

**SUBSEA 7 do BRASIL SERVIÇOS LTDA
BASE DE SOLDAGEM SUBSEA7-PARANAGUÁ**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
- EIA -**

Vol. I-III



**SUBSEA 7 do BRASIL SERVIÇOS LTDA
BASE DE SOLDAGEM SUBSEA7-PARANAGUÁ**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
- EIA -**

1 - Introdução

1. INTRODUÇÃO

O Estudo de Impacto Ambiental – EIA é uma poderosa ferramenta de planejamento para a ocupação sustentável dos espaços. Além da preocupação com as formas de compensação dos efeitos negativos que serão gerados a partir da interferência causada no meio ambiente, o estudo permite explorar o potencial conservacionista das áreas predeterminadas para instalação do empreendimento.

O empreendimento proposto consiste em uma base de soldagem de tubos rígidos e montagem de estruturas submarinas para embarque em navios especiais, e instalação em campos submarinos de óleo e gás. Opera com tecnologia isenta de geração de efluentes industriais na produção, apresentando pequeno potencial poluidor, no que tange os impactos sobre os recursos naturais da região sob sua influência direta e indireta, além de apresentar uma configuração que permite sua implantação no terreno de forma a preservar ao máximo as áreas ambientalmente mais frágeis ou protegidas por lei.

Assim, além da avaliação dos impactos relacionados, o que também se buscou também com o presente estudo foi uma proposta de ocupação racional do espaço, baseada em um planejamento prévio, buscando a inserção de um modelo de ocupação para a região, seguindo o conceito de desenvolvimento sustentável, aliando o desenvolvimento econômico regional à preservação ambiental, por meio da criação de uma unidade de conservação de proteção integral que garanta o comprometimento do empreendedor com a preservação de grande parte da propriedade.

Nesse contexto, observam-se os termos da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei Federal 6.938, de 31/08/1981, que tem como objetivos a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico e a preservação dos recursos ambientais, com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente (artigo 4º, I e VI).

Este documento específico vem complementar o pedido de Licença Prévia da Base de Soldagem Subsea7- Paranaguá solicitado ao Instituto Ambiental do Paraná – IAP, sob o protocolo n. 07.410.775-3. Dessa forma, atende o Ofício n. 113/2009/IAP – DIRAN/DLE, o qual afirma que o empreendimento pretendido necessita de apresentação de EIA/RIMA de acordo com a Resolução Conama 001/86 e apresenta diretrizes para elaboração do referido estudo (**Anexo II**).

O objetivo do presente Estudo de Impacto Ambiental, além de cumprir uma etapa do licenciamento ambiental do empreendimento, conforme legislação vigente, visa a contribuir para que a implementação da Base de Soldagem Subsea7 - Paranaguá resulte na manutenção da qualidade ambiental da região em que se insere,

corroborando os esforços do Poder Público no sentido de promover a ocupação ordenada e ambientalmente sustentável dos municípios que abrangem o litoral paranaense.

1.1. Informações Cadastrais

1.1.1. Dados do Empreendedor

Razão Social: Subsea7 do Brasil Serviços Ltda.

CNPJ: 04.954.351/0001-92.

Endereço: Rua Engenheiro Fabio Goulart, 155 – Ilha da Conceição, Niterói/RJ.

Responsável: Victor Bomfim – vice-presidente, Brasil.

Contato: Esio Seize – gerente de Projeto - (21) 2621-9020.

A Subsea7 é uma das maiores empresas de engenharia e construção submarina para o setor de petróleo e gás. Com sede em Aberdeen (Escócia) e operações regionais no Brasil, Noruega, Singapura, Azerbaijão, África e Estados Unidos, a companhia atua com os mais modernos recursos tecnológicos e está presente no País há mais de 15 anos, tendo suas atividades focadas no desenvolvimento, operação, inspeção e manutenção de campos submarinos de óleo e gás.

O crescimento da Subsea7 tem como base a crença em sólidos valores, que priorizam:

- Segurança, proteção da saúde e desenvolvimento profissional dos colaboradores;
- Preservação do meio ambiente;
- Trabalho em equipe;
- Respeito às características das regiões onde está presente.

Todas as atividades da empresa são permanentemente monitoradas por sistemas de gestão e auditoria, visando a atender com rigor o cumprimento desses valores e a qualidade de suas operações.

É uma das principais companhias especializadas em engenharia submarina e construção do mundo, possuindo o conhecimento e qualidades que fazem possíveis as operações e desenvolvimento de campo na área petroleira.

Conta com uma equipe multinacional de mais de 5.500 funcionários, e bases operacionais no Mar do Norte, África, Brasil, América do Norte, América Central e Ásia-Pacífico. A atual sede brasileira da Subsea7 está localizada no município de Anchieta em Ponta de Ubu, no Estado do Espírito Santo.

A Subsea7 trabalha com experientes gerentes de projetos e engenheiros que oferecem toda a base para que a operação e desenvolvimento de atividades de extração de petróleo e gás submarinos sejam possíveis, incluindo os serviços de engenharia, obtenção, instalação e construção, assim como os serviços de inspeção, manutenção e reparos. Para tanto, apresenta uma série de maquinários com o suporte de uma rede de satélites que permitem que navios e barcos operem e instalem equipamentos em águas profundas no mundo todo.

As atividades realizadas pela Subsea7 contam com o apoio de uma moderna frota de navios que oferecem a base para a logística, construção, mergulho e barcos de suporte. As operações globais são sempre desenvolvidas e acompanhadas por um time de profissionais que executam a constante peritagem e acompanhamento com tecnologia de desenvolvimento, que inclui até mesmo intervenções com a utilização de robôs.

Como a maioria dos trabalhos é desenvolvida em ambiente submarino, uma das maiores preocupações da Subsea7 está relacionada com a segurança. Outro fator importante para a empresa é a busca pela qualidade, que se espelha em todos os trabalhos realizados até agora, além de ser um dos principais pilares da política da Subsea7, que continua ganhando cada vez mais espaço na sua área de atuação, com alto desempenho.

Além disso, a Subsea7 investe pesado em novas tecnologias para a exploração submarina, por meio de grandes investimentos em novos equipamentos e participação em projetos conjuntos com outras indústrias, relacionadas em uma série de questões de produção e exploração em águas profundas.

1.1.2. Dados da Empresa Responsável pela Elaboração do EIA/RIMA

Empresa: AAT Consultoria e Engenharia Ambiental Ltda.

CNPJ: 07.542.946/0001-29

Endereço: Rua Taquari, 81 – loja 30, Pinhais/PR.

Responsável técnico: Andréia Cristina Ferreira, Dr.

Contato: Annelissa Gobel Donha (41) 3562-3472 / 3562-2892

Endereço eletrônico: anne@andreoli.eng.br

A AAT Consultoria e Engenharia Ambiental Ltda. é uma empresa do ramo da consultoria ambiental, com atuação nas áreas pública e privada, prestando serviços de consultoria e engenharia na área ambiental, tendo como responsável técnica a eng. agrônoma Andréia Cristina Ferreira, doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento.

É uma empresa que surgiu para suprir uma carência do mercado paranaense de trabalhos e estudos ambientais de excelência e qualidade tendo como política o

respeito a seus clientes e parceiros pela pontualidade e qualidade técnica dos serviços prestados que exprimem nossa preocupação contínua com o meio ambiente.

A AAT prioriza, sobretudo, a ética e a responsabilidade, de modo a organizar e viabilizar os empreendimentos do ponto de vista ambiental, social, econômico e jurídico, ou seja, buscando conciliar a exigência dos órgãos ambientais, do empreendedor e da sociedade aliados ao meio ambiente. Prova do destaque que tem alcançado no mercado é o prêmio Excelência em Qualidade 2005, título conferido pelo destaque na pesquisa de opinião na cidade de Colombo (Região Metropolitana de Curitiba), o prêmio Master Estadual Paraná – categoria consultoria ambiental, conquistado em 2007 – e o prêmio Qualidade Excelência Sul Brasil – categoria consultoria ambiental, conquistado em 2008, junto à sua empresa associada Andreoli Engenheiros Associados Ltda.

O grande objetivo da AAT é compatibilizar o desenvolvimento tecnológico com a preservação do meio ambiente para empreendimentos de pequeno, médio e grande porte, principalmente no Estado do Paraná, tornando a preocupação com o impacto socioambiental uma estratégia de preservação, desenvolvimento e mercado. Muito mais que simplesmente elaborar documentos necessários para o licenciamento de empreendimentos, a AAT tem se caracterizado por seu total comprometimento com a lei e os aspectos ambientais e sociais envolvidos, além de um completo assessoramento aos seus clientes.

Com grande experiência em projetos e estudos ambientais, a AAT vem ao longo do tempo se especializando em estudos e projetos para empreendimentos da construção civil, destacando as atividades socioambientais como um fator de competitividade. Um crescimento tão rápido só pode ser alcançado com know-how, capacidade de negociação, equilíbrio administrativo e o dinamismo de sua equipe técnica, necessários para garantir a permanente evolução de um modelo de desenvolvimento sustentável oferecido aos seus clientes.

Nosso quadro técnico contempla pessoal altamente qualificado, reunindo quatro especialistas, cinco mestres e um doutor, com grande experiência técnica e gerencial, preparados para compreender as necessidades de cada empreendimento e o interesse do cliente.

Os serviços atualmente prestados pela empresa são licenciamentos ambientais para atividades comerciais e imobiliárias, desenvolvimento de projetos de controle de poluição, estudos de impacto ambiental (EIA), relatórios ambientais prévios (RAP), relatórios ambientais simplificados (RAS), estudos ambientais simplificados (EAS), estudos ambientais prévios (EAP), análises de risco, planos de controle ambiental (PCA), adequação de empresas à legislação ambiental federal, estadual e municipal, programas de gerenciamento de resíduos sólidos, programas de gerenciamento de resíduos da construção civil, regularização e implantação de reserva legal, programas de recuperação de áreas degradadas, levantamentos florísticos, fitossociológicos e arbóreos, levantamentos faunísticos, avaliação de passivos ambientais, programas de monitoramento ambiental, diagnósticos e restrições ambientais e legais, programas de educação ambiental, dentre outros.



**SUBSEA 7 do BRASIL SERVIÇOS LTDA
BASE DE SOLDAGEM SUBSEA7-PARANAGUÁ**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
- EIA -**

2 - Caracterização do Empreendimento

2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

2.1. Histórico do Empreendimento

Atualmente, a sede brasileira da base de soldagem da Subsea7 está localizada no município de Anchieta, em Ponta de Ubu, no estado do Espírito Santo.

A base vem operando há 9 anos e recentemente foi ampliada para duas linhas de produção, visando a atender a demanda, em tempo hábil, dos projetos de fabricação de tubos rígidos para a exploração de petróleo e gás natural em águas profundas, procurando acompanhar o crescimento do setor petrolífero. Atualmente, a base conta com cerca de 740 funcionários, sendo 560 na área de produção, 80 na área administrativa e outros 100 funcionários em serviços complementares.

Em 2007, a empresa iniciou a procura por área para instalação permanente de uma base de soldagem no Brasil, buscando modificar o cenário de incerteza estabelecido por contratos temporários de aluguel, como é o caso da base atual em operação no estado do Espírito Santo.

Após seleção do terreno apropriado para instalação do novo empreendimento, conforme detalhado no item específico sobre alternativas locacionais, a empresa busca obter as licenças pertinentes para sua efetiva instalação e operação no estado do Paraná.

2.2. Objetivos e Justificativas

O objetivo do projeto é a implantação das instalações físicas e operacionais de uma base de montagem e embarque de estruturas e dutos submarinos, em embarcações especializadas, para seu transporte e utilização nos locais de exploração e prospecção de petróleo e gás *offshore*. As instalações em tela compreendem as áreas de estocagem de dutos e insumos auxiliares, as áreas de montagem de dutos e estruturas auxiliares propriamente ditas, os galpões de oficinas e almoxarifados, os edifícios de administração, a ponte de acesso e o cais.

A implantação da Base de Soldagem Subsea7-Paranaguá constituirá uma unidade produtiva de logística economicamente competitiva para montagem e embarque dos dutos submarinos, utilizados na prospecção e exploração de petróleo e gás na costa brasileira, inclusive em grande parte das bacias de Campos e de Santos, o que contribuirá, pelos seus efeitos diretos, indiretos e induzidos, sobretudo na geração de emprego e renda, para o desenvolvimento tanto da região da Baía de Paranaguá quanto do estado do Paraná como um todo.

Como efeito, calcula-se que o projeto venha a gerar, em sua área de influência, para uma base com duas linhas de produção, cerca de 677 empregos diretos e de 2.500 empregos indiretos.

Embora a área se encontre próximo a uma Unidade de Conservação, a Estação Ecológica de Guaraguaçu, e a uma reserva indígena, além de acomodar áreas de Preservação Permanente, o empreendimento não envolve processos industriais que transformem ou utilizem substâncias perigosas, não acarretando assim emissões atmosféricas, efluentes ou resíduos perigosos, conforme detalhado em item específico deste documento. Mesmo os navios que aportarão no cais para o carregamento dos dutos soldados em “*spools*” (bobinas formadas para transporte dos dutos), possuem porte relativamente pequeno, com comprimento máximo de cerca de 160 metros e calado de 7,5 metros, e não farão transporte de cargas perigosas ou nocivas ao meio ambiente.

Adicionalmente, a concepção do Plano Diretor da área do empreendimento, integrada ao Plano Diretor do Município e aos objetivos das autoridades ambientais, implicará uma área diretamente afetada que não deverá ultrapassar 3% da extensão da propriedade, sendo o restante reservado à manutenção dos ambientes naturais existentes, consolidando o modelo de desenvolvimento sustentável que norteia o projeto de ocupação da propriedade como um todo.

Como objetivos específicos do empreendimento têm-se:

- Implantar um empreendimento que vise à manutenção da qualidade ambiental das suas áreas de influência direta e indiretamente afetadas, possibilitando a preservação da paisagem, de ecossistemas florestais representativos da biota regional, dos recursos hídricos, da diversidade faunística e de áreas de preservação permanente;
- Desenvolver um novo padrão de uso e ocupação do solo que possa referenciar e subsidiar outros empreendimentos de mesma natureza na cidade de Pontal do Paraná;
- Possibilitar o desenvolvimento de atividades econômicas geradoras de receita para o município de Pontal do Paraná;
- Proporcionar a criação de serviços de natureza vicinal, bem como a geração de empregos diretos e indiretos, tanto na fase de implantação como na de operação do empreendimento.

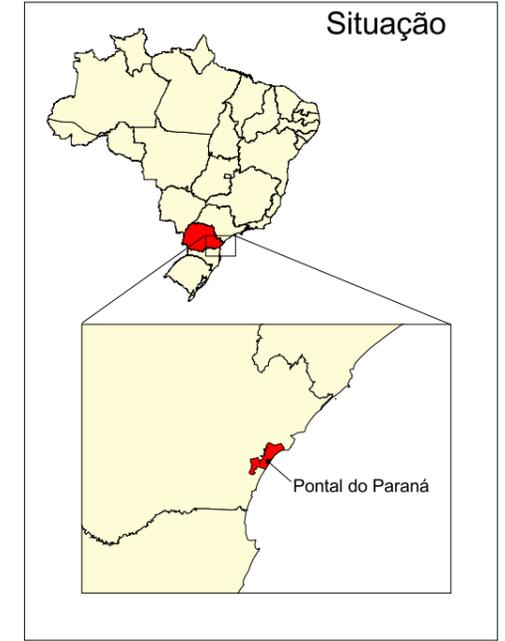
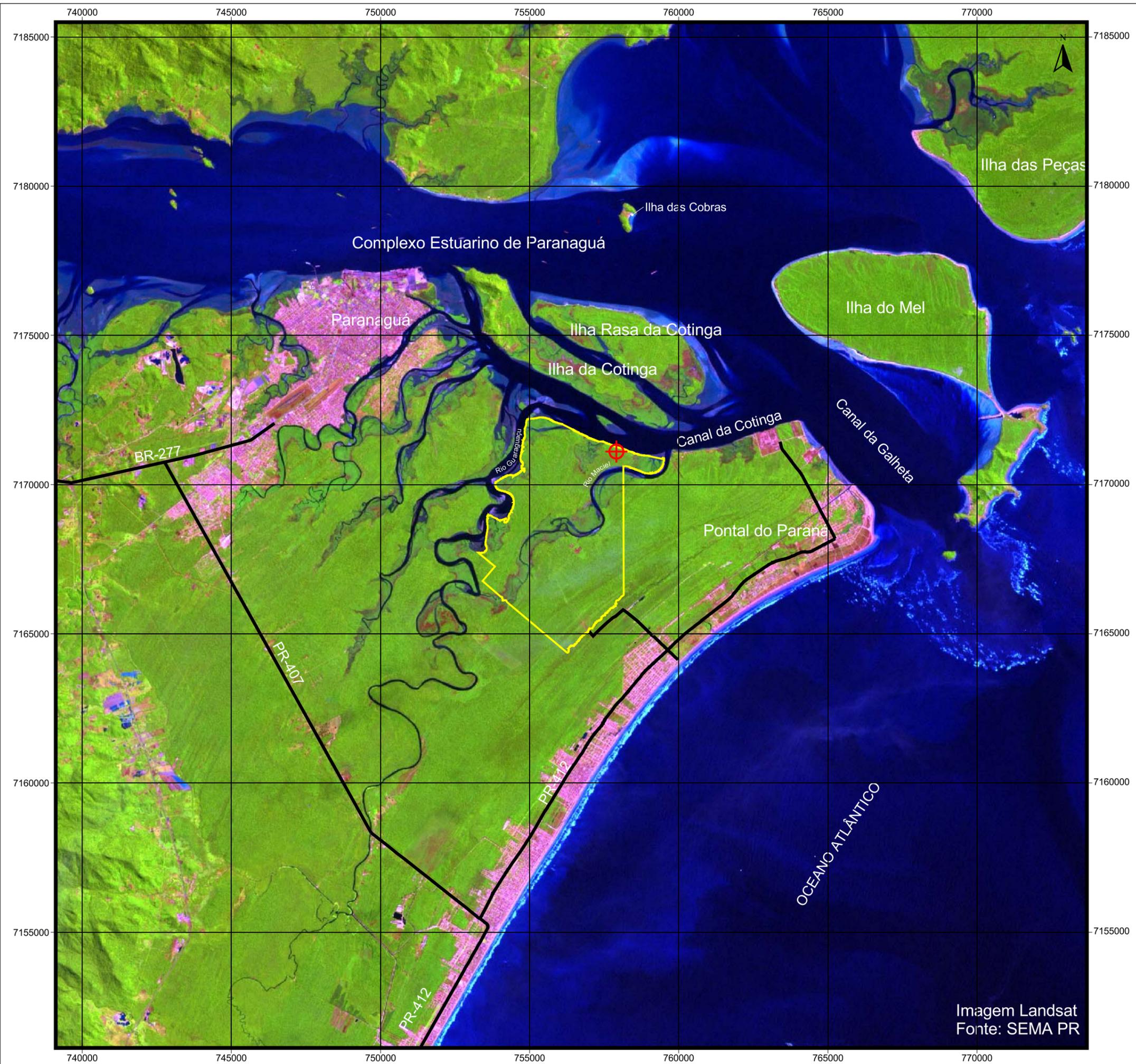
2.3. Localização Geográfica

A área proposta para instalação do empreendimento situa-se entre as coordenadas UTM, fuso 22 Sul, 755.000m e 760.000m W e 7.165.000m e 7.172.500m S. Tem 45,17 hectares e está inserida em uma propriedade com 2.600 hectares localizada no município de Pontal do Paraná, região central do litoral do Paraná, às margens da Baía de Paranaguá, conforme ilustra a **Figura 2.1**.

O local do empreendimento fica a aproximadamente 6 quilômetros da PR-412, na altura do Balneário Shangri-lá em Pontal do Paraná. Em relação ao Porto de Paranaguá, a distância é de cerca de 10 quilômetros por via marítima, e cerca de 40 quilômetros pelas rodovias PR-412, PR-407 e BR-277 (**Figura 2.2**). Dista aproximadamente 120 quilômetros de Curitiba pelas rodovias PR-412, PR-407 e BR-277.

Geograficamente, a área situa-se entre as coordenadas UTM, fuso 22 Sul entre as coordenadas 755.000m e 760.000m W e 7.165.000m e 7.172.500m S.

A propriedade é margeada ao norte pelo Canal da Cotinga da Baía de Paranaguá. Ao leste faz limite com terras de terceiros, dentre elas uma área da Aeronáutica onde se estabeleceu uma vila de pescadores denominada Vila do Maciel. Ao sul, faz limite com a antiga estrada de Shangri-lá, hoje desativada em muitos trechos, que liga a propriedade ao balneário de Shangri-lá. A oeste é margeada pelo Rio Guaraguaçu, limite entre os municípios de Pontal do Paraná e Paranaguá, região sem ocupação urbana adensada, excetuando pequenas vilas de pescadores.



Legenda

- Limite da Propriedade
- Principais Rodovias
- ⊕ Localização do Empreendimento



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 2.1: **Localização da Área do Subsea7 e do empreendimento Base de Soldagem SubSea7 - Paranaguá no contexto regional**

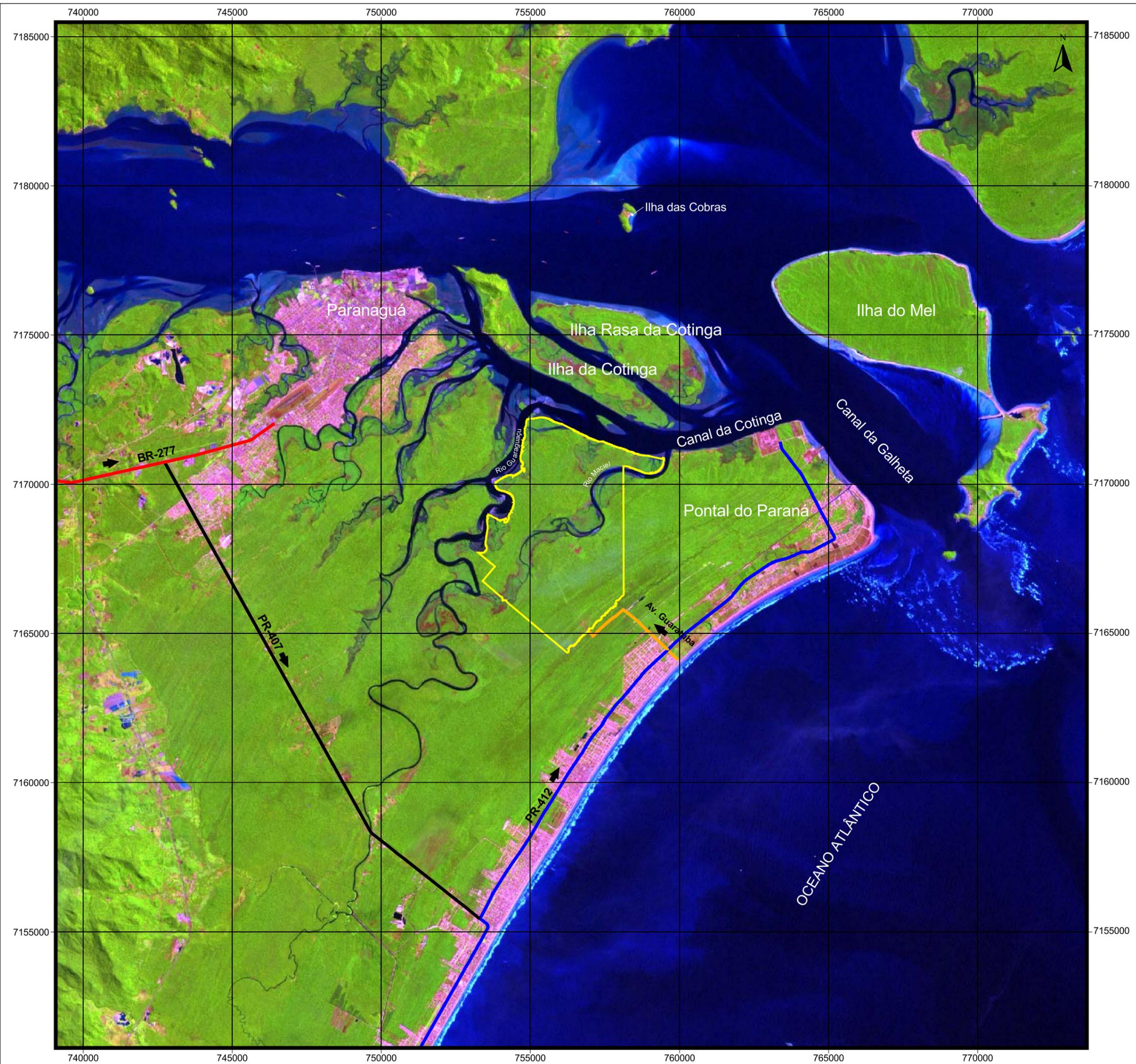
Escala: **1: 125.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

Imagem Landsat
 Fonte: SEMA PR



Legenda

- Limite da Propriedade
- Vias de Acesso**
- BR - 277
- PR - 407
- PR - 412
- Vias de Acesso ao Empreendimento
- ➔ Acesso Terrestre



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 2.2: Principais Vias de Acesso a Subsea7 e à área do empreendimento Base de Soldagem SubSea7 - Paranaguá

Escala: **1: 125.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

2.4. Inserção Regional

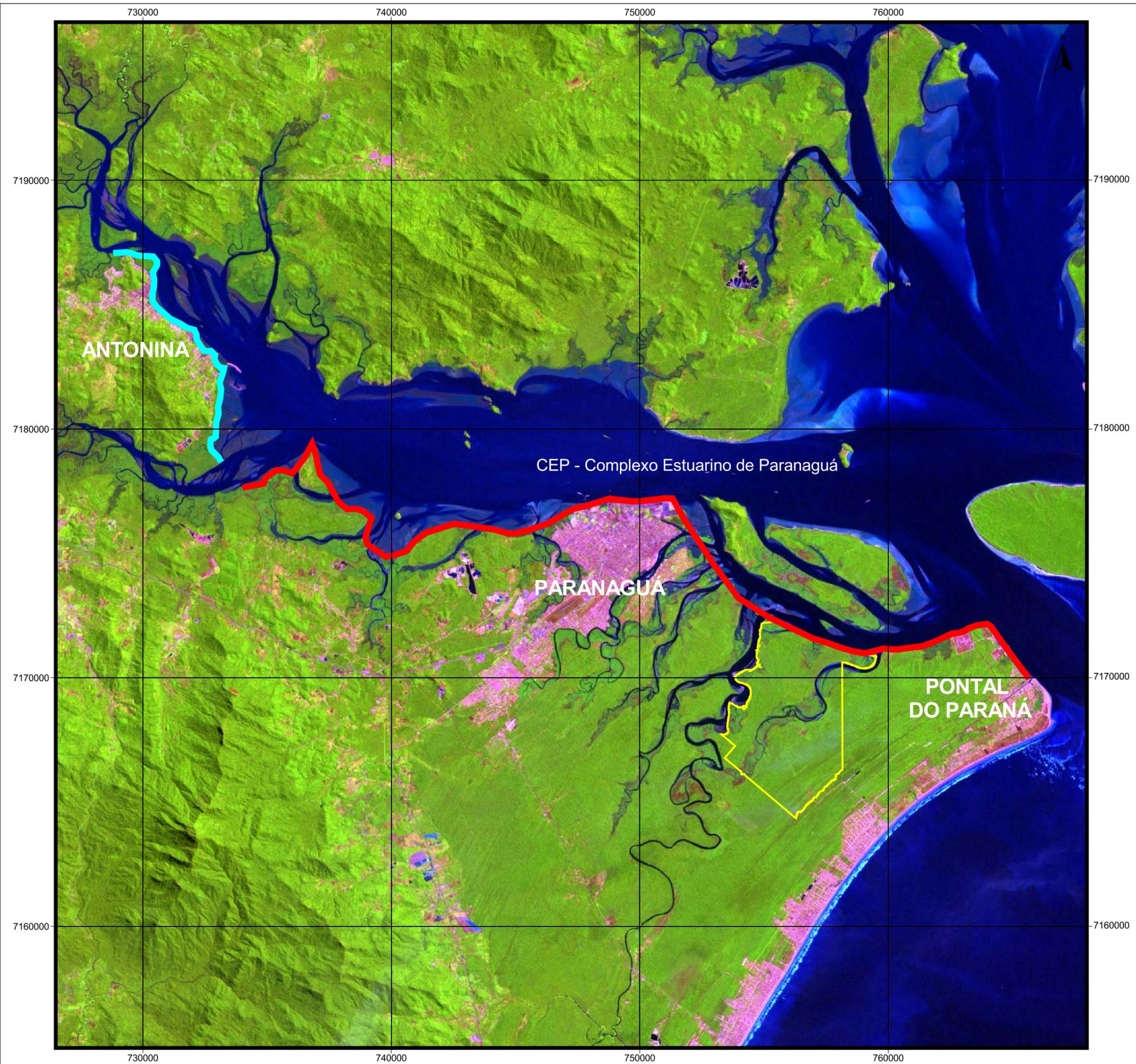
A intensa ocupação do litoral nas últimas décadas tem modificado a região, transformando-a não apenas em local de atividades de veraneio, como também de atividades portuárias. Os portos de Paranaguá e Antonina dão uma dinâmica própria a uma parte do litoral paranaense, possibilitando a implantação de projetos industriais e comerciais. Além disso, há em todos os municípios do litoral várias áreas de preservação, principalmente de mata atlântica.

O litoral do estado é região fundamental para o turismo paranaense, não somente pelas atividades que se oferecem nos municípios de Morretes, Guaraqueçaba e na Ilha do Mel, mas principalmente pelas atividades de lazer e veraneio nos diversos balneários existentes nos municípios de Pontal do Paraná, Matinhos e Guaratuba. Nos últimos anos, esses municípios litorâneos têm procurado diversificar suas atividades econômicas procurando atrair variadas empresas, inclusive indústrias, com o objetivo de reduzir a dependência exclusiva da economia do turismo ou veraneio que ocorre com maior intensidade somente nos meses do verão.

Além das atividades de veraneio que se estendem do bairro balneário de Pontal do Sul, no município de Pontal do Paraná, até o município de Guaratuba, já na divisa com Santa Catarina, e das áreas de mata atlântica e manguezais, as quais são destinadas à preservação ambiental, existem áreas voltadas às atividades portuárias e industriais, reunindo possibilidades técnicas e geográficas de ampliação dessas atividades nos locais situados entre a localidade conhecida como Ponta do Poço, em Pontal do Paraná, até Antonina e englobando Paranaguá.

Dessa forma, o presente empreendimento insere-se em uma dinâmica socioambiental especial. De um lado, há a tentativa de alguns municípios e do governo do estado de fomentar um tipo de desenvolvimento estruturado a partir do potencial de atividades portuárias e outras correlatas. De maneira distinta, a partir de outra lógica e de outros referenciais, atores sociais diversos buscam evitar a intensa degradação ambiental até aqui efetivada, focando sua luta em impedir projetos que acarretem em mais sobrecarga a esse ambiente. Tais objetivos não são inconciliáveis, contudo, cabe avaliar as bases dessa polêmica e avançar sobre ela é fundamental para que se possa compreender e assimilar o cenário socioeconômico e socioambiental mais amplo em que se insere o presente empreendimento.

O empreendimento proposto está localizado na região sul da Baía de Paranaguá, onde existe uma tendência à ocupação por empreendimentos portuários em função da vocação natural dessas áreas, localizadas em mar abrigado e com terrenos onde a baixa declividade favorece a ocupação, o que motivou a inserção de toda a faixa sul da baía no perímetro do Porto Organizado de Paranaguá e Antonina, definido pelo Decreto n. 4558/2002. Já na região norte da baía, representada pelo município de Guaraqueçaba, a tendência é de preservação ambiental dos espaços.



Legenda

- Limite da Propriedade
- Porto Organizado de Antonina*
- Porto Organizado de Paranaguá*

* Conforme Decreto Presidencial 4558, de 30 de Dezembro de 2002.



Ciente: **Subsea7 do Brasil
Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental
Base de Soldagem Paranaguá
-SUBSEA 7-**

Figura 2.3:
Mapa de Localização da Área do Subsea7 e
Identificação do Porto Organizado
de Paranaguá e Antonina

Escala: **1: 150.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico:

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

O alcance socioeconômico do empreendimento é significativo para a região em que será inserido, uma vez que está adequado aos instrumentos de planejamento da ocupação territorial e, com isso, tem o potencial de garantir a sua parte na manutenção e melhoria da qualidade ambiental da região, planejada neste documento técnico.

Além disso, funcionará como modelo e indutor do planejamento das futuras ocupações que tendem a preencher os espaços urbanizáveis da Baía de Paranaguá e do município de Pontal do Paraná. Isso pode representar a continuidade da consolidação de uma política de ocupação harmonizada com a necessidade de conservação dos recursos naturais no litoral do Paraná.

O empreendimento estabelece políticas diferenciadas de ocupação do espaço, que resultarão em benefícios para a população. A preservação e recuperação do ambiente natural – água, flora e fauna – e a dinamização da economia – por meio da geração de empregos e serviços permanentes – são alguns dos fatores que certamente contribuirão para a melhoria da qualidade de vida da população local.

2.5. Alternativas Tecnológicas e Locacionais

A instalação da Base de Soldagem, pela sua tipologia e objetivos específicos, caracterizando-se como um local para montagem final e embarque de dutos e outras estruturas que necessitem ser transportadas por via marítima aos campos submarinos de petróleo –, requer, obviamente, uma área costeira e com acesso direto ao mar. Nesse sentido, a busca pelo local de instalação do empreendimento abrangeu pesquisas em terrenos de diversas cidades litorâneas, em especial os localizados no interior de baías, em função da condição natural de “mar abrigado”, onde a ausência dos efeitos de ondas e ventos propiciam a instalação de estruturas portuárias necessárias a empreendimentos dessa natureza.

No litoral paranaense, a Baía de Paranaguá apresenta condições especiais de acessibilidade, tanto pela proximidade em relação aos campos petrolíferos, quanto pela infraestrutura rodoviária existente, fazendo a ligação do litoral com os grandes centros urbanos. Além disso, apresenta condições naturais específicas de abrigo das intempéries marinhas, principalmente pela posição em relação aos ventos predominantes e pela presença da Ilha do Mel em sua desembocadura, funcionando como uma barreira natural, o que contribuiu sobremaneira na escolha dessa região para a pesquisa do local de instalação do empreendimento.

Dentro da Baía de Paranaguá, a busca pelo local de instalação levou em consideração vários aspectos técnicos, dentre eles a necessidade de uma extensa área plana em linha reta contígua às estruturas de atracação do navio, permitindo a montagem e estocagem de trames de tubos em tamanho que permita a otimização do tempo necessário para embarque dos dutos a serem transportados.

Já no início das investigações, toda a porção norte da baía foi descartada tendo em vista sua vocação para conservação ambiental, inclusive com a presença de diversas unidades de conservação estabelecidas, o que torna incompatível a operação de empreendimentos industriais. Além disso, apesar de não se configurar como um

impedimento à operação do empreendimento, essa porção da baía não apresenta infraestrutura rodoviária adequada, que, aliada à configuração da ocupação territorial, a torna muito distante dos grandes centros urbanos.

O levantamento feito nos setores industriais já estabelecidos nos municípios de Antonina, Paranaguá e Pontal do Paraná não obteve êxito, ora pela ausência das características físicas necessárias, conforme já mencionado, ora pelo comprometimento dos terrenos com outros empreendimentos, estando, portanto, indisponíveis para venda. Tal cenário direcionou a pesquisa para outros setores dos municípios, focando áreas com acesso direto ao mar e que estivessem disponíveis para venda ou sem comprometimento com outros empreendimentos.

A pesquisa de áreas disponíveis para venda nos municípios da porção sul da Baía de Paranaguá culminou na identificação da área de 2.606,32 hectares localizada no município de Pontal do Paraná. Ela apresenta praticamente todas as características físicas favoráveis à implantação do empreendimento pretendido, como o acesso direto ao mar, declividade predominantemente plana, condições naturais de abrigo do vento, além da grande extensão da propriedade, possibilitando a inserção das estruturas necessárias à operação, como a área de estocagem dos trames de 1.300 metros de comprimento, conforme detalhado no capítulo de descrição do empreendimento. A **Figura 2.4** mostra as condições do local selecionado.



Figura 2.4 – Aspecto do local selecionado para instalação do empreendimento

Anteriormente à aquisição da propriedade, foram realizados estudos preliminares para verificar a viabilidade técnica e ambiental do empreendimento, visto que a área se apresenta coberta por vegetação nativa e com infraestrutura de acesso muito precária. Esses estudos preliminares atestaram a viabilidade técnica, por meio da identificação de terrenos estáveis, com solos arenosos profundos e não hidromórficos, aptos à instalação das estruturas necessárias. Ao mesmo tempo, verificou-se a importância ambiental da área, em função do estado de conservação da vegetação na maior parte do terreno, constituindo parte de um ativo ambiental importante no litoral paranaense, indicando a necessidade de estudos ambientais mais aprofundados e a elaboração de um projeto comprometido com a preservação ambiental para que pudesse ser atestada a viabilidade ambiental do empreendimento.

A partir desse momento, o projeto deixou de se configurar apenas como a implantação de uma base de soldagem, transformando-se em um plano de ocupação racional dos espaços, baseado em conceitos de desenvolvimento sustentável, onde a viabilidade depende de uma proposta que, além de atender as expectativas do empreendimento, tenha o compromisso com a manutenção da qualidade ambiental e, principalmente, atenda as expectativas da população local, não apenas com a geração de emprego e renda, mas efetivamente comprometido com a qualidade de vida desta população.

Corroborando com o preconizado por Sanchez (1993), o trabalho de avaliação de impacto ambiental tem como uma de suas funções incitar os proponentes a conceber projetos ambientalmente menos agressivos e não simplesmente julgar se os impactos de cada projeto são aceitáveis ou não, tendo como um de seus pilares a busca e a comparação de alternativas.

Já na fase de desenvolvimento do projeto, buscando-se, além de uma compensação ambiental pela retirada de vegetação no local de instalação do empreendimento, um maior comprometimento com a preservação, definiu-se que faria parte desse plano de ocupação a criação de uma unidade de conservação, na forma de RPPN, abrangendo uma porção significativa do terreno e priorizando a inserção das áreas de maior fragilidade ambiental identificadas no terreno.

Dessa forma, para a concepção final do projeto de instalação, foram estudadas as melhores alternativas tecnológicas e locacionais para a infraestrutura necessária, de forma a adequar o empreendimento às condições ambientais da área, procurando respeitar as Áreas de Preservação Permanente e os remanescentes florestais mais representativos da propriedade, além de uma adequação de toda a logística de recebimento de materiais procurando minimizar as interferências no sistema viário do município.

A seguir é apresentada a evolução do projeto de implantação baseada nas informações obtidas com os estudos ambientais. A análise mostra a preocupação em minimizar as intervenções no meio em que se insere o empreendimento, sob vários aspectos, não apenas buscando a preservação do ambiente natural, mas procurando diminuir também os impactos no meio entrópico.

Vale destacar o planejamento estratégico baseado nos estudos ambientais e a sua relação com a implantação do empreendimento, mostrando que, ao se trabalhar em áreas com elevada fragilidade ambiental, existem especificidades que precisam ser detalhadas a tempo de permitir adequações que viabilizem sua implantação. Dessa forma, a própria concepção do projeto, baseada em adequações e utilização de tecnologias menos agressivas ao meio ambiente, constitui-se em medidas mitigadoras, as quais são consideradas no prognóstico ambiental deste EIA.

A abordagem sobre a alternativa de não instalação do empreendimento é feita no item de avaliação dos cenários de possíveis mudanças no litoral paranaense, apresentado no diagnóstico socioeconômico deste documento.

2.5.1. Estudo de Alternativas Tecnológicas e Locacionais para as Estruturas do Empreendimento dentro da Propriedade

Dentro do terreno escolhido, a definição das áreas a serem efetivamente ocupadas pelo empreendimento foi feita a partir de critérios que levaram em consideração suas características ambientais, através do estudo de diagnóstico ambiental prévio realizado antes mesmo da aquisição da propriedade, no qual foram priorizadas para ocupação áreas identificadas com qualidade ambiental inferior, devido à ocupação pretérita da região.

Após o diagnóstico ambiental, o estudo apresenta uma análise integrada de todas as informações levantadas, tendo como resultado um mapa de fragilidades ambientais, que apresenta a localização das áreas de maior fragilidade ambiental ou protegidas por legislação, e o desenho da implantação, o qual se denominou de “projeto cirúrgico”, foi elaborado procurando-se respeitar essas restrições ambientais, dentro das limitações técnicas que o empreendimento exige.

A idéia inicial da equipe responsável pela elaboração do plano de ocupação do terreno, deparando-se com uma área de 2.600 hectares, era a ocupação dentro dos modelos tradicionais de grandes obras em grandes extensões de terrenos. Dessa forma, vislumbrou-se a utilização das porções mais elevadas do terreno como área de empréstimo de material para aterro da área destinada à instalação da base de soldagem. Em relação ao píer de acesso do navio, a previsão era de construção de uma estrutura com cerca de 460 metros quadrados, o que demandaria dragagem com volume na ordem de 450.000 metros cúbicos para que o navio pudesse atracar próximo à margem. A via de acesso terrestre seria projetada a partir da PR407, próxima à ponte do Rio Guaraguaçu, seguindo em direção nordeste até o limite da propriedade, conforme ilustra a **Figura 2.5**.

Essa alternativa de acesso foi descartada logo no início dos estudos ambientais, quando a equipe técnica identificou naquela porção do entorno a presença de uma área indígena em demarcação, onde vivem duas famílias da etnia Guarani, além da presença do Sambaqui do Guaraguaçu, o único sambaqui tombado pelo Patrimônio Histórico no Paraná. Além das restrições relacionadas ao meio antrópico, essa porção também apresenta restrições relacionadas aos meios físico e biótico, pela presença de manguezais e vegetação em estágio avançado de desenvolvimento.

A segunda proposta de ocupação do terreno passou a considerar a principal via de acesso através da PR412 e no prolongamento da Av. Guaratuba no Balneário de Shangri-lá, em linha reta até sua transposição sobre o Rio Maciel e, em seguida, direcionada ao local de implantação, como ilustra a **Figura 2.6**. Essa via de acesso seria a única alternativa de recebimento de todo material necessário à operação do empreendimento, incluindo o transporte da principal matéria-prima, os tubos a serem soldados na base, os quais são transportados por via rodoviária e com fluxo previsto de 15 caminhões por dia.

Os estudos ambientais também indicaram elevado impacto ambiental, com a utilização de parte do terreno como área de empréstimo de material para aterro da área a ser ocupada pela base de soldagem, sendo que esse material poderia ser

proveniente de outras áreas já degradadas e licenciadas para tal atividade, ou até mesmo do material da dragagem.

Com o avanço dos estudos, principalmente de solos e vegetação, a estrada de acesso foi direcionada para a estrada já existente na propriedade, apesar de implicar uma distância maior e um maior número de curvas. Assim, cerca de 2,2 quilômetros de áreas já alteradas pelo uso pretérito foram absorvidos pelo projeto da estrada de acesso. O ponto de transposição sobre o rio Maciel também foi modificado, com um estudo realizado em toda a extensão do rio, onde se buscou a identificação de um local com menor abrangência de manguezais, já que o traçado inicial apresentava extensas áreas de manguezais em ambas as margens do rio.

Na porção marinha, o projeto da ponte de acesso e píer de atracação do navio foi modificado em função do estudo de batimetria, que confirmou a presença de um canal natural com profundidades adequadas para acesso do navio. Com isso, consolidou-se a idéia de projeção do píer para áreas naturalmente mais profundas, eliminando-se a necessidade de dragagem (**Figura 2.7**).

Com a finalização da maioria dos estudos realizados para o EIA, em especial os estudos de socioeconomia, arqueologia e sistema viário, o projeto sofreu modificações de extrema importância sob os aspectos logístico e também ambiental. A primeira modificação foi a drástica redução na área de ocupação do projeto, procurando-se além de reduzir a interferência em áreas de vegetação em estágio médio de regeneração, evitar a interferência em áreas com vestígios arqueológicos, identificados próximo ao manguezal localizado na porção norte da propriedade. Outra importante modificação foi o recuo do aterro projetado na linha da costa, procurando-se evitar o aterro e modificação dessas áreas, buscando-se menor interferência em manguezais e menor impacto visual no cenário em que se insere o empreendimento.

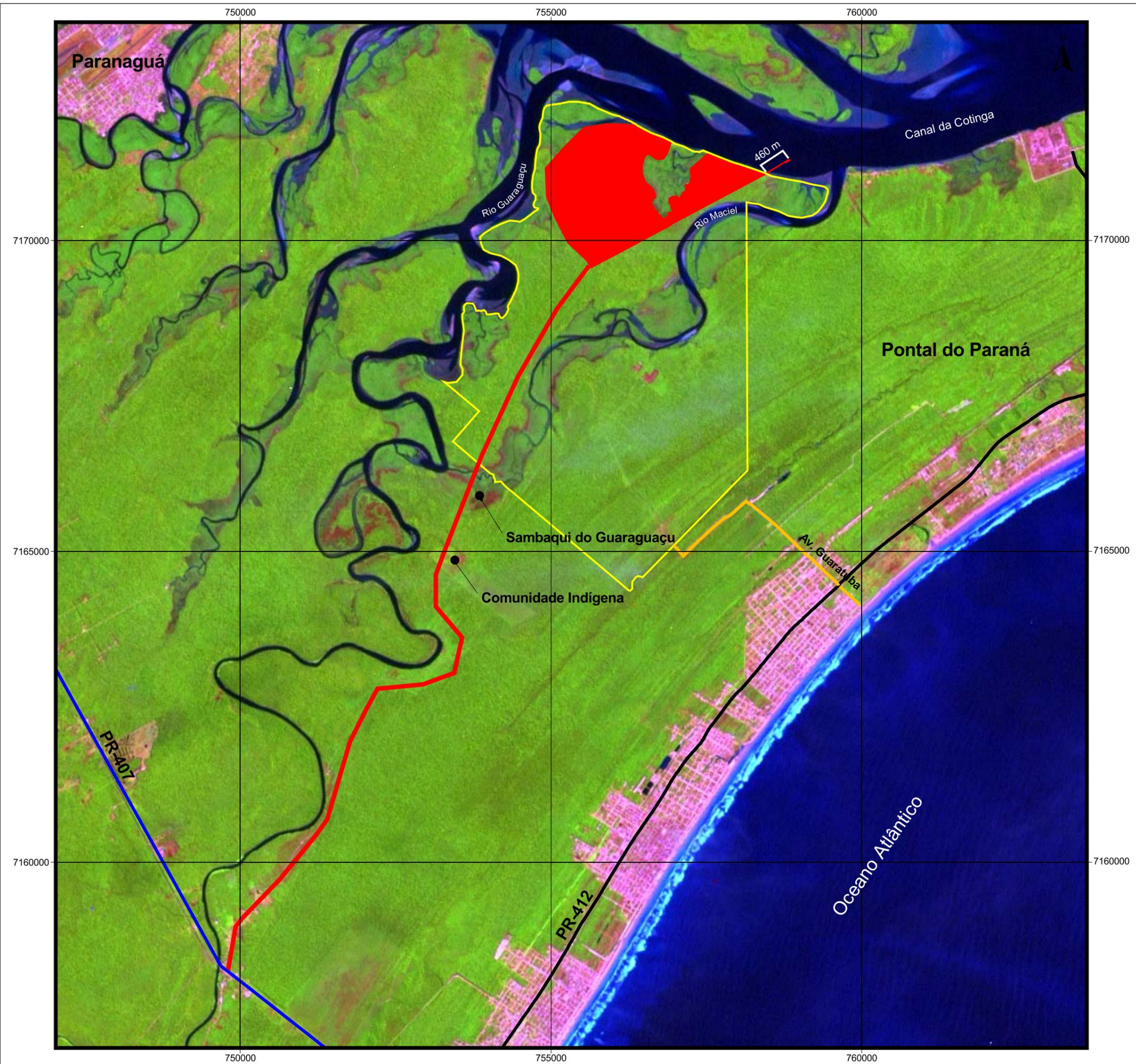
Os estudos relacionados ao sistema viário observaram sérios problemas de tráfego nas rodovias PR-407 e PR-412, que, em épocas de veraneio ou mesmo finais de semana prolongados, não apresentam condições de suporte do fluxo de veículos, sendo inclusive utilizada a “operação retorno” nos domingos, em que é verificado um alto fluxo de veículos em função de feriados prolongados. A “operação retorno” consiste no cancelamento do tráfego de veículos na PR-407 no sentido BR-277 para Praia de Leste, operando apenas o sentido Praia de Leste para a BR-277 em duas pistas. Porém, mesmo com esta operação, os congestionamentos ainda acontecem. Além disso, a rodovia PR-412 não apresenta condições adequadas para o trânsito de grandes carretas, como as que transportam os materiais necessários ao empreendimento. Assim, optou-se pela utilização de barcaças para o transporte dos tubos revestidos, as quais poderão vir do Porto de Paranaguá, Antonina ou de fora do estado, de lugares que já apresentam uma estrutura adequada para essa operação, destinando-se o acesso terrestre para o transporte de funcionários e cargas pequenas e reduzindo-se consideravelmente o impacto sobre essas áreas (**Figura 2.8**).

A opção de se fazer o acesso de cargas pesadas via barcaças certamente reduz bastante os impactos relacionados ao sistema viário e até mesmo ao meio físico e biológico, visto que foram reduzidas as estruturas relacionadas às vias de acesso. Com

isso, foi projetado um cais lateral na ponte de acesso, dotado de roletes motorizados para transporte dos tubos de 12 metros até os locais de produção.

Procurando-se aperfeiçoar ainda mais o projeto, de forma a reduzir as interferências sobre o ambiente natural, o cais projetado para carregamento das estruturas submarinas de apoio, que representava um aterro em 150 metros na linha da costa, foi modificado para um cais em forma de “T”, diminuindo-se a área de intervenção em mangue, que foi reduzida para 15 metros. Além disso, optou-se pela utilização de uma estrutura suspensa por pilares para diminuir a interferência na hidrodinâmica local.

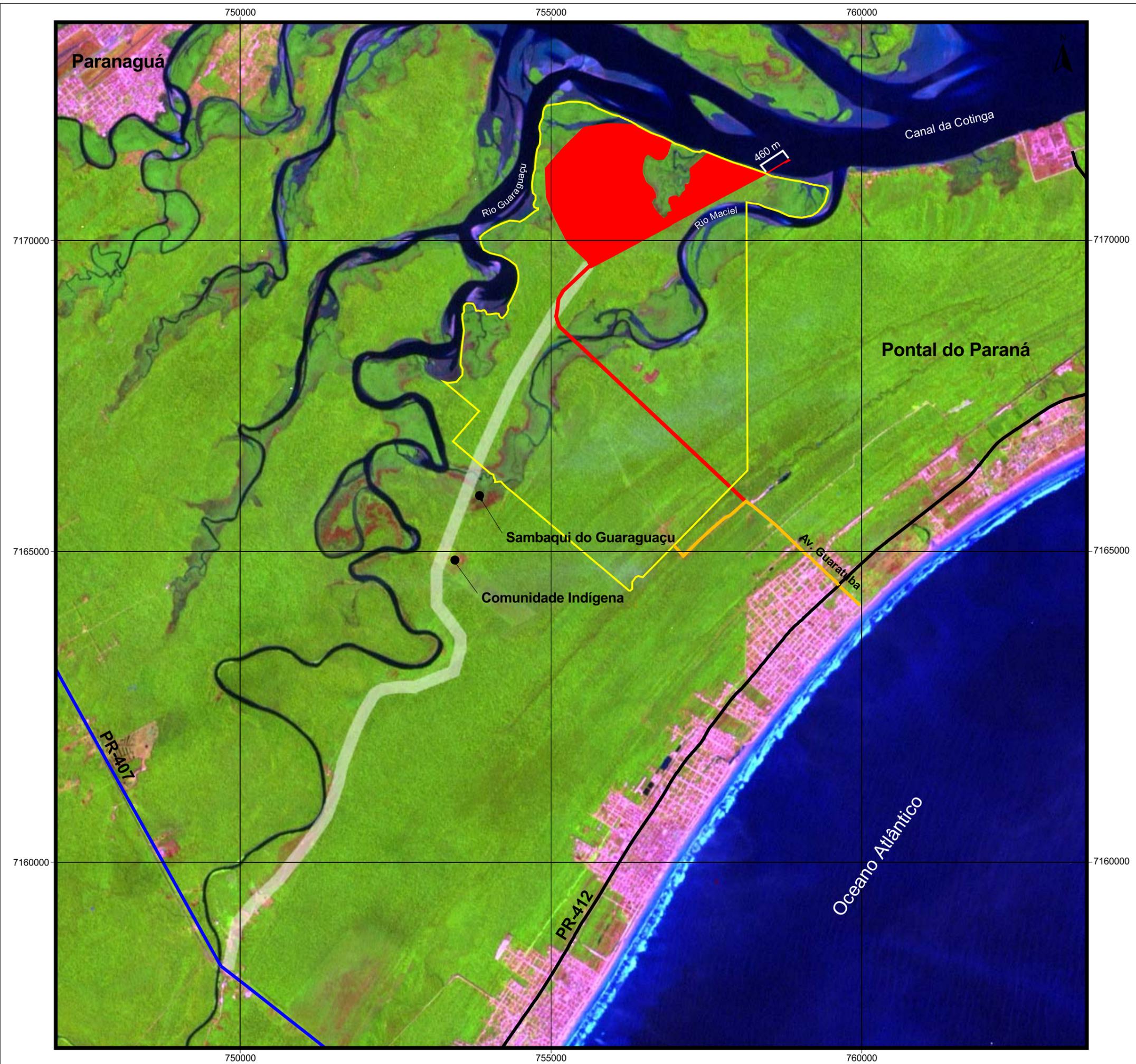
A **Figura 2.9** apresenta o plano final de ocupação da área do empreendimento, resultante da análise integrada dos estudos ambientais e das tecnologias de construção, no qual o objetivo comum prioriza a minimização das intervenções no meio em que se insere o empreendimento, sob vários aspectos, não apenas buscando a preservação do ambiente natural, mas procurando adequar-se às necessidades do meio antrópico. Some-se ainda, às adequações ilustradas nesta seção, o estabelecimento de condutas, tanto na fase de instalação quanto na de operação, com adoção de metodologias diferenciadas no desenvolvimento das atividades, sempre buscando minimização dos impactos ambientais relacionados, conforme apresentado na descrição do empreendimento e consolidado na proposição dos programas ambientais.



- Legenda**
- Limite da Propriedade
 - Via de acesso única
 - Área de Implantação
 - PR 407
 - PR 412
 - Av. Guaratuba



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 2.5:	Primeiro Plano de Ocupação da Área do Empreendimento
Escala:	1: 60.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



- Legenda**
- Limite da Propriedade
 - Via de acesso única
 - Área de Implantação
 - PR 407
 - PR 412
 - Av. Guaratuba



Acat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

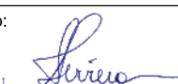
Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 2.6: **Segundo Plano de Ocupação da Área do Empreendimento**

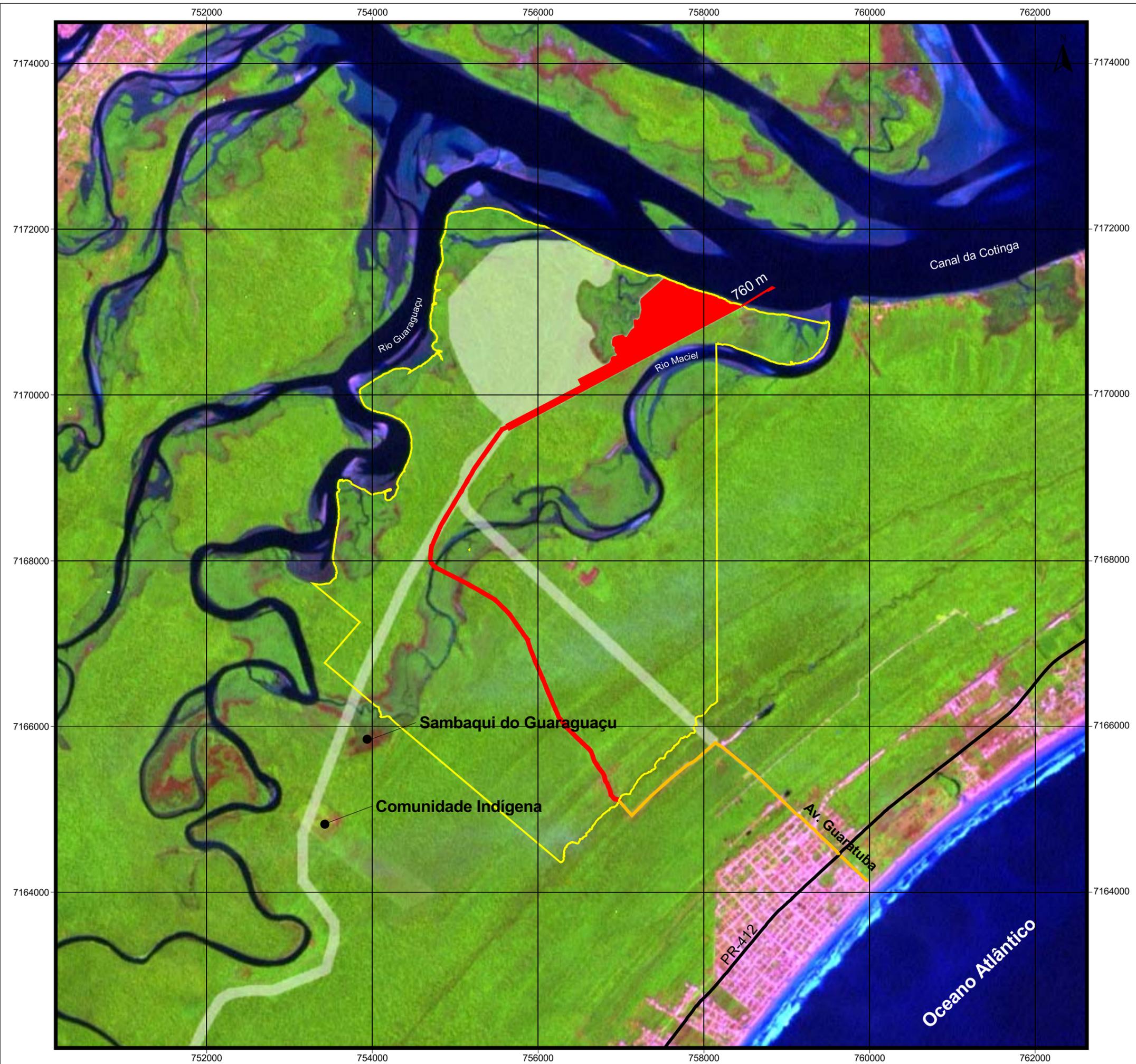
Escala: **1: 60.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



- Legenda**
- Limite da propriedade
 - Via de acesso única ao empreendimento
 - Área de Implantação
 - Via de acesso à propriedade
 - PR-412



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

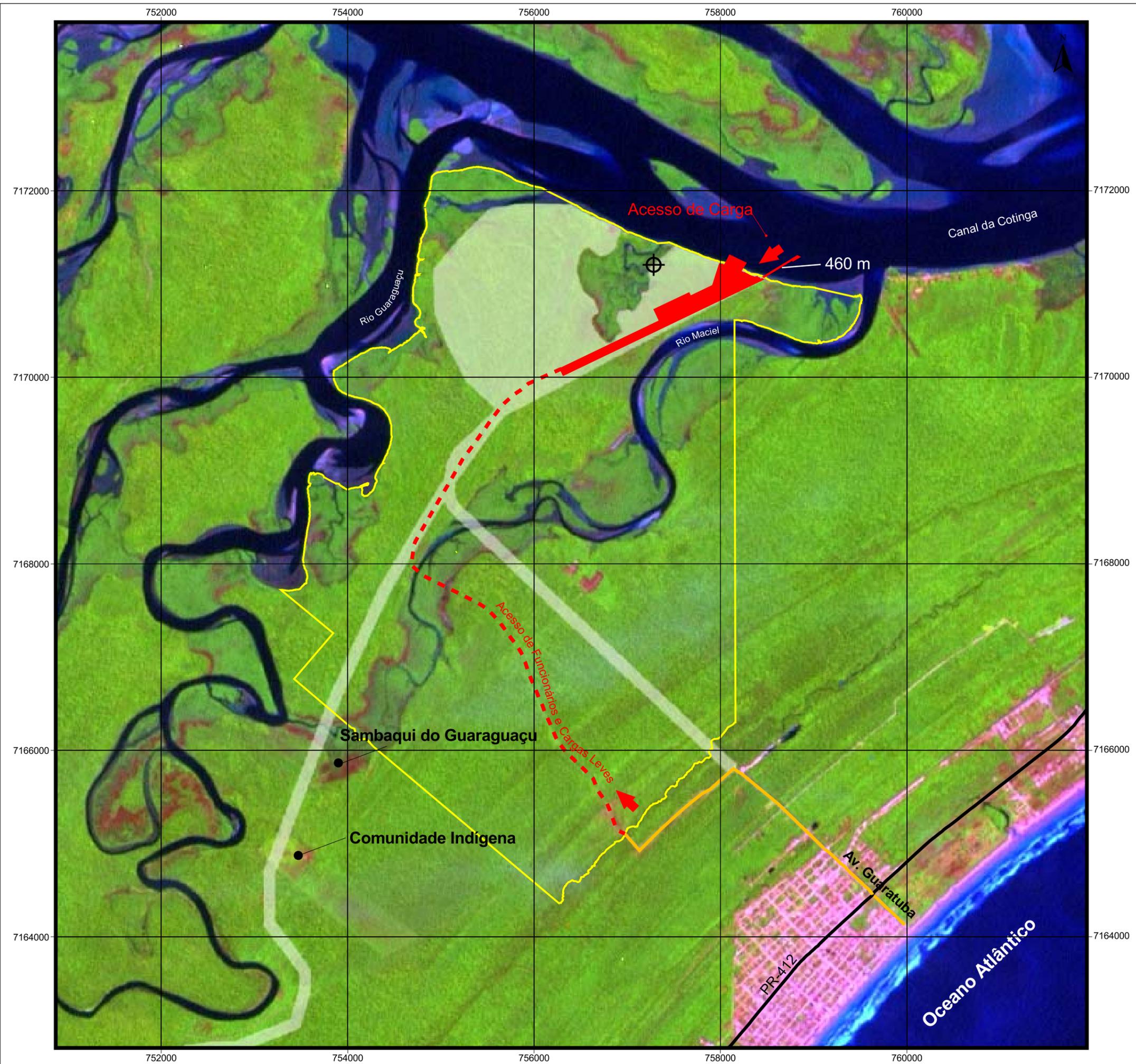
Figura 2.7: **Terceiro Plano de Ocupação da Área do Empreendimento**

Escala: **1: 45.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: *Andréia*
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Legenda

- Limite da Propriedade
- - - Via de acesso de funcionários e cargas leves
- Área de Implantação
- Acesso a propriedade
- PR-412
- Vestígios Arqueológicos



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

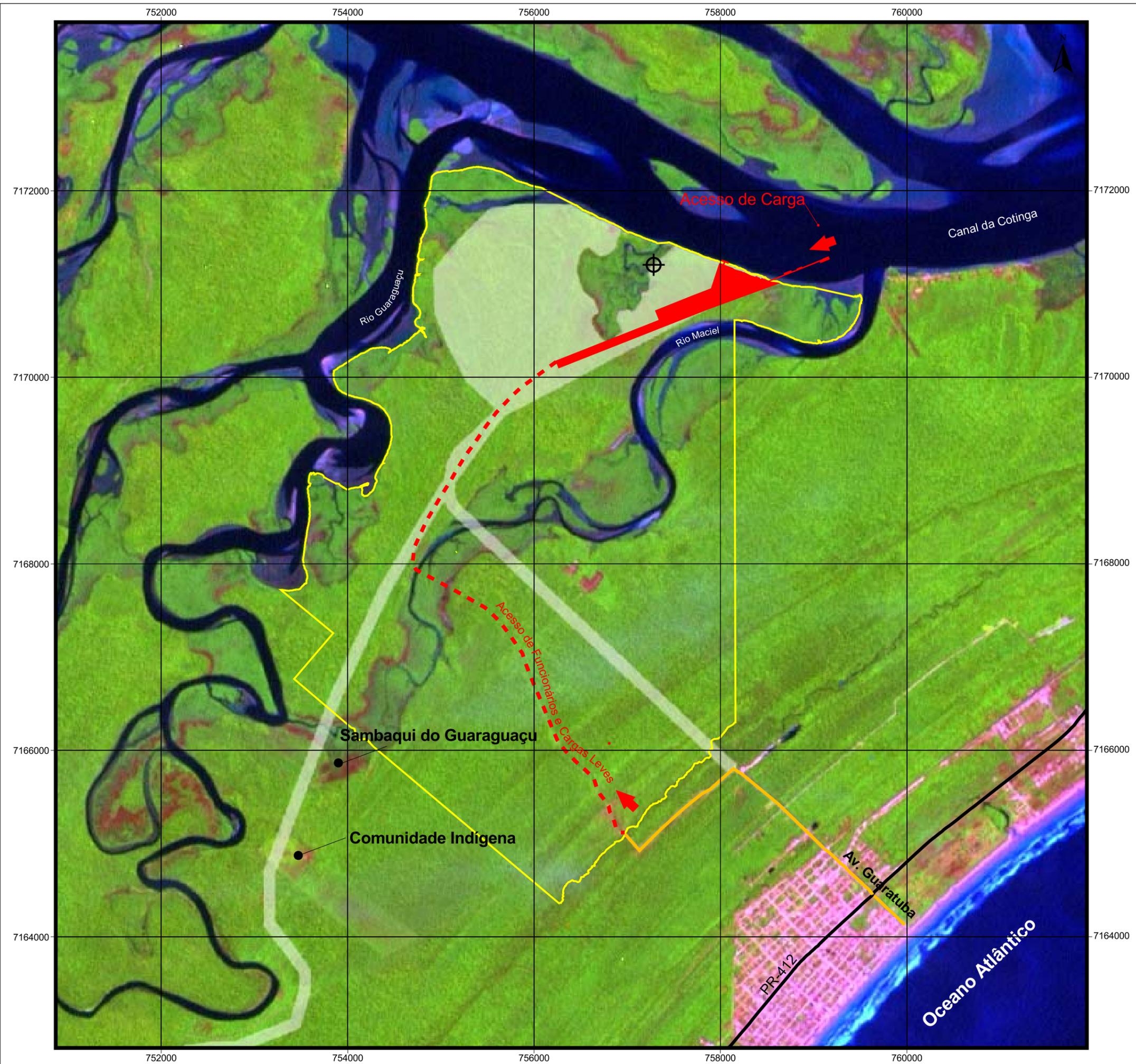
Figura 2.8: **Quarto Plano de Ocupação da Área do Empreendimento**

Escala: **1: 40.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico:
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D



- Legenda**
- Limite da Propriedade
 - - - Via de acesso de funcionários e cargas leves
 - Área de Implantação
 - Acesso a propriedade
 - PR-412
 - Vestígios Arqueológicos



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 2.9: **Plano final de Ocupação da Área do Empreendimento**

Escala: **1: 40.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico:
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

2.6. Descrição do Empreendimento Proposto

A gleba apresenta uma área total de 2.606,32 hectares, onde a intervenção para a construção do empreendimento, objeto de estudo deste documento e do pedido de licença ambiental prévia, apresenta área total de 45,17 hectares, a qual compreende uma base de soldagem de tubos rígidos e fabricação de estruturas submarinas, uma via de acesso terrestre, além das estruturas de acesso marinho, formadas por uma ponte de acesso e um píer, cujas denominações e áreas estão contidas na **Tabela 2.1** e identificadas pela **Figura 2.10**.

Tabela 2.1 – Identificação e áreas compreendidas na propriedade do Subsea7.

Identificação	Área (m ²)	Área (%)
ÁREA TOTAL DA GLEBA	26.063.215,00	100,00
Área de projeto em terra	451.730,52	1,73
Área destinada à preservação (RPPN)	13.740.035,19	52,72
APPs fora da RPPN	1.450.900,00	5,56
Reserva do proprietário	10.420.600,00	39,99
ÁREA DE PROJETO – em terra	451.730,52	100
Área de circulação e recebimento de materiais	112.107,07	24,85
Barracão de fabricação de estruturas submarinas	3.000,00	0,69
Área de armazenagem de materiais (tubos)	28.000,00	6,24
Área de circulação das empilhadeiras	61.359,74	13,61
Área de fabricação dos tubos (soldagem)	9.617,45	2,16
Área de armazenamento de tubos soldados “stalks”	32.984,25	7,33
Área de circulação dos “stalks” (carregamento e preparação para embarque)	45.928,53	10,15
Área administrativa	4.440,00	0,99
Área de circulação administrativa	17.376,26	3,87
Área de circulação interna e externa	72.001,94	15,99
Área de carregamento para embarque dos “stalks”	1.884,85	0,46
Via de acesso terrestre	62.479,00	13,84
ÁREA DE PROJETO – em mar	10.691,61*	100
Ponte de acesso ao píer	6.300	58,42
Estrutura de recebimento de tubos	1.236	11,46
Cabine de soldagem	876	8,12
Plataforma/píer	1.040	9,64
Cais	1.332	12,35

* Área não contabilizada no terreno.

Em relação ao empreendimento, pode-se dividi-lo em três principais estruturas: a via de acesso terrestre, as atividades operacionais terrestres e as atividades operacionais marinhas, que terão função tanto no recebimento do material para soldagem quanto para a expedição do material soldado para o navio. A **Figura 2.10** apresenta a implantação geral dessas estruturas dentro do terreno. Os projetos técnicos preliminares bem como a respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) encontram-se no **Anexo III** deste documento.

A via de acesso terrestre compreende uma antiga estrada presente na propriedade, que servia de elemento de passagem até Pontal do Paraná na época de ocupação produtiva da fazenda. Com o tempo e o desuso, a estrada perdeu sua função, mas não seu traçado, que será reaproveitado em grande parte para o acesso terrestre do empreendimento. A porção nova dessa via parte junto à área projetada de circulação da empilhadeira e percorre 2.800 metros até chegar ao rio Maciel, onde será construída uma ponte de acesso com 60 metros, após a ponte serão percorridos mais 1.456 metros de via até se encontrar o traçado já existente da antiga estrada, que percorre mais 2.252 metros até sair dos limites da propriedade. Fora da propriedade o percurso segue pela estrada antiga de Shangri-lá, percorrendo mais 1.600 metros por essa via até se encontrar com a Rua São Pedro do Pontal, prolongamento da Avenida Guaratuba, até se chegar à PR-412 percorrendo-se mais 1.985 metros.

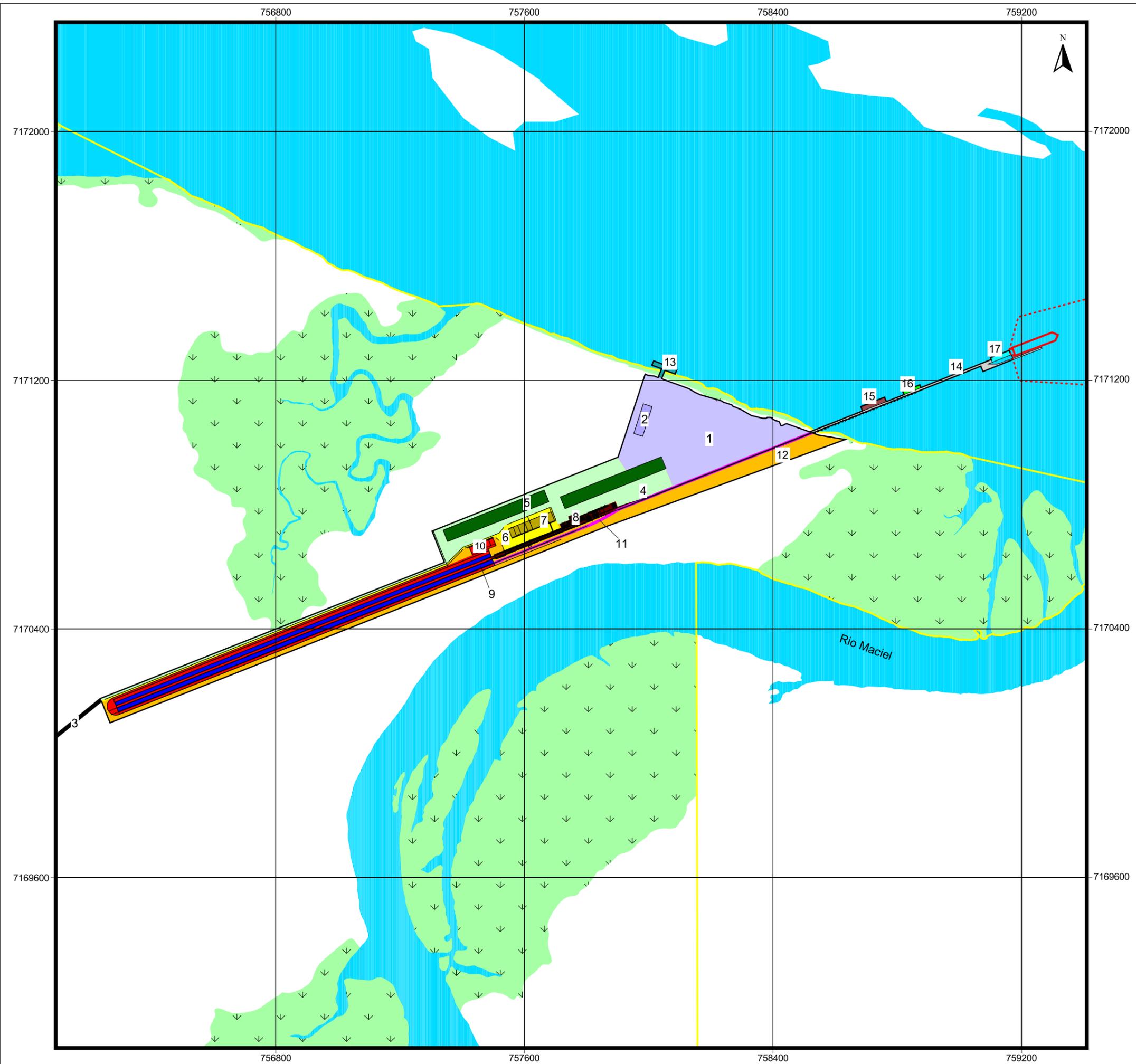
Destaca-se que essa via terrestre de acesso terá uma pressão muito baixa, visto que será utilizada apenas por funcionários e veículos de carga leve. Toda carga pesada de entrada e saída do empreendimento será transportada por via marítima através do Canal da Galheta, proveniente de Antonina ou Paranaguá, conforme apresentado na evolução do projeto. Assim, a extensão total da via dentro da área do empreendimento será de 6.568 metros lineares com uma intervenção de 62.479,00 metros quadrados, considerando-se que 2.252 metros lineares serão reaproveitados da antiga estrada de acesso, restando 4.316 metros lineares, que serão construídos para finalização desse acesso. A **Figura 2.11** apresenta a localização da via de acesso projetada dentro da propriedade.

O sistema operacional da empresa é dividido em atividades terrestres e marinhas. A terrestre se apresenta pela área de soldagem e de fabricação de estruturas submarinas, e a marinha é representada pelas atividades de recebimento e expedição dos tubos aos navios. O sistema operacional terrestre é formado ainda pelo setor administrativo.

Como embasamento descritivo, a estrutura operacional terrestre é formada por duas atividades além das atividades administrativas, mas que trabalham com os mesmos materiais e a mesma base produtiva e serão aqui separadas para melhor detalhamento das atividades. Assim, a primeira, que corresponde à atividade de fabricação de estruturas submarinas, é formada pelo barracão e pela área de circulação de recebimento de materiais das embarcações, que totalizam aproximadamente 115.107,07 metros quadrados, representando 25,54% da área total do projeto de implantação. Essa atividade conta ainda com uma estrutura portuária que corresponde ao cais em forma de "T" com 1.332 metros quadrados, conforme ilustra a **Figura 2.12**.

Já a base de soldagem propriamente dita é formada pela área de armazenagem dos tubos recebidos (que correspondem aos tubos de 12 metros desembarcados para a soldagem) e de circulação das empilhadeiras, que somam cerca de 89.359,74 metros quadrados e representam 19,85 % da área de implantação. Essa grande estrutura operacional conta ainda com a área de fabricação dos tubos, onde os tubos de 12 metros recebidos são soldados até formar trames de 1300 metros, que são armazenados em espaços denominados *Stalk Racks*, que, somados à área de circulação e preparação para o embarque (*Spooling line*), somam 90.415,08 metros quadrados e representam 20,01 % da área de implantação. O *spooling line* é uma estrutura de carregamento dos tubos soldados para o embarque, que consiste em uma linha com roletes que permitem a passagem da tubulação que será enrolada no carretel do navio. Em relação ao sistema administrativo, será formado por um edifício com 4.440 metros quadrados, além da área de circulação administrativa com área de 17.376,26 metros quadrados. Juntos, representam cerca de 4,86% da área de intervenção do empreendimento. A **Figura 2.13** apresenta a distribuição espacial das estruturas citadas.

As estruturas portuárias relacionadas à base de soldagem dos tubos funcionam como uma receptora de material a ser soldado e da mesma forma para expedição da tubulação rígida que será enrolada no carretel do navio para expedição, e apresenta ainda uma cabine de soldagem, otimizando a estrutura terrestre. Assim, o material para a soldagem chega em balsas que atracam em um cais projetado na ponte de acesso. Essa estrutura tem 82,4 metros de comprimento e área de 1.236 metros quadrados. Esse cais é dotado de esteiras rolantes que fazem o transporte dos tubos de 12 metros para os locais de soldagem. Após a soldagem na base terrestre os dutos são carregados para embarque no navio através de roletes fixados na mesma ponte de acesso, paralelamente à esteira rolante de recebimento dos tubos. A cabine de soldagem localizada na estrutura portuária apresenta 58,4 metros lineares, com área total de 876 metros quadrados. A estrutura portuária é constituída ainda pela plataforma ou píer de atracação para o navio que carregará os dutos. A ponte de acesso ao píer apresenta uma via com 625 metros lineares de abrangência e área total construída de 5.900 metros quadrados e a plataforma será construída com 65 metros de comprimento e 1040 metros quadrados de área total. A **Figura 2.14** apresenta a distribuição espacial das estruturas citadas.



Legenda

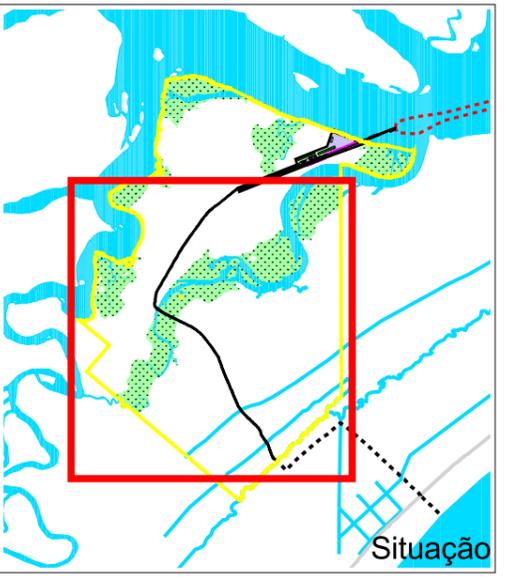
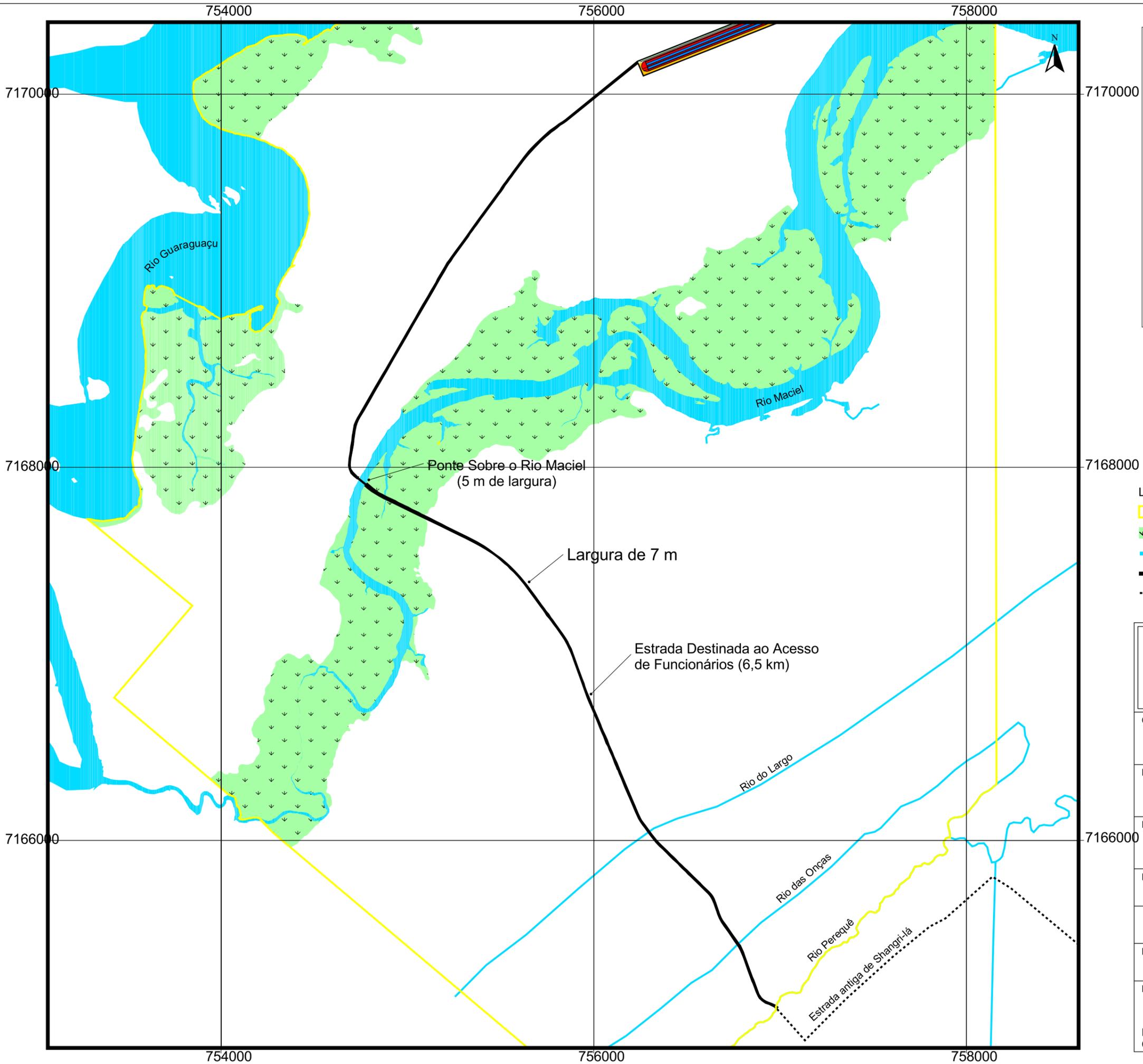
- Limite da propriedade
- █ Hidrografia
- ▾ Áreas de mangue
- Embarcação
- - - Área de Manobra de Embarcações

Implantação

- 1 Área de circulação e recebimento de materiais - 112107,07 m²
- 2 Barracão de Fabricação de Estruturas submarinas - 3000 m²
- 3 Estrada de Acesso - 62479 m²
- 4 Área de Circulação de Empilhadeiras - 61359,74 m²
- 5 Área de Armazenagem de Tubos - 28000 m²
- 6 Área de Circulação Administrativa - 17376,26 m²
- 7 Escritório / Edifício Administrativo - 4440 m²
- 8 Área de Fabricação dos Tubos Soldados - 9617,45 m²
- 9 Stalk Racks - Armazenagem de Tubos Rígidos - 45928,53 m²
- 10 Área de Circulação para Stalk Racks - 32984,25 m²
- 11 Área de carregamento para embarque - 1884,85 m²
- 12 Área de Circulação - 72001,94 m²
- 13 Cais de Serviço - 1332 m²
- 14 Acesso ao Pier - 6300 m²
- 15 Estrutura para recebimento e envio de tubulações - 1236 m²
- 16 Cabine de soldagem - 876 m²
- 17 Plataforma - 1040 m²



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 2.10:	Projeto de Implantação geral da Base de Soldagem SubSea7 - Paranaguá
Escala:	1: 12.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



- Legenda**
- Limite da propriedade
 - ▼▼ Áreas de mangue
 - Hidrografia
 - Via de Acesso Interna
 - Via existente



Aat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 2.11: **Localização da estrada de acesso ao empreendimento**

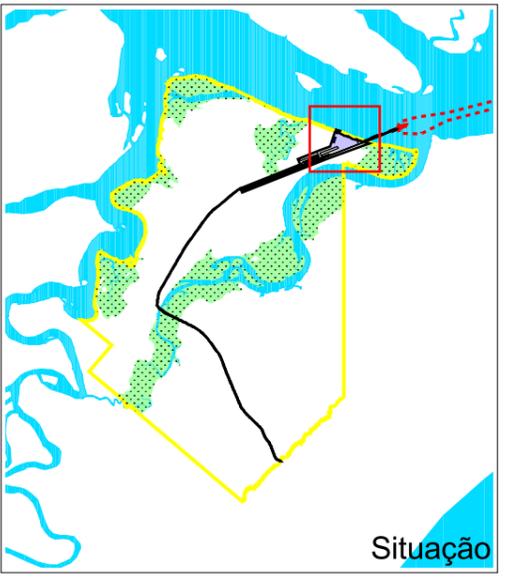
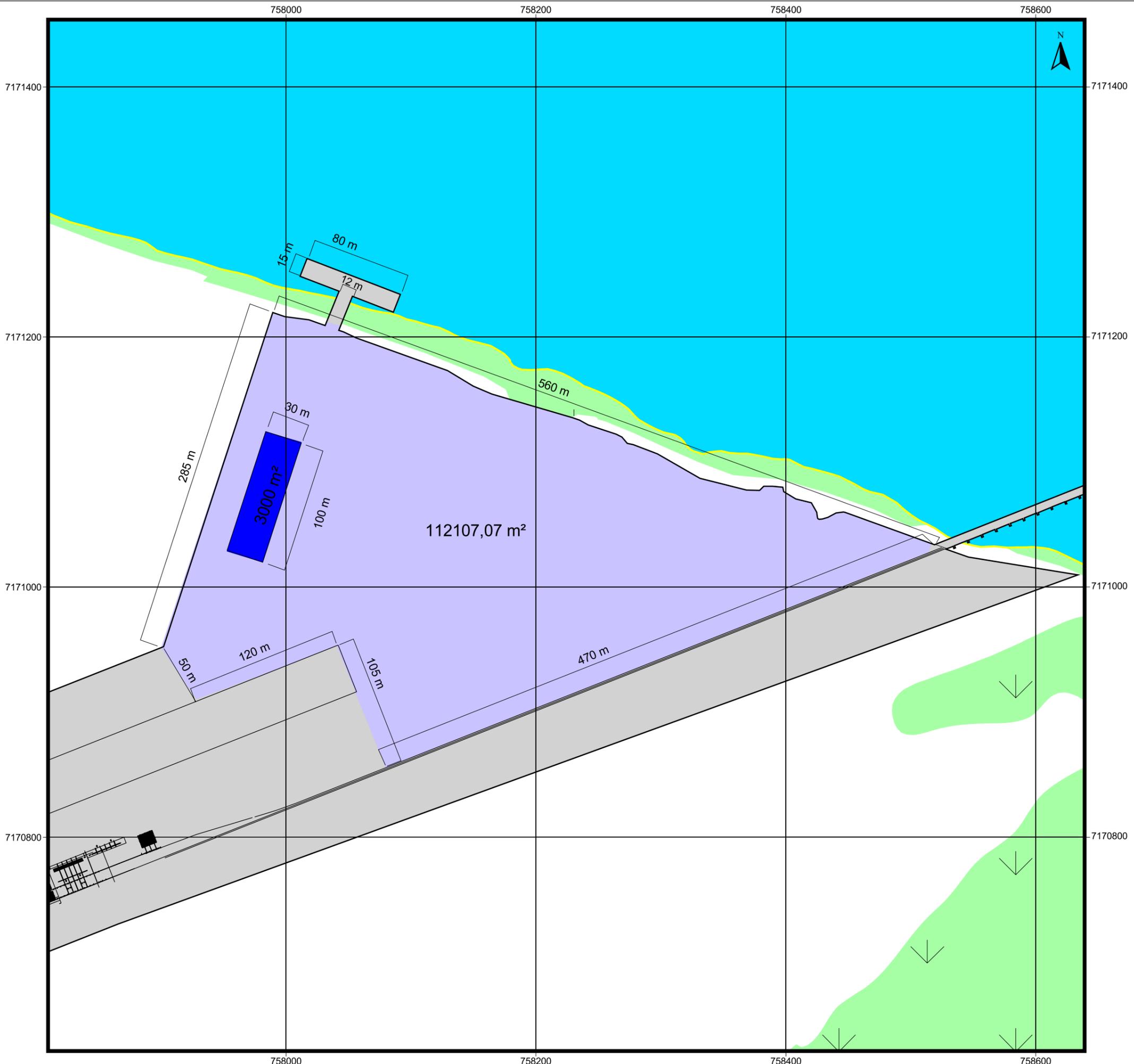
Escala: **1: 20.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



- Legenda**
- Limite da propriedade
 - Hidrografia
 - Áreas de mangue
 - Implantação: base de soldagem
 - Implantação: Fábrica de Estruturas Submarinas
 - Barracão de Fabricação de Estruturas Submarinas



Acat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Cliente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

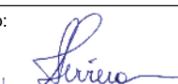
Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 2.12: **Localização e identificação das estruturas da fábrica de estruturas submarinas de apoio**

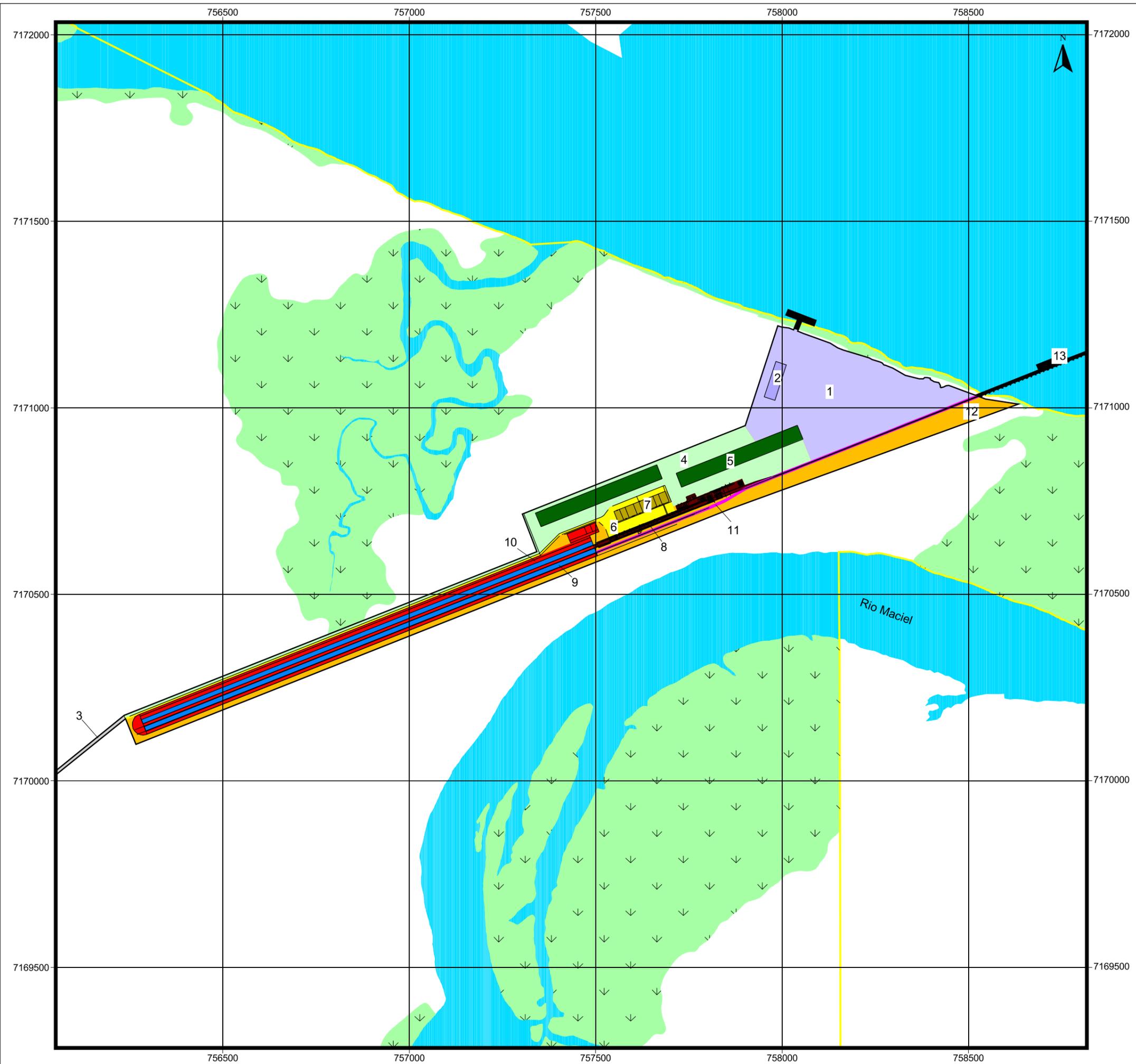
Escala: **1: 3.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Legenda

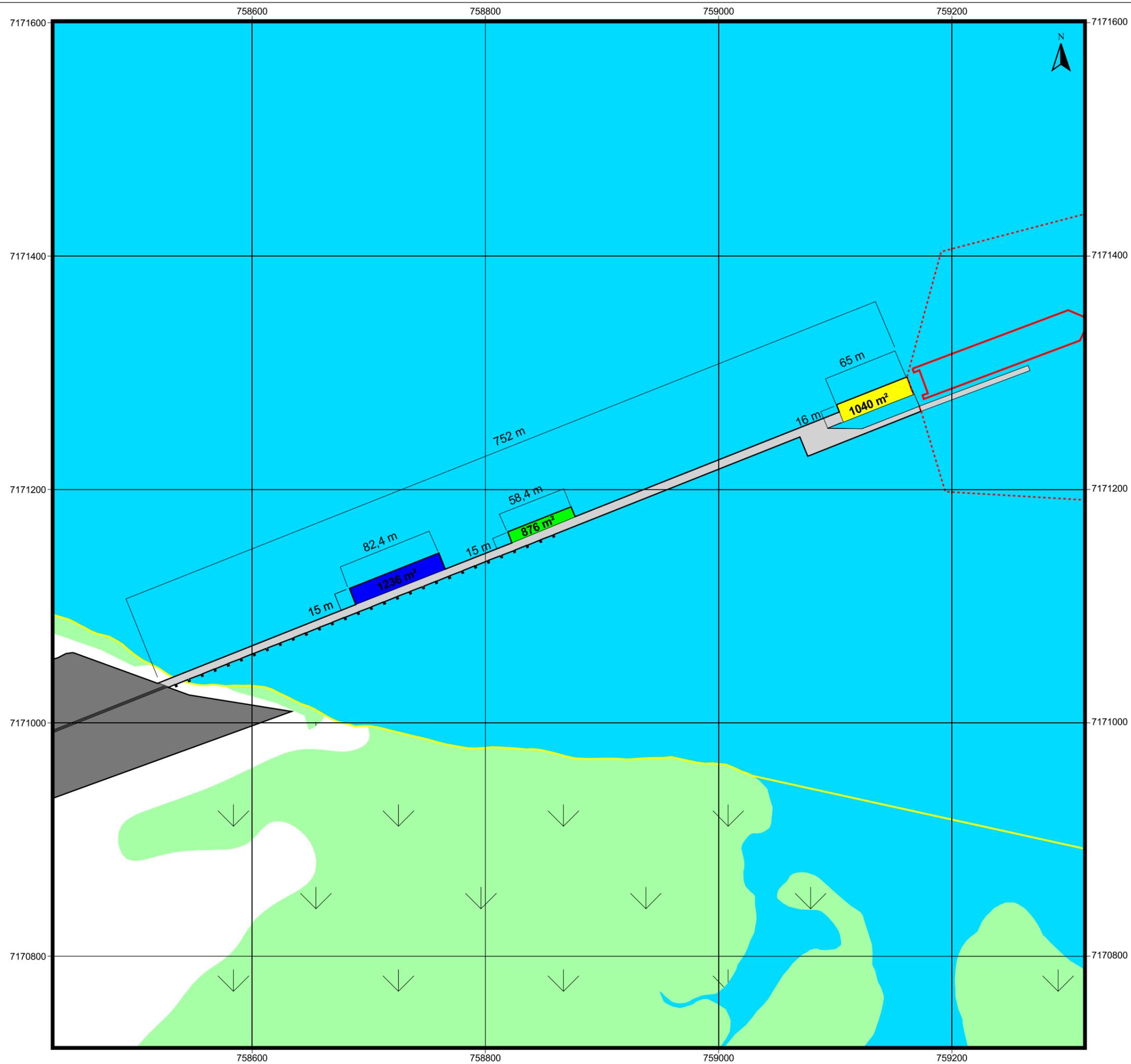
- Limite da propriedade
- Hidrografia
- ▽ Áreas de mangue

Implantação

- 1 Área de circulação e recebimento de materiais - 112107,07 m²
- 2 Barracão de Fabricação de Estruturas submarinas - 3000 m²
- 3 Estrada de Acesso - 62479 m²
- 4 Área de Circulação de Empilhadeiras - 61359,74 m²
- 5 Área de Armazenagem de Tubos - 28000 m²
- 6 Área de Circulação Administrativa - 17376,26 m²
- 7 Escritório / Edifício Administrativo - 4440 m²
- 8 Área de Fabricação dos Tubos Soldados - 9617,45 m²
- 9 Stalk Racks - Armazenagem de Tubos Rígidos - 45928,53 m²
- 10 Área de Circulação para Stalk Racks - 32984,25 m²
- 11 Área de carregamento para embarque - 1884,85 m²
- 12 Área de Circulação - 72001,94 m²
- 13 Instalações Portuárias



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 2.13:	Localização e identificação das estruturas da base de soldagem de tubos rígidos
Escala:	1: 10.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Legenda

- Limite da propriedade
- Hidrografia
- ▾ Áreas de mangue
- - - Área de Manobra de Embarcações

Implantação

- Ponte de Acesso ao Pier
- Base de soldagem SubSea7 - Paranaguá
- Estrutura para recebimento e envio de tubulações - 1236 m²
- Cabine de soldagem - 876 m²
- Plataforma - 1040 m²
- Embarcação



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 2.14:	Localização e identificação das Instalações Portuárias
Escala:	1: 3.200
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D

2.6.1. Fase de Instalação do Empreendimento

Os procedimentos de implantação adotados priorizam a minimização de impactos durante toda a fase de implantação, buscando alternativas de processos construtivos que estabeleçam uma relação menos impactante dentro da área.

O projeto de implantação, que define a forma do empreendimento e a disposição da estrutura viária, foi concebido considerando-se as limitações identificadas pelo estudo ambiental, visando a minimizar a interferência das obras nas áreas protegidas ou destinadas a conservação.

Como a movimentação prevista de terra se restringe apenas às vias de circulação e implantação da base, a exposição do solo proporcionalmente à área é pequena. Mesmo assim, vários dispositivos de controle ambiental serão instalados, assegurando-se que a paisagem, os solos e a água sejam resguardados até a finalização da obra.

O terreno será terraplenado em setores para evitar que grandes áreas fiquem descobertas e expostas ao processo erosivo por longo período. Adicionalmente, após a conclusão da fase de regularização da declividade, a área será compactada, para minimizar a dispersão de partículas pelo impacto da chuva e umedecidas sempre que necessário, evitando-se a dispersão de poeira nos períodos de estiagem.

O solo retirado durante as operações de regularização dos terrenos será utilizado na compensação dos aterros, eliminando-se a necessidade de áreas de empréstimo e bota-fora.

Nos pontos de cotas mais baixas da área, serão construídas bacias de retenção de sedimentos e infiltração de parte do escoamento superficial, reduzindo-se os riscos de poluição dos ambientes mais sensíveis lindeiros como os rios e mangues.

A previsão que se faz para esse tipo de empreendimento que envolve movimentação de solo busca também compatibilizar o cronograma de obras com o período chuvoso da região, que se acentua no período compreendido entre os meses de novembro a março, salientando-se, portanto, a importância da movimentação do solo nos meses mais secos.

De maneira geral, a implantação do empreendimento seguirá uma sequência de operações, descritas a seguir:

- Construção de estruturas provisórias para acesso de materiais e equipamentos;
- Supressão de vegetação;
- Limpeza do terreno;
- Movimentação de terra (terraplenagem);
- Instalação do canteiro de obras;

- Implantação do sistema de águas pluviais;
- Implantação das redes de água e esgoto;
- Implantação da rede elétrica e de telefonia;
- Construção da via de acesso;
- Construção dos galpões e edificações previstas;
- Construção das instalações portuárias (cais, ponte de acesso e píer);
- Paisagismo.

A seguir, será apresentada a descrição de todas as etapas que envolvem a implantação e operação do empreendimento, sendo que todos os tópicos foram concebidos a partir de projetos conceituais preliminares, estimativas, levantamentos e informações locais existentes na data de elaboração do relatório.

2.6.1.1. Mobilização

A mobilização inicial dos equipamentos na ilha será realizada por meio de balsas e rebocadores, em local que permita a atracação e descarga dos equipamentos pesados de terraplenagem.

Será construído um cais provisório na parte frontal da ilha para permitir a atracação de balsas e embarcações que farão o transporte de materiais e pessoal. As estruturas provisórias serão construídas nos mesmos locais previstos para as instalações definitivas, de forma que não resulte em uma área de intervenção maior.

O acesso por terra será feito pela estrada existente na propriedade que liga o balneário de Shangri-lá ao rio Maciel, que será recuperada para permitir a passagem de pequenos veículos. No final dessa estrada, às margens do rio Maciel, serão construídos trapiches provisórios para permitir a travessia do rio pelo pessoal a ser alocado para os serviços e pequenos materiais.

Após a construção da ponte sobre o rio Maciel e da ponte/píer, os trapiches e cais provisórios serão removidos.

2.6.1.1.1. Transporte

Todo o pessoal envolvido será transportado, em embarcações apropriadas, em dois trajetos distintos:

- Estrada a partir de Shangri-lá + travessia por embarcação no rio Maciel;
- Trajeto marítimo partindo de cais em Paranaguá e/ou Pontal do Paraná até o cais provisório na área do empreendimento.

Os equipamentos serão embarcados em cais na cidade de Paranaguá e/ou Pontal do Paraná e transportados até o local do empreendimento, onde será realizado

o desembarque na praia. Após a conclusão do cais provisório, os equipamentos de menor porte serão desembarcados nesse cais por meio de um guindaste a ser instalado em suas proximidades. Os materiais de grande volume e peso somente serão desembarcados após a conclusão do cais provisório.

2.6.1.1.2. Alojamento

O pessoal que realizará a execução dos trabalhos de construção da base ficará alojado preferencialmente em Pontal do Paraná em casas, hotéis ou alojamentos alugados. Eventualmente, a cidade de Paranaguá será utilizada como apoio para habitação de funcionários das empresas a serem contratadas para os serviços.

2.6.1.1.3. Alimentação

A alimentação do pessoal da obra deverá ser preparada fora do local dos serviços e transportada para a ilha por meio de embarcações, até o cais provisório da ilha, onde será descarregada e levada até o refeitório da obra para distribuição.

2.6.1.1.4. Escritório de Apoio

Os materiais de consumo diário deverão ser adquiridos preferencialmente na região pelos escritórios de apoio e remetidos para o local dos serviços em veículos e embarcações. A localização desses escritórios deverá ser em Pontal do Paraná e Paranaguá ou Antonina.

A contratação de todo o pessoal local necessário para a execução dos serviços também será realizada por intermédio dos escritórios de apoio.

2.6.1.1.5. Saúde

Além do ambulatório a ser localizado na área do empreendimento, deverão ser realizados convênios com hospitais em toda a região, inclusive na cidade de Curitiba, para atendimento de casos mais graves. Ambulâncias e barcos estarão sempre de prontidão para o atendimento emergencial. Eventualmente, poderá ser utilizado transporte aéreo para o deslocamento de pessoas em estado mais grave.

2.6.1.2. Atividades de Implantação

2.6.1.2.1. Supressão da Cobertura Vegetal

O processo de supressão da cobertura vegetal ocorrerá nas porções onde serão instalados o sistema viário e a base propriamente dita. Essa fase representa um dos itens mais relevantes na consideração dos impactos na etapa de implantação de empreendimentos dessa natureza. Convém salientar que o processo de supressão de

vegetação somente será realizado após emissão da autorização pelo órgão ambiental estadual. Dessa forma, a fase de implantação apresentará uma autorização de corte para as atividades previstas em cronograma, além da intervenção em área de APP prevista em projeto. Porém, essa área suprimida será devidamente compensada.

A atividade de supressão dentro do empreendimento ocorrerá de forma diferenciada através do processo de bosqueamento, com retirada do sub-bosque com facção e da vegetação arbórea com motosserras, promovendo o tombamento para o centro do empreendimento, assegurando a integridade das áreas de preservação permanente e evitando danos às bordas da vegetação remanescente, fazendo, assim, uma retirada controlada da vegetação e oferecendo tempo hábil para a fuga dos animais. Ainda antes do início da supressão da vegetação, será realizada uma inspeção da vegetação, gerando um relatório de início de atividades, incluindo as espécies da fauna presentes na área, para que o monitoramento a partir do início da supressão possa contribuir inclusive com o aumento da listagem de espécies identificadas no EIA/RIMA. Da mesma forma, assim que cessada a fase de supressão de vegetação, um relatório final será gerado, compatibilizando todas as informações geradas. Considerando a forma diferenciada proposta para a supressão vegetal, a atividade de fuga espontânea da fauna terá um peso maior quando comparada à relocação e/ou resgate da fauna, especialmente no momento da supressão. Além de proporcionar uma forma mais lenta da retirada da vegetação, haverá ainda o acompanhamento diário por profissional habilitado durante essa fase, bem como um treinamento prévio dos colaboradores em relação aos cuidados com o meio ambiente, especialmente nessa etapa de supressão de vegetação.

A madeira suprimida será selecionada, tratada e manejada para ser utilizada de maneira sustentável na própria obra. A identificação da vegetação com seu nome popular e científico através de plaquetas também auxiliará os colaboradores como meio de educação ambiental. A destinação da madeira não utilizada no empreendimento poderá ser definida pelo órgão ambiental competente, podendo ser doada a instituições públicas ou projetos ambientais na região.

2.6.1.2.2. Limpeza do Terreno

Essa fase inclui todos os serviços relativos à limpeza do terreno, abrangendo as áreas que deverão ser diretamente atingidas pelos trabalhos de movimentação de terra.

Após a remoção da vegetação, será feita a raspagem da camada superficial do solo, que poderá variar de 20 até 70 centímetros de profundidade, visando à regularização da superfície do terreno para facilitar as operações de locação de cortes e aterros subsequentes.

O solo superficial removido deverá ser estocado em pilhas ou leiras, dentro da gleba, visando a posterior utilização no processo de recuperação edáfica das áreas previstas para ajardinamento e/ou afetadas mais negativamente no processo de terraplanagem.

A estocagem deverá ser adequadamente locada em áreas de topografia plana e observando medidas para controle da erosão. Caso necessário, essas pilhas deverão ser cobertas por filme plástico, especialmente se a estocagem permanecer em períodos de elevada precipitação.

2.6.1.2.3. *Movimentação de Terra*

Essa fase também representa um dos itens mais importantes na consideração dos impactos na etapa de implantação. Durante a fase de execução dessas operações, a suscetibilidade à erosão dos terrenos aumenta significativamente em função da desestruturação do solo. Os serviços serão executados de forma tradicional, com equipamentos do tipo trator de esteiras, pá-carregadeira, escavadeiras, motoniveladoras, rolos compactadores, carros-pipa, etc.

Mesmo havendo essa condição, serão tomadas precauções na movimentação interna de terra:

- O solo superficial, mais fértil, será colocado estrategicamente ao lado das áreas alteradas e posteriormente utilizado como cobertura do terreno já adequado à sua condição final, visando a proporcionar melhores condições para a revegetação;
- Após a movimentação de terra, as vias serão compactadas e terraços para absorção do escoamento superficial serão implantados, os espaços livres serão imediatamente adubados, corrigidos e revegetados com a semeadura de gramíneas de desenvolvimento rápido. Essas medidas garantem a conservação paisagística e proteção do solo e dos cursos d'água no transcorrer da ocupação do terreno;
- Durante as obras de movimentação de terra para implantação da estrutura viária e das galerias de drenagem, o controle do escoamento superficial sobre as vias será efetuado por meio da construção de bacias de infiltração. Essas estruturas têm por objetivo reduzir o volume da enxurrada através de sua contenção e infiltração; adicionalmente os sedimentos arrastados junto com a água da enxurrada são contidos, evitando que os sedimentos arrastados alcancem os corpos hídricos.

O projeto executivo das obras de regularização do terreno (projeto de terraplenagem) será elaborado de forma a eliminar a necessidade de áreas de bota-fora externas à gleba. Em função de o relevo da gleba se caracterizar por baixas declividades, os cortes e aterros serão de pequena magnitude. De acordo com a legislação vigente, todos os projetos de execução deverão ser apresentados em fase posterior, na solicitação da Licença de Instalação do empreendimento. Porém, estudos preliminares confirmam a viabilidade de compensação dos volumes de corte e aterro para a área da base de soldagem, que ficarão na ordem de 105.000,00 metros cúbicos, considerando-se a elevação do terreno sem pavimentação na cota de 3,29 metros.

Os materiais granulares para revestimento e pavimentação serão oriundos da pedreira Mineração Nova Prata, localizada na rodovia de acesso a Matinhos, e serão

transportados por caminhões basculantes, passando pela ponte do rio Maciel, após sua conclusão.

2.6.1.2.4. Instalação do Canteiro de Obras

A implantação de oficina, escritório de obras, almoxarifado, depósitos, refeitório e instalações sanitárias será de responsabilidade do empreendedor. Essas construções temporárias serão providas das instalações básicas necessárias para o desenvolvimento dos trabalhos.

Os funcionários não residirão na obra. As instalações devem obedecer aos critérios preconizados pelas normas de qualidade e segurança no trabalho. Com o objetivo de evitar possíveis impactos e contaminações sobre os recursos hídricos, sugere-se a locação do canteiro sobre as áreas com cotas mais elevadas e de declividade suave, evitando a concentração de água proveniente de enxurradas.

Serão construídos com contêineres metálicos e galpões metálicos pré-fabricados, dotado das seguintes instalações:

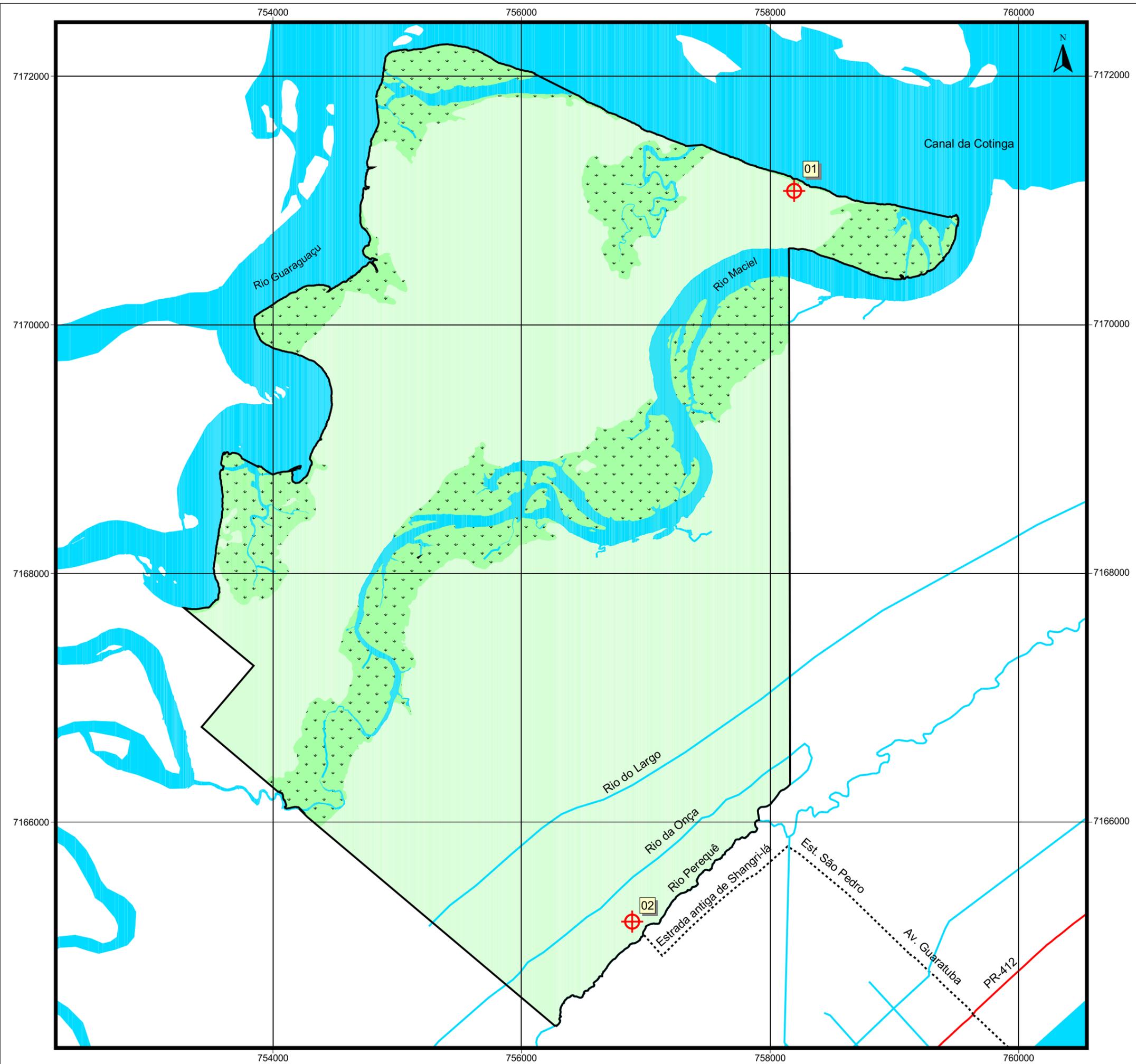
- Escritório;
- Refeitório;
- Ambulatório médico;
- Almoxarifado;
- Oficina de manutenção;
- Guarita;
- Sanitários;
- Central dosadora de concreto;
- Silo de cimento;
- Ferramentaria de campo;
- Central de depósito de resíduos.

Esse canteiro de obras será desmobilizado imediatamente após a conclusão dos serviços.



Figura 2.15 – Modelo de instalação de canteiro de obras

Como são instalações temporárias, normalmente assentadas sobre o terreno natural, a **Figura 2.16** identifica a localização de áreas aptas para a instalação do canteiro de obras, considerando-se a atual conformação planialtimétrica da área.



Legenda

- Limite da propriedade
- Hidrografia
- PR - 412
- Vias não pavimentadas
- Áreas de mangue
- + Localização dos Canteiros de Obras
- Identificação dos Canteiros de Obras
- 01 - Canteiros de Obras - Base de Soldagem
- 02 - Canteiros de Obras - Via de Acesso Interna



Cliente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 2.16: **Mapa de Identificação de Áreas Aptas à Instalação do Canteiro de Obras**

Escala: **1: 30.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: *Andréia*
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

2.6.1.2.5. Central de Concreto

Será montada uma central dosadora de concreto para atender a todos os serviços de concretagem em terra e no mar. Todos os insumos serão transportados por barcaças, desde o cais de embarque em Pontal do Sul ou Paranaguá, e desembarcados no cais provisório do empreendimento, onde serão transportados para o local da central e armazenados em silos e/ou pilhas de estocagem. O concreto será transportado por caminhões-betoneiras alocados para o serviço.

2.6.1.2.6. Implantação do Sistema de Drenagem das Águas Pluviais

O sistema de drenagem superficial será projetado de forma a abranger todo o empreendimento. As águas pluviais serão direcionadas pelo sistema de sarjetas para as bocas-de-lobo que farão a coleta e condução do fluxo para galerias tubulares. As tubulações serão de concreto, específicas para drenagem, com diâmetros variáveis.

Na definição do projeto de drenagem, deverá ser avaliada a possibilidade do lançamento das águas pluviais, passando por estruturas dissipadoras de energia hidráulica, até cair nos corpos receptores.

2.6.1.2.7. Instalação do Sistema de Água e Esgoto

A rede de distribuição de água será de PVC rígido, fabricado de acordo com a especificação brasileira EB 183/77 da ABNT, com tubulação da classe 20,15 ou 12, localizada sob os passeios e pressurizada por gravidade. Antes da execução dos revestimentos, todas as canalizações serão submetidas à prova de pressão interna. O abastecimento poderá ser realizado por caminhões-pipa vindos de Pontal do Paraná ou Paranaguá. Deverão ser pesquisadas, no local, outras formas de obtenção de água, em poços artesianos, que poderão servir para o abastecimento de água industrial, ou mesmo, dependendo da potabilidade, para o consumo humano. As tubulações de água deverão ser assentadas em nível superior à tubulação de esgotamento sanitário.

O sistema de coleta do esgoto gerado no empreendimento será composto de redes duplas sob o passeio, tubulação de PVC e poços de visita em concreto ou PVC. A construção da estação de tratamento de esgoto – ETE, dentro do empreendimento, visa à coleta, tratamento e disposição final das águas residuais, de forma a preservar as características naturais dos cursos d'água adjacentes. O projeto contará com duas fases, sendo a primeira o dimensionamento da rede coletora, em função da população contribuinte e do traçado viário, e a segunda por meio do dimensionamento da unidade de tratamento de esgotos, levando-se em consideração a natureza econômica do projeto e a elevada eficiência de remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO e microorganismos, atendendo aos padrões legais recomendados, atingindo eficiência acima de 90%. O efluente tratado deverá ser lançado dentro dos parâmetros estabelecidos pela Resolução Conama n. 357/05.

2.6.1.2.8. Pavimentação

A implantação da estrutura viária envolve uma série de etapas e procedimentos, desde a locação, retirada do solo, compactação e tratamento da sub-base até a deposição da base e do revestimento.

Após a retirada, o solo superficial (20 – 70 centímetros), normalmente lançado em bota-fora, será neste empreendimento adequadamente armazenado para posterior utilização na cobertura, acabamento, ajardinamento e passeios, sendo o excedente utilizado para recuperação de áreas degradadas dentro da propriedade.

O revestimento será realizado com material granular fornecido por empresas locais e os projetos específicos de execução serão realizados e apresentados para aprovação nos órgãos competentes após a emissão da Licença Prévia, junto ao pedido da Licença de Instalação.

2.6.1.2.9. Sistema de Rede Elétrica e de Telefonia

A definição dos sistemas será dada pelas concessionárias locais, podendo a rede elétrica ser aérea, com postes de concreto armado e material condutor tradicional. O sistema estrutural também será utilizado para a rede de telefonia.

2.6.1.2.10. Paisagismo

O principal objetivo do projeto de arborização e paisagismo é promover a integração empreendimento-paisagem. Para atingir esse resultado, será prevista em projeto a especificação de algumas das espécies presentes no levantamento florístico da área, e outras espécies nativas que caracterizam o ecossistema local, reforçando a composição fitossociológica da área.

A escolha das espécies será feita em função da disponibilidade regional do mercado de plantas, apropriadas para arborização e paisagismo, efeito de floração, atração de fauna, porte, taxa de crescimento, quantidade de sombra, morfologia e capacidade de adaptação às condições climáticas e interferência sobre a infraestrutura subterrânea (galerias de águas pluviais, redes de água e esgoto) e aérea (rede elétrica e de telefonia) do empreendimento.

2.6.1.3. Planejamento dos Trabalhos

2.6.1.3.1. Obras Terrestres

2.6.1.3.1.1. Via de Acesso Terrestre

A obra da via de acesso terrestre deverá se iniciar pela melhoria do acesso desde a Avenida Guaratuba, no Balneário de Shangri-lá, perpendicular à PR-412 até a

travessia do rio Maciel. Na parte insular da estrada, a execução será realizada, concomitantemente, com a terraplenagem da área da base.

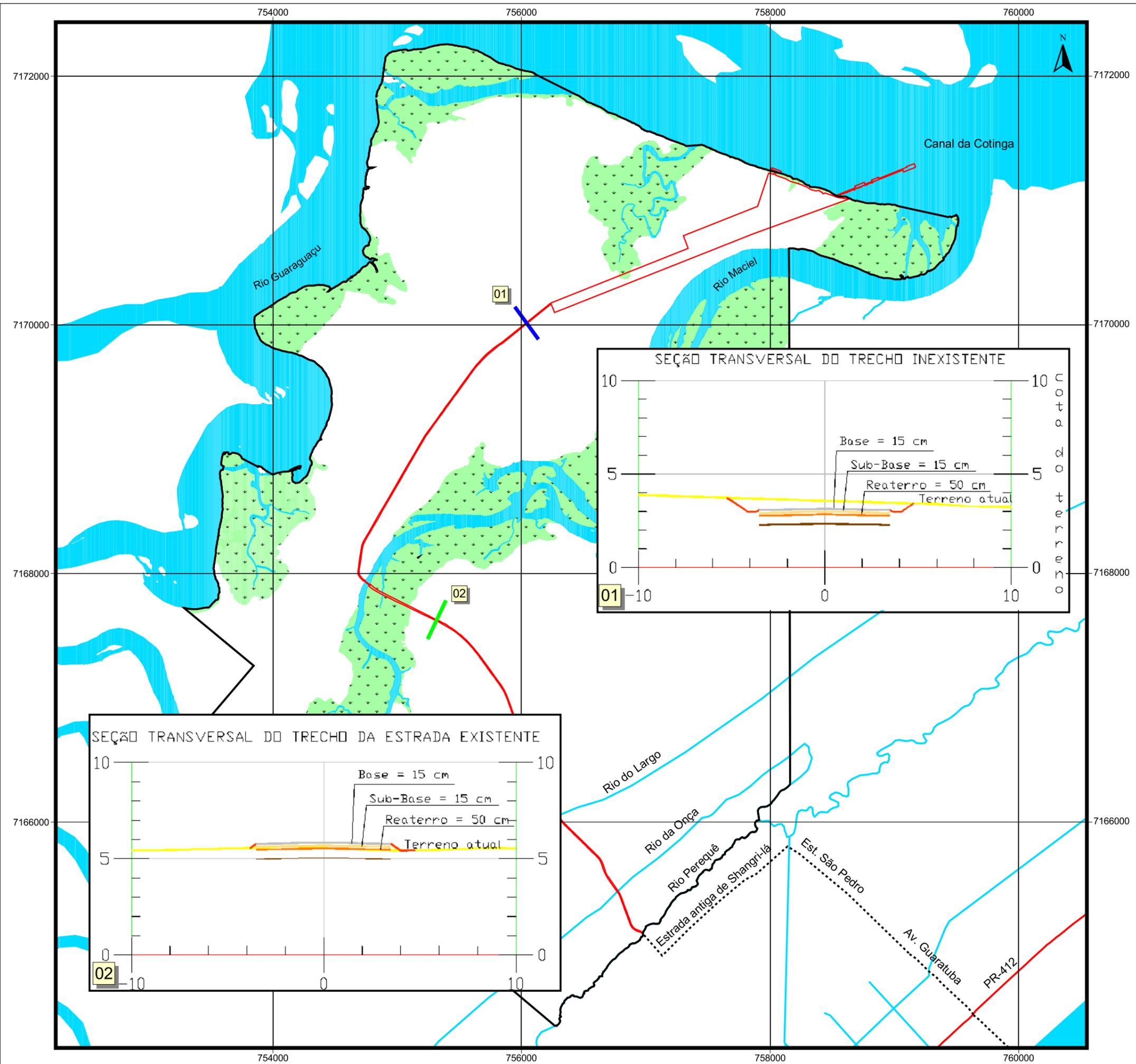
A melhoria do acesso fora da propriedade deverá ser executada em conjunto com a prefeitura, respeitando as diretrizes viárias definidas no plano diretor, por meio de projeto específico, conforme proposto no prognóstico ambiental.

A construção da estrada de acesso a base dentro da propriedade deverá constar dos seguintes serviços:

- Desmatamento e destocamento;
- Limpeza e remoção da camada vegetal;
- Escavação, carga e transporte de material;
- Reaterro compactado;
- Sub-base;
- Base;
- Revestimento com material granular.

A **Figura 2.17** apresenta um corte esquemático para caracterização da estrutura dessa via. Os projetos executivos serão apresentados na fase de obtenção da licença de instalação conforme preconiza a legislação.

Na porção localizada próximo ao rio Maciel, onde haverá aterro em área de mangue, deverão ser instaladas estruturas que permitam o fluxo de água entre as porções isoladas pela construção da estrada, como gabiões e tubulações, procurando minimizar os impactos sobre esse ambiente de extrema fragilidade ambiental e totalmente dependente do fluxo de água da oscilação de maré em superfície e subsuperfície.



Legenda

- Limite da propriedade
- Hidrografia
- PR - 412
- Vias não pavimentadas
- Áreas de mangue
- Corte 01
- Corte 02



Cliente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 2.17: **Corte Esquemático da Estrutura da Via de Acesso Interna**

Escala: **1: 30.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico:
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

2.6.1.3.1.2. Ponte sobre o rio Maciel

A ponte sobre o rio Maciel será executada em uma frente de serviço, na direção sul – norte. Todos os recursos serão mobilizados através da estrada de acesso existente e trecho a ser implantado. O projeto será executado considerando a utilização de peças pré-fabricadas de concreto para diminuir os serviços e recursos no local das obras.

Os principais serviços a serem executados são:

- Bueiros de concreto sob o aterro do lado sul;
- Aterro das cabeceiras;
- Fundação;
- Pilares em concreto;
- Tabuleiro em concreto composto de vias e lajes;
- Acabamento e guarda corpo.

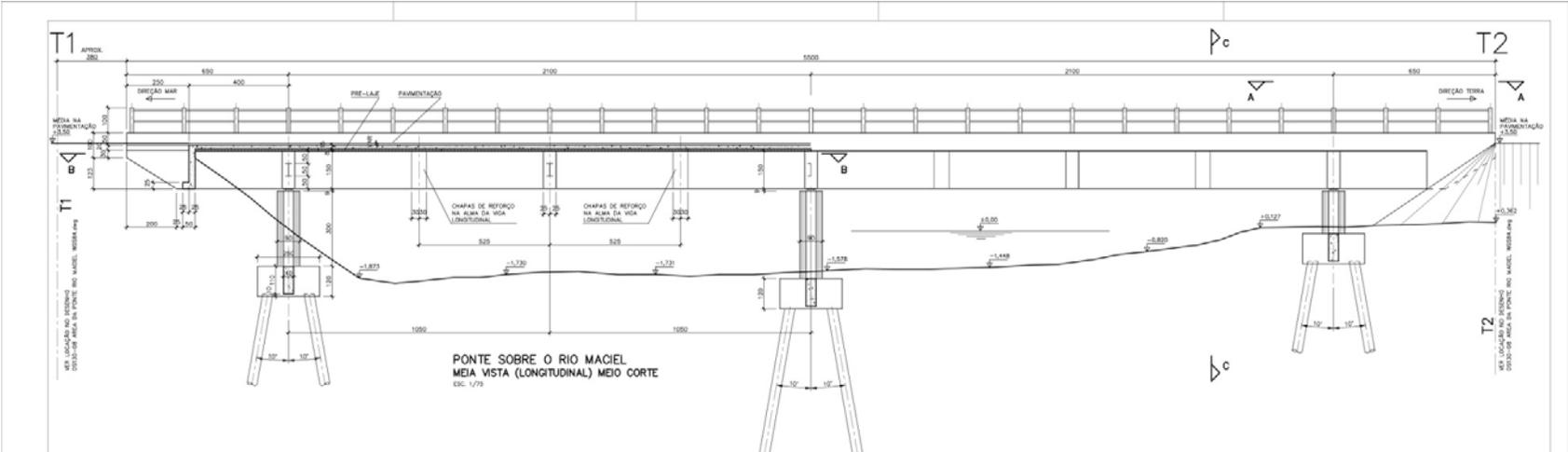
A **Figura 2.18** apresenta o detalhamento da estrutura da ponte a ser construída sobre o rio Maciel. Os projetos executivos serão apresentados na fase de obtenção da licença de instalação.

2.6.1.3.1.3. Terraplenagem da Área da Base

Os procedimentos para essa atividade já foram descritos no item 2.6.1.2.3. A terraplenagem da área da base deverá ser realizada conforme as seguintes etapas:

- Desmatamento e destocamento;
- Limpeza e remoção da camada vegetal;
- Escavação, carga e transporte de material;
- Reaterro compactado;
- Base;
- Revestimento com material granular.

Figura 2.18 – Detalhamento da estrutura da ponte sobre o rio Maciel



2.6.1.3.1.4. Construção do Galpão de Soldagem

A construção do galpão de soldagem terá início após os serviços de terraplenagem e suas principais atividades são as seguintes:

- Cravação de estacas (se necessário);
- Fundação em concreto armado;
- Montagem de estrutura metálica;
- Instalação elétrica;
- Montagem de central de energia;
- Montagem de tubulações internas de água, gás, ar comprimido;
- Execução de drenagem;
- Montagem de equipamentos e roletes.



Figura 2.19 – Modelo da construção do galpão de soldagem

2.6.1.3.1.5. Local de Armazenamento de Tubos Soldados (“*Stalk racks*”)

Os trabalhos na área dos “*stalk racks*” serão iniciados a partir da conclusão da terraplenagem e os serviços principais são os descritos a seguir:

- Preparo de fundação;
- Execução de forma, armação e concreto das bases;
- Colocação de madeira de proteção;
- Montagem de roletes.



Figura 2.20 – Vista dos “*Stalk racks*” na base em operação no ES

2.6.1.3.1.6. Linha de Carregamento dos Tubos Soldados para Embarque (“*Spooling line*”)

O “*spooling line*” consiste de uma linha composta de roletes para permitir a passagem da tubulação a ser enrolada no navio. Sua construção será iniciada a partir do término da terraplenagem, sendo os principais serviços os seguintes:

- Preparo de fundação;
- Montagem de bases de concreto pré-moldado;
- Colocação de madeira de proteção;
- Montagem de roletes.



Figura 2.21 – “*Spooling line*” da base de Ubu

2.6.1.3.1.7. Pátio de Estocagem de Tubos

Para a construção do pátio de estocagem de tubos de 12 metros será necessária a correta regularização – por meio da terraplenagem – da área destinada para a estrutura de estocagem. Assim, além da preparação do terreno, os serviços principais são os seguintes:

- Sub-base;
- Base;
- Revestimento com material granular.



Figura 2.22 – Vista do pátio de estocagem de tubos da base em operação no ES

2.6.1.3.1.8. Edificações

A construção das edificações de apoio aos serviços da base será executada segundo projeto a ser definido, e deverá priorizar a técnica de pré-moldados para reduzir os serviços na ilha.

As construções deverão ser de característica permanente, sendo que, a princípio, não será utilizada madeira em sua estrutura.

2.6.1.3.1.9. Fábrica de Estruturas Submarinas

Será construída de forma semelhante ao galpão de soldagem, item 2.6.1.3.1.4, e suas principais atividades são as seguintes:

- Cravação de estacas (se necessário);
- Fundação em concreto armado;
- Montagem de estrutura metálica;
- Instalação elétrica;
- Montagem de central de energia;
- Montagem de tubulações internas de água, gás, ar comprimido;
- Execução de drenagem;
- Montagem de equipamentos e roletes;
- Testes e comissionamento.

2.6.1.3.2. Obras Marítimas

Esta seção apresenta a descrição das instalações portuárias necessárias à operação do empreendimento, onde serão realizados o recebimento dos materiais e a expedição dos produtos finais. A ponte de acesso e o píer fazem parte das estruturas da base de soldagem de tubos rígidos, enquanto que o cais integra a fábrica de estruturas submarinas de apoio.

Cabe ressaltar que o planejamento dessas estruturas foi realizado de forma que não haverá necessidade de dragagem para acesso e atracação das embarcações, visto que o píer foi projetado através da ponte de acesso até atingir áreas com profundidades naturais adequadas à operação dos navios específicos que atendem o empreendimento, e o cais será utilizado com barças que operam em áreas com profundidades reduzidas.

2.6.1.3.2.1. Ponte de Acesso e Píer

A ponte de acesso e o píer de atracação serão executados em fundação de pilares metálicos ou de concreto pré-moldado, cravados com martelo diesel.

Após a conclusão da fundação serão lançadas vigas pré-moldadas de concreto e, em seguida, será executado o tabuleiro das estruturas em concreto.

A última etapa será a construção de muretas laterais e a montagem de roletes para permitir a passagem dos tubos de 12 metros e da tubulação para o enrolamento no navio.



