. Ocorrem no setor norte da AID, e sob a delimitação do canal interno e parte da bacia de evolução (Figuras 5.86 e 5.87).

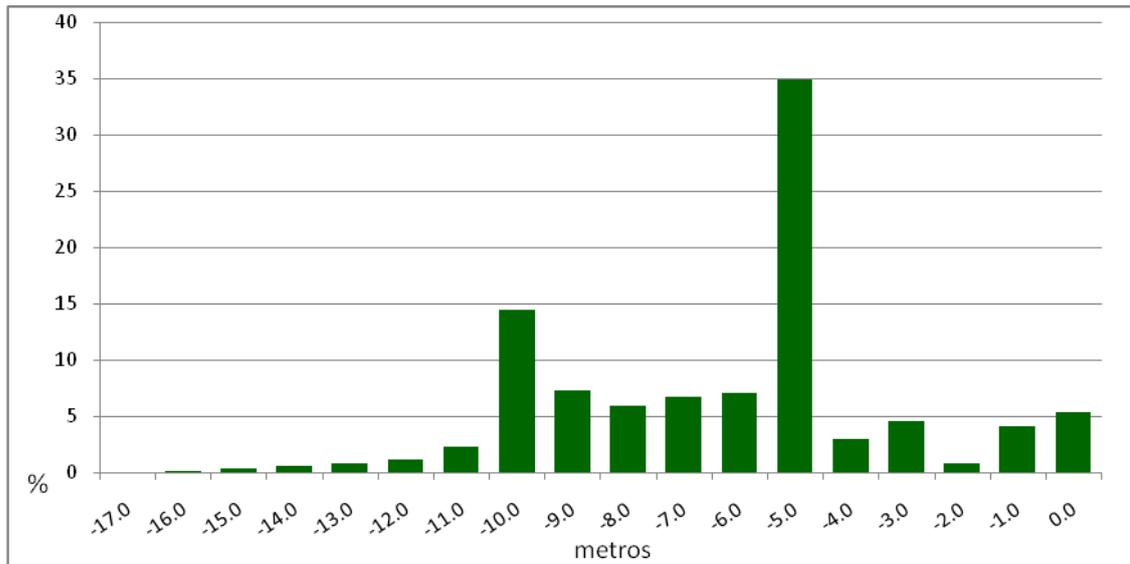


Figura 5.85 - Distribuição das classes batimétricas da área B.

Depressão batimétrica

Áreas com profundidade superior a 14 metros de forma circular com inclinações de talude superior a 10 graus, que ocorrem adjacentes a parciais e lajes rochosas. Supõe-se que estas tenham natureza rochosa uma vez que se associam as feições supracitadas, e demonstram alinhamento estrutural com as mesmas (Figuras 5.86 e 5.87).

Terraços submarinos

Ocorre na AID entre lajes maiores e depressões batimétricas na porção oeste. Apresenta predomínio de profundidade de 5 metros e inclinação de fundo suave e plana. Provavelmente, tem constituição sedimentar alternada com áreas rochosas próximas aos taludes limítrofes de outros compartimentos, porém, devido a estar quase na sua totalidade fora da área de canal e bacia de evolução não se tem dados de composição de fundo a fim de confirmar tal suposição (Figuras 5.86 e 5.87).

Plataforma sublitorânea

As plataformas ou bancos sublitorâneos ocorrem adjacente a planícies de marés no extremo nordeste e sudoeste da AID. Tal compartimento ocorre em profundidades de 2 a 5 metros com a maior extensão na faixa batimétrica de 3 metros aproximadamente. (Figuras 5.86 e 5.87).

Fundo alterado por dragagem

Porção de fundo de profundidade variada, entre 0 a 16 metros, sem padrão morfológico aparente devido a alterações antrópicas. Tais alterações compreendem diretamente as escavações (dragagem) e derrocamentos, e indiretamente, as alterações locais nos processos de erosão e sedimentação em restabelecimento de equilíbrio dinâmicos em situações durante e posteriormente o período superior a 25 anos de dragagem (Figuras 5.86 e 5.87).

Lajes maiores

Caracterizada por elevações batimétricas a partir de profundidades entre 15 e 17 metros atingindo a faixa batimétrica de 5 a 1 metro e áreas maiores que cerca de 10.000 metros quadrados. Em pontos rochosos localizados pode aflorar à superfície em situação de baixamar de sizígia. Trata-se de remanescentes rochosos compostos por gnaisses hiperstênicos e granitos gnáissicos, com alinhamento preferencial sentido NE-SW, os quais denotam resistência estrutural maior que o material geológico adjacente, destacando-se do fundo por erosão diferencial ao longo de ciclos de retrabalhamento geológico. Algumas recebem as denominações de Laje do Muchocho, Laje da Cruz (parcialmente derrocada), Laje Grande de Baixo, Parcel da Torre, Parcel do Paraná, entre outros, conforme Carta Náutica nº. 1804.

Parcéis menores

Os parcéis menores ocorrem de forma semelhante e associada às lajes maiores, e apresentam área menor entre 500 à cerca de 7.000 m², e inclinação de pendentes de talude superior a 10 graus.

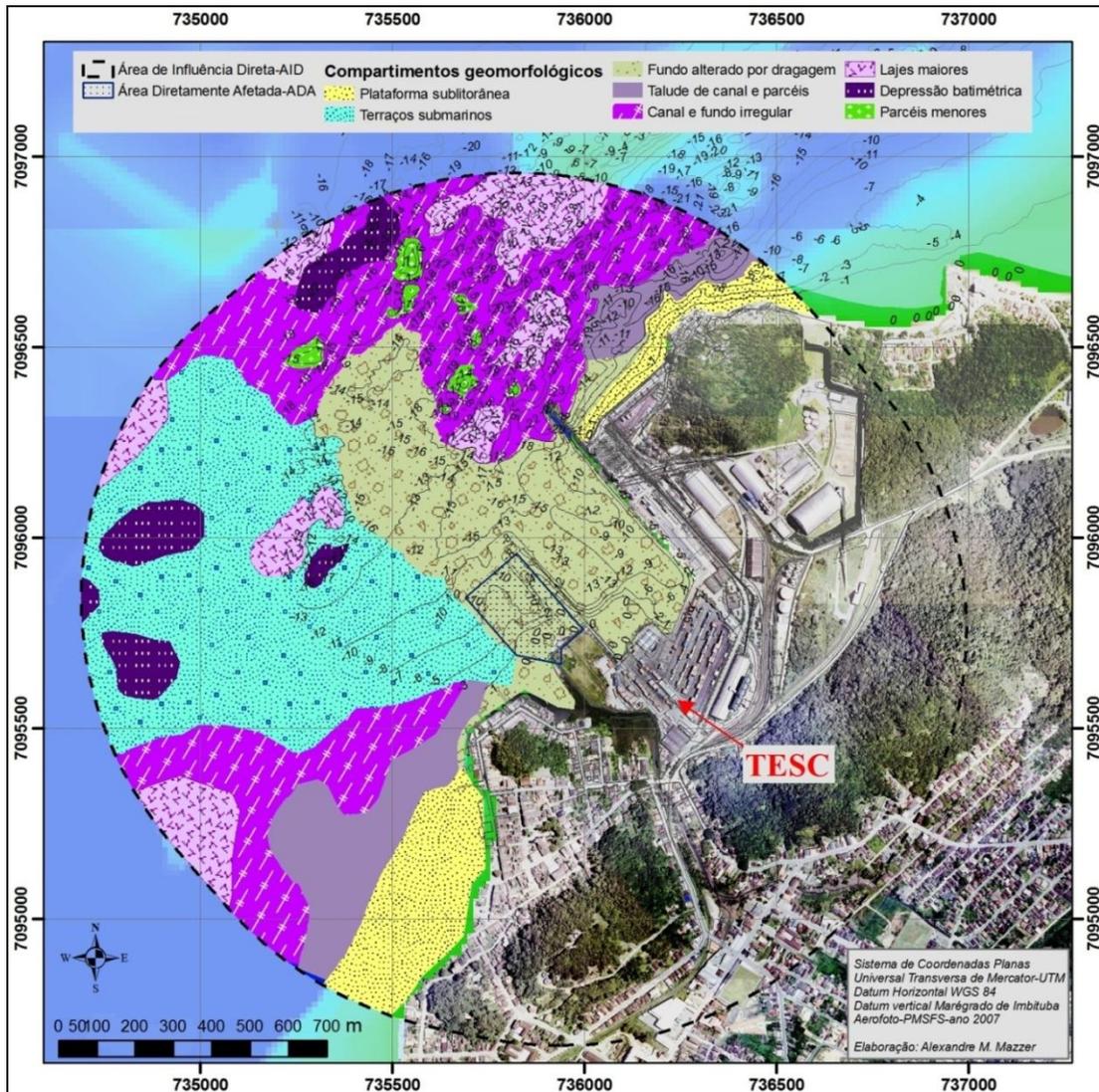


Figura 5.86 – Compartimentação geomorfológica baseada na morfologia e batimetria da AID..

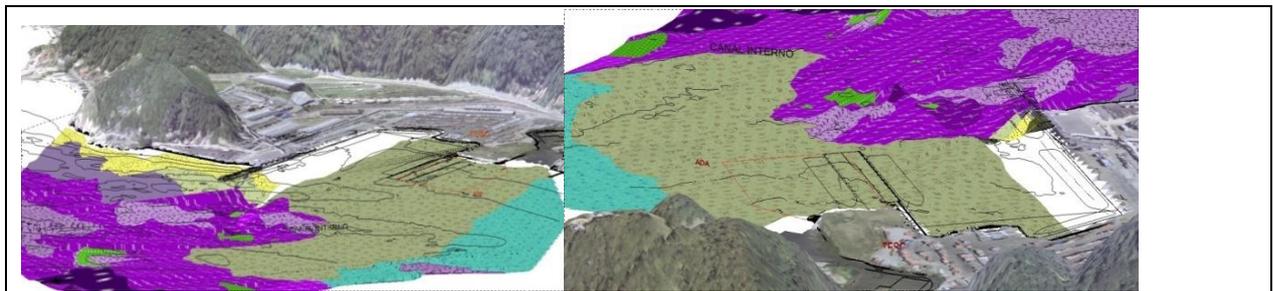


Figura 5.87 – Perspectivas tridimensionais da batimetria e compartimentação geomorfológica da ADA e parte da AID.

5.1.7.5.2 – Caracterização da Linha de Costa

A linha de costa abrangida na AID possui a extensão de cerca de 5.520 metros, sendo protegida de ondas e vagas produzidas em ambiente pelágico e nerítico por estar localizada dentro da baía da Babitonga.

Desta forma, os agentes hidrodinâmicos condicionantes da morfodinâmica da linha de costa são dadas pela oscilação vertical maregráfica (marés astronômicas e meteorológicas), e as correntes estuarinas resultante da interação do prisma de maré, da descarga fluvial, ventos e morfo batimetria local (NORDSTROM, 1996). Apesar de ocorrer geração de vagas dentro do Canal principal da baía, estas não parecem significativas na maior parte da AID, com exceção do trecho ao norte, onde ocorre desenvolvimento de depósitos praias.

A partir da interpretação da aerofoto de 2007, a linha de costa foi seccionada em 10 trechos características descritivas relativas aos elementos naturais e antrópicos contidos, e reagrupadas em 4 tipologias, relacionadas com sua natureza em relação à mobilidade e interferência antrópica, conforme tabela 5.31.

Tabela 5.31 - Características da linha de costa relacionadas à classificação em tipologias.

Descritores/Características	Extensão (m)	%	Reagrupamento em tipologias	Extensão (m)	%
Muro com calçada	655,09	11,86	Fixa/estabilizada por muros	1.230,24	22,30
Muro e edificações diversas	575,15	10,42			
Trapiche e/ou Plataforma de atracação e/ou embarque	2.183,68	39,56	Fixa/Semi-fixa por presença de estruturas de apoio náutico/portuário	2.489,87	45,11
Cais portuário	306,19	5,54			
Sedimentos com muro adjacente	74,06	1,34			
Sedimentos acrescidos em área portuária	328,23	5,94	Móvel/sedimentar com alta interferência antrópica	487,72	8,84
Sedimentos e edificações esparsas	85,43	1,54			
Sedimentos e vegetação halófila	722,88	13,10	Móvel/sedimentar condicionada naturalmente	1311,31	23,76
Praia arenosa	78,67	1,42			
Sedimentos alternados com rochas	509,76	9,23			

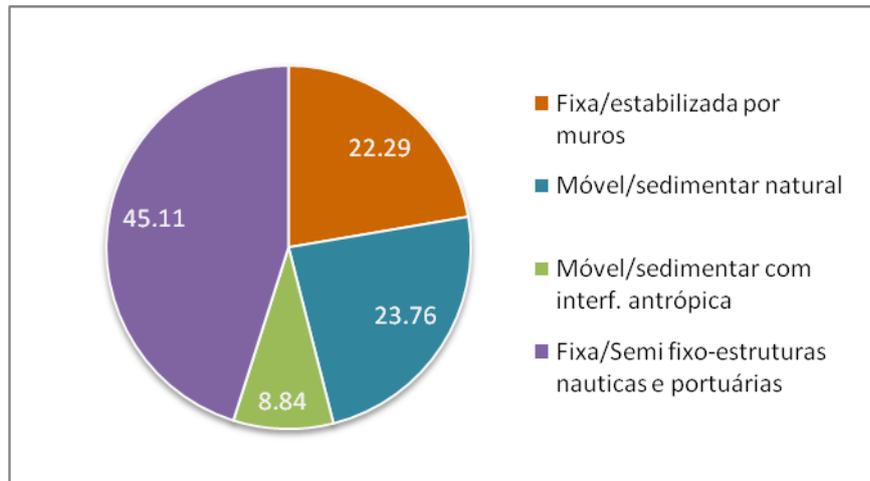


Figura 5.88 - Representação gráfica da proporção (em %) das tipologias da linha de costa

A tipologia desta linha de costa é caracterizada por ser fixa ou estabilizada por muros subjacentes a calçadas, edificações de residências, comércio ou de estruturas em terra de apoio náutico (Figuras 5.88 e 5.89) em cerca de 22,5 % de sua extensão. As estruturas de apoio náutico e portuário sob a linha de costa e baía que denotam a linha de costa fixa ou semi fixa, ocorrem em cerca de 45 % da área, sendo que cerca de 2.000 metros , ou 36%, seria dentro da Área do Porto Organizado correspondendo ao píer de atracação do TESC, e a plataforma de atracação e cais do Porto de São Francisco.

