

quilômetros de distância da Estação de Tratamento de Água (ETA), que atende o Município de Balneário Camboriú (ACQUAPLAN, 2014).

Já próximo à costa, na região estuarina do rio Camboriú, o rio é muito usado para navegação e prática de esportes náuticos, apresentando um número significativo de marinas em suas margens. As águas do rio Camboriú deságuam no extremo sul da Praia Central, na barra sul. A descarga média é estimada em 3 m<sup>3</sup>/s (ACQUADINÂMICA, 2014), porém, sua descarga instantânea varia muito ao longo do tempo em resposta a eventos meteorológicos como sistemas frontais e ciclones extratropicais (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2001). O canal do estuário do rio Camboriú, próximo à desembocadura, tem uma largura de aproximadamente 120 m. A profundidade era de 2,0 metros anteriormente às obras de dragagem ocorrida entre 2002-2004, sendo que atualmente o canal apresenta profundidade em torno de 4,0 metros (CARUSO JR., 2005).

Estudos realizados por Siegle (1999) e Siegle *et al.* (1998) mostraram que a desembocadura do rio Camboriú se manteve morfologicamente estável durante as últimas décadas até o ano de 1999 (Figura 228 e Figura 229), sendo registradas apenas algumas alterações causadas por influência antrópica, como a redução da área de mangues e a diminuição da largura do canal. Devido à importância recreacional do rio e dos planos de engordamento da praia, o seu canal foi estabilizado em 2004 pela construção de um molhe, sendo que as atividades de dragagem no canal de acesso principal ocorreram entre 2002-2004. Entre abril e julho de 2004 um molhe de 451 metros foi construído na desembocadura do rio Camboriú (Figura 230). Um dos principais objetivos da construção do molhe foi o de “bloquear o transporte de areia da praia para o canal”, e desta forma aumentar as condições de navegabilidade do canal, mas também, de viabilizar o deságue das águas de baixa qualidade do rio e da bacia, para áreas mais afastadas da costa (PROSUL, 2002).



Figura 228. Desembocadura do rio Camboriú na década de 1970 (fonte AHBC).

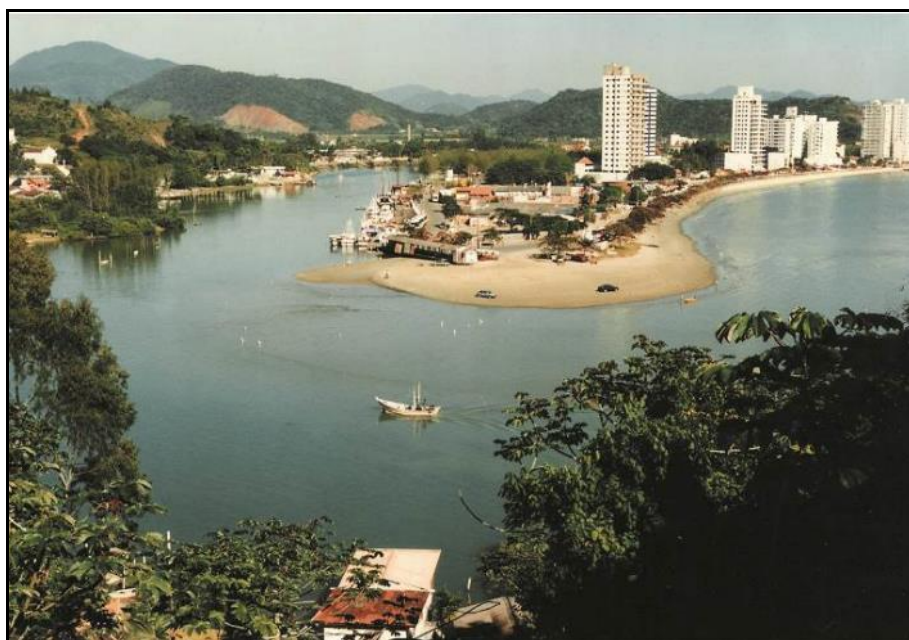


Figura 229. Desembocadura do rio Camboriú na década de 1990 (fonte AHBC).



Figura 230. Desembocadura do rio Camboriú após construção do molhe para sua estabilização (Fonte: Lima, 2010).

Lima (2010) estudou as variações morfológicas na desembocadura do rio Camboriú no período dentre 1938 a 2009 (Figura 231) e constatou que a mesma manteve uma estabilidade local, sendo que as maiores variações morfológicas foram registradas no pontal arenoso sob sua margem esquerda, decorrentes em grande parte pelo efeito da oscilação da vazão fluvial.

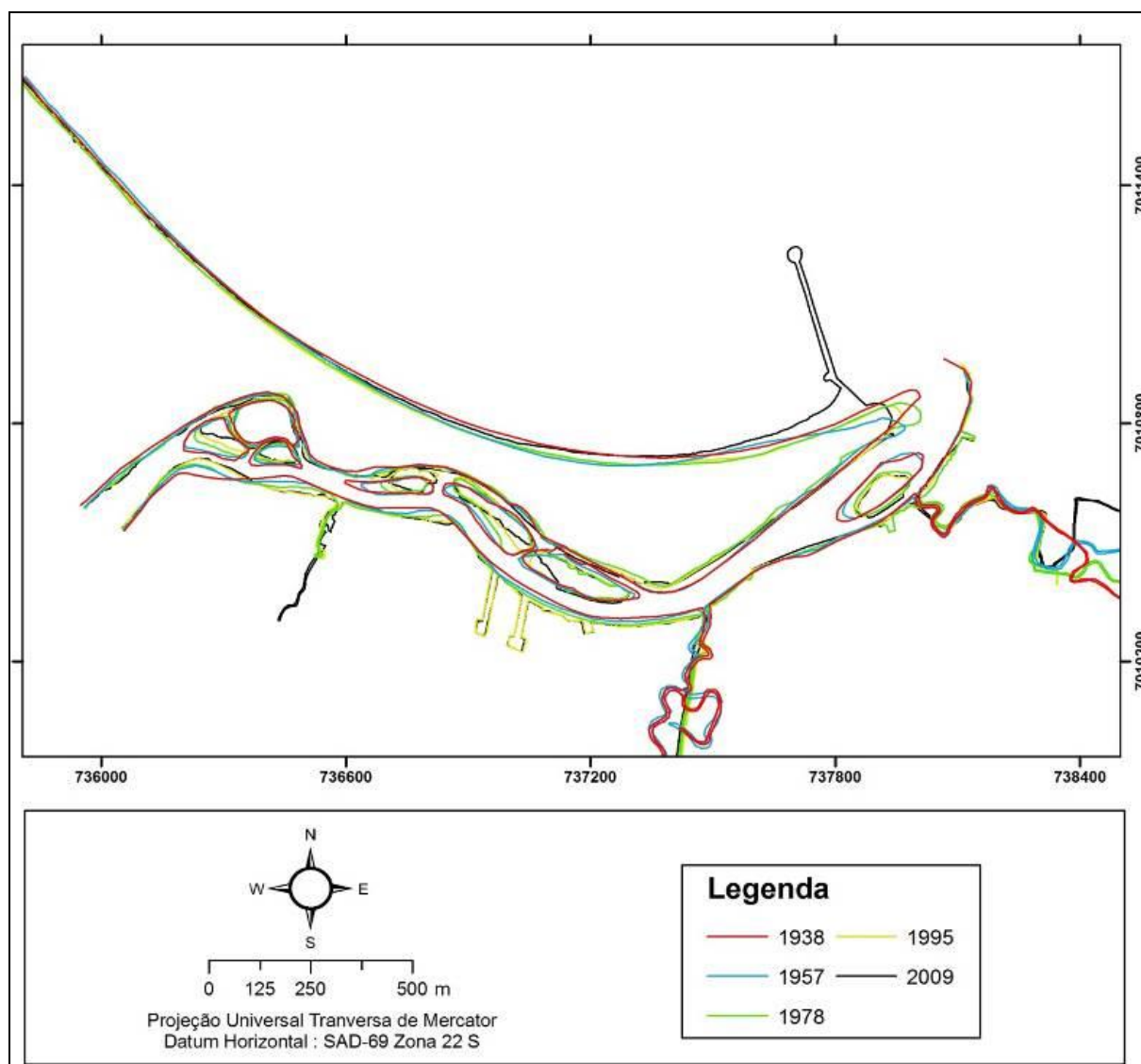


Figura 231. Sobreposição das linhas de contorno relacionadas à desembocadura do rio Camboriú durante o período de 1938 a 2009 (Fonte: LIMA, 2010).

De menor porte que o rio Camboriú, e também pertencente à mesma bacia, porém, sem uma conexão direta com o mesmo, o rio Marambaia possui pequeno porte e deságua no extremo norte da Praia Central, drenando principalmente a área urbana norte do município. Originalmente, o rio Marambaia possuía maior relevância na proximidade da orla do Balneário Camboriú e apresentava uma largura mais significativa, o que pode ser observado na Figura 232. Após o intenso processo de urbanização, principalmente a partir da década de 1970 (Figura 233 e Figura 234), com avanço das construções, impermeabilização do solo e verticalização, no qual foi envolvido em praticamente toda a sua extensão, o rio Marambaia acabou por ser pressionado a partir do seu entorno devido a aterros e trechos de canalização das suas águas (Figura 235).



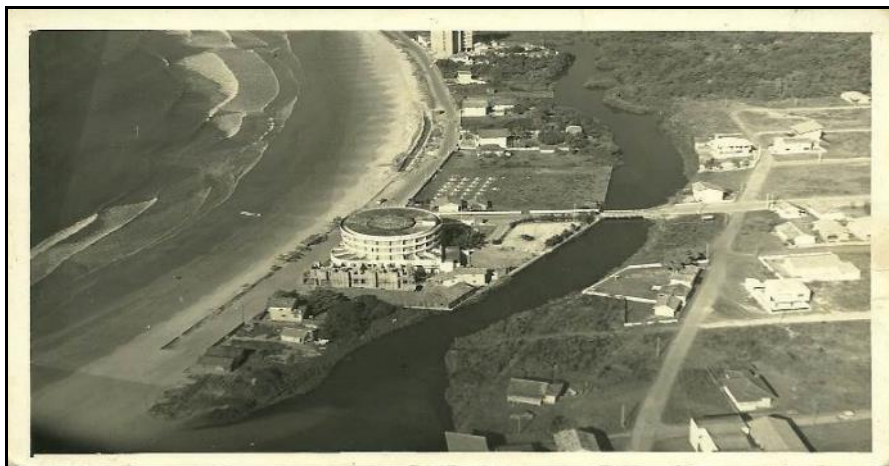


Figura 232. Imagem de Balneário Camboriú na década de 1960 com detalhe da região da foz do rio Marambaia.

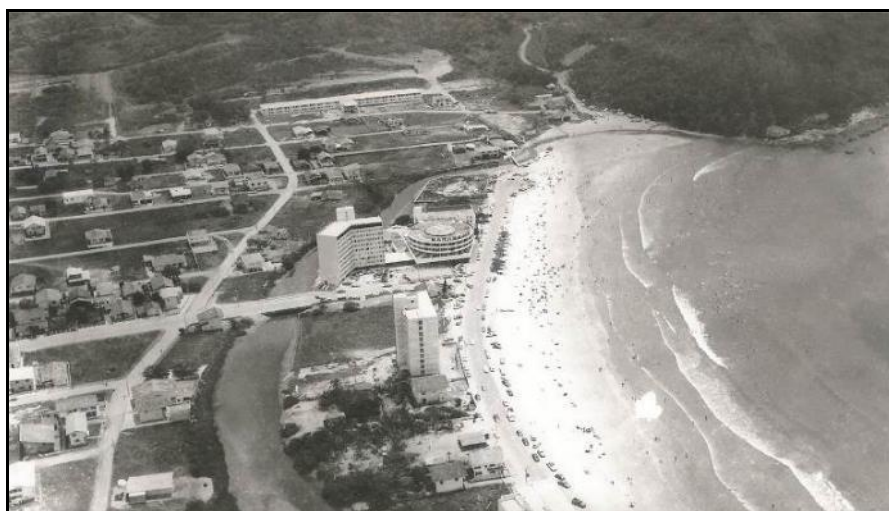


Figura 233. Desembocadura do canal do rio Marambaia na década de 1970, antes da construção do molhe norte (Fonte: AHBC).

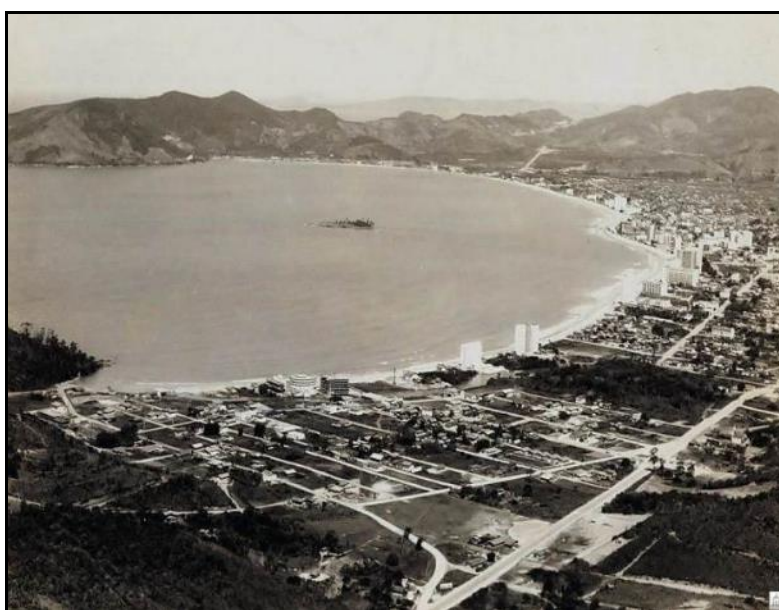


Figura 234. Imagem de Balneário Camboriú na década de 1970 com detalhe na região do rio Marambaia.



Figura 235. Desembocadura do canal do rio Marambaia na década de 1990, após a construção do molhe para sua estabilização (Fonte: AHBC).

A desembocadura do canal do rio Marambaia foi considerada instável durante o período de 1938 a 2009 quanto à sua posição, no entanto, devido à baixa intensidade de correntes longitudinais à costa, sua migração foi de baixa energia deslocando-se 63 metros no sentido norte, quando então atingiu um limite físico através do qual não foi possível continuar (Figura 236). Deste momento em diante, o canal foi considerado estável quanto à sua posição (LIMA, 2010).

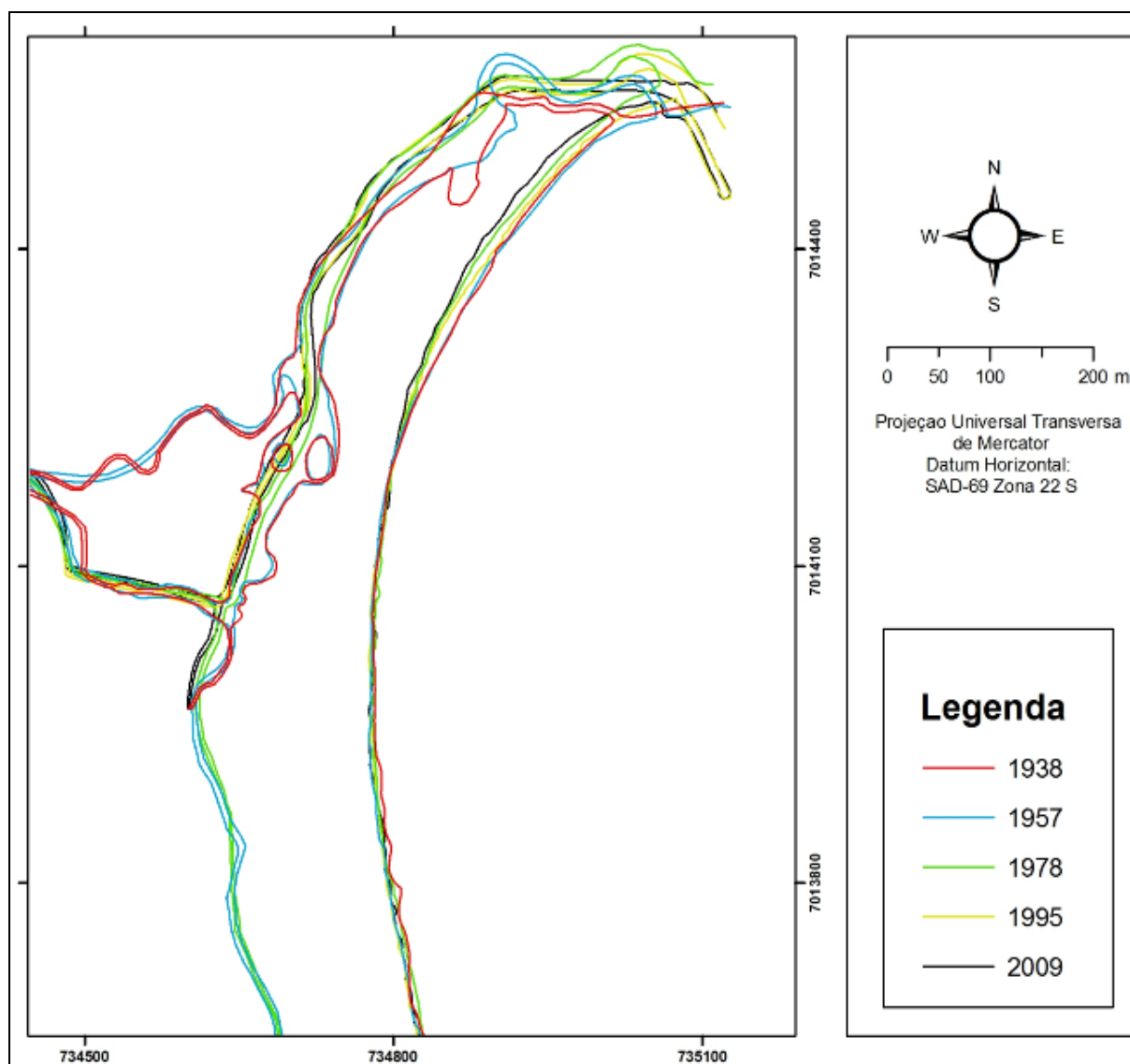


Figura 236. Sobreposição das linhas de contorno da costa relacionadas à desembocadura do canal do rio Marambaia durante o período de 1938 a 2009 (Fonte: LIMA, 2010).

Na área urbana as margens do rio Camboriú e do rio Marambaia sofreram grande pressão da urbanização após a década de 1970. Skalee & Reis (2008) resumem este intenso processo de urbanização não planejada de Balneário Camboriú, conforme segue:

*"O traçado urbano de Balneário Camboriú é resultado de um processo histórico cumulativo, decorrente da exploração turística de uma região dotada de expressiva paisagem natural. Distinguimos 3 etapas principais na sua construção. A primeira, acontecida no início do século e encerrando-se com a Segunda Guerra Mundial, marca a descoberta do potencial turístico da região, com o estabelecimento das primeiras casas de veraneio. A segunda, iniciando-se com o final do conflito, avança até início da década de 70, com a abertura da rodovia BR-101, é a etapa da efetiva construção do traçado urbano de Balneário Camboriú, com o estabelecimento de inúmeros loteamentos dirigidos exclusivamente pela iniciativa privada. A terceira etapa, iniciada com a integração*

*geográfica possibilitada pela abertura da BR-101, avança até os dias atuais e imprime a consolidação do caráter turístico da cidade, bem como a ocupação intensiva de todo território municipal, através do adensamento, verticalização construtiva e segregação sócio-espacial.”*

A Figura 237, Figura 238, Figura 239, Figura 240, Figura 241 e Figura 242 apresentam sequências de fotografias aéreas mostrando a evolução da urbanização de Balneário Camboriú na área de entorno do rio Marambaia e do rio Camboriú, respectivamente, a partir do ano de 1938.



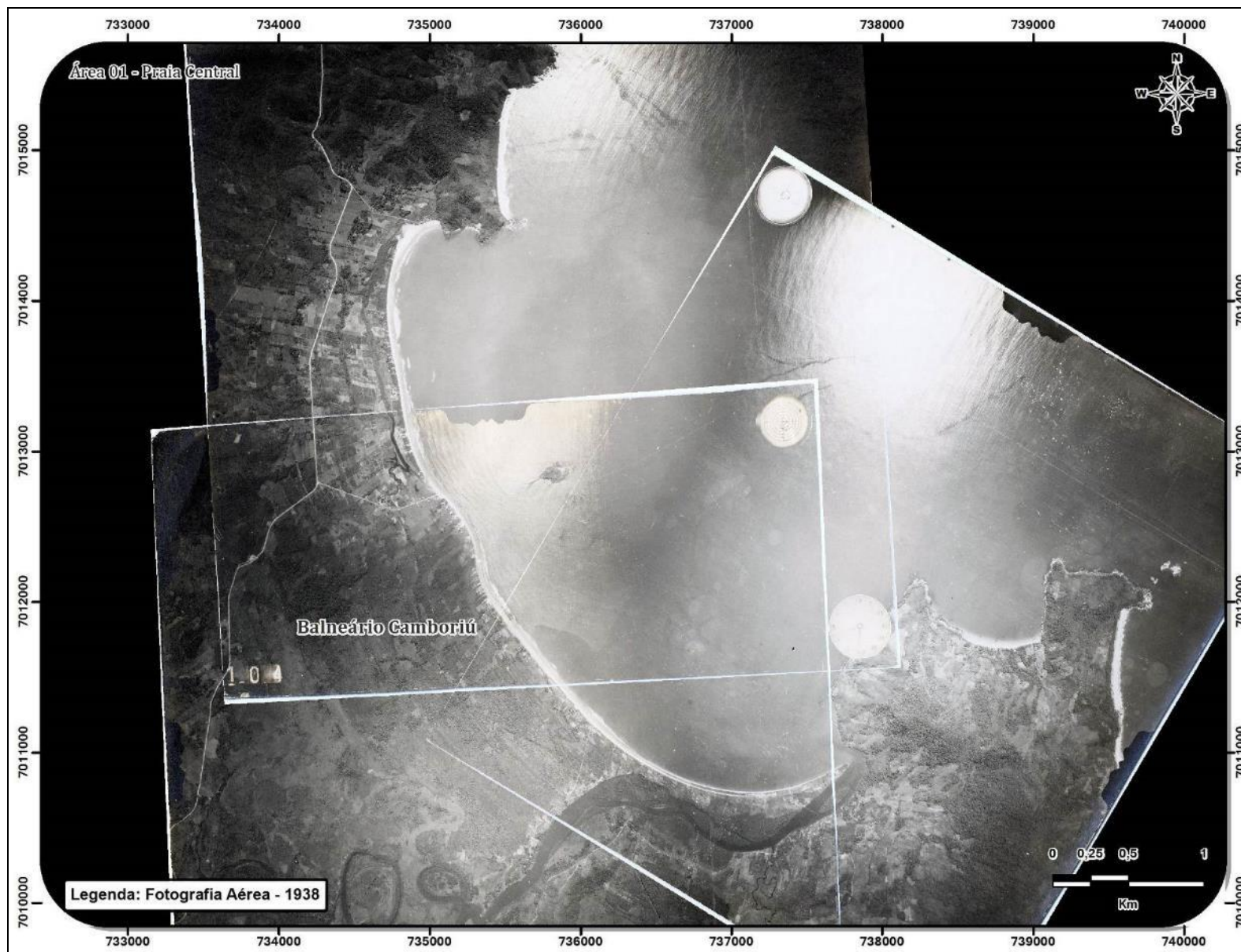


Figura 237. Georreferenciamento de fotografias aéreas do ano de 1938.





Figura 238. Fotografia aérea de 1957.

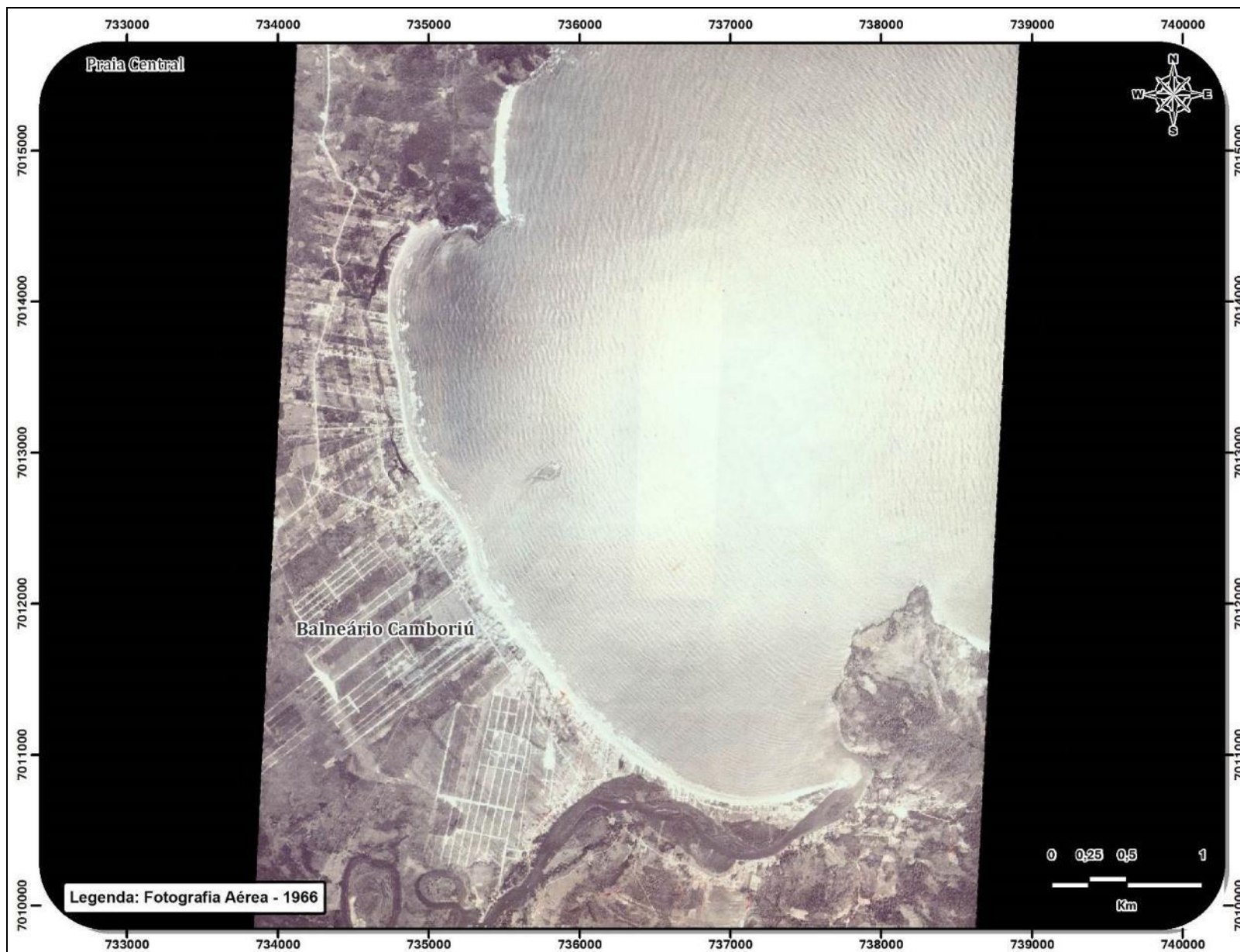


Figura 239. Fotografia aérea de 1966.



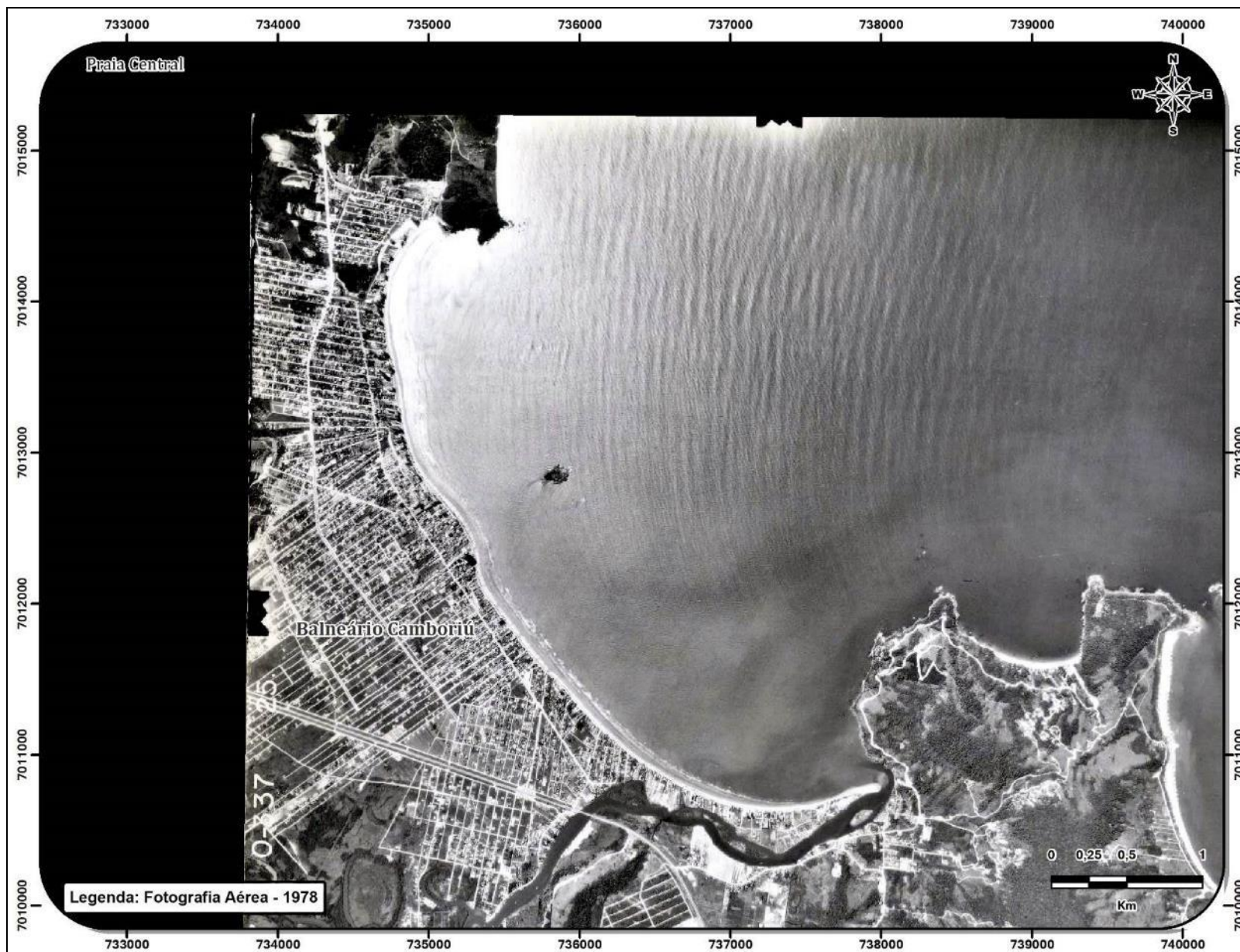


Figura 240. Fotografia aérea de 1978.

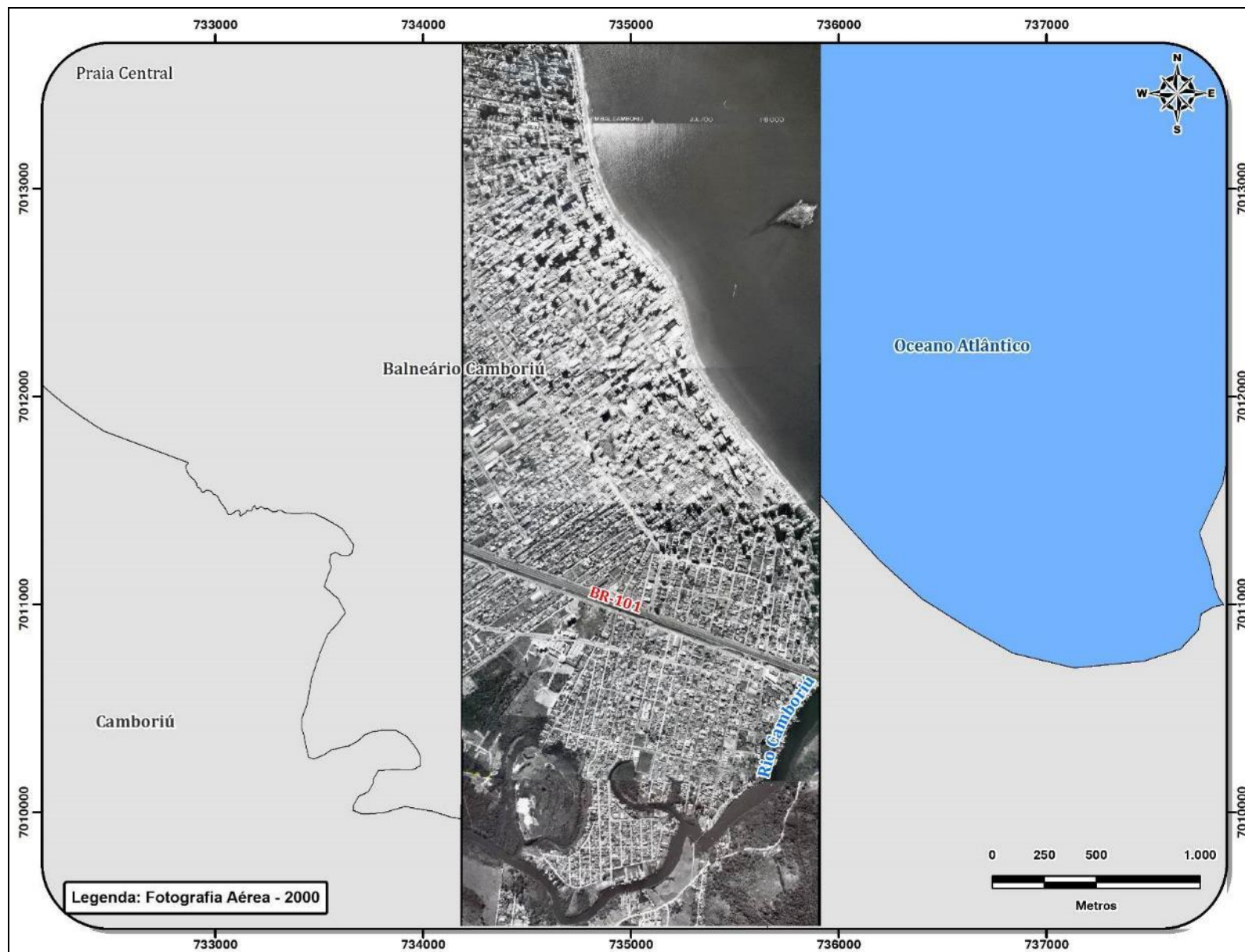


Figura 241. Georreferenciamento de fotografias aéreas do ano de 2000.





Figura 242. Georreferenciamento de fotografias aéreas do ano de 2004.



A Figura 237, Figura 238, Figura 239, Figura 240, Figura 241 e Figura 242 ilustram as afirmações de Skalee & Reis (2008), através das quais podemos verificar os momentos distintos dessa dinâmica urbana e seu impacto sobre a drenagem, conforme descrito nos próximos parágrafos.

Fotografias aéreas do ano de 1938: o ambiente ainda se apresenta inalterado pelo turismo, porém, já havia uma atividade agrícola tradicional e instalações residenciais de pescadores artesanais. A vegetação de restingas, os manguezais e outras áreas úmidas ainda encontravam-se em bom estado de preservação e os cursos d'água apresentavam suas morfologias naturais, estando o rio Marambaia com maior largura em relação à que apresenta posteriormente.

Fotografia aérea do ano de 1957: verifica-se a expansão do traçado urbano e já se torna nítida a atividade turística com o aumento do número de visitantes, já assumindo uma certa regularidade (temporadas de veraneio). Inicia-se a abertura de acessos ao local por pressões do poder público e por diversos segmentos da sociedade local, especialmente por especuladores imobiliários. Com isso, aumenta o uso das margens dos corpos hídricos, principalmente do rio Marambaia.

Fotografia aérea do ano de 1966: a atividade turística é intensificada, aumentando a urbanização principalmente na região central da praia de Balneário Camboriú, onde começam a serem construídos grandes hotéis a beira-mar. A praia ainda é muito utilizada como via de ligação, visto que só havia uma outra via que ligava a cidade sentido norte-sul, a "Avenida do Telégrafo", hoje "Avenida Brasil".

Fotografia aérea do ano de 1978: o traçado das vias principais se mantém, porém, agora com maior adensamento urbano na região central de Balneário Camboriú. Junto ao aumento da atividade turística inicia-se a verticalização da cidade, principalmente nas primeiras ruas paralelas à linha de costa, sem critérios urbanísticos e principalmente impulsionada pela construção da BR-101. Com o aumento das ocupações, as edificações também começam a avançar sobre a vegetação ribeirinha do rio Camboriú e o rio Marambaia já apresenta áreas canalizadas.

Fotografias aéreas do ano de 2000: o adensamento e a verticalização urbana começam a gerar diversos problemas sociais, ambientais e econômicos causados, por exemplo, pelas elevadas concentrações de coliformes fecais, afetando a balneabilidade das águas. Boa parte da população de baixa renda começa a migrar para as partes mais afastadas da

orla do mar, pois os atrativos naturais são importantes fatores de atração para a população de alta renda e para empreendimentos privados.

Fotografias aéreas do ano de 2004: o adensamento e a verticalização urbana nesse momento chegam ao limite da capacidade suporte do Balneário Camboriú, intensificando os problemas sociais e ambientais, e consolidando a população de baixa renda no oeste da cidade. Neste momento, o rio Marambaia só é visualizado em sua foz, localizada a norte da enseada; já o rio Camboriú apresenta uso intensivo de suas margens e foz estabilizada pela construção do molhe.

#### 9.1.7.2. Caracterização Ambiental da Qualidade das Águas

O padrão de desenvolvimento urbano e industrial da sociedade contemporânea se deu de forma desordenada e sem planejamento. Este padrão tem, como um de seus principais reflexos, a degradação ambiental, a qual é fruto de um crescimento vertiginoso das cidades e de uma série de fatores, incluindo a falta de infraestrutura básica de saneamento, a ocupação das áreas de várzea e de mananciais, a destruição das matas ciliares dos córregos urbanos entre outros aspectos negativos (JACOBI, 1998).

Apesar da reconhecida importância de estudos ambientais sobre a qualidade de água, existe uma lacuna na área de hidrologia e recursos hídricos referentes às pequenas microbacias hidrográficas (PAIVA & PAIVA, 2001). Tal carência é explicada, em grande parte, pela falta de dados hidrológicos de pequenas bacias, pois historicamente a rede hidrometeorológica brasileira foi concebida para fornecer informações ao setor de geração de energia elétrica explicando-se, assim, o reduzido número de postos de monitoramento em bacias com menos de 500 km<sup>2</sup> (GOLDENFUM, 2001).

Um dos maiores reflexos dos problemas causados pelo crescimento demográfico e atual padrão de desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, está relacionado à escassez dos recursos hídricos, tanto em quantidade como em qualidade, provocada pelas crescentes demandas dos usos da água e pela poluição. Consequentemente, o surgimento de focos de conflitos entre usuários de recursos hídricos exigiu, por parte dos governos estaduais e federal, medidas para o controle de seu uso e de sua qualidade.

Tendo em vista o conceito de desenvolvimento sustentável e suas premissas, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Lei nº 9433/97) estabeleceu os objetivos e instrumentos regulatórios e econômicos que norteiam a gestão hídrica brasileira, tendo

como premissa a sustentabilidade dos recursos hídricos. Dentre os instrumentos, situam-se aqueles diretamente relacionados ao sistema de gestão da qualidade hídrica, como a classificação das águas emersas, regulamentada pela Resolução CONAMA Nº 357/05. Esta Resolução reconhece o caráter de planejamento do enquadramento dos corpos de água, incluindo a possibilidade de flexibilização dos padrões de qualidade de acordo com as metas progressivas nele estipulada. No entanto, não reconhece a obrigatoriedade de melhoria progressiva da qualidade hídrica, como preconizado em seu preâmbulo e nas demais leis que regem os objetivos da gestão hídrica, dada a aceitação do enquadramento final de corpos de água em classes permissivas à degradação.

Como critérios de qualidade, utilizam-se parâmetros químicos, físicos e biológicos numéricos ou narrativos. Na determinação dos padrões de qualidade, todos os componentes do corpo hídrico devem ser considerados (água, sedimentos e ecossistemas adjacentes), sob uma abordagem ecossistêmica. Os padrões derivados desta forma subsidiam a avaliação do impacto ambiental dos usos existentes e desejados da água, permitindo uma análise mais integrada do que aquela fornecida apenas por intermédio de aspectos químicos, influenciando sobremaneira os tomadores de decisão quando da designação dos usos futuros (PIZELLA & SOUZA, 2007).

No Brasil, a Resolução CONAMA 357/05 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. Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

As Águas Salobras destinadas à navegação são classificadas como Classe 3, devendo apresentar as seguintes condições e padrões de qualidade:

***"Art. 23. As águas salobras de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:***

***I - pH: 5 a 9;***

***II - OD, em qualquer amostra, não inferior a 3 mg/L O<sub>2</sub>;***

***III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;***

***IV - materiais flutuantes: virtualmente ausentes;***

***V - substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;***

***VI - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;***

***VII - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E.Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; e***

***VIII - carbono orgânico total até 10,0 mg/L, como C."***

O enquadramento é um instrumento fundamental, em especial, nas bacias hidrográficas onde existem conflitos devido à qualidade da água. Sua aplicação acarreta consequências econômicas, sociais e ambientais, propiciando aos diferentes gestores uma ferramenta para assegurar a disponibilidade quantitativa e qualitativa da água em uma bacia hidrográfica.

Os estuários são ecossistemas de elevada importância biológica e socioeconômica. A sua abundante e diversificada comunidade e capacidade de renovação periódica de suas águas faz destes ecossistemas, locais onde ocorrem intensas transformações da matéria orgânica, representando um importante elo de ligação entre os ecossistemas fluvial e marinho. Além disso, cerca de 2/3 das grandes cidades estão localizadas em estuários e regiões adjacentes, devido à facilidade de construção de portos, marinas, indústrias de captura e processamento de pescado, entre outros.

Os sistemas estuarinos são os principais fornecedores de nutrientes para região costeira, pois recebem e concentram o material originado de sua bacia de drenagem e podem vir a receber aportes significativos por ação antrópica. Todo esse aporte de nutrientes coloca os estuários entre os sistemas mais produtivos do mundo, com altas taxas de produção primária e teores de biomassa autótrofa e heterótrofa (BRAGA *et al.*, 2000; PEREIRA FILHO *et al.*, 2001).

Esta entrada de nutrientes é intensificada em estuários situados em regiões de elevada concentração populacional, em função do aporte de efluentes domésticos e industriais e do escoamento urbano, além de efluentes agrícolas. O aumento da concentração de nutrientes nas águas estuarinas e costeiras provoca diversas modificações no meio, podendo produzir um aumento da produtividade (NIXON, 1992) e rendimento pesqueiro (CEDERWALL & ELMGREN, 1980; NIXON, 1982; NIXON *et al.*, 1986). Entretanto, a entrada de origem antrópica frequentemente se torna muito grande e pode provocar a eutrofização excessiva no meio, particularmente em ambientes de circulação restrita. Várias alterações nas características químicas e na qualidade da água destes corpos d'água também têm sido registradas, como resultado da alteração dos fluxos biogeoquímicos, com várias consequências ecológicas, como a alteração da composição de espécies (BEUKEMA, 1991).

#### 9.1.7.2.1.Contextualização

A região da interface entre o continente e o mar é dominada por processos originados nas bacias de drenagem dos rios afluentes, por processos oceanográficos e atmosféricos. Atualmente, as regiões costeiras englobam menos de 20% da superfície do planeta. Entretanto, contêm mais de 45% da população humana; hospeda 75% das megalópoles com mais de 10 milhões de habitantes e produz cerca de 90% da pesca global. A região costeira se constitui em importante zona de produção de alimentos através da agropecuária, pesca e aquicultura; é foco de desenvolvimento industrial e de transporte; fonte significativa de recursos minerais, incluindo petróleo e gás natural; principal destino turístico em todos os continentes; e abundante reservatório de biodiversidade e ecossistemas, dos quais depende o funcionamento do planeta (<http://www.institutomilenioestuarios.com.br/zonacosteira.html>).

Ambientes costeiros semifechados, como estuários, baías e lagoas costeiras, sofrem influências naturais das forças físicas que atuam na troca, renovação e circulação de suas águas e de seus componentes, variando as concentrações das substâncias presentes. Os fenômenos meteorológicos (ventos e chuvas) e de maré são os principais responsáveis pelas características físicas, químicas e biológicas da água e do sedimento destes sistemas (MANN & LAZIER, 1991). Os estuários, pela sua localização estratégica entre o oceano e os corpos de águas continentais, recebem diretamente o impacto das atividades humanas ocorridas nas bacias de drenagem, podendo influenciar na qualidade ambiental das áreas marinhas adjacentes.

Tendo em vista o conceito de desenvolvimento sustentável e suas premissas, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Lei nº 9433/97) estabeleceu os objetivos e instrumentos regulatórios e econômicos que norteiam a gestão hídrica brasileira, tendo como premissa a sustentabilidade dos recursos hídricos. Dentre os instrumentos, situam-se aqueles diretamente relacionados ao sistema de gestão da qualidade hídrica, como a classificação das águas emersas, regulamentada pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA Nº 357/05. Esta Resolução reconhece o caráter de planejamento do enquadramento dos corpos de água, incluindo a possibilidade de flexibilização dos padrões de qualidade de acordo com as metas progressivas nele estipulada. No entanto, não reconhece a obrigatoriedade de melhoria progressiva da qualidade hídrica, como preconizado em seu preâmbulo e nas demais leis que regem os objetivos da gestão hídrica, dada à aceitação do enquadramento final de corpos de água em classes permissivas à degradação. Ressalta-se que em muitos dos estudos citados foram realizados antes de 2005 quando ainda era utilizada a Resolução CONAMA Nº 20



do de junho de 1986, que foi substituída pela Resolução CONAMA Nº 357/05, atualmente em vigor.

Como critérios de qualidade, utilizam-se parâmetros químicos, físicos e biológicos numéricos ou narrativos. Na determinação dos padrões de qualidade, todos os componentes do corpo hídrico devem ser considerados (água, sedimentos e ecossistemas adjacentes), sob uma abordagem ecossistêmica. Os padrões derivados desta forma subsidiam a avaliação do impacto ambiental dos usos existentes e desejados da água, permitindo uma análise mais integrada do que aquela fornecida apenas por intermédio de aspectos químicos, influenciando sobremaneira os tomadores de decisão quando da designação dos usos futuros (PIZELLA & SOUZA, 2007).

O monitoramento de qualidade das águas é um dos mais importantes instrumentos da gestão ambiental. Ele consiste, basicamente, no acompanhamento sistemático dos aspectos qualitativos das águas, visando a produção de informações e é destinado à comunidade científica, ao público em geral e, principalmente, às diversas instâncias decisórias. Nesse sentido, o monitoramento é um dos fatores determinantes no processo de gestão ambiental, uma vez que propicia uma percepção sistemática e integrada da realidade ambiental.

No Brasil, a Resolução CONAMA Nº 357/2005 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. Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

Sendo um dos mais importantes balneários do sul do Brasil, o Município de Balneário Camboriú apresenta uma população fixa de pouco mais de 100 mil habitantes. Entretanto, nos períodos de verão este número se aproxima a mais de 300 mil, com picos que ultrapassam aos 600 mil, o que faz com que a carga orgânica seja igualmente aumentada. Desta forma, Kuroshima *et al.* (2000) avaliaram como sendo muito grande a variação sazonal da qualidade da água na enseada de Balneário Camboriú, com os piores valores sendo registrados no verão, principalmente na porção sul da enseada, região que sofre influência direta do estuário do rio Camboriú. De acordo com estes autores, este comprometimento ocorreu porque na época o sistema de tratamento de esgotos não estava projetado para suportar o excedente populacional (KUROSHIMA *et al.*, 1996).

As características físicas, químicas e biológicas do rio Camboriú e as suas influências sobre a enseada são de grande importância, já que o turismo é a principal atividade econômica do município, tornando-se imprescindível a manutenção da boa qualidade da água da enseada.

A avaliação dos parâmetros de qualidade ambiental das águas da enseada de Camboriú e das regiões estuarinas dos rios Camboriú e Marambaia, seguirá os artigos 19 e 22 da Resolução CONAMA Nº 357/05, já que se tratam, respectivamente, de ambiente salino e salobro, ambos classe 1.

Desde os anos 1990 o estuário do rio Camboriú e a enseada adjacente vêm sendo objetos de estudos, principalmente, com objetivo de avaliar as alterações ambientais causadas por consequência da flutuação populacional (CASAN, 1998/1999; PEREIRA FILHO, 2001 e 2002; COSTÓDIO, 2003). Logo após foram conduzidos estudos para caracterização ambiental da qualidade das águas do estuário e da enseada de Balneário Camboriú (CARUSO JR, 2005; PROSUL, 2007) com vistas à instalação de empreendimentos. Mais recentemente, no início de 2013, realizou-se o estudo para caracterizar a qualidade das águas dos rios Camboriú e Marambaia, assim como da enseada e da área proposta para a jazida a ser utilizada no projeto de engordamento da Praia Central (ACQUAPLAN, 2013).

Para a caracterização da qualidade das águas do estuário do rio Camboriú e da enseada foram utilizadas informações destes trabalhos realizados anteriormente, que aqui são considerados dados secundários.

Os dados primários foram obtidos em fevereiro de 2016 a partir da coleta de amostras de água em duas profundidades (superfície e fundo) em 15 pontos amostrais distribuídos no estuário do rio Camboriú e na área marinha adjacente (enseada) através das quais foram determinados parâmetros físico-químicos, químicos e coliformes.

#### 9.1.7.2.2. Dados Secundários

##### 9.1.7.2.2.1. Qualidade das Águas do Rio Camboriú e seu Estuário

O rio Camboriú pertence à bacia hidrográfica estadual de Santa Catarina que nasce dentro do sistema bioma da Serra do Mar e escoar diretamente para o oceano Atlântico na costa de Santa Catarina. Segundo as bacias hidrográficas nacionais, a mesma se

encontra dentro da Bacia Atlântico Sul trecho Sudeste, código 84, que corresponde à região compreendida entre a foz do Itajaí, exclusive e a foz do rio Mampituba, inclusive. A área correspondente à bacia hidrográfica do rio Camboriú é de 199,8 km<sup>2</sup> e o comprimento do rio principal é de 33,8 km (TUCCI, 2013).

Na Figura 227 pode-se observar a localização da bacia hidrográfica do rio Camboriú e sua delimitação dos municípios e, também, os principais rios que a constituem.

O estuário do rio Camboriú está localizado entre os municípios de Balneário Camboriú e Camboriú (SC, Brasil), e de acordo com Siegle (1999) e Siegle *et al.* (1999), é um corpo d'água raso, do tipo parcialmente misturado (tipo 2b) segundo diagrama de classificação de Hansen & Rattray (1966).

Por ser um ambiente semifechado, o estuário do rio Camboriú sofre diretamente a influência de fatores físicos e hidrodinâmicos na distribuição dos parâmetros físico-químicos. Estes fatores podem ser a maré, a descarga de água doce, forças meteorológicas (ventos), e pela própria geomorfologia da bacia de drenagem (KJERFVE, 1985).

Nas proximidades de sua desembocadura, o estuário apresenta um canal de aproximadamente 120 metros de largura, com cerca de 2 metros de profundidade, sendo margeado por vegetação de manguezal, já degradada (PEREIRA FILHO *et al.*, 2002). Cabe aqui destacar que após o ano de 2002 foram realizadas várias obras de intervenção na região de desembocadura deste rio, com a fixação de sua barra com a construção de um molhe, e também, com a obra de dragagem de aprofundamento e alargamento do canal de navegação, dragagem esta que se estendeu até a altura da rodovia BR-101. Pereira Filho *et al.* (2002) observaram que durante condições de maré de quadratura foi verificado um padrão de estratificação contínuo ao longo do tempo, e durante a maré de sizígia a estratificação ocorreu apenas durante certos períodos do ciclo de maré.

A vazão e a qualidade da água de um manancial (HERNANDEZ *et al.*, 2001) é sensivelmente afetada pela pluviosidade que ocorre na bacia hidrográfica em questão. Em áreas estuarinas, baixos índices de pluviosidade tendem a influenciar na vazão do rio, diminuindo o fluxo de água doce, permitindo a entrada de água salgada, provinda pela influência da maré. Já em períodos de intensa pluviosidade, o escoamento de água doce tende a tornar-se mais forte, deixando as águas superficiais menos salinas.

Originalmente, o estuário do rio Camboriú tinha grande importância para a pesca artesanal, servindo de subsistência para a comunidade local. Atualmente, a água do rio e seus tributários são utilizados para o desenvolvimento agropecuário e abastecimento da população (URBAN, 2002). A economia da região está principalmente ligada ao comércio de temporada de verão e à rizicultura, que se destaca entre as atividades agropecuárias existentes no município.

Ao longo do rio Camboriú e seus tributários ocorrem perturbações ambientais que estão, muitas vezes, associadas ao processo de desenvolvimento urbano. A degradação ambiental na bacia vem sendo manifestada nos recursos hídricos, no solo e na cobertura vegetal, através do extrativismo vegetal, praticado na área da bacia para sustentar as carvoarias, acarretando danos ao ecossistema; do desmatamento, que objetiva o aumento das áreas agrícolas e pastagem para o gado; e das queimadas, que trazem grandes prejuízos, que provocam a diminuição da permeabilidade do solo, acelerando o processo erosivo ao deixá-lo desprotegido. Também a ausência de mata ciliar é observada ao longo da bacia hidrográfica do rio Camboriú (VIEIRA & FEIJÓ, 2004).

Embora aproximadamente 85% do Município de Balneário Camboriú seja dotado de rede de esgoto, que é conduzido a uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) administrada pela EMASA (ACQUAPLAN, 2011), devem ser consideradas as fontes difusas de poluição da bacia como um todo. As atividades ligadas à agricultura e os esgotos domésticos e de estabelecimentos comerciais, que em muitos locais não recebem tratamento suficiente e/ou adequado, são as maiores fontes da contaminação das águas do estuário e da enseada de Balneário Camboriú. A área do baixo estuário tem em suas margens a instalação de marinas, garagens náuticas e atracadouros pesqueiros onde aportam grandes barcos de passeios turísticos, além de píeres que abrigam embarcações de pesca, causando um grande estresse ambiental nesta região (COSTÓDIO, 2003; PEREIRA FILHO *et al.*, 2002).

Os efluentes tratados pela ETE do município, à época destes estudos pretéritos sob a responsabilidade da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), eram lançados no rio Camboriú, gerando uma carga orgânica DBO de 7162 kg/d (RIBEIRO, 2001). Além desse efluente, o rio, com sua bacia de cerca de 200 km<sup>2</sup>, recebe aportes de esgotos clandestinos e efluentes do Município de Camboriú, situado a montante da região estuarina, que não dispõe de sistema adequado de tratamento de esgotos.

Durante uma campanha sinótica realizada nos dias 12 e 13 de março de 1998, em uma estação amostral localizada no canal do rio Camboriú, a aproximadamente 500 metros da boca do estuário, Pereira Filho *et al.* (2001) observaram que as maiores concentrações de nutrientes no estuário do rio Camboriú sempre estiveram associadas com águas de origem continental e baixas salinidades. Os autores observaram que a maré tem forte influência sobre a hidrodinâmica estuarina e concentração de nutrientes, já que se observou decréscimo de concentrações devido à entrada de água salina no interior do estuário, durante a maré de enchente. Por outro lado, durante o período de maré vazante, devido a maior contribuição de água doce, as concentrações aumentaram.

As concentrações obtidas por Pereira Filho *et al.* (2001) para amônio (Tabela 25) são extremamente altas para água naturais, sendo maiores do que áreas degradadas de outras regiões do litoral brasileiro, que não chegaram a atingir valores tão altos para as concentrações de amônio. Exemplos como o estuário da Baixada Santista, no litoral sul de São Paulo, apresentaram concentrações máximas no verão de 1,4 mg-N/L (BRAGA *et al.*, 2000). Já o estuário do rio Itajaí-Açu, situado à cerca de 10 Km ao norte do estuário do rio Camboriú, apresentou como a média máxima valores em torno de 0,84 mg-N/L (PEREIRA FILHO, 2002).