Figura 2.23 – Cravação de estacas metálicas com a utilização de guindaste montado sobre balsa e martelo diesel



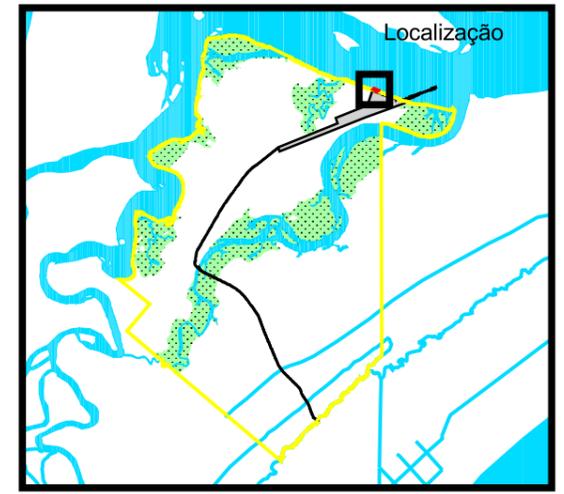
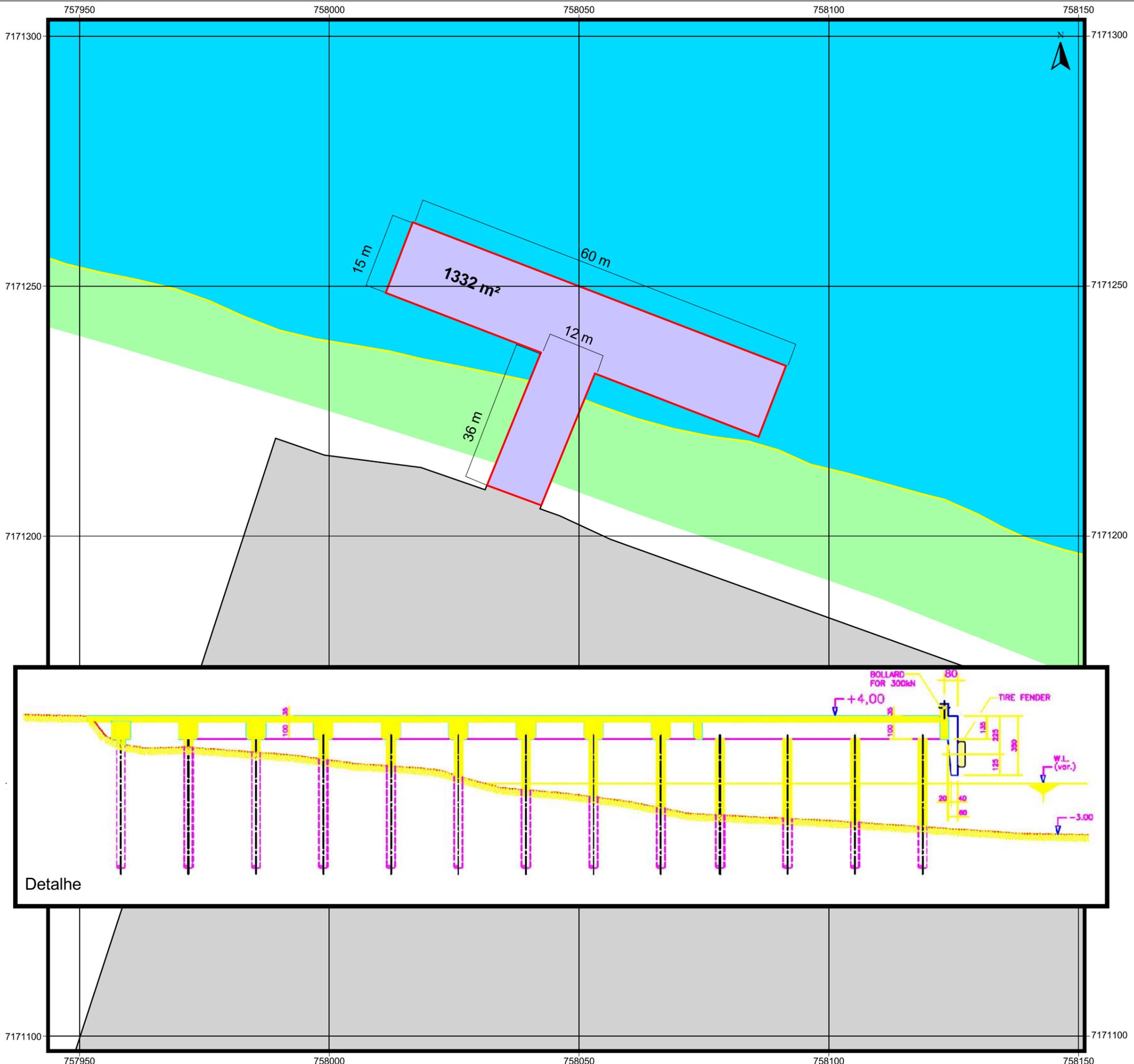
Figura 2.24 – “Causeway” (estrutura marítima de lançamento de tubos) da base de Ubu em operação no ES



Figura 2.25 – Píer de atracação da base de Ubu em operação do ES

2.6.1.3.2.2. Cais de Barcaças

O cais de barcaças será executado de forma semelhante à ponte de acesso e píer de atracação. Conforme já apresentado na descrição das alternativas tecnológicas, optou-se pela utilização de uma estrutura suspensa por pilares para diminuir a interferência na hidrodinâmica local, além de um desenho que permita a mínima intervenção nas áreas de mangue existentes na área limdeira do empreendimento. A **Figura 2.26** apresenta o detalhamento da estrutura do cais de barcaças.



- Legenda**
- Limite da propriedade
 - Hidrografia
 - Base de soldagem SubSea7 - Paranaguá
 - Cais de Serviço
 - Área de Mangue



Acat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 2.26: **Detalhamento da Estrutura do Cais de Barcaças**

Escala: **1: 500**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Detalhe

2.6.1.4. Gestão de Resíduos na Fase de Implantação

Na implantação do empreendimento, os resíduos constituem-se basicamente dos resíduos da limpeza do terreno, gerando um volume de terra vegetal que será totalmente reaproveitado para ajardinamento e cobertura de solo exposto, caso necessário. Os volumes de cobertura vegetal removida se dividem em dois tipos de materiais: um formado por folhas e galhadas que constituem um material de fácil decomposição podendo ser utilizado para formação de composto; e outro material, formado pelos troncos das árvores que serão utilizados dentro da própria obra, na fabricação de estruturas para o canteiro de obras e sede da unidade de conservação. Há ainda os resíduos de construção civil utilizados na pavimentação das vias e construção das estruturas, além da geração de resíduos orgânicos, mas em pequena quantidade, em virtude da presença dos trabalhadores.

No caso específico desse empreendimento, o volume de corte e aterro se compensa, dispensando a eliminação de volumes excedentes. A cobertura vegetal a ser removida poderá ser utilizada na própria obra, como apresentado anteriormente, e os resíduos leves da supressão não utilizados poderão ser doados a instituições públicas ou projetos ambientais na região como material orgânico para compostagem.

O entulho gerado será acondicionado adequadamente, quando necessário empregando contêineres, em área de baixo risco e removido por empresas especializadas.

Os demais resíduos produzidos (embalagens, plásticos, vidros, orgânico, entre outros) serão dispostos em lixeiras específicas, padronizadas com coloração diferenciada para os diferentes tipos de resíduos, colocadas próximo ao local de maior concentração de pessoas de forma a permitir a separação e destinação final mais adequada para cada tipologia de resíduos.

2.6.1.5. Cronograma de Obras

As obras de implantação estão preliminarmente previstas para execução em um período de 12 meses. As etapas de serviços preliminares (projetos específicos, primeira fase de supressão da vegetação, limpeza do terreno, entre outros) e instalações provisórias estão projetadas para os dois meses iniciais. As fases subsequentes terão execução simultânea, já a via de acesso terrestre terá início junto à etapa de serviços preliminares, mas, em função de sua extensão e da necessidade de construção da ponte sobre o rio Maciel, se estenderá praticamente até o sétimo mês.

O cronograma previsto para a execução das diversas fases é apresentado na **Tabela 2.2**, e a expectativa de uso de equipamento está disposto na **Tabela 2.3**, que especifica os tipos e quantidades de equipamentos a serem empregados. O cronograma físico financeiro detalhado é apresentado no **Anexo IV** deste documento.

Tabela 2.2 – Cronograma de execução das obras da Base de Soldagem Subsea7 – Paranaguá.

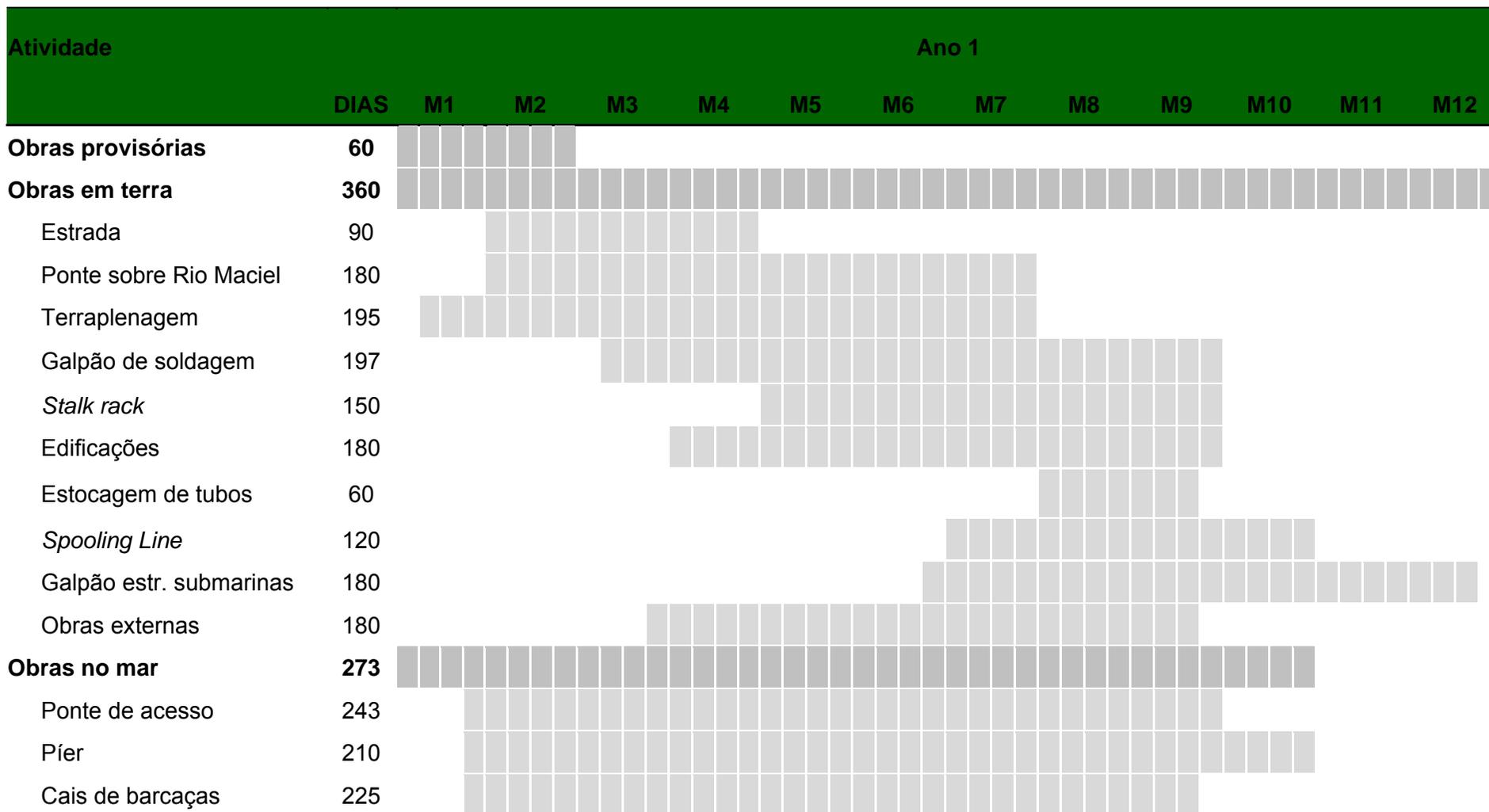


Tabela 2.3 – Estimativa dos tipos e quantidade de equipamentos a serem empregados durante as obras de implantação da Base de Soldagem Subsea-Paranaguá.

Equipamentos	Meses												Pico da obra
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Balsa	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3
Barco de passageiros	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2
Balsa com guindaste 110t	1	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	2
Caminhão-basculante	15	20	20	20	20	20	15	10	10	0	0	0	20
Caminhão-betoneira	0	0	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3
Caminhão bomba de concreto	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Caminhão-comboio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caminhão-pipa	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	1	4
Carregadeira de pneus CAT 966	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	2
Carreta prancha 30t	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	2
Cavalo mecânico com Dolly	0	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2
Central dosadora de concreto	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compressor 750 pcm	2	3	4	5	5	4	4	4	4	1	1	1	5
Escavadeira CAT 320	2	3	3	3	3	3	3	2	1	0	0	0	3
Gerador 250 KVA	4	4	6	6	6	6	7	7	7	2	2	2	7
Guindaste 30t	1	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	3
Guindaste 60t	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lancha	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3

Equipamentos	Meses												Pico da obra
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Martelo diesel D30	1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2
Motoniveladora CAT120	2	4	4	4	4	4	3	2	2	0	0	0	4
Rebocador 400HP	2	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3
Retroescavadeira CASE 580	2	4	4	4	4	4	4	3	3	1	1	1	4
Rolo compactador CA25	1	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	3
Trator de esteiras CAT D8	1	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	3
Trator de pneus	1	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	3
Veiculo leve	10	15	20	20	20	20	20	20	20	10	10	10	20
Total	60	91	107	109	110	110	102	90	89	36	37	37	105

2.6.1.6. Mão de Obra Utilizada na Fase de Instalação

A demanda por funcionários na obra é variável, de acordo com a fase a ser desenvolvida.

A **Figura 2.27** mostra a estimativa de demanda nos 12 meses previstos para a obra, e a **Tabela 2.4** o cronograma de mão de obra.

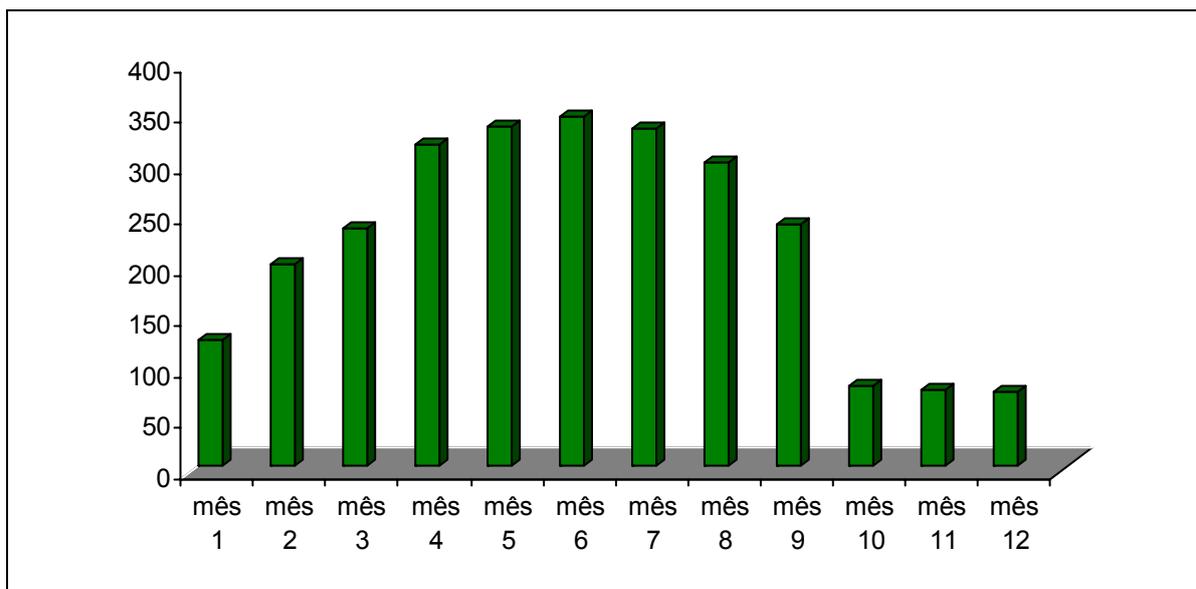


Figura 2.27 – Demanda de funcionários durante o período de obras

Tabela 2.4 – Cronograma de mão de obra para a fase de instalação do empreendimento.

Mão de obra	Meses												Pico da obra
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Engenheiro	8	11	11	11	11	11	11	11	11	8	6	4	11
Mestre de obras/Técnico	14	14	15	16	17	17	17	16	15	11	11	11	17
Encarregado	6	11	13	19	20	21	21	20	16	6	6	6	21
Administrativo	13	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	14
Operador de máquinas	11	21	22	22	22	22	19	13	11	2	2	2	22
Motorista	22	28	33	33	33	33	28	22	22	4	4	3	33
Oficial	32	70	91	166	181	191	186	166	116	23	22	22	191
Ajudante	10	16	21	21	21	21	22	22	20	8	8	8	22
Marinheiro	8	14	15	15	15	15	15	15	13	5	5	5	15
Total	125	201	238	321	339	351	340	307	247	89	87	85	345

O cronograma apresenta alguns picos de atividades representados pela construção dos galpões e instalação da infraestrutura, segundo o qual, nos três últimos meses, há uma redução considerável, pois a base estará praticamente concluída, restando apenas a instalação de equipamentos necessários à operação do empreendimento.

2.6.1.7. Descrição de Materiais Empregados, Tipo e Estocagem

- **Drenagem:** tubos de concreto serão adquiridos pré-fabricados e estocados diretamente ao lado do local onde serão utilizados ou no canteiro de obras;
- **Água e esgoto:** tubos de PVC e concreto, armazenados de acordo com normas do fabricante no canteiro de obras;
- **Pavimentação:** base, sub-base e revestimento serão lançados diretamente sobre o leito carroçável, evitando estocagem na obra;
- **Blocos e ferragens para construção das edificações:** acondicionados no canteiro de obras;
- **Materiais elétricos** (cabos, bobinas, transformadores, quadros de distribuição, postes pré-fabricados, luminárias): acondicionados no canteiro de obras.

2.6.1.8. Estimativas de Demandas na Fase de Implantação

2.6.1.8.1. Água

Conforme já citado, o abastecimento de água potável deverá ser realizado por caminhões-pipa ou tanques de água transportados desde Pontal do Sul e/ou Paranaguá até o local dos serviços, onde a água será armazenada em reservatórios apropriados.

Também será proposto um sistema de reuso de água da chuva, para utilização em descargas ou outros fins não nobres, apresentando maior sustentabilidade e suficiência deste recurso.

Em função da sustentabilidade do serviço externo para o empreendimento associado ao reaproveitamento da água da chuva proposto, após a obtenção da licença prévia serão realizadas pesquisas locais para outras formas de obtenção de água, como os poços artesianos, que poderão servir para o abastecimento de água industrial, ou mesmo, dependendo da potabilidade, para o consumo humano, destacando-se que a possibilidade de exploração de água é considerada na avaliação hidrogeológica e na avaliação de impactos.

Para a fase de instalação, será construído um sistema provisório de abastecimento de água constando de reservatório elevado e rede de distribuição.

Nessa fase, a estimativa de consumo de água pela população da obra, considerando-se o fluxo diário e a variação na quantidade de funcionários ao longo da instalação de 73 a 345 pessoas por dia no pico da obra, poderá variar de 5.037 l/dia a 23.805 l/dia. A seguir, é apresentado o cálculo para esta estimativa:

Valor mínimo:

Número mínimo de funcionários/dia:	73 funcionários
Consumo comercial <i>per capita</i> de água:	60 l/dia
Coefficiente para o dia de maior consumo:	1,15
Consumo total:	73 x 60 x 1,15
	= 5.037 l/dia

Valor máximo:

Número de funcionários/dia no pico da obra:	345 funcionários
Consumo comercial <i>per capita</i> de água:	60 l/dia
Coefficiente para o dia de maior consumo:	1,15
Consumo total:	345 x 60 x 1,15
	= 23.805 l/dia

Considerando-se o cronograma de obra, verifica-se que o consumo máximo está previsto para um período de quatro meses, e o valor mínimo para os três últimos meses, sendo que para os outros cinco meses a estimativa é de um consumo médio na ordem de 15.111 l/dia.

2.6.1.8.2. Esgoto

O sistema de coleta e tratamento de esgoto, na fase de instalação, será provisório, visto que o empreendimento contará com estação própria de elevada eficiência de tratamento. Assim todo o esgoto produzido nessa primeira fase deverá ser coletado e tratado em sistema fossa-filtro e seu efluente, monitorado e encaminhado para destinação final dentro dos padrões estabelecidos.

Para essa fase de instalação, a estimativa de produção máxima de esgoto, considerando-se a população da obra e a estimativa de consumo de água, será de aproximadamente 19.044 l/dia.

2.6.1.8.3. Energia

Será construída uma rede provisória para a distribuição de energia elétrica na fase de instalação, e será obtida a partir de geradores de energia movidos por motores a diesel.

2.6.1.8.4. Combustíveis e Lubrificantes

Os combustíveis e lubrificantes deverão ser transportados por caminhões-tanque e/ou tanques de combustíveis especialmente construídos para essa finalidade. O desembarque será realizado no cais provisório e transportado para o pátio de armazenamento e distribuição de combustíveis e lubrificantes. A área será demarcada e sinalizada e será construída de forma que qualquer eventual vazamento seja contido pelas barreiras projetadas. Todo o piso será de concreto, com um lençol impermeabilizante. Todas as manobras de carga e descarga dos materiais no cais provisório serão monitoradas e barreiras de proteção flutuantes serão colocadas para mitigar qualquer vazamento.

2.6.1.9. Investimentos a serem Realizados

Os investimentos totais previstos para o empreendimento são da ordem de **R\$103.015.000,00**, conforme detalhado no cronograma físico-financeiro apresentado no **Anexo IV** deste documento. Os valores referem-se ao projeto para execução da infraestrutura básica. Como medida de incentivo regional, sempre que possível será priorizada a contratação de profissionais e empresas locais.

2.6.2. Fase de Operação do Empreendimento

Neste capítulo serão descritas as atividades realizadas na operação do empreendimento – separadamente para a base de soldagem de tubos e para a fábrica de estruturas submarinas, por se tratarem de atividades distintas e independentes, apesar de serem semelhantes às operações e tipo de materiais utilizados. Serão também apresentados também os fluxogramas de operação e as estimativas de demanda em relação a materiais da produção, além da mão de obra e investimentos.

2.6.2.1. Base de Soldagem de Tubos Rígidos

O processo produtivo consiste basicamente na união de tubos metálicos, por meio de processo de soldagem e de revestimento das juntas soldadas com polipropileno (PP) ou polietileno (PE).

Após a fabricação de cada linha de tubos soldados, com um comprimento de aproximadamente 1,3 quilômetro, é realizado o enrolamento dos mesmos em

embarcação apropriada, atracada no terminal marítimo próximo à unidade de produção.

O processo inicia-se com o transporte dos tubos, com comprimento médio de 12 metros para a base de soldagem, desde as instalações do fornecedor de tubos. Esses tubos já são fabricados com o revestimento especificado pelo projeto, sendo que as extremidades não são revestidas.

Os tubos, estimados em 100.000 toneladas/ano, serão trazidos para a base por meio de barcaças, que poderão vir de Paranaguá, Antonina ou de fora do estado, por via marítima. Em todos os casos, a infraestrutura do local de carregamento das barcaças já é existente, não se constituindo em uma situação inovadora para os locais.

Após a chegada, as tubulações são descarregadas no pátio de armazenamento onde são dispostas ao ar livre. Elas são transportadas com suas superfícies metálicas previamente protegidas por uma camada anticorrosiva, não necessitando de qualquer tratamento ou aplicação de outros materiais em sua superfície. A etapa de armazenamento intermediária é necessária para que haja uma programação adequada da produção e para que possa ser verificada a ocorrência de possíveis avarias durante o transporte.



Figura 2.28 – Área de estocagem dos tubos

O processamento industrial nos galpões inicia-se com a introdução das tubulações na linha de produção, posicionando-as na plataforma de espera para que sejam alinhadas, de forma a receber a soldagem em posição adequada.

Com as tubulações corretamente posicionadas, é realizada a preparação das extremidades dos tubos, por meio de biselamento, para que seja executada a soldagem. A preparação com biselamento confere às mesmas os ângulos adequados à soldagem e união das peças.



Figura 2.29 – Área de posicionamento e acabamento das pontas dos tubos

Preparadas e posicionadas as tubulações, ocorre então a execução da soldagem. Conforme a necessidade, a soldagem é aplicada várias vezes, até que haja condições adequadas à união das tubulações.



Figura 2.30 – Equipamento de soldagem automatizada



Figura 2.31 – Processo de solda elétrica nos tubos

Em seguida, é realizado o acabamento da superfície da solda, verificando-se a qualidade do processo de soldagem e sua conformidade com as exigências técnicas especificadas. A verificação é realizada por meio de ensaios não-destrutivos com ultrassom.



Figura 2.32 – Preparação para ensaios com ultra-som

Após a aprovação do controle de qualidade, indicando que a junta soldada está em conformidade com as especificações do projeto, a etapa seguinte do processo é o jateamento da superfície metálica com granalhas de aço, em um compartimento estanque, para retirar todas as impurezas existentes no tubo metálico.

Em seguida, a junta é preaquecida com um equipamento apropriado e realizado o revestimento propriamente dito com o mesmo material do corpo do tubo, por de uma extrusora. O próximo passo é o resfriamento da junta revestida, para não haver nenhum dano aos roletes e à numeração da junta, sendo assim concluído o processo dentro do galpão.

Após a obtenção das tubulações de comprimento médio de 1.300 metros os “stalks”, como são denominados, são armazenados no pátio intermediário, de forma a permitir uma programação de produção para embarque.



Figura 2.33 – Área de armazenamento de tubulações soldadas (“stalk racks”)

Com o término dessa fase, inicia-se o processo de embarque dos “*stalks*”, um a um. Porém, como no carretel do navio a tubulação é enrolada de forma contínua, é necessária uma nova soldagem, agora dos “*stalks*”, até a capacidade de enrolamento do carretel do navio. O processo é similar ao anterior, que fez a primeira solda produzindo os tubos de 1300 metros a partir dos tubos de 12 metros. Assim, os “*stalks*” serão posicionados nos roletes laterais de embarque onde ocorrerá a segunda soldagem, para serem conduzidos ao carretel do navio.

Após a soldagem final, é realizado o acabamento na junta soldada, por esmerilhamento, sendo a mesma nivelada com a superfície da tubulação. Em seguida ao acabamento dessa superfície, ocorre a verificação da qualidade da soldagem.

Após a aprovação do controle de qualidade, mostrando que a junta soldada está em conformidade com as especificações do projeto, a próxima etapa do processo é o jateamento da superfície metálica com granalhas de aço, em um compartimento estanque, para retirar todas as impurezas existentes no tubo metálico.

Em seguida, a junta é preaquecida com um equipamento apropriado e realizado o revestimento propriamente dito com o mesmo material do corpo do tubo, através de uma extrusora.

Feito o revestimento, a tubulação é tracionada pelo carretel localizado na embarcação e enrolada no mesmo. Para otimização do sistema de soldagem dos “*stalks*”, o empreendimento terá também o posicionamento de uma cabine de soldagem na estrutura marinha sobre a ponte de acesso do pier. Essa cabine tem a função de fazer o mesmo trabalho da solda dos “*stalks*” em terra, trabalhando concomitantemente a esta solda, permitindo o enrolamento de 2.600 metros de tubo, em vez dos 1.300 metros permitidos pela solda terrestre.

A embarcação, atracada no pier principal, tem capacidade de transportar tubulação com comprimento de até 50.000 metros. O comprimento varia de acordo com o peso e diâmetro da tubulação. Após o enrolamento no carretel e obtenção do comprimento desejado, as tubulações são transportadas pelo navio até o local de destino, onde são lançadas ao mar.



Figura 2.34 – Processo de carregamento dos dutos para embarque no navio (“*spooling*”)



Figura 2.35 – Aspecto do carretel de enrolamento dos dutos no navio.

2.6.2.2. Fábrica de Estruturas Submarinas

A fábrica de estruturas submarinas se constitui de linha de montagem de diversos equipamentos destinados a instalações no fundo do mar.

A fabricação poderá ser realizada em galpão coberto, no caso de estruturas de pequeno e médio porte, ou em área a céu aberto, no caso de grandes estruturas.



Figura 2.36 – Estrutura de grande porte produzida em área aberta



Figura 2.37 – Estruturas de pequeno porte produzidas em área coberta

As estruturas submarinas são equipamentos constituídos de tubos, válvulas, conexões, chapas e perfis metálicos, soldados e/ou parafusados, remetidos pelos respectivos fornecedores de acordo com cada projeto específico desenvolvido pela engenharia da Subsea7.

Os principais processos unitários envolvidos na fabricação são os de corte, soldagem, jateamento e pintura.

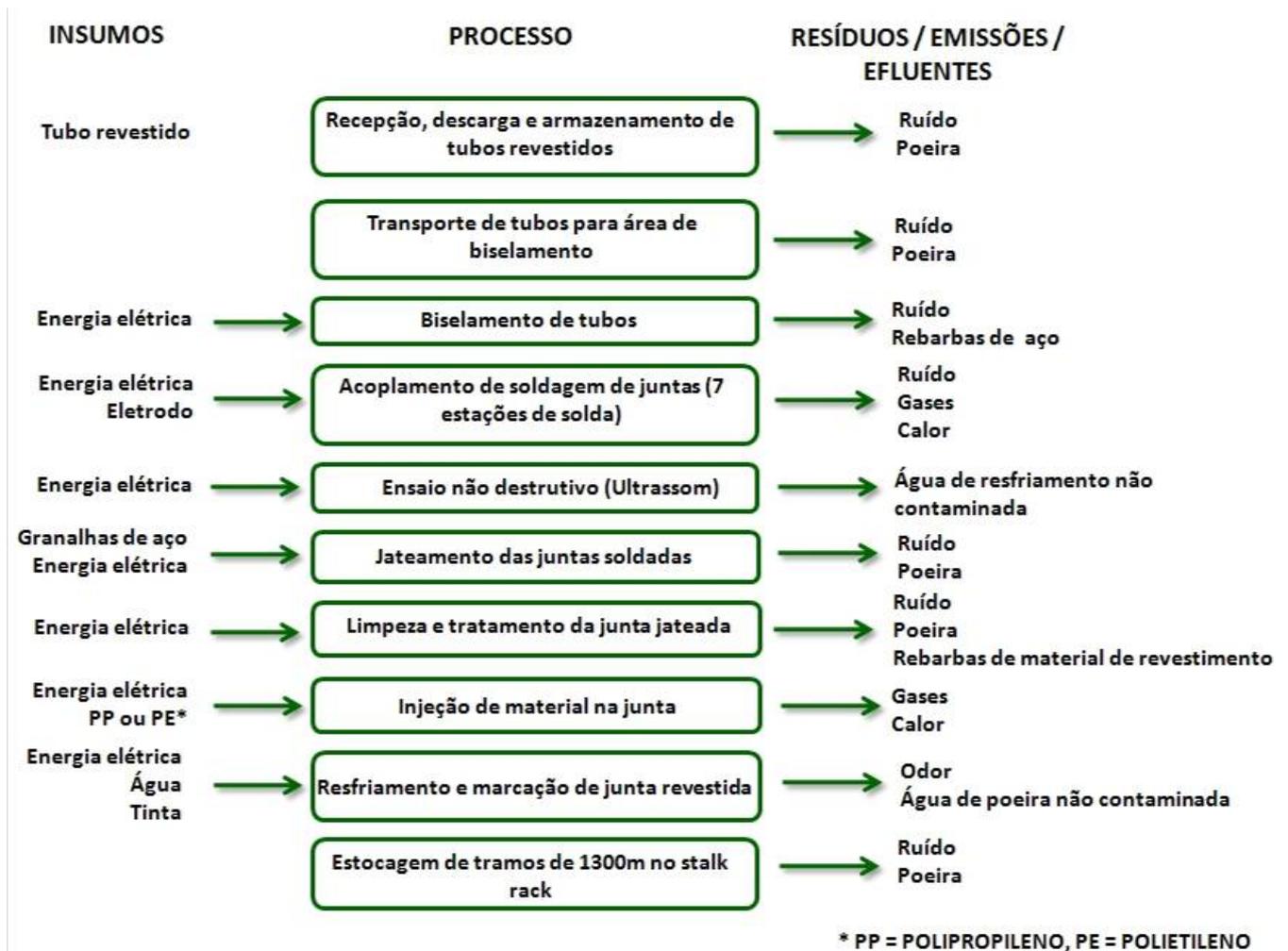
Após a conclusão da fabricação e testes, as estruturas submarinas serão estocadas nas imediações do cais de serviço e, posteriormente, carregadas em balsas para embarque nos navios de lançamento atracados no Píer Principal.

As matérias-primas, estimadas em 1.000 toneladas/ano, serão trazidas para a base por barcaças e via terrestre para estruturas pequenas. No caso do transporte terrestre, a estimativa é de que o tráfego médio de caminhões se situe na ordem de um caminhão por semana, o que não constitui acréscimo detrimental para o tráfego local.

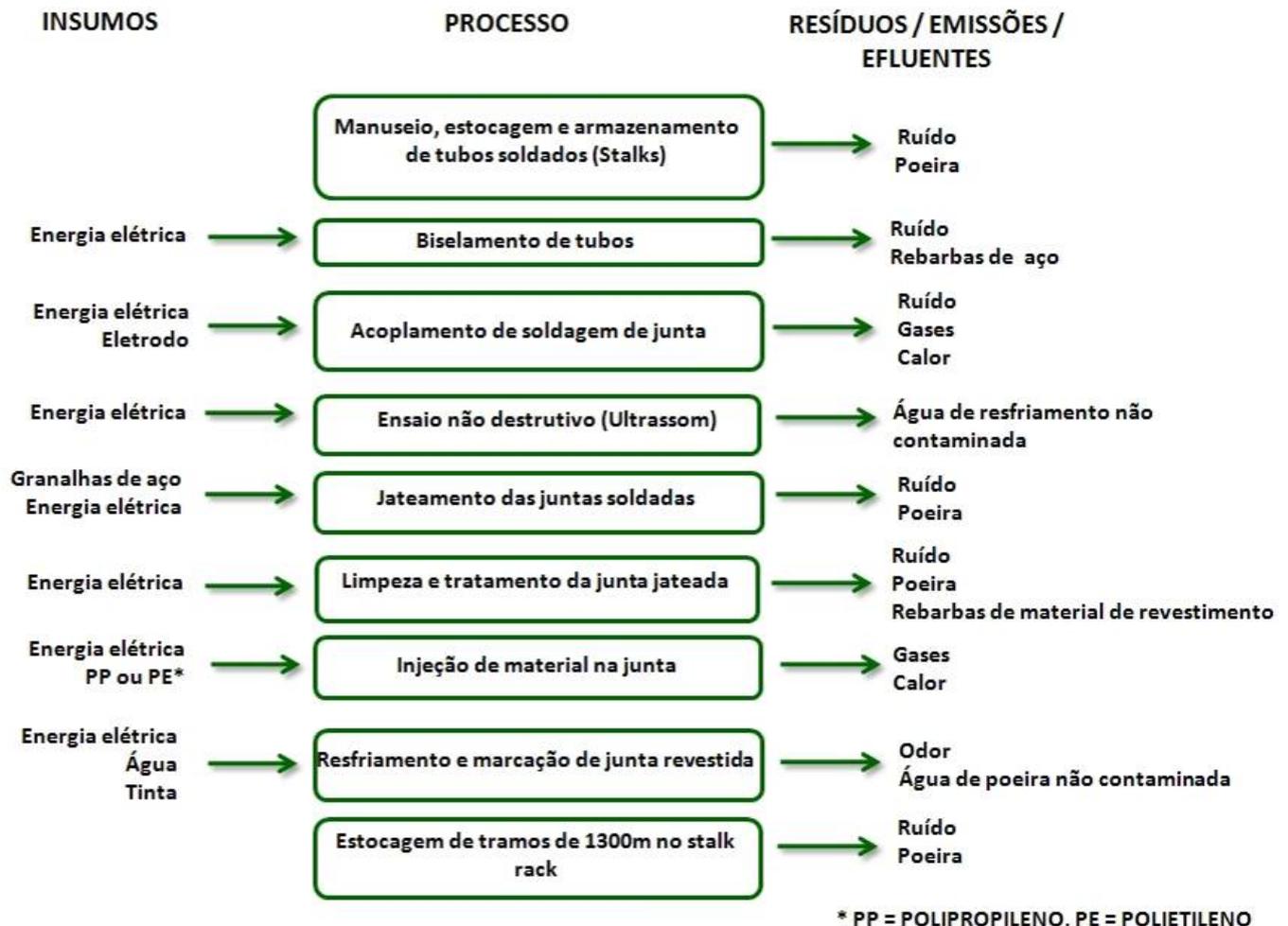
2.6.2.3. Fluxograma das Operações

A seguir, são apresentados os fluxogramas das operações descritas anteriormente para ilustrar e identificar os materiais envolvidos nas operações, indicando também os resíduos que podem ser gerados em cada etapa.

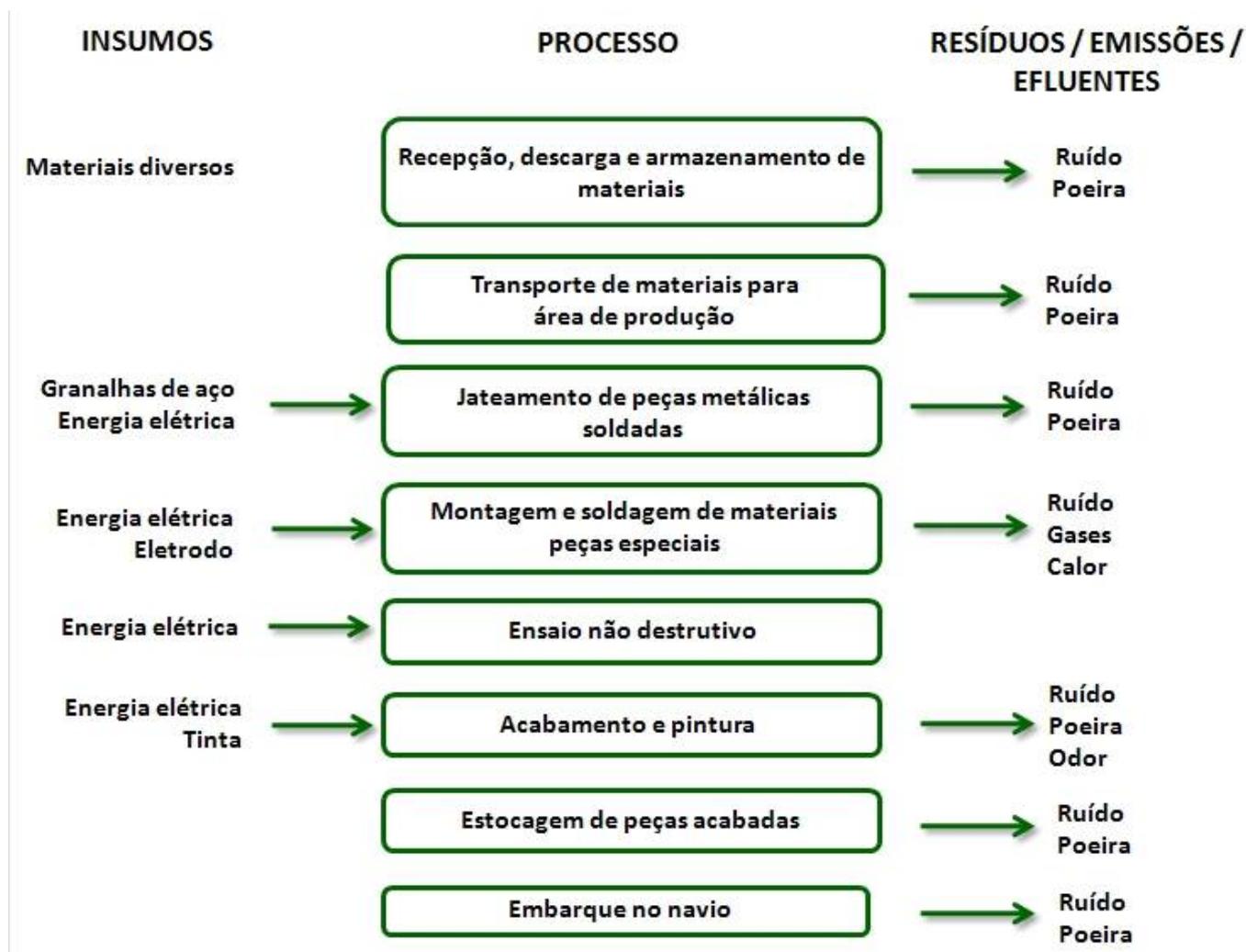
2.6.2.3.1. Fluxograma da Base de Soldagem Subsea7 - Paranaguá - fabricação de tubos soldados



2.6.2.3.2. Fluxograma da Base de Soldagem Subsea7 -7Paranaguá - estocagem e embarque de tubos soldados



2.6.2.3.3. Fluxograma da Base de Soldagem Subsea7 - Paranaguá - produção de estruturas submarinas



2.6.2.4. Insumos e Equipamentos Utilizados na Produção

Os insumos utilizados na linha de produção, tanto dos tubos quanto das estruturas submarinas, são:

- Tubos de aço revestidos com PP e PE;
- Arame tubular para solda;
- Perfis e chapas metálicas;
- Polietileno (PE) ou polipropileno (PP);
- Granalha de aço;
- Primer;
- Adesivo;
- Colorante;
- Agente Espumante;
- Tinta para marcação;
- Oxigênio;
- Acetileno;
- Agamix;
- Argônio;
- Óleo diesel;
- Lubrificantes.

Os equipamentos disponíveis na operação do empreendimento estão apresentados na **Tabela 2.5**, que apresenta a utilização dos equipamentos em relação às diferentes operações envolvidas na produção.

Tabela 2.5 – Relação dos equipamentos utilizados durante o processo produtivo

ATIVIDADE DO PROCESSO PRODUTIVO	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSO PRODUTIVO																									
	Biseladora	Cabine de pintura	Cabine de jateamento	Carregadeira com garfo	Compressor 1100 pcm	Empilhadeira	Escavadeira CAT 20t	Escavadeira Volvo 70t	Extrusora	Forno de indução	Gerador 1000KVA	Gerador 500KVA	Gerador 150KVA	Ger. 150KVA ultrassom	Guindaste 60t	Maquina de solda	Mesa alinhamento	Motoniveladora CAT 120H	Retroescavadeira 580	Rolo Pe carneiro	Trator de esteiras D8	Ultrassom	Unid. Jateamento	Unid. Pré aquecimento	Unid. Resfriamento	
Fabricação de Tubos Soldados																										
Recepção, descarga e armazenamento de tubos revestidos				X		X									X											
Transporte de tubos para área de biselamento				X																						
Biselamento de tubos	X				X					X	X															
Acoplamento e soldagem de juntas (7 estações de solda)					X					X	X				X	X					X			X		
Ensaio não destrutivo (Ultrassom)														X								X				
Jateamento das juntas soldadas			X		X					X													X			
Limpeza e tratamento da junta jateada										X																
Injeção de material na junta								X	X	X		X														
Resfriamento e marcação de junta revestida																										X
Estocagem de tramos de 1300m no "stalk rack"													X													
Estocagem e Embarque de Tubos Soldados																										
Manuseio, estocagem e armazenamento de "stalks"								X																		
Biselamento de tubo	X				X					X	X															
Acoplamento e soldagem de junta					X					X	X				X	X								X		
Ensaio não destrutivo (Ultrassom)														X								X				
Jateamento da junta soldada			X		X					X													X			
Limpeza e tratamento da junta jateada										X																
Injeção de material na junta								X	X	X		X														
Resfriamento e marcação de junta revestida																										X
Enrolamento de "stalks" de 1300m no navio							X	X																		
Fabricação de Estruturas Submarinas																										
Recepção, descarga e armazenamento de materiais				X		X					X				X											
Transporte de materiais para área de produção				X		X					X				X											
Jateamento de peças metálicas soldadas						X					X												X			
Montagem e soldagem de materiais e peças especiais						X					X				X											
Ensaio não destrutivo											X											X				
Acabamento e pintura		X									X															
Estocagem de peças acabadas																										
Outras Atividades																										
Manutenção de estradas							X											X	X	X						

2.6.2.5. Gestão de Resíduos na Fase de Operação

A fase de operação do empreendimento terá um Programa de Gestão de Resíduos específico, elaborado de acordo com as normativas vigentes, especialmente a Conama n. 307/02, configurando-se em um sistema de coleta com estrutura compatível com a ocupação.

A atividade de processamento industrial contempla basicamente armazenamento, montagem e carregamento de tubulações metálicas por meio de soldagem dos tubos, que deverá contribuir com uma geração mínima de resíduos industriais, constituídos basicamente de resíduos metálicos provenientes de pontas de eletrodos usados nas soldas e borras de polipropileno e polietileno gerados no processo de revestimento das juntas soldadas.

Os resíduos gerados pela fabricação das estruturas submarinas serão armazenados em estruturas próprias e seguros para posterior coleta e descarte por empresa privada e habilitada. Este material poderá ser coletado junto aos da fábrica de tubos soldados por terem natureza similar.

Os demais resíduos produzidos (embalagens, plásticos, vidros, orgânicos, etc.) serão dispostos em lixeiras específicas, padronizadas com coloração diferenciada para os diferentes tipos de resíduos, localizada próximo ao local de maior concentração de pessoas de forma a permitir a separação e destinação final adequada para cada tipologia de resíduos. A segregação dos materiais na fonte é um exercício positivo para a coleta seletiva e adequada disposição final desses resíduos pela empresa privada de coleta, que será contratada para esse fim.

2.6.2.5.1. Resíduos Sólidos

Todo resíduo será destinado para tratamento/destinação final por empresas devidamente licenciadas. Além disso, a unidade adotará sistema de coleta seletiva de todo resíduo gerado, visando a minimizar o volume a ser disposto em aterro sanitário e a aumentar o índice de resíduos a serem reciclados.

Os resíduos domésticos provenientes do refeitório e do setor administrativo serão acondicionados em sacos plásticos, coletados pelo serviço de limpeza e armazenados temporariamente na área de resíduos, até sua disposição final em aterro sanitário público.

O resíduo industrial gerado também é armazenado temporariamente para posterior disposição final, conforme observado na **Figura 2.38**.



Figura 2.38 – Galpão de armazenamento temporário de resíduo

A **Tabela 2.6** mostra a classificação dos resíduos a serem gerados no empreendimento, conforme diretrizes da NBR-10.004/2004.

Tabela 2.6 – Classificação dos resíduos sólidos gerados pelo empreendimento

Resíduos industriais	Classificação NBR 10.004/2004
Sucata de Ferrosa em Geral	Classe IIA – Não Perigoso
Papel e Papelão	Classe IIA – Não Perigoso
Plásticos em geral (Polietileno/polipropileno)	Classe IIA – Não Perigoso
Resíduos Gerais (lixo comum)	Classe IIA – Não Perigoso
EPI's, Trapos, Estopas e outros (contaminados com óleo)	Classe I - Perigoso
Resíduo Líquido Sanitário	Classe IIA – Não Perigoso
Resíduos gerados pelo setor administrativo	Classe IIA - Não Perigoso

O gerenciamento dos resíduos será realizado exclusivamente dentro da unidade e nas localidades internas, sendo executado por pessoas qualificadas e bem treinadas, tanto no manejo e na utilização dos EPI's necessários, quanto na adoção dos procedimentos de emergência em casos de contaminação ou acidentes.

2.6.2.5.2. Efluentes Líquidos

Os efluentes líquidos domésticos gerados pelo empreendimento serão provenientes do uso dos sanitários instalados na unidade pelos seus funcionários. Esses efluentes serão direcionados para a estação de tratamento de efluentes da empresa.

O tratamento de todo efluente sanitário gerado no empreendimento será realizado por uma estação de tratamento de efluentes própria, composta por reator e filtro, ou outra especificação, conforme orientação do órgão ambiental, desde que apresente elevado índice de remoção de nutrientes. O sistema terá tratamento

primário, secundário e terciário, produzindo um efluente de melhor qualidade que possa ser reaproveitado para usos menos nobres, ou que seja lançado nos corpos d'água.

2.6.2.5.3. Efluentes Gasosos

Devido ao processo industrial utilizado, as fontes de emissão de poluentes atmosféricas são pouco representativas, e estarão restringidas às seguintes operações:

- Transbordo de matérias-prima dos caminhões = poeira;
- Transferência de matérias-prima entre o almoxarifado e a área produtiva = poeira;
- Tráfego de veículos = poeira e gases exaustos dos motores;
- Atividade de processo de soldagem = gases oriundos dos processos de solda;
- Geradores = gases exaustos dos motores.

2.6.2.6. Mão de Obra na Fase de Operação

O turno de trabalho será de seis dias por semana, de segunda-feira a sábado, distribuído em dois turnos de produção. Os colaboradores terão funções relacionadas, desde o apoio administrativo e técnico até a base operacional, com inspeção de solda, soldadores, dentre outros, inclusive terceirizados.

A estimativa de demanda de mão de obra para duas linhas de produção é de 89 colaboradores para a Subsea7 (técnico/administrativo), 530 no processo de produção, que envolve soldagem, inspeção de solda e bredero (revestimento), e mais 58 colaboradores em outras atividades, como vigilância, ambulatório, alimentação, etc., totalizando 677 colaboradores.

Para a montagem de estruturas submarinas, a estimativa de demanda de mão de obra é de 50 pessoas.

Os salários médios deverão estar acima da média regional, contribuindo direta e indiretamente para a dinamização da economia local, em função da estrutura de comércio necessária para atender as demandas do empreendimento e da nova população. A operação do empreendimento que depende de mão de obra técnica especializada prevê salários entre cinco mil reais e dez mil reais.

2.6.2.7. Estimativa de Demandas na Fase de Operação

2.6.2.7.1. Água Potável

O processo produtivo da empresa necessita de água potável, para resfriamento de juntas e ensaios não destrutivos com ultrassom. O consumo previsto para essas atividades é de 42 metros cúbicos/dia, o que representa cerca de 1.092 metros cúbicos/ mês, para duas linhas de produção. Além do consumo industrial, a base terá o consumo com escritórios, cantina, sanitários e demais instalações administrativas da base, onde está previsto o consumo de 50,17 metros cúbicos /dia, o que corresponde a 1.304 metros cúbicos /mês, considerando-se 727 funcionários. Assim, o consumo de água potável total será de **92,17 metros cúbicos/dia**, correspondendo a **2.396 metros cúbicos/mês**.

A seguir, é apresentado o cálculo para estimativa de demanda de água potável para o empreendimento.

Número de funcionários:	727 pessoas
Consumo comercial <i>per capita</i> de água:	60 l/dia
Coeficiente para o dia de maior consumo:	1,15
Consumo humano total:	727 X 60 x 1,15 = 50.163 l/dia
Consumo industrial:	42.000 l/dia
Consumo total estimado:	92.163 l/ dia ou 92,17 m³/dia

2.6.2.7.2. Esgotamento Sanitário

Estima-se um retorno na forma de efluente, de 80% do volume de água fornecida para as diferentes modalidades de uso, porém, considerando-se que 70% da água consumida no processo industrial serão reutilizados no mesmo processo, o volume estimado de efluentes será na ordem de **50,22 metros cúbicos/dia**. Esse volume será todo tratado dentro do próprio empreendimento, em estação de tratamento de esgoto.

2.6.2.7.3. Energia

O consumo mensal de energia elétrica, para as duas linhas de produção será de aproximadamente 135.000 Kwh. Serão instalados geradores para atender esse

consumo, pois as máquinas de solda necessitam de energia estabilizada, condição que pode não ser atendida pela concessionária local.

Os geradores serão posicionados em galpão, com piso provido de contenção contra vazamento de óleo e retenção do mesmo, em uma caixa cega.

A potência instalada para duas linhas de produção é a seguinte:

- Biselamento – 1.000 KVA (500 KVA operação + 500 KVA reserva);
- Solda - 2.000 KVA (1.000KVA operação + 1.000 KVA reserva);
- Tie in - 1.000 KVA (500 KVA operação + 500 KVA reserva);
- Extrusora - 2.000 KVA (1.000 KVA operação + 1.000 KVA reserva);
- Ensaio não destrutivo – 300 KVA (150KVA operação+150KVA reserva);
- Extrusora tie in - 1.000 KVA (500 KVA operação + 500 KVA reserva).

2.6.2.7.4. Combustíveis e Lubrificantes

Os combustíveis e lubrificantes deverão ser transportados por caminhões-tanque e/ou tanques de combustíveis especialmente construídos para essa finalidade. A área de estocagem será demarcada e sinalizada, e será construída de forma que qualquer eventual vazamento seja contido pelas barreiras projetadas. Todo o piso será de concreto, com um lençol impermeabilizante. Todas as manobras de carga e descarga desses materiais serão monitoradas e barreiras de proteção flutuantes serão colocadas para mitigar qualquer vazamento.

A estimativa de consumo durante a operação do empreendimento é de 6.000 litros/dia de óleo diesel e 20 litros/dia de lubrificantes.

2.6.2.8. Geração de Renda

O faturamento anual previsto durante a operação do empreendimento será de 204 milhões de reais. Espera-se que a geração anual de ICMS seja de 10,8 milhões de reais e o ISS, de 3,8 milhões de reais.

Considerando-se que, no ano de 2007, a arrecadação total de ISS pelo município de Pontal do Paraná foi de 2,4 milhões de reais, a operação do empreendimento provocará, de imediato, um acréscimo de 158,3 % nesse tipo de receita. A título de comparação, a tributação de IPTU no município de Pontal do Paraná, no ano de 2007, gerou 6,07 milhões de reais. Quanto à arrecadação de ICMS, é importante lembrar que o artigo 158, inciso IV da CF prevê a transferência, a cada município, de 25% do valor total desse tipo de receita gerada no território municipal.

Além da movimentação da economia do município com as arrecadações, o empreendimento implantará diversos programas ambientais decorrentes do licenciamento ambiental.

2.6.3. Fase de Desativação do empreendimento

Esta seção apresenta as atividades inerentes à desativação do empreendimento, porém vale destacar que como não existe previsão para ocorrência desta fase, seu detalhamento atende as expectativas de previsões dos impactos e riscos ambientais relacionados, de forma a propor medidas e programas ambientais que deverão ser melhor detalhados e aprimorados quando da definição da efetivação das atividades, visto que as condições ambientais, sociais e econômicas poderão ser diferentes das atuais.

Os procedimentos de desativação a serem adotados priorizam a minimização de impactos, da mesma forma que a instalação, buscando formas de desconstrução que estabeleçam uma relação menos impactante dentro da área.

De maneira geral, a desativação do empreendimento seguirá uma sequência de operações, descritas a seguir:

- Retirada dos equipamentos pesados via barcaças;
- Retirada dos equipamentos leves via barcaças e/ou transporte rodoviário;
- Demolição das edificações;
- Desativação da ETE;
- Limpeza do Terreno;
- Recuperação de áreas degradadas.

2.6.3.1. Retirada de equipamentos pesados via barcaças

Conforme apresentado na descrição da fase de operação do empreendimento, serão utilizados alguns equipamentos de grande porte que deverão ser transportados via barcaças, para isso serão utilizados equipamentos adequados para deslocamento até o cais onde serão embarcados para transporte final até o local de destino.

Esta operação será planejada de forma a evitar acidentes com vazamentos que possam causar poluição do solo ou da água. Caso existam materiais a serem descartados, estes serão devidamente separados e destinados adequadamente.

Caso no momento da desativação exista uma infraestrutura viária diferente da atual, que permita o tráfego pesado, este transporte poderá ser feito por via rodoviária se necessário, mediante estudo de viabilidade.

2.6.3.2. Retirada dos equipamentos leves via barcaças e/ou transporte rodoviário

Os equipamentos de menor porte poderão ser transportados também via barcaças dependendo da sua destinação, porém apresentam viabilidade para transporte por via rodoviária.

Esta operação será planejada de forma a evitar acidentes com vazamentos que possam causar poluição do solo ou da água. Caso existam materiais a serem descartados, estes serão devidamente separados e destinados adequadamente.

2.6.3.3. Demolição das edificações

Caso as estruturas não possam ser utilizadas por outro empreendimento haverá necessidade de demolição e/ou remoção das edificações. Os materiais provenientes da demolição são compostos por argamassas, madeiras, plásticos, vidros, metais, cerâmicas e terra, sendo passíveis de reutilização, reaproveitamento e reciclagem.

Basicamente, não representam riscos potenciais de ocasionar danos ao meio ambiente, por não apresentarem características perigosas como reatividade, toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, entre outras expostas na NBR 10.004, sendo, portanto, classificados como resíduos inertes (clase II B).

Entretanto, contribuem para degradação da paisagem e criação de ambientes favoráveis à proliferação de vetores de doenças e abrigo de animais peçonhentos, assim, deverão ser removidos e quando não existir possibilidade de reutilização deverão ser encaminhados adequadamente para aterro específico privado.

A demolição das instalações portuárias deverá ser objeto de estudos específicos que atestem sua viabilidade ambiental em função dos impactos ambientais associados, visto que em geral tais estruturas acabam interagindo de maneira positiva com o ambiente por se configurarem substratos para a fauna epilítica contribuindo para a diversidade biológica local.

2.6.3.4. Desativação da ETE

Da mesma forma que a demolição das edificações, caso não haja previsão de utilização por outro empreendimento, as estruturas da estação de tratamento de esgoto deverão ser removidas, porém uma atenção especial deverá ser dada em função do risco de contaminação dos materiais. A área de estocagem de lodo deverá ser totalmente esvaziada e o material destinado adequadamente, da mesma forma que durante sua operação. O local deverá ser totalmente limpo e se necessário recuperado. As estruturas de lançamento deverão ser desativadas e as áreas de preservação recuperadas adequadamente através de projeto específico.

2.6.3.5. Limpeza do Terreno

Após a remoção dos equipamentos e remoção das edificações deverá ser realizada a limpeza do terreno, com a remoção de todo e qualquer resíduo das atividades anteriores, inclusive resíduos líquidos provenientes de acidentes com vazamentos.

Esta atividade deverá ser realizada mesmo com a previsão de utilização do terreno ou das estruturas por outro empreendimento. Devendo ser realizada nesta etapa uma avaliação de passivos ambientais com indicação de análise de risco e/ou remediação se necessário.

2.6.3.6. Recuperação de áreas degradadas

Após a limpeza do terreno, caso não haja previsão de utilização do terreno com outro empreendimento, deverá ser avaliada a condições do solo e a partir de estudo específico verificar a necessidade e viabilidade de recuperação da área de forma a reconstituir as características originais do terreno.

2.7. Referências Bibliográficas

BRASIL, Decreto n. 4.558 de 30 de dezembro de 2002.

IPARDES. Cadeia produtiva do turismo no Paraná: estudo da região turística do litoral. Curitiba: IparDES, 2008. On Line, Disponível em

http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/Turismo_Litoral_Parana.pdf

ROSS, W.A. Reflections of an environmental assessment panel member. Impact assessment and project appraisal, v. 18, n. 2, p. 91-98, 2000.

SANCHEZ, L.E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos – São Paulo: Oficina de Textos, 1996. 495 p.

Site do Instituto Ambiental do Paraná - IAP: www.iap.pr.gov.br

Site do IPARDES: www.ipardes.gov.br

WORLD BANK Environment assessment: challenges & good practice. Environment department papers 18, p. 1-24, 1995.

An aerial photograph of a river basin. The river and its tributaries are shown in blue. A red line outlines a specific area, and a red hatched pattern covers a large portion of the basin. A yellow polygon is drawn on a green area within the basin. A white dashed line with the number '10' is visible near the river's edge.

SUBSEA 7 do BRASIL SERVIÇOS LTDA
BASE DE SOLDAGEM SUBSEA7-PARANAGUÁ

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
- EIA -

3 - Delimitação e Mapeamento
das Áreas de Influência

3. DELIMITAÇÃO E MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA

3.1. Cartografia

Considerando-se a necessidade do mapeamento da área para desenvolver o estudo de impacto ambiental, todas as informações cartográficas necessárias foram preparadas em ambiente de geoprocessamento com informações georreferenciadas.

Foi utilizado o levantamento topográfico da área com limite georreferenciado em coordenadas UTM, Datum Horizontal SAD69, Fuso 22 sul, curvas de nível com equidistância de 0,5m abrangendo a ADA, restituição aerofotogramétrica da AID gerando curvas de nível com equidistância de 1 metro, levantamento batimétrico através do método seccional, com espaçamento de 20 metros, na escala 1:2.000, com uso de ecobatímetro digital, frequência 210 KHz e precisão melhor que 5 centímetros, fotografias aéreas ortorretificadas em escala 1:5.000 obtidas em 2009 e imagem do Satélite Landsat 7 datadas do ano de 2002.

Para o mapeamento das feições relativas aos meios físico, biótico e socioeconômico, foram utilizadas as fotografias aéreas ortorretificadas e georreferenciadas obtidas em 2009, exclusivamente para a elaboração do EIA, e os pontos obtidos em campo com uso de GPS, que possibilitaram sua localização exata e a delimitação das feições observadas.

3.2. Áreas de Influência

Esta seção apresenta a delimitação das áreas de influência do estudo de impacto ambiental para o empreendimento, constituindo-se em fator de grande importância para o direcionamento da coleta de dados, voltada para o diagnóstico ambiental.

As áreas de influência são aquelas afetadas direta ou indiretamente pelos impactos, positivos ou negativos, decorrentes do empreendimento, durante suas fases de planejamento, implantação e operação. Essas áreas podem assumir tamanhos diferenciados, dependendo da variável considerada (meios físico, biótico ou antrópico).

Classicamente, são utilizados os conceitos de: Área de Influência Direta (AID), como sendo aquele território onde as relações sociais, econômicas, culturais e os aspectos físico-biológicos sofrem os impactos de maneira primária, tendo suas características alteradas, ou seja, há uma relação direta de causa e efeito; e Área de Influência Indireta (AI), onde os impactos se fazem sentir de maneira secundária ou indireta.

Como este estudo ambiental envolve, além da avaliação ambiental para a implantação do empreendimento propriamente dito, que ocupará no máximo 3% da propriedade, uma análise ambiental de toda a área da propriedade, onde não há

previsão de ocupação total, optou-se pela delimitação da Área Diretamente Afetada (ADA), melhor definida no item a seguir.

Em relação ao empreendimento a ser instalado, no sentido de melhor identificar possíveis impactos ambientais sobre cada uma das áreas de influência consideradas, a implantação foi analisada segundo três fases sequenciais, a saber: planejamento, construção e operação. Procurando atender as determinações do Termo de Referência emitido pelo órgão ambiental avaliador, são apresentados em uma seção específica as atividades, impactos e proposição de medidas e programas ambientais relacionados à desativação do empreendimento, haja vista que a maioria dos impactos e riscos ambientais precisa ser analisada dentro do contexto socioeconômico e ambiental no momento desta atividade. Porém, a abordagem apresentada permite um planejamento estratégico para a eventual desativação do empreendimento, indicando estudos específicos a serem realizados à época do acontecimento para aprimorar o prognóstico ambiental e a proposição de medidas e programas ambientais pertinentes.

A fase de planejamento refere-se à divulgação do empreendimento e ao processo de licenciamento, com maior influência no aspecto socioeconômico;

A fase de instalação compreende as obras de engenharia propriamente ditas, com execução de aterros e terraplenagem, implantação do sistema viário, das áreas sociais, instalação de infraestrutura básica, pavimentação e arborização, e implantação do acesso ao empreendimento;

A fase de operação compreende as atividades de produção da base a ser instalada e toda a infraestrutura necessária.

Neste contexto, analisaram-se para cada uma das fases estabelecidas as possíveis interferências do empreendimento sobre as respectivas áreas de influência, sendo observado o grau de intensidade e os principais aspectos tecnológicos, socioeconômicos e ambientais a estas relacionados.

3.2.1. Área Diretamente Afetada (ADA)

A ADA se refere à área do empreendimento propriamente dita representada pela estrada de acesso terrestre, pelas instalações da base de soldagem e fábrica de estruturas submarinas, e pelas estruturas de atracação e acesso marinho. Todos os dados relacionados aos meios físico, biótico e antrópico foram obtidos *in loco*, gerando dados primários.

A delimitação da ADA para os meios físico e biótico foi baseada no projeto de implantação das estruturas terrestre e marinhas, totalizando uma área de 45,17 hectares, cerca de 2% da área da propriedade, referente aos locais de instalação das estruturas físicas do empreendimento, onde efetivamente ocorrerá supressão de vegetação e modificação direta do ambiente natural, pela terraplenagem e construção das edificações. Na porção marinha, a ADA é representada pelos locais de construção das estruturas de acesso e atracação das embarcações – bem como toda a extensão

do canal de acesso que será utilizado pelas embarcações desde sua interseção com o Canal da Galheta, abrangendo parte do Canal da Cotinga, até os locais de atracação.

Para o meio antrópico a delimitação da ADA foi baseada na presença de comunidades próximas que poderão ser diretamente afetadas pelo empreendimento, bem como pelas estruturas envolvidas em cada área de conhecimento específica, como por exemplo a malha viária a ser utilizada.

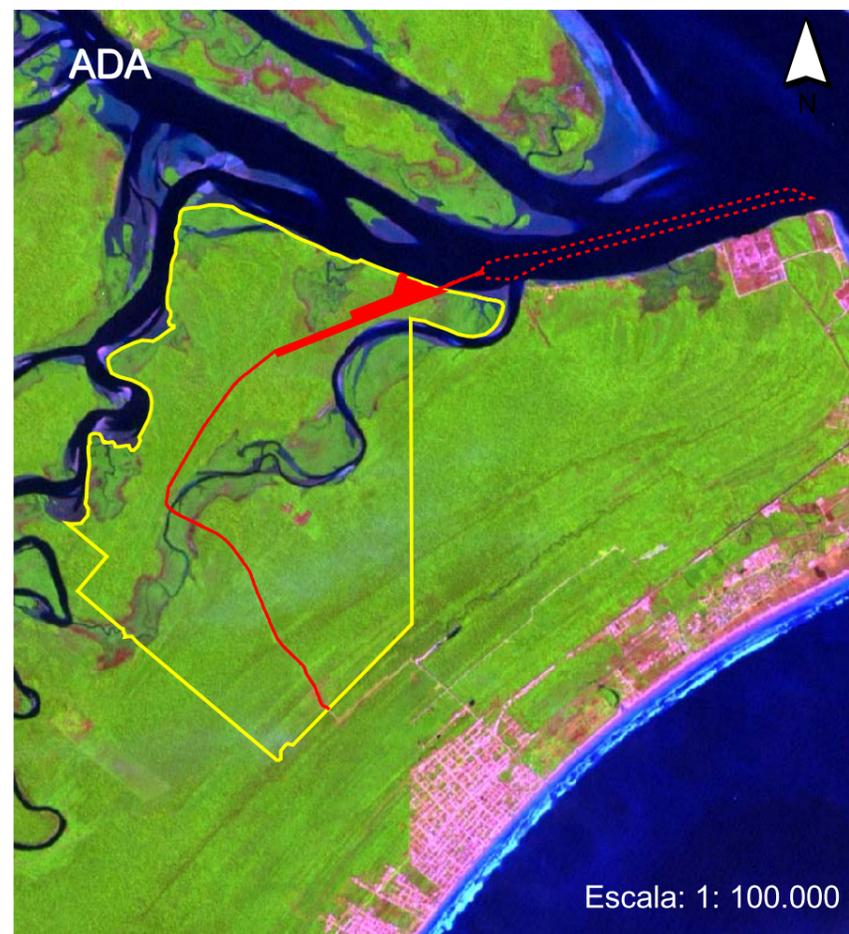
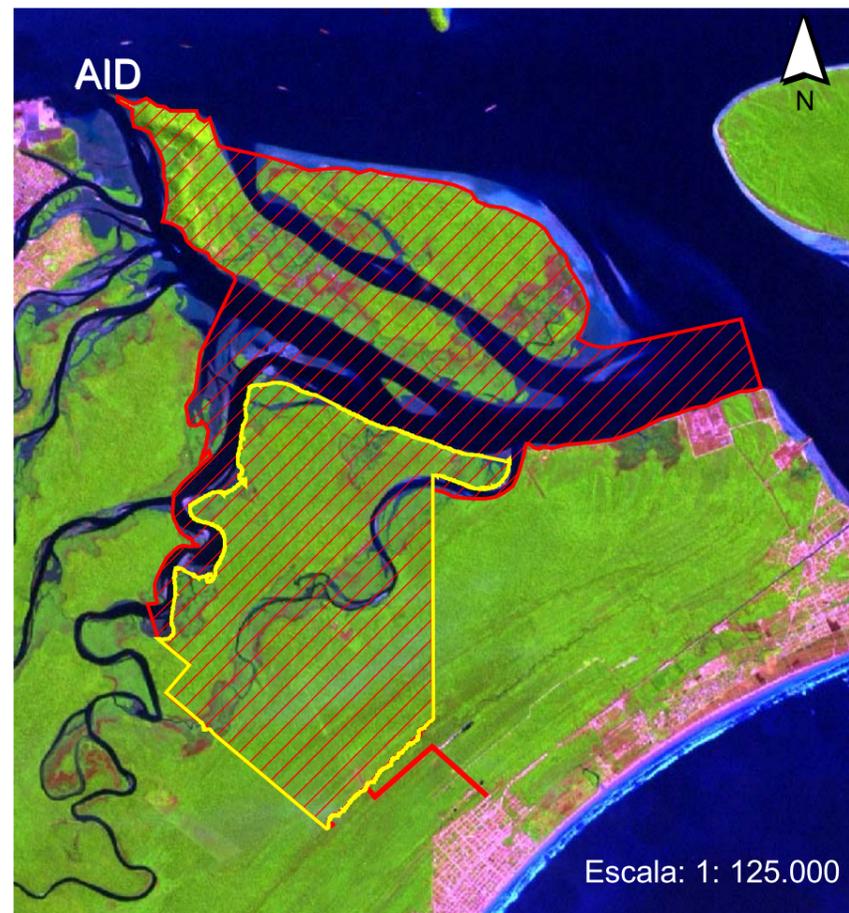
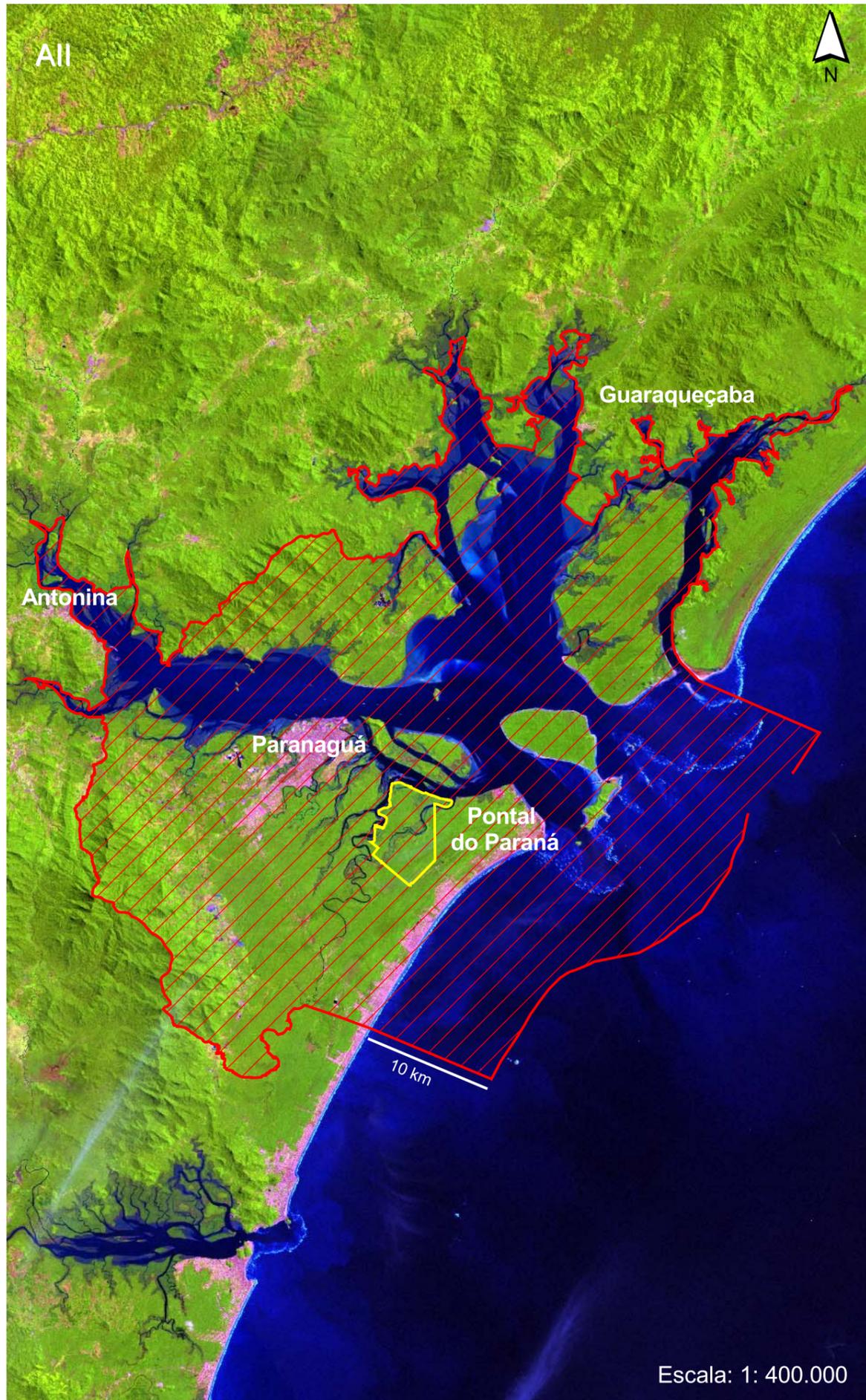
3.2.2. Área de Influência Direta (AID)

A AID para os meios físico e biótico foi definida como toda a extensão da propriedade, além da foz do rio Guaraguaçu, o canal da Cotinga e as ilhas da Cotinga e Rasa da Cotinga, onde também foram obtidos dados primários para elaboração do Diagnóstico Ambiental. Em relação ao meio antrópico, para alguns itens a área foi expandida de forma a abranger os municípios do litoral paranaense, principalmente Pontal do Paraná, Paranaguá e Antonina.

3.2.3. Área de Influência Indireta (AII)

A AII foi definida igualmente para aspectos físicos e bióticos correspondendo ao limite dos municípios de Pontal do Paraná e Paranaguá na porção terrestre, e todo o Complexo Estuarino de Paranaguá na porção marinha. Já para o meio antrópico, em especial os aspectos socioeconômicos, essa área é bem mais abrangente, pois foi considerada a importância do petróleo para o País. Já que a empresa é fornecedora direta de equipamentos utilizados na extração, deve-se considerar a influência de suas atividades em todo o País.

A delimitação das áreas de influência em relação aos aspectos físicos e bióticos é apresentada na **Figura 3.1**, e em relação aos aspectos socioeconômicos, na **Figura 3.2**. Cabe ressaltar que, em função de o empreendimento apresentar áreas de influência que abrangem porções terrestres e marinhas, os estudos ambientais relacionados consideraram sua abrangência dentro dos ambientes pertinentes, conforme detalhamento apresentado em cada estudo específico.



Legenda

Área Diretamente Afetada

- Limite da propriedade
- ADA - implantação
- ⋯ ADA - Área de acesso e manobra de embarcações

Área de Influência Direta

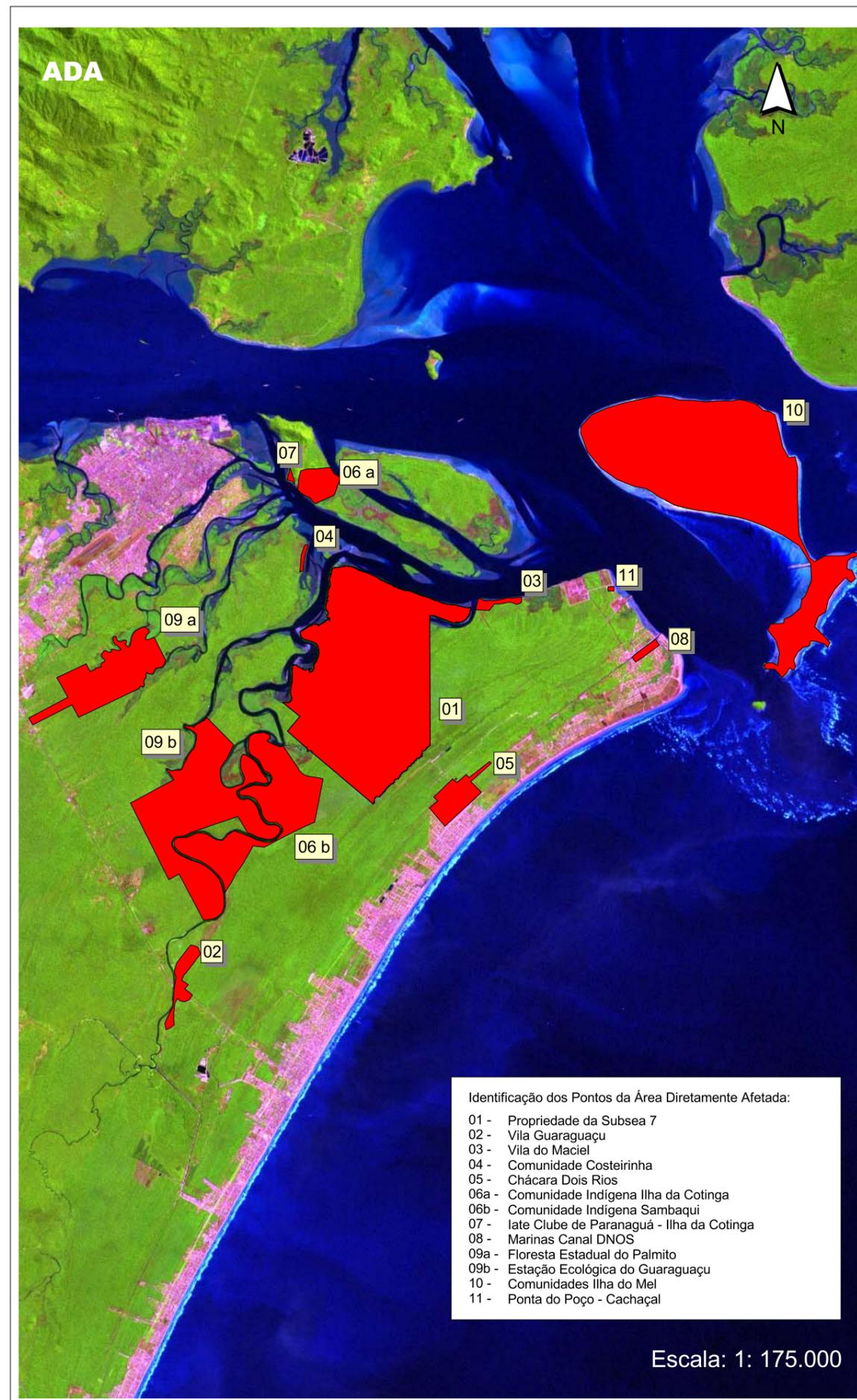
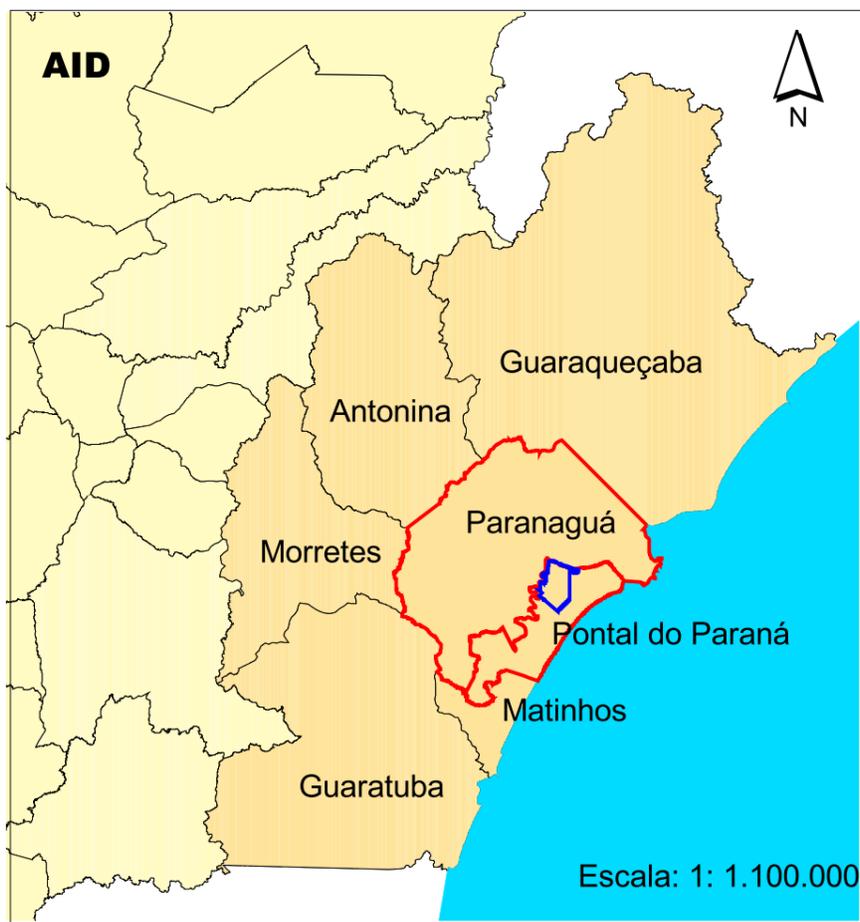
- Limite da propriedade
- ▨ AID

Área de Influência Indireta

- Limite da propriedade
- ▨ AII



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 3.1:	Delimitação das Áreas de Influência (ADA, AID e AII) em Relação aos meios Físico, Biótico, e Antrópico
Escala:	Vide Mapas
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



- Identificação dos Pontos da Área Diretamente Afetada:
- 01 - Propriedade da Subsea 7
 - 02 - Vila Guaraguaçu
 - 03 - Vila do Maciel
 - 04 - Comunidade Costeirinha
 - 05 - Chácara Dois Rios
 - 06a - Comunidade Indígena Ilha da Cotinga
 - 06b - Comunidade Indígena Sambaqui
 - 07 - Iate Clube de Paranaguá - Ilha da Cotinga
 - 08 - Marinas Canal DNOS
 - 09a - Floresta Estadual do Palmito
 - 09b - Estação Ecológica do Guaraguaçu
 - 10 - Comunidades Ilha do Mel
 - 11 - Ponta do Poço - Cachaçal

Legenda

Área Diretamente Afetada

Comunidades do Entorno

Área de Influência Direta

Municípios do Litoral Paranaense

Municípios de Paranaguá e Pontal do Paraná

Limite da Propriedade

Área de Influência Indireta

Divisão Política do Brasil

Estado do Paraná



Ciente: Subsea7 do Brasil
Serviços LTDA.

Projeto: Estudo de Impacto Ambiental
Base de Soldagem Paranaguá
-SUBSEA 7-

Figura 3.2: Delimitação das Áreas de Influência
(ADA, AID e AII) em Relação ao meio
Socioeconômico

Escala: Vide Mapas

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: Outubro / 2009

Responsável Técnico:

A handwritten signature in blue ink, belonging to Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira.

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



**SUBSEA 7 do BRASIL SERVIÇOS LTDA
BASE DE SOLDAGEM SUBSEA7-PARANAGUÁ**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
- EIA -**

4 - Diagnóstico Ambiental



**SUBSEA 7 do BRASIL SERVIÇOS LTDA
BASE DE SOLDAGEM SUBSEA7-PARANAGUÁ**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
- EIA -**

4.1 - Meio Físico

4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

4.1. Meio Físico

4.1.1. *Clima e Condições Meteorológicas*

As características naturais, a localização geográfica, as diferentes altitudes e a dinâmica das massas estão relacionadas diretamente com as particularidades do clima de uma região.

O clima predominante no Paraná é o subtropical, com verões quentes e invernos frios. Apresenta as classificações Cfa, Cfb e Cwa, de acordo com Köppen. O clima Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes, está presente nas regiões norte, no centro-oeste, no oeste, no sudoeste, no vale do Ribeira e na Baixada Litorânea. Registra temperaturas médias anuais de 19°C e pluviosidade de 1.500mm anuais, algo mais elevada na costa do que no interior.

Köppen classifica o clima de Paranaguá como do tipo Cfa, ou seja, subtropical úmido mesotérmico, com o mês mais frio de temperatura média inferior a 18°C (em Paranaguá, atinge 17°C, no mês de julho) e superior a -3°C e o mês mais quente com temperatura média superior a 22°C (em Paranaguá atinge 24,9°C). Entretanto, Maack (1968) diz que predomina na área o tipo climático Af, da classificação de Köppen, isto é, tropical, superúmido, com o mês mais frio possuindo temperatura média superior a 18°C, sem estação seca e isento de geadas. Devido ao fato de Paranaguá possuir, no mês mais frio, uma temperatura média de 17°C, esta classificação proposta por Maack não se enquadra no conceito de Köppen, cujo significado da letra "A" prevê temperatura média superior a 18°C para o mês mais frio (BIGARELLA et al., 1978). O Iapar (1994) classifica o clima de Paranaguá como Af, indo ao encontro da classificação proposta por Maack.

A região é afetada tanto pela proximidade com o oceano, amenizando as variações térmicas, quanto pela altitude, um dos fatores que diferenciam as variações térmicas entre Curitiba e Paranaguá.

Para as variáveis temperatura, precipitação e ventos, foram utilizados dados do município vizinho (Paranaguá) ao de Pontal do Paraná, com dados correspondentes ao período de 2001 a 2009.

4.1.1.1. Massas de Ar

O Paraná sofre influência das massas de baixa pressão da Zona Equatorial e Tropical Atlântica, que migram na direção sul durante os meses de verão; massas de ar frio, de alta pressão, de frente polar, que, impulsionadas por anticiclones do Atlântico Sul, migram em direção ao norte durante os meses de inverno; e massas polares responsáveis pelas ondas de frio no Sul do País.

As massas Tropical e Equatorial Atlântica têm como características serem quentes e úmidas. Os ventos alísios, que são gerados pela rotação da terra, e a passagem de centros de alta pressão sobre o oceano fazem com que os ventos tenham sua direção voltada para o continente e, sendo assim, eles carregam a umidade marítima para a faixa leste mais próxima do litoral do Brasil. Os valores acumulados de precipitação são baixos, pois essas massas de ar não causam chuvas significativas.

A Massa Tropical Atlântica no Paraná funciona como um centro de altas pressões e gera os ventos alísios. Embora esse tipo de vento tenha origem numa massa de ar seca, chega à Serra do Mar e sofre resfriamento e condensação em forma de chuva ou neblina.

As massas Polares podem causar geadas e neve no sul do Brasil e friagens no oeste amazônico. A frente fria que acompanha a massa de ar na borda frontal causa chuvas de intensidade moderada a forte, porém de rápida duração.

4.1.1.2. Temperatura do Ar e Insolação

De acordo com o Simepar (2009), para o litoral do Paraná a temperatura mínima média é de 18°C, com o dia mais frio registrado em 24 de abril de 1971, com temperatura de 4,3°C. A temperatura média máxima é de 27°C, sendo que o dia mais quente registrado foi em 03 de abril de 1985, com 36,4°C. Especificamente, em Pontal do Paraná, a temperatura média nos meses mais quentes é superior a 22°C, e nos meses mais frios, inferior a 18°C, sendo os verões quentes e as geadas, pouco frequentes.

A **Tabela 4.1** mostra as temperaturas médias mensais em Paranaguá referentes ao período de 2001 a 2009.

Tabela 4.1 – Temperaturas médias mensais em Paranaguá (2001 a 2009).

Temperaturas médias mensais (°C)										
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Jan	28,4	26,5	26,0	25,5	26,1	26,8	27,6	27,8	27,1	26,8
Fev	28,3	25,7	27,9	25,4	26,4	27,2	28,3	28,0	26,9	27,1
Mar	27,5	27,5	25,9	24,5	26,2	27,0	28,2	27,3	26,4	26,7

Temperaturas médias mensais (°C)										
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Total
Abr	25,3	25,3	24,0	24,4	24,7	23,7	27,2	26,8	23,8	25,0
Mai	21,1	22,8	21,4	19,6	22,8	19,8	24,6	23,8	21,8	21,9
Jun	20,0	20,6	23,0	19,7	22,3	20,5	24,2	22,4	-	21,6
Jul	18,9	18,3	22,4	19,0	19,6	20,5	23,5	20,8	-	20,3
Ago	20,1	15,4	22,0	20,5	20,8	20,8	24,3	21,5	-	20,7
Set	20,6	-	23,9	21,7	18,7	19,8	26,3	21,7	-	21,8
Out	22,1	-	23,9	23,0	21,5	23,7	27,9	24,4	-	23,8
Nov	23,9	25,0	24,4	22,8	23,5	26,9	27,7	25,2	-	24,9
Dez	24,7	25,6	24,8	25,5	24,1	28,0	28,4	27,1	-	26,0
Média	23,4	23,2	24,1	22,6	23,0	23,7	26,5	24,7	25,2	-

FONTE: INMET, 2009.

A menor média mensal do período aconteceu em agosto de 2002, uma temperatura de 15,4°C. Já a maior temperatura aconteceu em janeiro de 2001, apresentando 28,4°C. As médias mensais declinam nos meses de inverno; mesmo assim, mantêm-se próximas de 20°C. No verão, as temperaturas médias ficam próximas dos 26°C, sendo os meses de janeiro e fevereiro os mais quentes do período.

A **Figura 4.1** apresenta a variação das temperaturas ao longo do ano, na qual observa-se que as médias mensais ficam em torno de 20,3°C a 27,1°C, havendo um declínio nas temperaturas médias mensais de maio a outubro, quando as temperaturas médias mínimas ficam abaixo dos 20°C e as médias ficam abaixo dos 25°C. Já nos meses de verão há temperaturas médias elevadas passando de 25°C, ficando as temperaturas médias máximas nos meses de dezembro a março acima de 30°C.

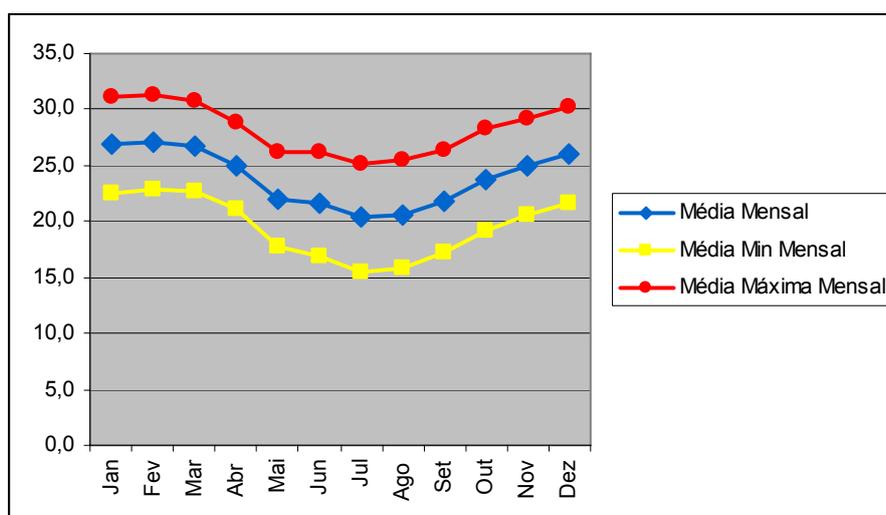
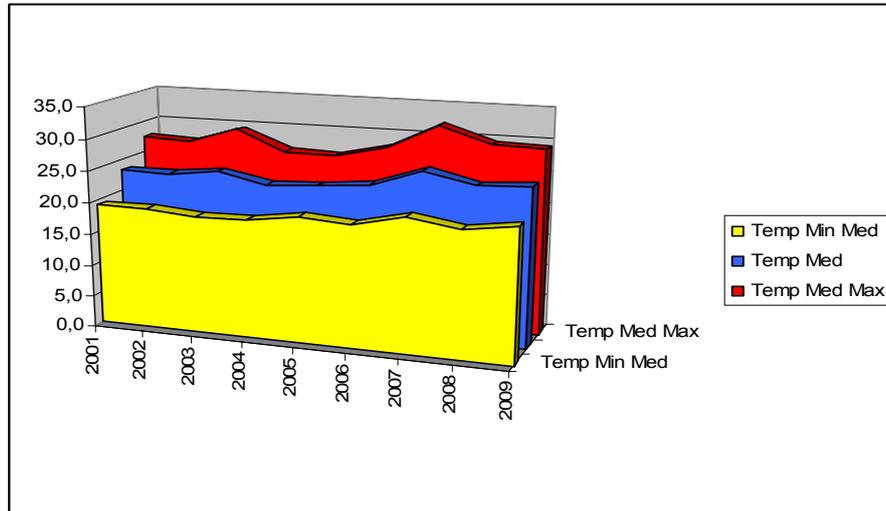


Figura 4.1 – Temperaturas médias mensais em Paranaguá, no período de 2001 a 2009

A maior média anual foi sentida em 2007, um total 26,5°C, como mostra a **Figura 4.2**, que apresenta as médias anuais além das médias máximas e mínimas anuais no período de 2001 a 2009.



FONTE: INMET, 2009.

Figura 4.2 – Temperaturas médias anuais em Paranaguá, no Período de 2001 a 2009

Pode-se observar um leve aumento nas médias anuais nas temperaturas de Paranaguá no período estudado, principalmente nos últimos três anos (2006, 2007 e 2008).

O ciclo diurno da temperatura reflete a variação da radiação ao longo do dia. Tipicamente, a menor temperatura ocorre próximo ao nascer do sol, como resultado de uma noite de resfriamento radiativo da superfície da Terra. A temperatura mais alta ocorre usualmente no começo ou meio da tarde, enquanto o pico de radiação ocorre ao meio-dia.

O aquecimento da superfície da Terra controla o aquecimento do ar que está sobre ela. Portanto, para entender variações nas temperaturas do ar, deve-se examinar as propriedades das várias superfícies, que refletem e absorvem energia solar em quantidades diferentes. O maior contraste é observado entre terra e água. A terra aquece mais rapidamente e a temperaturas mais altas que a água e resfria mais rapidamente e a temperaturas mais baixas que a água. Variações nas temperaturas do ar são, portanto, muito maiores sobre a terra que sobre a água.

Há vários fatores que contribuem para o aquecimento diferencial da terra e da água, entre eles a opacidade da superfície, o calor específico (a quantidade de calor necessária para aumentar de 1°C uma massa de 1g da substância) e evaporação. Devido a essas propriedades, localidades costeiras que sofrem a influência da presença da água apresentam menores variações anuais de temperatura.

Assim, em Paranaguá, as temperaturas estão relacionadas também com a variação de temperaturas conforme absorção de radiação nos diferentes ambientes (Terra e Água).

4.1.1.3. Precipitação

Em relação à pluviosidade, Pontal do Paraná tem o período mais chuvoso no verão, sendo o mês de fevereiro o que apresenta maior precipitação (350 mm). O período mais seco é o inverno com precipitação de 100 mm, sendo a precipitação média anual do município em torno de 2000 mm. No entanto, há uma tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, mas sem estação seca definida.

Por falta de uma estação de monitoramento no município, utilizaram-se os dados históricos dos municípios de Paranaguá e de Guaratuba.

Tabela 4.2 – Precipitações médias mensais ocorrentes no Município de Paranaguá e Guaratuba.

Mês	Precipitação em mm	
	Paranaguá - Estação INMET	Guaratuba - Estação INMET
Janeiro	235,3	237,4
Fevereiro	223,6	117,7
Março	243,4	189,4
Abril	151,8	168,8
Mai	94,8	86,8
Junho	89,0	46,8
Julho	86,3	54,0
Agosto	64,2	70,9
Setembro	113,2	135,0
Outubro	133,8	143,4
Novembro	122,4	175,3
Dezembro	166,4	207,7
Total	3.481,56	3.553,55

FONTE: INMET, 2009.

O período de maior precipitação é no verão, sendo os meses mais chuvosos janeiro, fevereiro e março em Paranaguá e dezembro e janeiro em Guaratuba. Os meses em que se observa menor precipitação são os meses de inverno, sendo os meses mais secos julho e agosto em Paranaguá e junho e julho em Guaratuba.

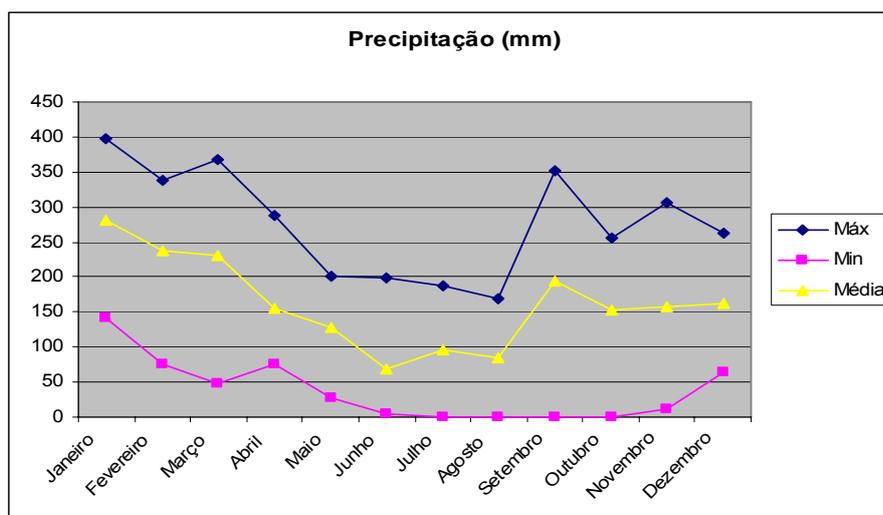
Em janeiro, fevereiro e março registraram-se as maiores pluviosidade médias, podendo, contudo, ocorrerem ocasionalmente picos de pluviosidade no mês de maio, conforme observado nos anos de 1979, 1983 e 1988. Já nos meses de julho e agosto, foram registradas as menores médias pluviométricas. O ano que apresentou maior pluviosidade foi 1980 (2.556,2 mm), e o de menor foi 1974 (1.253,0 mm), (IAPAR, 1994).

Tabela 4.3 – Precipitação (mm) no município de Paranaguá.

Mês	Precipitação (mm)								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Janeiro	341,4	389,4	396,6	140,6	243,4	196,6	261	271,8	200,2
Fevereiro	255,2	237,4	331,8	337,2	173,6	208	75	289,8	78,2
Março	368,8	226,8	214,4	143,8	267,4	347,4	236,2	48,3	-
Abril	179,4	197,2	76,4	287,4	200,2	81,6	117,5	110,9	-
Maio	160	182,2	51,8	168	122,1	28	201,2	109	-
Junho	199,4	57,4	58,4	61,2	60,6	31,6	5	68,1	-
Julho	43,6	48,4	-	194	108,8	75,1	187,5	14	-
Agosto	169,2	39	48,4	30,4	111,9	66,9	-	130,1	-
Setembro	203,2	-	198,8	149,8	352,5	233,4	140	83,2	-
Outubro	125,2	-	79,4	147	144,8	119,9	206,8	255,1	-
Novembro	169,4	192	87,2	12,4	167,6	305,2	127,7	196	-
Dezembro	121	262,2	165,8	101,7	164,5	182,6	229,9	63,6	-
Total	2.335,8	1.832	1.709	1.773,5	2.117,4	1.876,3	1.787,8	1.639,9	278,4

FONTE: INMET, 2009.

Com relação aos dados de precipitação em Paranaguá (**Tabela 4.3**) nos últimos anos (2001 a 2009), podemos observar que o ano de 2001 teve a maior pluviosidade do período somando um total de 2.335,8 mm, seguido do ano de 2005, que teve 2.117,4 mm. Ainda em 2001, houve no mês de Junho uma quantidade elevada de precipitação, ficando acima da média histórica do mês. O ano com menor pluviosidade foi o de 2008, sendo que os meses de março e dezembro ficaram muito abaixo em relação à média histórica desses meses.



FONTE: INMET, 2009.

Figura 4.3 – Precipitação (mm) média máxima, média mínima e média total em Paranaguá, no período de 2001 a 2009

Os meses de verão nesse período foram mais chuvosos, ao contrário dos meses de inverno, quando há uma considerável queda na quantidade de água precipitada (**Figura 4.3**). Setembro possui a média máxima e média total elevada em relação à média histórica.

Nos projetos executivos das obras de implantação é importante que se considerem medidas para controle e minimização de processos erosivos, nos períodos de chuvas mais intensas (meses de verão). Deve-se, preferencialmente, programar as atividades de terraplenagem e movimentação de solos nos meses de menor índice pluviométrico, por causa das características hidromórficas do solo. Ressalte-se que o elevado índice pluviométrico da região favorece o aproveitamento da água de chuva nas atividades de instalação do empreendimento e nos usos menos nobres da fase de operação do empreendimento.

4.1.1.4. Ventos

As direções predominantes dos ventos na região de Paranaguá, conforme dados obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia INMET (Paranaguá), são Leste e Sul. As brisas marinhas de Leste e Sudeste sopram geralmente de dia, do mar para o interior, com uma velocidade média de 2,2 m/s. À noite ocorre uma situação adversa, com ventos soprando de Sudoeste e de Sul e menos frequentes de Noroeste, com velocidades na faixa de 1,6 a 2,2 m/s. Isso se deve ao rápido aquecimento do continente, em relação ao oceano, que faz com que os ventos se desloquem do Atlântico para o litoral durante o dia. Da mesma forma, a perda rápida de calor do continente, durante a noite, leva os ventos a se deslocarem em direção oposta para o Oceano. A velocidade média dos ventos em Pontal do Sul é de 2,4 m/s (FUNPAR 1997).

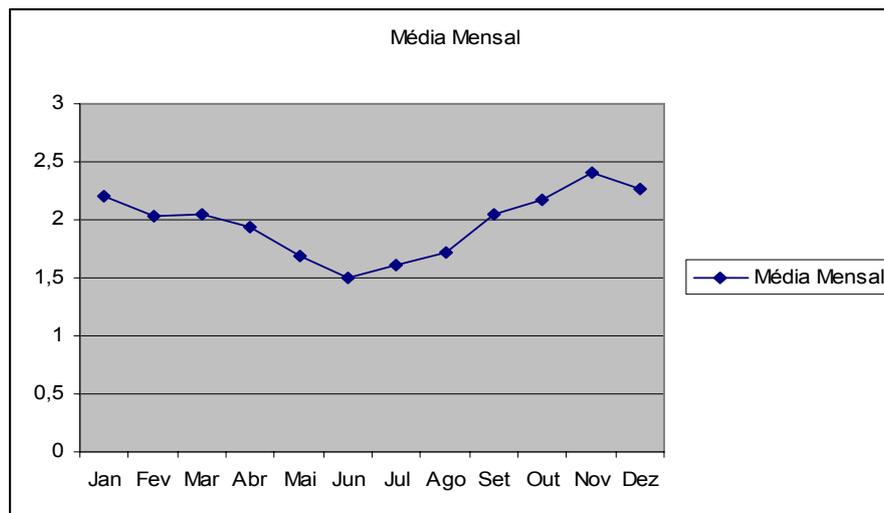
Em Paranaguá, conforme dados obtidos do INMET referentes ao período de 1999 a 2009, sobre velocidade média mensal dos ventos (**Tabela 4.4**), pode-se dizer que a velocidade média no período foi de 2,0 m/s, sendo 2005 e 2006 os anos com maiores médias anuais (2,2 m/s). O mês que apresentou maior média do período foi novembro, que em 2005 apresentou 2,9 m/s, a maior do período analisado. Percebe-se que o menor valor aconteceu em fevereiro deste ano (1,0 m/s), apresentando uma diferença significativa em relação ao histórico do mês, que indica velocidades acima de 2,0 m/s em sua maioria.

Tabela 4.4 – Velocidade dos ventos em Paranaguá, no período de 1999 a 2009.

Velocidade média mensal (m/s)													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1999	2,3	2,1	2	1,9	1,7	1,4	1,4	1,9	2,1	2,1	2,4	2,4	2,0
2000	2,3	2,1	2	1,9	1,7	1,3	1,6	1,5	1,9	2,3	2,4	2	1,9
2001	2,4	1,8	2	1,9	1,6	1,5	1,5	1,7	2,2	2,2	2,4	2,2	2,0
2002	2,2	2,2	2	2	1,6	1,6	1,6	1,8	2,1	2,3	2,3	2,3	2,0
2003	1,8	2,1	2	1,8	1,9	1,5	1,7	1,7	2,1	2,4	2,3	2,3	2,0
2004	2	2,5	1,9	1,9	1,6	1,3	1,8	1,8	2,2	2,2	2,3	2,3	2,0
2005	2,3	2,3	2,2	2	1,2	-	-	-	-	-	2,9	2,4	2,2
2006	2,3	2,2	2,6	2,4	2,2	2,1	1,7	1,9	2	2,1	2,4	2,1	2,2
2007	2,4	2,3	1,9	1,9	1,8	1,5	1,7	1,6	1,9	2	1,9	2,2	1,9
2008	2,1	1,8	1,9	1,6	1,5	1,3	1,5	1,6	1,9	2	2,7	2,4	1,9
2009	2,2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6
Média	2,2	2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,6	1,7	2	2,2	2,4	2,3	2,0

FONTE: INMET, 2009.

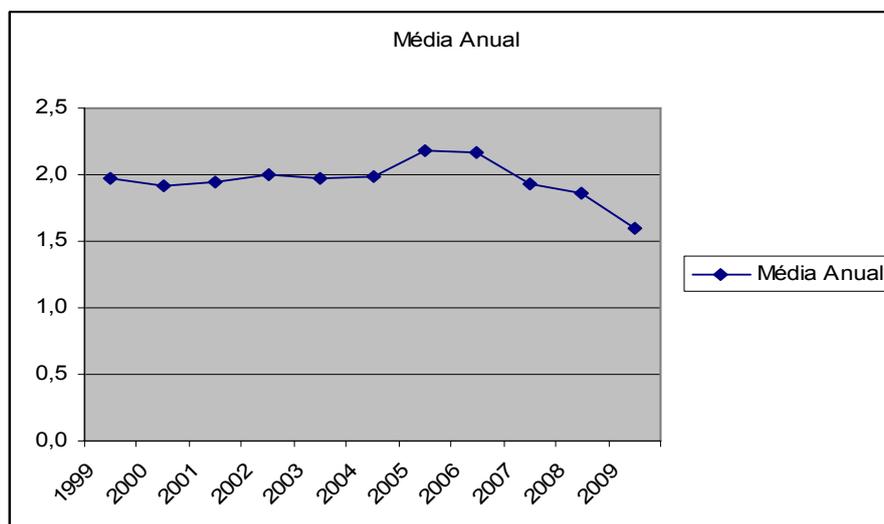
A seguir são apresentados os gráficos mostrando as médias mensais (**Figura 4.4**) e anuais (**Figura 4.5**) da velocidade dos ventos, no período entre 1999 e 2009, registrados em Paranaguá.



FONTE: INMET, 2009.

Figura 4.4 – Média mensal da velocidade dos ventos em Paranaguá, no período de 1999 a 2009

De maio a agosto há um declínio nas médias mensais relacionadas ao período mais seco (inverno), por consequência da influência de massas de ar frias vindas do sul. Como informado anteriormente, o mês de novembro possui o valor mais elevado, seguido de dezembro, outubro e janeiro; todos com médias elevadas de pluviosidade. Os meses de maio, junho, julho e agosto, possuem as menores médias (1,7-1,5-1,6-1,7 m/s nessa ordem) estando relacionadas com as massas de ar frio frequentes nesse período do ano.



FONTE: INMET, 2009.

Figura 4.5 – Médias anuais da velocidade dos ventos em Paranaguá, no período de 1999 a 2009

Há certa uniformidade dos dados referentes às médias anuais de velocidade dos ventos, sendo que a maioria dos anos apresenta valores entre 1,9 a 2,0 m/s. Houve um aumento de 0,2 m/s de 2004 para 2005, permanecendo o valor em 2006. A partir daí

pode-se observar um declínio nas médias (0,3 m/s de 2006 para 2007), chegando ao menor valor do período até agora em 2009 (1,6 m/s).

Beaufort estabelece uma classificação em relação à força dos ventos, onde:

- **Força 0** – Calma – 0 a 0,5 m/s – **Aspecto marítimo:** Espelhado – **Influência Terrestre:** A fumaça sobe verticalmente.
- **Força 1** – Aragem – 0,6 a 1,7 m/s - **Aspecto marítimo:** Mar encrespado com pequenas rugas, com a aparência de escamas - **Influência Terrestre:** A direção da aragem é indicada pela fumaça, mas a grimpadora ainda não reage.
- **Força 2** - Brisa leve - 1,8 a 3,3 m/s - **Aspecto marítimo:** Ligeiras ondulações de 30 centímetros (1 pé), com cristas, mas sem arrebenção - **Influência Terrestre:** Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores e a grimpadora começa a funcionar.
- **Força 3** - Brisa fraca - 3,4 a 5,2 m/s - **Aspecto marítimo:** Grandes ondulações de 60 centímetros com princípio de arrebenção. Alguns "carneiros" - **Influência Terrestre:** As folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfraldam.
- **Força 4** - Brisa moderada - 5,3 a 7,4 m/s - **Aspecto marítimo:** Pequenas vagas, mais longas de 1,5 m, com frequentes "carneiros". - **Influência Terrestre:** Poeira e pequenos papéis soltos são levantados. Movem-se os galhos das árvores.
- **Força 5** - Brisa forte - 7,5 a 9,8 m/s - **Aspecto marítimo:** Vagas moderadas de forma longa e uns 2,4 m. Muitos "carneiros". Possibilidade de alguns borrifos. - **Influência Terrestre:** Movem-se as pequenas árvores. A água começa a ondular.
- **Força 6** - Vento fresco - 9,9 a 12,4 m/s - **Aspecto marítimo:** Grandes vagas de até 3,6 m. Muitas cristas brancas. Probabilidade de borrifos. - **Influência Terrestre:** Assobios na fiação aérea. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-chuva usado com dificuldade.
- **Força 7** - Vento forte - 12,5 a 15,2 m/s - **Aspecto marítimo:** Mar grosso. Vagas de até 4,8 m de altura. Espuma branca de arrebenção; o vento arranca laivos de espuma. - **Influência Terrestre:** Movem-se as grandes árvores. É difícil andar contra o vento.
- **Força 8** – Ventania - 15,3 a 18,2 m/s - **Aspecto marítimo:** Vagalhões regulares de 6 a 7,5 m de altura. Faixas com espuma branca e fraca arrebenção. - **Influência Terrestre:** Quebram-se os galhos das árvores. É difícil andar contra o vento.
- **Força 9** - Ventania forte - 18,3 a 21,5 m/s - **Aspecto marítimo:** Vagalhões de 7,5 m com faixas de espuma densa. O mar rola. O borrifado começa afetar a visibilidade. - **Influência Terrestre:** Danos nas partes salientes das árvores. Impossível andar contra o vento.

- **Força 10** – Tempestade - 21,6 a 25,1 m/s - **Aspecto marítimo:** Grandes vagalhões de 9 a 12 m. O vento arranca as faixas de espuma; a superfície do mar fica toda branca. A visibilidade é afetada. - **Influência Terrestre:** Arranca árvores e causa danos na estrutura dos prédios.
- **Força 11** - Tempestade violenta - 26,2 a 29 m/s - **Aspecto marítimo:** Vagalhões excepcionalmente grandes, de até 13,5 m. A visibilidade é muito afetada. Navios de tamanho médio somem no cavado das ondas. - **Influência Terrestre:** Muito raramente observado em terra.
- **Força 12** – Furacão – acima de 30 m/s - **Aspecto marítimo:** Mar todo de espuma. Espuma e respingos saturam o ar. A visibilidade é seriamente afetada. - **Influência Terrestre:** Grandes estragos.

De acordo com Beaufort, os ventos em Paranaguá (média do período igual a 2,0 m/s) podem ser considerados como grau 2 - brisa leve (velocidades entre 1,8 a 3,3 m/s) de aspecto marítimo com ligeiras ondulações de 30 centímetros (1 pé), com cristas, mas sem arrebentação.

A **Tabela 4.5** apresenta a direção predominante dos ventos durante o período de 1999 a 2009 com informações coletadas também da estação do INMET de Paranaguá. A direção do vento predominante mensal é fornecida baseada na frequência total de ocorrência, considerando-se os três horários de leitura diária (09h, 15h, e 21h).

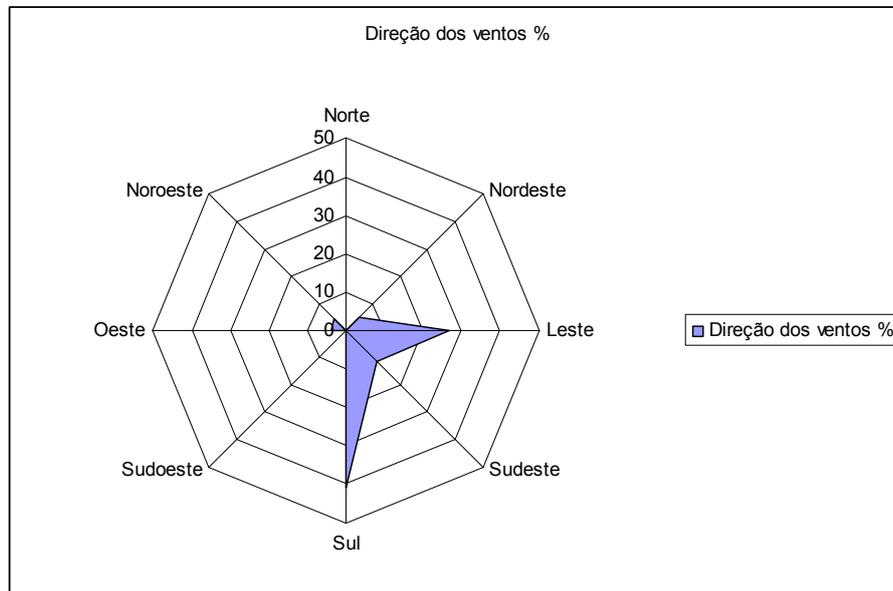
Tabela 4.5 – Direção predominante dos ventos em Paranaguá, no período de 1999 a 2009.

Direção predominante dos ventos												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1999	s	e	s	s	nw	e	s	ne	s	e	se	s
2000	s	e	s	s	W	s	se	s	s	s	s	s
2001	s	s	s	s	S	s	s	se	s	se	s	s
2002	se	se	ne	s	S	s	e	se	e	se	e	e
2003	ne	nw	w	se	W	e	se	e	se	e	e	e
2004	e	e	s	s	W	ne	s	e	s	se	e	se
2005	e	e	s	se	nw	ne	w	se	s	s	s	s
2006	e	s	s	w	S	s	-	-	s	s	s	e
2007	e	e	e	e	S	nw	s	e	e	e	e	e
2008	e	e	s	nw	nw	e	e	s	s	s	e	s
2009	s	s	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: INMET, 2009.

As direções de ventos mais frequentes no período são vindas do Sul com 40,9% de frequência e Leste, com 26,5% de frequência. No ano de 2001 houve a maior frequência com relação à direção predominante mensal, apresentando 83% dos ventos vindos do Sul. Em 2007 houve a maior frequência de ventos mensais vindos de Leste

(75%). Esses aspectos de frequência de ventos mensais no período podem ser observados na **Figura 4.6**, a seguir:

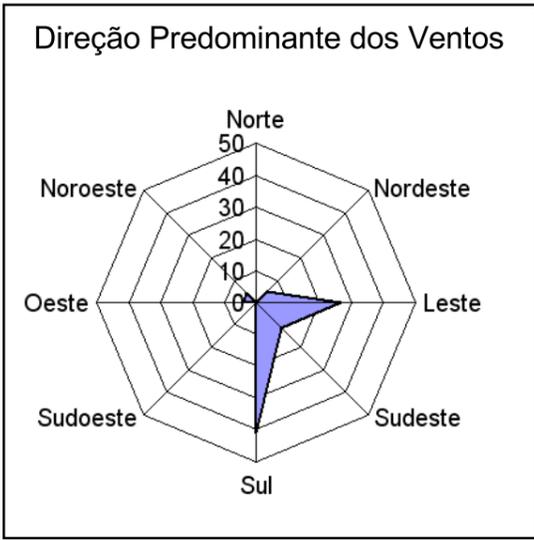
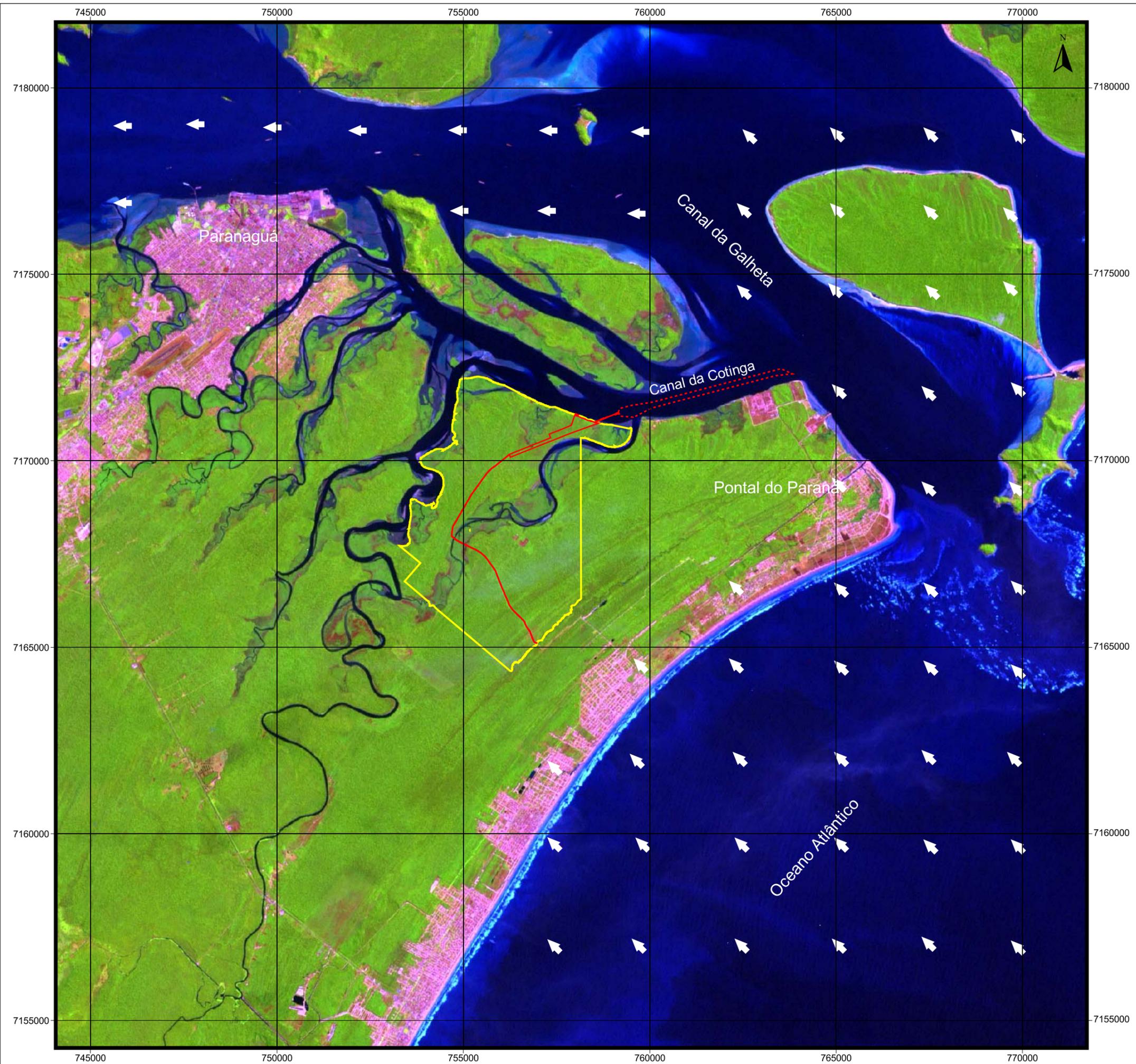


Fonte: INMET, 2009.

Figura 4.6 – Direção predominante dos ventos em porcentagem (1999 a 2009)

O empreendimento está localizado em uma região com uma atuação menos intensa e direta dos ventos predominantes, estando abrigado em função da barreira continental, conforme se observa na **Figura 4.7**, que apresenta um mapa ilustrando a posição do empreendimento em relação à direção dos ventos predominantes, em que é possível perceber que a parte marinha fica protegida, havendo pouca influência de ondas, o que pode favorecer a navegação das embarcações.

A informação de direção e velocidade dos ventos também é importante tanto na fase de instalação do empreendimento, principalmente durante as atividades de terraplenagem, quanto na fase de operação, pois definem possíveis impactos relativos ao transporte de partículas em suspensão e ruídos.



- Legenda**
- Limite da Propriedade
 - Área de Implantação do Empreendimento
 - - - Área de Manobra de Embarcações
 - Direção Predominante dos Ventos



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.7:	Mapa Indicando os Ventos Predominantes no Município de Paranaguá
Escala:	1: 100.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D

4.1.1.5. Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar é o termo mais conhecido para representar a presença do vapor no ar. Ela expressa uma relação de proporção relativa entre o vapor existente no ar e o ponto de saturação do mesmo. Ou seja, ela mostra em porcentagem o quanto de vapor está presente no ar em relação à quantidade máxima possível de vapor que nele poderia haver, sob a temperatura em que se encontra.

A umidade relativa do ar na região de Paranaguá é alta, com os valores médios oscilando em torno de 85%. O balanço climatológico no período de 40 anos (1948 a 1988) não mostrou deficiência hídrica. Em função das diferentes intensidades dos raios solares e dos ventos, a umidade atmosférica sofre variações constantes. Esses dados são importantes no planejamento dos materiais a serem utilizados na construção das edificações, visto que a umidade relativa do ar é um dos agentes causadores de problemas de corrosão em estruturas, sendo que valores de umidade relativa superiores à 65% são considerados críticos.

4.1.2. Qualidade do Ar

O empreendimento em estudo pode, na sua implantação ou operação, lançar poluentes para a atmosfera e, por isso, deve-se conhecer, controlar, minimizar e tratar as possíveis emissões, antes de descarregá-las no ar. As concentrações ambientais geradas pela atividade em estudo devem ser somadas ao que já existe em seu entorno, denominada “concentração de fundo” (background), a fim de que as concentrações resultantes dessa soma mantenham-se em níveis inferiores aos limites impostos pelas organizações de saúde e legislação ambiental.

Segundo a Lei Estadual SEMA/PR 13806/02, “nenhuma fonte ou conjunto de fontes potencialmente poluidoras do ar poderá emitir matéria ou energia para a atmosfera em quantidades e condições que possam resultar em concentrações médias superiores aos Padrões de Qualidade do Ar estabelecidos”.

Segundo a mesma Lei, é competência do Poder Público Estadual, por meio do órgão estadual de meio ambiente, implementar um sistema de monitoramento que permita acompanhar a evolução da qualidade do ar no Estado. Esse sistema, entretanto, deve ser implementado prioritariamente nas regiões ou localidades com maior concentração de fontes móveis ou estacionárias de poluição atmosférica e avaliar as concentrações dos poluentes cujos efeitos potenciais possam afetar significativamente a qualidade do ar.

A qualidade do ar nas áreas de influência em questão pode ser considerada pouco afetada pela ação antrópica, uma vez que não há concentração de atividade industrial de grande porte no seu entorno e nem fluxo elevado de automóveis. Espera-se, neste caso, que as concentrações de gases e partículas sejam bem abaixo dos níveis estabelecidos pelo Conama e muito abaixo de níveis atingidos por grandes centros urbanos e industriais. Por isso, não há dados secundários de medição de poluentes na região estudo.

O Instituto Ambiental do Paraná mantém, no entanto, uma rede de monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana de Curitiba, onde se esperam concentrações mais elevadas devido à maior ocupação urbana e nível de industrialização, com estações em Araucária, Colombo e Curitiba. Na ausência de dados regionais de monitoramento de qualidade do ar, este relatório apresenta, para fins de inspeção, alguns resultados do monitoramento feito em Curitiba e Araucária, mas deve-se considerar que o local em estudo deve ter concentrações bem abaixo, por se tratar de região de baixa atividade humana impactante.

Além disso, para avaliação dos níveis atuais de concentrações de substâncias nocivas na atmosfera, este diagnóstico sobre a qualidade do ar na ADA e AID do empreendimento em estudo é feito a partir de dados primários de monitoramento de material particulado em suspensão, que é a principal substância a ser emitida em função da implantação e operação da indústria. A circulação de veículos e uso de máquinas e equipamentos também são fontes de emissão de gases. Nesse caso, entretanto, a quantidade não deve ser suficiente para alterar consideravelmente a qualidade do ar na área de influência.

Várias substâncias, gases e partículas são encontrados naturalmente na atmosfera, em função das características das fontes de emissão da região. Nas proximidades do oceano, por exemplo, pode-se encontrar uma fração de partículas em suspensão no ar originadas dos aerossóis marinhos. No caso da AII do empreendimento em estudo, a circulação de veículos de passeio e de carga, principalmente no verão, por se tratar de ambiente litorâneo com praias, pode afetar a qualidade do ar pela queima de combustível e pelo material particulado lançado principalmente quando o tráfego se dá em vias não pavimentadas. Mesmo em vias asfaltadas pode haver efeito de ressuspensão de material particulado (areia fina e outros) que está depositado sobre o asfalto.

Dessa forma, este diagnóstico da qualidade do ar leva em consideração, na ausência de medições contínuas ou periódicas pelo órgão ambiental do estado na região de estudo, dados obtidos de referências bibliográficas quanto às características da atmosfera em ambientes litorâneos, naturais e considerando a ação de baixa atividade impactante, tais como a circulação de veículos, de navios e outros empreendimentos. Além disso, como já mencionado, foram levantados dados primários a partir de uma campanha de monitoramento de material particulado em suspensão na área de influência do empreendimento. Os valores estimados para a concentração ambiental de poluentes gasosos e particulados são confrontados com a legislação ambiental. A seguir, apresentam-se os limites legais de poluição do ar e em seguida o diagnóstico da região de estudo.

4.1.2.1. Padrões de Qualidade do Ar

A atmosfera é fonte do ar necessária para os seres vivos e, por isso, a sua qualidade deve atender aos padrões legais da Resolução Conama 003/90 (Conselho Nacional de Meio Ambiente), no âmbito federal. No estado do Paraná, a Resolução Sema 054/06 (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos) também deve ser atendida nos quesitos de padrões de emissão atmosférica e de condicionamento de fontes.

De acordo com o Conama (Resolução 003/90), “entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos”. Esses níveis são impostos pelas próprias Resoluções citadas, e são definidos para garantir que tais substâncias não “tornem ou possam tornar o ar: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

A **Tabela 4.6** mostra os padrões de qualidade do ar para as substâncias regulamentadas pelo Conama, pela Resolução 003/90, que também fazem parte da Resolução Sema/PR 054/06.

Tabela 4.6 – Padrões de qualidade do ar (Resoluções Sema 054/06 e Conama 003/90).

Poluentes	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo de Amostragem	Método de Medição
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	240 ^(a)	150 ^(a)	24h anual ^(c)	Amostrador de grandes volumes (HiVol)
	80	60		
Partículas Inaláveis (PI)	150 ^(a)	150 ^(a)	24h anual ^(b)	Separação inercial/filtração
	50	50		
Fumaça	150 ^(a)	100 ^(a)	24h anual ^(b)	Refletância
	60	40		
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	365 ^(a)	100 ^(a)	24h anual ^(b)	Pararrosanilina
	80	40		
Monóxido de Carbono (CO)	40.000 ^(a)	40.000 ^(a)	1h à 8h	Infravermelho não dispersivo
	10.000 ^(a)	10.000 ^(a)		
Ozônio (O ₃)	160 ^(a)	160 ^(a)	1 h	Quimiluminescência
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	320	190	1h anual ^(a)	Quimiluminescência
	100	100		

NOTAS: (a) não deve ser excedido mais do que uma vez por ano

(b) média aritmética

(c) média geométrica

Na tabela acima, os padrões são denominados primários e secundários. No primeiro caso, os limites de poluição são menos rígidos e determinam valores máximos estabelecidos com o objetivo de proteger a saúde humana. O padrão secundário é mais rígido e determina valores abaixo dos quais os danos sejam mínimos ao bem-estar da população, ao patrimônio físico, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Na área de influência do empreendimento, valem os padrões secundários, em função das características da região, que deve ter a qualidade do ar garantida abaixo de padrões mais restritivos.

Além da verificação de atendimento dos limites de degradação de qualidade do ar acima, todo empreendimento deve atender também aos padrões de emissão de fontes estacionárias e padrões de condicionamento de fontes, de acordo com a Resolução estadual supracitada.

Para fontes móveis existem padrões de emissão para veículos novos, mas para veículos em uso a regulamentação ainda é insuficiente. Nesse caso, podem-se utilizar as resoluções do Contran (Conselho Nacional de Trânsito), em que se destaca a Resolução 510/77, que dispõe sobre a circulação e fiscalização de veículos automotores diesel, principalmente visando à redução da emissão para fumaça preta.

4.1.2.2. Qualidade do Ar na Área de Influência

Na implantação e operação do empreendimento, haverá emissão de material particulado e outras substâncias gasosas poluentes durante a obra, na carga e descarga de equipamentos, matéria-prima e produtos acabados, no processo de produção de tubos e estruturas submarinas, bem como na queima de combustíveis nos veículos, geradores de energia e embarcações. Dentre os poluentes emitidos, os mais importantes são: material particulado, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono.

As partículas totais em suspensão (PTS) correspondem a todas as partículas encontradas no ar, incluindo poeira, fuligem, fumo e gotas líquidas. Os seus principais processos de remoção são a deposição gravitacional e a “lavagem” pela chuva. Suas fontes principais são: veículos e embarcações, uso de estradas não-pavimentadas, obras de terraplenagem, além das fontes naturais, tais como aerossóis marítimos e erosão do vento (transporte de partículas finas por ação dinâmica do vento), além de partículas provenientes da sublimação de material de solda (fumos). Dentre os problemas causados pelas partículas estão: redução da visibilidade; problemas respiratórios, redução da fotossíntese nos vegetais (por deposição de poeira sobre as folhas), etc. As partículas inaláveis (PI) que possuem diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 10 μm (também são denominadas MP10) podem causar mais danos, uma vez que podem afetar mais os pulmões e seus alvéolos.

No caso da queima de combustíveis e processos de soldagem, haverá também emissão de gases. Dentre as substâncias importantes destacam-se: i) óxidos de enxofre (SO_x) - produzidos na queima do óleo diesel e um dos responsáveis pela formação da chuva ácida e danos à respiração, pois é um gás muito irritante e capaz de formar ácidos no interior do sistema respiratório; ii) óxidos de nitrogênio (NO_x) - resultantes de processos de combustão a altas temperaturas (motores de caminhões, geradores e navios), também é solúveis em água, podendo causar chuva ácida; e nos seres vivos pode afetar o aparelho respiratório, causar irritações nasais, dos olhos e desconforto pulmonar; iii) monóxido de carbono (CO) - originada principalmente nos processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis, muito prejudicial ao sistema respiratório por reduzir a oxigenação do pulmão.

Para posterior avaliação de impacto sobre a qualidade do ar da região, é necessário conhecer a situação da atmosfera anteriormente à implantação do empreendimento. O presente diagnóstico considera dados de monitoramento do IAP (em regiões distantes da que está em estudo), de outros estudos e artigos técnicos e científicos que tratam de características de atmosfera litorânea, estudos de impactos de empreendimentos nessas regiões e também a partir de dados de monitoramento de material particulado obtido em campanha que foi realizada ao longo de sete dias consecutivos, em diferentes condições de meteorologia.

Uma característica típica da atmosfera em regiões litorâneas é a presença de aerossóis marinhos, que constituem a concentração natural de fundo da região, cujos componentes (partículas) são detectados quando se mede a concentração de PTS.

Esses aerossóis podem causar danos em materiais, como corrosão em estruturas metálicas, deterioração de concreto, ressecamento de cabos elétricos, entre outros (FANG et al., 2006). No caso de locais com pouca ou nenhuma atividade industrial, as fontes naturais de material particulado tornam-se importantes. Além dos sais marinhos, há também suspensão de partículas por ação do vento, tais como minúsculos grãos de areia, pólen, etc.

Quanto aos gases, as suas principais fontes são antropogênicas, principalmente pela queima de combustíveis em motores e caldeiras. Dentre as principais substâncias, conforme já mencionado, destacam-se SO_x , NO_x , CO, além de CO_2 e compostos orgânicos voláteis (COV). Esses gases primários podem se transformar na atmosfera gerando os poluentes secundários, como o O_3 e chuva ácida (LORA, 2000).

A região em estudo, embora seja praticamente ausente de fontes antropogênicas de poluição, está localizada a aproximadamente 8 quilômetros de distância de Paranaguá, onde se localiza um dos maiores portos graneleiros do mundo, com intenso acesso de caminhões e com acesso significativo de navios pelo Canal da Galheta. A poluição pode ser transportada dessa região mais poluída para ADA, AID e All em estudo, principalmente as substâncias no estado gasoso. Em Paranaguá, há também emissão de poluentes de outras atividades ligadas ao porto (indústrias, silos de secagem de grãos, etc.), além da emissão pela frota rodoviária e marítima. A região de estudo também está perto dos balneários de Pontal do Paraná, onde o volume de tráfego na estação de verão é elevado.