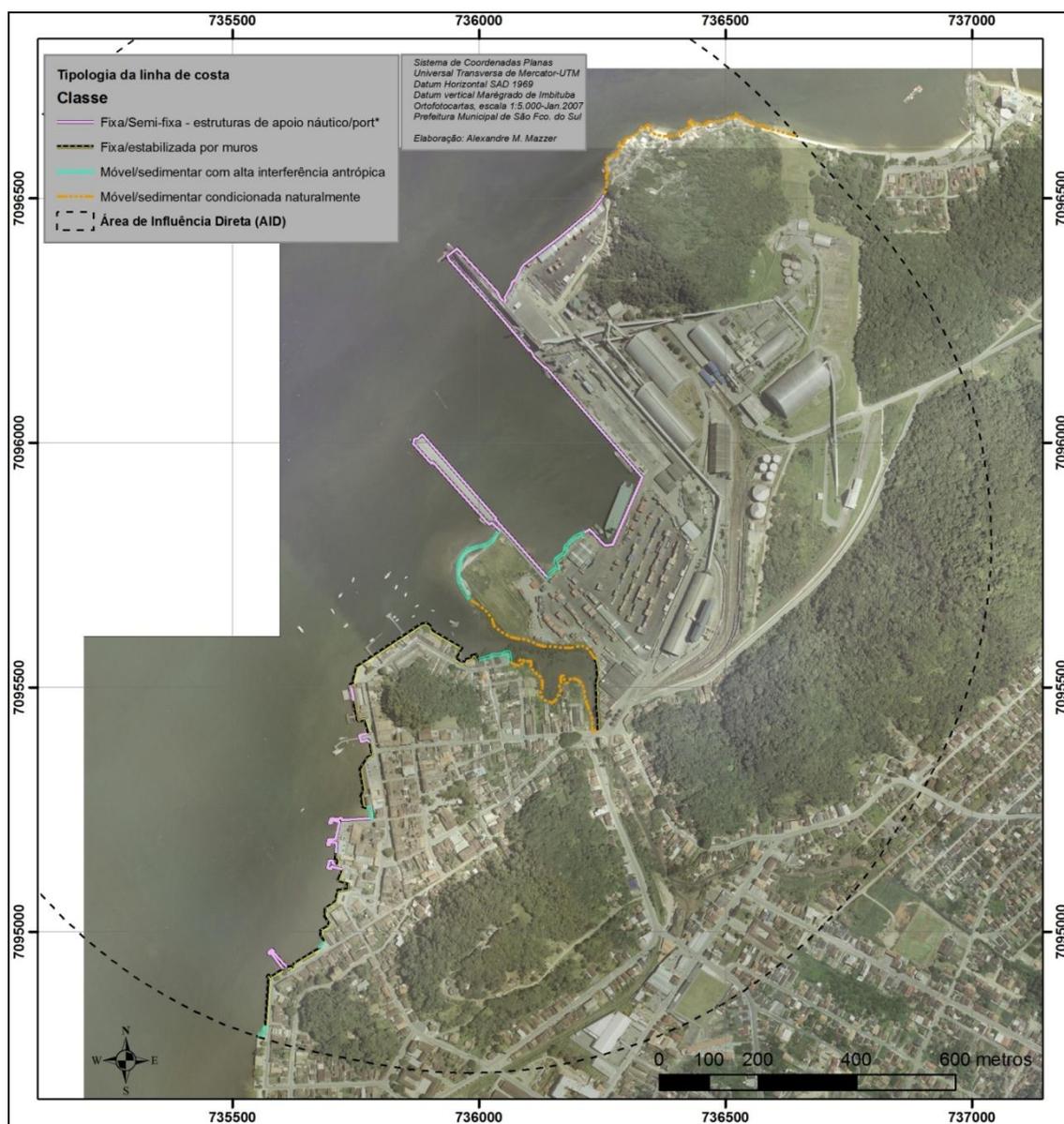


Figura 5.89 - Tipologia da linha de costa contida na Área de Influência Direta (AID)

As porções de linha de costa com a presença de sedimentos e vegetação, sendo móvel representam pouco mais de 30%, sendo dividida naquelas que possuem sedimento vegetação e pequenos remanescentes rochosos, e aquelas que possuem sedimentos e ocupação parcial de edificações sobre a praia ou plai no sedimentar. A linha de costa móvel ocorre na maior parte em deposição praial (praia adjacente ao morro do “Rabo Azedo”), e na desembocadura do rio Pedreiras, alcançando cerca de 23% da extensão total na AID.

O trecho da linha de costa caracterizado por sedimentos com vegetação e sedimentos com muros adjacentes denotam os trechos com maior continuidade de deposição sedimentar analisada. A sua localização, concentrada na desembocadura do rio Pedreiras, na porção sul do TESC e antiga área portuária indicam que se trata de local com menor energia hidrodinâmica e com maior aporte sedimentar via canal estuarino (rio Pedreira), e via aterros

antrópicos. Dentre os últimos, destaca-se a ampliação da área portuária realizada na segunda metade do século passado real, conforme será abordado na análise temporal, a seguir.

5.1.7.5.2.1 – Variação Temporal da Linha de Costa (1957-2007)

No período de aproximadamente 50 anos, a linha de costa cresceu em média 36 metros, com desvio padrão de 71,6 metros, e acreção máxima atingindo cerca de 275 metros (Figura 5.90).

O predomínio da acreção costeira nestes 5.500 metros de linha de costa pode ser atribuído às interferências antrópicas na linha de costa resultantes da expansão da urbanização e da modernização tanto do centro de São Francisco do Sul como do Porto de São Francisco do Sul. Trechos de recuo da linha de costa também ocorreram, alcançando até 30 metros, porém, estes relacionam-se à remoção ou remodelamento de estruturas náuticas, como trapiches, píers e plataformas e, não à erosão costeira natural.

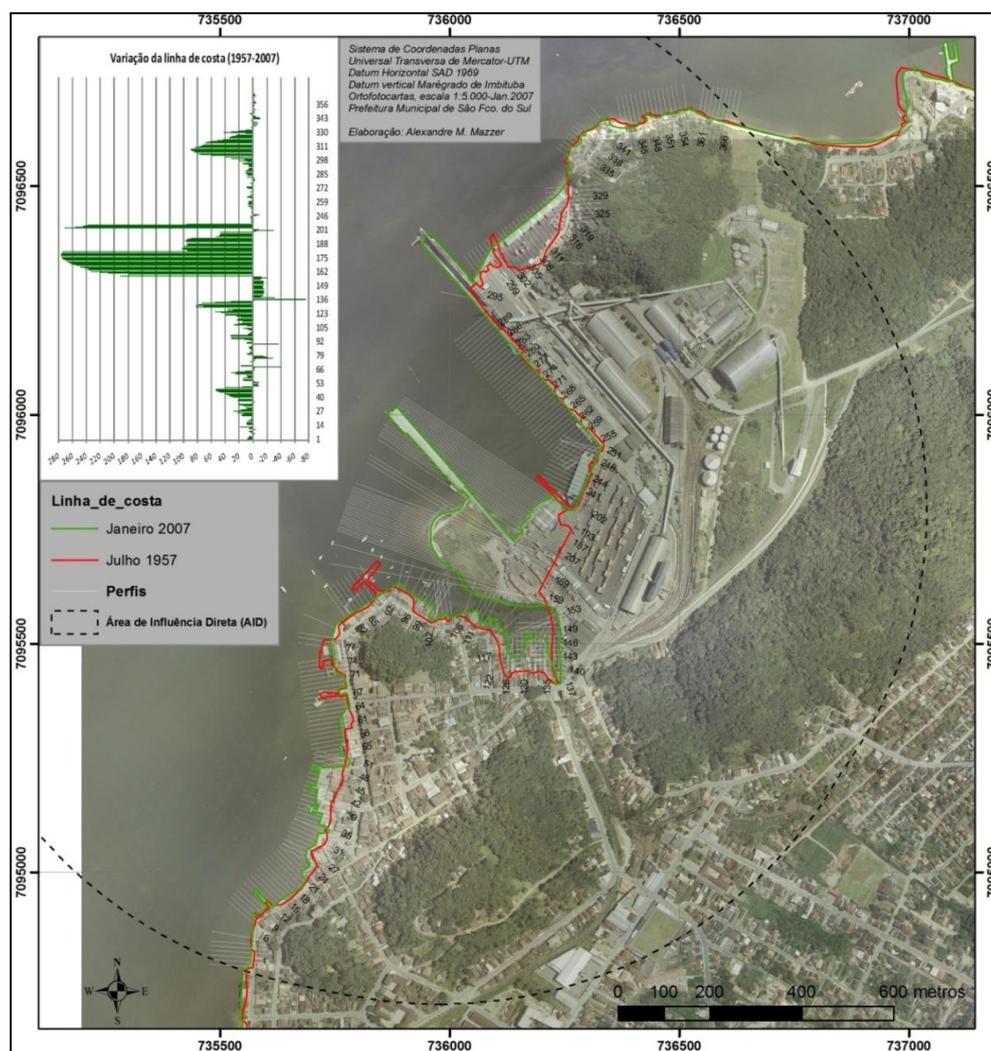


Figura 5.90 - Variação da linha de costa e respectiva representação gráfica (canto esquerdo superior), abrangendo os anos de 1957 e 2007.

No extremo sul da AID a linha ocorre o predomínio de acreção costeira entre os perfis 1 a 50, de forma crescente entre 10 a 20 metros para 50 metros aproximadamente. Tal fato pode ser relacionado com a mudança de linha de costa móvel sedimentar com presença de residências, no início, para fixa por muros com calçadas e edificações, o que provavelmente, contemplou aterro na sua implementação.

No trecho seguinte, que abrange o centro histórico do município, com ocupação antrópica efetiva há pelo menos 200 anos pretéritos, teve ampliação de área costeira na maior parte de 20 a 80 metros, com exceção das estruturas náuticas e existiam apenas no registro de 1957, as quais indicaram recuo da linha de costa (perfis nº. 66-69, 75-79 e 90 e 110). Tais estruturas funcionavam associadas ao Porto de São Francisco do Sul constituindo de terminais marítimos.

A partir do perfil nº. 111 até o nº. 158, a linha de costa encontra-se no domínio da desembocadura do rio Pedreiras. Na porção sul deste trecho, a acreção da linha de costa é

induzida pelas edificações e aterramento, no entanto nos perfis n.132 à 145, onde houve deposição sedimentar e aterramento de 20 à cerca de 60 metros. Este trecho caracteriza-se por constituição sedimentar com vegetação.

Na outra margem desta desembocadura, houve recuo da linha de costa de cerca de 30 metros em média, alcançando a máxima da AID de 75 metros, aproximadamente. Esta erosão provavelmente relaciona-se com alterações à montante do rio Pedreira devido a alterações: (i) do seu curso natural, (ii) de sua calha e do (iii) do talvegue decorrentes da expansão urbana e seus impactos diretos e indiretos. Junto a esses fatores, na área adjacente, a partir do perfil n. 162 até o de n. 216, houve a mais alta acreção costeira, via aterramento resultante da expansão do Porto de São Francisco e estruturas pertinentes. Mais de 200 metros de aterro avançaram sobre a linha de costa de 1957 para a fixação da linha de costa envolvendo a construção de muros, cais, plataformas, docas e pátio de armazenagem, sendo atualmente a área ocupada pelo TESC.

Tais alterações influenciaram na morfodinâmica da linha de costa da desembocadura do rio Pedreiras resultando na ocorrência dos extremos de erosão/acreção da analisados na AID.

No trecho costeiro abrangendo os principais berços do porto de São Francisco do Sul (perfis 217-317), as mudanças não foram muito significativas, ainda que embora demonstrem acreção entre 5 a 15 metros, resultam da manutenção da plataforma e cais que abrangem os berços 101, 201 301 do porto supracitado, já estabelecidos em 1957.

No trecho subsequente houve a segunda maior acreção da linha de costa, em média de 80 metros, também ocasionada por aterramento, e estabilização da linha de costa. A mesma está relacionada com a expansão portuária, e construção dos berços 401 e 501 do Porto de São Francisco do Sul, iniciada na última década.

Os trechos subsequentes se encontram fora da área de operações portuárias e são caracterizadas por mudança da linha de costa, passando de NW-SE para NE-SW, bem como pelo predomínio de material sedimentar intercalado com material rochoso de afloramentos do embasamento cristalino. Observa-se que diminuía interferência antrópica direta sob a linha de costa, e ocorrem alternâncias entre erosão e deposição sedimentar, com o predomínio de recuo da linha de costa da magnitude de 1 a 5 metros.

Neste trecho ocorrem estruturas náuticas e muros de forma isolada, além de edificações de residências, porém, parte da variação apresentada pode ser atribuída ao erro cartográfico inerente ao método de cerca de 6 metros.

Desta forma, considera-se que não houve variações naturais da linha de costa significativas na janela temporal de 50 anos. As mudanças constatadas podem ser atribuídas ao processo de urbanização e crescimento da área portuária induzida pelo crescimento populacional e econômicos em estrutura pré-estabelecida sob a linha de costa estuarina desde o final do século XIX, de acordo com Goullarti Filho (2008).

5.1.7.5.3 – Considerações sobre a Influência do Rio Pedreira na Sedimentação Costeira

O rio Pedreira apresenta extenso trecho de canal estuarino (Gamboa), com aproximadamente 1.600 metros de extensão em planície, onde devido à baixa altitude em que se encontra, permite a incursão da onda de maré ao longo de seu curso promovendo fluxo bidirecional.

O seu perfil longitudinal extraído de modelo numérico de terreno (Figura 5.91) demonstra que o curso do canal estuarino flui na maior parte em altitude de 1 metro acima do nível do mar. Na localidade considerada seu ponto distal (Figura 5.92), onde encontra-se uma zona úmida com afloramento de água a altitude estaria em cerca de 1,5 metros, denotando um baixíssimo gradiente de 0,001.

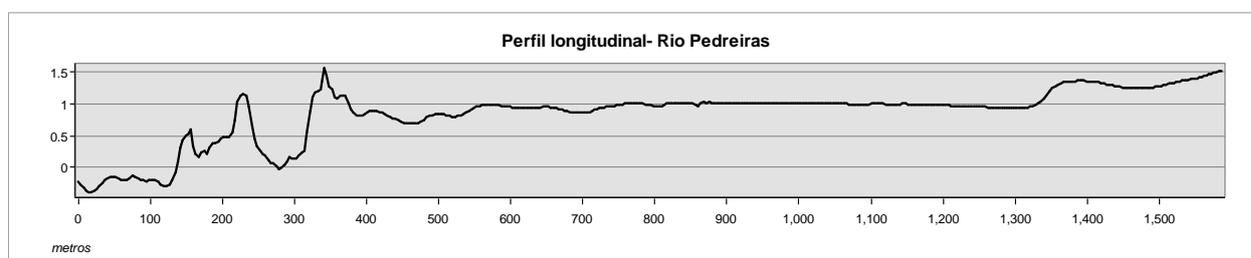


Figura 5.91 - Perfil longitudinal do rio (canal estuarino) Pedreiras (Montante, à direita).

Conforme informações contidas na complementação do Parecer técnico n. 488/2009(ANEXO), estima-se pelo Método Racional que a vazão ($Q_{\text{calculado}}$) em $45,85\text{m}^3/\text{s}$, estimando um canal retificado de cerca de 16 metros de largura superficial (B) e 12 metros no fundo (b).

Porém considera-se no mesmo, a incursão da co oscilação da maré seja da ordem de $105,09\text{m}^3/\text{s}$, o qual flui alternadamente de forma periódica como fluxo contrário à vazão fluvial, ou seja, de forma bidirecional.

A área de contribuição obtida a partir da modelagem numérica de terreno determinada pelo algoritmo “transferência direta para única célula”, indicou área de aproximadamente 13.500 m^2 . Na figura 5.89 observa-se que estas áreas distribuem-se em cerca de 100 unidades, porém destacam-se cerca de 8 polígonos com áreas entre 80 à 320 metros quadrados. Tais áreas estão associadas a áreas com maior desnível altimétrico e com vertentes orientadas ao curso do canal.