Tabela 25. Média, mínimo, máximo e desvio padrão dos parâmetros químicos observados durante campanha sinótica realizada em uma estação no estuário do rio Camboriú (SC), em março de 1998, comparados à Resolução CONAMA Nº 357/2005 - Águas Salobras Classe 3. Fonte: Pereira Filho *et al.* (2001).

<b>Rio Camboriú - Parâmetros (mg/L)</b>	<b>Fosfato</b>	<b>Amônio</b>	<b>Nitrito</b>	<b>Nitrato</b>
Média	0,07	0,53	0,05	0,04
Desvio Padrão	0,05	0,37	0,02	0,03
Mínimo	0,01	0,04	0,01	0,01
Máximo	0,31	1,19	0,08	0,20
Número de amostras	49	49	50	49
Resolução 357/05-CONAMA Classe 3	0,7	0,02	0,07	0,186

Pereira Filho *et al.* (2001) concluíram neste estudo que na desembocadura do estuário ocorreu uma alta produtividade e um grande fluxo de material detrítico que se deslocava em função dos movimentos de marés, disponibilizando nutrientes para a coluna d'água, e estes, associados a maior transparência local, favoreciam um maior crescimento das comunidades fitoplanctônicas. Naquela época os autores sugeriram que o estuário apresentava grande potencial de eutrofização devida a grande quantidade de nutrientes que se originavam da ineficiência do tratamento de esgoto, do lançamento de esgotos clandestinos, da entrada de produtos agrícolas e de drenagem continental; além da concentração natural, possivelmente ligada a área de mangue.



Em 09 e 10 de abril e em 27 e 28 de agosto de 1999, em um ponto amostral próximo à desembocadura do rio Camboriú, Pereira Filho *et al.* (2002) realizaram campanhas que contemplaram ciclos completos de marés de quadratura e sizígia, com objetivo de avaliar a variação temporal e estimar o fluxo de substâncias no estuário. Neste estudo, os autores verificaram duas situações distintas: (a) durante a campanha de quadratura, o estuário permaneceu estratificado durante todo o ciclo, com valores de salinidade maiores nas camadas de fundo e bem menores nas camadas superficiais; (b) durante a maré de sizígia ocorria à mistura completa da coluna d'água pela força da entrada das águas marinhas, elevando os valores de salinidade em toda coluna d'água. Isso resultou em maior variação da distribuição dos nutrientes em maré enchente do que em quadratura quando a coluna d'água manteve padrão estratificado e maior estabilidade hidrodinâmica. Os valores médios obtidos para amônio e carbono orgânico particulado (COP) foram maiores na maré de quadratura (Tabela 26) do que na de sizígia (Tabela 27), evidenciando contribuição continental destes nutrientes.

Tabela 26. Concentrações médias de nutrientes e clorofila a durante um ciclo de maré de quadratura em 09 e 10 de abril de 1999, em uma estação localizada próxima à desembocadura do rio Camboriú.

Rio Camboriú - N=50	Maré de Quadratura (Parâmetro (mg/L))							
	Fosfato	Amônio	Nitrito	Nitrato	NID	Si	Cla	COP
Média	0,08	0,82	0,04	0,22	14,05	2,04	0,01	1,17
Desvio Padrão	0,02	0,53	0,02	0,16	14,03	1,41	0,01	0,40
Mínimo	0,04	0,09	0,01	ND	14,01	0,36	0,00	0,62
Máximo	0,14	1,88	0,08	0,65	14,11	4,18	0,02	2,16
Resolução 357/05-CONAMA Classe 3	0,7	0,02	0,07	0,186				

Fonte: Pereira Filho *et al.* (2002).

Tabela 27. Concentrações médias de nutrientes e clorofila a durante um ciclo de maré de sizígia em 27 e 28 de agosto de 1999, em uma estação localizada próxima à desembocadura do rio Camboriú.

Rio Camboriú - N=52	Maré de Sizígia (Parâmetro (mg/L))							
	Fosfato	Amônio	Nitrito	Nitrato	NID	Si	Cla	COP
Média	1,20	0,14	0,06	0,21	14,07	1,47	0,01	0,71
Desvio Padrão	0,97	0,07	0,05	0,10	14,06	1,37	0,00	0,30
Mínimo	0,15	0,06	0,01	0,09	14,01	0,28	0,00	0,33
Máximo	3,03	0,35	0,16	0,45	14,18	5,59	0,02	1,78
Resolução 357/05-CONAMA Classe 3	0,7	0,02	0,07	0,186				
Fonte: PEREIRA FILHO <i>et al.</i> (2002).								

Quanto ao transporte total nas duas situações de maré, os autores sugeriram que ocorreu uma tendência à exportação de substâncias, com exceção da clorofila na sizígia. Entretanto ocorreram diferenças nas taxas de transporte, que podem estar associadas aos processos de remoção, geoquímico ou biológico, de alguns nutrientes, dentro do estuário, amônio e fosfato. Esta remoção aparentemente foi mais importante na situação de quadratura, em função da menor velocidade decorrente, aumentando o tempo de

residência dentro do rio Camboriú. Os autores concluíram ainda, que a elevada concentração de nutrientes do rio Camboriú mostrou sinais nítidos de eutrofização se comparados a outros ambientes.

Entre junho de 2000 e junho de 2001, Costódio (2003) monitorou parâmetros físico-químicos, nutrientes e bactérias em águas superficiais de 7 estações amostrais no rio Camboriú, com objetivo de conhecer as relações de interdependência espaço-temporais destes parâmetros. Os dados utilizados neste estudo fazem parte do "Monitoramento da qualidade da água da enseada de Camboriú e rio Camboriú" conduzido pela UNIVALI-CTTMar/UNIVALI, em parceria com a CASAN.

Durante este período, Costódio (2003) verificou um gradiente de salinidade aumentando à medida que o rio Camboriú se aproxima da foz. Nesse mesmo estudo, foi verificada nas águas superficiais uma média temporal de valores de oxigênio dissolvido (OD) de  $3,83 \pm 1,20$  mg/L O<sub>2</sub>, com a média mínima registrada em janeiro/01 e a máxima em maio/01, com os valores de  $1,90 \pm 1,13$  mg/L O<sub>2</sub> e  $6,74 \pm 2,74$  mg/L O<sub>2</sub>, respectivamente.

Desta forma, de acordo com esta autora, com relação à concentração de OD o estuário do rio Camboriú, na sua maior extensão, ficou enquadrado como classe 3 – Águas Salobras, conforme determina a Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 que estabelece 3 mg/L como nível mínimo de OD.

Costódio (2003) justificou as baixas concentrações de OD ocorridas em janeiro (alta temporada) como resultantes de processos biológicos que se intensificam em períodos de maiores temperaturas, quando a atividade metabólica dos organismos aumenta.

Aliado a este fator, ocorre aumento da entrada de material orgânico, provindo do aporte direto e indireto de esgotos domésticos no estuário, devido ao incremento populacional que a região sofre no período de verão. Com o aumento de substrato, as atividades de degradação de matéria orgânica se intensificam, consumindo mais oxigênio do meio. Este mesmo comportamento já foi verificado por outros autores (CEBALLO *et al.*, 1998; YUNG *et al.*, 1999) em ambientes como o rio Camboriú, que também recebiam cargas constantes de rejeitos orgânicos. Este padrão já havia sido observado durante o monitoramento realizado pela CASAN (1998/99), conforme explanado anteriormente.

Costódio (2003) também avaliou os parâmetros químicos como indicadores do estado trófico das águas, que foram o fosfato, amônio, nitrito, nitrato (Tabela 28). Estes

parâmetros apresentaram médias máximas maiores do que as previstas pela Resolução CONAMA Nº 357/2005. O amônio é o parâmetro mais crítico já que o valor médio mínimo (2,17 mg/L) foi maior do que o preconizado pela referida legislação (0,70 mg/L). Os maiores valores de concentração para Fósforo e Amônio foram observados na estação de coleta localizada próxima à descarga do efluente tratado da ETE, e durante o período de verão.

Tabela 28. Média mínima e máxima mensal, média geral e desvio padrão dos parâmetros químicos observados durante o período de 2000 e 2001, no estuário do rio Camboriú (SC), comparados à Resolução CONAMA Nº 357/2005 - Águas Salobras Classe 3. Fonte: Costódio (2003).

N=26	Parâmetro (mg/L)			
	Fósforo	Amônio	Nitrito	Nitrato
Média Mínima	0,026	2,17	0,009	0,024
Média Máxima	0,337	11,39	0,07	0,167
Média Geral	0,106	4,85	0,025	0,071
Desvio Padrão	0,088	1,81	0,015	0,038
Resolução 357/05-CONAMA Classe 3	0,186	0,7	0,02	0,07

No monitoramento realizado por Costódio (2003), os dados de colimetria apresentaram oscilações durante todo período de estudo (Figura 243). A média geométrica para todo período de estudo foi de  $1,3 \times 10^4$  NMP/100ml, com a menor média observada durante o mês de novembro de 2000 e o maior no mês de abril de 2001, com número de células de  $2,1 \times 10^3$  e  $4,9 \times 10^4$  NMP/100ml, respectivamente. Quando analisados separadamente os resultados obtidos para os períodos de verão e inverno, observa-se que as médias gerais para o verão foram menores do que para o inverno, com valores respectivos de  $3,1 \times 10^4$  NMP/100ml e  $9,7 \times 10^4$  NMP/100ml. Este comportamento é o inverso ao que encontramos na maioria dos trabalhos que abordam a contaminação por agentes bacteriológicos em águas que recebem efluentes domésticos (DABY *et al.*, 2002; KARAKOÇ *et al.*, 2003).

Uma das hipóteses abordadas pela autora para explicar tal comportamento seria de que a salinidade pode estar influenciando estes resultados, visto que durante o verão os valores de salinidade foram maiores do que no inverno devido a pouca incidência de chuvas na região. A salinidade atua como um bactericida para alguns tipos de bactérias como, por exemplo, os coliformes, além do que a entrada da água do mar também ajuda a diluir/dispersar a biomassa de coliformes.

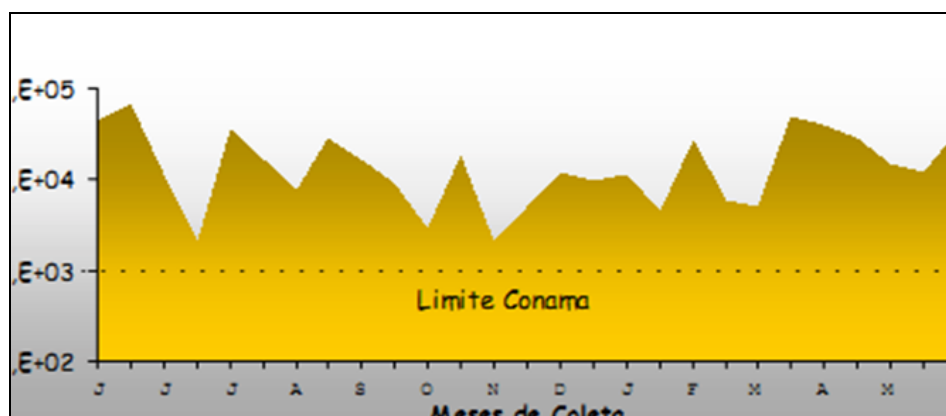


Figura 243. Distribuição temporal dos valores médios de coliformes fecais (NMP/ml), para todo período de estudo no rio Camboriú. Fonte: Costódio (2003).

No monitoramento feito por Costódio (2003) o estuário do rio Camboriú apresentou níveis de demanda bioquímica de oxigênio, de amônio, de fosfato e de coliformes muito acima do que prescreve a legislação levando a autora a concluir que este rio mostrava sinais nítidos de eutrofização. De acordo com a autora, a principal fonte para aumento destes parâmetros foi decorrente da influência da ETE. Uma segunda fonte esteve relacionada ao incremento das concentrações de nitrato a montante da ETE decorrentes de lixiviação dos solos agrícolas. Durante este período a estação amostral próxima ao ponto de captação de água pela CASAN foi o que apresentou melhores características físico-químicas. As piores condições ambientais foram observadas na estação que recebe o efluente tratado da ETE, que segundo a autora, não possuía tratamento adequado para diminuir as taxas de nutrientes inorgânicos e colimetria.

No ano de 2005 foram analisadas amostras de águas superficiais que se destinaram à elaboração do EIA/RIMA da Marina Tedesco Garden Plaza, realizado pela empresa Caruso Junior Estudos Ambientais Ltda. As amostras foram coletadas em três pontos amostrais ao longo do rio Camboriú nos dias 13/10/2005 e 20/10/2005 (no período matutino e vespertino) em condições de maré de quadratura e sizígia, respectivamente. As análises de águas superficiais, destinadas à análise de qualidade ambiental, incluíram os parâmetros sugeridos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 – classe 2 águas salobras. Nas Tabela 29 e Tabela 30 estão sumarizados os resultados médios mais relevantes destas duas campanhas amostrais.

Tabela 29. Resultados das médias de concentração de nutrientes da coleta realizada em 13 de outubro de 2005 sob condições de maré de quadratura, em três pontos amostrais do rio Camboriú. Fonte: Caruso Jr (2005).

<b>Rio Camboriú - Maré de Quadratura (Parâmetros mg/L)</b>						
	<b>DBO5</b>	<b>Amônio</b>	<b>Nitrito</b>	<b>Nitrato</b>	<b>POT</b>	<b>COT</b>
Média	< 1	1,89	0,03	0,92	0,29	1,57
Desvio Padrão	*	0,24	0,00	0,47	0,23	0,99
Mínimo	*	1,52	0,03	0,49	0,02	0,15
Máximo	*	2,15	0,04	2,16	0,79	3,25

Tabela 30. Resultados das médias de concentração de nutrientes da coleta realizada em 20 de outubro de 2005 sob condições de maré de sizígia, em três pontos amostrais do rio Camboriú. Fonte: Caruso Jr (2005).

<b>Rio Camboriú - Maré de Sizígia (Parâmetros mg/L)</b>						
	<b>DBO5</b>	<b>Amônio</b>	<b>Nitrito</b>	<b>Nitrato</b>	<b>POT</b>	<b>COT</b>
Média	<1	1,08	0,03	0,95	0,38	3,19
Desvio Padrão	*	0,38	0,00	0,39	0,38	1,08
Mínimo	*	0,39	0,02	0,41	0,01	1,10
Máximo	*	2,14	0,03	1,57	1,52	4,84

No que diz respeito aos os nutrientes inorgânicos dissolvidos, os resultados das análises físico-químicas das amostras (Tabela 29 e Tabela 30) de água apresentaram um resultado semelhante (Tabela 26, Tabela 27 e Tabela 33, Tabela 34 mostrada a seguir) ao verificado em trabalhos anteriores desenvolvidos no estuário do rio Camboriú (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2001; PEREIRA-FILHO *et al.*, 2002); o amônio foi o nutriente nitrogenado mais abundante nas amostras de água, seguido por nitrato e nitrito. Apesar do predomínio de nitrogênio amoniacal entre os nutrientes nitrogenados a magnitude da diferença em relação a nitrato e nitrito foi inferior a dos trabalhos supracitados, que encontraram concentrações proporcionalmente muito maiores de amônio.

Ainda neste diagnóstico, o nitrogênio amoniacal e o nitrato apresentaram concentrações acima dos limites máximos estabelecidos no Art. 22 da Resolução CONAMA 357/2005. O nitrogênio amoniacal superou o limite permissível para águas salobras de classe 2 (0,40 mg/L) em todas as amostras coletadas na maré de quadratura e em cinco das seis amostras da campanha de sizígia. O nitrato ultrapassou o limite estabelecido na Resolução 357/2005 (0,70 mg/L) em duas amostras da campanha de quadratura e em quatro da campanha de sizígia. Estes valores de nitrato mais elevados podem estar relacionados a fatores como a entrada do efluente da ETE de Balneário Camboriú assim como ocorre com o nitrogênio amoniacal e ao carreamento de resíduos de fertilizantes em lavouras situados na bacia hidrográfica do rio Camboriú, sobretudo, no Município de Camboriú.

Esta provável via de entrada de nitrato no rio Camboriú já havia sido sugerida por Costódio (2003), que havia registrado um aumento substancial do nível de nitrato em direção a sua cabeceira, onde há a maior influência dos produtos derivados da erosão e lixiviação dos solos agrícolas.

A maioria dos parâmetros analisados para o EIA realizado pela Caruso Junior em 2005, apresentaram concentrações de acordo com a legislação vigente no que se refere à qualidade de água. Na Tabela 31, dos parâmetros que suplantaram os limites estabelecidos legalmente são apresentadas as médias, desvio padrão, mínimos e máximos de todos os pontos amostrados em marés de sizígia e quadratura. Observa-se que grande parte dos parâmetros apresentou as maiores médias de concentração, durante a campanha de quadratura.

Tabela 31. Resultados das médias de concentração de metais da coleta realizada em 13 e 20 de outubro de 2005 sob condições de maré de sizígia, em três pontos amostrais do rio Camboriú. Fonte: Caruso Jr (2005).

Parâmetro	Quadratura				Sizígia				CONAMA 357/2005
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	
Alumínio	0,64	0,21	0,31	1,01	0,52	0,06	0,45	0,62	0,1
Ferro	0,48	0,12	0,24	0,82	0,68	0,15	0,44	0,84	0,3
Cromo	< 0,005	*	*	*	< 0,005	*	*	*	1,1
Cádmio	< 0,0006	*	*	*	0,06	0,02	0,04	0,12	0,04
Chumbo	0,60	0,37	0,00	1,70	0,32	0,14	0,11	0,62	0,21
Níquel	0,12	0,11	0,02	0,26	< 0,008	*	*	*	0,074
Zinco	3,32	1,05	1,70	5,10	0,09	0,05	0,01	0,16	0,12
Cobre	3,39	1,95	1,42	7,96	0,73	0,20	0,30	1,00	7,8
Fenol	0,30	0,17	0,07	0,60	0,16	0,16	0,00	0,63	0,003

O aumento de concentração de parâmetros químicos em maré de quadratura, quando o aporte de água doce é maior, já havia sido verificado por Pereira Filho *et al.* (2002), principalmente com relação ao amônio.

O EIA da Caruso Jr (2005) também constou análises de coliformes (Tabela 32). Segundo o estudo, o padrão de variação da concentração de coliformes fecais nas águas superficiais do rio Camboriú sugere que as fontes de contaminação fecal das águas do sistema estuarino estão situadas a montante da área de implantação da Marina Tedesco Garden Plaza (localizado em frente ao P2). O ponto amostral P1 esteve localizado mais

próximo à desembocadura do estuário e o P3 a montante do P2. Neste estudo, das 12 amostragens realizadas nos três pontos coletados em marés de quadratura e sizígia, e períodos matutinos e vespertinos, somente quatro amostragens apresentaram concentrações de coliformes acima dos limites legais estabelecidos pela CONAMA 357/2005 (Tabela 32).

Foram sugeridas como causas mais prováveis desta contaminação o lançamento de efluentes domésticos (sobretudo no município de Camboriú, onde não há um sistema de coleta e tratamento de esgoto), as ligações clandestinas de esgoto cloacal na rede pluvial, os dejetos de atividades agropecuárias desenvolvidas na bacia hidrografia (e.g. suinocultura, bovinocultura) e problemas operacionais no tratamento microbiológico do esgoto na ETE de Balneário Camboriú.

Tabela 32. Resultados das concentrações de coliformes em 2 coletas no mês de outubro de 2005 sob condições de maré de sizígia, em três pontos amostrais do rio Camboriú.

Coliformes (NMP/100 mL)	Quadratura						Sizígia					
	Matutino			Vespertino			Matutino			Vespertino		
	p1	p2	p3	p1	p2	p3	p1	p2	p3	p1	p2	p3
	52	179	94	1788	5163	1788	949	236	1788	224	516	156

A ACQUAPLAN realizou um estudo recente (2013) objetivando a análise da capacidade de autodepuração do estuário do rio Camboriú (corpo receptor) frente ao despejo do esgoto tratado pela Empresa Municipal de Água e Saneamento de Balneário Camboriú – EMASA pela sua Estação de Tratamento de Esgoto. Este estudo fundamentou-se em modelagem numérica, onde se concluiu que o estuário do rio Camboriú apresenta capacidade de autodepuração, salientando que esta premissa se verifica quando se considera o estuário em uma condição “saúdável” a montante do ponto de lançamento do efluente.

A modelagem numérica também considerou uma condição inicial com baixa qualidade de água do estuário do rio Camboriú (<4 mg/l), como foi observado nas amostragens de campo. Foram verificadas alterações consideráveis na concentração de oxigênio dissolvido do estuário supracitado. Este fato demonstra que o efluente tratado não modificou sobremaneira uma condição já degradada do rio Camboriú durante todo o período de execução da modelagem numérica (5 dias), evidenciando que o corpo receptor, no caso, o estuário do rio Camboriú, tem capacidade de autodepurar o esgoto final tratado da ETE da EMASA.

Pode-se observar ainda que apesar da baixa qualidade das águas do rio Camboriú, verifica-se que esta situação limita-se à região estuarina, não alcançando a enseada de Balneário Camboriú, onde a qualidade de água tende a melhorar.

#### 9.1.7.2.2.2. Qualidade das Águas da Enseada de Camboriú

A boa qualidade da água da enseada de Balneário Camboriú afeta diretamente o turismo, que é a principal atividade econômica do município. Decorrente deste fato, ao longo dos últimos anos têm sido realizados estudos que objetivam ampliar o conhecimento com relação às características físicas, químicas e biológicas do rio Camboriú e a suas influências sobre a enseada.

No ano de 1998 foi firmado um convênio entre o CTTMAR/UNIVALI e a CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento), com participação da FATMA (Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina) e da Prefeitura Municipal de Balneário Camboriú. O objetivo foi o de monitorar as variáveis de balneabilidade e qualidade sanitária ao longo de pontos situados no trecho final do rio Camboriú e em pontos distribuídos ao longo da zona de arrebentação na enseada de Balneário Camboriú.

As médias dos principais parâmetros determinados na época, em períodos de verão e inverno, estão apresentadas nas Tabela 33 e Tabela 34. Estes dados foram gerados a partir de coletas de águas superficiais em 21 campanhas amostrais (09 de novembro 1998 a 16 de agosto de 1999), realizadas bimestralmente. Foram consideradas coletas de verão no período entre 09 de novembro de 1998 a 18 de fevereiro de 1999.

De acordo com a equipe técnica da UNIVALI responsável pela coleta dos dados e interpretação dos resultados, as maiores concentrações observadas no verão, tanto do rio quanto na enseada (Tabela 33 e Tabela 34), refletiram a influência do aumento populacional da cidade de Balneário Camboriú, especialmente para o amônio e para os coliformes totais e fecais.

Nos meses de inverno as médias no rio Camboriú (Tabela 33) foram menores do que as de verão, mas os índices de coliformes foram mais baixos, ainda indicando aporte de esgotos.



Tabela 33. Resultados das médias dos parâmetros químicos e biológicos em águas superficiais de 21 coletas em 7 estações amostrais no rio Camboriú, nos períodos de inverno e verão em 1998/1999. Fonte: CASAN (1998/1999).

RIO CAMBORIÚ		Parâmetros (mg/L)						NMP/100ml		
		DBO <sub>5</sub>	Amônio	Nitrito	Nitrato	POT	Fosfato	Surfactantes	Col. totais	Col. Fecais
Verão	Média	9,92	16,89	0,02	0,22	2,37	0,29	0,16	9,88E+05	3,27E+05
	Desvio Padrão	9,13	19,37	0,01	0,05	1,90	0,18	0,16	1,51E+06	1,98E+05
	Mínimo	3,54	2,27	0,00	0,15	1,24	0,11	0,07	9,63E+04	7,71E+04
	Máximo	30,19	58,44	0,02	0,30	6,54	0,66	0,49	4,36E+06	5,79E+05
Inverno	Média	52,15	1,07	0,05	0,08	0,19	0,45	0,73	2,23E+05	1,01E+05
	Desvio Padrão	91,24	1,32	0,02	0,04	0,18	0,88	1,45	2,17E+05	1,59E+05
	Mínimo	2,62	0,14	0,01	0,04	0,06	0,08	0,03	6,10E+04	1,33E+04
	Máximo	254,62	4,03	0,07	0,13	0,60	2,45	3,91	6,84E+05	4,53E+05

Tabela 34. Resultados das médias dos parâmetros químicos e biológicos em águas superficiais de 21 coletas em 13 estações amostrais na enseada de Balneário de Camboriú, nos períodos de inverno e verão em 1998/1999. Fonte: CASAN (1998/1999).

ENSEADA BALNEÁRIO CAMBORIÚ		Parâmetros (mg/L)						NMP/100ml		
		DBO <sub>5</sub>	Amônio	Nitrito	Nitrato	POT	Fosfato	Surfactantes	Col. totais	Col. Fecais
Verão	Média	2,44	2,95	0,00	0,06	0,67	0,05	0,04	8,54E+03	6,95E+03
	Desvio Padrão	0,57	2,62	0,00	0,06	0,27	0,03	0,01	4,92E+03	2,03E+03
	Mínimo	1,90	1,32	0,00	0,03	0,45	0,02	0,02	4,33E+03	4,86E+03
	Máximo	3,30	9,27	0,02	0,19	1,13	0,11	0,05	1,89E+04	1,07E+04
Inverno	Média	2,00	0,12	0,01	0,02	0,07	0,05	0,04	2,08E+03	1,07E+03
	Desvio Padrão	0,86	0,06	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	1,43E+03	6,53E+02
	Mínimo	1,49	0,07	0,01	0,02	0,04	0,03	0,02	7,14E+02	2,33E+02
	Máximo	4,09	0,25	0,03	0,05	0,10	0,08	0,05	4,73E+03	1,70E+03

Durante monitoramento realizado na enseada de Camboriú (CASAN, 1998/1999), os níveis de coliformes foram menores no inverno (Tabela 34), mas ainda considerados altos no que se refere à qualidade ambiental da água coletada na área monitorada.

Durante o verão de 1998/99 foram observadas concentrações altas de coliformes, especialmente nas extremidades da enseada, onde estão localizadas as desembocaduras dos rios Marambaia e Camboriú. Os técnicos da UNIVALI argumentaram sobre o aumento da importância relativa dos nitrogenados oxidados (nitrato e nitrito) sobre o amônio nessas áreas de praia, o que reflete a boa capacidade depurativa da zona de arrebanção naquilo que depende de aumento da atividade oxibiótica.

Kuroshima e colaboradores (2000), em seu estudo realizado na enseada de Camboriú entre janeiro de 1997 a junho de 2000, observaram uma elevação significativa das concentrações de nutrientes inorgânicos (amônio, fosfato) na enseada, nas regiões próximas à desembocadura do rio Camboriú. Em sua abordagem os autores ressaltaram que este incremento pode ser um dos reflexos do aumento do processo de degradação da matéria orgânica provida do aporte continental, principalmente nos meses de verão, quando a carga de efluentes domésticos aumenta devido ao incremento populacional que a região sofre. Isso foi observado principalmente em períodos de alta pluviosidade, e nas

estações próximas aos rios Marambaia e Camboriú. Os autores observaram que a distribuição temporal do fósforo orgânico total ao longo da enseada apresentou padrão similar ao amônio. Ou seja, uma sazonalidade marcante entre o verão e o inverno ao longo dos anos de 1997 e 1998, e um aumento significativo durante todo o ano de 1999.

Neste mesmo estudo, foi verificado que as maiores contagens de coliformes fecais estiveram sempre associadas às duas extremidades da enseada. A porção mais ao sul, em função da maior proximidade com o aporte do rio Camboriú e a porção mais ao norte, resultado da influência do canal do rio Marambaia. A partir de meados de 1999, a qualidade da água nesta última região melhorou sensivelmente, em relação à colimetria, no entanto, com valores ainda acima do máximo permitido para contato primário pela Resolução Nº 20 do CONAMA de junho de 1986 (máximo de 1000 coliformes fecais por 100ml de água, em coletas realizadas durante 5 semanas). Este resultado foi, principalmente, consequência da regularização dos lançamentos de esgotos clandestinos, ligando-os à rede cloacal da CASAN, à época.

Nos estudos realizados pela PROSUL em 2007, referente ao engordamento da Praia Central, foi incluso o diagnóstico da qualidade da água na enseada de Camboriú, que foi realizado a partir de amostras de água coletadas no dia 26 de abril de 2007.

Neste estudo, a campanha incluiu a amostragem de água de sub-superfície em sete estações de coleta na enseada, duas estações na desembocadura do rio Camboriú e uma estação no rio Marambaia, totalizando 10 estações amostrais (Figura 244). As amostragens realizadas nas desembocaduras dos rios foram feitas em superfície e fundo, em regimes de enchente e vazante.



Figura 244. Localização das estações de amostragem da coleta de amostras de água realizada em 26 de abril de 2007 (PROSUL) na enseada de Camboriú, e nos rios Camboriú e Marambaia.

O material coletado foi processado e enviado para a empresa Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas Ltda., que ficou responsável pelas determinações de laboratório. As seguintes variáveis foram usadas na caracterização: salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, nutrientes dissolvidos (amônio, nitrito, nitrato, fosfato), fósforo total, óleos e graxas, carbono orgânico total, DBO, surfactantes, total de sólidos suspensos e coliformes termotolerantes.

Os resultados médios dos parâmetros de qualidade de água obtidos em abril de 2007 são apresentados nas Tabela 35 para a enseada e na Tabela 36 e Tabela 37 na desembocadura dos rios Marambaia e Camboriú, em maré de vazante e enchente, respectivamente.

Tabela 35. Valores médios dos parâmetros físico-químicos e químicos obtidos na enseada de Camboriú, em abril de 2007. Fonte: PROSUL (2007).

Parâmetros	Enseada de Balneário Camboriú				Água Salina Classe 1
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	
<b>Carbono Orgânico Total</b>	2,31	0,52	1,58	2,99	3
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	83,00	109,38	1,00	310,00	1000
<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio</b>	6,43	1,72	4,00	9,00	
<b>Fósforo</b>	0,84	0,93	0,02	2,16	0,062
<b>Nitrato</b>	0,60	0,18	0,39	0,82	0,4
<b>Nitritos</b>	0,01	0,01	0,00	0,02	0,07
<b>Nitrogênio Amoniacal</b>	0,43	0,55	0,08	1,39	0,4
<b>Ortofosfato</b>	0,76	0,24	0,50	0,98	
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	5,95	1,08	4,07	7,63	6
<b>Salinidade</b>	35,04	1,14	33,10	36,40	30
<b>Surfactantes</b>	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,2
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	125,14	27,01	101,00	169,00	
<b>Temperatura</b>	24,41	0,55	23,40	25,20	
<b>Temperatura do Ar</b>	24,61	0,90	24,00	26,00	
<b>Turbidez</b>	5,16	3,95	0,56	12,60	
<b>pH</b>	7,54	0,16	7,22	7,72	6,5 a 8,5
<b>Óleos e Graxas</b>	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	

Tabela 36. Valores médios dos parâmetros físico-químicos e químicos obtidos nos estuários dos rios Camboriú e Marambaia, em abril de 2007 durante maré vazante. Fonte: PROSUL (2007).

Parâmetros	Rios Camboriú e Marambaia				Água Salobra Classe 1
	Vazante				
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	
Carbono Orgânico Total	2,84	0,59	1,76	3,51	3
Coliformes Termotolerantes	351,67	330,18	50,00	1000,00	1000
Demanda Bioquímica de Oxigênio	7,67	1,37	5,00	9,00	
Fósforo	0,50	0,56	0,03	1,44	0,124
Nitrato	0,49	0,26	0,30	0,87	0,4
Nitritos	0,01	0,00	0,01	0,02	0,07
Nitrogênio Amoniacal	0,45	0,77	0,09	2,03	0,4
Ortofosfato	0,60	0,30	0,37	1,04	
Oxigênio Dissolvido	4,86	1,40	2,50	6,14	5

Parâmetros	Rios Camboriú e Marambaia				Água Salobra Classe 1
	Vazante				
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	
Salinidade	36,47	1,60	34,00	38,20	0,5 a 30 0,2
Surfactantes	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Sólidos Suspensos Totais	107,00	25,31	80,00	139,00	
Temperatura	24,87	0,19	24,70	25,20	
Temperatura do Ar	25,32	0,50	24,80	25,80	6,5 a 8,5
Turbidez	3,64	1,45	1,68	5,88	
pH	7,18	0,24	6,75	7,48	
Óleos e Graxas	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	

Tabela 37. Valores médios dos parâmetros físico-químicos e químicos obtidos nos estuários dos rios Camboriú e Marambaia, em abril de 2007, durante maré enchente. Fonte: PROSUL (2007).

Parâmetros	Rios Camboriú e Marambaia				Água Salobra Classe 1
	Enchente				
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	
Carbono Orgânico Total	2,49	0,89	1,23	3,51	3
Coliformes Termotolerantes	561,67	530,45	20,00	1200,00	1000
Demanda Bioquímica de Oxigênio	6,83	2,23	4,00	10,00	
Fósforo	0,77	0,78	0,13	1,98	0,124
Nitrato	0,55	0,09	0,47	0,70	0,4
Nitritos	0,01	0,01	0,00	0,02	0,07
Nitrogênio Amoniacal	0,68	0,68	0,15	1,71	0,4
Ortofosfato	0,44	0,40	0,15	0,72	
Oxigênio Dissolvido	5,73	1,05	4,17	6,92	5
Salinidade	35,77	3,59	29,30	39,70	0,5 a 30
Surfactantes	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,2
Sólidos Suspensos Totais	117,67	21,07	100,00	152,00	
Temperatura	24,88	1,55	23,90	28,00	
Temperatura do Ar	23,33	0,52	23,00	24,00	
Turbidez	8,73	6,24	1,12	15,68	
pH	7,24	0,07	7,15	7,31	6,5 a 8,5
Óleos e Graxas	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	

Os valores de salinidade e temperatura estiveram de acordo com o que se esperava para ambiente salino/salobra no outono. Nesta coleta os valores de pH estiveram dentro do que estabelece a legislação ambiental em todos os pontos amostrados, independente de se localizarem na enseada ou em um dos estuários (Tabela 35, Tabela 36 e Tabela 37).

O oxigênio dissolvido apresentou pouca variabilidade na enseada, com valores que geralmente satisfizeram os limites legais. A estação #7 (Figura 244), onde foi observada concentração de 4 mg/L, foi exceção a este padrão geral observado. A menor concentração deste parâmetro foi registrada na foz do rio Marambaia, o que foi atribuído à influência da decomposição de matéria orgânica.

O maior valor para turbidez foi observado na estação #1, localizada na extremidade sul da enseada (Figura 244). A provável causa atribuída pela PROSUL (2007) foi o aterro

realizado nesta região, quando foram retirados sedimentos finos do rio Camboriú, que ficam mais tempo em suspensão influenciando a turbidez local. Nos pontos localizados nos rios Camboriú e Marambaia também foram observados valores elevados, assim como nas estações localizadas próximas a zona de arrebentação.

As maiores concentrações de amônio foram registradas no estuário do rio Camboriú, isso é, dentro da faixa encontrada neste local por estudos anteriores (PEREIRA FILHO *et al.*, 2001; 2002). Na amostragem feita pela PROSUL (2007), foram observados valores superiores aos estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 para este parâmetro, tanto nos estuários quanto na enseada, o que também aconteceu com o nitrato. Entre os nitrogenados, o nitrito foi o que apresentou menores concentrações se mantendo dentro dos limites legais em todas as estações amostradas.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é uma variável relacionada à presença de material orgânico em ambientes aquáticos. Nos pontos amostrados pela PROSUL (2007) a DBO variou entre 4,0 e 9,0 mg/l O<sub>2</sub> na enseada. O maior valor de DBO foi registrado na estação #1, situado na extremidade sul da praia (Figura 244). Nas demais estações da praia (#2, #4, e #6) a DBO ficou entre 6 e 8 mg/l O<sub>2</sub>.

Nos rios Camboriú e Marambaia foram registrados valores em torno de 8 mg/l O<sub>2</sub>. A menor concentração foi observada na estação #7, ponto situado fora da enseada. Segundo o mesmo diagnóstico, os valores de DBO encontrados neste estudo foram elevados se for considerado que amostragem foi realizada em uma situação de baixa temporada, quando comparados aos valores de DBO registrados na Praia Central de Balneário Camboriú até 2003, que ficavam em torno de no máximo 4,5 mg/l O<sub>2</sub> (KUROSHIMA *et al.*, 2000).

Nos resultados deste diagnóstico no rio Camboriú, as concentrações para o fosfato foram elevadas, quando comparadas aos trabalhos anteriormente realizados por Pereira Filho *et al.* (2001 e 2002) e Kuroshima *et al.* (2006), mesmo se comparados aos períodos de verão.

As maiores concentrações de fósforo total foram observadas nas estações localizadas nas duas extremidades da praia (Figura 244, estações #1 e #6), maiores até que as concentrações registradas nos rios Camboriú e Marambaia. Comparando os resultados com a Resolução CONAMA Nº 357/2005, que estabelece 0,062 mg/L de fósforo total, os valores registrados para este parâmetro na enseada foram superiores. Em estudos

anteriores foram encontradas concentrações médias de 0,4 mg/L de fósforo total (KUROSHIMA *et al.*, 2000), o que sugere aumento do conteúdo orgânico na água (PROSUL, 2007).

As maiores concentrações de coliformes termotolerantes foram registradas na estação #8 no rio Marambaia e na estação #10 do rio Camboriú (Figura 244), obviamente em função do aporte de esgotos e dos efluentes tratados da ETE nestes corpos d'água (PROSUL, 2007). Nas estações da enseada as maiores densidades das bactérias foram observadas na porção norte (#5 e #6) e na estação #7, situada fora da enseada (Figura 244).

O padrão de distribuição de coliformes observados na enseada na campanha de abril de 2007 mostra diferença em relação ao panorama geralmente encontrado em trabalhos até então desenvolvidos no local.

De forma geral, foram registrados valores elevados de coliformes na porção sul da Praia Central de Balneário Camboriú, em função da influência do rio Camboriú. Nesta campanha, entretanto, as estações da porção sul da praia (Figura 244, estações #1, #2) apresentaram baixas densidade de coliformes.

De acordo com a PROSUL (2007), esta nova distribuição pode ser função do novo padrão de dispersão e circulação na enseada decorrente da construção dos molhes, na desembocadura do estuário do rio Camboriú. Como as águas do estuário estão chegando à enseada em um local mais distante da praia, sua influência na extremidade sul da mesma pode ter sido reduzida. Esta distribuição de coliformes também pode ser devida ao período de baixa temporada e a ausência de chuvas significativas no período da amostragem. Com relação aos valores encontrados (Tabela 35, Tabela 36 e Tabela 37), com exceção do rio Camboriú, todas as estações amostradas mostraram densidades de coliformes inferiores ao valor máximo de referência sugerido pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 para águas salinas classe 1, que é de 1000 ufc/100 mL.

Foi concluído neste diagnóstico, que em estudos anteriores não haviam sido encontrados valores tão baixos de oxigênio e tão elevados de nitrato, amônio, fosfato, fósforo total e DBO nesta época do ano na enseada de Balneário Camboriú, o que indicou deterioração da qualidade da água da enseada. Entretanto, foi feita uma ressalva considerando que os dados obtidos em abril de 2007 foram resultados pontuais de apenas uma amostragem, e que seriam necessárias novas campanhas para verificar se estes resultados são



representativos. Ressalta-se ainda que a estação #7 (Figura 244), localizada na parte mais externa da enseada, era esperado melhores condições ambientais, fato que não foi observado.

Em fevereiro de 2013 realizou-se o estudo “Caracterização da Qualidade das Águas do Rio Camboriú, da Enseada de Camboriú e da Área Proposta para Jazida Destinada à Alimentação Artificial da Praia Central” (ACQUAPLAN, 2014). Naquele estudo foram coletadas amostras de água em estações amostrais localizadas no rio Camboriú (#01, #02, #03, #04, #05 e #06), no rio Marambaia (#14) e na enseada (#07, #08, #09, #10, #11, #12 e #13) Figura 245 e Tabela 38.



Figura 245. Localização dos pontos amostrais da qualidade das águas da enseada de Camboriú e dos rios Marambaia e Camboriú.

Tabela 38. Localização geográfica dos pontos amostrais para a qualidade das águas na enseada de Balneário Camboriú e nos rios Camboriú e Marambaia.

Localização	Estação Amostral	Localização em UTM (Datum WGS-84)	
		X	Y
Rio Camboriú	#01	731936	7009036,8
	#02	733563	7010149,2
	#03	735256	7009853,7
	#04	736088	7010656,9
	#05	736942	7010415,4
	#06	737786	7011086,6
Enseada de Balneário Camboriú	#07	737835	7012175
	#08	736636	7013184,8
	#09	737210	7011014,9
	#10	736120	7011786,4
	#11	735419	7012749,5
	#12	735111	7013582,8
	#13	735062	7014266,5
Rio Marambaia	#14	734975	7014510,2

É importante informar que nas estações amostrais marinhas na enseada de Camboriú as amostras foram coletadas em água superficial, meia água e fundo. Nos rios Camboriú e Marambaia as coletas foram realizadas em condições de maré de enchente e vazante somente em superfície e fundo. As diferentes condições das coletas foram determinantes para apresentar os resultados separadamente como segue.

A maioria dos parâmetros determinados para avaliar a qualidade das águas da enseada de Balneário de Camboriú apresentou concentrações em níveis não detectáveis ou inferiores ao que estabelece a Resolução CONAMA N° 357/2005, para águas salinas classe 1. Dos resultados obtidos para águas superficiais, meio e fundo da enseada de Camboriú, apresentam-se por meio de histogramas os dados mais relevantes e os que, em pelo menos uma amostra, estiveram em desacordo com o previsto pela legislação (linhas tracejadas).

Na enseada, de forma geral, a salinidade (Figura 246) e o pH (Figura 247) apresentaram concentrações homogêneas, tanto espacial quanto verticalmente.

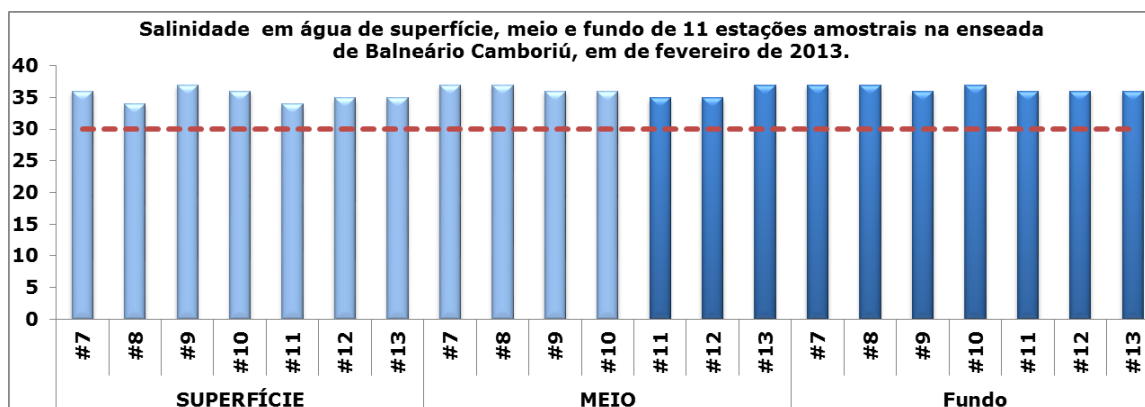


Figura 246. Salinidade (PSU) em águas de superfície, meio e fundo em 11 estações amostrais localizadas na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2013.

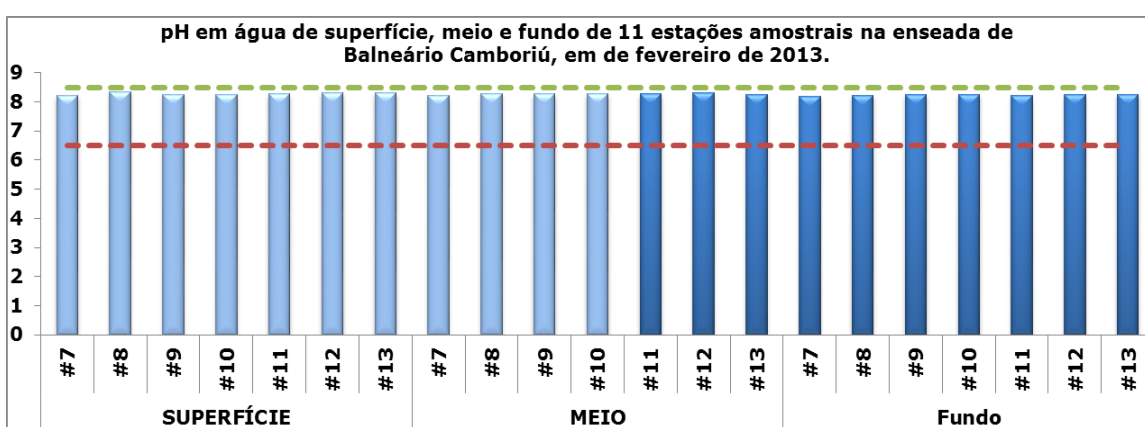


Figura 247. pH em águas de superfície, meio e fundo em 11 estações amostrais localizadas na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2013.

Os valores de turbidez (Figura 248) nas águas de fundo foram, na média, maiores do que nas águas coletadas em águas superficiais e na camada intermediária. Na estação #13 nas águas de profundidade intermediária, no entanto, ocorreu uma exceção, onde foi observado o maior valor para este parâmetro.

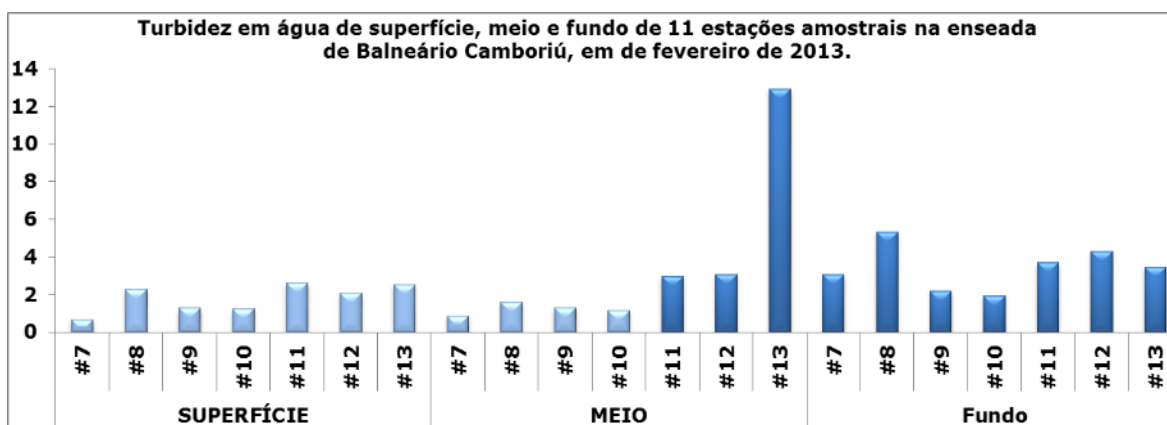


Figura 248. Turbidez (NTU) em águas de superfície, meio e fundo em 11 estações amostrais localizadas na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2013.

Na enseada de Camboriú os níveis de manganês superaram os limites legais em todos os estratos da coluna d'água (Figura 249). As maiores concentrações foram observadas em amostras de água de fundo, possivelmente relacionadas a processos de remobilização. De forma geral, em toda a enseada as concentrações deste elemento foram homogêneas.

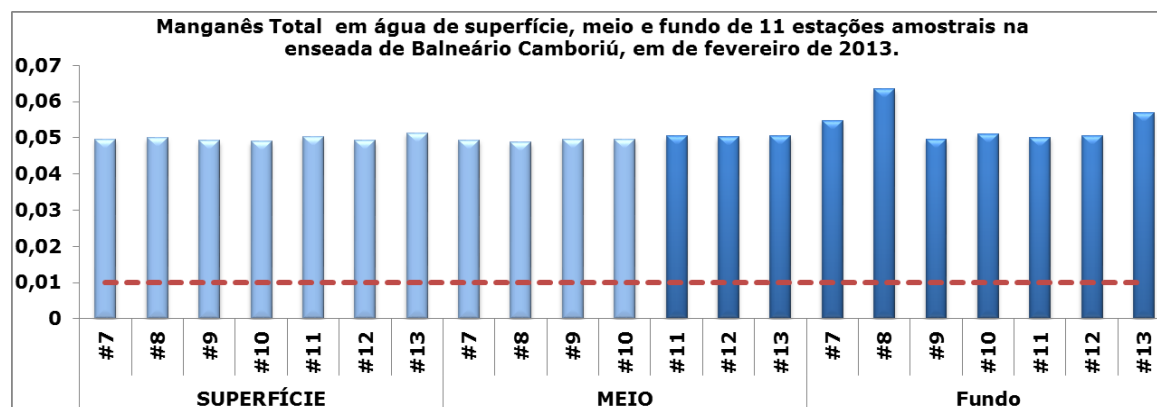


Figura 249. Manganês (mg/L) em águas de superfície, meio e fundo em 11 estações amostrais localizadas na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2013.

Como metal, o manganês é similar ao ferro nas suas propriedades físico-químicas. No entanto, no ambiente, o manganês aparece não como um metal, mas como um componente de uma grande variedade de minerais, incluindo óxidos, carbonatos, fosfatos e silicatos. Os minerais mais abundantes são a pirolusite (essencialmente dióxido de manganês) e psilomelamite e, em menor quantidade, a rodocrosite (carbonato) e radonite (silicato). Dentre os compostos de manganês destacam-se os sais: manganatos e permanganatos.

O permanganato de potássio é muito usado pelas suas propriedades oxidantes e desinfetantes. Mais de 95% do manganês utilizado industrialmente é consumido na indústria metalúrgica, sobretudo na redução do aço. Outros usos deste metal incluem operações mineiras, a produção e uso de fertilizantes (sulfato), fungicidas, como secantes em tintas e vernizes (naftenato e resinato), fabrico de pilhas secas (dióxido de manganês), na produção de vidros, cerâmica, produtos farmacêuticos e fogos de artifícios.

A concentração de manganês menor que 0,05 mg/L geralmente é aceitável em mananciais, devido ao fato de não ocorrerem nesta faixa de concentração, manifestações de manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água. Raramente este elemento atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos.

Óleos e graxas, de acordo com o procedimento analítico empregado, consistem no conjunto de substâncias que em determinado solvente consegue extrair da amostra e que não se volatiliza durante a evaporação do solvente a 100°C. Estas substâncias, ditas solúveis em n-hexano compreendem ácidos graxos, gorduras animais, sabões, graxas, óleos vegetais, ceras, óleos minerais, etc. (CETESB, 2009 2013).

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas (CETESB, 2009 2013).

De acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005, óleos e graxas deveriam ser virtualmente ausentes, o que não foi observado na maioria das águas amostradas na enseada de Balneário Camboriú (Figura 250). A maior concentração foi observada em águas superficiais da estação #8, localizada na área mais distante da linha de costa (Figura 245), sugerindo fonte pontual. Considerando as médias, as águas de fundo apresentaram maiores concentrações de óleos e graxas, sugerindo que possivelmente nos sedimentos ocorra a possibilidade de disponibilização para a coluna d'água adjacente, através de processos de remobilização.

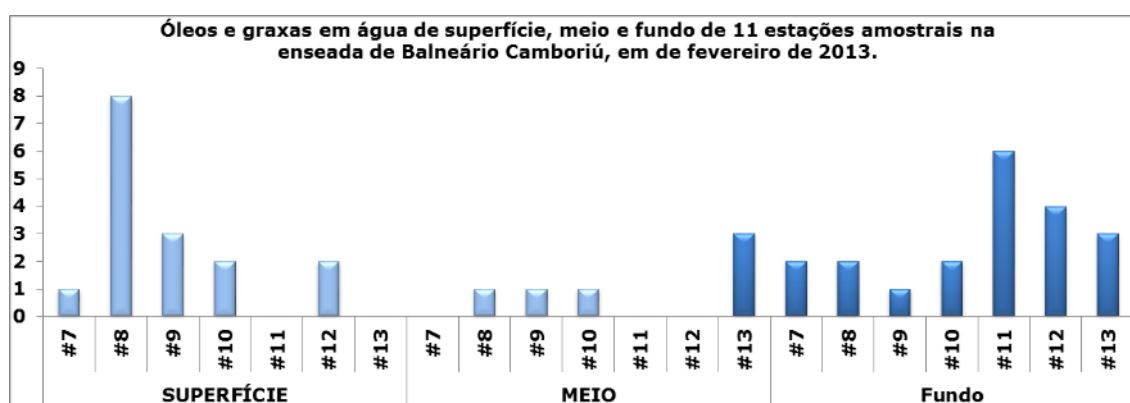


Figura 250. Óleos e graxas (mg/L) em águas de superfície, meio e fundo em 11 estações amostrais localizadas na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2013.

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão



associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (CETESB, 2009 2013).

O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. 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 paratífóide, desinteria bacilar e cólera (CETESB, 2009 2013).

Quanto às concentrações de coliformes termotolerantes e *E.coli*, em águas superficiais, somente na estação #13 (Figura 251) foram ultrapassados os limites máximos legais. Esta estação está localizada próxima à foz do rio Marambaia (Figura 245), e provavelmente estas concentrações estão relacionadas ao aporte deste curso d'água. Nos demais pontos amostrados na enseada a ausência de coliformes foi a condição mais presente.

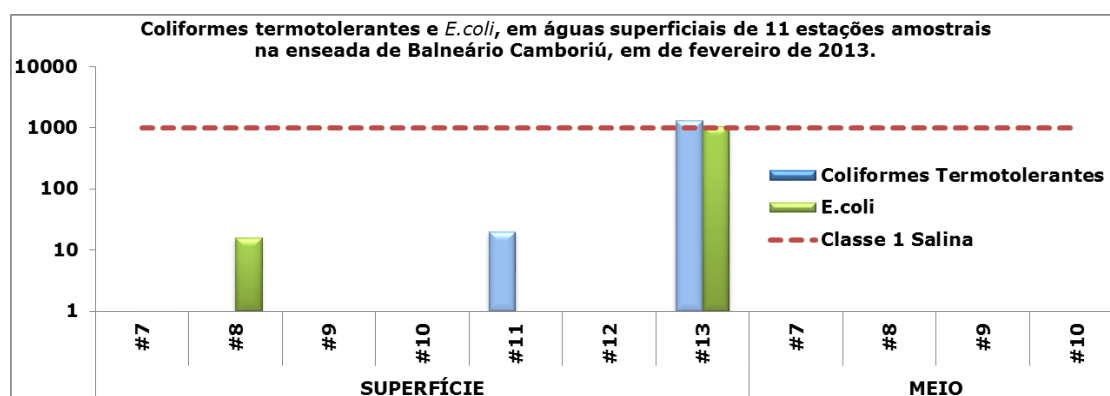


Figura 251. Coliformes termotolerantes e *E. coli* (UFC/100/mL) em águas de superfície, meio e fundo em 11 estações amostrais localizadas na enseada de Camboriú, em fevereiro de 2013.

Com relação à qualidade das águas da enseada de Camboriú, a maioria dos parâmetros analisados apresentou concentrações menores do que o estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005. O resultado obtido para Carbaril na estação amostral #9m não pode ser considerado definitivo, já que se tratou de uma única coleta e existe a possibilidade de coeluição de compostos clorados na técnica analítica de cromatografia gasosa ECD (*Electrón-Capture Detector*) usada nas análises laboratoriais.

No rio Camboriú, que está localizado ao sul da enseada, foram coletadas águas superficiais e de fundo em seis estações amostrais (Figura 245), localizadas de acordo



com as coordenadas geográficas apresentadas na Tabela 38. Os principais resultados obtidos são apresentados a seguir por meio de histogramas conjugados com linhas que, quando presentes, representam os limites da Resolução CONAMA N° 357/2005, estabelecidos para águas salobras classe 1.