A queima de gasolina, álcool e diesel nos veículos emite grandes quantidades de partículas e gases. Da mesma forma, os navios e embarcações menores podem alterar a qualidade do ar. No segundo caso, a frota marítima mundial é responsável pela emissão de aproximadamente 12% de NO_x e 5% de SO_x emitidos pela queima de combustíveis fósseis. Outros dados mostram que nos Estados Unidos a emissão dos navios é de mais ou menos 6% da emissão das demais fontes móveis terrestres e na Europa, a contribuição da poluição por material particulado é de aproximadamente 10% (PENG et al., 2005; GUPTA et al., 2004). Esses números indicam que a frota marítima deve ser considerada no estudo sobre a qualidade do ar regional.

A concentração de poluentes na região, entretanto, não deve ser alta, se comparada a regiões mais alteradas por ocupação urbana e industrial. Embora o local esteja situado longe da capital do estado, aproximadamente em 100 quilômetros, separado pela Serra do Mar e com a influência do fenômeno de brisas marítimas, mostram-se a seguir (**Tabela 4.7**), a fim de comparação, alguns dados da poluição em alguns locais na Região Metropolitana de Curitiba, em 2006, onde há estações da rede de monitoramento do estado, com base no último relatório divulgado pelo IAP em 2007.

Tabela 4.7 – Concentrações médias de longo prazo para as principais substâncias (2007).

Estações	Substância (intervalo de dados para cálculo das médias) (valores em µg/m ³)						
	PTS (anual)	Fumaça (anual)	PI (anual)	SO ₂ (anual)	NO ₂ (anual)	CO (8 h)	O ₃ (1 h)
CURITIBA							
Santa Casa	75,3	19,7	-	18,1	-	-	-
Santa Cândida	-	-	-	1,9	15,8	-	145,7
Ouvidor Pardiniho	27,9	-	24,8	7,0	40,3	3335 ⁽¹⁾	171,9
Boqueirão	37,2	-	27,0	6,1	22,5	7973	140,1
Cidade Industrial	-	-	-	-	-	-	-
ARAUCÁRIA							
Assis (automática)	12,2	3,4	-	6,6	22,4	-	195,3
UEG	-	-	39,8	4,4	40,8	4352	181,2
CSN-CISA	52,1	-	33,3	21,1	38,1	3335*	173,9
REPAR	43,2	-	36,8	18,9	25,0	3894	121,0
Assis (manual)	-	-	-	18,7	-	-	-
São Sebastião	-	2,9	-	23,2	-	-	-
Seminário	-	9,5	-	20,2	-	-	-
Média geral	41,3	8,9	32,3	13,3	29,3	5406	161,3
Padrão primário ⁽²⁾	80	60	50	80	100	10000	160
Padrão secundário ⁽³⁾	60	40	50	40	100	10000	160

(1) Dado duvidoso constante no relatório do IAP (difícilmente coincidem os valores);

(2) Padrões menos rígidos, válidos para a Região Metropolitana de Curitiba;

(3) Padrões mais rígidos, válidos para região de estudo.

Segundo os dados da tabela acima, apenas a estação instalada no centro de Curitiba (Santa Casa/Praça Rui Barbosa) extrapola o padrão de PTS. No caso do O₃, típico de regiões urbanas, uma estação central da capital (Praça Ouvidor Pardiniho) e outras três em Araucária (Assis, UEG e CSN-CISA) ultrapassam seu padrão. Embora haja alguns casos excepcionais, em termos médios não há extrapolação dos valores de longo prazo (média anual). Considerando que a região deve atender aos padrões secundários e que a poluição esperada é bem menor do que na capital e região industrial de Araucária, não há comprometimento do padrão de qualidade. Muito provavelmente, medições que fossem realizadas na região em estudo demonstrariam valores bem inferiores aos médios da tabela acima. Esse monitoramento, entretanto, é bastante caro, já que uma estação automática completa custa de 500 mil a 1 milhão de dólares, além dos custos de operação, que são os principais motivos de não haver monitoramento em todo o estado do Paraná.

O material particulado pode ser encontrado mais facilmente em qualquer tipo de ambiente, já que suas fontes envolvem fontes diversas além de processos industriais, tais como vias não pavimentadas, ação do vento no transporte de poeiras, maresia, entre outras. Por isso, o monitoramento de partículas foi realizado no contexto deste diagnóstico.

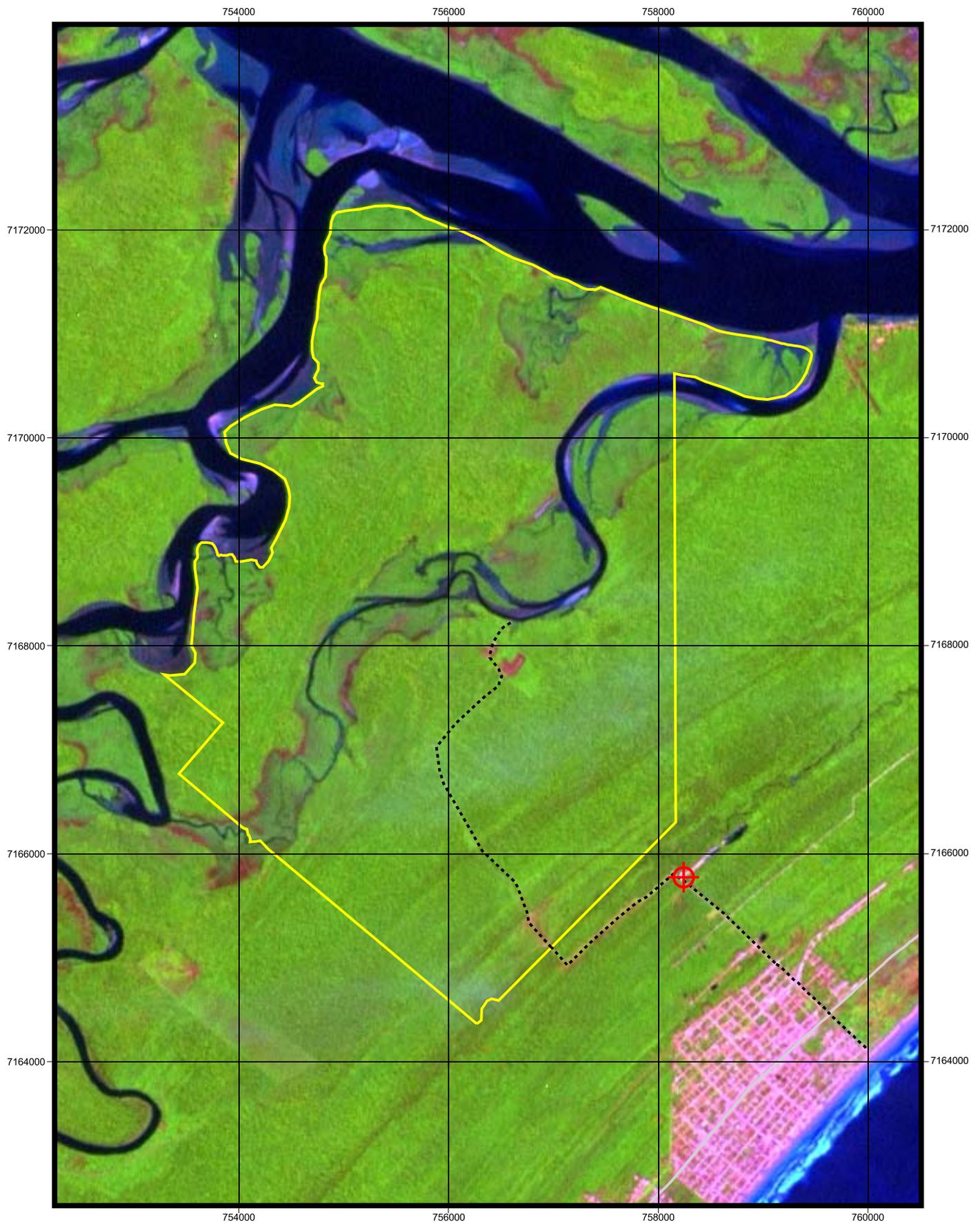
4.1.2.3. Monitoramento da Qualidade do Ar na Região

Instalou-se uma estação de monitoramento da qualidade do ar para verificação de atendimento dos padrões de qualidade do ar para PTS. As medições foram realizadas com um amostrador de grandes volumes, de acordo com as recomendações da norma ABNT NBR 9547/86 – Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente, Determinação da Concentração Total pelo Método de Amostrador de Grande Volume, que é baseada na norma norte-americana da EPA (*Environmental Protection Agency*), “*Reference Method for the Determination of Suspended Particulates in Atmosphere (High Volume Method)*”.

O equipamento utilizado, denominado *hivol*, é capaz de medir a concentração de partículas totais em suspensão na atmosfera, com variação diária (24 horas nominais com uma hora de variação permitida pela NBR 9547/86). Para um correto acompanhamento da campanha de monitoramento e da sua interpretação, foram determinados os valores de temperatura e umidade, através de um Termohigrômetro (marca Minipa, modelo MTH-1380) e a pressão através de um Barômetro (marca Druck, modelo DPI 740). A precipitação foi anotada apenas com inspeção visual pelos operadores da estação que ficaram durante todos os dias hospedados na região de estudo. Posteriormente, as informações meteorológicas foram refinadas a partir de dados da estação do INMET da Ilha do Mel, que possui dados horários das principais variáveis atmosféricas. Os dados serão apresentados posteriormente.

A metodologia para operação do *hivol*, a sua calibração, a coleta de dados, os procedimentos de amostragem, secagem e pesagem dos filtros foram seguidos criteriosamente, de acordo com as normas técnicas e orientações dos fabricantes dos equipamentos.

O local para realização das medições foi selecionado com base na localização do empreendimento, sua área de influência, disponibilidade de energia elétrica e distanciamento suficiente de fontes de poluição (como circulação de veículos). A **Figura 4.8** apresenta a localização do ponto de monitoramento, onde foi instalada a estação e a **Figura 4.9** é uma foto do entorno, destacando o posicionamento do *hivol*.



Assinatura

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da propriedade
- PR - 412
- - - Vias não pavimentadas
- ⊕ Localização do ponto de monitoramento de Qualidade do Ar

700 0 700 1400 Metros



Projeção Universal Transversa de Mercator
 Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



Figura 4.8 - Mapa de Localização do Ponto de Monitoramento da Qualidade do Ar



Figura 4.9 – Entorno do ponto de monitoramento

Pode-se perceber que, embora muito pouco habitado, o local possui uma via de acesso que é utilizada por carros leves e caminhões que acessam um areal (indicado na figura acima). Durante a campanha, a circulação foi de aproximadamente oito caminhões por dia e acesso esporádico de carros leves. A estação, como já mencionado, foi instalada a uma distância suficiente para não haver concentrações demasiadamente elevadas registradas pelo equipamento, resultantes da circulação desses caminhões.

A estação de monitoramento é caracterizada por um motoaspirador instalado dentro de uma casinhola com geometria que favorece a coleta de partículas de até $50\mu\text{m}$ de diâmetro. A estação aspira ar com uma vazão de aproximadamente $1\text{ m}^3/\text{min}$ em 24 horas, que passa por um filtro de fibra de vidro que é responsável em reter o material particulado contido no ar. O material coletado é determinado com a diferença gravimétrica entre o filtro sujo e limpo. Para evitar erros por diferença de umidade no filtro, utiliza-se secagem (equilíbrio de umidade) dos filtros em dessecador. Portanto, através da massa de material particulado retido e com o cálculo do volume de ar que passou pelo equipamento (determinado a partir de cartas gráficas que registram a variação de pressão no interior do equipamento), determina-se a concentração média diária de partículas totais em suspensão.

O *hivol* foi devidamente calibrado, para a correta determinação da vazão a partir da leitura das cartas gráficas diárias. A **Figura 4.10** mostra a estação utilizada.



Figura 4.10 – Hivol utilizado para monitoramento de PTS

Para atender aos objetivos deste diagnóstico, o monitoramento de PTS foi realizado durante uma campanha de sete dias consecutivos, com o *hivol* operando 24 horas por dia, ininterruptamente. A **Tabela 4.8** mostra os resultados das medições, com informações quanto à concentração de PTS e as observações meteorológicas durante a coleta dos filtros.

Tabela 4.8 – Resultados do monitoramento da qualidade do ar.

Data Inicial*	Data Final ⁽¹⁾	Concentração ⁽²⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Pressão (mmHg)	Umidade (%)	Chuva Observada		
07/01/09	quarta-feira	08/01/09	quinta-feira	30,4	33,0	760,7	65	-
08/01/09	quinta-feira	09/01/09	sexta-feira	30,0	29,4	763,0	75	-
09/01/09	sexta-feira	10/01/09	sábado	38,4	27,6	765,0	82	fraca à noite
10/01/09	sábado	11/01/09	domingo	18,6	29,3	762,0	89	moderada à noite
11/01/09	domingo	12/01/09	segunda-feira	21,5	34,7	759,0	59	-
12/01/09	segunda-feira	13/01/09	terça-feira	28,0	30,3	760,0	75	-
13/01/09	terça-feira	14/01/09	quarta-feira	23,6	29,2	758,0	81	forte à tarde
Média				27,2				

(1) início da campanha em torno das 12 horas e término após 24h \pm 1h de cada medição;

(2) o fluxo médio foi de oito caminhões por dia.

Para melhor visualização da variação das concentrações medidas em função das condições meteorológicas da campanha, seguem abaixo os gráficos baseados nos dados da estação do INMET, da Ilha do Mel, desde o dia 01/01/09, desde uma semana antes (pré-campanha) do início do monitoramento, até o seu final.

A campanha iniciou-se em 07/01/09, dia de sol forte e temperaturas em elevação, como pode ser visualizado na **Figura 4.11** e **Figura 4.12**, que mostram a temperatura e radiação solar para o período.

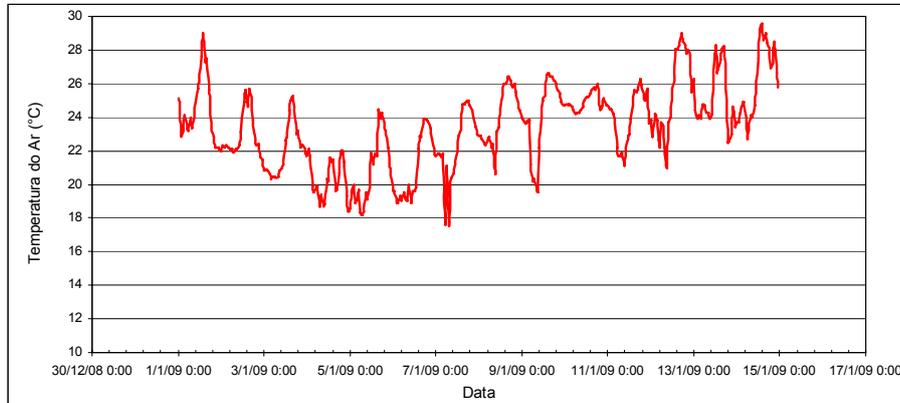


Figura 4.11 – Temperatura do ar durante a pré-campanha e campanha

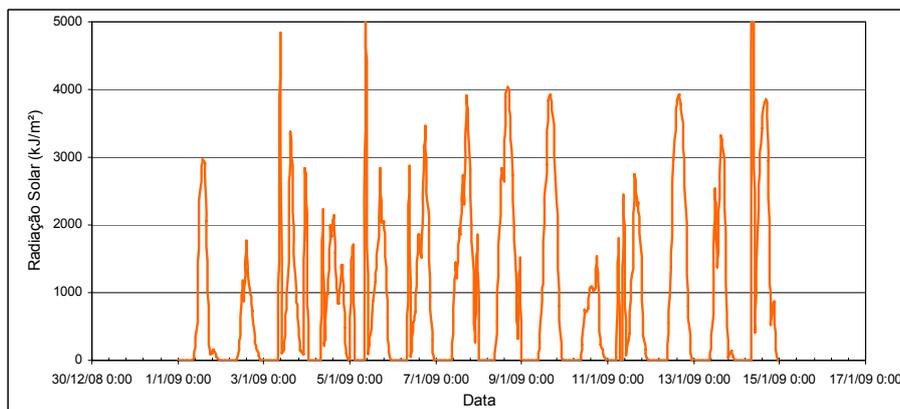


Figura 4.12 – Radiação solar durante a pré-campanha e campanha

A **Figura 4.13** e a **Figura 4.14** apresentam a variação da concentração de PTS e a precipitação, respectivamente. Percebe-se uma relação entre o aumento da precipitação e a diminuição da concentração. O dia de menor concentração, $18,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, foi posterior ao registro de aproximadamente 8 mm de chuva dos dias 10 e 11/01/09. O monitoramento do dia cuja concentração foi menor finalizou-se no domingo, dia em que no verão o fluxo de carros é mais intenso nos balneários. O ponto monitorado estava a menos de 3 quilômetros dos balneários e pode sofrer influência da circulação de veículos. Pode-se concluir, portanto, que a influência da chuva é bastante forte, mais evidente do que a variação causada pelo aumento da circulação de veículos nas praias da região. A maior concentração de $38,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ocorreu no período em que houve menos chuvas (três dias de muito sol que o antecederam).

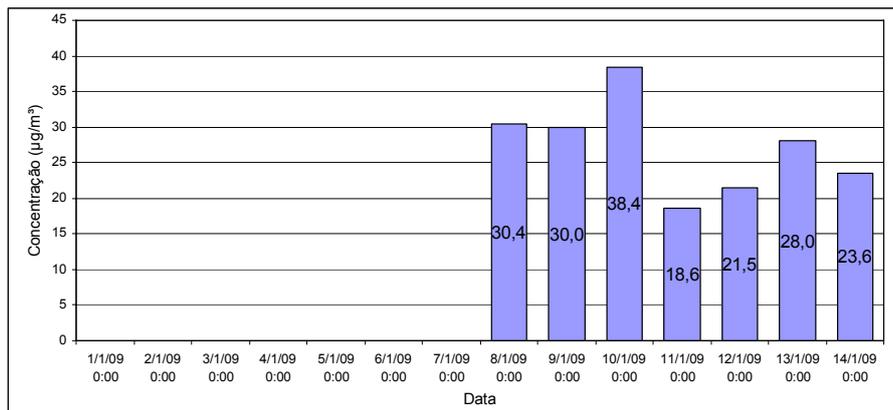


Figura 4.13 – Concentração de PTS durante a pré-campanha e campanha

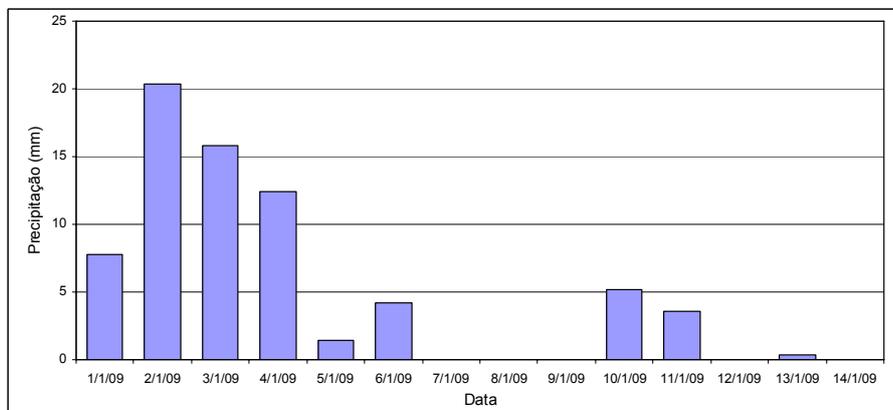


Figura 4.14 – Precipitação durante a pré-campanha e campanha

A Figura 4.15 e a Figura 4.16 mostram a velocidade e direção do vento. Durante o período de estudo, a velocidade do vento horária variou 33% do tempo entre 2,1 a 3,6 m/s, 30% entre 0,5 e 2,1 m/s. Por outro lado, ocorreram rajadas (vento instantâneo) da ordem de 15 m/s. Períodos com ventos menores do que 0,5 m/s ocorreram 2,4% do tempo. Esses casos são denominados calmarias, caracterizados como ruins para a dispersão dos poluentes (STULL, 2000), mas também não geram muita turbulência e conseqüente suspensão de partículas no ar. As direções do vento são principalmente de leste (21%) e sul (21%), seguidas de nordeste (13%), o que leva a concluir que o ponto de monitoramento e a área do empreendimento são afetados pelos aerossóis marinhos, circulação de veículos nas praias e pelo acesso dos navios pelo Canal da Galheta. Os ventos sopraram de noroeste 11% do tempo, podendo trazer poluentes de Paranaguá nessas condições.

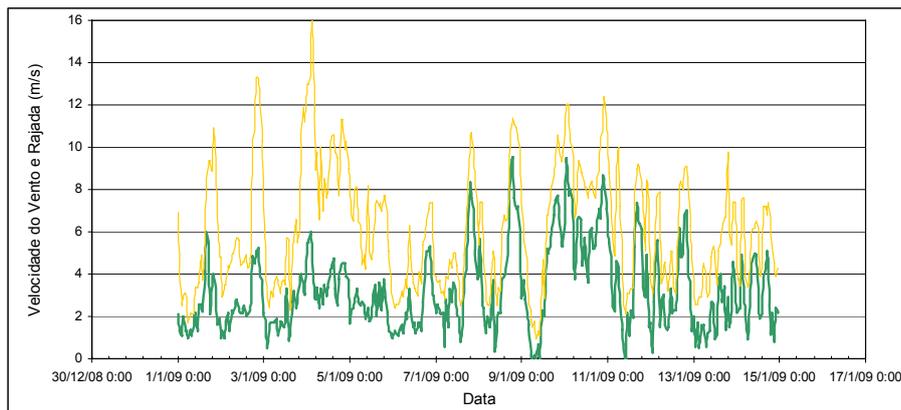


Figura 4.15 – Velocidade do vento e rajadas durante a pré-campanha e campanha

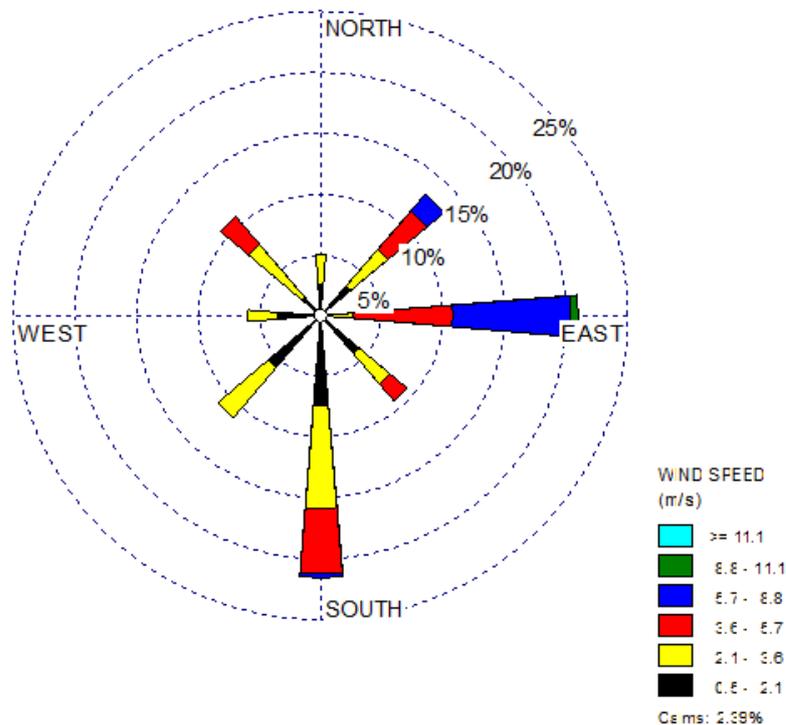


Figura 4.16 – Rosa dos ventos referente ao período da pré-campanha e campanha

Os resultados das medições realizadas (**Tabela 4.8**) confrontadas com o padrão de qualidade do ar (**Tabela 4.6**) mostram que a concentração média da campanha de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ equivale a 18% do padrão secundário de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, válido para a região. A maior concentração foi 25% deste limite e a menor, 12%, o que mostra a variação existente em função principalmente das condições meteorológicas.

Comparando-se ainda a concentração média do monitoramento ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$) com a média de todas as estações de Curitiba e Araucária (**Tabela 4.7**), que resulta em $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, verifica-se que o local apresenta 34% a menos de partículas totais em suspensão na atmosfera. Como as fontes das duas regiões são bem diferentes, não há

como extrapolar esta análise para as demais substâncias. Mas para uma grosseira comparação, linearizando com um fator de 0,66 para correção dos principais gases, resultaria em: 8,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para SO_2 , 19,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO_2 e 3568 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para CO, lembrando que o padrão secundário anual de cada substância é 40, 100 e 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Os dados de monitoramento e as características da região mostram que a qualidade do ar na área de influência do empreendimento está bem abaixo dos padrões legais.

Na falta de outras informações, os valores acima podem ser considerados como ordem de grandeza da concentração de fundo, levando em conta influência das fontes naturais e das atividades humanas da região, bem como a poluição transportada de outros locais pelas massas de ar.

4.1.2.4. Modelagem Matemática da Dispersão de Poluentes

Conforme descrito no item 2 - caracterização do empreendimento - de acordo com a fase do empreendimento, configuram-se diferentes tipos de emissão atmosférica de poluentes: durante a fase de planejamento a emissão é inexistente; na fase de construção, a mobilização de pessoas, a implantação do canteiro e as obras de terraplenagem e civis são responsáveis pela emissão de parcelas significativas de poluentes, principalmente material particulado; e na fase de operação do empreendimento a emissão será originada no processo de fabricação e montagem de tubos soldados e estruturas submarinas, movimentação de materiais, estocagem e embarque.

Durante a fase de implantação, o empreendimento contará com um número grande de máquinas, tratores, motores e equipamentos. A energia elétrica será fornecida através de geradores que alimentarão uma rede de distribuição provisória para o canteiro, os quais se constituem grandes consumidores de combustível e, conseqüentemente, principais fontes de emissão. O consumo de óleo diesel em veículos, máquinas e equipamentos e todos os demais serviços de implantação são responsáveis pela emissão de gases (destacando-se SO_x , NO_x e CO) e material particulado (fuligem e poeiras diversas).

Na fase de operação, os processos de produção de tubos e estruturas submarinas também utilizam diversos equipamentos fixos. Dentre alguns equipamentos de uso geral, destacam-se: 5 caminhões, 5 ônibus, 5 vans, 40 veículos leves, 6 empilhadeiras, 6 escavadeiras, 4 pás-carregadeiras, 1 retroescavadeira, 2 tratores de esteira, 1 compressor, 1 guindaste e 1 motoniveladora. A base terá 8 geradores (mais 6 reservas). Além desses, o processo de fabricação e montagem possui biseladora, extrusora, máquinas de solda, ultrassom, unidade de jateamento, unidade de pré-aquecimento, unidade de resfriamento, forno de indução e cabine de pintura. A **Tabela 4.9** mostra a emissão das principais substâncias de cada atividade do processo produtivo. Em alguns casos mostrados nessa tabela a emissão é indireta, como por exemplo: o jateamento das juntas é feito com granalhas de aço e utiliza como fonte a energia do gerador, assim, o uso do gerador é que é o responsável pela emissão dos gases.

Tabela 4.9 – Principais emissões de acordo com a atividade do empreendimento.

Atividade do processo produtivo	Principais Emissões
FABRICAÇÃO DE TUBOS SOLDADOS	
Recepção, descarga e armazenamento de tubos revestidos	MP ⁽¹⁾ e gases
Transporte de tubos para área de biselamento	MP
Biselamento de tubos	MP e gases
Acoplamento e soldagem de juntas (7 estações de solda)	MP, gases e calor
Ensaio não destrutivo (Ultrassom)	Gases
Jateamento das juntas soldadas	MP e gases
Limpeza e tratamento da junta jateada	MP e gases
Injeção de material na junta	MP, gases e calor
Resfriamento e marcação de junta revestida	Calor
Estocagem de tramos de 1300m no stalk rack	MP
ESTOCAGEM E EMBARQUE DE TUBOS SOLDADOS	
Manuseio, estocagem e armazenamento de stalks	MP
Biselamento de tubo	MP e gases
Acoplamento e soldagem de junta	MP, gases e calor
Ensaio não destrutivo (Ultrassom)	Gases
Jateamento da junta soldada	MP e gases
Limpeza e tratamento da junta jateada	MP e gases
Injeção de material na junta	MP e gases
Resfriamento e marcação de junta revestida	Calor
Enrolamento de stalks de 1300m no navio	MP e gases
FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS SUBMARINAS	
Recepção, descarga e armazenamento de materiais	MP e gases
Transporte de materiais para área de produção	MP e gases
Jateamento de peças metálicas soldadas	MP e gases
Montagem e soldagem de materiais e peças especiais	MP e gases
Ensaio não destrutivo	Gases
Acabamento e pintura	MP, gases, vapores e odores
Estocagem de peças acabadas	MP
OUTRAS ATIVIDADES	
Manutenção de estradas	MP e gases

(1) material particulado.

Da listagem de atividades mostrada, levam destaque como fontes de emissão: geradores de energia, cabine e unidade de jateamento, unidade de preaquecimento, cabine de pintura e máquinas de solda. Principalmente devido ao uso dos geradores,

veículos e máquinas, o consumo de óleo diesel previsto em 6.000 l/dia, durante o período de operação. Através de um balanço de massa e fatores de emissão da US-EPA, a agência norte-americana de meio ambiente (*Emission factors: external combustion sources, 1998*), chegou-se a valores de emissão apenas para o diesel utilizado, conforme **Tabela 4.10**.

Tabela 4.10 – Emissão proveniente da queima de óleo diesel.

Emissão	Unidade	MP	CO	NO _x	SO _x
Fator de emissão ⁽¹⁾	kg/10 ³ l	0,24	0,6	2,4	3,5 ⁽²⁾
Emissão diária ⁽³⁾	kg	1,44	3,6	14,4	20,7
Emissão anual	t	0,5	1,3	5,2	7,6

(1) fonte EPA (1998);

(2) considerando teor de enxofre de 2.000 ppm (0,2%);

(3) considerando consumo diário de 6.000 l.

Pode-se observar que a emissão total é de 14 toneladas anuais dos principais gases e partículas que são regulamentadas pelo Conama. A principal substância é o dióxido de enxofre, cuja emissão será 7,6 t por ano. A origem do enxofre é da própria composição do óleo diesel. Quanto menor o teor de enxofre no diesel, proporcionalmente menor será a emissão. Já existe disponível no Brasil diesel com teor de enxofre de 0,05%, que ainda é muito alto se considerado com outros países. A queima de diesel é a maior fonte de emissão de poluentes, mas além dessa deve-se contabilizar a emissão da cabine de pintura, dos processos de solda e outras fontes conforme já mencionado acima.

A partir do levantamento das emissões e considerando-se que a emissão de 14 toneladas anuais de poluentes apenas pela queima de diesel pode ser significativa, observou-se a necessidade de se quantificar o impacto na concentração do entorno. Ou seja, os poluentes lançados para a atmosfera sofrerão processos físicos de dispersão e o resultado pode ser quantificado a partir de modelos matemáticos capazes de calcular as concentrações com base nas condições topográficas e meteorológicas do local.

Por isso esta seção apresenta brevemente esta metodologia que foi utilizada a partir dos dados de emissão e condições meteorológicas locais, com base na estação de monitoramento de Pontal do Paraná, do Centro de Estudos do Mar.

O modelo de dispersão utilizado neste estudo é conhecido como ISCST3 – *Industrial Source Complex*, desenvolvido nos Estados Unidos, na EPA (U.S. *Environmental Protection Agency*) e utilizado mundialmente desde a década de 70. A versão utilizada aqui é a de 1995. Ele é também aceito como um “modelo regulatório”, ou seja, é metodologia padronizada por várias agências ambientais do mundo para apresentação de resultados de simulações e avaliação de impactos ambientais. Este modelo é classificado como Gaussiano, pois é baseado primariamente na teoria de distribuição estatística normal (Curva de Gauss) e é fundamentado na metodologia já descrita.

O sistema computacional é programado em linguagem FORTRAN e funciona, no mínimo, com dois arquivos de entrada: arquivo de definições e opções de simulação e arquivo de meteorologia. No primeiro estão definidas as opções de modelagem (cálculo de concentração, deposição, definição de área urbana ou rural e outras), a localização das fontes e seus parâmetros (taxa de emissão, altura e diâmetro da chaminé, velocidade e temperatura dos efluentes), localização dos receptores (pontos em que se deseja calcular as concentrações), especificação dos dados meteorológicos que serão utilizados (período, código da estação, altura de medição de vento) e as opções de saída (médias a serem calculadas, tabelas a serem geradas, etc.).

Outro arquivo necessário é o de meteorologia, que deve ter formatação adequada e conter informações necessárias para as simulações (direção e velocidade do vento, temperatura, precipitação, estabilidade atmosférica, altura de mistura - inversão térmica).

Resumidamente, o ISCST3 lê um arquivo de entrada, em que se definem várias opções de modelagem, os dados de meteorologia e gera arquivos de saída com as concentrações na região desejada, médias horárias, diárias e anuais.

Dentre as definições no arquivo de entrada, têm-se (a) opções da modelagem ou de controle, (b) as características das fontes, (c) definição dos pontos receptores, (d) a meteorologia e (e) opções de saída, detalhadas a seguir:

a) **OPÇÕES DE CONTROLE (CONTROL OPTIONS – CO):** onde se definem: cálculo de concentração, ocupação do solo no entorno predominantemente rural, substância simulada, altura para cálculo de concentração a partir do solo e elevação do terreno (neste caso, como a topografia é suave, considerou-se a opção *flat*);

b) **OPÇÕES DE FONTES (SOURCE OPTIONS – SO):** referem-se aos dados das fontes pontuais, com os seus parâmetros: coordenadas, taxa de emissão, temperatura e velocidade dos gases e altura de lançamento. Nesse caso, toda a emissão foi considerada concentrada em uma área com raio de 100 m, no centro da área de produção;

c) **OPÇÕES DE RECEPTORES (RECEPTOR OPTIONS – RE):** foram gerados 216 receptores, onde se calcularam as concentrações, a partir de setores de 10 a 360°, com intervalos de 10° com 6 circunferências de 500 até 5.000 m de raio a partir do centro da região de emissão;

d) **OPÇÕES DE METEOROLOGIA (METEOROLOGY OPTIONS – ME):** o arquivo de meteorologia contém um ano completo de dados horários de meteorologia para a região de Pontal do Paraná (ano de 2006), com cálculo de parâmetros secundários e formatado exclusivamente para uso no ISCST3, com dados obtidos pela estação;

e) **OPÇÕES DE SAÍDA (OUTPUT OPTIONS – OU):** são gerados resumos de máximas concentrações horárias e outros arquivos secundários contendo para

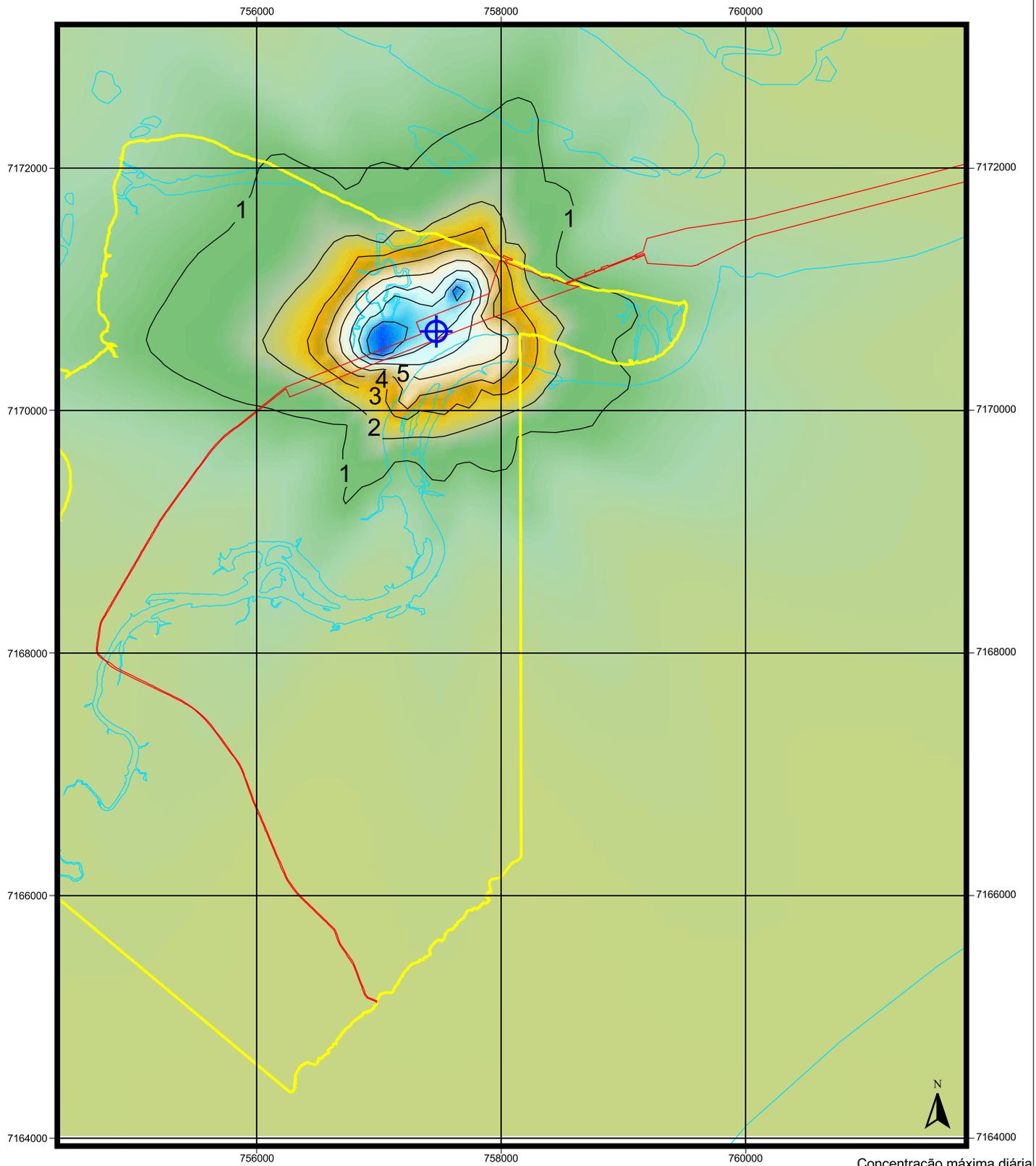
todos os pontos simulados os valores máximos de 24 horas e anuais, para posterior mapeamento e interpretação.

A área considerada na simulação é a que está demonstrada na **Figura 4.17**, onde se observa também o local de emissão, onde se considerou toda a emissão concentrada em uma área de 100 metros de raio.

Optou-se por avaliar a substância cuja emissão tem o maior valor: os óxidos de enxofre totalizam uma emissão diária de 20,7 kg, que foi distribuída na área de 100 m de raio, resultando em $7,6e-06 \mu\text{g}/\text{sm}^2$ de taxa de emissão. O resultado da simulação, considerando-se um ano completo de condições meteorológicas das diferentes estações, mostra que o maior impacto anual é da ordem de apenas $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (o que será acrescentado à concentração de fundo da região). Esse valor é bastante baixo, se comparado com o padrão secundário (mais rígido) de qualidade do ar para essa substância, que vale $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo a relação entre eles de 3,75%.

Na média anual, no entanto, consideram-se todos os valores horários em cada ponto calculado e, por isso, os valores podem se atenuados, já que a ação do vento resulta em concentrações nulas em locais situados a montante do vento. Por isso, deve-se também avaliar se em situações críticas de condições meteorológicas desfavoráveis para a dispersão, não pode haver valores diários elevados. Na média diária, o maior valor foi de $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nesse caso, o padrão de 24 horas é maior do que o anual, sendo permitido valor diário de até $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Novamente o impacto está bem abaixo, mesmo se for considerado que já existe concentração de fundo originada nas demais fontes da região e transportadas pelo vento. A relação entre a máxima concentração e o padrão secundário é, nesse caso, 14%.

A **Figura 4.17** mostra a distribuição da poluição no entorno, calculada para SO_x mas válida para se determinar as áreas mais poluídas, em termos das máximas diárias (envoltória), no entorno do empreendimento. Observa-se que o maior impacto, que chega a $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, deverá ocorrer na área de produção, perto das fontes. Com o afastamento a concentração diminui bastante, chegando a valores menores do que $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em um raio de 2 quilômetros. No limite externo da ADA, ou seja, na AID, a concentração não passa de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Os ventos predominantes (ano de 2006, conforme mostrado no diagnóstico) são de sul, leste e nordeste, o que justifica os maiores impactos nas regiões opostas a essas, o lado oeste.



Concentração máxima diária



Consultoria & Engenharia Ambiental

Andréia

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da propriedade
- Hidrografia
- Implantação do empreendimento
- Isolinhas
- ⊕ Localização da Fonte de Emissão

800 0 800 1600 m



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

µg/m³

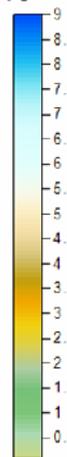


Figura 4.17 - Mapa de concentrações diárias máximas incrementais de SOx na área de influência

Para as demais substâncias, sendo as condições topográficas e meteorológicas as mesmas e as taxas de emissões menores, os resultados das concentrações geradas também serão inferiores.

Conclui-se, portanto, que mesmo considerando-se o pior cenário, as concentrações que serão acrescentadas na área de influência não serão suficientes para alterar as concentrações a níveis indesejáveis. Deve-se considerar também que a vegetação que permanecerá no entorno do empreendimento funcionará como uma barreira para a dispersão dos poluentes, podendo reduzir ainda mais as concentrações incrementais na AID.

4.1.3. Níveis de Ruídos

A poluição sonora ocorre através do ruído, considerado um som indesejável sendo uma forma grave de agressão à saúde pública e ao meio ambiente. Essa poluição pode ser definida como a emissão de qualquer ruído pelas atividades humanas, seja comercial, industrial, social ou recreativa, que ultrapasse determinados valores, confrontando o conforto e o bem-estar da população.

O ruído pode ser classificado quanto ao espectro de frequência (grande parte da frequência audível, poucos tons audíveis, predomínio de poucas frequências, tom puro e predomínio de altas ou baixas frequências) e quanto à variação no tempo (contínuo, intermitente, impacto ou impulso).

Destaca-se que as fontes naturais de emissão de ruídos, geralmente não causam poluição sonora, apenas mal-estar passageiro. Já as fontes artificiais de emissão de ruídos são as causadoras de poluição sonora, como as provenientes das atividades humanas nas aglomerações urbanas.

Na poluição ambiental urbana, o ruído ambiental é uma consequência direta não desejada das atividades que ocorrem nas grandes cidades. O ruído de vizinhança é considerado o ruído gerado a partir de fontes externas a edificações, como comércio, bares e boates com música, academias de ginásticas, instalações de exaustão mecânica, etc. Estão incluídos na definição de ruídos, voltados para edificações, as fontes internas de edificações vizinhas, tais como sistema de ar-condicionado, casa de máquinas, playground, aparelhos eletrodomésticos, entre outros.

O ruído é, atualmente, uma das principais causas de degradação da qualidade do ambiente urbano, sendo os transportes os principais responsáveis, mas não únicos, pois existem outras fontes perturbantes como indústria, comércio, ruído de vizinhança, etc. Estes altos níveis de ruídos urbanos têm se transformado em uma das formas de poluição mais preocupantes. Os valores registrados acusam níveis de desconforto tão altos que a poluição sonora urbana passou a ser considerada como a forma de poluição que atinge o maior número de pessoas, sendo a terceira entre as principais doenças ocupacionais.

Para o homem, o limite tolerável é de 65 dB(A), e para ruídos acima de 85 dB(A) aumenta o risco de comprometimento auditivo. Para mensurar a amplitude da poluição

sonora, deve-se levar em conta, além do nível de barulho, também o tempo de exposição. Em estudos da Organização Mundial da Saúde (OMS), verificou-se que depois da poluição da água e do ar, a poluição sonora é a que mais agride os sentidos humanos. Na **Figura 4.18** são apresentados alguns valores típicos de emissão de ruídos e os níveis que causam perturbação.



Figura 4.18 – Valores típicos de emissão de ruídos

O ruído é um fato comum nos grandes centros urbanos, sendo considerado o tráfego como o maior contribuinte e incômodo para os níveis sonoros, apresentando-se acima de 66 dB(A), quando o tolerável é 65 dB(A). Os efeitos dos ruídos podem ser divididos basicamente em três grupos: efeitos subjetivos (insatisfação, perturbação, incômodo, aborrecimento, etc.), efeito sobre o desenvolvimento de uma atividade específica (falta de atenção, distúrbio do sono, interferência na comunicação verbal, etc.) e efeitos psicofisiológicos (ansiedade, reações de susto, depressão, dor de cabeça, etc.). Estudos demonstram que para um relaxamento total durante o sono é necessário um nível de ruído de 39 dB(A), já a Organização Mundial da Saúde estabelece 55 dB(A) como o nível médio de ruído para uma pessoa viver bem.

O ruído industrial constitui um objeto de estudo de grande relevância devido principalmente, às doenças ocupacionais e às indenizações trabalhistas geradas. Destaca-se que o ruído industrial engloba basicamente a preocupação com o trabalhador dentro da indústria. Desta forma, mesmo o ambiente de estudo sendo considerado uma área industrial, será utilizada uma comparação com os níveis de ruídos urbanos. Tais estudos não se preocupam apenas com o trabalhador, mas principalmente com o ambiente em que a fonte geradora de ruído está inserida.

4.1.3.1. Aspectos Legais em Relação aos Ruídos

A poluição sonora e o conforto acústico estão regulamentados em leis de esfera nacional. A Resolução Conama 01/90 estabelece critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive de propaganda política. A Resolução Conama n. 02/90 institui o Programa Nacional de Educação e Controle de Poluição Sonora, denominado de “Silêncio”, e Resolução Conama n. 252/99, que dispõe sobre os limites máximos de ruídos nas proximidades do escapamento para veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados nacionais e importados.

A legislação NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todas as instituições, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Esse programa engloba os riscos químicos (produtos que possam penetrar na via respiratória ou que possam ter contato ou ser absorvidos através da pele ou ingestão), riscos físicos (diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, entre eles ruídos) e riscos biológicos, existentes ou que venham existir no ambiente de trabalho, tendo em vista a proteção dos trabalhadores, bem como dos recursos naturais.

Ainda a nível federal, existem as normas técnicas da ABNT, NBR 10151 que fixam as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, especificando métodos para a medição de ruído, aplicação de correções nos níveis medidos e comparação com os níveis corrigidos. A NBR 10152 fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

De acordo com a Portaria MINTER n. 92 de 19 de junho de 1980, são considerados ruídos prejudiciais à saúde, à segurança e ao sossego público os que atinjam mais de 70 (setenta) dB(A) durante o dia e 60 (sessenta) dB(A) durante a noite, em ambiente exterior.

4.1.3.2. Ruídos na Área de Influência do Empreendimento

Para posterior avaliação de impacto sobre os níveis de ruídos atuais da região, é necessário conhecer a situação anteriormente à implantação do empreendimento.

A área de influência direta do empreendimento apresenta-se sem ocupação urbana, e segundo pesquisa feita na vizinhança, quase que diariamente há presença de pessoas a pé ou com bicicletas que usam a estrada existente para pescar no rio

Maciel, e mais esporadicamente alguns grupos com motocicletas acessam a propriedade para praticar *rally*.

Portanto, a poluição sonora na área é praticamente inexistente, ocorrendo apenas alguns picos de ruídos, devido à prática de *rally*, pois os ruídos produzidos diariamente se devem à fauna local, não se caracterizando como poluição sonora.

4.1.3.3. Metodologia de Medição dos Ruídos

Existem diversos métodos de medição para ruídos; todos têm por objetivo encontrar um valor que represente de forma significativa, em decibéis, a variação de pressão sonora do som.

As variações de nível de um ruído flutuante podem ser representadas pelo Nível de Som Contínuo Equivalente (L_{eq}). Neste método é obtido um nível de ruído contínuo que possui a mesma energia acústica que as originais, durante um período de tempo.

De acordo com a NBR 10.151/87, o ruído urbano, que é um ruído que varia com o tempo, deve ser determinado através do nível sonoro equivalente, utilizando-se o nível sonoro equivalente (L_{eq}), por meio de uma análise estatística da história temporal do nível sonoro em dB (A), através da seguinte fórmula:

$$L_{eq} = 10 * \log_{10} 1/100 * \sum t_i * 10^{L_i/10}$$

Onde:

L_i = nível sonoro correspondente ao ponto médio da classe i , em dB (A);

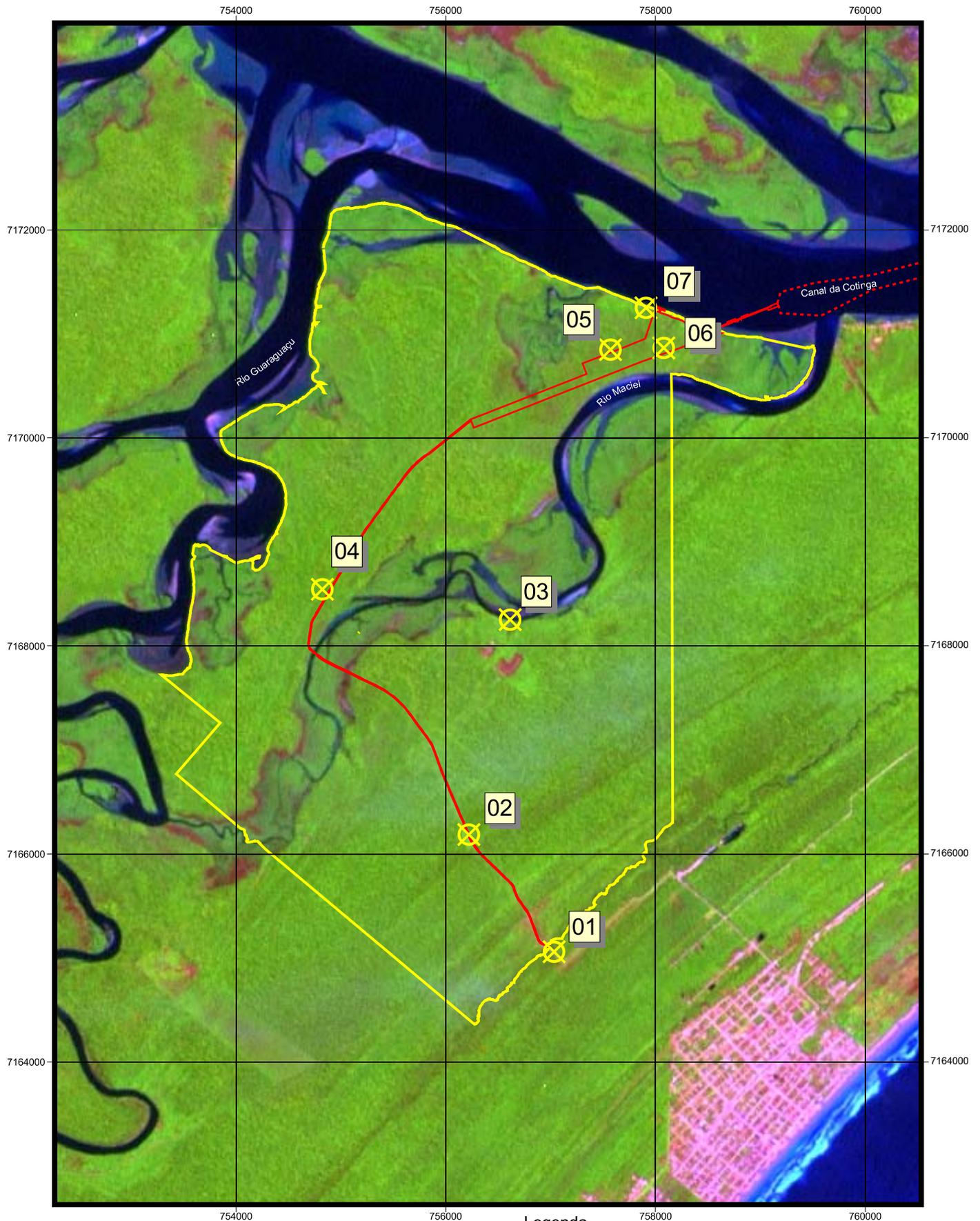
t_i = intervalo de tempo (expresso em percentagem do período de tempo relevante ou representativo escolhido) para o qual o nível sonoro permanece dentro dos limites da classe i .

Para as medições de ruídos foi utilizado aparelho decibelímetro – medidor de pressão sonora - modelo DEC 460 marca Instrutherm.

As medições ocorreram em 07 (sete) pontos no empreendimento, conforme **Tabela 4.11** e **Figura 4.19**.

Tabela 4.11 – Pontos de monitoramento de ruídos no empreendimento.

Ponto de monitoramento	Coordenadas
1	757.012 X e 7.165.067 Y
2	756.218 X e 7.166.193 Y
3	756.600 X e 7.168.275 Y
4	754.800 X e 7.168.546 Y
5	757.555 X e 7.170.859 Y
6	758.068 X e 7.170.859 Y
7	757.897 X e 7.171.251 Y



Andréia

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da propriedade
- Implantação do empreendimento
- - - Área de manobra de embarcações
- - - Vias não pavimentadas
- Localização dos pontos de medição de ruídos
- Identificação dos pontos de medição de ruídos



Projeção Universal Transversa de Mercator
 Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



Figura 4.19 - Mapa de localização dos pontos de medição de ruídos

Esta análise representa uma caracterização inicial, anterior à implantação do empreendimento, como forma de verificação do nível de ruído atual da região. Dessa forma, optou-se por coletar dados em pontos localizados na ADA, tanto na área projetada para produção quanto na área projetada para a estrada de acesso e acesso marítimo. Da

Figura 4.20 à Figura 4.26 é possível verificar o aspecto dos locais onde foram realizadas medições do nível de ruídos.

Os pontos 01 e 02 referem-se ao local onde será construída a estrada de acesso na porção próxima ao Balneário de Shangri-lá. Vale lembrar que nesse trecho ocorre esporadicamente a produção de ruídos pelo tráfego de motos e carros que acessam a propriedade pela estrada existente, porém, no momento das medições não houve produção de ruídos desta natureza.

O ponto 03, apesar de não estar localizado exatamente na ponte prevista de acesso à ilha, possui as mesmas características. Esse ponto também pode sofrer influência de ruídos esporadicamente pelo tráfego de veículos que acessam a propriedade pela estrada existente e ainda de embarcações no rio Maciel, porém no momento das medições não foi observada essa interferência.



Figura 4.20 – Ponto 1: trecho inicial da estrada de acesso existente



Figura 4.21 – Ponto 2: trecho mediano da estrada de acesso existente



Figura 4.22 – Ponto 3: final da estrada existente, às margens do rio Maciel

O ponto 04 foi disposto no trecho projetado para construção da estrada de acesso na porção da ilha. Nesse ponto, atualmente, não ocorre interferência humana pelo tráfego de veículos.



Figura 4.23 – Ponto 4: local projetado para a estrada de acesso na porção da ilha

Os pontos 05, 06 e 07 representam os locais onde estão projetadas as estruturas de operação da base propriamente dita, como embarque de tubos soldados, área administrativa, galpão de soldagem e cais para atracação de barcaças.



Figura 4.24 – Ponto 5: local projetado para embarque de tubos soldados (“stalk racks”)



Figura 4.25 – Ponto 6: local projetado para área administrativa e galpão de soldagem



Figura 4.26 – Ponto 7: local próximo ao projetado para construção do cais

4.1.3.4. Níveis de Ruídos Encontrados na ADA

Na **Tabela 4.12** são apresentados os níveis de ruídos encontrados em cada um dos pontos observados, como data, horário e duração.

Tabela 4.12 – Níveis de ruídos observados nos pontos de monitoramento.

Ponto	Data	Horário	Duração	Mínimo dB(A)	Máximo dB(A)	L _{eq} dB(A)
1	15/01/2009	17:46	5 min	35,9	41,2	37,83
2	28/10/2008	11:31	5 min	44,4	50,0	46,04
3	21/10/2008	13:55	5 min	39,9	48,8	45,35
4	21/10/2008	12:50	5 min	35,7	45,0	41,97
5	16/10/2008	14:40	5 min	34,7	40,1	36,48
6	16/10/2008	13:31	5 min	35,3	45,0	38,59
7	22/10/2008	12:35	5 min	36,1	55,4	48,38

O monitoramento de ruídos foi realizado no período diurno, com duração de 5 minutos em cada ponto. Todos os pontos analisados estiveram abaixo de 50 dB(A), bem abaixo do limite estabelecido pela legislação, que é de 70 dB(A). Salienta-se que essa comparação está sendo realizada com normas para ruídos urbanos, pois as mesmas consideram o nível de ruído no ambiente para a saúde e o sossego público, e não com normas de ruídos industriais, que consideram basicamente a sua interferência com a saúde e segurança dos trabalhadores durante o tempo de exposição dentro do local de trabalho.

Percebe-se que nenhum dos pontos apresentou poluição sonora, ou seja, ruídos provenientes de atividade humana acima dos valores estabelecidos pela legislação para a saúde e sossego público. Lembrando que no momento das medições não houve interferência dos ruídos produzidos esporadicamente pelo tráfego de veículos e embarcações na região, não sendo possível relatar a influência exata dos mesmos na poluição sonora.

Foram observados diversos picos de ruídos, os quais têm origem natural, como pássaros e eventos climáticos como ventos fortes.

De uma forma geral, o lugar apresenta níveis de ruídos dentro dos padrões permitidos pela legislação. Essas informações são importantes durante a construção do empreendimento, visto que os padrões de ruídos e perturbação ao entorno não podem exceder os valores estabelecidos, e por isso programas de monitoramento devem ser implantados não só durante a construção, quando provavelmente ocorrerão os maiores impactos, mas também durante a operação, a fim de direcionar ações para redução da poluição sonora, procurando atender além dos níveis exigidos à saúde humana e níveis adequados à manutenção da fauna no entorno. Na operação poderão ser adotadas medidas mitigadoras, como a intervenção direta na fonte, por exemplo, medidas de controle na transmissão como o enclausuramento de máquinas e a utilização de materiais de absorção, além da utilização de protetores auditivos para os trabalhadores, levando-se em consideração o espectro de frequência do ruído presente no local.

4.1.4. Geologia e Geomorfologia

4.1.4.1. Geologia

4.1.4.1.1. Metodologia

Os procedimentos metodológicos utilizados para a geologia, além da pesquisa bibliográfica e utilização de fontes secundárias, foram: interpretação estereoscópica de fotografias aéreas, observações de campo, sondagens geotécnicas nas áreas emersas e submersas e amostragens de sedimentos superficiais de fundo do estuário.

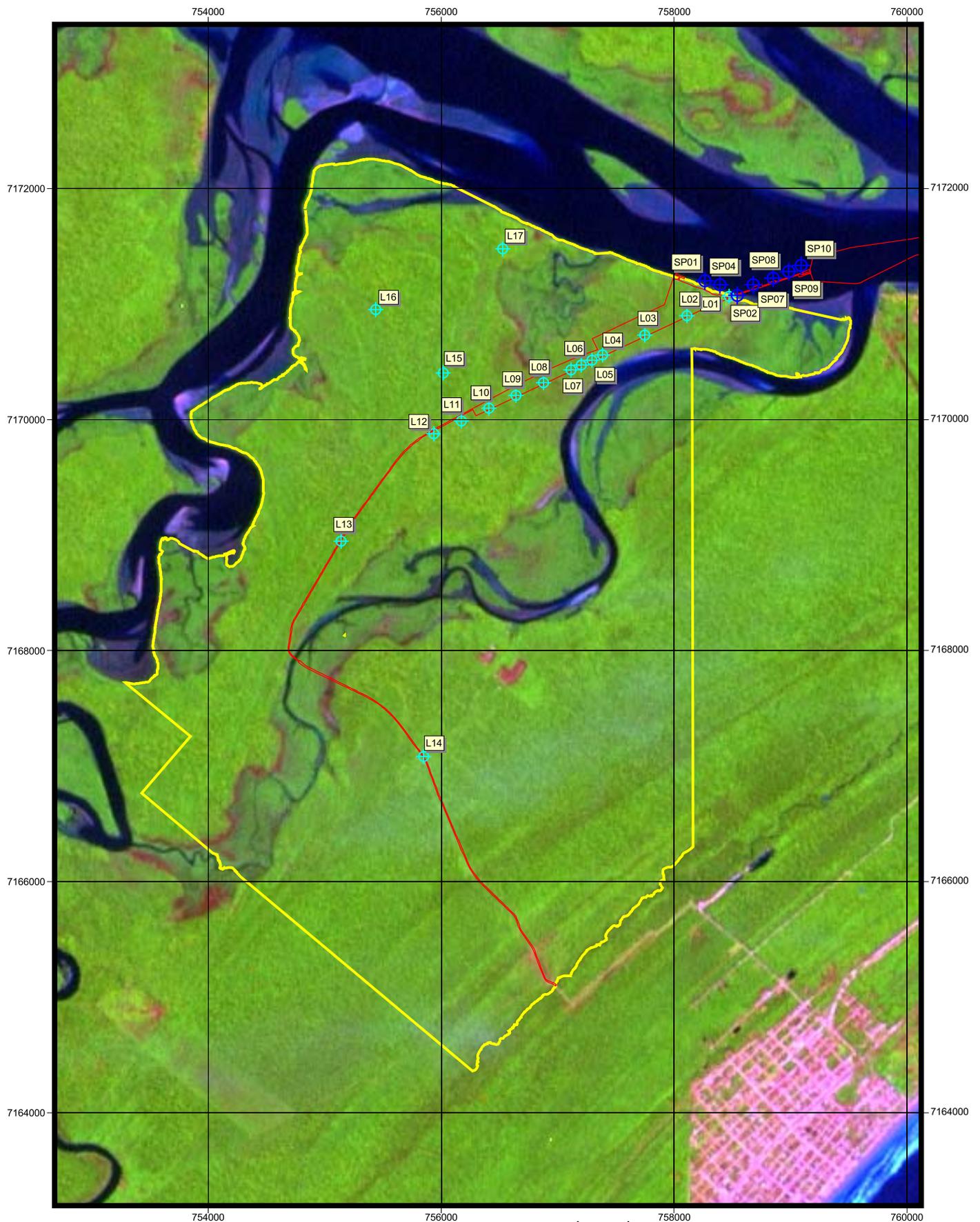
Para a fotointerpretação foram utilizadas fotografias aéreas dos anos de 1953, 1980 e 2003 na escala de 1:25.000 e do ano 1997 na escala de 1:8.000.

As sondagens geotécnicas foram realizadas pelo método de percussão convencional, e os resultados são apresentados em fichas técnicas no **Anexo V**. Em terra, foram realizadas 17 sondagens, na ADA, conforme distribuição e localização indicada apresentada na **Tabela 4.13**. No que respeita à porção de estuário, foram feitas oito sondagens, para cuja realização utilizou-se um batelão. A **Figura 4.27** mostra a localização dos pontos de sondagem relacionados na tabela a seguir.

Tabela 4.13 – Coordenadas geográficas, em UTM, das sondagens geotécnicas nas áreas emersa e submersa na ADA e AID.

Número	Eixo X	Eixo Y
Submersa		
SP01	758261	7171200
SP02	758492	7171028
SP04	758334	7171121
SP07	758630	7171120
SP08	758803	7171178
SP09	758937	7171237
SP10	759043	7171290
Emersa		
L1	758471	7171064
L2	758108	7170898
L3	757745	7170729
L4	757384	7170557
L5	757294	7170514

Número	Eixo X	Eixo Y
L6	757203	7170472
L7	757112	7170430
L8	756878	7170318
L9	756642	7170208
L10	756407	7170096
L11	756171	7169988
L12	755936	7169876
L13	755138	7168946
L14	755848	7167081
L15	756017	7170403
L16	755438	7170953
L17	756529	7171476



Assinatura

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da propriedade
- Implantação do empreendimento
- ⊕ Localização dos Furos de Sondagem Geotécnica em Terra
- ⊕ Localização dos Furos de Sondagem Geotécnica em Mar
- n. Identificação dos Furos de Sondagem Geotécnica



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



Figura 4.27 - Mapa da Localização e Identificação das Sondagens Geotécnicas

Para a caracterização dos sedimentos de fundo na ADA e AID, foi realizada uma campanha de amostragem visando a caracterizar a área, na qual foram definidos 26 pontos amostrais conforme indicado na **Tabela 4.14**. A **Figura 4.28** apresenta a localização dos pontos amostrados. A campanha foi realizada no dia 15 de abril de 2009. Os sedimentos foram obtidos com uma draga busca-fundo do tipo *Van-veen* e a localização dos pontos foi determinada por meio de um GPS de navegação.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, isoladas da temperatura ambiente em caixa térmica e conduzidas para o Laboratório de Sedimentologia (LabSed) do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, com sede no Centro Politécnico, em Curitiba.

As análises granulométricas foram realizadas por métodos convencionais, adotando-se o peneiramento para partículas mais grossas do que 0,062 mm (frações areia) e pipetagem para frações mais finas (silte e argila). A escala granulométrica empregada foi a de Wentworth (1922) e os intervalos de pipetagem foram calculados segundo a lei de Stokes, sob temperatura constante de 20°C (SUGUIO, 1973; GIANNINI, 1987).

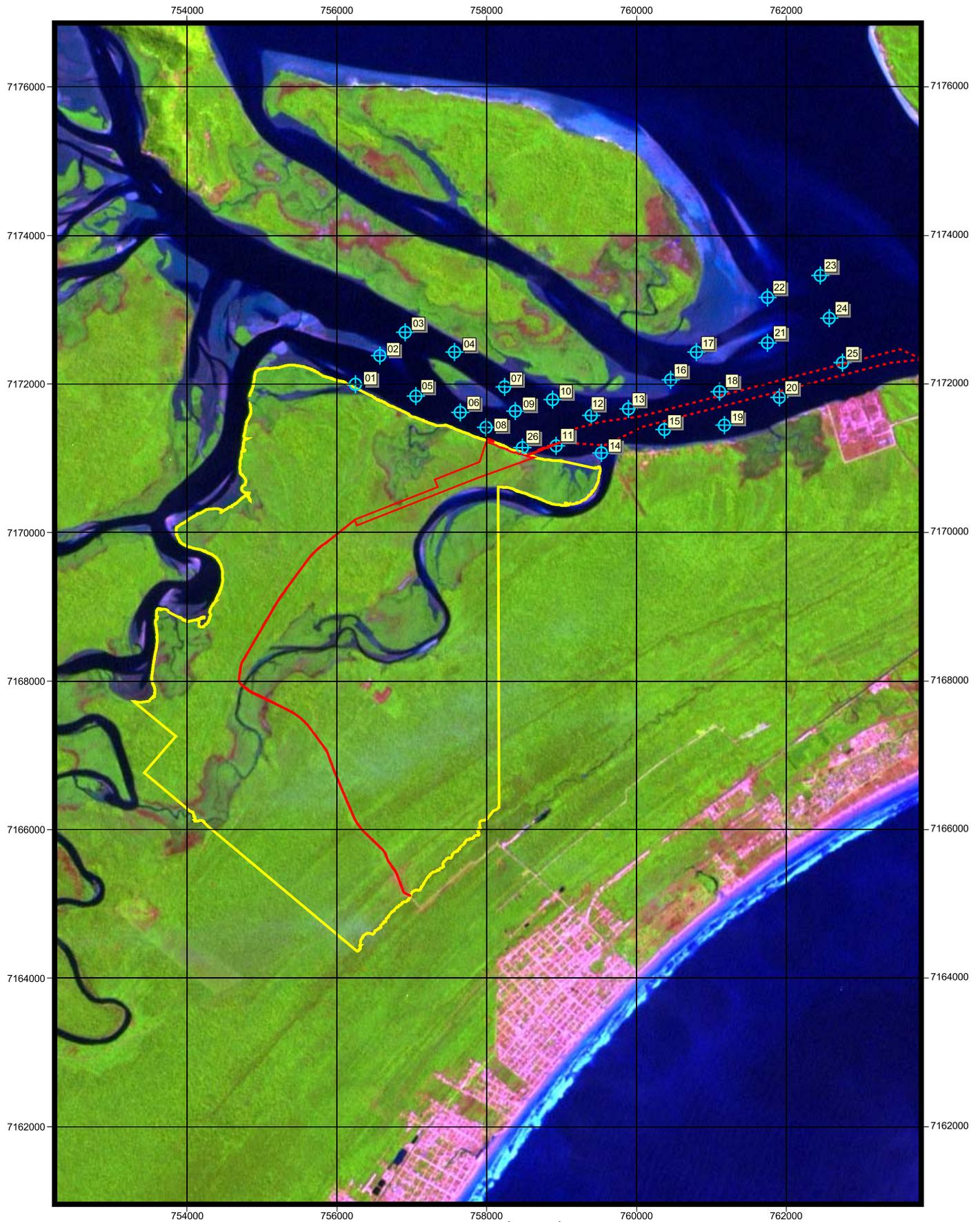
Os teores de matéria orgânica presente nos sedimentos foram calculados a partir do tratamento de 10 gramas de material com peróxido de hidrogênio a 30% de volume até cessar a reação, e os de carbonatos totais foram obtidos a partir da reação de 10 gramas de sedimento com ácido clorídrico (HCl) a 10% de volume até cessar a reação (SUGUIO, 1973; GIANNINI, 1987). Para a determinação dos parâmetros estatísticos, média granulométrica, assimetria, grau de seleção e curtose foi usado o software *Sysgran 2.4* (CAMARGO, 1999) e os valores calculados pelo método de McCammon (b) (1962) para a média granulométrica que apresenta eficiência de 97% e pelo método de Folk e Ward (1954) para os parâmetros grau de seleção e assimetria. A partir dos resultados obtidos, foram elaborados mapas de isolinhas utilizando-se o método de interpolação *kriging* no software *Surfer 7.0* da *Golden Software Corporation*.

A metodologia para caracterização da qualidade dos sedimentos será descrita em item específico detalhadamente para cada parâmetro analisado.

Tabela 4.14 – Coordenadas geográficas, em UTM, dos pontos amostrais de sedimentos de fundo do estuário na ADA e AID.

Ponto	Latitude (m)	Longitude (m)
1	756241	7171992
2	756566	7172379
3	756909	7172693
4	757567	7172427
5	757050	7171833
6	757644	7171615
7	758235	7171958
8	757987	7171412

Ponto	Latitude (m)	Longitude (m)
9	758379	7171633
10	758877	7171788
11	758922	7171165
12	759391	7171571
13	759889	7171663
14	759531	7171069
15	760373	7171382
16	760454	7172054
17	760797	7172427
18	761107	7171896
19	761170	7171445
20	761905	7171818
21	761746	7172553
22	761746	7173162
23	762451	7173457
24	762573	7172881
25	762747	7172287
26	758470	7171140



Andréia

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da propriedade
- Implantação do empreendimento
- - - Área de Manobra de Embarcações
- Localização dos Pontos de Coleta de Sedimentos do Fundo Estuarino
- Identificação dos Pontos de Coleta de Sedimentos do Fundo Estuarino

1000 0 1000 2000 m



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



Figura 4.28 - Mapa de Localização dos Pontos de Amostras de Sedimentos de Fundo

4.1.4.1.2. Caracterização da All

Na All do empreendimento, definida como a planície costeira de Paranaguá, o setor externo da baía de Paranaguá e plataforma interna adjacente, a geologia é composta por dois domínios geológicos principais: (a) as rochas cristalinas do escudo de idade pré-cambriana e (b) a cobertura sedimentar cenozóica.

Escudo

O escudo é composto principalmente por rochas ígneas e metamórficas de alto grau. Conforme trabalho de síntese sobre a geologia do estado do Paraná (MINEROPAR, 1989), a All localiza-se no bloco costeiro da área de escudo. Nele, podem-se distinguir cinco unidades principais: (I) complexo granulítico Serra Negra do Arqueano; (II) complexo gnáissico migmatítico costeiro do Proterozóico Inferior, constituído principalmente por granitos gnáissicos e de anatexia e migmatitos; (III) suíte granítica folhada do Proterozóico inferior, constituída por granitos e granitóides embrechíticos; (IV) granitos e sieno-granitos, representados na área pelo granito do Alto Turvo de Proterozóico Superior e (V) granitos subalcalinos e alcalinos do Cambriano, representados pelos granitos Marumby, Graciosa, Anhangava, Serra da Igreja e Morro Redondo. Também ocorrem (VI) a Formação Guaratubinha de idade cambriana, composta por vulcanitos intermediários e ácidos e rochas sedimentares, tais como conglomerados, arcóseos, siltitos e argilitos e (VII) intrusivas básicas mesozóicas, principalmente diabásios e dioritos, que ocorrem sob a forma de um enxame de diques.

Com relação às estruturas geológicas da All, os principais alinhamentos no embasamento são predominantemente de direção NE-SW. Na região de Paranaguá-Guaratuba, atingem orientação N20-30E até N-S. Ao norte da baía de Paranaguá, os alinhamentos mudam de direção para N50-60 E próximos à costa, fixam-se em N30-40E (FUCK et al., 1969). Dentre as estruturas regionais, destaca-se o Arco de Ponta Grossa (ALMEIDA, 1976). O arco é uma estrutura alongada, cujo eixo tem orientação NW. Durante o magmatismo mesozóico, devido ao intenso fraturamento distensivo, o arco se constituiu numa via preferencial de ascensão do magma. Isso é evidenciado pelo grande enxame de diques de rochas básicas (ALMEIDA, 1976; 1982).

Segundo Zalán e Oliveira (2005), a configuração geral da costa brasileira foi determinada pela abertura do Oceano Atlântico durante o Mesozóico. A costa do estado do Paraná localiza-se num amplo arco que vai de Cabo Frio, na latitude de 23°S, até a ilha de Santa Catarina, na latitude de 28°S. O arco corresponde à borda da bacia sedimentar de Santos, que está definida pelos altos estruturais de Cabo Frio e Florianópolis. A bacia de Santos, que possui mais de oito quilômetros de espessura de sedimentos, foi alimentada pelo soerguimento da Serra do Mar, que seria um grande planalto criado entre 89 e 65 milhões de anos atrás (ZALÁN e OLIVEIRA, 2005). A existência de um grande planalto ao lado de uma bacia sedimentar subsidente originou instabilidade isostática, dando início a colapsos gravitacionais há 58 milhões de anos (ZALÁN e OLIVEIRA, 2005). Nos 30 milhões de anos seguintes, a crosta continental foi fraturada, formando-se uma série de grabens e *horsts* paralelos à costa (ZALÁN e

OLIVEIRA, 2005), que formam as características escarpas rochosas que limitam as planícies costeiras.

Com relação à neotectônica, Riccomini et al. (1989) se referem que no sistema de riftes da Serra do Mar ocorrem falhamentos de provável idade Pleistoceno Superior e Holoceno, que, possivelmente, seriam ativas até o presente.

Cobertura sedimentar

A cobertura sedimentar pode ser dividida na parte emersa e na parte submersa. Embora essa divisão seja arbitrária, ela se justifica, pois as técnicas de mapeamento e investigação utilizadas em áreas emersas e submersas são geralmente distintas.

O mapeamento geológico da cobertura sedimentar emersa vem sendo revisado e detalhado desde o trabalho pioneiro de Bigarella em 1946. Cartas geológicas para a região foram publicadas por Bigarella e Doubek (1963), Rivereau et al. (1969), Martin et al. (1988) e Angulo (1992). No último mapeamento geológico (ANGULO, 2004), foram reconhecidas unidades sedimentares continentais e costeiras. Dentre as continentais, foram reconhecidas a Formação Alexandra do Mioceno Inferior e leques aluviais, tálus, colúvios e sedimentos fluviais do Quaternário. Dentre os costeiros, a planície costeira com cordões litorâneos, dunas frontais, depressões intercordões, praias, planícies de maré, fundos rasos, deltas de maré e sedimentos paleoestuarinos, do Pleistoceno Superior e do Holoceno.

Sedimentos continentais

Os principais depósitos de origem continental são os de leques aluviais e os fluviais. Os sedimentos de leques aluviais são caracterizados por cascalhos sustentados pela matriz com seixos e matações de até vários metros de diâmetro e matriz arenoargilosa (ANGULO, 1992; 2004). Na parte distal dos leques, observam-se cascalhos sustentados pela matriz, correspondentes a fluxos de detritos intercalados com cascalhos fluviais sustentados pelos seixos. Os sedimentos mais finos que compõem os leques são arcóseos argilosos e lamias correspondentes a fluxos de lama, com sedimentos predominantemente muito mal selecionados e muito assimétricos. As principais fácies sedimentares encontradas podem ser atribuídas a fluxos densos de lama e detritos e a fluxos trativos fluviais (ANGULO, 1992; 2004). As idades dos depósitos de leques aluviais vão desde o Mioceno Inferior (Formação Alexandra) até Holoceno. Os sedimentos fluviais são caracterizados por cascalhos clasto-suportados, areias e lamias. Os cascalhos e as areias correspondem a depósitos de canal e barras em pontal de rios meandantes e os depósitos finos às planícies de inundação e meandros abandonados. A maioria desses depósitos é do Quaternário (ANGULO, 1992; 2004).

Sedimentos costeiros

Os sedimentos das planícies costeiras com cordões litorâneos são de textura arenosa homogênea, predominando areias finas e muito finas, bem e muito bem selecionadas (BIGARELLA et al., 1978; TESSLER e SUGUIO 1987; ANGULO, 1992;

2004). São sedimentos depositados em ambientes clásticos dominados por ondas. No Paraná, foram identificados depósitos do Pleistoceno Tardio e Holoceno (ANGULO, 1992; 2004). Entre os cordões litorâneos da planície costeira, ocorrem depressões rasas, estreitas e alongadas, com largura inferior a 100 metros e comprimento que pode atingir 13 quilômetros, denominadas brejos intercordão (ANGULO, 1992; 2004). Os sedimentos são arenosos com abundantes restos vegetais e matéria orgânica.

Os sedimentos paleoestuarinos apresentam predomínio de areias, ocorrendo também areias argilosas e siltosas e silte argiloarenoso, sendo que os teores de silte e argila podem variar de 0% a 70%. Tais depósitos correspondem a áreas de antigos estuários, lagunas e manguezais, em épocas que o mar era mais alto que o atual, durante o Pleistoceno Tardio e o Holoceno (ANGULO, 1992; 2004).

Os sedimentos de planícies de maré são arenosos com teores variáveis de finos e matéria orgânica (BIGARELLA, 1946; SILVA et al., 1981; MARTIN e SUGUIO, 1986; MARTIN et al., 1988; LANA e GUISS, 1991).

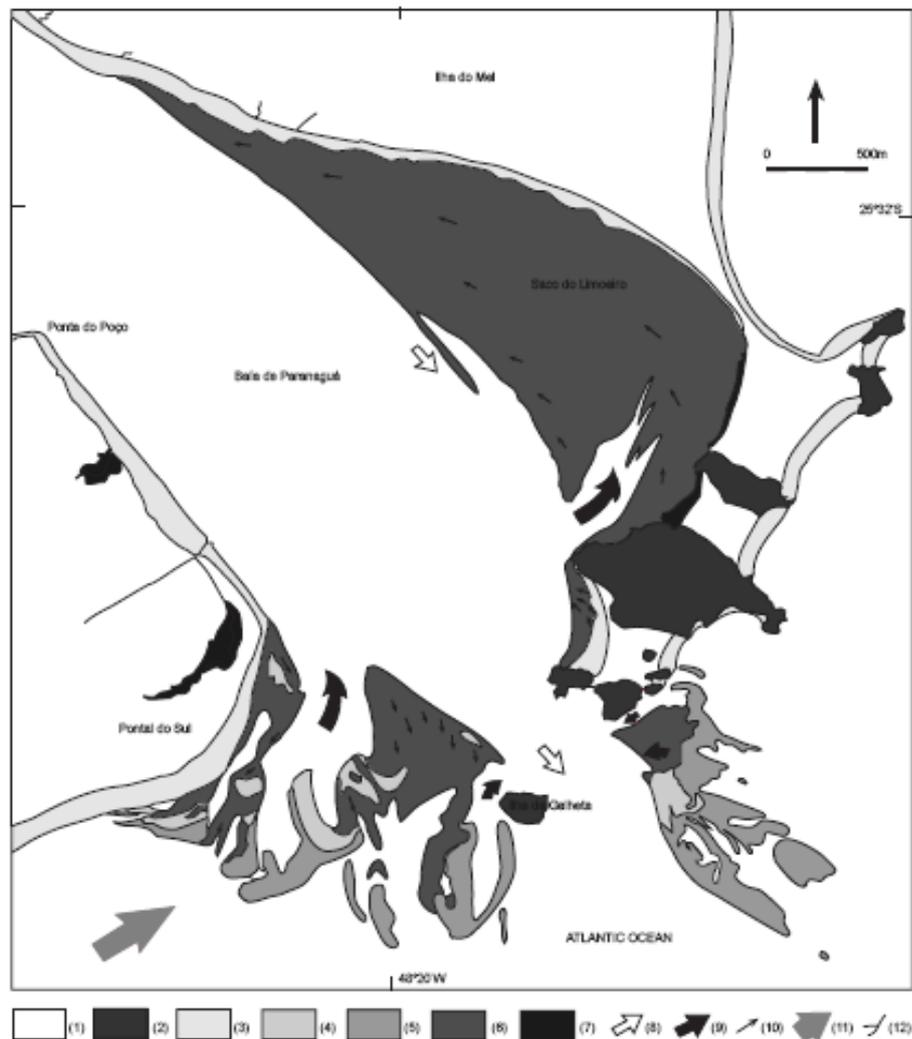
Sobre a planície costeira ocorrem sedimentos arenosos de origem eólica na forma de dunas. Trata-se de cordões paralelos à linha de costa, com extensão de até 15 quilômetros (ANGULO, 1993). A largura dos cordões normalmente varia entre 20 metros e 80 metros, podendo alcançar mais de 250 metros. Nesse caso, geralmente se trata da coalescência de dois ou mais cordões. Os cordões mais desenvolvidos ocorrem na parte sul do litoral paranaense, principalmente entre Matinhos e Pontal do Sul e na Ilha do Mel. A altura raramente ultrapassa 6 metros sobre o nível da planície, sendo mais frequentes alturas de 3 metros a 5 metros (ANGULO, 1993). A morfologia dos cordões é variada. Muitas de suas feições podem ser apenas observadas em fotografias aéreas antigas, pois o processo de urbanização já as destruiu. No litoral sul, onde eram mais desenvolvidos, os cordões foram preservados em apenas alguns locais.

As praias do Paraná se estendem ao longo de todo o litoral de mar aberto por cerca de 90 quilômetros, desde a Barra do Arapira, ao norte, até a Barra do Saí, ao sul. As praias paranaenses foram estudadas detalhadamente por Bigarella et al. (1966, 1969a, 1970/71). As praias são constituídas principalmente por areias finas e médias, bem selecionadas e com assimetria predominantemente negativa (BIGARELLA et al., 1969a).

Associadas às desembocaduras dos complexos estuarinos do litoral do estado do Paraná ocorrem feições deposicionais arenosas, resultantes da interação de processos marinhos e estuarinos, que têm sido referidas genericamente como baixios e bancos (BIGARELLA, 1946; BIGARELLA et al., 1957; BIGARELLA e DOUBECK, 1963; RIVEREAU et al., 1968; MARTIN et al., 1988), que Angulo (1992, 1995, 1999) definiu como deltas de maré.

Nas desembocaduras podem ocorrer dois tipos de delta: um em direção ao mar, denominado delta de maré vazante, e outro no interior do estuário ou laguna, denominado delta de maré enchente. Essas feições ocorrem associadas às desembocaduras dos complexos estuarinos do mar do Arapira, baía de Paranaguá, canal do Superagui e baía de Guaratuba. Segundo Angulo (1999), as feições

associadas à desembocadura sul da baía de Paranaguá, localizada entre Pontal do Sul e a Ilha do Mel, constituem o maior delta de maré do litoral paranaense. Nesse delta é possível identificar o lobo terminal, barras de espraiamento, canal de enchente marginal, canal de vazante principal e barra linear de margem de canal (**Figura 4.29** e **Figura 4.30**). Também estão presentes os esporões que avançam em direção ao interior da baía. A dinâmica dos deltas de maré influencia fortemente a dinâmica das praias e das planícies costeiras próximas.



Delta de vazante:

- (1) barras de espraiamento e barras submersas;
- (2) barra de margem de canal;
- (3) lobo terminal;
- (4) canal de vazante principal;
- (5) canal de enchente marginal.

Delta de enchente:

- (6) rampa de enchente;
- (7) esporão de vazante;
- (8) direção preferencial inferida de migração de ondas de areia;
- (9) direção inferida de deriva litorânea predominante (ANGULO, 1999).

Figura 4.29 – Modelos de deltas de maré na desembocadura Sul da Baía de Paranaguá



FONTE: Angulo et al., 2006a, imagem processada pelo laboratório de Física Marinha do CEM/UFPR.

Figura 4.30 – Imagem de Landsat 5 de 1999 onde se observam bancos e zonas de arrebanção correspondentes aos deltas de maré vazante associados às desembocaduras da baía de Paranaguá e Superaguá

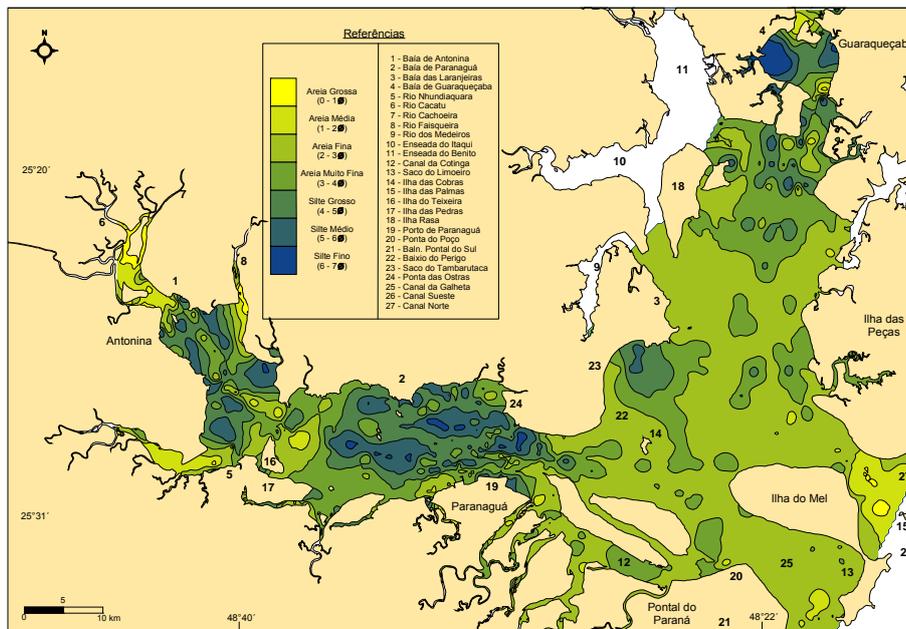
A origem e evolução da planície costeira e dos complexos estuarinos estão vinculadas à história das variações relativas do nível do mar durante, pelo menos, os últimos 120.000 anos. Trabalhos de investigação relativos ao tema foram efetuados por Bigarella (1946, 1971), Martin et al. (1988), Angulo (1992), Angulo e Suguio (1995), Araújo e Lessa (1996) e Angulo e Lessa (1997). A altitude dos dois últimos níveis marinhos máximos transgressivos há 120.000 e 5.600 anos A.P., parecem ter alcançado cotas de + 8 metros ($\pm 2,0$ metros) e de + 3,0 metros ($\pm 1,0$ metro), respectivamente (LESSA et al., 2000; ANGULO et al., 2006b). É importante mencionar que a tendência regressiva contínua do nível marinho, nos últimos 5.600 anos, é responsável pela formação dos terrenos que constituem a ADA do empreendimento.

As primeiras caracterizações dos sedimentos de fundo do complexo estuarino de Paranaguá foram realizadas por Bigarella et al. (1970; 1978) e complementadas posteriormente por Soares (1990), Soares e Barcelos (1995), Soares et al. (1996), Lamour (2000), Odreski (2002) e Carrilho (2003). Lamour et al. (2004) fizeram uma síntese dos dados de sedimentos de fundo publicados até então (**Figura 4.31 e Figura 4.32**).

A análise da distribuição dos sedimentos da superfície de fundo da baía de Paranaguá evidencia uma distribuição tripartite típica de estuários em costas dominadas por ondas (LESSA et al., 1998). Segundo Lessa et al. (1998), sedimentos arenosos de origem fluvial se acumulam nas desembocaduras dos rios no estuário e formam deltas de cabeceira. Na parte central do estuário, de baixa energia, predominam as areias lamosas e as lamas arenosas e na parte externa do estuário, de alta energia, as areias de origem marinha. Segundo os mesmos autores as areias

marinhas têm espessura de até 10 metros. Seriam sedimentos transgressivos sobrepostos às lamas regressivas.

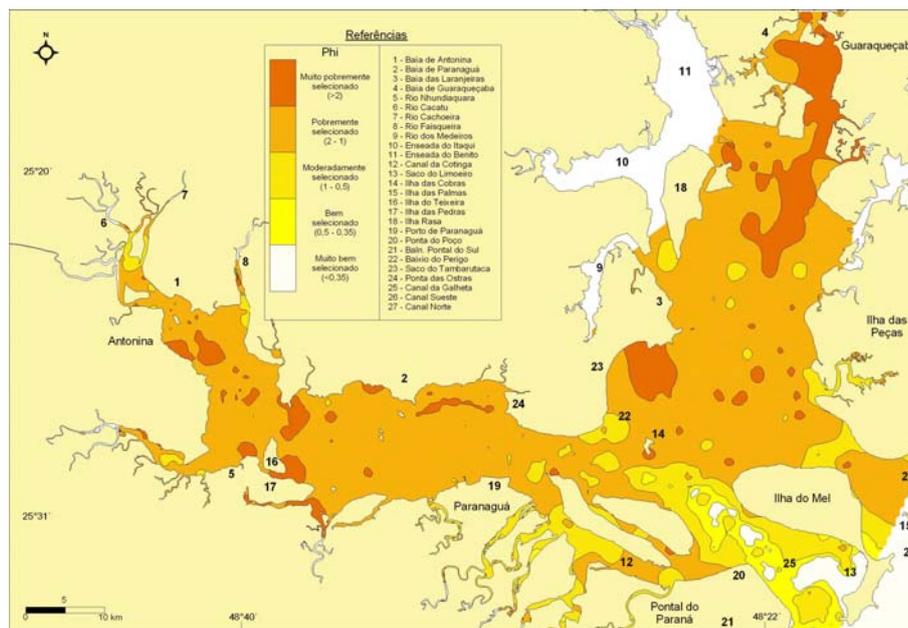
Na parte externa do estuário predominam as areias finas e muito finas e na parte média e interna do estuário silte e areia muito fina. Já nos deltas de cabeceira predomina a areia grossa e média (**Figura 4.31**).



FONTE: Lamour et al. (2004).

Figura 4.31 – Distribuição dos valores do diâmetro médio dos sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), abrangendo 1.187 amostras (escala Phi)

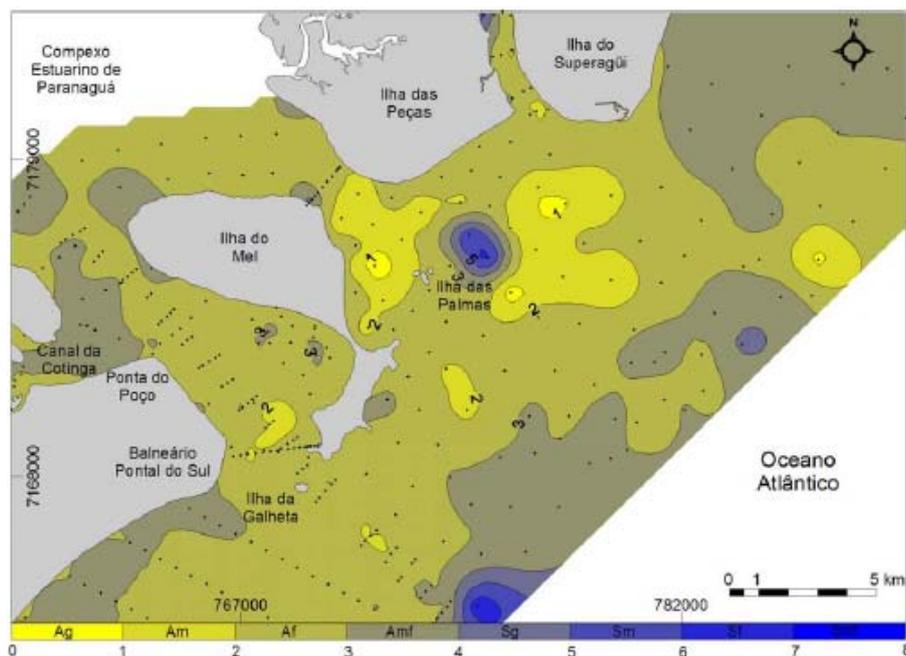
Com relação ao grau de seleção na parte externa do estuário, os sedimentos variam de pobremente a muito bem selecionados, notando-se predominância de sedimento melhor selecionado na desembocadura sul da baía, principalmente associados ao seu canal principal, dominado por corrente de maré vazante (**Figura 4.32**). Na parte média do estuário predominam os sedimentos pobremente selecionados e muito pobremente selecionados. Já nos deltas de cabeceira ocorrem sedimentos pobremente a moderadamente selecionados.



FONTE: Lamour et al. (2004).

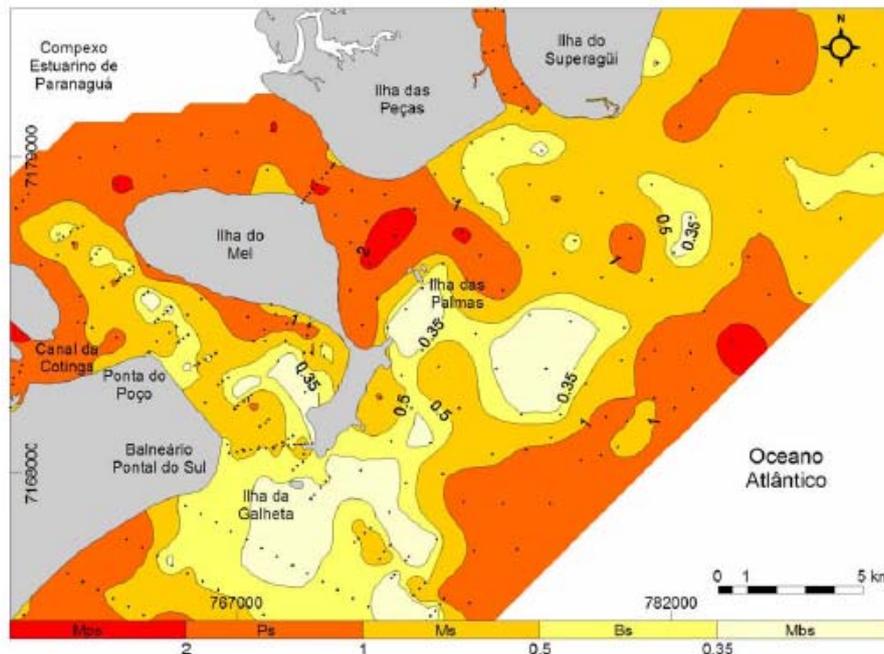
Figura 4.32 – Distribuição do grau de seleção granulométrica no complexo estuarino de Paranaguá

Na plataforma interna adjacente à desembocadura do estuário predominam as areias finas a muito finas, moderadamente a bem selecionadas. Nas áreas correspondentes aos deltas de maré vazante ocorrem areias finas e muito fina e no delta associado à desembocadura norte da baía ocorrem também areias médias e até grossas. Fora da área dos deltas, na plataforma interna predominam areias finas e muito finas (**Figura 4.33**). O grau de seleção varia desde muito pobremente selecionado até muito bem selecionados (**Figura 4.34**). Veiga et al. (2004), além das areias finas a muito finas dos deltas de maré vazante, reconheceram três tipos diferentes de sedimentos na plataforma interna paranaense: (a) areias muito finas com teores de finos entre 10 e 40%, que ocorrem próximo à costa entre as profundidades de 5 e 10 metros; (b) areias finas bem selecionadas que ocorrem entre as profundidades de 10 e 15 metros e, (c) areias médias e grossas que ocorrem entre 10 e 14 metros de profundidade, que foram caracterizadas como palimpsésticas e interpretadas como depositadas em antigas praias, hoje submersas.



Ag – Areia grossa;
Am – Areia média;
Af – Areia fina;
Amf – Areia muito fina;
Sg - Silte grosso;
Sm – Silte médio;
Sf – Silte fino;
Smf – Silte muito fino (LAMOUR, 2007).

Figura 4.33 – Distribuição dos valores de diâmetro médio (\varnothing) dos sedimentos de fundo na adjacência da desembocadura do complexo estuarino de Paranaguá



Mps – Muito pobremente selecionados;
Ps – Pobremente selecionados;
Ms – Moderadamente selecionados;
Bs – Bem selecionados;
Mbs – Muito bem selecionados (LAMOUR, 2007).

Figura 4.34 – Distribuição dos valores de grau de seleção dos sedimentos de fundo na adjacência da desembocadura do complexo estuarino de Paranaguá

4.1.4.1.3. Caracterização AID e ADA

Na AID do empreendimento, a geologia superficial é caracterizada, na parte terrestre, pela planície costeira holocênica composta principalmente por sedimentos arenosos praias, com morfologia de cordões litorâneos e na parte submersa por sedimentos arenosos da superfície de fundo do estuário.

A AID terrestre do empreendimento corresponde a um setor da planície costeira localizado entre o Oceano Atlântico, o setor externo da baía de Paranaguá e o rio Guaraguaçu. Trata-se de uma planície baixa com altitude inferior a 6 metros onde são evidentes os cordões litorâneos. Esse setor da planície formou-se pela progradação de cordões praias e crescimento de esporões, favorecido pela descida do nível do mar, provavelmente nos últimos 6.000 anos. O crescimento de esporões, às vezes, criou áreas protegidas das ondas onde se formaram áreas intermarés com manguezais, tais como as associadas ao rio Maciel e um pequeno canal de maré na parte norte da ilha Guaraguaçu. Essa evolução também é evidenciada pelas interdigitações de sedimentos lamosos e arenosos encontradas em subsuperfície, como evidenciam os perfis das sondagens realizadas nesse setor da planície costeira (**Figura 4.35**).

Na área intermarés ocorrem planícies de maré com manguezais associadas aos rios Guaraguaçu e Maciel e canais de maré localizados na parte norte da ilha

Guaraguaçu. Essas áreas são de composição arenosa com teores variáveis de finos e matéria orgânica.

A ADA se caracteriza na parte emersa por um setor da planície costeira com cordões litorâneos. Em superfície, a planície é composta por areia fina a muito fina. Em subsuperfície as sondagens geotécnicas evidenciaram diversas camadas com granulometria entre areia com grânulos e seixos até argila. Da base para o topo podem ser identificadas as seguintes unidades:

Unidade A composta de argilas compactas intercaladas com areias finas, às vezes argilosas, com grânulos e seixos que podem corresponder a sedimentos continentais ou estuarinos, provavelmente do Pleistoceno. O topo ocorre entre 23 metros (S-12) e 37 metros (S-03) de profundidade, em relação ao nível médio do mar, e a base não foi alcançada.

Unidade B composta de areia fina compacta que provavelmente corresponde a sedimentos costeiros de ambientes dominados por ondas do Pleistoceno superior. O topo ocorre entre 11 metros (S-05) e 22 metros (S-11) e a base até 37 metros (S-03) de profundidade, em relação ao nível médio do mar.

Unidade C composta por intercalações de areia fina, areia fina argilosa, argila arenosa e argila, geralmente mole. Essa unidade pode ser interpretada como correspondente a sedimentos depositados em ambientes estuarinos. A parte superior é provavelmente do Holoceno e a inferior pode corresponder ao Holoceno ou Pleistoceno superior. O topo ocorre entre 2 metros (S-08) e 6 metros (S-01) e a base entre 11 metros (S-05) e 21 metros (S-11) de profundidade, em relação ao nível médio do mar.

Unidade D composta por areias finas que correspondem a sedimentos de ambientes costeiros dominados por ondas do Holoceno. O topo ocorre entre + 4 metros (S-05) e 0 metro (S-01) e a base entre 2 metros (S-08) e 6 metros (S-03) de profundidade, em relação ao nível médio do mar.

Do ponto de vista geotécnico a Unidade C, principalmente sua parte mais argilosa, apresenta problemas para as fundações devido à sua baixa resistência. Ademais, quando sobrecarregadas podem se adensar e até fluir facilmente.

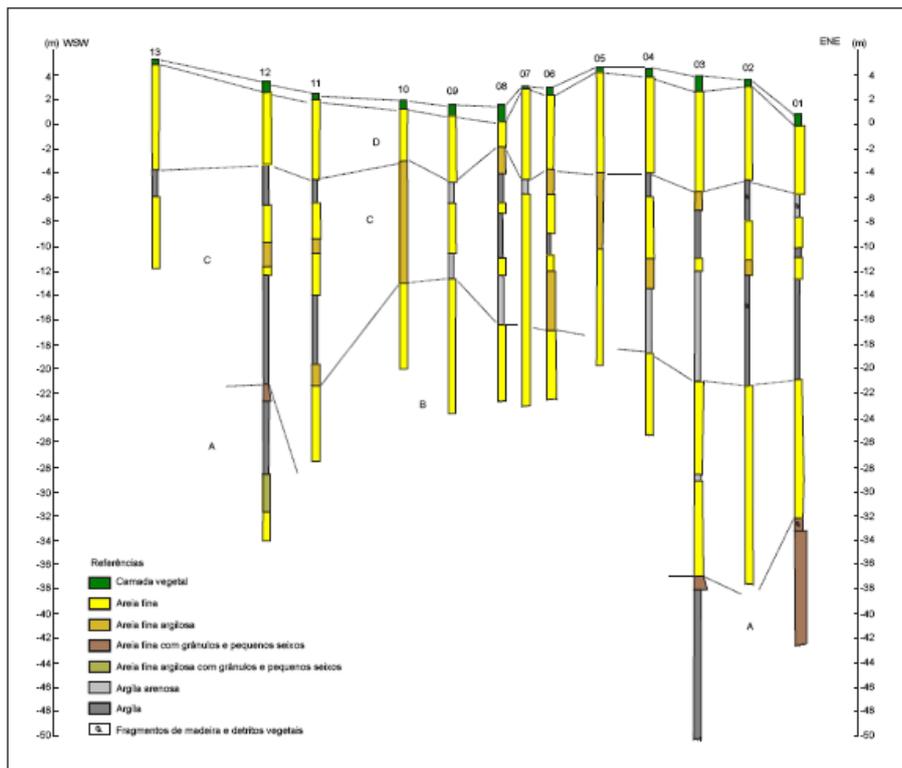


Figura 4.35 – Perfis esquemáticos das sondagens geotécnicas em terra na ADA do empreendimento

Na parte do estuário correspondente à ADA, os sedimentos superficiais predominantes são areias bem selecionadas características do setor externo de estuário onde as correntes de maré são suficientemente enérgicas, como para remover os sedimentos finos. Segundo Lessa et al. (1998), tais areias correspondem às areias transgressivas e são provenientes da plataforma.

Os perfis das sondagens geotécnicas permitem identificar três unidades principais (**Figura 4.36**), descritas a seguir da base para o topo:

Unidade A, constituída de areia fina compacta, às vezes com grânulos e pequenos seixos, ou argilosa. A sua base não foi alcançada. Sua ocorrência mais profunda foi a 36 metros de profundidade em relação ao nível médio do mar (S-09). O seu topo ocorre entre 19 metros (S-09) e 22 metros (S-01) de profundidade.

Unidade B, constituída por argila mole a muito mole, às vezes arenosa, cuja base ocorre entre 19 metros (S-09) e 22 metros (S-01) e o topo entre 16 metros (S-10) e 12 metros (S-02) de profundidade.

Unidade C, constituída predominantemente por areias finas, às vezes argilosa, e lentes de argila. A base ocorre entre 16 metros (S-10) e 12 metros (S-02) e o topo entre 11 metros (S-08) e 1 metro (S-02) de profundidade.

Do ponto de vista geotécnico, as unidades B e C apresentam baixa resistência, são compressíveis e podem fluir sob pressão.

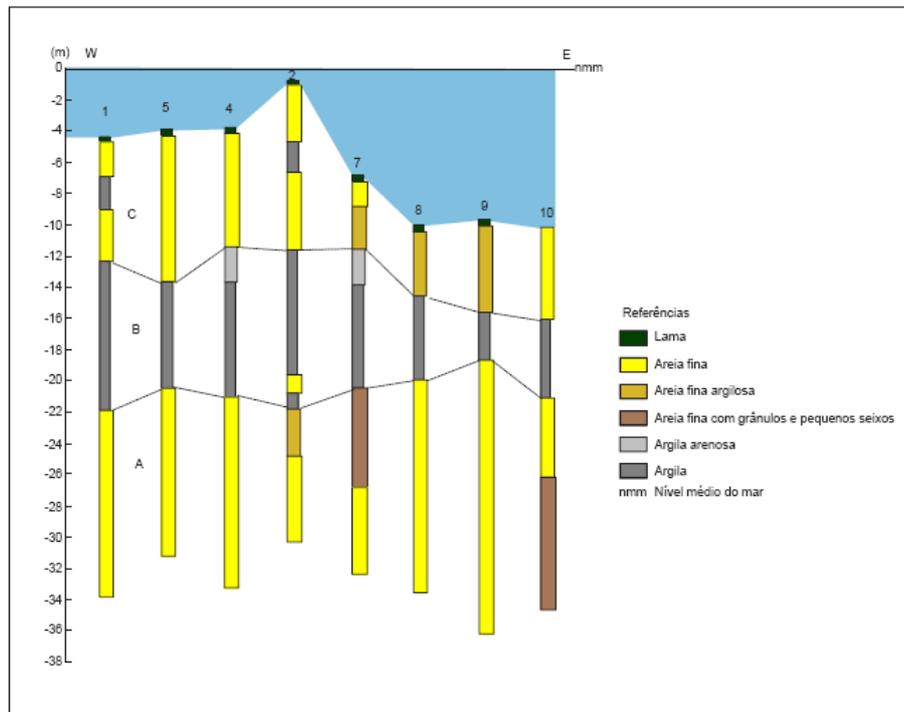


Figura 4.36 – Perfis esquemáticos das sondagens geotécnicas no estuário na ADA do empreendimento

Os sedimentos da superfície de fundo da AID são constituídos principalmente por areia com teores variáveis de finos, entre zero% e 27%; teores de matéria orgânica, entre 5% e 23%; carbonato de cálcio entre 0,7% e 8% (**Tabela 4.15**).

Tabela 4.15 – Distribuição dos percentuais granulométricos dos sedimentos de fundo do estuário na ADA e AID.

Ponto	%Areia	%Silte	%Argila	% M. O.	%CaCO ₃	Finos totais
1	90,2	8,8	1,0	17,5	1,3	9,8
2	86,6	9,3	4,1	10,0	1,2	13,4
3	81,8	10,2	8,0	8,8	1,2	18,2
4	89,6	6,9	3,5	14,2	1,3	10,4
5	99,7	0,0	0,3	14,2	1,3	0,3
6	95,6	0,0	4,4	18,5	0,7	4,4
7	92,1	5,3	2,6	16,5	0,3	7,9
8	83,2	10,9	5,9	14,3	0,0	16,8
9	85,2	9,1	5,7	22,3	7,9	14,8
10	73,3	12,1	14,6	20,3	5,5	26,7
11	84,5	7,9	7,6	17,7	0,7	15,5
12	100,0	0,0	0,0	20,5	1,7	0,0
13	97,0	2,8	0,3	22,2	2,8	3,0

Ponto	%Areia	%Silte	%Argila	% M. O.	%CaCO ₃	Finos totais
14	93,5	2,0	4,4	16,7	1,8	6,5
15	100,0	0,0	0,0	19,9	0,8	0,0
16	83,5	11,1	5,4	19,3	0,7	16,5
17	94,0	0,0	6,0	18,7	0,9	6,0
18	82,8	9,2	8,0	17,3	1,2	17,2
19	93,2	0,0	6,8	23,1	5,7	6,8
20	86,4	8,0	5,5	19,0	0,8	13,6
21	82,0	13,0	5,0	22,3	0,7	18,0
22	96,5	1,6	1,9	5,0	1,3	3,5
23	95,2	0,0	4,8	14,3	1,9	4,8
24	93,6	0,0	6,4	23,4	0,9	6,4
25	99,7	0,3	0,0	22,7	1,1	0,3
26	75,9	21,3	2,8	13,5	2,5	24,1

Na área predomina a areia fina a muito fina, com apenas uma ocorrência de areia média a leste da desembocadura do rio Maciel, onde, aparentemente, há aceleração das correntes de maré vazante, não permitindo a deposição de material fino, conforme ilustra a **Figura 4.37**.

Os sedimentos são predominantemente muito pobremente selecionados. Em duas áreas ocorrem sedimentos bem a muito bem selecionados relacionados à presença de areia fina a média, que parece estar associado a maior energia destes locais, conforme ilustra a **Figura 4.38**. A **Tabela 4.16** apresenta a caracterização dos sedimentos de fundo do estuário nos pontos de coleta realizados.

Tabela 4.16 – Distribuição dos parâmetros estatísticos dos sedimentos de fundo do estuário na ADA e AID.

Ponto	Média	Seleção	Assimetria	Curtose
1	2,8 Areia fina	0,9 Moderadamente selecionado	0,7 Muito positiva	2,5 Muito leptocúrtica
2	3,0 Areia muito fina	1,2 Pobremente selecionado	0,7 Muito positiva	3,1 Extremamente leptocúrtica
3	3,8 Areia muito fina	1,5 Pobremente selecionado	0,5 Muito positiva	2,3 Muito leptocúrtica
4	2,7 Areia fina	1,1 Pobremente selecionado	0,5 Muito positiva	5,7 Extremamente leptocúrtica
5	2,7 Areia fina	0,3 Muito bem selecionado	-0,1 Aproximadamente simétrica	1,3 Leptocúrtica
6	2,3 Areia fina	1,1 Pobremente selecionado	0,2 Positiva	1,5 Leptocúrtica

Ponto	Média	Seleção	Assimetria	Curtose				
7	3,0	Areia muito fina	1,1	Pobrememente selecionado	0,4	Muito positiva	1,5	Leptocúrtica
8	3,8	Areia muito fina	1,4	Pobrememente selecionado	0,4	Muito positiva	2,3	Muito leptocúrtica
9	3,6	Areia muito fina	1,4	Pobrememente selecionado	0,4	Muito positiva	2,3	Muito leptocúrtica
10	3,9	Areia muito fina	2,0	Muito pobrememente selecionado	0,8	Muito positiva	1,2	Leptocúrtica
11	3,6	Areia muito fina	1,5	Pobrememente selecionado	0,4	Muito positiva	2,1	Muito leptocúrtica
12	2,7	Areia fina	0,3	Muito bem selecionado	-0,1	Negativa	1,4	Leptocúrtica
13	2,9	Areia fina	0,4	Bem selecionado	0,1	Positiva	0,8	Platicúrtica
14	2,5	Areia fina	1,1	Pobrememente selecionado	0,3	Muito positiva	2,9	Muito leptocúrtica
15	1,6	Areia média	0,4	Bem selecionado	-0,1	Aproximadamente simétrica	0,9	Mesocúrtica
16	3,5	Areia muito fina	1,4	Pobrememente selecionado	0,5	Muito positiva	2,2	Muito leptocúrtica
17	3,2	Areia muito fina	1,0	Pobrememente selecionado	0,3	Muito positiva	5,7	Extremamente leptocúrtica
18	3,8	Areia muito fina	1,5	Pobrememente selecionado	0,4	Muito positiva	2,3	Muito leptocúrtica
19	3,7	Areia muito fina	1,0	Moderadamente selecionado	0,4	Muito positiva	2,9	Muito leptocúrtica
20	2,6	Areia fina	1,6	Pobrememente selecionado	0,5	Muito positiva	2,2	Muito leptocúrtica
21	3,8	Areia muito fina	1,4	Pobrememente selecionado	0,4	Muito positiva	2,2	Muito leptocúrtica
22	3,1	Areia muito fina	0,8	Moderadamente selecionado	-0,1	Aproximadamente simétrica	0,9	Platicúrtica
23	3,1	Areia muito fina	1,1	Pobrememente selecionado	-0,1	Aproximadamente simétrica	0,8	Platicúrtica
24	3,6	Areia muito fina	1,1	Pobrememente selecionado	0,3	Positiva	2,7	Muito leptocúrtica
25	2,7	Areia fina	0,7	Moderadamente selecionado	-0,4	Muito negativa	0,7	Platicúrtica
26	3,6	Areia muito fina	1,5	Pobrememente selecionado	0,6	Muito positiva	2,3	Muito leptocúrtica

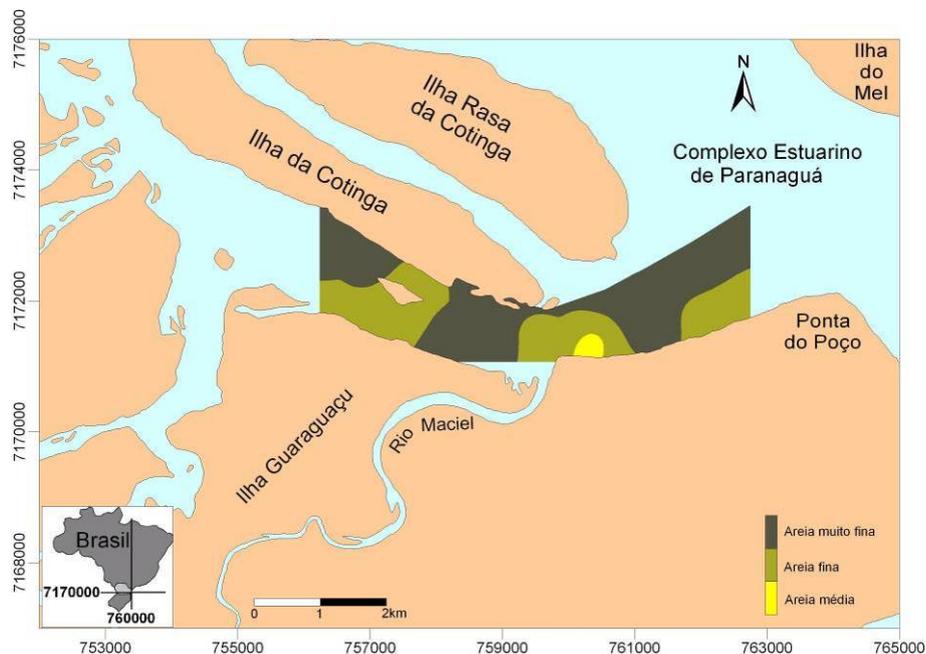


Figura 4.37 – Distribuição das isolinhas de média granulométrica nos sedimentos estudados

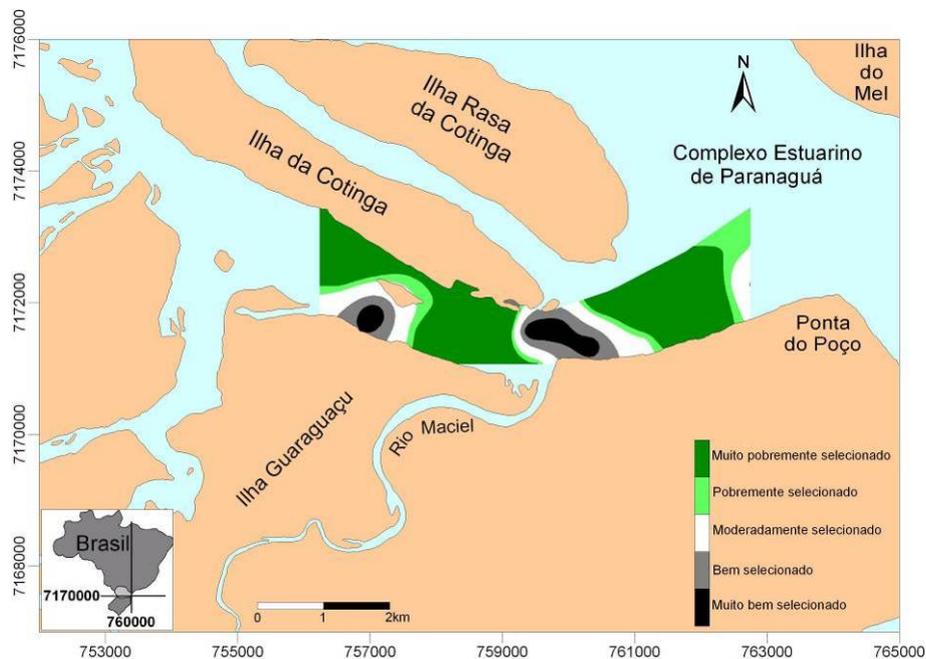


Figura 4.38 – Distribuição das isolinhas do grau de seleção (desvio padrão) nos sedimentos estudados

Quanto à assimetria, as areias muito finas apresentam assimetria muito positiva, o que pode indicar que, em períodos de mais baixa energia, há deposição de partículas mais finas. Já a areia fina e média são aproximadamente simétricas, o que pode indicar que as variações hidrodinâmicas sejam menores, mesmo que as correntes sejam mais fortes, conforme ilustra a **Figura 4.39**.

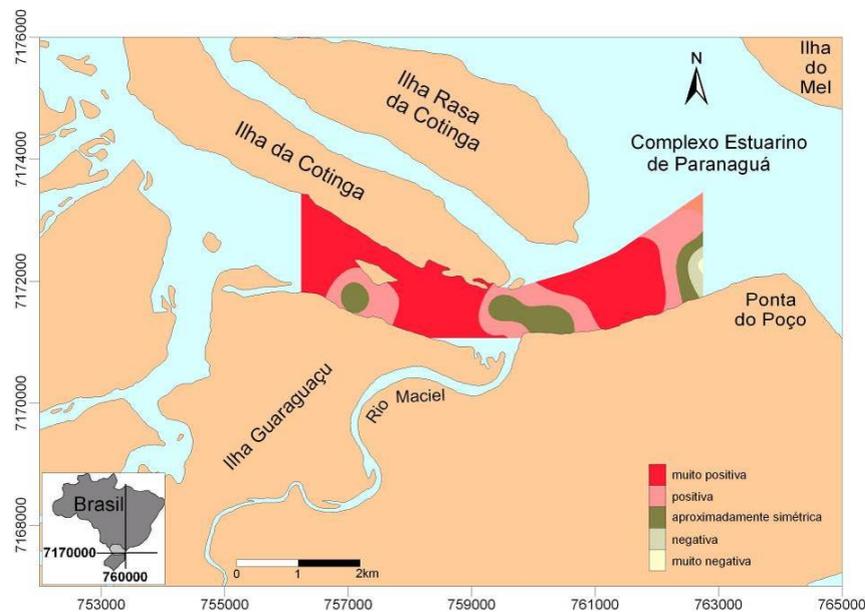


Figura 4.39 – Distribuição das isolinhas da assimetria nos sedimentos estudados

As percentagens de areia e de finos (silte + argila) que compõem os sedimentos, conforme apresentado na **Tabela 4.15**, parece corroborar o sugerido pelos mapas de isolinhas da média, grau de seleção e assimetria. Ocorrem duas áreas onde os sedimentos são arenosos com baixos teores de finos: uma frente à Ilha Guaraguauçu, entre esta e a Ilha dos Papagaios e outra a leste da desembocadura do rio Maciel. Ambas correspondem à área de maior energia das correntes que impediria a deposição de finos. Entre essas duas áreas há uma faixa com maior teor de sedimentos finos, o que sugere que há deposição desse material nos períodos de menor velocidade das correntes de maré. (**Figura 4.40 e Figura 4.41**).

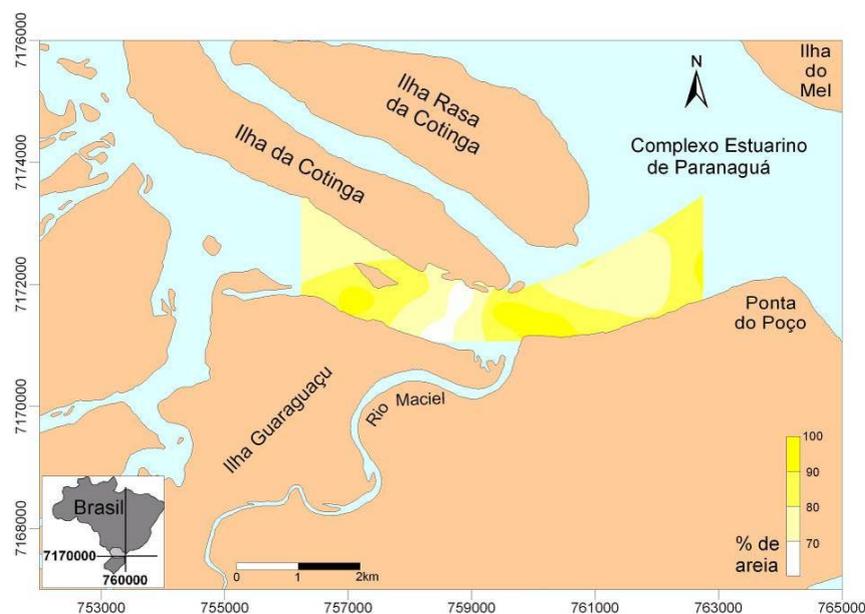


Figura 4.40 – Distribuição das isolinhas da porcentagem de areia nos sedimentos estudados

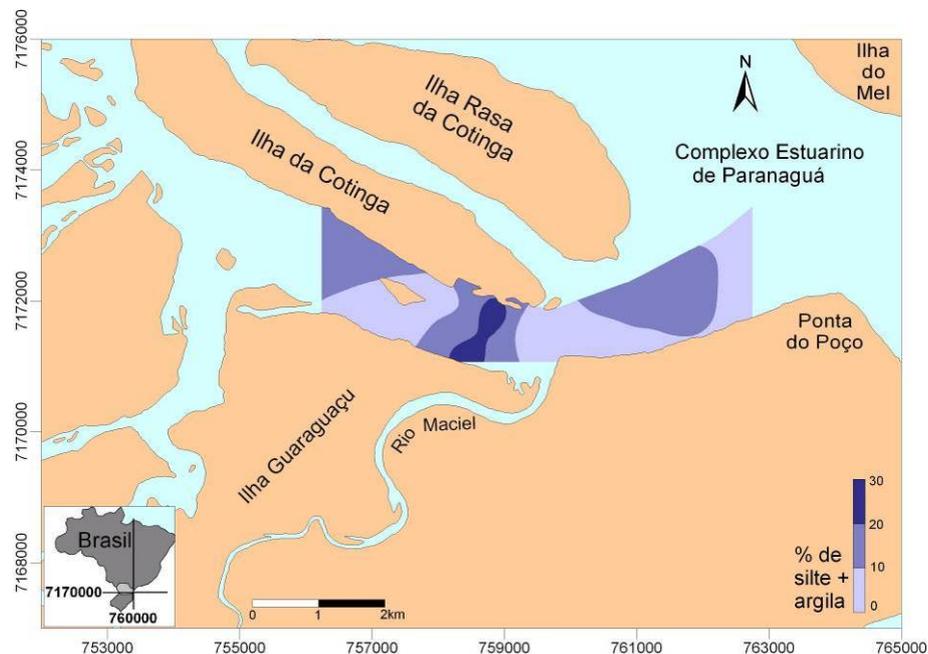


Figura 4.41 – Distribuição das isolinhas da porcentagem de finos nos sedimentos estudados

Os teores de carbonato de cálcio encontrados nos sedimentos são em geral, baixos. Num local alcança 8% e coincide com a alta concentração de finos (**Figura 4.42**), o que pode ser reflexo de melhores condições de vida para organismos bentônicos geradas pela presença de sedimentos finos.

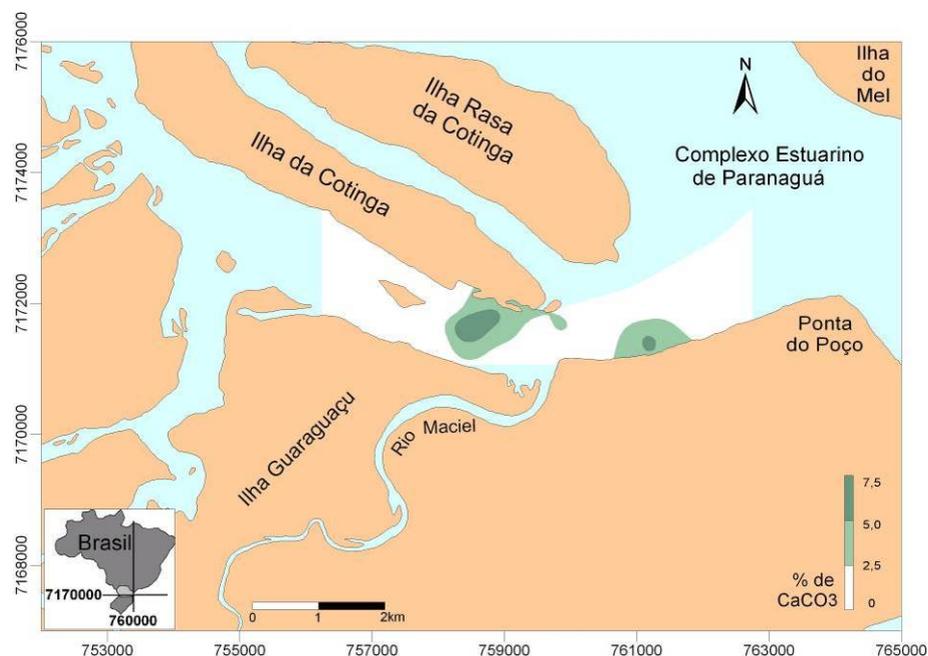


Figura 4.42 – Distribuição das isolinhas do teor de carbonatos totais nos sedimentos estudados

A distribuição dos teores de matéria orgânica não apresenta um padrão claro, o que pode estar relacionado às diversas fontes disponíveis desse material (**Figura 4.43**).

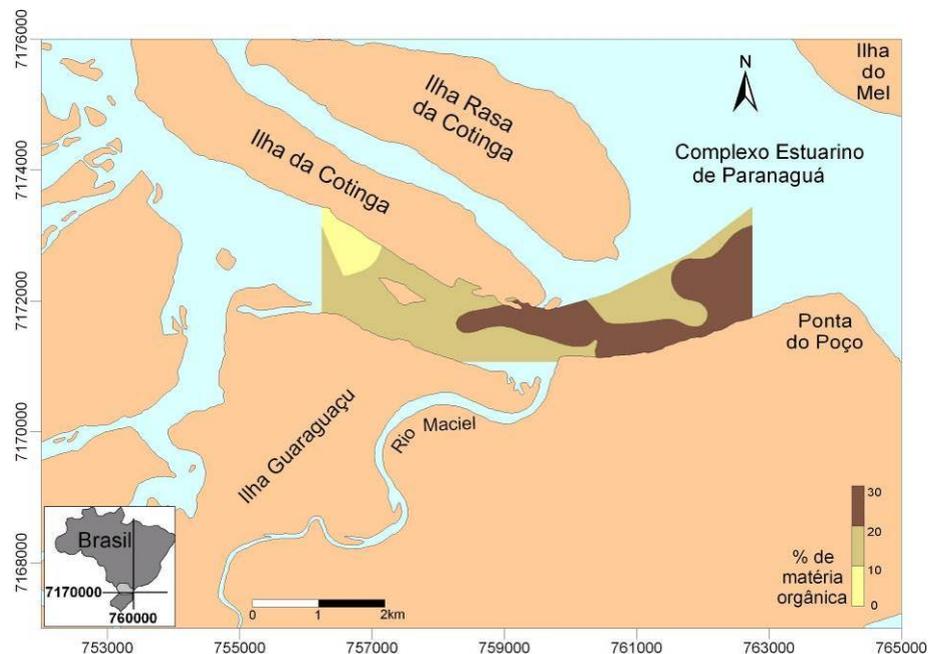


Figura 4.43 – Distribuição das isolinhas do teor de matéria orgânica nos sedimentos estudados

4.1.4.1.4. Jazidas Minerais

A planície costeira é composta principalmente por areias finas a muito finas, moderadamente a bem selecionadas, compostas principalmente de quartzo, às vezes com concentrações de minerais escuros densos, dentre os quais se destacam ilmenita, titanita, que em alguns setores da planície costeira paranaense já foram explorados como minério de titânio e ferro - por exemplo, no Saco do Tambarutaca, na década de 40 do século XX (BIGARELLA e SANCHES, 1966) -, ou explorados como jazidas de minério de titânio, mas que não chegaram a ser explorados - por exemplo, no litoral norte paranaense, no Superaguí.

Atualmente, na planície costeira, tanto na do Pleistoceno como na do Holoceno são exploradas areias para aterro e para a construção civil.

As areias da plataforma e do setor externo do complexo estuarino possuem características que permitem considerar sua utilização como jazida de areia para usos diversos, tais como construção civil e alimentação artificial de praias. Apesar das dragagens periódicas destas areias no canal de acesso ao porto de Paranaguá, o sedimento tem sido sistematicamente descartado, embora, provavelmente, seja material sem contaminação. A utilização do material dragado do setor externo do estuário e da plataforma tem sido recomendada para alimentação artificial de praias ou outros usos, de acordo com suas características mineralógicas e granulométricas (ANGULO et al., 2006c).

Na AID e na ADA não há exploração mineral nem jazidas de minério. A única seria a possibilidade seria a utilização da área como jazida de areia.

4.1.4.2. Avaliação Química dos Sedimentos

O estuário é um ambiente que se caracteriza como a extensão da zona de água salobra, e varia dependendo da vazão do rio em relação ao tamanho do estuário. A vegetação das margens dos rios e das áreas de mangue estuarinas é composta por espécies herbáceas, sendo comum o gênero Poaceae, e outras espécies arbustivas e arbóreas, de modo que as áreas marginais são bem protegidas e predominantemente planas (<3% declividade). Assim, os sedimentos predominantemente têm veiculação fluviomarina, e os escoamentos superficial e de subsuperfície são pouco representativos nesta situação.

A contaminação do sedimento é causada por substâncias tóxicas, sejam elas contaminantes orgânicos ou inorgânicos. E as características desses contaminantes, somadas às condições do meio e ao nível de contaminação, em grande parte definem o potencial de contaminação do sedimento. Contudo, a presença de contaminantes no sedimento não implica diretamente a ocorrência de impactos sobre a qualidade da água e biota local. É possível que tais compostos e/ou elementos estejam em formas indisponíveis, de difícil solubilização e, portanto, com baixo risco de causar danos ao ecossistema.

Nesse sentido, através de uma avaliação física, química e biológica, estratificada, é possível realizar predições de contaminações anteriores e de potencialidades de evolução para o ecossistema aquático.

4.1.4.2.1. Procedimentos Metodológicos

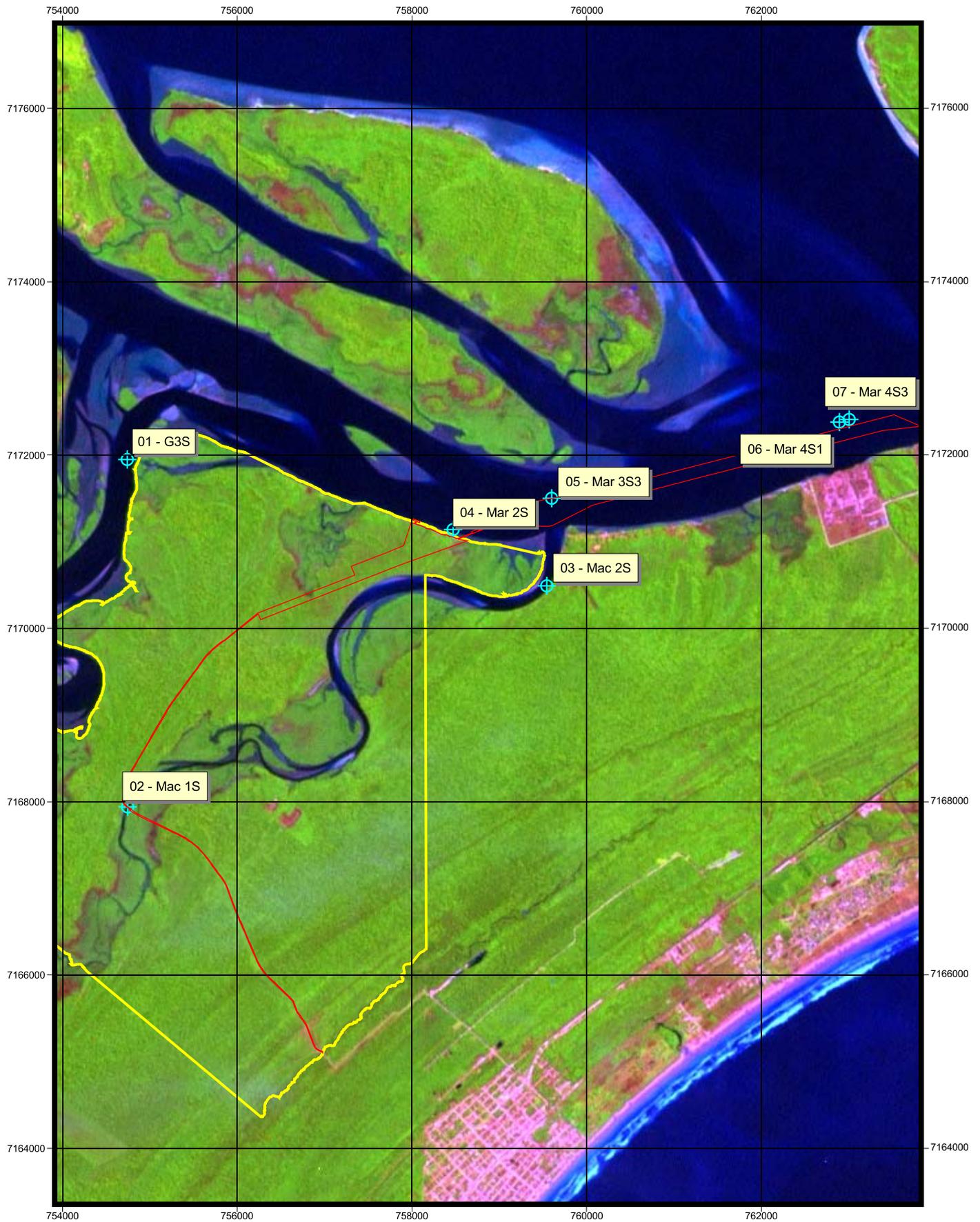
4.1.4.2.1.1. Plano Amostral

A caracterização do sistema estuarino contemplou análises em compartimento de água salobra e salina. Em função da dinâmica fluvial e de marés, é possível verificar diferentes influências, quer seja continental ou oceânica, sobre a composição do sedimento. Dessa forma, objetivando avaliar estes diferentes ambientes e suas interferências na AII, AID e ADA, foram estabelecidas sete estações amostrais apresentadas na **Figura 4.44** e **Tabela 4.17**, localizadas na AID e ADA do empreendimento.