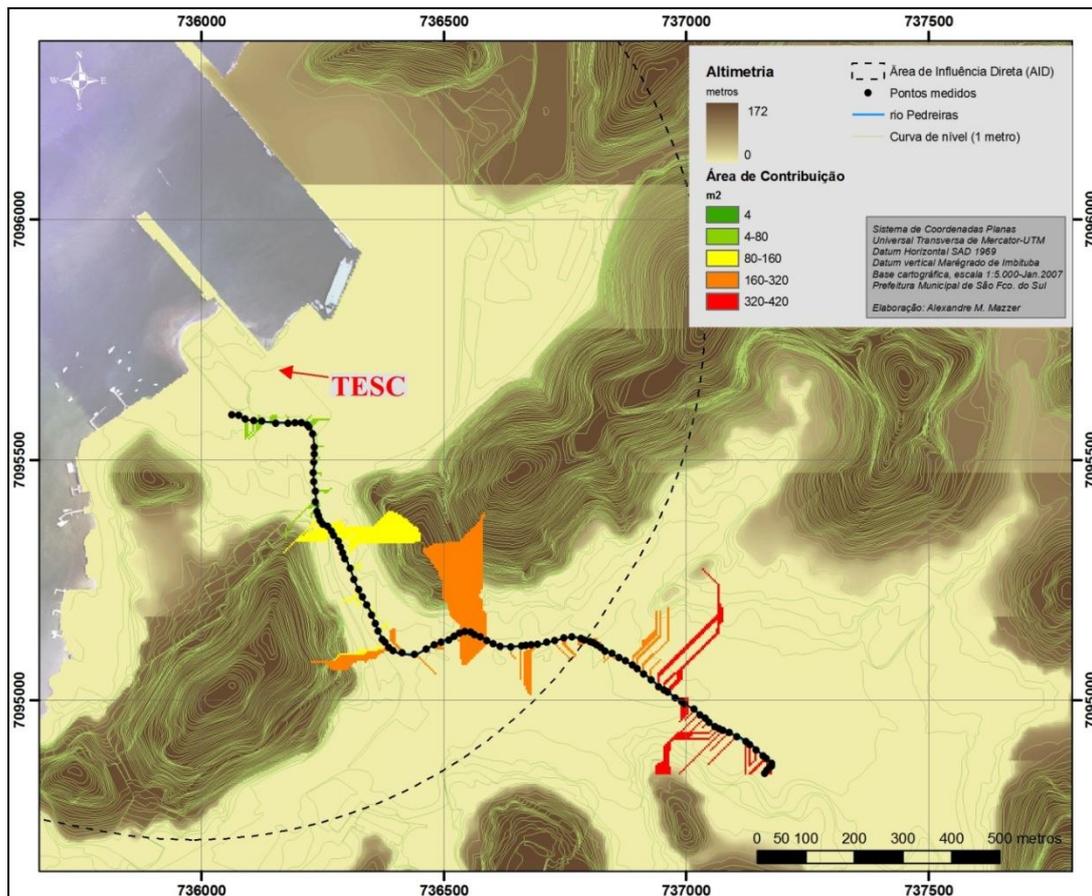


Figura 5.92 - Distribuição e dimensão de áreas de contribuição estimadas a partir de pontos plotados sobre o curso do rio Pedreiras.

Tal área apresenta-se diminuta frente à extensão do canal, o que denota um potencial de produção de sedimentos muito baixo. Ocorrem pelo menos duas contribuições de afluentes após a metade do seu curso, as quais também apresentam baixo potencial de produção de sedimentos (Figura 5.92).

Desta forma, caracteriza-se o rio (canal estuarino) Pedreiras como uma fonte de sedimentos não significativa no que tange ao aporte. No entanto, por se constituir num canal estuarino, de fluxo bidirecional, ocasiona a retenção (deposição) de sedimentos em sua desembocadura.

Esta deposição ocorre preferencialmente nas preamares devido ao estreitamento do canal propriamente dito e processos de mistura de massas d'água (doce e salobra), ocasionando a precipitação de sedimentos. Em fases de baixamar, a reduzida quantidade de sedimentos provenientes da montante é, provavelmente, transportada com maior velocidade ao longo do canal, devido aos fluxos de água doce e de vazante de maré estarem no mesmo sentido. Porém, ao chegar à desembocadura e nas águas da Baía da Babitonga, o fluxo perde velocidade pela diminuição da constrição do canal, e devem ocasionar a sedimentação devido à perda de competência de transporte sedimentar.

5.1.7.6 – Hidrodinâmica e Transporte Sedimentar

5.1.7.6.1 – Modelagem Numérica da Hidrodinâmica e do Transporte de Sedimentos

De acordo com o levantamento de estudos já realizados para os terminais instalados na Área de Porto Organizado da baía da Babitonga, foram desenvolvidos diversos cenários em diferentes programas de modelagem hidrodinâmica e deriva de sedimentos. Porém, dois modelos foram os mais utilizados para a AID e ADA, a saber: SisBaHiA e BFHYDRO & SSFATE.

O SisBaHiA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental é um sistema profissional de modelos computacionais registrado pela Fundação Coppetec (COPPE/UFRJ) e possui diversos módulos a serem trabalhados. Dentre estes módulos estão o Modelo Hidrodinâmico e o Modelo de Transporte Lagrangeano, que foram utilizados por Caruso Jr (2009), e serão aqui apresentados, na região do Porto de São Francisco do Sul.

O modelo da ASA- *Applied Science Associates* - BFHYDRO (Hidrodinâmica) e SSFATE (Transporte de Sedimentos) foi utilizado pela empresa filial ASA *South America* (2007) com o objetivo de analisar os possíveis impactos gerados pelo processo de dragagem no canal de acesso e bacia de evolução no Porto de São Francisco do Sul e descarte na Plataforma Continental.

Portanto, os dados de modelagem numérica hidrodinâmica e de transporte de sedimentos aqui apresentados, representam uma síntese dos documentos:

1) “*Modelagem numérica da hidrodinâmica e dos processos de dispersão do material ressuspenso durante as atividades de dragagem do canal de acesso e bacia de evolução do Porto de São Francisco do Sul (SC) e descarte na plataforma continental interna*”. Tal documento foi elaborado em 2007 pela ASA SOUTH AMERICA, filial da *Applied Science Associates* (ASA). Em 2008, a pedido do IBAMA, foi entregue também um complemento deste estudo, onde foram adicionados cenários na modelagem de transporte de sedimentos a fim de avaliar a influência do vento e sazonalidade no processo.

2) “*Estudo de Impacto Ambiental da construção do Berço 501 do TESC – Terminal Santa Catarina, São Francisco do Sul*”. Este estudo foi realizado pela empresa CARUSO JR (2008), e o capítulo 05, que aborda a modelagem hidrodinâmica e de deriva de sedimentos.

5.1.7.6.1.1 – Modelo BFHYDRO

Desenvolvido pela ASA, com longo histórico de bem sucedidas aplicações em sistemas estuarinos, costeiros e fluviais. Na simulação do sistema de correntes na região

interna da Baía da Babitonga e plataforma interna de São Francisco do Sul, foi empregada a acomodação de grades numéricas aos contornos terrestres. Tal utilização permite uma apurada representação do corpo d'água em estudo, e admite, ainda, o adensamento da grade numérica em regiões de maior importância.

Visando então as regiões de interesse, o modelo utilizado foi dimensionado para representar a dinâmica do interior da Baía da Babitonga e plataforma continental adjacente. Um refinamento na grade computacional foi realizado visando proporcionar uma melhor representação espacial da área (áreas de dragagem e de descarte). A grade final gerada possui 182x202 elementos, com espaçamento horizontal variando de 400 a 20 m.

Durante o processo de elaboração da grade, foram realizadas correções na batimetria e na linha de costa da região interna da Baía da Babitonga, visando o ajuste fino da batimetria à linha de costa, obtida a partir de imagens de satélite georreferenciadas. Os dados de profundidade foram obtidos através da digitalização dos valores batimétricos das cartas náuticas da DHN, números 1804, 1805, e 1830, suficientes para a representação da região. A este conjunto de dados foram inseridos os dados detalhados e atualizados de profundidade, obtidos em campanha batimétrica realizada pela empresa HIDROTOPO na região a ser dragada (canais de acesso e bacia de evolução).

Para reproduzir as características dinâmicas da região de estudo foram consideradas como principais forçantes a maré, o vento e a descarga fluvial do principal rio da região (Rio Cubatão). No contorno aberto das extremidades da grade numérica, foi utilizada como forçante para o modelo uma série de elevação de superfície obtida através de previsão harmônica realizada a partir das constantes harmônicas fornecidas pela FEMAR (2000). Para a extremidade norte, relativo à região oceânica, foram utilizados dados da estação maregráfica da Guaratuba, e para a extremidade sul a estação maregráfica de Penha.

No processo de calibração das correntes, as séries temporais dos componentes u e v calculadas pelo modelo foram comparadas com as séries temporais de dados medidos. As informações de corrente disponíveis foram obtidas utilizando dois correntógrafos SD-6000, fundeados nas coordenadas $26^{\circ}14'22,1''S$ e $048^{\circ}29'30,2''W$, num local com lâmina d'água de aproximadamente 17 metros. As profundidades de amostragem foram de 5,5 m e 12,1 m. O período amostrado foi de 1° a 30 de março de 1996. A empresa ASA SOUTH AMERICA constatou que o campo de corrente calculado pelo modelo cumpre de maneira satisfatória com os objetivos do projeto, fornecendo uma base hidrodinâmica confiável para ser utilizada no modelo de transporte de sedimentos (Figura 5.93).

No processo de calibração da variável elevação (maré), a série temporal calculada pelo modelo foi comparada com a série temporal dos dados medidos pelo marégrafo instalado na Praia da Enseada ($26^{\circ} 13' 08'' S$ e $048^{\circ} 29' 59'' W$, no período compreendido entre 1° e 30 de março de 1996). O coeficiente de ajuste (ou erro percentual) obtido para esta variável foi de 10%, indicando que o modelo está calibrado para maré (Figura 5.94).

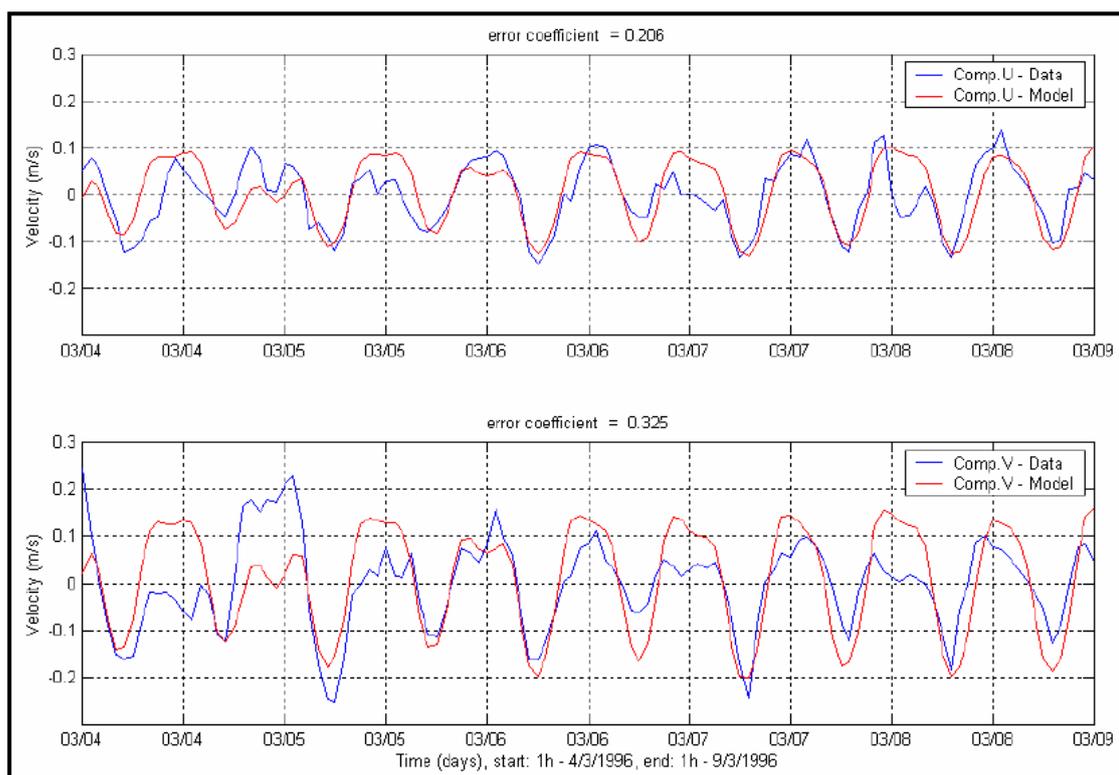


Figura 5.93 - Comparação entre as séries temporais da componente leste-oeste (u) – painel superior – e norte-sul (v) – painel inferior – da corrente medida (azul) e calculada pelo modelo (vermelho).

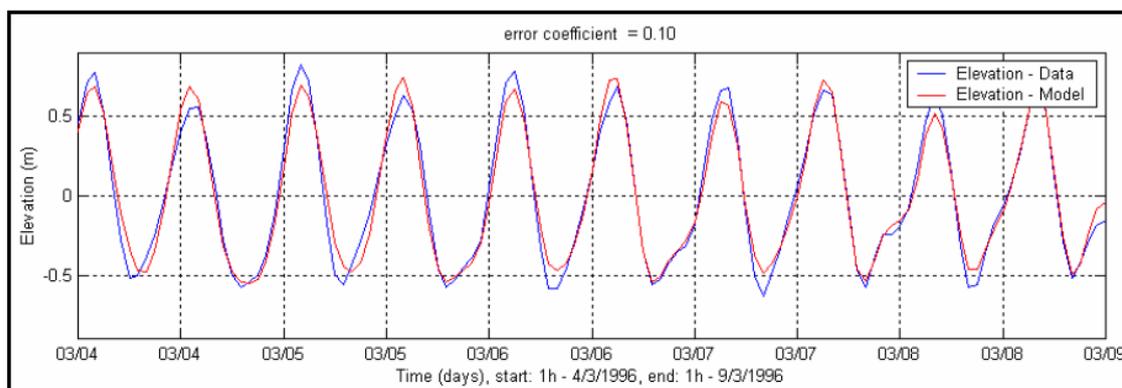


Figura 5.94 - Comparação entre as séries temporais de maré medida (azul) e calculada pelo modelo (vermelho)

Os campos vetoriais de corrente, ilustrativos de uma condição de correntes de maré vazante e enchente, respectivamente, são apresentados nas figuras 5.95 e 5.96.



Figura 5.95 - Campo vetorial ilustrando um instante de correntes de maré vazante.