O padrão de temperatura de águas superficiais e de fundo (Figura 252) em seis estações amostrais foi similar nos períodos de enchente e vazante.

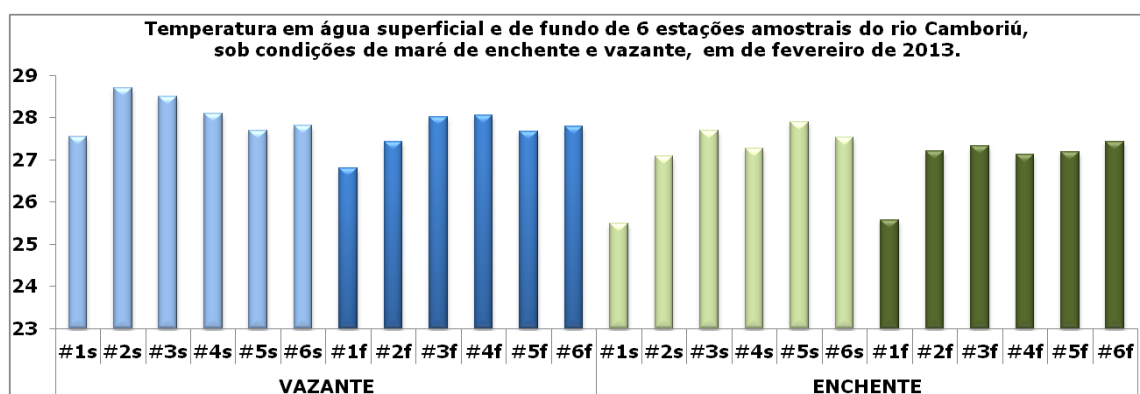


Figura 252. Temperatura (°C) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

As salinidades foram menores do que 30 PSU e maiores do que 0,5 PSU, características de ambiente salobro. Observou-se que tanto em maré vazante quanto em enchente (Figura 253) houve um decréscimo no conteúdo de sais de montante (#1) para jusante (#6). Quanto ao padrão vertical, verificaram-se salinidades maiores no fundo nos dois regimes de maré.

De acordo com Siegle (1999) e Siegle *et al* (1999), o estuário do rio Camboriú é um estuário raso, do tipo parcialmente misturado (tipo 2b segundo diagrama de classificação de Hansen & Ratray, 1966). Pereira Filho *et al.* (2002) observaram estratificação contínua de salinidade ao longo do tempo durante maré de quadratura. Em maré de sizígia os autores observaram que ocorreu maior mistura da coluna d'água sendo a estratificação observada apenas durante certos períodos do ciclo de maré. Para esta última condição Franklin-Silva e Schettini (2002) observaram predominância de água salgada na seção transversal.

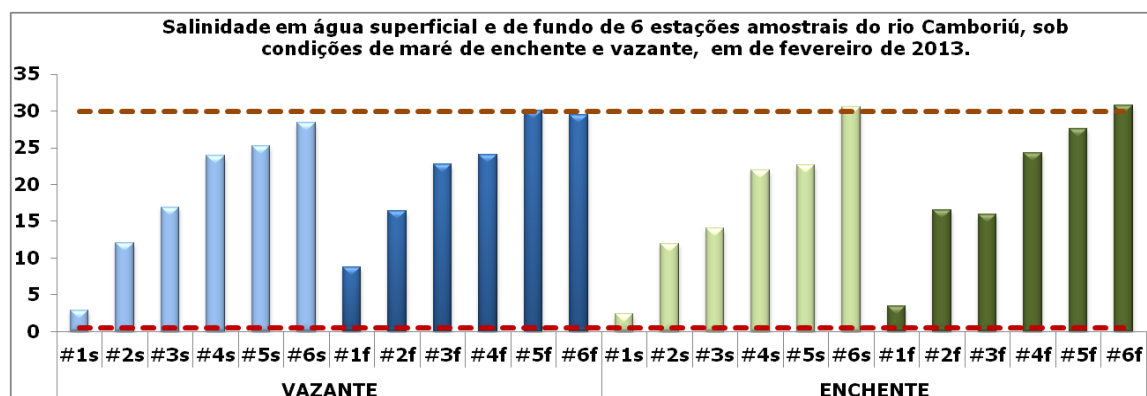


Figura 253. Salinidade (PSU) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

Os valores de pH (Figura 254) se mantiveram dentro dos limites legais estabelecidos, com exceção da maré enchente no ponto #6, em águas superficiais e nas águas de fundo nas estações #5 e #6, onde foram observados valores discretamente superiores a 8,5.

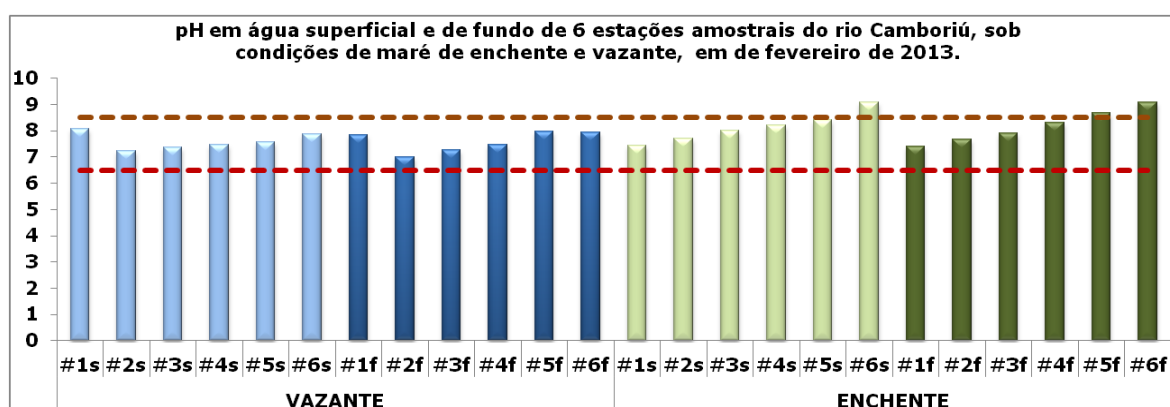


Figura 254. pH em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

O potencial de oxi-redução (Eh) determina a característica do ambiente quanto à fugacidade de oxigênio (reduzidor/oxidante), controlando inúmeros processos químicos que ocorrem na natureza. Esse processo se caracteriza pela oxidação de uma substância e a redução de outra.

Durante o período de vazante a tendência do potencial de oxiredução foi de aumento de jusante em relação a foz (Figura 255). Na maré de enchente os menores valores para este parâmetro foram observados na estação #2, nas duas profundidades amostradas. Estes baixos valores podem estar relacionados a influência do rio Peroba, localizado a montante do ponto de coleta #2, que contribui para o aumento de matéria orgânica no rio Camboriú e consequente aumento do consumo de oxigênio dissolvido.

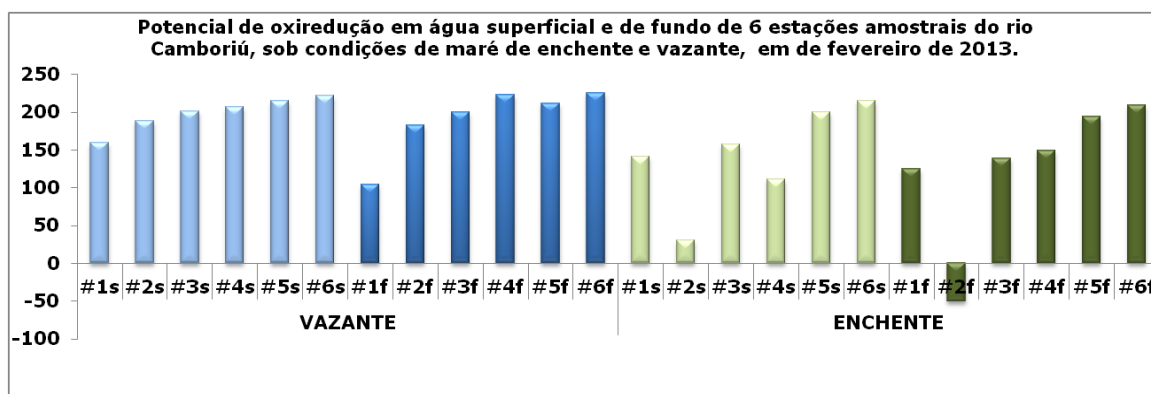


Figura 255. Potencial de oxidação (mV) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura, e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

Os valores de condutividade (Figura 256) apresentaram padrão similar à salinidade (Figura 253), já que estes parâmetros são dependentes.

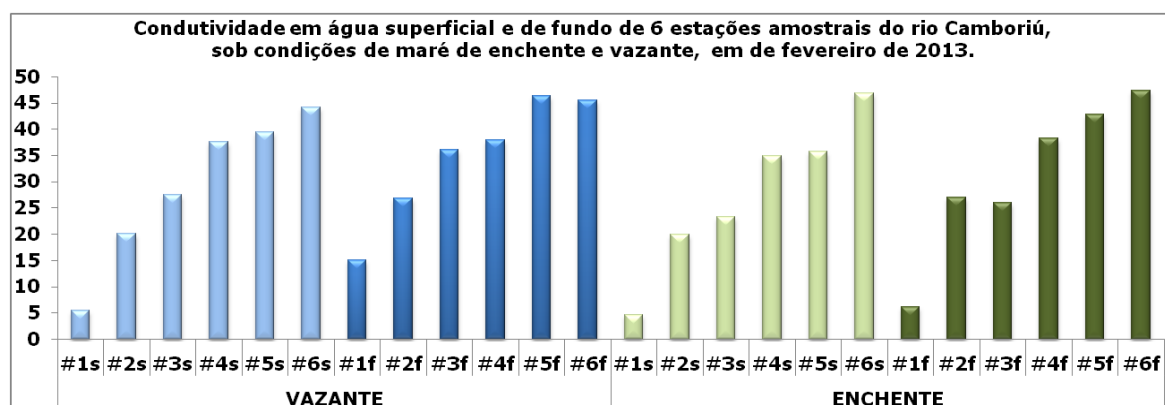


Figura 256. Condutividade (mS/cm) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exigem manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas.

Tanto na maré de vazante quanto na de enchente os valores de turbidez (Figura 257) foram, na média, maiores nas águas de fundo. Houve uma exceção, na estação #4s na maré de enchente, possivelmente devido a evento pontual.

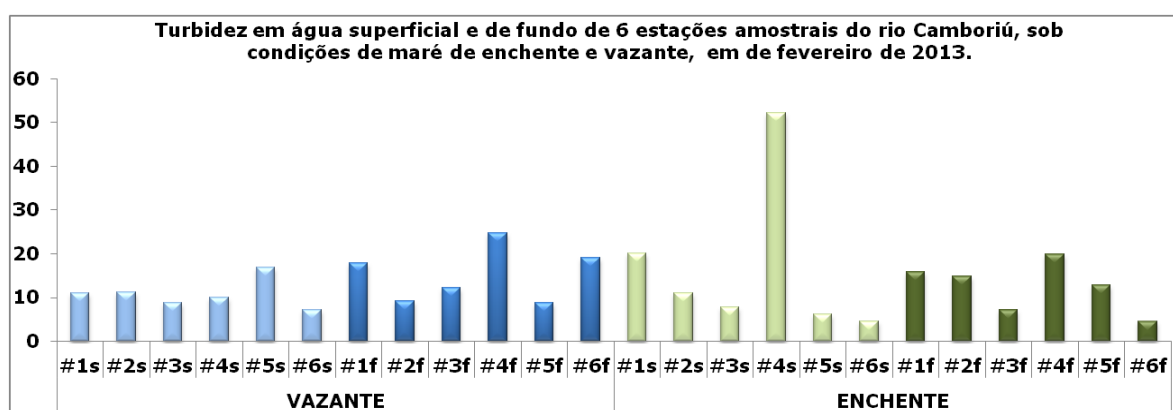


Figura 257. Turbidez (NTU) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas de oxigênio são causadas pelo consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos - ferro(II) e manganês(II) - por exemplo (FIORUCCI & BENEDETTI FILHO, 2005).

Nas condições naturais de um sistema aquático não poluído, o material mais habitualmente oxidado pelo oxigênio dissolvido na água é a matéria orgânica de origem biológica, como a procedente de plantas mortas e restos de animais.

Os menores valores de oxigênio dissolvido foram observados na estação #2, em águas de fundo, na maré vazante e em águas superficiais e de fundo na maré de enchente (Figura 258). Baixos valores para este parâmetro já haviam sido reportados por Urban (2008), que em estudo realizado na bacia do rio Camboriú enfatizou a melhor qualidade em áreas rurais a montante deste rio.

Neste monitoramento também foram observados maiores teores de oxigênio dissolvido na estação #1. Valores baixos e discordantes com a legislação também foram medidos na estação #4, localizada próxima a saída da ETE da EMASA e na estação #5. Apesar dos baixos níveis deste parâmetro, nas estações (#2, #3 e #4) principalmente na maré de enchente, observou-se que as concentrações de oxigênio na estação #6 estiveram em níveis superiores ao estabelecidos por lei nas águas superficiais e de fundo nas duas condições de maré avaliadas. Os baixos valores de oxigênio dissolvido, no interior da região estuarina, podem ser então atribuídos aos aportes de matéria orgânica do rio Peroba e da ETE. No entanto, estes teores voltam a níveis legais na estação #6, localizada na área de maior influência marinha.

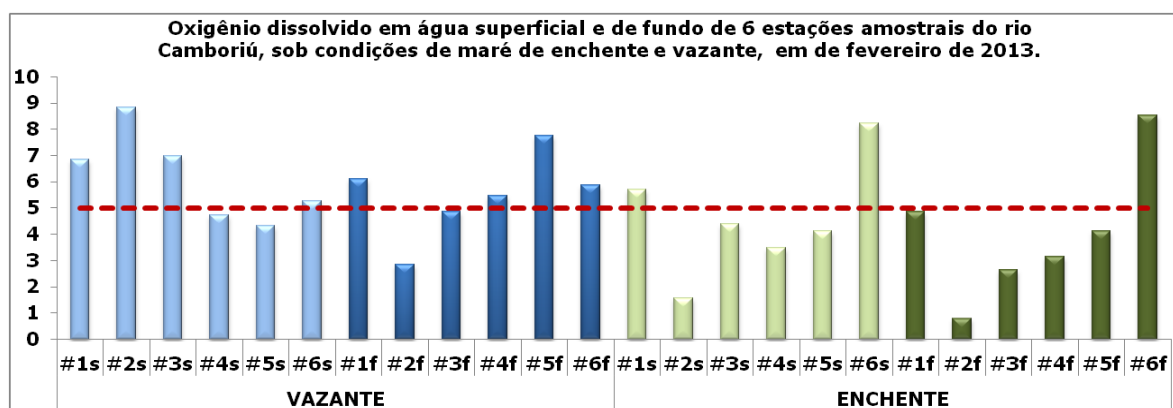


Figura 258. Oxigênio dissolvido (mg/L) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

O teor de sólidos dissolvidos representa a quantidade de substâncias dissolvidas na água, que alteram suas propriedades físicas e químicas. Os sólidos dissolvidos totais incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos. São as partículas que passam por membrana filtrante com poro igual a 1,2 micra.

As concentrações de sólidos dissolvidos no rio Camboriú (Figura 259) apresentaram o mesmo padrão de distribuição da salinidade (Figura 253) e da condutividade (Figura 256).

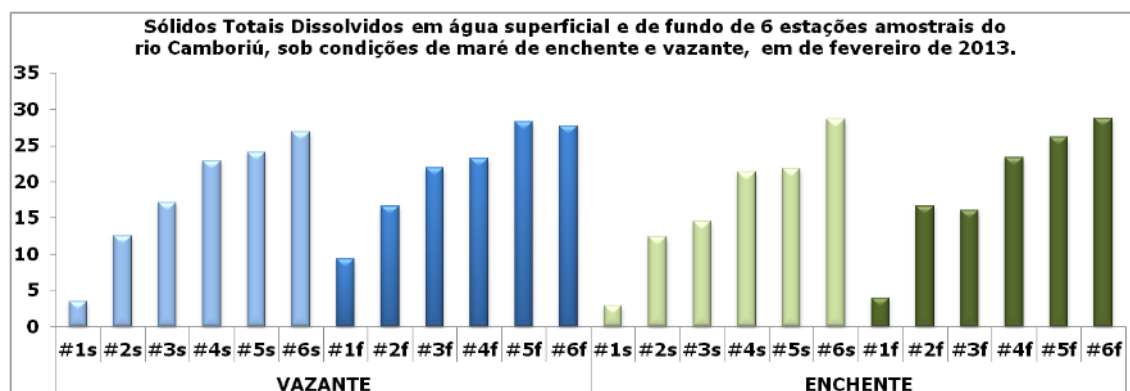


Figura 259. Sólidos totais dissolvidos (mg/L) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

O fósforo aparece em águas naturais devidos principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2009/2013).

Os níveis de fósforo foram maiores do que o sugerido por lei em todas as estações onde foram coletadas águas na maré vazante. Na maré de enchente ocorreu padrão similar com exceção à estação #6, onde os níveis para este parâmetro satisfizeram o estabelecido legalmente (Figura 260). A maior concentração foi observada na estação #5 em águas superficiais, na maré vazante, possivelmente por influência do aporte da ETE, localizada a montante desta. Provavelmente o aumento observado nas águas superficiais da estação #4s, em maré de enchente, possa ser justificado pelo mesmo motivo, já que, nesta condição de maré o maior tempo de residência da água restrinja o escoamento superficial, mantendo os níveis de fósforo mais próximo da fonte.

Ao longo do tempo têm sido observados valores de fósforo maiores do que os limites estabelecidos pela legislação e tem sido atribuída a deterioração da qualidade ambiental do rio Camboriú, especialmente com relação à falta de condições sanitárias (CASAN, 1999; PEREIRA FILHO *et al.*, 2001 e 2012; COSTÓDIO, 2003, CARUSO JR., 2005; PROSUL, 2007).



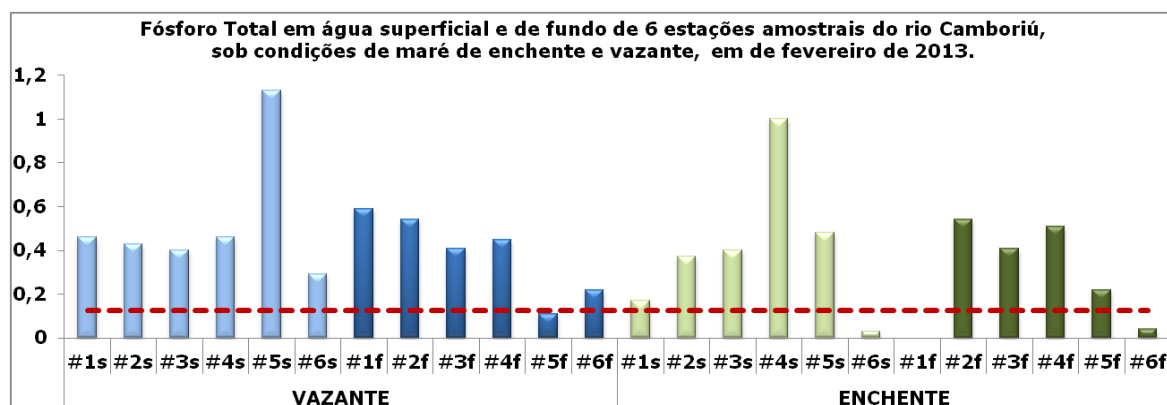


Figura 260. Fósforo total (mg/L) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2009 2013).

O nitrogênio amoniacal (Figura 261), durante maré de vazante, apresentou padrão inverso a salinidade (Figura 253), isto é, decrescente de montante para jusante, indicando aporte fluvial deste nutriente para a região do baixo estuário. Na maré de enchente, a estação #1 apresentou concentrações menores deste parâmetro quando relacionada as demais estações. Nesta condição o pico de concentração de nitrogênio amoniacal ocorreu na estação #2, localizada a jusante do rio Peroba, sugerindo influência deste. Na maioria das águas amostradas nesta campanha os valores deste parâmetro foram superiores aos estabelecidos pela norma ambiental.

Assim como o fósforo total, valores de nitrogênio amoniacal acima dos níveis legais máximos estabelecidos pela norma ambiental também têm sido reportados (CASAN, 1999; PEREIRA FILHO *et al.*, 2001 e 2012; COSTÓDIO, 2003, CARUSO JR., 2005; PROSUL, 2007).

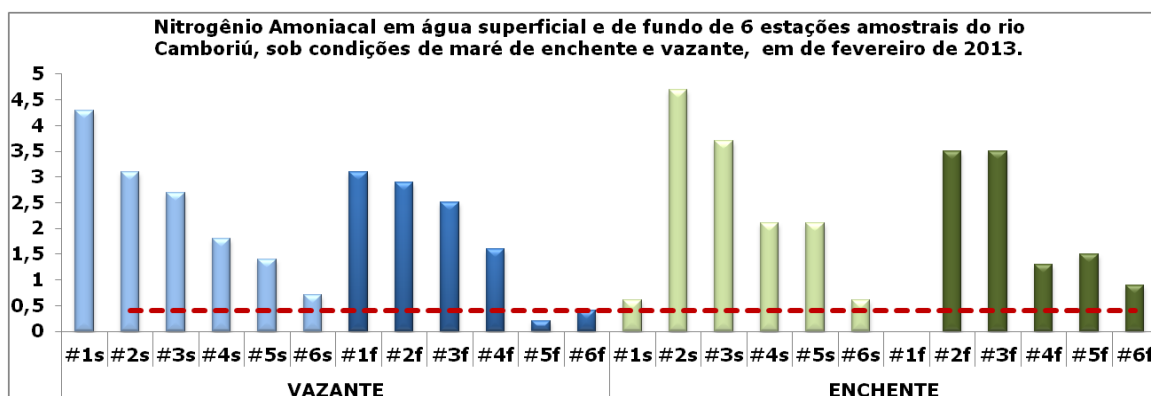


Figura 261. Nitrogênio Amoniacal (mg/L) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

A cloração é um dos métodos mais empregados para a purificação e desinfecção de águas para consumo humano. O agente de cloração mais empregado é o ácido hipocloroso. Em meio aquoso o cloro ( $\text{Cl}_2$ ) hidrolisa, formando os íons hidrogênio e cloreto e o ácido hipocloroso. O ácido hipocloroso e o íon hipoclorito são as principais responsáveis pela oxidação da matéria orgânica poluente e pela inibição do crescimento bacteriano. A soma de suas concentrações é conhecida como cloro residual livre.

Esta concentração depende fortemente da temperatura e pH do meio. Além de ser efetiva, a desinfecção pelo método de cloração é relativamente barata, e o uso de um pequeno excesso do produto pode fornecer à água um poder residual de desinfecção durante seu armazenamento e fornecimento. Um importante inconveniente do uso da cloração para a desinfecção da água é a produção concomitante de substâncias orgânicas cloradas - algumas das quais são tóxicas, evidenciando o motivo de um monitoramento contínuo e eficiente.

Concentrações de cloro (Figura 262) que ultrapassaram o limite de 0,019 mg/L, estabelecido pela legislação para água salobra - classe 1, foram observadas nas águas superficiais da estação #3 em condições de maré vazante e na estação #6 em maré de enchente. Quanto aos demais pontos amostrais, os valores foram menores do que 0,2 mg/L.

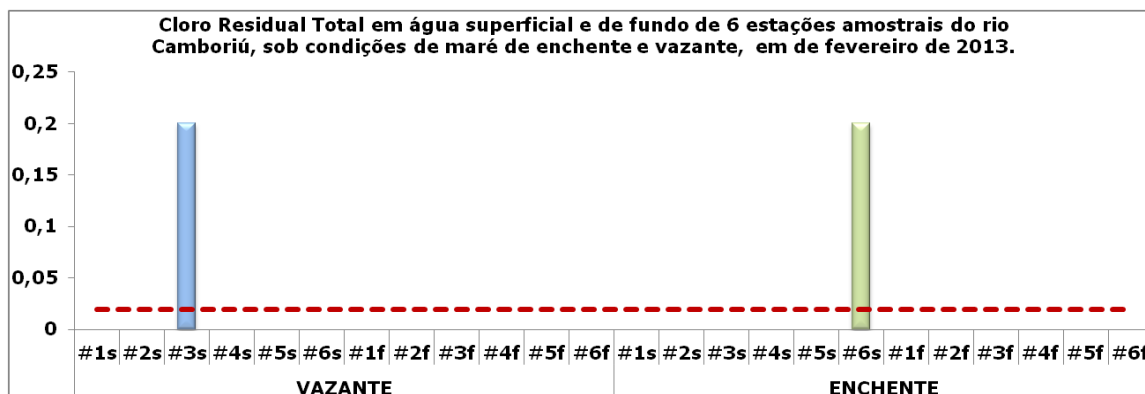


Figura 262. Cloro residual total (mg/L) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

O parâmetro óleos e graxas (Figura 263) deveria ser, segundo a legislação, virtualmente ausente. Na coleta feita em maré de vazante somente nas amostras de águas superficiais foram observadas concentrações para estas substâncias. Na média, as concentrações observadas na maré enchente foram maiores, apesar das estações #2 e #6 das águas superficiais e #1 e #3 e das águas de fundo apresentarem valores menores do que 0,01 ou não detectáveis.

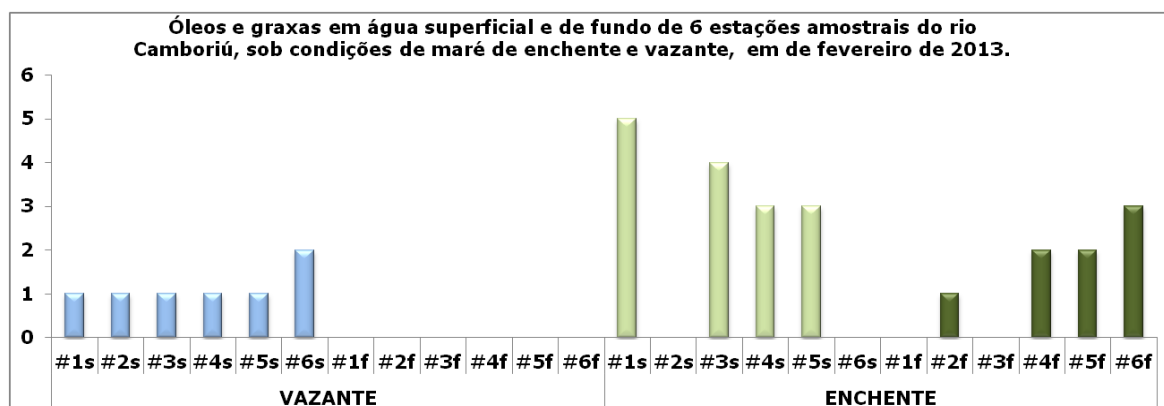


Figura 263. Óleos e graxas (mg/L) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais, que se combina com cátions formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. No entanto, esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque os polifosfatos sofrem hidrólise se convertendo rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2009 2013).

Os polifosfatos (Figura 264) estiveram presentes em concentrações superiores aos limites legais principalmente em águas superficiais em condição de maré vazante. Durante maré de enchente esse padrão também foi observado nas estações #2f e #4f. Nota-se que, na estação #6, localizada na área mais próxima da enseada, as concentrações foram bastante inferiores aos demais pontos amostrais.

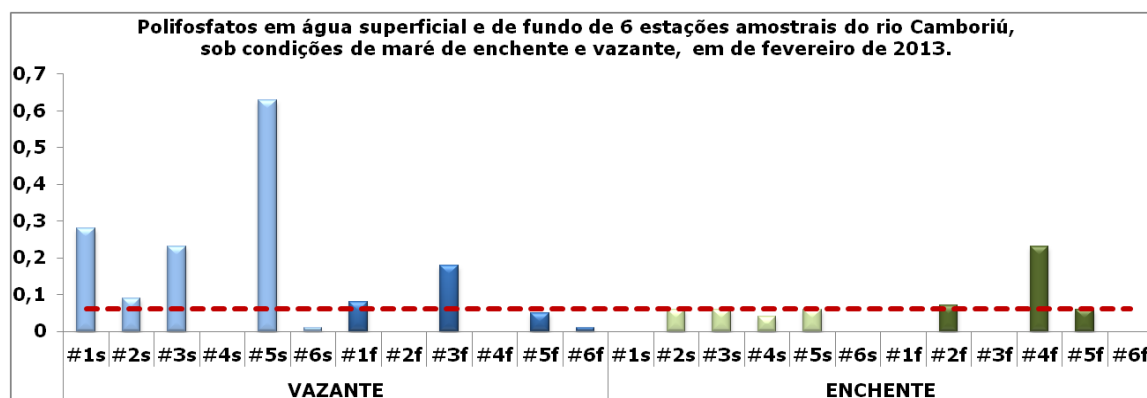


Figura 264. Polifosfatos (mg/L) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

A principal fonte de sulfeto em águas naturais é o lançamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais que contenham sulfato, em condições anaeróbias. Como visto, devido à ação biológica, ocorre a redução do sulfato. Em menor proporção, o íon sulfeto pode também ser gerado da decomposição biológica de matéria orgânica contendo enxofre, notadamente as proteínas albuminoides (PIVELI & TAKAYUKI, 2006).

A única concentração observada de Sulfeto não dissociado (Figura 265) foi nas águas de fundo da amostra #2f, durante maré vazante. As águas de fundo da estação #2 foram as que apresentaram menor concentração de oxigênio dissolvido (Figura 258) e potencial de oxirredução mais negativo (Figura 255).

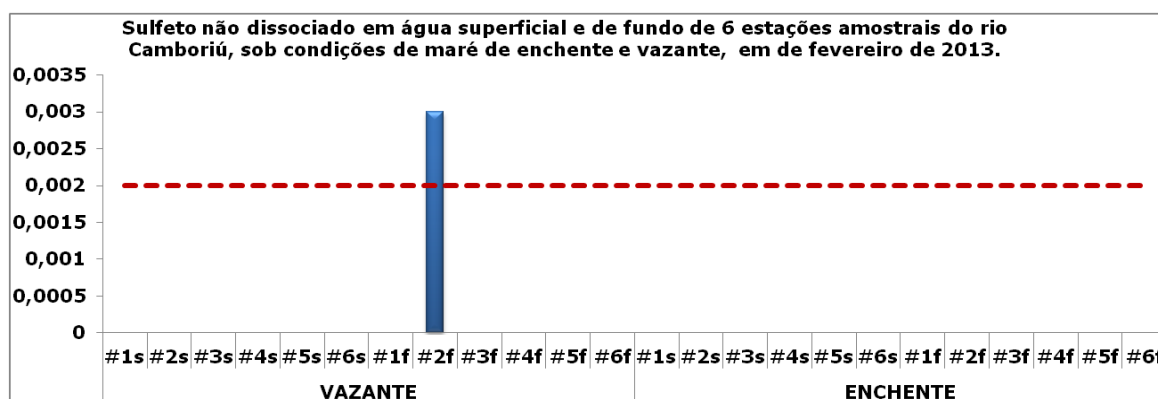


Figura 265. Sulfeto não dissociado (mg/L) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

Essa condição favorece a formação de sulfetos e possivelmente foi decorrente do aporte de matéria orgânica do rio Peroba, localizado a montante deste ponto amostral.

O Carbaril é um inseticida do grupo químico dos carbamatos, conhecido quimicamente como 1-naftil-N-metilcarbamato (ANDREI, 1996), extensamente utilizado na agricultura e no ambiente doméstico.

Segundo a Portaria nº110/SNVS de 08 de março de 1985, carbaril é classificado como uma substância com ação tóxica sobre animais ou plantas de uso permitido no Brasil, em atividades agropecuárias e produtos domissanitários (ANVISA *apud* BRESCANSIN *et al.*, 2002).

A única concentração observada de Carbaril no rio Camboriú (Figura 266) foi nas águas de fundo da amostra #2f, durante maré de enchente.

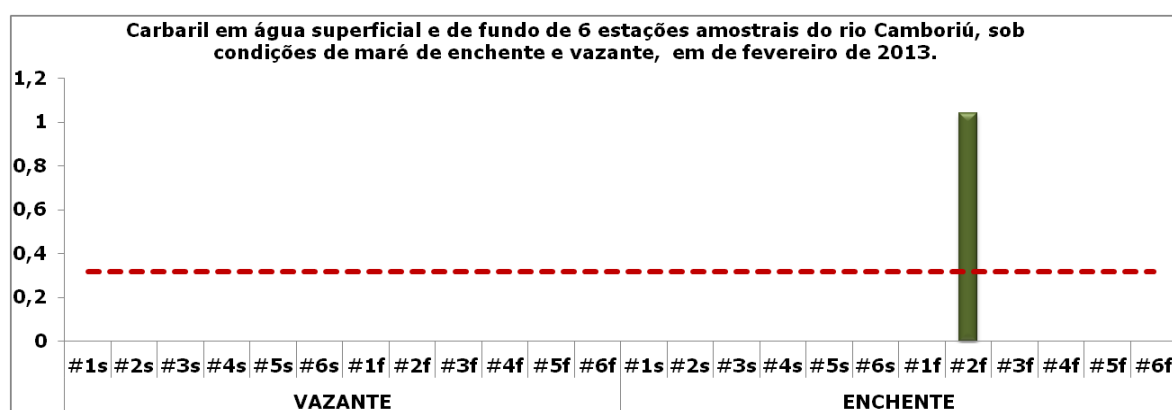


Figura 266. Carbaril ( $\mu\text{g/L}$ ) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

A presença de Carbaril, em apenas uma amostra, não indica propriamente contaminação do rio Camboriú por este composto, mas serve de alerta para a possível contaminação das águas por pesticidas utilizados nas lavouras do município de Camboriú.

Análiticamente, isto é, de acordo com a metodologia analítica recomendada, detergentes ou surfactantes são definidos como compostos que reagem com o azul de metileno sob certas condições especificadas. Estes compostos são designados "substâncias ativas ao azul de metileno" (MBAS - *Metilene Blue Active Substances*) e suas concentrações são relativas ao sulfonato de alquil benzeno linear (LAS) que é utilizado como padrão na análise.

Os esgotos sanitários possuem de 3 a 6 mg/L de detergentes. As indústrias de detergentes descarregam efluentes líquidos com cerca de 2000 mg/L do princípio ativo.

Outras indústrias, incluindo as que processam peças metálicas, empregam detergentes especiais com a função de desengraxante, como é o caso do perclorotileno (CETESB, 2009 2013).

Na estação #1, em maré de vazante, ocorreram as maiores concentrações de surfactantes (Figura 267), o que também foi observado para nitrogênio amoniacal (Figura 261). Isso sugere que estes elementos sejam provenientes de fonte comum, provavelmente, aporte de efluentes domésticos.

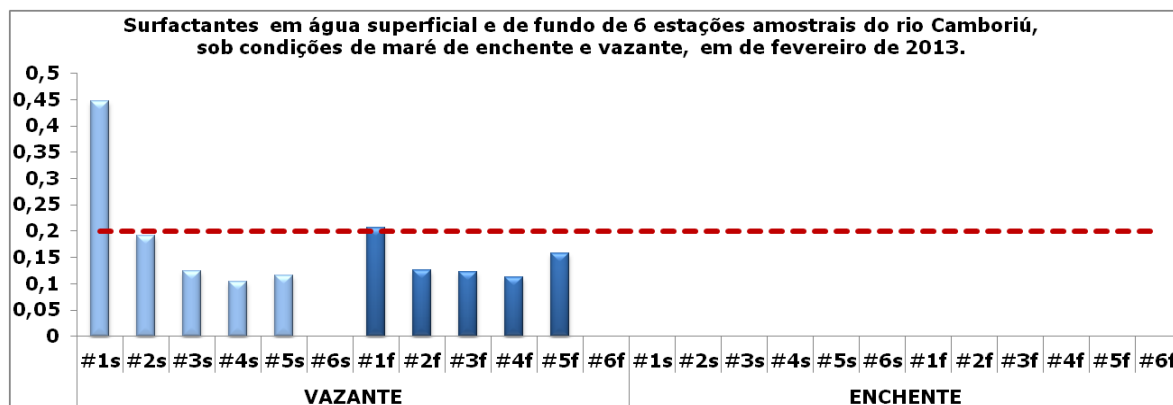


Figura 267. Surfactantes (mg/L) em águas de superfície e fundo em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

As concentrações de coliformes termotolerantes e de *E. coli* (Figura 268) ultrapassaram os níveis legais nas águas superficiais das estações #1 e #2. No período de vazante a maior concentração ocorreu na estação #1s diminuindo em direção a foz até nas estações #4, #5 e #6, onde as concentrações apresentaram variações menores. Observa-se que *E. coli* representa quase a totalidade dos coliformes termotolerantes.

No período de enchente na estação #2s houve um aumento de concentração de coliformes em relação à estação #1, possivelmente devido contribuição do rio Peroba. As estações #4s e #5s nessa condição de maré apresentaram concentrações menores e similares as de maré vazante. A água coletada na estação #6s, em maré de enchente foi a que apresentou menor concentração de coliformes, possivelmente devido a maior salinidade, que é fator limitante para a sobrevivência destes micro-organismos.



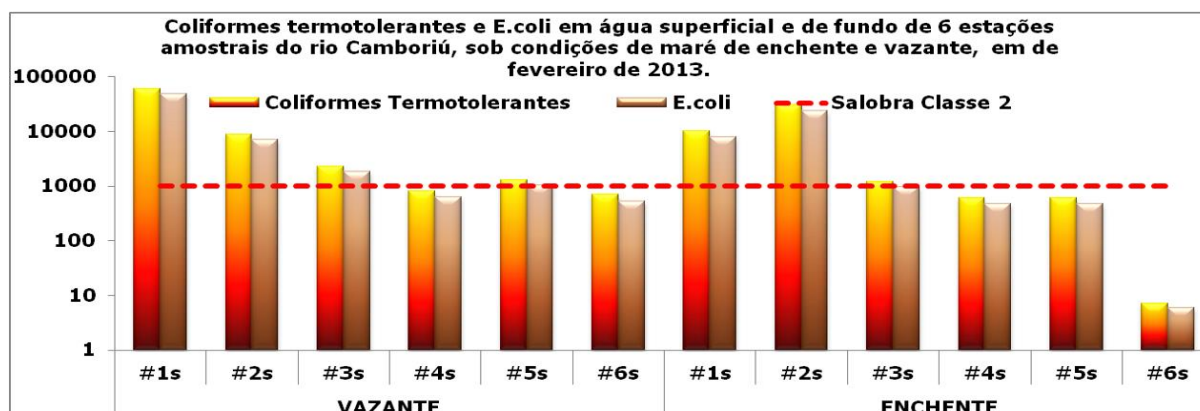


Figura 268. Coliformes termotolerantes e *E. coli*. (UFC/100mL) em águas de superfície, em 6 estações amostrais localizadas no rio Camboriú, em fevereiro de 2013.

No rio Marambaia está situado no pontal norte da enseada de Camboriú (Figura 245), onde foram coletadas águas superficial e de fundo em uma estação amostral, localizada próxima da foz, para verificar a influência deste corpo hídrico sobre a enseada de Camboriú.

A salinidade no rio Marambaia (Figura 269) foi discretamente menor no período de maré enchente do que em vazante, com valores próximos a 30 PSU. Os valores obtidos para condutividade e sólidos totais dissolvidos apresentaram padrão similar ao da salinidade. Estes parâmetros não apresentaram grande variação entre as águas de superfície e fundo em condições de marés de vazante e enchente.

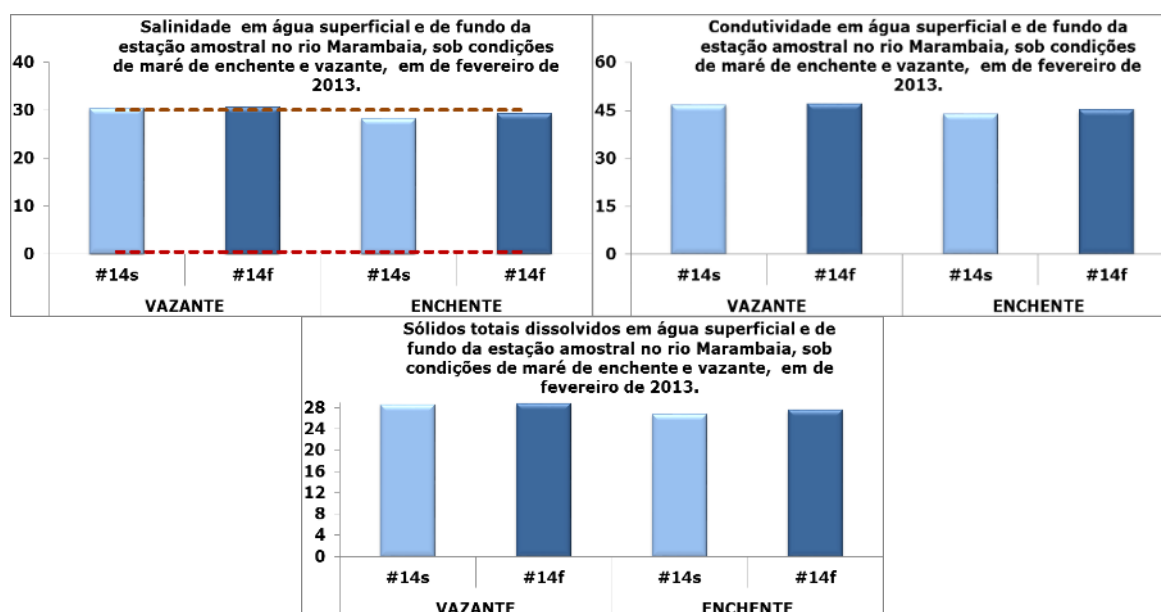


Figura 269. Salinidade (PSU), condutividade (mS/cm) e sólidos totais dissolvidos (mg/L) em águas de superfície e fundo de uma estação amostrada no rio Marambaia, em fevereiro de 2013.

Os menores valores de temperatura foram observados em maré de enchente (Figura 270).

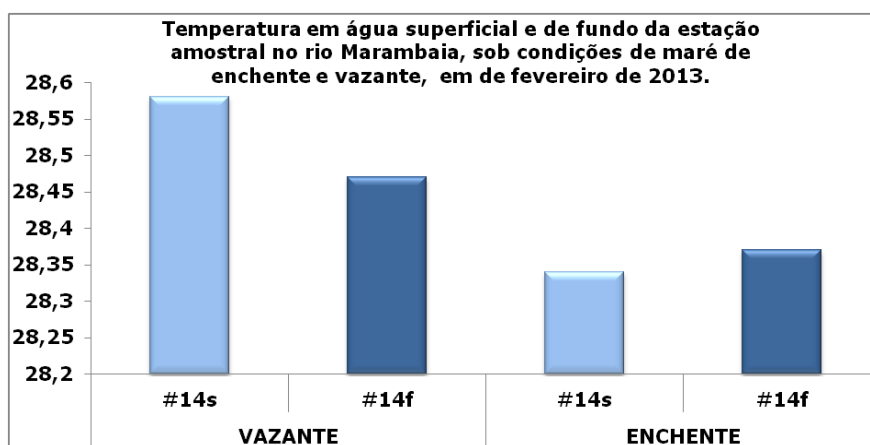


Figura 270. Temperatura(°C) em águas de superfície e fundo de uma estação amostrada no rio Marambaia, em fevereiro de 2013.

A legislação estabelece para águas salobras classe 1 pH entre 6.5 e 8.5. No rio Marambaia (Figura 271) o limite máximo foi ultrapassado em todos os momentos amostrais.

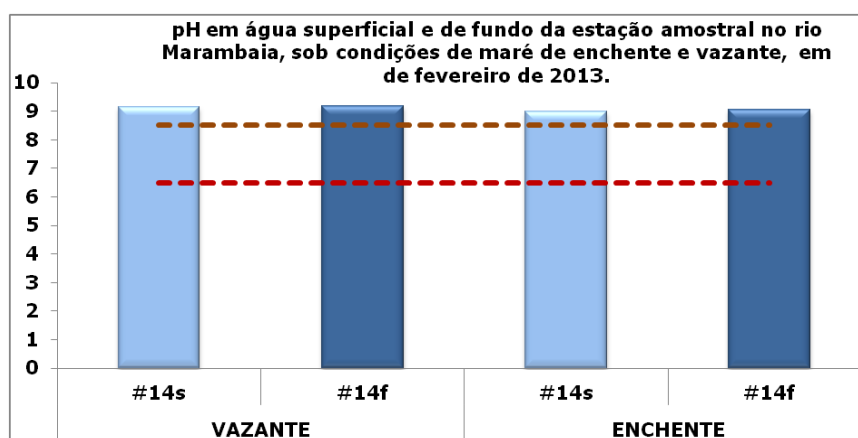


Figura 271. pH em águas de superfície e fundo de uma estação amostrada no rio Marambaia, em fevereiro de 2013.

Na maré de vazante o menor valor para o potencial de oxirredução ocorreu em águas superficiais (Figura 272) enquanto que na enchente isso foi observado em águas de fundo.



Figura 272. Potencial de oxirredução (mV) em águas de superfície e fundo de uma estação amostrada no rio Marambaia, em fevereiro de 2013.

Os níveis de oxigênio dissolvido no rio Marambaia (Figura 273) atenderam ao disposto pela legislação ambiental tanto em águas superficiais quanto nas de fundo, seja em maré de enchente ou vazante.

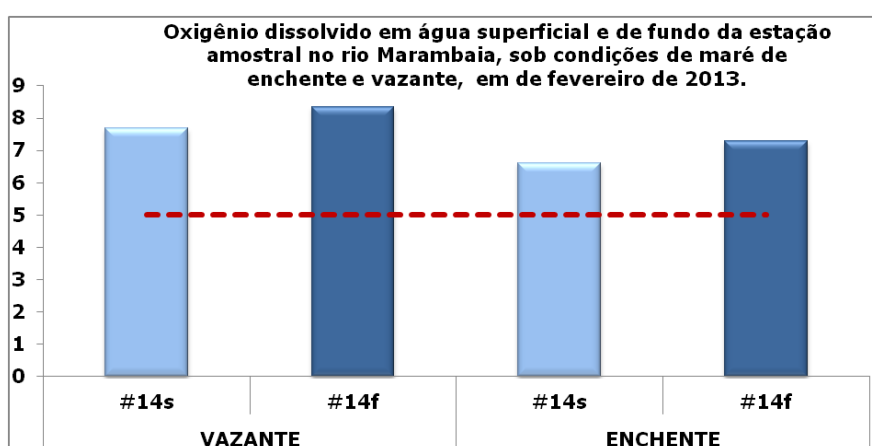


Figura 273. Oxigênio dissolvido (mg/L) em águas de superfície e fundo de uma estação amostrada no rio Marambaia, em fevereiro de 2013.

Os valores de turbidez estiveram abaixo de 6 NTU (Figura 274), sendo que o menor valor para este parâmetro ocorreu nas águas superficiais em condição de maré vazante.



Figura 274. Turbidez (NTU) em águas de superfície e fundo de uma estação amostrada no rio Marambaia, em fevereiro de 2013.

O nitrogênio amoniacal esteve presente em concentrações menores do que 0,01 mg/L nas águas coletadas em maré de vazante (Figura 275). Em maré de enchente, no entanto, este parâmetro esteve presente em níveis superiores ao disposto pela norma ambiental. Possivelmente isso ocorreu porque durante a maré de enchente o tempo de residência da água aumenta possibilitando acúmulo de substâncias.

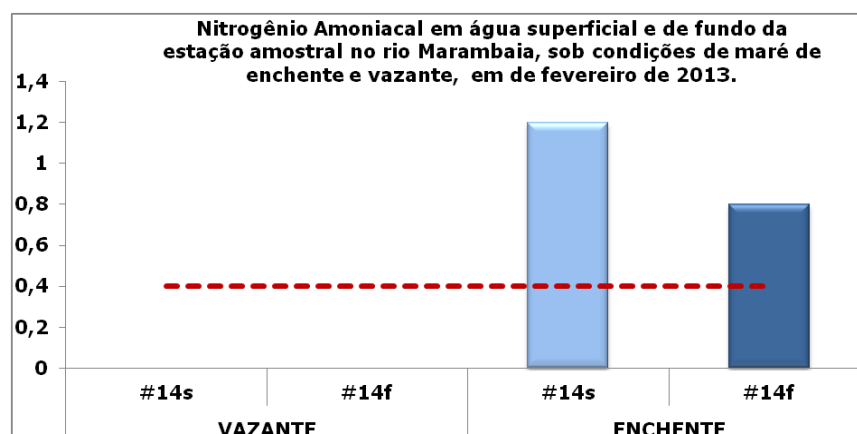


Figura 275. Nitrogênio amoniacal (mg/L) em águas de superfície e fundo de uma estação amostrada no rio Marambaia, em fevereiro de 2013.

Na amostra de água de fundo da estação amostrada no rio Marambaia, durante a maré de enchente, os óleos e graxas apresentaram concentração acima do permitido por lei (Figura 276). Nos demais momentos amostrais este parâmetro não apresentou concentrações detectáveis.

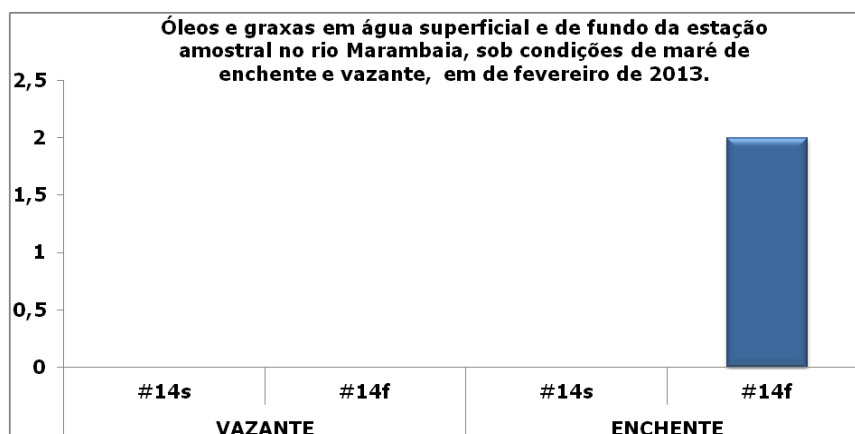


Figura 276. Óleos e graxas (mg/L) em águas de superfície e fundo de uma estação amostrada no rio Marambaia, em fevereiro de 2013.

As concentrações de coliformes termotolerantes e de *E.coli* ultrapassaram os níveis legais estabelecidos em todos os momentos amostrais, sendo pouco mais elevados na maré de enchente (Figura 277).

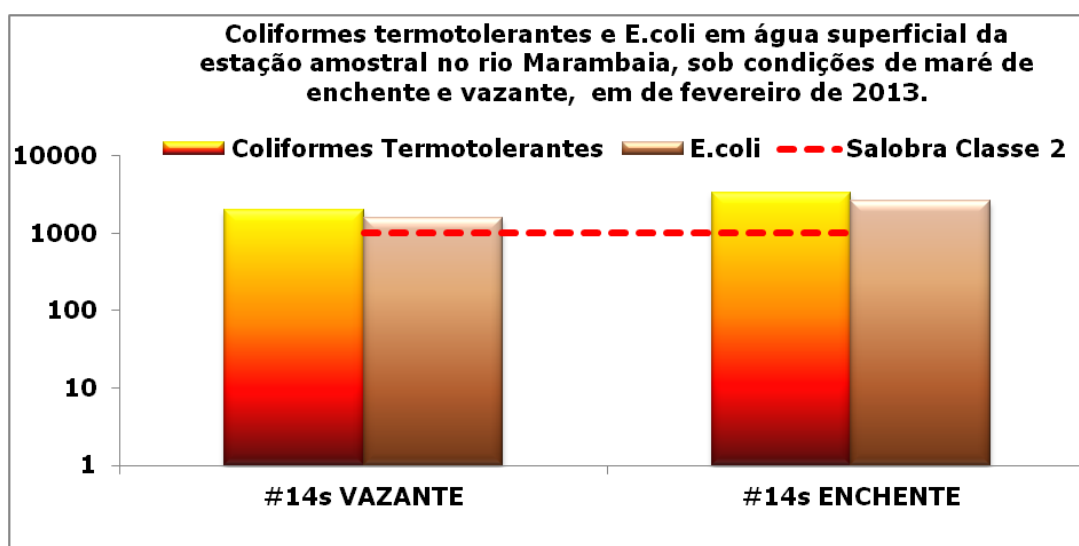


Figura 277. Coliformes termotolerantes e *E. coli*. (UFC/100mL) em águas de superfície e fundo de uma estação amostrada no rio Marambaia, em fevereiro de 2013.

Embora a maioria dos parâmetros de qualidade de água avaliados na enseada de Balneário Camboriú tenham atendido o disposto pela Resolução CONAMA Nº 357/2005, no estudo realizado, segue alguns comentários a respeito da qualidade ambiental a partir da coleta realizada em fevereiro de 2013.

Dentre os parâmetros analisados, o manganês e óleos e graxas apresentaram concentrações superiores ao que estabelece a norma ambiental. Na enseada, a única ocorrência de coliformes superior à legislação ocorreu na estação #13, próxima à desembocadura do rio Marambaia, onde as concentrações também excederam a

determinação legal. Isso evidencia a influência deste rio sobre a qualidade da água na enseada no que se refere aos coliformes termotolerantes.

As concentrações observadas de Carbaril na #9 em águas de profundidade intermediária e na estação #2 nas águas coletadas no fundo foram pontuais, o que torna prematura qualquer avaliação a respeito deste composto e exige atenção especial em próximas coletas.

A qualidade das águas do rio Camboriú apresentou alterações, principalmente devido à presença de nitrogênio amoniacal e fosfato total, presentes em concentrações discordantes da legislação. Estes dois parâmetros têm mantido esse comportamento ao longo do tempo, conforme demonstraram estudos anteriores (CASAN, 1999; PEREIRA FILHO *et al.*, 2001 e 2012; COSTÓDIO, 2003, CARUSO JR., 2005; PROSUL, 2007), o que tem se atribuído principalmente ao aporte de efluentes domésticos, atividades agrícolas e de mau uso do solo.

As concentrações de fósforo total verificadas nas águas de superfície e fundo da #4, parecem ter sido influenciadas pela saída da ETE, localizada próxima a este ponto amostral. As concentrações de nitrogênio total no rio Camboriú decresceram de montante para jusante, nas duas condições de maré avaliadas, não influenciando na qualidade das águas costeiras adjacentes. Na enseada as concentrações para este parâmetro se mantiveram em níveis menores do que 0,1 mg/L ou não detectáveis.

Na estação #2 do estuário se registrou a menor concentração de oxigênio dissolvido, o menor potencial de oxidação e a maior quantidade de sulfetos, além de aporte de nitrogênio total, especialmente durante maré enchente. Esta estação esteve localizada a jusante do rio Peroba que parece ter influenciado os parâmetros citados em função da carga orgânica lançada no rio Camboriú.

De forma geral, durante o período de enchente, a carga orgânica aumenta na região estuarina, o que faz com que os níveis de oxigênio dissolvido sejam menores nessa condição de maré.

As concentrações de coliformes termotolerantes estiveram associadas às regiões estuarinas, sendo possivelmente oriundas do aporte de efluentes domésticos. No rio Camboriú os níveis destes micro-organismos diminuíram de montante para jusante, aparentemente em função da maior salinidade, limitante a sobrevivência destes.



Diante dos resultados obtidos no estudo realizada para proposição de uma jazida destinada à ao projeto de alimentação artificial da Praia Central (ACQUAPLAN, 2014), foi possível constatar que ocorreram variações dos parâmetros de qualidade de água na enseada de Camboriú, que foram influenciados pelos rios Camboriú e Marambaia, que são responsáveis pelo transporte de substâncias antropogênicas principalmente associadas com a matéria orgânica. Deve-se ainda considerar que a dispersão dos diferentes aportes nestes ambientes está condicionada a fatores hidrodinâmicos (fluxo das marés), climáticos (pluviosidade) e antropogênicos (fontes pontuais e difusas), os quais variam em diferentes escalas temporais.