Tabela 4.17 – Localização das estações amostrais de sedimento em função da posição geográfica na AID e ADA e tipo de ambiente.

Coordenada UTM (SAD69)	Compartimentos		
	Ambiente de água doce	Ambiente de água salobra	Ambiente de água salina
1 - 754739 / 7171944		G3S (AID)	
2 - 754995 / 7167181		Mac 1S (ADA)	
3 - 759538 / 7170489			Mac 2S(AID)
4 - 758470 / 7171140			Mar2S (ADA)

Coordenada UTM (SAD69)	Compartimentos		
	Ambiente de água doce	Ambiente de água salobra	Ambiente de água salina
5 - 759598 / 7171500			Mar3S3 (ADA)
6 - 762764 / 7172353			Mar4S1 (ADA)
7 - 763000 / 7172407			Mar4S3 (ADA)



Consultoria & Engenharia Ambiental

Assinatura

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da propriedade
- Implantação do empreendimento
- ⊕ Localização dos Pontos de Coleta de Sedimentos
- Identificação dos Pontos de Coleta de Sedimentos

1000 0 1000 2000 Metros



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



Figura 4.44 - Distribuição Espacial do Plano Amostral para Avaliação Química de Sedimento Considerando AII, AID e ADA

4.1.4.2.1.2. Procedimento de Amostragem

O sedimento de fundo foi coletado em 04 de abril de 2009, em diferentes estações amostrais localizadas na área de influência do empreendimento (AID e ADA), conforme **Figura 4.44**, totalizando sete estações.

A coleta foi realizada com apoio de embarcação. As amostras foram obtidas com auxílio de coletores tipo “core” e “petit ponar”, em função da profundidade, sem preservação de identidade vertical de deposição.

As coletas nos tributários foram realizadas com baixa-mar e período de vazante, e as coletas em ambiente marinho foram efetuadas em preamar e sob enchente, ambas sob maré de quadratura.

4.1.4.2.1.3. Variáveis Analíticas, Preservação e Acondicionamento

Após as coletas, as amostras deformadas foram acondicionadas e devidamente conservadas de acordo com o tipo de parâmetro a ser analisado, conforme a **Tabela 4.18**.

As amostras foram analisadas, em relação aos valores orientadores, estabelecidos inicialmente pela norma da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Cetesb, "Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo", publicado no Diário Oficial da União; Empresarial; São Paulo, 111 (203), sexta-feira, 26 de outubro de 2001, que foi revogado pela Decisão de Diretoria n. 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005, que dispõe sobre a aprovação dos Novos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências.

A Decisão de Diretoria n. 195-2005 – Cetesb adota diferentes níveis de avaliação e, conseqüentemente, diferentes patamares dos teores dos elementos e compostos, assim como dos níveis para qualidade, prevenção e intervenção. Esses valores são definidos e têm a sua utilização como segue:

“Valor de Referência de Qualidade - VRQ é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea, e é determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos e amostras de águas subterrâneas de diversos aquíferos do Estado de São Paulo. Deve ser utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas.

Valor de Prevenção - VP é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade

das águas subterrâneas. Foi determinado para o solo com base em ensaios com receptores ecológicos. Deve ser utilizado para disciplinar a introdução de substâncias no solo e, quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes proceder o monitoramento dos impactos decorrentes.

Valor de Intervenção - VI é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. Para o solo, foi calculado utilizando-se procedimento de avaliação de risco à saúde humana para cenários de exposição Agrícola-Área de Proteção Máxima – APM_{ax}, Residencial e Industrial... A área será classificada como Área Contaminada sob Investigação quando houver constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco.” (artigo 1º da Decisão de Diretoria CETESB n. 195 – 2005 - E, de 23 de novembro de 2005).

Os parâmetros de análise estabelecidos para a avaliação da condição química e do potencial de contaminação do sedimento foram HPA's, PCB's, metais, arsênio e organoclorados (n). Os laboratórios responsáveis pelas análises foram Bioagri® e Ceatox® - Centro de Assistência Toxicológica da Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, ambos com certificação Inmetro. Os resultados das análises laboratoriais encontram-se no **Anexo VI** deste documento.

Tabela 4.18 – Procedimento metodológico, quantidade de amostra, acondicionamento e preservação das amostras em função do tipo de parâmetro desejado.

Parâmetro	Método	Quant.	Frasco	Preservação	Validade
Metais totais + As	EPA 6010 B - Inductively Coupled Plasma (ICP)	1000 g	Polietileno 1000 mL	Refrigeração a 4°C – 5 mL HNO ₃ conc.	06 meses
Hg	EPA 245.7 - Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry	250 g	Poliet/Vidro 500 mL	Refrigeração a 4°C – 5 mL HNO ₃ conc.	07 dias até a extração; 28 dias após a extração
Organoclorados	EPA 8081 / 8082	250 g	Vidro 500 mL	Refrigeração a 4°C	07 dias até a extração; 40 dias após a extração
HPA's	EPA SW 846 - 8270C Gas Chromatography/ Mass Spectrometry	250 g	Vidro 500 mL	Refrigeração a 4°C; ambiente escuro	07 dias até a extração; 40 dias após a extração.
PCB's	EPA 8081 / 8082	250 g	Vidro 500 mL	Refrigeração a 4°C	07 dias até a extração; 40 dias após a extração

Não foram realizadas as análises de nitrogênio, fósforo e carbono orgânico, que visam exclusivamente a auxiliar o monitoramento dos níveis de trofia em ecossistemas aquáticos, pois sedimentos oriundos de ambientes enriquecidos em carbono orgânico e nutrientes, como áreas de mangue, dispensam tal caracterização.

4.1.4.2.2. Avaliação Geoquímica do Sedimento na All

A bacia hidrográfica de Paranaguá, onde se insere a All, tem aproximadamente 3.882 quilômetros quadrados e é composta pelas sub-bacias do rios Guaraqueçaba, Serra Negra, Tagaçaba, Cachoeira, Nhundiaquara e Guaraguaçu (incluindo rio Maciel). A All contempla as áreas estuarinas de Antonina e Paranaguá, estendendo-se pelo Canal da Galheta e Canal da Cotinga até uma linha imaginária que liga o extremo oeste do município de Pontal do Sul ao extremo sul da Ilha do Mel. Neste contexto, destaca-se que as regiões situadas próximas aos municípios de Paranaguá e Antonina, em função de inúmeras atividades antropogênicas, como atividades pesqueiras e agrícolas, presença de efluentes urbanos e industriais, atividades turísticas intensas e, notadamente, atividades portuárias com grande fluxo de embarcações, já têm apresentado, ao longo dos últimos anos, alterações na qualidade da água e do sedimento. Vários índices de poluentes já foram verificados em desconformidade em relação aos valores estabelecidos pela legislação nacional para atividades de dragagem, assim como valores elevados dentro de padrões estabelecidos como níveis de prevenção e intervenção (valores referência DD 195/2005 - Cetesb), com possibilidade de alterações prejudiciais à qualidade do solo e riscos à saúde humana, respectivamente. Por outro lado, à medida que se afasta destas áreas portuárias, o ecossistema encontra-se relativamente bem preservado.

A All deste estudo, especialmente as áreas das baías de Antonina e Paranaguá, tem sido bastante estudada em razão da importância econômica e das inúmeras interferências tecnogênicas a que têm sido submetidas. Dentre esses estudos, a caracterização química do sedimento, bem como seu potencial de contaminação e acumulação, têm sido frequentemente avaliados.

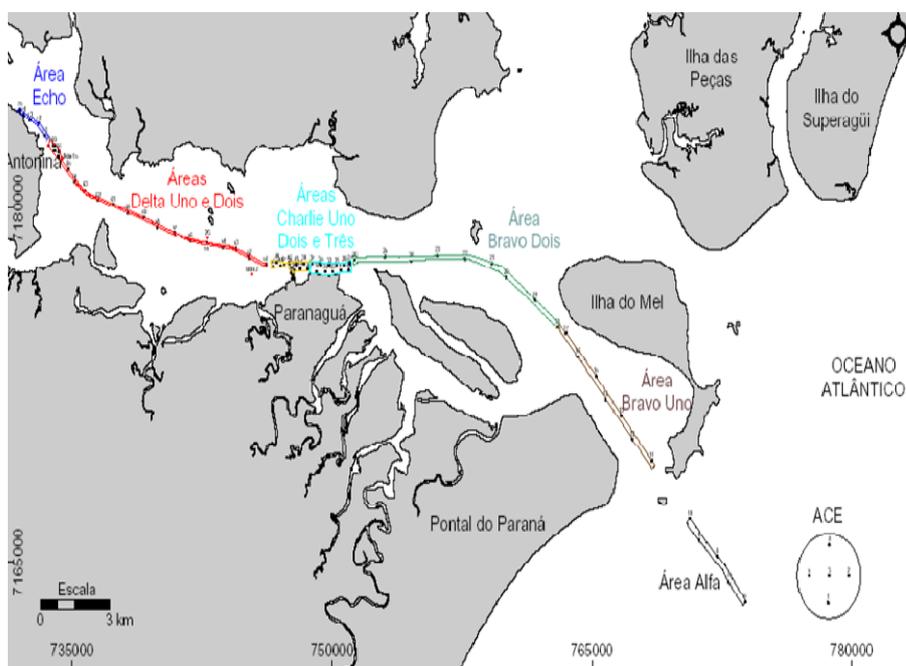
Com base em alguns desses estudos, seguir-se-á uma avaliação da qualidade química dos sedimentos presentes na All, especialmente as áreas não contempladas na AID e ADA, ou seja, serão apresentadas informações das baías de Antonina e Paranaguá e do Canal da Galheta.

4.1.4.2.2.1. Metais, Arsênio, PCB's, HPA's e Organoclorados

Em razão do impacto ocasionado por diversas atividades realizadas na área da bacia e problemas com manejo e monitoramento, estudos desenvolvidos entres os anos de 2003 e 2006 já identificaram concentrações elevadas de mercúrio (0,047 – 0,930 ppm), níquel (7,9 – 30,92 ppm) e cádmio (1,39 – 2,68 ppm) (SÁ, 2003) e valores elevados de arsênio (7,9 e 30,9 ppm) (SÁ et al., 2006) na baía de Paranaguá e Antonina, especificamente entre a Ponta do Félix e o terminal da Petrobrás. Os valores mais elevados foram encontrados próximos ao município de Paranaguá. Ainda nesses

estudos, registra-se que os valores de chumbo, cromo e níquel estiveram abaixo no nível 1 da DD 195/2005 – Cetesb.

No Canal da Galheta foram realizadas avaliações nos setores denominados Bravo Uno, Charlie Uno, Charlie Dois e Delta (**Figura 4.45**), sendo: avaliação de pré e pós-dragagem do Canal da Galheta e Área de Manobra realizada pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (1998/1999); avaliação de construção do píer pela Fertilizantes Fosfatados do Paraná S.A. (2000/2001) e; avaliação do processo de dragagem do canal de navegação entre o Porto de Paranaguá e os Terminais Portuários de Ponta do Félix (2001/2002) (ENGEMIN, 2004; SILVA, 2008).



FONTE: SILVA, 2008.

Figura 4.45 – Croqui do canal de navegação do complexo estuariano de Paranaguá e Antonina, em área de AII

Os trabalhos indicaram diferentes panoramas, apontando para uma elevação significativa na concentração de metais pesados nos últimos anos, especialmente nas áreas de maior movimentação portuária, como já mencionado. As avaliações realizadas em 1998/1999 nas áreas Bravo Uno, Charlie Uno e Charlie Dois indicaram que, primeiramente na área Bravo Uno, que corresponde à área inicial do Canal da Galheta, próxima ao município de Ponta do Paraná, foram observados valores bastante baixos. Com exceção de arsênio, cromo e zinco, os demais - cádmio, chumbo, cobre, níquel e mercúrio - estiveram abaixo do limite de quantificação. Já nos setores Charlie Uno e Charlie Dois, os valores identificados inicialmente denotaram uma condição normal, sem indicativo de contaminação em potencial, com valores de arsênio entre 0,1 e 3,2 mg/kg, cádmio entre 0,5 e 0,9 mg/kg, chumbo <43,4 mg/kg, cobre <5,8 mg/kg, cromo entre 1,8 e 28,2 mg/kg, níquel <10,3 mg/kg, zinco entre 2,5 e 38,7 mg/kg e mercúrio abaixo do limite de quantificação. Entretanto, em avaliação posterior - 2000/2001, foram observados acréscimos consideráveis em vários parâmetros, com evidência para arsênio, chegando em 77,8 mg/kg; cádmio atingindo

4,9 mg/kg; chumbo, alcançando 152,5 mg/kg; cobre, 50,4 mg/kg; cromo, chegando em 58,3 mg/kg (embora abaixo do LMP da Cetesb); níquel, atingindo 37,3 mg/kg; zinco, 310,8 mg/kg; mercúrio, sendo observados valores de até 1,18 mg/kg. No setor Delta, que fica entre os portos de Antonina e Paranaguá, os valores percebidos foram inferiores aos detectados no setor Charlie Dois, muito embora arsênio, cádmio, níquel e mercúrio também tenham se apresentado acima dos valores preconizados pela legislação como aceitáveis, atingindo, 31,3; 2,7; 36,5 e 0,93 mg/kg, respectivamente (período 2001/2002).

Para o parâmetro bifenila policlorada (PCB), também foram observadas concentrações elevadas nos canais de acesso aos terminais portuários da Ponta do Félix, chegando a até 20 vezes (ENGEMIN, 2004) os valores de nível crítico contemplados pela Resolução 344/2004. Ainda dentro do trabalho de avaliação do processo de dragagem do canal de navegação entre o Porto de Paranaguá e os Terminais Portuários de Ponta do Félix (2001/2002) (SILVA, 2008), foram observados valores para PCB's que variaram entre 58,83 e 584,13 µg/kg, também significativamente acima da DD 195/2005 - Cetesb.

Para os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPA's), estudo realizado no ano de 2006 (SILVA, 2008) indicou valores elevados dos compostos Criseno (112,94 µg/kg) no setor Charlie Uno e Dibenzo (a,h) antraceno, com 7,09 µg/kg no setor Charlie Três e 11,87 µg/kg no setor Charlie Uno.

Ainda considerando o trabalho realizado no ano de 2006 (SILVA, 2008), a análise para os compostos organoclorados indicou a presença de DDT – 1,73 µg/kg e 2,23 µg/kg nos setores Delta Uno e Charlie Dois, respectivamente; DDD – 2,9 µg/kg em Delta Dois; Beta-BHC entre 0,47 e 0,59 µg/kg também em Delta Dois; e Gama-BHC entre 0,33 e 0,83 µg/kg em Delta Uno e Delta Dois. Os demais organoclorados não foram identificados.

4.1.4.2.2.2. Parâmetros Auxiliares: Matéria Orgânica, Granulometria e Assoreamento

É importante discutir os teores de matéria orgânica no sedimento, em razão da influência direta na intensidade e forma de sorção e quelação de metais e outros compostos. Lamour et al. (2004) apontaram a partir da compilação de vários estudos contemplando 1.187 amostras na área do CEP, valores entre 0 e 200 g/kg de matéria orgânica na baía de Antonina, exceto próximo à área urbana, onde foram observados valores próximos a 350 g/kg. Na foz dos rios Cachoeira e Faisqueira, os teores variaram entre 0 e 50 g/kg, enquanto no centro da baía de Antonina os valores foram bastante baixos, próximos a 0 g/kg. Da mesma forma que na baía de Antonina, na baía de Paranaguá os valores próximos à área urbana também foram elevados (100 – 250 g/kg). Na área de desembocadura do CEP – Canal da Galheta, os valores variam entre 0 e 50 g/kg.

Outro parâmetro determinante na taxa de sorção do sedimento é a granulometria - tamanho de partícula. Na área da desembocadura ao sul do CEP predominam areias médias, gradando para areia grossa na entrada do canal principal de vazante. Em

Paranaguá predominam concentrações de sedimentos finos (silte+argila), de maior nucleção, exceto na foz dos rios Nhundiaquara, Cachoeira e Faisqueira e na área de desembocaduras onde as concentrações de sedimentos grossos (grânulo+areia) se aproximam de 100%. Em geral, os sedimentos do CEP (área que compreende a AII) têm diâmetro médio que predomina entre silte fino e areia fina, com 40 a 60% de sedimentos grossos. Os sedimentos grossos estão concentrados nas desembocaduras dos grandes rios da baía de Paranaguá (LAMOUR et al., 2004).

A condição de aporte de sedimentos via tributários também deve ser considerada, visto que determina grande parte da carga de sedimentos que acumula nos ambientes das baías. Estudo conduzido por MANTOVANELLI (1999) indicou que, no período de inverno, o clima da região condiciona a uma deficiência hídrica, resultando em uma evaporação cerca de sete vezes superior à precipitação. No verão ocorre compensação hídrica, com maiores intensidades de precipitação. Conseqüentemente, os aportes médios fluviais e de material particulado em suspensão provenientes da drenagem continental foram cerca de quatro vezes superiores durante o verão, em função do maior excedente hídrico ($\approx 3,5$ vezes) e do potencial de erosividade da chuva (≈ 8 vezes), comparativamente ao inverno. Ainda, a maior parte da carga de material particulado em suspensão (50 - 80%) foi introduzida no sistema em curtos períodos de tempo (5 - 11%). Embora o aporte de sedimentos não tenha sido avaliado, a partir deste estudo é possível inferir que no verão o aporte de sedimentos na bacia é significativamente maior comparativamente ao período de inverno e, notadamente, com chuvas de maior intensidade.

Todos os dados apontaram para um decréscimo de valores de substâncias e elementos potencialmente contaminantes no sentido “interior e meio das baías \rightarrow desembocadura do canal portuário de Paranaguá - Galheta”. Evidencia-se que no Canal da Galheta foram observados os menores valores comparativamente às áreas aos terminais de atracação, sugerindo que as principais fontes de contaminação estejam associadas às atividades portuárias e urbanas nas áreas de baías.

4.1.4.2.3. Avaliação Geoquímica do Sedimento na AID e ADA

4.1.4.2.3.1. Metais + Arsênio

Os metais pesados consistem em um grupo de elementos-traço com densidades atômicas superiores a 6 g cm^{-3} . São altamente reativos e em condições normais não sofrem degradação. As principais fontes de metais pesados em ecossistemas aquáticos são o intemperismo de rochas e atividades vulcânicas pretéritas, a erosão e *runoff* em solos, atividades industriais, efluentes domésticos, fertilizantes e agroquímicos.

Os metais pesados associados aos sedimentos são comumente classificados como residuais e não residuais. Os elementos residuais têm origem na estrutura cristalina dos minerais (matriz silicatada) do sedimento. Os não-residuais são incorporados ao sedimento por processos físicos e químicos como adsorção, precipitação e complexação com substâncias orgânicas e inorgânicas. Geralmente Cr,

Ni, Cu, Zn, Hg, Pb, Cd são originados principalmente de atividades antropogênicas, portanto, não residuais.

A **Tabela 4.19** apresenta os valores observados para os elementos metálicos nas análises de sedimento da área de influencia direta do empreendimento, contemplando as calhas dos tributários e o canal de acesso para atracação e manobra, comparados com os valores orientadores de referência em qualidade e os valores de prevenção - DD 195/2005 – Cetesb.

Tabela 4.19 – Resultados Analíticos para as determinações de alguns elementos metálicos e arsênio nas amostras de sedimento de 7 estações amostrais nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7.

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	VMP Valores orientadores CETESB DD 195-2005- E	
	G3S	Mac 1S	Mac 2S	Mar 2S	Mar 3 S3	Mar 4 S1	Mar 4 S3	Solos	
	(mg kg ⁻¹)							Nível Qualidade	Nível Prevenção
Arsênio	<0,5	0,9	<0,5	<0,6	<0,5	<0,5	<0,5	3,5	15
Cádmio	<0,047	<0,053	<0,047	<0,060	<0,048	<0,047	<0,049	<0,5	1,3
Chumbo	<0,5	1,0	<0,5	3,2	1,6	1,5	1,1	17	72
Cobre	<0,5	<0,5	<0,5	1,9	<0,5	<0,5	<0,5	35	60
Cromo	0,6	1,5	0,8	8,2	2,6	2,8	1,0	40	75
Mercúrio	<0,032	<0,027	<0,024	<0,030	<0,024	<0,024	<0,025	0,05	0,5
Níquel	<0,5	<0,5	<0,5	2,5	<0,5	0,6	<0,5	13	30
Zinco	3,4	3,2	1,6	15	5,5	4,7	3,7	60	300

NOTA: valores apresentados com "<" indicam o limite de quantificação (LQ) da amostra.

Os resultados analíticos demonstraram que o sedimento do Canal da Cotinga não apresenta nenhum tipo de restrição quanto à presença de metais. A despeito disso, todos os valores observados colocam o material dentro de um padrão referencial de qualidade, segundo a DD 195/2005 – Cetesb.

A **Figura 4.46** demonstra a relatividade entre o máximo valor observado na área de amostragem (considerando as sete estações amostrais) e o limite máximo permitido (LMP) para o referencial de qualidade estabelecido pela DD 195/2005 – Cetesb. Todos os valores máximos observados para os metais foram significativamente inferiores ao LMP-Qualidade da DD 195/2005. O maior valor determinado para arsênio é aproximadamente 74% inferior ao LMP-Qualidade; chumbo 35% inferior ao LMP-Qualidade; cobre 95% inferior ao LMP-Qualidade; cromo 79% inferior ao LMP-Qualidade; níquel 81% inferior ao LMP-Qualidade; zinco, 75% inferior ao LMP-Qualidade. Já para cádmio e mercúrio, todos os valores observados estiveram abaixo do limite de quantificação, desqualificando a relação. Entretanto, os valores de 88% e 40%, respectivamente, permitem indicar uma margem de segurança adicional para o sedimento. Os poluentes associam-se preferencialmente às frações finas dos sedimentos (silte e argila).

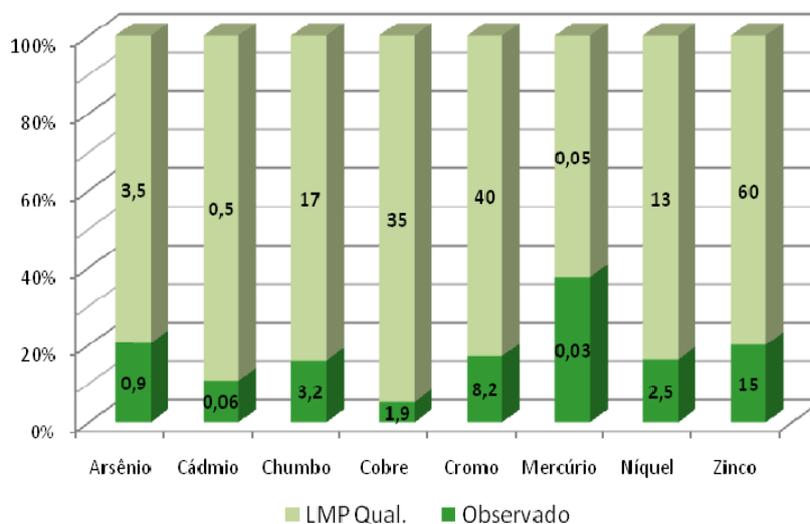


Figura 4.46 – Proporção relativa entre o máximo valor na área de amostragem (observado) e o limite máximo permitido para o referencial de qualidade estabelecido pela DD 195/2005

Como já discutido, todos os valores para os metais e arsênio avaliados foram ínfimos. Nesse sentido, é preciso atentar para as comparações entre teores de elementos, visto que absolutamente todos se encontram muito abaixo de padrões permissíveis e, portanto, baixa ou nenhuma probabilidade de efeitos adversos à biota. Contudo, objetivando um registro e base de informações para futuras avaliações, cabe destacar compartimentos que apresentaram algum grau de diferenciação, mesmo que não significativa: i) a estação amostral Mac1S, que representa o ponto mais a montante do rio Maciel, local onde será construída uma pequena ponte, foi a única estação a apresentar valor de arsênio acima do limite de quantificação, ainda que bastante reduzido. O arsênio

pode ser oriundo de rochas, neste caso relacionando intemperismo e *runoff* para a sedimentação, assim como de atividades antropogênicas, já que é constituinte de alguns tipos de preservantes e pigmentos, vidros, ligas metálicas, inseticidas e herbicidas, e também uso em medicina; ii) os maiores valores de chumbo, cromo e zinco foram observados no ponto Mar2S; iii) nenhum dos pontos indicou um predomínio de acumulação de metais comparativamente aos demais. O potencial redox, pH, teor de matéria orgânica e a granulometria do sedimento (discutida adiante) devem ter influenciado significativamente a baixa retenção dos elementos metálicos, e também do arsênio, no sedimento, especialmente pelo baixo poder de sorção e complexação. Estudo realizado no ano de 2006, para implantação do porto de Pontal do Sul, avaliou cerca de 20 pontos amostrais em área adjacente à área de estudo em questão quanto à presença de metais. As variações observadas também indicaram, à época, valores bastante reduzidos, como segue: <LDM (1,50) e 4,07 mg/kg; chumbo entre <LDM (0,50) e 2,97; cobre <LDM(1,5) e 2,97 mg/kg, cromo entre <LDM (1,5) e 10,9 mg/kg, níquel <LDM (0,5) e 1,78 mg/kg e zinco entre <LDM (2,5) e 15,6 mg/kg; já cádmio e mercúrio estiveram abaixo do limite de detecção em todos os pontos avaliados.

4.1.4.2.3.2. Bifenilas Policloradas (PCB's)

São compostos organoclorados resultantes da reação do grupo bifenila com cloro anidro na presença de catalisador. Os principais fatores que afetam a disponibilização do sedimento são: teor de matéria orgânica, superfície de contato e os coeficientes de partição octanol-água.

No Brasil não há registros da produção de PCB's. As restrições a seu uso foram implementadas por meio da Portaria Interministerial 19/1981, que estabelece a proibição de fabricação, comercialização e uso de PCB's em todo território nacional. Porém, equipamentos já em uso preveem a substituição progressiva.

Estudo desenvolvido por Penteado e Vaz (2001) apontou como principais aportes de PCB's ao meio:

- Efluentes industriais e urbanos com PCB's;
- Acidente ou perda no manuseio de PCB's e/ou fluidos contendo PCB's;
- Vaporização de componentes com PCB's;
- Vazamentos em transformadores, capacitores ou trocadores de calor;
- Decomposição/despregnação de tintas e preservantes;
- Vazamento de fluidos hidráulicos contendo PCB's;
- Armazenamento irregular de resíduo contendo PCB's ou resíduo contaminado;
- Fumaça decorrente da incineração de produtos contendo PCB's.

A **Tabela 4.20** apresenta os valores observados para as bifenilas policloradas nas análises de sedimento da área de influência direta do empreendimento, contemplando as calhas dos tributários e o canal de acesso para atracação e manobra, comparados com os valores orientadores de referência em qualidade e valores de prevenção - DD 195/2005 – Cetesb.

Os valores registrados para as bifenilas policloradas (PCB's) ficaram substancialmente abaixo dos limites de quantificação das amostras, em todas as sete estações amostrais nas áreas AID e ADA. Portanto, dentre os 30 tipos de bifenilas avaliadas (**Tabela 4.20**), nenhuma foi detectada a partir do limite de quantificação. Os limites variaram entre $<0,01$ e $<0,02$ $\mu\text{g}/\text{kg}$. De acordo com estudo realizado no ano de 2006, para implantação do porto de Pontal do Sul 16, que avaliou cerca de 20 pontos amostrais em área próxima a Pontal do Sul, as bifenilas policloradas variaram entre o limite de detecção do método $<\text{LDM } 4,58$ e $6,17$ $\mu\text{g}/\text{kg}$; logo, também em valores significativamente abaixo dos teores preconizados pela DD 195/2005.

Tabela 4.20 – Resultados Analíticos para as determinações de bifenilas policloradas nas amostras de sedimento de 7 estações amostrais nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7.

Parâmetros	1 G3S	2 Mac 1S	3 Mac 2S	4 Mar 2S	5 Mar 3 S3	6 Mar 4 S1	7 Mar 4 S3	VMP Valores orientadores CETESB DD 195-2005- E Solos	
								Nível Qualidade	Nível Prevenção
	(mg kg ⁻¹)								
PCB 8	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 28	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 37	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 44	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 49	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 52	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 60	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 66	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 70	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 74	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 77	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 82	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 87	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 99	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 101	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 105	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 114	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 118	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-

Parâmetros	1 G3S	2 Mac 1S	3 Mac 2S	4 Mar 2S	5 Mar 3 S3	6 Mar 4 S1	7 Mar 4 S3	VMP Valores orientadores CETESB DD 195-2005- E Solos	
								Nível Qualidade	Nível Prevenção
	(mg kg ⁻¹)								
PCB 126+166	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 128	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 138+158	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 153	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 156	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 169	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 170	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 179	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 180	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
PCB 183	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
BCB's Totais	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,3	10

4.1.4.2.3.3. Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HPA's)

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's) são compostos cristalinos hidrofóbicos que apresentam elevado ponto de fusão nas condições normais de temperatura e pressão. Possuem de dois a sete anéis aromáticos condensados, com propriedades similares às do benzeno. Têm ampla distribuição e são encontrados como constituintes de misturas complexas em todos os compartimentos ambientais, especialmente o sedimento (FRONZA, 2006).

Os hidrocarbonetos aromáticos são moléculas hidrofóbicas, que apresentam baixa solubilidade em água, contribuindo para aumento da persistência no ambiente em compartimento estoque. Assim, os hidrocarbonetos são facilmente adsorvidos ao material particulado suspenso; por conseguinte, com tendência de acumulação no material de fundo. Os HPA's não possuem a boa capacidade de ressolubilização para a coluna d'água como os metais; conseqüentemente, denotam menor disponibilidade e acúmulo no sedimento.

Quanto à origem, os hidrocarbonetos não existem apenas no petróleo, podendo ocorrer na natureza como produtos de biossíntese da maioria das plantas, algas e animais (origem diagenética e biogênica). São considerados de origem petrogênica os hidrocarbonetos provenientes de exudações e da atividade humana com o petróleo ou ainda de origem pirolítica resultante da queima de combustíveis de forma natural, como em queimadas, ou então, antropogênica (FRONZA, 2006). Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são formados em processos de combustão incompleta de matéria orgânica (XAVIER et al., 2005), originados por atividades humanas ou naturais (BETTIN e FRANCO, 2005). As principais fontes dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos para o ambiente são a atividade microbiana, descarte de resíduos originados da incineração do lixo, produção de asfalto e óleo cresoto, queima de combustíveis fósseis e o aporte de esgotos domésticos e efluentes industriais (CETESB, 2001).

A **Tabela 4.22** apresenta os valores observados para os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos nas análises de sedimento da área de influência direta do empreendimento, contemplando as calhas dos tributários e o canal de acesso para atracação e manobra, comparados com os valores orientadores de referência em qualidade e valores de prevenção - DD 195/2005 – Cetesb.

Os valores determinados para as sete estações amostrais não indicaram a presença de nenhum dos HPA's avaliados acima do limite de quantificação das amostras (0,01 – 0,02 µg/kg). Portanto, muito aquém dos valores preconizados pela DD 195/2005 – Cetesb. Na avaliação de sedimento para implantação do porto de Pontal do Sul (EIA/RIMA Porto de Pontal, 2006), que considerou cerca de 20 pontos amostrais em área próxima ao Canal da Cotinga, as concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's) também foram bastante baixas. Entretanto, foi detectada a presença de alguns compostos, como segue: naftaleno entre <LDM(1,6) e 4,10 mg/kg; 2-metil-naftaleno entre <LDM (1,30) e 1,74 mg/kg; acenaftileno <LDM (3,70 mg/kg); acenafteno <LDM (1,30

mg/kg); fluoreno <LDM (1,30 mg/kg); fenantreno entre <LDM (2,60) e 3,35 mg/kg ; antraceno <LDM (1,10 mg/kg); fluoranteno entre <LDM (1,3) e 3,62 mg/kg; pireno entre <LDM (1,3) e 5,64 mg/kg; benzo(a)antraceno entre <LDM (1,20) e 2,96 mg/kg; criseno entre <LDM (1,20) e 2,61 mg/kg; benzo(a)pireno entre <LDM (1,10) e 2,57 mg/kg e dibenzo(a,h)antraceno <LDM (1,00 mg/kg); possivelmente em razão de o local ser área de tráfego de embarcações em direção à Ilha do Mel.

Embora HPA's não tenham sido identificados para as condições de amostragem deste estudo, cabe destacar alguns trabalhos científicos importantes, que conseguiram estabelecer e associar a presença de HPA's, bem como a relação entre seus diferentes compostos, com a origem do(s) contaminante(s). As relações de maior relevância são apresentadas na **Tabela 4.21**.

Tabela 4.21 – Relações entre hidrocarbonetos e respectivas associações de origem.

Razão	Valores	Origem	Referência
FI / (FI+Pi)	< 0,4	Petrogênica	YUNKER et al., 2002
	> 0,4 < 0,5	Combustão petróleo	
	> 0,5	Comb. madeira, veget. e carvão	
FI / Pi	> 1	Pirolítica	SICRE et al., 1987
	< 1	Petrogênica	BAUMARD et al., 1998
BaAnt / BaAnt+Cri	< 0,2	Petrogênica	YUNKER et al., 2002
	> 0,35	Pirolítica	
BaAnt / Cri	> 0,9	Pirolítica	GSCHWEND e HITES, 1981
	≤ 0,4	Petrogênica	
Fenan / Antrac	< 10	Pirolítica	SOCLO, 1986
	> 15	Petrogênica	
I-PI / (I-PI+Bp)	< 0,2	Petrogênica	GSCHWEND e HITES, 1981
	> 0,2 < 0,5	Combustão petróleo	
	> 0,5	Comb. madeira, veget. e carvão	

FONTE: Adaptado de PORTZ (2005).

NOTA: FI = Fluoranteno; Pi = Pireno; BaAnt = Benzo(a)antraceno; Cri = Criseno; Fenan = Fenantreno; Antrac = Antraceno; I-PI = Indeno; Bp = Benzo(g,i,h)perileno

Tabela 4.22 – Resultados analíticos para as determinações de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos nas amostras de sedimento de 7 estações amostrais nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7.

Parâmetros	1 G3S	2 Mac 1S	3 Mac 2S	4 Mar 2S	5 Mar 3 S3	6 Mar 4 S1	7 Mar 4 S3	VMP Valores orientadores CETESB DD 195-2005- E	
								Solos	
(µg kg ⁻¹)								Nível Qualidade	Nível Prevenção
Benzo(a) antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	25
Benzo(a) pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	52
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	8.100
Dibenzo(a,h) antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	80
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	39
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	3.300
Naftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	120
Benzo(k) Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	380
Benzo(g,h,i) Perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	570
Indeno (1,2,3-c,d) pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Na	31

(na) - ocorrência natural rara, portanto, o valor de referência não se aplica para substâncias orgânicas.

4.1.4.2.3.4. Pesticidas Organoclorados

Na **Tabela 4.23** são apresentados os valores observados para os pesticidas organoclorados nas análises de sedimento das sete estações amostrais do sedimento, que consideram os tributários e o canal de acesso para atracação e manobra, comparados com os valores orientadores de referência em qualidade e valores de prevenção - DD 195/2005 – Cetesb.

Igualmente aos demais contaminantes, os valores observados podem ser considerados desprezíveis. Com exceção de alfa BHC, delta BHC e Aldrin todos os demais estiveram abaixo dos limites de quantificação das amostras (0,01 µg/kg). Mesmo os valores detectados para BHC e aldrin, podem ser considerados ínfimos. Dessa forma, de acordo com os limites preconizados pela DD 195/2005 – Cetesb, não há qualquer restrição neste aspecto. Novamente, comparando-se com os dados gerados pelo EIA de implantação do porto de Pontal do Sul - 2006, no qual foram observados os valores que se seguem para os pesticidas organoclorados: α-BHC <LDM (limite de detecção do método - 0,12 µg/kg); β-BHC <LDM (0,13 µg/kg); δ-BHC <LDM (0,11 µg/kg); γ-BHC/Lindano) entre <LDM (0,12) e 0,31 µg/kg; α-Clordano <LDM (0,11 µg/kg); γ-Clordano entre <LDM (0,11) e 0,26 µg/kg; DDD entre <LDM (0,08) e 0,54 µg/kg; DDE entre <LDM (0,18) e 0,25 µg/kg; DDT entre <LDM (0,53) e 0,78 µg/kg; Dieldrin <LDM (0,03 µg/kg) e Endrin <LDM (0,14 µg/kg)-, igualmente, nenhum dos compostos avaliados violou os limites da Cetesb DD 195/2005.

Da mesma forma, analisando-se os valores identificados em relação à distribuição espacial das estações amostrais, nenhum dos pontos indicou um predomínio de identificação de organoclorados de forma concentrada.

Tabela 4.23 – Resultados Analíticos para as determinações de agrotóxicos organoclorados nas amostras de sedimento de 7 estações amostrais nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7.

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	VMP Valores orientadores CETESB DD 195-2005- E - Solos	
	G3S	Mac 1S	Mac 2S	Mar 2S	Mar 3 S3	Mar 4 S1	Mar 4 S3	Nível Qualidade	Nível Prevenção
($\mu\text{g kg}^{-1}$)									
BHC (alfa BHC)**	0,44	<0,01	<0,01	0,24	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
BHC (beta BHC)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Na	11
BHC (delta BHC)**	<0,01	<0,01	<0,01	0,19	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
Lindano (gama BHC)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Na	1
Clordano (alfa)**	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
Clordano (gama)**	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-
DDD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Na	13
DDE	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Na	21
DDT	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Na	10
Dieldrin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Na	43
Endrin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Na	1
Aldrin*	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,83	Na	1,5

NOTA: valores apresentados com “<” indicam o limite de quantificação (LQ) da amostra.

Determinação: Cromatografia em fase gasosa, coluna capilar, detector de captura de elétrons.

na - não se aplica para substâncias orgânicas.

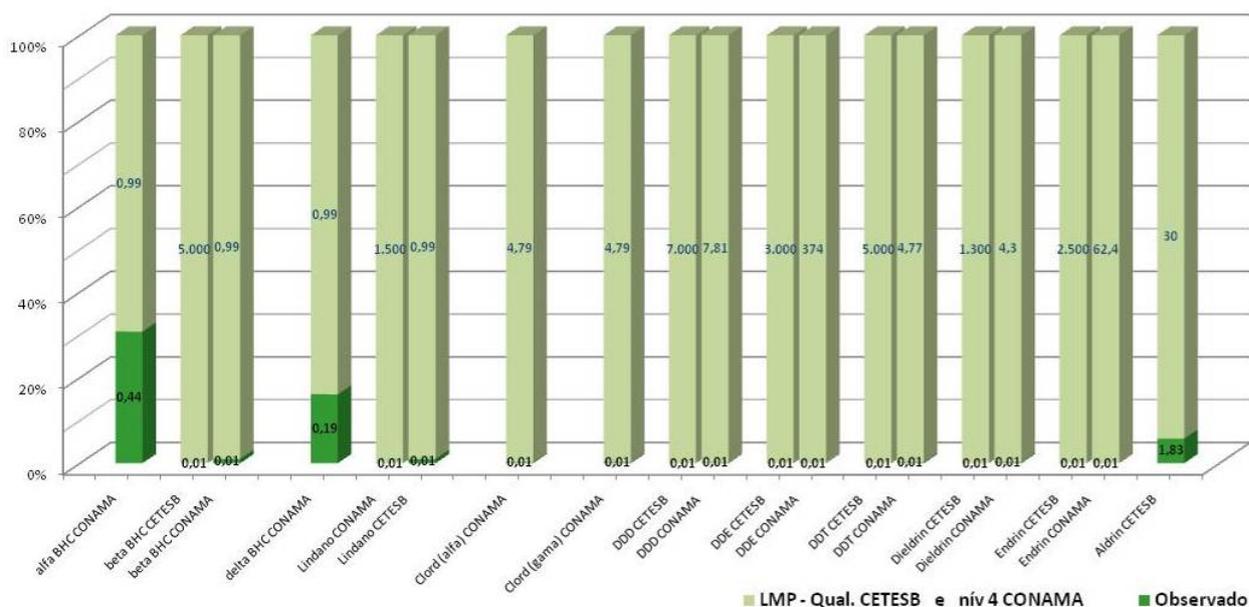
* parâmetro não preconizado pela resolução CONAMA 344/2004

** parâmetro não preconizado pela resolução DD 195/2005 – CETESB.

A **Figura 4.47** demonstra a relatividade entre o máximo valor observado na área de amostragem (considerando as sete estações amostrais) e o limite máximo permitido (LMP) pela DD 195/2005 – Cetesb. Todos os valores máximos observados para os organoclorados foram significativamente inferiores aos limites.

Dentre os contaminantes detectados, apenas o Aldrin apresentou um valor acima do permitido para o nível de prevenção no ponto 7, localizado próximo ao Canal da Galheta. O composto Aldrin é um inseticida de classe toxicológica I (altamente tóxico) e com alta persistência no ambiente. Foi um composto muito utilizado para o controle de pragas e cupins, lagartas e formigas cortadeiras. A presença de Aldrin no sedimento deve-se provavelmente ao fato da sua alta persistência no ambiente e provável carreamento através do processo de lixiviação do solo.

No geral, os valores encontrados em relação aos limites máximos permitidos conferem uma linha de trabalho bastante segura. Ademais, considerando-se o elevado teor de areia no sedimento, o potencial para acumulações (sorção e quelação) futuras de compostos é significativamente baixo, nestas condições de textura.



NOTA: a ausência de algumas colunas denota a não contemplação do parâmetro pela respectiva legislação.

Figura 4.47 – Proporção relativa entre o máximo valor na área de amostragem (observado) e o limite máximo permitido para o referencial de qualidade estabelecido pela DD 195/2005

4.1.4.3. Geomorfologia

4.1.4.3.1. Metodologia

Os procedimentos metodológicos utilizados para a geomorfologia, além da pesquisa bibliográfica e utilização de fontes secundárias, foram a interpretação

estereoscópica de fotografias aéreas, observações de campo e levantamentos topográficos.

A representação gráfica das feições geomorfológicas emersas está baseada em dois levantamentos planialtimétricos. Um obtido a partir de aerofotogrametria, que abrange toda a propriedade, identificada como AID do empreendimento (**Figura 4.48**), e outro obtido por meio de medições em campo, abrangendo a ADA do empreendimento (**Figura 4.49** à **Figura 4.57**).

Vale destacar que o levantamento planialtimétrico da AID, em função de algumas particularidades do terreno, em análise, apresenta em alguns trechos distorções na determinação das cotas do terreno em função da metodologia de restituição das fotografias aéreas, onde em terrenos planos com cobertura vegetal, a cota real pode ser confundida com a altura da vegetação. Porém, como se tratam de áreas onde não haverá intervenção do empreendimento, as diferenças na representação gráfica não interferem na avaliação dos impactos.

Já a representação gráfica da ADA não apresenta esse tipo de erro, pois é baseada em levantamento de dados primários em campo.

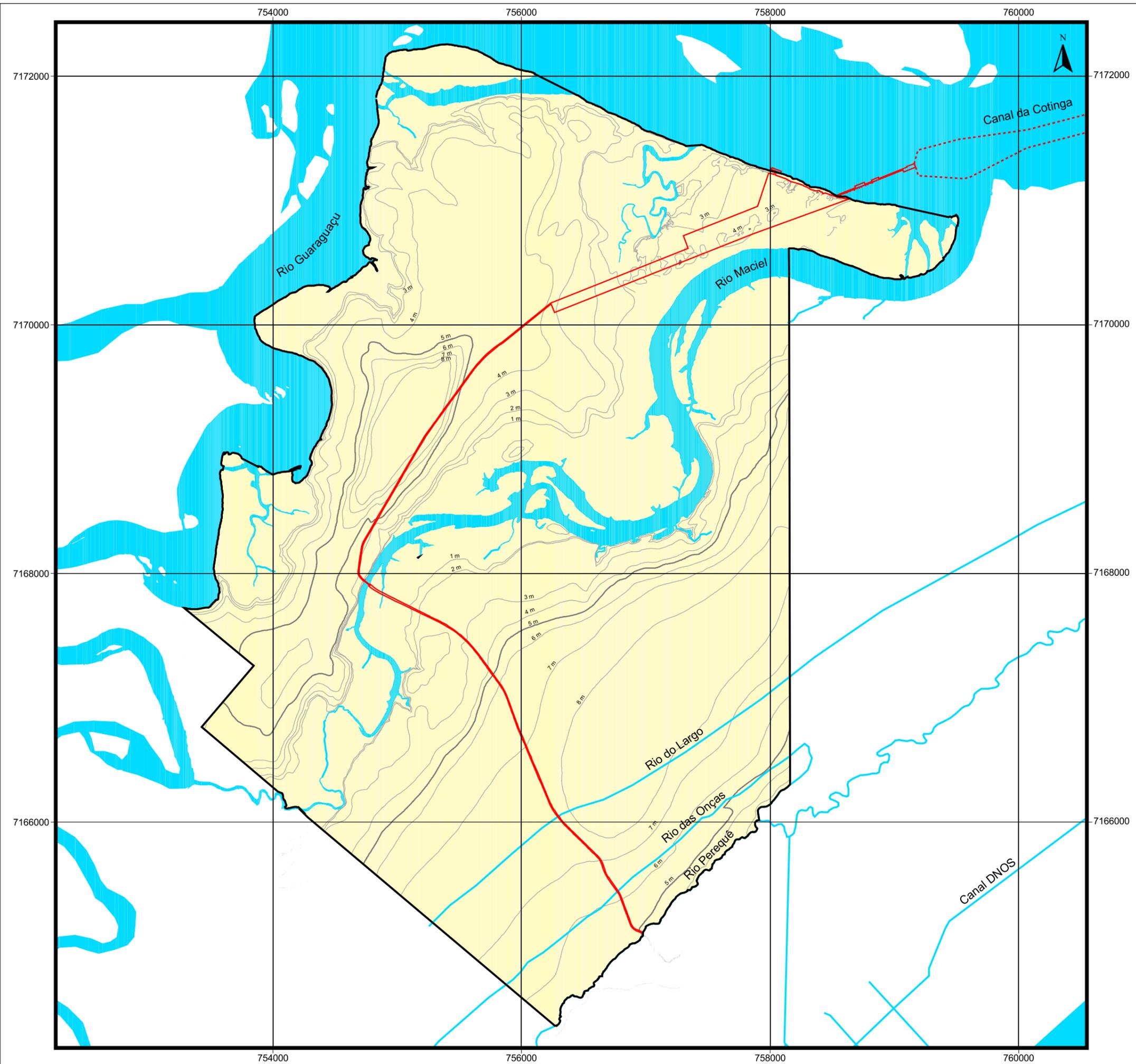
Para a interpretação estereoscópica foram utilizadas as mesmas fotografias aéreas que para a geologia. Por tratar-se de área de sedimentação recente, a geomorfologia coincide com as unidades geológicas de superfície.

A partir do levantamento planialtimétrico, foi gerado automaticamente através da interpolação das curvas de nível, o modelo digital de elevação, que é uma imagem onde cada pixel possui o valor Z de altitude correspondente as suas coordenadas X e Y. No caso, a interpolação utilizada foi uma triangulação por Rede Triangular Irregular (TIN).

Esse modelo digital de elevação, associado a um modelo de sombras, possibilitou a geração do mapa de relevo, que mostra a variação de altitude, a partir das cores, e as formas de relevo, a partir de pontos de sombra e iluminação.

A partir do modelo digital de elevação, foi gerado também o mapa de declividade, dada a diferença de altitude e da distância entre as curvas de nível. Na imagem resultante cada pixel representa o valor da declividade correspondente na coordenada X e Y. Posteriormente, essas declividades foram agrupadas em classes, utilizando-se os seguintes intervalos: 0 a 3%, 3 a 8%, 8 a 20%, 20 a 30%, 30 a 45% e maior que 45%.

A representação gráfica das feições geomorfológicas submersas está baseada na Carta Náutica da Marinha para a AII, e no levantamento de batimetria contratado pelo empreendimento para a AID e ADA.



Legenda

-  Limite da propriedade
-  Implantação do Empreendimento
-  Hidrografia
-  Área de Manobra de Embarcações
-  Curvas de Nivel (eq. 1 metro)



Cliente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

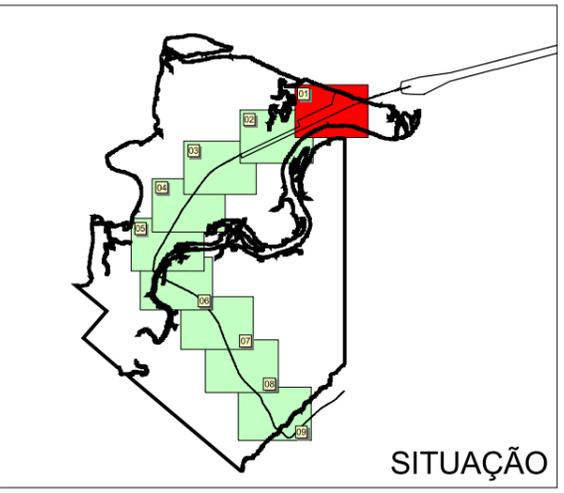
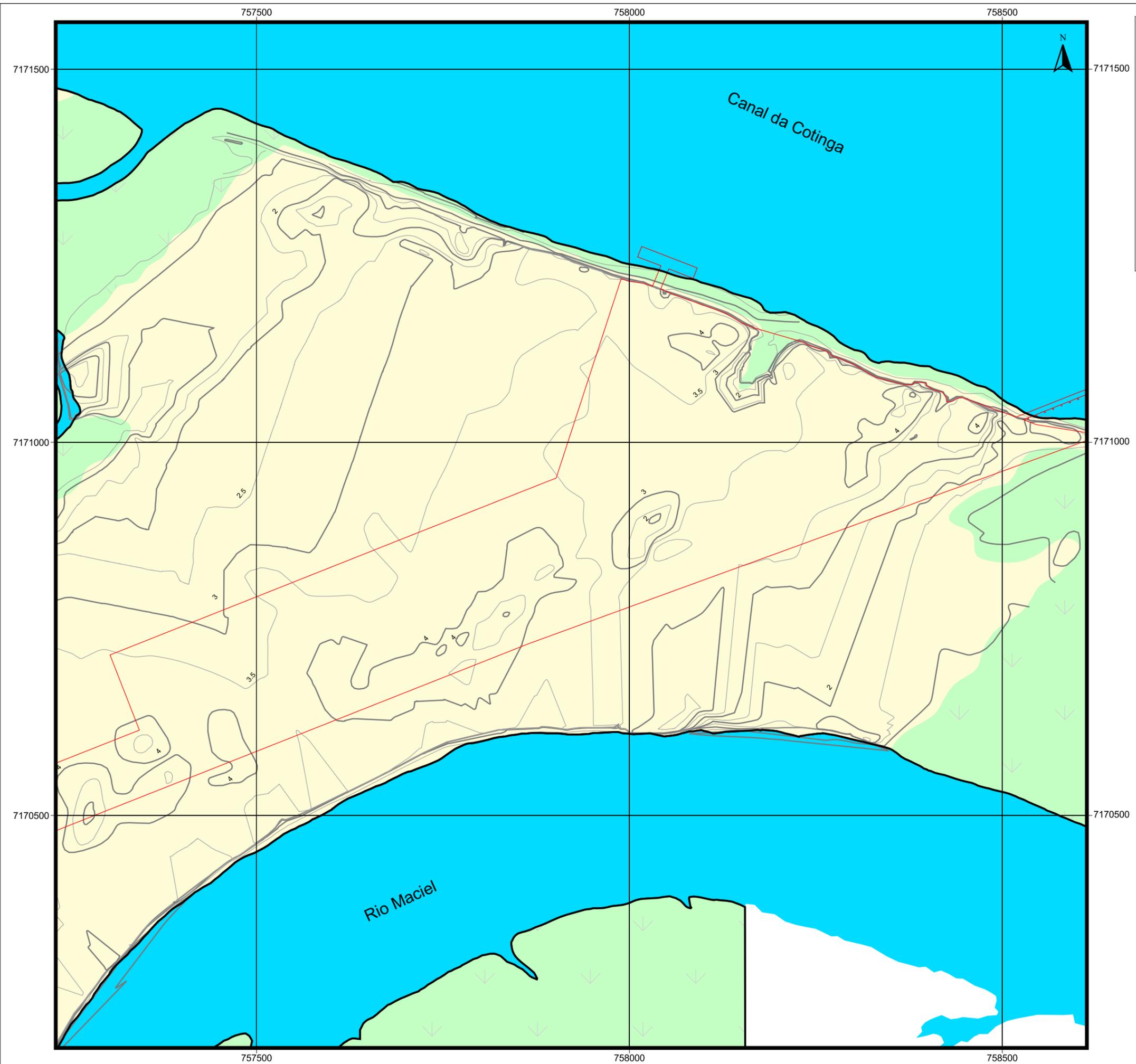
Figura 4.48: **Mapa topográfico da AID**

Escala: **1: 30.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Quadrante 1

Legenda

-  Limite da Propriedade
-  Implantação do Empreendimento
-  Hidrografia
-  Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
-  Limite das Áreas de Mangue



Cliente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.49: **Topografia da ADA - Quadrante 1**

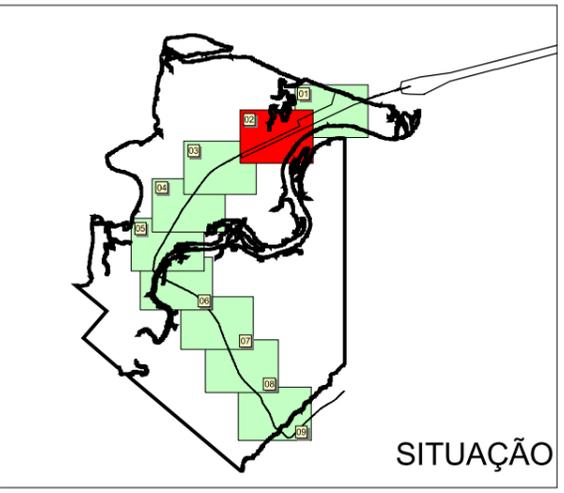
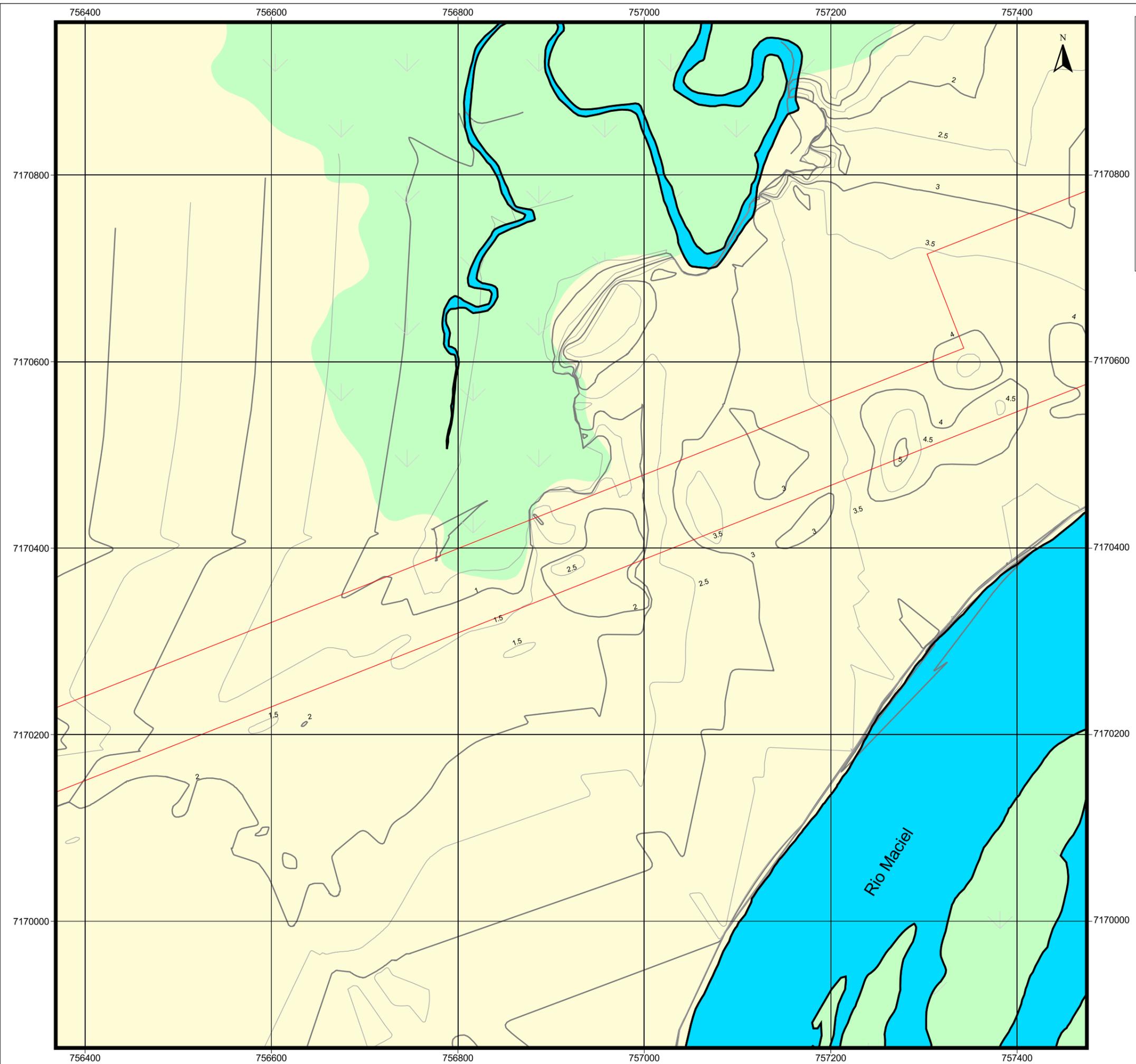
Escala: **1: 5.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



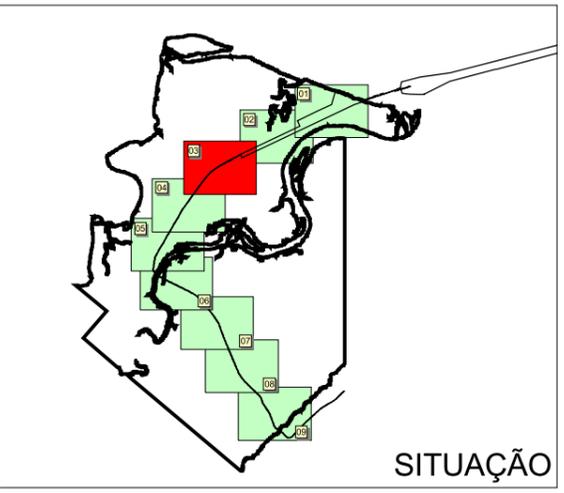
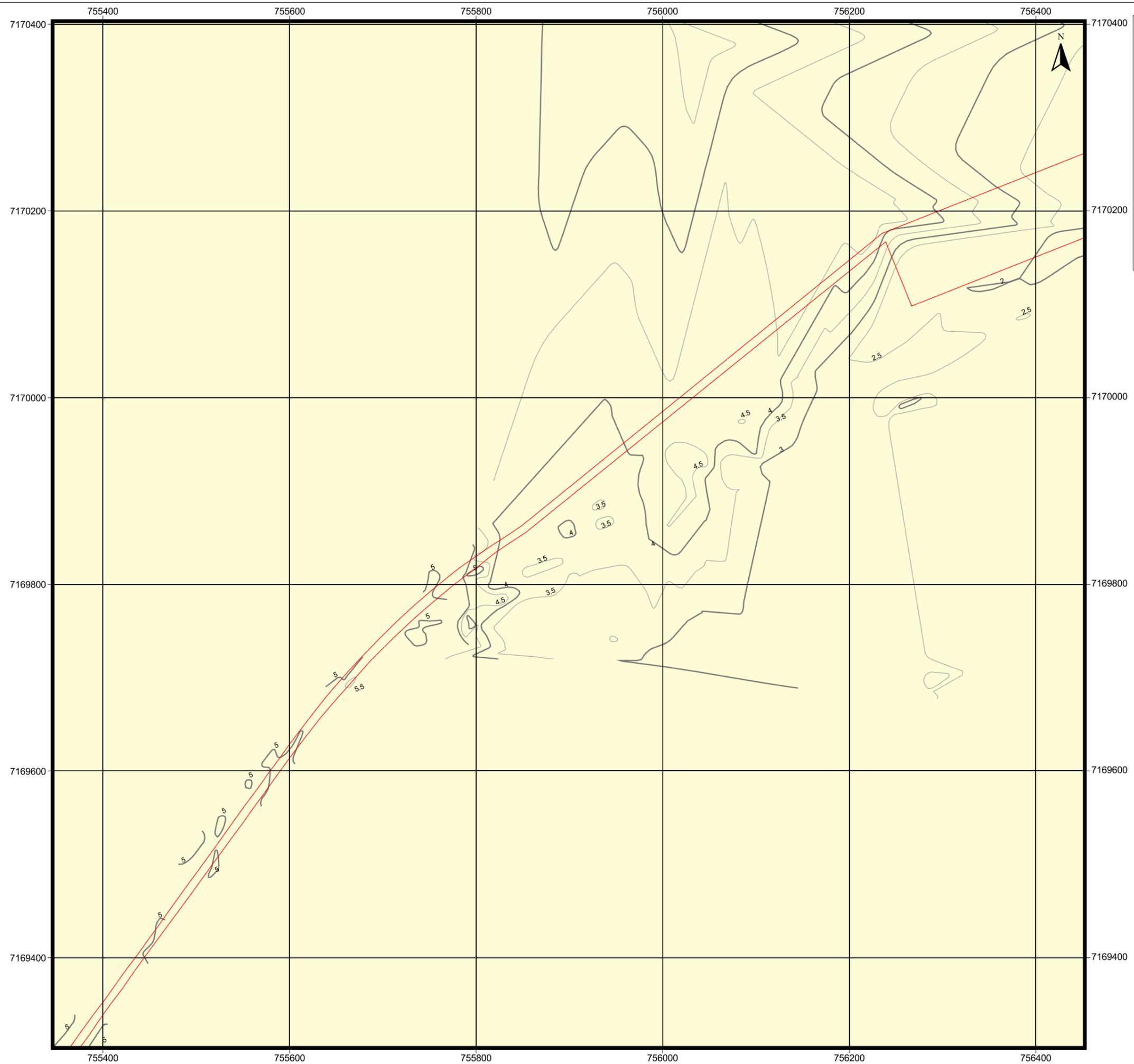
Quadrante 2

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Limite das Áreas de Mangue



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.50:	Topografia da ADA - Quadrante 2
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



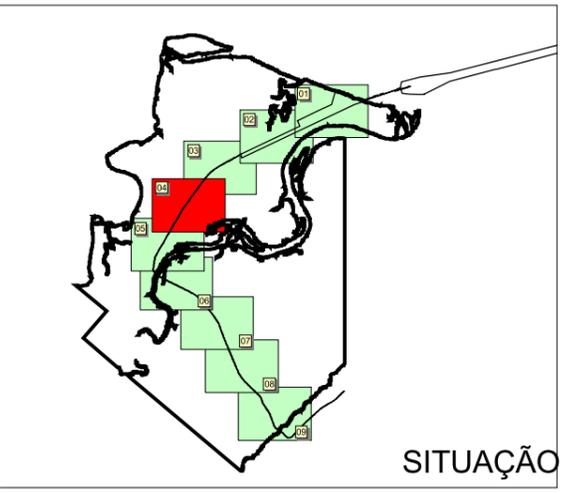
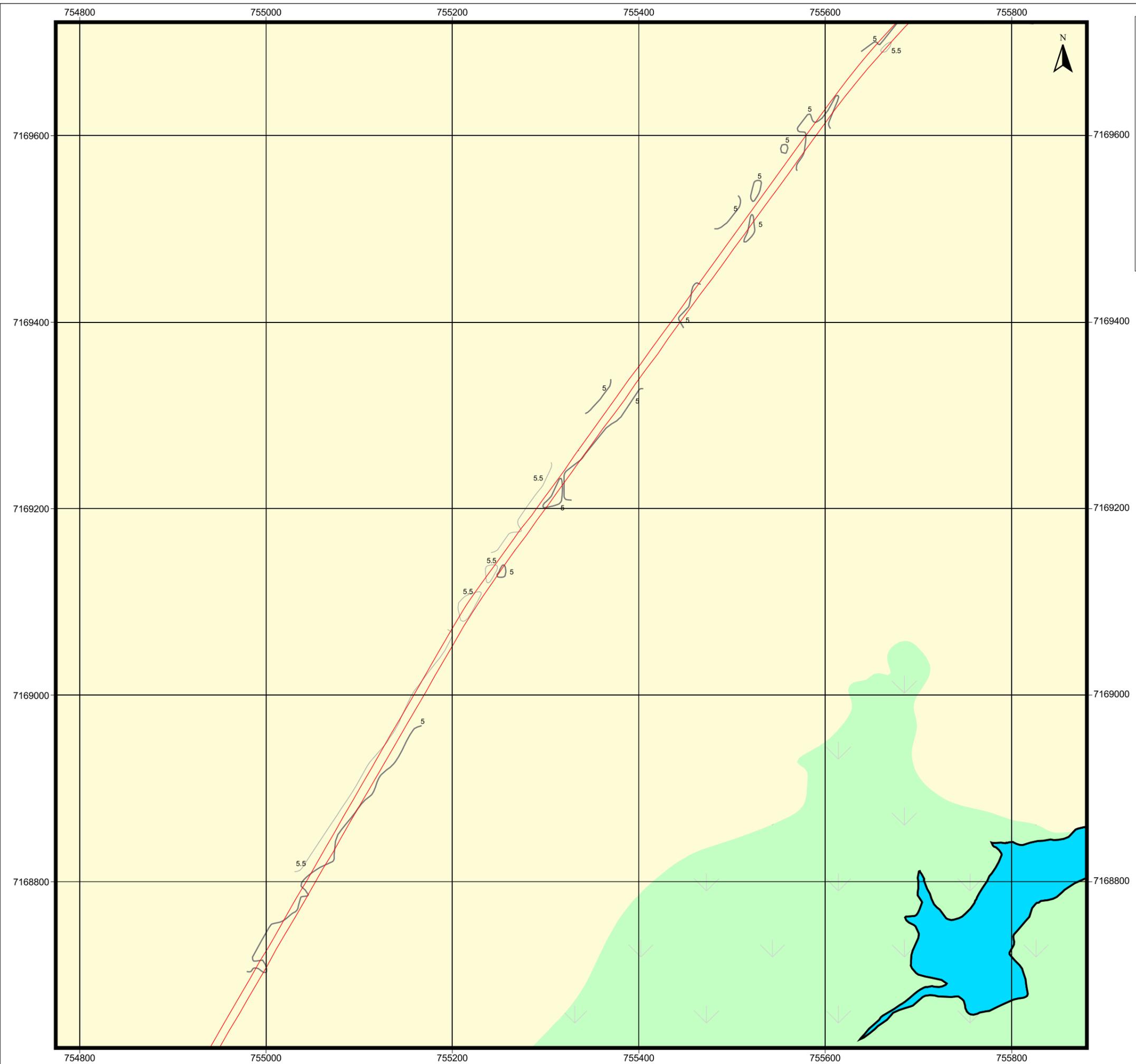
Quadrante 3

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.51:	Topografia da ADA - Quadrante 3
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



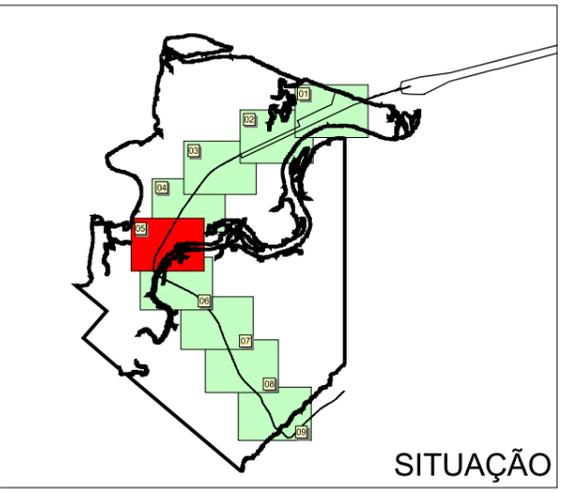
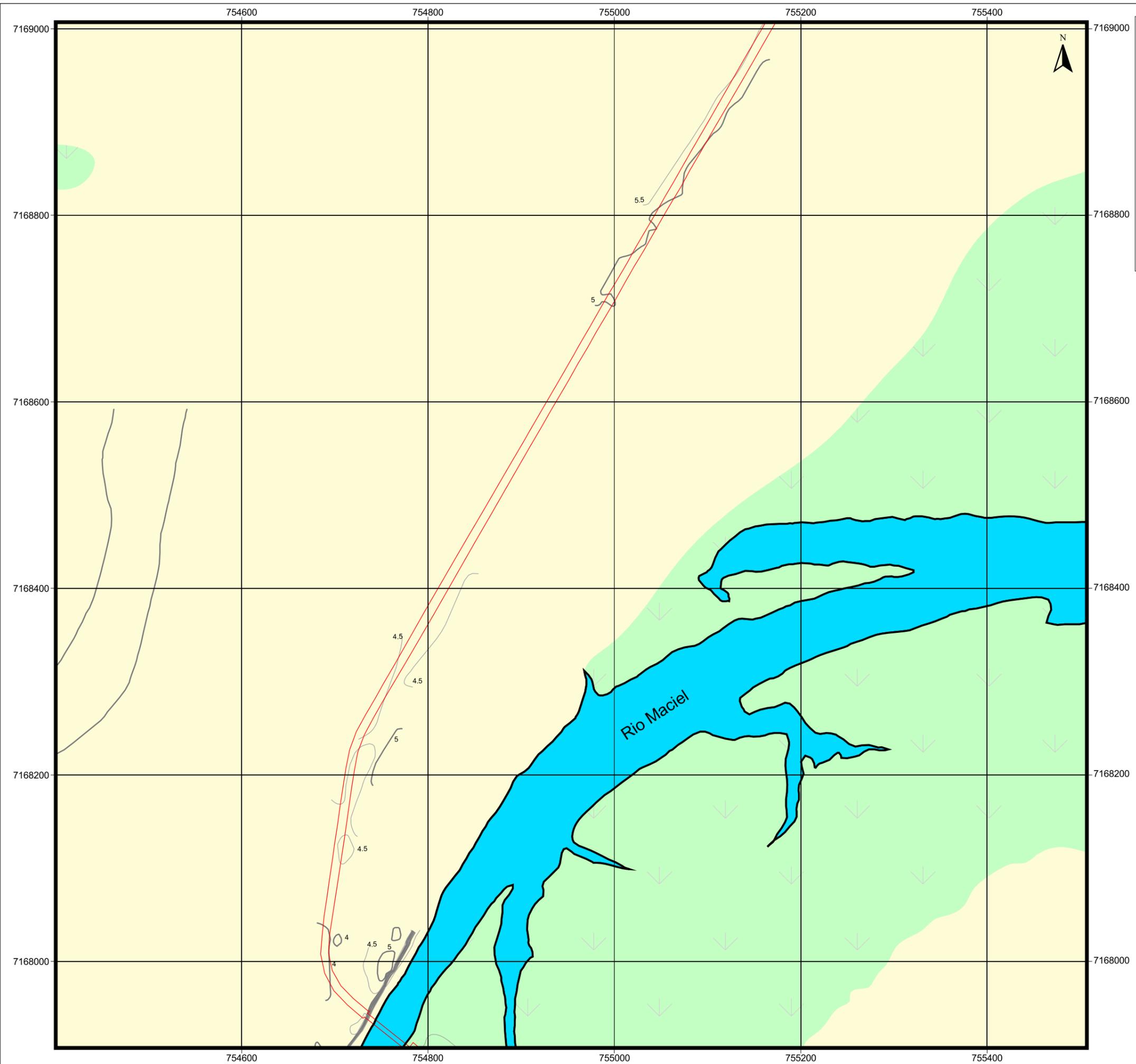
Quadrante 4

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Limite das Áreas de Mangue



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.52:	Topografia da ADA - Quadrante 4
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



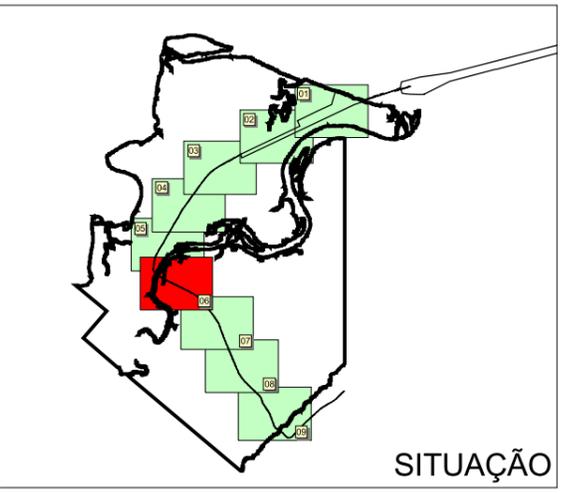
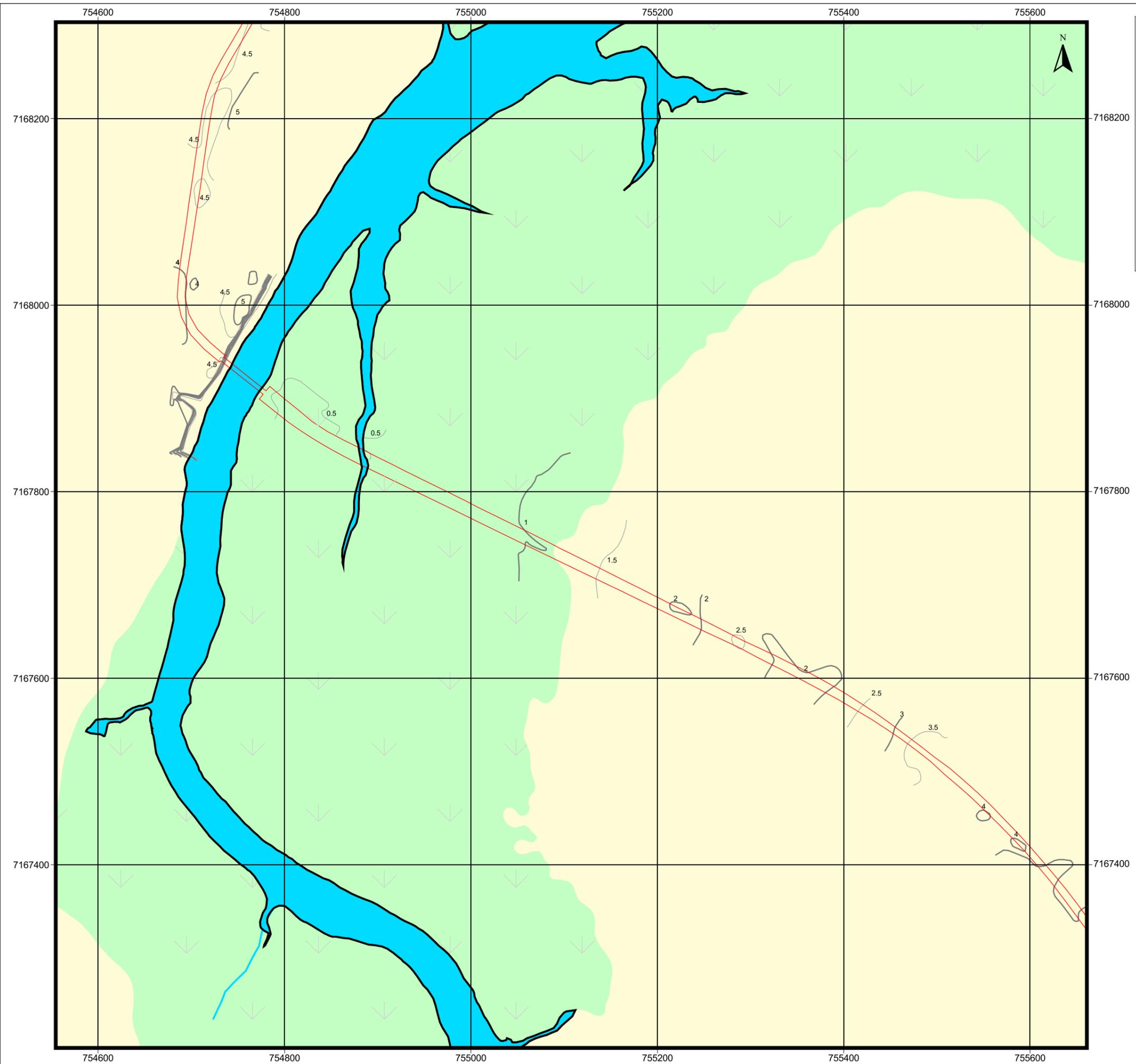
Quadrante 5

Legenda

-  Limite da Propriedade
-  Implantação do Empreendimento
-  Hidrografia
-  Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
-  Limite das Áreas de Mangue



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.53:	Topografia da ADA - Quadrante 5
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



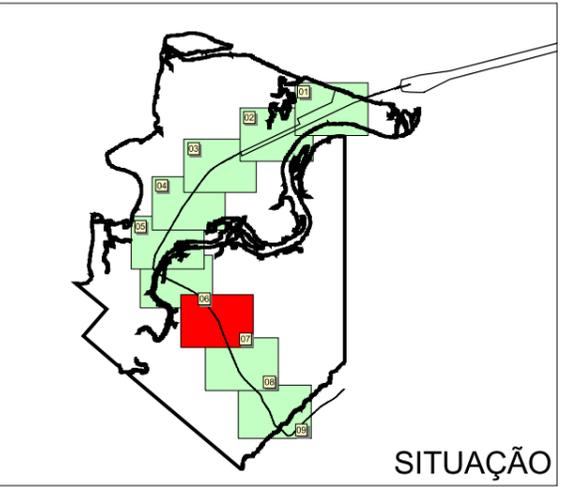
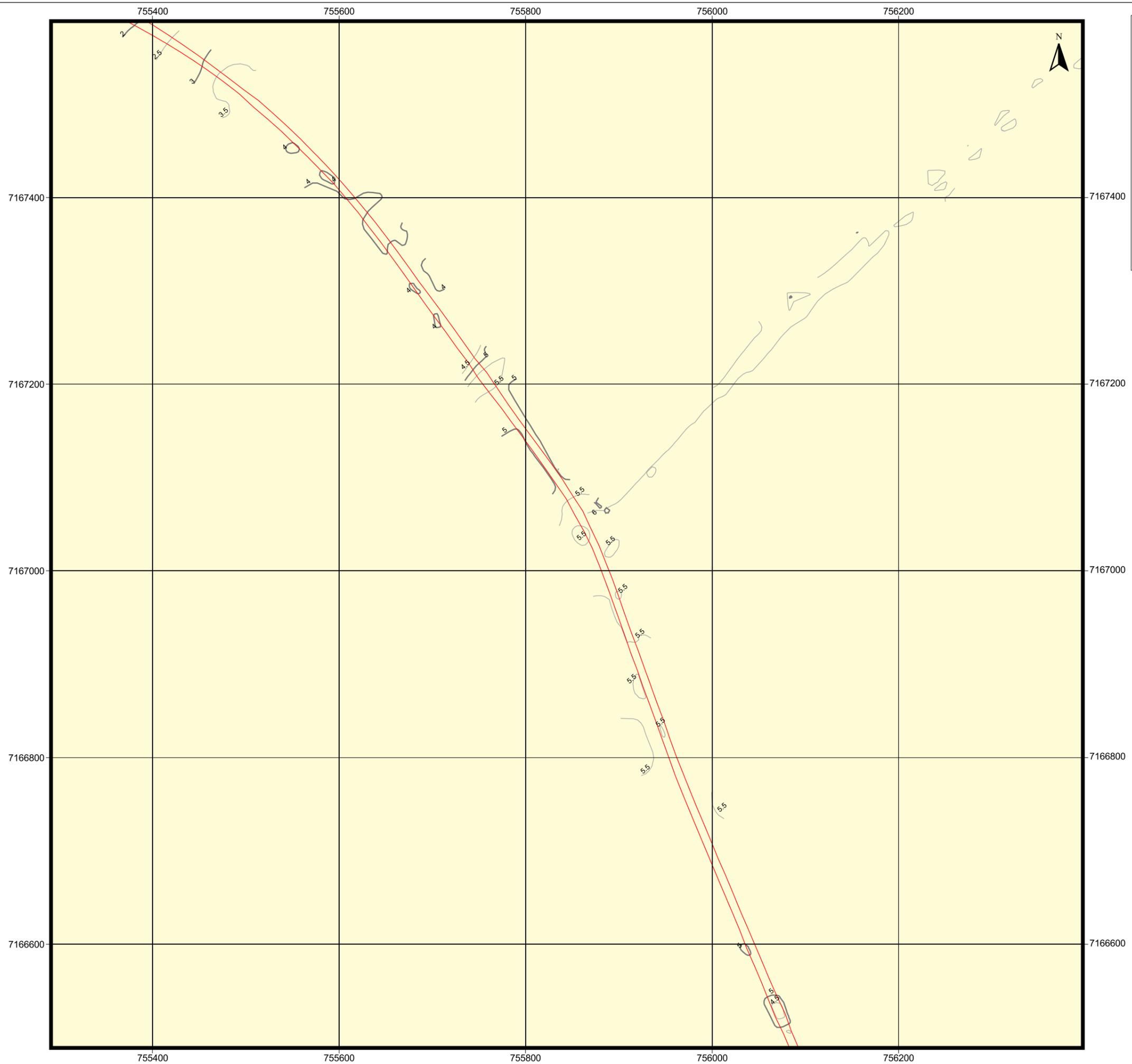
Quadrante 6

Legenda

-  Limite da Propriedade
-  Implantação do Empreendimento
-  Hidrografia
-  Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
-  Limite das Áreas de Mangue



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.54:	Topografia da ADA - Quadrante 6
Escala:	1: 4.000
Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69	
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D	



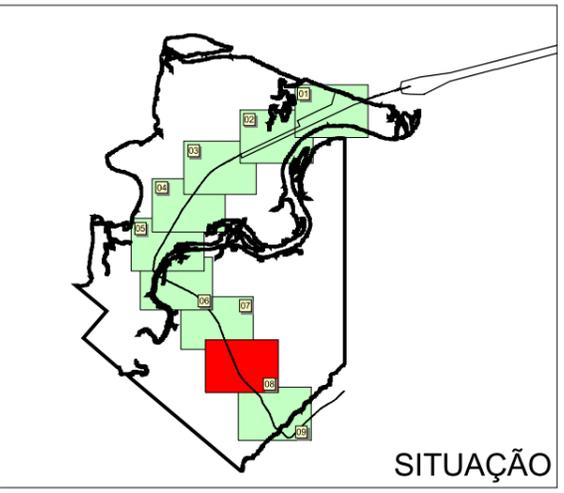
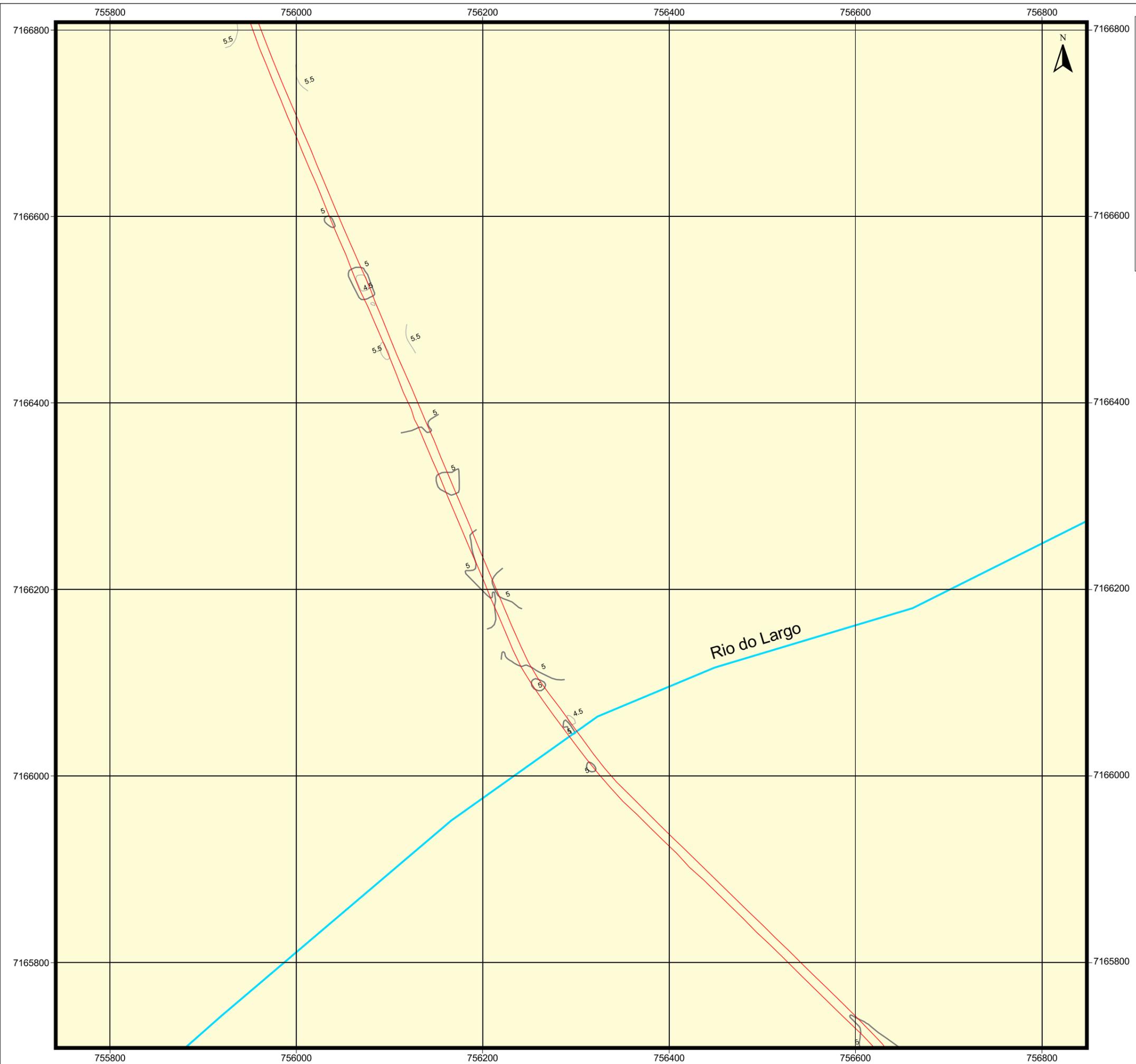
Quadrante 7

Legenda

-  Limite da Propriedade
-  Implantação do Empreendimento
-  Curvas de Nível (eq. 0.5 m)



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.55:	Topografia da ADA - Quadrante 7
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



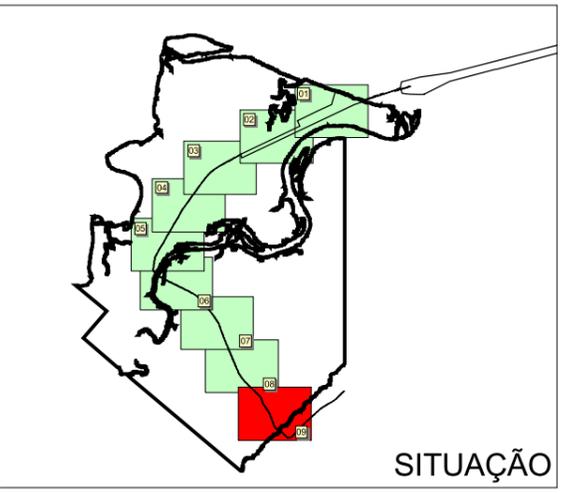
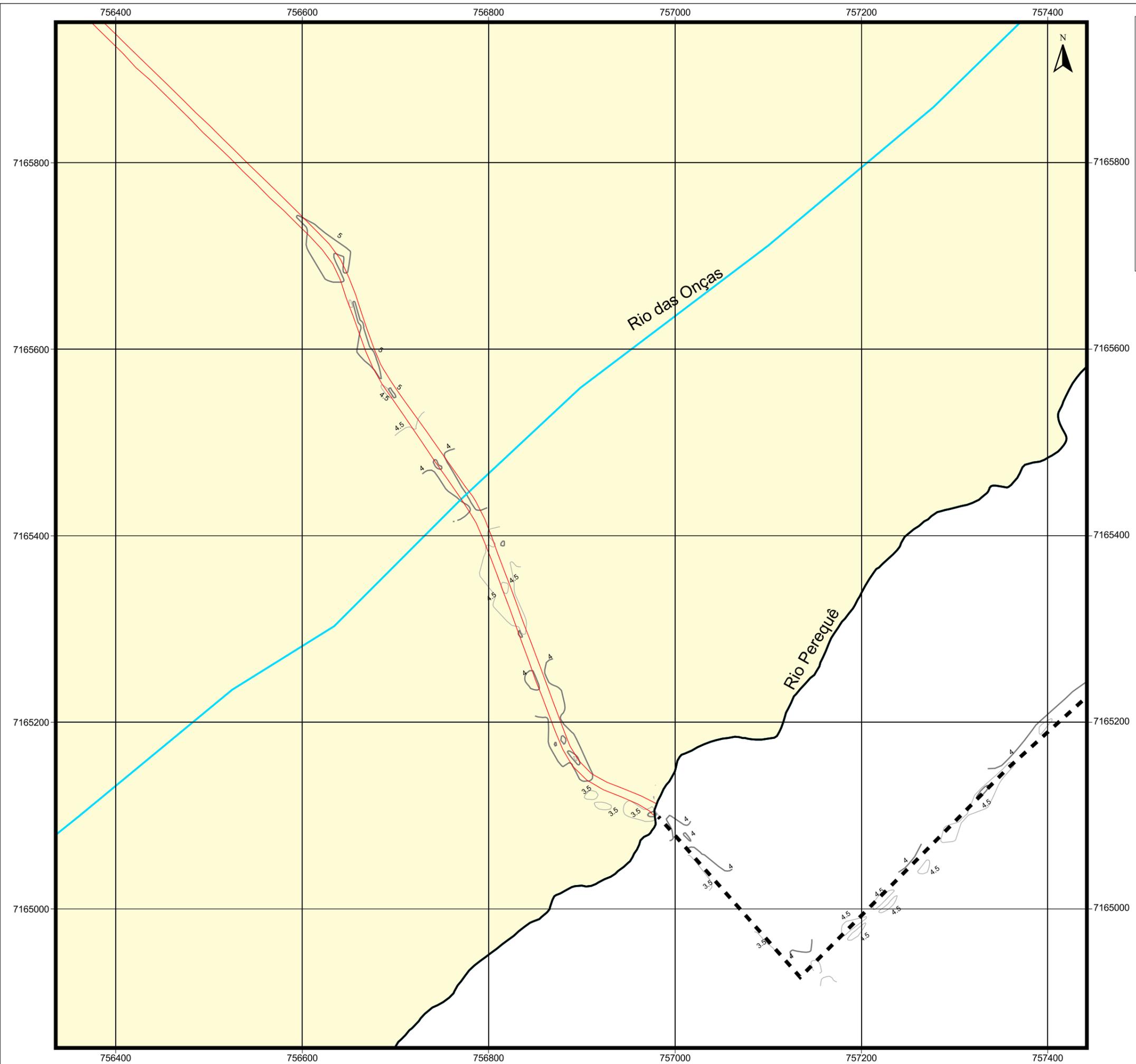
Quadrante 8

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.56:	Topografia da ADA - Quadrante 8
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Quadrante 9

Legenda

-  Limite da Propriedade
-  Implantação do Empreendimento
-  Hidrografia
-  Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
-  Via Existente



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.57: **Topografia da ADA - Quadrante 9**

Escala: **1: 4.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico

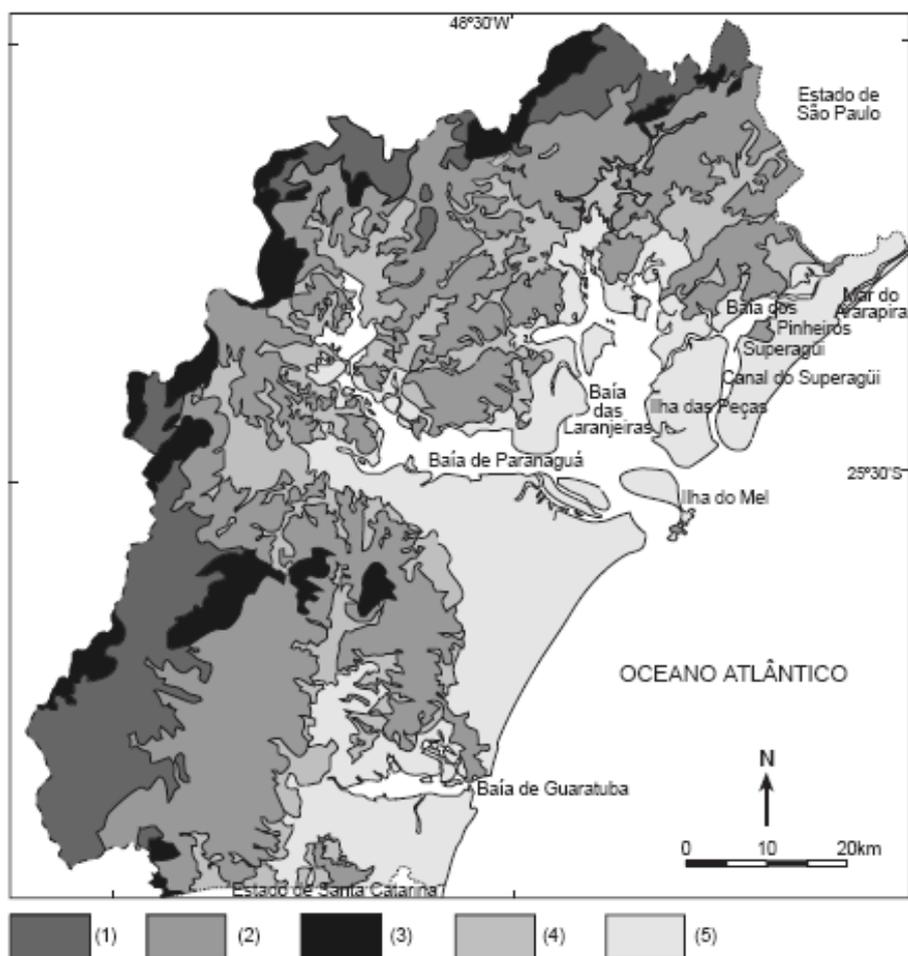
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

4.1.4.3.2. Caracterização Geomorfológica da AII

O estado do Paraná é um território de planaltos. Contudo, o estreito litoral e a Serra do Mar apresentam grande diversidade geomorfológica. A Serra do Mar, no Paraná, é composta por duas unidades geomorfológicas principais: as serras de borda de planalto e as serras residuais, que se sobressaem do nível do planalto várias centenas de metros.

A Planície Litorânea, ou Planície Costeira, estende-se desde o sopé da Serra até o oceano. No Paraná, tem um comprimento de aproximadamente 90 quilômetros e uma largura máxima em torno de 55 quilômetros na região de Paranaguá (**Figura 4.58**). Apresenta-se profundamente recortada pelos complexos estuarinos das baías de Paranaguá, Laranjeiras, Pinheiros e Guaratuba, resultando em numerosas ilhas.

Sua altura, em geral, é inferior a 20 metros sobre o nível do mar, aumentando da costa para o continente, alcançando as maiores alturas no sopé da serra. Em diversos locais, ocorrem morros e colinas isolados na planície, com altitudes que podem alcançar centenas de metros.



- (1) planaltos;
- (2) serras originadas por dissecação de borda de planalto;
- (3) serras originadas por erosão diferencial;
- (4) tálus, leques aluviais e planícies aluviais;
- (5) planície costeira.

Figura 4.58 – Localização e principais unidades geomorfológicas da região litorânea do Paraná

Em relação à porção submersa, a baía de Paranaguá possui dois eixos principais: um de orientação leste-oeste, formado pelas baías de Antonina e de Paranaguá propriamente dita, com comprimento de aproximadamente 45 quilômetros e largura máxima em torno de 7 quilômetros; outro eixo, de orientação norte-sul, constituído pela baía das Laranjeiras, com comprimento aproximado de 30 quilômetros e largura máxima em torno de 13 quilômetros. A bacia hidrográfica deste complexo estuarino tem aproximadamente 3.882 quilômetros quadrados.

As cartas batimétricas indicam que a baía possui, em geral, profundidades inferiores a 10 metros, ocorrendo extensos baixios e uma orla quase contínua de manguezais. Somente nos dois canais principais da baía as profundidades ultrapassam 10 metros, atingindo 20 metros em alguns locais (**Figura 4.59**).

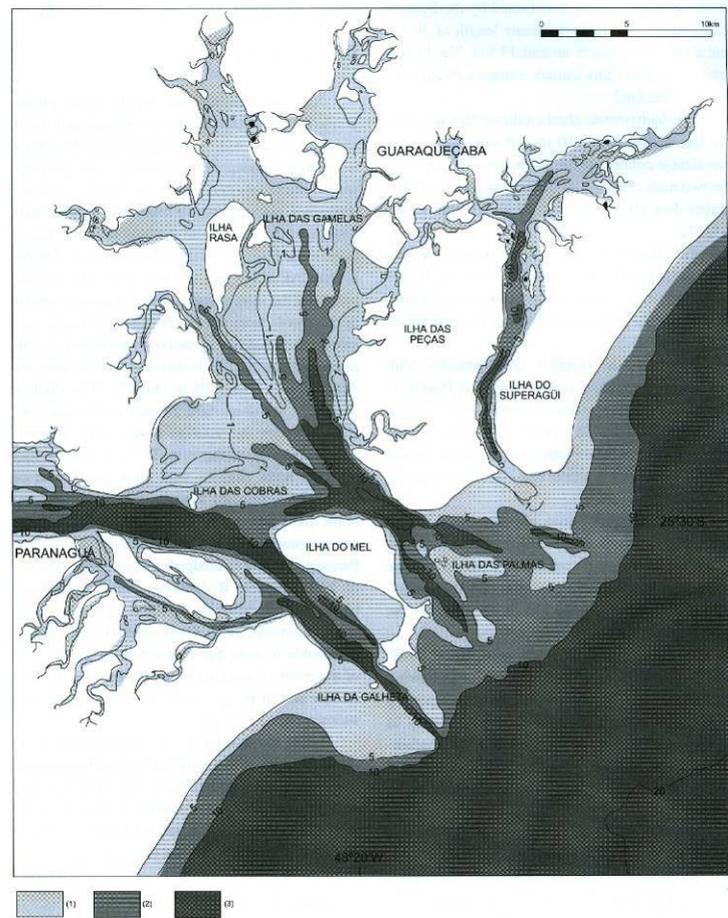
Os canais evidenciam duas vias preferenciais de circulação, separadas por um alto batimétrico denominado Baixo do Perigo, que pode ser considerado como o limite entre os sistemas das baías de Paranaguá e Laranjeiras.

O complexo estuarino se comunica com o mar por duas desembocaduras localizadas entre Pontal do Sul e Ilha do Mel - desembocadura Sul - e entre as ilhas do Mel e das Peças - desembocadura Norte. A desembocadura Norte, na sua parte mais estreita, tem uma largura em torno de 1.600 metros, apresentando um canal com profundidade superior a 20 metros. Em direção ao mar, o canal bifurca-se, passando ao norte e ao sul da Ilha das Palmas. A desembocadura Sul tem na sua parte mais estreita uma largura aproximada de 2.800 metros. A margem esquerda da desembocadura Sul encontra-se fixada pelas rochas cristalinas que formam os morros da Ilha do Mel. Tanto na desembocadura Norte como na Sul se observam esporões arenosos orientados para o interior da baía, evidenciando deriva litorânea nessa direção e a eficiência das ondas, principalmente de sudeste, em transportar sedimentos para o interior do estuário. A eficiência desse processo também pode ser inferida a partir da configuração dos cordões litorâneos na margem sudoeste da Ilha das Peças. Esses cordões evidenciam crescimento de sudeste para noroeste.

A configuração geral das feições deposicionais associadas às desembocaduras da Baía de Paranaguá, pode ser observada a partir da batimetria das cartas náuticas (**Figura 4.59**). A isóbata de 10 metros desenha um grande arco na plataforma próxima das desembocaduras da baía. Já na plataforma ao sul e ao norte das desembocaduras a isóbata encontra-se entre 1 e 3 quilômetros da costa; nas desembocaduras, afasta-se até aproximadamente 11 quilômetros. O arco descrito pela isóbata pode ser dividido em dois arcos menores, um na frente da desembocadura Norte e outro na Sul, sendo que estes são melhor definidos pela isóbata de 5 metros.

Próximo à desembocadura Norte, as cartas batimétricas indicam profundidade inferior a 10 metros. A configuração da área rasa é de um amplo leque com vértice na embocadura da baía. A carta batimétrica evidencia um canal principal, com mais de 20 metros de profundidade, que se bifurca em direção ao oceano, passando ao norte e ao sul da Ilha das Palmas. O último é o denominado Canal Sueste. Na carta batimétrica observa-se que margeando o canal principal ocorrem barras que estão a profundidades entre 3 e 4 metros. Com maré baixa, é possível observar extensos bancos de areia

submersos a pouca profundidade. Na desembocadura Norte é possível identificar um delta de maré vazante com lobo terminal e canal principal bifurcado. Para o interior da Baía, observam-se nas margens da Ilha do Mel, esporões arenosos orientados para o interior. Associada à desembocadura Sul, entre Pontal do Sul e Ilha do Mel, ocorrem as feições deposicionais melhor desenvolvidas do litoral paranaense. A isóbata de 10 metros evidencia um leque que se estende até 8,1 quilômetros da costa de Pontal do Sul ou 5,4 quilômetros da costa da Ilha do Mel e um canal principal com profundidade superior a 10 metros. O maior desenvolvimento das barras ao sul do canal principal do delta de vazante se deve a que estas recebem a contribuição dos sedimentos trazidos pelas correntes de deriva litorânea, que fluem de sul para norte, sendo represados pelo efeito de molhe hidráulico das correntes de maré que fluem pelo canal principal. Nessa desembocadura também se observam feições que se desenvolvem no interior do estuário. Na margem, entre Pontal do Sul e Ponta do Poço, observam-se nas fotografias aéreas de 1954 esporões arenosos que avançam para o interior da baía, evidenciando a eficiência da deriva nessa direção. Na margem esquerda da desembocadura, próximo à Ilha do Mel, existe uma extensa área rasa, de aproximadamente 8 quilômetros quadrados, conhecida como Saco do Limoeiro ou Mar de Dentro, que apresenta numerosas ondas de areia e dunas subaquosas. As feições descritas associadas à desembocadura Sul da Baía de Paranaguá constituem o maior delta de maré do litoral paranaense. Nesse delta é possível identificar o lobo terminal, as barras de espraiamento, o canal de enchente marginal, o canal de vazante principal e a barra linear de margem de canal (ANGULO, 1999). As feições do Saco do Limoeiro se assemelham a um hemidelta de enchente, onde é possível reconhecer o canal de entrada, a rampa de enchente e o esporão de vazante (ANGULO, 1999).



FONTE: Carta Náutica 1820, DHN 1976.

Figura 4.59 – Mapa batimetria da All (1) < 5 m; (2) 5 a 10 m; (3) > 10 m

4.1.4.3.3. Caracterização Geomorfológica da AID e ADA

Parte emersa

As partes emersas da AID e ADA são constituídas pela planície arenosa de relevo plano, formada no Holoceno após a descida do nível do mar, nos últimos 6.000 anos. As declividades nessa planície são geralmente inferiores a 3%, exceto nas suas bordas junto ao estuário, rios e canais de maré, onde a erosão gerou declividades maiores, formando, em alguns locais, falésias arenosas verticais.

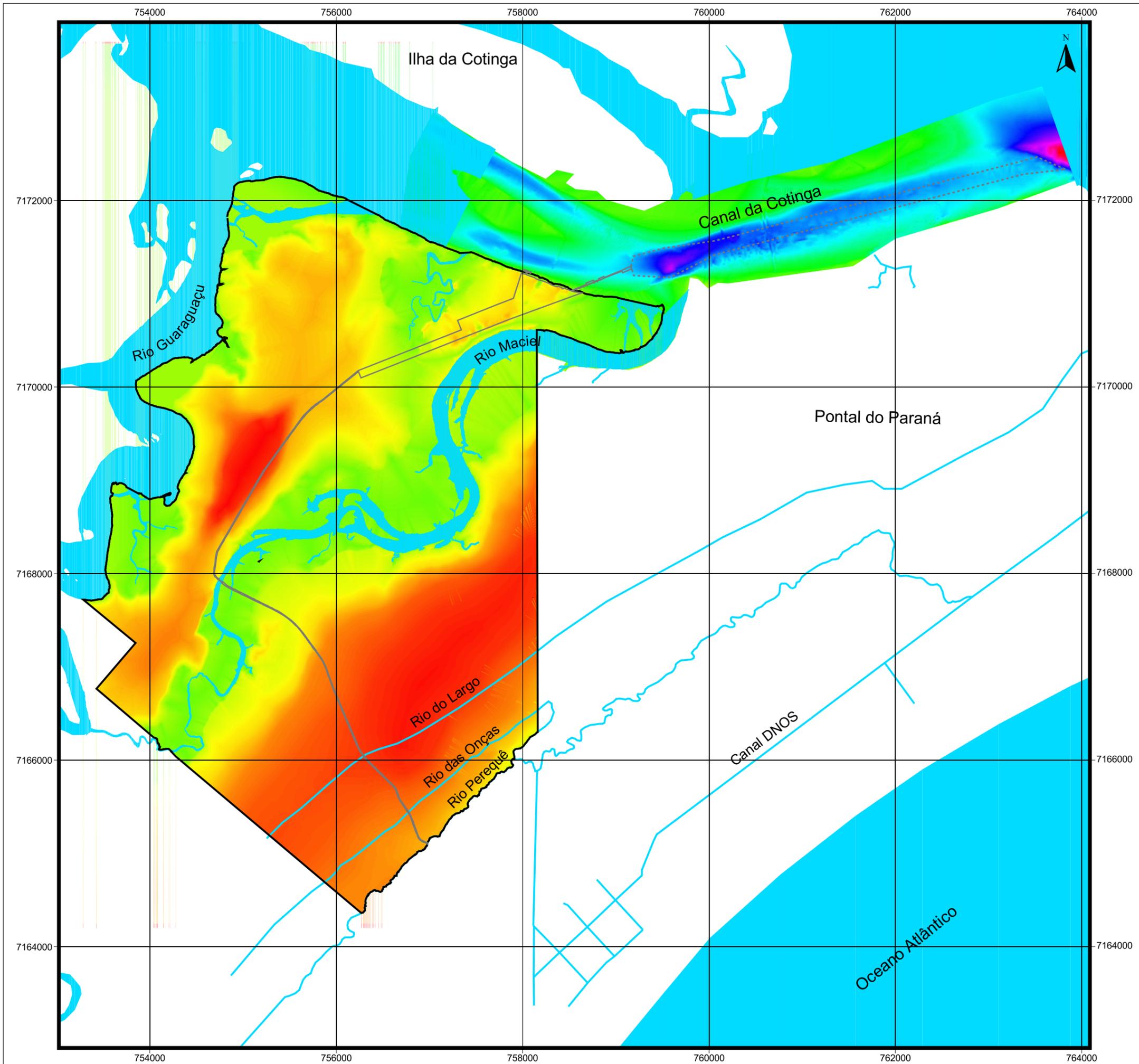
A declividade, a forma das vertentes, a estrutura do solo, a pluviometria, entre outros, constituem os fatores que condicionam o potencial de erosão ou hidromorfismo. Especificamente, a morfologia da AID e da ADA foram esquematizadas por meio de modelos digitais do terreno gerados a partir de bases distintas, conforme já descrito na metodologia, na forma dos mapas hipsométricos, a partir dos quais foram gerados os mapas de declividade.

As classes de declividade determinadas pela planialtimetria para o estudo ambiental foram as seguintes:

- Classe A (0 – 3 %) – Relevo plano;
- Classe B (3 – 8 %) – Relevo suave ondulado;
- Classe C (8 – 20 %) – Relevo ondulado;
- Classe D (20 – 45%) – Relevo forte ondulado;
- Classe E (> 45%) – Relevo montanhoso.

A **Figura 4.60** apresenta o mapa hipsométrico da AID, gerado a partir de informações de aerofotogrametria, e a **Figura 4.61** apresenta o mapa de declividades da AID.

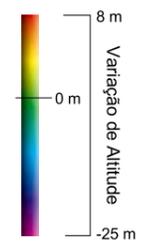
A classe de maior ocorrência na AID é a de relevo plano, com declividade variando de 0% a 3%, sendo necessárias práticas de drenagem em função da baixa altitude. Porém, não apresentam impedimentos à sua ocupação, excetuando as porções onde ocorre a vegetação de mangue. O relevo suave ondulado, com declive variando de 3% a 8%, ocorre em menor proporção e em áreas adjacentes às porções mais baixas, geralmente associadas aos mangues. E, finalmente, o relevo ondulado, com declive variando de 8% a 20%, ocorre pontualmente em pequenas porções do terreno, representadas pelas bordas junto ao estuário, rios e canais de maré, formadas pela erosão típica destes locais.



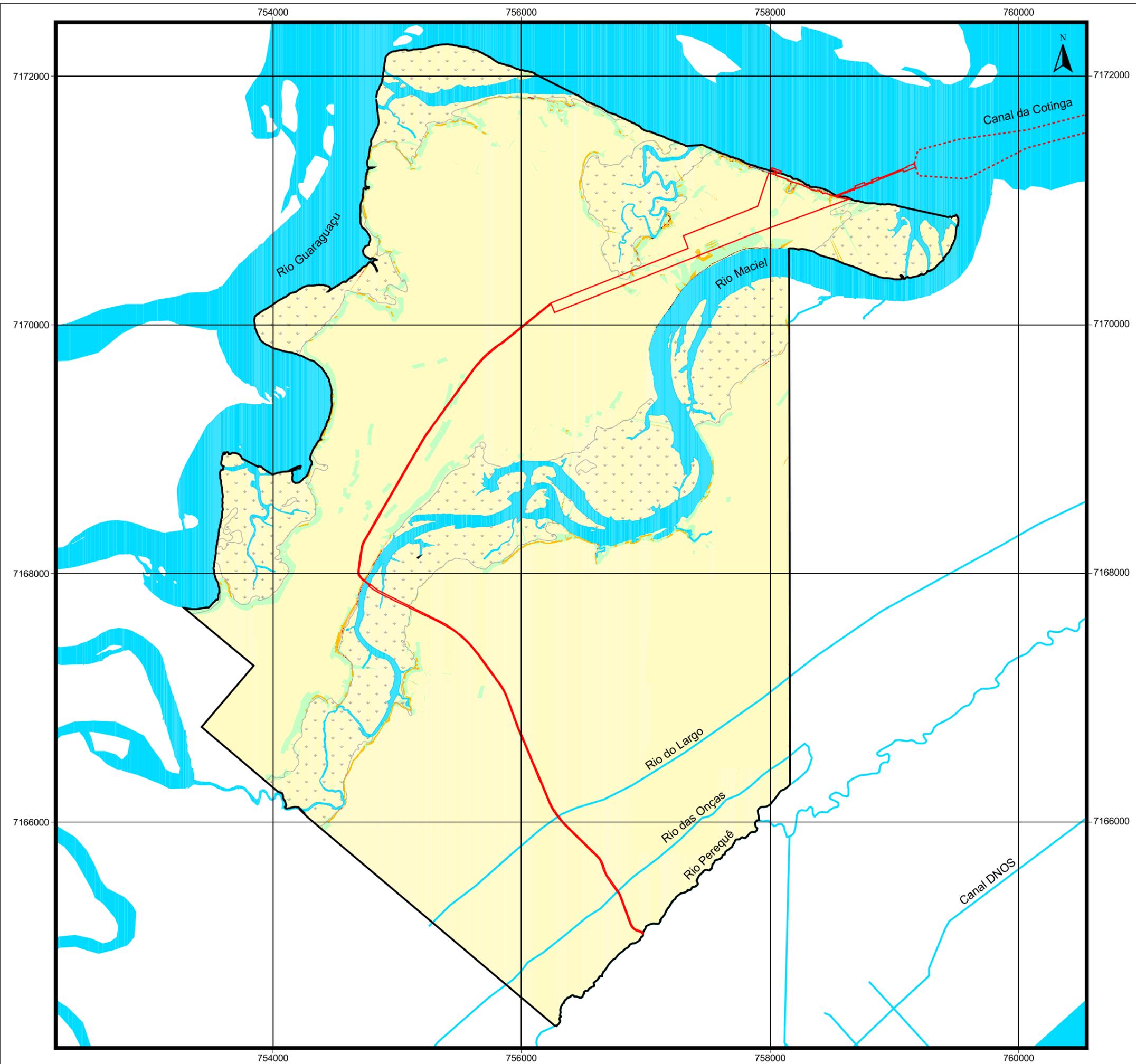
Legenda

- Limite da propriedade
- Implantação do empreendimento
- Hidrografia
- - - Área de Manobras de Embarcações

Hipsometria



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.60:	Mapa Hipsométrico da AID
Escala:	1: 40.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Ag. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do empreendimento
- Hidrografia
- ... Área de Manobra de Embarcações
- ▣ Áreas de Mangue

Declividade

- | | |
|----------|-------------------------|
| 0 - 3% | — Relevo Plano |
| 3 - 8% | — Relevo Suave Ondulado |
| 8 - 20% | — Relevo Ondulado |
| 20 - 30% | — Relevo Forte Ondulado |
| 30 - 45% | — Relevo Montanhoso |
| 45 - 75% | — Relevo Escarpado |
| > 75% | |

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

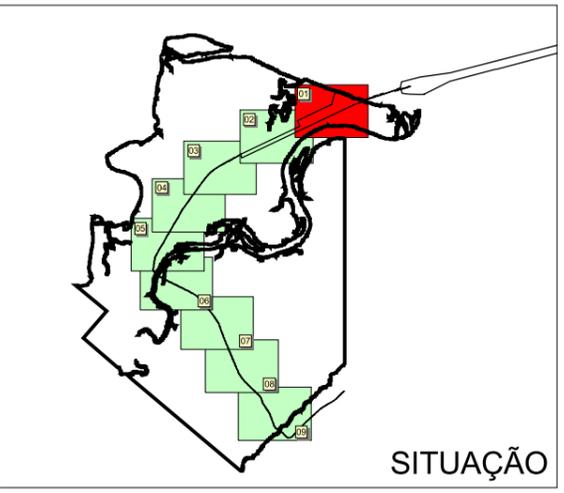
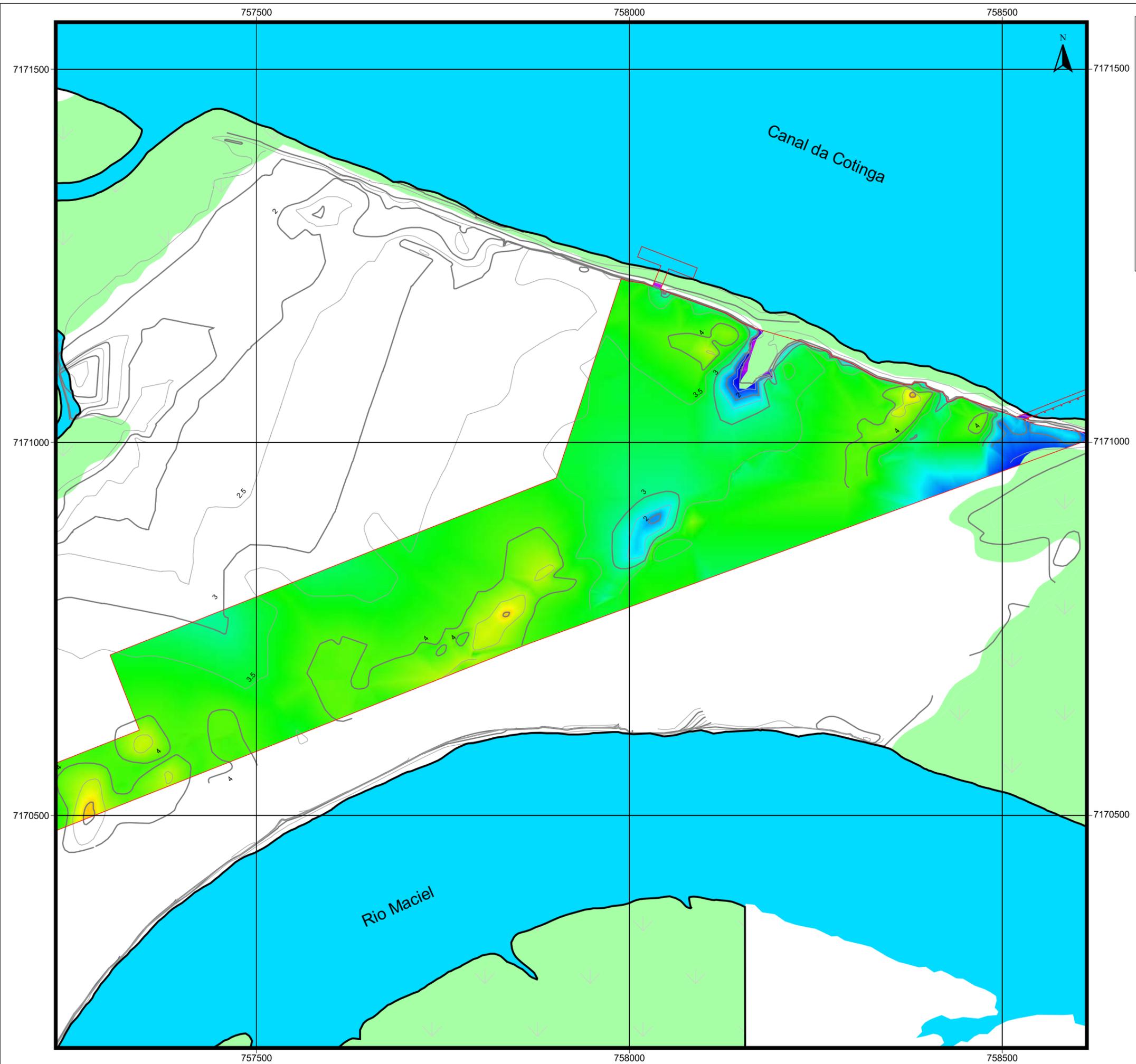


Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.61:	Mapa de Declividade AID
Escala:	1: 30.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D

Conforme já descrito, para a ADA foram gerados os mapas hipsométrico (**Figura 4.62** à **Figura 4.70**) e de classes de declividade (**Figura 4.71** à **Figura 4.79**) baseados em levantamento topográfico de campo.

A partir do mapeamento, foram observadas na ADA, da mesma forma que na AID, o predomínio de declividades planas, inferiores a 3%. O relevo suave ondulado, com declive variando de 3% a 8%, ocorre em menor proporção e em áreas adjacentes às porções mais baixas, geralmente associadas aos mangues. Há ainda algumas pequenas áreas com declividades de 8 a 20%, representadas pelas bordas junto ao estuário, rios e canais de maré, formadas pela erosão típica desses locais.

Apesar desse relevo predominantemente plano não apresentar restrições em relação aos processos erosivos, pode apresentar acúmulo de água em superfície em alguns trechos, em virtude da constituição do solo.