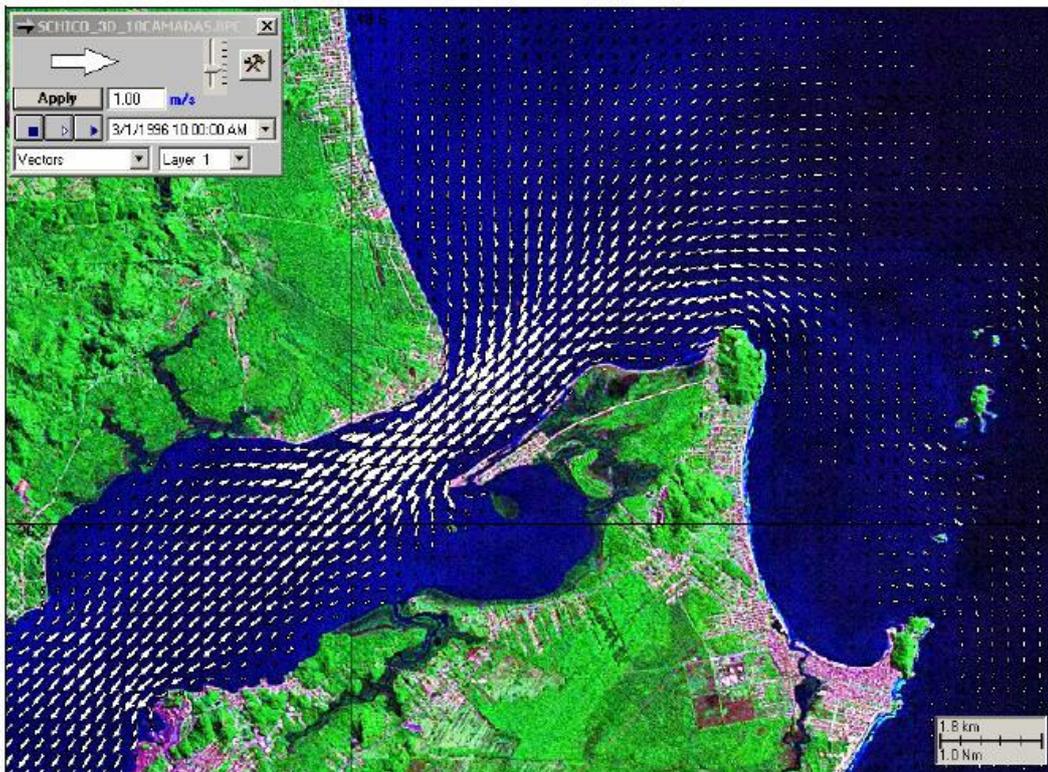


Figura 5.96 - Campo vetorial ilustrando um instante de correntes de maré enchente.

5.1.7.6.1.2 – Modelo SisBaHiA

Caruso Jr (2009) realizou modelagem hidrodinâmica e de transporte de sedimentos no TESC a fim de identificar alterações nos padrões atuais após a ampliação do píer berço sul. Para isto considerou dois cenários de modelagem: CA – Cenário atual e CPS – Cenário Projetado do Píer Sul, berço 501. Para cada um dos cenários foram feitas simulações representativas de condições meteoceanográficas de verão. Já que a variabilidade entre verão e inverno foi considerada irrelevante, por tratar-se de transporte de sedimentos em região amplamente dominada por correntes de maré.

Como a ampliação do píer ainda não foi realizada será mostrado aqui os resultados obtidos para o CA, já que ainda corresponde a estrutura atual do TESC.

Neste estudo, serão apresentados apenas os resultados obtidos da modelagem hidrodinâmica. Estes serão apresentados em uma elipse de correntes de maré em três pontos selecionados no entorno do empreendimento e em mapas de circulação hidrodinâmica em situações de maré de sizígia e de quadratura.

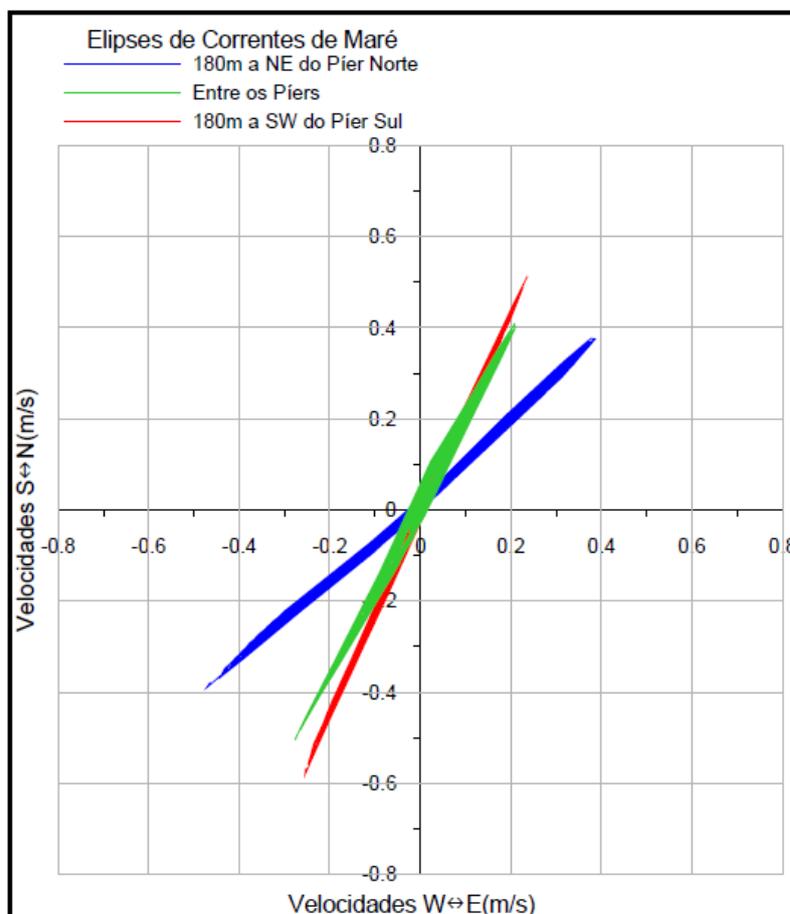


Figura 5.97 - Elipses de correntes de maré em pontos selecionados nas proximidades ao píer do TESC.

A figura 5.97 evidencia a predominância de duas direções preferenciais das correntes, tal comportamento é caracterizado como corrente axial alternativa. Este comportamento é comum em regiões estuarinas, atingindo a velocidade máxima para dentro, maré enchente (SW), durante a preamar, com cerca de $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e velocidade máxima para fora, maré vazante (NE), na baixamar de $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

O ponto medido a SW do píer sul apresenta as maiores intensidades das correntes, e uma direção um pouco mais perpendicular à linha de costa da Baía. O ponto entre os píers é bastante semelhante ao anterior, apenas com intensidades menores, fato explicado pela interferência das estruturas no seu fluxo. E por fim, o ponto a NE do píer norte que indica uma corrente de maré um pouco mais paralela às margens da Baía.

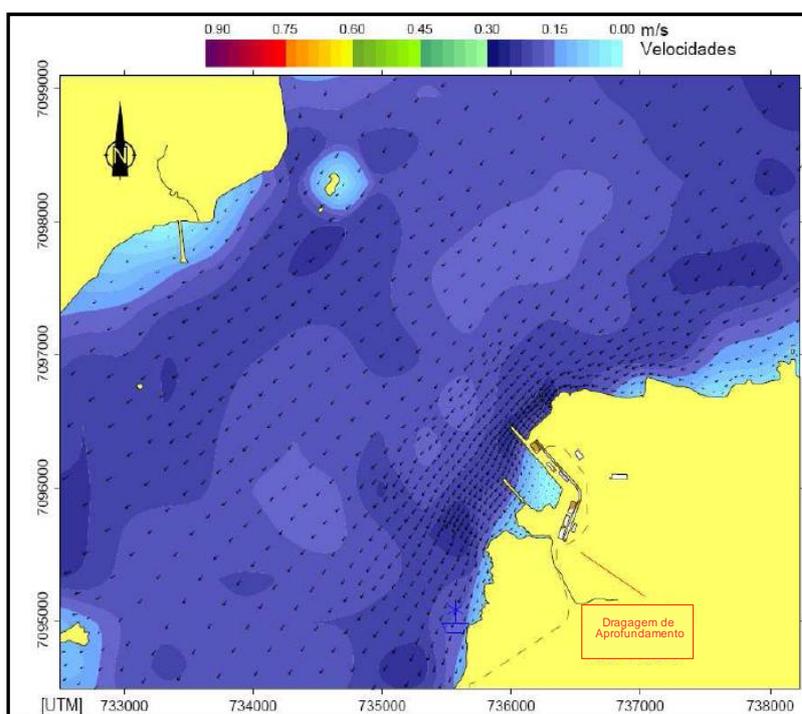


Figura 5.98 - Mapa de distribuição de correntes em um instante de meia maré enchente de quadratura (Fonte: Adaptado de CARUSO Jr, 2009).

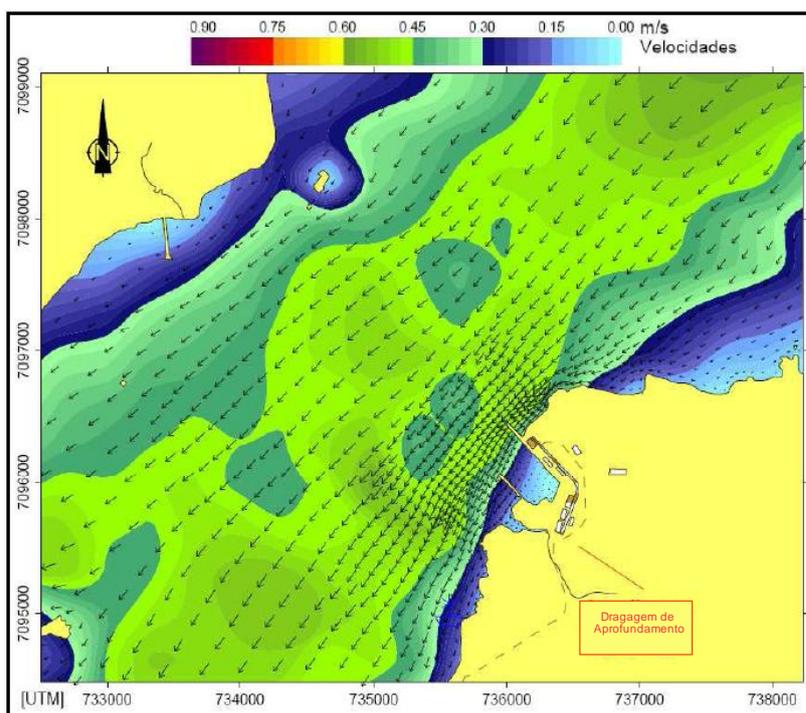


Figura 5.99 - Mapa de distribuição de correntes em um instante de meia maré enchente de sizígia (Fonte: Adaptado de CARUSO Jr, 2009).

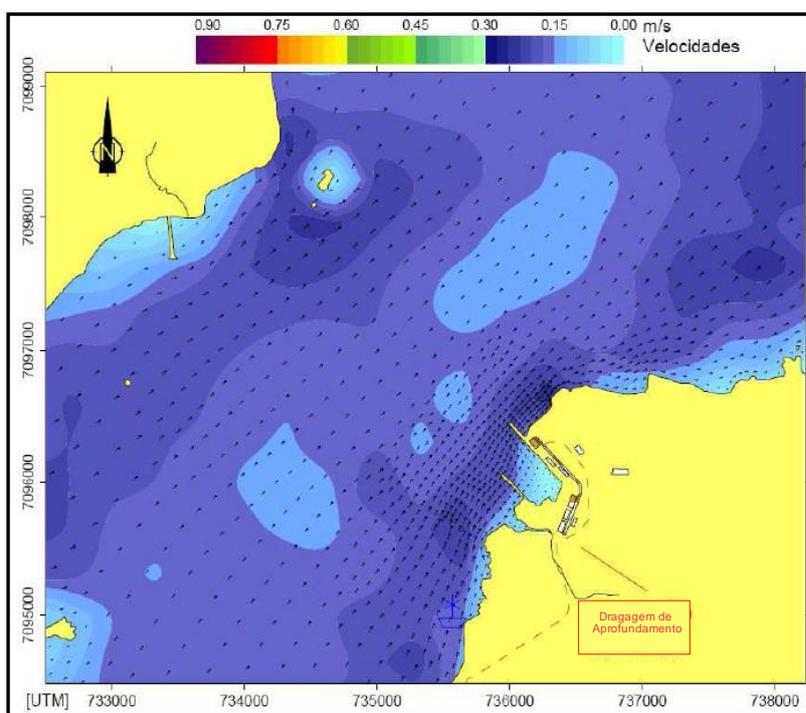


Figura 5.100 - Mapa de distribuição de correntes em um instante de meia maré vazante de quadratura (Fonte: Adaptado de CARUSO Jr, 2009).

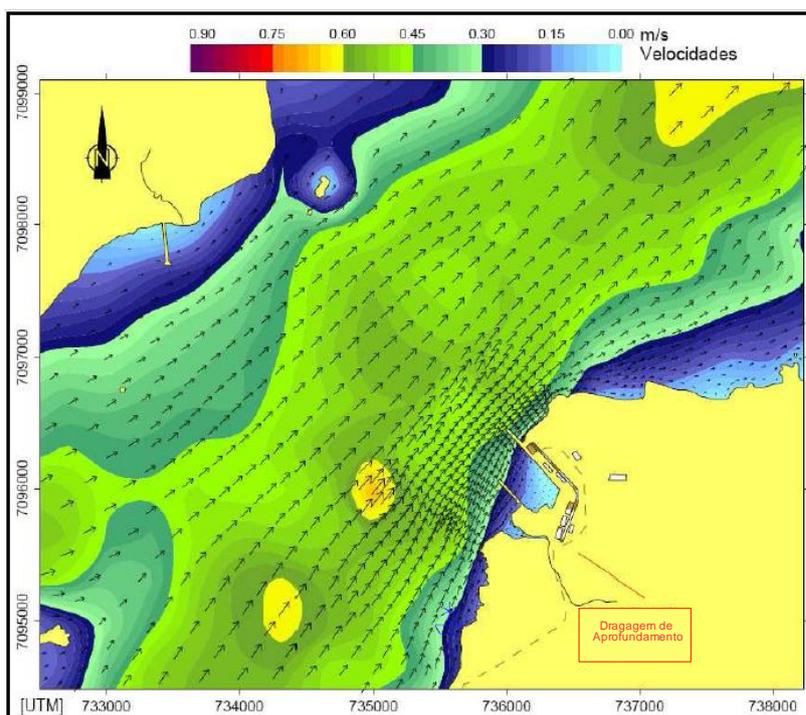


Figura 5.101 - Mapa de distribuição de correntes em um instante de meia maré vazante de sizígia (Fonte: Adaptado de CARUSO Jr, 2009).

Tais mapas demonstram a elevação da intensidade das correntes em momento de maré de sizígia (Figuras 5.98 a 5.101), ficando entre $0,10$ à $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tais características indicam que no período de maré de quadratura, a dispersão da pluma de sedimentos é mais restrita que o mesmo processo realizado em maré de sizígia. O mesmo pode ser valido para o procedimento de deposição do material dragado na região de descarte.

5.1.7.6.2 – Sedimentação na Área Diretamente Afetada (ADA)

As amostras coletadas durante a confecção do plano de dragagem, foram utilizadas para caracterizar os sedimentos superficiais com composição areno-siltico argilosa e argilo silto arenosa.