#### 9.1.7.2.3.Dados Primários

A pretensão de execução do projeto do *BC Port*, que prevê uma IPT (Instalação Portuária de Turismo) adjacente ao molhe da barra sul, incluindo um píer para transatlânticos, shopping e hotel na Barra Sul de Balneário Camboriú, tornou necessária a obtenção de dados atualizados no que diz respeito a qualidade ambiental das águas do rio Camboriú assim como da enseada homônima.

##### 9.1.7.2.3.1. Metodologia

###### 9.1.7.2.3.1.1. Área amostral

Em fevereiro de 2016 foram coletadas águas superficiais e de fundo em 15 estações amostrais na enseada de Camboriú e nos rios Marambaia e Camboriú (Figura 278).



Figura 278. Estações amostrais de coleta de água superficial e de fundo em fevereiro de 2016 na área de influência do BC Port.

#### 9.1.7.2.3.1.2. Coleta dos Dados

Para identificação exata do ponto de coleta das amostras foi utilizado um GPS (Global Positioning System) Garmin Legend HCX com os pontos amostrais previamente gravados.

No momento da coleta das amostras de água foram registrados *in situ* e nos respectivos estratos da coluna d'água os parâmetros físico-químicos exibidos abaixo. Para tal, foi empregada uma sonda multiparamétrica (Figura 279) da marca Horiba modelo U50, tendo sido obtidos os seguintes parâmetros:

- ✓ Temperatura;
- ✓ Salinidade;
- ✓ Potencial Hidrogeniônico (pH);
- ✓ Condutividade (mS/cm)
- ✓ Oxigênio Dissolvido (OD);
- ✓ Turbidez;
- ✓ Transparência (m);
- ✓ Sólidos Totais Dissolvidos (g/l).



Figura 279. Sonda multiparamétrica marca Horiba, modelo U50, sendo utilizada na mensuração *in situ* dos parâmetros físico-químicos.

As amostras de água superficial foram coletadas diretamente nos frascos a aproximadamente 30 cm da superfície, enquanto as amostras de água de fundo e meio foram obtidas utilizando-se uma garrafa amostradora do tipo *van Dorn*, com 5 litros de capacidade (Figura 280).



Figura 280. Amostra de água coletada com garrafa amostradora tipo *van Dorn* sendo acondicionada em frasco de plástico.

Para o armazenamento das amostras de água foram preparados frascos de vidro âmbar ou plásticos devidamente identificados quanto ao Projeto, Data, Ponto de Coleta, e Parâmetro Analisado. Todas as amostras obtidas em campo foram mantidas em caixas térmicas e conservadas sob temperatura de aproximadamente 4°C até o final da coleta. De acordo com o parâmetro a ser analisado, quando necessário, as amostras foram fixadas com conservantes específicos seguindo orientação do laboratório responsável pela determinação dos parâmetros químicos.

Ao término das atividades as amostras foram em sua totalidade enviadas via transportadora terrestre para a Freitag Laboratórios-Divisão Ambiental e de Alimentos, localizado na Avenida Nereu, Ramos, 95, 1 andar na cidade de Timbó/SC, que possui as seguintes creditações:

- ✓ CGCRE-INMETRO CRL 0687 -ABNT NBRISP/IEC 17025:2005-ensaios.
- ✓ Fundação do MeioAmbiente-FATMA.
- ✓ Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina – AGESAN.

- ✓ Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina –CIDASC.
- ✓ REBLAS – Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde, associado à ANVISA.
- ✓ Instituto Ambiental do Paraná – IAP

As análises laboratoriais para determinação dos parâmetros químicos, seguiram os procedimentos analíticos da U.S. Environmental Protection Agency (ou equivalentes) foram seguidos, atendendo ao disposto da Resolução CONAMA N°357/2005.

As amostras destinadas à determinação de coliformes termotolerantes e *E. coli* foram encaminhadas ao laboratório UMWELT Biotecnologia Ambiental (certificação NBR ISO/IEC 17025:2005), localizada na rua Quixabas, 245, Bairro Velha, Blumenau/SC.

#### 9.1.7.2.3.2. Resultados

A maioria dos parâmetros avaliados para verificar a qualidade ambiental das águas coletadas na enseada de Camboriú e nos rios Camboriú e Marambaia apresentaram concentrações que estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução N° 357/2005.

Como a distribuição dos parâmetros físico-químicos e químicos foi parecida nas duas profundidades de coleta, a seguir são comentados os resultados obtidos para as águas de fundo, e apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos e químicos das águas superficiais com concentrações maiores do que o limite de detecção do método empregado para a determinação analítica, por meio de gráficos espaciais. Os gráficos evidenciam a contribuição dos rios nas áreas próximas às desembocaduras.

##### 9.1.7.2.3.2.1. Parâmetros Físico-Químicos

A salinidade (Figura 281) e a condutividade (Figura 282) apresentaram distribuição similar em todas as estações superficiais amostradas e foram menores nos dois rios que desembocam na enseada. Considerando todas as estações amostradas, a média de salinidade das águas superficiais foi 27,77‰, enquanto que nas águas de fundo foi 32,29‰. Essa diferença deve ao maior alcance da cunha salina já que nas águas de fundo da estação #1 a salinidade medida foi 24,4‰.



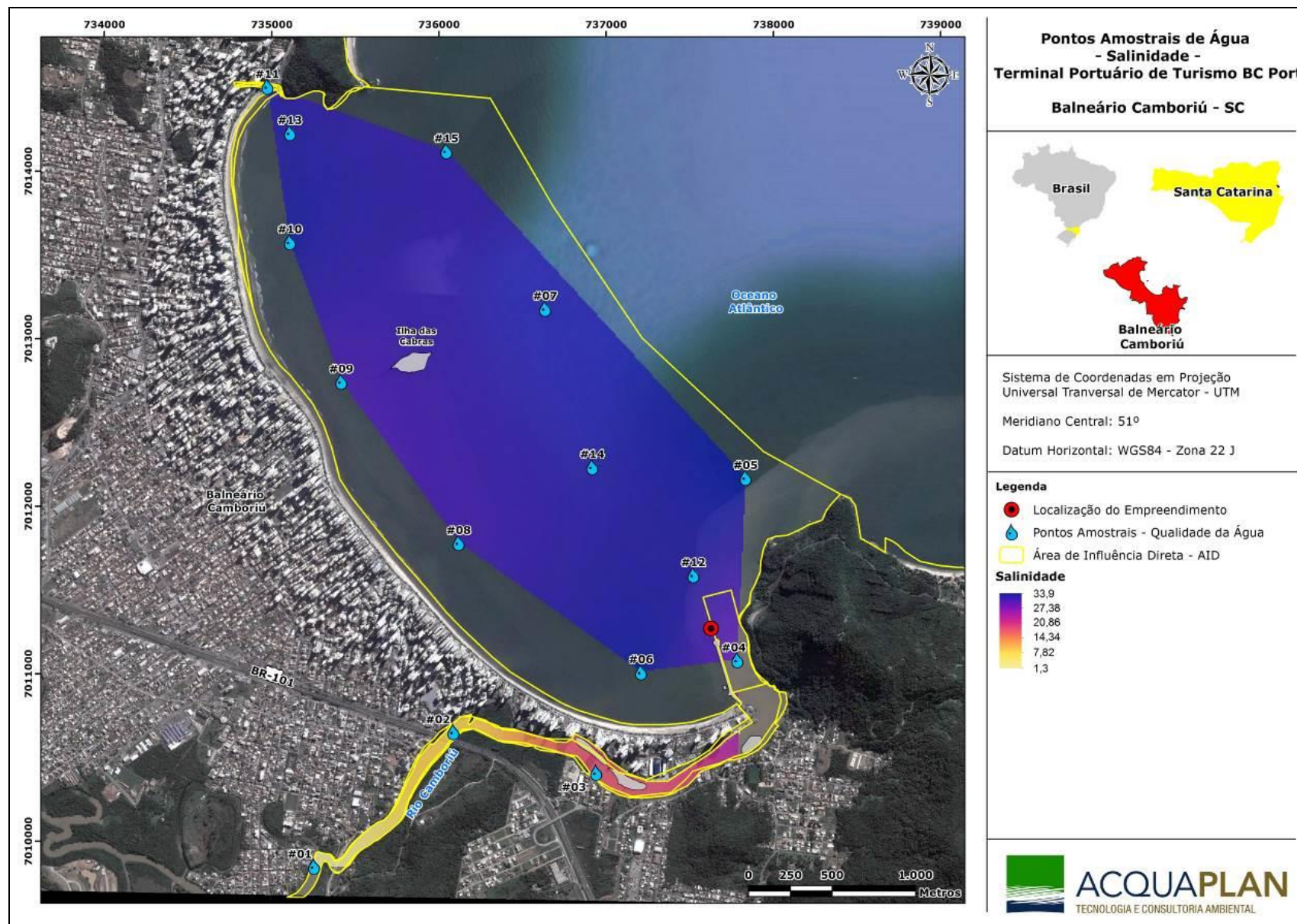


Figura 281. Salinidade nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



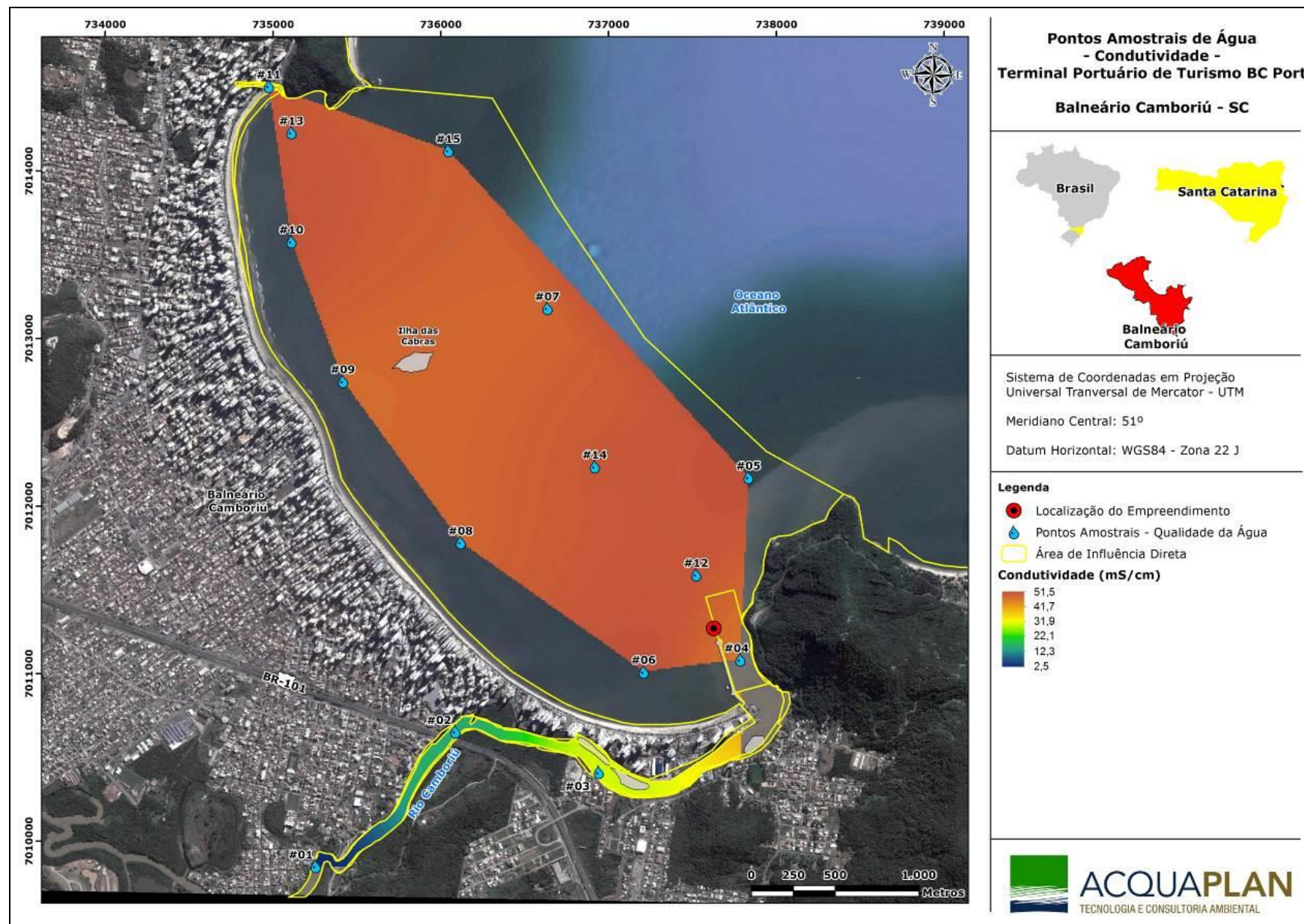


Figura 282. Condutividade (mS/cm) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.

Na estação #1, localizada no rio Camboriú, foi observada a menor salinidade (1,3‰) que foi aumentando em direção da desembocadura por influência da entrada de água salina. Na enseada a salinidade superficial foi mais homogênea, com média de 33,93‰, embora nas duas estações da área central tenham sido observados valores discretamente menores. Nas águas de fundo a média foi 34‰.

O menor valor para o pH foi 7,11, observado na estação #2; e o maior valor foi 7,96 medido nas estações #5 e #7. Houve pequena variação vertical com média de 7,79 nas águas superficiais e 7,78 nas águas de fundo.

Nas águas superficiais os valores de pH foram inferiores nos rios e aumentaram nas estações mais próximas das desembocaduras (Figura 283). Na enseada os valores para este parâmetro foram homogêneos e atenderam ao disposto na Resolução CONAMA Nº 357/2005 que estabelece valores de pH entre 6,5 e 8,5.

Tanto vertical quanto horizontalmente as temperaturas apresentaram pequena variação na coleta realizada em fevereiro nas estações amostras dos rios Camboriú e Marambaia e na enseada de Camboriú.

Em águas de fundo a temperatura média foi 26,37°C com mínima de 25,94°C e máxima de 26,78°C. Nas águas superficiais (Figura 284) a mínima e a máxima foram, respectivamente, 25,65°C e 27,26°C, com média de 26,54°C.

As concentrações médias de oxigênio dissolvido foram 5,3 mg/L em águas superficiais e 5,48 mg/L nas águas de fundo, sendo os menores valores observados nos rios e nas estações próximas das desembocaduras destes. Para águas salinas de classe 1 a legislação estabelece concentração mínima de oxigênio dissolvido não inferior a 6 mg/L, o que só deixou de ser atendido nas águas de fundo da #10, localizada na enseada. Já para águas salobras, como é o caso dos rios Camboriú e Marambaia, a concentração mínima para este parâmetro deve ser de 5 mg/L, que não foi atendida nas estações ali amostradas, sendo a única exceção observada na estação #4 em águas de fundo.

Nas águas superficiais da enseada as concentrações de oxigênio dissolvido foram homogêneas (Figura 285). As baixas concentrações observadas nas estações localizadas nos rios podem ser decorrentes do excesso de matéria orgânica o que implica em aumento da demanda deste gás para viabilizar a decomposição microbiana.



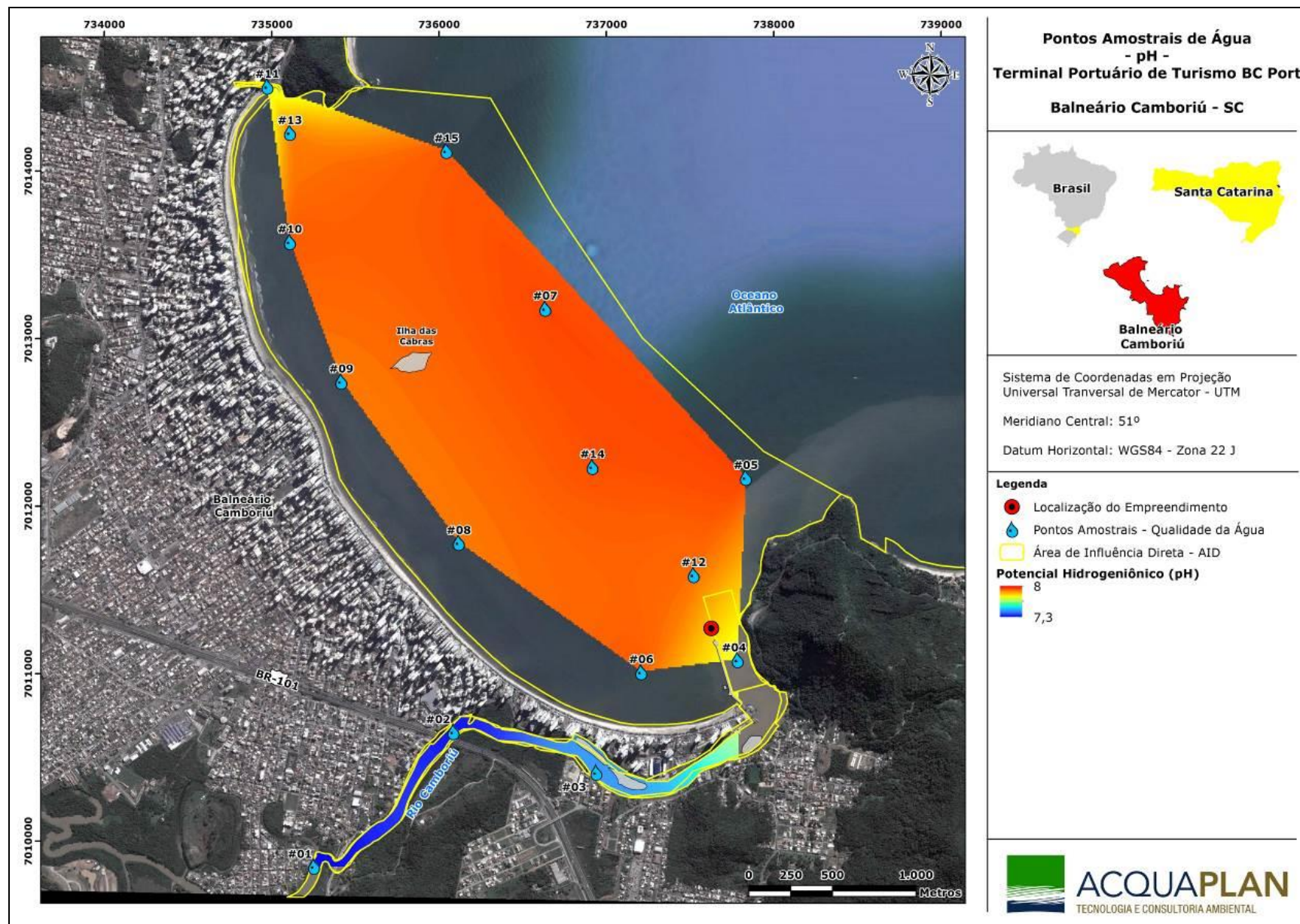


Figura 283. pH nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



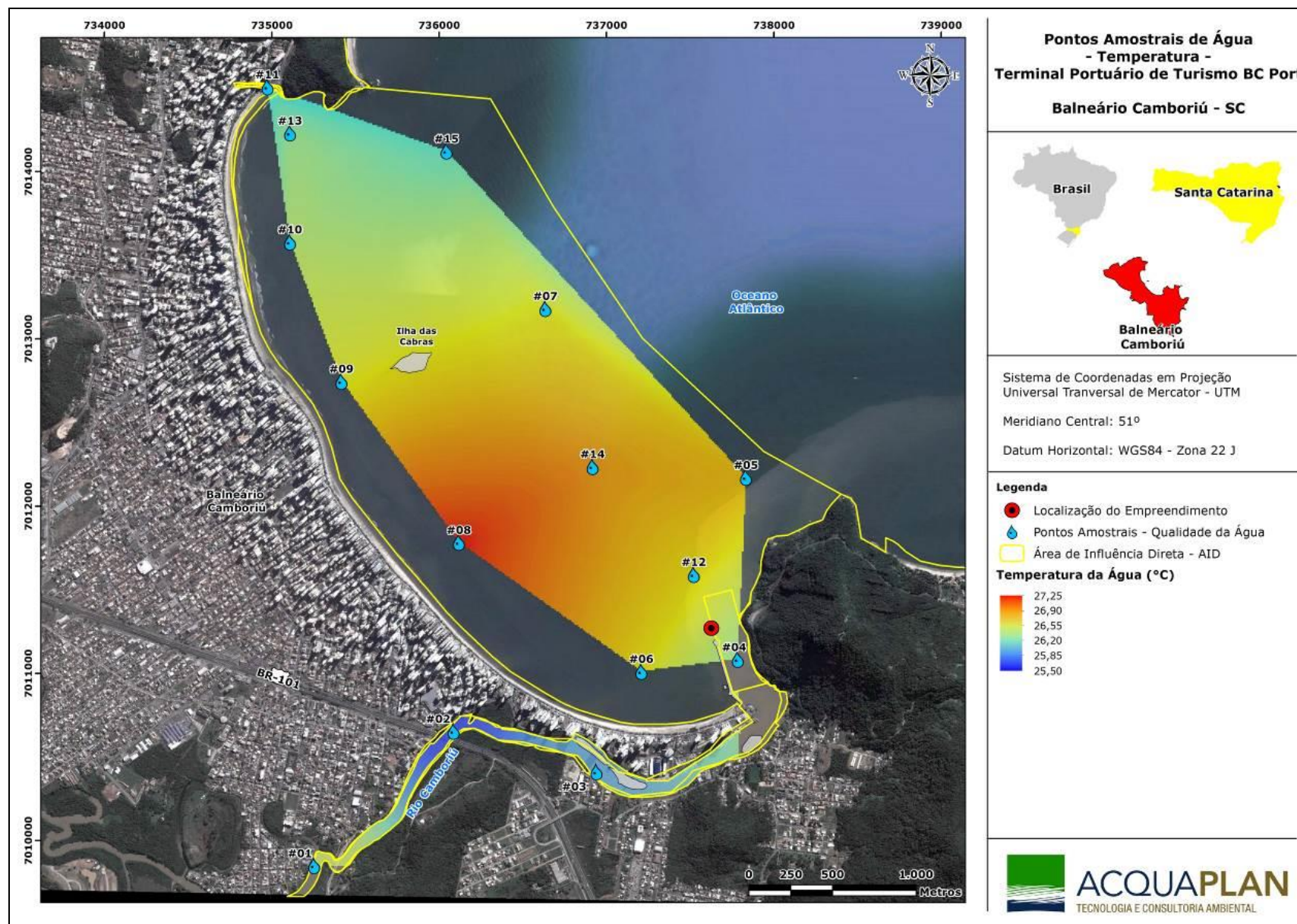


Figura 284. Temperatura (°C) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



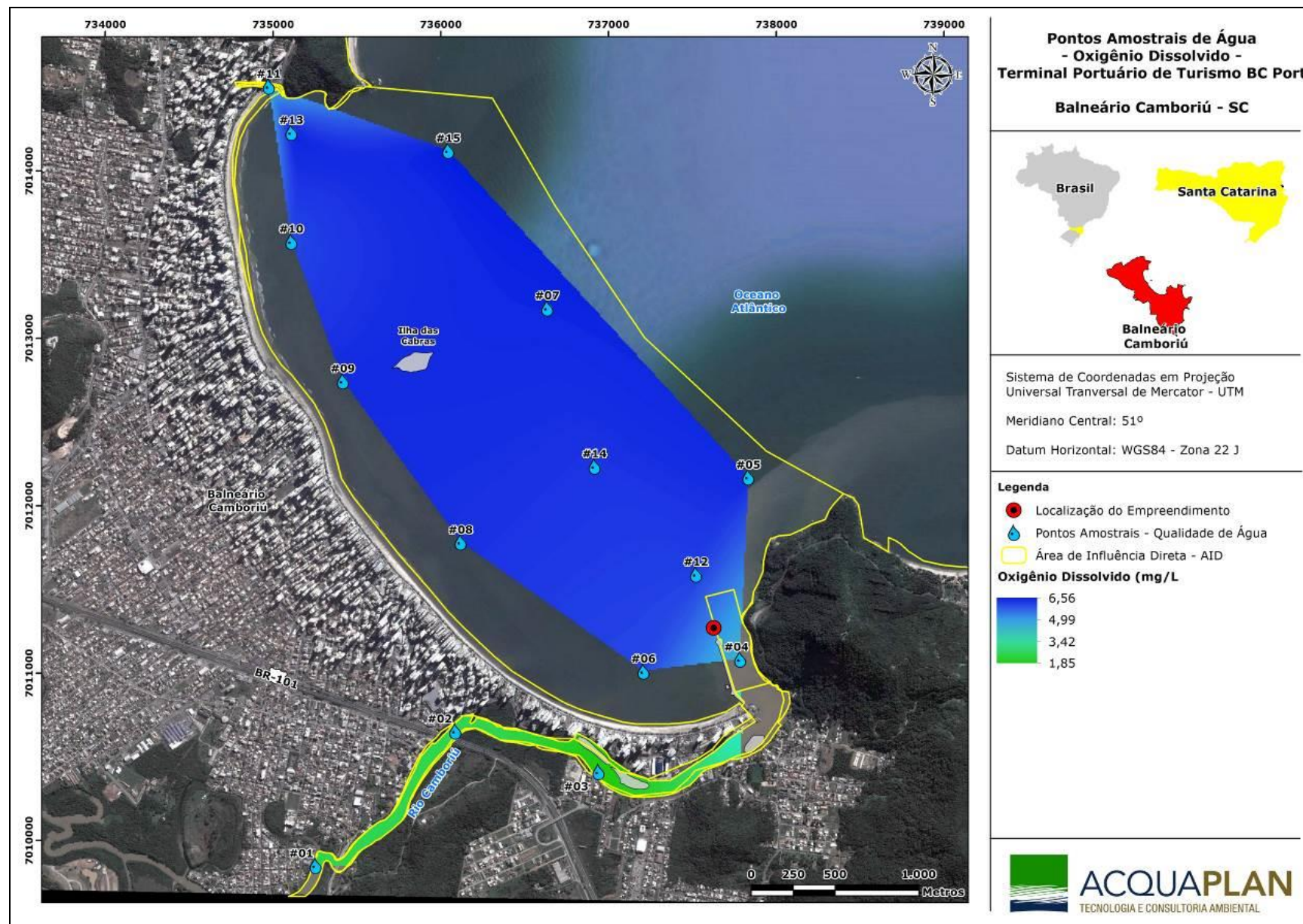


Figura 285. Oxigênio dissolvido(mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.

Os valores médios de turbidez foram 9,19 NTU para as águas superficiais e 5,72 NTU para as águas de fundo. De forma geral, as maiores concentrações se observaram nas águas superficiais (Figura 274) do rio Camboriú, onde se mediu 51,7 NTU na estação #1. Este foi o máximo valor medido na campanha de fevereiro de 2016. Na enseada a variação espacial da turbidez nas águas superficiais foi discreta. O máximo medido foi 6,3 NTU na estação #14.

#### 9.1.7.2.3.2.2. Parâmetros Químicos

As concentrações de ferro dissolvido foram geralmente inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/2005, que é 0,3 mg/L. As maiores concentrações ocorreram nas estações localizadas no rio Camboriú e no rio Marambaia, sendo 0,517 mg/L a máxima observada na estação #2.

Na enseada as concentrações mais altas foram 0,312 mg/L e 0,293 mg/L nas estações de águas superficiais (Figura 287) localizadas na desembocadura do rio Marambaia (#11) e do rio Camboriú(#13), respectivamente. O ferro é um elemento abundante e suas concentrações geralmente são maiores em ambientes fluviais, já que estes são responsáveis pelo carreamento de material sedimentar.

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Também poderá ser importante a contribuição devida ao aporte de efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido. Nas águas tratadas para abastecimento público, o emprego de coagulantes a base de ferro provoca elevação em seu teor (CETESB, 2009)



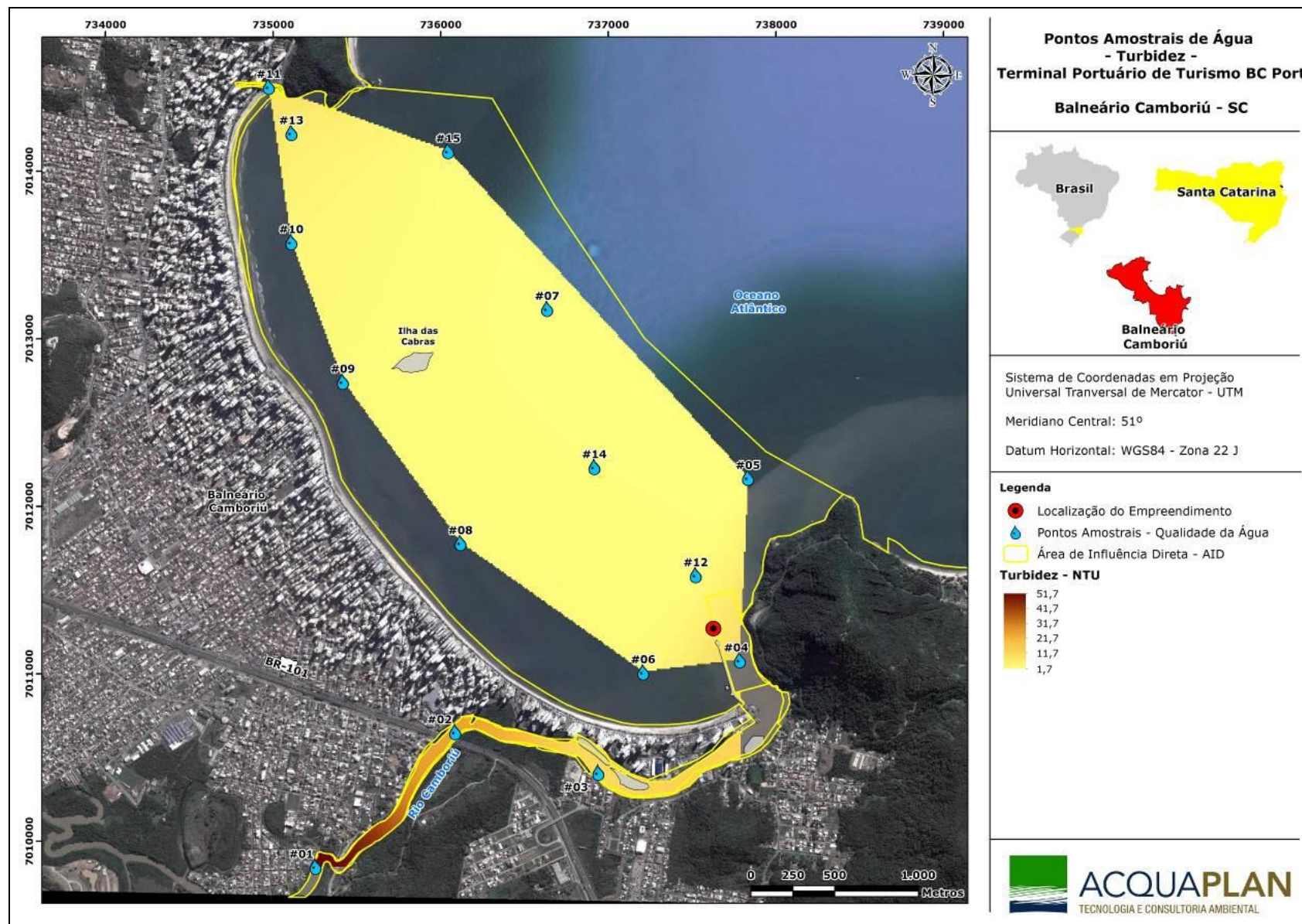


Figura 286. Turbidez (NTU) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



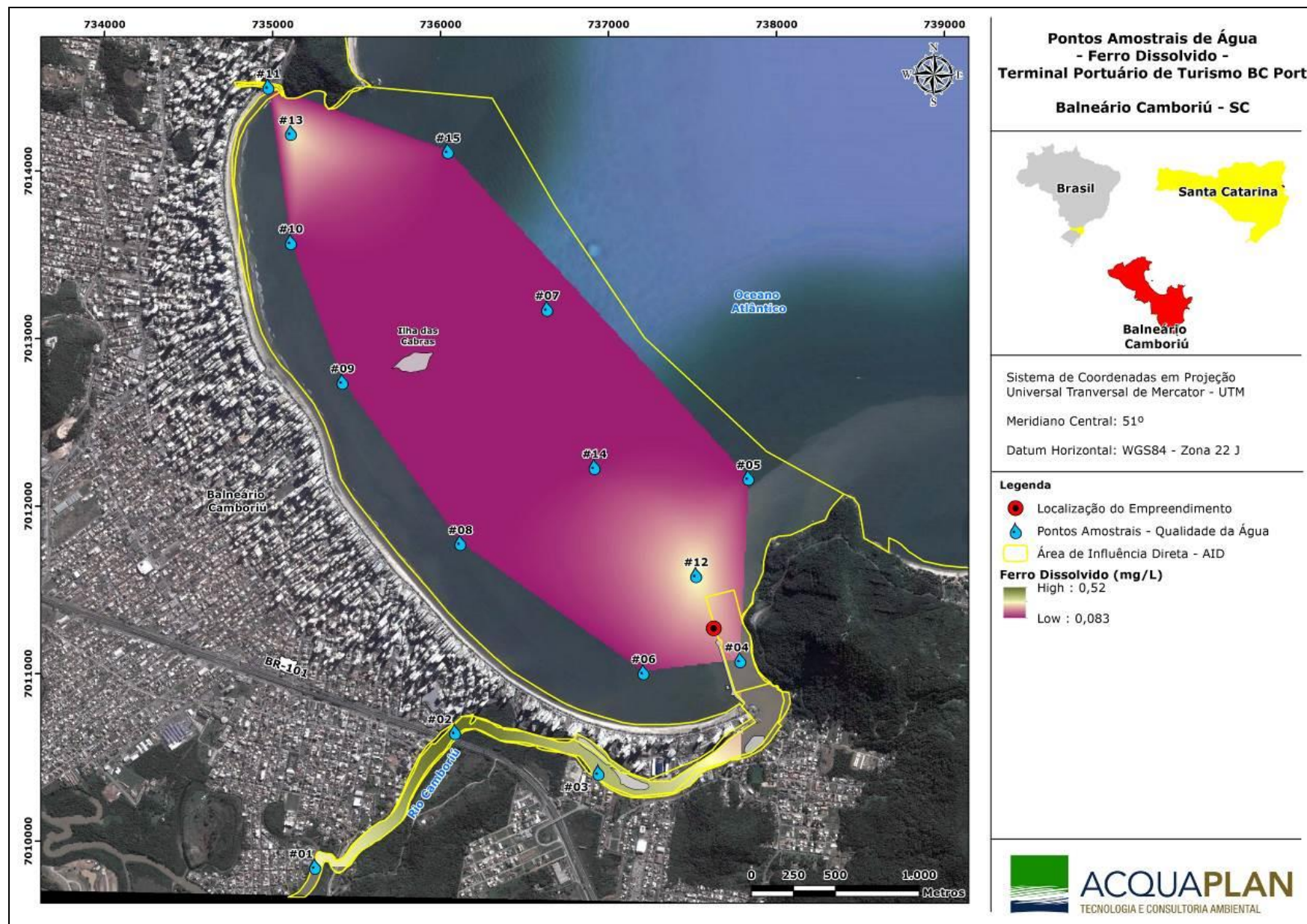


Figura 287. Concentração de ferro dissolvido (mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.

O padrão de distribuição do manganês (Figura 288) foi semelhante ao do ferro dissolvido (Figura 287). Este elemento assim como o ferro está associado ao aporte sedimentar, por isso as maiores concentrações ocorreram nas estações localizadas nos dois rios amostrados em fevereiro de 2016.

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos mais diversos, sendo que a sua ocorrência é mais rara. O manganês é muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros (CETESB, 2009).

A legislação admite uma concentração de 0,01mg/L de chumbo. Nas estações de fundo a média para este elemento foi 0,01 mg/L embora tenham sido observadas concentrações discretamente maiores do que o limite legal nas estações #1 e #13 com concentrações de 0,013 mg/L e 0,012 mg/L, respectivamente.

Nas águas superficiais(Figura 289) a média para o chumbo também foi 0,01 mg/L e máxima de 0,045 mg/L na estação #13 próxima da desembocadura do rio Marambaia. O chumbo está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos, nestes últimos, naturalmente, por contaminação e na embalagem. Está presente na água devido às descargas de efluentes industriais como por exemplo os efluentes das indústrias de acumuladores (baterias), bem como devido ao uso indevido de tintas e tubulações e acessórios a base de chumbo (materiais de construção). O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição e metalurgia (CETESB, 2009).

As maiores concentrações de cianeto foram observadas associadas ao ferro dissolvido. Na água, o cianeto é encontrado na forma molecular, como ácido cianídrico (HCN), ou na forma livre, como íon cianeto (CN<sup>-</sup>). Os cianetos são encontrados em todas suas formas na natureza, em plantas e animais e podem até mesmo ser produzidos por fungos e pelo fitoplâncton (SOUZA, 2013).

Existem plantas como a mandioca (*Manihot esculenta*) que produzem doses consideravelmente altas (acima de 10 mg) de cianeto (VETTER, 2000). Os cianetos presentes nos mananciais ainda podem ser oriundos de despejos de resíduos de indústrias que processam a mandioca, bem como, indústrias de galvanoplastia, metalurgia, limpeza de metais, curtimento de couro, produção de pesticidas, mineração, corantes e farmacêutica (ATSDR, 2006).



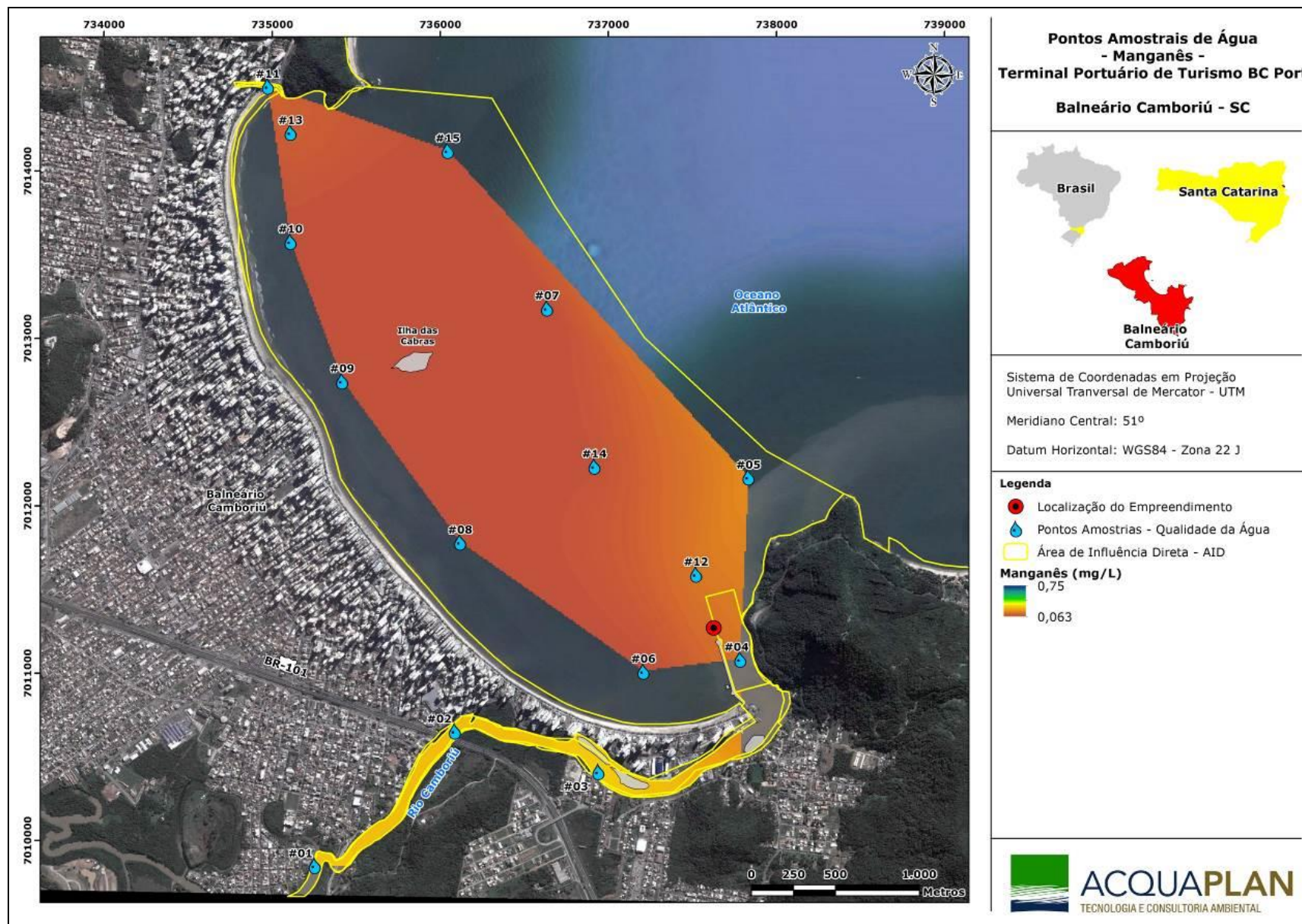


Figura 288. Concentração de manganês (mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



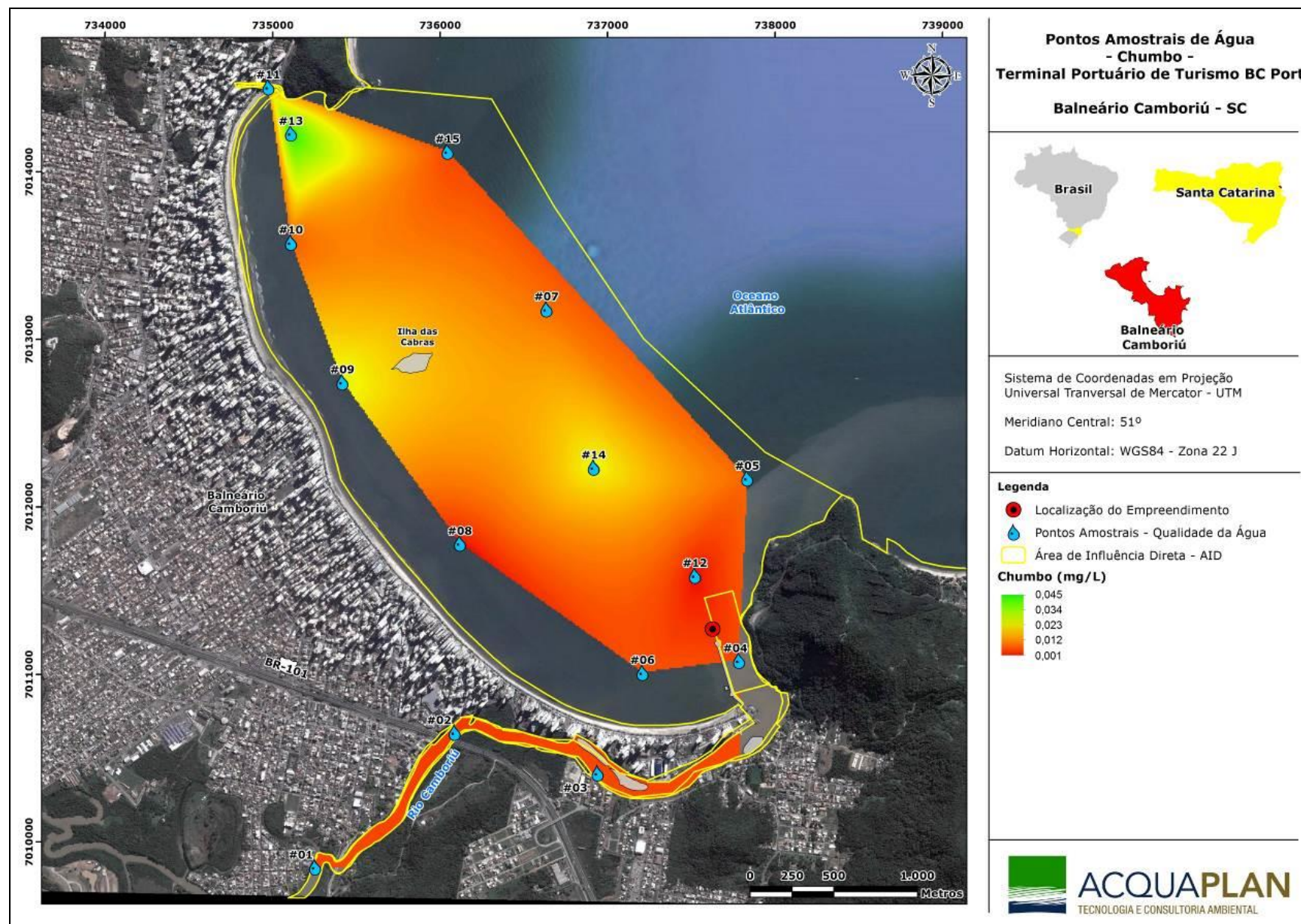


Figura 289. Concentração de chumbo (mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



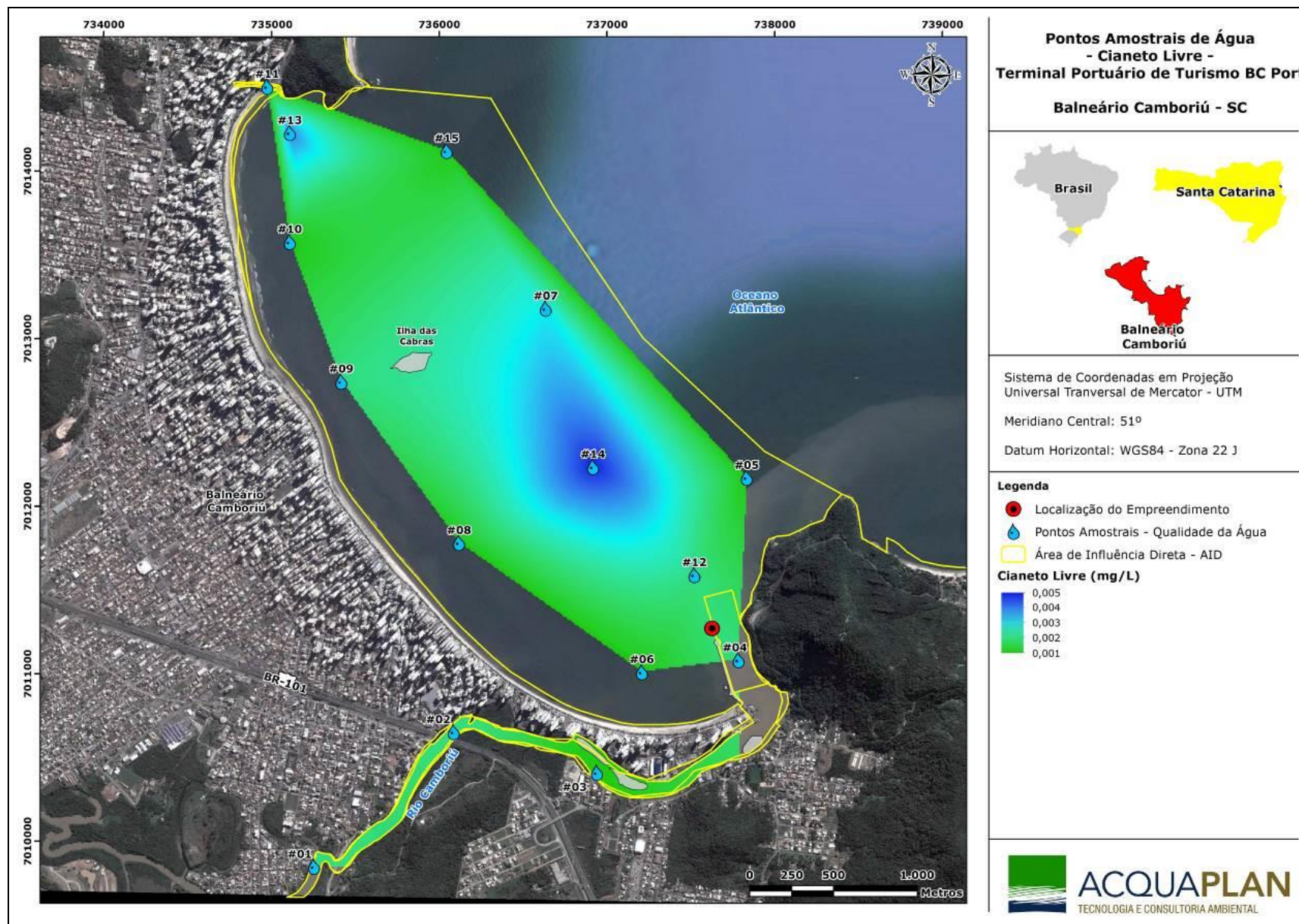


Figura 290. Concentração de cianeto livre (mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



Nas águas superficiais são fontes importantes, as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da língua salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água (CETESB, 2009).

O cloro residual teve distribuição, em geral, homogênea nas amostras de água de superfície e de fundo coletadas na enseada e nos rios situados nas extremidades destas.

As maiores concentrações de cloro residual foram 0,05 mg/L observadas na estação amostra #1 no rio Camboriú na amostra #15 localizada na porção norte da enseada. Estes valores são superiores a 0,01 mg/L estabelecidos pela legislação ambiental no que diz respeito a qualidade de água.

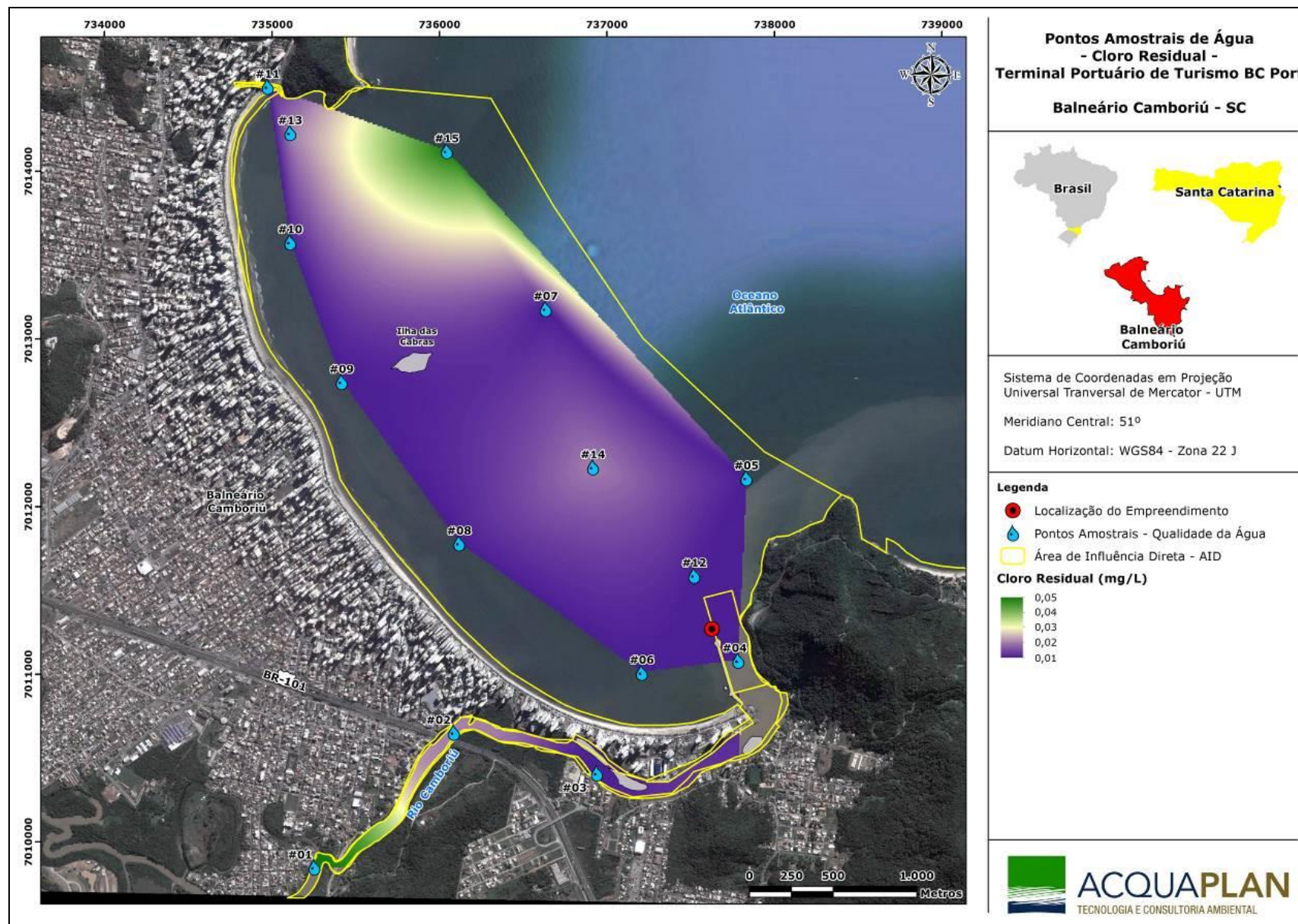


Figura 291. Concentração de cloro residual (mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes.

A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; a fixação química, reação que depende da presença de luz, também acarreta a presença de amônia e nitratos nas águas, pois a chuva transporta tais substâncias, bem como as partículas contendo nitrogênio orgânico para os corpos hídricos.

Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização. Como visto, o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2009).

Nas águas de fundo, a média das concentrações de nitrogênio amoniacal foi 0,36 g/L com mínimo de 0,1 mg/L e máximo de 0,96 mg/L. Embora a média e o mínimo das amostras coletadas em águas superficiais tenha sido igual a das águas de fundo, o máximo foi 1,3mg/L na amostra #12 (Figura 292), que está situada na área mais externa da enseada. Com exceção desta amostra, observa-se que nas estações amostradas nos rios, as concentrações de nitrogênio amoniacal foram mais elevadas do que na enseada, caracterizando aporte destas por via fluvial. Nestas amostras os valores foram iguais ou maiores do que 0,4 mg/L, que é o máximo aceito pela legislação ambiental vigente.



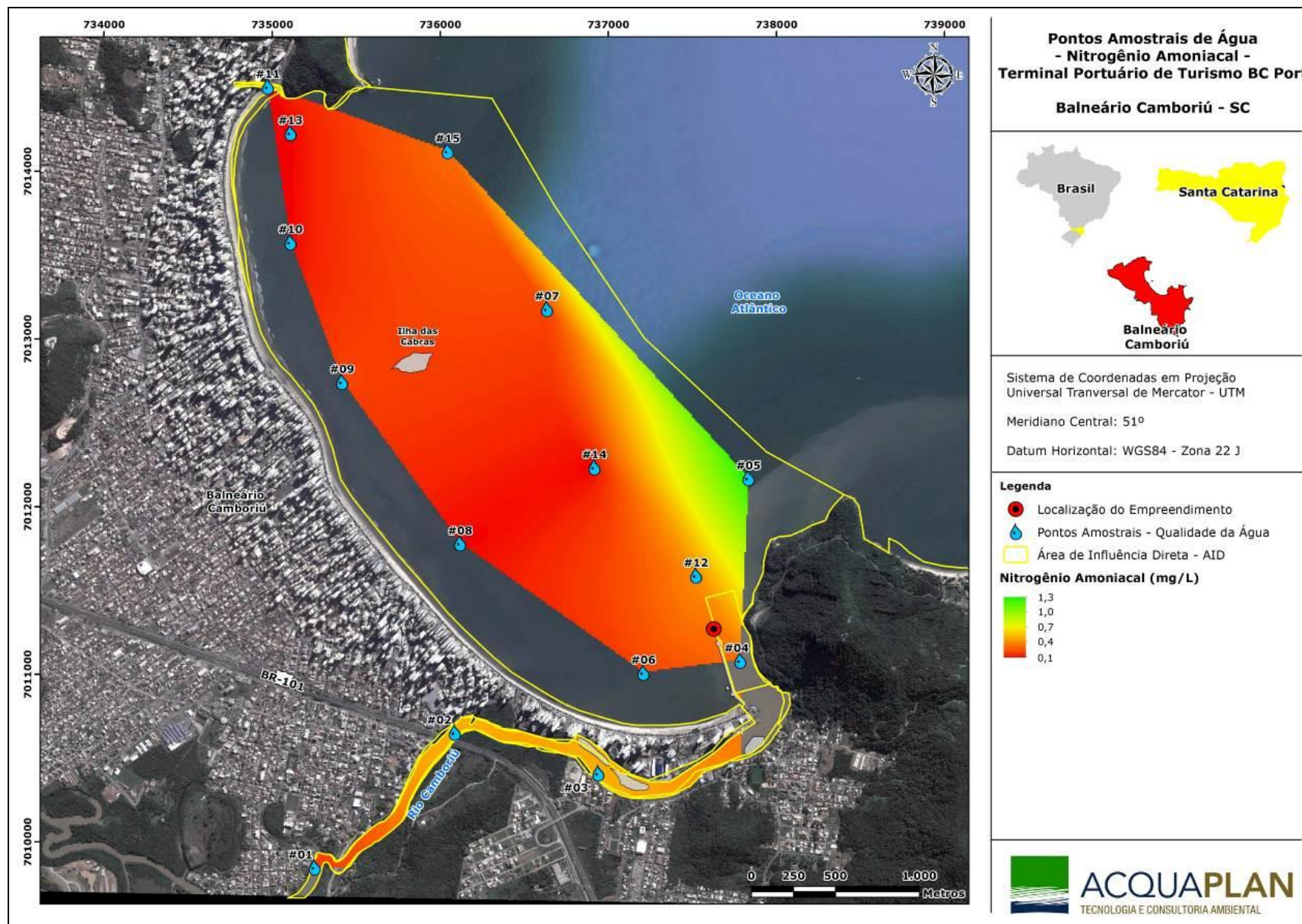


Figura 292. Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.