Quadrante 1

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Limite das Áreas de Mangue

Hipsometria





Aat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Cliente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

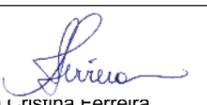
Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.62: **Mapa Hipsométrico da ADA - Quadrante 1**

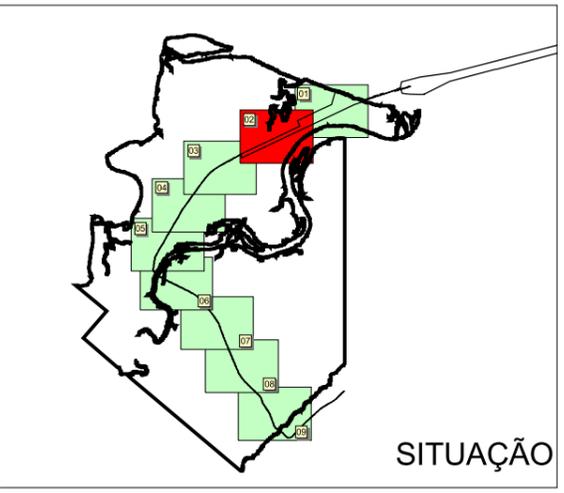
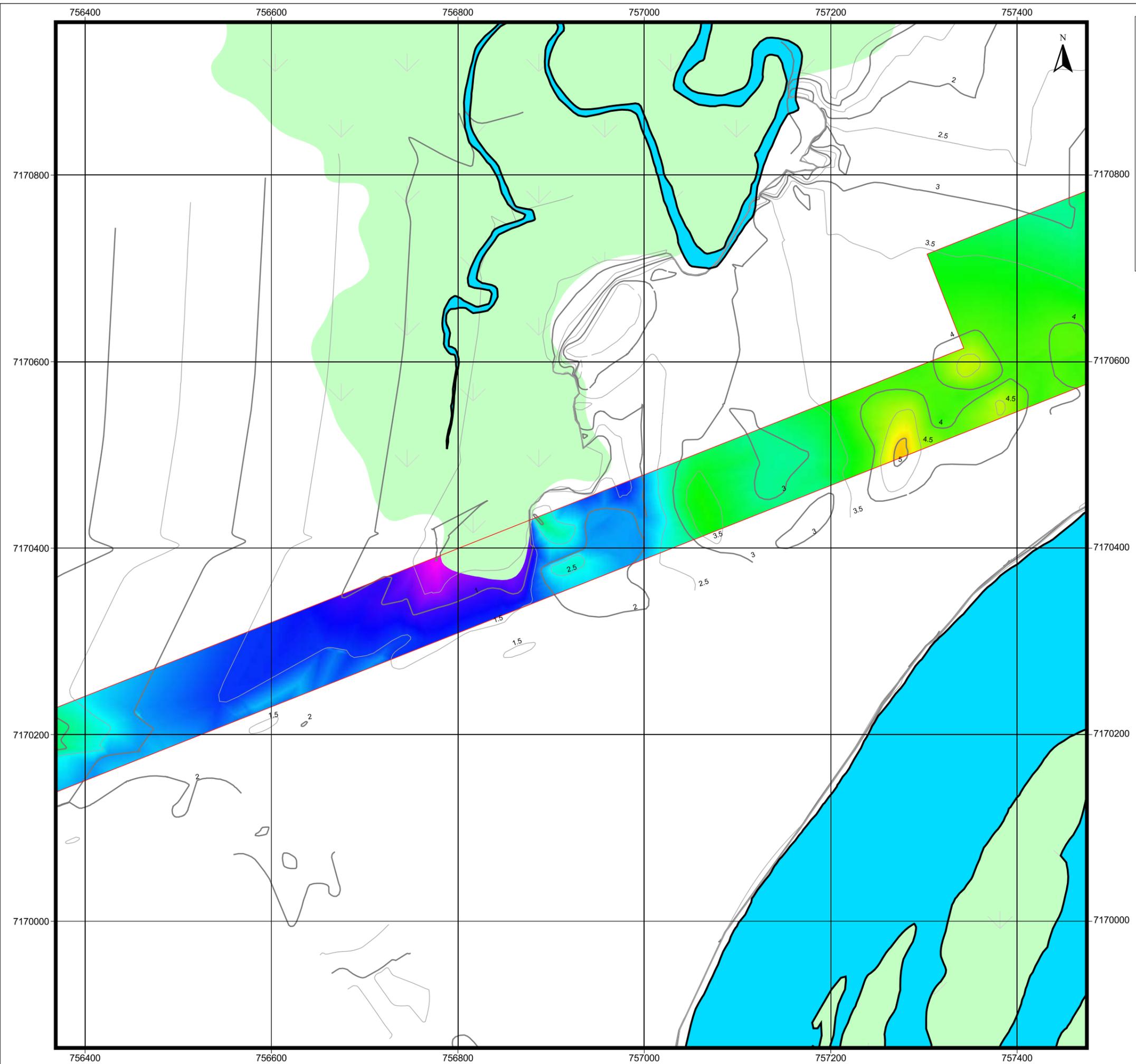
Escala: **1: 5.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico 

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Quadrante 2

Legenda

-  Limite da Propriedade
-  Implantação do Empreendimento
-  Hidrografia
-  Curvas de Nivel (eq. 0.5 m)
-  Limite das Áreas de Mangue

Hipsometria





Aat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

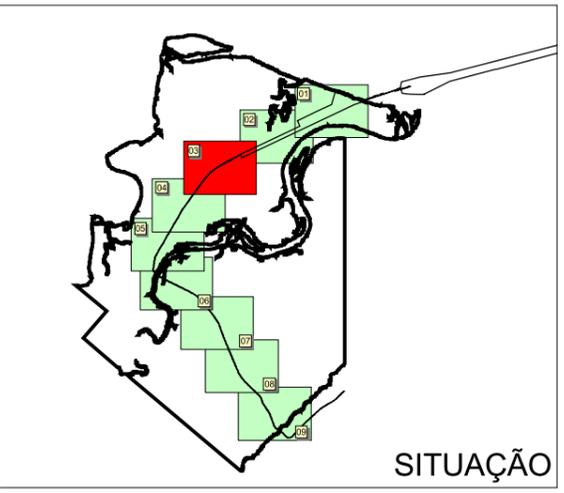
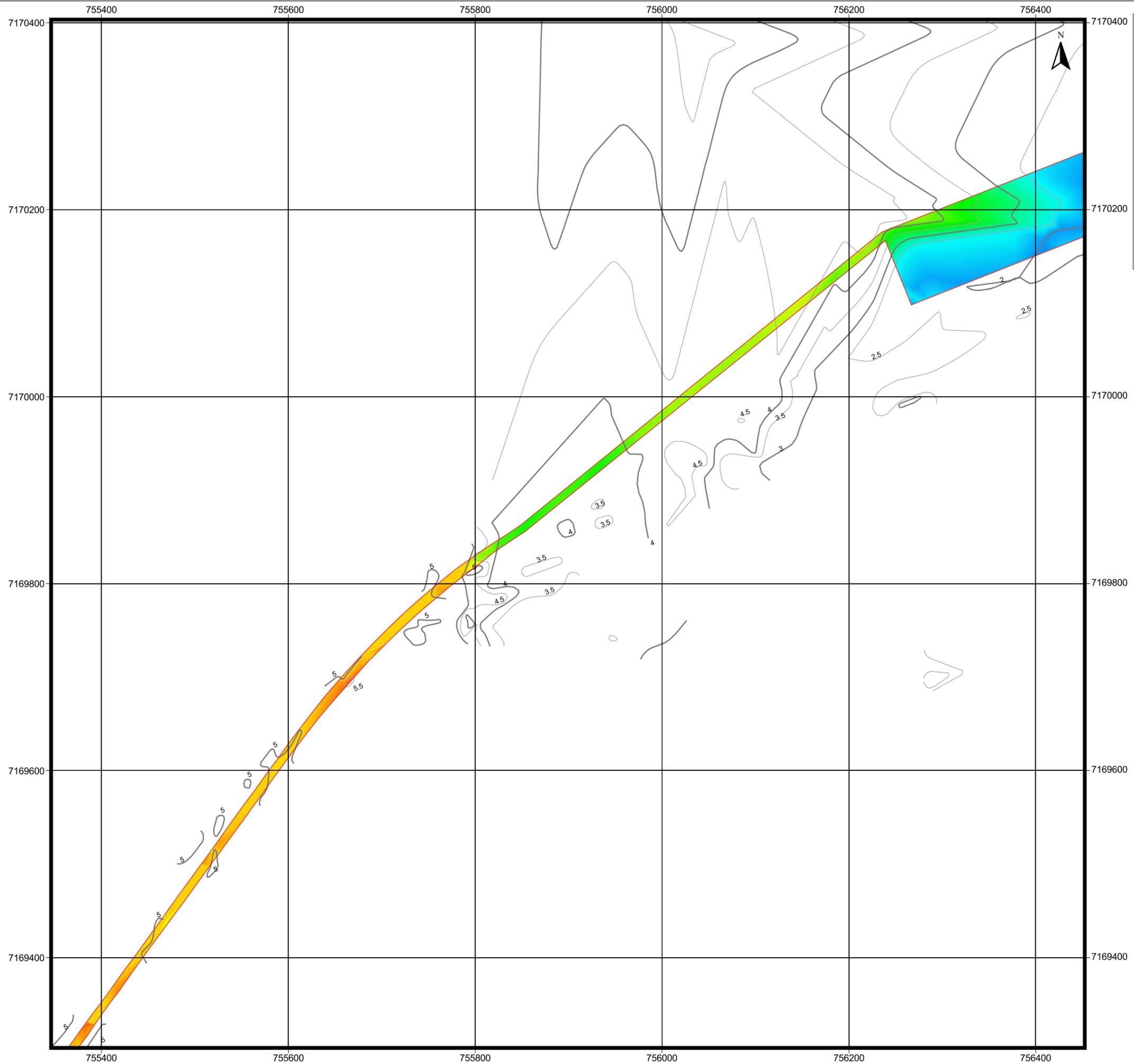
Figura 4.63: **Mapa Hipsométrico da ADA - Quadrante 2**

Escala: **1: 4.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Quadrante 3

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nivel (eq. 0.5 m)
- Limite das Áreas de Mangue

Hipsometria





Aat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

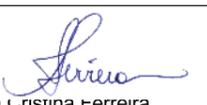
Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

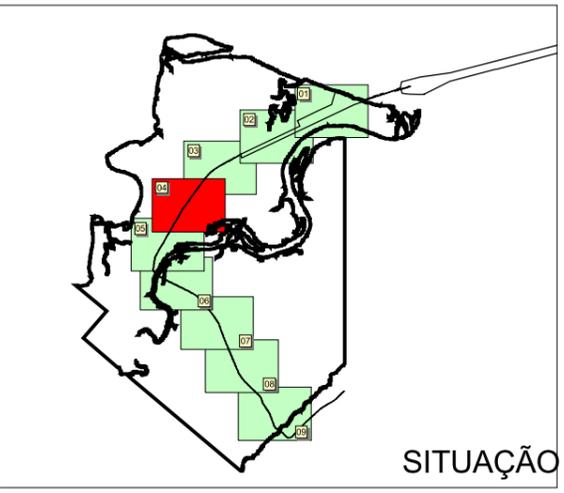
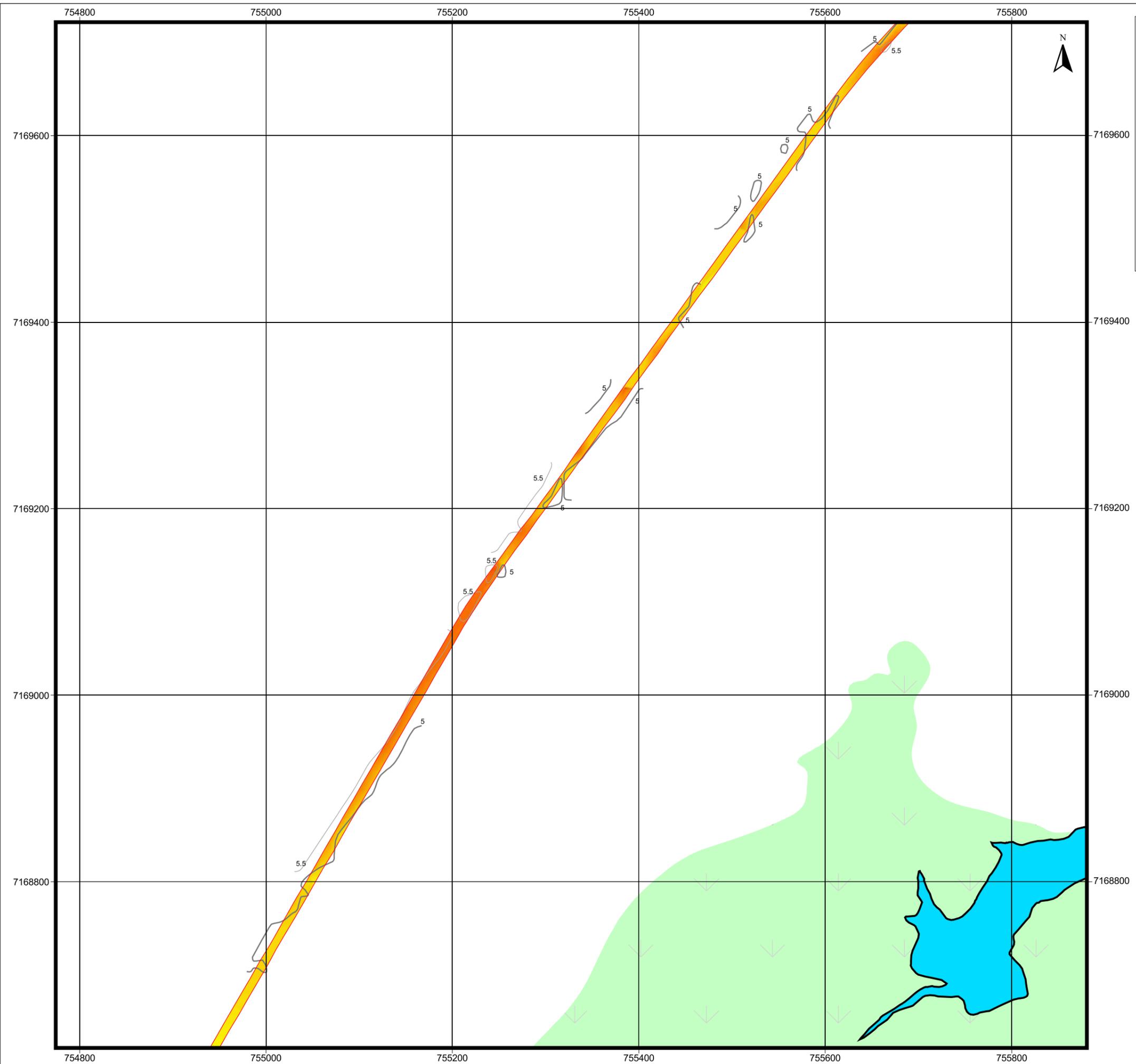
Figura 4.64: **Mapa Hipsométrico da ADA - Quadrante 3**

Escala: **1: 4.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Quadrante 4

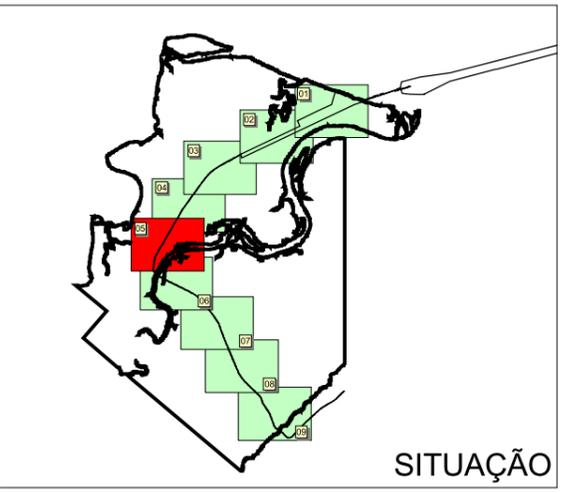
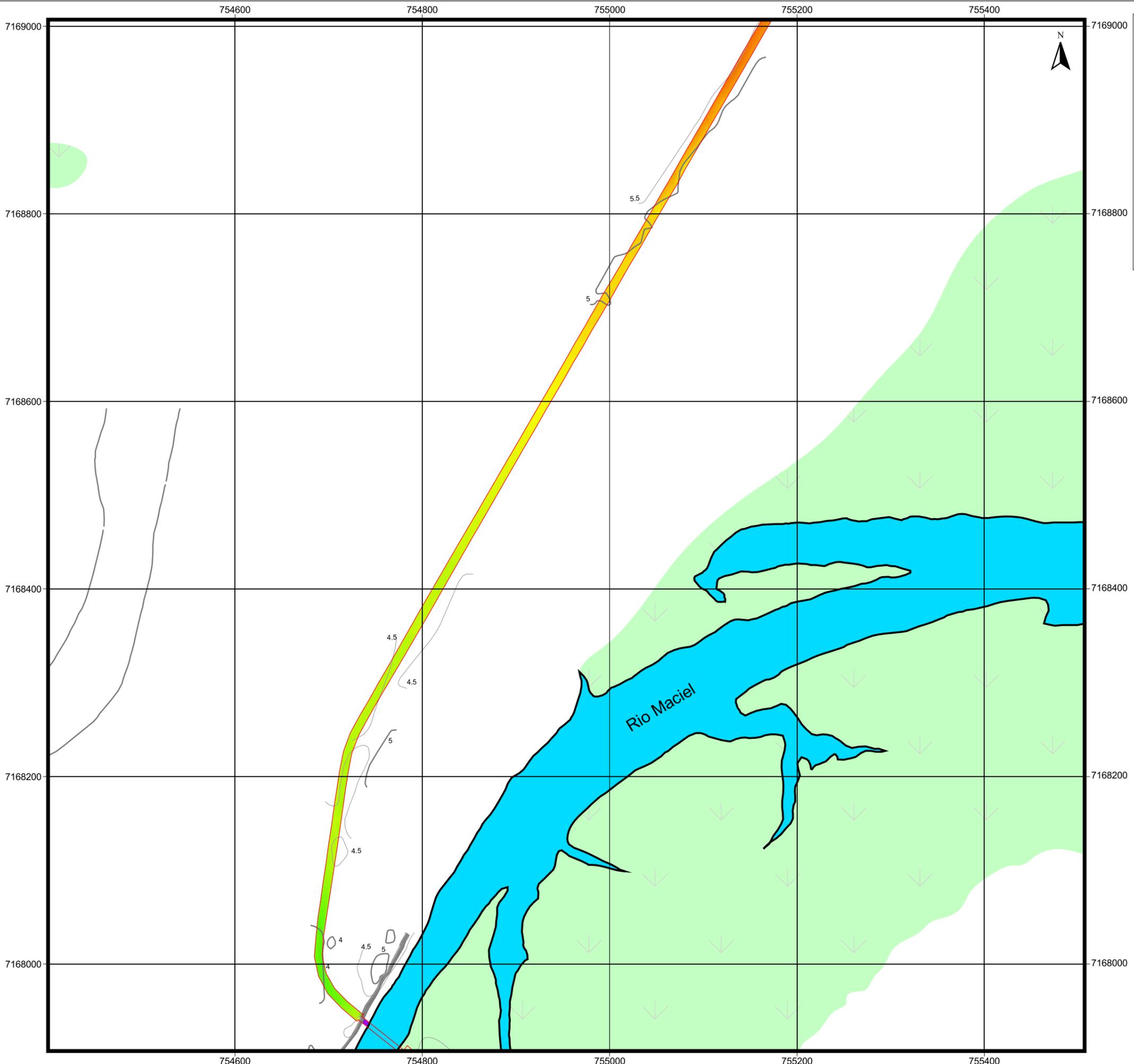
Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nivel (eq. 0.5 m)
- Limite das Áreas de Mangue

Hipsometria



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.65:	Mapa Hipsométrico da ADA - Quadrante 4
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Quadrante 5
Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Limite das Áreas de Mangue

Hipsometria





Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

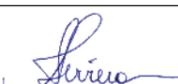
Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

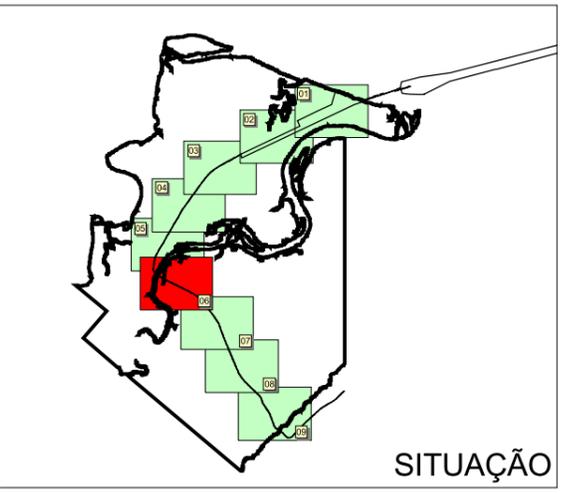
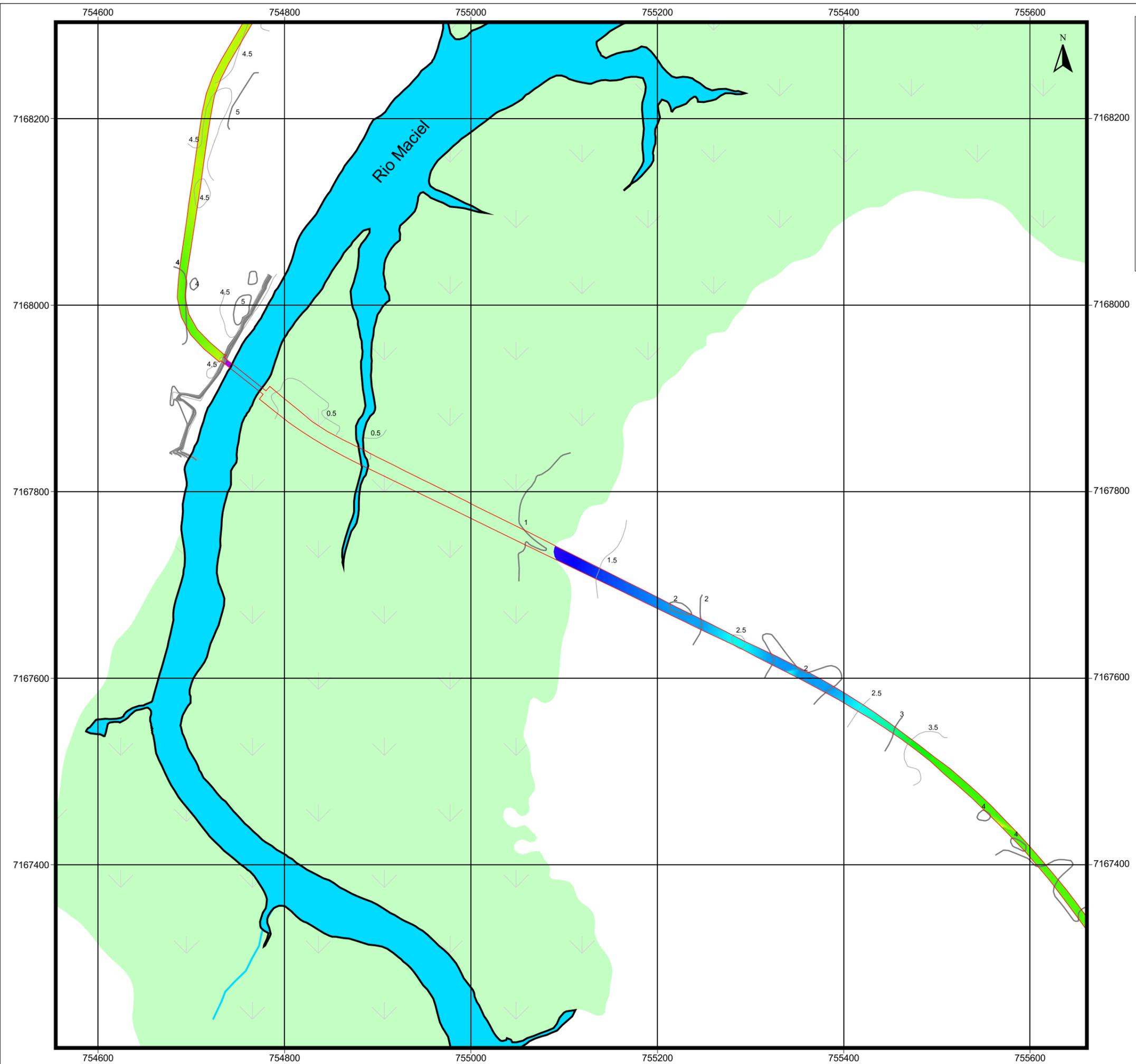
Figura 4.66: **Mapa Hipsométrico da ADA - Quadrante 5**

Escala: **1: 4.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico 
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Quadrante 6
Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Limite das Áreas de Mangue

Hipsometria





Aat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.67: **Mapa Hipsométrico da ADA - Quadrante 6**

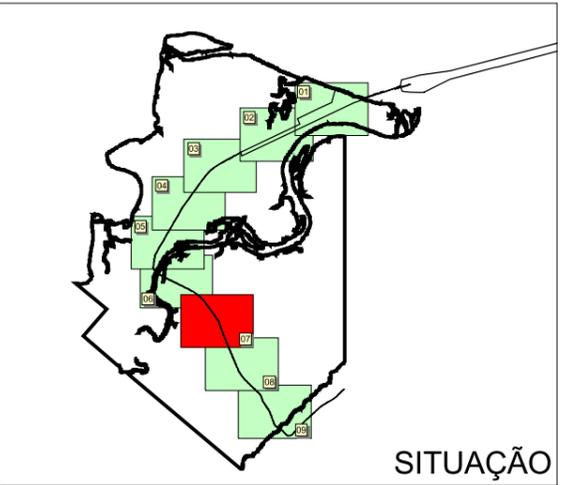
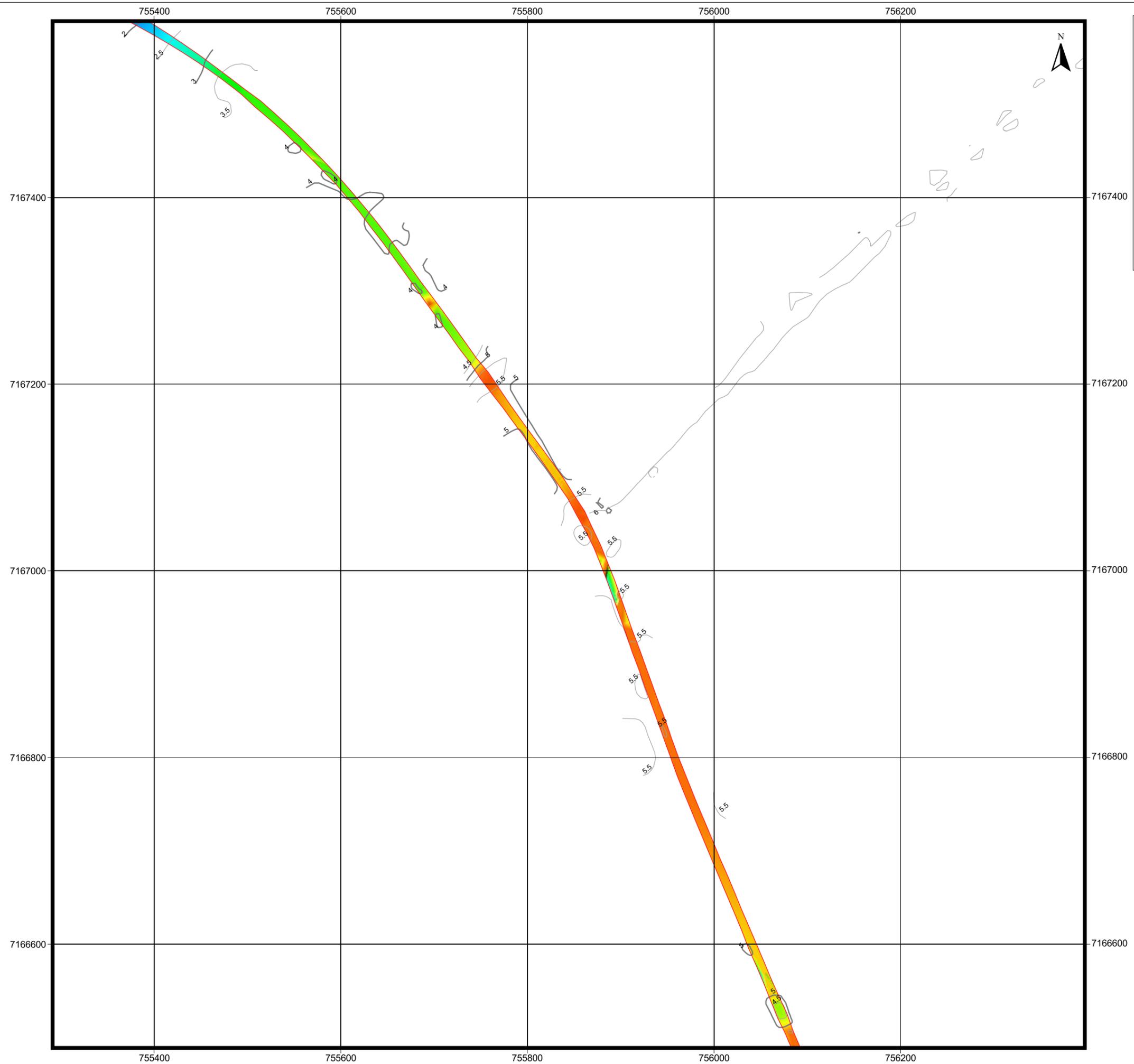
Escala: **1: 4.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Quadrante 7

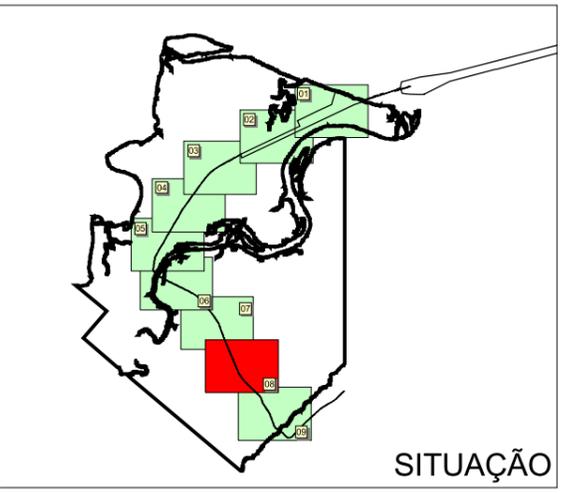
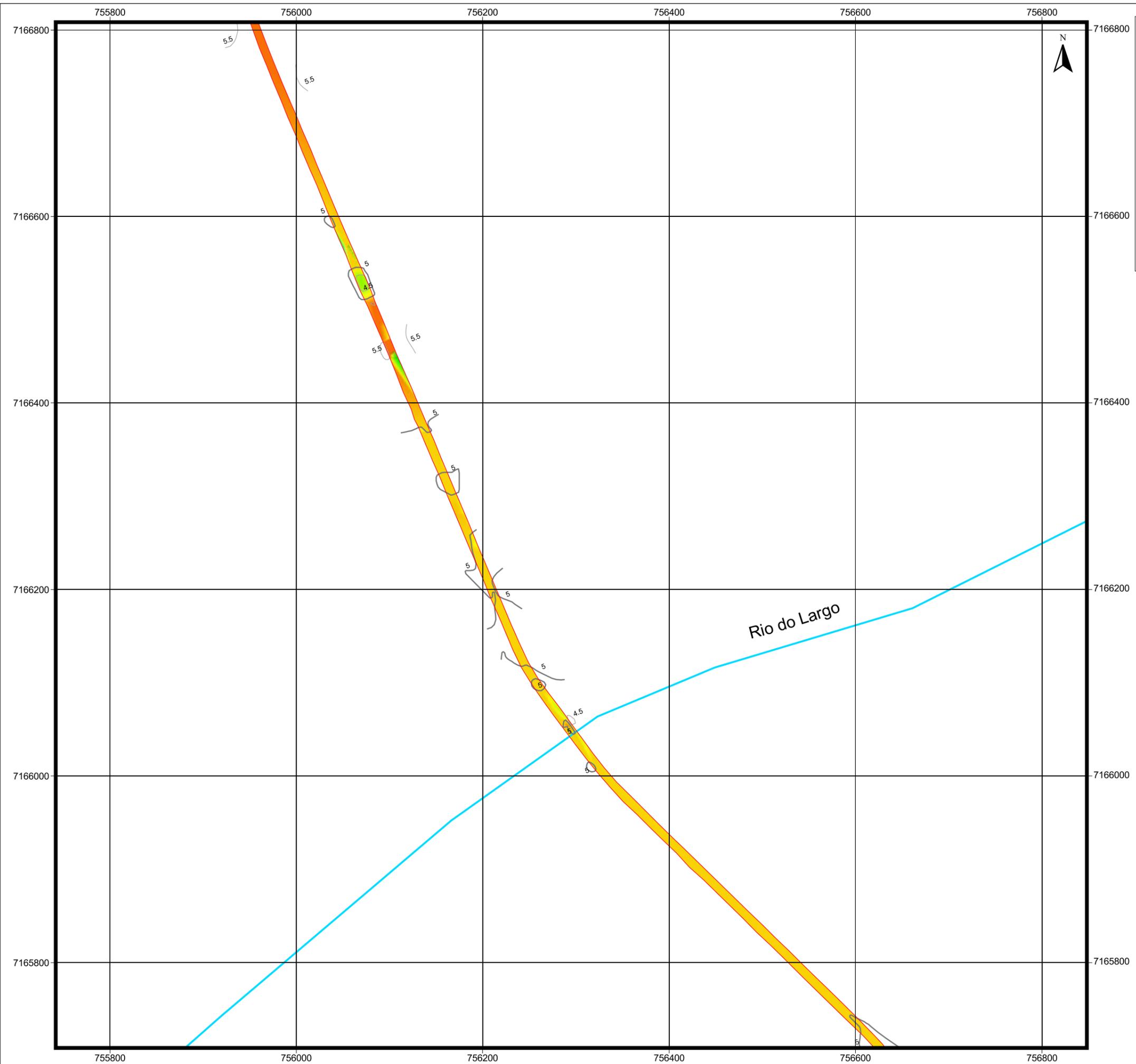
Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)

Hipsometria



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.68:	Mapa Hipsométrico da ADA - Quadrante 7
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Quadrante 8

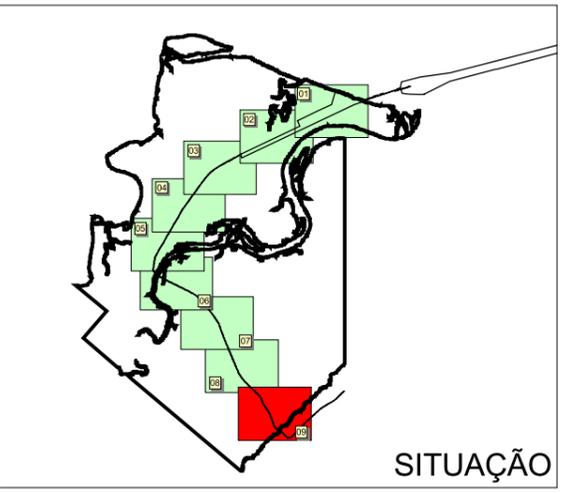
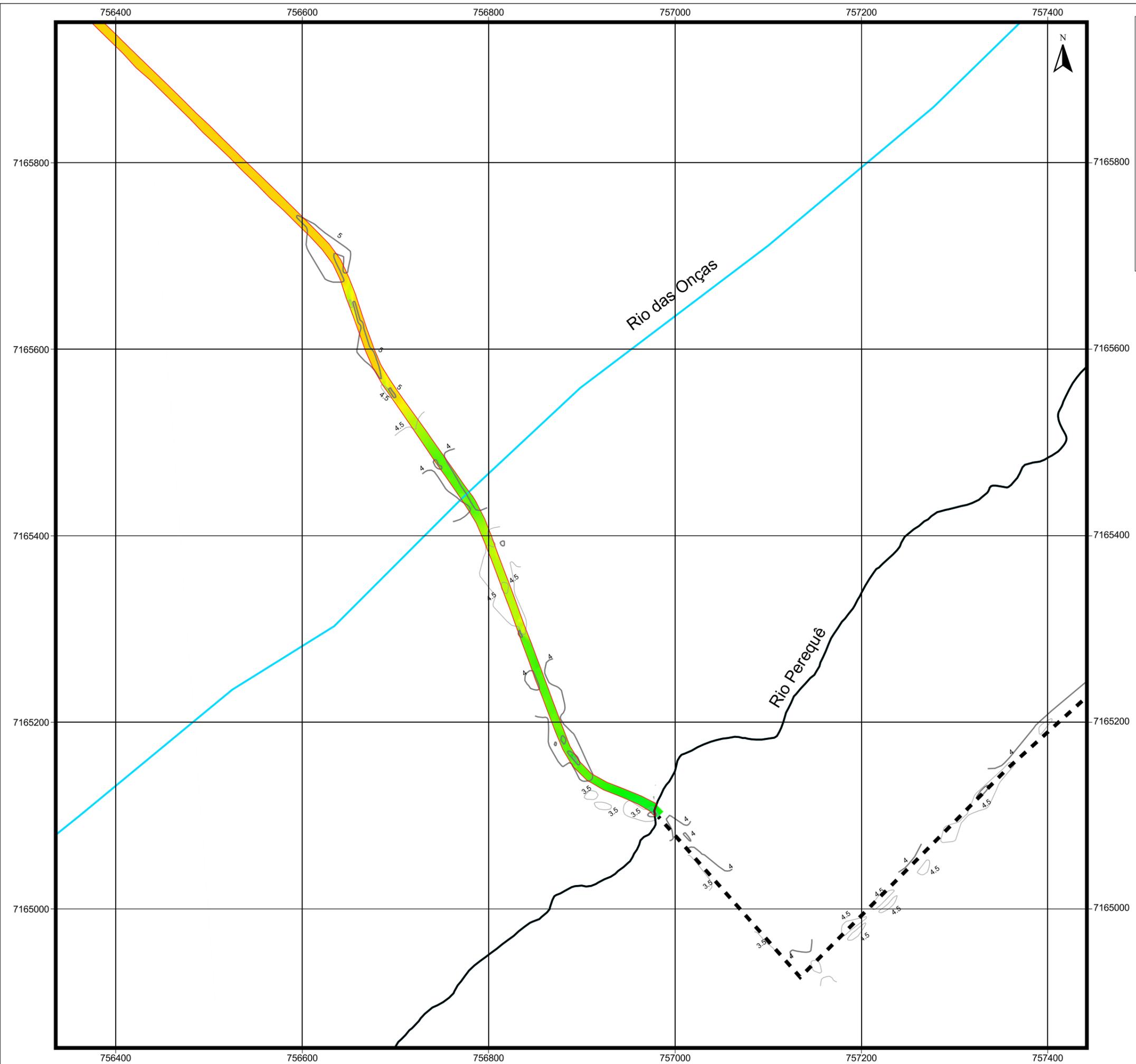
Legenda

-  Limite da Propriedade
-  Implantação do Empreendimento
-  Hidrografia
-  Curvas de Nivel (eq. 0.5 m)

Hipsometria



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.69:	Mapa Hipsométrico da ADA - Quadrante 8
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



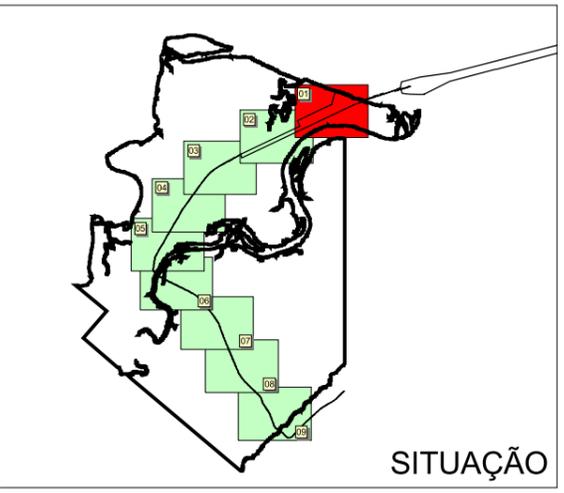
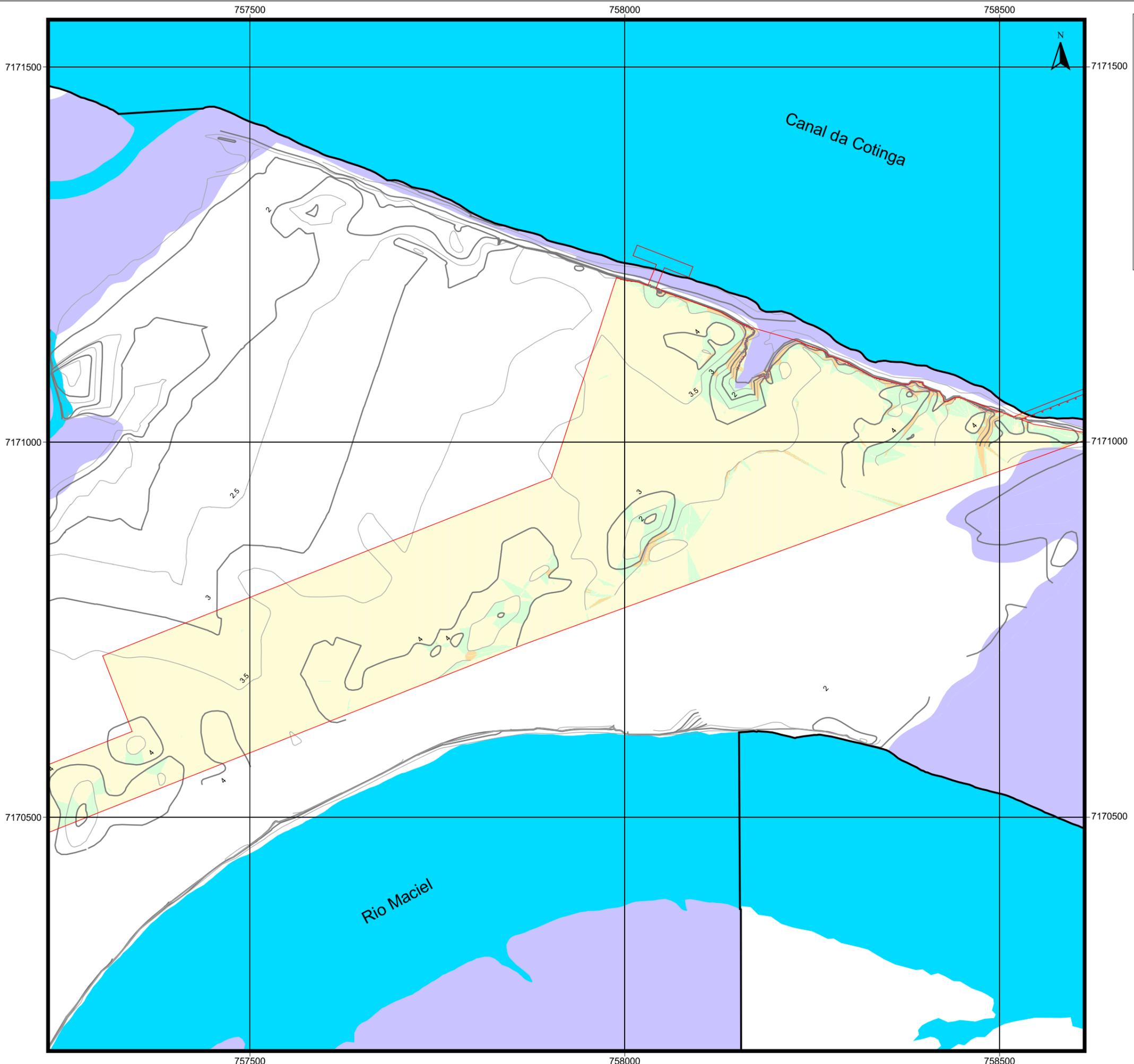
Quadrante 9
Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Via Existente

Hipsometria



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.70:	Mapa Hipsométrico da ADA - Quadrante 9
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Quadrante 1

Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
 - Área de Mangue
- Classes de Declividade ***
- < 3 % Relevo Plano
 - 3 - 8 % Relevo Suave Ondulado
 - 8 - 20 % Relevo Ondulado
 - 20 - 30 % Relevo Forte Ondulado
 - 30 - 45 % Relevo Montanhoso
 - 45 - 75 % Relevo Montanhoso
 - >75 % Relevo Escarpado

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.71: **Mapa de Declividade da ADA - Quadrante 1**

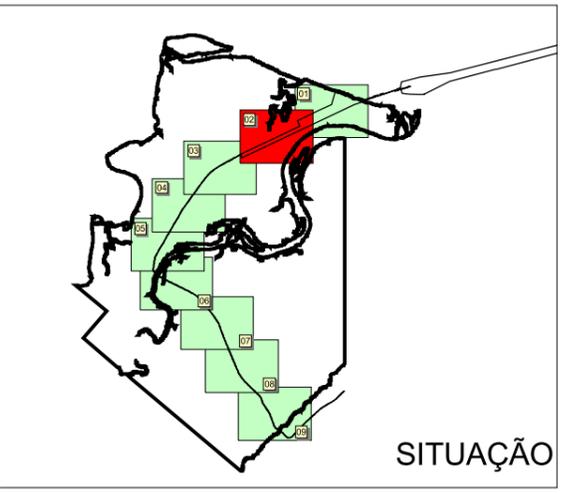
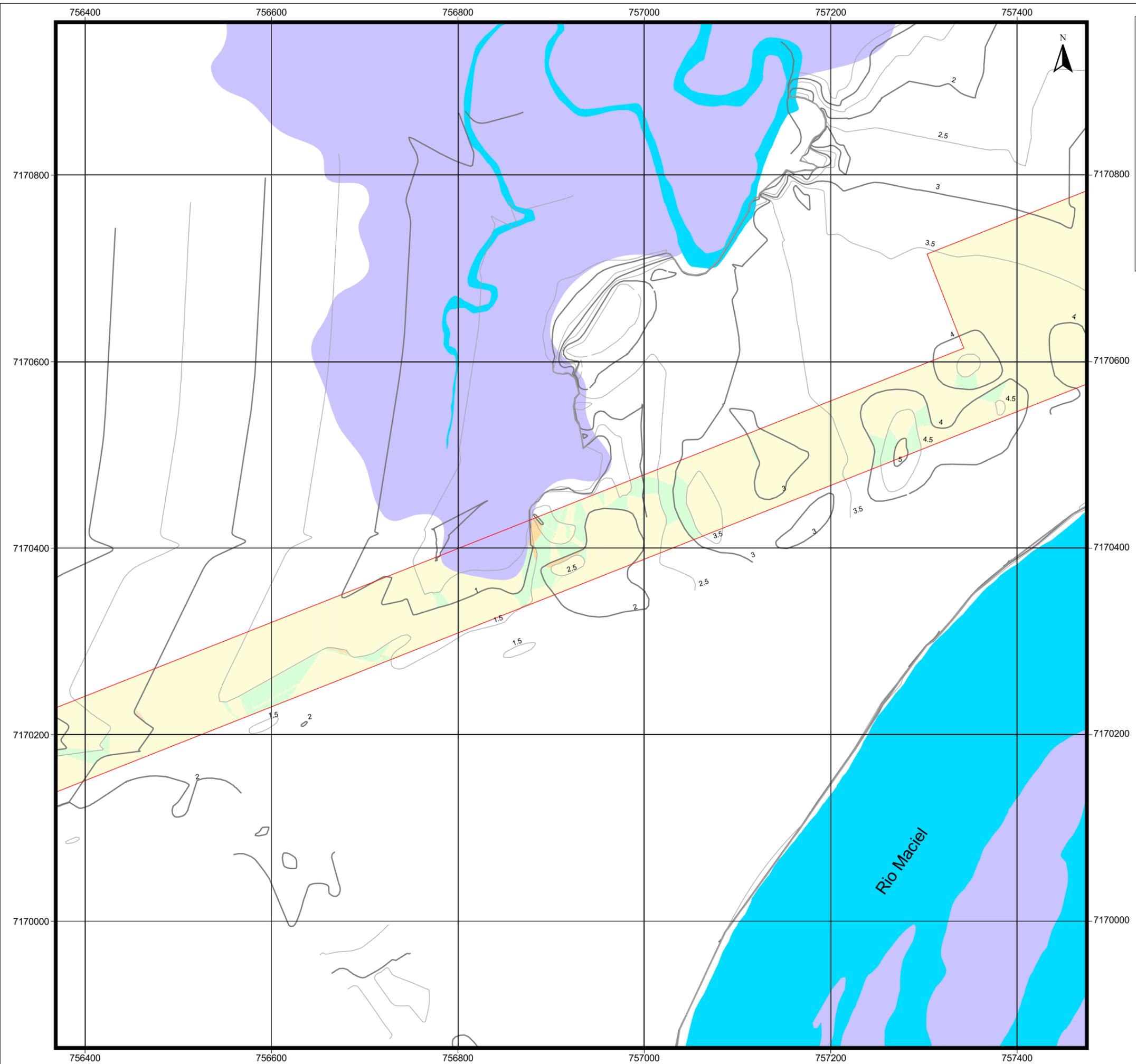
Escala: **1: 5.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Quadrante 2

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Área de Mangue

Classes de Declividade *

- < 3 % Relevo Plano
- 3 - 8 % Relevo Suave Ondulado
- 8 - 20 % Relevo Ondulado
- 20 - 30 % Relevo Forte Ondulado
- 30 - 45 % Relevo Montanhoso
- 45 - 75 % Relevo Escarpado
- >75 % Relevo Escarpado

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

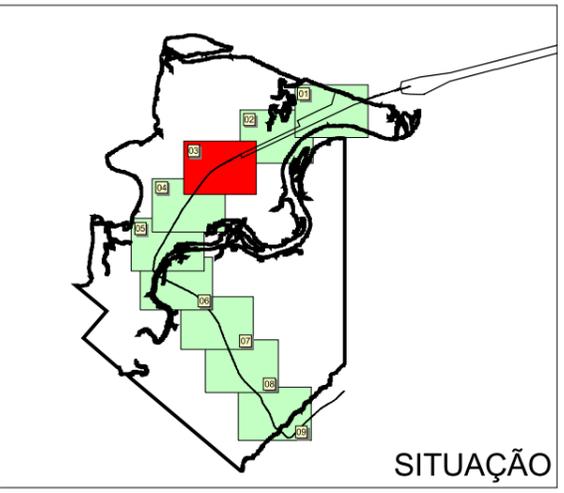
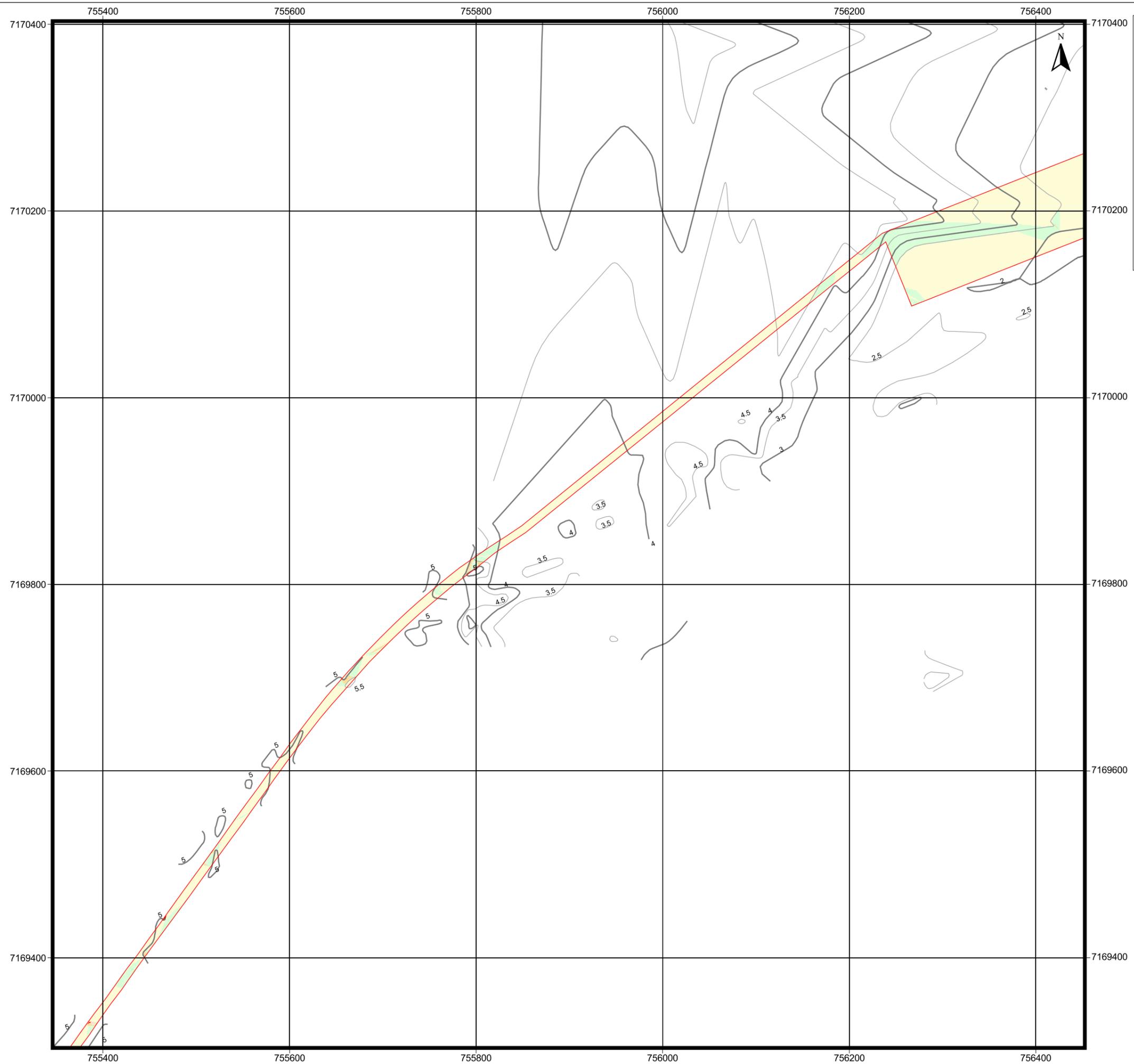
Figura 4.72: **Mapa de Declividade da ADA - Quadrante 2**

Escala: **1: 4.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico 
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D



Quadrante 3
Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)

Classes de Declividade *

	< 3 %	Relevo Plano
	3 - 8 %	Relevo Suave Ondulado
	8 - 20 %	Relevo Ondulado
	20 - 30 %	Relevo Forte Ondulado
	30 - 45 %	Relevo Montanhoso
	45 - 75 %	Relevo Montanhoso
	>75 %	Relevo Escarpado

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



Aat
 Consultoria & Engenharia Ambiental

Cliente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

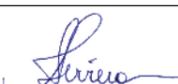
Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

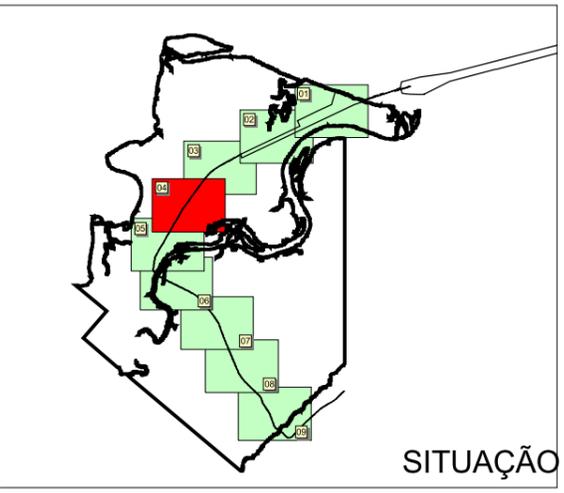
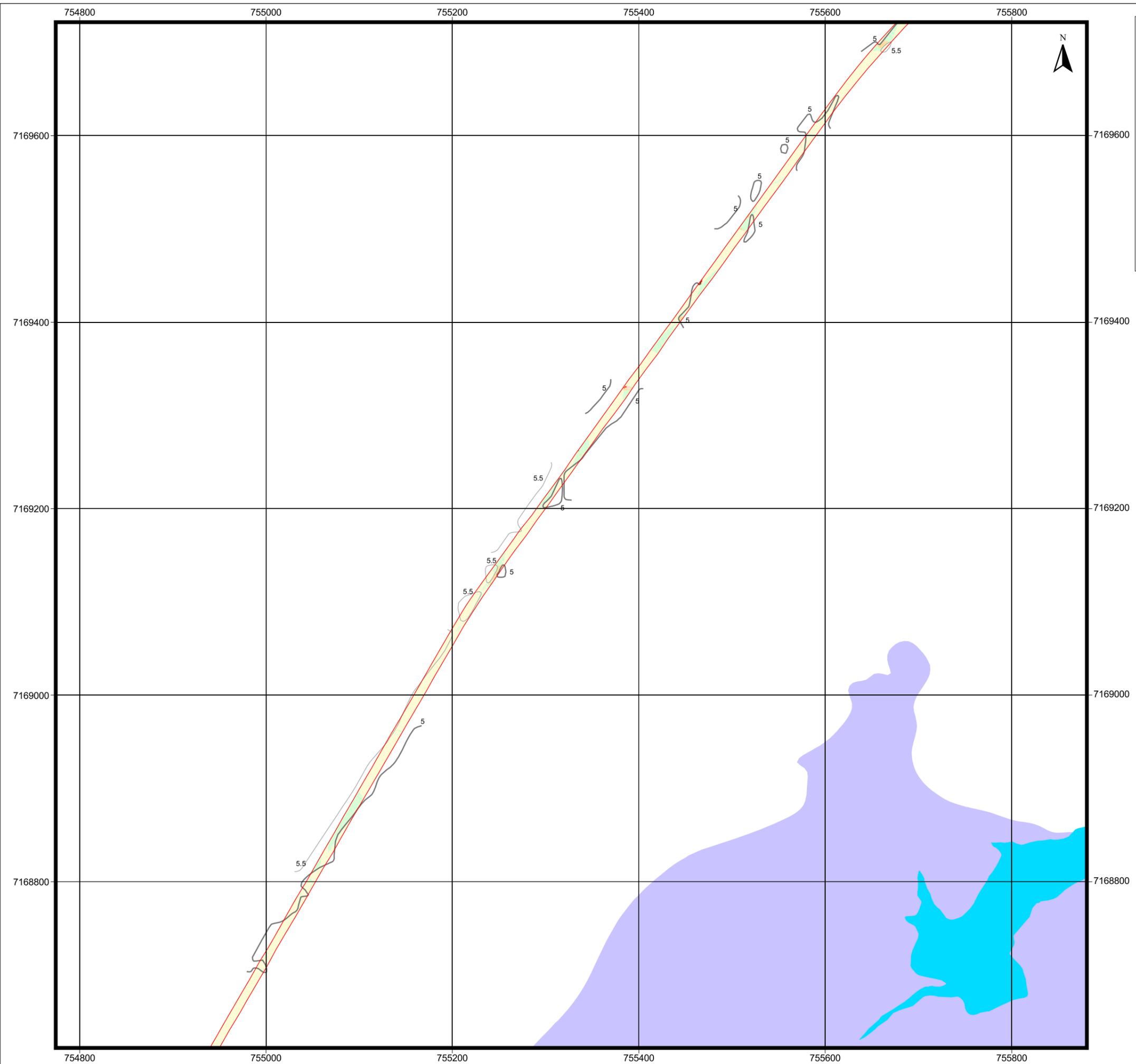
Figura 4.73: **Mapa de Declividade da ADA - Quadrante 3**

Escala: **1: 4.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D



Quadrante 4

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Área de Mangue

Classes de Declividade *

- < 3 % Relevo Plano
- 3 - 8 % Relevo Suave Ondulado
- 8 - 20 % Relevo Ondulado
- 20 - 30 % Relevo Forte Ondulado
- 30 - 45 % Relevo Montanhoso
- 45 - 75 % Relevo Montanhoso
- >75 % Relevo Escarpado

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

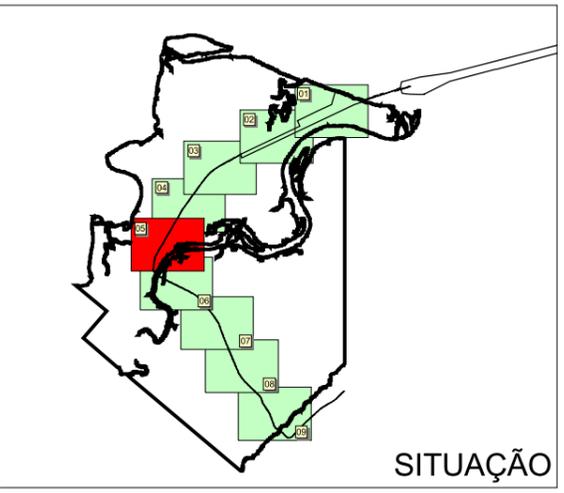
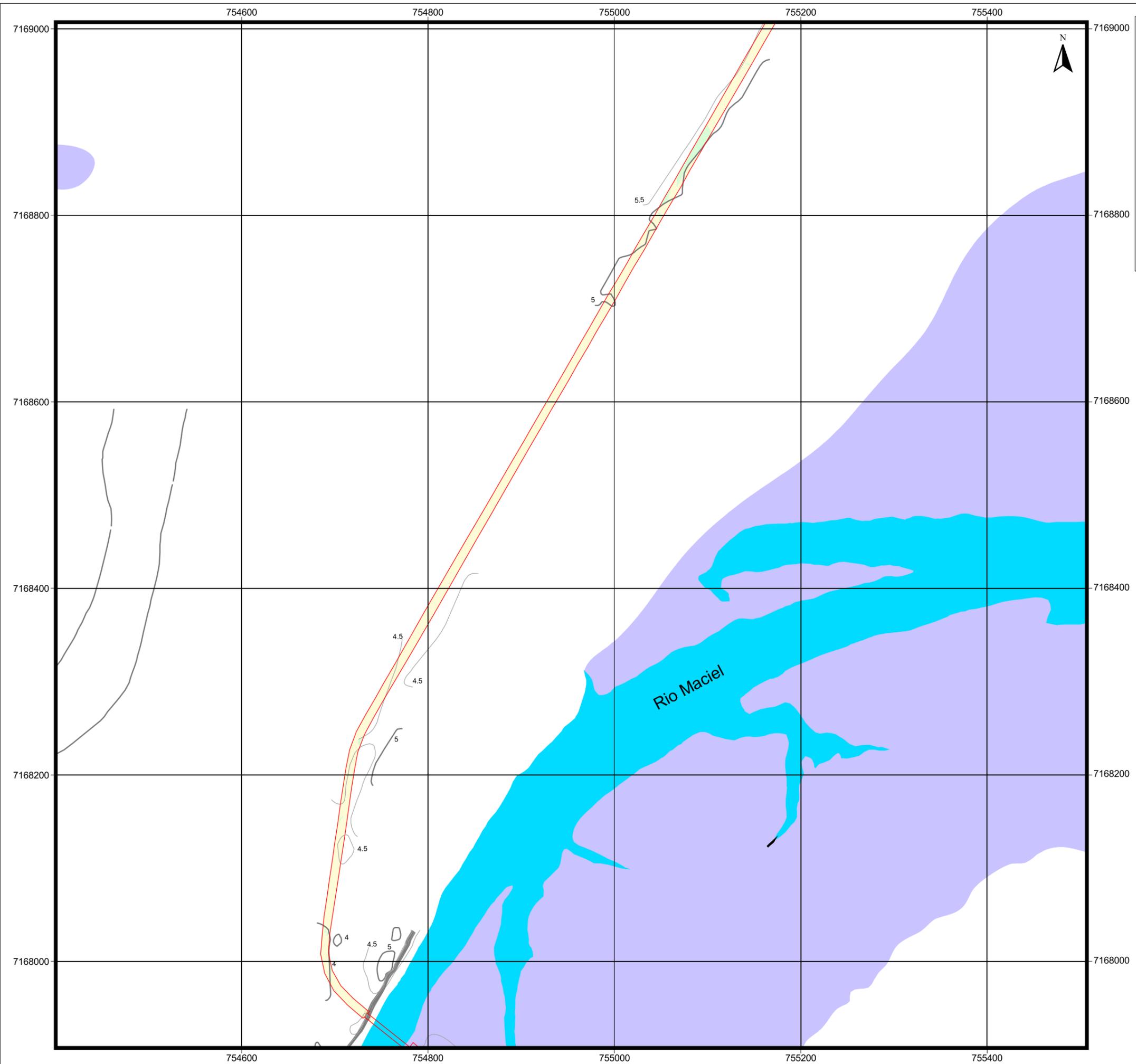
Figura 4.74: **Mapa de Declividade da ADA - Quadrante 4**

Escala: **1: 4.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico 
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D



Quadrante 5

Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
 - Área de Mangue
- Classes de Declividade ***
- < 3 % Relevo Plano
 - 3 - 8 % Relevo Suave Ondulado
 - 8 - 20 % Relevo Ondulado
 - 20 - 30 % Relevo Forte Ondulado
 - 30 - 45 % Relevo Montanhoso
 - 45 - 75 % Relevo Escarpado
 - >75 % Relevo Escarpado

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.75: **Mapa de Declividade da ADA - Quadrante 5**

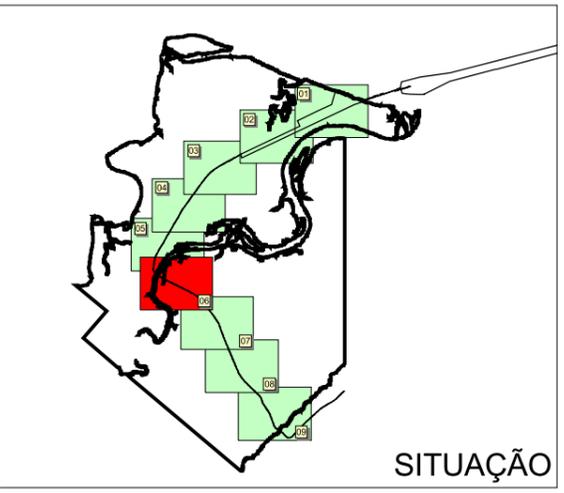
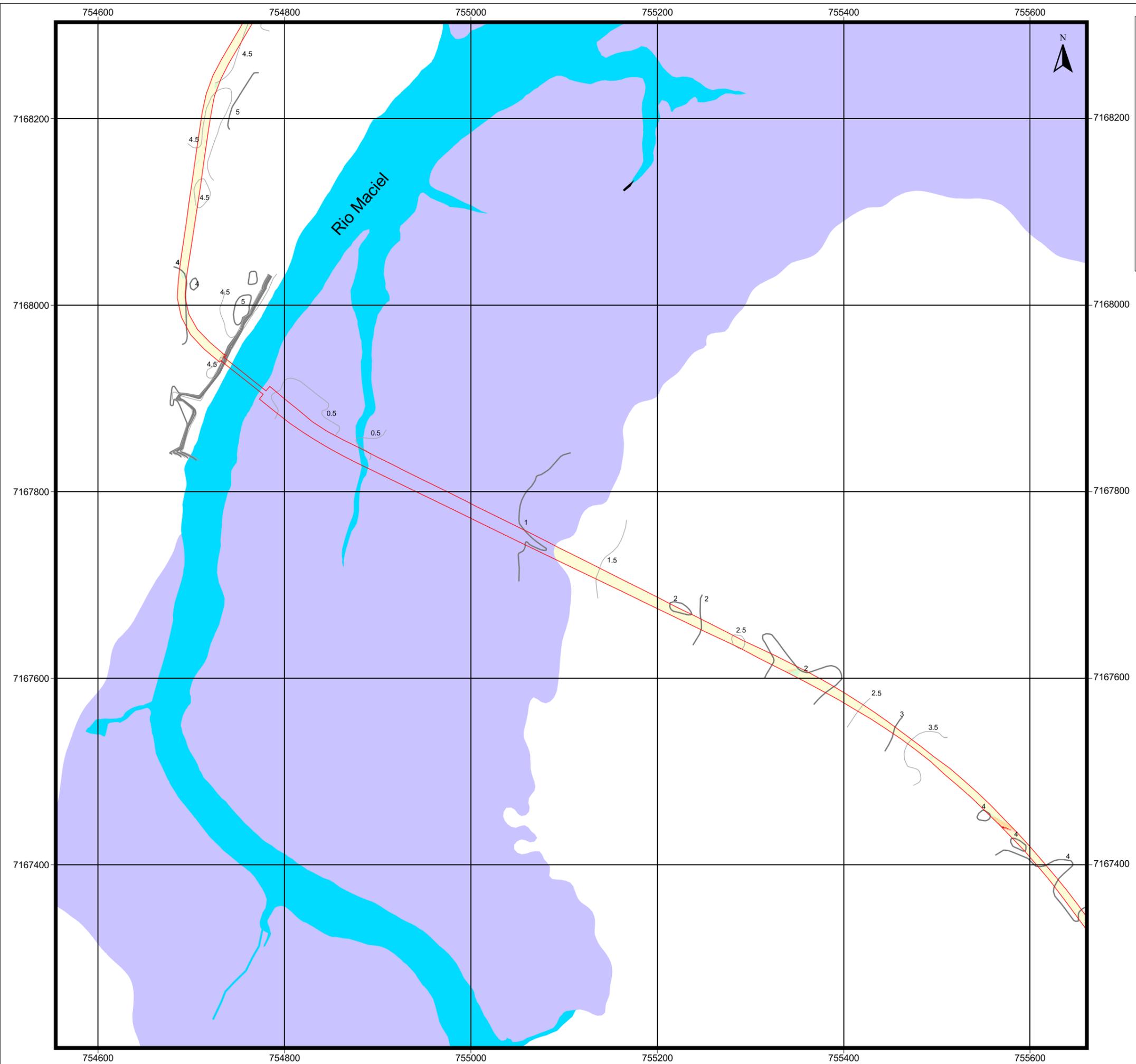
Escala: **1: 4.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



Quadrante 6

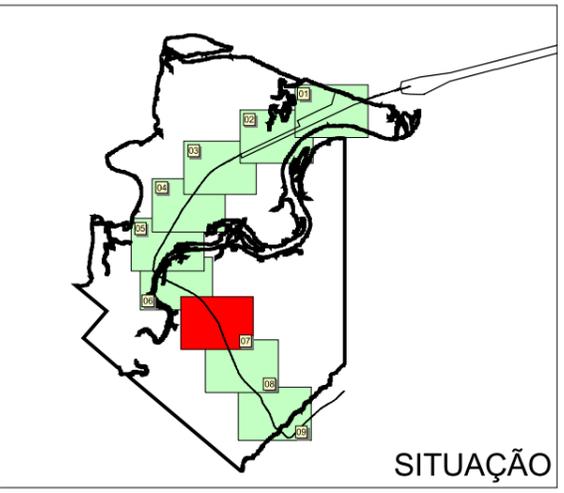
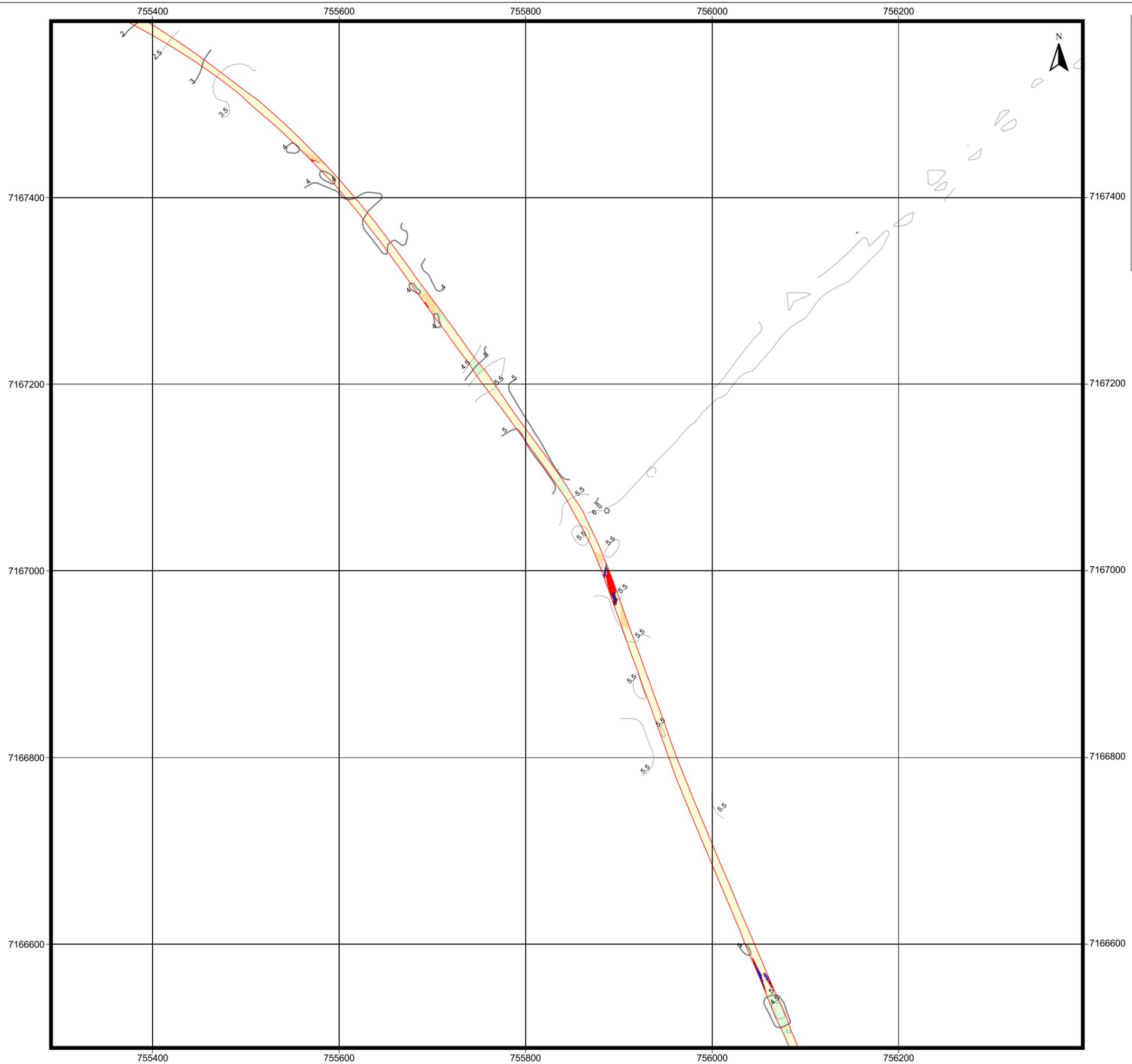
Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
 - Área de Mangue
- Classes de Declividade ***
- < 3 % Relevo Plano
 - 3 - 8 % Relevo Suave Ondulado
 - 8 - 20 % Relevo Ondulado
 - 20 - 30 % Relevo Forte Ondulado
 - 30 - 45 % Relevo Montanhoso
 - 45 - 75 % Relevo Montanhoso
 - >75 % Relevo Escarpado

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.76:	Mapa de Declividade da ADA - Quadrante 6
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Quadrante 7

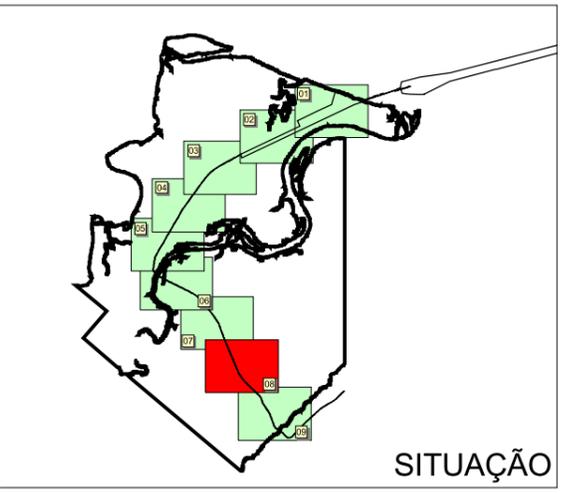
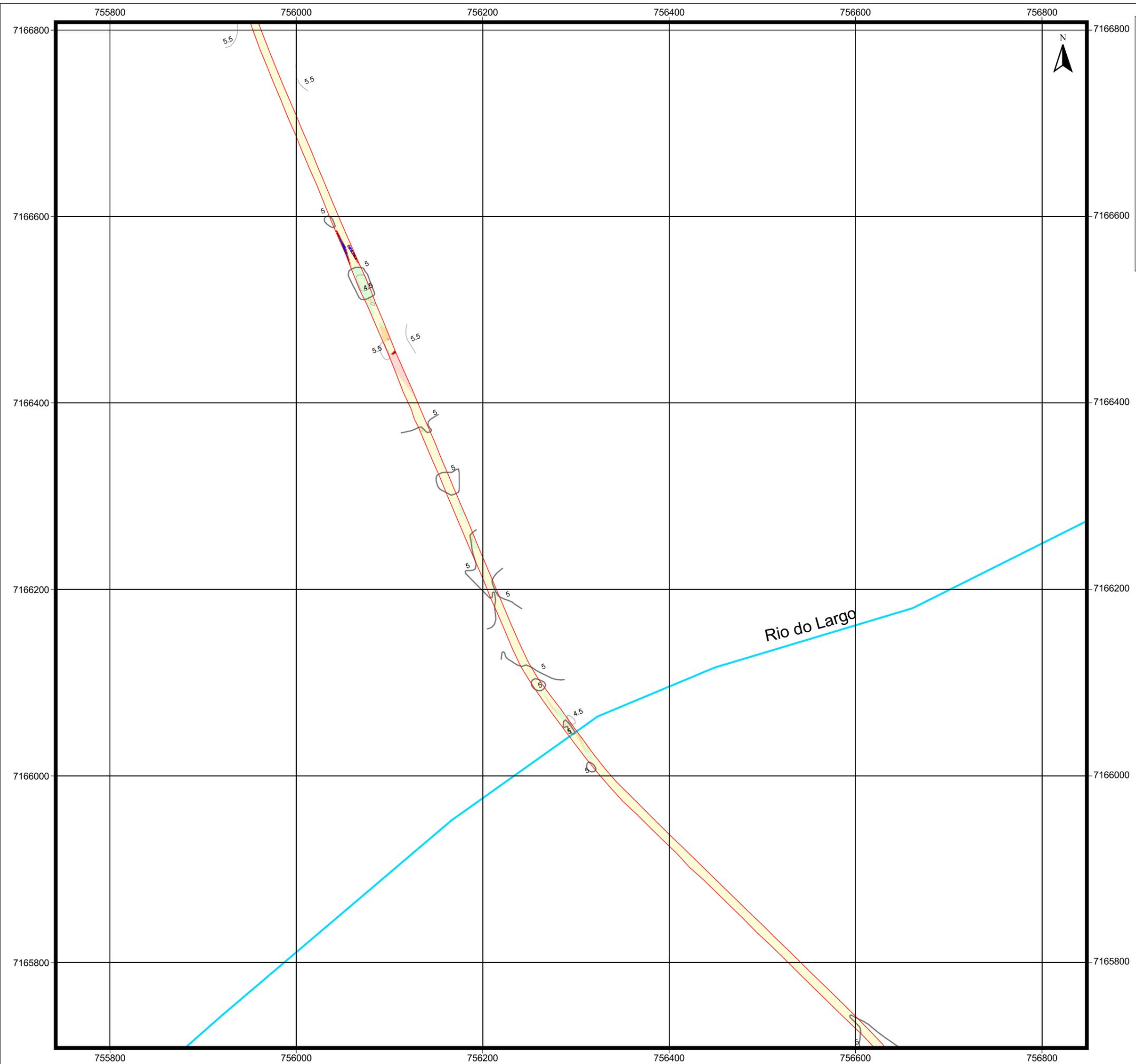
Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Classes de Declividade ***
- < 3 % Relevo Plano
 - 3 - 8 % Relevo Suave Ondulado
 - 8 - 20 % Relevo Ondulado
 - 20 - 30 % Relevo Forte Ondulado
 - 30 - 45 % Relevo Montanhoso
 - 45 - 75 % Relevo Montanhoso
 - >75 % Relevo Escarpado

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.77:	Mapa de Declividade da ADA - Quadrante 7
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Quadrante 8

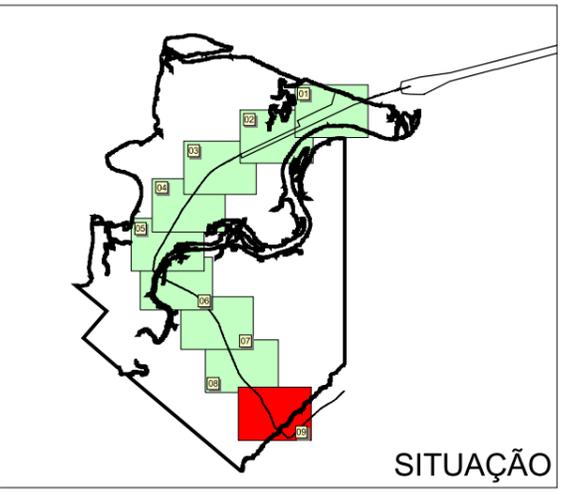
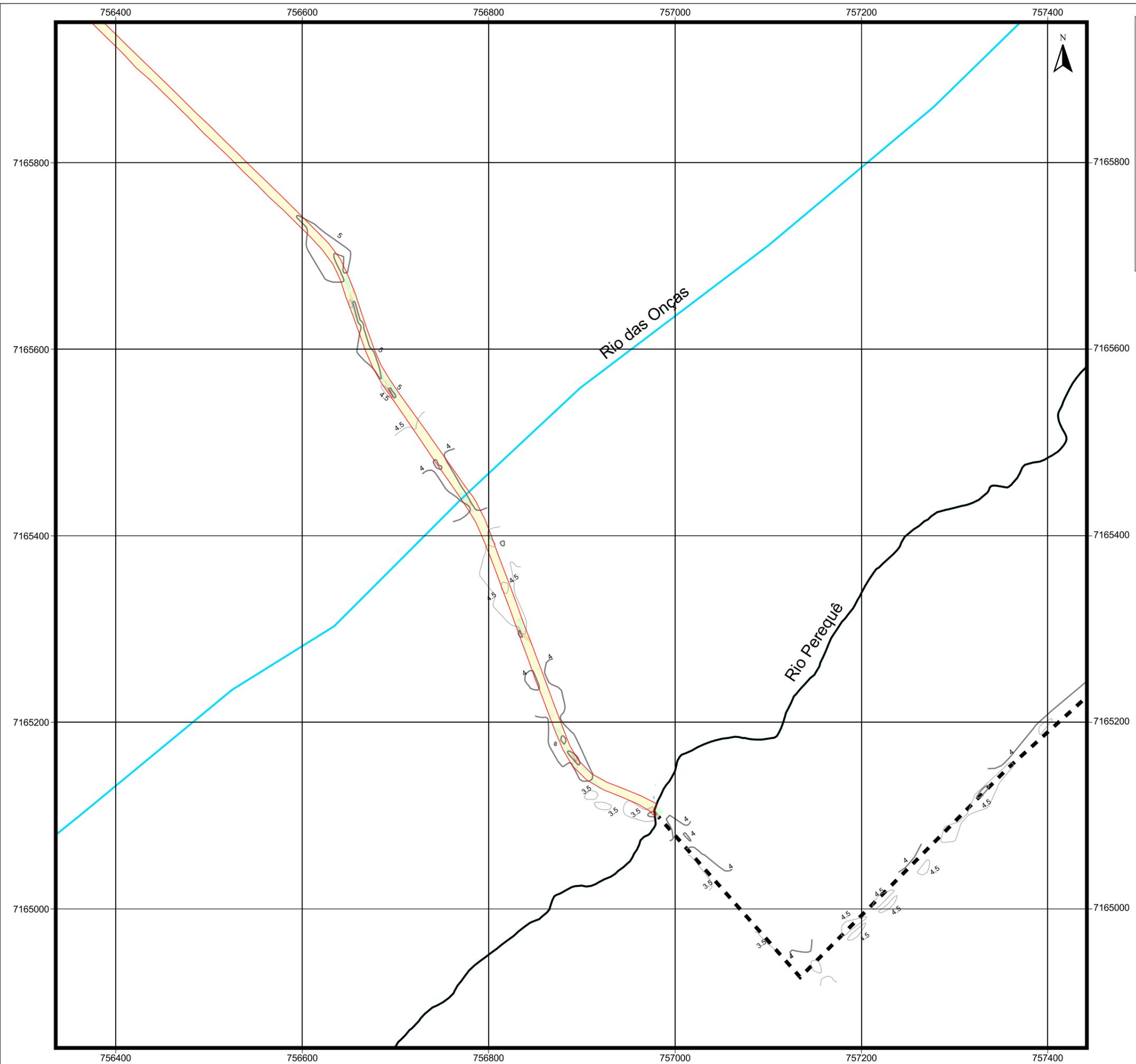
Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
- Classes de Declividade ***
- < 3 % Relevo Plano
 - 3 - 8 % Relevo Suave Ondulado
 - 8 - 20 % Relevo Ondulado
 - 20 - 30 % Relevo Forte Ondulado
 - 30 - 45 % Relevo Montanhoso
 - 45 - 75 % Relevo Escarpado
 - >75 % Relevo Escarpado

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.78:	Mapa de Declividade da ADA - Quadrante 8
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Quadrante 9

Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nível (eq. 0.5 m)
 - Via Existente
- Classes de Declividade ***
- < 3 % Relevo Plano
 - 3 - 8 % Relevo Suave Ondulado
 - 8 - 20 % Relevo Ondulado
 - 20 - 30 % Relevo Forte Ondulado
 - 30 - 45 % Relevo Montanhoso
 - 45 - 75 % Relevo Montanhoso
 - >75 % Relevo Escarpado

* Adaptado de EMBRAPA, 1999 em: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.79:	Mapa de Declividade da ADA - Quadrante 19
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D

As costas

As costas da AID e ADA são de dois tipos principais: planícies de maré com manguezais e falésias arenosas. As planícies de maré com manguezais predominam e ocorrem ao longo das margens do canal da Cotinga e dos rios Guaraguaçu e Maciel (**Figura 4.80**). Outro tipo de costa é caracterizado por falésias arenosas de até 5 metros de altura formadas pela erosão da planície arenosa por rios e canais de marés (**Figura 4.81**). A falésia pode ser ativa ou não-ativa, quando a erosão cessa. Nesse caso, na frente das falésias podem se formar pequenas faixas de manguê (**Figura 4.82**).



Figura 4.80 – Costa de planícies de maré com manguezais no rio Guaraguaçu



Figura 4.81 – Costa com falésia ativa formada pela erosão, pelo rio Maciel, da planície arenosa

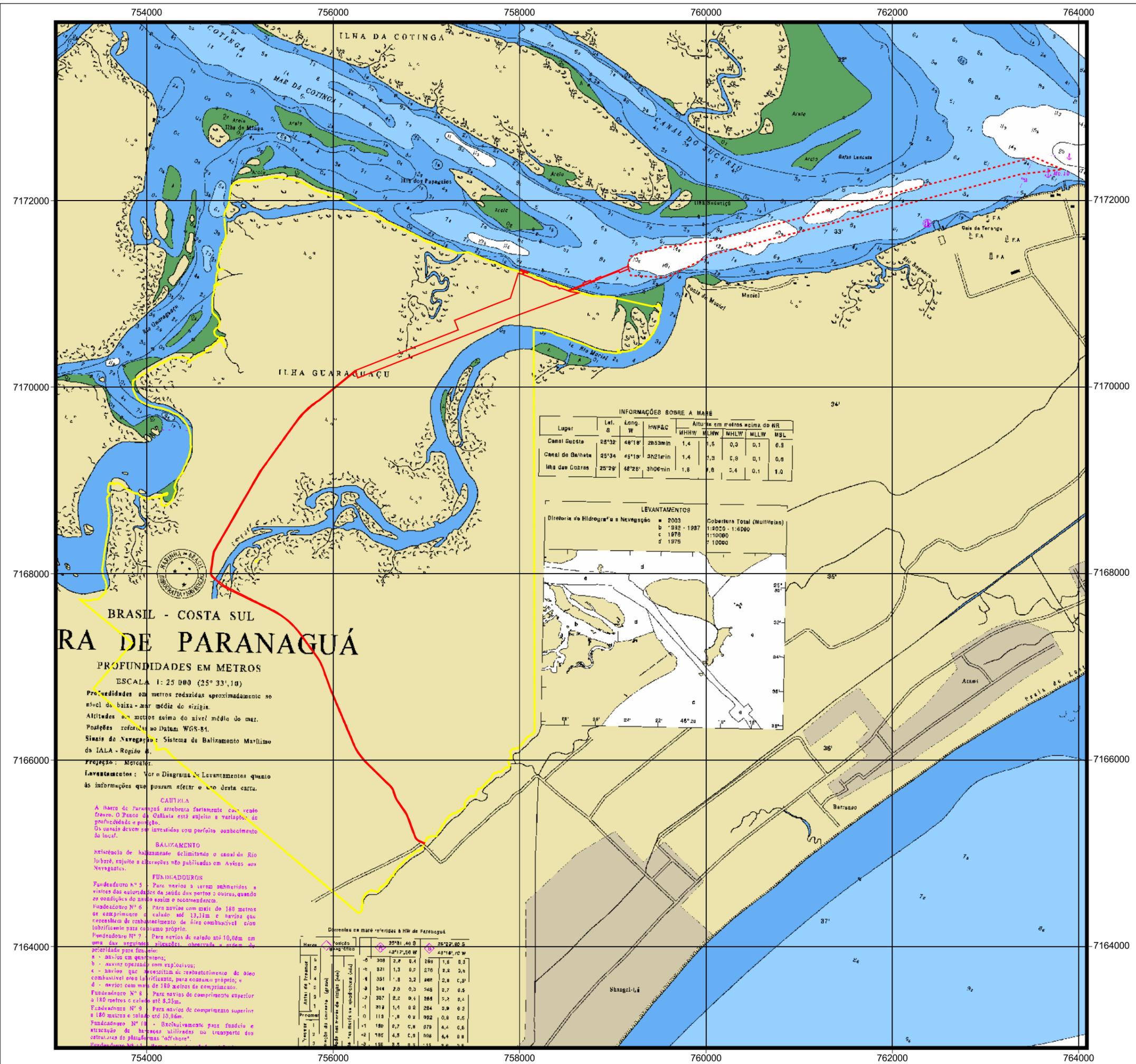


Figura 4.82 – Costa com falésia inativa, com pequena faixa de mangue na sua frente, na ilha Guaraguaçu, no canal da Cotinga

A parte submersa

A parte submersa da AID corresponde ao canal da Cotinga desde a foz do rio Guaraguaçu até o canal da Galheta.

A Carta Náutica da Marinha (**Figura 4.83**) com atualização em 1992 indica a presença do canal da Cotinga na área de influência do empreendimento. Buscando um maior detalhamento das informações relativas ao canal de acesso para verificação da necessidade de drenagem para a implantação do empreendimento, foi realizado um levantamento batimétrico da área, conforme ilustra a **Figura 4.84**. A partir deste, foi gerado o mapa de batimetria da ADA e AID.



- Legenda**
- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Área de Manobra de Embarcações



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

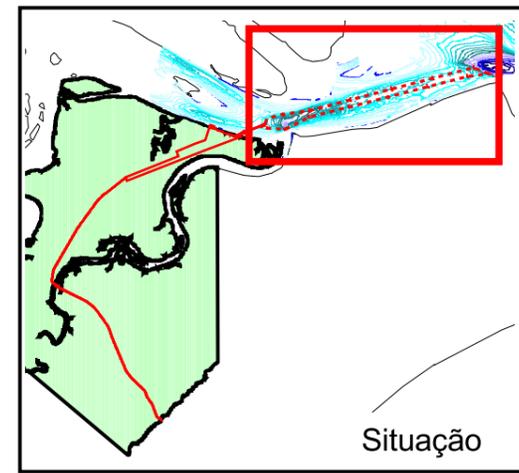
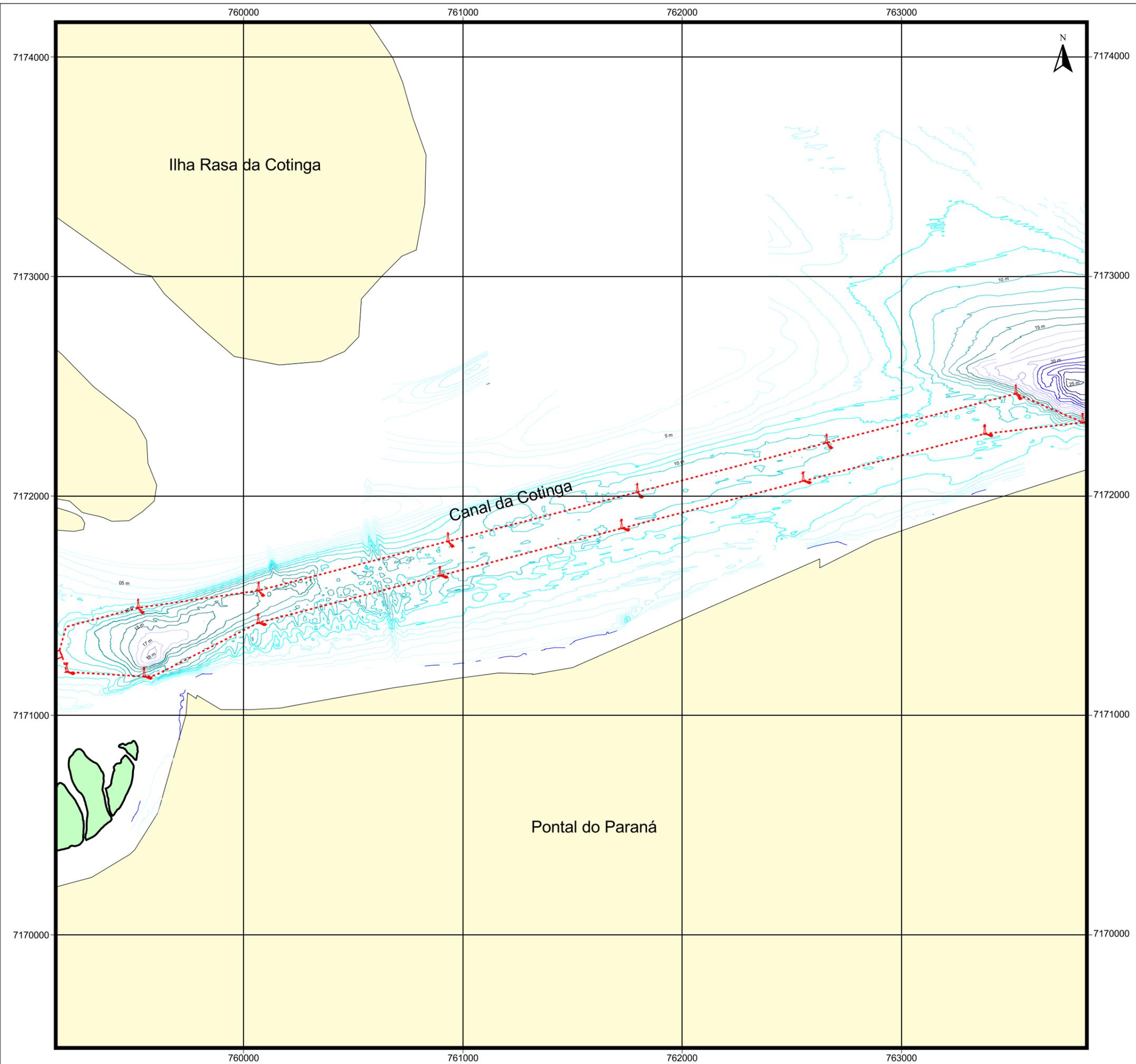
Figura 4.83: **Carta Náutica da Marinha**

Escala: **1: 40.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D



Legenda

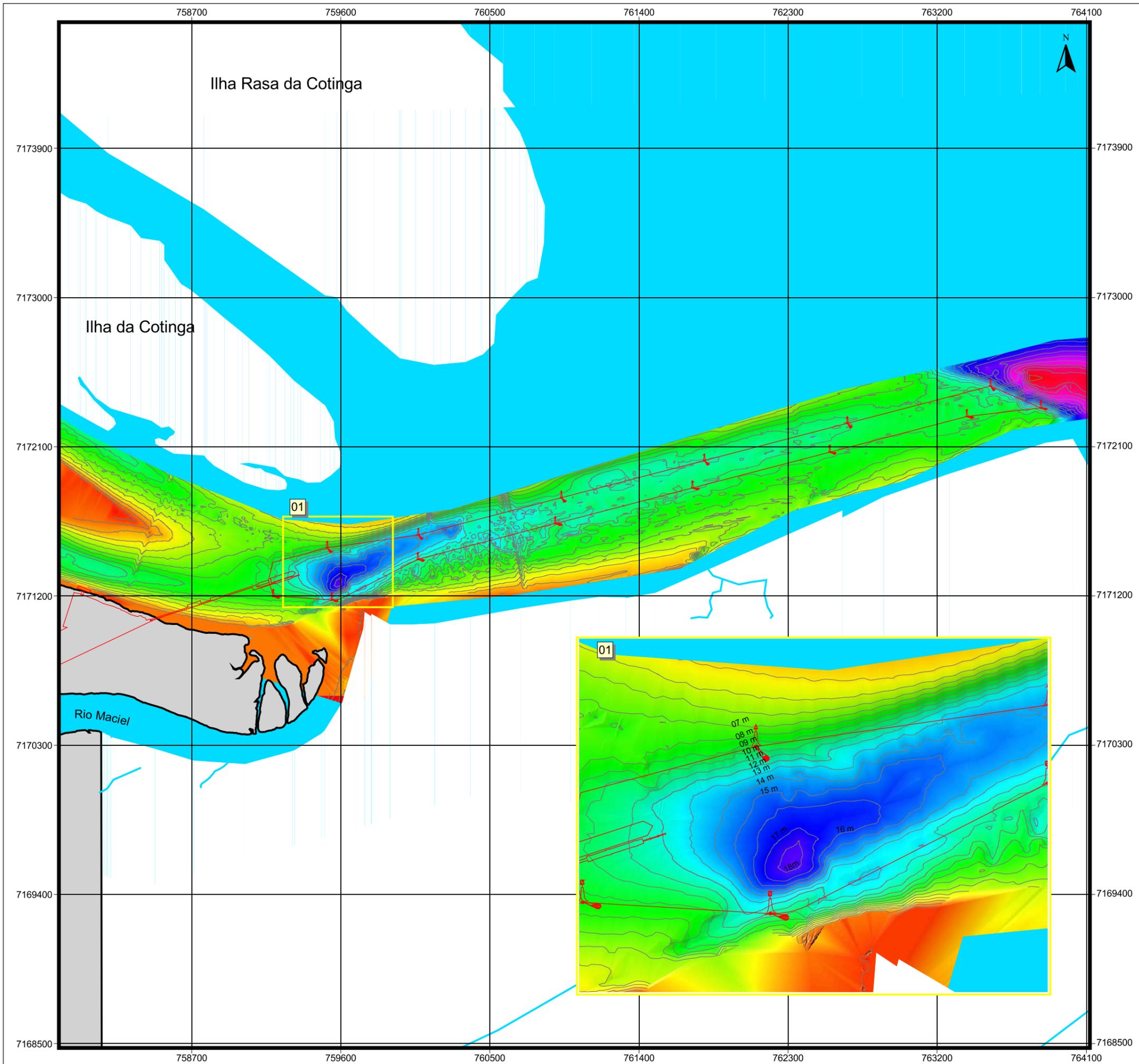
- Limite da Propriedade
- Porção Terrestre
- Implantação do Empreendimento
- Área de Manobra de Embarcações
- Batimetria (eq. 1m)



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.84:	Levantamento Batimétrico
Escala:	1: 17.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D

Na altura da ilha dos Papagaios, o canal da Cotinga apresenta-se bifurcado, passando ao sul e ao norte da ilha. O canal apresenta profundidades entre 5 e 10 metros e, na calha, as profundidades variam entre 10 e 18 metros. As maiores profundidades, provavelmente, estão associadas a áreas com maior velocidade das correntes de maré que escavam o fundo.

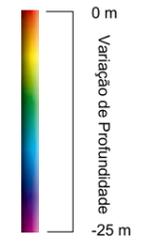
Na ADA, as profundidades maiores do canal se localizam junto à foz do rio Maciel e em Ponta do Poço, onde alcançam 18 e 25 metros, respectivamente. Já a parte mais rasa, localizada entre essas duas depressões, a profundidade está em torno de 10 metros. Essa configuração parece estar associada à velocidade das correntes de maré, onde as mais rápidas escavam o fundo e as fracas favorecem a deposição de sedimentos. Também ocorre uma área rasa de até 4 metros de profundidade entre a depressão de Ponta do Poço e o canal de acesso ao porto, que provavelmente corresponde a uma área de menor energia das correntes. A **Figura 4.85** apresenta o mapa de batimetria da área, no qual é possível verificar as profundidades encontradas na AID e ADA.



Legenda

-  Limite da propriedade
-  Implantação do empreendimento e Área de Manobra de Embarcações
-  Isolinhas - Batimetria
-  Hidrografia

Batimetria



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.85: **Mapa de Batimetria da ADA**

Escala: **1: 22.500**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico:

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

4.1.5. Hidrogeologia

A implantação de empreendimentos de grande porte em áreas costeiras afeta diretamente o ambiente continental no que se refere a seus corpos hídricos. O impacto se manifesta fisicamente desde a alteração das condições de infiltração de água pluvial até interferências do fluxo do aquífero livre, em face de edificações na subsuperfície. Por outro lado, são inúmeras as possibilidades de interferências no quimismo do sistema hídrico local. Algumas são desencadeadas por afluxos diretos de contaminantes infiltrados acidental ou sistematicamente no solo, e outras, por derrames ou lançamentos diretos nos corpos hídricos.

O transporte ou armazenamento inadequado de cargas poluentes em áreas vulneráveis à contaminação, como caso dos sedimentos costeiros, que são porosos e permeáveis, pode afetar corpos de águas continentais superficiais e subterrâneos.

Essas possibilidades são grandemente potencializadas quando se trata de efluentes líquidos, em face de sua elevada mobilidade e facilidade de acesso aos corpos hídricos.

Dessa forma, torna-se importante fazer o diagnóstico das características hidrodinâmicas e hidroquímicas do aquífero freático na área de influência do empreendimento.

4.1.5.1. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido a partir do levantamento e análise de dados regionais sobre a hidrografia, hidrogeologia e características químicas das águas subterrâneas, seguido da caracterização da hidrogeologia e hidroquímica do aquífero freático, por meio de dados primários, e interpretação dos dados hidrogeológicos para estabelecimento de um modelo conceitual do aquífero freático.

4.1.5.2. Caracterização Hidrogeológica Regional

Na planície costeira, distinguem-se duas unidades aquíferas: o aquífero fissural constituído pelas rochas metamórficas do embasamento cristalino, e o aquífero de porosidade intergranular, constituído pela cobertura de sedimentos inconsolidados. As águas desses aquíferos são captadas para abastecimento privado de indústrias ou para abastecimento doméstico, por meio de poços-ponteira, implantados no aquífero granular.

O aquífero sedimentar é formado por depósitos continentais e marinhos. Na fácies continental, os sedimentos são subangulares, mal selecionados de areia quartzosa, com granulometria variando de fina a grossa. Podem ocorrer intercalações de camadas delgadas de areia fina e argilas. Na fácies marinha, os sedimentos são mais maduros, consistindo em areias quartzosas com granulometria variando de fina a

média. Os poços perfurados nos sedimentos continentais são, em geral, mais produtivos, apresentando vazões de até 40m³/h. Os poços que captam águas dos sedimentos marinhos têm vazões da ordem de 10 m³/h.

Os aquíferos sedimentares são alimentados pela precipitação das chuvas sobre a área de exposição. Os rios que drenam a planície costeira são efluentes e não contribuem para a recarga dos aquíferos.

A recarga dos aquíferos fraturados ocorre pela drenagem das águas armazenadas nos sedimentos sotopostos e, em menor quantidade, pela percolação de água através de fraturas nas imediações da Serra do Mar.

Os aquíferos da planície costeira, fissural e granular apresentam propriedades hidráulicas muito diferentes entre si, de modo que o aproveitamento desses mananciais ocorre de maneira distinta. Conforme FUNPAR, (1997), os poços perfurados para captação de água do aquífero cristalino (fissural), têm profundidades superiores a 100 metros, com entradas de água situadas entre 60 e 130 metros de profundidade e vazões variando de 3 a 20 m³/h. Os poços perfurados no aquífero sedimentar são rasos, isto é, têm profundidade média de 25 metros e são vulneráveis à contaminação, pelas suas características físicas e pela proximidade do nível da água subterrânea.

Giusti (1996) estudando os aquíferos do litoral paranaense, concluiu que poços com profundidade máxima até 150 metros apresentam vazões entre 15 e 30 m³ h⁻¹, enquanto poços com profundidades médias de 15 metros apresentam vazões entre 0,5 m³ .h⁻¹.

Deve-se ressaltar, no entanto, que as diferenças entre a produtividade dos poços perfurados nos sedimentos continentais e costeiros devem-se mais a aspectos construtivos do que às propriedades hidráulicas desses sedimentos.

Em geral, o aquífero fissural contém águas de melhor qualidade e menos vulneráveis à contaminação, comparando-se ao aquífero sedimentar sobreposto. No entanto, os poços perfurados no embasamento cristalino nem sempre são produtivos, devido à heterogeneidade e anisotropia características desse tipo de aquífero, o que causa uma variação das propriedades hidráulicas desse substrato.

O sucesso de um poço perfurado em aquíferos fissurais depende da interceptação, pelo furo, de fraturas interconectadas e saturadas em água. A detecção desses sistemas de fraturas depende de mapeamentos estruturais, o que dificulta o aproveitamento destes aquíferos. Essa é a causa da ocorrência frequente de poços improdutivos perfurados no Embasamento Cristalino.

Alguns poços perfurados situados próximos à linha da costa ou nas margens dos canais estuarinos, que penetram no aquífero sedimentar, apresentam indícios de contaminação por água salgada, em consequência da intrusão de cunha salina. Essa intrusão pode ocorrer em consequência da redução do nível potenciométrico da água no aquífero, devido a uma recarga natural deficiente ou pelo bombeamento de poços tubulares profundos próximos à linha de costa.

As oscilações diárias do nível do mar, por efeito das marés, geram uma variação na diferença entre o potencial hidráulico da água superficial e da água subterrânea, favorecendo ora o deslocamento da água do mar em direção ao continente, ora o fluxo subterrâneo em direção ao mar. Esse efeito não chega a comprometer a qualidade da água subterrânea, uma vez que apenas desloca, para cima ou para baixo, a interface água doce-água salgada no interior do aquífero, sem que ocorra uma mistura dessas águas nas partes superiores do mesmo. A penetração de água do mar em direção ao continente recebe o nome de intrusão ou cunha salina.

No litoral paranaense ocorrem tanto poços com água doce, potável, quantos poços com águas já salinizadas, mostrando a influência da cunha salina na qualidade da água subterrânea. De modo geral, o aquífero sedimentar apresenta uma condição mais favorável à exploração, por necessitar de uma menor profundidade de perfuração, o que implica menor custo, e por possuírem alta capacidade específica, o que significa maior produtividade e maior abrangência espacial. No entanto, esses são mais susceptíveis à contaminação de toda espécie, e assim, a sua localização deve estar protegida e distante de qualquer fonte de substâncias prejudiciais à qualidade da água.

São apresentados na **Tabela 4.24** os dados de poços perfurados no município de Paranaguá, usados para abastecimento privado doméstico ou industrial. Esses dados possibilitam uma avaliação, embora superficial, das características hidrogeológicas dos aquíferos da região de interesse.

Tabela 4.24 – Dados de poços tubulares perfurados no município de Paranaguá, PR.

n.	Aquífero	Prof. (m)	Vazão (m ³ h ⁻¹)	N.D. nível dinâmico (m)	N.E. nível estático (m)	Esp.Solo (m)	Sedimento Costeiro (m)	E.A. entrada de água (m)	Filtros posição (m)	Revestimento (m)
1	granular	51	4.80	6.60	4.70	15	39	filtros	21 - 27; 31 - 37	0-21; 27-31; 37-39
2	granular	54	1.20	38.20	7.20	3	48	filtros	50-54	0-50
3	granular	21	8.80	5.90	1.40	3	> 21	filtros	12,0 a 18,0	0-12; 18-21
4	granular	20	9.00	3.50	1.50	6	>20	filtros	8 a 14,0	0-8; 14-20
5	granular	20	6.60	3.50	1.50	3	>20	filtros	9 a 14,0	0-8; 14-21
6	granular e fissural	91	42.00	68.12	4.00	-	54	filtros e 64, 78, 91	24.2 a 31.2; 43.3 a 46.8; 52.85 a 56.35	
7	granular	60	15.00	20.80	7.50	3	57	filtros	24.7 a 38,7; 44,75 a 48,25	
8	fissural	143	14.60	76.50	72.80	-	21	-	-	
9	fissural	150	20.80	72.00	52.00	-	58	102 e 120	-	
10	fissural	240	2.30	133.00	69.00	-	44		-	0 - 59,0
11	granular	21	6.00	6.20	2.70	-	>21	filtros	8 a 16;	
12	granular	19.50	1.20	8.10	2.00	-	>18	filtros		
13	granular	21	8.80	5.15	3.10	-	>21	filtros	8 a 14,	

n.	Aquífero	Prof. (m)	Vazão (m ³ h ⁻¹)	N.D. nível dinâmico (m)	N.E. nível estático (m)	Esp.Solo (m)	Sedimento Costeiro (m)	E.A. entrada de água (m)	Filtros posição (m)	Revestimento (m)
14	granular	21	6.00	11.40	2.80	-	>21	filtros	9 a 14,	
15	granular	18	9.90	4.40	3.00	-	>18	filtros	6 a 12,	
16	granular	19	4.40	6.00	3.00	-	>19	filtros	4 a 12,	

FONTE: HIDROPEL, 1997 e AQUASUL, 1997.

Exemplos da distribuição vertical das características geológicas de subsuperfície e níveis portadores de água estão apresentados nos perfis litológicos da **Figura 4.86** e **Figura 4.87**. Observa-se que somente alguns horizontes apresentam características sedimentares propícias para a produção de vazões superiores a $1,0 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. Percebe-se, pela posição dos filtros, que existem dois horizontes produtores principais nestes sedimentos:

- Horizonte formado por areias médias a grossas, quartzosas, esbranquiçadas, mal selecionadas e com grau de arredondamento subangular. Ocorrem, eventualmente, pelotas de argila ou de silte, ou intercalações de frações mais finas nas camadas arenosas. Nesse horizonte, as vazões alcançam valores entre $6,0$ e $20,0 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. Esse horizonte configura, provavelmente, um depósito continental de leques aluviais.
- Horizonte formado por areias finas a médias, esbranquiçadas, quartzosas, mal selecionadas, eventualmente com seixos centimétricos de quartzo leitoso. As vazões nessa porção alcançam valores entre $4,4$ e $9,0 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. Esse horizonte representa, provavelmente, uma zona de transição entre sedimentos continentais e marinhos.

É importante observar que os valores correlacionados são de profundidades absolutas de perfuração, em vez de cotas topográficas, que tornariam os valores mais precisos.

O aquífero em aproveitamento corresponde ao nível de areias médias. Giusti et al. (1994) apresentam duas frequências de vazões para esses sedimentos costeiros do Quaternário, que variam de $0,5$ a $8,2 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ e $13,8$ a $19,8 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$.

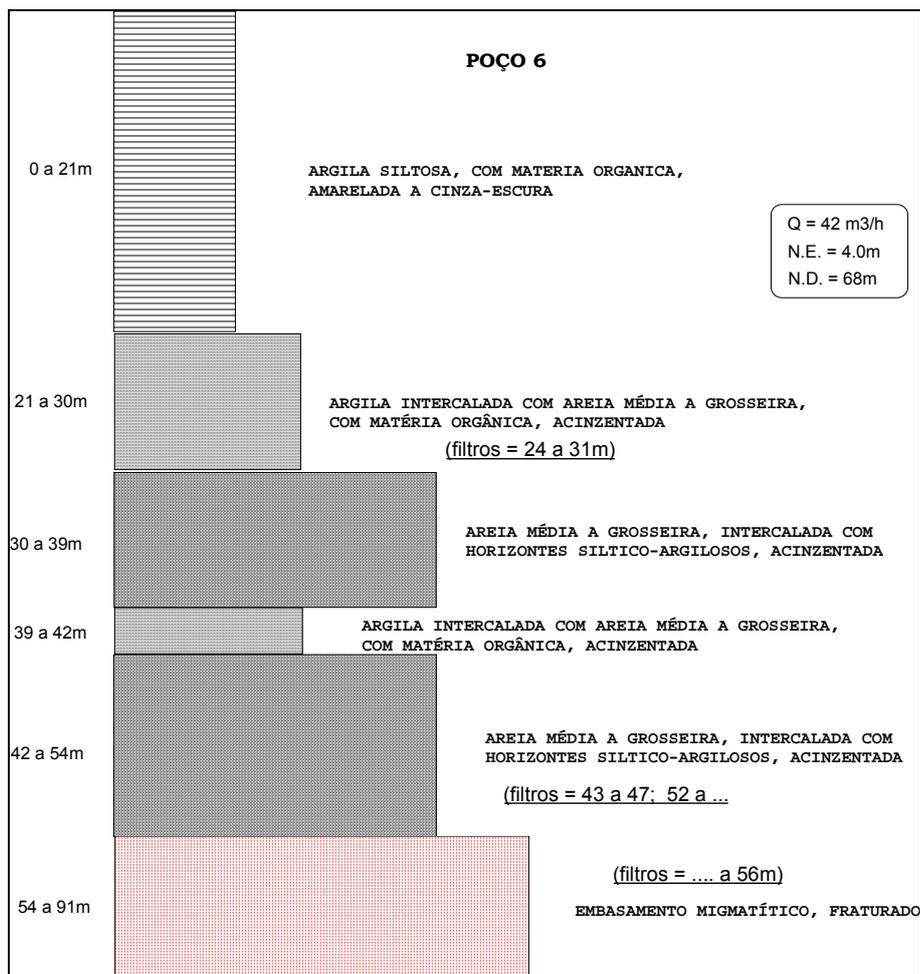


Figura 4.86 – Perfil litológico de poço tubular profundo perfurado em sedimentos costeiros e rochas do embasamento cristalino (Paranaguá, PR)

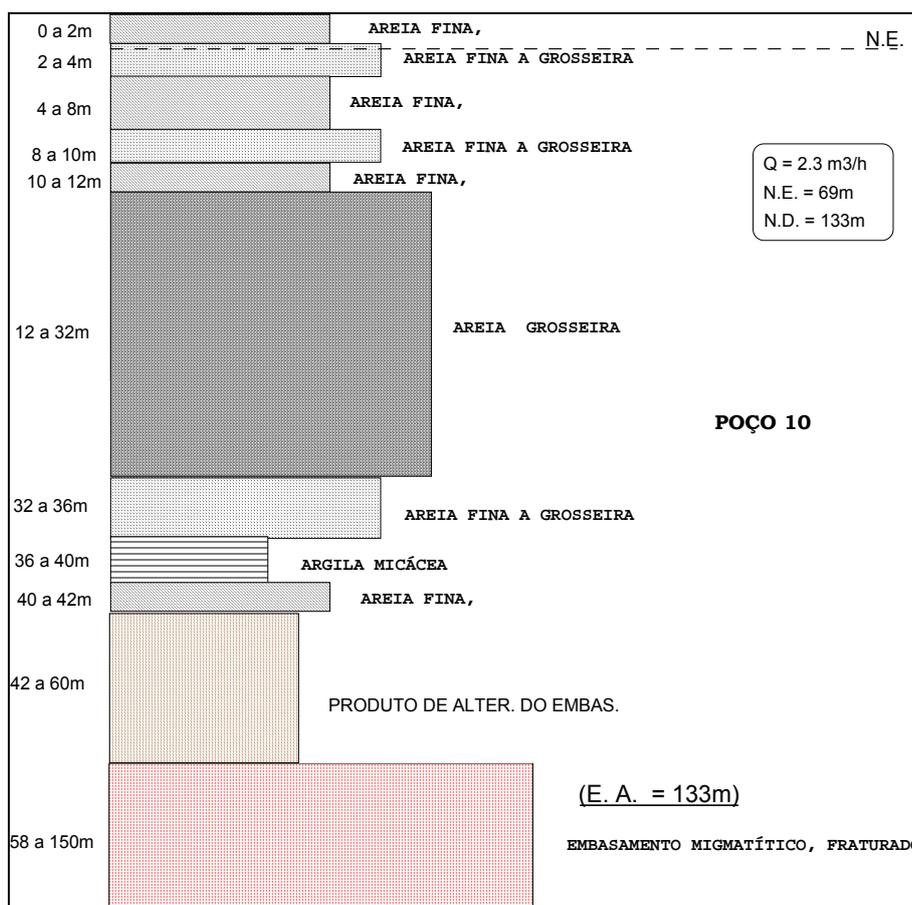


Figura 4.87 – Perfil litológico de poço tubular profundo perfurado em sedimentos costeiros e rochas do embasamento cristalino (Paranaguá, PR)

Hindi et al. (2003) fizeram um estudo detalhado do aquífero sedimentar costeiro na Ilha dos Valadares, em Paranaguá, e verificou que a profundidade do nível freático variou de 4 a 5 metros nas partes mais elevadas da ilha, diminuindo à medida que se aproxima das margens da ilha, até chegar a 0 metro, nas zonas de mangue. E, em estudo nas imediações do CEM - Centro de Estudos do Mar, o nível da água subterrânea ficou compreendido entre 0,6 e 2,0 metros.

Nas rochas do embasamento cristalino, as fraturas produtoras situam-se nas profundidades de 64, 78, 91, 102, 120 e 133 metros. De acordo com Camargo (1995), essas fraturas, em sua grande maioria, são abertas, e aquelas que estão colmatadas são preenchidas por cloritas e biotitas. As falhas apresentam uma direção principal (N50E) e uma secundária (N22E), enquanto que as juntas têm um plano principal com direção em torno de N10W, e dois planos secundários com direções N06 E e N09 E.

As vazões para as rochas do embasamento variam de 2,3 a 20,8 m³h⁻¹ (tabela 2). Giusti (1996) também encontrou valores de vazão muito similares para essas rochas, nas faixas de 1,8 a 25,3 m³h⁻¹, com média de 6,7 m³h⁻¹.

As zonas de recarga dos aquíferos estudados apresentam-se distribuídas por toda a área de exposição da cobertura sedimentar ou das rochas do embasamento

crystalino, de modo que o reservatório subterrâneo é realimentado pela infiltração direta de águas das chuvas.

Os aquíferos fissurais dessa região, além da recarga direta, recebem recarga indireta proporcionada pelo fluxo descendente das águas armazenadas nos sedimentos arenosos que os recobrem. Pode se ter, também, recarga pela percolação da água subterrânea desde fraturas extensas relacionadas com estruturas da Serra do Mar.

No que diz respeito ao risco de contaminação das águas subterrâneas por cargas perigosas colocadas na superfície do terreno, os aquíferos porosos são os mais vulneráveis. Hindi et al. (2003) detectaram presença de coliformes totais e fecais em cerca de 90% das amostras coletadas nos poços da Ilha dos Valadares, o que mostra a fragilidade natural do aquífero freático granular à contaminação antrópica.

A rede de drenagem se relaciona diretamente com a água subterrânea freática, na planície costeira. O caráter extremamente permeável dos sedimentos arenosos favorece a infiltração em detrimento do escoamento superficial, resultando em uma baixa densidade de drenagem. Os processos ou intervenções antrópicas que venham a ocorrer nesse tipo de terreno, com boa drenagem vertical, terão seus efeitos sentidos diretamente no meio físico subterrâneo e daí para as drenagens superficiais, em consequência do escoamento subterrâneo.

O comportamento da água subterrânea em regiões limítrofes entre um estuário e o continente, é complexo, sendo regulado por fatores como:

- Clima e balanço hídrico na região;
- Constituição litológica do substrato;
- Amplitude da maré;
- Morfologia da superfície do terreno;
- Ocupação e atividades implantadas na superfície do terreno;
- Funcionamento dos ecossistemas estabelecidos no local;
- Existência e intensidade de extração de água no local;
- Relação espacial entre os corpos de água da região;
- Composição específica da água do estuário no local.

As interações entre a água estuarina ou oceânica e a água continental se manifestam sob dois aspectos interdependentes básicos, que são relativos à quantidade e à qualidade da água.

As características hidrodinâmicas do fluxo exercem influência sobre aspectos de qualidade de água, na medida em que controlam taxas de diluição e direção de deslocamento de plumas de contaminação. Por outro lado, a salinidade da água do mar estabelece características da interface água doce - água salgada, em função da diferença de densidade entre os dois fluidos.

Desse modo, a avaliação de eventuais impactos ambientais de um empreendimento em um sítio costeiro, sobre a qualidade do manancial subterrâneo, necessita do conhecimento básico do regime de movimentações de fluxo hídrico de subsuperfície.

4.1.5.3. Caracterização Hidrogeoquímica Regional

A área em questão está inserida no mesmo contexto regional da bacia do rio Perequê, classificado como um riacho de maré ou gamboa, por Marone et al. (2002), que estudaram a qualidade química e biológica das águas superficiais e subterrâneas na bacia do referido rio. Na área estudada, o pH variou de 4,64 a 8,58, considerando todos os poços e também a variação temporal. Há que se salientar que, para esse comportamento contribuem diretamente fatores essencialmente físicos e fatores biogeoquímicos. Foi observado que o aquífero do Perequê apresenta três zonas distintas quanto ao valor do pH. Uma delas na borda do mar e do rio homônimo se caracteriza por um pH na ordem de 8,0, tendo com principal controle a composição da água estuarina. Uma zona mais para o interior, com pH nitidamente ácido, na faixa de 4,6 a 5,7, bordejando a vegetação de restinga e tem seus controles atribuídos pelos autores a “aporte elevado de matéria orgânica”. Foi também identificada uma zona intermediária com pH variando entre 6,0 e 7,5.

Por ocasião dos referidos trabalhos, foram realizadas 11 campanhas de coletas e análises químicas em amostras de água de 16 poços, sendo anotado que o teor médio de Nitrogênio Inorgânico Total (NID) é $0,91 \text{ mg.L}^{-1}$. Fosfato e sílica, também analisados apresentaram níveis médios de $0,10$ e $2,91 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente.

A água subterrânea da área investigada apresentou teores de Nitrato entre $0,0006 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,49 \text{ mg.L}^{-1}$ inferiores ao limite permissível de 10 mg.L^{-1} , preconizado pela Portaria MS 518/2004 (BRASIL, 2004). Valores excepcionalmente altos detectados em alguns poços foram atribuídos a efluentes originados em fossas sépticas.

Um incremento progressivo no teor de nitrato do verão para o outono de 2002 é atribuído pelos autores à mistura da água de superfície com a água subterrânea associada ao aumento concomitante da pluviosidade.

Nas amostras analisadas, o teor de NO_2^- não apresentou valores apreciáveis; no entanto, o NH_4^+ apresentou quantidade que varia significativamente, estando os valores mais elevados relacionados a poços na área urbana de Pontal do Sul.

Tanto o amônio como o nitrito são espécies químicas de nitrogênio afins a ambientes anóxicos. Em ambientes mais oxidantes a espécie de nitrogênio mais estável é o nitrato, NO_3^- , sendo este o destino de transformação do nitrogênio de nitrito, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico. Visto isso, a presença das espécies de nitrogênio reduzido, em grande parte dos casos se relaciona à poluição em que a fonte poluente está próxima. No caso do Perequê, há que se considerar a intensa atividade biológica que tem lugar nos manguezais e adjacências, onde o nitrogênio é submetido a processos de óxido-redução. O teor mais baixo de nitrato registrado no período de

verão pode estar, conseqüentemente, associado a um incremento na atividade biológica, seja ela microbiana, fotossintética ou de ambos os processos. Por outro lado, os processos de nitrificação e de desnitrificação, os quais determinam o teor de nitrogênio na água, possuem ligações específicas com a taxa de fluxo da água subterrânea e os níveis de eutrofização em áreas dominadas por marismas.

Dentre os fatores físicos podem ser citados: as variações no nível de diluição e composição da água da gamboa; o afluxo de água diluída vinda do continente; a intensidade das precipitações pluviais; e a variação da composição da água estuarina, em face de movimentações das massas menos salinas vindas do interior do estuário em contraposição às águas oceânicas.

Outro trabalho de identificação de características do aquífero superficial no estuário da baía de Paranaguá foi realizado a oeste da cidade homônima entre os rios Embocuí e Emboguaçu (TERMELÉTRICA DO LITORAL, 1998).

Para o referido trabalho, foram amostrados dez pontos de água no sítio Emboguaçu/Embocuí, bem como no rio Marumbi em Morretes, este último ponto para servir de referência quanto à água das cabeceiras dos principais tributários da região. Nas amostras colhidas foram efetuadas análises de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, conforme dados apresentados na **Tabela 4.25** e **Tabela 4.26**.

Tabela 4.25 – Composição físico-química de águas naturais coletadas no sítio Emboguaçu/Embocuí, Paranaguá.

(Espécies químicas dissolvidas em mg.L⁻¹).

n°	Local	Corpo	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	SiO ₂	Fe	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	t °C
1	Areal Rocha	poço tubular	5.3	6.1	4.6	>1.0	0.28	2.8	4.47	0.7	0.57	1.90	1.04	19.0
2	Areal Rocha	cava	4.87	1.95	15.8	14.5	2.65	4.92	0.50	1.52	0.86	9.66	5.29	22.0
3	Fazenda Casa Branca	poço tubular	6.72	10.25	4.10	>1.0	0.04	3.85	0.07	2.29	0.60	1.74	0.08	19.5
4	Oleoduto	alagado	5.12	2.44	4.10	>1.0	>0.04	1.28	1.06	0.28	0.51	1.90	1.37	22.5
5	Norte daCava Grande	Cava	4.47	1.22	11.7	8.00	>0.04	4.94	0.75	1.72	1.13	5.66	1.36	22
6	vertedouro da Cava Azul	Cava	4.56	1.22	6.9	7.00	0.31	5.99	0.17	1.74	0.91	2.86	1.48	21.8
7	Fazenda Eurides Costa	Mangue	6.95	81.74	12243.5	1800	6.19	33.8	3.21	260.43	869	6075.96	307.68	23.2
8	Fazenda Eurides Costa	poço tubular	5.40	3.66	18.9	3.00	0.88	5.78	10.0	0.46	0.81	2.12	0.65	19.6
9	Cava Lixão	Cava	6.6	6.47	8.2	>1.0	0.13	14.77	0.63	3.00	0.86	2.76	1.07	24.,2
10	R.Marumbi em Morretes	rio	6.78	6.47	6.10	>1.0	0.18	3.64	0.50	1.91	1.08	2.42	0.82	22.6
13	poço tub.09	poço tubular	7.9	226.4	28.6	5.1	0	40.8	0.05	10.8	6.1	79	5.7	19

Tabela 4.26 – Composição em metais pesados, turbidez sólidos totais dissolvidos e bacteriológica de águas naturais coletadas no sítio Emboguaçu/Embocuá, Paranaguá. (Espécies químicas dissolvidas em mg.L⁻¹).

nº	Local	Corpo	Coliformes	Coliformes	Condutividade	Cor	Turb.	TDS	N _{amoniacoal}	Ba ²⁺	Cd ²⁺	Cr ³⁺	Cu ²⁺	Mn ²⁺	Pb ²⁺	Zn ²⁺
			fecais	totais												
			NMP		µS cm ⁻¹		UT	mg L ⁻¹								
1	Areal Rocha	poço tubular	<1.1	1.1	25	5	0.40	35	<0.01	Nd	nd	nd	0.02	0.04	nd	0.07
2	Areal Rocha	cava	-	-	105	15	3.50	65	<0.01	Nd	nd	nd	nd	0.05	nd	0.08
3	Fazenda Casa Branca	poço tubular	<1.1	16.1	28	5	0.20	94	<0.01	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.08
4	Oleoduto	alagado	6.9	16.1	20	250	0.70	106	<0.01	Nd	nd	nd	nd	0.01	nd	0.08
5	Norte da Cava Grande	Cava	1.1	1.1	98	15	.75	84	<0.01	Nd	nd	nd	nd	0.06	nd	.0.07
6	vertedouro da Cava Azul	Cava	<1.1	<1.1	71	5	0.85	129	<0.01	Nd	nd	nd	nd	.006	nd	0.08
7	Fazenda Eurides Costa	mangue	-	-	51000	20	85	2443	0.60	Nd	0.06	1.02	0.06	0.17	0.74	0.14
8	Fazenda Eurides Costa	poço tubular	<1.1	<1.1	30	15	5.00	54	<0.01	Nd	nd	nd	0.04	0.08	nd	0.16
9	Cava Lixão	Cava	3.6	>23	41	30	3.00	119	<0.01	Nd	nd	nd	nd	0.03	nd	0.08
10	R.Marumbi em Morretes	rio	-	-	35	20	1.00	100	<0.01	Nd	nd	nd	nd	0.04	nd	0.08

As cavas 2, 4 e 5 são caracterizadas por um teor em sulfato mais elevado, enquanto a cava 9, aquela mais afastada da linha de costa, porém a mais próxima de fontes de contaminação antrópica, tem sulfato bem mais baixo e é mais cálcica.

Os poços e o alagado próximo ao oleoduto também possuem baixo sulfato, sugerindo menor influência dos níveis orgânicos, que favorecem uma concentração de enxofre, de início reduzido, porém que se oxida para sulfato por maior contato com o oxigênio atmosférico.

Quanto aos poços tubulares profundos que atingem o Embasamento Cristalino, suas composições se diferenciam entre si e em relação às demais águas consideradas. O poço 9, representado pela amostra 13, coleta água bicarbonatada sódica, sem sulfato, o que a diferencia das águas mais próximas da superfície. Estas são menos cálcicas, além de possuírem maiores teores em sulfato ou cloreto, face a contaminações com águas estuarinas e maior influência dos níveis orgânicos.

As análises bacteriológicas das cavas apresentam resultados que podem parecer surpreendentes, em se tratando de corpos de água superficiais e em muitos casos vizinhos de atividades antrópicas poluentes. Na Cava Grande, a amostra coletada o foi a poucos centímetros de uma das margens, o que explica vestígios de coliformes. Por outro lado, no vertedouro de uma cava vizinha a água *in natura* se apresentou como potável.

A cava próxima à unidade da Sadia e do lixão apresentou alta contaminação por coliformes, o que seria de se esperar face à presença inclusive de detritos em suas margens. Também águas de um alagado, provavelmente formado durante a construção do oleoduto, apresentam contaminação considerável.

De três poços tubulares amostrados, um estava isento de contaminação e dois apresentaram valores superiores aos limites de potabilidade com respeito a coliformes totais e inferiores quanto a coliformes fecais.

Em termos de potabilidade, o baixo pH é um fator restritivo que, embora de fácil tratamento, pode facilitar a solubilização de alumínio, o que deve ser considerado.

4.1.5.4. Características Químicas das Águas Continentais da Região Litorânea do Paraná

O quimismo das águas continentais da região é estabelecido pelo intemperismo das rochas do Embasamento Cristalino, que contribui com a maior parte do cálcio, magnésio, sódio e potássio em uma proporção semelhante àquela encontrada nas águas de rios da região em pontos antes de atingirem os sedimentos arenosos quaternários da planície litorânea. É o caso do rio Tagaçaba, em Sítio Tagaçaba, rio Marumbi, em Marumbi, e, de certo modo o rio do Pinto, no Anhaia. As águas desses rios drena litologia muito semelhante àquela das cabeceiras dos rios Guaraguaçu, Ribeirão e outros. Tais elementos têm seus teores grandemente controlados por reações de trocas de base com o complexo adsorvente mineral dos solos e aquíferos e

também com adsorventes orgânicos no caso de formações superficiais e subsuperficiais com muito material turfoso.

O sódio e o magnésio, nas águas da planície litorânea, tomam valores mais elevados tendendo à composição da água do mar, nas proximidades deste, tanto por intrusões de águas salinas nos aquíferos, quanto nos próprios rios ou por aporte de sais cíclicos veiculados eolicamente. É o mesmo caso do cloro e do sulfato em menor proporção. É importante notar que mesmo em regiões afastadas dos oceanos se pode creditar parte do cloro a aportes como NaCl movimentado sob a forma de aerossol oceânico, uma vez que o teor de cloro em rochas magmáticas, metamórficas e a maioria das sedimentares geralmente é muito baixo.

A sílica tem origem principalmente no equilíbrio das soluções com aluminossilicatos hidratados e sua origem é, sobretudo, continental, uma vez que nos oceanos seu teor é muito baixo por ação de mecanismos reguladores orgânicos e também inorgânicos.

O nitrato, presente em pequena proporção no rio Guaraguaçu, tem sua origem no ciclo natural do nitrogênio envolvendo a ação bacteriana dos solos, sem se descartar contribuições de esgotos urbanos e contaminação por fertilizantes. Formações turfosas podem contribuir com teores importantes de nitratos. No caso de captações subterrâneas e em rios de áreas urbanizadas, sua origem pode estar relacionada a efluentes orgânicos. Poluições de atividades agrícolas por fertilizantes e atividades pecuárias por efluentes contendo dejetos animais são importantes fontes de contaminação de corpos de água.

A todas as origens naturais ou de efluentes urbanos há que se acrescentar contribuições de atividades industriais e paraindustriais, como é o caso de lixiviados oriundos diretamente de acidentes ou do trabalhamento de materiais afetados por acidentes. Neste último caso se enquadra o desmonte de destroços do navio Vicunha, acidentado em Paranaguá e que foram armazenados temporariamente em parte do terreno do terminal em estudo.

4.1.5.5. Caracterização Hidrogeológica da AID e ADA

A área de estudo compreende uma parte insular (Ilha do Guaraguaçu) e uma parte continental, cujos limites são formados pela divisa do terreno na parte continental e pelos contatos com os corpos hídricos nas margens da ilha (rios Guaraguaçu e Maciel e canal da Cotinha), que são de dois tipos principais: planícies de maré com manguezais e barrancos arenosos abruptos, permanentemente emersos, que podem alcançar até 5 metros de altura ao longo das margens dos referidos rios (**Figura 4.88**).



Figura 4.88 – Aspecto de mangue nas margens dos corpos hídricos que circundam a Ilha do Guaraguaçu



Figura 4.89 – Barrancos arenosos nas margens dos corpos hídricos que circundam a Ilha do Guaraguaçu

A parte insular do empreendimento apresenta sinais de ocupação antrópica, com algumas vias de acesso e edificações demolidas, enquanto que a ilha apresenta, ainda, as condições naturais mais preservadas.

Os sedimentos cenozóicos que cobrem a área de estudo apresentam textura arenosa homogênea, granulometria muito fina a fina e alto grau de seleção. Segundo Angulo (1992; 2004) podem ocorrer camadas de areias argilosas e siltosas e siltes argiloarenoso, correspondentes a antigos estuários, lagunas e manguezais, com teores de silte e argila variando de 0% a 70%. Essa cobertura sedimentar encontra-se assentada sobre rochas de idade Proterozóica inferior à Arqueana, que constituem o complexo costeiro, sendo, predominantemente, gnaisses e migmatitos.

A superfície do terreno é caracterizada por uma sequência de cordões litorâneos e depressões rasas, em geral alagadas e com grande acúmulo de matéria orgânica. As declividades do terreno ficam em torno de 5%.

Os perfis litológicos das 17 sondagens geotécnicas já apresentadas no capítulo sobre geologia e geomorfologia, cujas profundidades variaram de 13,5 a 41,15 metros, mostram uma cobertura contínua de matéria orgânica, constituída por restos vegetais

em decomposição, com espessura variando de 0,2 a 1,3 metro. Abaixo dessa cobertura, ocorre uma intercalação de camadas de areia fina siltosa e areia fina argilosa. Cerca de 50% das sondagens apresentam de uma a duas camadas de argila arenosa com espessuras entre 1 e 16,5 metros (espessura média: 5,6 metros). Localmente, ocorre a intercalação de uma camada de matéria orgânica com 3,6 metros de espessura, que deve ser resultante de aterramento de antigos mangues devido ao avanço natural dos cordões litorâneos. Observa-se nos barrancos arenosos das margens do rio Guaraguaçu uma camada contínua, de espessura variável e de coloração amarronzada, resultante da precipitação de óxidos e hidróxidos de ferro (**Figura 4.90**).



Figura 4.90 – Aspecto da camada cimentada pela precipitação de óxidos e hidróxidos de ferro

O sistema aquífero local é o do tipo livre, constituído por sedimentos quartzosos com granulometria muito fina a fina, com intercalações descontínuas de argila arenosa. Dada a distribuição vertical dos tipos litológicos, o aquífero é caracterizado como heterogêneo e anisotrópico no que diz respeito às propriedades hidrogeológicas e acha-se limitado por fronteiras móveis, definidas pela superfície potenciométrica e pela interface água doce-água salgada nos contatos entre as partes emersas e os corpos hídricos e, por uma fronteira fixa e impermeável na base, representada pelas rochas metamórficas do complexo costeiro. O limite situado na extremidade SE coincide com a divisa da área de implantação do empreendimento e não interfere na continuidade do fluxo subterrâneo.

Os valores de condutividade hidráulica obtidos nos ensaios de percolação realizados na camada superficial do aquífero variaram entre $1,1 \times 10^{-5}$ a $1,4 \times 10^{-4}$ cm/s, o que evidencia a heterogeneidade das propriedades hidráulicas do aquífero em questão.

Na área de interesse, a recarga natural do aquífero se dá de forma difusa, por infiltração direta de água de chuvas. A descarga natural ocorre por evapotranspiração e por fluxo subterrâneo em direção às margens dos pequenos cursos de água no interior da área e em direção às margens dos corpos hídricos que limitam as porções insular e continental da área do empreendimento. Não há descarga artificial por bombeamento de poços, já que estes não existem na área, o que seria previsível, visto que não há

ocupação antrópica da área em questão. A taxa de percolação da água através das camadas superficiais é lenta, devido às características de permoporosidade do material superficial e da camada cimentada por óxidos e hidróxidos de ferro, verificando-se na área extensos trechos alagados após períodos de chuva.

4.1.5.5.1. Delineamento da Superfície Potenciométrica do Aquífero Freático

Os dados para o traçado da superfície potenciométrica do aquífero freático foram obtidos por medidas do nível da água nas sondagens geotécnicas feitas para implantação das obras de engenharia do empreendimento. Essas sondagens foram feitas por percussão e jato de água e revestidas com tubos de PVC rígido, ranhurados e telados para permitir a entrada de água. Os tubos de revestimentos ficaram, em média, 0,40 metro salientes da superfície do terreno. Os aspectos desses pontos de coleta de dados podem ser vistos na **Figura 4.91** e na **Figura 4.92**.



Figura 4.91 – Vista da sondagem P05 tendo ao lado o medidor de nível da água subterrânea

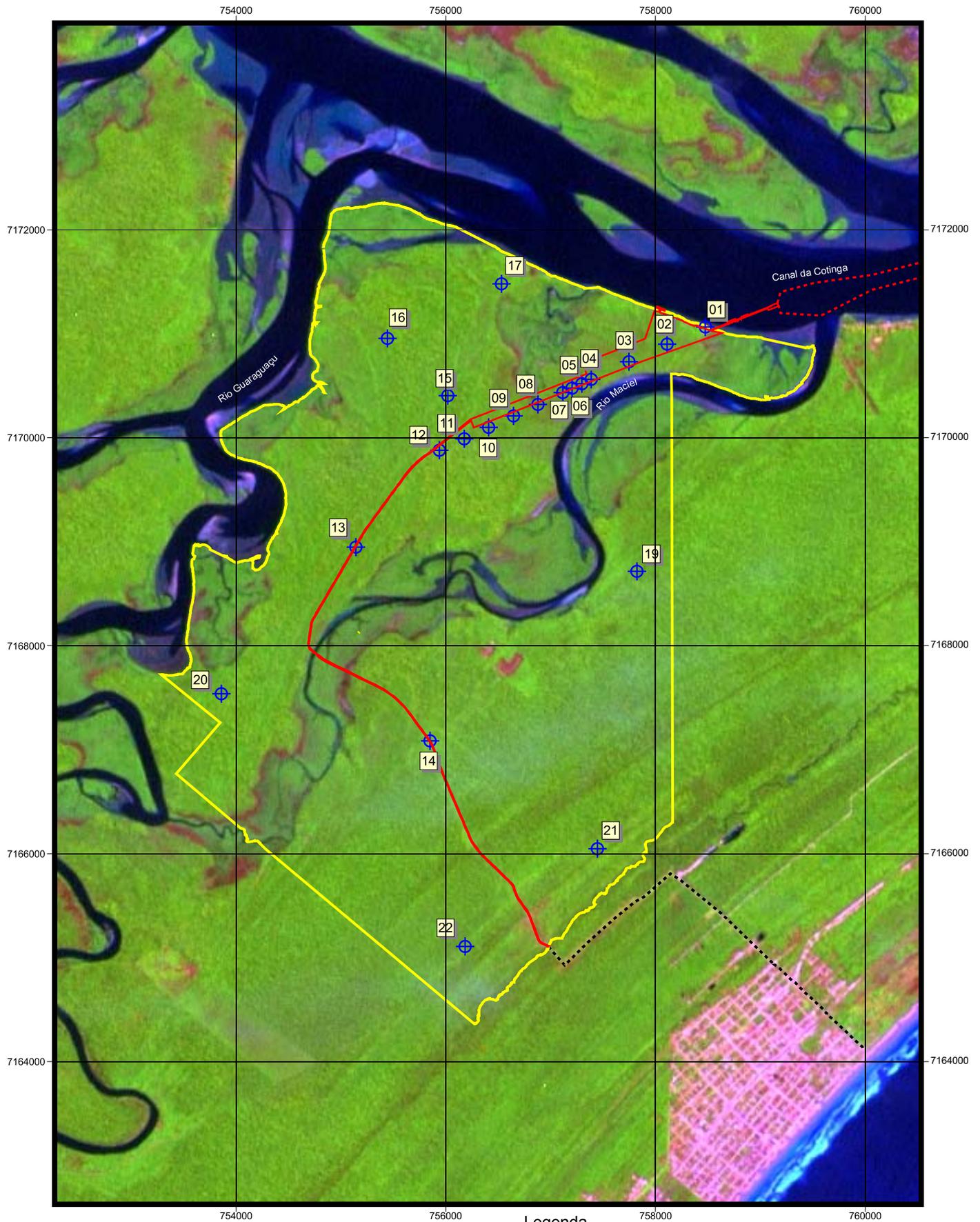


Figura 4.92 – Tubos de revestimento sobressaindo-se do terreno no local da sondagem P14. O tubo de maior diâmetro corresponde ao poço usado para coleta de amostras de água do aquífero freático

As sondagens estão distribuídas em malha irregular, sendo 17 na parte insular e quatro na parte continental da área de interesse, conforme apresentado na **Figura 4.93** e na **Tabela 4.27**. As profundidades dos níveis da água variaram de 0,1 a 2,52 metros, medidas com medidor de nível com sensor elétrico e cabo graduado (em centímetros), tomando-se como referência o nível do solo junto ao tubo de revestimento do poço.

Tabela 4.27 – Coordenadas UTM das sondagens geotécnicas e as respectivas cotas e profundidades do nível da água usadas no delineamento da superfície potenciométrica do aquífero livre.