Na tabela 5.32, apresenta-se os resultados de tais amostras incluindo as obtidas em subsuperfície coletados em 20 perfis.

Tabela 5.32 - Propriedades e características das amostras sedimentares obtidas no Plano de Dragagem.

DADOS DO PLANO DE DRAGAGEM*					Parâmetros -Folk & Ward*				Teor em (%)			
Perfil	Amostra	z	x	y	DM	DP	As.	Curt	Casc.	Areia	Silte	Argila
1	01	-3	735898.0	7095759.6	6.19	2.95	0.38	0.73	0.12	29.43	40.43	30.02
2	02	-1	735867.8	7095733.3	5.44	3.01	0.71	0.70	0.00	52.53	20.63	26.84
2	03	-3	735867.8	7095733.3	3.56	3.52	0.51	0.77	0.13	63.34	20.93	15.60
2	04	-5	735867.8	7095733.3	4.21	3.76	0.41	0.1	0.18	54.99	23.85	20.98
3	05	-2	735837.6	7095707.1	3.83	2.49	0.54	2.35	0.06	76.17	12.60	11.17
3	06	-4	735837.6	7095707.1	6.97	3.41	-0.12	0.70	0.42	27.17	28.30	44.11
3	07	6	735837.6	7095707.1	4.36	3.91	0.55	0.63	0.25	59.45	12.83	27.47
4	08	-1	735869.8	7095761.5	3.85	3.06	0.38	1.67	0.25	70.12	16.39	13.24
4	09	-3.5	735869.8	7095761.5	5.86	4.0	-0.03	0.61	0.08	35.46	23.84	40.63
4	10	-6.5	735869.8	7095761.5	4.27	3.93	0.54	0.63	0.10	58.81	14.52	26.57
5	11	-9	735871.8	7095789.7	4.60	4.0	0.44	0.60	0.12	53.48	15.36	31.04
6	12	-1	735841.6	7095763.5	4.41	3.66	0.41	0.81	0.20	60.28	18.28	21.24
6	13	-3	735841.6	7095763.5	5.19	3.38	0.49	0.76	0.10	51.90	21.95	26.05
6	14	-5	735841.6	7095763.5	3.34	2.99	0.51	1.796	0.27	77.42	9.29	13.02
6	15	-7	735841.6	7095763.5	8.31	2.59	-0.19	0.84	0.00	6.46	34.76	58.78
7	16	-3	735811.4	7095737.3	3.21	1.46	0.44	3.81	0.00	84.41	7.98	7.62
7	17	-7	735811.4	7095737.3	6.79	3.09	0.08	0.61	0.00	27.39	31.74	40.87
8	18	-10	735845.5	7095819.9	3.29	3.04	0.47	0.83	0.04	65.73	25.98	8.25
8	19	-11	735845.5	7095819.9	4.22	3.13	0.20	0.85	0.00	50.60	37.74	11.66
8	20	-12	735845.5	7095819.9	4.06	3.18	0.16	0.79	0.03	50.99	38.58	10.39
9	21	-7	735815.3	7095793.7	5.77	3.52	0.33	0.74	0.00	46.26	20.41	33.33
18	22	-14	735736.6	7095884.2	4.73	3.17	0.57	1.34	1.46	64.49	15.15	18.90
19	23	-12	735740.6	7095940.7	8.18	2.72	-0.22	0.82	0.00	9.23	32.66	58.11
20	24	-13	735710.4	7095914.4	2.45	2.84	0.23	1.88	4.64	77.46	7.06	10.84

* **z**-profundidade em subsuperfície; **x** e **y**- coordenadas UTM (WGS84); **DM**-Diâmetro médio; **DP**-Desvio Padrão; **As.**-Assimetria; **Curt.**- Curtose.

Verifica-se ao analisar a tabela 5.30, que nas amostras superficiais ($z = -1$), os componentes areia, silte e argila variam relativamente pouco entre si, correspondendo na classificação de Shepard, à areia lamosa e lama arenosa.

A distribuição de sedimentos superficiais na Área Diretamente Afetada (ADA) é descrita baseada na interpolação de 10 amostras (1,2,3,5,8,12,13,16) pelo método da distância invertida na potência 4 com raio variável.

Na figura 5.102, pode ser observado que a granulometria média das amostras varia entre 3.21 e 6.19 na escala *phi*. Os sedimentos com menor tamanho médio ocorrem em três porções da ADA: nas áreas mais rasas (de 0 a 1 metro) entre a plataforma e a planície de

maré adjacente à desembocadura do rio Pedreiras; em áreas profundas , e entre 8 a 10 metros, ocorrendo uma porção de forma contígua a porção norte e em outra área no extremo noroeste da ADA.

As médias maiores ocorrem entre as porções supracitadas, um pouco mais adiante da desembocadura, no trecho oeste e sudoeste da ADA. Tais áreas parecem estarem relacionadas com a área de maior velocidade de fluxo do rio Pedreiras, estando configurada em pente inclinado, o que por denotar aumento da profundidade, pode ocasionar a desaceleração do fluxo do rio mencionado, e conseqüente perda de competência em transporte vindo a depositar material com maior percentual de areia.

Os campos de correntes demonstrados nas figuras de 5.98 a 5.101, indicam uma diminuição de intensidade a partir da porção central do plataforma do TESC (Pier Sul), corroboram com tal distribuição.

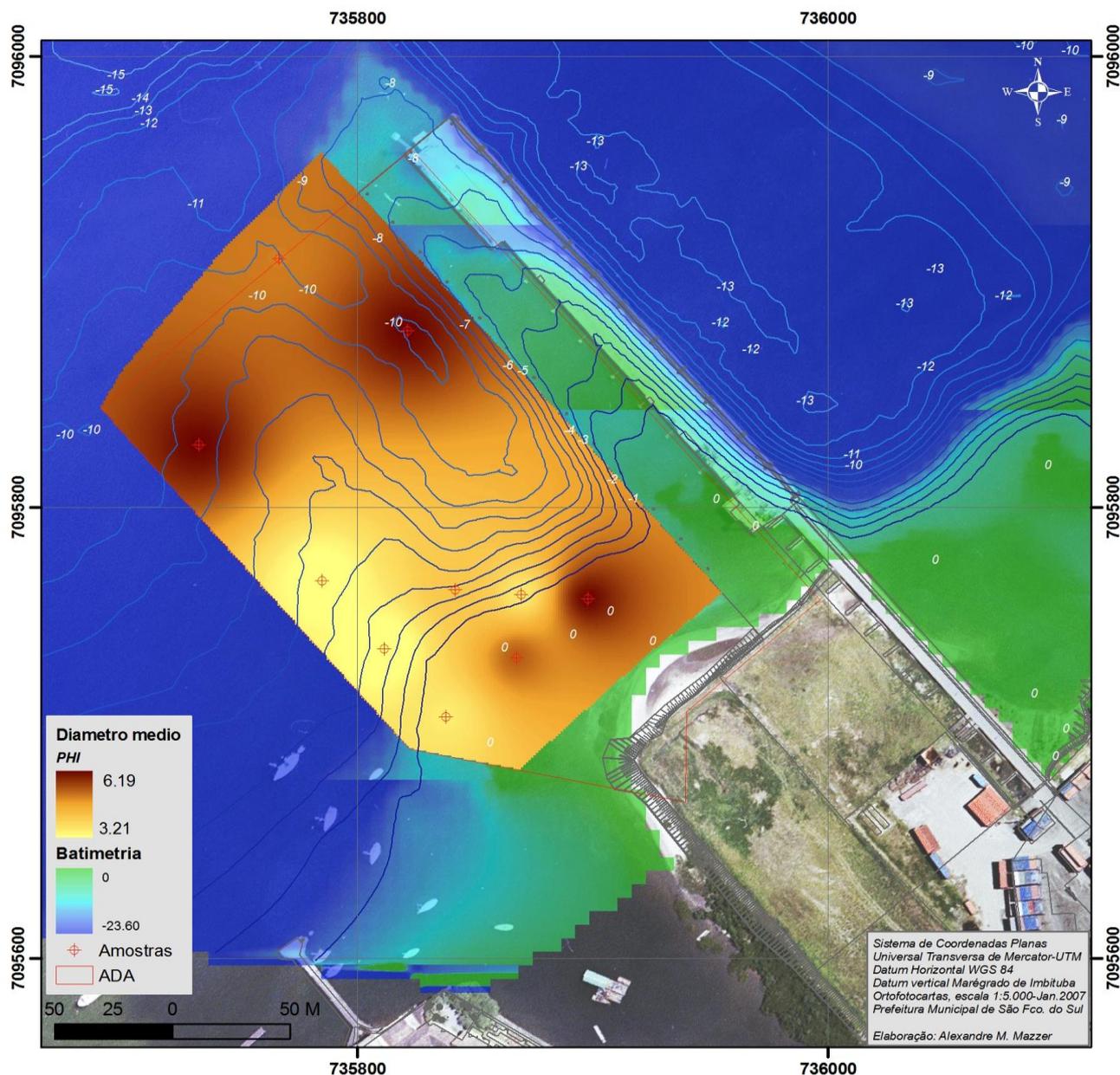


Figura 5.102 - Distribuição da granulometria dos sedimentos superficiais, a partir de interpolação de amostras processadas

Na figura 5.103, observa-se a concentração de material sedimentar fino (argila e silte), preferencialmente nas extremidades da Plataforma do TESC (Pier Sul).

No trecho litorâneo de contato da plataforma e linha de costa, ocorre o local de maior acumulação de sedimentos, predominado os pelíticos, e denotando o menor teor de psamíticos. Tal configuração corrobora com a hipótese de menor caracterizar zona de menor hidrodinâmica e concentração de sedimentos associados com a vazão bidirecional do rio Pedreiras, mencionada no item 5.1.7.5.3.

Por outro lado, o sutil aumento dos sedimentos mais grosseiros, inclusive da fração cascalhosa em porção adjacente, no centro da ADA, aponta para uma interface de aumento da hidrodinâmica.

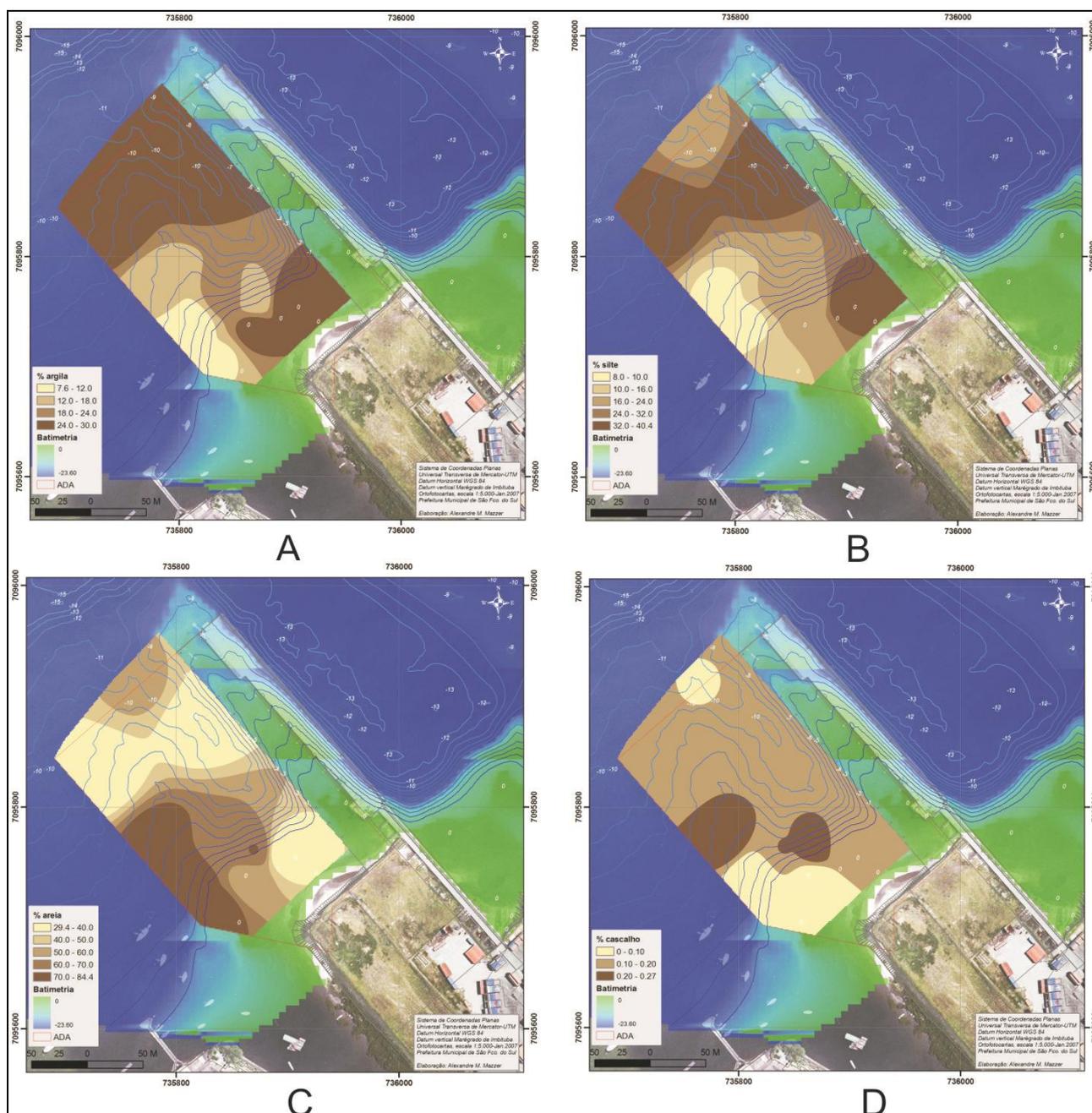


Figura 5.103 - Teor de classes de sedimentos (em %) dentro da Área Diretamente Afetada (ADA): (A) Argila; (B) Silte; (C) Areia; (D) Cascalho

Tal aumento associa-se ao aumento da profundidade, a presença de taludes submersos e provavelmente o retrabalhamento do material de dragagens anteriores e do balanço morfodinâmico do rio Pedreiras.

Nas porções oeste e norte da ADA, ocorre o predomínio de sedimento areno lamoso em relevo submerso menos acidentado, com aumento do teor de finos em profundidades maiores que 10 metros adjacentes à plataforma, conforme comentado anteriormente.

Por fim, considera-se que a sedimentação na ADA possui três principais compartimentos:

- (i) Área de deposição sedimentar de material mais fino, predominando nas áreas mais rasas e mais profundas adjacentes à linha de costa e à Plataforma;
- (ii) Área de deposição de material mais grosseiro, ocorrendo nas porções centrais e à sudoeste da ADA, geralmente em pendentes com maior inclinação (maior amplitude batimétrica);
- (iii) Área de intermediária, de deposição areno lamosa, que ocorre em profundidades médias à profundas (6 à 10 metros), ocorrendo no norte da ADA e Plataforma e em faixas transicionais entre as áreas mencionadas acima.