Tanto nas amostras superficiais quanto nas de fundo as concentrações de nitrato geralmente foram superiores a 0,7 mg/L, que é o máximo admitido pela legislação, com exceção da #10 onde se observou valor inferior a 0,01 mg/L nas duas profundidades amostradas (Figura 293). Com exceção a esta estação, a distribuição espacial deste parâmetro foi homogênea tanto nas estações amostradas na enseada quanto nos rios.

As concentrações de nitrito não apresentaram desconformidades já que as concentrações geralmente foram inferiores a 0,020 mg/L (Figura 294). As maiores concentrações foram observadas nas águas superficiais do rio Camboriú, sendo a máxima 0,035 mg/L na estação #1.

As concentrações de sulfeto, especialmente nas estações de fundo, foram superiores aos limites legalmente dispostos (Figura 295). Na estação #6, onde as condições hidrodinâmicas são mais restritas foram observadas concentrações altas nos dois estratos da coluna d'água. Nas demais águas da enseada este parâmetro apresentou padrão de distribuição homogêneo.

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas, que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo.

As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (CETESB, 2009).

As concentrações de coliformes totais (Figura 296) e termotolerantes (Figura 297) foram maiores nos dois rios amostrados e diminuíram em direção da enseada evidenciando o aporte destes. Na enseada as concentrações foram consideravelmente inferiores pela limitação que estes organismos possuem em relação ao aumento de salinidade.



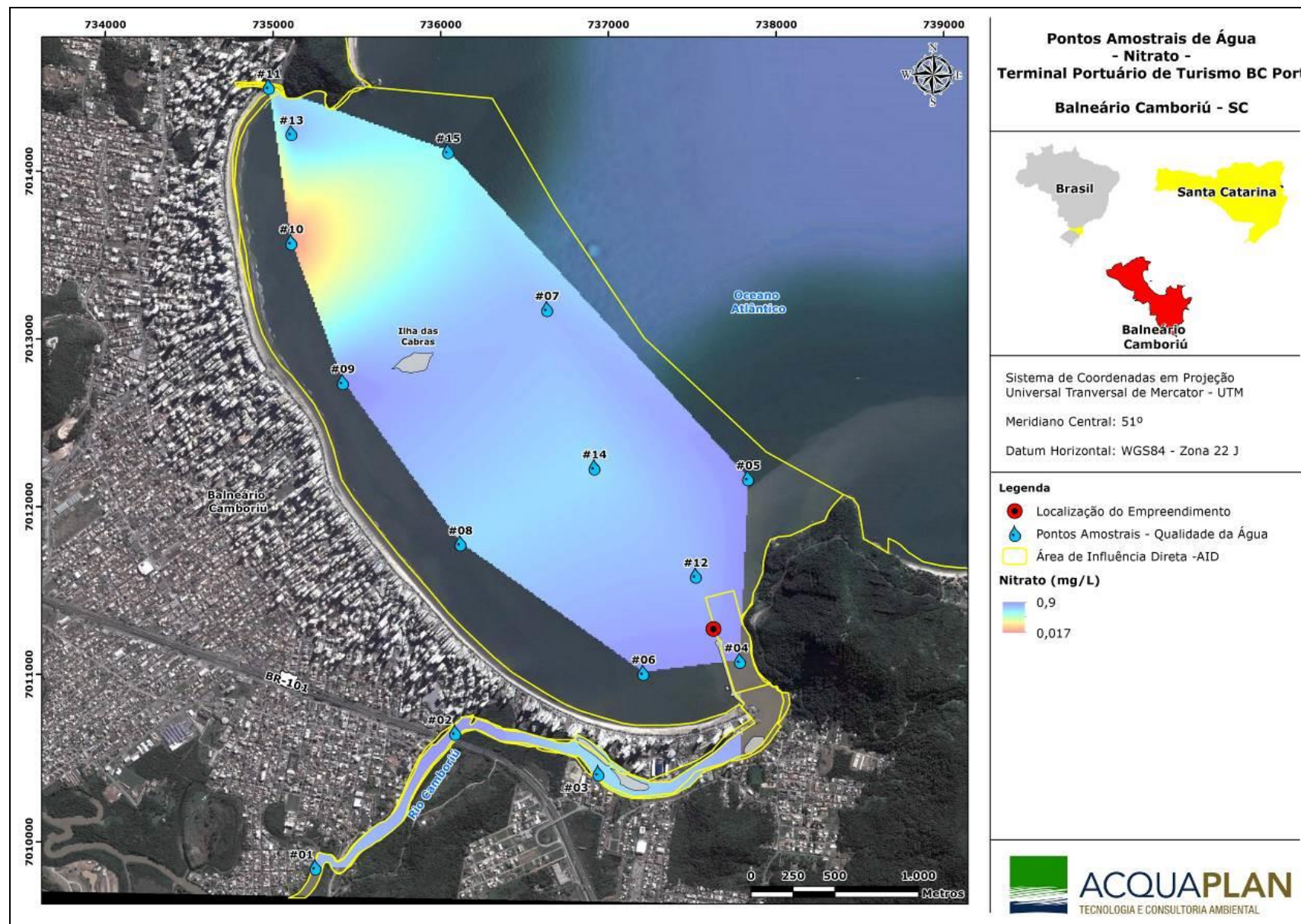


Figura 293. Concentrações de nitrato (mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



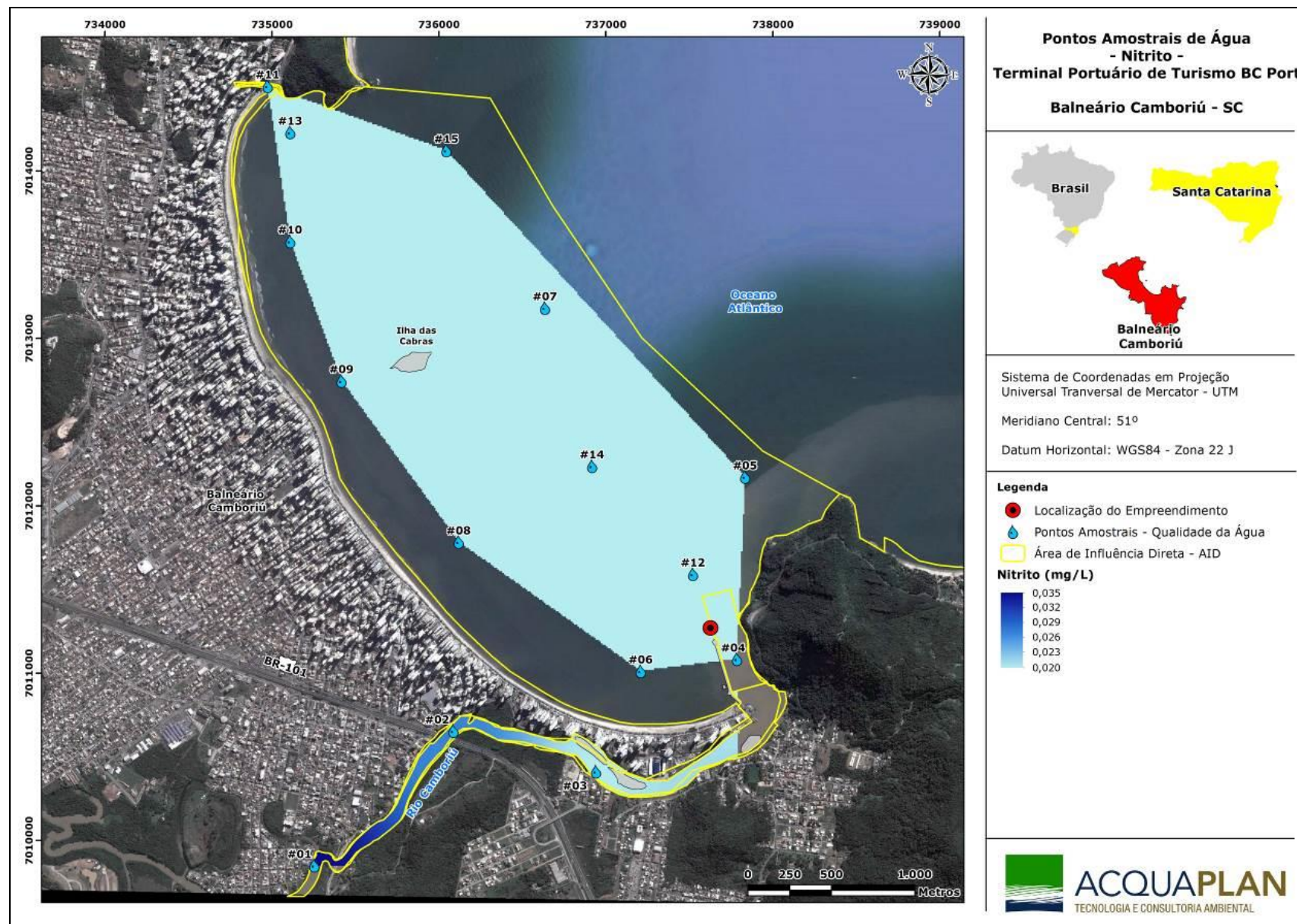


Figura 294. Concentrações de nitrito (mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



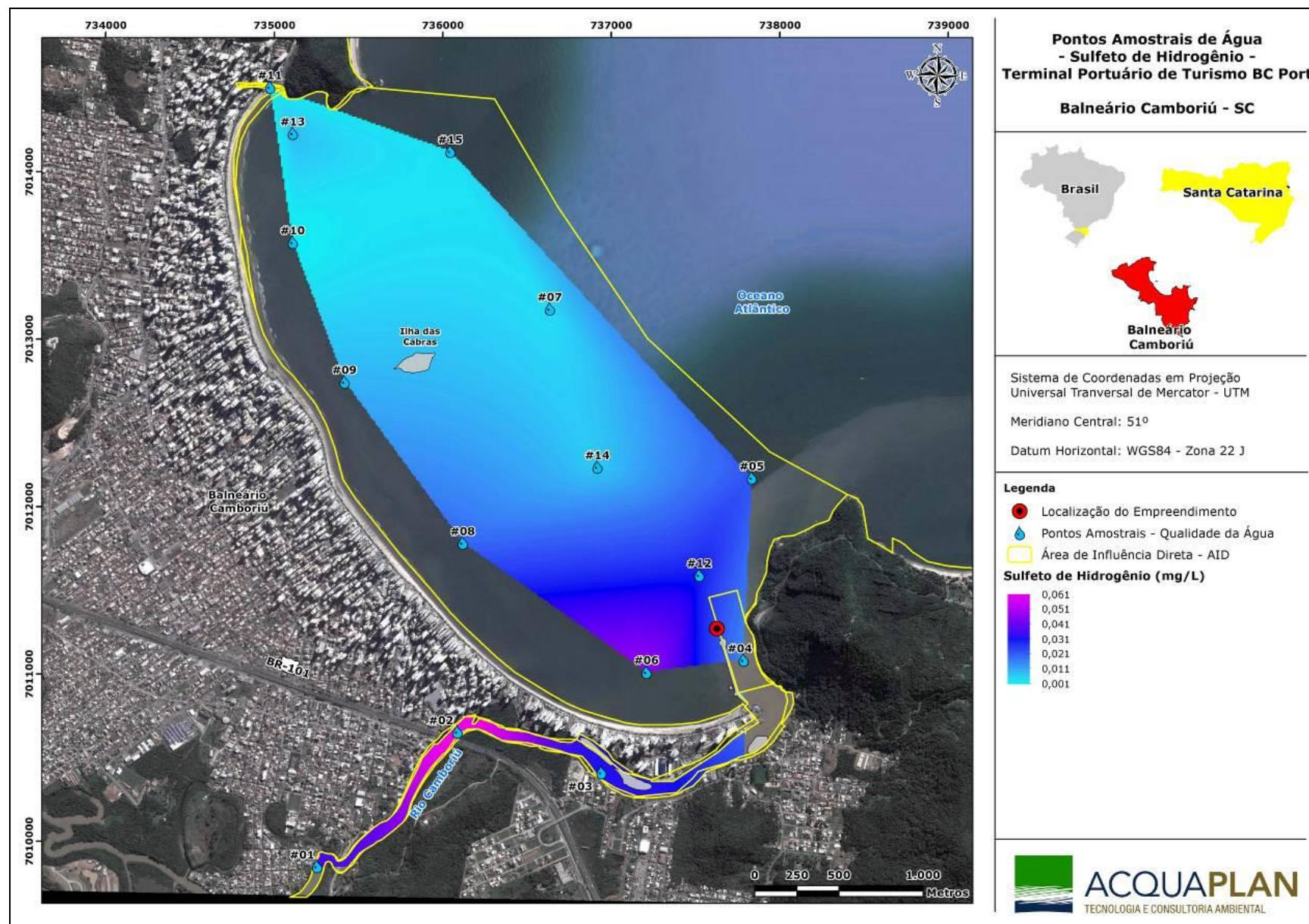


Figura 295. Concentrações de sulfeto (mg/L) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



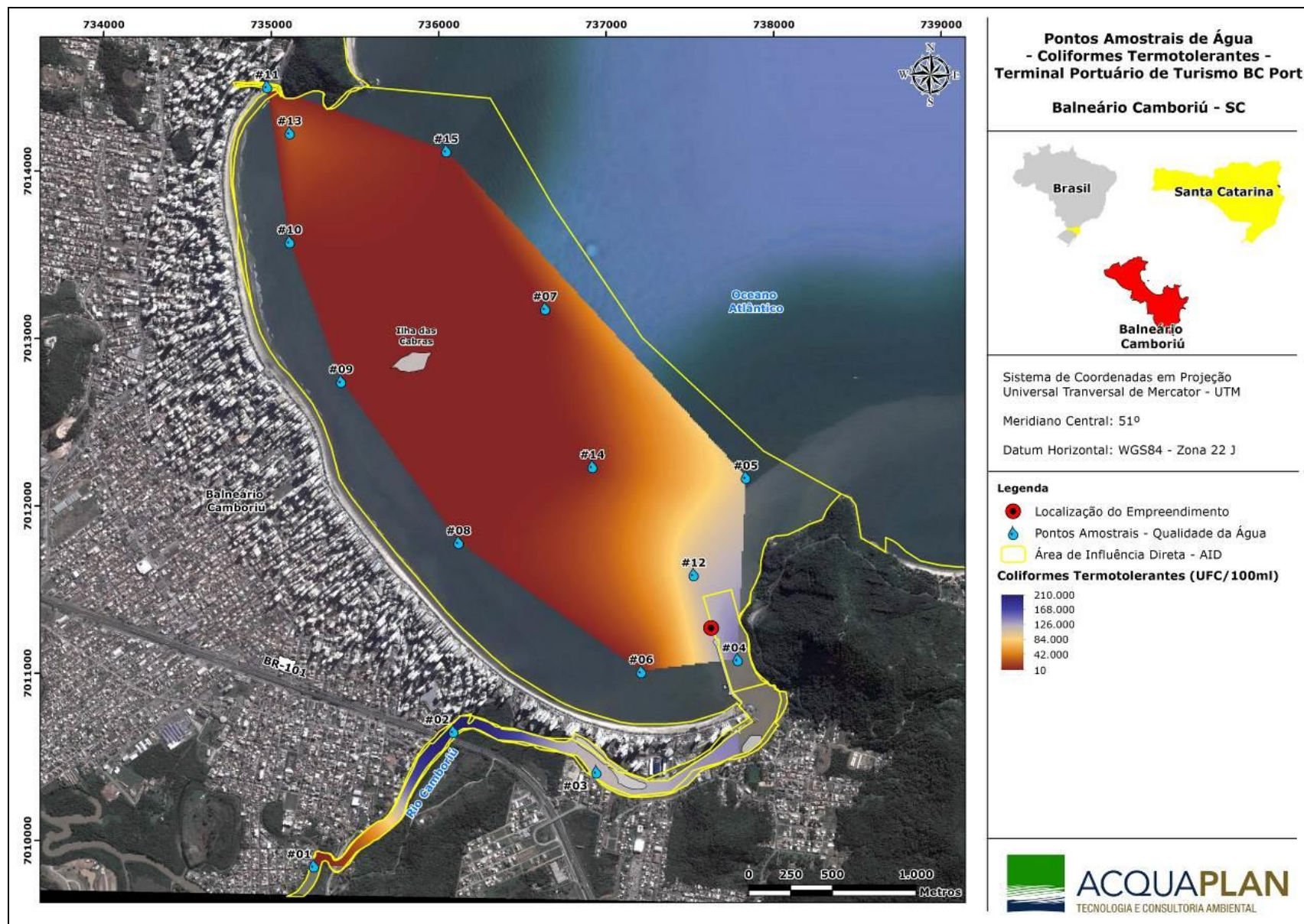


Figura 296. Concentração de coliformes termotolerantes (UFC/100mL) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.



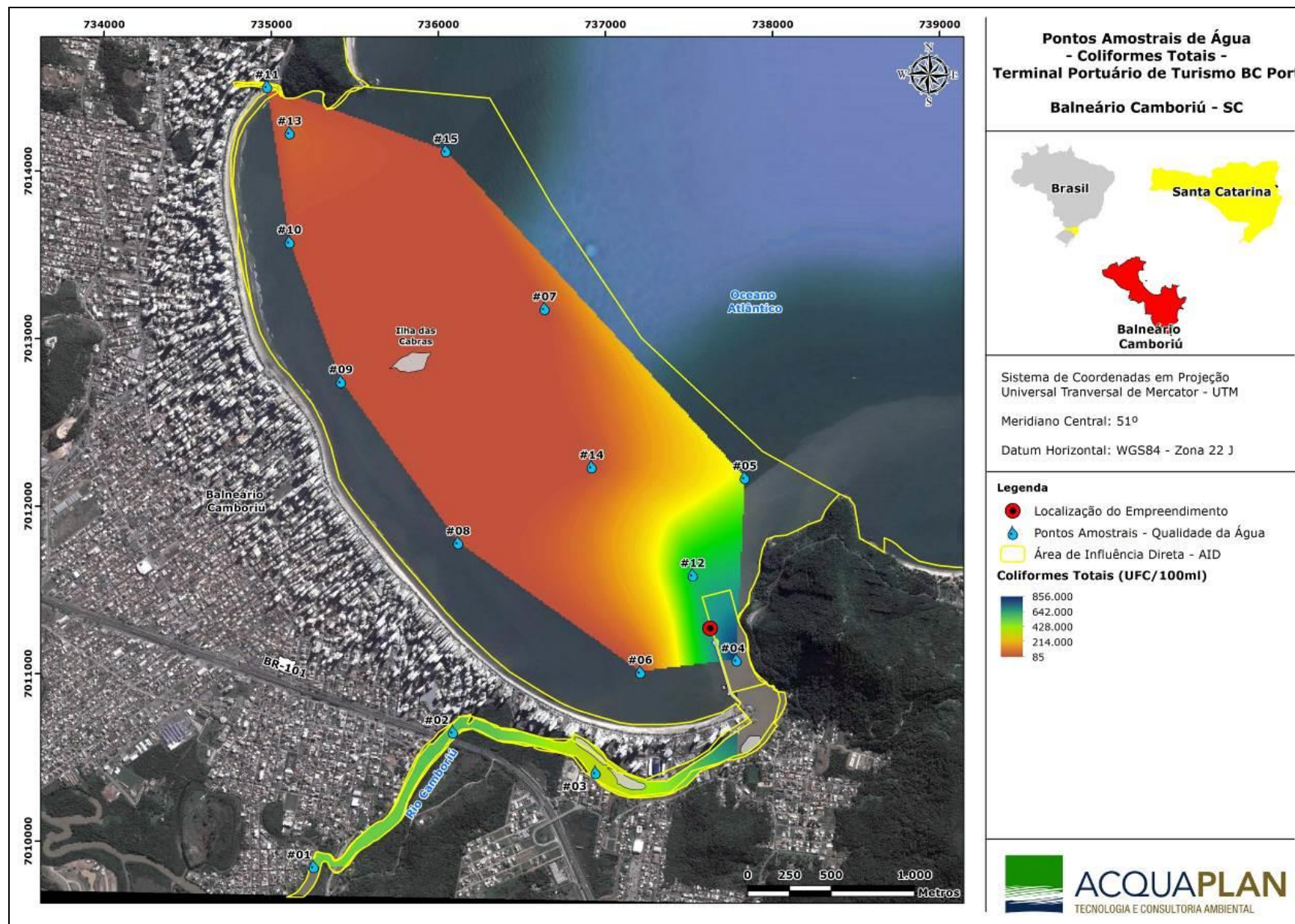


Figura 297. Concentrações de coliformes totais (UFC/100mL) nas águas superficiais do rio e da enseada de Camboriú em fevereiro de 2016.

#### 9.1.7.2.4. Considerações Finais

A maioria dos parâmetros físico-químicos e químicos avaliados na enseada de Camboriú e nos dois rios que nela deságuam atenderam ao disposto pela Resolução CONAMA Nº 357/2005.

As baixas concentrações de oxigênio dissolvido nos rios Camboriú e Marambaia são resultado da grande demanda deste gás para a decomposição da matéria orgânica representada pelas altas concentrações nitrogênio amoniacal, sulfeto e coliformes totais e termotolerantes observadas nos rios quando comparados a enseada.

Os resultados aqui apresentados mostram que a qualidade das águas superficiais e de fundo da enseada de Camboriú tem boa qualidade ambiental quando considerado o disposto na Resolução CONAMA Nº 357/2005. Já as discordâncias observadas nas águas coletadas nos rios estão relacionadas aos parâmetros que estão relacionados com a falta de tratamento adequado de esgotos domésticos, o que, dependendo das condições hidrodinâmicas, pode se estender na enseada nas estações amostradas próximas às desembocaduras dos rios, o que tem sido observado ao longo do tempo em estudos anteriores.

#### 9.1.8. Qualidade das Águas Superficiais e de Fundo na Área Costeira Adjacente a Área de Bota-Fora

##### 9.1.8.1. Introdução

O presente capítulo objetiva apresentar uma caracterização ambiental da qualidade das águas das áreas de bota-fora licenciados para o Porto de Itajaí, com maior ênfase no bota-fora previsto para ser utilizado para a disposição do sedimento dragado nas obras de Instalação Portuária de Turismo do BC Port, sendo este o Quadrante 5 (Q5) denominado como Área de Descarte Sul – Brava BF4, localizado na região da Praia Brava (Figura 298).

Este estudo foi desenvolvido entre janeiro a abril de 2015 com coletas de dados nas áreas dos dois bota-fora sob a responsabilidade do Porto Organizado de Itajaí, assim como também, da área do seu entorno, na região da plataforma continental interna da desembocadura do rio Itajaí-Açu. O estudo ambiental contemplou ao total 07 (sete)

quadrantes, sendo eles: Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7, conforme mostra a localização apresentada na Figura 298.

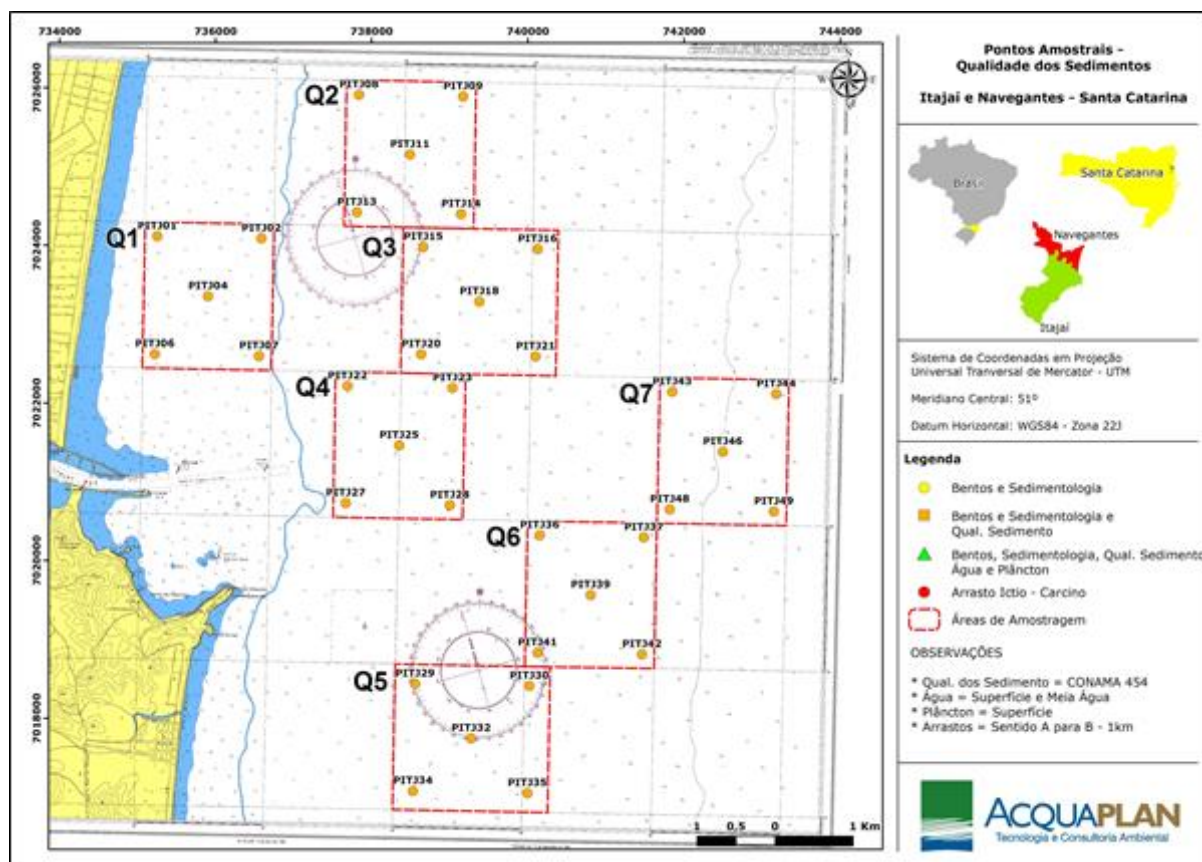


Figura 298. Localização das áreas amostrais onde foram realizados estudos para a caracterização das áreas de bota-fora, na plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, em estudo realizado em 2015.

A malha amostral na plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu foi planejada na forma de *quadrats* dispostos nas áreas de bota-fora e no seu entorno. Para avaliar a qualidade de água foi coletada uma amostra superficial e uma de fundo em cada um dos sete *quadrats*.

Esta avaliação tem por objetivo caracterizar a qualidade da água da área da plataforma continental interna, adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, onde estão inseridas as áreas de bota-fora das dragagens executadas no sistema aquaviário da área portuária do baixo estuário e comparar os resultados obtidos com estudos realizados anteriormente.

#### 9.1.8.2. Metodologia

##### 9.1.8.2.1. Área Amostral



Na área adjacente do rio Itajaí-Açu foram selecionados sete pontos amostrais (Figura 299) para coleta de águas superficiais e de fundo destinadas à avaliação da qualidade de água de acordo com os parâmetros físico-químicos e químicos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05. Os pontos amostrais para avaliação da qualidade de água estão inseridos em sete *quadrats*, onde também foram avaliados os sedimentos quanto à granulometria, à qualidade química, além de componentes do meio biótico.

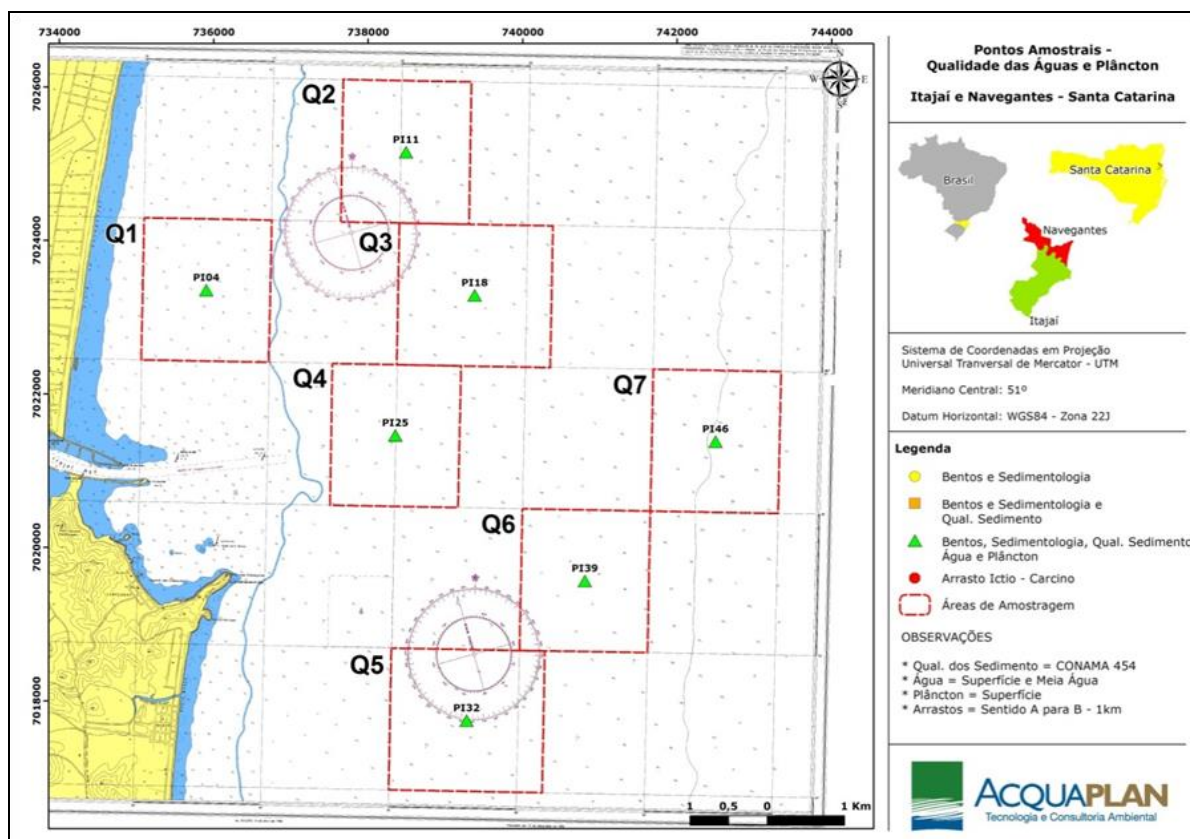


Figura 299. Localização das sete estações amostrais de águas superficiais e de fundo localizadas na área da plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

#### 9.1.8.2.2. Coleta das Amostras

Durante a coleta realizada em 15 janeiro de 2015 foram mensurados parâmetros físico-químicos *in situ* com auxílio de sonda multiparâmetros marca Horiba modelo U50 (Figura 300) nos dois estratos da coluna d'água.





Figura 300. Medição dos parâmetros físico-químicos *in situ*.

As amostras de água foram obtidas utilizando-se uma garrafa amostradora do tipo *van Dorn*, com 5 litros de capacidade (Figura 301), e imediatamente armazenadas em caixas térmicas com gelo para garantir sua integridade, para posterior análise em laboratório.



Figura 301. Garrafa usada para coleta de água e armazenamento da amostra em frasco identificado (garrafa amostradora do tipo *van Dorn*).

Ao final da campanha as amostras devidamente resfriadas foram encaminhadas ao laboratório responsável pelas determinações químicas.

As determinações químicas ficaram sob a responsabilidade da Freitag Laboratórios - Divisão Ambiental e de Alimentos, localizado na Avenida Nereu, Ramos, 95, 1º andar na cidade de Timbó/SC, que possui as seguintes creditações:

- ✓ CGCRE-INMETRO CRL 0687 -ABNT NBR ISP/IEC 17025:2005-ensaios.
- ✓ Fundação do MeioAmbiente – FATMA de Santa Catarina.
- ✓ Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina – AGESAN.
- ✓ Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC.

- ✓ REBLAS – Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde associado à ANVISA.

As análises laboratoriais para determinação dos parâmetros químicos, seguiram os procedimentos analíticos da *U.S. Environmental Protection Agency– USEPA* (ou equivalentes) foram seguidos, atendendo ao disposto da Resolução CONAMA N° 357/2005.

#### 9.1.8.3. Resultados

Os resultados dos parâmetros químicos e físico-químicos obtidos das amostras coletadas em janeiro de 2015 serão comparados, quando pertinente, aos resultados do Monitoramento Ambiental da Dragagem do Canal de Acesso e Bacia de Evolução do Porto Organizado de Itajaí, realizado pela UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí, em estações localizadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, através de coletas mensais realizadas entre dezembro de 2010 e setembro de 2012.

##### 9.1.8.3.1. Parâmetros Físico-Químicos

###### 9.1.8.3.1.1. Salinidade, Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade

A medida da salinidade é de fundamental importância em estudos oceanográficos, pois variações no conteúdo de sal têm efeitos nos campos de densidades, além de auxiliar na identificação das massas de água. Em 1 quilograma de água do mar há em média 35 gramas de compostos dissolvidos, chamados sais inorgânicos, ou seja, 96,5% da água do mar é constituída de água pura e 3,5% de sais.

Os sólidos totais dissolvidos referem-se à concentração de íons dissolvidos presentes nas águas e a condutividade elétrica da água representa a facilidade ou dificuldade de passagem da eletricidade na água. Os compostos orgânicos e inorgânicos contribuem ou interferem na condutividade.

Estes três parâmetros têm estreita relação entre si já que estão associados a presença de sais. Os maiores valores foram observados nas águas de fundo (Figura 302) onde as características físico-químicas são geralmente mais homogêneas do que nas águas superficiais.

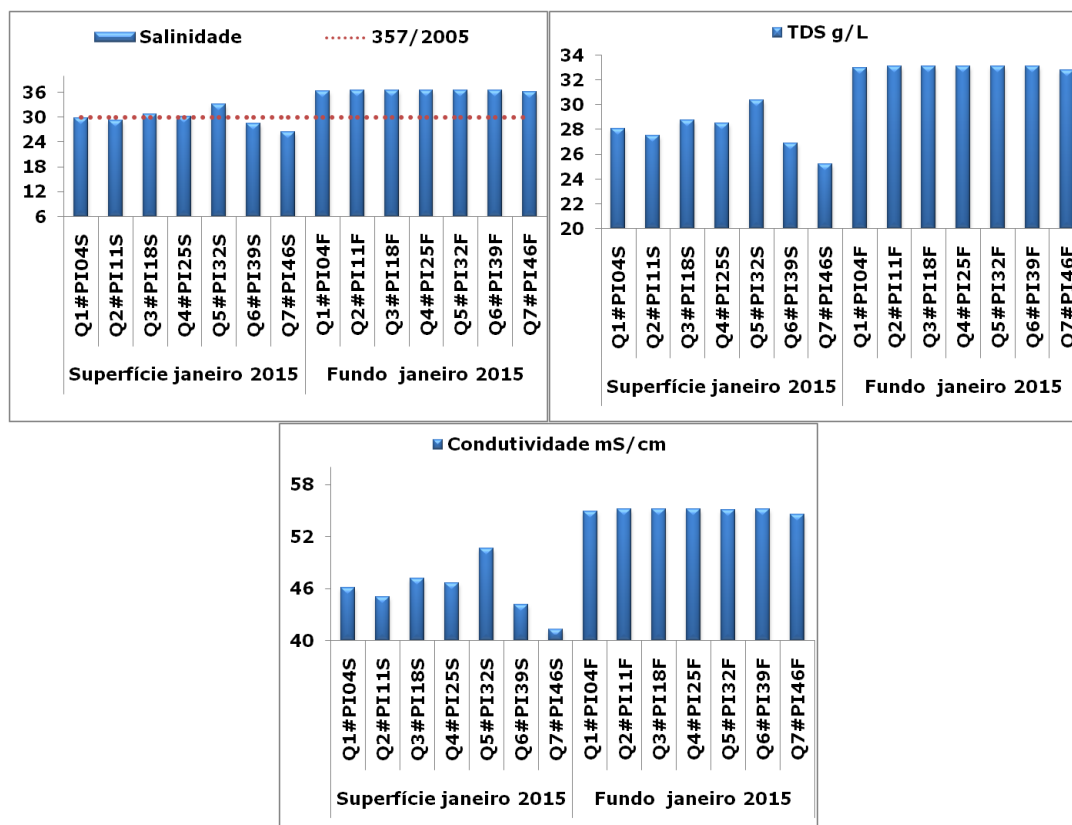


Figura 302. Valores de salinidade, sólidos dissolvidos totais e condutividade em águas superficiais e de fundo coletadas na plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

Nas sete amostras avaliadas nas águas superficiais pode-se observar maior influência do aporte do rio Itajaí-Açu, com salinidades menores nos pontos amostrais situados mais próximos à desembocadura (Figura 302). Observando os resultados de salinidade na malha amostral mais densa (49 amostras), coletados também no mês de janeiro de 2015, percebe-se com maior nitidez a distribuição das águas menos salinas ao largo da plataforma (Figura 303), direcionadas principalmente para o norte, o que evidencia a influência e a direção preferencial da pluma estuarina nesta área. Durante esta coleta percebeu-se que a área de bota-fora de Navegantes, representada pelo *quadrat* Q3, esteve sob influência da pluma estuarina. Por outro lado, no *quadrat* Q5, localizado na Praia Brava, a influência marinha foi mais evidente. A influência da pluma estuarina sobre a água superficial da plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu e a direção preferencial para o norte já haviam sido observadas em estudos anteriores realizados por outros autores (SCHETTINI *et al.*, 1998; TROCHIMCZUK FILHO & SCHETTINI, 2003; SCHETTINI *et al.*, 2003).

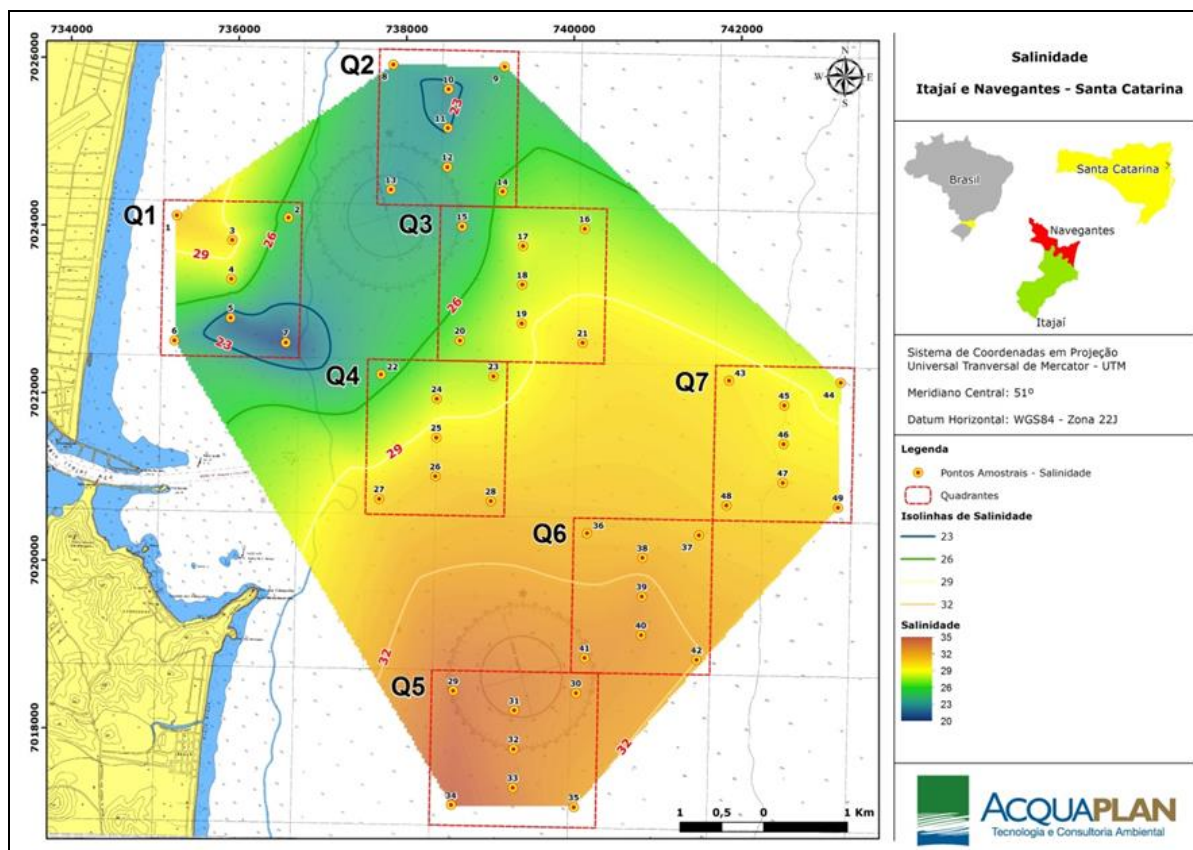


Figura 303. Valores de salinidade de 35 amostras de águas superficiais coletadas na plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, evidenciando a influência do rio sobre a salinidade da região marinha.

#### 9.1.8.3.1.2. Temperatura

A temperatura das águas superficiais varia com a localização geográfica e as condições climáticas. Os corpos d'água naturais apresentam variações de temperatura sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical, o que se observou nas estações amostrais avaliadas.

As menores temperaturas na área costeira adjacente do rio Itajaí-Açu (Figura 305), ocorreram nas águas de fundo que, ao contrário das águas superficiais, estão menos expostas à insolação e aos processos biológicos. As temperaturas das águas superficiais aumentaram proporcionalmente ao horário de coleta, isto é, as menores temperaturas ocorreram por volta das 9h e as mais altas foram observadas próximo às 11h.



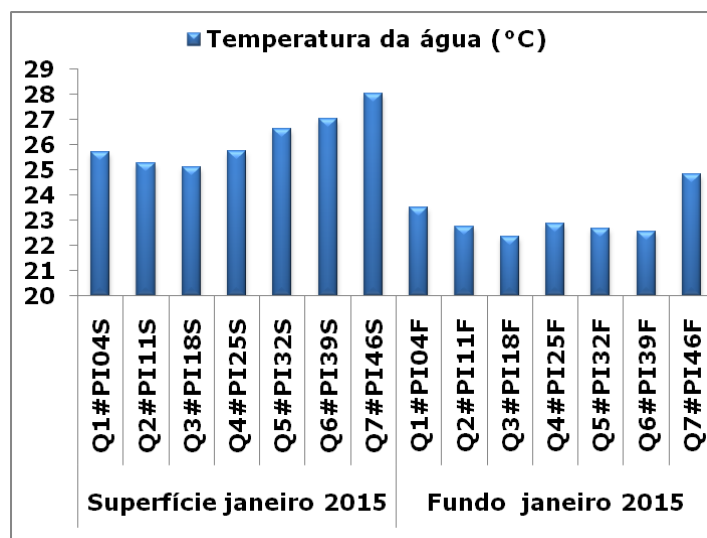


Figura 304. Valores de temperatura em águas superficiais e de fundo coletadas na plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

#### 9.1.8.3.1.3. Oxigênio Dissolvido (OD)

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese.

A média de concentração do oxigênio dissolvido em águas superficiais foi 7,68 mg/L e nas águas de fundo foi de 7,69 mg/L (Figura 305), sendo superior aos 6 mg/L, conforme estabelece a legislação ambiental.

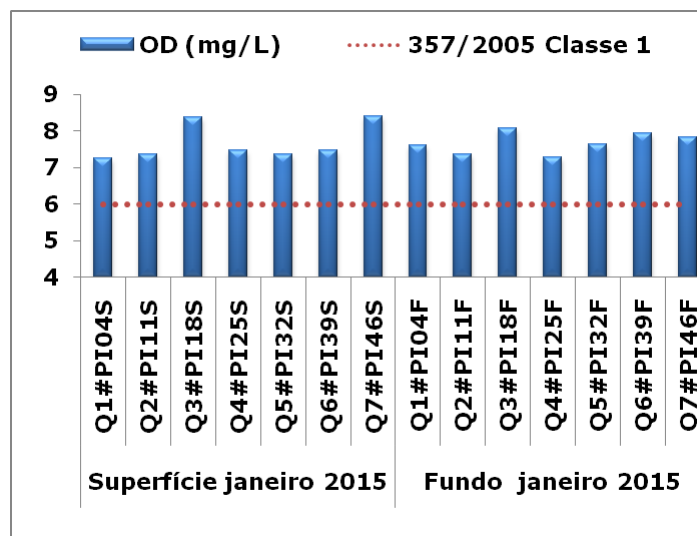


Figura 305. Concentração de oxigênio dissolvido (OD) em águas superficiais e de fundo coletadas na plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

Entre dezembro de 2010 e setembro de 2012 (UNIVALI, 2012) foram avaliadas as concentrações de oxigênio dissolvido de 72 amostras na plataforma adjacente ao rio Itajaí-Açu, das quais em 27,78% foram observadas desconformidades para este parâmetro considerando o que dispõe a legislação para Águas Salinas de Classe 1.

#### 9.1.8.3.1.4. pH

Os valores de pH representam a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons ( $H^+$ ) e ( $OH^-$ ). Apresentam variação entre 0 e 14, sendo 7,0 o valor neutro. Águas com  $pH < 7,0$  são consideradas ácidas, e com  $pH > 7,0$ , básicas. O valor de pH na água do mar depende fundamentalmente das quantidades totais de  $CO_2$ , temperatura, salinidade e atividade biológica através dos processos fotossintetizantes (WALSH, 2009). Em áreas costeiras o pH também pode sofrer alterações em função do aporte antropogênico (FUENTES & MASSOL-DEYÁ, 2002).

Exceto nas águas superficiais da estação #PI46S, localizada no *quadrat* Q7 (Figura 299) os valores de pH na coleta de janeiro de 2015 atenderam ao que dispõe a legislação em todas as estações amostrais superficiais e de fundo (Figura 307).

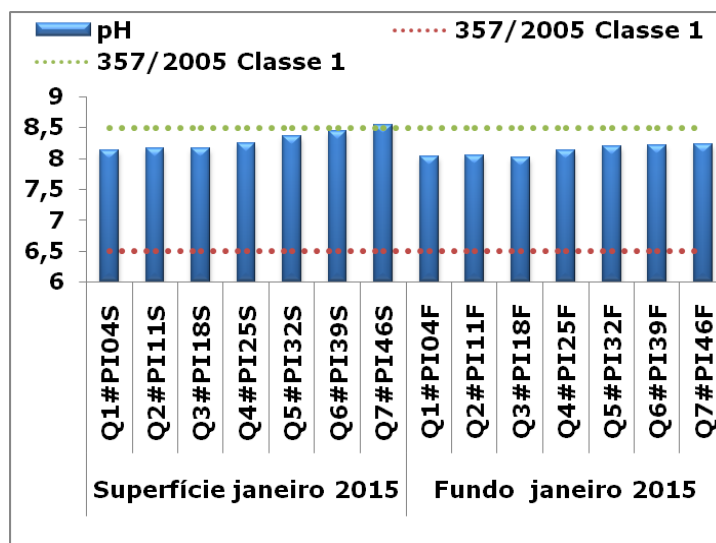


Figura 306. Valores de pH em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

No monitoramento realizado entre 2010 e 2012 (UNIVALI, 2012) os valores de pH raramente apresentaram valores que discordaram dos limites legais. Naquele estudo os valores de pH variaram entre 7 e 9,2.

#### 9.1.8.3.1.5. Potencial de Oxiredução (ORP)

As reações de oxirredução de uma substância redutora cedem alguns de seus elétrons e, consequentemente, se oxida, enquanto outra, oxidante, retém essas partículas e sofre assim um processo de redução (CORCÓVIA & CELLIGOI, 2012). A solubilidade de alguns elementos depende do seu estado de oxidação, que pode ser controlado pelo ambiente. O meio redutor frequentemente está associado com a presença de matéria orgânica, que ao oxidar fornece os elétrons para reduzir espécies oxidadas de outros elementos (ENZWEILER, 2010). Valores positivos do potencial de oxirredução indicam condições oxidantes, enquanto que valores negativos indicam disponibilidade de elétrons, ou condições redutoras. As águas marinhas apresentam valores de pH que normalmente oscilam entre 4 e 9, sendo que estas águas são sistemas abertos para a atmosfera e, portanto, podem estar saturadas com oxigênio próximo à superfície (JARDIM, 2014).

As águas de fundo coletadas na plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu apresentaram maiores valores para potencial de oxirredução do que as águas superficiais, embora o padrão de distribuição para este parâmetro tenha sido semelhante nos dois estratos avaliados.

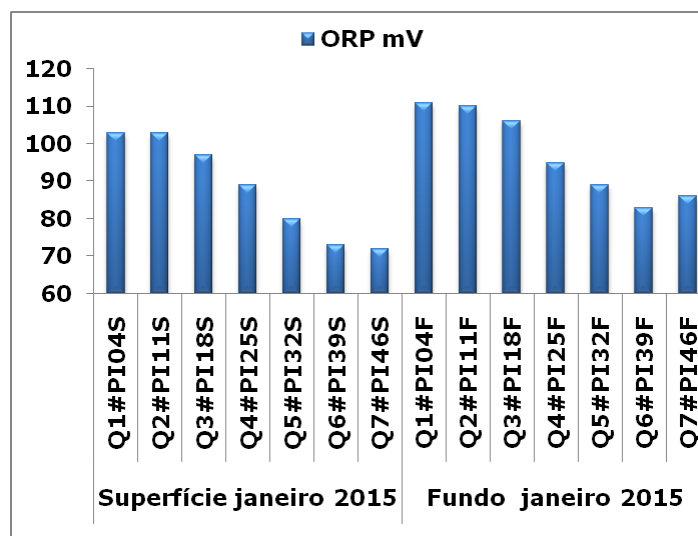


Figura 307. Valores do potencial de oxirredução (ORP) em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

#### 9.1.8.3.1.6. Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral etc. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas, que é intensificada pelo mau uso do solo, é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas, assim como o despejo de efluentes domésticos e industriais (CETESB, 2009).

Na coleta de janeiro de 2015 as estações superficiais apresentaram maiores valores de turbidez (Figura 308), associados às menores salinidades, o que possivelmente está relacionado com a pluma estuarina que se dispersa sobre a plataforma adjacente do rio Itajaí-Açu. Em águas superficiais o *quadrat* Q5 foi o que apresentou o menor valor para turbidez o que se deve à sua localização fora da área de influência da pluma estuarina. Nas águas de fundo, os maiores valores para este parâmetro ocorreram nas estações #Q1PI04F e #Q7PI46F, provavelmente associados a processos de ressuspensão de sedimentos.



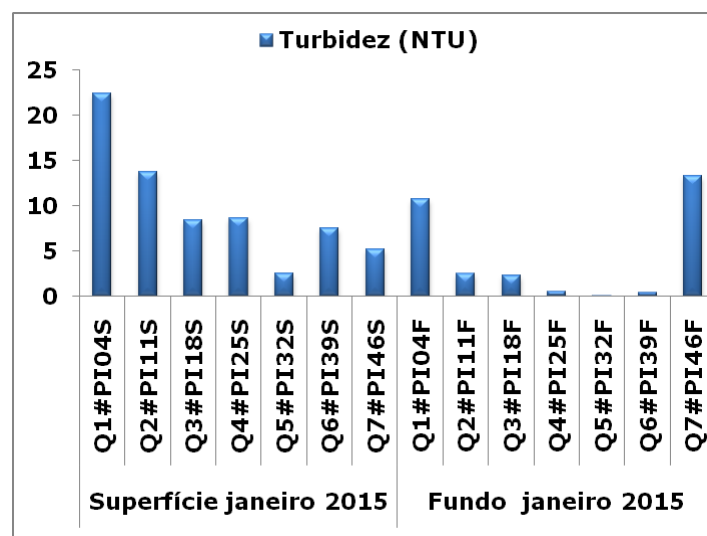


Figura 308. Valores de turbidez em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

Durante o monitoramento realizado pela UNIVALI (2012) os valores de turbidez foram sempre maiores nas amostras coletadas no fundo, mesmo antes de iniciadas as operações de dragagem. Os pesquisadores daquela instituição atribuíram essa variação dos valores de turbidez nas amostras de fundo ao aumento da velocidade das correntes. Durante as atividades de descarte dos sedimentos também foram observados aumentos nos valores de turbidez nas áreas de bota-fora, mas estas tenderam a diminuir na medida em que ocorria a sedimentação do material sedimentar dragado.

#### 9.1.8.3.2. Parâmetros Químicos

As concentrações observadas para a maioria dos parâmetros químicos avaliados na área costeira adjacente do rio Itajaí-Açu, na região da plataforma continental interna, foram menores do que os limites de detecção analíticos (Tabela 39) e, portanto, inferiores aos máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005. Os valores destacados em amarelo indicam concentrações superiores aos limites legais.

Enfatiza-se que os resultados dos parâmetros químicos obtidos das amostras coletadas em janeiro de 2015 serão comparados, quando pertinente, aos resultados do Monitoramento Ambiental da Dragagem do Canal de Acesso e Bacia de Evolução do Porto Organizado de Itajaí realizado pela UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí em estações localizadas na área costeira adjacente da desembocadura do rio Itajaí-Açu, inclusive nos bota-fora #BF4 (situado ao sul da desembocadura – na Praia Brava – Q5) e #BF5 (norte da desembocadura – na praia de Navegantes – Q3), através de coletas mensais realizadas entre dezembro de 2010 e setembro de 2012.

Tabela 39. Resultados das análises químicas de águas superficiais e de fundo coletadas no mês de janeiro de 2015 em sete (7) estações amostrais localizadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, na região da plataforma continental interna.