Sondagem	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Profundidade do nível da água (m)	Altitude do terreno (m)	Altitude do nível da água (m)
P01	758471	7171064	0,60	0,76	0,16
P02	758108	7170898	2,13	3,64	1,51
P03	757745	7170729	2,09	4,10	2,01
P04	757384	7170557	2,52	4,57	2,05
P05	757294	7170514	1,20	4,68	3,48
P06	757203	7170472	2,35	3,11	0,76
P07	757112	7170430	1,53	3,25	1,72
P08	756878	7170318	0,18	1,73	1,55
P09	756642	7170208	0,10	1,87	1,77
P10	756407	7170096	0,11	2,32	2,11
P11	756171	7169988	0,10	2,81	2,71
P12	755936	7169876	0,12	3,77	3,65
P13	755138	7168946	0,64	5,31	4,67
P14	755848	7167081	0,50	5,27	4,77
P15	756017	7170403	1,40	3,53	4,13
P16	755438	7170953	1,18	4,88	3,70
P17	756529	7171476	1,2	4,37	3,17
P19	757819	7168711	0,64	4,95	4,31
P20	753853	7167532	1,20	4,89	3,69
P21	757444	7166042	1,0	4,55	3,55
P22	756182	7165101	0,38	5,04	4,66



Andréia

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da propriedade
- Implantação do empreendimento
- - - Área de manobra de embarcações
- - - Vias não pavimentadas
- ⊕ Localização dos pontos de Piezometria
- n Identificação dos pontos de Piezometria

900 0 900 m

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



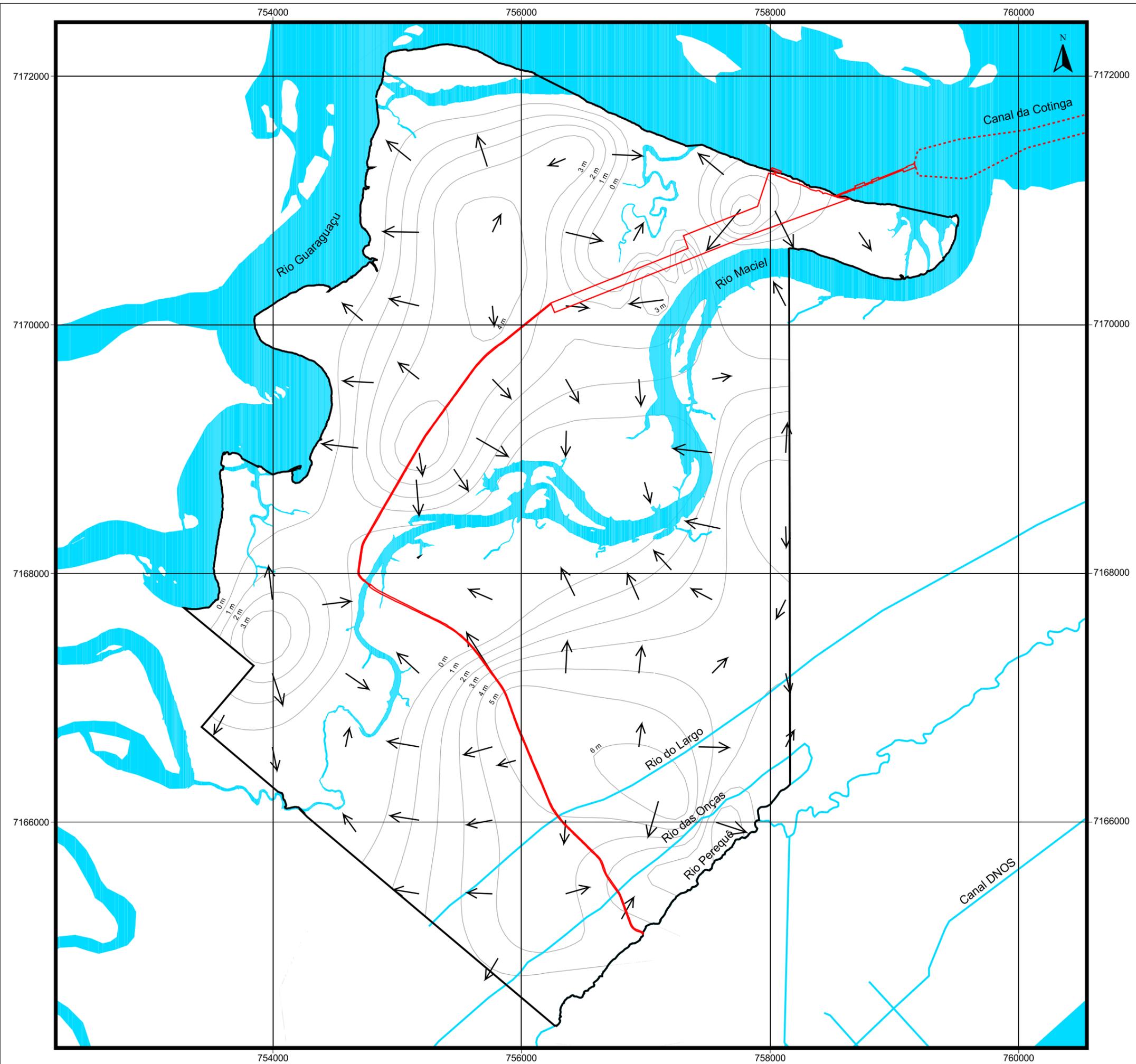
Figura 4.93 - Mapa de localização dos pontos de medição do nível da água subterrânea

Em aquíferos livres com porosidade intergranular situados próximos à linha de costa, os níveis da água subterrânea estão sujeitos a oscilações diárias por influência das marés oceânicas. A amplitude dessas oscilações depende, entre outros fatores, da conexão hidráulica entre o aquífero e o mar e da distância entre o ponto de observação e a linha da costa. Para minimizar os efeitos da maré na potenciometria, as medidas do nível da água nos poços foram tomadas em um mesmo dia.

A superfície potenciométrica mostrada na **Figura 4.94** foi gerada a partir das altitudes dos níveis da água medidos nas sondagens. Observa-se nesse mapa que existem dois divisores de águas subterrâneas, um na ilha do Guaraguaçu, que direciona o fluxo subterrâneo para a margem direita do rio Guaraguaçu e para a margem esquerda do rio Maciel, e outro na parte continental do empreendimento, que direciona o fluxo subterrâneo para a margem direita do rio Maciel. Nota-se, também, que no lado continental o fluxo subterrâneo se desloca no sentido das linhas de drenagem superficial que existem no limite SE do terreno.

No extremo NE as linhas de fluxo subterrâneo vão em direção ao canal da Cotinga.

Apesar da baixa densidade e da distribuição espacial irregular dos pontos usados para se obter os dados para traçar a superfície potenciométrica do aquífero freático, as direções e sentidos de fluxo subterrâneo resultantes são coerentes e consistentes. No entanto, é recomendável que, caso venha a ser implantada uma rede de monitoramento do aquífero freático, em áreas determinadas do empreendimento, se faça-se um levantamento detalhado no local de interesse.



Legenda

- Limite da propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- - - Área de Manobra de Embarcações
- Isolinhas Potenciométricas
- Fluxo Subsuperficial



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.94: **Mapa Potenciométrico da Área AID e ADA**

Escala: **1: 30.000**

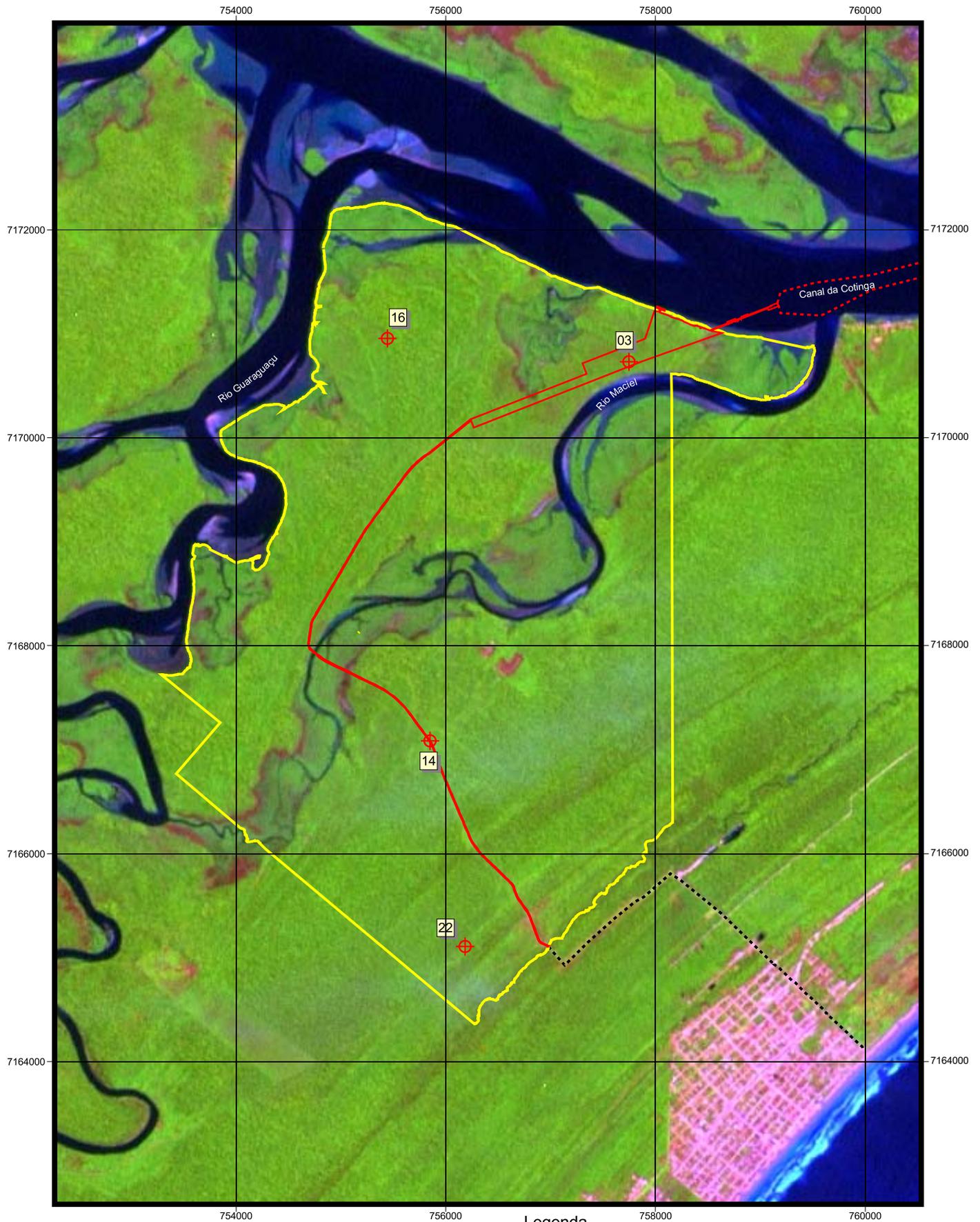
Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: *Andréia*
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

4.1.5.6. Qualidade de Água do Aquífero Freático na AID e ADA

A qualidade química da água do aquífero freático na área foi determinada pela análise físico-química de amostras de água coletadas em quatro poços situados, dois na parte insular e dois na parte continental do empreendimento, conforme mostra a **Figura 4.95**.



Andréia

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da propriedade
- Implantação do empreendimento
- - - Área de manobra de embarcações
- - - Vias não pavimentadas
- ⊕ Localização dos pontos de coleta de água subterrânea
- n Identificação dos pontos de coleta de água subterrânea

900 0 900 m

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



Figura 4.95 - Pontos de coleta de água para Análise Físico-Química

As coletas de amostras foram feitas após o esgotamento de toda a água acumulada nos poços, utilizando-se amostradores descartáveis (**Figura 4.96**).



Figura 4.96 – Detalhe da coleta de amostras no ponto P03

A análise físico-química das amostras de água foi realizada no LPH - Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (UFPR), aplicando-se os métodos analíticos estabelecidos pelo Standard Methods (1995), para a determinação da concentração dos principais cátions e ânions. Os resultados da análise laboratorial das amostras de água, quanto a seus macroconstituintes iônicos, constam da **Tabela 4.28**.

Tabela 4.28 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água coletadas na Ilha do Guaraguaçu.

Poço Parâmetro	P03	P14	P16	P22
pH	4,90	4,33	4,26	4,80
Condutividade elétrica	127,2	102,3	66,5	53,3
Alcalinidade à fenolftaleína	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloreto	24,15	7,83	11,81	7,92
Sulfato	1,33	2,01	0,29	0,43
Cálcio	7,88	3,00	3,15	3,93
Magnésio	2,02	1,93	1,07	1,44
Sódio	10,25	8,20	5,13	5,41
Potássio	1,52	2,67	0,71	0,80
Ferro Total	0,25	0,32	0,12	0,53
Manganês	0,07	0,08	<0,01	0,05

Os parâmetros analisados com valores em desacordo com os padrões estabelecidos na Portaria MS n° 518 (BRASIL, 2004) são: o pH, que aparece, em todas as amostras, abaixo do valor mínimo (6,5), e as concentrações de Fe total nas amostras dos poços P14 e P22, que estão acima do limite permitido (0,3 mg/L).

Quanto aos aspectos organolépticos, as amostras coletadas não se enquadram nos padrões de potabilidade para os parâmetros cor, odor e sabor (**Figura 4.97**).



Figura 4.97 – Aspecto cor da água coletada no ponto de amostragem P22

Para fins de caracterização da água, foi elaborado um diagrama trilinear de Piper, no qual foram plotados os dados das quatro amostras de água coletadas na área. Esse diagrama (**Figura 4.98**) relaciona as composições percentuais das concentrações (expressas em meq/L) dos principais constituintes iônicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- e SO_4^{2-}), possibilitando a classificação geoquímica da água de acordo com os cátions e ânions predominantes. No diagrama em questão, observa-se que os dados das amostras analisadas se concentram, na extremidade do campo correspondente ao $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ e, pelo lado dos ânions, na extremidade do campo correspondente ao Cl^- , indicando tratar-se de águas cloretadas-sódicas.

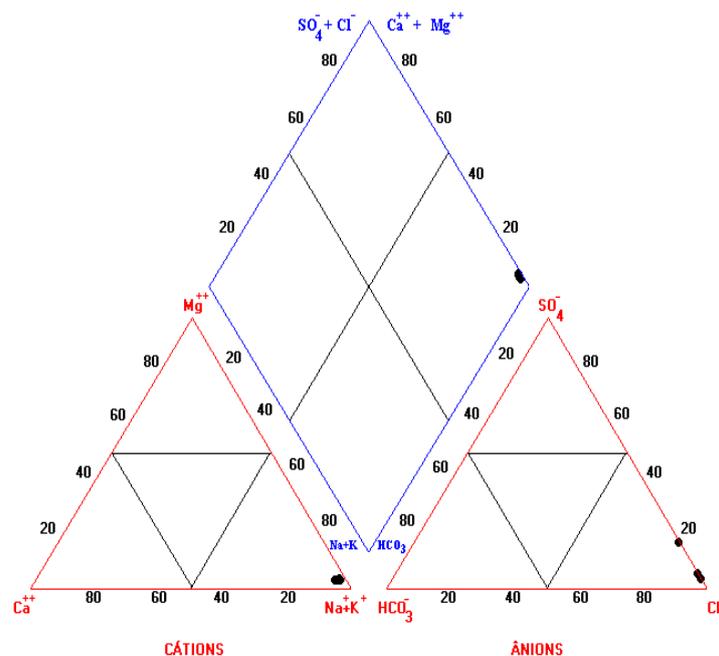


Figura 4.98 – Classificação geoquímica das amostras de água coletadas na Ilha do Guaraguaçu, por meio do diagrama de Piper

Pelo exposto, nota-se que a mineralização da água é controlada pelas espécies iônicas Na^+ e Cl^- . A predominância iônica das amostras analisadas é, no campo dos ânions $r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{2-} > [\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}]$ e dos cátions, $[r\text{Na}^+ + r\text{K}^+] > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2}$, o que é comum em áreas costeiras devido à influência da qualidade da água de recarga, em geral salinizada por aerossóis marinhos. O caráter ácido (pH variando de 4,26 a 4,90) se deve à camada de matéria orgânica em decomposição que cobre o aquífero em toda a sua extensão.

Ao menos no que diz respeito à sua porção mais rasa, água coletada no aquífero freático da área onde será instalado o empreendimento não é apropriada para consumo humano, devido ao seu caráter ácido e, principalmente, pelos aspectos organolépticos.

4.1.6. Pedologia

A avaliação das características dos solos em áreas residenciais, comerciais ou industriais, bem como sua distribuição na paisagem, fornece subsídios e diretrizes importantes para o planejamento e operacionalização das obras e implantação da infraestrutura necessária (instalações, pavimentação, redes de água e esgoto, galerias para águas pluviais, redes elétrica e de telefonia) permitindo compatibilizar o empreendimento com a aptidão dos recursos naturais do local selecionado para sua implantação. Pode ainda contribuir para ações futuras visando à revegetação da área e controle mais efetivo de processos erosivos, bastante comuns nesses empreendimentos.

As obras de regularização do terreno para implantação de infraestrutura normalmente exigem cortes, aterros e compactação, operações que expõem camadas de solo de baixa fertilidade, com estruturação incipiente e fraca, causam compactação acentuada e podem ocasionar afloramento de lençóis hídricos superficiais, etc. Como consequências, podem desencadear processos erosivos acentuados, que devem ser contidos e/ou minimizados através de práticas conservacionistas (terraceamento, bacias de infiltração, etc) e de recuperação específicas (melhoria da estrutura e infiltração do solo). Assim, o sucesso esperado em empreendimentos que envolvem movimentação intensa do solo está associado à habilidade de compatibilizar os projetos às condições naturais que o solo oferece.

A intensidade e o nível de restrição oferecidos por esses processos são bastante variáveis em função das características dos solos, o uso que será aplicado e distribuição na paisagem, podendo favorecer em maior ou menor grau, ou mesmo impedir, empreendimentos dessa natureza. Assim, profundidade, estrutura, textura e drenagem interna dos solos constituem subsídios importantes para o planejamento das práticas de conservação e recuperação dos solos após operações de corte e aterro. O relevo, associado à textura e à facilidade de compactação, determina o potencial erosivo e as possibilidades de controle.

4.1.6.1. Aspectos Metodológicos

O diagnóstico pedológico foi realizado a partir da interpretação de fotografias aéreas e cartas topográficas e planialtimétricas na escala 1:25.000, além de levantamentos e amostragem em campo.

Utilizou-se, como material de apoio, estereoscópios de bolso, GPS, trenas, trado tipo holandês (1,40 m), pá, entre outras ferramentas. Como apoio bibliográfico foi utilizado o Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 1999) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (RAMALHO, 1999).

O levantamento foi realizado de acordo com os procedimentos a seguir:

- Leituras preliminares de imagens de satélite, fotos e cartas, procurando identificar e individualizar os padrões de paisagem expressos, e demarcar os roteiros a serem percorridos, com a finalidade de identificar tipos de solo e sua distribuição na paisagem;
- Viagem a campo para reconhecimento da área e confecção da legenda preliminar das diversas unidades de solos;
- Levantamento de campo para mapeamento, coleta de amostras e descrição de perfis;
- Envio das amostras para laboratório para as determinações físico-químicas;
- Mapeamento propriamente dito, buscando delimitar as unidades identificadas;
- Com base nos dados de campo e laboratório, confecção da legenda definitiva;
- Transferência dos limites das unidades cartográficas traçadas para o mapa básico;
- Interpretação e determinação da aptidão dos solos e limitações de uso;
- Redação do relatório final;
- Interpretação e determinação da aptidão agrícola e restrições ambientais quanto ao fator analisado.

O mapeamento levou em conta o conjunto de características potencialmente importantes para a utilização do solo. Dentre essas, a vegetação, o relevo e a presença de água nos perfis foram usados para subdividir as unidades e, de forma geral, tomadas como indicadoras das condições hídricas, da susceptibilidade à erosão e das possibilidades de mecanização. A saturação por bases, a saturação com alumínio trocável, o tipo de horizonte A e a textura também foram elementos utilizados na separação das unidades. Nem sempre foi possível a separação dos solos individualizados neste nível. Assim, algumas áreas foram mapeadas em conjunto por não possuírem extensão geográfica, ou então suas ocorrências intrincadas não possibilitaram a delimitação individualizada na escala de publicação.

Para o estabelecimento das classes de solos e para a subdivisão destas em classes mais homogêneas, levaram-se em consideração os critérios relacionados a seguir:

4.1.6.1.1. Critérios Utilizados para a Identificação dos Tipos e Graus de Limitações das Respectivas Unidades de Mapeamento

Em projetos dessa natureza, existem alguns grupos de critérios importantes (propriedades físicas do solo e características da paisagem) a se considerar no momento de sua implantação. Tais critérios não só definem as aptidões e limitações da gleba, como também o tipo e a intensidade das práticas conservacionistas, visando a

minimizar os impactos negativos causados em decorrência da instalação e operação da atividade. Os critérios são os seguintes:

Profundidade: refere-se à espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais (Solum – Horizonte A + B), é medida do início do horizonte superficial até o contato lítico, ou até encontrar material saprolítico ou ainda o lençol freático.

Caracteriza solos desenvolvidos (intemperizados). Solos com baixa CTC tendem a ser mais espessos em compensação à baixa capacidade de retenção (filtro).

É utilizada para orientar as obras de terraplenagem (sistema viário, aterros, decapamento, uniformização da topografia, práticas conservacionistas e instalação da infraestrutura e edificações).

Textura: refere-se à distribuição dos três principais separados do solo, ou seja, as proporções de argila, silte e areia existentes na fração mineral.

Tem influência na estrutura, consistência, drenagem interna (velocidade de infiltração e acúmulo de água), capacidade de retenção de água, porosidade (macro e microporos), erodibilidade (susceptibilidade à erosão) e compactação dos solos.

É empregada para orientar obras conservacionistas, capacidade de suporte e drenagem no local das futuras edificações (barracões e demais estruturas do gênero) e infraestrutura. A textura também está ligada à resistência do solo a compressão (recalques) e deslizamento de taludes (quando o solo atinge o limite de liquidez).

Grau de degradação: caracteriza a presença de locais que apresentam algum tipo de alteração decorrente de ações antrópicas (terraplenagens em geral, agricultura, pecuária intensiva, processos erosivos). Acarreta limitações referentes às propriedades físicas do solo, a baixa fertilidade e a alterações na paisagem. Na gleba é evidenciado um maior grau de degradação nas áreas aterradas para o sistema viário, caracterizando os Antropossolos. As características pedológicas encontradas na gleba atribuem a ela um baixo grau de resiliência (capacidade de autorecuperação do ambiente), tornando-a muito suscetíveis a impactos ambientais negativos.

Drenagem: refere-se à quantidade e rapidez com que a água recebida pelo solo se escoar por infiltração e escoamento, afetando as condições hídricas do solo – duração do período em que permanece úmido, molhado ou encharcado. É influenciada pela declividade, textura e profundidade do lençol freático. Em alguns casos pode ser necessária instalação de obras conservacionistas e sistemas de drenagem para retirar o excesso de água do perfil.

Declividade: refere-se à inclinação do terreno, tem influência direta sobre a susceptibilidade à erosão e velocidade do escoamento superficial (indicando o tipo e a intensidade das obras conservacionistas), e a instalação da infraestrutura e edificações em geral. Utilizou-se neste trabalho a classificação da Embrapa (1999): relevo plano (até 3%), relevo suave ondulado (3 a 8%); em função da baixa declividade da área, as demais classes não foram consideradas. Declives acentuados oferecem riscos à infraestrutura e edificações (deslizamentos), além de sua alta susceptibilidade à erosão,

recomendando-se, portanto, destiná-las a áreas de preservação. Da mesma forma, em locais com declividade muito baixa, com camadas impermeáveis, pode haver acúmulo de água em superfície.

Hidromorfia: refere-se à superficialidade do lençol freático. Quanto mais próximo à superfície, maior será a limitação.

Solos saturados possuem carga nula, tornando a capacidade de retenção (filtro) do solo baixa ou quase nula.

Tais tipos de solos, se drenados, sofrem rebaixamento ocasionado pela redução de volume por perda de água e posteriormente pela oxidação (mineralização) da matéria orgânica. O processo é denominado de subsidência.

Interfere na instalação da infraestrutura e edificações, podendo, na maioria dos casos, restringir o seu uso, pois reduz a capacidade de suporte do solo e confere significativo efeito deletério às edificações.

Erosão: presença de sulcos de erosão e voçorocas caracterizam uma grande perda de solo, podendo chegar a 15 ton/ha/ano, dependendo das condições do clima, da cobertura do solo, das características do solo e do uso de obras conservacionistas.

Interferem na instalação da infraestrutura e edificações, além de causar alteração da paisagem. Requerem a imediata implantação de obras conservacionistas, com a finalidade de estabilizar o quadro, e a posterior recuperação do terreno, exigindo muitas vezes grandes movimentações de terra.

CTC - Capacidade de Troca de Cátions: trata da carga do solo. Essa carga tem papel importante na retenção de substâncias com valência negativa, daí sua importância como filtro. Dentre as substâncias retidas, podemos citar: fosfatos, nitratos, sulfatos, entre outros, presentes no esgoto doméstico, naturalmente no solo, ou através de adubações e causadoras da eutrofização dos corpos hídricos.

A matéria orgânica possui uma alta carga. No entanto, a maior parte dos solos ricos em matéria orgânica, em função de sua disposição na paisagem – planícies - encontram-se saturados (excesso de água), o que tende a anular a carga dos mesmos.

Solos de textura arenosa têm baixa carga (CTC), uma vez que a areia tem carga muito baixa ou até nula.

4.1.6.1.2. Métodos de Análises de Solo

A descrição dos métodos utilizados em análise para caracterização dos solos está contida no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1999).

4.1.6.2. Características Gerais da Área

A área prevista para implantação do empreendimento localiza-se no litoral do Paraná, porção noroeste do Município de Pontal do Paraná, na bacia do Rio Guaraguaçu. A área de estudo apresenta uma extensão de 2.600 hectares (**Figura 4.99** e **Figura 4.100**).



Figura 4.99 – Vista geral da área



Figura 4.100 – Vista geral da área

4.1.6.2.1. Área de Estudo

A área de estudo no noroeste do município de Pontal do Paraná é formada por uma ilha delimitada pelos rios Guaraguaçu, Maciel e pela baía de Paranaguá, mais uma porção localizada no continente, localizada na margem direita do rio Maciel. É formada por terraços arenosos entre 0,0 e 10 metros de altitude.

A área diretamente afetada (ADA) localiza-se na porção norte da Ilha do Guaraguaçu, e na estrada de acesso, e tem uma extensão de aproximadamente 50 hectares.

O relevo predominante é o plano. A morfologia da gleba caracteriza-se por um relevo simétrico e relativamente simples que se reflete sobre as características e distribuição homogênea de solos sobre as unidades da paisagem (compartimentos ambientais).

A gleba apresenta três compartimentos ambientais distintos, com diferentes comportamentos. O primeiro compartimento é o formado pelas planícies de restinga, nas suas porções mais elevadas. Sua formação, ocorrida basicamente durante o período Quaternário, se deve a processos de deposição de sedimentos marinhos, principalmente areia quartzosa. Essa deposição ocorreu sequencialmente ao longo do tempo, de modo que as porções mais interioranas das ilhas compreendem ambientes mais antigos do que aqueles localizados próximos à orla marinha. A planície de restinga apresenta, portanto, uma sequência cronológica do substrato com o aumento da distância para o mar. Além disso, é necessário diferenciar entre os sedimentos pleistocênicos (mais antigos), geralmente encontrados nas porções mais afastados do mar, e os holocênicos (mais jovens), que compõem toda a faixa frontal das planícies de restinga, junto à orla marinha. A variação do nível do mar em escala geológica (transgressões e regressões marinhas) também influenciou a formação destes ambientes.

Entre os solos das planícies de restinga predominam espodossolos de textura arenosa (EMBRAPA, 1977) com variações em função da disponibilidade de água e da altura do lençol freático, por sua vez dependentes do microrelevo. Este é determinado principalmente pela existência de dunas paralelas à costa, denominados cordões litorâneos.

A planície de restinga é caracterizada por diferentes tipos de microambientes, como os topos dos cordões (áreas mais secas – compartimento 1) e os intercordões (terrenos úmidos ou inundados- compartimento 2).

O segundo compartimento é caracterizado pela área intercordões, ou seja, as áreas da planície de restinga menos elevadas. Elas apresentam como características a ocorrência mais acentuada de solos com lençol freático mais elevado e hidromórficos, e que, em determinadas épocas do ano, apresentam-se inundados.

O terceiro compartimento é observado nas margens interioranas da baía, onde a água doce dos rios se mistura com a água salgada do mar, em locais sujeitos ao fluxo e refluxo das marés. A ação erosiva das águas é baixa, permitindo o aporte de sedimento lodoso, dando origem a ecossistemas altamente especializados, os manguezais.

Dentro desse contexto, a gleba que se desenvolve sobre as planícies litorâneas caracteriza-se pelo relevo plano e declividades predominantemente inferiores a 3%. A rede de drenagem natural é pequena, sendo ainda bastante preservada. Sobre estes terrenos desenvolvem-se unidades de solos em geral moderadamente profundos (Espodossolos) e pouco evoluídos (Neossolos), como também os sujeitos a inundações (Gleissolos). A porção do terreno localizada dentro da ilha caracteriza-se por declividades que variam da faixa de 1% a 3% nas áreas mais planas, a superior a 8% sobre as mais acentuadas. A rede hidrográfica é pouco densa, caracterizando uma

simetria hidrográfica da gleba. Os canais são de grande extensão. Esse compartimento concentra solos medianamente profundos (Espodosolos) e solos pouco desenvolvidos e com lençol freático raso nas porções mais próximas ao Rio Guaraguaçu (Gleissolos e Neossolos Quartzarenicos hidromórficos). Nas áreas de influência fluviomarinha ocorrem solos de mangue, estando concentrados nas margens dos rios Guaraguaçu e Maciel, bem como nas margens da baía de Paranaguá.

4.1.6.3. Características Gerais dos Solos

Com a planície litorânea estão relacionados os seguintes solos: associação Espodosolo com A hístico+ Espodosolo com A moderado, Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados e Solos Indiscriminados de Mangue.

A gênese dos solos que ocorre nas planícies de maneira distinta, devido ao material de origem, idade e relevo diferenciados dessas unidades fisiográficas. Com base na documentação disponível e em observações de campo, é possível apresentar uma legenda das classes de solo existentes na área, distinguindo-se as áreas de planícies (topos de cordões e intercordões) e as áreas de mangue.

Os solos superficiais de planície caracterizam-se como predominantemente arenosos (mais de 50% de areia), sendo alguns pouco desenvolvidos (Neossolos Quartzarênicos) e outros bastante profundos e pouco permeáveis (Espodosolos). Devido à baixa altitude e à proximidade com os rios Guaraguaçu e Maciel, é alta a incidência de solos com características hidromórficas.

Apresenta profundidade média em torno de 1,5 metro (entre 1,0 a 2,5 metros), de baixa a média plasticidade e alta porosidade. Nas camadas superficiais apresentam alta permeabilidade. A resistência à penetração apresenta-se, em geral, baixa. A permeabilidade a maiores profundidades é baixa, devido ao horizonte espódico.

A camada superficial (horizonte A) apresenta-se descaracterizada em algumas partes do terreno em função do uso e retirada da vegetação nativa. Em geral compreende uma camada entre 0,15 e 0,40 centímetros, com baixo teor de matéria orgânica e estrutura mediana.

Segundo a Embrapa (1984), as áreas de planície são dominadas por uma associação de Espodosolos (Podzol) fase floresta hidrófila de restinga + Espodosolos (Podzol) fase floresta de restinga, ambos A hístico (turfoso) ou fraco, textura arenosa relevo plano. Sob o ponto de vista pedológico, pode-se considerar que toda a área da planície é constituída por um sistema Espódico (Podzol), com variações a curtas distâncias em diversas características definidoras dessa classe de solo, incluindo Parapodzol e Neossolos Quartzarenicos (Areia Quartzosa Marinha). Pode-se observar a sua distribuição nos antigos cordões praias que deram origem à planície, os quais nem sempre guardam suas feições originais, podendo estar retrabalhados. Segundo a Embrapa (1995), os Espodosolos apresentam usualmente sequência de horizontes A, E, Bh e/ou Bir e C, com nítida diferenciação entre si. A cor do horizonte A varia de cinzenta até preta; a do E, desde cinzenta ou acinzentado clara até praticamente branca; a do Bh, desde cinzenta até preta, enquanto que no Bir as cores

são avermelhadas até amareladas. A profundidade do solo é variável, sendo comuns os casos em que o topo do horizonte B está a mais de 120 centímetros de profundidade. A textura é predominantemente arenosa.

Quimicamente, podem ser álicos, distróficos ou endoálicos epidistróficos, com significativa presença de alumínio no perfil. De um modo geral, na parte alta do cordão, ocorre o Podzol e na parte baixa o Podzol Hidromórfico, principalmente pela influência do lençol freático. Há uma correlação forte entre o porte e expressão das formações vegetais com a altura do cordão, profundidade do lençol e presença e profundidade do horizonte Bh e/ou Bir. A deposição de serapilheira, principal fonte de matéria orgânica para o solo, é a responsável pela manutenção da floresta, através da reciclagem dos nutrientes nela contidos.

As principais classes de solos de ocorrência na área de estudo são os **Espodossolos, Espodossolos associados a Neossolos e Gleissolos.**

4.1.6.3.1. Espodossolos

Compreende solos minerais, com B podzol ou “spodic horizon” (Estados Unidos, 1975), usualmente com sequência A, E, Bh e C bem diferenciada. São de argila de atividade baixa, em geral com teores médios de matéria orgânica nos horizontes superficiais, e originados de sedimentos arenosos marinhos referidos ao Holoceno.

Esses solos são mal ou muito mal drenados, mas a permeabilidade é rápida no horizonte A e poderá ser até impedida no B, dependendo do grau de cimentação (Bh ou Bs), neste caso causando o encharcamento do solo durante as épocas de alta pluviosidade. São profundos, com a espessura do solum (A+B) normalmente superior a 150 centímetros. O horizonte A, de cores acinzentadas escuras, é seguido de um horizonte E de coloração mais clara (bruno-acinzentado), de textura mais arenosa e de espessura bastante variável. A textura é sempre arenosa ao longo do perfil, com teores muito baixos de argila (2% a 3%) e variáveis de silte. O horizonte B podzol ou espódico caracteriza-se por apresentar concentração e precipitação de materiais amorfos ativos, compostos de matéria orgânica e alumínio, por vezes acompanhados de ferro iluvial. Os compostos orgânicos e os sesquióxidos agem como agentes cimentantes, conferindo diversos graus de dureza a este horizonte, bem como uma coloração ao Bh, desde preta até vermelha muito escura, e ao Bs, quando presente, de vermelha a amarelada. A estrutura ao longo do perfil ou é muito fracamente desenvolvida ou ausente, em forma de grãos simples, e o grau de consistência é solto, tanto para o solo seco como úmido, e com o solo molhado é não plástico e não pegajoso.

São solos fortemente ácidos, com baixa reserva de nutrientes, onde os valores correspondentes à soma de bases (valor S) e a saturação por bases (V%) são muito baixos.

Dentro dessa classe foram incluídos solos sob a denominação de Parapodzol, solos que não apresentam horizonte E, sem cimentação no horizonte B, porém a textura e a coloração são típicas dos podzóis. Essa classe de solos ocorre em quase toda a faixa litorânea, em relevo plano, e em altitudes próximas ao nível do mar.

A vegetação primitiva é do tipo floresta e campo tropical de restinga e floresta hidrófila de restinga. O tipo climático é o Cfa de Köppen, com verões quentes, temperatura média anual de 19°C e precipitação média anual de 1.200 milímetros.

4.1.6.3.2. Neossolos Quartzarenicos

Compreendem solos minerais, hidromórficos ou não, profundos ou muito profundos, originados de sedimentos arenosos não consolidados do quaternário, com textura areia ao longo do perfil e sequência de horizontes A, C. Em muitos casos não se verifica desenvolvimento de horizontes, salvo um horizonte A pouco expresso com cerca de 15 a 20 centímetros de espessura, bruno-acinzentado escuro ou bruno claro acinzentado, normalmente sem organização estrutural definida, mas quando presente é fraca muito pequena granular e grãos simples, consistência solta, não plástica e não pegajosa. O horizonte C é de coloração mais clara (bruno, bruno forte ou bruno-amarelado), sem estrutura e com consistência idêntica à do horizonte subjacente.

São solos de baixa fertilidade natural, com reserva mínima de nutrientes para as plantas. Ocorrem ao longo da orla marítima, em forma de dunas fixas, estando recobertos por vegetação arbustiva e graminóide, e sob condições de clima Cfa de Köppen com verões quentes, temperatura média anual de 19°C e precipitação média anual em torno de 1.200 milímetros.

Na gleba aparecem na forma hidromórfica e como inclusão na classe de Espodosolos Hidromórficos.

Os Neossolos Quatzarênicos, constituídos essencialmente por partículas arenosas (sílica) na proporção de 85% ou mais, são muito pobres em nutrientes e apresentam baixa capacidade de retenção de água, sendo que tais características são exclusivamente dependentes da matéria orgânica presente. Ocorrem geralmente no litoral em área de influência marinha pretérita e em regiões de ocorrência de arenitos. Em função da ausência de estrutura e coesão entre as partículas, predispõem o ambiente, quando mal utilizado, a depauperação intensa, por serem extremamente suscetíveis às erosões hídrica e eólica e à lixiviação (CURCIO e RACHWAL 2000).

4.1.6.3.3. Gleissolos

Compreende solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro dos primeiros 150 centímetros da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico com menos de 40 centímetros de espessura. Não apresentam textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes dentro dos primeiros 150 centímetros da superfície do solo ou até um contato lítico, tampouco horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei ou qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei. Horizonte plíntico, se presente, deve estar a profundidade superior a 200 centímetros da superfície do solo.

Os solos dessa classe encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície.

Caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica.

O processo de gleização implica manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido a redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila, ou ainda precipitação de compostos ferrosos.

São solos mal ou muito mal drenados, em condições naturais, que apresentam sequência de horizontes A-Cg, A-Big-Cg, A-Btg-Cg, A-E-Btg-Cg, A-Eg-Bt-Cg, Ag-Cg, H-Cg, tendo o horizonte superficial cores desde cinzentas até pretas, 18 por vezes; o próprio horizonte A ou E pode ser concomitantemente horizonte glei, com espessura normalmente entre 10 e 50 centímetros e teores médios a altos de carbono orgânico.

O horizonte glei, que pode ser um horizonte C, B, E ou A, possui cores predominantemente mais azuis que 10Y, de cromas bastante baixos, próximos do neutro.

São solos que ocasionalmente podem ter textura arenosa (areia ou areia franca) somente nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizonte glei de textura francoarenosa ou mais fina.

Afora os horizontes A, H ou E que estejam presentes, no horizonte B a estrutura é em blocos ou prismática composta ou não de blocos angulares e subangulares.

No caso de horizonte C, a estrutura é em geral maciça, podendo apresentar fendas e aspecto semelhante ao da estrutura prismática quando seco ou após exposta a parede da trincheira por alguns dias. Podem apresentar horizonte sulfúrico, cálcico, propriedade solódica, sódica, caráter sálico ou plintita em quantidade ou posição não diagnóstica para enquadramento na classe dos plintossolos. Nos locais de altitude menos elevadas, (abaciados) e que se apresentam constantemente alagados, aparecem unidades de organossolos.

4.1.6.4. Unidades de Mapeamento

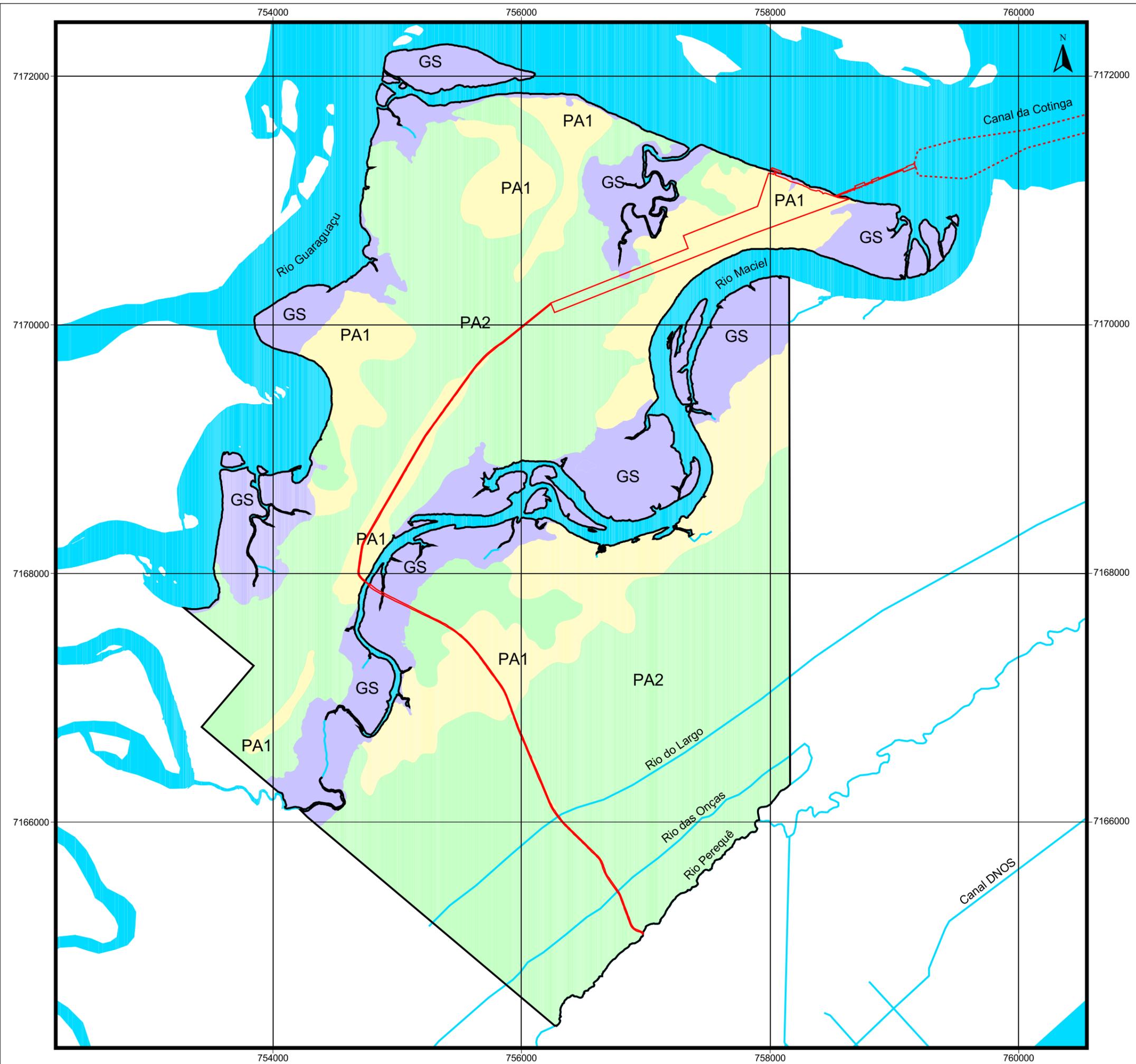
As classes de solos identificadas na gleba foram associadas a unidades de mapeamento simples e compostas. Sempre que possível, procurou-se criar unidades de mapeamento simples, delimitando-se de forma isolada as classes de solo. Porém, em função da relativa complexidade morfológica, observa-se uma distribuição bastante heterogênea dos solos sobre a gleba. Em geral, esses solos ocorrem associados, constituindo mosaicos que dificultam a delimitação precisa das diferentes classes.

Na delimitação das unidades compostas, também denominadas de associações, procurou-se agrupar prioritariamente as unidades cujas características - de maior relevância, do ponto de vista do potencial da gleba para implantação do condomínio - fossem semelhantes, permitindo, assim, que as recomendações para projeto, ocupação e manejo durante a implantação e operação atendem favoravelmente a todas as unidades.

Tendo em vista essas observações, foram delimitadas as seguintes unidades de solos de ocorrência na área:

- **PA1** – Solos profundos, arenosos, não hidromórficos, relevo plano, constituída por ESPODOSSOLO FERRIHUMILÍVIVOS Órticos, A moderado e proeminente, textura arenosa e fase floresta tropical de restinga;
- **PA2** - Solos profundos, arenosos, relevo plano, constituída por associação de ESPODOSSOLO FERRIHUMILÍVIVOS não Hidromórfico, A moderado e proeminente, textura arenosa e fase floresta tropical de restinga, ESPODOSSOLO FERRIHUMILÍVIVOS Hidromórfico, A moderado e proeminente, textura arenosa e fase floresta hidrófila tropical de restinga e Neossolos Quartzarenicos hidromórficos, A moderado, textura arenosa e fase floresta hidrófila tropical de restinga;
- **GS** – Solos rasos, textura arenosa e média, hidromórficos, constituída por solos de Mangue, aqui classificados GLEISSOLO SÁLICOS Solódicos Tiomórficos, relevo plano fase vegetação de mangue.

A distribuição das unidades de mapeamento identificadas na paisagem pode ser visualizada na **Figura 4.101** para a AID e na **Figura 4.102** à **Figura 4.110** em detalhe para a ADA.



Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- - - Área de Manobra de Embarcações

Classes de solos*

- PA1 - Espodossolo não hidromórfico
- PA2 - Espodossolo hidromórfico
- GS - Gleissolos Sálícos

* PA1 - Solos profundos, arenosos, não hidromórficos, relevo plano, constituída por ESPODOSSOLO FERRIHUMILÍVIVOS Órticos, A moderado e proeminente, textura arenosa.
 PA2 - Solos profundos, arenosos, relevo plano, constituída por associação de ESPODOSSOLO FERRIHUMILÍVIVOS não Hidromórfico, A moderado e proeminente, textura arenosa.
 ESPODOSSOLO FERRIHUMILÍVIVOS Hidromórfico, A moderado e proeminente, textura arenosa
 Neossolos Quartzarenicos hidromórficos, A moderado, textura arenosa.
 GS - Solos rasos, textura arenosa e média, hidromórficos, constituída por solos de Mangue, aqui classificados GLEISSOLO SÁLÍCOS Solódicos Tiomórficos, relevo plano.



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

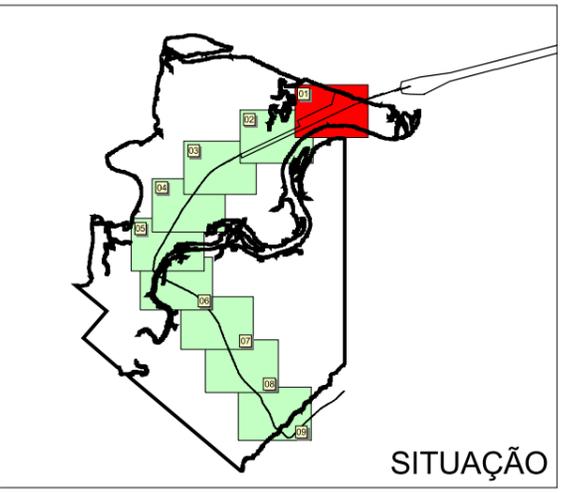
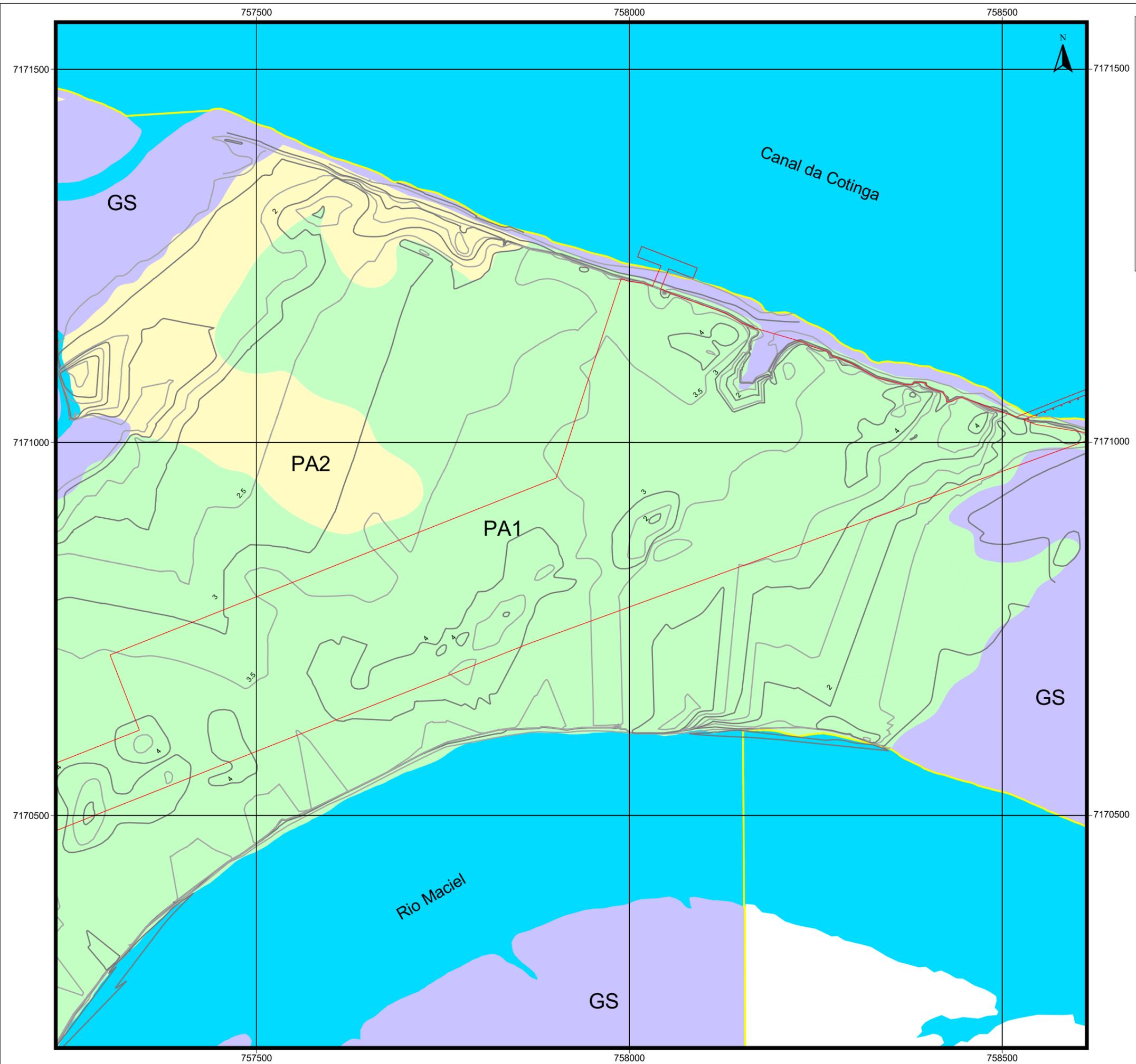
Figura 4.101: **Mapa de Solos da AID**

Escala: **1: 30.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: *Andréia*
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D



Quadrante 1

Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nivel (eq. 0.5m)
- Classes de Solos**
- PA1 - Espodossolo não hidromórfico
 - PA2 - Espodossolo hidromórfico
 - GS - Gleissolo sálico



Aat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.102: **Mapa de Solos da ADA - Quadrante 1**

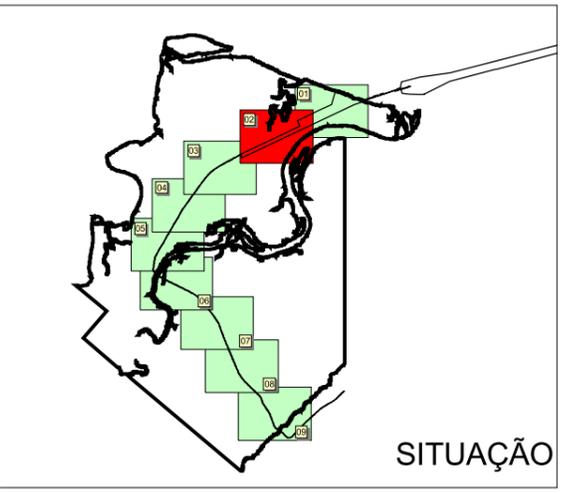
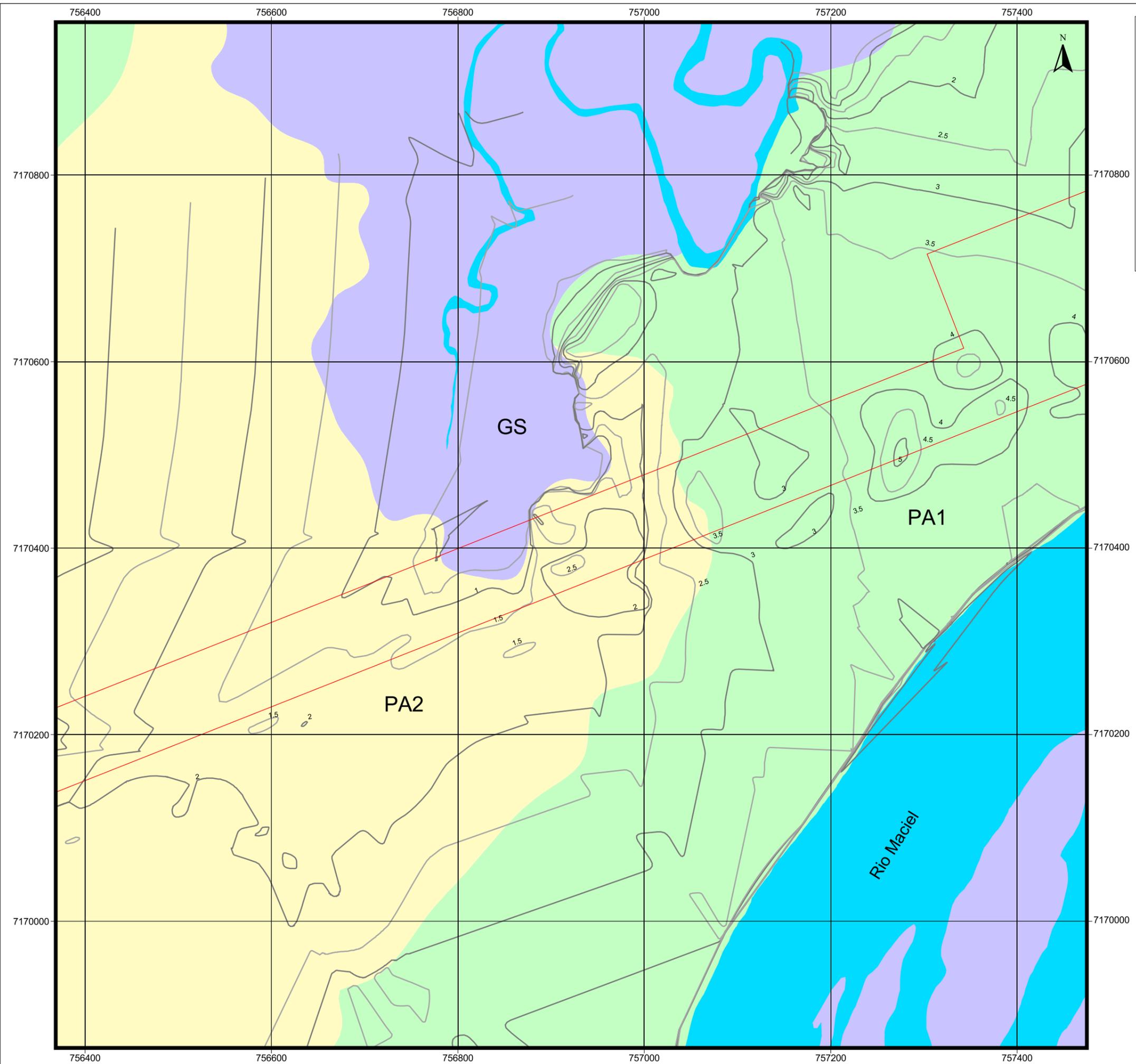
Escala: **1: 5.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico 

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



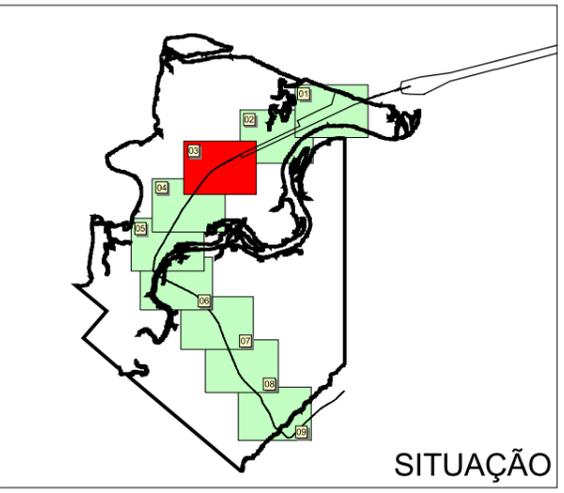
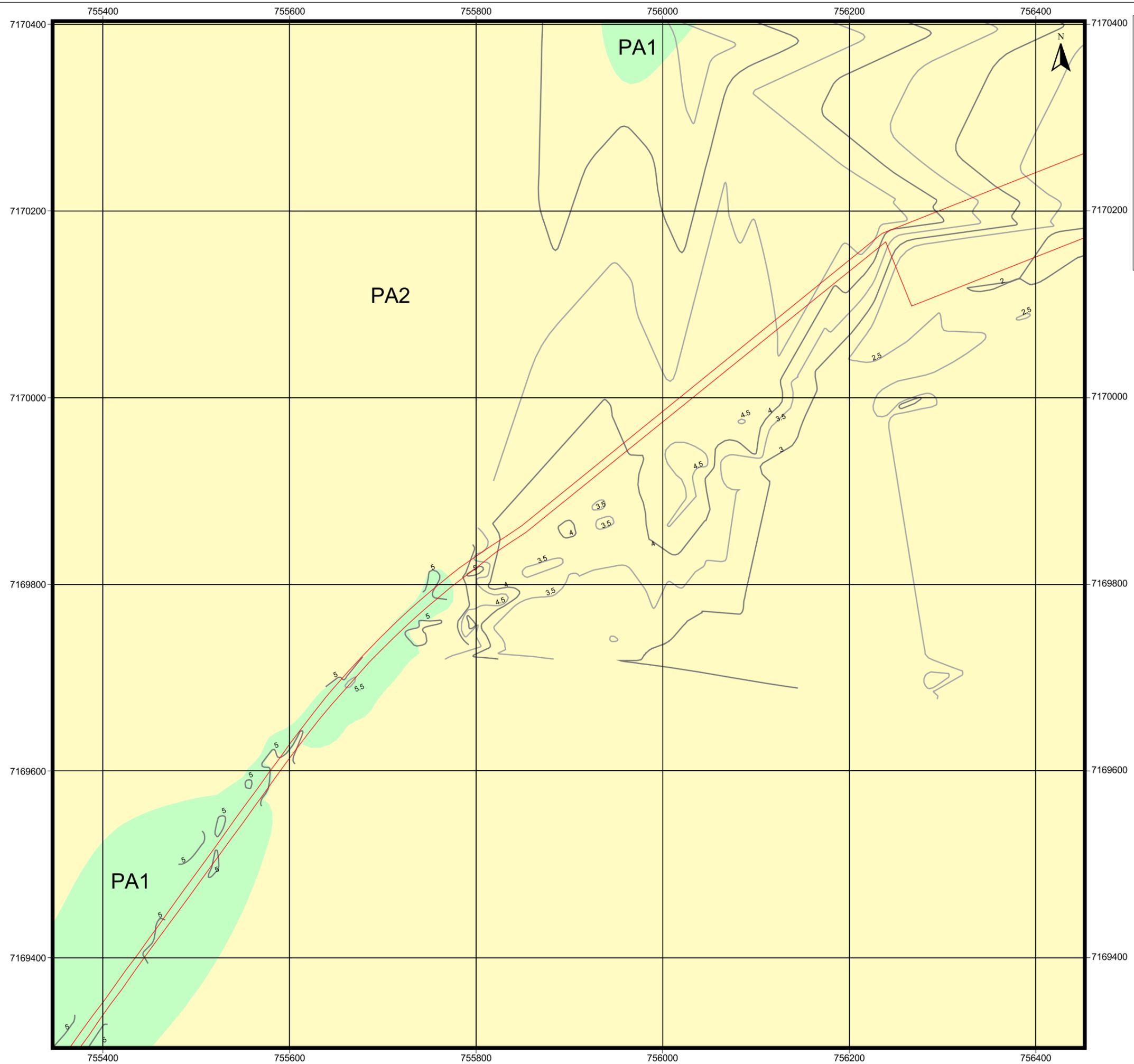
Quadrante 2

Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nivel (eq. 0.5m)
- Classes de Solos**
- PA1 - Espodossolo não hidromórfico
 - PA2 - Espodossolo hidromórfico
 - GS - Gleissolo sálico



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.103:	Mapa de Solos da ADA - Quadrante 2
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



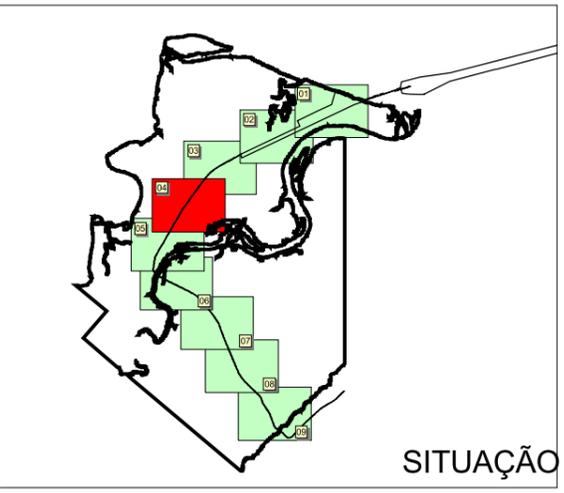
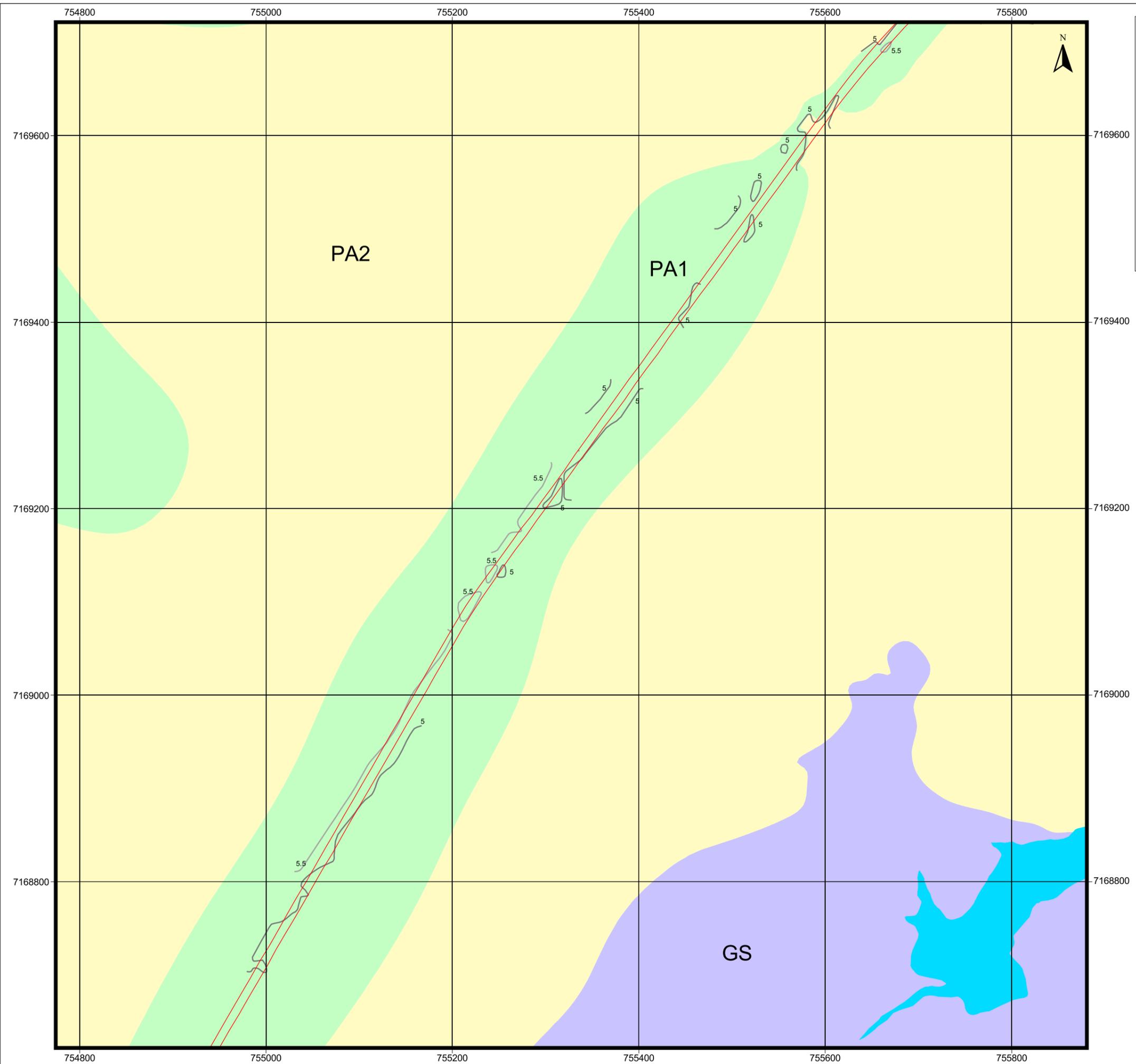
Quadrante 3

Legenda

-  Limite da Propriedade
-  Implantação do Empreendimento
-  Curvas de Nível (eq. 0.5m)
- Classes de Solos**
-  PA1 - Espodossolo não hidromórfico
-  PA2 - Espodossolo hidromórfico
-  GS - Gleissolo sálico



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.104:	Mapa de Solos da ADA - Quadrante 3
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico	 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



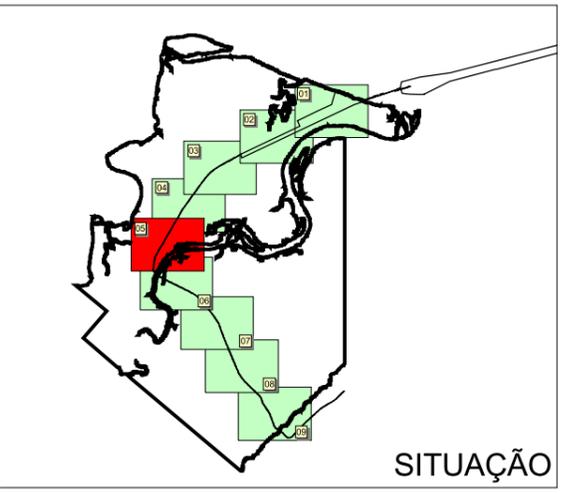
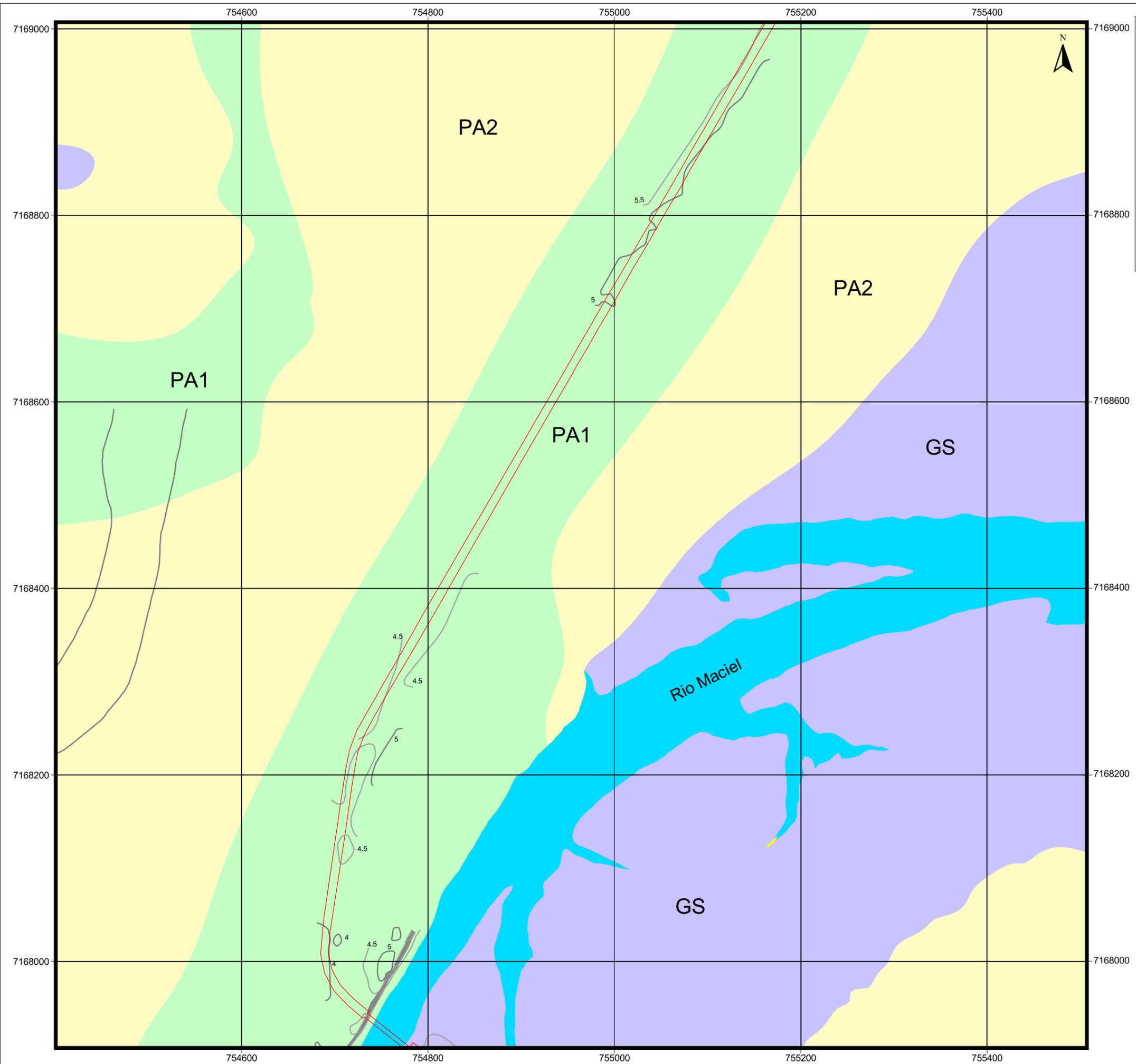
Quadrante 4

Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nível (eq. 0.5m)
- Classes de Solos**
- PA1 - Espodossolo não hidromórfico
 - PA2 - Espodossolo hidromórfico
 - GS - Gleissolo sálico



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.105:	Mapa de Solos da ADA - Quadrante 4
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



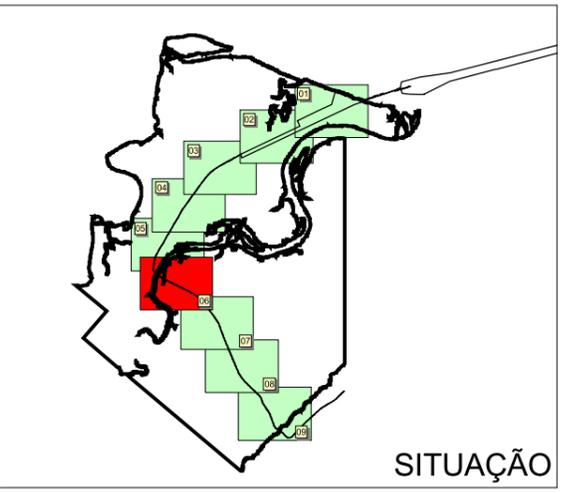
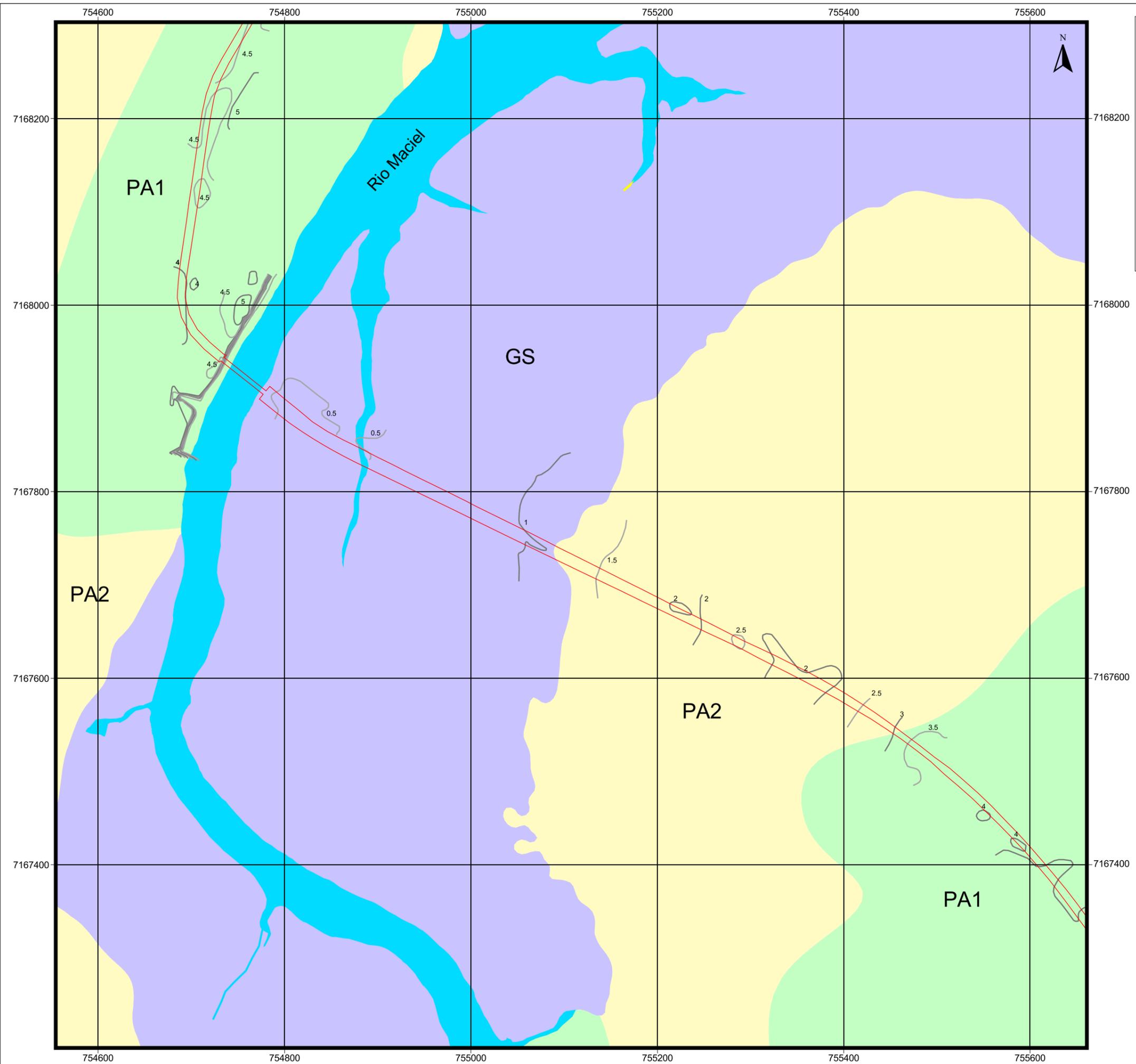
Quadrante 5

Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nível (eq. 0.5m)
- Classes de Solos**
- PA1 - Espodossolo não hidromórfico
 - PA2 - Espodossolo hidromórfico
 - GS - Gleissolo sálico



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.106:	Mapa de Solos da ADA - Quadrante 5
Escala:	1: 4.000
Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69	
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D	



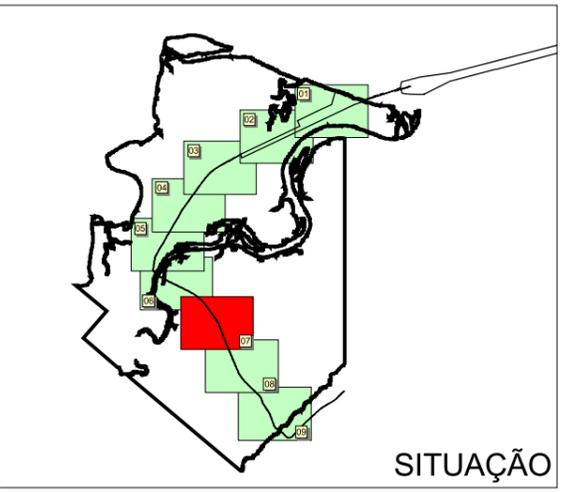
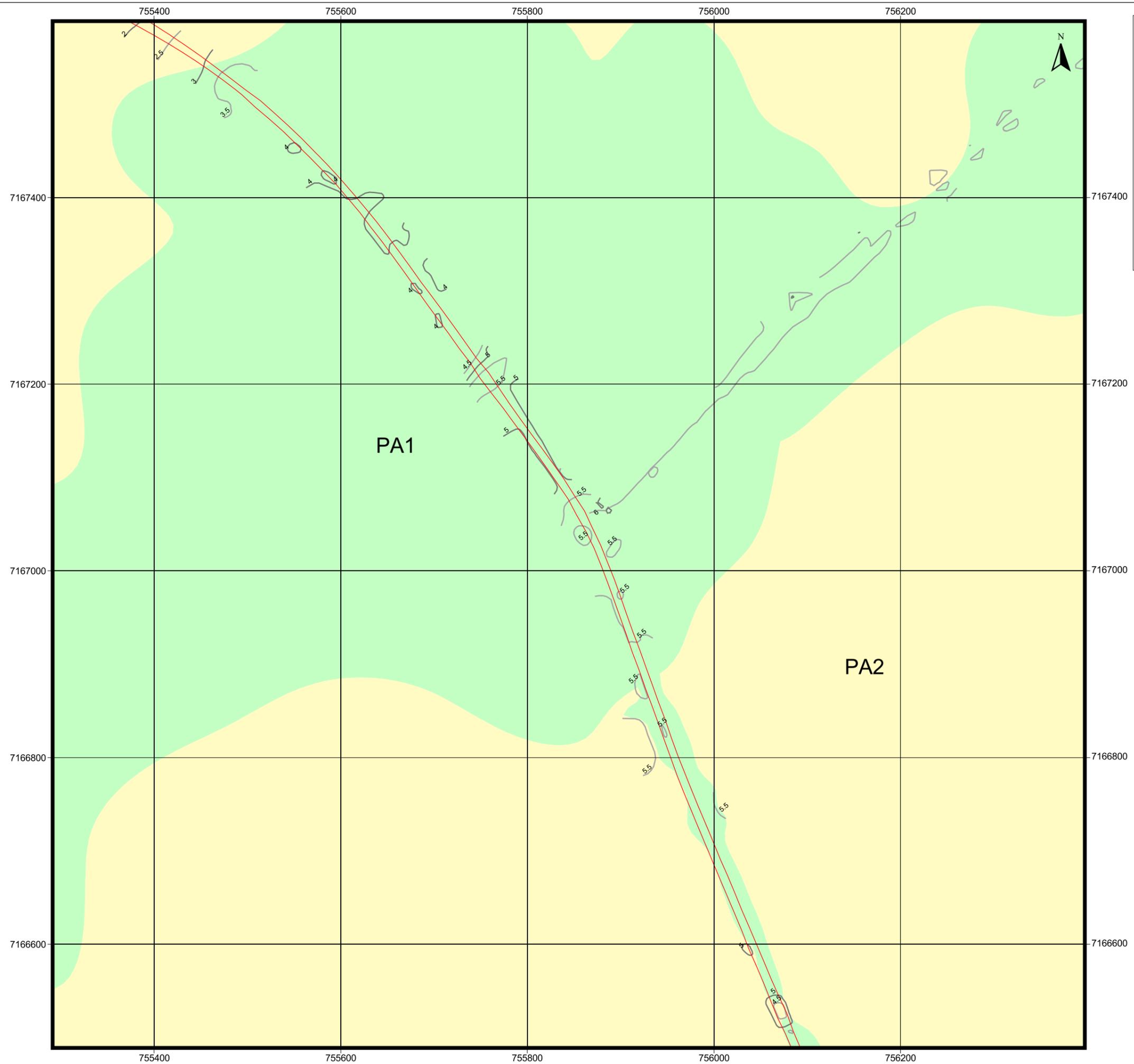
Quadrante 6

Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nível (eq. 0.5m)
- Classes de Solos**
- PA1 - Espodossolo não hidromórfico
 - PA2 - Espodossolo hidromórfico
 - GS - Gleissolo sálico



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.107:	Mapa de Solos da ADA - Quadrante 6
Escala:	1: 4.000
Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69	
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D	



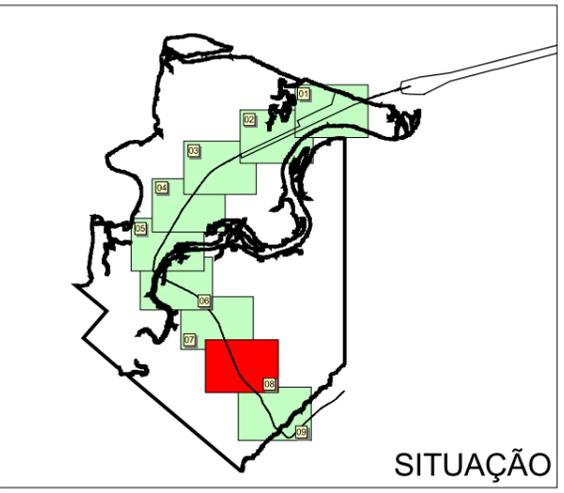
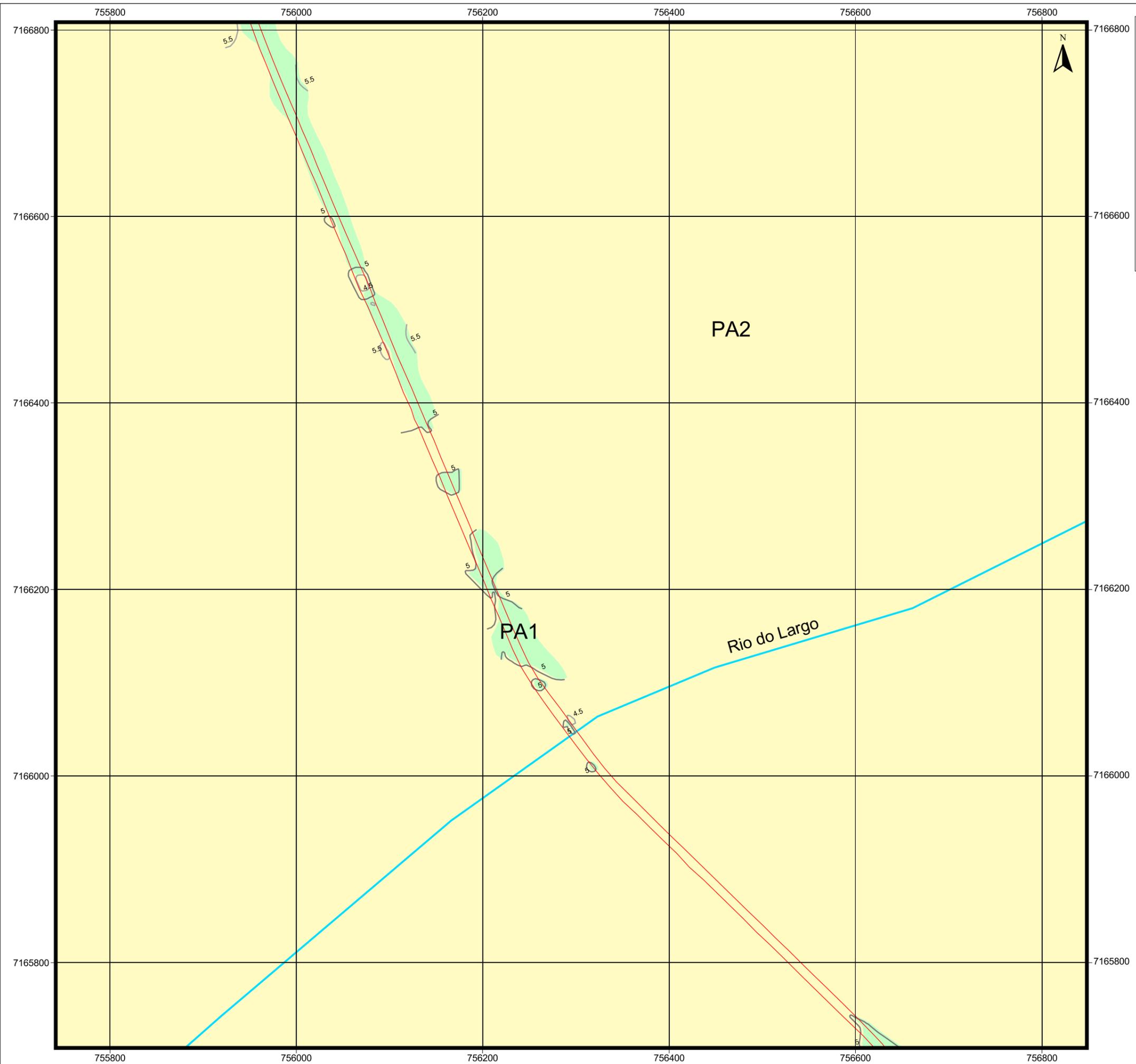
Quadrante 7

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Curvas de Nível (eq. 0.5m)
- Classes de Solos**
- PA1 - Espodossolo não hidromórfico
- PA2 - Espodossolo hidromórfico
- GS - Gleissolo sálico



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.108:	Mapa de Solos da ADA - Quadrante 7
Escala:	1: 4.000
Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69	
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D	



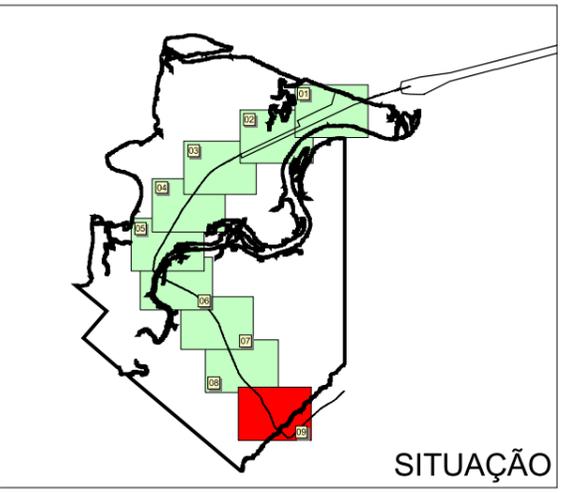
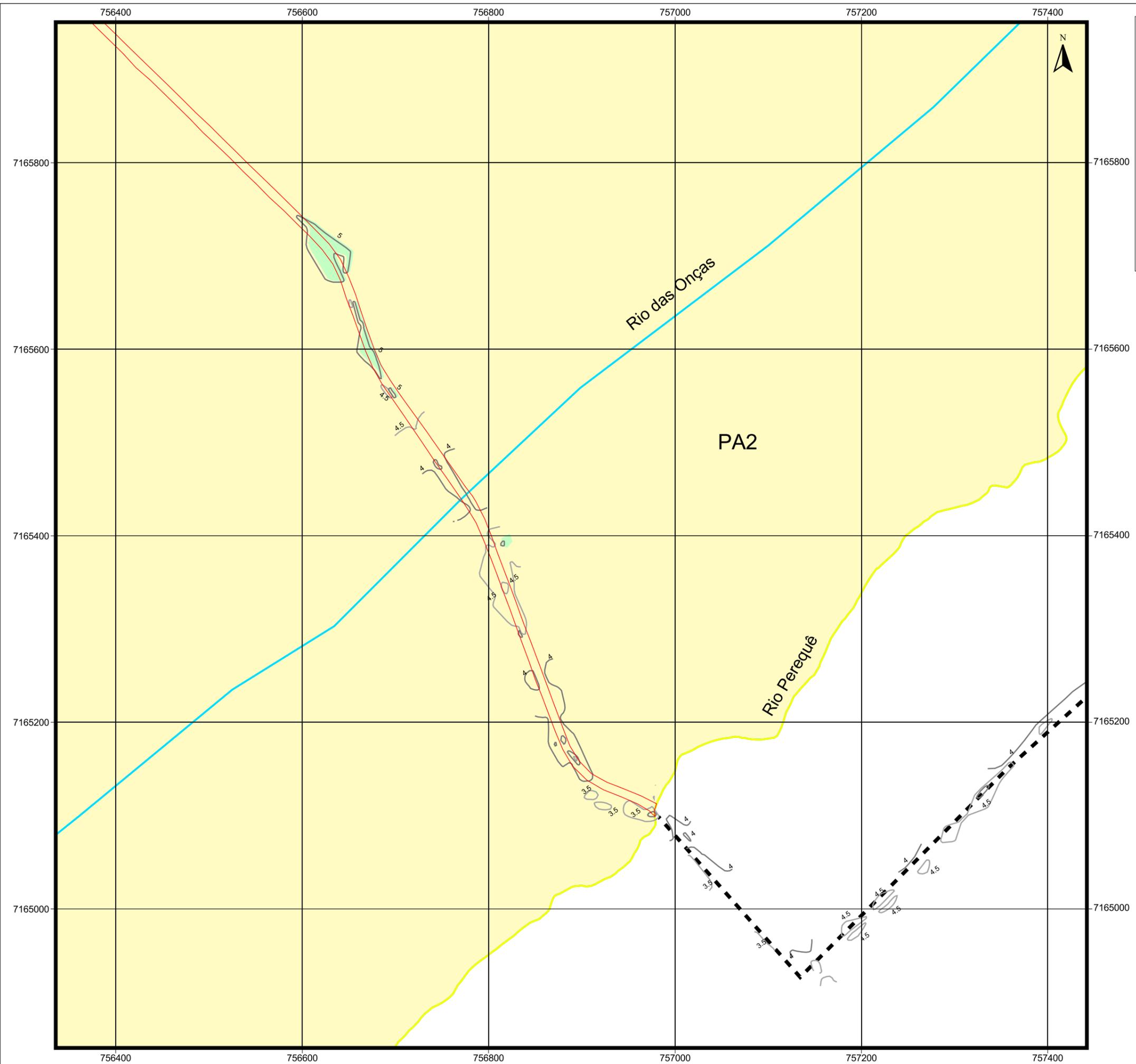
Quadrante 8

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- Hidrografia
- Curvas de Nível (eq. 0.5m)
- PA1 - Espodossolo não hidromórfico
- PA2 - Espodossolo hidromórfico
- GS - Gleissolo sálico



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.109:	Mapa de Solos da ADA - Quadrante 8
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D



Quadrante 9
Legenda

- Limite da Propriedade
 - Implantação do Empreendimento
 - Hidrografia
 - Curvas de Nível (eq. 0.5m)
 - Via Existente
- Classes de Solos**
- PA1 - Espodossolo não hidromórfico
 - PA2 - Espodossolo hidromórfico
 - GS - Gleissolo sálico



Ciente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.110:	Mapa de Solos da ADA - Quadrante 9
Escala:	1: 4.000
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	
	Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D

4.1.6.4.1. **PA1** - Solos profundos, arenosos, não hidromórficos, relevo plano

Essa unidade domina as porções mais elevadas da gleba, representando terrenos de boa aptidão para implantação de empreendimentos. Ocupam 34,70 hectares, tendo como relevo predominante o plano. Os solos são minerais, profundos, arenosos e não hidromórficos com horizontes superficiais espessos representados por ESPODOSSOLO FERRIHUMILÍVIVOS Órticos, A moderado e proeminente, textura arenosa e fase floresta tropical de restinga (**Figura 4.111**).



Figura 4.111 – Área de ocorrência PA1

Essa variedade de espodossolo foi definida em função da seguinte combinação de características: alta saturação por alumínio, variando na gleba de 60 a até mais de 80%, horizonte superficial do tipo A moderado ou proeminente, com drenagem impedida e a textura arenosa (acima de 90%) ao longo do perfil, porém sendo determinante a profundidade do lençol freático (superior a 1,5 metro) e a vegetação original.

Solos com tais características são encontrados em quase toda a costa litorânea, em altitudes próximas ao nível do mar.



Figura 4.112 – Perfil Espodossolos no rio Maciel



Figura 4.113 – Perfil Espodossolos

Como variação, são encontrados solos intermediários para areias quartzosas marinhas. As inclusões são de areias quartzosas marinhas, solos aluviais, glei húmico e glei pouco húmico.

Espodossolos compreendem solos minerais hidromórficos ou não, normalmente de textura arenosa, com horizonte espódico precedido de horizonte E álbico ou outros horizontes eluviais. (CAMARGO et al., 1987; OLIVEIRA et al., 1992). O horizonte espódico é do tipo subsuperficial, no qual materiais amorfos ativos, compostos de matéria orgânica e alumínio, com ou sem ferro, tenham se precipitado. Ocorrem normalmente sob um horizonte eluvial que tenha cor de quartzo lavado, geralmente cinza a cinza claro.

Segundo Curcio e Rachwal (2000), no Paraná os espodossolos são de textura essencialmente arenosa (quantidade de areia superior a 85%), diferindo das areias quartzosas por apresentarem um horizonte de perda (E=eluvial) logo abaixo do horizonte A e um horizonte de acumulação (iluviação) de matéria orgânica e/ou sesquióxidos de ferro e de alumínio (Bh ou Bir) em profundidade.

Esse processo de lixiviação faz dos espodossolos, solos ainda mais pobres em nutrientes e com maiores limitações ao uso que as areias quartzosas. Por outro lado,

quando o horizonte Bh ou Bir apresenta-se cimentado, concomitantemente ocorrendo em locais abaciados, o espodossolo pode tornar-se hidromórfico. Sua ocorrência maior no estado se prende ao litoral, ilhas inclusive, e a sua estabilidade está na íntima dependência da manutenção da cobertura vegetal original. Espodossolos de climas temperado e úmido são relacionados à acumulação de matéria orgânica no topo do solo, a qual migra em profundidade, carreando ferro e alumínio liberados a partir da dissolução de minerais ferromagnesianos próximos à superfície. Os complexos orgânicos metálicos solúveis são resistentes ao ataque microbiano e são imobilizados no horizonte B (BUOL et al, 1987; FANNING e FANNING, 1989). A intemperização de minerais presentes, além de liberar ferro e alumínio, também libera silício sob forma solúvel, que se precipita junto aos complexos organometálicos no horizonte B.

Questões de uso são comentadas por Fanning e Fanning (1989). Psamments (ordem Entissol) apresentam muito baixa capacidade de retenção de água, por isso são lixiviados muito facilmente. São de baixa fertilidade natural. Por causa da infiltração elevada, existe o perigo de contaminação do lençol freático quando resíduos e fertilizantes são aplicados nesses solos. A razão é que esses solos correspondem geralmente a áreas de recarga de aquíferos. Em espodossolos, fertilização e cultivo misturam os horizontes O e E, e podem acarretar a degradação do horizonte espódico pela aeração e lixiviação, particularmente em áreas irrigadas.

De acordo com Embrapa (1984), possuem fertilidade natural muito baixa, no caso específico da gleba valor T abaixo de $5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Quando drenadas ou desprotegidas de vegetação, perdem rapidamente seu conteúdo de matéria orgânica, restando areia quartzosa, que é componente exclusivo do solo.

São solos que devem ser mantidos com cobertura vegetal permanente. A erosão é facilitada após o cultivo, pois a matéria orgânica tende a desaparecer, ficando a areia exposta suscetível, principalmente, à erosão eólica, devido à falta de coesão das partículas. Pelo fato de serem solos muito pobres, arenosos e de drenagem restrita, são pouco usados para agricultura, notando-se áreas com pastagem natural e florestamento com pinus e eucalipto.

4.1.6.4.1.1. Descrição da Unidade

Área Mapeada	Ocupa 34,70 hectares.
Posicionamento Na ADA	Na ADA ocorre predominantemente nos locais previstos para a construção da base de soldagem e fábrica de estruturas submarinas, próximo ao canal da Cotonga, além de alguns trechos da estrada de acesso, nas porções mais elevadas do terreno.
Litologia	Quaternário. Sedimentos marinhos.
Relevo	Os espodossolos aparecem nas porções planas e suaves onduladas (1 a 5%).
Pedregosidade	Ausente em toda espessura

Drenagem	Imperfeitamente drenado a mal drenado, o que pode resultar em acúmulo de água.
Uso Atual	Vegetação nativa. Há sinais de uso com reflorestamento e agricultura de subsistência.
Morfologia	Caracterizam-se como solos minerais pouco desenvolvidos com horizonte A em média entre 20 e 40 centímetros.
Física	São solos arenosos, em geral profundos (mais de 1,00 metro), de média a baixa plasticidade, alta porosidade, baixa permeabilidade e baixa expansibilidade. A resistência à penetração apresenta-se em geral baixa com o solo úmido e seco (estiagens prolongadas), dispersos, e a permeabilidade, baixa em subsuperfície.
Química	Baixa fertilidade natural
Hidromorfismo	Ausente
Geotecnia	Apresenta boa aptidão para implantação de infraestrutura, principalmente em função da profundidade. Tem com principal restrição a condição de baixa permeabilidade.
Degradação	Solos medianamente degradados devido à retirada da cobertura de origem e manejo inadequado, porém não apresentam erosão devido ao relevo plano.

4.1.6.4.1.2. Recomendações

Nessa unidade, desenvolvem-se terrenos de boa aptidão para implantação do empreendimento, com o predomínio de solos estáveis, profundos (sem limitações físicas), sem pedregosidade impeditiva, boa capacidade de carga e moderadamente suscetíveis, localizados sobre declividades na faixa de 1% a 5%.

Oferece como limitações mais significativas a permeabilidade baixa (devido ao horizonte impermeável espódico), baixos teores de argila e possibilidade de ocorrência de acúmulo de água no perfil.

O volume de escoamento superficial deverá ser ampliado como consequência do nivelamento do terreno (desagregação, compactação e exposição de camadas subsuperficiais de solo), aumentando o potencial erosivo, especialmente sobre as porções de maior declividade e onde houver exposição de camadas superficiais. Os maiores riscos devem ocorrer durante a regularização do terreno, quando há intensa mobilização do solo.

O controle dos processos de dinâmica superficial depende essencialmente da contenção e controle das águas de escoamento superficial, possibilitando a estabilização do processo erosivo nas áreas não edificáveis adjacentes. Recomenda-se a implantação de rede de drenagem de águas pluviais, seguida pela implantação de proteção vegetal.

A fertilidade natural baixa pode dificultar a implantação da cobertura vegetal de proteção e futuro ajardinamento de lotes e quadras, especialmente quando os cortes para nivelamento excederem a 30 centímetros. Como medida mitigadora, o solo superficial pode ser depositado na fase de regularização do terreno para posterior espalhamento uniforme sobre os lotes. Além de medidas de correção - como aplicação de corretivo e adubação orgânica, e a utilização de irrigação na fase de enraizamento de mudas e sementes.

Em relação ao acúmulo de água, é comum a ocorrência de formação de poças e pequenas lagoas durante o período de chuvas. Durante a realização das obras, pode ocorrer o alagamento de algumas áreas. Nesses casos deve ser analisada a necessidade de implantação de dispositivos de drenagem.

O material gerado durante os trabalhos de regularização desta unidade pode ser utilizado com material de aterro para a unidade PA2.

4.1.6.4.2. PA2 - Solos profundos, arenosos, hidromórficos e não hidromórficos, relevo plano

Estão localizados na parte plana da gleba ao longo do rio Guaraguaçu e rio Maciel, e nas áreas de intercordões, com declividade inferior a 3% (**Figura 4.114**). O lençol freático está normalmente abaixo de 0,4 metro, porém, visto a inexistência de um sistema de drenagem, em locais onde ocorrem depressões, podem ocorrer o afloramento do lençol (**Figura 4.115**) e como também alagamentos em épocas de alta precipitação.

Essa modalidade foi definida em função da seguinte combinação de características: baixa saturação por bases (abaixo de 10%), média a alta saturação por alumínio (acima de 50%), horizonte superficial do tipo A moderado e a ocorrência de caráter hidromórfico em algumas porções, com floresta hidrófila tropical de restinga.

Solos com tais características são encontrados em praticamente toda a orla marítima, segundo elevações alinhadas de relevo suave ondulado, alternados com áreas deprimidas, com o mesmo tipo de solo, embora com drenagem restrita e com horizonte superficial pouco mais escuro em virtude dos teores de matéria orgânica serem mais elevados.



Figura 4.114 – área de ocorrência de PA2



Figura 4.115 – Afloramento do lençol freático

São solos fortemente ácidos a moderadamente ácidos, com índices de pH variando de 3 a 4,5. Os valores mais elevados verificam-se sempre nos horizontes subsuperficiais. Os teores de carbono são muito baixos, em geral inferiores a 1% na parte superficial. A soma de bases e a reserva de nutrientes destes solos são muito baixas, especialmente no horizonte superficial onde o valor S é quase sempre inferior a $0,7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Em profundidade, a soma das bases trocáveis aumenta para valores próximos de $1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Os valores referentes à saturação de bases variam muito de um local para outro, mas de modo geral são inferiores a 20%. Os teores de alumínio trocável, tanto no horizonte superficial quanto nos inferiores, situam-se entre $0,2$ e $0,6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Em algumas condições, sob floresta, podem atingir até valores acima de $2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Na composição granulométrica desses solos a fração areia domina de forma quase absoluta, concorrendo com mais de 90%. Os restantes são representados pelas frações silte e argila.

Nesses solos, os perfis são de extrema simplicidade, limitando-se a diferenciação à expressão de um horizonte A formado em materiais sumamente

arenosos, de constituição virtualmente quartzosa (**Figura 4.116**). Por vezes, mostram aparência rudimentar do que pode ser tido como horizonte B incipiente.



Figura 4.116 – Perfil neossolo quartzarênico hidromórfico

As areias presentes são variavelmente grossas ou mais finas, compondo texturas das classes de areia ou areia franca; assim é que o máximo de argila vai a 15% quando se tenha zero de silte e o máximo deste vai a 30% quando se tenha zero de argila.

São solos que podem apresentar, variavelmente, horizonte A moderado ou fraco, raramente proeminente, ou turfoso. Ao horizonte A segue-se um horizonte C solto ou muito friável, que pode ser amarelado ou de coloração desbotada.

As condições físicoquímicas desses solos tornam sua utilização agrícola muito problemática, pois são extremamente arenosos, de capacidade mínima de retenção de umidade e de fertilidade muito baixa. Apresentam problemas de alagamento no período chuvoso (**Figura 4.117**). Atualmente estão sendo cultivados com pastagens.

Além dos espodosolos, encontramos inclusões de neossolos quartzarênicos. Segundo Camargo et al. (1987) e Oliveira et al. (1992), neossolos quartzarênicos são solos minerais, fracamente desenvolvidos, hidromórficos ou não, geralmente profundos, essencialmente quartzosos, com textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos uma profundidade de 2 metros da superfície. Conforme Embrapa (1984), as areias quartzosas são quimicamente muito pobres, suscetíveis à erosão, inviáveis para a agricultura.



Figura 4.117 – Acúmulo de água na superfície de solo da Unidade PA2

4.1.6.4.2.1. Descrição da Unidade

Área Mapeada	Ocupa 9,29 hectares.
Posicionamento Na ADA	Na ADA ocorre nos locais previstos para armazenamento de tubos soldados (“stalk racks”) e alguns trechos da estrada de acesso, principalmente na porção continental, próximo ao balneário de Shangri-lá e próximo ao rio Maciel.
Litologia	Quaternário. Sedimentos marinhos.
Relevo	Aparecem nas porções planas (0 a 3% de declividade)
Pedregosidade	Ausente
Drenagem	Imperfeitamente drenado a mal drenado que resulta em acúmulo de água em depressões.
Uso Atual	Vegetação nativa
Morfologia	Caracterizam-se como solos minerais pouco desenvolvidos, com horizonte A em média entre 20 e 40 centímetros.
Física	São pouco estruturados e pouco porosos.
Química	Apresentam baixa fertilidade natural, teores baixos e médios de matéria orgânica, porém, baixas reservas nutricionais e acidez elevada.
Hidromorfismo	Presente em áreas mais baixas
Geotecnia	Apresenta boa aptidão para implantação de infraestrutura, tendo como principal restrição a presença de água.
Degradação	Devido à posição da paisagem e topografia dos terrenos onde se localizam, os processos erosivos são pouco expressivos.

4.1.6.4.2.2. Recomendações

Caracterizam-se como terrenos regularmente aptos para a urbanização, apresentando topografia adequada; no entanto, solos de estrutura fraca, de baixa sustentação e lençol freático raso. Nessa unidade, desenvolvem-se os terrenos de média aptidão para implantação do empreendimento, com o predomínio de solos estáveis, profundos (sem limitações físicas), sem pedregosidade impeditiva, boa capacidade de carga e moderadamente suscetíveis; localizados sobre declividades na faixa de 3%, porém suscetíveis a alagamentos ou surgência hídrica; em função da localização e extensão, deve ser aproveitada para implantação do empreendimento, porém, tomando-se os devidos cuidados quanto à drenagem da área e seu aterramento.

Para sua utilização, deverão ser primeiramente drenadas e depois aterradas a visando reduzir as diferenças de cota em relação aos terrenos próximos, reduzindo-se os problemas de insalubridade e a possibilidade de surgência hídrica e afloramentos em superfície.

Em caso de edificação, as fundações deverão ser reforçadas e profundas, para eliminar os riscos de subsidência. Os cortes de terreno devem ser evitados pois estarão sujeitos a fenômenos de surgência hídrica.

A maior limitação dessa classe de solo consiste na pouca estruturação do perfil e, quando retirada a cobertura vegetal, apresenta-se extremamente vulnerável.

O volume de escoamento superficial não deverá ser ampliado, como consequência da implantação do empreendimento, não aumentando o potencial erosivo. Ocorrem os maiores riscos nas porções de maior declividade e onde houver exposição de camadas superficiais.

O controle dos processos de dinâmica superficial depende essencialmente da contenção e controle das águas de escoamento superficial e cobertura vegetal, possibilitando a estabilização do processo erosivo nas áreas não edificáveis adjacentes.

A fertilidade natural baixa pode dificultar a implantação da cobertura vegetal de proteção e futuro ajardinamento de lotes e quadras. Como medida mitigadora, o solo superficial (preto) pode ser depositado na fase de regularização do terreno, para posterior espalhamento uniforme sobre as quadras. Além de medidas de correção, como aplicação de corretivo e adubação orgânica, e a utilização de irrigação na fase de pegamento de mudas e sementes.

4.1.6.4.3. **GS** – Solos rasos, textura arenosa e média, hidromórficos, vegetação de mangue

Esta unidade é constituída por GLEISSOLO SÁLICOS Solódicos Tiomórficos Típicos, relevo plano fase vegetação de mangue (**Figura 4.118**)



Figura 4.118 – Vista área de ocorrência de solos de Mangue

As baixadas litorâneas podem ser designadas, segundo Tricart (1977), como um meio intermediário, ocorrendo constantes retiradas e acúmulos de sedimento, dada a sua posição no relevo. Esse fato pode indicar que a morfogênese deve se acelerar a ponto de superar a pedogênese. É o caso da modificação constante do horizonte ou camada superficial por essas constantes mudanças.

Comumente, desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvioaluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões. São eventualmente formados em áreas inclinadas sob influência do afloramento de água subterrânea (surgentes). São solos que ocorrem sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea.

Para Cintron e Schaeffer-Novelli (1983), os solos de mangue são formados por sedimentos autóctones ou alóctones. Esses ambientes, em geral, são de baixa energia, com predomínio de acúmulo de frações finas (argilas e limos). Com frequência podem atingir vários metros de profundidade sendo pobremente consolidados e semifluidos. Salientam também que o pH do solo é uma função do conteúdo de umidade e das flutuações do nível freático.



Figura 4.119 – Perfil de Gleissolos

Em relação ao solo, por meio de análises granulométricas e químicas baseadas, predomina a textura arenosa, com 94,2% de areia e 2,1% de silte e 3,7% de argila. A análise química mostra que são solos salinos ($\text{Na}^+ = 90 \text{ cmol}_e/\text{kg}$ solo), com teores de bases ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$) elevados, portanto férteis. A porcentagem de matéria orgânica também é moderada. O pH é sempre superior a 5,0 e inferior a 6,5.

Radambrasil (1983) classifica os solos dessas áreas como do tipo solonchak sódico, caracterizados por ser muito argilosos e estar associados a solos hidromórficos tiomórficos indiscriminados e podzol hidromórfico com horizonte A proeminente, moderado e textura arenosa, localizados em terrenos planos. Em trabalho recente de mapeamento de solos do estado de São Paulo, Oliveira et al. (1999) indicam as áreas com Gleissolos Sállicos de textura média como associadas aos Neossolos Quartzarênicos hidromórficos salinos ou, ainda, aos gleissolos tiomórficos - também constatado por Rossi (1999).

A presença de tiomorfismo foi verificada pelo intenso odor exalado das amostras, quando de sua coleta e secagem, e pelos baixos valores de pH encontrados e altos índices de enxofre e sulfetos apresentados nas análises ($6.597,19 \text{ mg dm}^{-3}$). A presença de enxofre pode ser atribuída aos materiais sulfídricos acumulados, como descrito em Oliveira (1979), o que nos levou a caracterizar alguns solos da área estudada como tiomórficos. A acumulação dos compostos de enxofre ocorre em deltas de rios e sob florestas de mangue, principalmente. Os rios contribuem com os óxidos ou hidróxidos de ferro; o mar, com os sulfatos; e a vegetação de mangue, com a produção de matéria orgânica, que reduz os sulfatos e o ferro. Quando os solos que contêm esses elementos são expostos ao ar, formam-se, por oxidação, ácidos de enxofre, que tornam o solo extremamente ácido e tóxico para as plantas. O caráter eutrófico é verificado em quase todos os perfis, que apresentam valores elevados de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ . Os valores de soma de bases são muito elevados, mesmo se descontados os teores de sódio, tornando a capacidade de troca de cátions do solo também elevada. Essas características se tornam controversas, na medida em que esses elementos se encontram, em sua grande maioria, na solução do solo, sem relação direta com as argilas.

Os elevados teores de sódio (Na^+) passam a funcionar como elementos nocivos às plantas (extremamente adaptadas), em concordância com Rizzini (1979) e Dansereau (1949). Entretanto, não deixa de ser um substrato muito rico e atraente para inúmeras espécies animais que nele se alimentam e se reproduzem, confirmando a alta diversidade desse ecossistema, como comenta Odum (1972).

Com relação à coloração desses solos, as cores predominantes ao longo do perfil são variações do amarelo ao cinza para amostras secas e a cor preta com variações oliva, bruna e acinzentada para amostras úmidas, demonstrando o caráter dominante dos processos de redução nesses solos. São solos influenciados pela oscilação do nível da maré e do ambiente redutor, além da ausência de oxigênio em razão da saturação por água durante todo o ano. Daí resultam as cores próximas ao neutro, com cromas baixos, que se tornam mais amarelas ou brunas quando o material é exposto ao ar. Observa-se ainda mosqueamento resultante da deposição de areias muito finas lavadas, de cores amareladas ou brunas, indicando uma possível migração interna de compostos de ferro e matéria orgânica.

A cor preta pode ser explicada pela presença da matéria orgânica, constantemente depositada e reciclada – valores de 8,58% de carbono (C), sendo, na maioria dos casos, superior a 2% na superfície e 1% em subsuperfície –, e pela presença constante de água. Embora o teor de carbono seja elevado nos pontos coletados, não é suficiente para caracterizá-los como orgânicos ou turfosos. Quanto aos teores de nitrogênio (N), apresentam-se baixos, tornando a relação carbono/nitrogênio alta e a disponibilidade de N, muito baixa.

A saturação com Al é muito baixa, o que pode ser atribuído aos elevados níveis de cátions no sistema. Todos os perfis apresentam característica sódica, ou seja, porcentagem de saturação por sódio em relação à capacidade de troca de cátions superior ou igual a 15%, alguns acima de 30%. Isso vem demonstrar a alta influência do sódio no complexo trocável do solo e na especialização da vegetação.

Em função dos baixos teores de argila e da posição singular dessas áreas a algumas determinações tradicionais em estudos de solos suscitam dúvidas. A elevada quantidade de sódio trocável, por exemplo, poderia em verdade ser interpretada como sódio acumulado ou depositado, pois tais argilas não teriam carga suficiente para essa troca. Da mesma forma, os teores de Al também podem ser dúbios, visto que podemos estar medindo acidez provocada por compostos de enxofre e sódio.

Os manguezais do Brasil caracterizam-se pela semelhança na composição florística, contendo, porém, menor número de gêneros e espécies que em outros países (ANDRADE e LAMBERTI, 1965). Predominam a *Rhizophora mangle*, com raízes escoras que se ramificam dentro da lama; *Avicennia schaueriana*, com raízes respiratórias, destinadas a compensar a falta de oxigênio do substrato; e a *Laguncularia racemosa*, que tolera mal as inundações e prefere solos mais firmes (**Figura 4.120**)



Figura 4.120 – Vegetação área de Gleissolo

4.1.6.4.3.1. Descrição da Unidade

Área Mapeada	Ocupa 1,18 hectares.
Posicionamento Na ADA	Na ADA ocorre na estrada de acesso próxima ao local da ponte sobre o rio Maciel e nas porções de construção da ponte de acesso ao píer e cais de barcaças.
Litologia	Quaternário. Sedimentos marinhos.
Relevo	Plano
Pedregosidade	Ausente
Drenagem	Mal drenados
Uso Atual	Vegetação de mangue.
Morfologia	Caracterizam-se como solos minerais pouco desenvolvidos, com horizonte A moderado ou fraco, em média entre 20 e 25 centímetros e horizonte Glei a menos de 50 centímetros.
Física	Caracterizam-se média a alta plasticidade, baixa porosidade, baixa permeabilidade e moderada expansibilidade. A resistência à penetração apresenta-se em geral moderada
Química	Apresentam baixa fertilidade natural, alta concentração de matéria orgânica, ausência de reservas nutricionais e acidez elevada.
Hidromorfismo	Presente
Geotecnia	Apresentam limitações restritas, em função da presença de água e baixa capacidade de suporte.
Degradação	Por serem áreas planas e geralmente alagadas não se observam sinais de degradação.

4.1.6.4.3.2. Recomendações

Essas áreas caracterizam-se por solos inadequados para a implantação do empreendimento, devendo ser mantidos como áreas de preservação, com a cobertura vegetal natural, havendo ainda a possibilidade de valorização do seu potencial educacional, ambiental e turístico.

Além das restrições legais e ambientais, outro aspecto relacionado a aspectos não agrícolas refere-se aos processos de corrosão em estruturas metálicas enterradas, as quais são bastante influenciadas pela presença de sais. Quanto maior a quantidade de sais, mais elevada sua condutividade elétrica (menor resistividade). Consequentemente, maior sua capacidade corrosiva. Kendrew (1978) considera como muito corrosivos solos que apresentam condutividade elétrica $> 2 \text{ dS m}^{-1}$.

Quanto ao uso de pequenas extensões para a instalação de estruturas viárias (estradas e pontes), devem ser observadas as condições locais, devendo ser realizado um estudo geotécnico detalhado, determinando-se a capacidade de suporte e as intervenções necessárias para a construção de aterros e cabeceiras de pontes. Recomenda-se que a intervenção seja mínima, procurando-se utilizar equipamentos leves e sistemas construtivos que provoquem os menores impactos possíveis.

Recomenda-se que a construção de aterros nessas áreas seja precedida pela implantação de sistemas de drenagem, aumentando a capacidade de suporte e garantindo o fluxo hídrico.

O material necessário poder ser obtido da regularização do terreno para a implantação das instalações. Material com elevada quantidade de matéria orgânica não é indicado para a construção de aterros. Pode-se estudar a obtenção de material através de áreas de empréstimo licenciadas na região do empreendimento.

4.1.6.5. Aptidão e Restrições Potenciais das Unidades para Implantação do Empreendimento

A **Tabela 4.29** apresenta as principais características das unidades de mapeamento identificadas e potenciais limitações à ocupação.

Tabela 4.29 – Características dos solos da área e limitações à implantação do empreendimento.

Característica	PA1	PA2	Gs
Ambiente	Planície	Planície	Planície
horizonte A	20 – 40 cm	20 – 40 cm	10 – 25 cm
Profundidade (A+B)	70 a > 300 cm	70 a > 150 cm	< 70 cm
Textura	Arenosa	Arenosa	Média/argilosa
Pedregosidade	Ausente	Ausente	Ausente
Declividade	Plano a suave ondulado a ondulado	Plano	Plano
Susceptibilidade à erosão	Baixa (B espódico)	Baixa	Baixa
Hidromorfismo	Ausente	Presente em parte	Presente
Lençol freático	Moderado	Raso	Raso
Fase de erosão	Não observada	Não observada	Não observada
Grau de degradação	Degradação leve	Degradação leve	Degradação leve
Fertilidade natural	Baixa	Baixa	Baixa
Aptidão agrícola	Média (permeabilidade e fertilidade)	Baixa (lençol freático e fertiliade)	Baixa (presença de água)

Característica	PA1	PA2	Gs
Potencial p/ o empreendimento	Bom	Médio (alagamentos)	Baixo (alagamentos)
Principais restrições	Permeabilidade	Acúmulo de água e alagamento	Acúmulo de água e alagamento e baixa capacidade de suporte
Influência sobre o empreendimento	Alta (áreas significativas e aptas a implantação)	Alta (áreas significativas e aptas a implantação)	Baixa (área pouco significativa com restrições)
Influência com a implantação do empreendimento	Baixa	Baixa	Média
Extensão	347.014,41 m ²	92.900,84 m ²	11.815,27 m ²

4.1.6.6. Caracterização Físico-Química das Unidades Identificadas

Tabela 4.30 – Resultado das análises químicas e físicas (Laudos laboratoriais apresentados no **Anexo VII**).

Classe solo	AMOSTRA	pH	C	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m	AREIA	SILTE	ARGILA
		CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						%		%			
PA 2	1A	3,41	2,54	0,90	0,01	0,21	0,28	0,50	3,68	0,51	4,19	12,1	49,7	98,2	0,2	1,6
PA 2	1E	4,50	0,00*	0,22	0,00*	0,14	0,30	0,04	2,03	0,44	2,47	17,8	8,3	98,5	0,1	1,4
PA 2	2A	3,64	1,27	1,49	0,04	0,28	0,46	0,30	3,18	0,77	3,95	19,6	27,9	98,1	0,1	1,8
PA 2	2E	4,17	0,00*	0,22	0,02	0,20	0,22	0,10	1,75	0,45	2,20	20,5	18,2	98,3	0,1	1,6
PA 1	3A	3,54	2,85	1,72	0,05	0,19	0,35	0,50	3,68	0,59	4,27	13,9	45,8	97,0	0,3	2,7
PA 1	3E	4,13	0,00*	0,30	0,01	0,21	0,22	0,10	1,89	0,45	2,34	19,1	18,4	98,1	0,0*	1,9
PA 1	3B	3,83	0,94	0,37	0,01	0,18	0,21	0,70	4,61	0,40	5,01	7,9	63,9	97,6	0,2	2,2
GS	4A	5,27	3,55	5,53	0,37	2,07	1,92	0,04	2,36	4,36	6,72	64,9	0,9	94,2	2,1	3,7
PA 2	5A	3,34	16,52	5,38	0,08	0,24	0,49	2,00	13,06	0,81	13,87	5,8	71,2	89,4	6,2	4,4
PA 2	5E	3,94	3,12	2,09	0,04	0,19	0,29	2,30	7,76	0,53	8,29	6,4	81,4	85,7	7,7	6,7
PA 2	5B	3,75	24,98	6,28	0,07	0,59	0,28	6,10	20,42	0,94	21,36	4,4	86,6	78,5	12,2	9,2

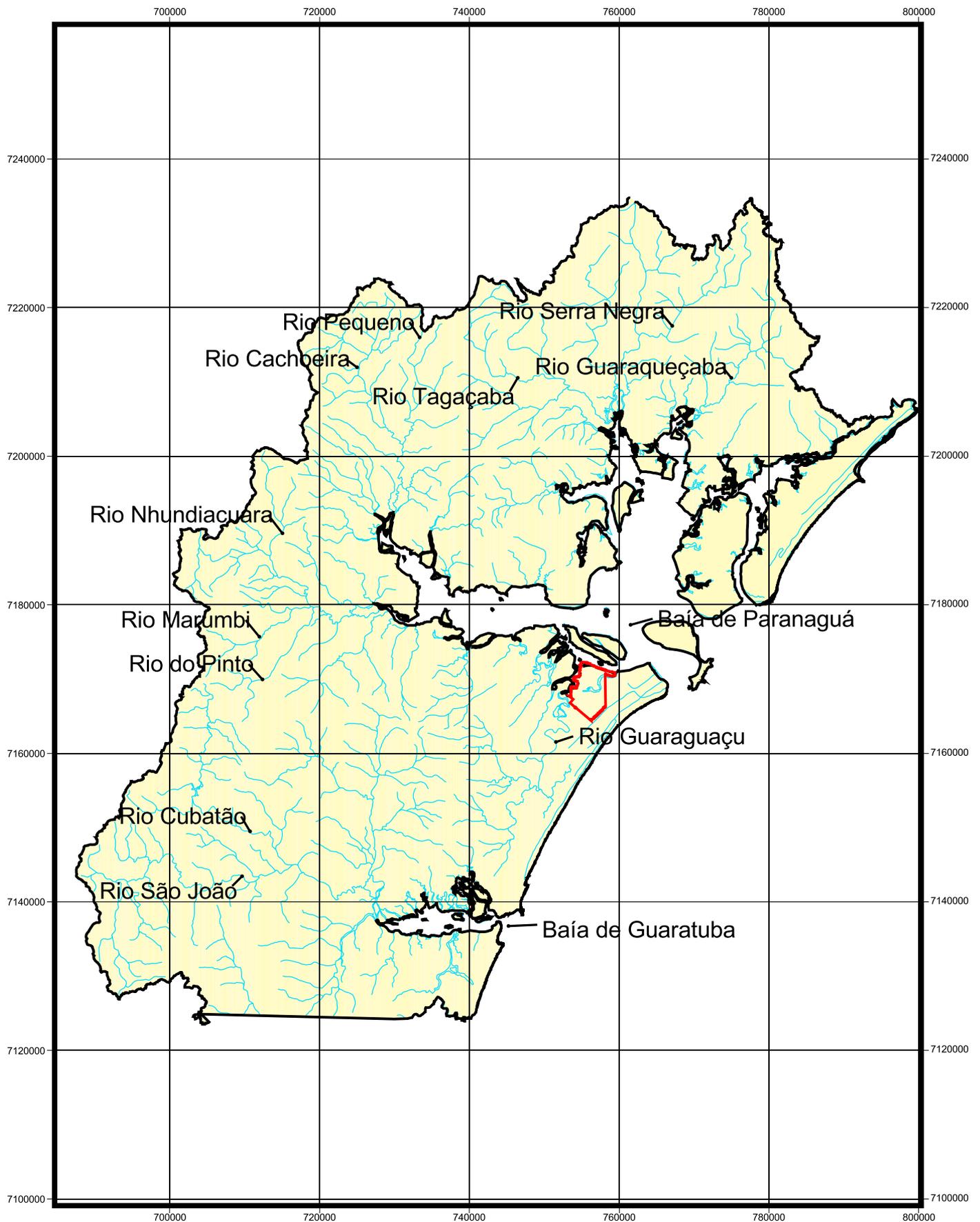
4.1.7. Hidrologia

A hidrografia do Paraná é dividida em cinco bacias hidrográficas sendo elas a bacia do rio Paraná, do rio Paranapanema, do rio Iguaçu, do Ribeira de Iguape e bacia do Litoral Paranaense.

A bacia do litoral (ou litorânea) tem suas águas drenadas diretamente para o oceano Atlântico. Seus cursos d'água são normalmente pouco extensos, pois nascem próximos à costa. Aqueles que são mais longos correm para o rio Ribeira de Iguape, em direção ao Estado de São Paulo.

A bacia litorânea paranaense é composta por duas grandes sub-bacias hidrográficas, a da baía de Paranaguá com aproximadamente 3.882 quilômetros quadrados de extensão, e a da Baía de Guaratuba, com uma área aproximada de 1.393 quilômetros quadrados. As outras duas bacias presentes são a do Mar do Ararapira e do Rio Saí-guaçu. A bacia da baía de Paranaguá é subdividida nas bacias do rio Guaraqueçaba, Serra Negra, Tagaçaba, Cachoeira, Nhundiaquara e Guaraguaçu. A bacia da baía de Guaratuba é subdividida nas bacias do rio Cubatãozinho, Cubatão e São João. A **Figura 4.121** apresenta os principais rios da Bacia Litorânea.

A área de influência do empreendimento abrange principalmente os rios Guaraguaçu e Maciel, além do canal da Cotinga e parte do canal da Galheta, todos inseridos no Complexo Estuarino de Paranaguá, conhecido como Baía de Paranaguá.




 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite do empreendimento
- Bacia Hidrográfica do Litoral
- Hidrografia



Projeção Universal Transversa de Mercator
 Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



Figura 4.121 - Principais Rios da Bacia Litorânea

4.1.7.1. Complexo Estuarino de Paranaguá

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) é considerado uma baía, geograficamente, e um estuário, oceanograficamente, composto por um sistema ambiental com extensos manguezais, atividades portuárias, concentrações urbanas, pesca artesanal e comercial e turismo. É a maior baía do estado e considerada a terceira de maior importância no país.

Possui em seu interior várias ilhas, como a Ilha do Mel, das Peças, do Lessa, do Corisco, das Rosas, da Ponta Grossa, do Teixeira, das Pedras, Guararema, Gererês, Lamin, do Valadares, da Cotinga, Rasa da Cotinga, das Cobras, da Galheta, Rasa, do Benito, do Rabelo, da Povoca e das Laranjeiras, entre outras. É representada por um ambiente típico de ingressão marinha, formada pelo afogamento dos vales fluviais, há cerca de 5.600 anos.

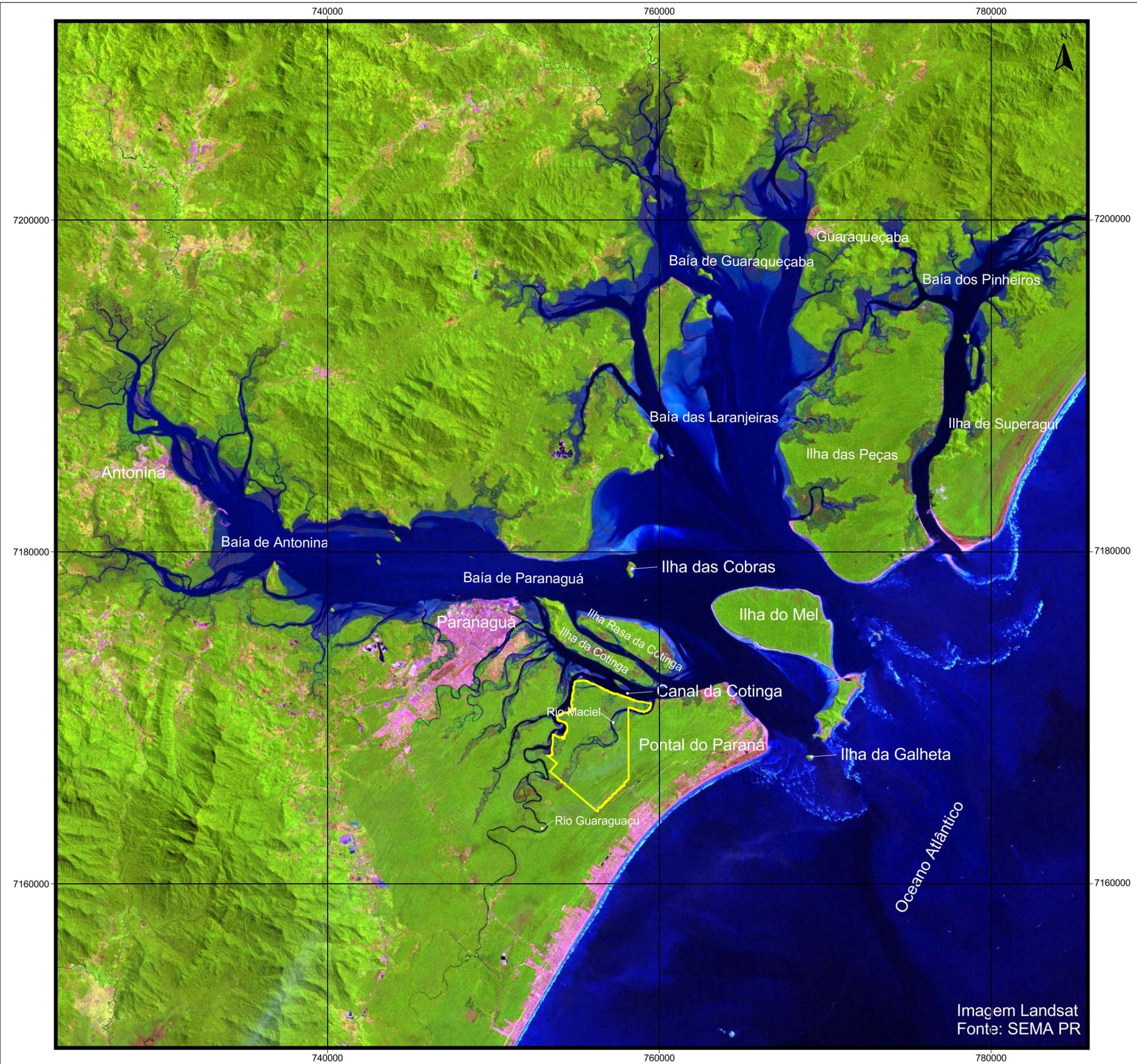
O complexo estuarino é dividido em baía de Antonina e baía de Paranaguá propriamente dita, baía das Laranjeiras, de Guaraqueçaba e Pinheiros. Suas enseadas são a Benito, Itaqui e Medeiros, incluindo uma grande diversidade de ambientes, como planícies de maré, manguezais, marismas, baixios, canais de marés, praias arenosas e costões rochosos. É uma área pouco impactada uma vez que não acompanhou o mesmo ritmo de ocupação observado em outras porções da costa Atlântica.

O CEP apresenta uma área líquida de aproximadamente 600 quilômetros quadrados, sendo que o eixo L-O do CEP, que inclui as baías de Antonina e Paranaguá, possui uma área de 256 quilômetros quadrados, volume de $1,404 \times 10^6 \text{ m}^3$ e profundidades médias e máximas de, respectivamente, 5,4 e 33 metros (KNOPPERS et al., 1987). Esse eixo está conectado diretamente à zona costeira adjacente por dois canais principais denominados de Barra Norte e Galheta, sendo que o eixo N-S conecta-se também ao complexo estuarino de Cananéia (SP) e à zona costeira por um sistema de canais na região de Guaraqueçaba (**Figura 4.122**).

Dentre os rios de maior importância para a área em estudo, destacam-se os afluentes do rio Guaraguaçu: Peri, Indaial, Meio, Cachoeirinha, Pombas, São Joãozinho e Pequeno. O rio Peri deságua na margem direita do Guaraguaçu e nasce em Praia de Leste. O rio Pequeno deságua na margem da esquerda do Guaraguaçu já em seu delta, junto à sua foz. Os tributários mais importantes do Guaraguaçu são os da margem esquerda, que contribuem com suas cargas de sedimentos trazidos da Serra da Prata junto às suas nascentes ou tributários (SVOLENSKI, 2000, citado por Plano de Manejo da EEG, 2006).

O CEP recebe as águas das bacias de drenagem tanto do sopé da Serra do Mar quanto da planície costeira, correspondendo a uma área total de mais de 3800 quilômetros quadrados (**Figura 4.122**). As baías de Antonina e Paranaguá recebem a drenagem de aproximadamente 54% da área de toda a bacia hidrográfica litorânea do estado do Paraná e apresentam uma deficiência hídrica no inverno, quando a evaporação é sete vezes superior à precipitação. No verão ocorrem excedentes hídricos, intensificando-se o aporte de água doce na direção do estuário. Também

nessa época o potencial de erosividade pela chuva é oito vezes superior ao do inverno (MANTOVANELLI, 1999). As variações sazonais desse fluxo são basicamente controladas pelo regime pluviométrico (KNOPPERS et al., 1987). A descarga de água doce no complexo provém do aporte de pequenos rios, dos quais os principais são o Cachoeira, o Nhundiaquara e o Marumbi, na região de Antonina; o Guaraguaçu no seu litoral sul e outros menos relevantes, com valores de aporte líquido estimado em mais de 200 m³/s (MARONE et al., 1995). No eixo L-O, o Rio Cachoeira é o que apresenta o maior aporte de água doce e material particulado em suspensão para o estuário, especialmente no inverno (MANTOVANELLI, 1999). Muitos canais de maré desembocam nas margens da baía, como o Maciel, por exemplo, escoando as águas salgadas das enchentes e vazantes das marés, mas também as águas da percolação do lençol freático e as águas das chuvas, principalmente nos períodos chuvosos de final de verão e final de inverno. De modo geral, a circulação induzida pela descarga de água doce no eixo L-O é de uma a duas ordens de grandeza inferior à induzida pela corrente residual.



Legenda

 Limite da propriedade



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.122: **Complexo Estuarino de Paranaguá**

Escala: **1: 225.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

Imagem Landsat
 Fonte: SEMA PR

4.1.7.1.1. Canal da Galheta

O canal da Galheta (**Figura 4.123**) situa-se entre as ilha das Cobras e do Mel, na porção nordeste, e entre a ilha da Cotinga, ilha Rasa da Cotinga e ilha da Galheta, na porção sudeste (**Figura 4.124**). Tem aproximadamente 30 quilômetros de extensão até o ponto de atracação do Porto de Paranaguá e serve de rota para os navios que se aproximam do litoral com destino ao porto ou retorno deste. O canal da Galheta é dividido em setores Alfa, Bravo Uno, Bravo Dois, Charlie Uno e Charlie Dois, Delta e Echo, conforme ilustra a **Figura 4.125**.