5.1.7.7 – Avaliação de Impacto Ambiental

5.1.7.7.1 – Modelagem de Transporte de Sedimentos

As simulações realizadas pelos modelos aqui apresentados não foram geradas com as características das operações de dragagem atual. Sendo assim, as informações obtidas de revisão bibliográfica de modelos previamente rodados, serão cuidadosamente analisadas e apresentadas. Atentando-se sempre, as possíveis alterações que podem ocorrer no resultado final, decorrente das diferentes características das operações de dragagem.

5.1.7.7.1.1 – Especificações das Operações de Dragagem

As características das operações de dragagem, com estimativas de volumes e tempos de transporte e navegação são apresentadas a seguir. Tais informações foram adquiridas do Plano de Dragagem elaborado pela empresa SPECTRAH Oceanografia e Meio Ambiente.

Características das Operações de Dragagem

* Volume total a ser dragado – 190.529,80 m³;

* Equipamento de dragagem – draga de sucção autotransportadora e draga de concha (3.000,00 m³);

- * Distância do local de despejo – 9 milhas náuticas
- * Número de viagens por dia (carregamento/disposição-bota-fora) – 4,4 viagens
- * Volume total médio dragado/transportado por dia de operação – 13.334 m³
- * Tempo total de operação – 15 dias

5.1.7.7.1.2 – Caracterização das Operações de Descarte

O local de despejo (bota-fora) do material dragado proposto no projeto está localizado ao largo da Ilha de São Francisco do Sul, na plataforma continental interna, mais precisamente no ponto com as seguintes coordenadas geográficas (referidas ao datum WGS84): 26°09'01,7"S e 048°29'01,5"W, com raio de 0,7 milhas náuticas. Segundo a carta náutica n° 1804 da DHN, a profundidade local nesta área sugerida para o bota fora é de 13 a 14 m (Figura 5.104).

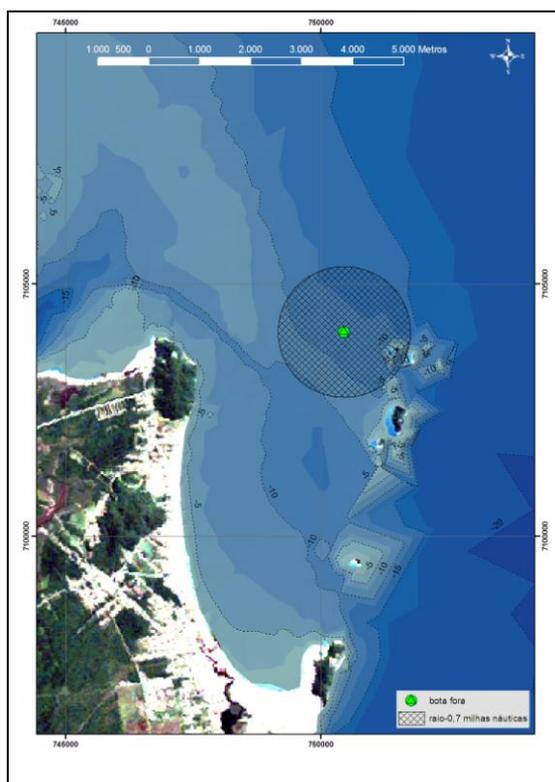


Figura 5.104 – Localização do ponto de dragagem e descarte do material dragado.

5.1.7.7.1.3 – Modelo SSFATE

O modelo SSFATE é uma ferramenta computacional desenvolvida pela ASA em parceria com o USACE. O SSFATE consiste em um sistema integrado que combina um sistema de informação geográfica (SIG) com um modelo computacional para a previsão do transporte, dispersão e deposição de material em suspensão, como consequência de operações de dragagem.

Possui características exclusivamente utilizadas para os estudos que envolvem peculiaridades das atividades de dragagem, com uma versatilidade e capacidade de simulação de cenários reais. O modelo permite a previsão do transporte e destino de diferentes classes granulométricas e da trajetória de partículas, no qual o padrão de circulação da área estudada pode ser importado de um modelo hidrodinâmico numérico ou definido graficamente através da interpolação de dados de campo. O modelo supre a necessidade de uma ferramenta de modelagem que possa ser facilmente adaptada para simular um largo espectro de cenários de dragagem, acomodando essencialmente qualquer configuração hidrodinâmica e a maioria dos tipos de dragas mais utilizadas. Podendo ser utilizado tanto para estudar a dispersão e deposição de sedimentos originários da ressuspensão durante a dragagem quanto para simular o descarte de sedimentos dragados.

Dados de entrada

O conjunto de dados de entrada e parâmetros do modelo que definem um cenário são: ponto de descarte, período de simulação, duração do descarte, informações sobre o sedimento, campo de correntes, opções de saída e parâmetros de simulação. Os resultados de cada simulação correspondem, então, a um único cenário, definido pelo arquivo de entrada de dados e parâmetros.

Os pontos de simulação (operações de dragagem na bacia de evolução e de descarte) são apresentados na figura 5.102. Para o campo de correntes considerou-se as condições de maré de sizígia e quadratura. Para as condições de maré de sizígia foram adicionados ainda duas condições sazonais (verão e inverno) e duas condições meteorológicas (ventos mais frequentes e mais intensos).

A mistura do material com diferentes granulometrias utilizadas para cada cenário simulado foi obtida com base nos resultados das sondagens realizadas nas regiões a serem dragadas. Porém, a análise sedimentológica realizada pela empresa SPECTRAH Oceanografia e Meio Ambiente, para formulação do plano de dragagem atual para o TESC, revela dados distintos daqueles usados por ASA (2007) como dados de entrada no modelo. As características dos sedimentos utilizados nas simulações (ASA, 2007) e aqueles encontrados por SPECTRAH (2011) para a Bacia de Evolução do TESC são apresentadas na tabela 5.33.

Tabela 5.33 - Porcentagem de cada classe de tamanho de grão utilizada nas simulações de dragagem e descarte (ASA, 2007) e obtidas para elaboração do Plano de Dragagem atual (SPECTRAH, 2011)

MATERIAL	Porcentagem (%)	
	SPECTRAH (2011)	ASA (2007)
cascalho	0,35	0,00
areia	52,23	5,00
silte	22,14	55,00
argila	25,28	40,00

As implicações das diferenças de características sedimentológicas na dispersão e deposição dos sedimentos dragados serão discutidas nas considerações finais.

Descrição dos cenários simulados

Para o entendimento dos processos de ressuspensão, dispersão e deposição dos sedimentos dragados e descartados durante as operações, foram gerados cenários de maré de sizígia e quadratura. Como a condição de maré de sizígia se mostrou mais favorável à dispersão das plumas de sedimentos, foram gerados também cenários considerando a influência dos ventos e da sazonalidade na dispersão em diferentes condições de operação. Salienta-se que todos os cenários foram simulados durante 7 dias.

A terminologia utilizada para a identificação dos cenários é a seguinte:

- * DRBE: identifica a operação de dragagem na bacia de evolução;
- * DEBE: indica a operação de descarte da bacia de evolução;
- * QUA e SIZ: operação realizada durante maré de quadratura e sizígia respectivamente;
- * INV e VER: identificam, respectivamente, os períodos de inverno e verão;
- * FRQ e INT: indicam as condições de ventos mais freqüentes e intensos respectivamente.

Desta maneira, investigou-se a influência das características ambientais típicas presentes na região de estudo, na dispersão do material descartado, sob diferentes condições oceanográficas. A tabela 5.34 apresenta os cenários elaborados para as simulações de ressuspensão e descarte de material dragado na Baía da Babitonga e região costeira adjacente.

Tabela 5.34 - Cenários simulados considerando a influência da corrente de maré, intensidade do vento e sazonalidade.

OPERAÇÃO	CENÁRIOS
DRAGAGEM	DRBE_QUA
	DRBE_SIZ_INV_FRQ
	DRBE_SIZ_INV_INT
	DRBE_SIZ_VER_FRQ
	DRBE_SIZ_VER_INT
DESCARTE	DEBE_QUA
	DEBE_SIZ_INV_FRQ
	DEBE_SIZ_INV_INT
	DEBE_SIZ_VER_FRQ
	DEBE_SIZ_VER_INT

5.1.7.7.2 – Resultados das Simulações

Os resultados da modelagem dos processos de ressuspensão, dispersão e deposição de sedimentos foram apresentados pela ASA SOUTH AMERICA em triplo formato: (1) concentração de sedimentos na coluna d'água no último instante de simulação, (2) área total de influência da pluma, representada por valores de máxima concentração de sedimentos na coluna d'água durante o período simulado e (3) espessura do material depositado (Figuras 5.105 a 5.110).

Neste documento, apresentamos apenas uma síntese dos resultados referentes à área de influência da pluma de sedimentos, por considerar que este produto gerado pelo modelo SSFATE é o mais relevante para a avaliação ambiental integrada dos impactos da dragagem.

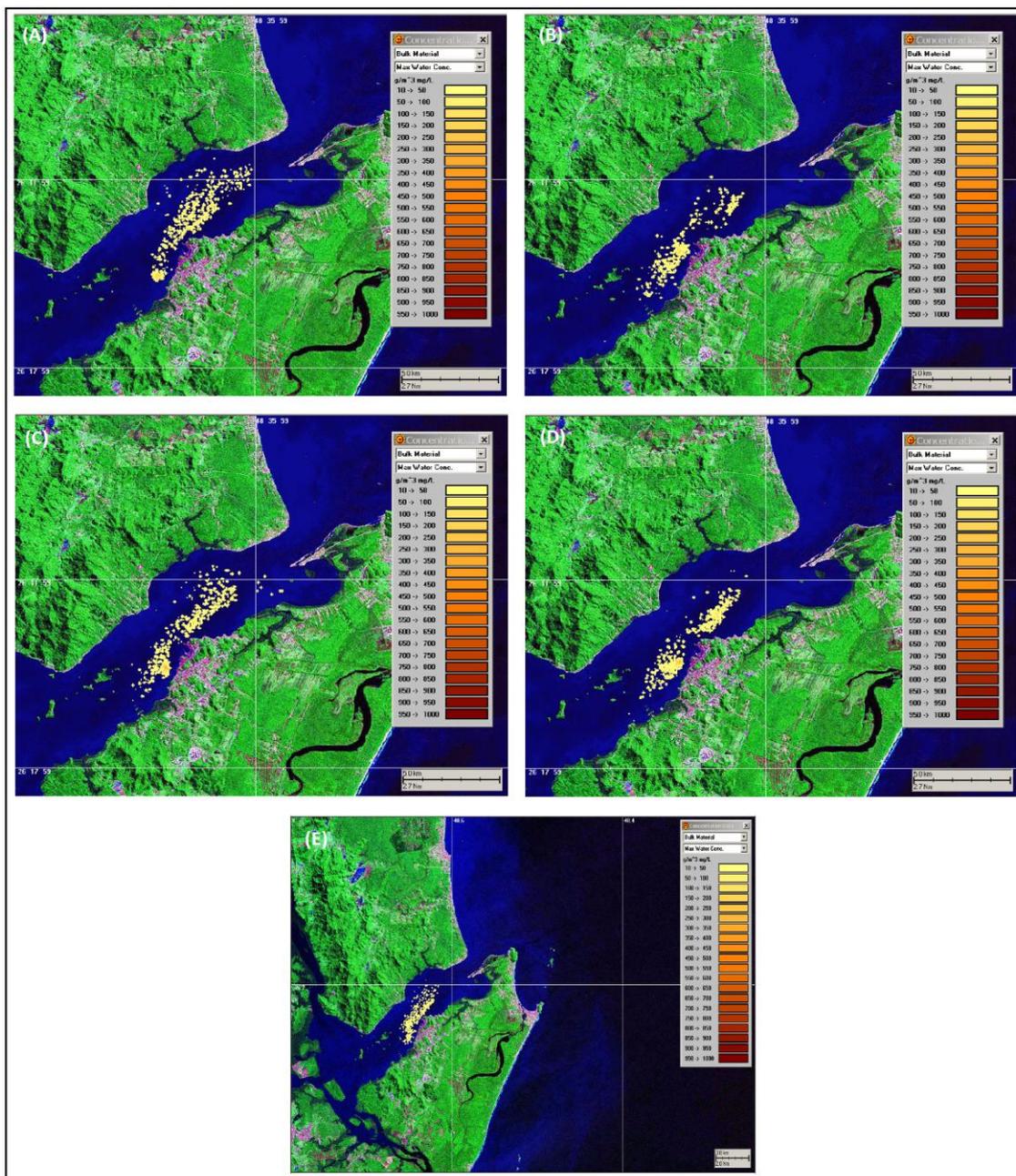


Figura 5.105 - Concentração de sedimentos na coluna d'água no último instante de simulação. Cenários: (A) DRBE_SIZ_INV_FRQ; (B) DRBE_SIZ_INV_INT; (C) DRBE_SIZ_VER_FRQ; (D) DRBE_SIZ_VER_INT; (E) DRBE_QUA

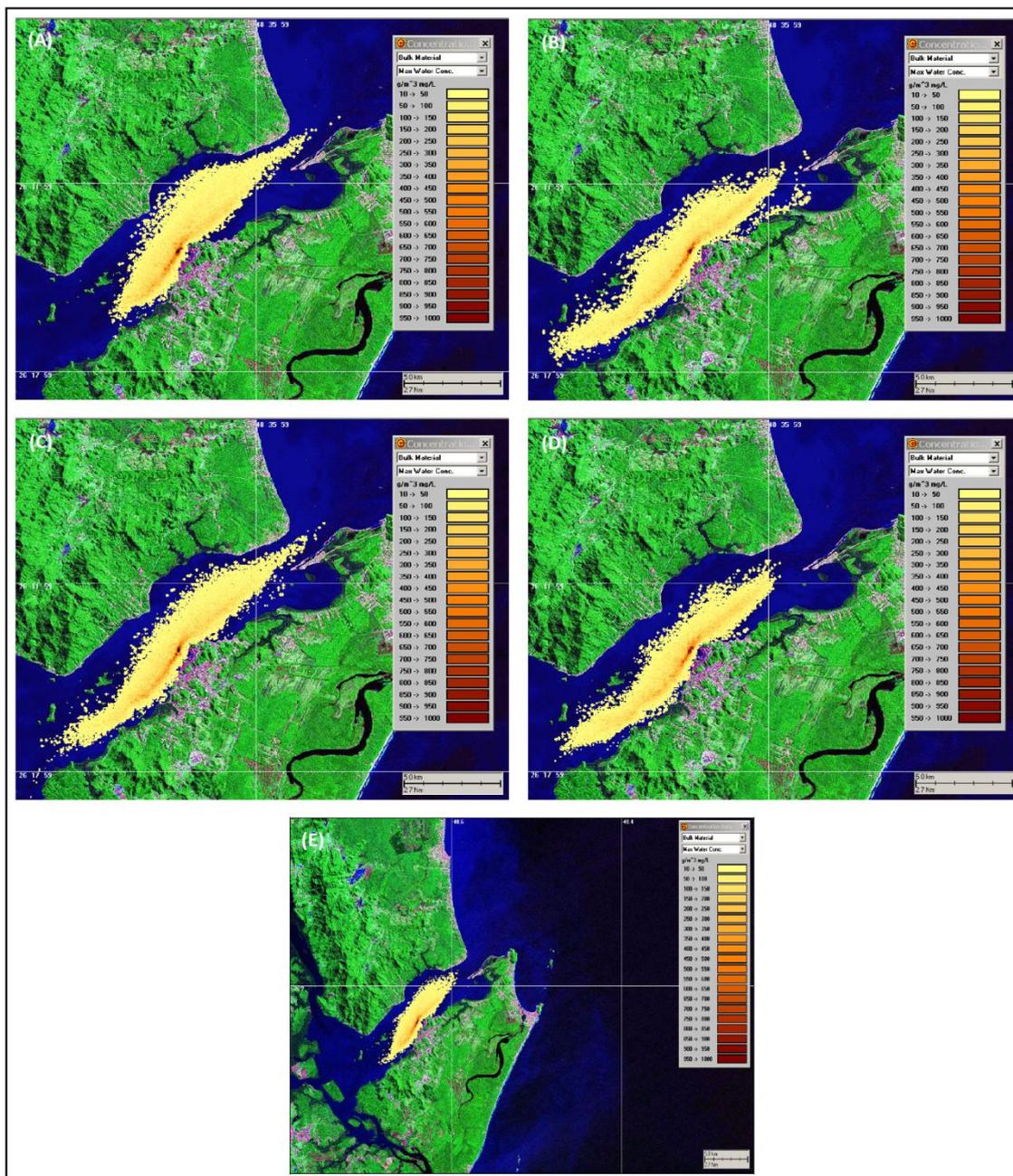


Figura 5.106 - Área total de influência da pluma, representada por valores de máxima concentração de sedimentos na coluna d'água durante o período de simulação. Cenários: (A) DRBE_SIZ_INV_FRQ; (B) DRBE_SIZ_INV_INT; (C) DRBE_SIZ_VER_FRQ; (D) DRBE_SIZ_VER_INT; (E) DRBE_QUA