Parâmetro	Amostra													
	#PI04 S	#PI11 S	#PI18 S	#PI25 S	#PI32 S	#PI39 S	#PI46 S	#PI04 F	#PI11 F	#PI18 F	#PI25 F	#PI32 F	#PI39 F	#PI46F
2,4,5-T	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,4,5-TP	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2,4-D	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Aldrin + Dieldrin	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Alumínio Dissolvido	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070	< 0,070
Arsênio Total	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008
Bário Total	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Benzeno	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Berílio Total	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Boro Total (mg/L)	1,35	2,21	2,37	3,13	3,55	2,37	4,34	4,02	4,47	3,54	2,13	2,33	3,63	2,76
Classe1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cádmio Total	< 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	< 0,001
Carbaril	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Carbono Orgânico Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	30	82
Chumbo Total	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Cianeto Livre	< 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	< 0,001
Clordano (Cis + Trans)	< 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	< 0,001
Cloro Residual Total	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobre Dissolvido	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Contagem de	1,3x10 <sup>2</sup>	1,2x10 <sup>2</sup>	7,3x10 <sup>1</sup>	5,7x10 <sup>1</sup>	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,1x10 <sup>2</sup>	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Corantes	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus
Cromo Total	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030

Parâmetro	Amostra														
	#PI04 S	#PI11 S	#PI18 S	#PI25 S	#PI32 S	#PI39 S	#PI46 S	#PI04 F	#PI11 F	#PI18 F	#PI25 F	#PI32 F	#PI39 F	#PI46F	
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	< 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	< 0,001	
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	< 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	< 0,01	
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	< 0,001	
Endossulfan (a, b e sais)	< 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	< 0,001	
Endrin	< 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	< 0,001	
Etilbenzeno	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Fenóis Totais	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	
Ferro Dissolvido	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	< 0,083	
Fluoreto Total	1	0,99	1,05	1,08	1,16	1,1	1,04	1,29	1,29	1,34	1,3	1,32	1,3	1,37	
Fósforo Total	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
Gutíon	< 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	< 0,01	
Heptacloro HeptacloroEpóxido +	< 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	< 0,001	
Lindano ( γ-HCH )	< 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	< 0,001	
Malation	< 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	< 0,01	
Manganês Total	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	< 0,063	
Materiais Flutuantes	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	
Mercúrio Total	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	
Metoxicloro	< 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	< 0,01	
Monoclorobenzeno	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Níquel Total	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Nitrato (mg/L)	0,5	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	
Nitrito	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	

Parâmetro	Amostra													
	#PI04 S	#PI11 S	#PI18 S	#PI25 S	#PI32 S	#PI39 S	#PI46 S	#PI04 F	#PI11 F	#PI18 F	#PI25 F	#PI32 F	#PI39 F	#PI46F
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	<0,10	<0,10	<0,10	0,3	0,2	0,9	0,2	0,3
Óleos e Graxas	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus
Oxigênio Dissolvido(c)	7,27	7,37	8,39	7,48	7,36	7,49	8,42	7,61	7,38	8,09	7,28	7,65	7,96	7,83
PCBs - BifenilasPolicloradas	< 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	< 0,01
Pentaclorofenol	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
pH(c)	8,14	8,16	8,17	8,24	8,36	8,44	8,55	8,03	8,05	8,02	8,14	8,19	8,21	8,23
Polifosfato	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Prata Total	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Resíduo Sólido Objetável	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus
Selênio Total	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Subst que produzem odor e turbidez	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus	VirtAus
Substâncias Tensoativas	0,086	0,08	0,076	0,088	0,1	0,118	0,11	0,103	0,112	0,12	0,12	0,103	0,131	0,138
Sulfeto	0,045	0,012	0,017	0,03	0,016	0,011	0,019	0,023	0,013	0,012	0,025	0,008	0,015	0,01
Tálio	< 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	< 0,001
Tolueno	< 0,1	350,4	221	109,7	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	122,2	15,5	< 0,1	< 0,1	12,7
Toxafeno	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
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	< 0,01
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	< 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	< 0,01
Tricloroeteno	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Urânio Total	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030
Zinco Total	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065	< 0,065
VirtAus = Virtualmente Ausente														

A seguir são graficamente apresentados os parâmetros que apresentaram alguma concentração e comparados aos limites determinados pela legislação.

#### 9.1.8.3.2.1. Boro Total

As principais fontes industriais de geração de boro incluem a produção de vidros, queima de carvão em plantas de geração de energia fundição de cobre e do uso de fertilizantes e fitossanitários na agricultura. Estima-se que a geração antropogênica seja menor que a resultante de processos naturais de erosão (ATSDR, 1992). A concentração nas águas salinas é em torno de 4,5 mg/L (BUTTERWICK *et al.*, 1989; EPA, 1986b).

Na coleta realizada em janeiro de 2015, apesar de ser registrada a ocorrência de boro nas amostras de água, as suas concentrações (Figura 309) foram inferiores ao limite estabelecido pela legislação em todos os pontos amostrados.

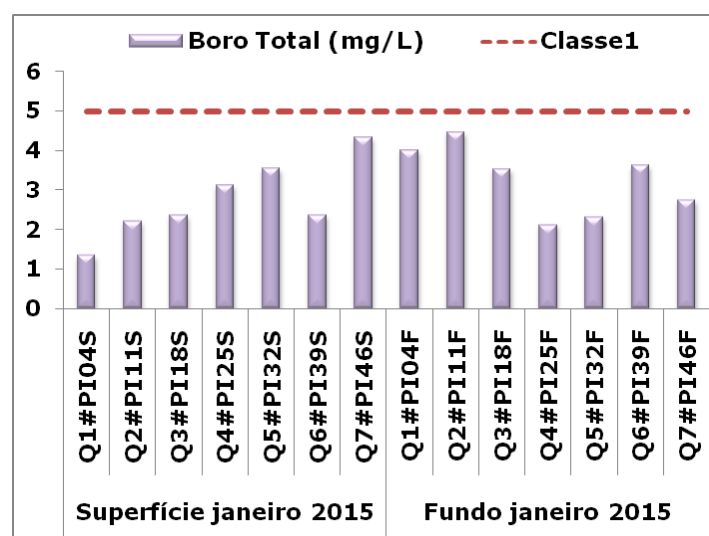


Figura 309. Concentrações de boro total em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

#### 9.1.8.3.2.2. Fluoreto Total

As mais importantes fontes de fluoreto nos ambientes são devidas ao intemperismo de rochas ígneas e sedimentares (WARRINGTON, 1990).

As concentrações de fluoreto na água do mar geralmente variam de 0,86 a 1,4 mg/L (DAVE, 1984). As águas marinhas, segundo Dobbs (1974), geralmente possuem



concentrações de fluoreto maiores do que as águas doces com média de 1,3 mg/L. A correlação de fluoreto com a cloreto é positiva e linear (FRANCO *et al.*, 1978) e os desvios destas concentrações geralmente indicam ocorrência de poluição ou mistura de águas doces e salinas em regiões estuarinas.

Na área da plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu as maiores concentrações de fluoretos ocorreram nas águas de fundo onde as salinidades são mais altas (Figura 310). Não houveram discordâncias quanto aos limites legalmente estabelecidos para este parâmetro.

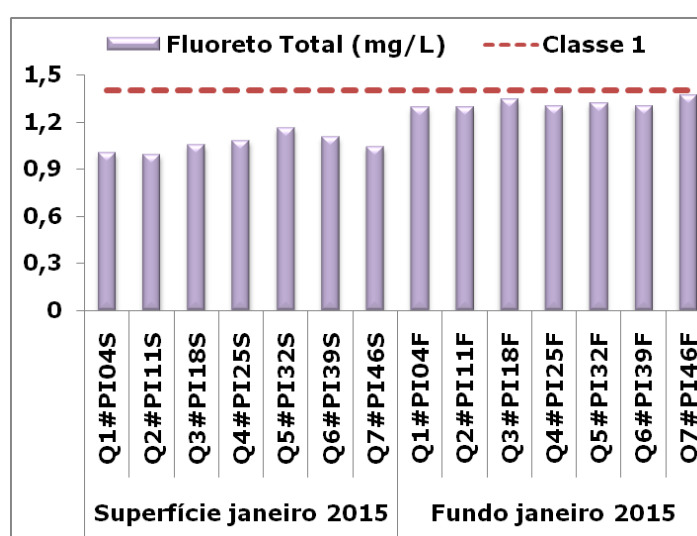


Figura 310. Concentrações de fluoreto total em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

#### 9.1.8.3.2.3. Carbono Orgânico Total (COT)

O carbono orgânico é em grande parte originado pela matéria orgânica presente na água sendo dependente de fatores como: produtividade da coluna d'água, taxa de degradação microbiana e condições oceanográficas locais. A maioria das bacias oceânicas, principalmente as de mares abertos, é caracterizada pela baixa concentração de carbono orgânico, enquanto que os sedimentos próximos à costa são geralmente enriquecidos deste constituinte (BARCELLOS, 2005).

Na coleta realizada em janeiro de 2015 a maioria das concentrações de carbono orgânico total foram inferiores ao máximo do limite legal estabelecido na totalidade de amostras superficiais e em 5 das amostras coletadas no fundo (Figura 311). As exceções ocorreram nas águas de fundo das estações #PI39F e #PI46F, localizadas nos *quadrats*

Q6 e Q7, respectivamente, que estão localizados em uma maior distância da desembocadura do estuário. As concentrações de 30 e 82 mg/L observadas nestas estações amostrais podem estar relacionadas a processos de ressuspensão dos sedimentos e consequente disponibilização deste elemento para a coluna d'água.

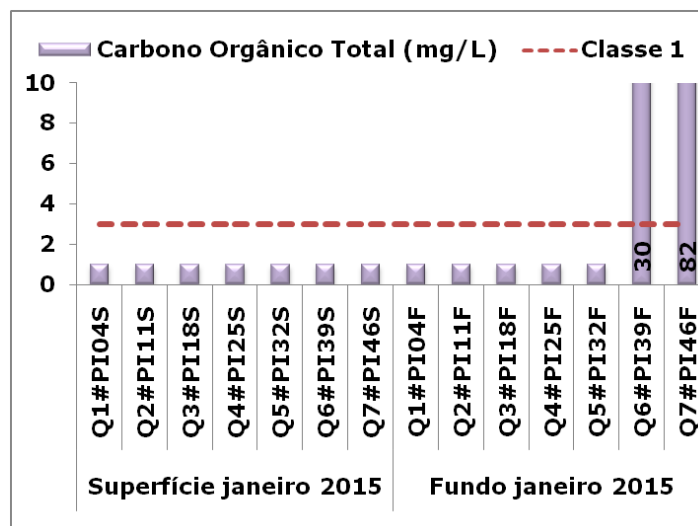


Figura 311. Concentrações de carbono orgânico total em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

No monitoramento realizado pela UNIVALI (2012) as concentrações de carbono orgânico total foram sempre inferiores a 2,5 mg/L.

#### 9.1.8.3.2.4. Substâncias Tensoativas

Os tensoativos ou surfactantes são substâncias químicas sintéticas largamente utilizadas na produção de detergentes, produtos de limpeza e cosméticos. São utilizados também para a produção de pesticidas, herbicidas, tintas, plásticos e nas indústrias têxteis, de mineração e de alimentos (LEWIS, 1991). Devido ao seu uso difundido, os surfactantes são frequentemente encontrados em efluentes municipais, bem como nos corpos hídricos receptores, sejam esses dulcícolas ou marinhos (LEWIS, 1992).

Na coleta realizada em janeiro de 2015 as substâncias tensoativas (Figura 312) não apresentaram concentrações superiores ao que determina a legislação.

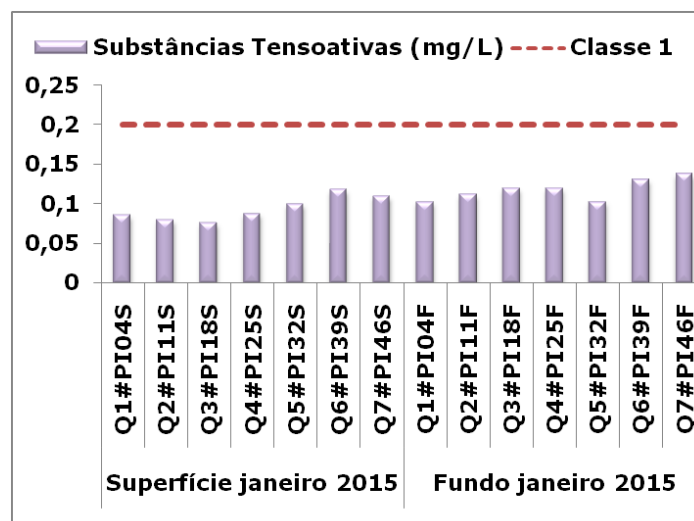


Figura 312. Concentração de substâncias tensoativas em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

#### 9.1.8.3.2.5. Nitrogênio Amoniacal e Nitrato

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio, ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes.

Dentre os compostos nitrogenados avaliados na área adjacente ao rio Itajaí-Açu o nitrogênio amoniacal e o nitrato (Figura 313), apresentaram concentrações discretamente superiores ao nível que a legislação determina em três e duas estações amostrais respectivamente. Fontes naturais de nitrogênio incluem os processos de fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; e os processos de fixação química, reação que depende da presença de luz, e que concorre para as presenças de amônia e nitratos nas águas, sendo esta última uma possível explicação para as concentrações mais altas.

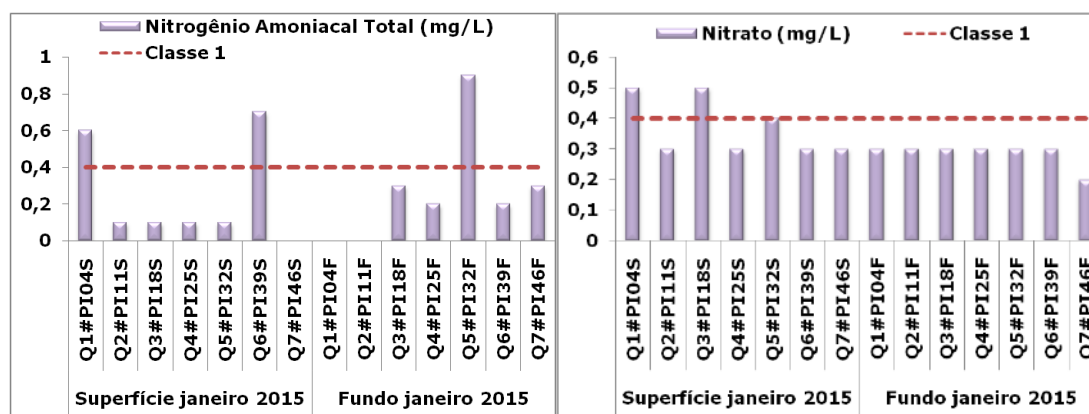


Figura 313. Concentrações de nitrogênio amoniacal total e nitrato em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

Nas águas superficiais das estações localizadas nos *quadrats* Q3 e Q5, onde estão localizados os bota-fora, o nitrogênio amoniacal apresentou concentração de 1 mg/L. Nas águas coletadas no fundo do bota-fora localizado na praia Brava (Q5) foi observada a maior concentração para este parâmetro.

Em águas de fundo as concentrações de nitrato não excederam o limite legal, mas em superfície nas estações localizadas nos Q1 e Q3 (bota-fora de Navegantes) a concentração foi de 0,5 mg/L, o que é discretamente superior ao limite estabelecido pela legislação, ou seja, 0,4 mg/L.

As concentrações de nitrogênio amoniacal nos bota-fora #BF4 (praia Brava – Q5) e #BF5 (Navegantes – Q3) obtidas durante o monitoramento realizado pela (UNIVALI, 2012) variaram entre 0,030 e 1,141 mg/L (UNIVALI, 2012). De forma geral, valores mais elevados foram observados em superfície, principalmente no bota-fora de Navegantes (#BF5), possivelmente resultado da influência da pluma do rio Itajaí, que se estende principalmente para o norte da desembocadura. As concentrações máximas observadas no fundo nas áreas de bota-fora provavelmente foram originados pela deposição do material sedimentar. Posteriormente à dragagem, as concentrações foram bem menores, ficando entre 0,10 e 0,20 mg/L nos dois bota-fora, concentrações estas inferiores às observadas antes do início da dragagem.

Na avaliação da UNIVALI (2012) as maiores concentrações de nitrato ocorreram nas águas superficiais coletadas na estação #BF5, localizada na área frontal de Navegantes, o que segundo os pesquisadores mostrou nítida influência da pluma do rio Itajaí-Açu. Sendo assim, pode-se também atribuir as concentrações maiores do que o limite legal da coleta de janeiro de 2015 à influência da pluma fluvial, já que as estações #PI04S e #PI18S estão também localizadas ao norte da desembocadura do rio.

#### 9.1.8.3.2.6. Sulfeto

O sulfeto é uma espécie que pode ser encontrada em baixas concentrações em águas naturais e o seu comportamento geralmente é sazonal e ligado as variações climáticas (CASSELA & SANTELLI, 1995).

As concentrações de sulfeto nas águas coletadas na superfície e no fundo (Figura 314) apresentaram concentrações superiores aos limites legalmente estabelecidos.

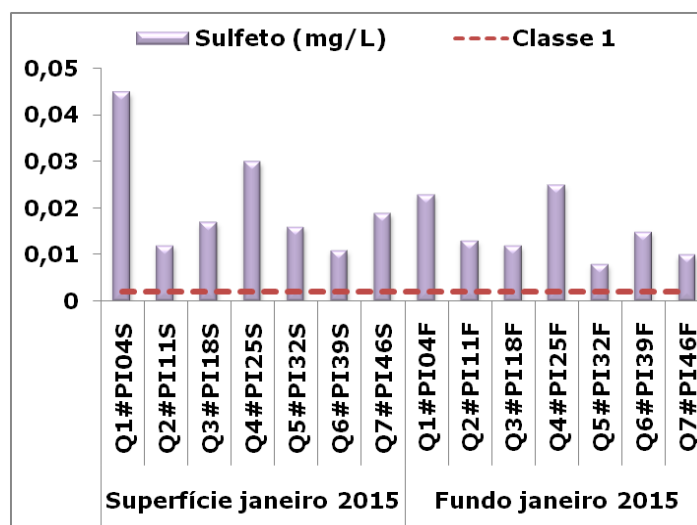


Figura 314. Concentrações de sulfeto em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

#### 9.1.8.3.2.7. Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. Os demais podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição. Podem ser encontrados igualmente em águas de regiões tropicais ou sub-tropicais, sem qualquer poluição evidente por material de origem fecal (CETESB, 2009).



As concentrações de coliformes termotolerantes foram mais elevadas nas estações amostrais próximas da costa em águas superficiais, mas ainda assim consideravelmente inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005. Nas estações mais afastadas da costa, onde a salinidade é maior, estes organismos estiveram ausentes.

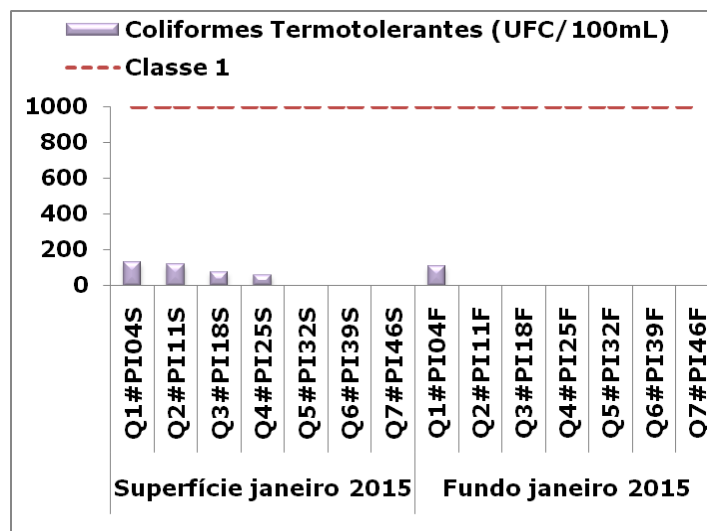


Figura 315. Concentração de coliformes termotolerantes em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

#### 9.1.8.3.2.8. Tolueno

O tolueno é produzido em grandes quantidades em todo o mundo. É produzido tanto na forma pura como componente de misturas sendo usado como aditivo da gasolina. O tolueno puro é usado na produção de outras substâncias químicas, como solvente ou removedor de tintas, adesivos, tintas de impressão, produtos farmacêuticos e como aditivo de cosméticos (ALMEIDA, 2010). As principais fontes de liberação de tolueno para o ambiente são as emissões pelos veículos automotores e sistemas de exaustão de aeronaves, manipulação de gasolina, derramamentos e a fumaça do cigarro (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1985).

Em duas estações amostrais (#PI11S e #PI18S – bota-fora de Navegantes – BF5; Q3) foram observadas concentrações de tolueno nas águas superficiais (Figura 316), o que pode estar relacionado ao tráfego de pequenas embarcações de pesca e recreação que utilizam esta área frontal à praia de Navegantes. As amostras de águas superficiais onde se observaram concentrações de tolueno estão localizadas na área de influência da

pluma estuarina (Figura 303), que se desloca para o norte da desembocadura do rio Itajaí-Açu.

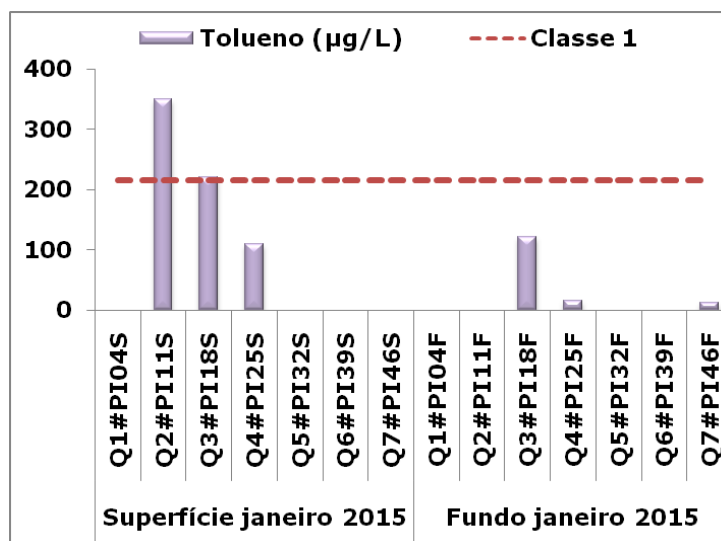


Figura 316. Concentração de tolueno em águas superficiais e de fundo coletadas na área adjacente do rio Itajaí-Açu, em janeiro de 2015.

#### 9.1.8.4. Considerações Finais

Na coleta realizada em janeiro de 2015 a maioria dos parâmetros avaliados de acordo com o que estabelece a Resolução CONAMA N° 357/2005 apresentaram concentrações inferiores aos limites de detecção dos métodos analíticos utilizados, o que atesta boa qualidade ambiental das águas superficiais e de fundo coletadas na área da plataforma continental interna adjacente à desembocadura do rio Itajaí-Açu.

As concentrações que não atenderam ao que dispõe a legislação foram descontínuas, o que provavelmente está relacionado a eventos pontuais. Convém acrescentar que as amostras de água são a representação instantânea das condições do ponto de coleta no momento em que foi retirada do ambiente. A maioria dos elementos teve as maiores concentrações nas águas superficiais e muitas vezes associadas à influência da pluma estuarina que se desloca preferencialmente para o norte da desembocadura do rio Itajaí-Açu. Apesar disso, na área de Despejo Norte Navegantes - BF5 (Q3), localizado em área de influência da desembocadura, a grande maioria dos parâmetros avaliados esteve de acordo com o que estabelece a legislação, mantendo qualidade ambiental dos parâmetros de qualidade de água semelhante à área de Despejo Sul Brava - BF4 (Q5), onde os processos marinhos são mais atuantes.

Durante o monitoramento realizado pela UNIVALI (2012), observou-se que os menores valores para oxigênio dissolvido estiveram positivamente relacionados com os processos de dragagem e deposição dos sedimentos dragados. Naquele monitoramento as alterações observadas para nitrogênio amoniacal e fosfato foram imediatas e pontuais e estiveram relacionadas com a deposição de material nas áreas de bota-fora. Entretanto, os pesquisadores daquela instituição observaram que em função da elevada dinâmica da coluna d'água, logo após a deposição, as variáveis analisadas voltaram a concentrações obtidas antes do início da dragagem.

Assim, pode-se concluir que a pequena variação espacial e vertical entre os resultados obtidos em janeiro de 2015 provavelmente reflete as condições ambientais com ausência de atividades de dragagem.

#### 9.1.9. Caracterização Oceanográfica da Região Costeira de Balneário Camboriú

Balneário Camboriú localiza-se no litoral centro-norte do Estado de Santa Catarina, distante 85 km de sua capital, Florianópolis. Segundo Klein *et al.* (2002), a Praia Central do município apresenta-se como uma praia de enseada em formato de arco com orientação NW-SE, extensão de 5.840 metros e área delimitada por dois promontórios, sendo ao norte pela Ponta da Preguiça (26°58'17"S – 48°37'37"W) e ao sul pela Ponta das Laranjeiras (26°59'35"S – 48°35'51"W). De acordo com os mesmos autores, o setor norte da Praia Central de Balneário Camboriú está exposto às ondas provenientes do quadrante SE, enquanto que o setor sul da praia está em uma zona mais abrigada devido à Ponta das Laranjeiras.

Ventos de nordeste são predominantes na região, com velocidade média anual de 5m/s, entretanto, interrompidos por ventos do quadrante sul associados a chegada de frentes frias geradas pelo Anticiclone Móvel Polar, atingindo velocidades de 8m/s (NOBRE *et al.*, 1986; TRUCCOLO, 1998) e as ondas de maior energia que incidem na região são provenientes de sul-sudeste (ALVES, 1996). Araújo *et al.* (2003), que em seu estudo fundearam entre janeiro de 2001 e dezembro de 2003 um ondógrafo há 80m de profundidade e uma distância de 35km a leste de Florianópolis, chegaram aos seguintes resultados: durante a primavera as ondas predominantes são as provenientes de leste; no verão há um equilíbrio entre as ondulações de leste e sul; e no outono e inverno prevalecem as ondas de sul.

O regime de marés para o Estado de Santa Catarina é descrito como micro-marés semidiurnas, com desigualdades de 0,8 a 1,2 metros, podendo ser influenciada por marés meteorológicas gerando uma consequente elevação de até 1 metro em relação ao nível médio do mar (SCHETTINI *et al.*, 1996; TRUCCOLO, 1998).

As desembocaduras de dois cursos d'água podem ser observadas na enseada de Camboriú, uma posicionada no extremo norte, o canal do Marambaia, e outra localizada no extremo sul, o rio Camboriú, este de maiores proporções que o anterior com vazão média estimada em 3,0 m<sup>3</sup>/s (SILVA & SCHETTINI, 1997). A enseada contempla ainda a ilha das Cabras, uma feição rochosa que emerge na porção central da enseada a cerca de 400 metros da costa e que gera uma saliência na praia devido à sombra gerada por ela nas ondas incidentes. A orientação e a geomorfologia locais podem ser observadas na Figura 317, onde as principais feições da área de estudo apresentam-se em destaque.

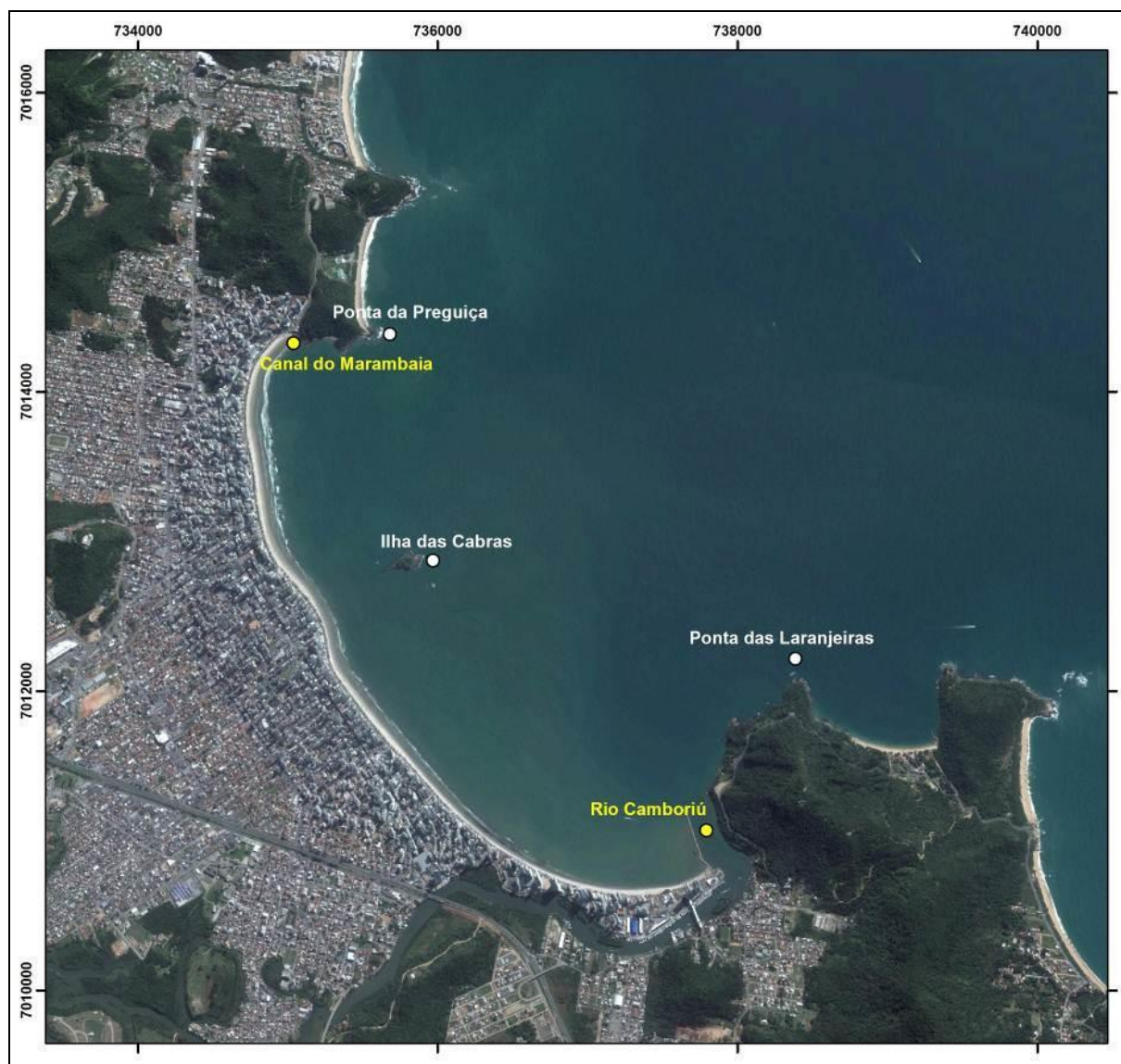


Figura 317. Principais feições geomorfológicas presentes na área de estudo.





#### 9.1.9.1. Clima de Ondas

O conhecimento detalhado do clima de ondas que atua numa determinada região é de extrema importância, uma vez que a energia da dissipação das ondas nas regiões próximas da costa é a principal força agente na dinâmica de sistemas costeiros. Ondas de alta frequência geradas pelo vento desempenham um papel fundamental na zona costeira, uma vez que dissipam energia na costa, sendo responsáveis por controlar as características morfológicas da costa. No litoral brasileiro os dados sobre estudos de ondas são muito escassos, em muitos casos as informações utilizadas são baseadas em observações visuais durante os trabalhos de campo ou campanhas de monitoramento de curtos períodos (SOUZA, 1999).

O clima de ondas na região Sul do Brasil está condicionado ao padrão de ventos do Atlântico Sul, relacionados à posição dos centros de baixa e alta pressão. Este padrão é bastante complexo e variável, ocasionando a geração de ondas de todas as direções ao longo do ano (GOBBI, 1997). Segundo o modelo da CPTEC (1997 *apud* GOBBI, 1997), os centros de alta pressão provocam ventos no sentido anti-horário (anticiclones), e os de baixa pressão no sentido horário (ciclones) no Hemisfério Sul e, ao contrário, no Hemisfério Norte. Este padrão de circulação dos ventos é responsável pela geração de grandes ondas. Segundo Gobbi (1997), a costa sul brasileira está fora das regiões atingidas por grandes ondas. Porém, ocasionalmente ondas de grande porte atingem o litoral sul. Para este autor isso pode ser explicado pela presença de sistemas frontais, como as frentes frias, que se deslocam pelas regiões sul e sudeste do Brasil durante todo o ano. No inverno estes sistemas são mais intensos e podem gerar centros de baixa pressão (ciclones) em latitudes sul inferiores a 40°. Quando ocorre a coincidência de um destes ciclones se posicionar em latitudes inferiores às dos centros de alta pressão (anticiclones) têm-se as condições típicas para a formação de grandes ondas.

O estudo de Araújo *et al.* (2003) apresenta uma descrição estatística das condições de ondas na costa do Sul do Brasil a partir de uma série temporal de um ano de dados de ondas aquisitados com um ondógrafo direcional posicionado a 35 quilômetros da costa da Ilha de Santa Catarina, a uma profundidade de 80 metros. O ponto de observação localiza-se a sudeste de Balneário Camboriú, porém, ao longo da isóbata de 80 metros não há obstáculos rígidos significativos no trecho entre o ponto de observação e a posição ao largo da Praia Central de Balneário Camboriú. Desta forma, os resultados apresentados descrevem de forma satisfatória o padrão das ondas que chegam até o litoral de Balneário Camboriú.

Com relação à altura significativa de onda ( $H_s$ ), os resultados para os meses de primavera e verão são semelhantes, com valor modal de 1,25 m. No outono o valor modal de  $H_s$  é 1,5 m e no inverno há maior distribuição de  $H_s$ , variando entre 1,25 a 2,5 m. Em todas as estações são observados eventos com  $H_s$  maiores que 4 metros. O inverno é a estação de maior energia e o verão de menor energia. Como demonstrado na Tabela 40, no inverno os maiores valores de média e desvio padrão ocorrem devido aos ventos mais intensos e maior número de passagens de frentes frias.

Tabela 40. Valores médios e desvio padrão da altura significativa ( $H_s$ ) para cada estação do ano. Modificado de Araújo *et al.* (2003).

<b>Estação</b>	<b><math>H_s</math> Média (m)</b>	<b>Desvio Padrão (m)</b>
Primavera	1,57	0,51
Verão	1,46	0,50
Outono	1,67	0,49
Inverno	1,96	0,67

Os resultados descritos por Araújo *et al.* (2003) demonstram a existência de espectros de ondas multi-modais, principalmente nas estações de verão e inverno. Essa condição significa a presença simultânea de ondas com períodos maiores (marulhos) e de ondas com períodos menores (vagas), o que se justifica por ser uma região localizada em latitude subtropical, sujeita a ação frequente de sistemas frontais na geração de ondas.

Na primavera, vagas de leste são dominantes. No verão, observa-se a ocorrência de vagas de leste e marulhos de sul. No outono os marulhos de sul são predominantes, porém, também ocorrem vagas de leste. No inverno os marulhos de sul prevalecem sobre as vagas de leste. Os valores mais frequentes de altura significativa ( $H_s$ ), período ( $T_p$ ) e direção (Dir) em cada estação estão representados na Tabela 41. De forma geral, os principais regimes de onda são: (1) vagas de leste, com período de 8 segundos e  $H_s$  média de 1,25 metros e (2) marulhos de sul, com períodos de 12 segundos e  $H_s$  aumentando do verão para o inverno.

Tabela 41. Estados de mar típicos das estações do ano.

<b>Estação</b>	<b>Vagas</b>			<b>Marulhos</b>		
	<b>Dir</b>	<b><math>T_p</math> (s)</b>	<b><math>H_s</math> (m)</b>	<b>Dir</b>	<b><math>T_p</math> (s)</b>	<b><math>H_s</math> (m)</b>
Primavera	E	8	1,25	---	---	---
Verão	E	8	1,25	S	11-12	1,25
Outono	---	---	---	S	12	1,5-1,75
Inverno	E	8-9	1,25	S	12	1,75-2,0

Fonte: Modificado de Araújo *et al.* (2003).

As características das ondas são um reflexo do padrão de circulação atmosférica do Oceano Atlântico Sul (ARAÚJO *et al.*, 2003), onde se verifica a presença constante do Sistema Semi-Permanente de Alta Pressão do Atlântico Sul, e também, a ocorrência contínua e frequente de Sistemas Frontais Polares, geradores das chamadas frentes frias, que influenciam de forma efetiva os ventos ocorrentes, e como, consequência, as ondas (ALVES & MELO, 2001).

O sistema semi-permanente de alta pressão anti-ciclônico apresenta ventos persistentes com direção NE, que irão transferir energia para os oceanos, gerando as ondas do quadrante E verificadas nas análises descritas. Este padrão é perturbado pela passagem frequente de frentes frias que viajam para NE, que carregam consigo centros de alta e baixa pressão que perturbam o fluxo natural de ventos, gerando ventos (e consequentemente ondas) significantes do quadrante S, que também são verificadas nas análises acima descritas (ALVES & MELO, 2001). De acordo com Lima & Satyamurti (1992 *apud* ARAÚJO *et al.*, 2003), os padrões meteorológicos acima descritos ocorrem com grande regularidade durante o ano inteiro, sendo que as diferenças sazonais não afetam suas características, e sim a intensidade e frequência destes sistemas, principalmente os sistemas de frentes frias.

De acordo com estudos realizados pelo Instituto de Pesquisas Hidrográficas (INPH, 2000), observa-se o efeito dominante de ondas de NE e E na Praia Central de Balneário Camboriú. As ondulações de SSE chegam com menor altura de ondas à região centro-norte de Santa Catarina, uma vez que esta região se encontra sombreada pela ilha de Santa Catarina, pelo arquipélago de Arvoredo e pela península de Porto Belo. A enseada de Camboriú, por ser semi-protegida, recebe ondas com redução ainda maior de altura significativa ( $H_s$ ), em função da difração que ocorre na Ponta das Laranjeiras. Pode-se acrescentar que a energia das ondas é maior na porção norte da enseada, devido a maior exposição à energia das ondas vindas do quadrante sul e sudeste (MENEZES, 2008).

Em 1999, o INPH realizou uma campanha de medições de ondas em Balneário Camboriú, utilizando o aparelho S4, fabricado pela Interocean (INPH, 2000). O aparelho foi fundeado na linha batimétrica de 11 metros, a 1 metro do fundo. Foram registrados 20 minutos de ondas a cada 3 horas, durante o período de 26/10/99 até 08/11/99.

A análise dos registros de ondas forneceu os dados apresentados na Tabela 42, na qual são mostradas as alturas máximas das ondas ( $H_{máx}$ ), as alturas significativas das ondas ( $H_s$ ), o período médio das ondas ( $T_z$ ), o período de pico das ondas ( $T_p$ ), a direção das

ondas em graus e a relação entre  $H_{m\acute{a}x}$  e  $H_s$ . A rosa das alturas significativas das ondas, medidas durante os 14 dias de operação do S4, é apresentada na Figura 318.

Tabela 42. Dados de ondas medidos em Balneário Camboriú.

Parâmetro	$H_{m\acute{a}x}(m)$	$H_s(m)$	$T_z(s)$	$T_p(s)$	Dir(°)	$H_{m\acute{a}x}/H_s$
<b>Mínima</b>	0,80	0,59	5,43	4,41	59	1,27
<b>Média</b>	1,92	1,26	6,86	8,12	79	1,53
<b>Máxima</b>	3,45	2,15	8,48	9,85	95	2,05

Fonte: Período das medições: 26/10/1999 a 08/11/1999 (INPH, 2000).

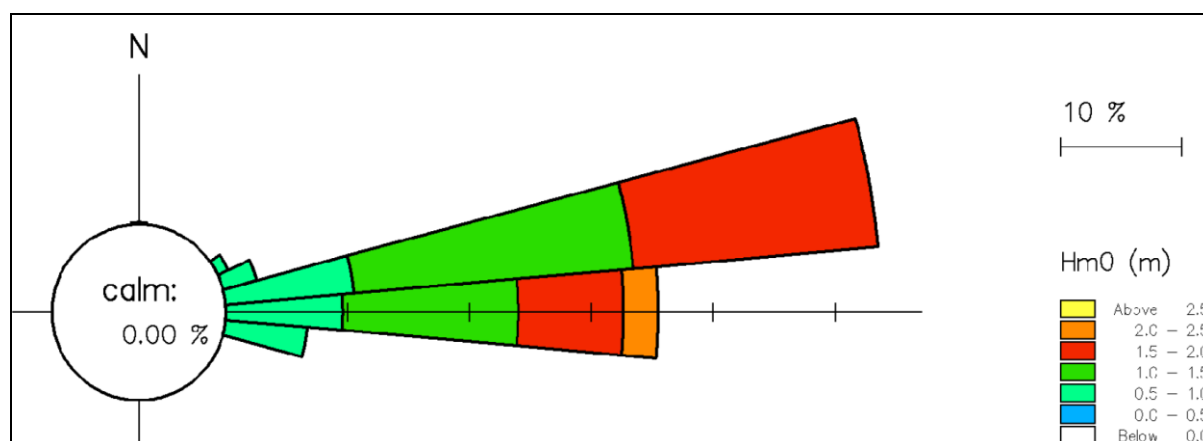


Figura 318. Rosa das alturas significativas das ondas. Período das medições: 26/10/1999 a 08/11/1999 (INPH, 2000).

Durante os dias 15/11/2012 e 14/12/2012 foi realizado um levantamento dos dados oceanográficos primários em águas rasas pela ACQUAPLAN, sendo realizadas aquisições de dados de correntes, ondas e pressão, através de um perfilador acústico de correntes (ADCP), modelo AWAC de 600 kHz. O equipamento (AWAC® – *Acoustic Wave and Current Meter*) foi fundeado em profundidade de 9,0 metros DHN na enseada de Camboriú, aproximadamente 600 metros *offshore* da ilha das Cabras e 1.500 metros da Praia Central. Os dados obtidos pelo ADCP foram utilizados para alimentar os modelos numéricos ambientais a fim de subsidiar o Estudo de Impacto Ambiental – EIA da obra de alargamento da faixa de areia da Praia Central de Balneário Camboriú.

Durante o levantamento dos dados primários, os períodos de onda apresentaram valores máximos de 15,34 segundos e mínimos de 3,48 segundos, e alturas máximas de 1,97 metros e mínimas de 0,49 metros, que correspondem às características de ondas em regiões com incidência de marulhos, mantendo o período correspondente ao seu local de formação (Tabela 43). As maiores alturas foram observadas nos dias 23 de novembro e 28 de novembro, chegando a 1,97 metros e apresentando um período de onda variando

entre 15 a 10 segundos. Estas ondas de maiores alturas correspondem aos marulhos de sul que ocorreram com a passagem de um *swell*.

Tabela 43. Valores médios, máximos e mínimos altura e período de onda.

Parâmetro	Hs (m)	Tp(s)	Dir(°)
Mínima	0,49	3,48	111,38
Média	0,85	7,83	148,50
Máxima	1,47	15,34	188

A direção média encontrada foi de 148,50°, especificamente do quadrante sul-sudeste, que é característica das ondulações que entram na região onde foi realizado o fundeio. A Figura 319 e a Figura 320 representam as rosas direcionais de altura significativa de ondas e de período de ondas, respectivamente, ilustrando a predominância na direção de ondas nos quadrantes sudeste e sul-sudeste.



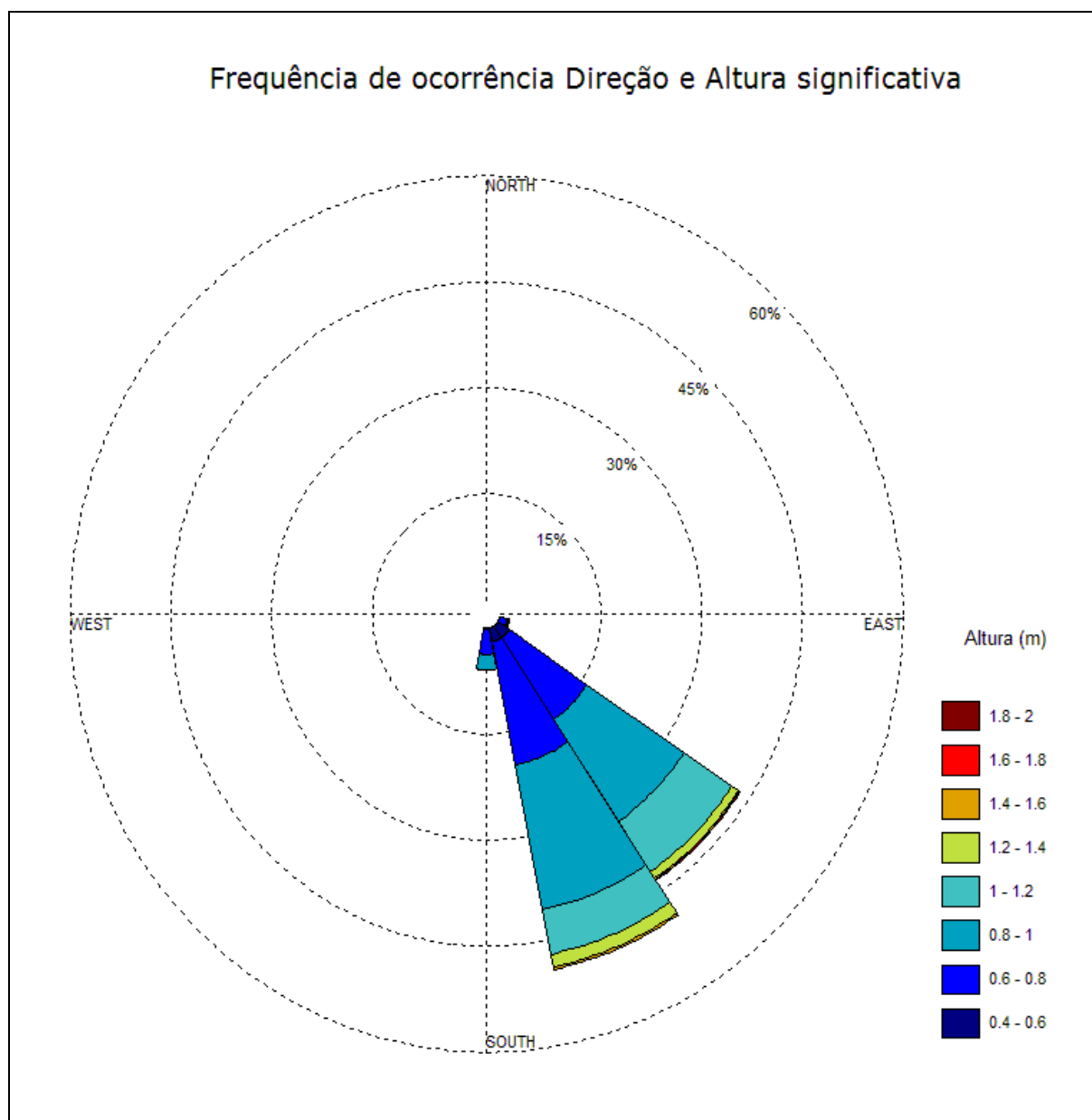


Figura 319. Frequência de ocorrência de direção e altura significativa de onda obtidos através de um perfilador acústico de correntes (ADCP), modelo AWAC de 600 kHz. A direção das ondas é a partir de onde as mesmas incidem. Período das medições: 15/11/2012 a 14/12/2012.

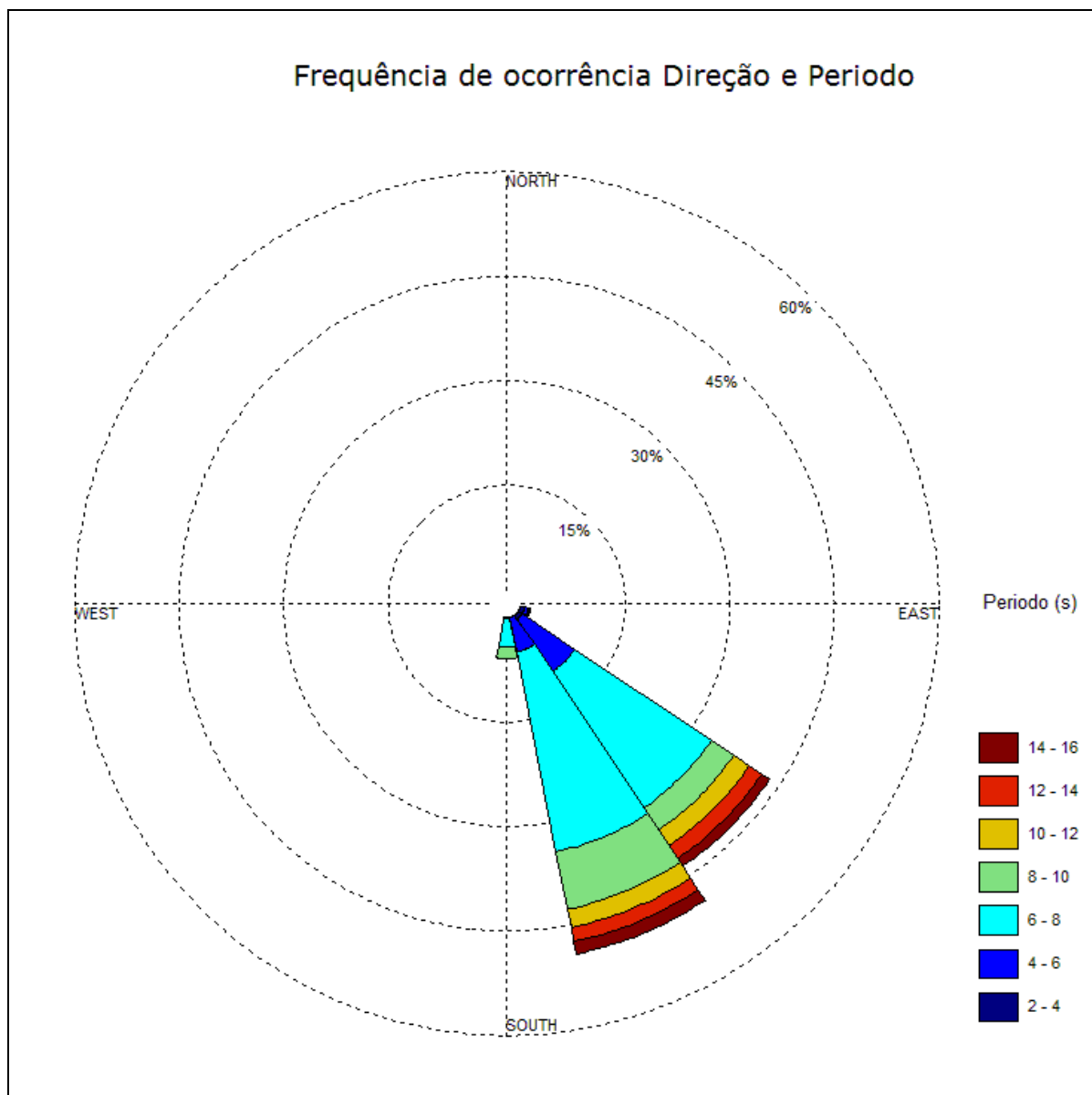


Figura 320. Frequência de ocorrência de direção e período de onda obtidos através de um perfilador acústico de correntes (ADCP), modelo AWAC de 600 kHz. O sentido das ondas é de onde as mesmas incidem. Período das medições: 15/11/2012 a 14/12/2012.

#### 9.1.9.2. Correntes Atuantes na Enseada de Camboriú

Correntes costeiras são resultantes do balanço de energia entre ventos locais, marés astronômicas e meteorológicas, gradientes horizontais no campo de densidade da água e inclusive da vazão fluvial (TRUCCOLO & SCHETTINI, 2009).

Em estudos realizados pelo Instituto de Pesquisas Hidrográficas (INPH) na Praia Central de Balneário Camboriú (INPH, 2000) foram descritas as medições de correntes realizadas com o aparelho S4, fundeado na linha batimétrica de 11 metros, a 1 metro do fundo. Os registros foram realizados durante o período de 26/10/99 até 08/11/99. A velocidade

média de correntes marítimas na enseada foi de 7,32 cm/s e direção média de 345,4 graus em relação ao norte verdadeiro. A rosa de correntes relativa às medições com o S4 está apresentada na Figura 321.

Além deste, foram também posicionados quatro aparelhos Sensordata durante o mesmo período (26/10/99 até 08/11/99) para medição de correntes. Estes equipamentos foram posicionados em região mais próxima da costa, à linha batimétrica de 5 metros. A partir destes dados foi possível analisar que em cerca de 60% das observações as correntes ocorreram no sentido dos quadrantes WNW a NNE. Cerca de 75% das velocidades se concentraram abaixo de 10 cm/s e a máxima foi de 30,4 cm/s na direção de 29 graus.

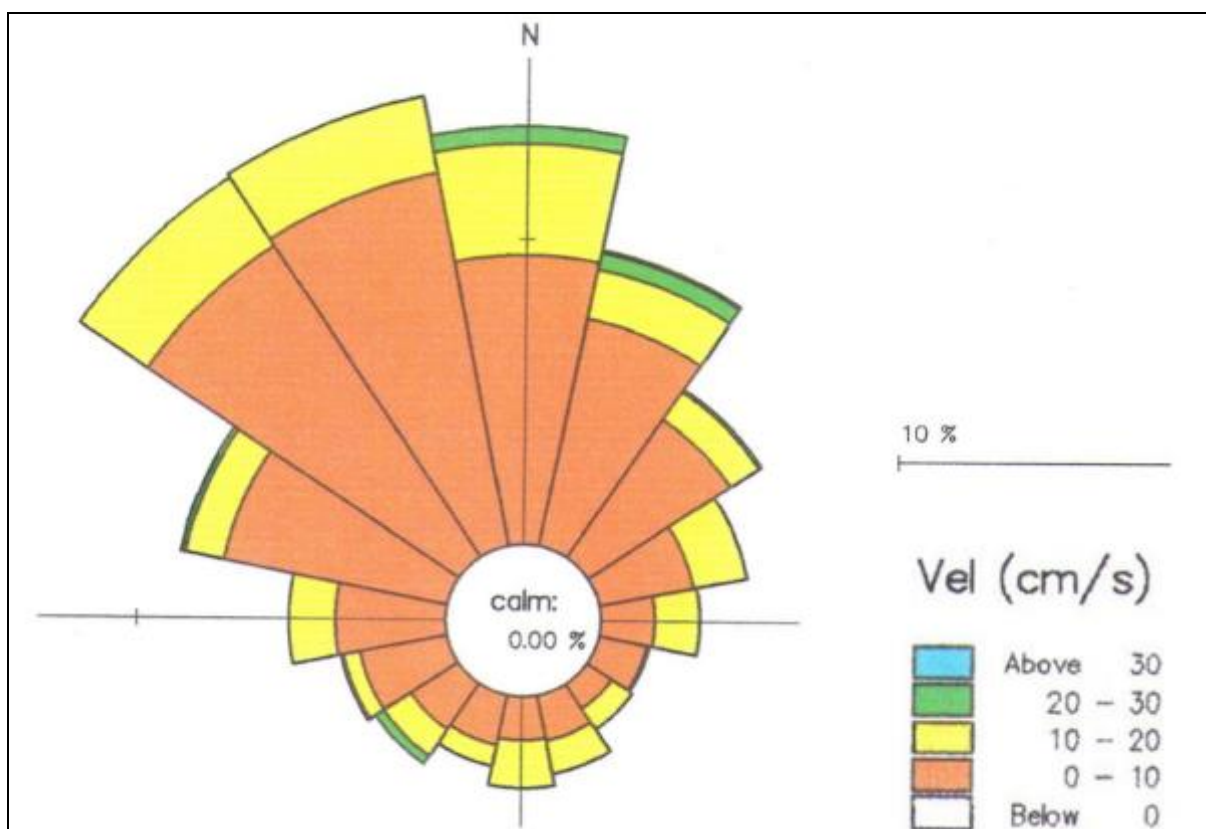


Figura 321. Rosa de correntes relativa às medições com o S4 (INPH, 2000).

Durante o período de fundeio do equipamento AWAC® (15/11/2012 a 14/12/2012) realizado para a obtenção de dados primários, as correntes com menor intensidade foram observadas junto ao fundo, com valor médio de 0,069 m/s e máximo de 0,31 m/s (Figura 322).

As correntes com maiores velocidades foram observadas em sub-superfície (até 2 metros de profundidade) (Figura 323), sendo o valor máximo encontrado de 0,76 m/s com valor médio de 0,34 m/s. Esta célula possui uma maior influência dos ventos nordeste que

atuam na direção da corrente, resultado em correntes que fluem para o quadrante sudoeste.