Figura 4.123 – Canal da Galheta (em vermelho) e o município de Pontal do Paraná à esquerda



Figura 4.124 – Ilha da Galheta

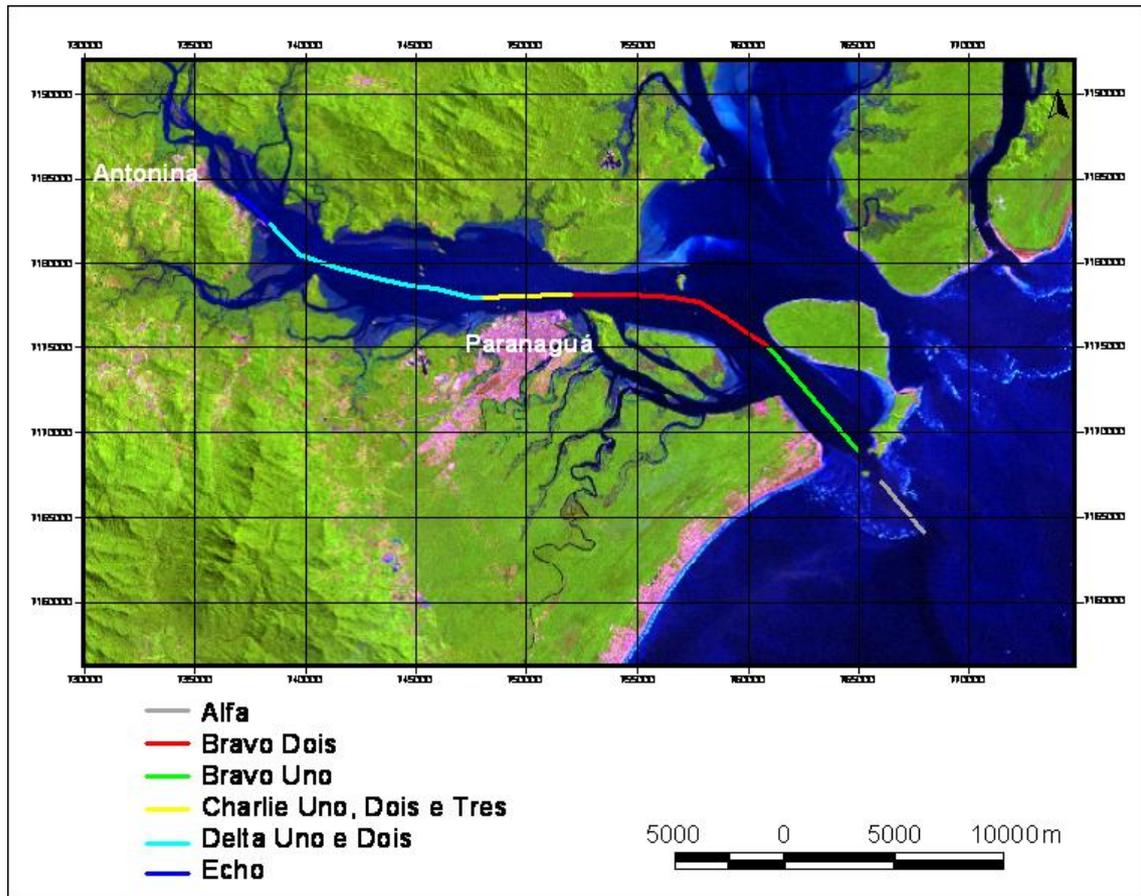


Figura 4.125 – Setores que dividem o canal da Galheta

4.1.7.1.2. Canal da Cotinga

O Canal da Cotinga está localizado ao norte da área em estudo, e, segundo as cartas náuticas, alcança mais de 10 metros de profundidade. No início da ocupação do Paraná, os primeiros colonizadores vindos de São Paulo, com a intenção de chegar a Paranaguá, se estabeleceram na Ilha da Cotinga com receio dos índios carijós, que dominavam a região.

Faz parte da história dessa ilha a antiga sede da primitiva povoação de Paranaguá, onde houve o naufrágio do navio pirata francês Boloret, em 1718, sendo que muitos afirmam que os piratas lá esconderam um tesouro. Os nativos são índios carijós ou guaranis, que até hoje habitam no cenário de seus ancestrais.

4.1.7.1.3. Bacia do rio Guaraguaçu

A bacia do rio Guaraguaçu é contribuinte da bacia de Paranaguá (setor sul) e tem 635,5 quilômetros quadrados de extensão. Possui como rios contribuintes o Jacareí e o da Colônia Pereira, com nascentes na Serra da Prata, em altitudes superiores a 800 metros, vindo a desaguar no Guaraguaçu. Com esse formato, a bacia se divide em dois grandes compartimentos: um na Serra do Mar, de relevo bastante acidentado; e outro na planície litorânea.

Especificamente, o rio Guaraguaçu (**Figura 4.126**) nasce próximo à cidade de Matinhos, na planície litorânea, a poucos quilômetros da orla marinha e segue no sentido norte-nordeste, paralelamente à costa. Apesar de não possuir afluentes significativos ao longo de seus 61,7 quilômetros de percurso, tem na margem direita como contribuinte o rio Peri e na esquerda os rios Indaial (ou Sertão Grande), do Meio, Cachoeirinha, das Pombas, São Joaquinzinho e Pequeno.



Figura 4.126 – Rio Guaraguaçu próximo à ponte sobre a PR-407

O curso superior, localizado na área serrana, apresenta fortes declives, vales fortemente encaixados e padrão retilíneo de drenagem. O curso inferior, já na planície, possui amplo vale de fundo plano e padrão de drenagem. É caracteristicamente um rio de formas meândricas e de baixa energia, que serpenteia as margens e passagens

entre os cordões, conferido pelas características dos sedimentos presentes da região. Parte de sua recarga provém dos afluentes da margem esquerda e parte dos banhados e charcos permanentes da planície litorânea. Sua foz se dá em forma de delta no Canal da Cotinha, na baía de Paranaguá. Próximo à sua foz, abre-se um segundo braço a leste, denominado rio Maciel (**Figura 4.127**) (SVOLENSKI, 2000, citado por Plano de Manejo da EEG, 2006), formando a ilha do Guaraguaçu.



Figura 4.127 – Leito do rio Maciel

4.1.7.1.4. Caracterização dos Recursos Hídricos na AID e ADA

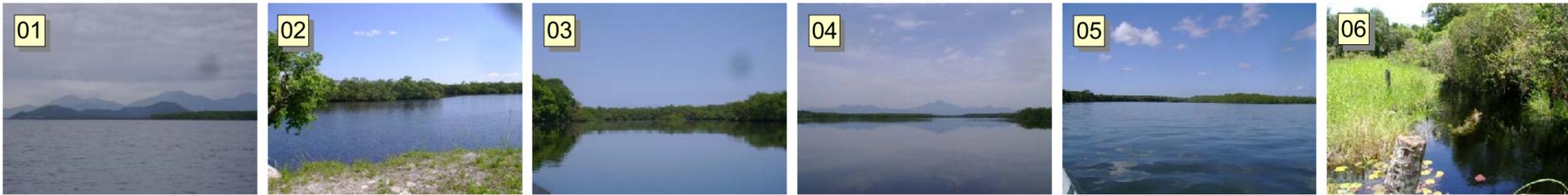
A área é constituída basicamente por uma planície entre o rio Guaraguaçu e o rio Maciel, na parte insular, e pela planície do rio Maciel, I na parte continental. A área tem como característica um relevo bastante plano. Em função do relevo do terreno e constituição pedológica, o escoamento superficial é pequeno. O relevo, basicamente plano, favorece o acúmulo das águas pluviais nas áreas de cotas mais baixas. Parte da água que incide sobre o terreno se infiltra no solo, porém, grande parte escorre, sendo conduzida por linhas de escoamento superficiais até as áreas mais baixas e planas, seguindo após para os cursos de água.

Através do modelo numérico do terreno da AID, gerado a partir do mapa planialtimétrico, obtido por aerofotogrametria, foi possível identificar, através dos caminhos preferenciais de escoamento superficial indicado pelas flechas na **Figura 4.128**, a existência de cinco bacias, sendo uma formada pelo escoamento superficial das águas pluviais para os rios do Largo, das Onças e Perequê, na porção sul da área, e que desembocam no mar na região de Pontal do Sul; uma bacia maior e central, formada pelo escoamento das águas pluviais para o rio Maciel; outra formada pelo escoamento das águas para o rio Guaraguaçu; uma quarta bacia, formada pelo escoamento das águas para uma porção de mangue localizada no norte da gleba, onde há bastante influência da maré; e a última, formada pelo escoamento das águas diretamente para a baía de Paranaguá.

Na gleba ocorrem depressões significativas que possibilitam o acúmulo de água, durante o período chuvoso. Além da influência do regime de chuvas, a gleba sofre também profunda influência do regime de marés. Tanto o rio Guaraguaçu quanto o

Maciel são influenciados diretamente pela maré. Seus fluxos, níveis e vazão dependem diretamente da ação da maré.

A **Figura 4.128** apresenta o modelo numérico do terreno, com indicação dos caminhos preferenciais de escoamento superficial, bem como as bacias identificadas e a caracterização, por meio de fotografias, das feições observadas. Durante a vistoria de campo buscaram-se informações necessárias à caracterização dos corpos hídricos, e, de acordo com as características evidenciadas em campo e no mapeamento foi possível classificar e identificar os corpos hídricos presentes na gleba.



Legenda

Mapa 1

- Limite da propriedade
- Curvas de Nível (eq. 1m)
- Hidrografia
- Direção do Escorrimento Superficial

Hipsometria



Mapa 2

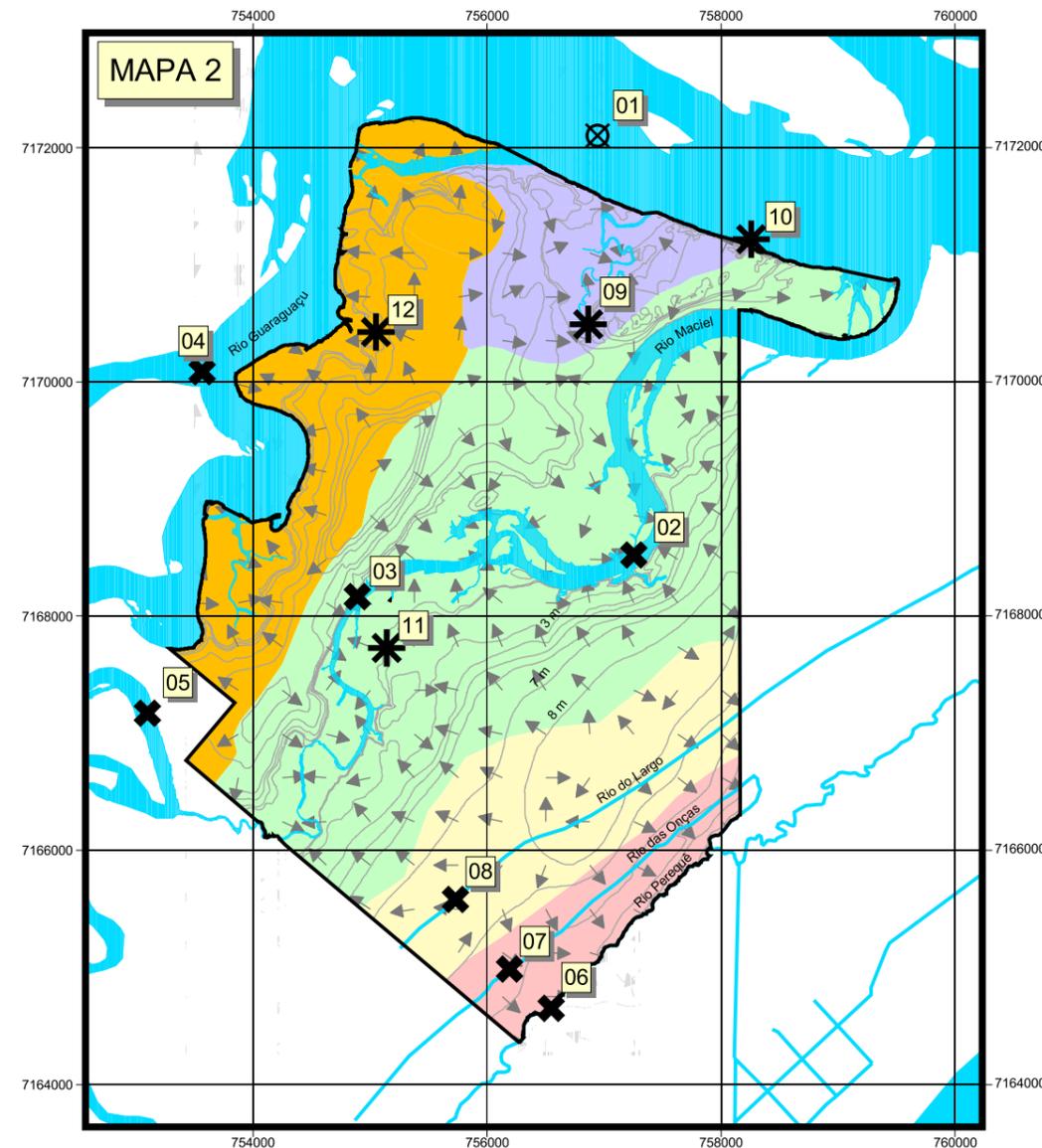
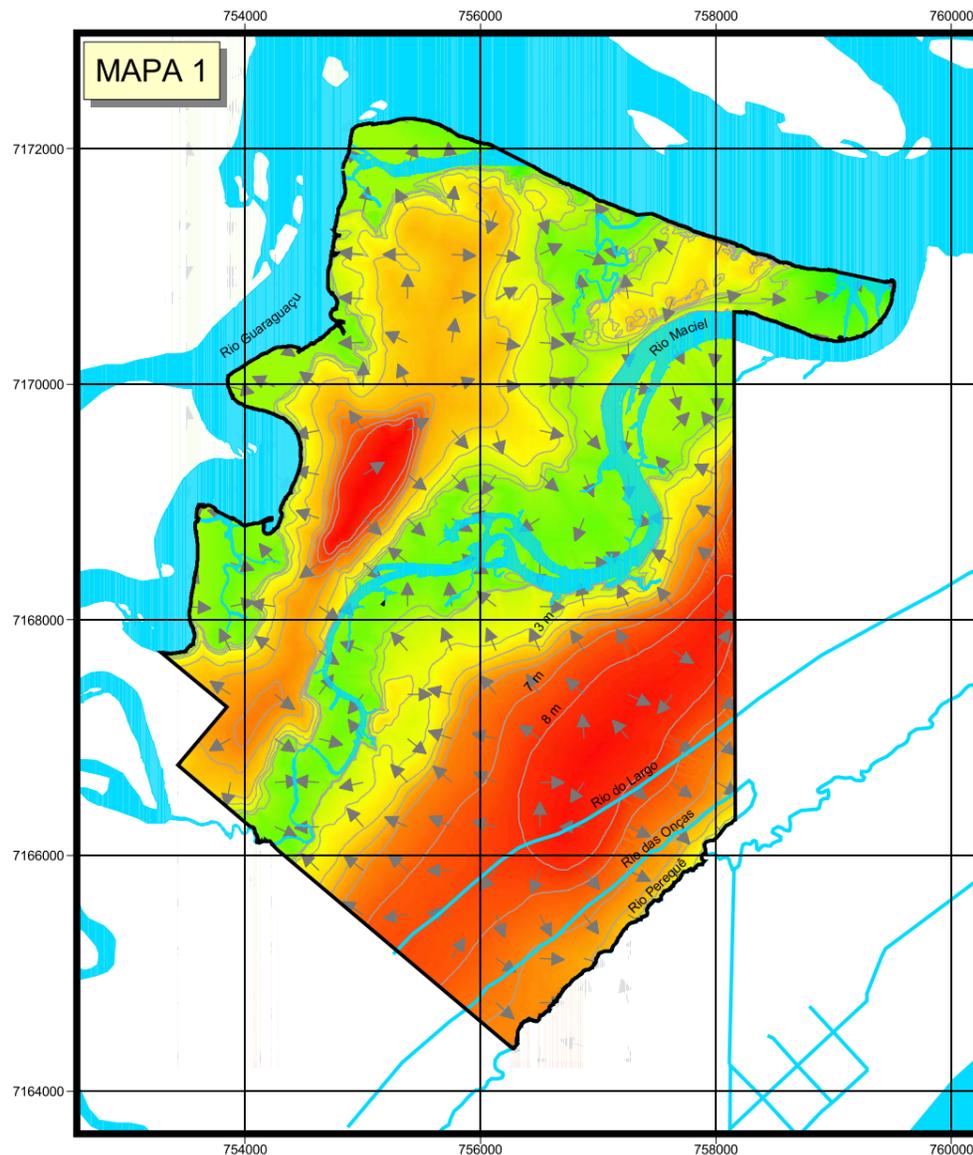
- Limite da propriedade
- Curvas de Nível (eq. 1m)
- Hidrografia
- Direção do Escorrimento Superficial

Bacias Hidrográficas

- Bacia Contribuinte para o Rio Guaraguaçu
- Bacia Contribuinte para o Curso SDE1
- Bacia Contribuinte para o Rio Maciel
- Bacia Contribuinte para o Rio do Largo
- Bacia Contribuinte para o Rio das Onças e Perequê

Identificação dos Pontos de Observação

- ⊗ Baía
- 1 - Canal da Cotonga
- * Manguezais
- 9 - Mangue (baía de Paranaguá)
- 10 - Mangue (Baía de Paranaguá)
- ⊗ Canal Fluvial
- 2 - Rio Maciel
- 3 - Rio Maciel
- 4 - Rio Guaraguaçu
- 5 - Rio Guaraguaçu
- 6 - Rio Perequê
- 7 - Rio das Onças
- 8 - Rio do Largo
- 11 - Mangue (Rio Maciel)
- 12 - Mangue (Rio Guaraguaçu)



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

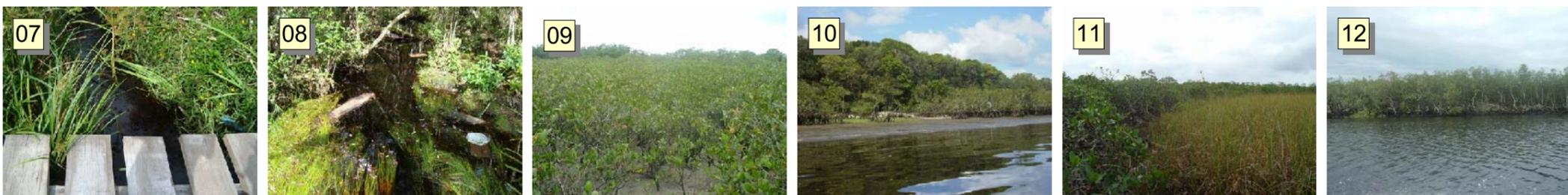
Figura 4.128: **Mapa de Caracterização da Drenagem na AID e ADA do Empreendimento**

Escala: **1: 60.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: *Andréia Cristina Ferreira*
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D



Baía

Na área de influência do empreendimento corresponde ao canal da Cotinga, localizado entre a Ilha do Guaraguaçu e a Ilha da Cotinga, conforme já apresentado no item 3.2.2, ocorre na porção norte da AID do empreendimento e abrange a porção da ADA correspondente ao acesso marinho para o empreendimento. Na **Figura 4.128** está identificado pelo **ponto 1**.

Canal Fluvial

Correspondem aos rios e cursos de água propriamente ditos, que apresentam nascentes caracterizadas pelo afloramento do lençol freático permanentemente ou não. Apresentam curso retilíneo em algumas áreas e tendem a meandrar nas áreas estuarinas, processo este que se dá naturalmente para compensar a vazão reduzida, ocasionada por áreas de baixa declividade. Essa tipologia gera uma área de preservação permanente variável em função de sua largura conforme a resolução Conama n° 303/02.

Na AID essa tipologia ocorre nos rios Guaraguaçu e Maciel, identificados pelos **pontos 2 e 3** (rio Maciel) e **pontos 4 e 5** (rio Guaraguaçu) na **Figura 4.128** apresentada anteriormente, na qual é possível visualizar que ambos possuem uma largura variada. Conforme a legislação específica, é exigida uma área de preservação permanente de 30 a 200 metros, variável de acordo com a largura. No limite sudeste da gleba estão os rios Perequê, das Onças e do Largo, identificados pelos pontos **6, 7 e 8**, respectivamente, que em função de suas larguras necessitam de uma faixa de preservação de 30 metros.

Na ADA, essa tipologia é representada pelos trechos dos rios Maciel, do Largo, das Onças e Perequê, onde serão feitas as travessias por pontes.



Figura 4.129 – Rio Maciel, próximo ao encontro com o rio Guaraguaçu



Figura 4.130 – Rio Perequê, no limite sudeste da gleba



Figura 4.131 – Rio Guaraguaçu

Áreas Alagadas Temporariamente

Correspondem aos locais abaciados que permanecem alagados por períodos curtos, em função do regime pluviométrico. O acúmulo de água é ocasionado pela associação de fatores pedológicos, geomorfológicos e climáticos. Os solos dessas porções caracterizam-se pela presença de um horizonte subsuperficial com elevado teor de matéria orgânica, formando uma camada cimentada, que dificulta a infiltração da água no perfil. Tal condição, associada ao relevo plano e a alta pluviosidade, favorece a ocorrência de áreas alagadas durante períodos chuvosos, pois em função do relevo muito plano o escoamento superficial é bastante lento. A rigor, esses locais não implicam em áreas de preservação permanente, pois se trata de acúmulo de água de chuva pela deficiência da drenagem, não ocorrendo o afloramento do lençol freático.

Essa tipologia foi observada em diversos pontos da AID e da ADA do empreendimento, nas porções mais baixas do terreno.



Figura 4.132 – Área com acúmulo de água da chuva

Linhas de escoamento superficial

Local por onde escoam as águas pluviais. São decorrentes do relevo da gleba, não apresentando uma nascente caracterizada pelo afloramento do lençol freático, não necessitando, por sua tipologia, de uma faixa de preservação permanente. Essa tipologia é encontrada apenas na AID do empreendimento, não sendo possível o mapeamento em função da sazonalidade de ocorrência. Essas linhas de escoamento estão normalmente associadas às áreas alagadas temporariamente.

Manguezais

Os manguezais presentes na área em estudo foram enquadrados também na caracterização das tipologias dos recursos hídricos, por se tratarem de ambientes totalmente dependentes do regime hídrico das marés. Correspondem aos locais que permanecem alagados durante algumas horas do dia, em função do regime da maré, condicionando o desenvolvimento de vegetação e solo característico. Essas áreas, à luz da legislação ambiental federal vigente, são consideradas de preservação permanente em toda a sua extensão, não necessitando de faixa de preservação permanente.

Essa tipologia ocorre na gleba em toda a extensão dos rios Guaraguaçu e Maciel, nos locais de cotas mais baixas, que permanecem alagados durante a maré cheia e emersos na maré baixa. Ocorre também na porção norte, entre os rios citados, um pequeno braço de mar, alimentado também pelo escoamento superficial da água pluvial, identificado pelos **pontos 09, 10, 11 e 12** da **Figura 4.128**. Na ADA do empreendimento ocorre apenas em trechos onde estarão localizadas a ponte sobre o rio Maciel, a ponte de acesso ao píer e o cais.



Figura 4.133 – Área de Mangue sob influência da maré

4.1.7.2. Qualidade da Água Superficial

O termo qualidade da água é usado para descrever as características químicas, físicas e biológicas da água. A análise da água fundamenta se a área está contribuindo positiva ou negativamente para a qualidade da água na bacia onde está inserida. Em uma bacia hidrográfica, a qualidade da água é influenciada pelas atividades humanas, uso do solo e da água e por fatores naturais, como o clima, geologia e pedologia. A qualidade da água é, portanto, um indicativo da qualidade ambiental da bacia.

A verificação do padrão de qualidade dos corpos d'água é necessária para identificação da influência do uso atual do solo sobre a qualidade da água e permite um monitoramento da qualidade dos corpos hídricos da bacia no decorrer do tempo. Através da análise destas características é verificado se a qualidade da água é adequada ao uso para o qual foi designada, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação pertinente.

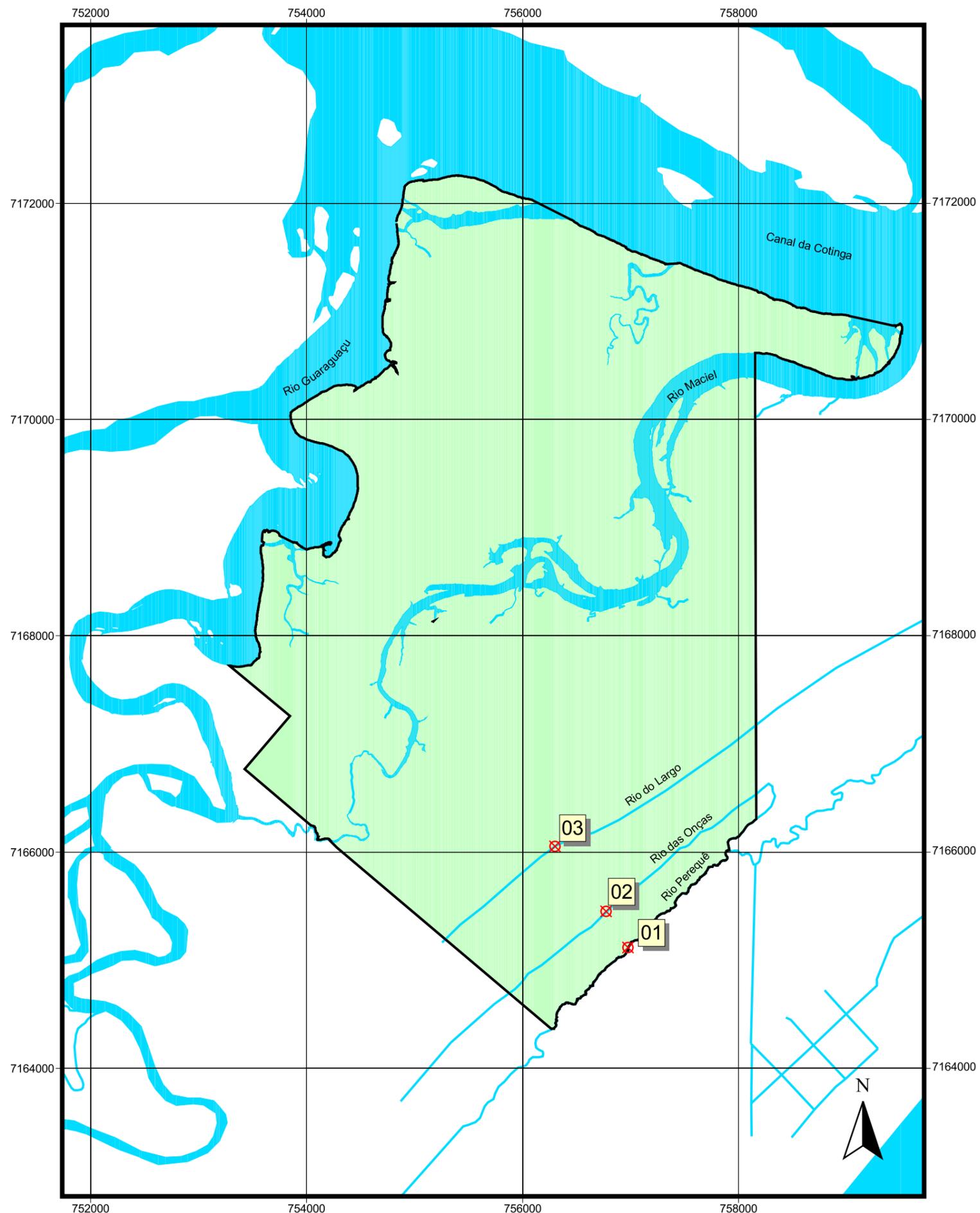
Para caracterizar a qualidade da água superficial e a influência que pode estar sofrendo, foram considerados três pontos de análises dentro da área de influência direta do empreendimento. Os pontos referem-se a pequenos rios que cortam a propriedade na estrada de acesso, denominados Perequê, das Onças e do Largo, que desembocam no balneário de Pontal do Sul. Dessa forma, os pontos de coleta para caracterização da qualidade da água doce superficial, identificados na **Figura 4.134** são:

- Ponto 01 – Rio Perequê;
- Ponto 02 – Rio das Onças;
- Ponto 03 – Rio do Largo.

As amostras foram analisadas pelo Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos – Ceppa, um dos laboratórios da Universidade Federal do Paraná, para os principais parâmetros físico-químicos e biológicos preconizados pela resolução n° 357/2005 do Conama.

As coletas ocorreram no dia 15 de janeiro de 2009, e a verificação da salinidade foi realizada *in loco*, por meio do aparelho refratômetro de alta resolução para salinidade modelo RTS-101 ATC. Verificou-se que nos três pontos analisados a salinidade foi zero, indicando presença de água doce, sem influência da maré, podendo ser considerados doces, enquadrando-se assim como classe 2 pela resolução Conama 357/2005.

Para a classificação dos rios utilizou-se a portaria Surehma nº 005 de 06 de setembro de 1989, de Bacia Litorânea, que classifica em seu artigo 3º o rio Perequê e seus afluentes como pertencentes à classe 2 até a influência da maré.



Legenda

- Limite da propriedade
- Trilha existente
- Hidrografia
- X Pontos de Coleta de Água
- n Identificação dos Pontos de Coleta de Água



Ciente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.134: **Mapa de Identificação e Localização dos Pontos de Coleta de Água**

Escala: **1: 42.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 
 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

Os laudos dessa amostragem servem de parâmetro inicial da qualidade da água, tendo sua importância na identificação de possíveis variações na composição físico-química e biológica da água dos rios, além de mostrar a influência do uso atual do solo na sua qualidade. Na **Tabela 4.31** são apresentados os principais parâmetros de qualidade estabelecidos pela resolução Conama n° 357/05, e o resultado encontrado nas amostras analisadas, sendo que o respectivo laudo laboratorial encontra-se no **Anexo VIII** deste documento.

Os parâmetros analisados foram condutividade, cor, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5d}), Fósforo Total, Nitrogênio total, amoniacal e orgânico, Oxigênio Dissolvido (OD), Série de Sólidos, Turbidez, pH, óleos e graxas, coliformes totais e *Escherichia coli*. Apesar de alguns parâmetros analisados não constarem da resolução Conama n° 357/05, são de grande importância no diagnóstico da qualidade da água. Foi observada “*In loco*”, a porcentagem de sal dissolvido (salinidade) em cada um dos pontos predeterminados para classificação dos corpos de água.

Ambientes aquáticos que sofrem influência de marés são classificados, segundo o grau de salinidade presente, como ambientes salobros e/ou estuarinos. Denomina-se água salobra aquela que apresenta mais sais dissolvidos que a água doce. Tecnicamente, esta possui de 0,5 a 30 gramas de sal dissolvido por litro. A água salina, por sua vez, possui mais de 30 gramas de sal dissolvido por litro. De acordo com a resolução Conama 357/05, as amostras coletadas indicam que são todas águas doces, pois apresentaram salinidade igual a zero.

Tabela 4.31 – Principais parâmetros de qualidade de água estabelecidos pela resolução Conama n° 357/05 para ambientes de água doce (classe 2) em comparação com os resultados obtidos nas análises.

Parâmetro	Unidade	Resolução Conama 357/05	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03
Condutividade	µS/cm	--	80,70	56,90	90,10
Cor verdadeira	Hz	75	400	300	400
DBO	mg/L	5	7,90	8,97	7,14
DQO	mg O ₂ /L	--	96,26	64,18	116,32
Fósforo Total	mg P/L	0,1	< 0,05	< 0,05	0,05
Nitrogênio Total	mg N/L	--	1,12	1,12	1,40
Nitrogênio Amoniacal	mg NH ₃ -N/L	3,7	0,28	0,28	0,28
Nitrogênio Orgânico	mg NH ₃ -N /L	--	0,84	0,84	1,12
OD	Mg O ₂ /L	> 5	6,38	6,58	5,98
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	99	75	102
Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/L	--	2	4	1
Sólidos Dissolvidos Voláteis	mg/L	--	97	71	101
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	--	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Parâmetro	Unidade	Resolução Conama 357/05	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	--	2	15	8
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	--	1	3	3
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	--	1	12	5
Sólidos Totais	mg/L	--	104	90	110
Sólidos Totais Fixos	mg/L	--	84	57	100
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	--	20	33	10
Turbidez	NTU	100	0,07	0,08	0,08
pH	--	6 - 9	4,12	5,13	3,91
Óleos e Graxas	mg/L	Virt. ausente	3,40	6,80	4,80
Coliformes Totais	NMP/ 100 mL	--	110	540	1600
Coliformes Termotolerantes*	NMP/ 100 mL	1.500	41,25 col. termo 33 <i>E. coli</i>	162,5 col. termo 130 <i>E. coli</i>	437,5 col. termo 350 <i>E. coli</i>

* *Escherichia coli* pode substituir o parâmetro de coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Utiliza-se a adequabilidade do parâmetro em no máximo 80% dos valores observados para os coliformes, conforme orientação do Instituto Ambiental do Paraná - IAP.

** Parâmetros em **negrito** estão fora do padrão de qualidade estabelecida pela resolução Conama nº 357/05.

Condutividade é a capacidade da água em de conduzir a corrente elétrica. Esse parâmetro depende da concentração iônica e temperatura, indicando a quantidade de sais existentes na coluna d'água, representando uma medida indireta de concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados ou degradados, fornecendo uma indicação da modificação da composição da água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece indicação quantitativa. Todos os pontos analisados apresentaram-se abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, porém, resolução Conama nº 357/05 não determina valores para este parâmetro.

O parâmetro **Cor** indica, normalmente, a presença de ácidos húmicos e taninos, originados da decomposição de vegetais. Entende-se que quanto mais baixo o índice, quer dizer que a água é límpida e apresenta melhores condições de aproveitamento. A coloração ocorre devido à presença de moléculas em suspensão ou dissolvidas na água, as quais podem compor-se de substâncias minerais, húmicas coloidais, etc. Desta forma a água poluída pode conter uma grande variedade de compostos colorantes orgânicos e/ou minerais. De uma forma geral, água colorida não é prejudicial, mas apresenta inconvenientes aos consumidores. Observa-se que todas as amostras analisadas apresentaram elevados valores para este parâmetro, já observado *in loco* no momento da coleta, a qual apresentava a coloração "chá". Esse fato se deve, principalmente, à elevada decomposição orgânica existente no local, comum nos rios da região.

A **DBO** (demanda bioquímica de oxigênio) é o parâmetro mais comumente utilizado para a medida do consumo de oxigênio na água e reflete essencialmente a concentração de compostos carbonáceos de alta biodegradabilidade nos corpos

hídricos. Também pode ser definida como a quantidade de oxigênio consumida na oxidação biológica da matéria, sendo o parâmetro mais usual de indicação de poluição orgânica. Em ambientes urbanos e também rurais, podem receber principalmente contribuições a partir de esgotos sanitários.

A **DQO** (demanda química de oxigênio) representa a demanda total de oxigênio necessária para oxidar toda a matéria orgânica presente no meio líquido, por intermédio de um agente químico, incluindo os compostos biodegradáveis (DBO) e aqueles passíveis de degradação apenas por agentes fortemente oxidantes, normalmente provenientes de indústrias. Aumentos de DBO são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. Já os aumentos de DQO decorrem principalmente de despejos de origem industrial. Quando os valores de DBO são elevados, podem gerar a diminuição e até a extinção do oxigênio presente nas águas e os processos aeróbios de decomposição de matéria orgânica podem ser substituídos pela decomposição anaeróbia, gerando alterações no ecossistema.

Nas amostras coletadas, verificaram-se índices elevados de DBO, em torno de 8 mg/L. Já a DQO apresentou-se muito superior, acima de sete vezes a DBO. Essa relação indicaria uma contaminação química no local; no entanto, não se verificou no local ou nas proximidades fontes de contaminação química. Dessa forma, possivelmente alguma substância natural do ambiente pode estar inibindo a atividade biológica e resultando em valores altos para DBO e principalmente DQO.

O **fósforo** (P) é um elemento de extrema importância quando relacionado à eutrofização artificial dos corpos d'água. O elemento é vital para todos os processos metabólicos dos organismos vivos e está presente no ambiente sob várias formas. Nos meios aquáticos pode ser encontrado sob as formas orgânicas e minerais, ambas podendo estar dissolvidas ou particuladas, dependendo do arranjo químico. Maiores concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos, águas residuárias industriais e efluentes diversos que contenham detergentes. Essas altas concentrações de Fósforo provocam a eutrofização dos corpos d'água, ocasionando a proliferação excessiva de algas, promovendo a desestabilização do ecossistema, causando grandes alterações nas condições físico-químicas das águas e na comunidade aquática. Suas principais fontes são: dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, detergentes, excrementos de animais. Todas as amostras apresentaram-se abaixo do preconizado pela legislação, sendo que os pontos 01 e 02 encontram-se abaixo do limite de detecção do laboratório, que é de 0,05 mg/L.

O **nitrogênio** (N) pode ser encontrado na água nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as últimas, formas oxidadas. Nas zonas de autodepuração natural, 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. O nitrato (NO_3) e o nitrogênio amoniacal podem ser utilizados para identificação da ocorrência de emissões de efluentes domésticos. O nitrato é considerado persistente, com grande mobilidade, e não se degrada facilmente em meio aeróbico, além de ser oriundo da nitrificação, ou seja, da conversão de amônia por bactérias aeróbias presentes em águas poluídas, passando por nitritos como etapa intermediária. Ocorre

naturalmente nas águas por dissolução de rochas ou, principalmente, por oxidação bacteriana de matéria orgânica de origem predominantemente animal. Maiores concentrações decorrem da utilização de fertilizantes e do lançamento anterior de esgotos orgânicos. O nitrito é formado durante a decomposição da matéria orgânica e prontamente oxidada a nitrato.

O nitrogênio tem importância fundamental à vida dos organismos, uma vez que faz parte integrante da molécula de proteína. Ao lado do fósforo, constitui um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos microrganismos de água doce. Em geral, a presença de N e do P denuncia a poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água. Os resultados obtidos a partir das análises indicaram valores adequados para este parâmetro, assim como para o fósforo. Destaca-se ainda que o nitrogênio amoniacal é parte do nitrogênio total. Dessa forma, verifica-se que até mesmo o nitrogênio total está abaixo do preconizado pela legislação para o nitrogênio amoniacal, indicando ausência de contaminação no local para esses parâmetros.

O **Oxigênio dissolvido (OD)** em água é geralmente expresso em miligramas por litro, partes por milhão ou porcentagem de saturação. O OD é requerido para determinar a respiração dos microrganismos aeróbios e de todas as outras formas de vida aeróbias. A quantidade de oxigênio dissolvido depende da solubilidade do gás, pressão parcial do gás na atmosfera, temperatura, grau de pureza (salinidade, sólidos em suspensão etc.) da água. Como as reações bioquímicas que utilizam o oxigênio se elevam com o aumento da temperatura, os níveis de oxigênio dissolvido tendem a ser mais críticos no verão. Reduções significativas nos teores de OD indicam se estão ocorrendo lançamentos significativos, principalmente de materiais orgânicos, como dejetos humanos ou de animais, inferindo na qualidade do rio. Dessa forma, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de OD (devido ao consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto as águas limpas são as que apresentam concentrações de OD elevadas. Assim, todos os valores observados na área apresentam-se próximos de 6 mg/L, dentro do preconizado pela Resolução Conama nº 356/05, que admite um mínimo de 5 mg/L, demonstrando que o local apresenta boa quantidade de oxigênio dissolvido.

O parâmetro **Sólidos Totais** indica a concentração de partículas na água que podem estar sedimentadas e dissolvidas ou em suspensão. Os **Sólidos Sedimentados** representam as partículas maiores e mais pesadas, que tendem a se depositar no fundo do canal. Os **Sólidos em Suspensão** dividem-se em sedimentáveis e não sedimentáveis. Provêm do carreamento de solos pelas águas pluviais devido a processos erosivos e desmatamento na bacia, lançamento de esgotos domésticos, efluentes industriais e da dragagem para remoção de areia. Os sólidos em suspensão aumentam a turbidez das águas, prejudicando seu aspecto estético e a produtividade do ecossistema pela diminuição da penetração da luz. Esses sólidos em suspensão podem ser de origem natural ou antropogênica. Os sólidos de origem natural são oriundos de rochas, argila, algas e não trazem inconvenientes sanitários, apenas o abrigo de microrganismos patogênicos. Já os sólidos de origem antropogênica resultam de despejos industriais ou domésticos, erosões e estão associados a compostos tóxicos ou agentes patogênicos.

O parâmetro **Sólidos Dissolvidos**, exigido pela resolução Conama nº 357/05, indica a concentração de partículas de tamanho inferior a 10^{-3} micrômetros presentes na amostra. Essas partículas apresentam dimensões extremamente pequenas e permanecem na matriz do corpo hídrico, dificilmente decantando naturalmente. Esses elementos podem ter origem pela erosão do solo ocasionada pela falta de cobertura vegetal, e através de esgotos, além de naturalmente encontrados nas águas devido ao desgaste das rochas por intemperismo. Grandes concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais. No entanto, em todas as amostras analisadas esse teor se encontrou abaixo do limite estabelecido pela legislação, não indicando problemas de degradação por assoreamento.

O parâmetro **Turbidez** representa a dificuldade de passagem da luz através da amostra, conferindo-lhe aparência turva, resultado da presença de partículas suspensas, com tamanho variando desde suspensões grosseiras até partículas coloidais. É uma característica das águas correntes, podendo aumentar nos períodos chuvosos. Em águas dormentes, apresenta, geralmente, valores baixos. A turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais, como partículas minerais, lodo (orgânico), descarga de esgoto doméstico ou industrial ou a presença de um grande número de microrganismos, podendo assim ser avaliada como indicativo da presença de sólidos suspensos e dissolvidos e constituindo um importante parâmetro para avaliação do transporte de sedimentos para o rio. Sua principal fonte é o aporte de partículas de solos provenientes da superfície da bacia hidrográfica, em função de desmatamentos, processos erosivos e atividades de mineração. A turbidez detectada nas amostras foi bem inferior ao limite estabelecido pela legislação, ficando abaixo de 0,1 NTU. A baixa turbidez já era esperada, pois o local encontra-se bastante preservado, com boa cobertura vegetal nas margens, não sendo verificada a presença de material particulado devido a processos erosivos.

O **Potencial Hidrogeniônico (pH)** é um índice que indica a acidez ($\text{pH} < 7$), neutralidade ($\text{pH} 7$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7$) de um meio qualquer, variando de 0 a 14. O "p" significa poder de concentração, e o "H" o íon de hidrogênio (H^+). Alterações naturais advêm da presença de ácidos carbônicos e húmicos dissolvidos. As maiores alterações de pH são provocadas por despejos industriais e águas residuárias de minas. Águas com pH baixo são agressivas, podendo causar o desaparecimento de espécies aquáticas; já com pH elevado, as águas tendem a formar incrustações. Nas amostras analisadas, verificou-se que todos os pHs estavam abaixo de 5,2, demonstrando-se bastante ácidos. A acidez foi verificada também nas amostras de solo, que apresentaram pH inferior a 5 e influenciam diretamente a água.

Os **Óleos e Graxas** são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Essas substâncias, geralmente, são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. Sua origem está relacionada a atividades antropogênicas - uma vez que raramente são encontrados em águas naturais - normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, postos de gasolina, estradas e vias públicas. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água. Dentre eles, destacam-se os de refinarias, frigoríficos e indústrias de sabão. Esse parâmetro é importante, pois, devido a sua baixa solubilidade em água, constitui um fator negativo sobre sua degradação em

unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento de água. A presença de óleos e graxas também diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água, assim podendo, em processo de decomposição, reduzir o oxigênio dissolvido, elevando a DBO e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático.

Embora não exista limite estabelecido para esse parâmetro na legislação brasileira (resolução Conama n° 357/05), há a recomendação de que, para águas de classe 2, os óleos e graxas estejam virtualmente ausentes. Nas amostras coletadas, o valor obtido ficou abaixo de 7 mg/L. Apesar de presentes, a quantidade observada foi pequena.

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 gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas, associadas com as fezes de animais de sangue quente. O grupo de bactérias determinado **coliformes totais** pode ou não causar doenças. A determinação da concentração e tipologia 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, disenteria bacilar e cólera. Quando uma análise acusa a presença de coliformes ainda não indica necessariamente água contaminada por bactérias patogênicas ou vírus, mas a probabilidade é muito grande.

Os **coliformes termotolerantes** são bactérias gram-negativas que podem crescer em meios contendo agentes tensoativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44 a 45°C. Estão presentes nas fezes humanas, de animais homeotérmicos, em solos, plantas e outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal. A *Escherichia coli* é uma bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, sendo a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas. De acordo com a resolução Conama, a *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes, de acordo com limites estabelecidos pelo órgão competente. Os valores de coliformes totais e *E. coli* observados em todas as amostras estão dentro do preconizado pela resolução, mostrando que não está ocorrendo contaminação por esgoto doméstico.

De maneira geral, pode-se diagnosticar que é boa a qualidade dos corpos hídricos na área de estudo. Apresente apenas valores altos para DBO e cor, que podem ser justificados pela condição natural do ambiente, com alta concentração de matéria orgânica e baixo pH.

4.1.7.3. Qualidade das Águas Estuarinas

Todas as interferências que ocorrem na área de drenagem serão refletidas, direta ou indiretamente, na qualidade das águas do seu corpo hídrico. Os problemas de qualidade de água ocorrem pela interação entre componentes internos e externos ao sistema hídrico. Assim, a condição socioeconômica das comunidades vizinhas, a posição geográfica do corpo hídrico, atividades antropogênicas, a geomorfologia da bacia, dentre outros fatores, são aspectos que devem ser considerados.

Os estuários são zonas de transição entre continente e oceano, caracterizados como corpos d'água costeiros, semifechados, com elevada produtividade e que apresentam uma conexão livre com o mar, onde a água salgada sofre diluição gradativa pela água doce proveniente da drenagem terrestre.

A qualidade da água dos ambientes estuarinos e costeiros é um dos principais condicionantes dos organismos ali existentes. Essas características de qualidade respondem a fatores como cobertura vegetal, ação dos ventos, ação de marés, aportes de água doce do continente, lançamento de efluentes e resíduos, batimetria e morfologia do ambiente. Alterações provocadas por tráfego de embarcações, dragagens, aterros, construções de barragens, obras de retificação, bombeamento de e para os cursos, também influem em vários fatores e normalmente resultam em modificações no regime salino e hidrodinâmico local.

A partir da avaliação da condição física e química da água é possível conhecer e compreender o estado de qualidade ambiental da zona estuarina, fornecendo subsídios à interpretação de outros estudos, bem como os possíveis impactos gerados por atividades que venham a ser desenvolvidas na área de influência. Para subsidiar ações de controle da qualidade dos mananciais e para auxiliar na tomada de decisões, a avaliação e monitoramento da qualidade das águas são ferramentas fundamentais.

4.1.7.3.1. *Procedimentos Metodológicos*

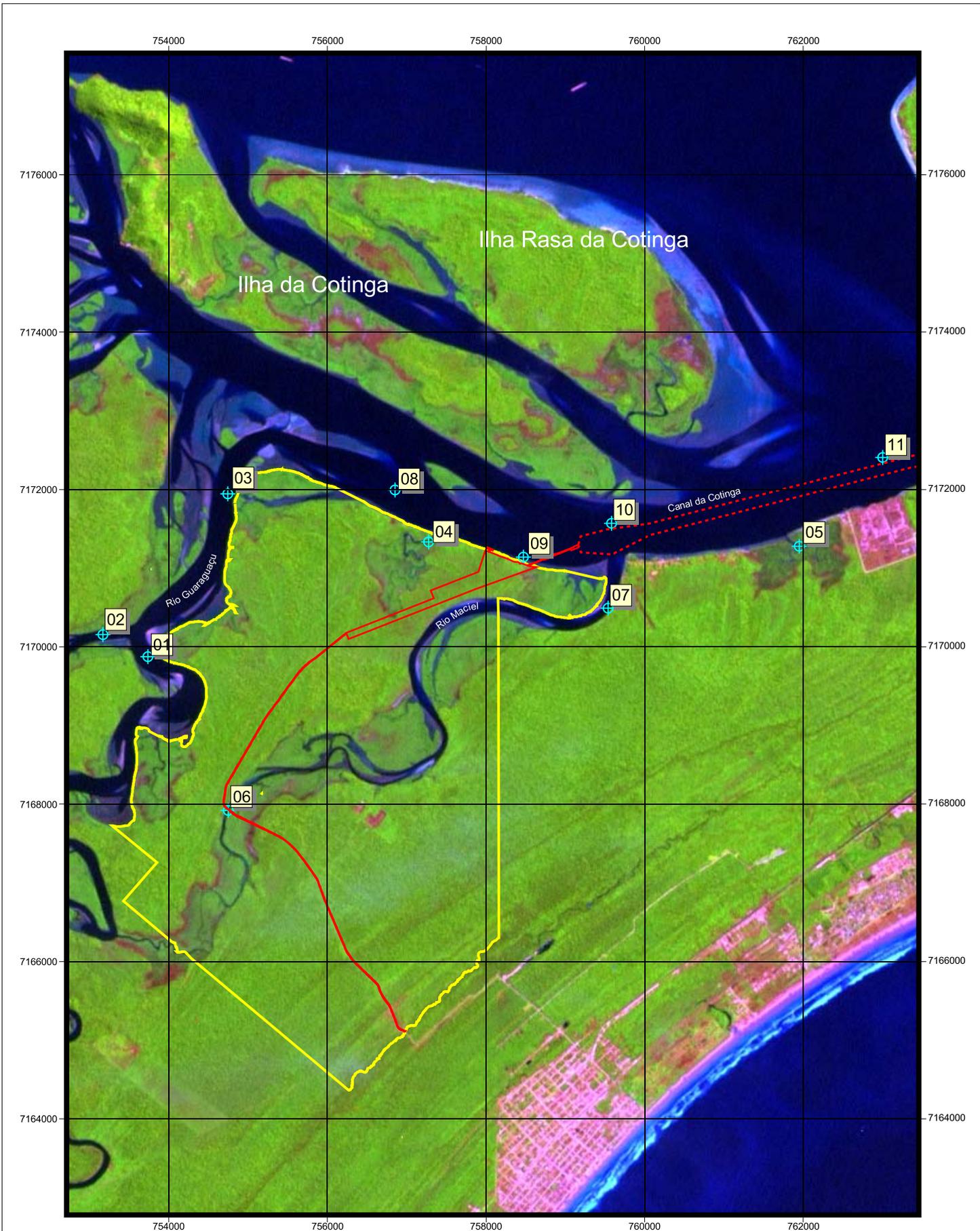
4.1.7.3.1.1. *Plano Amostral*

A caracterização do sistema estuarino contemplou análises em compartimento de água salobra e salina do estuário, que, em função da hidrodinâmica fluviomarina, sofre alterações significativas, ora continental, ora oceânica, na composição química e física.

Com o objetivo de caracterizar a qualidade da água estuarina na AID e ADA, foi realizada uma campanha amostral, no dia 04 de abril de 2009, para estudos dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água. Foram coletadas 11 estações amostrais, sendo quatro na Área de Influência Direta (AID) e sete na Área Diretamente Afetada (ADA). A localização dos pontos foi determinada com receptor de GPS Garmin modelo CEx90, sistema UTM - SAD 69, referenciadas no meridiano -51°. O critério para o estabelecimento dos pontos considerou a localização dos empreendimentos e obras na AID e ADA, representatividade da área e a ausência de dados anteriores (**Tabela 4.32 e Figura 4.135**).

Tabela 4.32 – Localização das estações amostrais de água em função da posição geográfica na AID e ADA e tipo de ambiente.

Coordenada UTM (SAD69)	Caracterização	Compartimentos	
		Ambiente de água salobra	Ambiente de água salina
753732 / 7169871	Rio Guaraguaçu	G1 (AID)	
753168 / 7170154	Rio Guaraguaçu	G2 (AID)	
754739 / 7171944	Foz do rio Guaraguaçu	G3 (AID)	
757274 / 7171334	Foz do tributário 1		T1 (AID)
761950 / 7171276	Foz do rio Baguaçu		T2 (AID)
754995 / 7167181	Rio Maciel, local de construção de ponte	Mac1 (ADA)	
759538 / 7170489	Foz do rio Maciel		Mac2 (AID)
756848 / 7171990	Canal da Cotinga entre Guaraguaçu e Maciel		Mar1 (AID)
758470 / 7171140	Canal da Cotinga - obra		Mar2 (ADA)
759582 / 7171569	Canal da Cotinga, próximo à foz do rio Maciel		Mar3 (ADA)
763000 / 7172407	Canal da Cotinga		Mar4 (ADA)



Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
 CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da Propriedade
- Implantação do Empreendimento
- - - Área de Manobra de Embarcações
- ⊕ Localização dos Pontos de Coleta de Água Estuarina
- n. Identificação dos Pontos de Coleta de Água Estuarina

800 0 800 1600 Meters

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



Figura 4.135 - Estações de Coleta Localizadas nas Áreas de ADA e AID do Empreendimento

4.1.7.3.1.2. Variáveis Analíticas

Diversas variáveis ambientais permitem sua utilização como indicador de qualidade da água. Entretanto, algumas variáveis específicas podem possibilitar um melhor diagnóstico, considerando o tipo e a finalidade da avaliação desejada.

Alguns parâmetros físicos e químicos básicos são muito comumente utilizados em diagnósticos, e têm proporcionado informações relevantes e consistentes sobre a qualidade da água. Em geral, têm norteado os planos de manejo e monitoramento ambiental. Obviamente, análises mais específicas podem ser necessárias em determinadas situações.

A definição dos parâmetros avaliados neste trabalho foi amparada na resolução Conama nº 357/2005 para águas salobras e salinas e buscou considerar os parâmetros que melhor descreveriam a qualidade da água, especialmente os utilizados no Índice de Estado Trófico de Carlson (CARLSON, 1977) modificado, bem como outros parâmetros relevantes ao entendimento da dinâmica do ecossistema e possíveis contaminantes. Dessa forma, os parâmetros de análise estabelecidos para a avaliação da qualidade da água foram: temperatura, condutividade, pH, oxigênio dissolvido, transparência, turbidez, salinidade, fósforo total, nitrogênio total kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, sólidos totais, clorofila, DBO, DQO, arsênio, cádmio, mercúrio, chumbo, níquel, zinco, selênio, cromo, cianeto total, coliformes termotolerantes, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, compostos organoclorados, organofosforados e carbamatos.

O parâmetro salinidade norteia a avaliação dos demais parâmetros, visto que a resolução Conama nº 357/2005 apresenta limites diferenciados para os elementos e compostos químicos, a partir da condição de salinidade da água, se doce, se salina ou se salobra.

Procedimentos de Amostragem e Procedimentos Analíticos

As coletas nos tributários foram realizadas com baixa-mar e período de vazante, e as coletas em ambiente marinho foram efetuadas em preamar e sob enchente, ambas sob maré de quadratura.

Os parâmetros temperatura, condutividade, pH, oxigênio dissolvido e salinidade foram avaliados em toda a coluna d'água para todas as estações amostrais. Para a caracterização destas variáveis foi utilizada uma sonda multiparâmetros Horiba modelo U-22. Foram registradas medidas dos referidos parâmetros a cada 0,5 metro, em cada uma das 11 estações de amostragem (**Figura 4.136 e Tabela 4.33**).



Figura 4.136 – Sonda multiparâmetros Horiba modelo U-22 utilizada na medição de temperatura, pH, condutividade e oxigênio nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7

Tabela 4.33 – Faixas de variação dos parâmetros mensurados com sonda multiparâmetros Horiba modelo U-22 nas estações amostrais localizadas nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7.

Parâmetros	Faixas de medição
Temperatura	0 - 55°C
pH	0 - 14
Salinidade	0 – 4 %
Condutividade elétrica	9 – 99 mS/cm
Oxigênio dissolvido	0 – 19,9 mg/L

Para a avaliação e medida da transparência foi utilizado um disco de Secchi (MOTA, 2000), que consiste na observação precisa da profundidade na qual o padrão gráfico do disco não pode mais ser detectado (**Figura 4.137**).

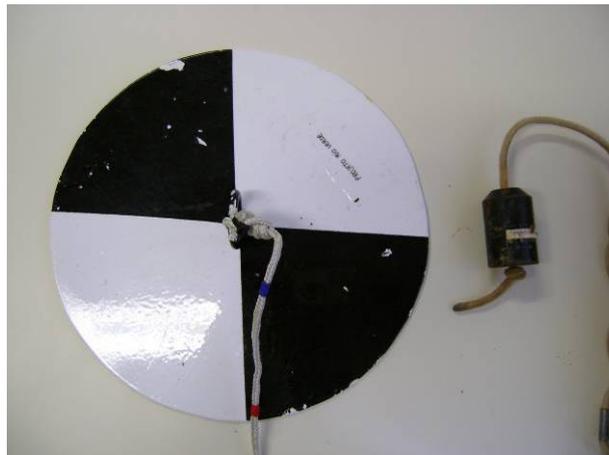


Figura 4.137 – Disco de Secchi utilizado na medição da transparência da água nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7

Para a coleta de amostras para análise de nutrientes, turbidez, clorofila, coliformes, metais, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's) e pesticidas foi utilizada uma Garrafa de Van Dorn com capacidade para 3L (**Figura 4.138**).

A coleta foi realizada em diferentes profundidades de acordo com os seguintes critérios:

- Estações com profundidade inferior a 3 metros: coleta de amostra em subsuperfície (10 – 30 cm);
- Estações com profundidade entre 3 e 6 metros: coleta de amostra em subsuperfície e proximidades do fundo;
- Estações com profundidade superior a 6 metros: coleta de amostra em subsuperfície, na base da zona fótica e proximidades do fundo.

Exceção foi feita à estação Mar2, que apesar de apresentar na ocasião da amostragem 4,2 metros de profundidade - em função da pouca profundidade e homogeneidade química da coluna d'água - foi realizada amostragem apenas em subsuperfície.



Figura 4.138 – Garrafa de Van Dorn utilizada na coleta em diferentes profundidades nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7

Com base no critério supracitado, foram definidos 16 pontos de coleta distribuídos em 11 estações amostrais (**Tabela 4.34**). A profundidade máxima de cada estação amostral foi estimada a partir das informações batimétricas fornecidas pela empresa e confirmada *a posteriori* em campo através de medição da profundidade da coluna dá água com cabo marcado.

Tabela 4.34 – Distribuição das estações amostrais nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7- Pontal do Sul.

Estação	Profundidade Máxima (m)	Pontos em Profundidade	Localização quanto à área de influência
G1	3,0	1	AID
G2	3,0	1	AID
G3 (2 prof – a, c)	5,0	2	AID
T1	1,4	1	AID
T2	2,5	1	AID
Mac1	1,2	1	ADA
Mac2	2,8	1	AID
Mar1	2,3	1	AID
Mar2	4,2	1	ADA
Mar3 (3 prof – a, b, c)	6,6	3	ADA
Mar4 (3 prof – a, b, c)	10,0	3	ADA

NOTA: a = superfície; b = meio; c = fundo.

As amostras de água foram acondicionadas em frascos de vidro e plásticos, de acordo com o parâmetro a ser analisado, identificadas e armazenadas em caixas térmicas (**Figura 4.139**).

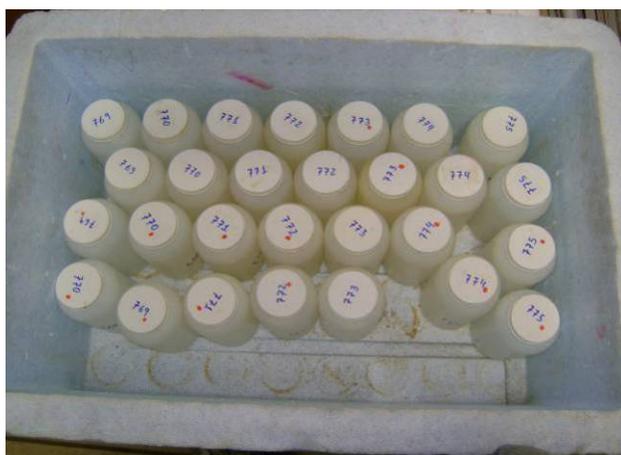


Figura 4.139 – Coleta e armazenamento de amostras em caixas térmicas na amostragem realizada nas áreas AID e ADA do empreendimento Subsea7

Todas as amostras foram encaminhadas aos laboratórios de forma a chegarem dentro do prazo de validade para as diferentes análises. As análises de nutrientes, metais e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos foram realizadas pelo laboratório Bioagri® - Curitiba/São Paulo, com certificação Inmetro (**Anexo IX**).

As análises seguiram os protocolos estabelecidos pela 20ª Edição de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998) (**Tabela 4.35**).

Não foi possível calcular a carga aportada de nutrientes pelos tributários, devido à ausência de dados de vazão. Ademais, os pontos de foz sofrem grande influência de marés, dificultando esta avaliação, conforme já citado.

As amostras de clorofila “a” foram analisadas de acordo com a metodologia de Wetzel e Likens (1996) e recomendações do APHA (1998). As amostras, compostas de 700 a 1000 ml de água, foram filtradas em filtros Whatmann-GFC, com diâmetro de 4,7 centímetros. A extração da clorofila foi feita com acetona 90%, e a leitura em cubetas de 1 centímetro de passo óptico em espectrofotômetro Hitachi U-3001. As análises foram feitas no laboratório do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná, localizado em Curitiba.

Tabela 4.35 – Metodologia de análise de água das estações amostrais localizadas nas áreas de AID e ADA do empreendimento Subsea7.

Parâmetro	Unidade	Metodologia
HPA's	µg/L	EPA SW 846 – 8270C e Método 6410 B
DBO	mg/L	Método 5210 B Teste DBO 5 dias
DQO	mg/L	Método 5220 D Refluxo fechado, método colorimétrico
Fósforo total	mg/L	Método 4500 Método ácido ascórbico
Nitrato	mg/L	Método 4500 Redução de cádmio
Nitrito	mg/L	Método 4500 Colorimetria

Parâmetro	Unidade	Metodologia
Sólidos totais	mg/L	Método 2540 D Gavimetria sólidos totais secos a 103 – 105°C
Turbidez	NTU	Método 2130 B método nefelométrico
Nitrogênio total kjeldahl	mg/L	Método 4500 Macro Kjeldahl / Método eletrodo seletivo amônia
Nitrogênio amoniacal	mg/L	Método 4500 NH3 F Colorimetria automática com salicilato de sódio, método do fenato
Metais	mg/L	Método 3125 espectrofotometria de massa (ICP-MS)
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	Método 9222 D
Cianeto total	mg/L	Método OIA-1678

As análises dos agrotóxicos organoclorados, organofosforados e carbamatos foram realizadas no Centro de Assistência Toxicológica da Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho - Ceatox®, em Botucatu/SP. A determinação analítica foi realizada com auxílio de um cromatógrafo a gás Varian modelo Star 3600 CX. Para os pesticidas organoclorados e organofosforados, o cromatógrafo utilizou um detector de captura de elétrons, com uma coluna cromatográfica DB-1 (organoclorados) e DB-5 (organofosforados), de longitude 30m, d.i. 0,25 mm e filme de 0,25 µm.

A bacia hidrográfica de estudo não apresenta histórico de exploração agrícola significativa e não era esperada a detecção de resíduos de pesticidas na região. Assim, optou-se, em um primeiro momento, por buscar a indicação nas amostras, da presença e ausência dos compostos, que se configuram, em uma análise mais simples, comparativamente à avaliação detalhada de cada molécula. Caso fosse indicada a presença de algum grupo químico, seria realizada toda a gama de moléculas, incluindo as preconizadas pela legislação de referência, bem como as moléculas mais persistentes e mais usadas na região, a partir das mesmas amostradas devidamente conservadas. Foram excluídos da avaliação aqueles compostos de rápida degradação, que dificilmente seriam detectados.

4.1.7.3.1.3. Índice de Estado Trófico - IET

Para a análise do grau de trofia dos corpos lóticos da área de influência do empreendimento, entre eles os rios Guaraguaçu e Maciel, além de dois tributários menores (denominados aqui de T1 e T2), foi utilizada a metodologia do IET - Índice de Estado Trófico de Carlson (CARLSON, 1977; TOLEDO, 1990; LAMPARELLI, 2004) adaptado a ambientes subtropicais. Esse índice classifica os corpos d'água em diferentes graus de trofismo, de forma a se avaliar a qualidade da água quanto ao seu enriquecimento por nutrientes. O IET considera o fósforo total na superfície da água em µg/L (P), a clorofila "a" na superfície da água em µg/L (CL), e a transparência da água (S) de acordo com as respectivas equações:

$$IET(P) = 10 (6 - (\ln(80,32/P) / \ln 2))$$

$$IET(CL) = 10 (6 - (2,04 - 0,695 * \ln (CL)/ \ln 2))$$

$$IET(S) = 10 (6 - (0,64 + \ln(S)/\ln 2))$$

Sendo \ln = logaritmo natural

A expressão do índice: $IET = (IET (P) + IET (CL) + IET (S)) / 3$

A classificação do IET (TOLEDO, 1990) (**Tabela 4.36**) adota os estados de trofia: oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico.

Tabela 4.36 – Classificação do Índice de Estado Trófico de Carlson - IET para rios.

Valor IET	Classificação Trófica
≤ 47	Ultraoligotrófico
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico
$59 < IET \leq 63$	Eutrófico
$63 < IET < 67$	Supereutrófico
> 67	Hipereutrófico

Os resultados das análises foram comparados com os limites da resolução Conama nº 357/2005 e com trabalhos desenvolvidos anteriormente na AII e AID. Considerou-se imprescindível a comparação dos dados gerados neste trabalho com estudos pretéritos desenvolvidos na mesma área.

4.1.7.3.2. Avaliação da Qualidade da Água Estuarina na AII

A caracterização do sistema estuarino contemplou análises em compartimento de água doce, salobra e salina. A análise que se segue avaliou o ambiente fluvial, a zona de mistura fluviomarinha e o ambiente marinho. Eventualmente, o influxo marinho pode ser percebido na área que compreende o ambiente fluvial, assim como, sob certas condições, é possível observar efeitos de origem fluvial em ambiente marinho, tanto em na coluna de água quanto no sedimento.

A bacia hidrográfica litorânea, onde está contemplada a área de estudo, abrange uma área de drenagem de 5.766 quilômetros quadrados. A área total da bacia litorânea representa 2,95% do território paranaense e é composta por duas grandes sub-bacias hidrográficas, a bacia de Paranaguá e a bacia de Guaratuba. A bacia de Paranaguá possui aproximadamente 1.393 quilômetros quadrados e é subdivida em seis sub-bacias, entre elas a bacia do rio Guaraguaçu, localizada no setor sul da bacia de Paranaguá, onde se concentra a área avaliada neste trabalho. A bacia do rio Guaraguaçu possui 635,5 quilômetros quadrados e suas águas são classificadas como classe 2, pois têm finalidade de reserva hídrica para o município de Paranaguá.

O rio Guaraguaçu não possui série histórica confiável para dados de vazão devido à influência das marés em quase todo o seu curso. Contudo, sua bacia

hidrográfica de pequeno porte não permite grandes vazões (ENGEMIN, 2004). Próximo à sua foz, que ocorre sob a forma de delta no canal da Cottinga, abre-se um segundo braço denominado rio Maciel, que tem sua condição e vazão de ligação junto ao rio Guaraguaçu, fortemente influenciada pela ação de maré.

Os principais usos da água na área de influência do empreendimento referem-se à captação de água doce para abastecimento público. Nas áreas de águas salinas são desenvolvidas atividades de pesca artesanal e recreação.

Em relação às áreas classificadas como salinas, estudos anteriores (EIA Pontal, 2006), efetuados no eixo leste-oeste do complexo estuarino de Paranaguá evidenciaram que a dinâmica espaçotemporal das propriedades físicas, químicas e biológicas da baía é controlada primariamente pelos fatores climáticos, como regime de chuvas e ventos, os quais, por sua vez, regulam a intensidade da ação das marés. Assim, o eixo leste-oeste do complexo estuarino de Paranaguá exibe um padrão de estratificação salina em situações de fortes marés vazantes, que ocorrem principalmente no período chuvoso de verão. Nos demais períodos, observa-se uma variação espacial no padrão de estratificação, com águas bem misturadas nos setores mais externos, onde está localizado o ponto Mar4, e uma progressiva estratificação em direção aos setores internos. A coluna d'água é praticamente homogênea em todo o sistema após fortes ventos, e a temperatura apresenta um padrão de distribuição espacial semelhante ao da salinidade. Já as variações verticais e horizontais são de pequena magnitude.

A transparência da água exibe uma relação direta com a salinidade, com valores mais elevados ocorrendo no período seco e inverno, nos setores Bravo I e II (Canal da Galheta). Os valores de pH sofrem pouca variação, porém, em diversas ocasiões, foram observados valores mais elevados, atribuídos às atividades fotossintéticas. O oxigênio dissolvido na água de fundo gera um gradiente decrescente em direção às regiões internas da baía, provavelmente devido a maiores cargas orgânicas próximo ao continente. O material particulado em suspensão apresenta uma variabilidade acentuada, e não apresenta o padrão esperado de incremento com a diminuição da salinidade, o que parece ser consequência da complexa hidrodinâmica do sistema e de processos de ressuspensão dos sedimentos superficiais e penetração da água de fundo de maior salinidade durante a maré enchente (EIA Pontal, 2006).

Em concordância com outros estudos realizados em ambientes costeiros e estuarinos, os valores mais elevados de clorofila-a e nutrientes inorgânicos dissolvidos (*runoff*) ocorrem durante o período chuvoso, com exceção dos setores Bravo Uno e Bravo Dois (Canal da Galheta), que apresentam concentrações caracteristicamente menores (EIA Pontal, 2006).

Para o nitrato, um comportamento de mistura mais conservativo pode ser observado, indicando que a drenagem continental constitui a principal fonte deste constituinte. Os setores Charlie I, II e III constituem uma área fonte para fosfato e amônio, mas um sumidouro para o nitrato.

A região mais externa da baía, representada pelos setores Bravo I e II - na altura de Pontal do Paraná -, pode apresentar concentrações de nutrientes maiores que o

esperado, com base no gradiente salino de mistura, resultante do incremento no aporte de água doce através de vários rios (Guaraguaçu, Maciel T1 e T2) para o canal da Cotonga e, conseqüentemente, para o Canal da Galheta. Ainda no setor Bravo I foi observada uma maior turbidez no verão, com maior influência da drenagem continental. A área apresentou maiores concentrações de nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e fosfato do que o esperado, como consequência do incremento no aporte de água doce através de vários rios para o canal da Cotonga, corroborando os resultados encontrados anteriormente.

O material particulado em suspensão apresentou maiores teores no verão do que no inverno, lembrando que pontos localizados na linha da costa sofrem maior influência do aporte continental (natural e antrópica) e menor influência da corrente principal da baía de Paranaguá. Portanto, apresentam maiores teores de material particulado em suspensão. O setor Bravo Uno apresenta características hidroquímicas consistentes, com o de uma área de desembocadura estuarina e com a variabilidade e magnitude dentro da faixa de variação reportada para outros sistemas costeiros. Em relação à composição do material orgânico particulado, ele é constituído basicamente de detritos vegetais provenientes dos manguezais que circundam a baía e, em menor extensão, de células fitoplanctônicas (EIA Pontal, 2006).

A magnitude dos valores de nutrientes, oxigênio dissolvido, clorofila-a e carbono orgânico particulado sugere que as regiões mediana e interna da baía são caracterizadas por condições que variam de mesotróficas a eutróficas, devido ao impacto antropogênico (esgotos predominantemente) das cidades de Antonina e Paranaguá. O estado trófico da baía de Paranaguá, baseado em taxas anuais de aporte de carbono orgânico, introduzido tanto pelos produtores primários como de origem externa ao sistema estuarino, varia sazonal e espacialmente de uma condição meso-oligotrófica no inverno nas regiões próximas à desembocadura, para uma condição eutrófica no verão, nas regiões mais à montante. É possível que o baixo tempo de residência das águas da baía seja fator limitador do processo de eutrofização natural e artificial no sistema estuarino da baía de Paranaguá. Além disso, os valores dessas variáveis estão na mesma faixa de variação de diversos ecossistemas costeiros e até mesmo abaixo dos valores reportados para sistemas caracterizados pela eutrofização natural e antropogênica (EIA Pontal, 2006).

Quanto à presença de contaminantes, não foram identificados estudos consistentes que tenham observado a presença significativa em água de metais pesados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's) e pesticidas na região da baía de Paranaguá.

A principal causa da poluição atual das águas superficiais na bacia é o despejo de esgotos domésticos, já que apenas 16% do esgoto da cidade de Pontal são coletadas e tratadas (SUDERHSA, 2008). São poucas as atividades industriais desenvolvidas na região e a maioria concentra-se em Paranaguá (SUDERHSA, 2008). Dentre as atividades destaca-se a indústria de papel, de óleos vegetais, indústria de recepção e processamento de fertilizantes, pescado e abatimento de aves (SUDERHSA, 2008). Também existem algumas instalações de piscicultura e mineração, com pontos de areia, saibreiras e pedereiras (SUDERHSA, 2008). Já a agropecuária é pouco desenvolvida, apenas plantações de bananas, arrozais,

hortifrutigranjeiros e pastagens (SUDERHSA, 2008). Nas áreas adjacentes ao canal da Cotinga, dentro da área de influência indireta, há fluxo intenso de pequenas embarcações, balsas e navios, que podem constituir fontes de contaminantes, como, por exemplo, metais originados nas tintas e compostos anti-incrustantes e moléculas derivadas de combustíveis, e com a hidrodinâmica e retrabalho de marés, facilitar o deslocamento destes contaminantes para área a influência direta.

4.1.7.3.3. Avaliação da Qualidade da Água Estuarina na AID e ADA

4.1.7.3.3.1. pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade

A **Tabela 4.37** e a **Tabela 4.38** apresentam os valores observados para pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade nas análises de água das áreas de influência AID e ADA, respectivamente, considerando-se os maiores e menores afluentes e o canal da Cotinga, que contempla os locais de navegação, atracação e manobra. Em tempo, apresenta os valores de referência para os níveis máximos preconizados pela resolução Conama nº 357/2005, considerando ambientes salobros e salgados.

Tabela 4.37 – Dados de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade em sete estações localizadas na AID do empreendimento Subsea7.

AI	Pto	Prof.	pH	Cond.	OD	Temp.	Sal.
	cód	m	unidades	µS/cm	mg/L	°C	%
Área de Influência Direta AID	G1	0	6,67	18,6	4,58	26,5	1,1
	G1	0,5	6,68	19,1	4,52	26,6	1,1
	G1	1	6,68	21,4	4,54	26,6	1
	G1	1,5	6,7	23,3	4,55	26,7	1,3
	G1	2	6,75	24,4	4,61	26,8	1,5
	G1	2,5	6,79	24,9	4,61	26,8	1,5
	G1	3	6,81	25	4,62	26,8	1,5
	G2	0	6,73	20,8	4,07	27	1,2
	G2	0,5	6,73	21,1	4	27	1,2
	G2	1	6,73	21,2	3,97	27	1,2
	G2	1,5	6,73	21,3	3,96	27	1,3
	G2	2	6,71	24	3,96	27	1,4
	G2	2,5	6,74	24,9	4,06	27	1,5
	G2	3	6,77	25,5	4,1	27	1,5
	G3	0	6,98	27,7	4,81	27	1,6
	G3	0,5	6,99	28,8	4,76	27	1,7

AI	Pto	Prof.	pH	Cond.	OD	Temp.	Sal.
	cód	m	unidades	µS/cm	mg/L	°C	%
G3	1	7		29,1	4,69	27	1,7
G3	1,5	7		30,2	4,66	27	1,8
G3	2	7,03		32	4,65	27,1	1,9
G3	2,5	7,05		35,6	4,66	27,3	2,2
G3	3	7,28		36,8	4,92	27,3	2,2
G3	3,5	7,3		37,6	4,89	27,4	2,3
G3	4	7,36		38,9	4,96	27,4	2,4
G3	4,5	7,44		39,4	5,09	27,4	2,4
G3	5	7,47		40,4	5,07	27,5	2,5
Mar1	0	7,76		47,6	7,08	28,6	3
Mar1	0,5	7,79		47,6	7,05	28,6	3
Mar1	1	7,79		49,4	6,91	28,8	3
Mar1	1,5	7,82		51	7,04	28,3	3,1
Mar1	2	7,82		51,2	6,67	28,4	3,1
T1	0	7,46		47,1	5,7	29,1	2,8
T1	0,5	7,42		47,1	5,64	29	2,8
T1	1	7,42		47,7	5,59	28,9	2,9
Mac2	0	7,7		47,6	6,17	27,5	3
Mac2	0,5	7,76		47,7	6,05	27,5	3
Mac2	1	7,77		47,8	5,99	27,5	3
Mac2	1,5	7,78		48	5,99	27,5	3
Mac2	2	7,79		48,1	5,94	27,5	3
Mac2	2,5	7,79		48,5	5,91	27,5	3
T2	0	7,91		53,7	6,48	28,4	3,3
T2	0,5	7,93		55	6,49	28	3,4
T2	1	7,94		55,8	6,49	27,9	3,5
T2	1,5	7,95		56,5	6,38	27,5	3,6
T2	2	7,95		57,6	6,14	27,4	3,7
T2	2,5	7,95		57,7	5,9	27,3	3,7

NOTA: NA = não se aplica

Tabela 4.38 – Dados de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade em quatro estações localizadas na ADA do empreendimento Subsea7.

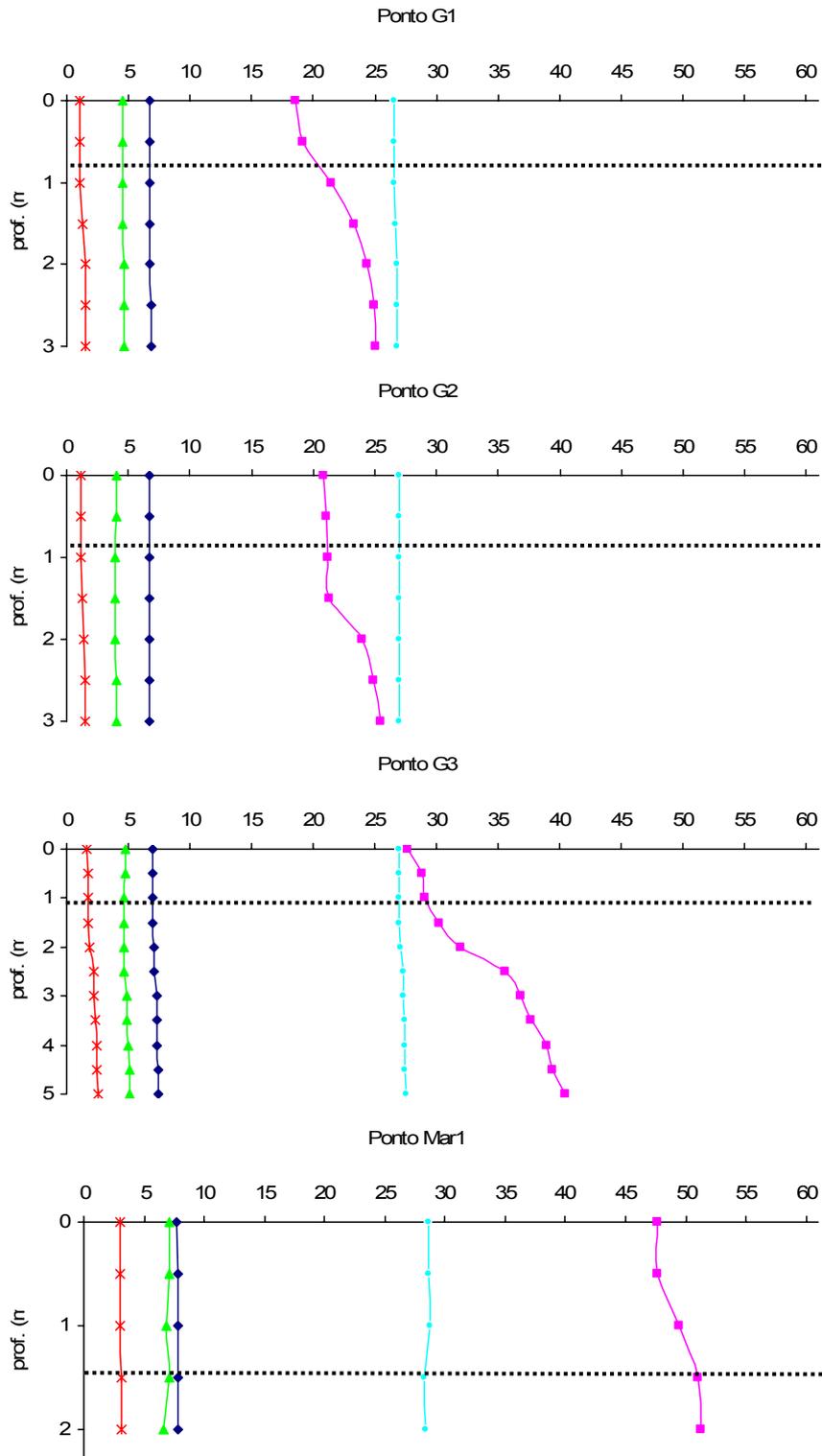
AI	Pto	Prof.	pH	Cond.	OD	Temp.	Sal.
	cód	M	unidades	µS/cm	mg/L	°C	%
Área Diretamente Afetada ADA	Mac1	0	6,68	12,2	2,22	27	0,7
	Mac1	0,5	6,67	12,3	2,12	27	0,7
	Mac1	1	6,68	12,8	2,12	27	0,7
	Mar2	0	7,97	52,8	8,5	29,6	3,2
	Mar2	0,5	7,96	53	8,43	29,6	3,2
	Mar2	1	7,96	53,8	8,3	29,1	3,3
	Mar2	1,5	7,93	54,3	7,8	28,8	3,3
	Mar2	2	7,93	54,1	7,74	28,5	3,3
	Mar2	2,5	7,92	53,8	7,4	28,1	3,3
	Mar2	3	7,91	54,4	7,24	28,1	3,4
	Mar2	3,5	7,91	54,6	7,05	28,1	3,4
	Mar2	4	7,91	54,9	6,97	28,1	3,4
	Mar3	0	8,01	57,8	6,96	28,2	3,6
	Mar3	0,5	8,02	57,9	6,97	28,2	3,6
	Mar3	1	8,02	57,9	6,96	28	3,6
	Mar3	1,5	8	57,9	6,82	28	3,6
	Mar3	2	8	58	6,77	27,9	3,6
	Mar3	2,5	8	58	6,75	27,8	3,6
	Mar3	3	8	58	6,74	27,6	3,7
	Mar3	3,5	7,98	58,4	6,52	27,5	3,7
	Mar3	4	7,97	58,6	6,37	27,2	3,7
	Mar3	4,5	7,97	58,7	6,1	27,2	3,7
	Mar3	5	7,97	58,7	6	27,2	3,7
	Mar3	5,5	7,97	58,7	5,97	27,2	3,7
	Mar3	6	7,97	58,7	5,95	27,2	3,7
	Mar3	6,5	7,97	58,8	5,94	27,2	3,7
	Mar4	0	8,01	59,7	6,49	27,2	3,8
	Mar4	0,5	8,01	59,7	6,4	27,2	3,8
Mar4	1	8,01	59,9	6,29	27,2	3,8	
Mar4	1,5	8,01	60	6,23	27,2	3,8	

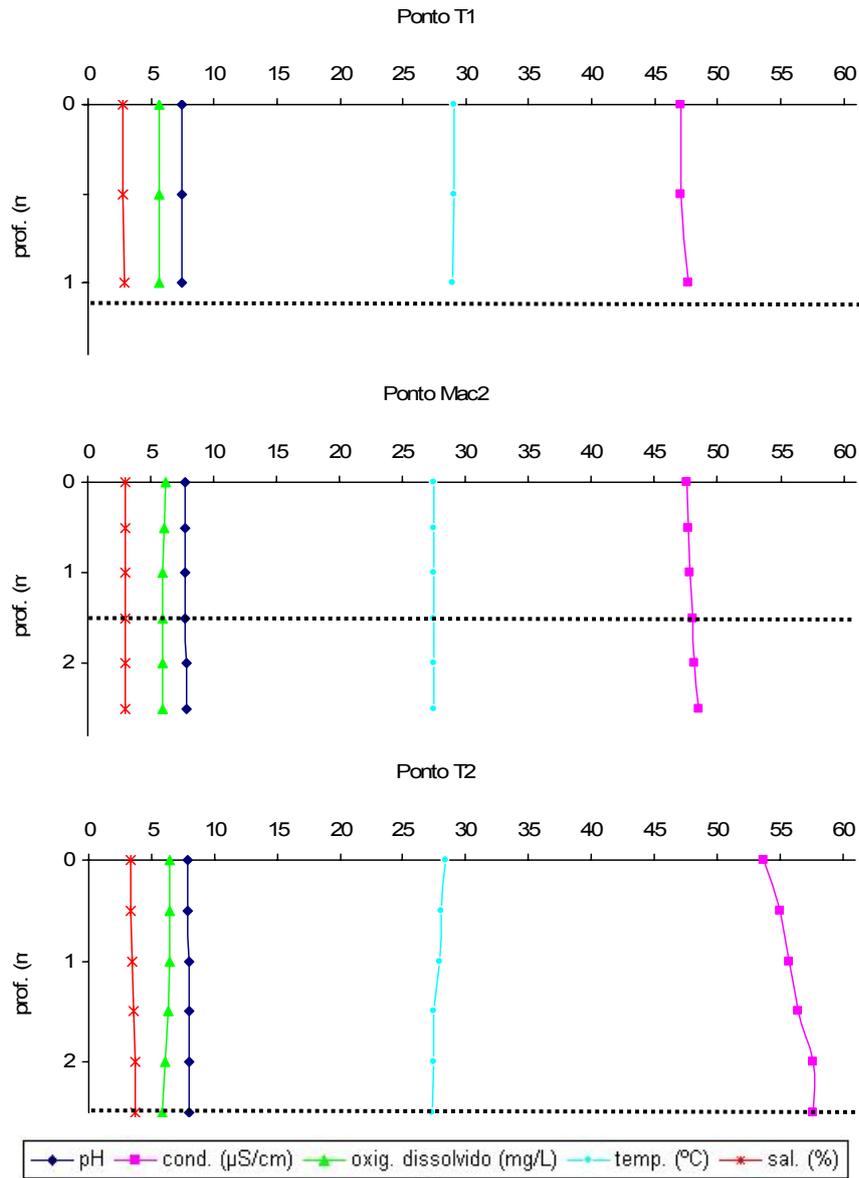
AI	Pto	Prof.	pH	Cond.	OD	Temp.	Sal.
	cód	M	unidades	µS/cm	mg/L	°C	%
	Mar4	2	8,01	60	6,23	27,2	3,8
	Mar4	2,5	8,01	60,1	6,23	27,2	3,8
	Mar4	3	8,01	60	6,21	27,2	3,8
	Mar4	3,5	8,01	60,2	6,21	27,1	3,8
	Mar4	4	8	60,1	6,15	27,2	3,8
	Mar4	4,5	8,01	60,1	6,14	27,2	3,8
	Mar4	5	8,01	60,3	6,15	27,1	3,9
	Mar4	5,5	8	60,4	6,1	27,1	3,9
	Mar4	6	8	60,4	6,1	27,1	3,9
	Mar4	6,5	8	60,4	6,08	27,1	3,9
	Mar4	7	8	60,5	6,06	27,1	3,9
	Mar4	7,5	8	60,5	6,07	27,1	3,9
	Mar4	8	8	60,5	6,04	27,1	3,9
	Mar4	8,5	8	60,5	6,04	27,1	3,9
	Mar4	9	8	60,5	6,03	27,1	3,9
	Mar4	9,5	8,01	60,5	6,02	27,1	3,9
	Mar4	10	8,01	60,5	6,02	27,1	3,9

NOTA: NA = não se aplica

A salinidade sofre alterações com a sazonalidade climática e também com a variação diária das marés. Na maioria dos estuários ocorre a formação de uma cunha salina, devido à maior densidade da água do mar, fazendo com que a água doce permaneça na região do epilímnio.

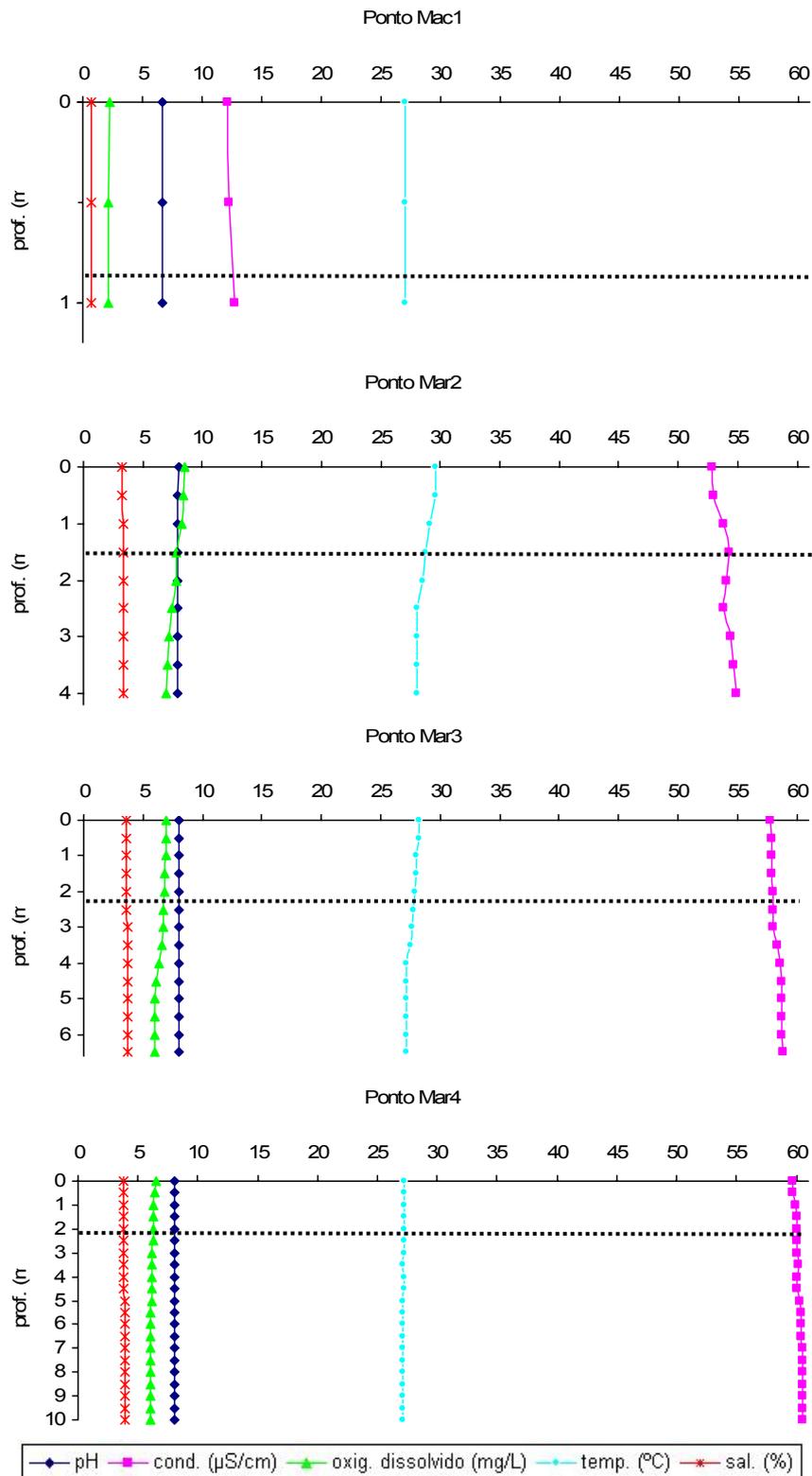
O perfil da coluna d'água foi homogêneo, já que não foram observadas estratificações térmicas e químicas nas 11 estações amostradas. Entretanto, foram registradas estratificações salinas em todas as estações amostradas (**Figura 4.140** e **Figura 4.141**). Cabe destacar que a estratificação de salinidade geralmente apresenta variação acentuada entre os ciclos de sizígias e de quadraturas e que o grau de estratificação vertical é influenciado principalmente pela intensidade das correntes de maré e, secundariamente, pelo aporte de água doce.





NOTA: a linha pontilhada é a transparência da água medida em metros com disco de Secchi.

Figura 4.140 – Perfis de pH, condutividade (cond.), oxigênio dissolvido (oxig. dissolvido), temperatura (temp.) e salinidade (sal.) em sete estações amostrais localizadas na AID do empreendimento Subsea7



NOTA: a linha pontilhada é a transparência da água medida em metros com disco de Secchi.

Figura 4.141 – Perfis de pH, condutividade (cond.), oxigênio dissolvido (oxig. dissolvido), temperatura (temp.) e salinidade (sal.) em quatro estações amostrais localizadas na ADA do empreendimento Subsea7

O pH variou de 6,67 no ponto Mac1 em 0,5 metro a 8,02 na estação Mar3 em 0m, 0,5 metro e 1 metro (**Figura 4.140, Figura 4.141, Tabela 4.37 e Tabela 4.38**). Nota-se que os valores de pH observados estão dentro do limite estabelecido pela legislação para águas salobras e salinas, entre 6,5 e 8,5 (resolução Conama nº 357/2005). Os valores constantes indicam a estabilidade do ecossistema aquático. A violação dos limites de pH por longos períodos de tempo, ou fortes oscilações de pH em curto prazo, resultam na inibição de processos metabólicos, redução de espécies de organismos e também na autodepuração do corpo d'água (IAP, 2009). Alterações de pH podem indicar despejo de esgotos domésticos e industriais, oxidação da matéria orgânica e poluentes atmosféricos, que por sua vez podem aumentar a toxidez de determinados compostos como amônia e aumentar a biodisponibilidade dos metais pesados e outros contaminantes.

A temperatura da água variou de 26,5°C no ponto G1 com 0 metro (superfície) a 29,6°C na estação Mar3, também a 0 metro. Não foi observada estratificação térmica nas estações avaliadas, ou seja, a coluna d'água esteve homogênea em relação à temperatura. As diferenças registradas entre as estações de coleta foram relacionadas ao ciclo diário de intensidade de radiação e calor, já que a estação G1 foi a primeira a ser amostrada, ainda no início da manhã, explicando o menor valor de temperatura observado, enquanto que a estação Mar3 foi amostrada no meio do dia, com pleno sol e, conseqüentemente, apresentou maiores temperaturas. Os valores absolutos de temperatura também foram considerados dentro da normalidade.

Os valores mínimos de salinidade foram registrados no ponto Mac1, com 0,7% nas 3 profundidades amostradas. O teor máximo ocorreu na estação Mar4, considerado o ambiente de maior influência marinha, com 3,9% a partir de 5 metros de profundidade até o fundo (10 metros), (**Figura 4.140, Figura 4.141, Tabela 4.37 e Tabela 4.38**). De acordo com a classificação estabelecida pela Resolução Conama nº 357/2005, 6 estações foram consideradas salobras e cinco, salinas (**Tabela 4.39**). Cabe destacar que o parâmetro salinidade norteia a avaliação dos demais parâmetros segundo a resolução supracitada, com diferenciações nos limites para água doce, salina e salobra. Foi observada, ainda, estratificação salina em todas as estações amostrais, inclusive aquelas localizadas em corpos lóticos, o que se deve à intrusão da cunha salina nesses ambientes. Com a maré de enchente, massas de água com maior concentração de sais e, conseqüentemente, maior densidade, ingressam nos rios, e sua tendência é permanecer nas camadas mais profundas do corpo lótico. A água de menor salinidade e densidade permanece na camada superior, condicionando à estratificação salina observada nos resultados.

A condutividade variou de 12,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto Mac1 a 0 metro a 60,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na estação Mar4 – 10 metros (fundo). As estações localizadas no rio Guaraguaçu, G1, G2 e G3 apresentaram aumento da condutividade proporcional ao aumento de profundidade. Esse aumento também foi percebido nos pontos T2 e Mar1, embora de forma mais discreta. A resolução Conama nº 357/2005 não determina valores máximos permitidos para este parâmetro em águas salobras e salinas, mas os baixos valores observados, em especial nos sistemas lóticos, quando comparados a outros rios (BOLLMANN; CARNEIRO e PEGORINI, 2005) atestam a não ocorrência de impactos significativos nestes cursos hídricos.

Tabela 4.39 – Classificação da água de acordo com a salinidade, conforme valores estabelecidos pela resolução Conama nº 357/2005 em 11 estações amostrais localizadas na AID e ADA do empreendimento Subsea.7

Estação	Salinidade Média (mínimo-máximo)	Classificação quanto à salinidade	Localização quanto à área de influência
G1	1,3% (1,1-1,5%)	Salobra	AID
G2	1,3% (1,2-1,5%)	Salobra	AID
G3	2,1% (1,6-2,5%)	Salobra	AID
T1	2,9% (2,8-2,9%)	Salobra	AID
T2	3,5% (3,3-3,7%)	Salina	AID
Mac1	0,7% (0,7-0,7%)	Salobra	ADA
Mac2	3,0% (3,0-3,0%)	Salina	AID
Mar1	3,1% (3,0-3,1%)	Salina	AID
Mar2	3,3% (3,2-3,4%)	Salina	ADA
Mar3	3,7% (3,6-3,7%)	Salina	ADA
Mar4	3,9% (3,8-3,9%)	Salina	ADA

O mínimo de oxigênio dissolvido, de 2,2 mg/L, ocorreu no ponto Mac1, nas profundidades de 0,5 metro e 1 metro. O máximo valor foi registrado no ponto Mar2 – 0 metro com 8,5 mg/L, devido ao elevado hidrodinamismo do local (**Figura 4.140, Figura 4.141, Tabela 4.37 e Tabela 4.38**). Altas concentrações de oxigênio dissolvido indicam boa qualidade da água, lembrando que a saturação de oxigênio da água do mar é, em média, 20% inferior à da água doce, devido ao seu elevado teor de sais dissolvidos (MOTA, 2000). A baixa concentração de oxigênio dissolvido no rio Maciel foi verificada no ponto onde será construída a ponte de acesso ao empreendimento. Em campo, observou-se que essa região é caracterizada pela estagnação de água, o que pode favorecer baixas concentrações de oxigênio, já que não foram detectadas elevadas concentrações de nutrientes que sugerissem presença de matéria orgânica. Dependendo da capacidade de autodepuração do ambiente, o teor de oxigênio pode diminuir consideravelmente, e assim, alterar substancialmente a diversidade e a biomassa de organismos (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

4.1.7.3.3.2. Transparência e Turbidez

O menor valor de transparência da água foi na profundidade de 0,8 metro nas estações G1 e Mac1 (**Figura 4.142**), ambas localizadas em ambientes lóticos à montante. Quando a transparência é baixa, os raios solares têm dificuldade de penetração em profundidade, levando a limitação da produção primária e, conseqüentemente, a produção fotossintética de oxigênio. A maior transparência foi observada nas estações Mar3 e Mar4, com 2,2 metros. Foi observada a tendência do aumento da transparência dos tributários em direção ao canal da Cotonga, ou seja, a transparência foi menor nas áreas mais próximas ao continente. A turbidez variou de 1,6 NTU no ponto T1 para 8,8 NTU na estação Mar4 à profundidade intermediária de 5

metros (**Figura 4.143**). É possível que a intensidade e a estrutura vertical das correntes tenham exercido influência sobre material particulado ressuspendido, e o grau de turbulência, na dispersão do particulado suspenso ao longo da coluna d'água.

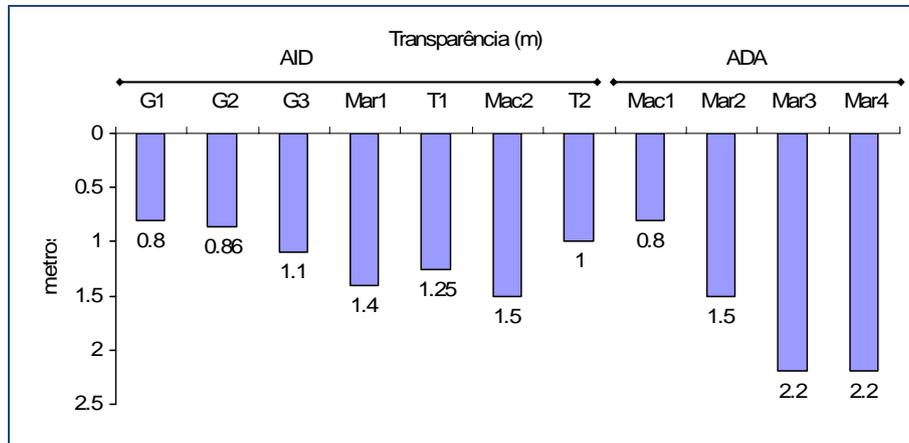


Figura 4.142 – Transparência da água em 11 estações amostrais localizados na AID e ADA do empreendimento Subsea7

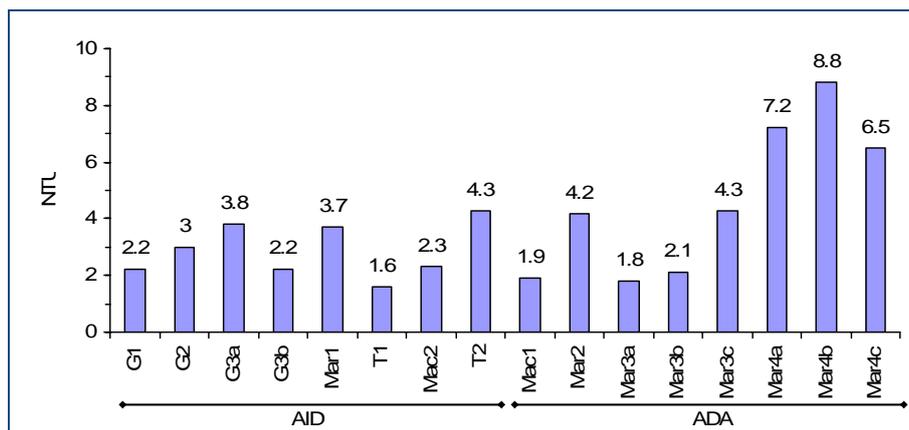


Figura 4.143 – Valores para turbidez (NTU) em 16 pontos (11 estações amostrais) localizados na AID e ADA do empreendimento Subsea7

4.1.7.3.3.3. Série Nitrogenada

Os nutrientes presentes na água podem ser oriundos de diversas fontes, mas principalmente esgotos domésticos e industriais, drenagem urbana, *runoff*, atividades agropecuárias e matéria orgânica. O excesso desses compostos no ambiente aquático pode causar eutrofização e, conseqüentemente, aumento da produtividade primária. Esse desequilíbrio pode estar relacionado à proliferação de macrófitas ou algas, toxidez, massa de matéria orgânica, redução da penetração de luz solar, redução do oxigênio dissolvido, danos a vida aquática, prejuízos à recreação e navegação, entupimentos e corrosão, danos a bombas e turbinas, além de aspecto estético desagradável, enfim, uma série de impactos é relacionada à eutrofização como causa preponderante. Neste caso, os principais nutrientes considerados fatores limitadores do processo no ambiente aquático são nitrogênio e fósforo. Neste trabalho, eles foram

avaliados na forma amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total/polifosfato.

O nitrogênio total variou de 1 mg/L na estação Mar4 em superfície a 7,2 mg/L na estação Mar3 a 5 metros (**Figura 4.144 e Tabela 4.40**). Já para nitrogênio amoniacal, o menor valor observado foi $<0,1$ mg/L(LQ) verificado nos pontos Mar1, T1, Mar3b(4m) e Mar3c(6,5 m) e Mar4c(10 m), enquanto que o valor máximo foi registrado na estação Mar4 (0 e 5m), (**Figura 4.145 e Tabela 4.40**). Para nitrato o valor mínimo foi $<0,01$ mg/L(LQ), observado nos pontos T2, Mar2, Mar3 (0, 4 e 6,5m) e Mar4 (5m), enquanto que o valor máximo verificado foi 0,7 mg/L no ponto Mac1, alcançando o limite preconizado pela resolução Conama nº 357/2005, possivelmente em função da lixiviação de áreas de mangue no entorno (**Figura 4.146 e Tabela 4.40**). O nitrato foi ainda registrado em pequena concentração em outras estações nos corpos lóticos, sugerindo alguma influência das áreas de mangue próximas, onde ocorrem continuamente processos de nitrificação biológica e química, sem, no entanto, descartar possíveis contribuições de esgotos urbanos e contaminação por fertilizantes.

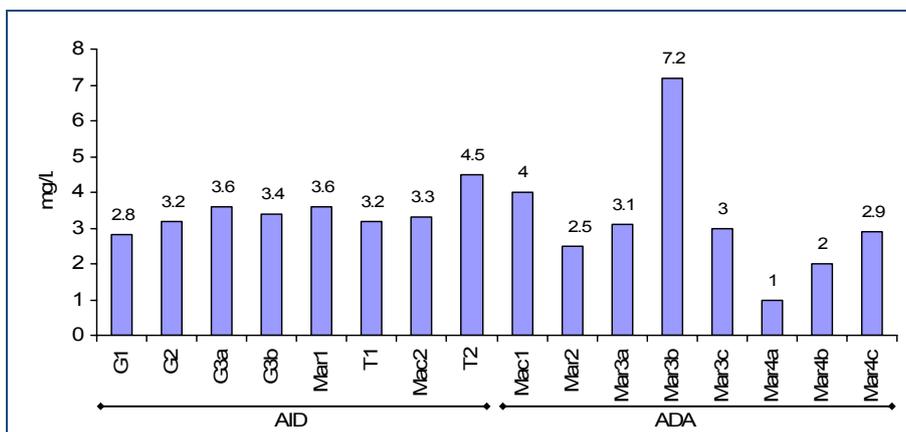


Figura 4.144 – Valores para nitrogênio total kjeldahl em 16 pontos (11 estações amostrais) localizados na AID e ADA do empreendimento Subsea7

Os resultados para nitrito em todos os pontos amostrados abaixo do limite de quantificação $<0,02$ mg/L (**Tabela 4.40**). O valor máximo permitido pela resolução Conama nº 357/2005, para classe 2 de águas salobras e salinas, também é 0,02 mg/L, portanto, dentro de valores aceitáveis. Sabe-se que altas concentrações de nitrogênio na água, em especial na forma de nitrito e amônia, podem ser associadas a aportes de fertilizantes e efluentes domésticos e industriais (IAP, 2009; MOTA, 2000). A amônia é oxidada por microorganismos nitrificantes o que pode significar uma carga adicional para o equilíbrio de oxigênio no corpo hídrico, representando uma demanda adicional de oxigênio (MOTA, 2000), enquanto o nitrito é uma forma bastante instável, sendo rapidamente oxidado a nitrato. Esses íons podem tornar-se tóxicos, quando em elevadas concentrações, para os organismos aquáticos como peixes, zooplâncton e invertebrados bentônicos. As formas nítricas são associadas a descargas não recentes (oxidação de formas amoniacais) ou, ainda, a fertilizantes agrícolas nítricos.

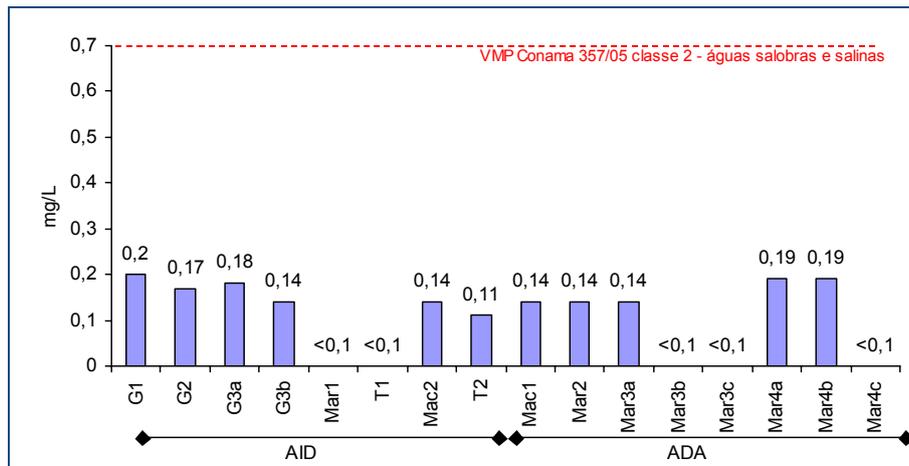


Figura 4.145 – Valores para nitrogênio amoniacal em 16 pontos (11 estações amostrais) localizados na AID e ADA do empreendimento Subsea7

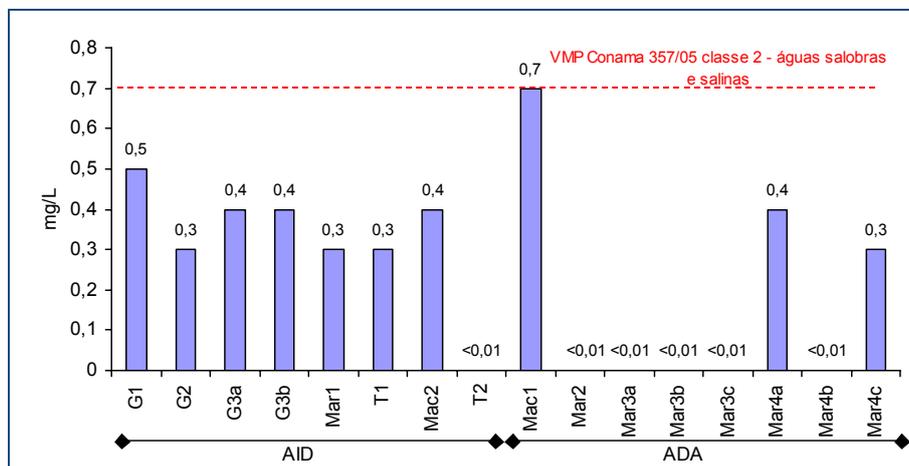


Figura 4.146 – Valores para nitrato em 16 pontos (11 estações amostrais) localizados na AID e ADA do empreendimento Subsea7

4.1.7.3.3.4. Fósforo

O estoque e o fornecimento de fósforo aos sistemas se dão a partir do solo e rochas ou, ainda, de forma antrópica, já que a quantidade disponível naturalmente desse elemento não é abundante. Dentre as principais fontes responsáveis por promover significativos aportes de fósforo aos rios, destacam-se: i) rochas fosfatadas (contendo minerais especialmente do grupo apatitas); ii) solos: escoamento (*runoff*) de superfície e subsuperfície, solobase da calha e erosão de áreas fertilizadas por adubos orgânicos e/ou minerais; iii) drenagem urbana: material orgânico e/ou mineral; iv) esgotos: compostos com fósforo, como proteínas e especialmente detergentes sintéticos, domésticos e industriais e; v) deposição atmosférica pela chuva (baixa concentração).

Avaliando os valores de fósforo determinados, à exceção dos dois tributários (T1 e T2), o fósforo total foi menor que <0,01 mg/L(LQ) em todos os pontos amostrados. Os pontos T1 e T2 apresentaram 0,03 mg/L de fósforo total, ainda bastante abaixo do limite preconizado pela resolução Conama nº 357/2005, que é de 0,186 mg/L para

águas salobras de classe 2, enquanto que, para águas salinas, esse valor é 0,093 mg/L (**Figura 4.147 e Tabela 4.40**), corroborando com a possibilidade dos valores nítricos discutidos anteriormente serem mesmo devido a solubilização de área de mangue nas adjacências, visto que esgotos domésticos apresentam teores significativos de fósforo, tanto em formas de ortofosfatos (reativo) quanto associado ao material particulado orgânico e inorgânico.

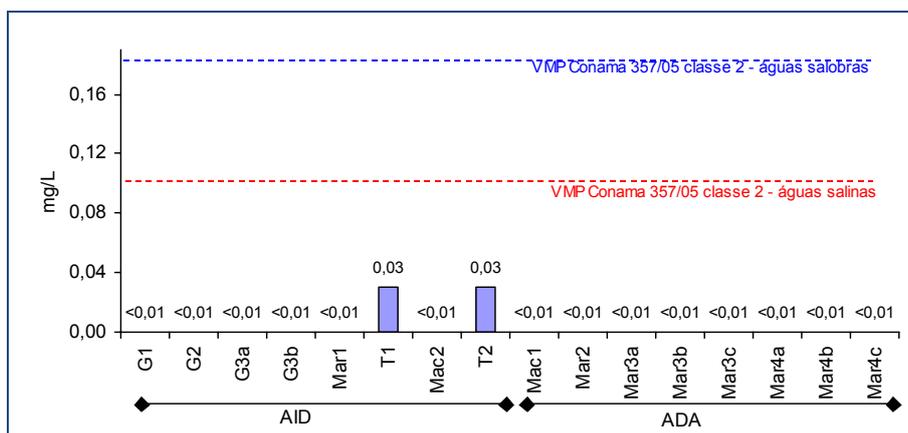


Figura 4.147 – Valores para fósforo total em 16 pontos (11 estações amostrais) localizados na AID e ADA do empreendimento Subsea7

4.1.7.3.3.5. DBO, DQO, Coliformes e Sólidos

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um indicador do teor de matéria orgânica na água, podendo ser utilizada em conjunto com a demanda química de oxigênio (DQO) para se observar a condição de degradabilidade de compostos, já que a DBO mede somente a fração biodegradável. Quanto mais o valor de DBO se aproxima da DQO, mais biodegradável é o material.

Os valores mínimos de DBO e DQO, respectivamente 49 mg/L e 139 mg/L, foram observados no ponto Mac1. Os valores máximos de DBO 1.002 mg/L e DQO 2.724 mg/L, ocorreram na estação Mar4 a 10m de profundidade (**Figura 4.148 e Tabela 4.40**). Os valores para DBO e DQO foram mais elevados nas estações localizadas em ambiente marinho comparativamente às estações nos tributários.

Entretanto, a resolução Conama nº 357/2005 não estabelece para águas salobras e salinas a necessidade de análise dos parâmetros DBO e DQO, devido a grandes interferências da salinidade sobre a marcha analítica, sendo estes parâmetros substituídos por carbono orgânico total. Assim, a interpretação desses valores fica comprometida. De qualquer forma, sugere-se uma investigação subsequente face aos elevados valores determinados, muito embora nenhum composto/elemento potencialmente contaminante tenha sido observado em quantidade significativa entre todas as variáveis analisadas para a água da ADA e AID.

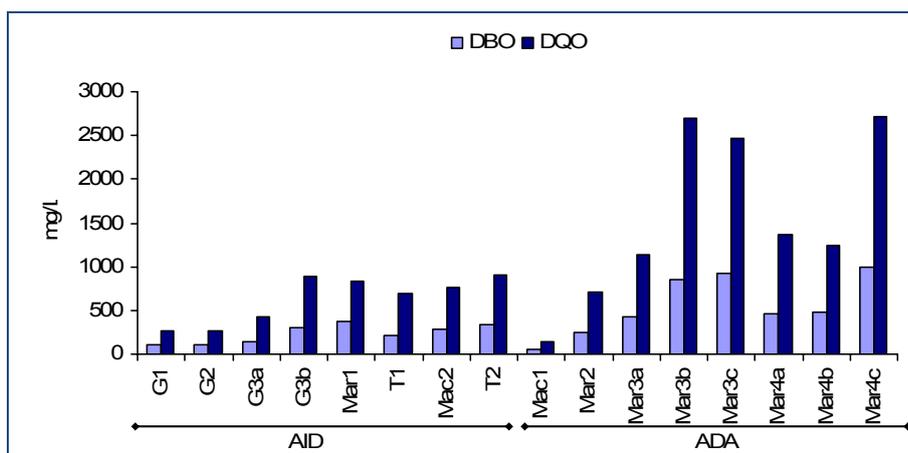


Figura 4.148 – Valores para demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda bioquímica de oxigênio (DQO) em 16 pontos amostrais localizados na ADA e AID do empreendimento Subsea7

Os coliformes termotolerantes indicam a contaminação do corpo hídrico com despejos domésticos e a presença de microorganismos patogênicos. São bactérias que pertencem à família *Enterobacteriaceae*, do tipo *gram* negativas, em forma de bacilos, não formadoras de endósporos e têm sido empregadas como indicadores de qualidade sanitária dos corpos d'água (CALCI; BURKHARDT e WATKINS, 1998).

Nos 16 pontos amostrados, os coliformes termotolerantes não foram registrados com valores acima do limite máximo permitido pela resolução Conama nº 357/2005 (Figura 4.149 e Tabela 4.40. Os pontos Mar3-4m e Mar4-10m (fundo) não apresentaram nenhum valor do parâmetro. O número máximo de 616,7 NMP/100mL foi observado no ponto Mac2, ponto de foz do rio Maciel.

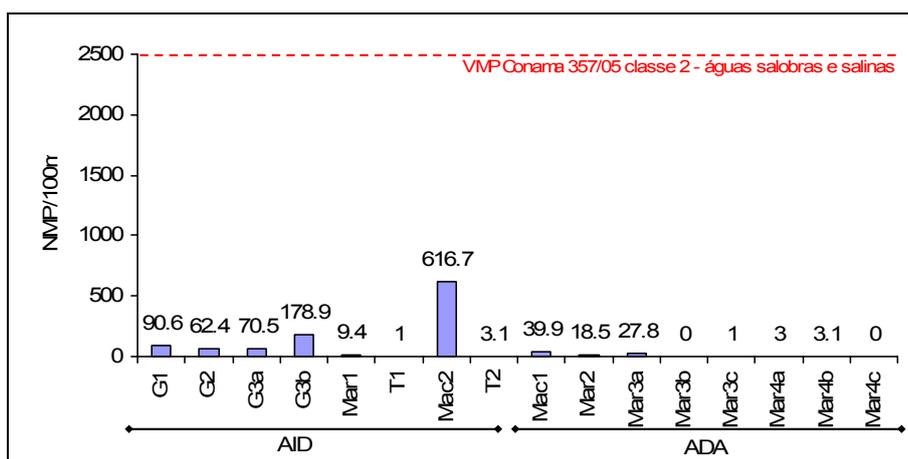


Figura 4.149 – Valores para coliformes termotolerantes em 16 pontos amostrais localizados na ADA e AID na área de empreendimento da Subsea7

Sólidos totais podem indicar não apenas a contaminação orgânica recente de rios por efluentes domésticos e industriais, mas também um excesso de matéria sólida levada aos rios por processos erosivos, movimentação da terra na bacia e perda da mata ciliar (IAP, 2009). As consequências da presença excessiva de sólidos na água

podem incluir assoreamento, diminuição de vazões de escoamento e de volumes de armazenamento, aumento de nível trófico, soterramento de animais e ovos de peixes, aumento da turbidez da água com conseqüente redução da transparência, diminuição da atividade fotossintética, redução do oxigênio dissolvido e impactos sobre a vida aquática (CETESB, 2009).

A resolução Conama nº 357/2005 orienta que substâncias que produzem turbidez devem estar virtualmente ausentes de águas salobras e salinas de classe 2, não especificando um valor limite específico para teor de sólidos. Nos resultados obtidos na amostragem dos 16 pontos notou-se que nos corpos lóticos os valores de sólidos totais foram menores comparativamente aos pontos localizados em ambiente marinho. Os pontos “mais continentais”, representados por Mac1, G1 e G2, de maneira geral, apresentaram os menores teores de sólidos. Por outro lado, a medida que as estações aproximavam-se do ambiente marinho, os valores foram gradativamente aumentando, devido principalmente à biomassa fitoplanctônica. O valor mínimo foi verificado no ponto Mac1, localizado no rio Maciel (localização futura da ponte de acesso), com 6.236 mg/L de sólidos totais, enquanto que o maior valor observado foi de 32.808 mg/L no ponto Mar4 na profundidade intermediária (5m), (**Figura 4.150 e Tabela 4.40**).

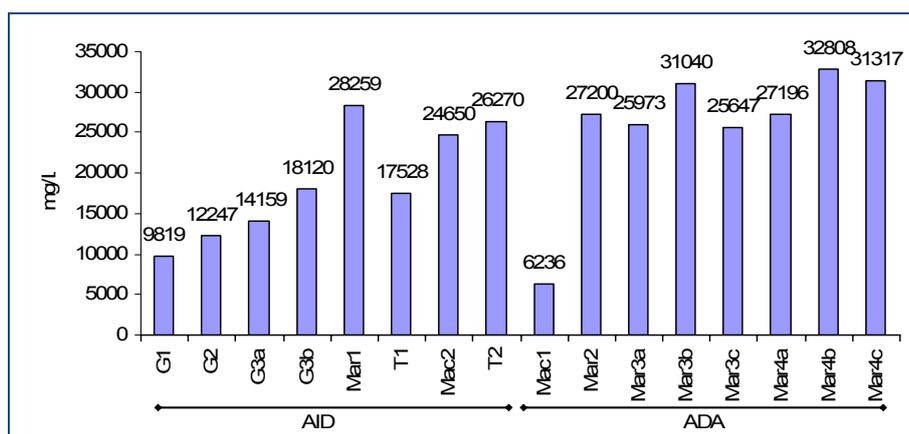


Figura 4.150 – Valores para sólidos totais em 16 pontos amostrais localizados na ADA e AID do empreendimento Subsea7

4.1.7.3.3.6. Clorofila

O teor de clorofila “a” variou entre 0 µg/L no ponto Mar1 e G3-fundo e 13,3 µg/L no ponto T2 (Figura 4.151 e Tabela 4.40). Para ambientes lóticos, considera-se que valores acima de 30 µg/L representam potencial situação de eutrofização (FATMA, 2008; CETESB, 2009) e floração algal, contudo, todos os pontos avaliados na área do empreendimento apresentaram resultados inferiores a esse valor.

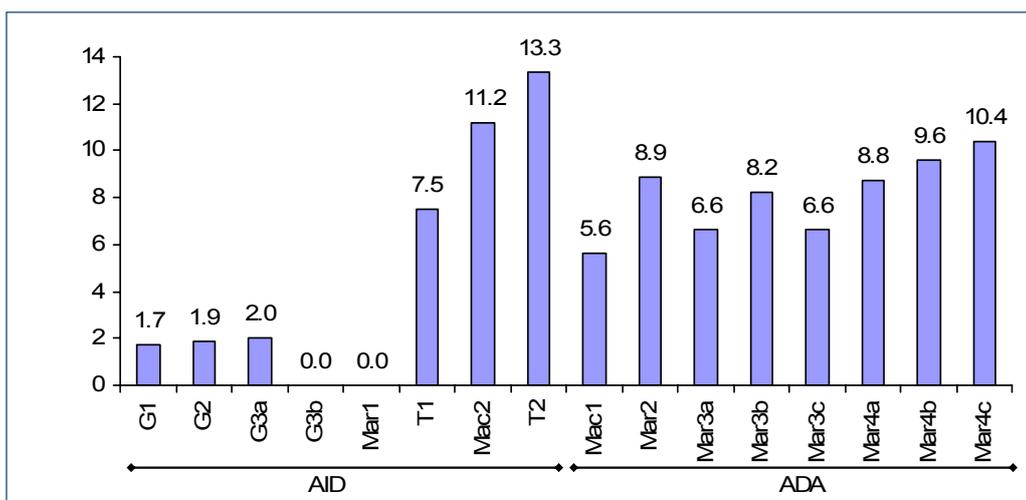


Figura 4.151 – Valores para clorofila “a” em 16 pontos amostrais na ADA e AID do empreendimento Subsea7

Tabela 4.40 – Valores para as variáveis: nitrogênio, fósforo, DBO, DQO, sólidos totais, clorofila “a” e transparência em 11 estações amostrais (16 pontos) localizadas na AID e ADA do empreendimento Subsea7.

Parâmetros	G1	G2	G3		Mar1	T1	Mac2	T2	Mac1	Mar2	Mar3			Mar4			VMP	VMP
	sup. Salobra	sup. salobra	sup (a) salobra	fun (c) salobra	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina	357/05 salobra classe 2 (mg/L)	357/05 salina classe 2 (mg/L)
	AID								ADA									
Turbidez (NTU)	1,9	4,2	1,8	2,1	4,3	7,2	8,8	6,5	2,2	3	3,8	2,2	3,7	1,6	2,3	4,3	-	-
Fósforo total (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,124	0,062
Nitrogênio total kjeldahl (mg/L)	2,8	3,2	3,6	3,4	3,6	3,2	3,3	4,5	4,0	2,5	3,1	7,2	3,0	1,0	3,0	2,9	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	0,2	0,17	0,18	0,14	<0,1	<0,1	0,14	0,11	0,14	0,14	0,14	<0,1	<0,1	0,19	0,19	<0,1	0,40	0,40
Nitrato (mg/L)	0,5	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	<0,01	0,7	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,4	<0,01	0,3	0,40	0,40
Nitrito (mg/L)	<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	<0,02	<0,02	0,07	0,07
DBO (mg/L)	49	257	430	853	930	470	480	1002	114	111	141	303	369	211	289	341	-	-
DQO (mg/L)	275	259	428	884	838	692	770	912	139	706	1142	2694	2474	1372	1236	2724	-	-
Sólidos totais (mg/L)	6236	27200	25973	31040	25647	27196	32808	31317	9819	12247	14159	18120	28259	17528	24650	26270	-	-
Clorofila-a (µg/L)	1,7	1,9	2,0	0,0	0,0	7,5	11,2	13,3	5,6	8,9	6,6	8,2	6,6	8,8	9,6	10,4	-	-
Transparência (m)	0,80	0,86	1,1	1,1	1,4	1,25	1,5	1,0	0,8	1,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	-	-

NOTA: a = superfície; b = meio; c = fundo; sup. = água de superfície, int. = água de profundidade intermediária, fun. = água de fundo, VMP = Valores máximos permitidos.

4.1.7.3.3.7. Metais + Arsênio

Os metais avaliados foram cádmio (Cd), mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni), selênio (Se), e zinco (Zn), e também arsênio (As). Foram observados valores de chumbo de 0,0035 mg/L, 0,0030 mg/L e 0,007mg/L, nos pontos Mar3 - fundo, Mar4 - superfície e Mar4 - intermediário, respectivamente (Tabela 4.41). Muito embora os valores detectados não tenham ultrapassado o limite estabelecido pela resolução Conama nº 357/2005, confirmando estudos anteriores (EIA Porto, 2006; SANTOS et al., 2006) que também não diagnosticaram valores acima do VMP para estes parâmetros.

No ponto T2, em amostra coletada na superfície, indicou-se 0,0032 mg/L de arsênio, cromo 0,0017 mg/L e níquel 0,0036 mg/L. Os valores estão dentro dos limites determinados pela resolução Conama nº 357/2005 para águas salinas classe 2. Em razão de o arsênio ser relativamente fácil de ser encontrado na natureza (BARRA; SANTEL e GUARDIA, 2000), assume-se uma concentração entre 0,002 e 0,003 mg/L como de água salina não poluída (PETROPULU; VARSAMIS e PARISSAKIS, 1997). Já o níquel ocorre em águas naturais apenas em traços (FRESENIUS et al., 1988) e sua detecção pode estar relacionada ao despejo de águas residuais de indústrias químicas, produção de metal ou mineração (SANTOS et al., 2006), embora com remota probabilidade, visto que os valores observados foram ínfimos. Da mesma forma para o chumbo, do qual foram detectados apenas traços nas estações Mar3 e Mar4, portanto, sem indicação de contaminação nas concentrações observadas.

4.1.7.3.3.8. Pesticidas

Para a avaliação dos pesticidas, o critério de elegibilidade dos compostos foi a contemplação pela resolução Conama nº 357/2005, associada ao grau de persistência do composto no ambiente. Pesticidas considerados persistentes foram considerados prioritários para avaliação neste estudo.

Por outro lado, a bacia hidrográfica do rio Guaraguaçu não apresenta histórico de exploração agrícola significativa e não era esperada a detecção de resíduos de pesticidas na região, conforme já discutido. E conforme o pressuposto, não foi observada a presença de nenhum dos grupos químicos avaliados: organoclorados, organofosforados e carbamatos nas amostras de água analisadas, em nenhuma das estações (**Tabela 4.42**).

Tabela 4.41 – Valores para Metais + As em 11 estações amostrais (16 pontos) de água nas áreas de ADA e AID do empreendimento Subsea7.

Elementos	G1	G2	G3		Mar1	T1	Mac2	T2	Mac1	Mar2	Mar3			Mar4			VMP 357/05 salobra classe 2 (mg/L)	VMP 357/05 salina classe 2 (mg/L)
	sup. salobra	sup. salobra	sup (a) salobra	fun (c) salobra	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina		
AID								ADA										
As (mg/L)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0032	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,069	0,069
Cd (mg/L)	<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	<0,0001	<0,0001	0,04	0,04
Pb (mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,0035	0,0030	0,0007	<0,005	0,21	0,21
Cr (mg/L)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0017	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1,1	1,1
Hg (mg/L)	<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	<0,0001	<0,0001	0,0018	0,0018
Ni (mg/L)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0036	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,074	0,074
Se (mg/L)	<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	<0,005	<0,005	0,29	0,29
Zn (mg/L)	<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	<0,0001	<0,0001	0,12	0,12

NOTA: a = superfície; b = meio; c = fundo; sup. = água de superfície, int. = água de profundidade intermediária, fun. = água de fundo, VMP = Valores máximos permitidos.

Tabela 4.42 – Valores para pesticidas organoclorados, organofosforados e carbamatos em 11 estações amostrais (16 pontos) de água nas áreas de ADA e AID do empreendimento Subsea7

Pesticidas	G1	G2	G3		Mar1	T1	Mac2	T2	Mac1	Mar2	Mar3			Mar4			
	sup. salobra	sup. salobra	sup (a) salobra	fun (c) salobra	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina	
AID								ADA									
Organoclorados	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Organofosforados	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carbamatos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

NOTA: a = superfície; b = meio; c = fundo; sup. = água de superfície, int. = água de profundidade intermediária, fun. = água de fundo.

4.1.7.3.3.9. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's) são compostos resistentes à degradação microbiana. Consistem em moléculas hidrofóbicas, que apresentam baixa solubilidade em água e, quando sorvidos no sedimento, podem persistir por vários anos no ambiente. Têm ampla distribuição e são encontrados como constituintes de misturas complexas em todos os compartimentos ambientais, especialmente no sedimento.

Um total de 16 tipos de HPA's foi investigado nas 16 amostras de água das áreas de influência do empreendimento, AID e ADA. Os valores dos HPA's foram comparados com a resolução Conama nº 357/2005, para águas salobras ou salinas, classe 2, como já discutido. Na referida resolução não estão estabelecidos valores máximos permitidos para todos os HPA's analisados, de modo que essa interpretação fica parcialmente limitada.

Em todos os pontos, a exceção do Mar3 e Mar4, não foram observados HPA's em concentrações acima do limite de detecção do método analítico – LQ <0,01 µg/L (**Tabela 4.44**). No ponto Mar4-superfície, foram detectadas concentrações acima do limite permitido para os HPA's benzo(a) pireno - 0,02 µg/L e benzo(b) fluranteno - 0,02 µg/L. Também foram observadas concentrações de 0,03 µg/L para pireno, 0,07 µg/L de fenantreno, 0,05 µg/L de fluoranteno e 0,03 µg/L de fluoreno, que embora não sejam contemplados pela legislação, tendo como referência o padrão homogêneo de 0,018 µg/L adotado para os compostos preconizados, igualmente estariam em suposta desconformidade com valores teóricos de referência.

A mesma situação é apresentada no ponto Mar3 - fundo, onde foram registrados os mesmos HPA's não contemplados pela legislação. Nesse ponto os valores observados foram 0,02 µg/L para fenantreno, 0,02 µg/L para fluoranteno e igualmente 0,02 µg/L para fluoreno.

Ainda no ponto Mar4, foram registrados valores de benzo(b) fluranteno - 0,01 µg/L e também criseno - 0,01 µg/L, dentro do limite permitido pela resolução Conama nº 357/2005.

4.1.7.3.3.10. Cianeto

O cianeto é um composto usado como sal ou complexo, é altamente tóxico e utilizado em atividades de mineração (Mattos, 2003) em vários processos de síntese química e metalúrgica, como na eletroquímica, tratamento de metais, fabricação de compostos químicos, inseticidas (CETESB, 2009) recuperação de molibdênio (Mattos, 2003) tratamento de pedras preciosas (Doudoroff, 1976).

Nas análises realizadas não foram detectadas concentrações de cianeto acima limite de quantificação do método 0,005 mg/L, em nenhum dos 16 pontos amostrados, (**Tabela 4.43**). Embora a resolução Conama nº 357/2005 estabeleça como valor máximo permitido 0,001 mg/L para águas salobras e salinas de classe 2, a não detecção do elemento em todas as determinações realizadas sugere a ausência do composto.

Tabela 4.43 – HPA's em 16 pontos amostrais de água nas áreas de ADA e AID do empreendimento Subsea7.

Elementos	G1	G2	G3		Mar1	T1	Mac2	T2	Mac1	Mar2	Mar3			Mar4			VMP	VMP
	sup. salobra	sup. salobra	sup (a) salobra	fun (c) salobra	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina	357/05 salina classe 2 (µg/L)	357/05 salobra classe 2 (µg/L)
	AID								ADA									
Benzo(a) antraceno	<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	<0,01	<0,01	0,018	0,018
Benzo(a) pireno	<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	0,02	<0,01	<0,01	0,018	0,018
Benzo(b) Fluoranteno	<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	0,02	<0,01	<0,01	0,018	0,018
Benzo(k) Fluoranteno	<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	<0,01	<0,01	0,018	0,018
Criseno	<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	<0,01	<0,01	0,018	0,018
Dibenzo(a,h) antraceno	<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	<0,01	<0,01	0,018	0,018
Indeno (1,2,3-c,d) pireno	<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	<0,01	<0,01	0,018	0,018
Naftaleno	<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	<0,01	<0,01	-	-
Pireno	<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	0,03	<0,01	<0,01	-	-
Acenafteno	<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	<0,01	<0,01	-	-
Acenaftileno	<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	<0,01	<0,01	-	-
Antraceno	<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	<0,01	<0,01	-	-
Benzo(g,h,i) Perileno*	<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	<0,01	<0,01	-	-
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,07	<0,01	<0,01	-	-
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,05	<0,01	<0,01	-	-
Fluoreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03	<0,01	<0,01	-	-

NOTA: a = superfície; b = meio; c = fundo; sup. = água de superfície, int. = água de profundidade intermediária, fun. = água de fundo, VMP = Valores máximos permitidos.