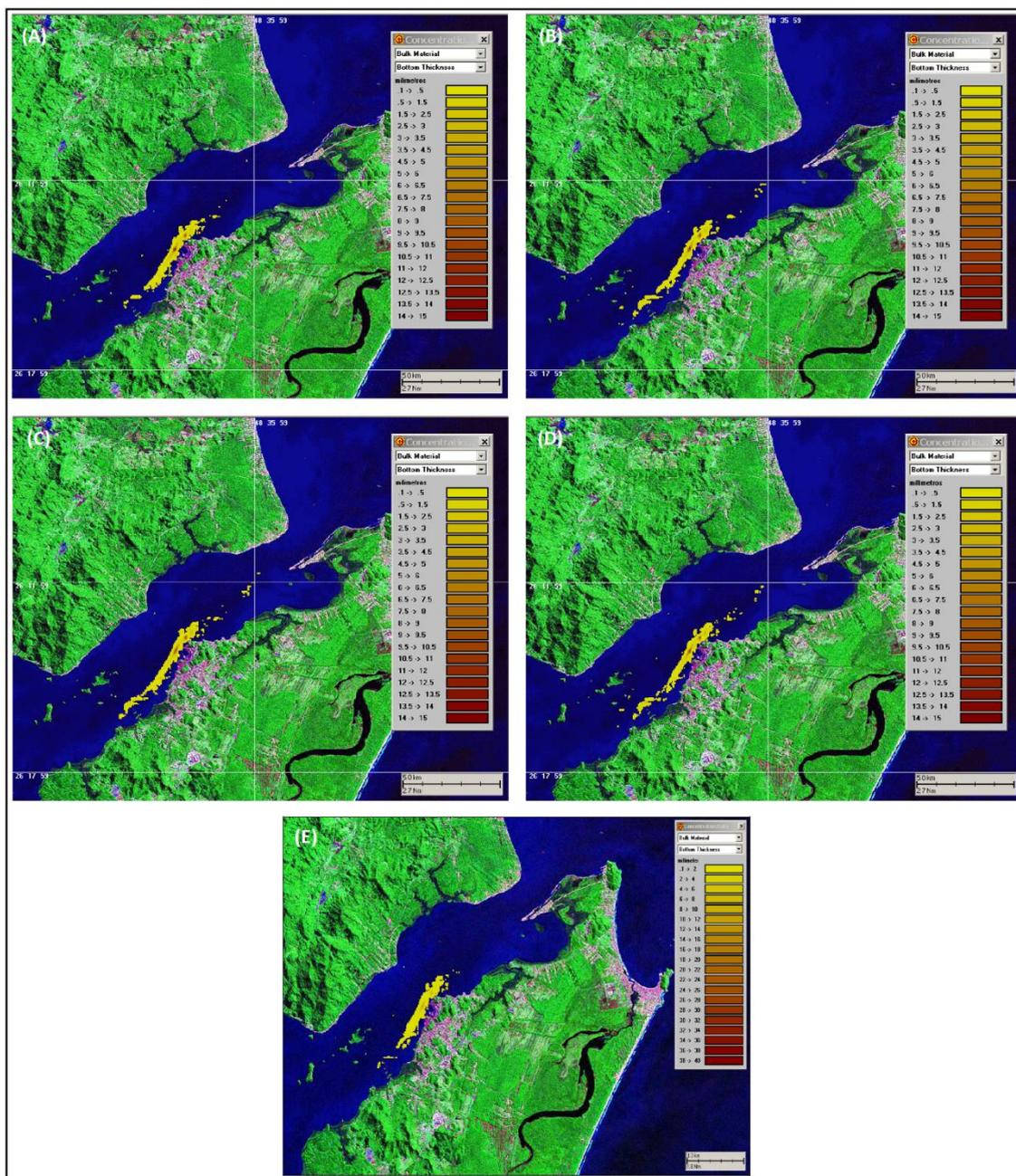


Figura 5.107 - Espessura do sedimento depositado. Cenários: (A) DRBE_SIZ_INV_FRQ; (B) DRBE_SIZ_INV_INT; (C) DRBE_SIZ_VER_FRQ; (D) DRBE_SIZ_VER_INT; (E) DRBE_QUA

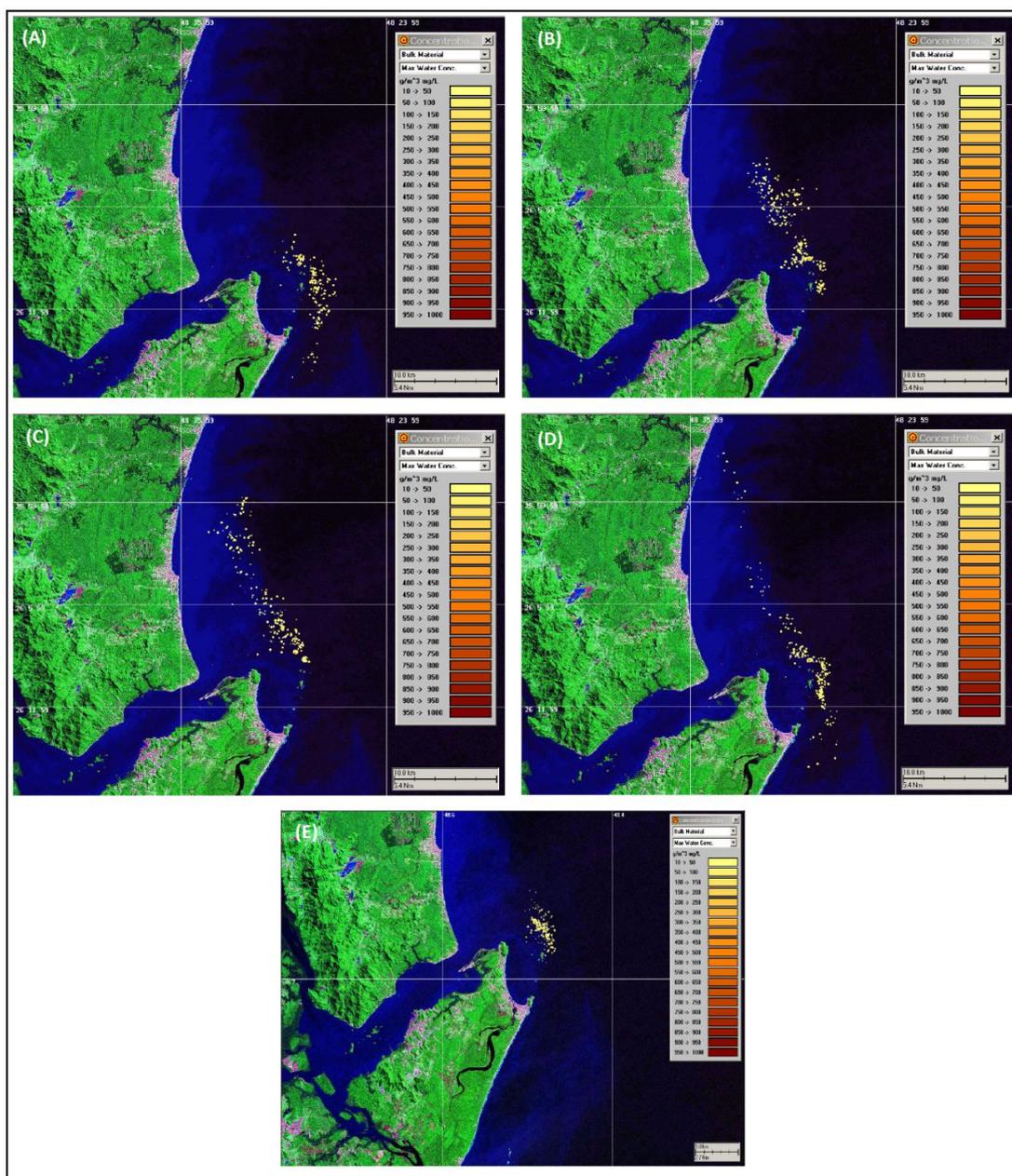


Figura 5.108 - Concentração de sedimentos na coluna d'água no último instante de simulação. Cenários: (A) DEBE_SIZ_INV_FRQ; (B) DEBE_SIZ_INV_INT; (C) DEBE_SIZ_VER_FRQ; (D) DEBE_SIZ_VER_INT; (E) DEBE_QUA

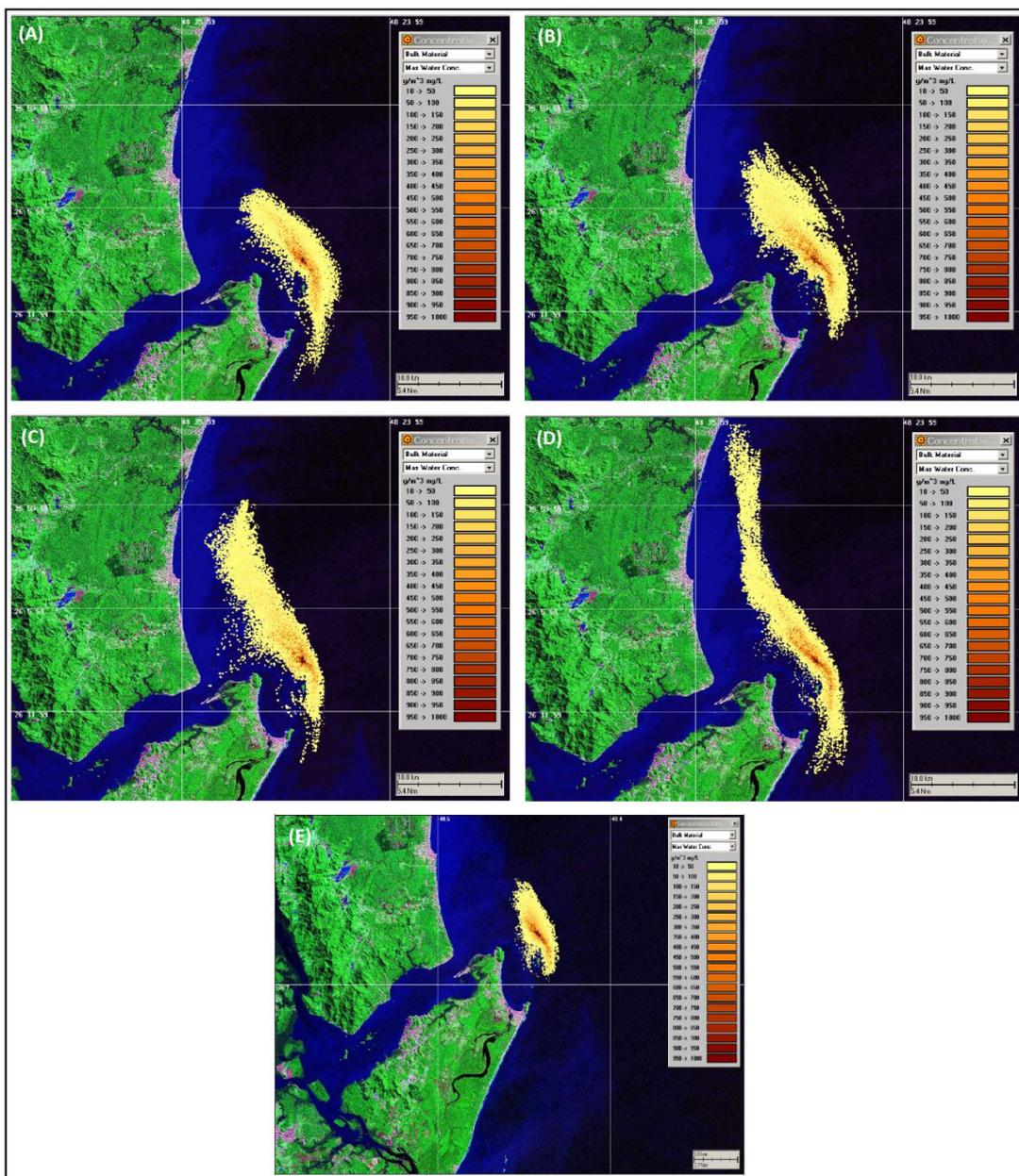


Figura 5.109 - Área total de influência da pluma, representada por valores de máxima concentração de sedimentos na coluna d'água durante o período de simulação. Cenários: (A) DEBE_SIZ_INV_FRQ; (B) DEBE_SIZ_INV_INT; (C) DEBE_SIZ_VER_FRQ; (D) DEBE_SIZ_VER_INT; (E) DEBE_QUA