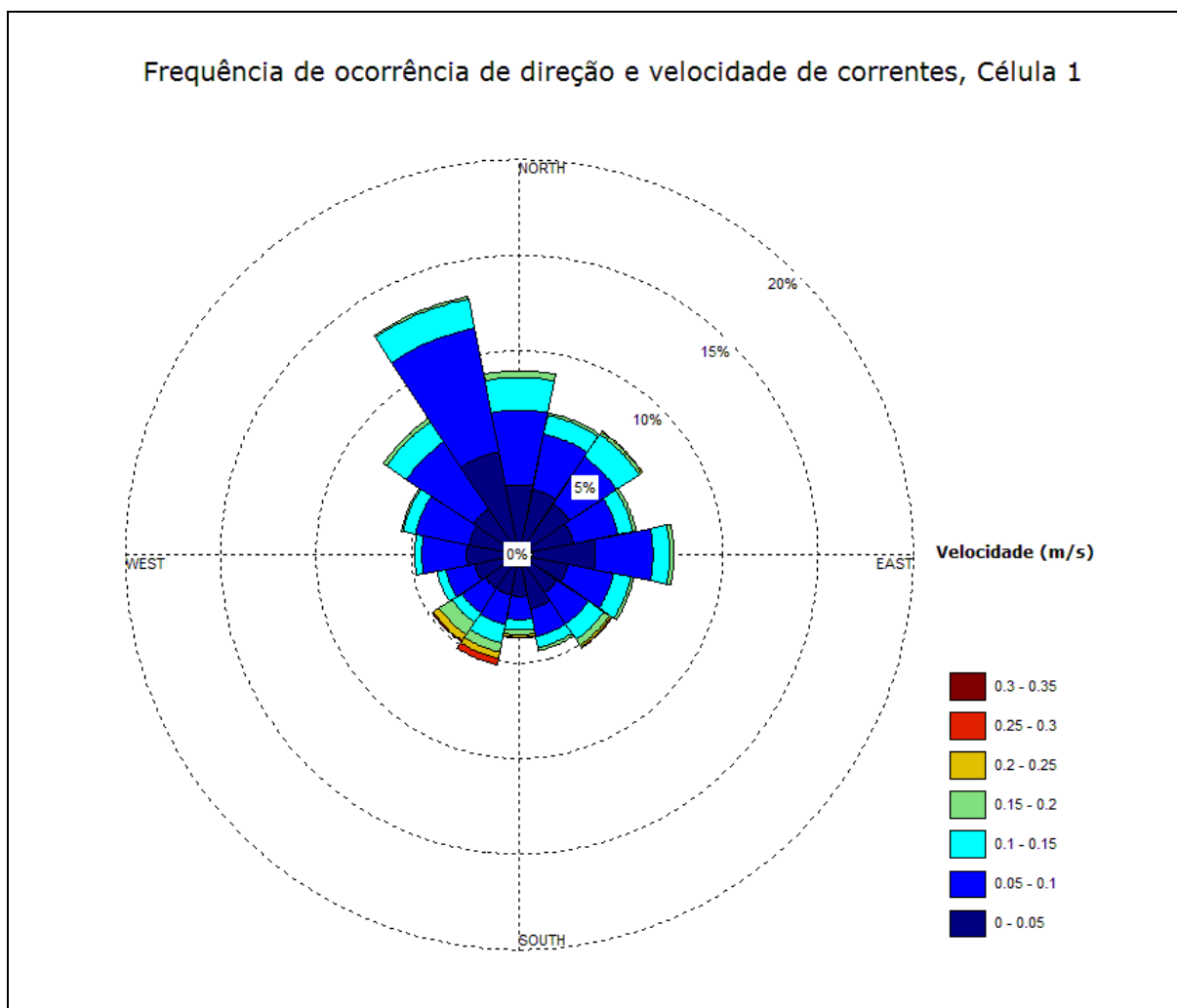


Figura 322. Frequência de ocorrência de direção e velocidade de corrente próximo ao fundo obtidas através de um perfilador acústico de correntes (ADCP), modelo AWAC de 600 kHz. O sentido das correntes neste diagrama é para onde fluem. Período das medições: 15/11/2012 a 14/12/2012.

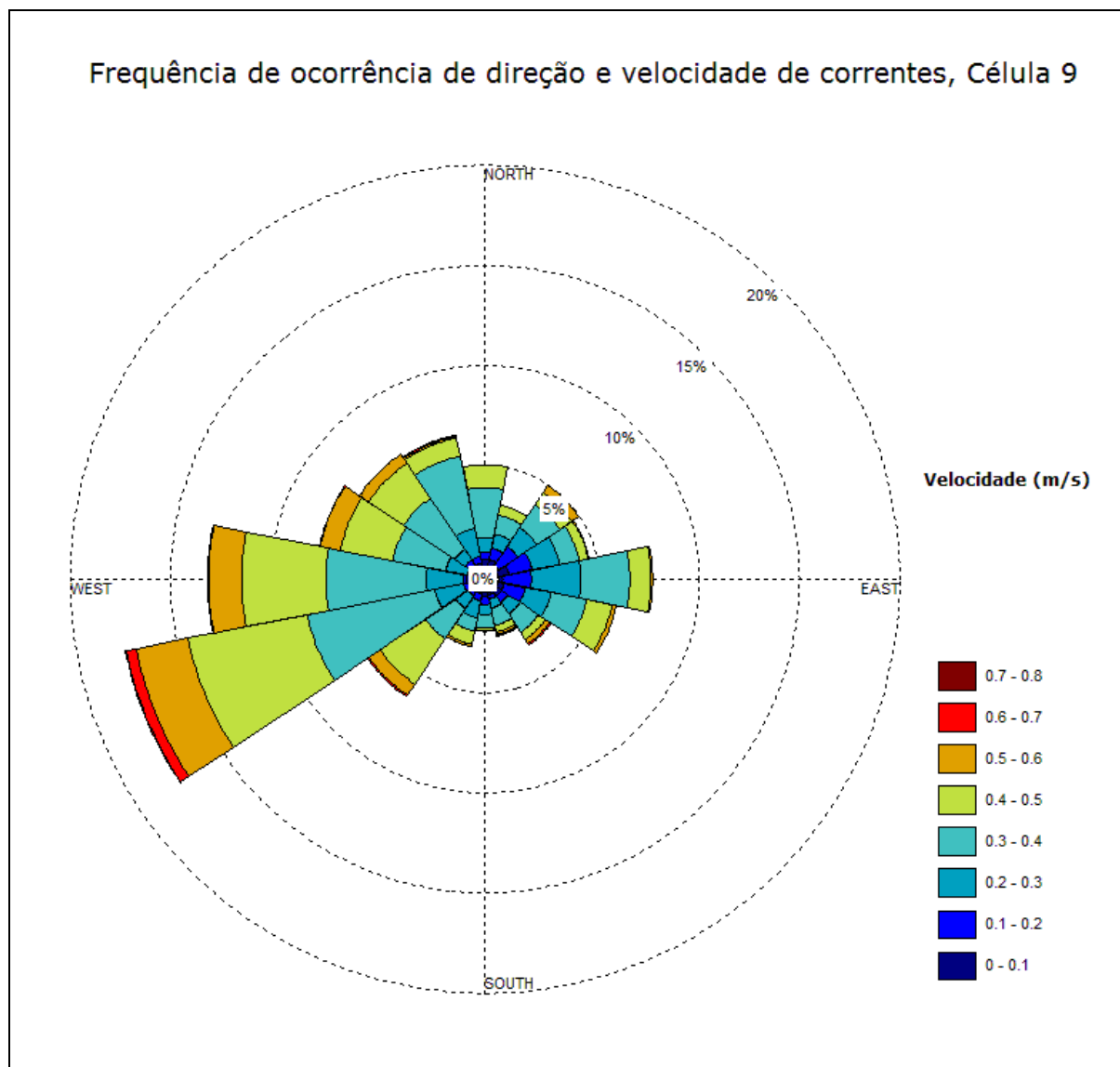


Figura 323. Frequência de ocorrência de direção e velocidade de corrente para sub-superfície obtidas através de um perfilador acústico de correntes (ADCP), modelo AWAC de 600 kHz. Período das medições: 15/11/2012 a 14/12/2012.

As correntes nas camadas mais próximas ao fundo são influenciadas por processos causados pelas forçantes de maré e ondulações, entretanto, nas camadas mais superficiais o vento tem uma atuação significativa na direção e velocidade.

#### 9.1.9.3. Marés

As marés são fenômenos astronômicos e constituem oscilações periódicas no nível do mar resultantes do movimento de rotação da terra, sob influência da atração gravitacional que a Lua e o Sol exercem sobre o planeta. A diferença entre a maré astronômica e a maré realmente observada é definida como maré meteorológica (PUGH, 1987).



A maré meteorológica é definida como alterações na amplitude das marés devido a fatores meteorológicos, como por exemplo, a passagem de frentes frias com ventos fortes provenientes do quadrante sul (MARONE & CAMARGO, 1994). Seu efeito é mais significativo nas zonas litorâneas e embaiamentos, devido ao empilhamento de água na costa, sendo comumente acompanhada de episódios erosivos e destrutivos, que são mais acentuados quando a maré meteorológica coincide com maré astronômica mais alta (sízigia) (CALLIARI *et al.*, 1996).

A maré no Estado de Santa Catarina é caracterizada pelo regime de micro maré semidiurna, com desigualdades de 0,8 a 1,2 metros, podendo ser influenciada por marés meteorológicas que ocasionam uma elevação de até 1 metro em relação ao nível médio relativo do mar (SCHETTINI *et al.*, 1996; TRUCCOLO, 1998).

Para Balneário Camboriú, os níveis d'água medidos pelo INPH em 1999 (INPH, 2000) com o aparelho S4 durante o período de 26/10/99 até 08/11/99, foram de 1,16 metros, -0,49 metros e 0,19 metros, respectivamente para máximo, mínimo e médio, em relação ao nível de redução da DHN do Porto de Itajaí, envolvendo todas as componentes das marés meteorológicas e astronômica (INPH, 2000).

Durante o período de fundeio do equipamento AWAC®, no período de 15/11/2012 a 14/12/2012, a maré variou entre 0 e 1,4 metros. Fatores meteorológicos nesta região podem causar sobre elevações da ordem de 0,6 metros em relação à maré astronômica, sendo possível afirmar que, durante o período de aquisição dos dados físico-oceanográficos, ventos provenientes dos quadrantes leste e nordeste foram mais efetivos sobre a elevação do nível do mar acima da maré astronômica durante os dias 23 de novembro a 28 de novembro de 2012, do que o evento frontal de curta duração observado no início da aquisição dos dados. A influência dos fatores meteorológicos pode ser observada na Figura 324, a partir da comparação entre a maré prevista, correspondente à maré astronômica, e a maré medida, onde a diferença entre as duas define a maré meteorológica, provocada por fatores meteorológicos.

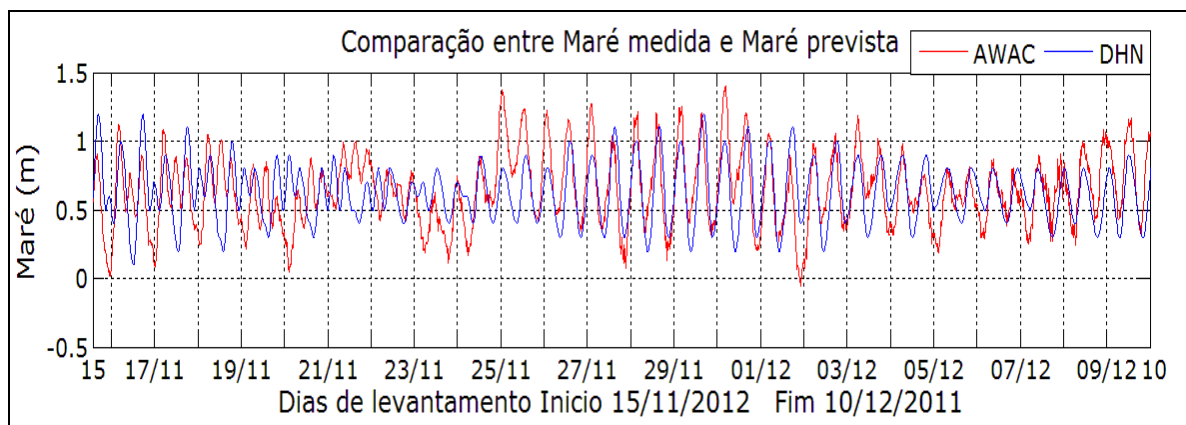


Figura 324. Comparação entre as marés medidas pelo AWAC e previstas pela DHN.

#### 9.1.10. Modelagem Numérica para a Avaliação das Alterações Geradas pela Instalação do BC Port

A empresa Acquadinâmica Modelagem e Análise de Risco Ambiental foi contratada pela Ports Developed By Shiphandlers - PDBS para a realização de estudos de modelagem para avaliação das possíveis alterações hidrodinâmicas e morfológicas geradas pela instalação de um terminal marítimo turístico (BC Port), análise da pluma de sedimentos gerada pela dragagem, e também para simulações de manobras de navios. Estes relatórios são apresentados na íntegra no Anexo 2, Anexo 3 e Anexo 4, entretanto, neste item são apresentadas as informações reunidas sobre os aspectos metodológicos e principais resultados obtidos nestes estudos.

##### 9.1.10.1. Metodologia

##### 9.1.10.1.1. Modelagem Numérica Hidrodinâmica e Morfológica

O modelo numérico **Delft3D**, desenvolvido pela **Deltares®**, em Delft, Holanda foi utilizado para a execução destes trabalhos. O **Delft3D** constitui-se em um avançado sistema de modelos numéricos 2D/3D (duas e três dimensões) que inclui vários módulos que possibilitam a simulação de processos costeiros complexos, tais como geração e propagação de ondas, circulação hidrodinâmica, transporte de sedimentos e mudanças da morfologia litorânea (erosão e deposição sedimentar e variação da posição da linha de costa), sendo para esta modelagem utilizada a versão *open source* disponível desde janeiro de 2011.

O modelo se baseia nas equações 3D de águas rasas, equações 3D de difusão-advecção para concentrações em suspensão (*suspended transport*) e uma equação separada para transporte de fundo (*bed-load transport*). O modelo é capaz de integrar o transporte de sedimentos e as alterações do fundo, a cada passo de tempo de cálculo, e é altamente recomendado para o desenvolvimento de estudos em ambientes costeiros. Isso porque possibilita o acoplamento direto com o modelo espectral de ondas *SWAN*, calculando também os processos de interação onda-corrente, além de incorporar uma técnica robusta de cálculo de células inundadas e secas (*flood and dry cells*). Vários outros processos, tais como fricção do vento e correntes de densidade, também são incluídos na formulação (WL | Delft Hydraulics, 2010).

Para possibilitar uma eficiente avaliação dos potenciais impactos do projeto de instalação do terminal turístico BC Port, sobre as correntes de maré e ondas, assim como consequentes modificações morfológicas, foi realizada uma simulação para cada cenário com as mesmas condições hidrodinâmicas. Esta simulação foi realizada por um período de 15 dias visando cobrir um ciclo completo de marés de sizígia e de quadratura. Entretanto, para a caracterização da variação morfológica na área de estudo, foi realizada a análise de curto (6 meses) e longo período (1 ano).

#### 9.1.10.1.1.1. Modelo Hidrodinâmico/Morfológico Delft 3D-Flow (Mor)

O módulo hidrodinâmico **Delft3D-Flow** resolve um sistema de equações de águas rasas em modo bidimensional (ou integrado em vertical) e tridimensional. O sistema de equações consiste nas equações horizontais de movimento (*momentum*), na equação de continuidade, equações de transporte para constituintes conservativos, e um modelo de fechamento turbulento. A equação vertical de *momentum* é reduzida à relação de pressão hidrostática e as acelerações verticais são assumidas como sendo pequenas em relação à aceleração da gravidade. Isso faz com que o **Delft3D-Flow** seja adequado para a predição de fluxos em mares rasos, áreas costeiras, estuários, lagos, rios e lagoas.

Acoplado ao modelo hidrodinâmico está o módulo morfológico **Delft3D-Mor**, elaborado para simular o comportamento morfodinâmico de rios, estuários e áreas costeiras, na escala de dias a anos, resolvendo o complexo processo de interação entre as ondas, correntes, transporte de sedimentos e batimetria. A conexão entre os módulos envolvidos no processo (*Waves/Ondas-Flow/Corrente-Transport/Transporte-Bottom/Fundo*) ocorre via acoplamento dinâmico (Figura 325).

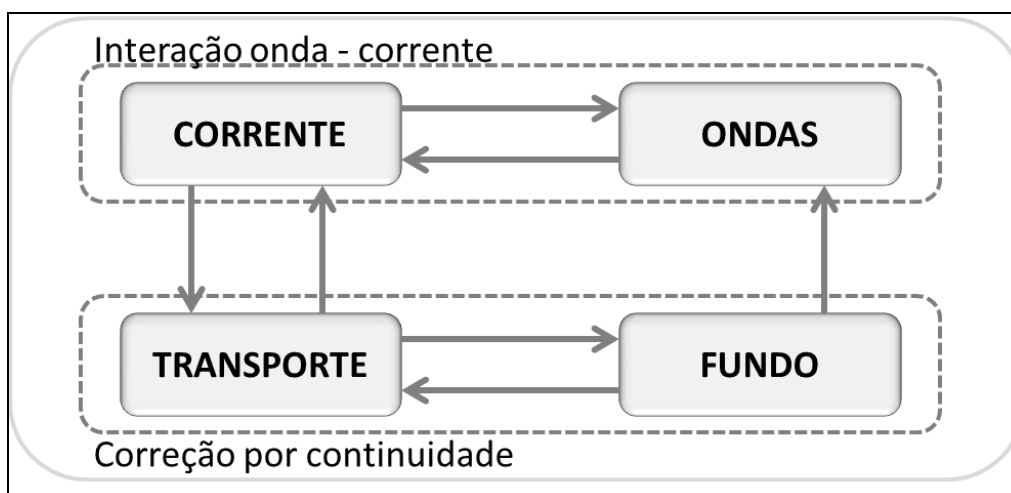


Figura 325. Fluxograma esquemático da simulação morfodinâmica realizada para o presente estudo.

O modelo numérico DELFT 3D foi extensivamente calibrado e validado através de experimentos de campo e de laboratório e é considerado o “estado-da-arte” em modelagem hidrodinâmica.

#### 9.1.10.1.1.2. Modelo de Propagação de Ondas Delft 3D-Wave (SWAN)

O módulo de onda **Delft3D-Wave** pode ser utilizado para simular a evolução de ondas geradas por vento em águas costeiras (estuários, desembocaduras, ilhas-barreiras com planícies de maré, canais, etc). Este módulo calcula a propagação de ondas, a geração de ondas pelo vento, interações e dissipação onda-onda não-lineares, variações batimétricas, campo de vento, o nível de água, e campo de correntes em águas profundas, intermediárias e rasas (WL | Delft Hydraulics, 2010).

O módulo *SWAN* é baseado na equação de conservação da ação de onda e é totalmente espectral (todas as direções e frequências), o que significa que o *SWAN* pode acomodar um campo de ondas de cristas curtas, randômico, propagando-se simultaneamente a partir de diferentes direções (WL | Delft Hydraulics, 2010).

O modelo calcula os processos de geração de ondas pelo vento, dissipação por “white-capping” (carneirinhos), fricção com o fundo e quebra da onda induzida pela profundidade, além de interações não-lineares onda-onda (*quadruplets* e *triads*), com equações que representam o “estado-da-arte” em modelagem de ondas. O *SWAN* tem sido validado e verificado com sucesso em uma gama de experimentos complexos de

campo e laboratório (RIS *et al.*, 1999; WL|DELFT HYDRAULICS, 1999, 2000) (WL | Delft HYDRAULICS, 2010).

O *SWAN* foi desenvolvido pela Delft *University of Technology* e é especificado como padrão em estudos de modelagem de ondas e proteção costeira. Por este motivo, a WL | *Delft Hydraulics* integrou o modelo *SWAN* no pacote de modelos ***Delft3D*** (WL | Delft Hydraulics, 2010).

#### 9.1.10.1.1.3. Grade Numérica e Batimetria

A criação da grade numérica (Figura 326) para a execução da modelagem hidrodinâmica e morfológica foi realizada no módulo *RGFGRID* do sistema *Delft3D*, em configuração curvilinear ortogonal para toda a Praia Central e adjacências, com detalhamento refinado na região sul da praia, onde se pretende-se instalar o BC Port.

Para a modelagem de propagação de ondas outras duas grades numéricas (Figura 327) foram desenvolvidas no módulo *RGFGRID* do sistema *Delft3D*, uma Intermediária cobrindo boa parte da região centro norte do Estado de Santa Catarina, e outra Regional, cobrindo desde o sul de Florianópolis até o norte da baía da Babitonga.

Quanto à batimetria, foram utilizados dados digitalizados de cartas náuticas fornecidas pela DHN para o local, dados batimétricos cedidos pelo cliente para a região adjacente, e para a região de maior detalhamento foram utilizados diferentes dados batimétricos para cada um dos cenários modelados. Para o cenário atual, foram utilizados dados provenientes de medições batimétricas, e na elaboração dos cenários futuros a batimetria da região dos berços e do canal de acesso foi editada para 10 metros, além do engordamento praial nos cenários 2, 5 e 6.

Os dados batimétricos foram interpolados sobre a grade numérica no módulo *QUICKIN* do sistema *Delft3D* e estão apresentados na Figura 328.



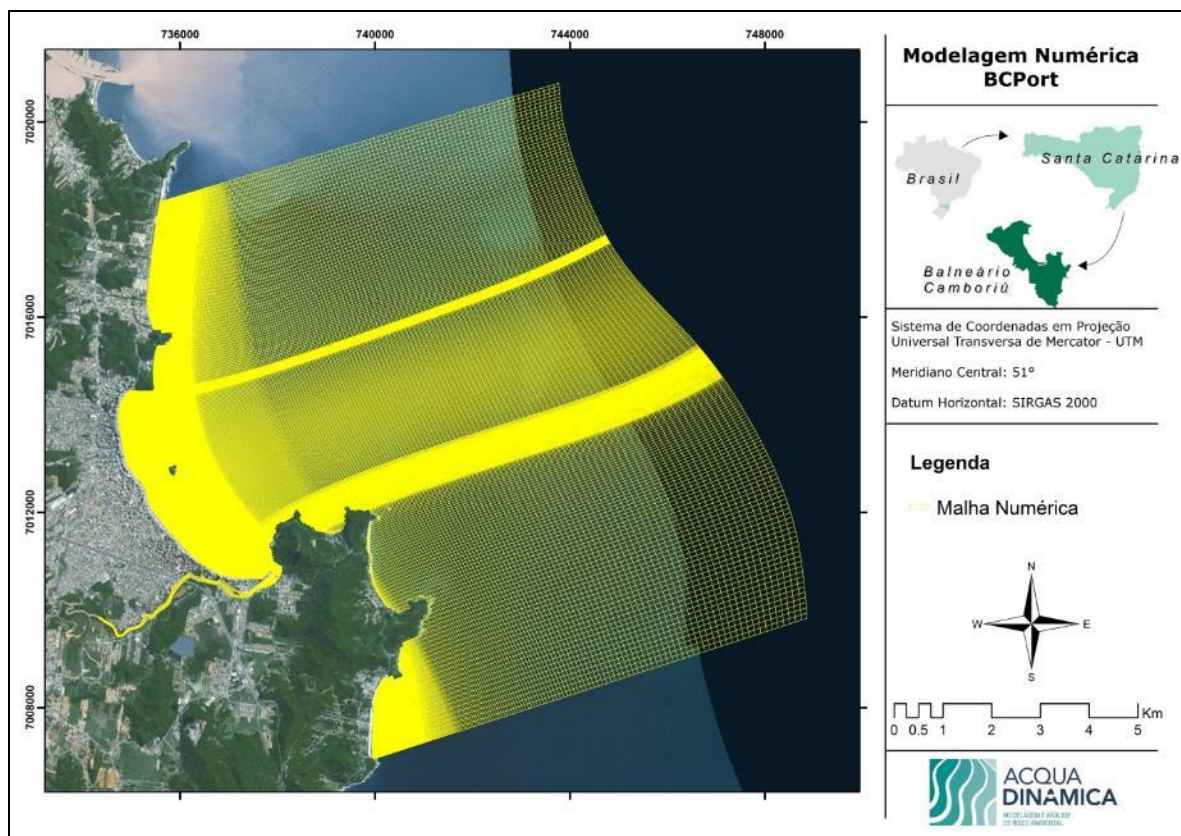


Figura 326. Grade numérica local para executar o modelo hidrodinâmico na enseada de Camboriú e adjacência.

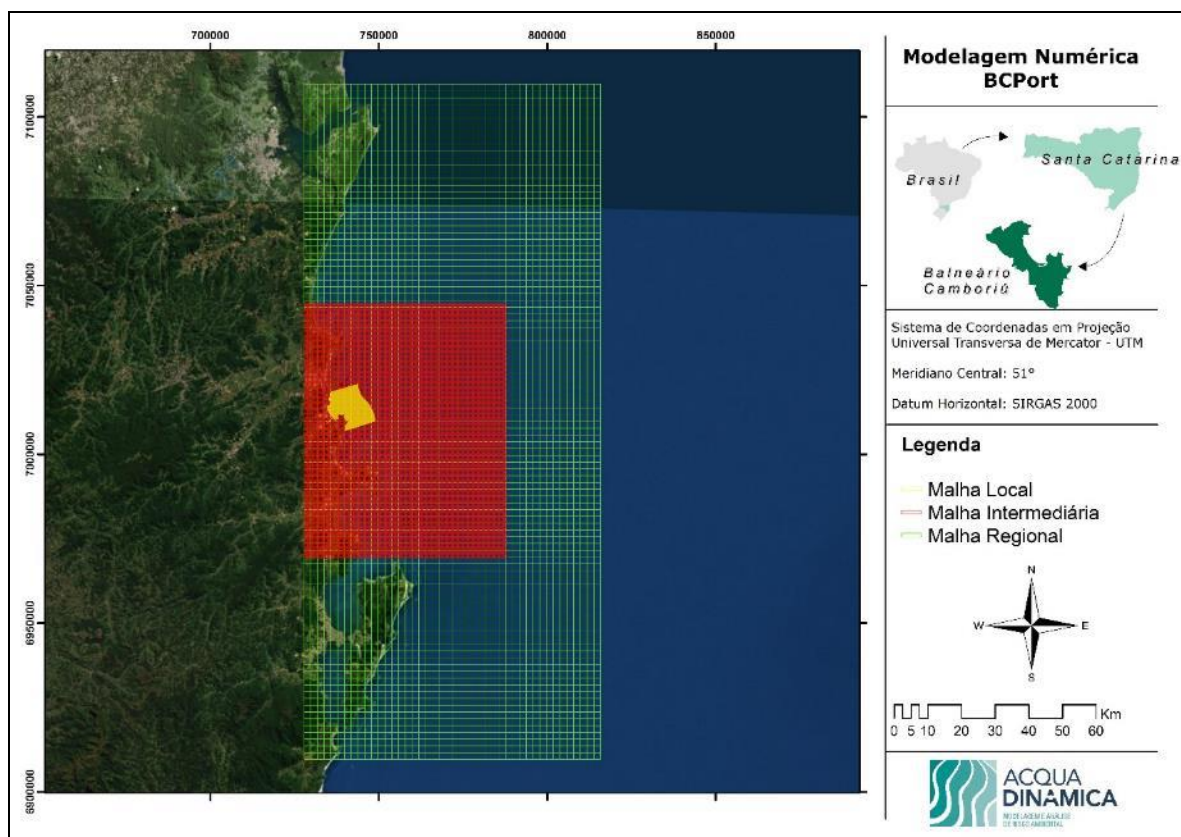


Figura 327. Grades numéricas intermediária e regional para executar o modelo de propagação de ondas.

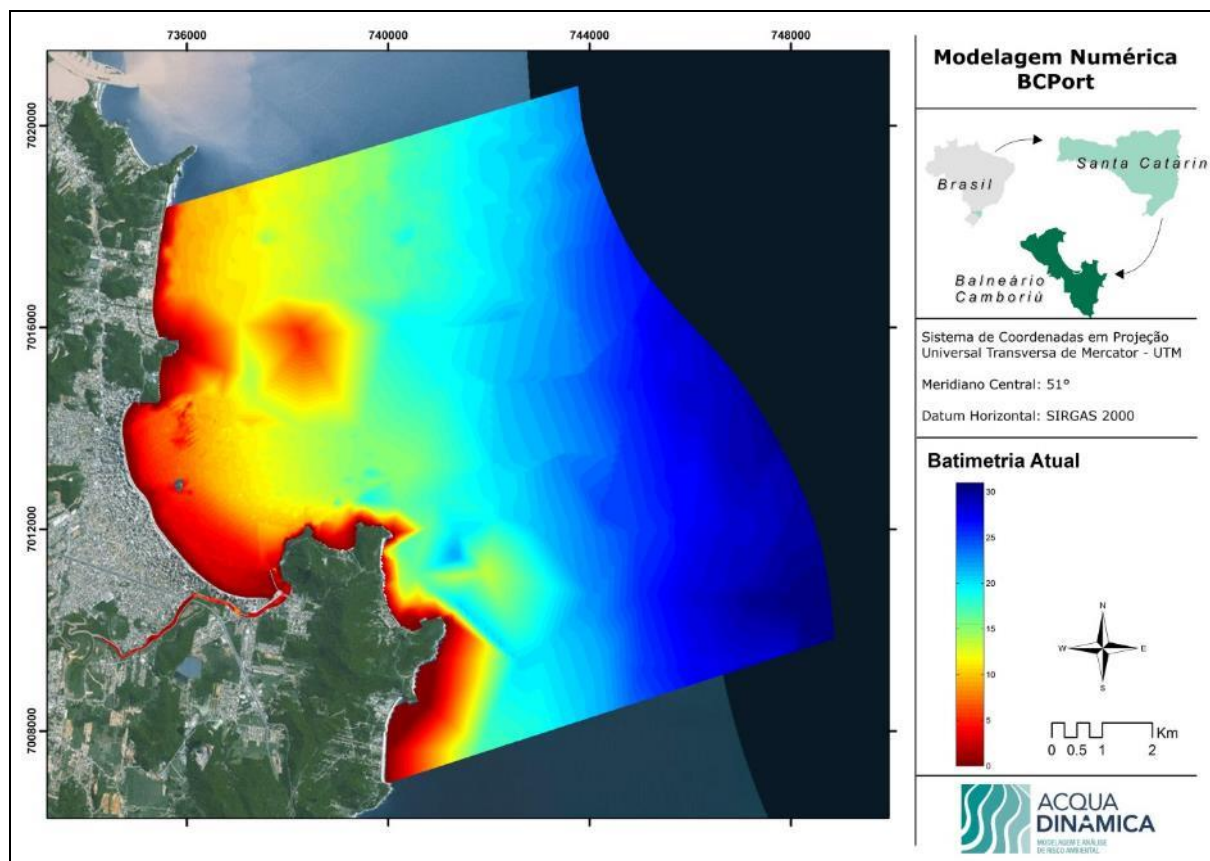


Figura 328. Batimetria interpolada na grade numérica local do modelo hidrodinâmico.

#### 9.1.10.1.1.4. Dados de Entrada dos Modelos Hidrodinâmico e Morfológico

Para a execução do modelo, diversos dados de descarga fluvial, ventos, marés e ondas foram utilizados para que o mesmo pudesse ser calibrado, e desta forma pudesse representar de uma maneira mais fidedigna as condições ambientais presentes na área de estudo.

##### 9.1.10.1.1.4.1. Descarga Fluvial de Afluentes

O rio Camboriú, com aproximadamente 40 km de extensão, drena uma bacia de aproximadamente 200 km<sup>2</sup>, compreendendo dois municípios, Camboriú e Balneário Camboriú. As principais atividades nas áreas de entorno da Bacia são aquelas vinculadas à agricultura. Silva & Schettini (1997) calcularam uma vazão média para o rio Camboriú de 3,0 m<sup>3</sup>/s (Tabela 44).

Tabela 44. Vazão estimada do rio Camboriú.

<b>Estação</b>	<b>Vazão (m³/s)</b>
rio Camboriú	3,0

## 9.1.10.1.1.4.2. Dados de Vento

Os dados de vento utilizados nesta simulação foram obtidos através de uma estação do INMET para a região de Balneário Camboriú. Para tanto, foi utilizada uma série de dados correspondente ao período de simulação, coletada em uma estação meteorológica automática.

## 9.1.10.1.1.4.3. Dados de Maré

Os dados referentes a maré inseridos no modelo numérico e descritos na Tabela 45 foram obtidos através de análise e determinação das constantes harmônicas a partir dos dados de maré medidos para o local.

Esta determinação das constantes harmônicas de maré para Balneário Camboriú foi realizada através do programa PACMARE, desenvolvido por Franco (2000). O programa faz a análise dos diferentes constituintes da maré ou da corrente de maré oriundos dos dados medidos de maré e determina as correspondentes constantes harmônicas para o local.

Tabela 45. Constantes harmônicas de maré para Balneário Camboriú.

<b>Constante</b>	<b>Amplitude (m)</b>	<b>Fase (graus)</b>
MSf	0.0023	272.27
O1	0.0459	89.67
K1	0.0407	131.95
M2	0.2433	87.20
S2	0.1263	76.03
M3	0.0409	210.96
SK3	0.0086	234.45
M4	0.0598	153.38
MS4	0.0364	236.98
S4	0.0089	234.91
2MK5	0.0131	33.12
2SK5	0.0085	15.13
M6	0.0026	233.54
2MS6	0.0077	272.61
2SM6	0.0041	258.63
3MK7	0.0033	16.79

M8	0.0004	170.86
----	--------	--------

#### 9.1.10.1.1.4.4. Maré Morfológica

Para estudos morfológicos com utilização de Fator de Aceleração Morfológica (MORFAC) indica-se a utilização de maré morfológica (LESSER, 2009), esta maré é uma redução simplificada da maré complexa que ocorre na natureza. A maré morfológica tem como objetivo produzir o mesmo transporte de sedimento residual e padrão de variação morfológica da maré real pelo período de tempo de interesse, porém, reduzindo o esforço computacional e variações imprecisas causadas pela variação sizígia-quadratura na maré.

A maré morfológica utilizada (Figura 329) foi gerada a partir média da Médias das Preamares (MHW) e Média das Baixa-Mares (MLW), oscilando em torno do nível médio, com período e fase equivalente à constante harmônica M2, a componente de maior relevância na região de interesse, conforme apresentado na tabela de constantes harmônicas desenvolvido por Franco (2000) (Tabela 45).

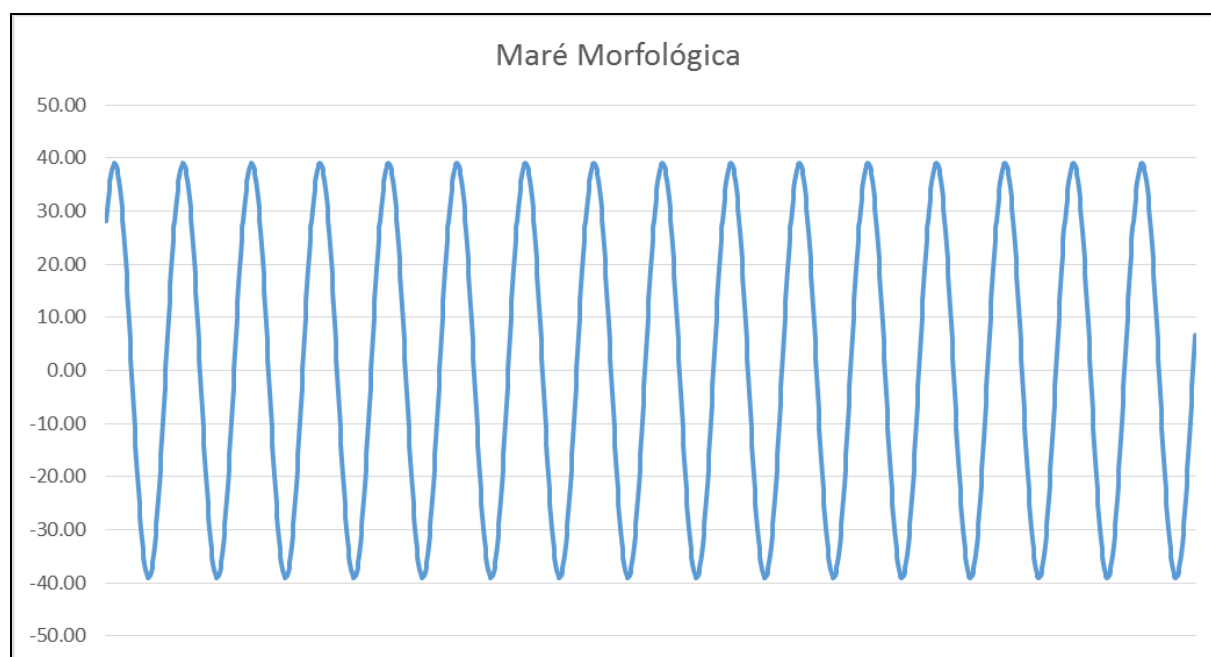


Figura 329. Maré morfológica calculada para a região de Balneário Camboriú.

#### 9.1.10.1.1.4.5. Dados de Onda

Os dados de ondas utilizados no presente estudo foram obtidos a partir de estudos prévios realizados pela empresa Coastal Planning and Engineering do Brasil, no ano de 2011. Neste estudo, dados de ondas em águas profundas, provenientes do modelo Wave

Watch III – WWIII, foram extraídos para o ponto mais próximo à Balneário Camboriú, nas coordenadas 27° S e 47,5° W. Os dados foram analisados e propagados para águas rasas através do módulo Delft3D – WAVE. Após a reconstrução da série temporal em águas rasas, através do método do Hipercubo, foram selecionados quatro casos de ondas mais extremos ocorrentes na região, através do método de fluxo de energia.

Tabela 46. Casos de ondas simulados.

Caso	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)
1	2.51	7.69	74.68
2	2.66	8.28	91.97
3	2.85	8.76	114.63
4	3.19	10.44	154.57

#### 9.1.10.1.1.5. Cenários Modelados – Modelos Hidrodinâmico e Morfológico

Para todos cenários, as simulações foram realizadas sob mesmas condições temporais, climáticas e oceanográficas. As diferenças entre os cenários são: Engordamento da Praia Central de Balneário Camboriú; BC Port com navio atracado em um dos berços; e BC Port com navios atracados nos 2 berços.

As simulações foram realizadas para os seguintes cenários:

- **Cenário 1:** atual;
- **Cenário 2:** condição atual com a Praia Central engordada;
- **Cenário 3:** condição atual com BC Port instalado e 1 navio de passageiros atracado;
- **Cenário 4:** condição atual com o BC Port instalado e 2 navios de passageiros atracados;
- **Cenário 5:** praia com engordamento e BC Port instalado com 1 navio de passageiros atracado; e,
- **Cenário 6:** praia com engordamento e BC Port instalado com 2 navios de passageiros atracados.

Para a realização dos resultados os cenários 03 e 04 serão comparados com o *Cenário Atual (01)* por apresentarem a mesma condição da Praia Central sem engordamento; já os cenários 05 e 06 serão comparados com o *Cenário 02*, por apresentarem a condição da Praia Central pós-engordamento.



Os navios utilizados para os cenários 03, 04, 05 e 06 foram navios de cruzeiro com comprimento de 361,6 metros, calado de 9,3 metros e LOA de 60,5 metros.

#### 9.1.10.1.1.6. Validação do Modelo Numérico Hidrodinâmico e Morfológico

Para a validação do modelo numérico, um perfilador acústico de correntes (ADCP), baseado no efeito *Doppler* da marca Nortek, modelo AWAC® 600 kHz (Figura 330), foi fundeado na enseada de Camboriú, nas coordenadas geográficas 26° 59.087' S e 48° 37.033' W (Figura 331), pelo período de 15/11/2012 a 14/12/2012, com medições a cada 10 minutos.



Figura 330. Equipamento AWAC® utilizado no fundeio já fixado em estrutura piramidal.

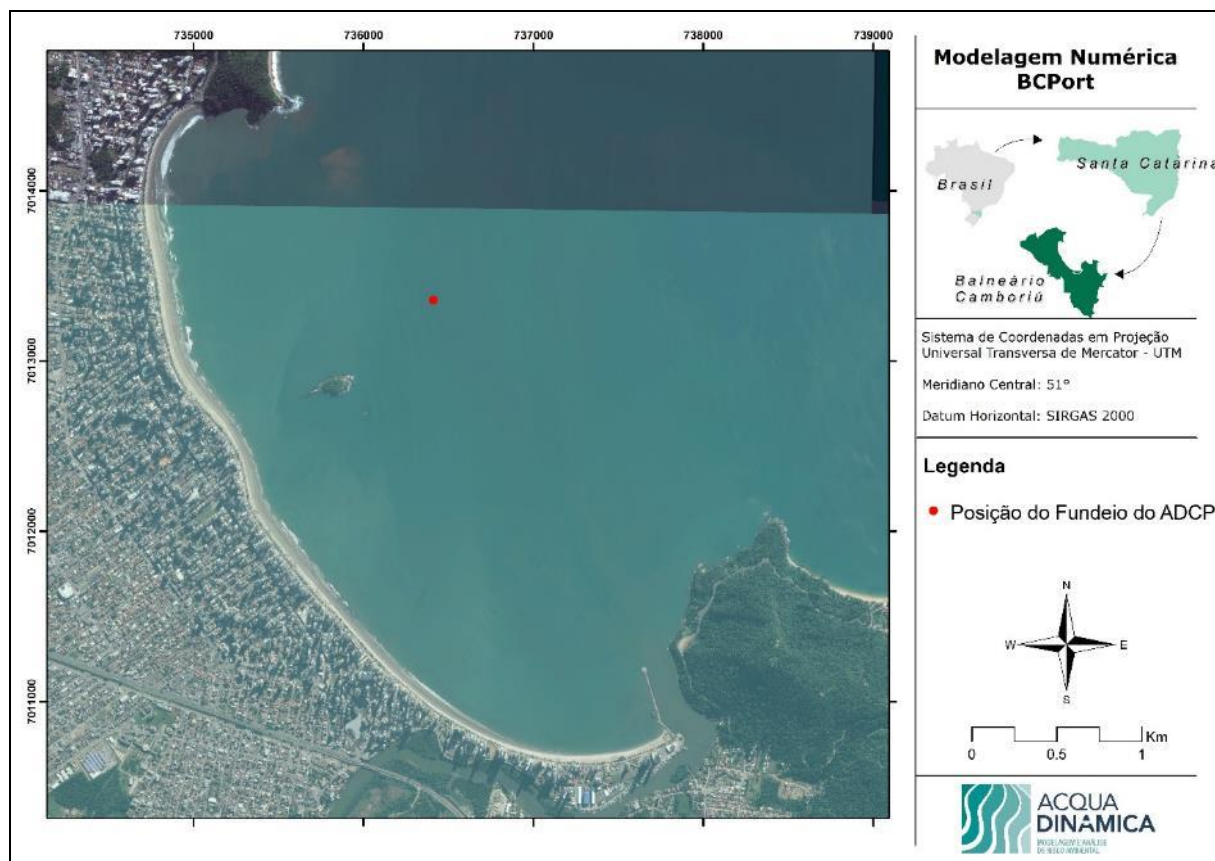


Figura 331. Posição de fundeio do ADCP – AWAC na enseada de Camboriú. Os dados de corrente, ondas e nível de água foram coletados em escala temporal de 10 minutos, no mesmo período (15 dias) da modelagem realizada, 16/11/2012 a 30/11/2012, possibilitando a comparação entre os resultados e posterior validação do modelo.

Na Figura 332 é apresentado o gráfico de comparação entre os dados de maré medidos e modelados, que demonstra que os resultados da modelagem puderam representar de forma coerente os padrões de maré dominantes no local. Na Figura 333 pode-se observar que a correlação entre os dados é satisfatória com valor de  $R^2$  de 0,74.

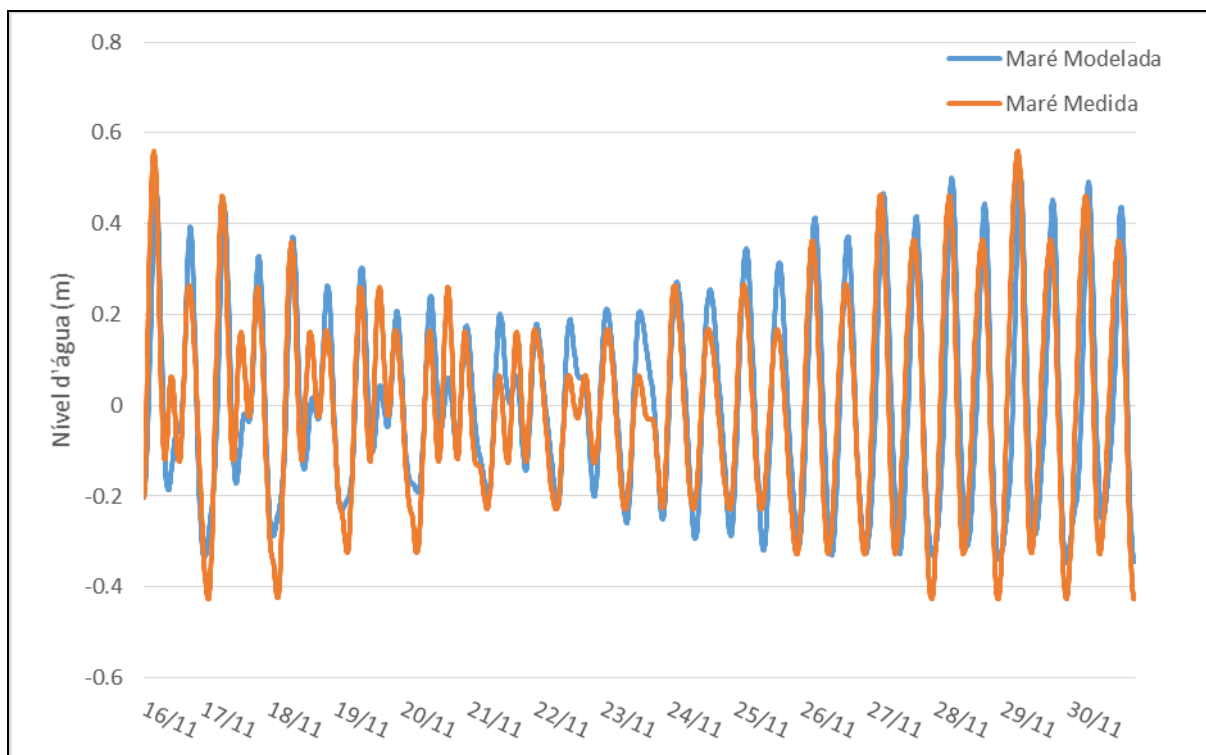


Figura 332. Comparação entre os dados de maré medidos pelo ADCP e os dados modelados, para a área de estudo.

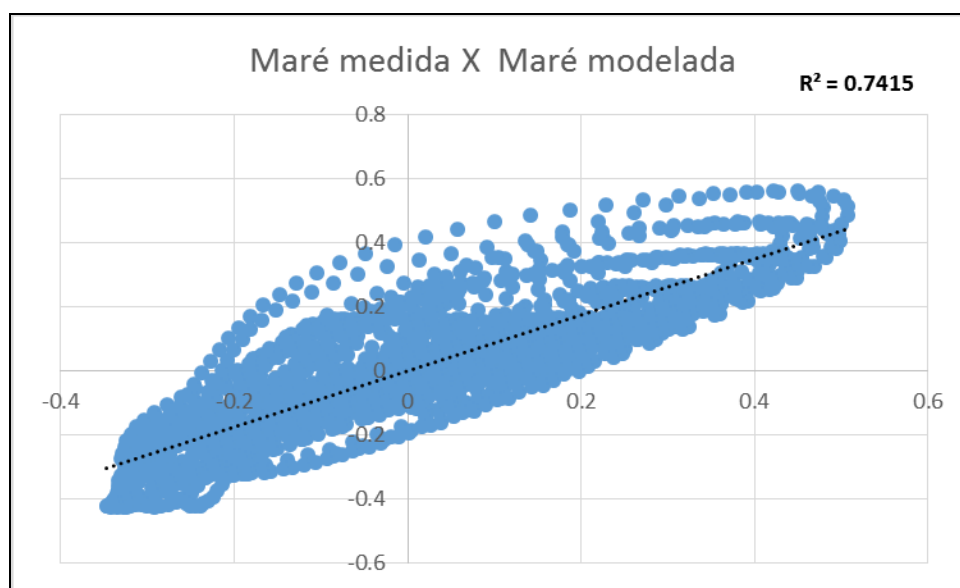


Figura 333. Comparação entre os dados de maré (m) medidos pelo ADCP e os dados modelados, para a área de estudo.

#### 9.1.10.1.2. Modelagem Numérica da Dispersão da Pluma de Sedimentos

O modelo numérico **MOHID Studio**, desenvolvido pela **Action Modulers®**, em Mafra, Portugal, foi utilizado para a execução deste trabalho. O **MOHID Studio** é uma interface gráfica para o **MOHID Water Modelling System** desenvolvido pela **Technical**

**University of Lisbon**, permitindo preparar, executar e analisar modelos numéricos de forma amigável em um ambiente integrado com um Sistema de Informação Geográfica (SIG) (BRAUNSCHWEIG *et al.*, 2012).

O **Mohid Studio** constitui-se em um avançado sistema de modelos numéricos 3D (três dimensões) que possibilitam a simulação de corpos d'água como rios, reservatórios, estuários, áreas costeiras e oceanos. O programa é composto por uma série de módulos responsáveis pela computação física e de processos biogeoquímicos. O modelo é dividido em três compartimentos (ár, água e terra), desta forma ele se baseia em duas interfaces principais: interface água-sedimento e interface água-ár, permitindo a modelagem de processos costeiros complexos, tais como geração e propagação de ondas, circulação hidrodinâmica, transporte de sedimentos e mudanças da morfologia litorânea (erosão e deposição sedimentar e variação da posição da linha de costa), sendo para esta modelagem utilizada a versão Mohid Studio Professional 2015.

O modelo hidrodinâmico se baseia em equações finitas e é capaz de integrar o transporte de sedimentos utilizando o **Module Lagrangian**, o qual utiliza o conceito de traçadores lagrangianos. Os traçadores podem ser massas d'água, moléculas ou partículas de sedimento, como utilizado neste estudo para possibilitar uma eficiente avaliação da pluma de sedimento proveniente da dragagem, resultado do projeto implantação da Instalação Portuária de Turismo BC Port. Foram realizadas simulações hidro-sedimentar para dois cenários (01 – *Dragagem em frente ao berço de atracação esquerdo* e 02 – *Dragagem em frente berço de atracação direito*).

#### 9.1.10.1.2.1. Modelo Hidrodinâmico

O módulo hidrodinâmico (**Module Hydrodynamic**) resolve equações de conservação do movimento e da continuidade para elevação do nível d'água e velocidade em 3D para fluxos incompressíveis, em coordenadas ortogonais horizontais e coordenadas genéricas verticais, assumindo equilíbrio hidrostático.

O modelo numérico *MOHID Water Modelling System* foi extensivamente calibrado e validado através de experimentos de campo e de laboratório e é considerado o “estado-da-arte” em modelagem hidrodinâmica.

#### 9.1.10.1.2.2. Módulo Lagrangiano

O módulo lagrangiano (**Module Lagrangian**) simula processos localizados com altos gradientes, como quedas submarinas, erosão sedimentar causada por dragagens, calibração hidrodinâmica, dispersão de óleo, etc. O módulo utiliza o conceito de traçadores, os quais tem seus movimentos influenciados pelo campo de velocidade gerado pelo módulo hidrodinâmico, pelo vento, pelas velocidades de dispersão e decaimento da partícula e pelo movimento aleatório.

#### 9.1.10.1.2.3. Grade Numérica e Batimetria

Para o presente estudo foi desenvolvido uma grade numérica (Figura 334) com detalhamento na área da Instalação Portuária de Turismo BC Port. A criação desta malha numérica para a execução da modelagem foi realizada no software Mohid Studio Professional 2015, em configuração curvilínea ortogonal.

Para este estudo a malha numérica foi definida em 3D (três dimensões) do tipo sigma, com três camadas, sendo 30% para as camadas de fundo e superfície e 40% para a camada central, permitindo a análise do transporte do sedimento vertical na coluna d'água.



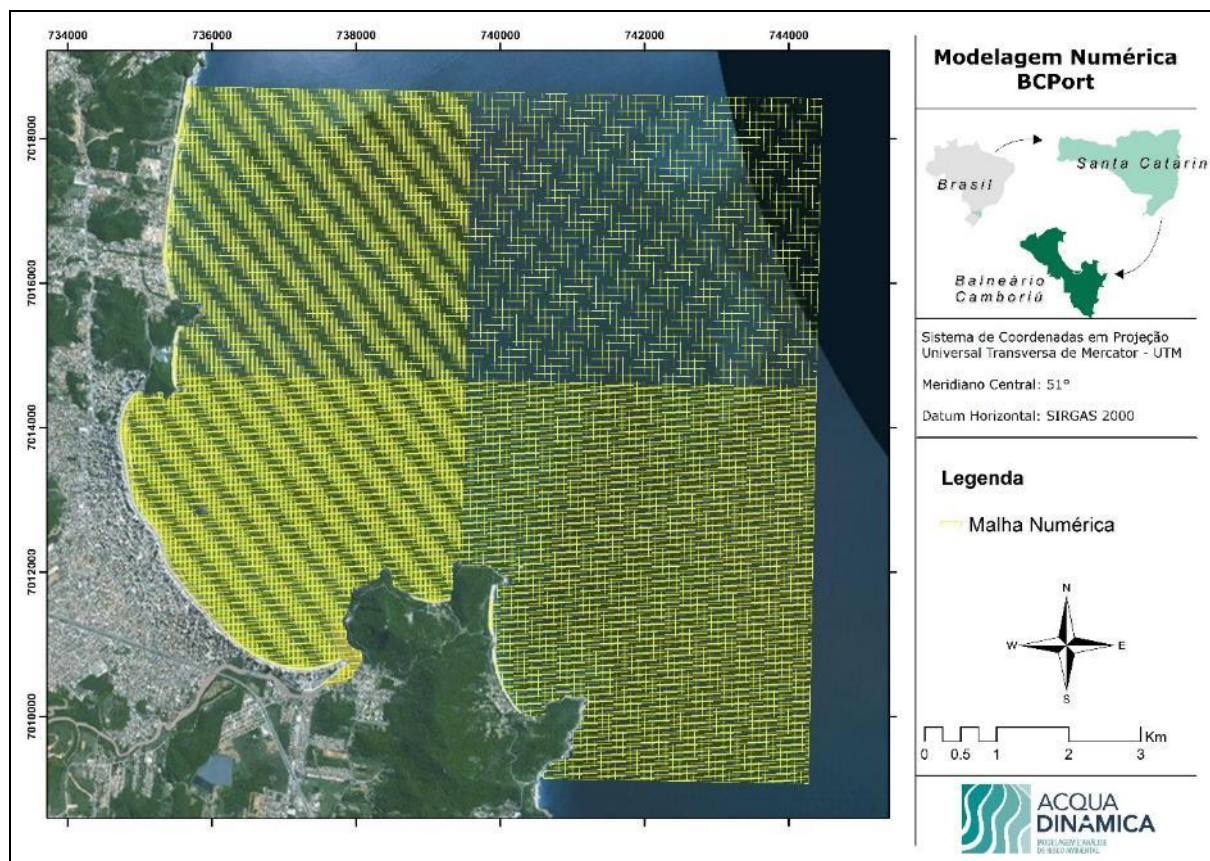


Figura 334. Malha numérica para a região de Balneário Camboriú com detalhamento na região do BC Port.

A batimetria utilizada no trabalho foi composta por dados digitalizados de cartas náuticas, disponibilizadas pela DHN, e dados de batimetria mais detalhados para a região próxima da costa, aquisitados *in situ*. Os dados de batimetria foram interpolados sobre a malha de cálculo no software Mohid Studio Professional 2015, através do método de interpolação de triangulação linear. O resultado da interpolação da batimetria sobre a malha de cálculo local está representado na Figura 335.