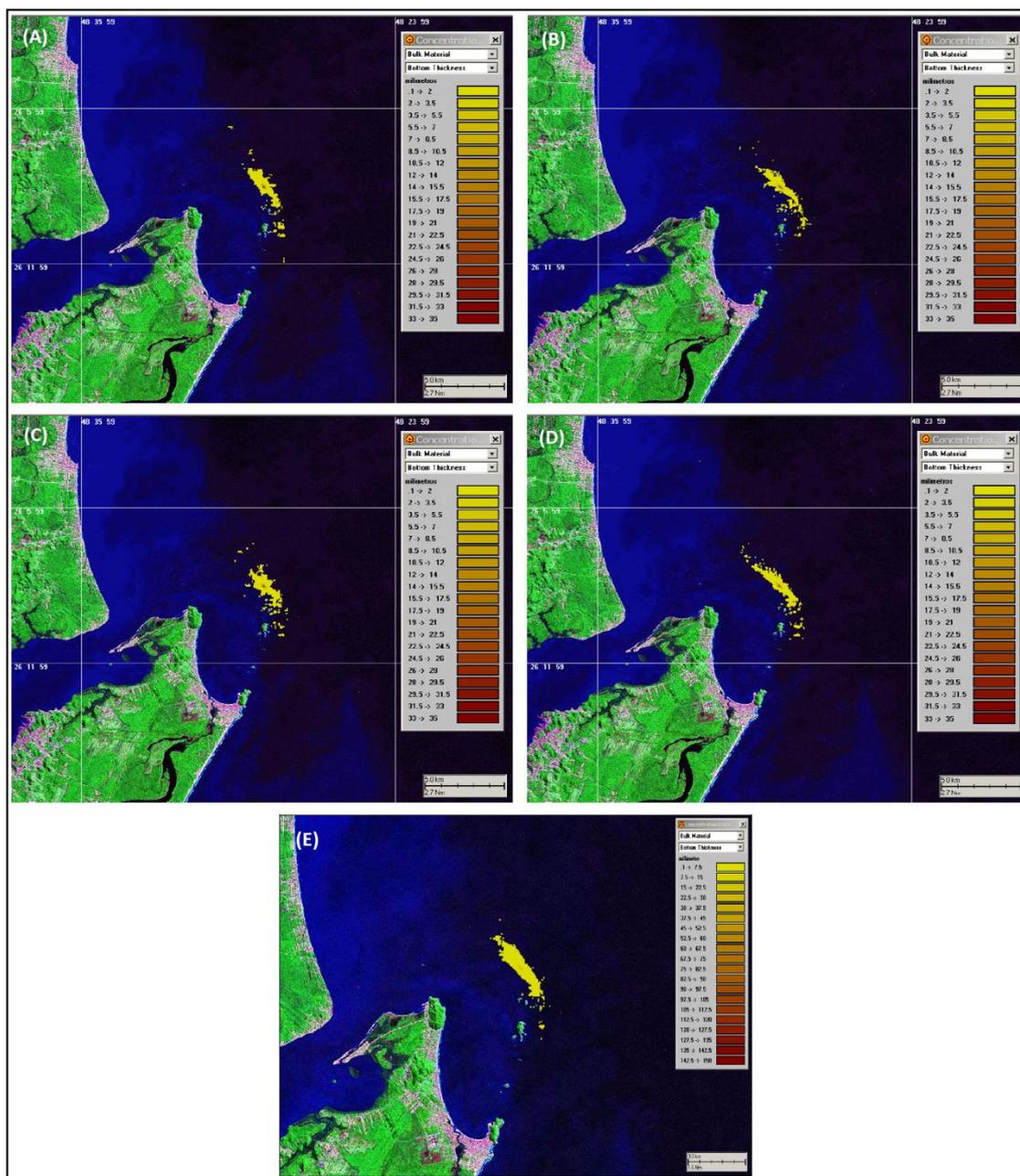


Figura 5.110 - Espessura do sedimento depositado. Cenários: (A) DEBE_SIZ_INV_FRQ; (B) DEBE_SIZ_INV_INT; (C) DEBE_SIZ_VER_FRQ; (D) DEBE_SIZ_VER_INT; (E) DEBE_QUA

A tabela 5.35 apresenta as máximas espessuras de sedimento depositadas, calculadas pelo SSFATE, para as simulações de dragagem e descarte, respectivamente. Apresenta ainda a porcentagem de sedimentos na coluna d'água e depositada, no instante final de simulação, para cada cenário simulado.

Observa-se que, em todos os cenários de descarte simulados, existe uma tendência de maiores espessuras depositadas durante períodos de maré de quadratura, quando as correntes possuem menor entidade para promover a dispersão. E que mais de 94% do material ressuspensionado durante as atividades de dragagem, ou dispersado durante o descarte, é depositado até o instante final da simulação.

Tabela 5.35 - Espessuras máximas depositadas durante as atividades de dragagem e descarte, e porcentagem de sedimentos na coluna d'água e depositada no instante final de simulação para os diferentes cenários simulados.

CENÁRIOS	ESPESSURA DEPOSITADA (mm)	% DEPOSITADA	% NA COLUNA D'ÁGUA
DRBE_QUA	13,4	94,75	5,25
DRBE_SIZ_INV_FRQ	13,8	94,85	5,16
DRBE_SIZ_INV_INT	13,0	96,33	3,67
DRBE_SIZ_VER_FRQ	10,6	94,59	5,42
DRBE_SIZ_VER_INT	11,6	94,78	5,22
DEBE_QUA	29,1	96,85	3,15
DEBE_SIZ_INV_FRQ	31,7	96,49	3,51
DEBE_SIZ_INV_INT	21,7	94,93	5,07
DEBE_SIZ_VER_FRQ	26,6	96,08	3,92
DEBE_SIZ_VER_INT	26,9	95,47	4,53

Os resultados das simulações mostram que as maiores concentrações de sedimento na coluna d'água e as maiores espessuras depositadas concentram-se nas proximidades das regiões de dragagem e descarte. As maiores concentrações de sedimento na coluna d'água não ultrapassam 1.000 mg/L e, ao final das simulações, os valores máximos são inferiores a 500 mg/L. A maior parte das áreas afetadas estiveram sob influência de concentrações da ordem de 50 mg/L.

5.1.7.7.3 – Análise dos Impactos Ambientais e Medidas de Adequação

A partir das informações obtidas das modelagens hidrodinâmicas e de transporte de sedimentos, conjuntamente com diagnóstico ambiental da área de influência, foi possível avaliar os danos que poderão ocorrer resultantes do processo de dragagem. Será mostrado também que os efeitos negativos podem ser eliminados ou reduzidos através de ações de controle ambiental e medidas de segurança.

A identificação e a avaliação dos impactos ambientais potencialmente ocorrentes levaram em conta a operação de dragagem de aprofundamento da Bacia de Evolução do

TESC e o conseqüente descarte do material dragado na área de bota-fora. Os impactos ambientais decorrentes das atividades a serem desempenhadas estão apresentados abaixo:

- * Alteração da qualidade da água superficial;
- * Alteração na hidrodinâmica e morfodinâmica de fundo;
- * Alteração do relevo subaquático;

Os demais impactos ambientais poderão ser visualizados no capítulo 6.

5.1.7.7.3.1 – Alteração da Qualidade da Água Superficial por Geração de Pluma Sedimentar

O processo de dragagem promove a ressuspensão de sedimentos, e conseqüente aumento da turbidez, em três fases do processo: (i) na desagregação dos sedimentos de fundo; (ii) no seu transporte ao longo da coluna d'água (dragas mecânicas) e acumulação no interior da draga (dragas hidráulicas com overflow); e (iii) no lançamento do material dragado sob lâmina de água (IME/DNIT, 2008).

A draga Auto-Transportadora (Hopper Dredge), que será utilizada para dragagem do TESC, é equipada com maquinário de propulsão, bombas de sucção e cisternas para o transporte do material até o local de disposição. No momento da dragagem o material de fundo é retirado pela bomba de sucção e descarregado na cisterna a bordo. Porém quando se esgota a capacidade desses compartimentos, o excesso de água é retirado, e este procedimento é denominado de overflow.

Nas operações de dragagem realizadas com equipamentos hidráulicos (dragas de sucção e recalque, dragas autotransportadoras), o sedimento é desagregado, misturado com água e então sugado. Isso faz com que a concentração de sólidos fique reduzida, facilitando a dispersão do material na ocasião do seu lançamento. Concordando com o autor, IME/DNIT (2008) cita que as dragas hidráulicas do tipo *Hopper* produzem menor ressuspensão no local da escavação, porém podem causar impactos no local de dragagem devido à prática do overflow.

As plumas de sedimentos geradas pelos processos de escavação, overflow e descarte atingem diferentes distâncias dependendo das condições astronômicas e meteorológicas, e das características do sedimento. Além também do tempo de duração da dragagem. Grãos maiores (areia e cascalho) tendem a sofrer menor dispersão e se depositar mais rapidamente que grãos menores (silte e argila). O ar contido nos sedimentos pode originar uma considerável turbulência durante o movimento descendente, ocasionando uma redução do sedimento depositado, e conseqüentemente aumento de turbidez.

Deve-se considerar que os cenários dos modelos de transporte de sedimentos foi realizado com sedimentos mais finos do que aqueles coletados e dispostos no plano de

Dragagem. Desta forma os resultados ora apresentados apontam para o pior cenário, ou seja, são superdimensionados frente ao contexto do atual Plano de Dragagem.

Após a realização do *overflow*, a embarcação se desloca até a área de disposição para o despejo do material dragado, sendo realizado através da abertura de comportas no fundo da embarcação (ALMEIDA, 2004). Assim que o material é liberado da draga, ocorre a descida convectiva, determinada pela gravidade. No momento em que este sedimento atinge o fundo, ocorre o colapso dinâmico, originando deposição sedimentar. A parte do material que permanece na coluna d'água poderá ser dispersa lateralmente por ação de ondas e marés, formando uma pluma suspensa (CASTIGLIA, 2006).

Como a draga que será utilizada é do tipo *Hopper*, o material que será descarregado é uma mistura de água com sedimento, e ao abrirem as comportas das cisternas o material desce numa coluna d'água como um jato bem definido de um fluido de alta densidade, contendo alguns blocos sólidos. Ao atingir o fundo, uma parte do material se deposita, e outra, é transportada por uma onda horizontal ocasionada pelo impacto, até que a turbulência da mesma esteja suficientemente reduzida para permitir a deposição do mesmo (GOES FILHO, 2004).

Desta forma, o descarregamento do material sedimentar psamítico e pelítico, aumenta a turbidez na coluna d'água, gerando pluma sedimentar local. A propagação de luz na coluna d'água diminuirá com o aumento do material em suspensão e turbidez, assim como a densidade da água tende a aumentar no local.

No entanto, no caso do bota fora, a presença do Arquipélago das Graças nas adjacências consiste de um anteparo à pluma sedimentar, se estas virem a atingir os costões rochosos de tais ilhas, ou mesmo as lajes e diminuição de profundidade associada a estas.

Além da problemática da turbidez, a remobilização de sedimento durante a operação de dragagem pode promover ainda a liberação de contaminantes e nutrientes para a coluna d'água. Tal contaminação pode impactar fortemente a fauna local, em especial o cultivo de mexilhões que ocorre na região. A ressuspensão de contaminantes devido ao processo de dragagem é geralmente de efeito local e o nível de aceitabilidade dessa ressuspensão é uma questão específica de cada área.

5.1.7.7.3.2 – Alteração na Circulação Hidrodinâmica e na Morfodinâmica de Fundo

Por tratar-se de uma pequena área e volume a serem dragados, é pouco provável que alterações hidrodinâmicas significativas ocorram. O aprofundamento da Bacia de Evolução poderá intensificar as correntes locais e o descarte do material no bota-fora influenciar nos processos de propagação das ondas.

A propagação de ondas nas adjacências do bota fora, (considerando as ondulações e vagas normais à climatologia de ondas da região), é caracterizada pela difração de ondas

ocasionada pelo arquipélago das Graças, além da refração provocada pela presença de bancos sedimentares que compõe o delta de maré enchente da Baía da Babitonga.

A área do bota fora se apresenta exposta especialmente as ondulações e vagas de nordeste e leste, sendo que sua profundidade de 19 a 20 metros é suficiente para ocasionar a mudança de vagas de 4-5 segundos, as quais são bastante comuns, até ondulações de períodos superiores.

A diminuição desta profundidade, ocasionada pelo material depositado, tende convergir os raios de onda, criando um ponto de maior energia, e alterar espacialmente o padrão de refração de ondas. Esta redistribuição de energia, irá se refletir na remobilização, e possível ressuspensão de sedimentos arenosos e lamosos, e provocar alterações morfodinâmicas nas adjacências.

A mudança em correntes do local apresenta-se como uma consequência provável da mudança na refração de ondas denotadas pela diminuição da profundidade no bota fora. O ambiente de plataforma interna limítrofe com o domínio estuarino da Baía da Babitonga sugere que o fluxo bidirecional dado pela vazão fluvial e propagação da onda de maré ainda sejam relevantes, porém, com a contribuição mais significativa dos processos de plataforma continental dados pela circulação geostrófica e transporte de massa relacionada a estado de agitação do mar (ondas gravitacionais). Deste modo, as perturbações em correntes devem se dar apenas em escala local em correntes de fundo.

Na área a ser dragada, o aumento da atuação das correntes de fundo, as quais possuem direção predominante de nordeste (em períodos de vazante de maré) e sudoeste (em períodos de enchente de maré), podem ocasionar a erosão nos pequenos canais que ali ocorrem. As áreas sujeitas à erosão de fundo tendem a surgir nas porções atuais mais rasas da ADA, vindo a remobilizar depósitos de areia lamosos e lama arenosa, e redistribuindo ao longo de área restrita a uma escala horizontal de dezenas de metros. A morfologia irregular constando de diversas lajes e parciais promovem obstáculos que favorecem a deposição em áreas adjacentes, não ultrapassando a área de influência direta.

O reajuste dos sedimentos situados na porção noroeste e oeste da área a ser dragada, também podem vir a ocasionar subsidência de sedimentos seguida de pequenos deslizamentos, trazendo sedimentos para o interior da área a ser dragada.

Em médio prazo, as áreas que sofreram subsidência e deslizamento em pequena escala vertical (decímetros), em resposta a acomodação de sedimentos ao novo perfil de equilíbrio deverão ser repostas de sedimentos, transportados pelo fluxo de vazante, o qual mostra-se mais intenso.

Desta forma, a busca do equilíbrio dinâmico, envolve processos erosivos de baixa intensidade no primeiro momento, seguido de reajuste dos perfis dos taludes submersos o qual envolve a deposição sobre os mesmos e sobre os bancos sedimentares situados a oeste e sul da ADA. Nesta última área trata-se de uma área deposicional com planícies de marés, associados à desembocadura do rio Pedreiras.

5.1.7.7.3.3 – Alteração do Relevo Subaquático

Outra ação que irá gerar alteração da morfologia de fundo é a atividade de dragagem. A atividade provocará um aumento de profundidade da bacia de evolução, que deixará a cota com 14 metros.

A retirada de sedimento representará uma alteração da morfologia do fundo na área dragada e também no bota-fora.

A nova delimitação de feição acanalada de forma transversal semi paralela aos canais existentes, implicará em novo reajuste de equilíbrio morfodinâmico, conforme comentado no item 5.1.7.7.3.2. No entanto, pelo princípio da continuidade do movimento, tal alteração não acarretará em conseqüências significativas no que se refere à circulação estuarina da Baía da Babitonga, e como já mencionada, num reajuste da morfodinâmica local, gerando impacto negativo apenas para a própria atividade de dragagem de manutenção.

Durante a deposição do sedimento no bota-fora a descida convectiva do material é determinada pela gravidade, comportando-se como uma nuvem concentrada ou um jato. O colapso dinâmico do material ocorre quando esta nuvem ou jato atinge o fundo, ocasionando a formação de uma protuberância de altura variável (GOES FILHO, 2008).

A maior parcela do material (cerca de 80 a 95%) atinge o fundo, formando um depósito, onde os finos dão origem a taludes, que podem se estender de dez a uma centena de metros (POINDEXTER-ROLLINGS, 1990). Dependendo do ciclo de dragagem efetivado, as taxas de deposição efetiva em médio prazo deverão ser recalculadas.