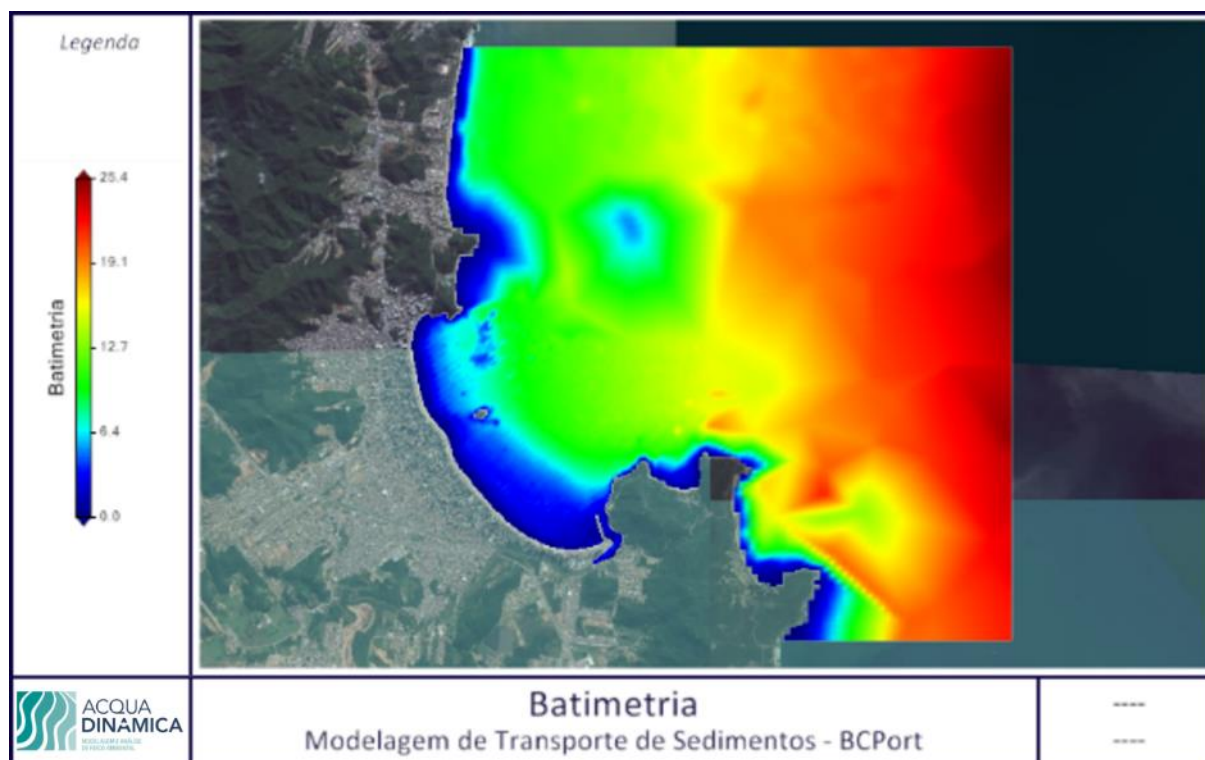


Figura 335. Batimetria interpolada na grade numérica com detalhamento na área do BC Port.

#### 9.1.10.1.2.4. Dados de Entrada do Modelo de Dispersão da Pluma de Sedimentos

Para a execução do modelo, diversos dados de descarga fluvial, ventos e marés foram utilizados para que o mesmo pudesse ser calibrado, e desta forma pudesse representar de uma maneira mais fidedigna as condições ambientais presentes na área de estudo. A descrição destes dados foi apresentada acima nos itens 9.1.10.1.1.4.1, 0 e 9.1.10.1.1.4.3.

#### 9.1.10.1.2.5. Validação do Modelo Numérico

Para a validação do modelo numérico, um perfilador acústico de correntes (ADCP), baseado no efeito *Doppler* da marca Nortek, modelo AWAC® 600 kHz (Figura 330), foi fundeado na enseada de Camboriú, nas coordenadas geográficas 26° 59.087' S e 48° 37.033' W (Figura 331) pelo período de 15/11/2012 a 14/12/2012, com medições a cada 10 minutos.

Os dados de água foram coletados em escala temporal de 10 minutos, no mesmo período da modelagem realizada, 16/11/2012 a 30/11/2012, possibilitando a comparação entre os resultados e posterior validação do modelo.

Na Figura 332 é apresentado o gráfico de comparação entre os dados de maré medidos e modelados, que demonstra que os resultados da modelagem puderam representar de forma coerente os padrões de maré dominantes no local. Na Figura 333 pode-se observar que a correlação entre os dados é satisfatória com valor de  $R^2$  de 0,80.

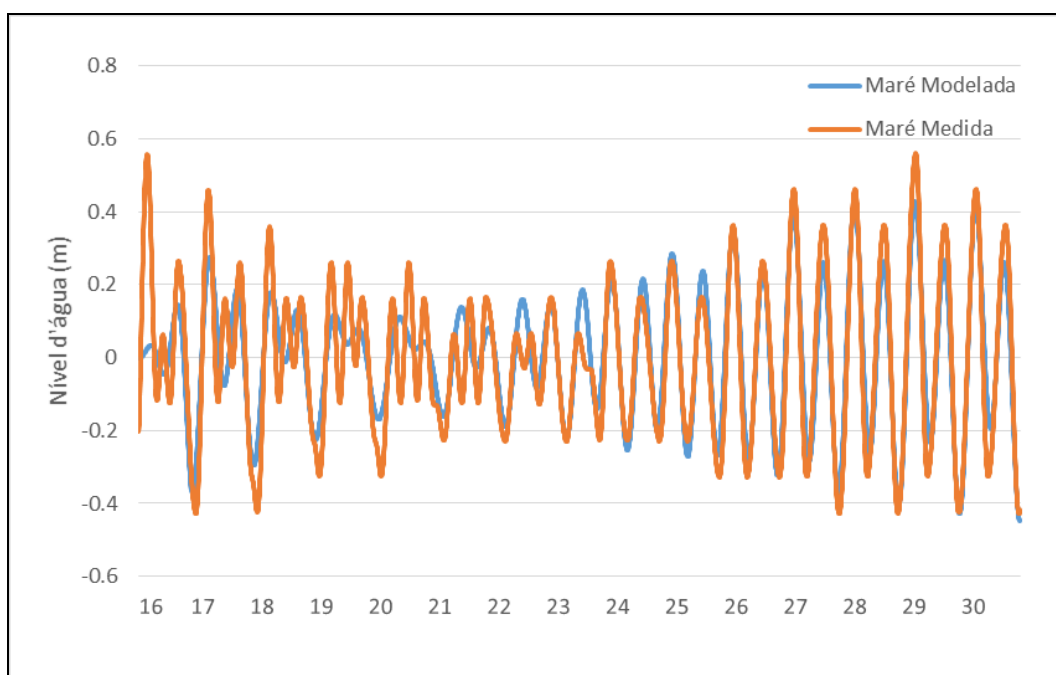


Figura 336. Comparação entre os dados de maré medidos pelo ADCP e os dados modelados, para a área de estudo.

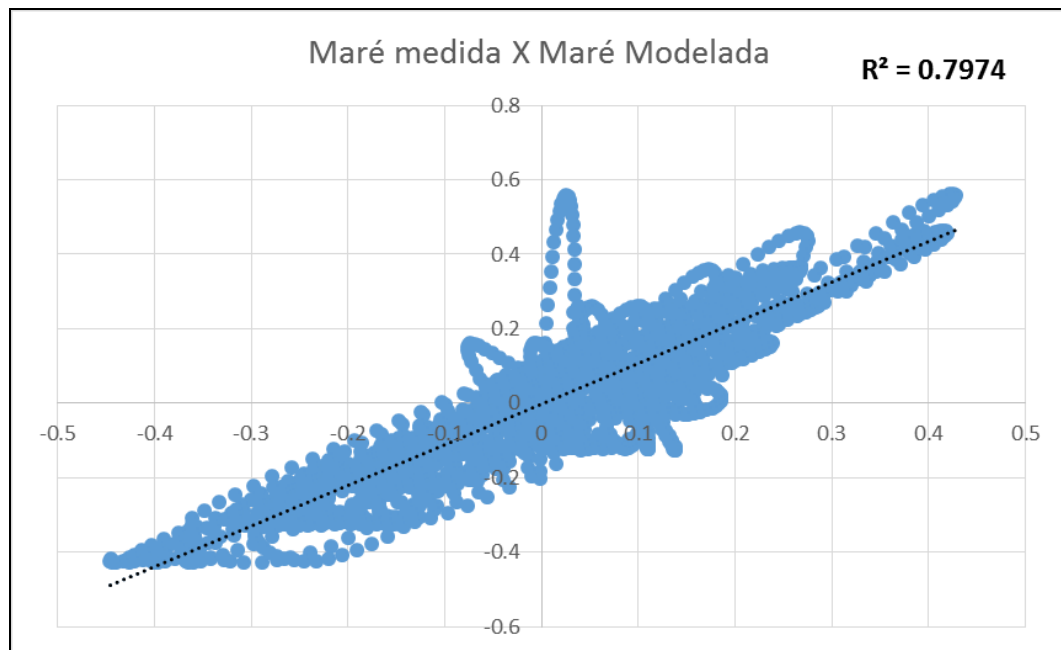


Figura 337. Comparação entre os dados de maré (m) medidos pelo ADCP e os dados modelados, para a área de estudo.

#### 9.1.10.1.2.6. Modelo de Dispersão de Sedimento

O modelo de dispersão de sedimentos é alimentado com diversas informações, dentre elas, podemos citar: localização dos pontos de dragagem; volume de sedimentos dragados; concentração de sedimentos dragados; porcentagem de sedimentos coesivos e não coesivos; tempo de dragagem; entre outros.

A Acquaplan Tecnologia e Consultoria Ambiental realizou levantamento de dados sedimentológicos *in situ* para 41 pontos na região da Praia Central de Balneário Camboriú e do rio Camboriú (Figura 338). Conforme análise dos pontos #05, #06, #10 e #11, localizados na região dos berços de atracação da Instalação Portuária de Tursmo BC Port, o tamanho de grão areia muito fina (0,0625 mm) corresponde a 71,97% do sedimento depositado. Sendo assim, para estas simulações foi utilizado como sedimento para a dispersão da pluma de dragagem areia muito fina.



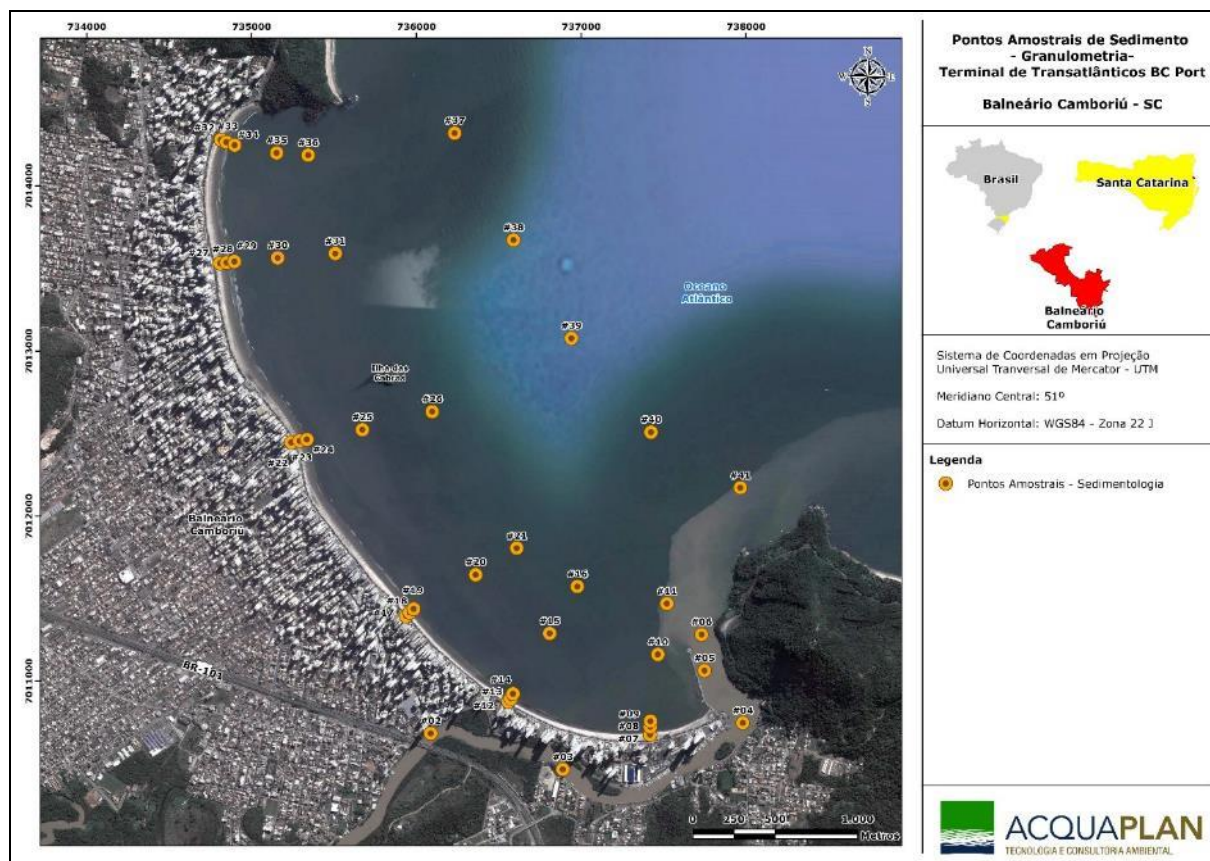


Figura 338. Pontos de coleta de sedimento para análise sedimentar.

A análise da pluma de dragagem foi realizada para dois pontos de dragagem, um na região do berço de atracação esquerdo e outro na região do berço de atracação direito, segundo projeto da Instalação Portuária de Turismo BC Port. A simulação da dispersão da pluma foi iniciada junto ao fundo, sendo considerada a ressuspensão do sedimento no processo de dragagem.

Para o desenvolvimento do estudo considerou-se a utilização de um tipo de draga Autotransportadora de Arrasto (Hopper) com capacidade de 5.000 m<sup>3</sup>. As dragas de sucção de arrasto autotransportadora, do tipo Hopper (Figura 339), são embarcações autopropelidas com uma cisterna para armazenamento do material dragado. O sistema de dragagem é desenvolvido de forma alternada entre dois processos: (1) o processo de sucção do material, que é armazenado no interior da cisterna da embarcação; (2) o processo de despejo ou lançamento (uma vez atingida sua capacidade máxima, a embarcação navega até a área de despejo para o esvaziamento).



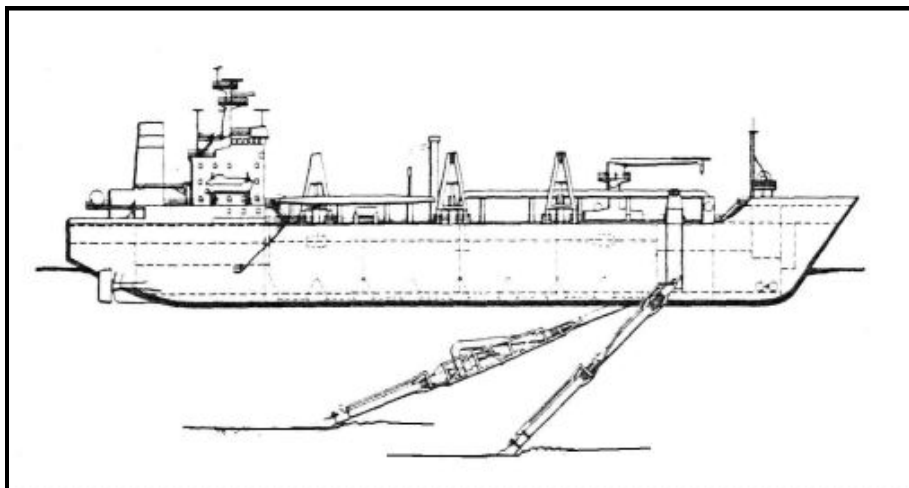


Figura 339. Ilustração de uma draga de arrasto do tipo Hopper.

O sistema de dragagem configura-se pelo arrasto causado pela sucção de água, carreando juntamente o material de fundo para dentro da cisterna. A eficiência deste método se eleva quando existem na cabeça de sucção bicos injetores de água no sedimento ou pás e dentes que facilitem a fluidificação do material.

#### 9.1.10.1.2.7. Cenários para as Simulações da Pluma de Sedimento

Os cenários de dispersão da pluma de sedimentos de dragagem foram definidos em função do tipo de draga, processo de dragagem e local a ser dragado (tipo de sedimento e profundidade).

As características do processo de dragagem da draga que serão utilizadas foram estudadas por diversos pesquisadores e descrevem que a porcentagem de ressuspensão de sedimentos estão relacionadas à velocidade da dragagem, número de rotação da cabeça de draga, espessura do tubo de sucção, velocidade de movimento do braço da draga entre outros. Palermo *et al.* (2008) salientam que a porcentagem de ressuspensão de sedimentos pode variar de 0,15 a 3,3% do volume de sedimentos dragados. McLellan *et al.* (1989) descrevem que a concentração de ressuspensão de sedimentos pode variar entre 10 e 200 mg/l, dependendo dos processos de dragagem envolvidos e a sedimentologia da área dragada. Hayes (1986) e Henriksen (2009) propuseram modelos para a estimar a concentração de sedimentos ressuspensado pela operação de dragagem. Com base nos trabalhos científicos citados acima, será utilizada a porcentagem de 5% (250 m<sup>3</sup>) para a caracterização de sedimentos ressuspensados durante a operação de dragagem, de forma a simular o cenário de pior caso.

Desta forma, foi definido a análise dos seguintes cenários:

- **Cenário 1:** pluma de sedimento da dragagem na região do berço de atracação esquerdo, com ressuspensão de 250 m<sup>3</sup> de sedimento; e,
- **Cenário 2:** pluma de sedimento da dragagem na região do berço de atracação direito, com ressuspensão de 250 m<sup>3</sup> de sedimento.

#### 9.1.10.1.3. Modelagem Numérica e Estudo de Manobras de Navios

O estudo de simulação de manobras de navios realizado teve o objetivo foi analisar a viabilidade da navegação e manobras de transatlânticos no canal de acesso, bacia de evolução e píeres de atracação propostos para a Instalação Portuária de Turismo - IPTur BC Port.

O estudo consistiu de uma avaliação dos aspectos de navegação de um navio de passageiros, contemplando manobras de giro na bacia de evolução, atracação e desatracação de popa e de proa. Na Figura 340 apresenta-se o detalhe das áreas destinadas ao sistema aquaviário do empreendimento, compreendido pelo canal de acesso, bacia de evolução, e a região onde se irá instalar os píeres de atracação.

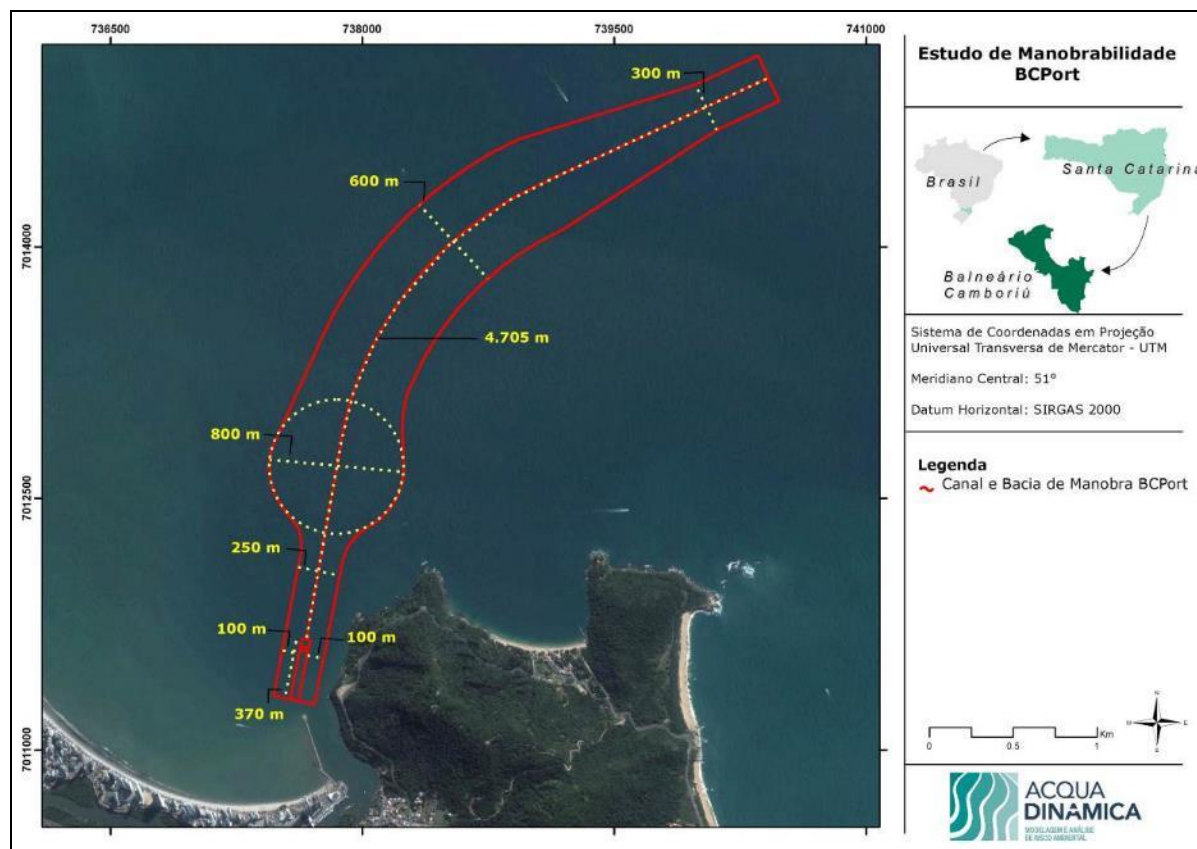


Figura 340. Detalhamento do sistema aquaviário proposto para o Terminal Portuário de Turismo BC Port.

Na Tabela 47 são apresentadas as dimensões propostas para o sistema aquaviário do empreendimento, onde estão contemplados os parâmetros e dimensões do comprimento total e largura do canal de acesso ao BC Port, diâmetro da bacia de evolução, largura e comprimento dos berços de atracação e área total, respectivamente.

Tabela 47. Dimensões do sistema aquaviário proposto para o IPTur BC Port.

Parâmetro	Dimensões
Comprimento total do canal	4.705 metros
Largura inicial do canal	300 metros
Largura central do canal	600 metros
Diâmetro da bacia de evolução	800 metros
Largura do canal de aproximação aos berços	250 metros
Largura berço de atracação	100 metros
Comprimento do berço de atracação	370 metros

As simulações para este estudo de manobras foram realizadas nas datas de 25 a 27 de julho de 2016 nas dependências do Centro de Simulações Marítimas AcquaSIM da empresa ACQUADINÂMICA Modelagem e Análise de Risco Ambiental LTDA., localizada em Balneário Camboriú, Santa Catarina.

#### 9.1.10.1.3.1. O Simulador

O Simulador do Centro de Simulações Marítimas AcquaSIM da empresa ACQUADINÂMICA é um simulador do tipo *Part-Task* desenvolvido pela empresa dinamarquesa *Force Technology*, uma das principais empresas marítimas de pesquisa e desenvolvimento do mundo, e, pioneira no desenvolvimento de simuladores para fins marítimos. O software utilizado no simulador de navios é o *SimFlex4*, desenvolvido pela própria *Force* e baseado no *DEN-Mark1*, que permite o uso da ferramenta tanto para estudos de engenharia quanto exercícios de treinamento, com a possibilidade de acoplar múltiplos simuladores.

O simulador apresenta-se em uma combinação de três consoles equipados com instrumentos reais de um passadiço de navio. Estes consoles dispõem de dois controles de lemes que podem ser utilizados de forma independente ou sincronizados, dois manetes para o controle de duas máquinas propulsoras, três *bow thrusters* (hélices de proa), três *stern thrusters* (hélices de popa), piloto automático e controles que

aumentam a capacidade visual, onde se pode sair para as asas tanto de bombordo quanto de boreste da embarcação e orientar a visão desejada em até 360°.

Os consoles anteriormente citados contam também com três monitores (Figura 341), onde durante as atividades de simulação, apresentam as informações de radar, carta náutica eletrônica e as informações pertinentes à navegação em curso, como por exemplo, profundidade, velocidade de vento, velocidade da embarcação em proa, centro e popa, taxa de guinada, emprego de *bow thrusters* e *stern thrusters*, emprego dos lemes, rumo, força das máquinas entre outras. E ainda, tem-se três telas de 55", perfeitamente ajustadas, que permitem ao navegador uma visão de 120° do ambiente que está sendo simulado.



Figura 341. Consoles equipados com instrumentos reais de um navio e monitores de radar, informações da navegação e carta náutica eletrônica respectivamente.

Destaca-se ainda que o simulador em questão encontra-se disposto em uma sala escura sem interferência de iluminação externa, como pode ser observado na Figura 342, fator este que imprime ainda mais realismo às simulações.



Figura 342. Simulador de navegação do Centro de Simulações Marítimas - AcquaSIM da empresa ACQUADINÂMICA.

#### 9.1.10.1.3.2. Modelo Matemático da Área de Estudo

O Modelo Matemático da Área de Estudo é o resultado de uma união de dados base para estabelecer o ambiente que se quer estudar, como batimetria, correntes, ondas, vento, cabos amarras, defensas, etc. Ou seja, este modelo é definido matematicamente antes das simulações e inserido no simulador para a realização do estudo. Entretanto, este modelo é customizado de acordo com o estudo que se pretende desenvolver e os objetivos previamente definidos, uma vez que muitas destas informações podem ser inseridas diretamente no momento da simulação, em tempo real, pelo operador do simulador.

#### 9.1.10.1.3.3. Modelo Visual 3D

Todo o ambiente da área de estudo que é fixo, que se apresenta em terra, é definido como Modelo Visual 3D. Em outras palavras, nada mais é que a visão de terra, área urbana, que se tem da área de estudo durante as simulações e que se observa nas telas curvas que representam as vigias do passadiço durante a simulação, e que auxilia na navegação visual. O Modelo Visual é gerado através do software 3D StudioMax, um software de modelagem 3D, que apresenta total compatibilidade com o software *SimFlex4* do simulador. Na Figura 343 é possível observar a alta qualidade do Modelo Visual 3D gerado para a área de estudo.



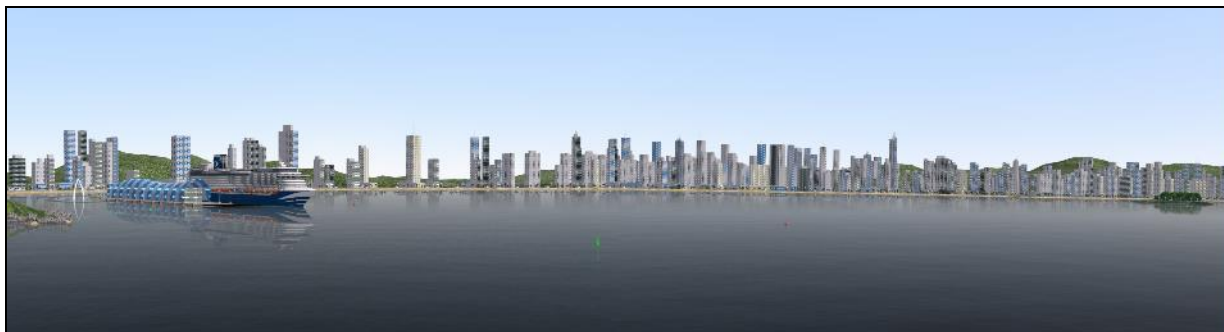


Figura 343. Modelo Visual 3D para a área de estudo.

#### 9.1.10.1.3.4. Procedimentos de Simulação

Quando utilizado na sua configuração 3D presente, o simulador é controlado por um navegador, o "Comandante", que está no interior de um modelo reduzido de um passadiço padrão diante de uma grande tela curva que mostra uma perspectiva de 120°, através das vigias (janelas) da ponte.

O simulador é equipado com instrumentos que são encontrados em um passadiço real, incluindo radar e carta náutica eletrônica, desta forma, o navegador pode ativar seus motores, lemes e propulsores por meio das alças de controle analógico.

Durante a simulação, um operador de simulador à frente de um computador interligado ao passadiço alimenta o Modelo Matemático da Área utilizado na simulação com dados de vento, correntes, e ondas em tempo real, assim como inicia e para as simulações, salva as navegações, determina escalas de exibição e coordena eventos pré estabelecidos para ocorrerem durante a simulação.

Todas as simulações são registradas eletronicamente, a fim de ser capaz de repetir a cada segundo o que aconteceu durante as "corridas" (cenários simulados). Isto inclui séries temporais de um grande número de parâmetros, por exemplo, velocidade em relação ao fundo e em relação à água, ângulo de leme, revoluções das hélices, etc. Isto dá a oportunidade de investigar todas as "corridas" em detalhe numa fase posterior.

#### 9.1.10.1.3.5. Estudos de Manobras

Para a realização das simulações de um estudo de manobras são levadas em consideração algumas definições para o seu desenvolvimento, pré-concepções

estabelecidas para o bom andamento destes tipos de estudo. Estas definições encontram-se descritas a seguir:

**Segurança:** uma margem de segurança satisfatória é definida como uma situação onde o *layout* testado (empreendimento e sistema aquaviário) e as condições ambientais forneçam uma folga abaixo da quilha suficiente para evitar um encalhe, distância suficiente de áreas de águas rasas (não seguras à navegação), construções ou navios ancorados, e onde exista a possibilidade de corrigir pequenos erros de manobra sem comprometer a segurança da navegação.

**Folga Abaixo da Quilha:** folga abaixo da quilha é a distância entre o fundo do mar e a quilha do navio. É dependente dos efeitos de *squat* (afundamento por aceleração), *heave* (movimento vertical causado pela ação de ondas), *pitch* (balanço de proa a popa) e *roll* (balanço lateral) sofridos pelo navio, efeitos estes que fazem com que ocorra uma diminuição da distância abaixo da quilha.

**Limites Operacionais:** limites operacionais são definidos como os limites ambientais sob os quais um navio por si próprio ou assistido por rebocadores pode ser manobrado de tal modo que em nenhuma fase, todos os controles disponíveis são necessários em sua extensão total durante um tempo prolongado. Em outras palavras, deve-se sempre haver opções suficientes de controladores para o enfrentamento de imprevistos ou para a correção de erros de julgamento.

**Vento no Simulador:** no simulador, a velocidade do vento é dada em "velocidade de vento meteorológico", que corresponde a 10 minutos de vento médio a 10 metros de altitude.

**Condições Ambientais:** as simulações dos estudos de manobras são realizadas em condições ambientais consideradas "piores cenários" para a área de estudo.

#### 9.1.10.1.3.6. Cenários e Base de Dados

O estudo de manobras em questão, por ser o primeiro estudo a ser realizado na região, apresenta-se de forma preliminar e com um único objetivo, o de analisar a viabilidade de navegação por navios de passageiros no sistema aquaviário proposto em projeto. Para isto, foram analisados inúmeros estudos científicos realizados para a área de estudo e seus arredores. Dentre os estudos analisados, citam-se: Nobre *et al.* (1986); Alves

(1996); Carvalho *et al.* (1996); Schettini *et al.* (1996); Truccolo (1998); Silva e Schettini (1997); Klein e Menezes (2001); Klein *et al.* (2002); Araujo *et al.* (2003); Menezes (2008) e Calloni (2014).

#### 9.1.10.1.3.6.1. Batimetria

A batimetria utilizada no desenvolvimento deste estudo foi composta por dados digitalizados de cartas náuticas, disponibilizadas pela DHN e dados de batimetria mais detalhados, para a região próxima da costa, aquisitados *in situ*. O projeto proposto para a IPTur BC Port conta com um projeto de dragagem para a área do canal de acesso aos berços (canal posicionado entre a bacia de evolução e a caixa de colisão) e na região dos berços de atracação, no qual se define que a profundidade destas áreas será de 10 metros. A batimetria definida para a área de estudo pode ser observada na Figura 344.

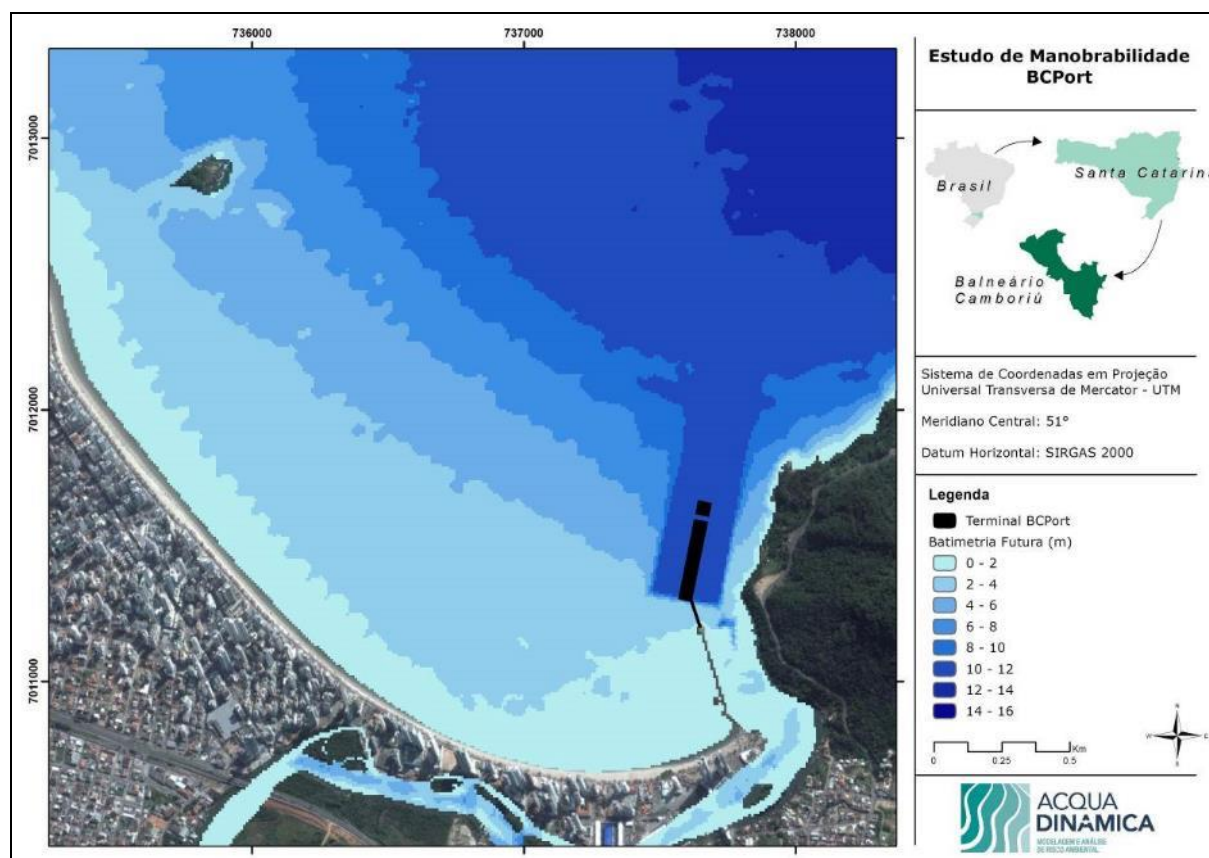


Figura 344. Batimetria interpolada na área de estudo.

#### 9.1.10.1.3.6.2. Condições de Vento

Os dados de vento foram determinados de acordo com a análise da bibliografia para a região, optando-se por trabalhar com as direções de vento predominantes e com maior intensidade. Com relação aos valores de intensidade de vento, e utilizando valores de intensidade acima dos valores médios conhecidos, definindo assim piores cenários.

Ventos de nordeste são predominantes, entretanto, interrompidos por ventos do quadrante sul associados a chegada de frentes frias.  
(Nobre *et al.*, 1986 e Truccolo, 1998)

Por se tratar de um empreendimento abrigado dos ventos do quadrante Sul, optou-se por utilizar ventos do quadrante Sudeste, por serem praticamente de mesma intensidade e incidirem um pouco mais na área de estudo. O empreendimento, de qualquer forma, também encontra-se abrigado dos ventos de Sudeste, entretanto, seu sistema aquaviário está mais exposto aos ventos de Sudeste comparativamente aos ventos de Sul.

Sendo assim, as condições de vento simuladas foram:

- Vento de 15 nós, proveniente da direção 045°.
- Vento de 20 nós, proveniente da direção 135°.

#### 9.1.10.1.3.6.3. Condições de Ondas

De acordo com a bibliografia, a área de estudo é protegida das ondulações de maior energia, que são as de Sul-Sudeste, e parcialmente protegida das ondulações predominantes de Leste. Sendo assim, optou-se por simular ondulações de Nordeste, quadrante ao qual o empreendimento encontra-se totalmente exposto.

O setor sul da Praia Central de Balneário Camboriú está em uma zona abrigada das ondas provenientes do quadrante SE (Klein *et al.*, 2002).

As ondas de maior energia que incidem na região são provenientes de Sul-Sudeste (Alves, 1996).

Durante a primavera as ondas predominantes são as provenientes de Leste, no verão há um equilíbrio entre as ondulações de Leste e Sul e no outono e inverno prevalecem as ondas de Sul (Araújo *et al.*, 2003).

Desta forma, a condição de onda simulada foi:

- Onda de 1m, proveniente da direção de 045°.

#### 9.1.10.1.3.6.4. Condições de Marés e Correntes

Campos de correntes e marés foram incorporados previamente aos cenários definidos para as simulações. Tais dados baseiam-se nos resultados do modelo numérico hidrodinâmico desenvolvido para a área de estudo, modelo calibrado e validado com dados coletados em campanhas de campo (*in situ*). Para a criação dos cenários de simulação, foram utilizados os resultados do modelo hidrodinâmico das condições de maré enchente e vazante em sizígia, cujas figuras da modelagem numérica podem ser observadas na Figura 345 e na Figura 346, respectivamente.



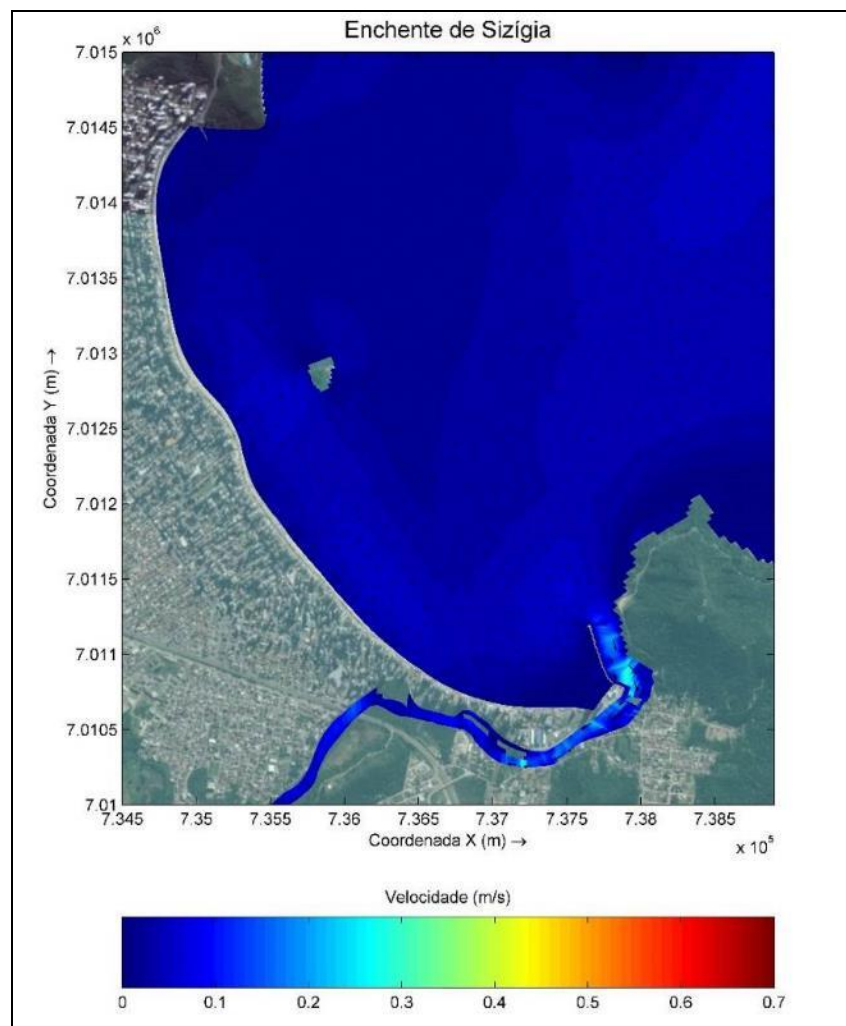


Figura 345. Imagem A - Velocidades máximas de maré enchente em sizígia para a área de estudo.

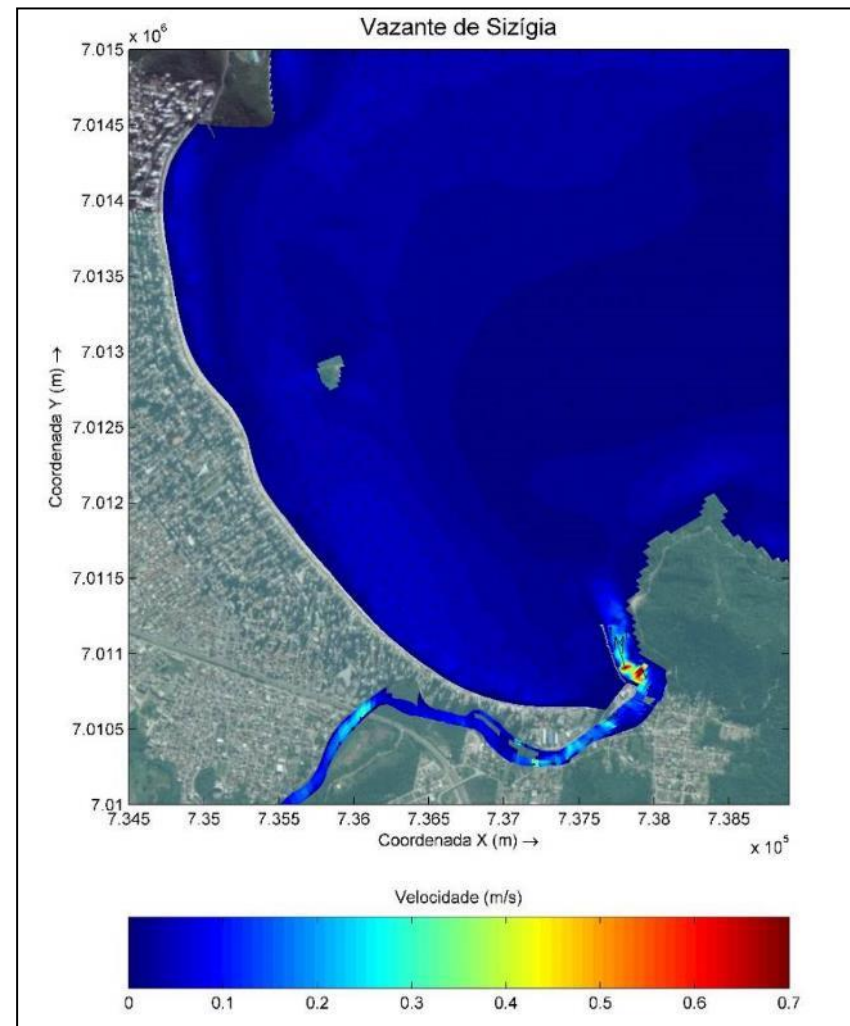


Figura 346. Imagem B - Velocidades máximas de maré vazante em sizígia para a área de estudo.

#### 9.1.10.1.3.7. Modelos de Navios

O simulador *SimFlex4* modela matematicamente o deslocamento de navios e outros meios flutuantes com seis graus de liberdade (6 *Degrees of Freedom* – 6 *DOF*), sendo: Surge ou Avanço (x) - translação na direção do eixo longitudinal; Sway ou Deriva (y) - translação na direção do eixo transversal; Yaw ou Guinada (zb) - rotação em torno do eixo vertical; Roll ou Balanço (xb) - rotação em torno do eixo longitudinal; Heave ou Afundamento (z) - translação na direção do eixo vertical; Pitch ou Arfagem (yb) - rotação em torno do eixo transversal (Figura 347).

Estes modelos são reconhecidos no mundo todo devido a precisão de suas respostas e realismo, particularmente quando se trata de interação com ondas, efeito de banco e interação navio-navio.

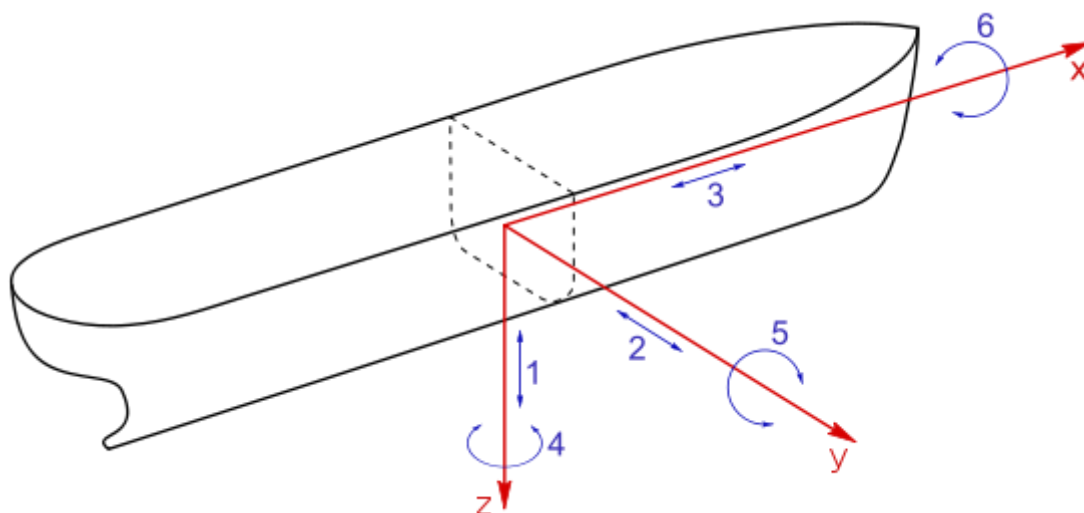


Figura 347. Seis graus de liberdade do navio simulados pelo modelo matemático *SimFlex4*. (1) afundamento (2) deriva, (3) avanço, (4) guinada, (5) arfagem e (6) balanço.

O Navio Tipo definido para a realização das simulações de manobras no sistema aquaviário proposto no projeto da Instalação Portuária de Turismo BC Port foi o Modelo Matemático de Navio “Gold Sapphire”, um navio transatlântico de passageiros (Figura 348), desenvolvido pela empresa *Force Technology*, detentora da mais alta tecnologia para este fim. Em suas instalações na Dinamarca, a *Force Technology* conta com dois tanques de prova (tanque de águas rasas e águas profundas) e cinco túneis de vento para auxiliar no desenvolvimento destes modelos de navio.

Uma breve descrição das configurações do navio tipo escolhido, o navio transatlântico de passageiros "Gold Sapphire", encontra-se na Tabela 48.



Figura 348. Navio Tipo utilizado para as simulações, "Gold Sapphire", um navio transatlântico de passageiros.

Tabela 48. Descrição das configurações do navio tipo escolhido, o navio transatlântico de passageiros "Gold Sapphire".

<b>LPP (m)</b>	261,0
<b>LOA (m)</b>	294,0
<b>BOCA (m)</b>	32,20
<b>CALADO AV/AR (m)</b>	8,30 / 8,30
<b>DESLOCAMENTO (m<sup>3</sup>)</b>	50.453
<b>SUPERFÍCIE MOLHADA (m<sup>2</sup>)</b>	11.425
<b>ÁREA VÉLICA FRONTAL (m<sup>2</sup>)</b>	1.573
<b>ÁREA VÉLICA LATERAL (m<sup>2</sup>)</b>	13.008
<b>COEFICIENTE DE BLOCO</b>	0,723
<b>MOTORES</b>	Diesel
<b>NÚMERO DE EIXOS</b>	2
<b>NÚMERO DE LEMES</b>	2
<b>ÂNGULO MÁXIMO DE LEME</b>	45°
<b>NÚMERO DE BOW THRUSTERS</b>	3 (31t cada)
<b>NÚMERO DE STERN THRUSTERS</b>	3 (23t cada)

#### 9.1.10.1.3.8. Matriz de Simulações

De acordo com o exposto nos tópicos 4.5 e 4.6, foram elencados 12 (doze) cenários que pudessem contemplar as condições ambientais reinantes na área de estudo, sendo que

posteriormente definiu-se com o cliente os cenários a serem simulados. A descrição da matriz de simulações definida para este estudo pode ser observada na Tabela 49.

Tabela 49. Descrição da matriz de simulações definida em conjunto com o cliente, realizadas no estudo de manobras para o IPTur BC Port.

<b>Cenário</b>	<b>Berço</b>	<b>Manobra</b>	<b>Orientação para a praia</b>	<b>Vento</b>	<b>Maré</b>	<b>Onda</b>
<b>1</b>	Interno	Entrada	Proa	NE 15nós	Vazante	-
<b>2</b>	Interno	Saída	Proa	SE 20nós	Enchente	-
<b>3</b>	Interno	Entrada	Popa	SE 20nós	Vazante	-
<b>4</b>	Interno	Saída	Popa	SE 20nós	Vazante	-
<b>5</b>	Interno	Entrada	Popa	NE 15nós	Vazante	NE 1m
<b>6</b>	Interno	Entrada	Popa	SE 20nós	Enchente	NE 1m
<b>7</b>	Externo	Entrada	Proa	SE 20nós	Enchente	-
<b>8</b>	Externo	Saída	Proa	NE 15nós	Vazante	-
<b>9</b>	Externo	Entrada	Popa	SE 20nós	Vazante	-
<b>10</b>	Externo	Saída	Popa	SE 20nós	Vazante	-
<b>11</b>	Externo	Entrada	Popa	NE 15nós	Vazante	NE 1m
<b>12</b>	Externo	Entrada	Popa	SE 20nós	Enchente	NE 1m

#### 9.1.10.2. Resultados

##### 9.1.10.2.1. Modelos Hidrodinâmico e Morfológico

Para analisar a influência das obras do projeto de instalação do terminal turístico BC Port sobre as alterações hidrodinâmicas e morfológicas da área de estudo, todos os cenários de modelagem (propagação de ondas, hidrodinâmico e morfodinâmico) foram executados sob as mesmas condições meteorológicas e oceanográficas, considerando o cenário atual (*Cenário 01*), cenário atual com engordamento na Praia Central (*Cenário 02*) e os cenários com a instalação do BC Port (*Cenário 03, 04, 05 e 06*). Os mapas de resultados finais foram pós-processados e elaborados em ambiente SIG.

Neste capítulo serão apresentados os resultados hidrodinâmicos, de ondas e variação morfológica para o *Cenário Atual*, assim como a comparação entre os resultados dos *Cenários 03 e 04* com o *Cenário Atual*, os quais foram simulados sem engordamento da Praia Central; e as comparações entre os *Cenários 05 e 06* com o *Cenário 02*, os quais foram simulados com a Praia Central já engordada.

##### 9.1.10.2.1.1. Resultados para o *Cenário Atual*

Para o *Cenário Atual*, considerando a configuração atual da Praia Central de Balneário Camboriú, serão apresentados todos os resultados para as condições de correntes em condições de maré de quadratura e maré de sizígia, e condições de maré enchente e vazante.

Os resultados de ondas serão apresentados para quatro casos extremos observados nas direções leste-nordeste (ENE), leste (E), leste-sudeste (ESSE) e sul-sudeste (SSE). Já os resultados de variação morfológica serão apresentados para curto (6 meses) e longo período (1 ano), utilizando o fator de aceleração morfológica (MORFAC).

#### 9.1.10.2.1.1.1. Velocidade de Correntes em Maré de Quadratura e Sizígia

As velocidades máximas de enchente em quadratura, obtidas através de modelagem, foram da ordem de 0,1 m/s para toda a área modelada. Na condição de maré enchente, a velocidade de corrente na desembocadura do rio Camboriú, onde se pretende instalar o BC Port, variou de 0,1 m/s a 0,3 m/s com sentido norte-sul (Figura 349A).

Para a condição de maré de quadratura vazante, na condição atual da Praia Central, a velocidade de corrente mantém-se na ordem de 0,1 m/s para quase toda a área modelada. Na área da desembocadura do rio Camboriú observa-se uma velocidade de corrente variando entre 0,1 a 0,2 m/s com sentido sul-norte (Figura 349B).

As velocidades de correntes de enchente em sizígia máximas foram da ordem de 0,15 m/s. Na condição de maré enchente de sizígia, as velocidades de corrente na região da desembocadura do rio Camboriú variaram de 0,15 m/s a 0,30 m/s, com sentido norte-sul (Figura 350A).

Para a condição de maré vazante de sizígia as velocidades de correntes também foram na ordem de 0,15 m/s para a maior parte da área modelada, porém, na região da desembocadura do rio Camboriú ocorreram as maiores velocidades, alcançando próximo de 0,7 m/s com um sentido sul-norte (Figura 350B).



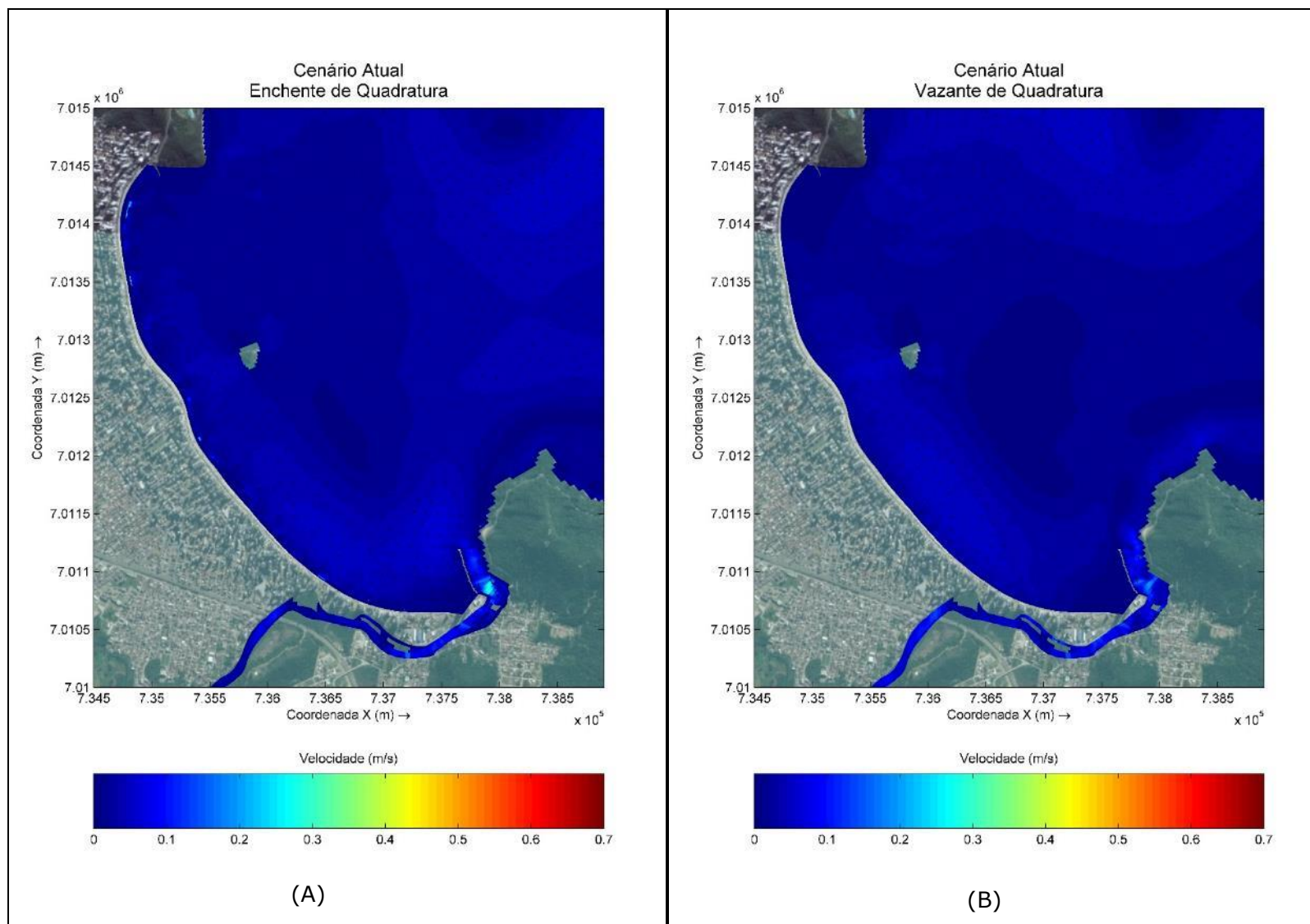


Figura 349. Velocidades máximas de maré enchente (A) e vazante (B) em quadratura, para a condição do *Cenário Atual* para a área de estudo.