Tabela 4.44 – valores para cianeto livre em 11 estações amostrais (16 pontos) de água nas áreas de ADA e AID do empreendimento Subsea7.

Parâmetro	G1	G2	G3		Mar1	T1	Mac2	T2	Mac1	Mar2	Mar3			Mar4			VMP
	sup. salobra	sup. salobra	sup (a) salobra	fun (c) salobra	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup. salina	sup. salobra	sup. salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina	sup (a) salina	int (b) salina	fun (c) salina	357/05 salina/salobra classe 2 (mg/L)
	AID								ADA								
Cianeto livre (mg/L)	<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	<0,005	<0,005	0,001

NOTA: a = superfície; b = meio; c = fundo; sup. = água de superfície, int. = água de profundidade intermediária, fun. = água de fundo, VMP = Valores máximos permitidos.

4.1.7.3.3.11. Índice de Estado Trófico

De acordo com os resultados do Índice de Estado Trófico (IET) os rios podem ser classificados de oligotróficos a mesotróficos. Na AID, representada pelos pontos localizados nos rios Guaraguaçu (G1, G2 e G3), Maciel (Mac2) e nos dois tributários denominados T1 e T2, a qualidade dos corpos lóticos é mesotrófica na foz dos tributários, aonde chega a carga de nutrientes de toda a bacia à montante (Tabela 4.45). No trecho localizado na ADA, o rio Maciel é classificado como oligotrófico.

Tabela 4.45 – Valores do IET em 7 corpos lóticos nas áreas de ADA e AID do empreendimento Subsea7.

Ponto / Área de influência	Valor IET	Classificação Trófica	Fósforo total (mg/L)	Transparência (m)	Clorofila a (µg/L)
G1 – AID	48	oligotrófico	< 0,01	0,80	1,7
G2 – AID	70	oligotrófico	< 0,01	0,86	1,9
G3 – AID	50	oligotrófico	0,03	1,10	2,0
T1 – AID	51	oligotrófico	< 0,01	1,25	7,5
Mac2 – AID	53	mesotrófico	< 0,01	1,50	1,5
T2 – AID	53	mesotrófico	0,02	1,00	13,3
Mac1 - ADA	52	oligotrófico	< 0,01	0,80	5,6

4.1.7.3.4. Considerações

Considerando-se os baixos níveis de trofia, os valores baixos dos parâmetros indicativos de poluição discutidos anteriormente, como série nitrogenada, fósforo e coliformes termotolerantes, e, da mesma forma, baixos valores observados para os elementos metálicos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, ausência de agrotóxicos, e ainda, estudos anteriores na região (EIA do Porto, 2006) não tenham indicado qualquer nível de contaminação significativo, conclui-se, com base nas avaliações realizadas, que a área de estudo não apresenta nenhum indício de contaminação recente por nenhum dos parâmetros considerados neste estudo.

4.1.8. Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira

Os processos de mistura, circulação e estratificação do complexo estuarino são governados basicamente por três forçantes: a descarga de água doce, as correntes de maré e a transferência de momentum pelo cisalhamento do vento em sua superfície livre. A eles somam-se as influências exercidas pela geometria do corpo estuarino e pela salinidade e padrões de circulação da região costeira adjacente.

Cada uma dessas três forçantes governa um tipo particular de circulação da água:

- a) a descarga de água doce induz a circulação gravitacional;
- b) as correntes de maré governam a circulação residual;
- c) e a fricção do vento causa a circulação induzida pelo vento.

A circulação gravitacional é causada pelas diferenças de densidade entre o aporte de água doce e a salgada do oceano. São formados gradientes de densidade, verticais e longitudinais nos corpos d'água costeira influenciados pela maré e ventos que tendem a misturar a coluna de água. A diferença de pressão causada faz com que haja um fluxo de água superficial em corre em direção ao mar e um fluxo de entrada de água subsuperficial, em sentido ao estuário.

Os estuários parcialmente misturados ocorrem quando os rios deságuam em um mar com uma variação moderada de maré. As correntes de maré são significativas e toda a massa d'água se move com a enchente e a vazante. A energia envolvida nesses movimentos é grande e é dissipada, principalmente, pelo atrito com o fundo, produzindo turbulência. Os vórtices turbulentos gerados misturam tanto a água salgada, para cima, como a água doce, para baixo (circulação gravitacional). Com isso, a salinidade da superfície aumenta bem mais uniformemente estuário abaixo, e a ocorrência de água doce não diluída se dá apenas próximo à cabeceira.

Kjerfve (1984), tomando como ponto de partida a gênese geológica desses ambientes costeiros e o fato de que os mesmos apresentam vários estágios de desenvolvimento em escalas de tempo, dependentes de um lado, dos ciclos de glaciação e, de outro, das variabilidades locais (suprimento de sedimentos, fatores climáticos, geológicos e energéticos - correntes, ondas e marés), propôs uma definição sistemática para as zonas ou sistemas estuarinos:

É um ambiente costeiro, com conexão restrita com o oceano adjacente, a qual permanece aberta pelo menos intermitentemente. Esse sistema pode ser dividido em três regiões distintas:

a- Zona de maré do rio (ZR), a parte fluvial contendo apenas água doce, mas sujeita à influência da maré;

b- Zona de mistura (ZM), o estuário propriamente dito, que se caracteriza pela mistura de massas de água distintas (doce e do mar) e conseqüentemente por uma acentuada variação espacial e temporal das propriedades. Esta zona estende-se entre a ZR e a entrada do estuário (desembocadura); em alguns casos esta última pode ser limitada fisicamente por uma barra de areia de maré enchente ou um delta de maré vazante;

c- Zona costeira (ZC), a região costeira do mar adjacente, que se caracteriza por uma maior turbidez se comparada ao ambiente adjacente; horizontalmente essa zona se estende até a chamada zona frontal.

O complexo estuarino da Baía de Paranaguá pode ser classificado como um estuário parcialmente misturado do tipo b, isto é, apresentando in-homogeneidades laterais. Verticalmente, a estrutura da coluna d'água é principalmente homogênea, com exceção de certos momentos, principalmente no início da maré enchente, quando duas camadas de densidades diferentes aparecem bem marcadas. De acordo com Knoppers et al. (1987), Marone et al. (1995) e Machado et al. (1997), o sistema estuarino da baía de Paranaguá exibe um padrão de estratificação salina somente em situações de fortes marés vazantes, que ocorrem principalmente no período chuvoso (verão). Nos demais períodos, observa-se uma variação espacial no padrão de estratificação, com águas bem misturadas no setor externo e uma progressiva estratificação em direção ao interior da baía. Estas informações demonstram que a hidrodinâmica da baía é fortemente influenciada pelos fatores climáticos (regime de chuvas e ventos).

4.1.8.1. Metodologia de Medições na Hidrodinâmica

Os dados utilizados para a caracterização física da dinâmica das águas estuarinas e costeiras foram resgatados do banco de dados oceanográficos do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná mantido pelo Grupo de Física Marinha.

Os dados de maré são originários dos marégrafos instalados de forma permanente (Paranaguá, Antonina, Ilha do Mel) e outros instalados em forma esporádica em outros pontos da área (Pontal do Sul, Guaraqueçaba, etc.). Os registros dos marégrafos permanentes são do tipo contínuo em papel e estão referidos aos níveis de redução locais. Esses registros analógicos são digitalizados a cada 30 minutos, produzindo-se assim os arquivos digitais do nível do mar, que, dependendo do local, estendem-se por vários anos. Já os registros digitais esporádicos são obtidos com marégrafos digitais do tipo Aanderaa, em intervalos entre 5 e 30 minutos, por períodos de pelo menos um mês e até quatro meses. Esses dados são referidos ao nível médio do mar no local.

Os dados de correntes são obtidos por diferentes métodos e, ao serem integrados para a área de estudo, permitem a elaboração dos mapas de correntes apresentados. Para a obtenção dos dados, métodos Lagrangianos e Eulerianos são utilizados. Num caso, elementos de marcação (garrafas de deriva, tintas especiais - rodamina) são lançados no mar e o seu movimento acompanhado ao longo do tempo.

Assim, parte das informações utilizadas corresponde ao lançamento de 4000 garrafas de deriva no canal da Galheta e no canal Norte, com taxa de recuperação superior a 30%, e de observações realizadas com rodamina na área de despejo do banco dos Ciganos.

Diferentemente dos métodos que fornecem a direção das correntes e do transporte de forma qualitativa, métodos quantitativos foram intensivamente usados na construção das cartas de correntes. Para tal, correntômetros digitais tradicionais SensorData SD6000, correntômetros eletromagnéticos Interocean S4 e correntômetros de efeito Doppler ADP Sontek. No caso dos dois primeiros, as medições são realizadas, na maioria das oportunidades, em fundeios, quando os equipamentos ficam amarrados a um peso no fundo realizando as observações de intensidade e direção das correntes em intervalos regulares de entre 5 e 30 minutos ou uma hora. Também, os equipamentos são utilizados para perfilagens verticais, quando os correntômetros são descidos desde uma embarcação ancorada, da superfície ao fundo, em intervalos de 30 minutos até duas horas, por pelo menos um ciclo de maré (12,40 h para a área de estudo).

As medições com o uso de correntômetros ADP são feitas com o equipamento fixo numa embarcação em movimento ou fundeada num ponto fixo. O equipamento emite um som que, no seu retorno (eco) é modificado pelas correntes pelo efeito Doppler, o que permite estabelecer as intensidades e direções com referência ao fundo. Travessias dos canais a cada uma ou duas horas, com esse equipamento, durante pelo menos um ciclo completo de maré, fornecem “fotografias” das correntes na seção amostradas. Já no caso de amostragem num ponto fixo, o equipamento registra as correntes num perfil vertical das proximidades da superfície até as proximidades do fundo, a intervalos temporais predefinidos (15 minutos, usualmente).

Finalmente, informações sobre temperatura, salinidade, turbidez e outros parâmetros oceanográficos são obtidas ou por instrumentos autônomos (CTDs SensorData SD200) ou por sensores adicionais anexados aos correntômetros (IOS S4, SD6000, etc.). Quando devidamente equipados, os correntômetros IOS S4 podem funcionar como ondógrafos, para o que devem ser instalados em fundeios, como feito na área da boca da baía de Paranaguá. Também, dados de ondas foram obtidos na estação da Ilha do Mel com ondógrafo Falmouth de efeito Doppler.

Os dados meteorológicos utilizados são originários das estações meteorológicas do CEM na área (Tipo Campbell), as que monitoram de forma permanente a temperatura do ar, pressão atmosférica, pluviosidade, intensidade e direção dos ventos, etc.

O posicionamento geográfico é realizado com o uso de GPS dinâmico (+ 5 metros de precisão) na maioria dos casos e, em outros, com DGPS (precisão submétrica).

4.1.8.2. Oceanografia da AII

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) possui informações históricas satisfatórias a respeito de correntes, marés e campos de massa (temperatura e

salinidade da água), assim como meteorológicas, obtidas em registros recentes e regulares pelo Grupo de Física Marinha do CEM/UFPR e de resultados e dados pretéritos de trabalhos publicados por diversos autores abaixo mencionados.

Nas últimas décadas, foram realizados vários estudos dos processos hidrodinâmicos para o entendimento do funcionamento da região, destacando-se entre eles levantamentos da distribuição da salinidade, temperatura e marés (IPqM, 1969), dos sistemas de drenagem e sedimentologia das Baías (BIGARELLA et al., 1970; BIGARELLA, 1978; SOARES e BARCELOS, 1996), da geologia e dinâmica (LESSA et al., 1998), do comportamento físico-químico, aporte de água doce e tempo de residência (KNOPPERS et al., 1987), sobre as causas das marés meteorológicas na região (MARONE e CAMARGO, 1994), e sobre a dinâmica estuarina (MARONE et al., 1995; NOERNBERG, 2001; MANTOVANELLI et al., 2004). Somente a partir do início dos anos 90, estudos regulares das condições físicas começaram a ser realizados rotineiramente, principalmente no setor entre o porto de Paranaguá e Antonina e na boca do complexo.

A temperatura superficial da água no eixo L-O, ao Sul do CEP (**Figura 4.152**) oscila entre 17°C no inverno e 32°C no verão (BRANDINI et al., 1985; 1988) e os gradientes térmicos verticais raramente ultrapassam os 3°C (KNOPPERS et al., 1987). A temperatura apresenta um padrão de distribuição espacial semelhante ao da salinidade. Não obstante, as variações verticais e horizontais são de pequena magnitude. A transparência exibe uma relação direta com a salinidade, com valores mais elevados ocorrendo no período seco de inverno.

A salinidade varia entre menos de 6 e 34,5, podendo ser observado um gradiente halino horizontal, com valores maiores próximos à desembocadura e valores mais reduzidos na região de Antonina sob maior influência dos aportes fluviais. Padrões bem marcados de sazonalidade e variabilidade espacial são característica marcantes em toda baía (BRANDINI et al., 1988).

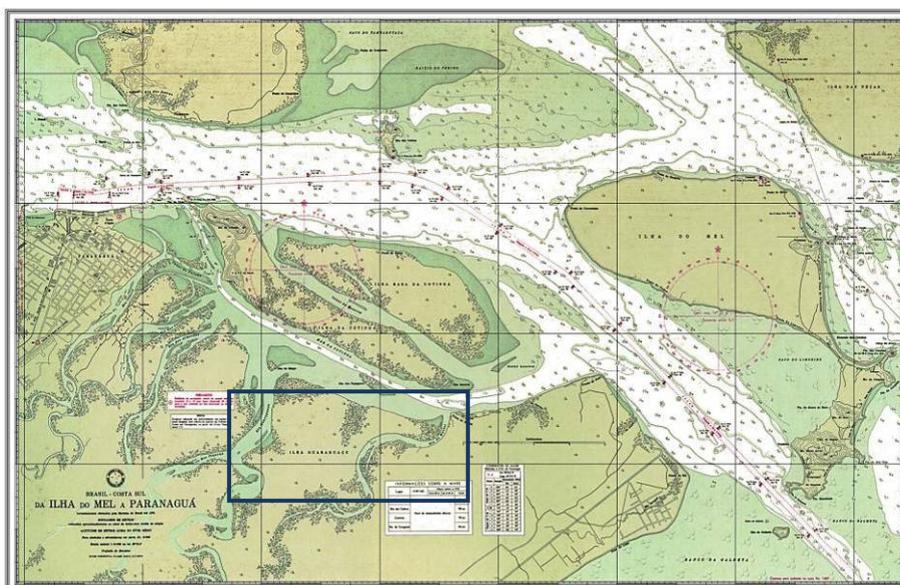


Figura 4.152 – Eixo L-O, ao Sul do CEP da Carta Náutica da DNH, sendo que o requadro indica a área costeira da propriedade do empreendedor

No que diz respeito à estratificação halina, o estuário é classificado como parcialmente misturado (Tipo B) (KNOPPERS et al., 1987; MARONE et al., 1995), podendo apresentar-se lateralmente não-homogêneo em alguns locais e estágios da maré (MARONE et al., 1995). Verticalmente, a estrutura da coluna d'água é principalmente homogênea, com exceção de certos momentos, principalmente no início da maré enchente, quando duas camadas de densidades diferentes aparecem bem marcadas. Uma maior estratificação pode ser observada em períodos de elevada vazão fluvial (KNOPPERS et al., 1987). Mantovanelli (1999), classificou a região montante de Paranaguá como um estuário parcialmente misturado, tipo 2, com estratificação vertical de salinidade realçada durante o verão. Com relação à distribuição de suas propriedades, o sistema apresentou-se verticalmente e lateralmente não-homogêneo.

A região de Antonina apresenta rápida resposta a elevados valores de precipitação, ocorrendo, nesses casos, valores de salinidade próximos a zero (**Figura 4.153**) e elevado aporte de sedimentos em suspensão. Com isso, a análise da distribuição da salinidade do corpo aquoso como um todo deve considerar, principalmente, a precipitação dos sete dias anteriores à análise em vez da precipitação total mensal. Já no eixo sul-norte, entre a Ponta do Poço e Guaraqueçaba as variações de salinidade são menores, nas quais os valores mínimos de salinidade são superiores a 5 ups (**Figura 4.154**).

Outra importante diferença nos padrões do CEP pode ser observada entre o verão e o inverno. Não somente os ranges de temperatura variam de acordo com a estação, mas os valores salinos são fortemente influenciados pelos períodos de chuvas e de secas. O pequeno aporte médio de água doce dos rios apresenta variações de até duas ordens de grandeza entre as épocas de estiagem e as de chuva. Todos os fenômenos acima relacionados modificam os padrões de transporte de propriedades, especialmente de calor e massa.

O intercâmbio de propriedades entre o sistema interno e o mar aberto é principalmente governado pelo regime de marés, sendo substancialmente diferente nas marés de sizígia e quadratura. As marés no complexo estuarino da baía de Paranaguá podem ser analisadas dos registros das alturas do nível do mar em pelo menos seis diferentes estações maregráficas (registros das marés destes locais são representados na **Figura 4.155**). Analisados pelo método harmônico, resulta um conjunto completo das componentes de maré para a área, sendo os valores da componente Lunar Semi-diurna M_2 a mais importante para toda a região.

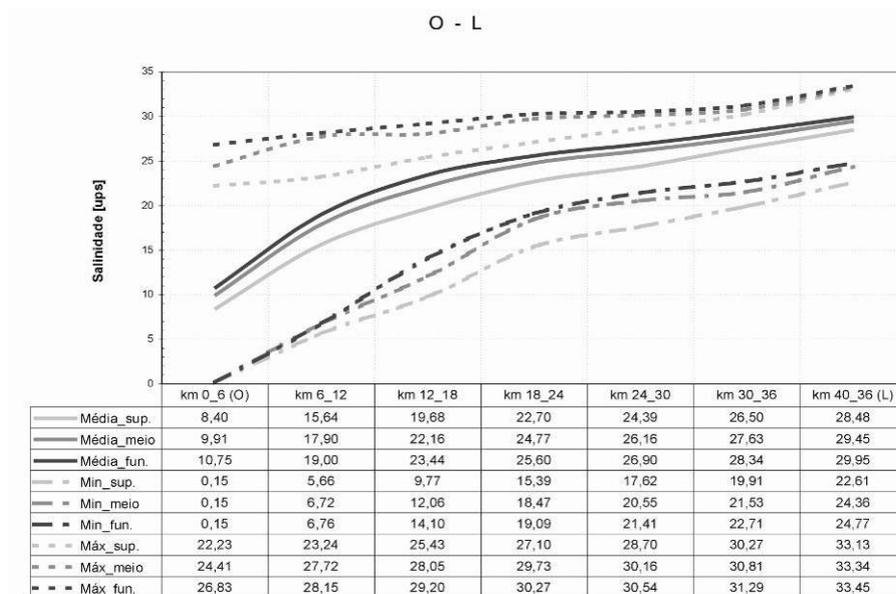


Figura 4.153 – Variação espaço-temporal da salinidade entre Antonina e Ilha do Mel em um intervalo de 2 anos, agrupada em setores de 6 quilômetros. São apresentadas as variações para as camadas de superfície, meio e fundo (NOERNBERG, 2001)

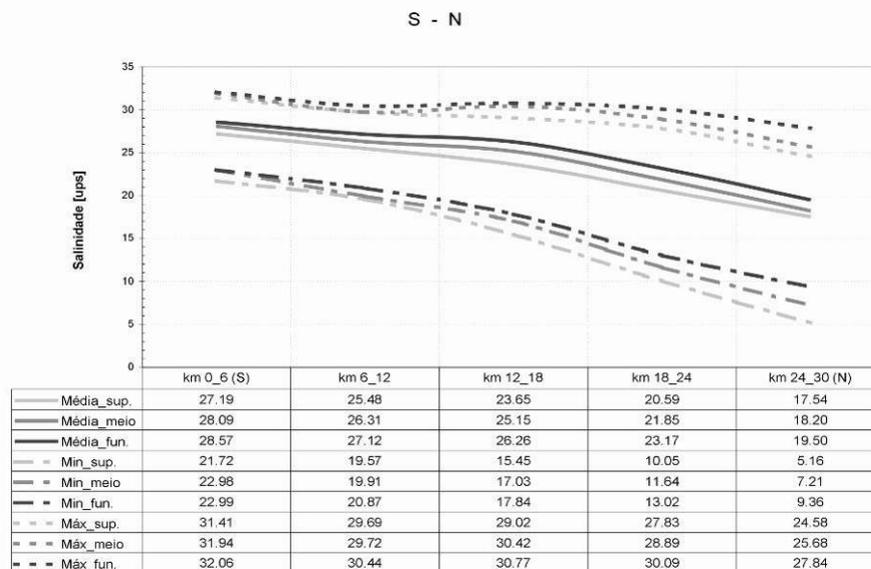


Figura 4.154 – Variação espaço-temporal da salinidade entre Ponta do Poço e Guaraqueçaba em um intervalo de 2 anos, agrupada em setores de 6 quilômetros. São apresentadas as variações para as camadas de superfície, meio e fundo (NOERNBERG, 2001)

O regime de maré é o principal mecanismo de fornecimento de energia para o sistema, fora a energia solar, apresentando amplitude média de 2,2 metros e caráter predominantemente semidiurno, embora ocorram desigualdades diurnas e efeitos não-lineares (MARONE e CAMARGO, 1994), assim como forte assimetria nas elevações e correntes de maré. Os componentes da maré astronômica mais importantes são a M_2 e S_2 (semidiurnas), representando cerca de 50% da altura da maré. As componentes ter-diurna (M_3), quarto diurna (M_4) e as compostas, não-lineares ou de pequeno fundo

(MN_4 e MS_4), apresentam grande importância no comportamento da onda de maré, em termos de elevação e velocidades de correntes (MARONE et al, 1995, CAMARGO, 1998; MARONE e JAMIYANAA, 1997). As componentes de maré de ordem par e as componentes de pequeno fundo são relevantes, indicando a importância das interações não-lineares, que provocam a formação de até seis preamares e baixa-mares por dia em períodos de quadratura. Essas oscilações de mais alta frequência são conhecidas como duplas preamares e baixa-mares. Por outro lado, variações do nível do mar, de até 80 centímetros acima dos valores da maré astronômica, têm sido observadas na região, diferenças devidas a efeitos de marés meteorológicas causadas pelas passagens de frentes frias.

O range da maré aumenta da boca para montante do complexo, sendo amplificado significativamente (**Tabela 4.46**). As fases e amplitudes das marés indicam um regime misto para a propagação da onda de maré, na região intemediária, sendo progressiva na entrada do CEP e estacionária na região de Antonina. A baía de Paranaguá apresenta-se como um estuário hipersíncrono, onde o efeito de convergência excede o de atrito, resultando numa amplificação da variação do nível do mar em direção à montante. Esta variação começa com 1,2 metros em Pontal do Sul e atinge até 2,8 metros em Antonina (LESSA et al, 1998; MANTOVANELLI, 1999). Essa amplificação da maré é controlada basicamente por ressonância, que depende da frequência de oscilação da onda de maré e do comprimento do estuário (CAMARGO, 1998). Alterações anormais do nível médio do mar são comuns, principalmente durante o inverno, atribuídas à passagem de frentes frias oceânicas e a ventos fortes, que geram grandes ondas e causam o empilhamento de água na costa (MARONE e CAMARGO, 1994). A intrusão da maré alcança aproximadamente 13 quilômetros e a renovação de água do sistema ocorre em 3,5 dias (tempo de fluxo) (MARONE et al., 1995), sendo esta favorecida pelo regime mesotidal e pela reduzida profundidade do sistema (KJERFVE et al., 1982).

O prisma de maré (volume de água que entra e sai da baía num ciclo de maré) é de 1,32 quilômetros cúbicos, sendo a intrusão da maré (distância percorrida pela onda de maré dentro da Baía) de 2,63 quilômetros e o tempo do fluxo (tempo necessário para que a água do sistema seja trocada) de 3,49 dias. O tempo de renovação da água doce (tempo de fluxo ou descarga) na Baía de Paranaguá situa-se entre três e dez dias. Em condições de elevado e constante aporte de água doce, o que geralmente ocorre no verão, o tempo de renovação tende a ser menor.

Tabela 4.46 – Informações da maré no CEP.

Local	Defasagem Sizigia(min) alta / baixa		Defasagem Quad.(min) alta / baixa		Tempo de Enchente	Tempo de Vazante	Range de Sizigia	Range de Quadratura
Galheta	-	-	-	-	6,8 hs	5,5 hs	1,74 m	1,30 m
Cobras	69	55	91	75	7,0 hs	5,3 hs	2,07 m	1,68 m
Paranaguá	88	68	106	93	7,5 hs	4,8 hs	2,09 m	1,70 m
Antonina	100	110	132	151	8,1 hs	4,2 hs	2,74 m	2,02 m

As correntes de maré são fortes, atingindo velocidades máximas de enchente e vazante superiores a 80 cm/s e 110 cm/s respectivamente, o que caracteriza um estuário do tipo positivo (MARONE et al., 1995). Isto é devido à influência do atrito lateral e de fundo, o qual é gradativamente maior em direção à cabeceira e gradativamente menor em direção à desembocadura (CAMARGO, 1998), assim como ao aporte de água doce e à circulação residual (MARONE et al, 1995). A assimetria na velocidade das correntes de maré, presente no CEP, primariamente condiciona o transporte líquido do material em suspensão em uma determinada direção do corpo estuarino (importação ou exportação). Efeitos episódicos de alta energia (e.g. tempestades) apresentam particular importância, podendo movimentar, em um curto período de tempo, uma carga de MPS superior à verificada durante longos períodos em condições normais. As correntes residuais de maré (modo barotrópico) podem ser significativamente modificadas pelo vento, tanto na região costeira quanto no interior da baía (CAMARGO, 1998). Alguns exemplos de registros de maré são apresentados nas **Figura 4.155**.

A penetração da onda de maré de sizígia no interior CEP produz normalmente uma frente estuarina, importante processo de mistura e transporte. Esse fenômeno conspícuo é capaz de trapear material em suspensão e flutuante na zona de convergência da frente, sendo de enorme importância como retentor de poluentes. Mais importante ainda é mencionar que a zona de máxima turbidez no eixo L-O ocorre à montante do porto de Paranaguá, atingindo a região até quase a desembocadura do rio Nhundiaquara (MANTOVANELLI, 1999; NOERNBERG, 2001).

Sendo que as principais forçantes no CEP estão ligadas com o regime de marés, deve-se destacar que as correntes relacionadas ao fenômeno são, principalmente, oscilatórias, provocando um fluxo e refluxo de água costeira e oceânica, pelo menos duas vezes por dia, dentro do estuário. Ligeiras correntes residuais e de características permanentes transportam, no caso da baía de Paranaguá, alguma quantidade de água, e suas propriedades como calor, massa, etc., na direção de mar aberto. Situação típica de estuários conhecidos como positivos, que é a de exportar água e suas propriedades para mar aberto. As proporções entre a água doce e as correntes residuais provocadas pela maré, as diferenças de densidade, o efeito de rotação da terra, etc. (que determinam o fluxo estuário afora) e o volume de água que entra e sai num ciclo de maré (prisma de maré) é que definem, em primeira instância, a capacidade de mistura e transporte de propriedades existentes no interior do estuário na direção do mar aberto (**Tabela 4.47**).

Tabela 4.47 – Informações de prismas por setores do Complexo.

Local	Área (km ²)	Prof. Média (m)	Prof. Máxima (m)	Descarga da Maré (m ³ /s)	Razão Maré/Rio	Prisma (km ³)
Antonina	35	1,9	8	2352	0,127	0,0945
Paranaguá	117	4,3	17	7862	0,037	0,2808
Galheta	256	7,0	33	17204	0,014	0,5632

As velocidades máximas das correntes de maré em superfície, na plataforma interna, no par de bóias 3-4 são 32 cm/s na enchente (direção 310°) e 87 cm/s na

vazante (direção 115°). Nesse ponto pode ser observado um desvio entre as margens do canal e as direções de fluxo de maré, o que implica a obstrução parcial dos fluxos de maré vazante, pela margem NE do canal, enquanto que na margem oposta o mesmo ocorre no período de maré enchente. No setor externo da baía de Paranaguá, localizado entre as bóias 11-12, as velocidades máximas de correntes de maré são de 59 cm/s nos períodos de maré enchente (direção 320°) e 97 cm/s nos períodos de maré vazante (direção 140°). Na Ponta do Poço as velocidades máximas de correntes de maré alcançam 141 cm/s nos períodos de maré enchente (direção 270°) 119 cm/s nos períodos de maré vazante (direção 75°). Nesse local, as correntes de vazante inflectem para o canal da Cotonga, concentrando o fluxo próximo à Ponta do Poço. Na enchente, o fluxo inflecte para o canal da Galheta.

Através da realização de fundeios e perfilagens, principalmente na frente do porto de Paranaguá, nas proximidades do Porto de Antonina e no setor externo do canal da Galheta, o Grupo de Física Marinha (GFM) do Centro de Estudos do Mar produziu nos últimos anos mapas de correntes do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, apresentadas nesta seção.

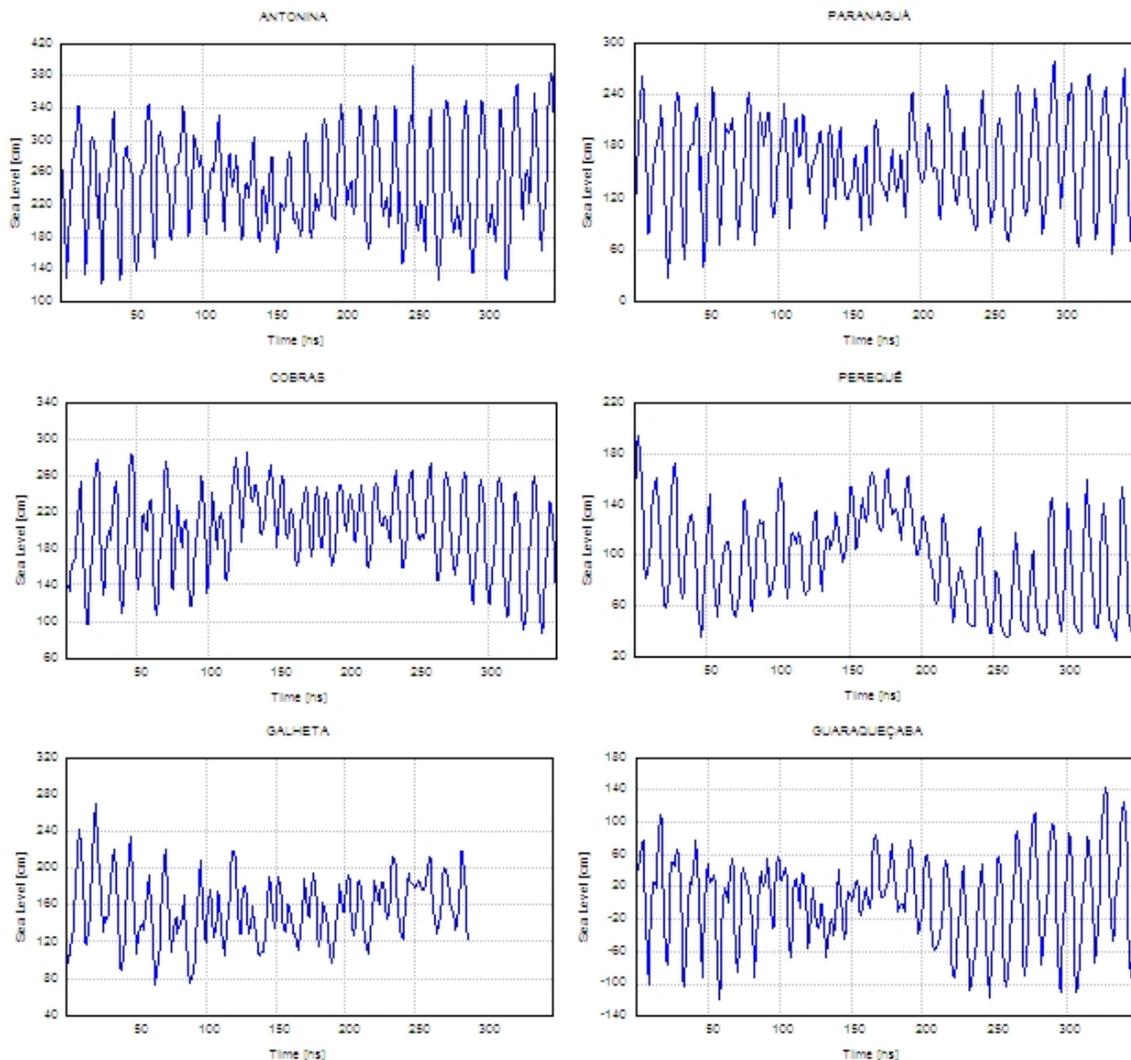


Figura 4.155 – Registros de maré em diferentes locais do CEP, referenciados ao nível de redução das sondagens definido pela DHN (detalhes nas cartas náuticas)

Outras perfilagens de correntes, por outro lado, foram realizadas nos mais diversos locais do CEP. Nestas medições, com duração mínima de um ciclo completo de maré, em períodos de inverno e verão, e em intervalos de 20 minutos a 2 horas, um ou vários pontos numa seção transversal ao canal, foram amostrados em toda a coluna d'água. Outras observações foram realizadas com perfilagens não numa seção transversal, mas em áreas de interesse, amostrando-se durante os horários de máximas correntes (enchente e vazante) e nos estofos de maré.

O atual banco de dados de correntes do GFM possui valores de velocidades (intensidade e direção) das correntes em diferentes pontos do CEP. Alguns exemplos de séries temporais de correntes no CEP são apresentados na **Figura 4.156**. Estes dados foram obtidos com correntômetros tradicionais (modelos Sensor Data SD6000 e SD30) e correntômetros eletromagnéticos (modelo InterOcean S4). Dois métodos de observação foram utilizados, de maneira genérica, para a obtenção dos valores das correntes: fundeios e perfilagens. Nos principais fundeios realizados, principalmente na frente do Porto de Paranaguá, nas proximidades do Porto de Antonina e no setor

externo do Canal da Galheta, as amostragens foram realizadas a intervalos de 15 minutos a 1 hora, durante períodos superiores a vários meses, com amostragens em condições de verão e inverno, notadamente diferentes desde o ponto de vista hidrodinâmico. Os fundeios consistiram sempre em dois equipamentos, um amostrando as condições da camada de superfície e outro da camada de fundo.

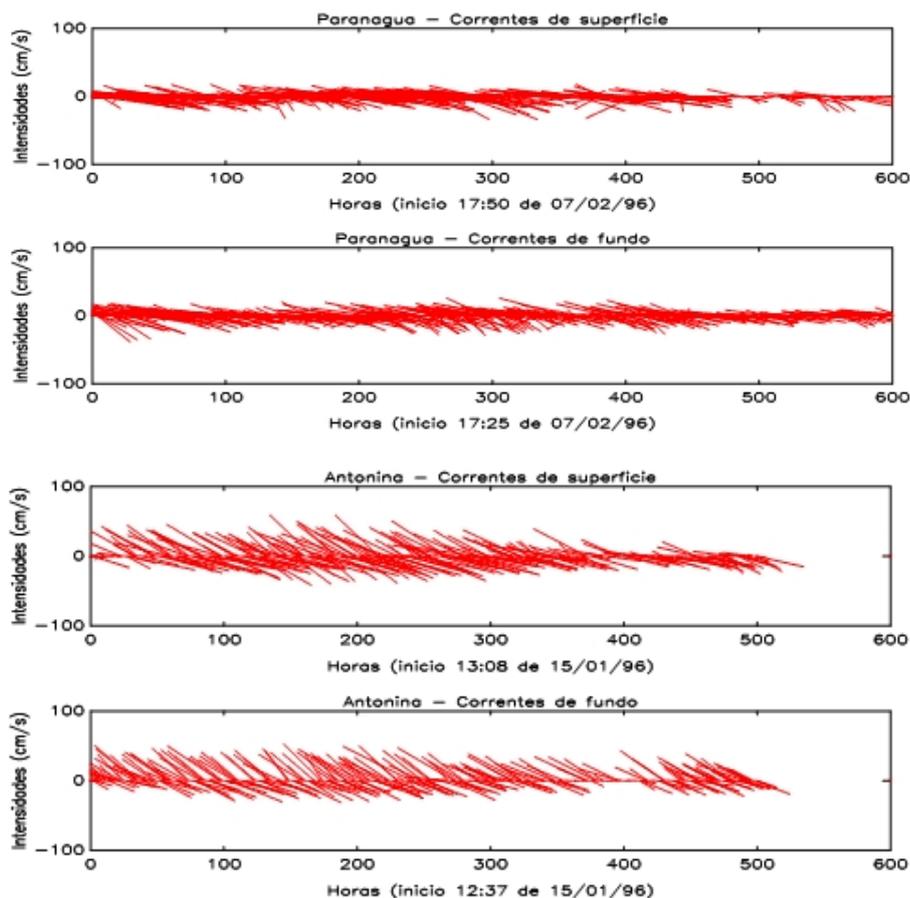


Figura 4.156 – Alguns exemplos de séries temporais de correntes no CEP

As correntes de vazante são, em média, 10 a 15 % superiores às de enchente. Isso ocorre devido à influência dos atritos lateral e de fundo, que são gradativamente maiores em direção à cabeceira e, também, devido ao aporte de água doce e à circulação residual. Na **Tabela 4.48**, os valores das correntes (direção e sentido) nas preamares de sizígia, são apresentados, com a sua correspondente localização (latitude e longitude obtidas com GPS). Nestas tabelas, somente alguns dos pontos observados, os mais relevantes, são incorporados. O tempo de defasagem entre a preamar num local e outro é também apresentado, considerando-se a origem na entrada do complexo (assim, para se conhecer a preamar num ponto a montante, basta adicionar o tempo de defasagem ao horário da preamar na entrada do complexo). Na **Tabela 4.49**, a seguir, são colocados os dados de correntes máximas de enchente na superfície, em períodos de sizígia (portanto, médias das máximas correntes de enchente de sizígia observadas e sua direção com referência ao Norte geográfico), sua posição geográfica (latitude e longitude obtida com GPS). Na **Tabela 4.50**, as mesmas informações, mas para as correntes máximas de vazante, são apresentadas.

Tabela 4.48 – Correntes médias na preamar de sizígia em superfície. A última coluna mostra, aproximadamente, quanto tempo após a preamar na entrada do estuário (0 min) ocorre a preamar no respectivo local (coluna 1).

Local (aprox.)	Latitude S	Longitude W	Vel. (cm/s)	Direção (°)	Após (min)
Bóias 3-4	25° 36,36'	48° 17,44'	15,43	150	0
Canal da Galheta	25° 34,49'	48° 19,21'	10,29	130	10
Canal Norte	25° 29,37'	48° 18,88'	10,29	140	--
Ponta do Poço	25° 32,42'	48° 22,85'	25,72	200	35
Emboguaçu	25° 30,23'	48° 33,56'	15,43	250	45
Ilha das Cobras	25° 29,28'	48° 24,65'	15,43	210	79
Paranaguá – 1	25° 29,60'	48° 30,00'	5,14	70	98
Paranaguá – 2	25° 28,90'	48° 29,92'	15,43	130	98
Fospar	25° 30,09'	48° 33,01'	15,43	40	100
Nhundiaquara	25° 27,20'	48° 39,80'	10,29	100	102
Ponta do Félix	25° 27,30'	48° 40,68'	15,43	110	104
Antonina	25° 26,52'	48° 41,61'	15,43	160	110
Guaraqueçaba	25° 17,95'	48° 19,92'	10,29	200	--

Tabela 4.49 – Correntes máximas de enchente (médias) de sizígia em superfície. As máximas correntes de enchente acontecem aproximadamente entre 3,4 a 4 horas antes da preamar local (duração maior a montante).

Local (aprox.)	Latitude S	Longitude W	Vel. (cm/s)	Direção (°)
Bóias 3-4	25° 36,36'	48° 17,44'	30,87	310
Canal da Galheta	25° 34,49'	48° 19,21'	56,59	320
Canal Norte	25° 29,37'	48° 18,88'	56,59	315
Ponta do Poço	25° 32,42'	48° 22,85'	133,76	270
Emboguaçu	25° 30,23'	48° 33,56'	51,44	250
Ilha das Cobras	25° 29,28'	48° 24,65'	66,88	250
Paranaguá –1	25° 29,60'	48° 30,00'	66,88	260
Paranaguá -2	25° 28,90'	48° 29,92'	46,30	240
Fospar	25° 30,09'	48° 33,01'	97,74	260
Nhundiaquara	25° 27,20'	48° 39,80'	51,44	290
Ponta do Félix	25° 27,30'	48° 40,68'	72,02	320
Antonina	25° 26,52'	48° 41,61'	30,87	320
Guaraqueçaba	25° 17,95'	48° 19,92'	51,44	25

Tabela 4.50 – Correntes máximas de vazante (médias) de sizígia em superfície. As máximas correntes de vazante acontecem aproximadamente entre 2,1 e 2,8 horas após a preamar local (diminui a montante).

Local (aprox.)	Latitude S	Longitude W	Vel. (cm/s)	Direção (o)
Bóias 3-4	25° 36,36'	48° 17,44'	82,31	115
Canal da Galheta	25° 34,49'	48° 19,21'	92,60	140
Canal Norte	25° 29,37'	48° 18,88'	66,88	145
Ponta do Poço	25° 32,42'	48° 22,85'	113,18	75
Emboguaçu	25° 30,23'	48° 33,56'	56,59	50
Ilha das Cobras	25° 29,28'	48° 24,65'	30,87	160
Paranaguá – 1	25° 29,60'	48° 30,00'	77,17	100
Paranaguá – 2	25° 28,90'	48° 29,92'	82,31	40
Fospar	25° 30,09'	48° 33,01'	102,89	80
Nhundiaguara	25° 27,20'	48° 39,80'	61,73	110
Ponta do Félix	25° 27,30'	48° 40,68'	97,74	130
Antonina	25° 26,52'	48° 41,61'	72,02	140
Guaraqueçaba	25° 17,95'	48° 19,92'	77,17	205

Na **Figura 4.157**, resultados de fundeios de longa duração são apresentados esquematicamente de duas maneiras diferentes:

- Elipse de marés ou diagrama polar das correntes. Nesse caso, em vermelho, são apresentados os vetores das correntes de enchente e vazante observados nos fundeios de Antonina, Paranaguá e Canal da Galheta;
- Vetores progressivos: em linha preta, acompanhada de setas, é representada a trajetória ideal que uma partícula seguiria durante um par de ciclos de maré (em escala).

Nesta carta, também, são apresentadas as áreas de manguezais obtidas de diversas imagens de satélite utilizadas neste e outros estudos.

Os estudos de ondas no litoral do Paraná são muito reduzidos. Bandeira (1974) analisou as ondas em praia de Leste, a partir de um ano de observações visuais. Entre agosto e dezembro de 1982 um ondógrafo registrou dados de onda a 13 quilômetros de praia de Leste e a 2,6 quilômetros a nordeste da Ilha dos Currais. As ondas predominantes foram dos quadrantes ESSE e SE, com altura máxima mensal entre 2,3 e 3,9 metros e período médio entre 11,9 e 16,8 segundos (PORTOBRAS, 1983). A distribuição do percentual de ondas que chega à costa do Paraná correspondeu a 90%, variando no quadrante leste para sul-sudeste, e cerca de 10 % das direções entre leste e nordeste (GOBBI, 1999). Dentro do complexo estuarino, porém, pouco do efeito do clima de ondas oceânicas é sentido, devido à proteção natural da costa e,

especialmente, à Ilha do Mel na entrada do CEP. Todavia, a existência de áreas de largura considerável dentro do CEP oferece uma pista de ventos suficiente para que ondas geradas localmente pelos ventos provoquem, em situações e horários particulares (notadamente no final da tarde), agitação marítima considerável que deve ser considerada em termos de potencial agente de mistura superficial de propriedades (ou de sedimentos em suspensão, ou poluentes).

Já na desembocadura do CEP, o predomínio de ondas do quadrante S-SE gera uma deriva litorânea orientada para norte. Segundo Angulo (1992) a ocorrência de deriva litorânea para norte pode ser observada na orientação das desembocaduras fluviais e morfologia dos deltas de vazante dos estuários de Paranaguá e Guaratuba. O lançamento de garrafas de deriva nos canais Norte e Galheta confirmou que as correntes predominantes na zona costeira adjacente ao CEP são na direção norte (MARONE et. al., 1995).

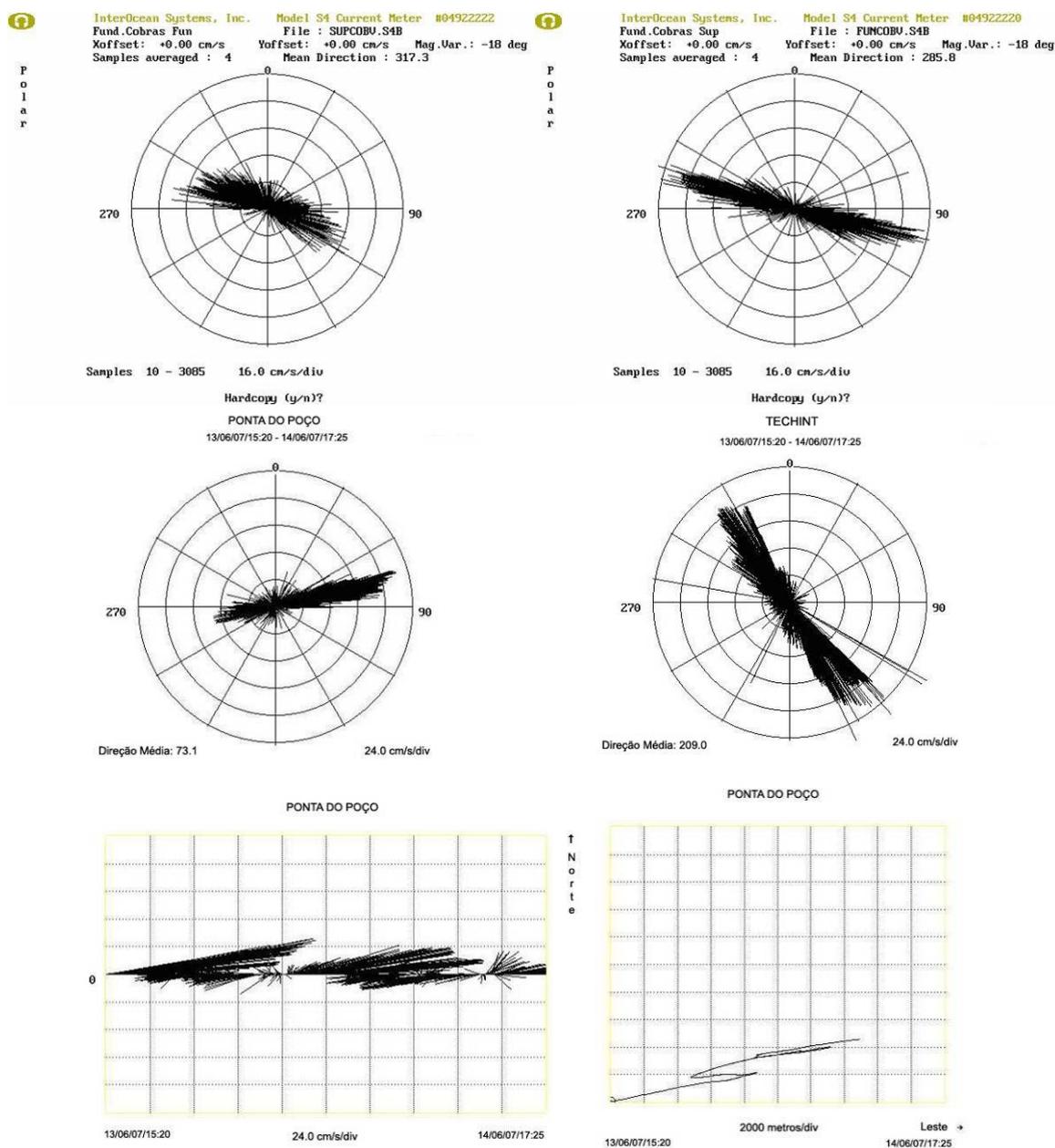


Figura 4.157 – Elipses das correntes de maré, vetores no tempo e vetores progressivos em fundeios no CEP

De maneira a caracterizar as correntes do CEP, a **Figura 4.158** apresenta a carta de correntes para a baía de Paranaguá que integra todos os dados disponíveis no banco de dados do GFM/CEM/UFPR.

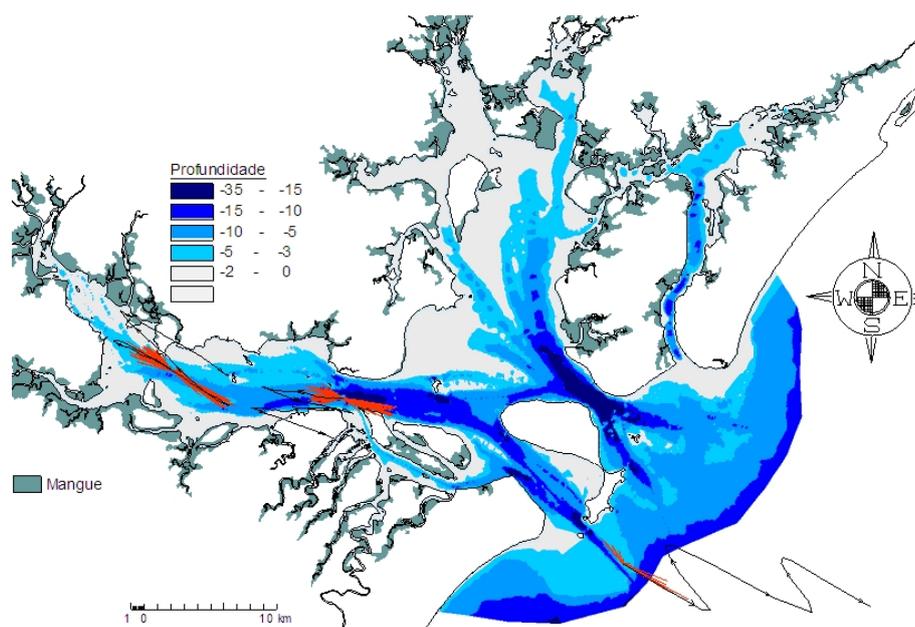


Figura 4.158 – Carta de correntes e vetores progressivos para o CEP

4.1.8.3. Oceanografia da AID

Nas proximidades da Área de Influência Direta existem vários dados pretéritos e estações maregráficas e meteorológica. Além desses dados, o empreendedor contratou a coleta de dados de correntometria e marés no local.

Medições do campo de massa (temperatura e salinidade da água) também têm sido coletadas na AID em diferentes oportunidades. Na **Tabela 4.51** podem ser vistos alguns destes registros e suas respectivas coordenadas.

Tabela 4.51 – Temperatura e Salinidade da água nas proximidades do empreendimento em Outubro de 2003 (as estações foram posicionadas com GPS em coordenadas UTM). Na coluna das Profundidades indica-se a profundidade local máxima.

Ponto	Coordenada x	Coordenada y	Prof	Salin. sup	Salin. fun	Temp. sup	Temp. fun
1	762877,943	7172414,567	7,6	28,9	29,1	23,2	23,1
2	762692,236	7172338,579	8,1	29,0	29,1	23,2	23,1
3	762508,766	7172271,531	9,0	29,2	29,2	23,1	23,1
4	762636,3	7172191,073	9,9	29,2	29,3	23,1	23,1
5	762824,861	7172261,729	9,6	29,4	29,5	23,1	23,1
6	763030,088	7172340,814	9,0	29,7	29,8	23,0	23,0
7	762985,34	7172186,603	9,5	29,9	30,1	23,0	22,9
8	762786,208	7172112,85	9,3	29,8	30,1	23,0	22,8
9	762589,314	7172030,158	9,5	29,8	30,2	23,0	22,8

Ponto	Coordenada x	Coordenada y	Prof	Salin. sup	Salin. fun	Temp. sup	Temp. fun
10	762734,747	7171936,29	8,9	29,5	30,3	23,1	22,8
11	762936,116	7172016,748	9,2	29,7	30,5	23,0	22,7
12	763121,823	7172101,676	8,9	29,8	30,6	23,0	22,7
13	763092,737	7171920,646	7,0	29,8	30,3	22,7	22,5
14	762893,605	7171846,893	6,6	29,9	30,0	22,7	22,6
15	762689,998	7171748,556	2,7	29,9	29,9	22,7	22,7
Unidade	UTM	UTM	M	ups	ups	°C	°C

De acordo com os dados, é possível observar que os maiores valores de salinidade encontram-se na camada de fundo, enquanto que as maiores salinidades aconteceram próximas da costa. Observa-se, na distribuição espacial das temperaturas, que as águas são ligeiramente mais frias na camada de fundo do que na superfície, e ligeiramente mais quentes nas proximidades da costa.

Os marégrafos mais próximos correspondem aos que operaram na Ilha das Cobras, no canal da Galheta e no rio Perequê, sendo que, no momento, o único a continuar operacional é o da Ponta do Caraguatá, na Ilha do Mel. Na **Figura 4.155** foram apresentados exemplos de registros desses locais, e na **Figura 4.159** dados de registros das variações do nível do mar tomadas nas proximidades do empreendimento, sendo que correspondem à desembocadura do rio Maciel.

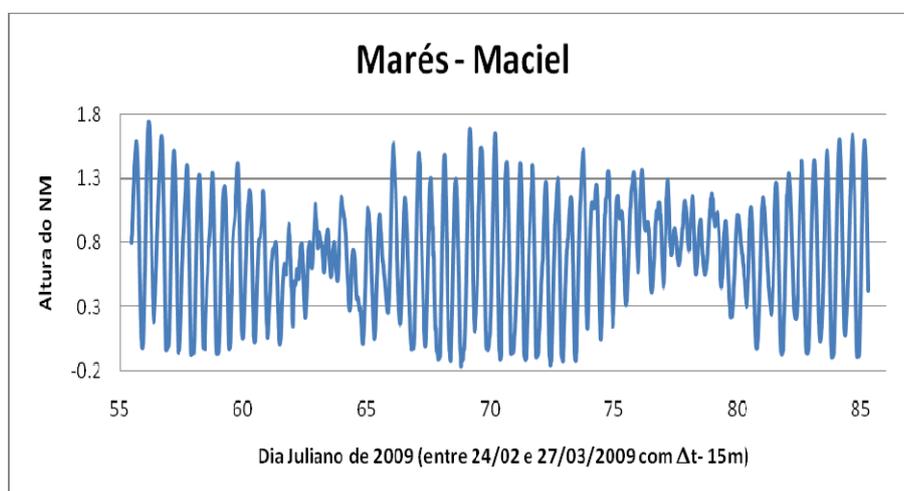


Figura 4.159 – Dados de variações do nível do mar tomadas nas proximidades do empreendimento neste caso na desembocadura do rio Maciel

O uso de ADPs nas proximidades da AID mostrou que, em situação de sizígia, a vazão de água do CEP para a zona costeira pelo canal de navegação, ou canal da Galheta, chega a valores próximos aos 20.000 m³/s. O campo de correntes neste caso pode ser visto na **Figura 4.160**.

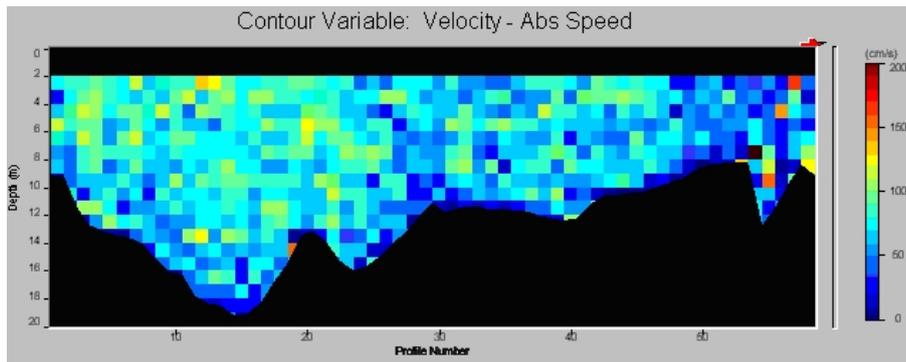


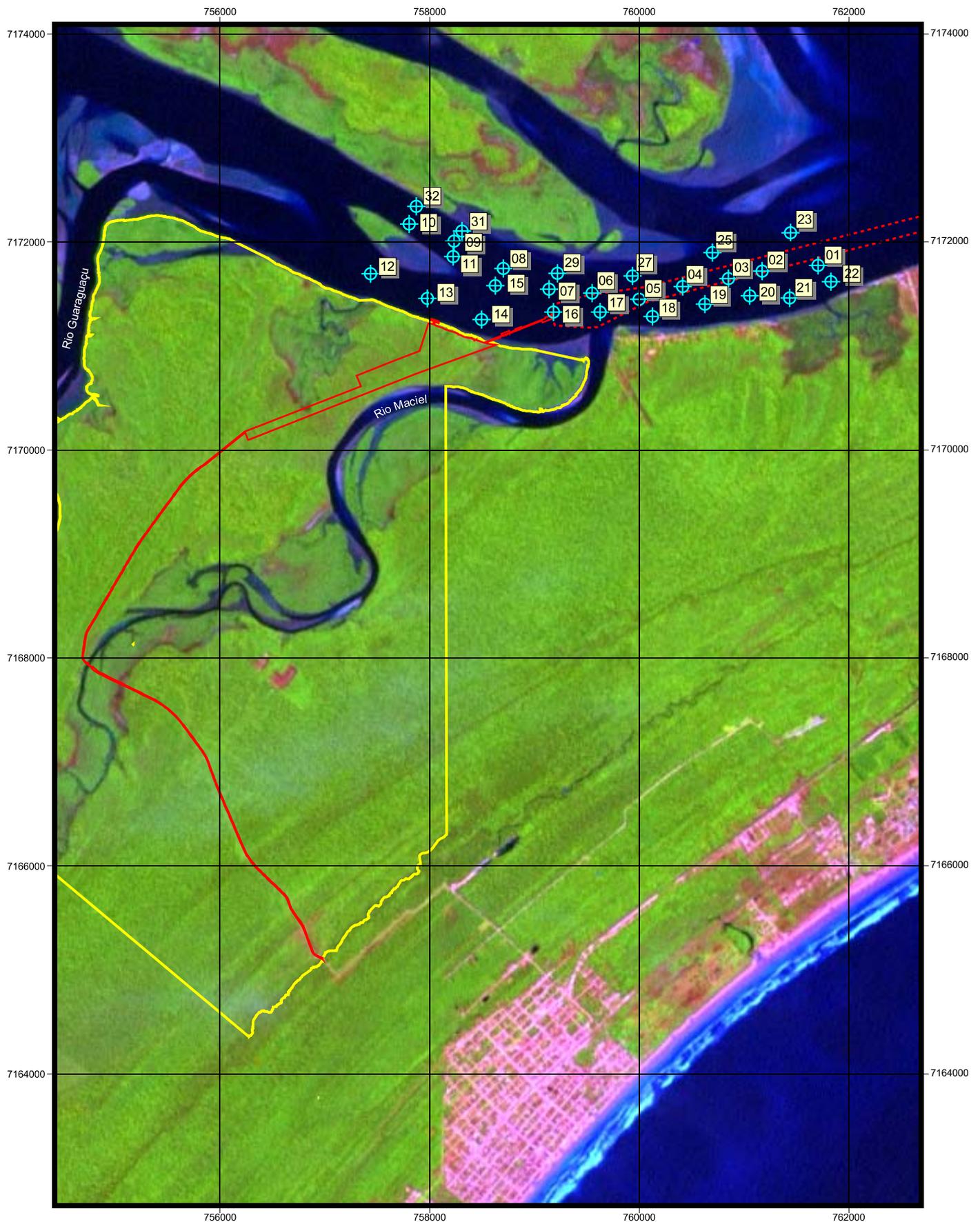
Figura 4.160 – Campo vertical de correntes, obtidos da superfície ao fundo entre a Ponta do Poço e a Ilha do Mel, com correntômetro ADP

Não existem registros quantitativos da agitação marítima na AID, mas observações visuais mostram que a área pode apresentar um complexo padrão de agitação marítima em pelo menos três situações particulares: apesar de pouco frequente, algumas ondas de longo período, vindas do oceano, podem se refratar seguindo a linha da costa de Pontal do Sul à Ponta do Poço girando em direção à AID; em outros casos, os ventos com forte componente na direção a mar aberto, orientados paralelos ao canal L-O, possuem uma pista suficientemente longa (>30 quilômetros) para promover ondas de curto período e alturas de várias dezenas de centímetros, o mesmo acontecendo com ventos soprando de norte a sul, com a pista de vento da baía das Laranjeiras.

4.1.8.4. Oceanografia da ADA

Do ponto de vista da oceanografia física, e ainda mais da climatologia, essa escala espacial se confunde com a da AID, já caracterizada na seção anterior em muitos aspectos.

De toda forma, podem ser mencionados outros dados de correntes obtidos pelo GFM/CEM na própria ADA, dados estes obtidos especificamente para este trabalho. Os dados foram coletados em perfilagens verticais com correntômetros eletromagnéticos IOS-S4 em duas situações de sizígia e uma de quadratura nas estações da **Figura 4.161** (repetidas nas outras datas).



Andréia

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Legenda

- Limite da propriedade
- Implantação do empreendimento
- - - Área de Manobra de Embarcações
- ⊕ Localização das estações de amostragem
- n. Identificação das estações de amostragem

1000 0 1000 2000 m



Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



Figura 4.161 - Mapa das estações de amostragem de coletas realizadas em 28/11/2008; 04/12/2008 e 11/12/2008 (correspondendo a duas sizígias e uma quadratura, de 04/12)

Nos mapas das correntes de superfície e fundo, na enchente de 28/11 (sizígia) podem ser observados valores máximos próximos a 1 m/s na superfície e 0,64 m/s nas correntes máximas de fundo (**Figura 4.162**).

Os valores das correntes chegaram a superar, mesmo que em poucas ocasiões, o limiar de 50 cm/seg na camada de fundo, com direções tais que se encontravam alinhadas com a batimetria do local da amostragem.

Na camada de superfície, as correntes se mostraram bem mais fortes, superando frequentemente os 70 cm/seg.

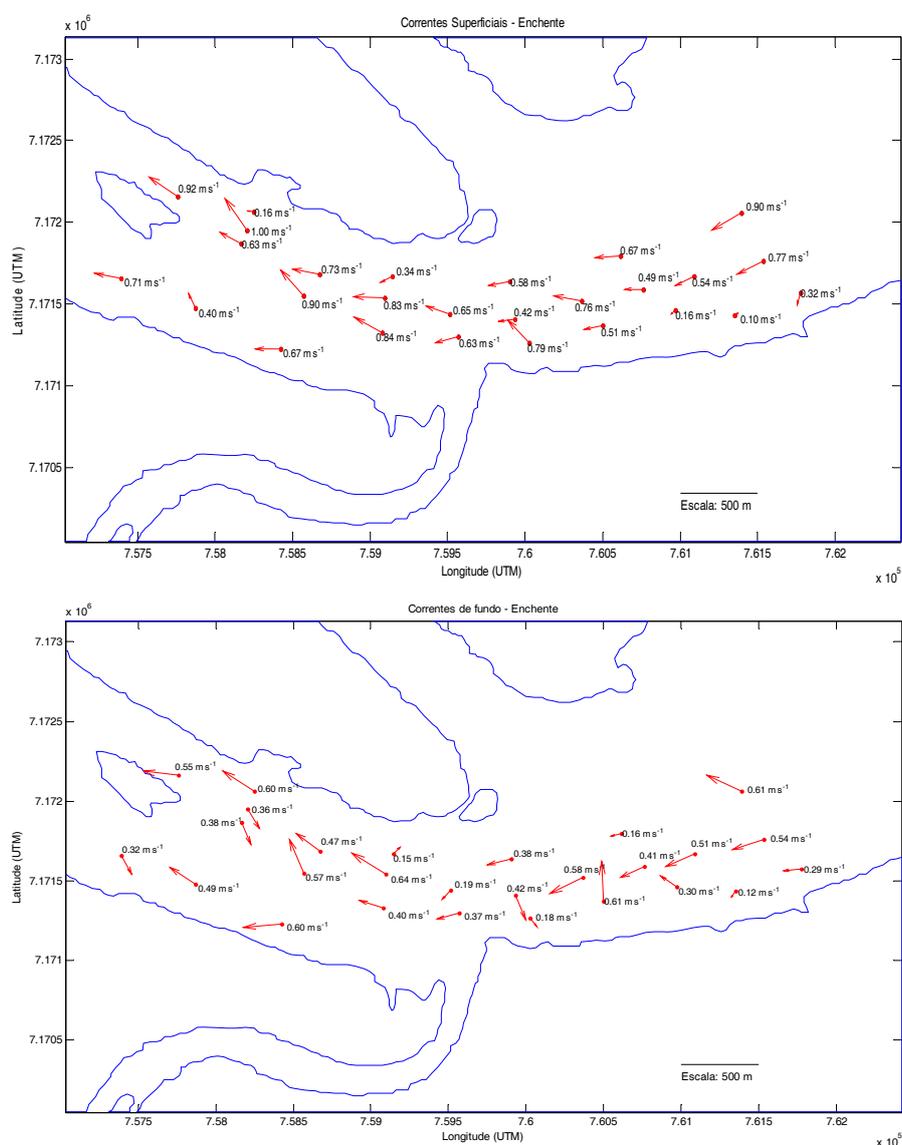


Figura 4.162 – Campo de correntes de enchente em 28/11/08, nas camadas de superfície e fundo (painel inferior)

Já na situação de vazante, na **Figura 4.163**, podem ser observados valores máximos na superfície de até 1,25 m/s, superiores às correntes de enchente. Na camada de fundo observa-se um máximo de 0,83 m/s.

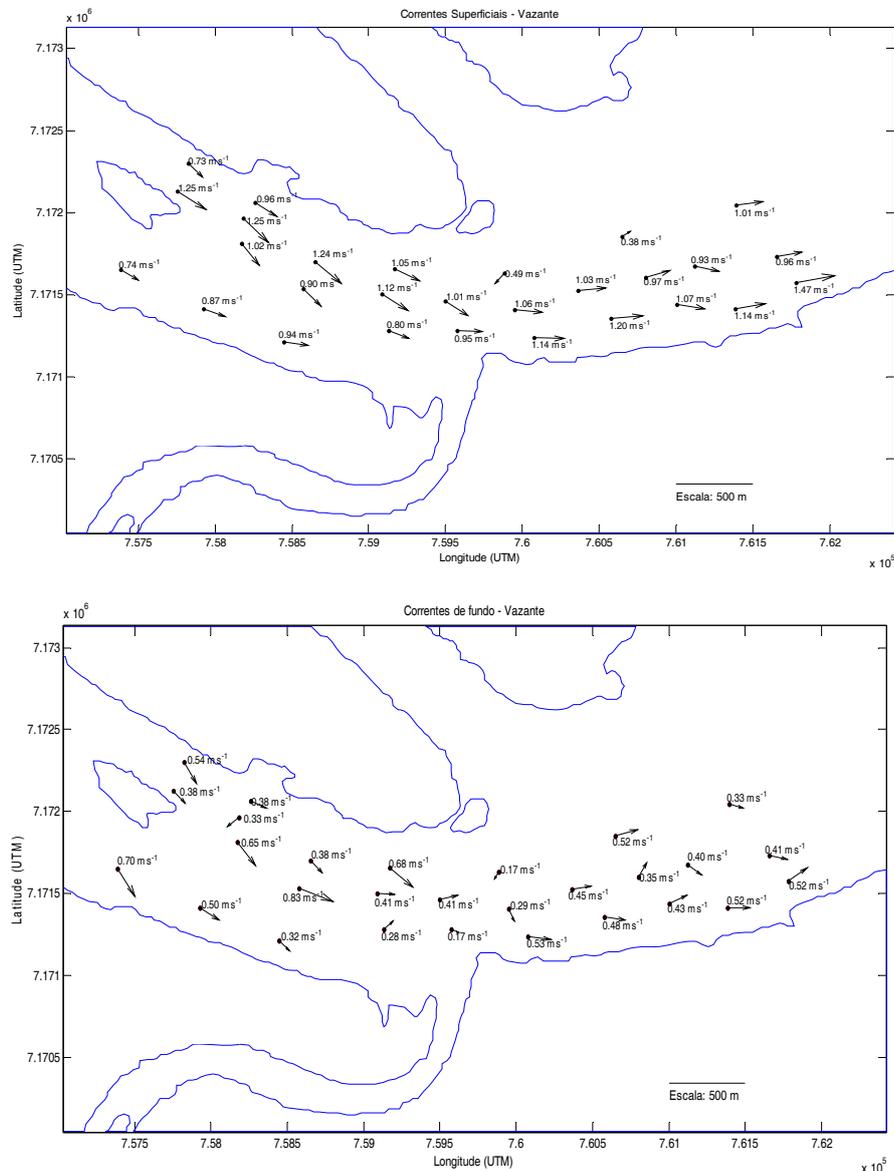


Figura 4.163 - Campo de correntes de vazante em 28/11/08, nas camadas de superfície e fundo (painel inferior)

Também, deve-se atentar ao fato de as correntes de vazante serem mais intensas do que as de enchente. O limiar de ressuspensão de sedimentos típicos da baía de Paranaguá está ao redor dos 15 a 20 cm/seg, comprovando-se que, no local, as correntes de maré teriam competência para suspender e transportar sedimentos, pelo que o local deve ser muito afetado nesse sentido.

Já na **Figura 4.164** e **Figura 4.165** podem ser observados os campos de correntes de enchente e vazante, nas camadas de superfície e fundo, para a situação de quadratura de 04/12/2008.

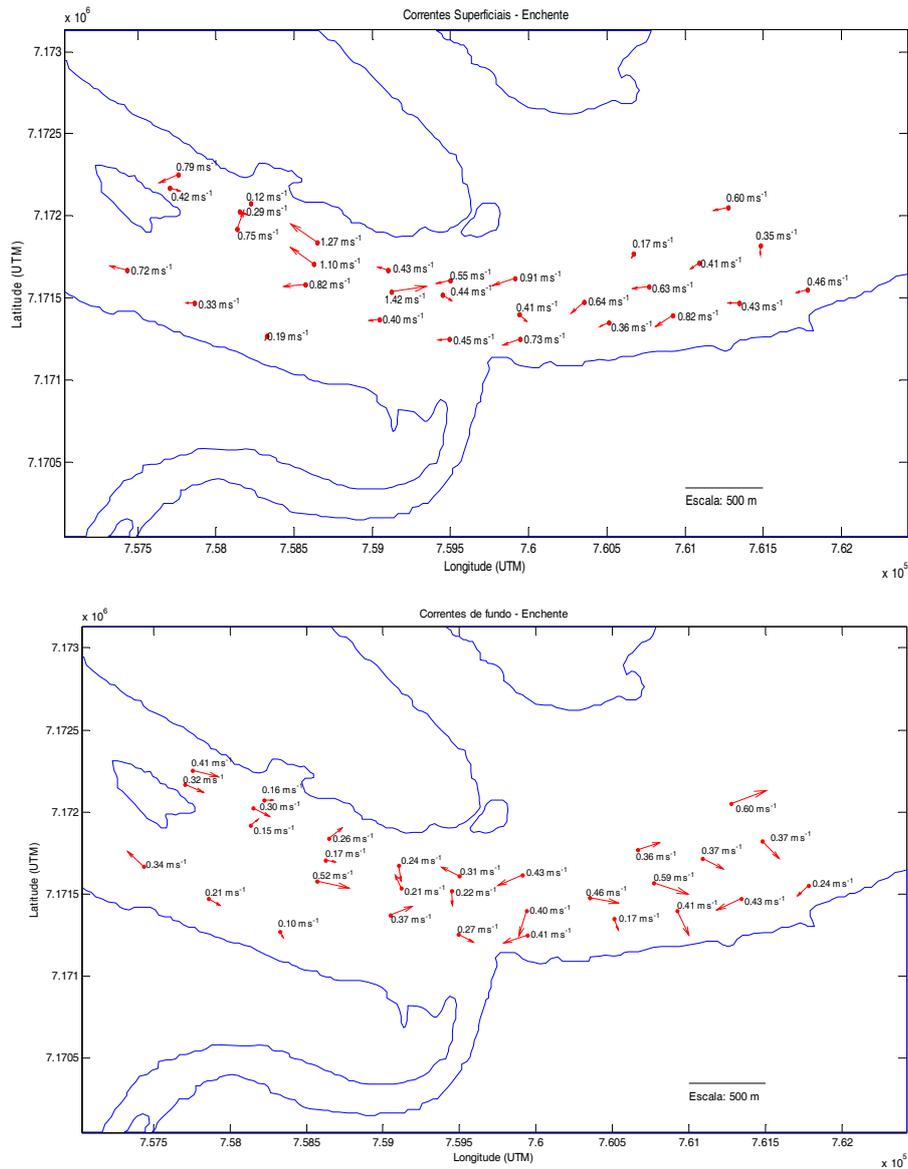


Figura 4.164 – Campo de correntes de enchente em 04/12/08, nas camadas de superfície e fundo (painel inferior)

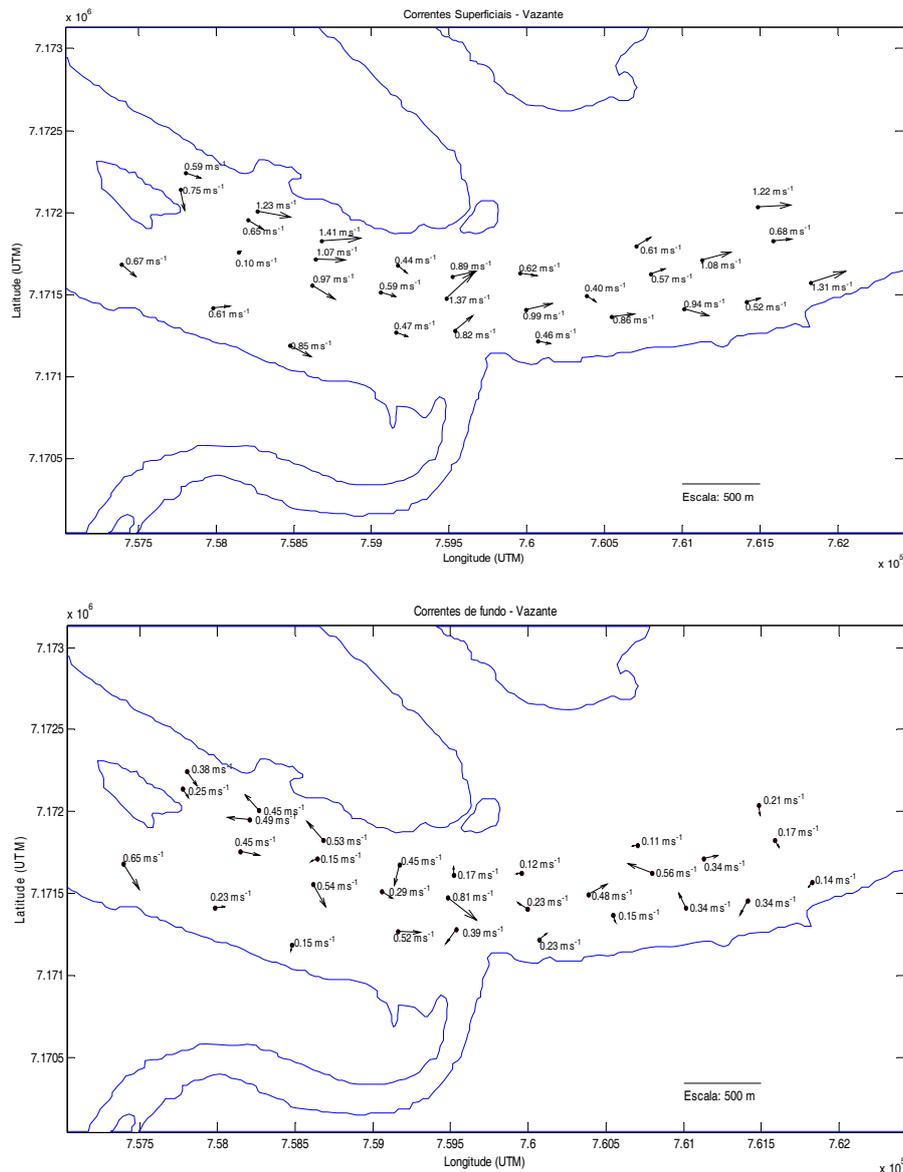


Figura 4.165 – Campo de correntes de vazante em 04/12/08, nas camadas de superfície e fundo (painel inferior)

As correntes de superfície apresentam pequenas diferenças na intensidade e um padrão mais complexo, se comparadas com as de sizígia. O fato é especialmente relevante por não ser o usual. Observam-se máximos de até 1,42 m/s na superfície e de 0,60 m/s na camada de fundo.

As máximas correntes de vazante atingem valores de até 1,41 m/s na superfície e 0,81 m/s na camada de fundo. Novamente, deve-se destacar a pouca diferença entre os valores desta situação com as correntes de enchente e, também, com os valores da sizígia de 28/11.

Finalmente, na **Figura 4.166** e **Figura 4.167**, podem ser observados os campos de correntes nas camadas de superfície e fundo na coleta de sizígia de 11/12/2008.

No caso, os valores máximos observados foram de 1,21 m/s na superfície e 0,56 m/s no fundo para correntes de enchente, e valores máximos de 1,24 m/s na superfície e 1,10 m/s no fundo para as correntes de vazante. Nota-se, nesta situação, que, apesar de o horário corresponder ao período de vazante, a onda de maré já atingiu a desembocadura da baía e começa a encher pelo canal da Cotinga pela camada de fundo, enquanto na superfície as águas menos densas do interior da baía continuam a vazar.

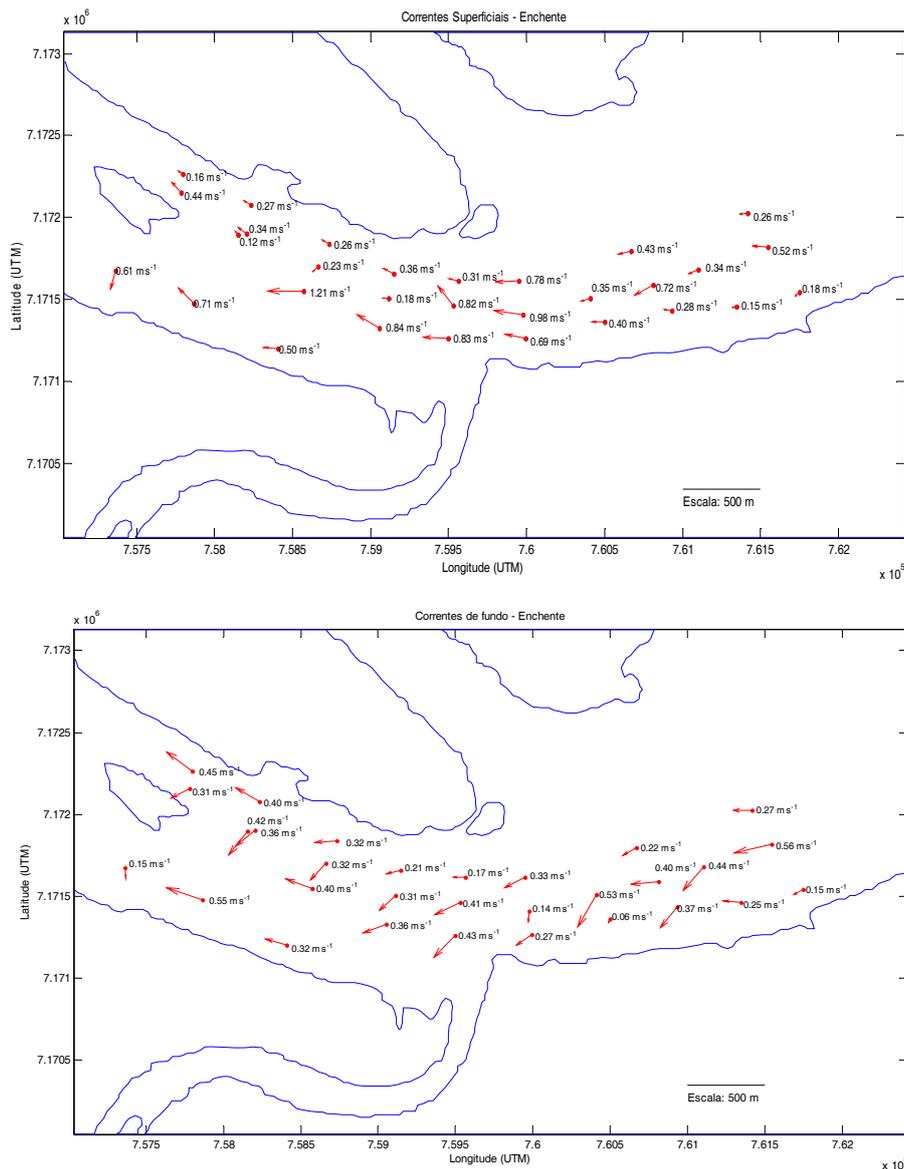


Figura 4.166 – Campo de correntes de enchente em 11/12/08, nas camadas de superfície e fundo (painel inferior)

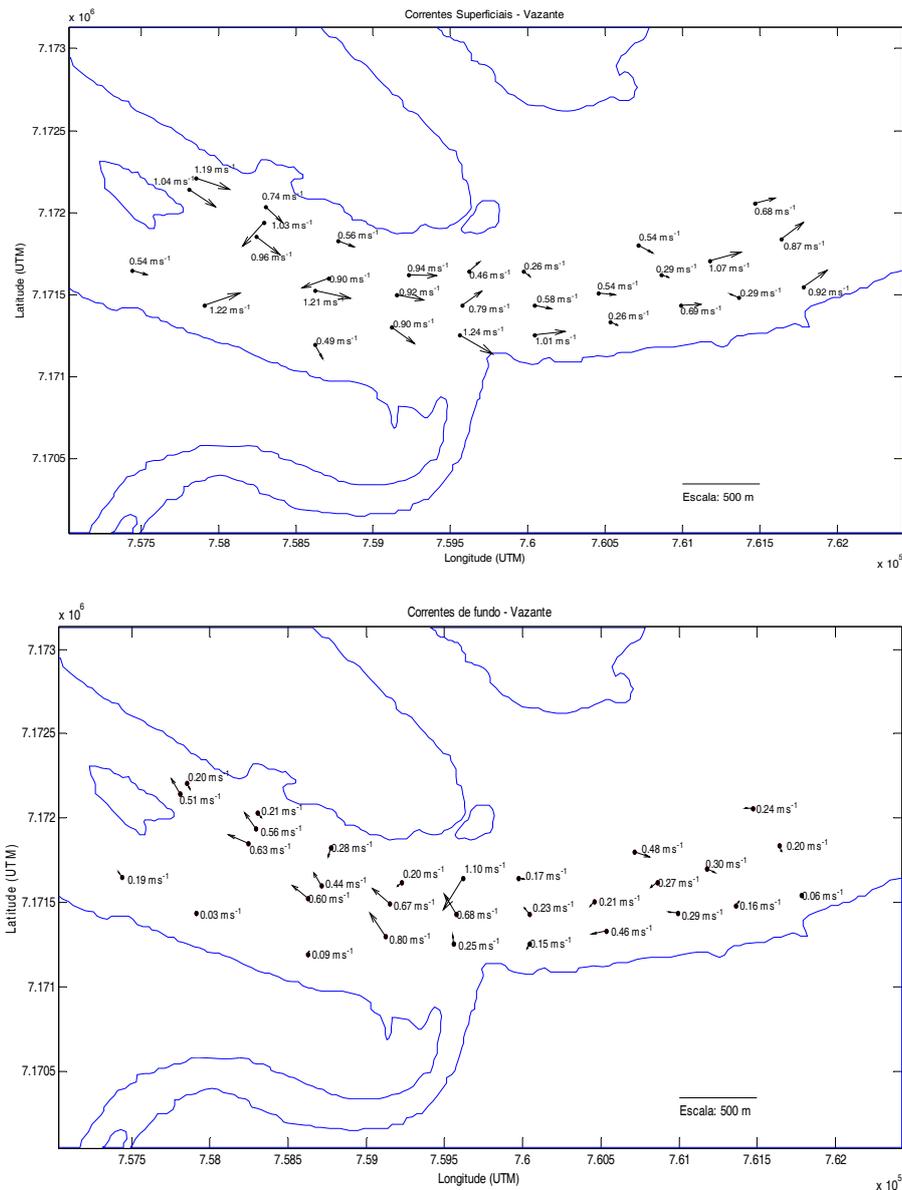


Figura 4.167 – Campo de correntes de vazante em 11/12/08, nas camadas de superfície e fundo (painel inferior)

Os dados existentes mostram um padrão extremamente complexo das correntes, com máximas próximas a 1,50 m/s. Destacam-se, também, as diferenças pouco significativas nas intensidades máximas de sizígia e quadratura, mas fica claro que nas sizíguas as correntes são mais homogêneas, apesar do interessante caso da vazante de 11/12, quando a circulação das águas mais densas da camada de fundo já se encontrava em situação de enchente, enquanto a superfície apresentava o esperado padrão de vazante. Vale lembrar: considerando-se que o limiar de ressuspensão para sedimentos como os da baía de Paranaguá encontra-se entre os 15 e os 25 cms/s, e que as correntes superam estes valores, os problemas erosivos e deposicionais devem ser muito complexos e requerem atenção especial. O tema merece um tratamento cuidadoso.

4.1.9. Modelagem da Dinâmica da Água e dos Sedimentos

O principal objetivo deste estudo é identificar a ocorrência de modificações nos padrões hidrodinâmicos e de transporte de sedimentos devido à instalação da Base de Paranaguá da Subsea7, localizado no canal da Cotonga, na baía de Paranaguá.

Dessa forma, faz-se necessário entender o comportamento hidrodinâmico atual na região. Para essa tarefa foram utilizados dados históricos de correntes, dados recentemente amostrados para este estudo, bem como a utilização de modelagem numérica e de transporte de sedimentos. A seguir, é apresentada a metodologia empregada na implementação do modelo numérico ECOMSED utilizado nesse trabalho.

4.1.9.1. Descrição Modelo ECOMSED

ECOMSED é um código computacional tridimensional da hidrodinâmica e transporte de sedimentos desenvolvido pela HydroQual para aplicação em sistemas marinhos e de água doce. Os componentes do modelo são desenhados para executar em conjunto com outros, de forma que a saída de um modelo é diretamente relacionada aos outros modelos. Os modelos compartilham a mesma estrutura de grid numérico e técnicas de solução numérica.

O desenvolvimento do ECOMSED tem suas origens na década de 1980, com a criação do Princeton Ocean Model (POM), que foi seguido por uma versão de atualização denominada ECOM para ambientes de águas rasas, como rios, lagos, estuários e costas oceânicas. Na década de 1990, conceitos de ressuspensão e assentamento de sedimentos desenvolvidos por W. Lick, da Universidade da Califórnia, foram incorporados à estrutura do ECOM.

Com o passar dos últimos anos, o ECOMSED tem sido melhorado para incluir modelos de ondas superficiais, transporte de sedimentos não coesivos e traçadores de sedimentos dissolvidos.

4.1.9.2. Módulo Hidrodinâmico

O módulo hidrodinâmico do ECOMSED, denominado ECOM, foi desenvolvido por Blumberg e Mellor (1980; 1987), pertence à classe de modelos em que o realismo do modelo é um objetivo importante e é direcionado ao fenômeno de mesoescala, que é a atividade caracterizada por um comprimento de 1 a 100 quilômetros e marés na escala de tempo de 30 dias, comumente observadas em estuários e costas oceânicas (BEARDSLEY e BOICOURT, 1981). As variáveis prognósticas são os três componentes da velocidade, temperatura, salinidade, energia cinética da turbulência e a macroescala da turbulência. As equações de momentum são não-lineares e incorporam a variável do parâmetro de Coriolis. As equações de prognóstico, governando as quantidades termodinâmicas, temperatura e salinidade, levam em conta as variações da massa de água provocadas pelos processos de subida e descida na

costa, altamente dependentes do tempo, assim como os processos advectivos horizontais. A superfície livre de elevação é também calculada prognosticamente, com algum sacrifício do tempo computacional para que as ondas e eventos de tempestades possam também ser simulados. Isso é alcançado pelo uso de uma técnica de divisão pela qual o transporte do volume e a velocidade do atrito vertical são resolvidos separadamente. Outras variáveis computacionais incluem a densidade, a viscosidade turbulenta vertical e a difusividade turbulenta vertical. O módulo também acomoda realisticamente a geometria da linha da costa e a topografia do fundo.

Equações de dinâmica e termodinâmica

As equações que formam a base do modelo de circulação descrevem os campos de velocidade e de elevação da superfície, e os campos de temperatura e de salinidade. Duas aproximações de simplificação são utilizadas (BRYAN, 1969): primeiro, assume-se que o peso do fluido equilibra idênticamente a pressão (hipótese hidrostática), e segundo, as diferenças de densidade são desprezadas, a menos que as diferenças sejam multiplicadas pela gravidade (aproximação de Boussinesq).

Considere as coordenadas de um sistema ortogonal Cartesiano, com x aumentando na direção Leste, y aumentando na direção Norte, e z aumentando verticalmente para cima. A superfície livre é localizada em $z = \eta(x, y, t)$ e o fundo está em $z = -H(x, y)$. Se \bar{V} é o vetor horizontal da velocidade, com componentes (U, V) e ∇ é o operador do gradiente horizontal, a equação de continuidade é:

$$\nabla \bar{V} + \frac{\partial W}{\partial Z} = 0 \quad (1)$$

As equações de momento de Reynolds são:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \bar{V} \nabla U + W \frac{\partial U}{\partial z} - fV = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial U}{\partial z} \right) + F_x \quad (2)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \bar{V} \nabla V + W \frac{\partial V}{\partial z} - fU = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial V}{\partial z} \right) + F_y \quad (3)$$

$$\rho g = -\frac{\partial P}{\partial z} \quad (4)$$

Onde:

- ρ_0 = é a densidade de referência;
- ρ = é a densidade local;
- g = é a aceleração da gravidade;
- P = é a pressão;
- K_M = é a difusividade turbulenta do momento de mistura turbulento.

A variação latitudinal do parâmetro de Coriolis, f , é introduzida pelo uso da aproximação do plano.

A pressão à profundidade z pode ser obtida pela integração do componente vertical da equação de movimento (eq. 3), de z até a superfície livre, e é:

$$P(x, y, z, t) = P_{atm} + g\rho_0\eta + g \int_z^0 \rho(x, y, z', t) dz' \quad (5)$$

A partir de agora, assume-se que a pressão atmosférica, P_{atm} , seja constante.

As equações de conservação para temperatura e salinidade podem ser escritas como:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \bar{V} \Delta \theta + W \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + F_\theta \quad (6)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \bar{V} \Delta S + W \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S \quad (7)$$

Onde:

θ = é a temperatura potencial (ou a temperatura local para aplicações de águas rasas);
 S = é a salinidade.

A difusividade para a mistura turbulenta vertical de calor e sais é denominada K_H . Utilizando-se a temperatura e salinidade, a densidade é computada de acordo com uma equação de estado do tipo:

$$\rho = \rho(\theta, S) \quad (8)$$

Apresentada por Fofonoff (1962). A densidade potencial é ρ , ou seja, a densidade avaliada como uma função da temperatura potencial e da salinidade, mas à pressão atmosférica; fornece uma informação acurada da densidade para calcular gradientes baroclínicos horizontais, que entram nos termos de gradiente de pressão e de estabilidade vertical da coluna de água, que participam do módulo de fechamento da turbulência mesmo em águas profundas, quando os efeitos da pressão tornam-se importantes.

Todos os movimentos induzidos por processos de pequena escala não diretamente resolvidos pelo grid do modelo (escala de subgrid) são parametrizados em termos de processos de mistura horizontal. Os termos F_X , F_Y , F_θ , e F_S encontrados nas equações 2, 3, 6 e 7 representam esses processos não resolvidos, e em analogia à difusão molecular podem ser escritos como:

$$F_X = \frac{\partial}{\partial x} \left(2A_M \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] \quad (9a)$$

$$F_Y = \frac{\partial}{\partial x} \left(2A_M \frac{\partial V}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] \quad (9b)$$

e

$$F_{\theta,S} = \frac{\partial}{\partial x} \left(A_H \frac{\partial(\theta,S)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_H \frac{\partial(\theta,S)}{\partial y} \right) \quad (10)$$

Deve-se observar que F_x e F_y são constantes com a rotação de coordenadas. Enquanto estes termos de difusividade horizontal servem para parametrizar os processos de escala de subgrid, na prática as difusividades horizontais são normalmente necessárias para amortecer ruídos computacionais de pequena escala. A forma de F_X , F_Y , e $F_{\theta,S}$, permite a utilização de A_M e A_H variáveis, mas até o momento elas são mantidas constantes. As difusividades são escolhidas a fim de que não produzam uma suavização excessiva das características reais. Valores tão baixos como $10 \text{ m}^2/\text{s}$ têm sido utilizados com sucesso em várias aplicações. A resolução vertical relativamente fina utilizada na aplicação resulta em uma reduzida necessidade de difusão horizontal, pois a advecção horizontal, seguida pela mistura vertical efetiva, atua como a difusão horizontal no sentido físico real.

Fechamento da turbulência

As equações que governam contêm a parametrização de Reynolds para os termos de fluxo e atrito, que levam em conta a difusão turbulenta de momentum, calor e sais. A parametrização da turbulência no módulo aqui descrito é baseada no trabalho de Mellor e Yamada (1974).

Os coeficientes de mistura vertical, K_M e K_H , nas equações 2, 3, 6 e 7 são obtidos recorrendo à segunda ordem do fechamento da turbulência (MELLOR e YAMADA, 1982), que caracteriza a turbulência por equações de energia cinética turbulenta, $q^2/2$, e a macroescala da turbulência, l , de acordo com:

$$\begin{aligned} \frac{\partial q^2}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla q^2 + W \frac{\partial q^2}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial z} \left(K_q \frac{\partial q^2}{\partial z} \right) \\ + 2 K_M \left[\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right] &+ \frac{2g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{2q^3}{B_1 l} + F_q \end{aligned} \quad (11)$$

e

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial(q^2 l)}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla(q^2 l) + W \frac{\partial(q^2 l)}{\partial z} \\
 & = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_q \frac{\partial(q^2 l)}{\partial z} \right) + l E_l K_M \left[\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right] \\
 & + \frac{l E_l g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{q^3}{B_l} \tilde{W} + F_l
 \end{aligned} \tag{12}$$

Onde:

\square = é o operador do gradiente horizontal e a função de proximidade da parede é definida como:

$$\tilde{W} \equiv 1 + E_2 \left(\frac{l}{\kappa L} \right)^2 \tag{13}$$

e onde:

$$(L)^{-1} \equiv (\eta - z)^{-1} + (H + z)^{-1} \tag{14}$$

Próximo a superfícies, pode-se demonstrar que tanto l/κ quanto L são iguais à distância até a superfície ($\kappa = 0,4$ é a constante de von Karman), de forma que $\tilde{W} = 1 + E_2$. Distante de superfícies, onde $l \ll L$, $\tilde{W} \cong 1$. O comprimento de escala fornecido na equação 12 é o comprimento característico do movimento turbulento em qualquer ponto no tempo ou espaço. Uma alternativa à equação 12 é utilizar a equação de transporte para taxa de dissipação (HANJALIC e LAUNDER 1972). A aproximação anterior, de acordo com Mellor e Yamada (1982), é mais consistente, já que usa uma equação que descreve a turbulência de grande escala para determinar a macroescala turbulenta. Os termos F_q e F_l nas equações 11 e 12 são a mistura horizontal e são parametrizados analogamente à temperatura e salinidade, usando a equação 9.

É possível reduzir a instrução dos coeficientes K_M , K_H , e K_q às seguintes expressões:

$$K_M \equiv l q S_M \tag{15a}$$

$$K_H \equiv l q S_H \tag{15b}$$

$$K_q \equiv l q S_q \tag{15c}$$

As funções de estabilidade S_M , S_H , e S_q são derivadas analiticamente, com relações funcionais dependentes de $\partial U/\partial z$, $\partial V/\partial z$, $g \rho_0^{-1} \partial \rho/\partial z$, q , e l . Essas relações

derivam das hipóteses de fechamento descritas por Mellor (1973) e resumidas por Mellor e Yamada (1982). Segundo Galperin et al. (1988), as funções de estabilidade são:

$$S_M = \frac{B_1^{1/3} - 3 A_1 A_2 G_H \left[(B_2 - 3 A_2) \left(1 - \frac{6 A_1}{B_1} \right) - 3 C_1 (B_2 + 6 A_1) \right]}{[1 - 3 A_2 G_H (B_2 + 6 A_1)] (1 - 9 A_1 A_2 G_H)} \quad (16)$$

4.1.9.2.1. Módulo de Transporte de Sedimentos

O módulo SED é um modelo tridimensional de transporte de sedimentos, que simula realisticamente os sedimentos em uma variedade de sistemas aquáticos, e quando incorporado ao modelo ECOM, criou-se o ECOMSED. O ECOMSED tem sido utilizado em uma série de estudos de transporte de sedimentos.

O módulo é configurado para rodar conjuntamente ao modelo hidrodinâmico e ao modelo de ondas. Utiliza a mesma grade numérica, estrutura e formatos computacionais do modelo hidrodinâmico. A dinâmica dos sedimentos inclui ressuspensão, transporte e deposição dos sedimentos, tanto de granulometria mais finas (diâmetro menor que 75 µm) quanto mais grosseiras (diâmetro entre 75 e 500 µm), aqui denominadas coesivos e não coesivos, respectivamente. Areia grossa e pedriscos, com diâmetros de partículas maiores que 500 µm.

Assim como o mecanismo de ressuspensão, o mecanismo de deposição depende do atrito de fundo induzido pela interface sedimento-água. O cálculo do atrito de fundo é parte integrante dos processos de sedimento. O fluxo de massa formado pela ressuspensão tanto das partículas finas quanto das mais grosseiras, é modelado em função de agregação e assentamento. Uma característica única do modelo é sua capacidade de utilizar resultados experimentais para descrever os parâmetros na formulação da ressuspensão e deposição.

A saída do módulo SED inclui a distribuição espacial e temporal dos sólidos totais, concentração de sedimentos na coluna de água, massa de sedimentos depositados/erodidos e subsequente variação na elevação do fundo.

Equações

A equação de advecção-dispersão tridimensional para o transporte dos sedimentos de tamanho classe k (k=1,2) é:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial C_k}{\partial t} + \frac{\partial UC_k}{\partial x} + \frac{\partial VC_k}{\partial y} + \frac{\partial (W - W_{s,k}) C_k}{\partial z} \\ & = \frac{\partial}{\partial x} \left(A_H \frac{\partial C_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_H \frac{\partial C_k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial C_k}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (17)$$

Condições de contorno:

$$\begin{aligned}
 K_H \frac{\partial C_k}{\partial z} &= 0, z \rightarrow \eta \\
 K_H \frac{\partial C_k}{\partial z} &= E_k - D_k, z \rightarrow -H
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

Onde:

C_k = concentração de sedimentos de tamanho classe k ;
 u, v, w = velocidade nas direções x, y, z ;
 AH = difusividade horizontal;
 KH = difusividade turbulenta vertical;
 E_k, D_k = fluxo de resuspensão e deposição de tamanho classe k ;
 z = elevação da superfície da água acima de um valor específico;
 H = profundidade batimétrica abaixo do valor específico.

4.1.9.2.2. Cálculos do Atrito de Fundo

O atrito de fundo é calculado da seguinte forma:

$$\tau = \rho u_*^2 \tag{19}$$

Onde:

ρ = densidade do meio de suspensão;
 u_* = velocidade de atrito.

Somente para correntes, a velocidade de atrito é definida pelo perfil logarítmico de velocidade de Prandtl-von Karman:

$$u_*^2 = \frac{k u}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \tag{20}$$

Onde:

k = constante de von Karman = 0,40;
 u = velocidade resultante próximo ao fundo;
 z = profundidade no centro da camada inferior;
 z_0 = atrito de base especificado como entrada no modelo.

4.1.9.2.3. Ressuspensão de Sedimentos Finos

Estudos de campo e laboratório revelam que somente uma quantidade finita de sedimentos pode ser ressuspensa de um fundo com partículas finas exposto a um constante atrito de fundo. A quantidade de sedimentos finos ressuspensos é dada por:

$$\varepsilon = \frac{a_0}{T_d^m} \left(\frac{\tau_b - \tau_c}{\tau_c} \right)^n \quad (21)$$

onde ε = potencial de ressuspensão (mg cm^{-2});
 a_0 = constante dependente das propriedades do fundo;
 T_d = tempo após a deposição (dias);
 b = atrito de fundo (dinas cm^{-2});
 τ_c = valor crítico do atrito para a erosão (dinas cm^{-2}); e
 m, n = constantes dependentes do ambiente de deposição.

Resultados experimentais mostram que a quantidade total do fluxo de sedimentos para a coluna de água não é ressuspensa instantaneamente, mas durante um período de tempo de aproximadamente uma hora. A taxa de ressuspensão é dada por:

$$E_{\text{tot}} = \frac{\varepsilon}{3600 \text{ seg}} \quad (22)$$

Onde assume-se E_{tot} como constante, até que todo o sedimento seja erodido. Uma vez que a quantidade ε de sedimentos esteja em suspensão, E_{tot} é zerado até que mais sedimento seja depositado e disponível para ressuspensão ou até que o atrito de fundo aumente. A taxa de ressuspensão de sedimentos de classe k (E_k) é dada por:

$$E_k = f_k E_{\text{tot}} \quad (23)$$

Onde:

f_k = fração de sedimentos classe k no fundo.

4.1.9.2.4. Deposição de Sedimentos Finos

A natureza coesiva das partículas finas em suspensão provoca a formação de agregados de partículas, que variam de tamanho e em velocidade de assentamento. No SED, a taxa de deposição dos sedimentos finos depende diretamente do fluxo de sedimentos próximos ao fundo e à probabilidade de coesão dos agregados com o fundo, de acordo com a seguinte formulação:

$$D_1 = -W_{s,1} C_1 P_1 \quad (24)$$

Onde:

D_1 = fluxo de deposição ($\text{g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$);
 $W_{s,1}$ = velocidade de assentamento dos flocos de sedimentos (cm s^{-1});
 C_1 = concentração de sedimentos finos em suspensão (g cm^{-3}) próximo à interface sedimento-água;
 P_1 = probabilidade de deposição.

Resultados de diversas medições de concentração e atrito de fundo indicam que a seguinte relação pode ser utilizada:

$$W_{s,1} = \alpha (C_1 G)^\beta \quad (25)$$

Onde $W_{s,1}$, C_1 , e G são expressos em $m \text{ dia}^{-1}$, $mg \text{ L}^{-1}$ e $dinas \text{ cm}^{-2}$ respectivamente. Esta equação incorpora implicitamente o efeito do atrito interno (G) na agregação e assentamento, que é calculado a partir da saída do modelo hidrodinâmico, como se segue:

$$G = \rho K_M \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (26)$$

Onde:

K_M = viscosidade turbulenta vertical;
 ρ = densidade do meio.

A probabilidade de deposição (P_1) parametriza os efeitos da heterogeneidade de tamanhos de agregados e da turbulência próxima ao fundo na taxa de deposição:

$$P_1 = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_d}, \tau_b \leq \tau_d$$

ou

$$P_1 = 0, \tau_b > \tau_d \quad (27)$$

4.1.9.2.5. Modelo de Sedimento de Fundo Coesivo

Para simular realisticamente os efeitos sequenciais de deposição e erosão, e a troca subsequente em propriedades do leito como a deposição e erosão, o modelo vertical segmentado de sedimento de fundo coesivo é construído através da discretização do leito de sedimento em sete camadas.

Cada camada do leito é caracterizada por uma densidade seca (ρ_d), um atrito de fundo para erosão (θ_{cr}) e uma espessura inicial. O tempo de deposição para cada camada aumenta linearmente para a superfície, que está composta do depósito recente de material. Resultados de laboratórios prévios (TSAI e LAMBE, 1987; MACINTYRE et al., 1990) indicaram que o efeito de ressuspensão é mínimo depois de sete dias de deposição. A equação de potencial de ressuspensão mostra que cada camada diminui com tempo de consolidação (T_d), conforme o termo (T_d). O modelo de fundo conserva a massa, com ressuspensão e fluxos de deposição ocorrendo somente no nível do leito. Durante uma simulação, o modelo de fundo mostra mudanças na densidade das massas de sedimentos coesivos e não-coesivos em cada camada, resultado da ressuspensão e deposição na interface de sedimento-água.

4.1.9.2.6. Ressuspensão de Sedimentos Não Coesivos

A ressuspensão de sedimento não-coesivo de um leito é calculada segundo um procedimento desenvolvido por van Rijn (1984). O método de van Rijn mostrou resultados com bons rendimentos para prever carga suspensa de areias finas (VAN RIJN 1984; GARCIA e PARKER, 1991; VAN RIJN et al., 1993; ZIEGLER e NISBET, 1994). Somente uma avaliação breve do método de van Rijn será apresentada. Para detalhes do procedimento de cálculo, veja van Rijn (1984). O primeiro passo no procedimento é comparar a velocidade da camada de cisalhamento u^* com a velocidade crítica da camada de cisalhamento, $u^*_{,crbed}$ baseado no D50 local, de acordo com o critério de Shields para iniciar o movimento.

O transporte suspenso só acontecerá se a velocidade da camada de cisalhamento exceder ambos os critérios de Shields para movimento de carga do leito e a velocidade crítica da camada de cisalhamento para suspensão, $u^*_{,crbed}$. Se a ressuspensão acontece, o D50 local e a velocidade da camada de cisalhamento, u^* , são usados para determinar a concentração de referência a uma altura $z = a$ anterior ao leito de sedimento, Ca . Finalmente, os valores locais de u^* , D50 e Ca são usados para calcular a taxa de transporte de carga suspensa.

Usando o método de van Rijn, o procedimento seguinte é adotado para calcular o transporte de carga suspenso.

Cálculo da velocidade crítica da camada de cisalhamento para iniciar o movimento

Um parâmetro de partícula não dimensional é introduzido primeiro:

$$D_* + \left[\frac{(s-1)g}{\nu^2} \right]^{1/3} D_{50} \quad (28)$$

Onde:

- s = gravidade específica da partícula;
- g = aceleração da gravidade;
- ν = velocidade cinemática;
- D50 = diâmetro representativo da partícula de fundo.

A velocidade crítica da camada de cisalhamento para iniciar o movimento é calculada usando o critério de Shields:

$$u^*_{,crbed} = [(s-1)gD_{50}\theta_{cr}]^{1/2} \quad (29)$$

Onde θ_{cr} = parâmetro crítico móvel, definido como:

$$\begin{aligned}
 \theta_{cr} &= 0,24D_*^{-1}, D_* \leq 4 \\
 \theta_{cr} &= 0,14D_*^{-0,64}, 4 < D_* \leq 10 \\
 \theta_{cr} &= 0,04D_*^{-0,10}, 10 < D_* \leq 20 \\
 \theta_{cr} &= 0,013D_*^{-0,29}, 20 < D_* \leq 150 \\
 \theta_{cr} &= 0,055, D_* > 150
 \end{aligned}
 \tag{30}$$

Cálculo da velocidade crítica de cisalhamento para ressuspensão

A velocidade crítica de cisalhamento para ressuspensão é dada por:

$$u_{*,crsus} = W_{s,2} \tag{31}$$

Onde $W_{s,2}$ = velocidade de queda do sedimento suspenso não coesivo. A velocidade de queda é especificada na entrada do modelo e é calculada para o diâmetro efetivo da partícula (D_K) para o sedimento suspenso usando a fórmula de Cheng (1997):

$$W_{s,2} = \frac{U}{D_K} \left[(25 + 1,2D_*^2)^{0,5} - 5 \right]^{1,5} \tag{32}$$

Onde:

D_* = parâmetro não dimensional da partícula.

Cálculo da velocidade da camada de cisalhamento

A velocidade próxima à camada de cisalhamento do fluido é calculada por:

$$u_* = \frac{ku}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \tag{33}$$

Transporte de carga suspensa

Se a velocidade da camada de cisalhamento (u_*) é menor que a limiar para movimento ($u_{*,crbed}$) ou menor que a velocidade crítica de cisalhamento para ressuspensão de deposição ocorrer. Se u_* excede $u_{*,crbed}$ e $u_{*,crsus}$, o fluxo de sedimento é do leito para a camada abaixo da coluna d'água. O transporte de carga suspensa é calculado como se segue:

Cálculo do parâmetro da fase de transporte

$$T = \frac{u_*^2}{u_{*,crbed}^2} - 1 \tag{34}$$

Cálculo no nível de referência acima do leito

$$a = \max(0,01h, k_s) \quad (35)$$

Onde:

h = profundidade de água;
 k_s = máxima rugosidade de Nikuradse

$$C_a = \frac{0,015D_k T^{1,5}}{aD_*^{0,3}} \quad (36)$$

Cálculo do fator β

$$\beta = 1 + 2 \left(\frac{W_s}{u_*} \right)^2, 0,1 < \frac{W_s}{u_*} < 1 \quad (37)$$

Cálculo do fator ϕ

$$\phi = 2,5 \left(\frac{W_s}{u_*} \right)^{0,8} \left(\frac{C_a}{C_0} \right)^{0,4}, 0,01 < \frac{W_s}{u_*} \leq 1 \quad (38)$$

Onde:

C_0 = concentração no leito de volume máximo = 0,65

Cálculo do parâmetro de suspensão

$$Z' = Z + \phi = \frac{W_s}{\beta k u_*} + \phi \quad (39)$$

Cálculo do fator F

$$F = \frac{\left(\frac{a}{h} \right)^{z'} - \left(\frac{a}{h} \right)^{1,2}}{\left(1 - \frac{a}{h} \right)^{z'} (1,2 - Z')} \quad (40)$$

Cálculo do transporte de material suspenso

$$q_s = F z u C_a \quad (41)$$

Onde:

z = profundidade abaixo da camada σ

Cálculo do fluxo de ressuspensão para o leito

O fluxo de ressuspensão é calculado com a diferença entre o total suspenso no transporte de carga e o fluxo atual de sedimento horizontal na σ -camada abaixo. Se essa diferença é maior que zero, está ocorrendo erosão, e se a diferença é menor que zero, está ocorrendo deposição. Portanto, é possível ocorrer deposição mesmo se u^* exceder $u^*_{,crbed}$ e $u^*_{,crsus}$.

O modelo calcula a ressuspensão por:

$$E = \frac{(sq_s - qzC_z)\Delta t}{\Delta x\Delta y} \quad (42)$$

Onde:

C_z = concentração de sedimento suspenso abaixo da camada σ ;
 Δt = intervalo de tempo;
 Δx e Δy = área da superfície de fundo.

4.1.9.2.7. Deposição de Sedimentos Não Coesivos

Quando a velocidade da camada de cisalhamento (u^*) é menor que o valor crítico ($u^*_{,crbed}$ ou $u^*_{,crsus}$), então o sedimento na coluna d'água deposita no leito de acordo com a equação:

$$D_2 = W_{s,2}C_2 \quad (43)$$

Onde:

D_2 = fluxo de deposição do sedimento não coesivo;
 $W_{s,2}$ = velocidade de queda;
 C_2 = concentração de sedimento suspenso perto do leito.

4.1.9.3. Implementação do Modelo

A implementação do modelo para simular o comportamento dos fluxos na região de interesse exige a execução de uma série de tarefas, entre as quais podem ser citadas: (1) definição das condições de contorno; (2) obtenção do contorno da linha de costa; (3) geração do modelo digital da batimetria; (4) geração da grade numérica, etc. A forma como foi gerado cada um desses parâmetros durante a implementação do modelo é descrita a seguir.

4.1.9.3.1. Dados Batimétricos e de Contorno de Terra

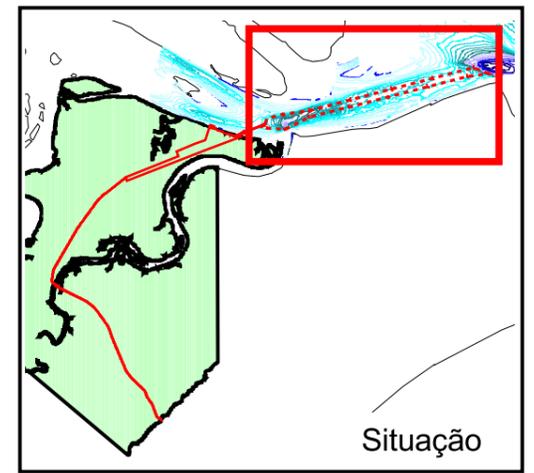
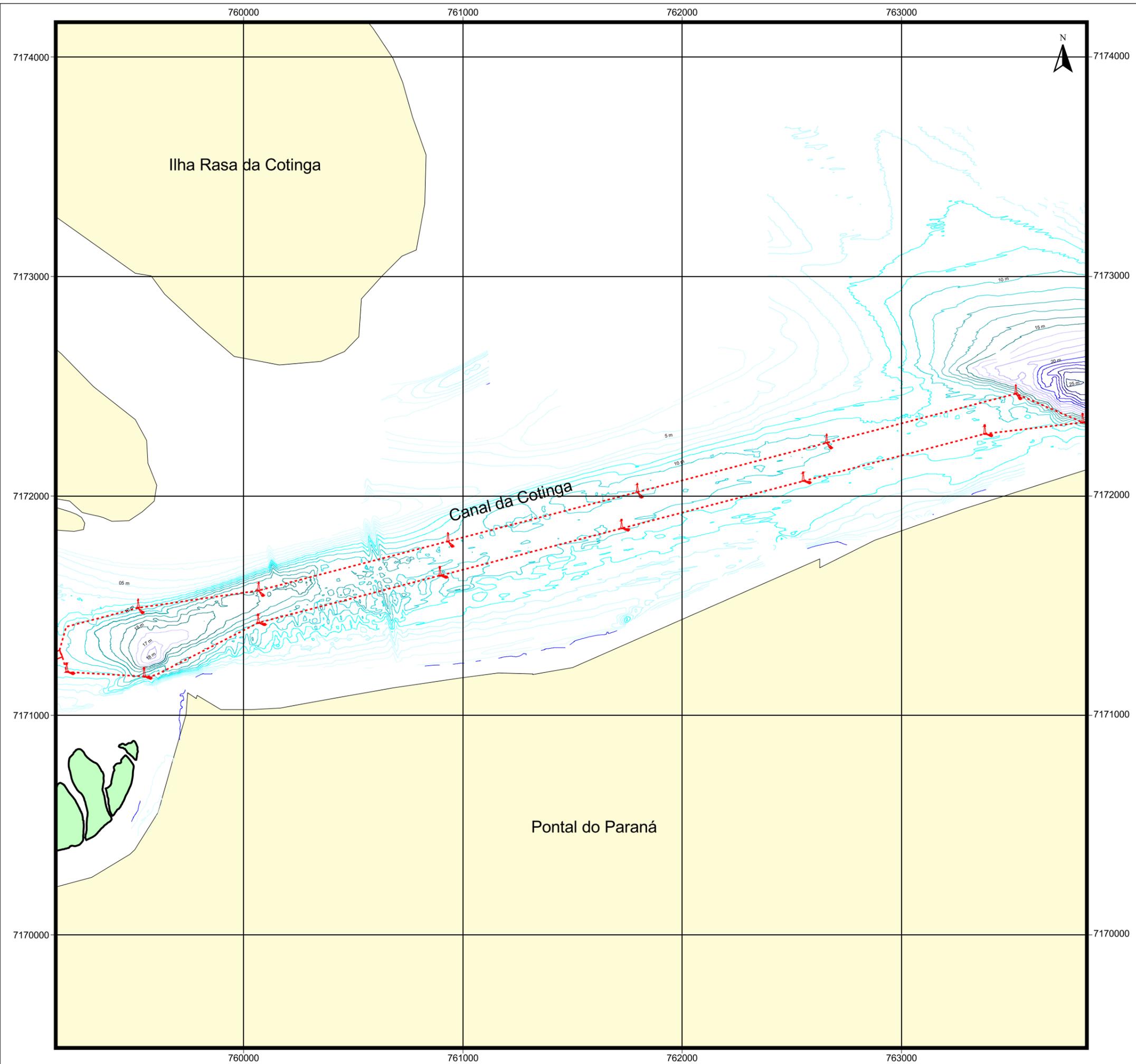
Os dados batimétricos utilizados neste trabalho foram produzidos a partir da digitalização das cartas náuticas de número 1820, 1821 e 1822 da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil.

Foram utilizadas duas edições da carta 1820: a 2ª edição, de 1976, e a 3ª, de 2005. Isso foi feito porque são edições que cobrem regiões complementares. As informações utilizadas para a geração da carta de 1976 foram obtidas até o ano de 1975, e para a carta de 2005, as informações são do período entre 1972 a 2003. As cartas de 1821 e 1822 são da 4ª edição de 2005 e possuem medições dos anos de 1975 a 2003 e de 1979 a 2003, respectivamente. Esse fato evidencia uma fonte em potencial de erro na geração do modelo, uma vez que o campo batimétrico atual da baía de Paranaguá pode apresentar feições distintas das apresentadas nessas cartas. Entretanto, as regiões que apresentam maior dinâmica são atualizadas com maior frequência.

As cartas foram escaneadas e seus pontos digitalizados, com o auxílio do *software* Surfer. No processo, foram obtidas posições do contorno de terra do CEP, de ilhas, de áreas de mangue, de canais de dragagens e valores de profundidades.

As cartas náuticas se apresentam originalmente em sistema de referência de coordenadas geodésicas (*datum*) diferentes. Houve, assim, uma necessidade de conversão para o mesmo *datum* e uma mudança do sistema de projeção geodésica para UTM, para facilitar a aplicação dos dados no modelo computacional. O georreferenciamento dos pontos digitalizados foi necessário para um ajuste de deslocamentos de pontos. O procedimento foi realizado com base em uma imagem de satélite georreferenciada com o auxílio do programa ERDAS.

Sondagens batimétricas no canal da Cotinga foram realizadas para atualizar a batimetria na região de maior interesse do empreendimento, e foram utilizados na estruturação da grade do modelo numérico usada neste estudo.



Legenda

- Limite da Propriedade
- Porção Terrestre
- Implantação do Empreendimento
- Área de Manobra de Embarcações
- Batimetria (eq. 1m)



Acat
Consultoria & Engenharia Ambiental

Cliente: **Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.**

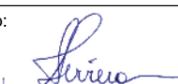
Projeto: **Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-**

Figura 4.168: **Pontos Batimétricos da Atualização do Canal da Cottinga**

Escala: **1: 17.000**

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: **Outubro / 2009**

Responsável Técnico: 

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

4.1.9.3.2. Confecção da Grade Numérica

A grade numérica criada para a implementação do modelo foi construída sobre o contorno de terra do estuário e representa adequadamente as ilhas e a linha de costa. A grade, representada na **Figura 4.169**, é curvilínea, segue o contorno de terra e as direções principais do escoamento em sua maior parte.

A resolução utilizada depende da escala do problema a ser estudado e é indicada pela raiz quadrada da área da célula da grade. O tamanho médio das células para todo o domínio é de 125 metros, variando de 30 metros a 600 metros.

Com a definição do contorno de terra, dos pontos batimétricos e da grade numérica, essas informações são conjugadas para se gerar o modelo digital da geomorfologia do estuário. A **Figura 4.169** mostra o campo batimétrico após interpolação para os pontos de grade.

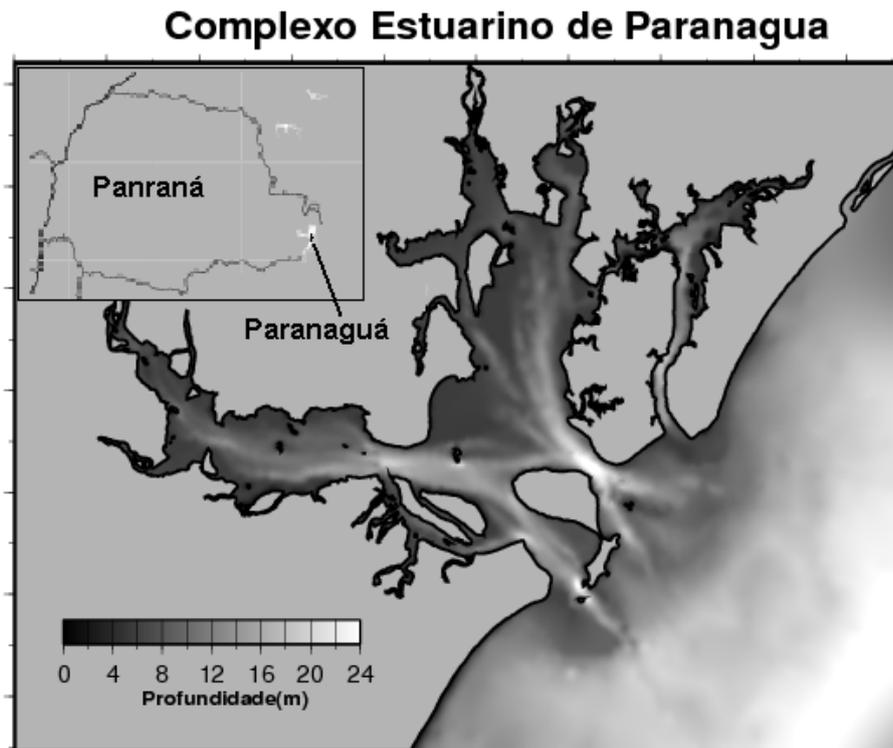


Figura 4.169 – Campo batimétrico após interpolação

4.1.9.3.3. Obtenção das Condições de Contorno em Mar Aberto

A definição das condições de contorno do modelo é uma das etapas mais importantes e possui profundo impacto nos resultados gerados. Em estudos de hidrodinâmica de estuários a principal condição de contorno a ser definida é o comportamento da elevação da superfície do mar na borda da grade, pelo fato de esta ser a principal forçante nesses sistemas. Via de regra, é usual situar os contornos abertos da grade suficientemente afastados das regiões de maior interesse, para que

possíveis problemas de condições de contorno não afetem significativamente os resultados. Essa prática acaba gerando problemas de obtenção de informações nos pontos de contorno, uma vez que as campanhas de coleta de dados em regiões estuarinas se concentram principalmente no seu interior.

O problema de falta de informação de elevação da superfície do mar nos pontos do contorno aberto da grade numérica, foi contornado pela utilização de constantes harmônicas geradas por Camargo (1999), pela aplicação do modelo hidrodinâmico POM implementado para toda a plataforma sudeste.

Após conversão desses pontos para coordenadas UTM, as amplitudes e fases, correspondentes às doze principais constituintes, foram linearmente interpoladas para os pontos da borda da grade através de uma rotina Fortran.

Segundo Camargo (1999), na região de estudo, assim como na plataforma continental sudeste brasileira, as componentes de maré dominantes são as diurnas Q1, O1, P1 e K1, e as semidiurnas N2, M2, S2 e K2, existindo também a presença da ter-diurna M3, da quarto-diurna M4 e outras componentes de pequeno fundo, especialmente a MN4 e MS4. Geralmente, o uso das constituintes M2, S2, N2, K2, K1, O1 e P1 é suficiente para uma precisão de 10%. Para o estudo, no processo de interpolação e, posteriormente, como condições de contorno, serão utilizadas as 12 componentes citadas pelos autores.

4.1.9.4. Resultados do Modelo Hidrodinâmico

Todas as simulações realizadas foram inicializadas a partir do repouso, isto é, com elevação e correntes nulas no instante inicial. Isso se deve ao fato de não haver conhecimento prévio de um estado inicial a partir do qual a simulação pudesse iniciar. Assim deve ser desprezado um intervalo de tempo no início de cada simulação, no qual o meio modelado entra em equilíbrio dinâmico com a forçante de maré nas bordas abertas (entrada do estuário). No estudo realizado esse tempo foi da ordem de seis horas.

4.1.9.4.1. Validação dos Resultados

Para gerar confiabilidade aos resultados obtidos pelo modelo numérico e verificar a sua capacidade em representar os processos reais, são realizados testes de validação dos resultados, comparando-se os dados medidos com os campos vetoriais gerados nas simulações.

Na análise do modelo computacional, foram realizadas comparações dos resultados de níveis de água nas localidades de Antonina, Paranaguá e Galheta. Os resultados de elevação da superfície do mar foram comparados com elevação gerada com as constituintes astronômicas e com dados medidos. As simulações foram realizadas no período 01/01/1999 a 28/01/1999, para se avaliar o modelo durante ciclos completos de maré.

As previsões de maré foram obtidas por meio de reconstituição harmônica das mesmas constituintes usadas para forçar o modelo e realizadas por uma rotina computacional em linguagem de programação Fortran, a partir de dados fornecidos pelo CEM. A **Figura 4.170**, **Figura 4.171** e **Figura 4.172** mostram a elevação da superfície do mar obtida com o modelo e a elevação gerada com as constituintes astronômicas para Antonina, Paranaguá e Galheta. A curva em vermelho representa o nível modelado e a curva em verde, o nível previsto com constituintes astronômicas. Pode-se observar que, de modo geral, o modelo representou adequadamente a fase e a amplitude da onda de maré.

A fase encontra-se um pouco atrasada em período de sizígia e adiantada na quadratura na ordem de 20 minutos. As maiores diferenças de amplitude ocorreram em períodos de quadratura, sendo da ordem de 20 centímetros.

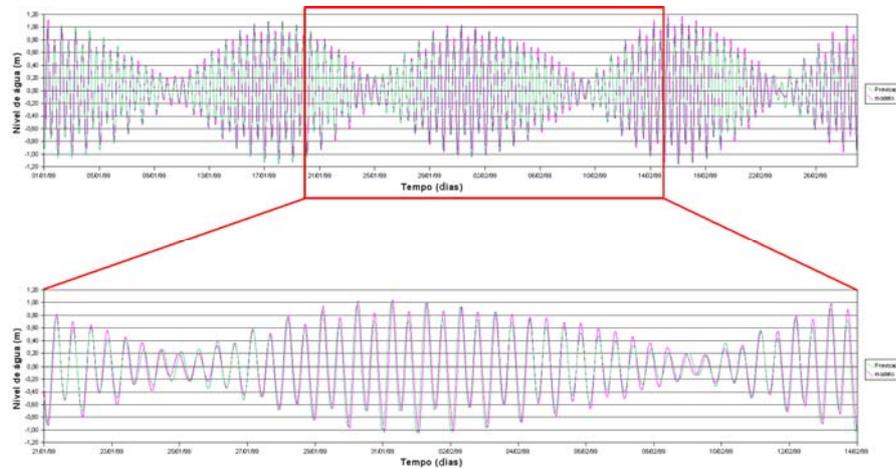


Figura 4.170 – Elevação da superfície do mar com o modelo em Antonina e com as constituintes astronômicas

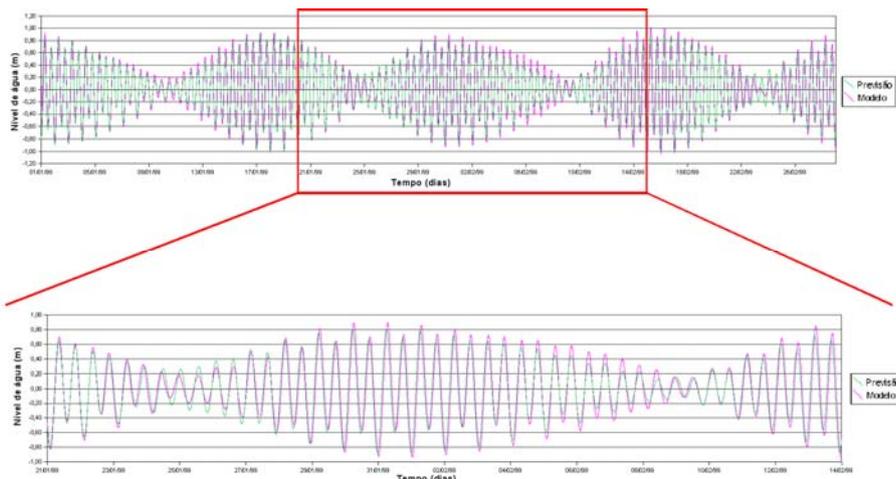


Figura 4.171 – Elevação da superfície do mar modelado em Paranaguá

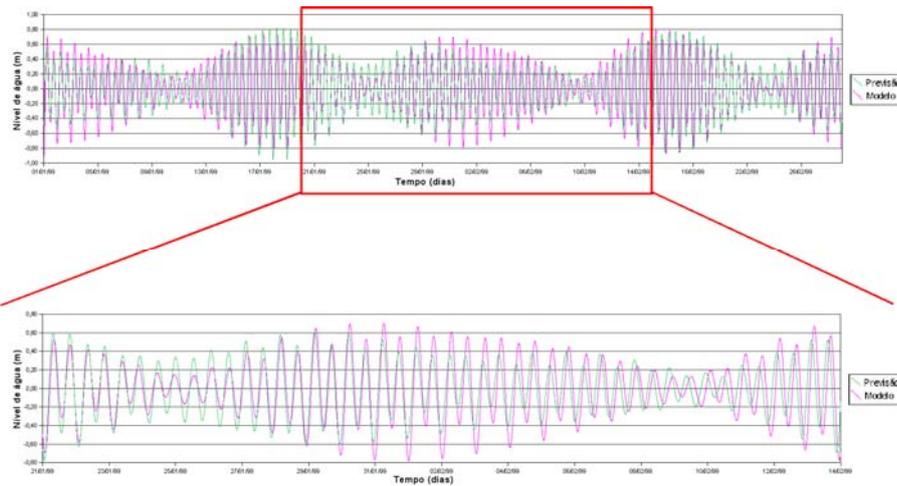


Figura 4.172 – Elevação da superfície do mar modelado na Galheta

A **Figura 4.173**, **Figura 4.174** e **Figura 4.175** comparam as elevações da superfície do mar obtidas pelo modelo numérico com as medições realizadas pelo CEM em Antonina, Paranaguá e Galheta. O modelo representou adequadamente a fase e somente na amplitude são verificadas maiores diferenças. A curva em vermelho representa o nível modelado, enquanto a curva em verde, o nível medido.

Essas diferenças ocorrem, principalmente, pela utilização, apenas, da maré astronômica no contorno aberto do modelo, não se incluindo nas simulações os efeitos da maré meteorológica, principalmente a ação do vento. As diferenças na amplitude são mais acentuadas em época de quadratura, nas quais se verifica um empilhamento da superfície do mar ocasionado pela ação do vento.

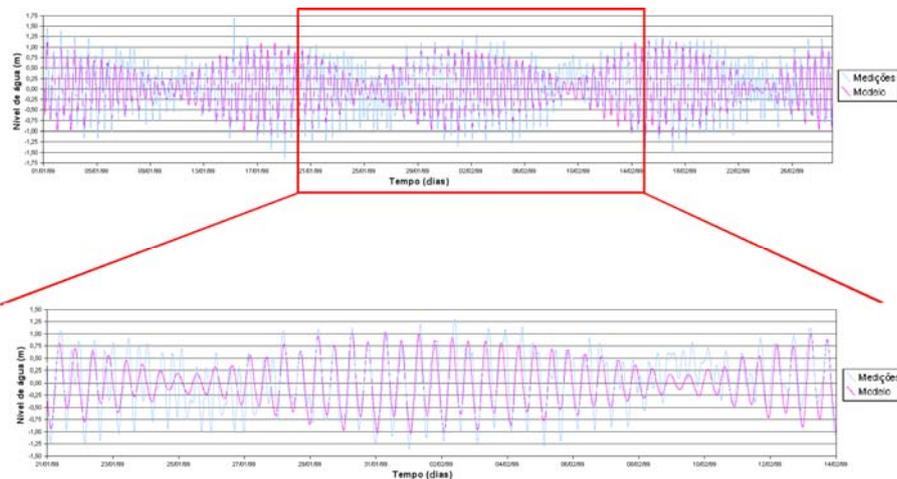


Figura 4.173 – Elevação da superfície do mar modelado em Antonina

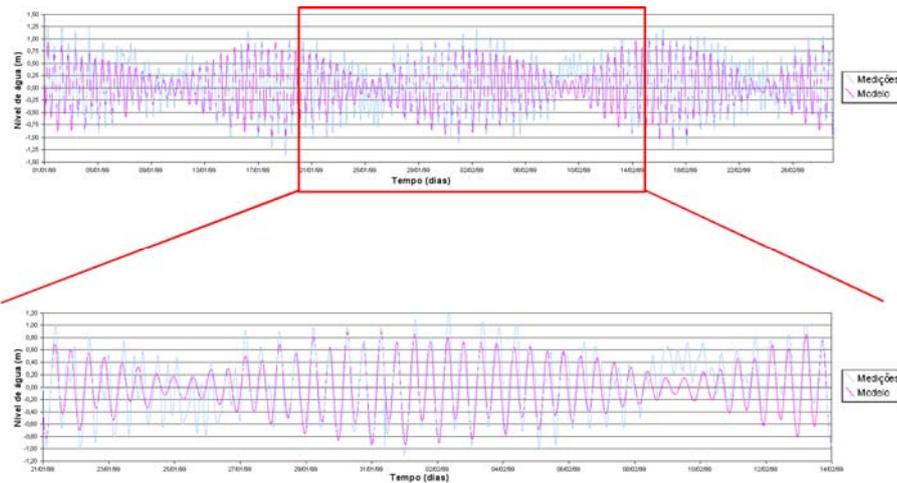


Figura 4.174 – Elevação da superfície do mar modelado em Paranaguá

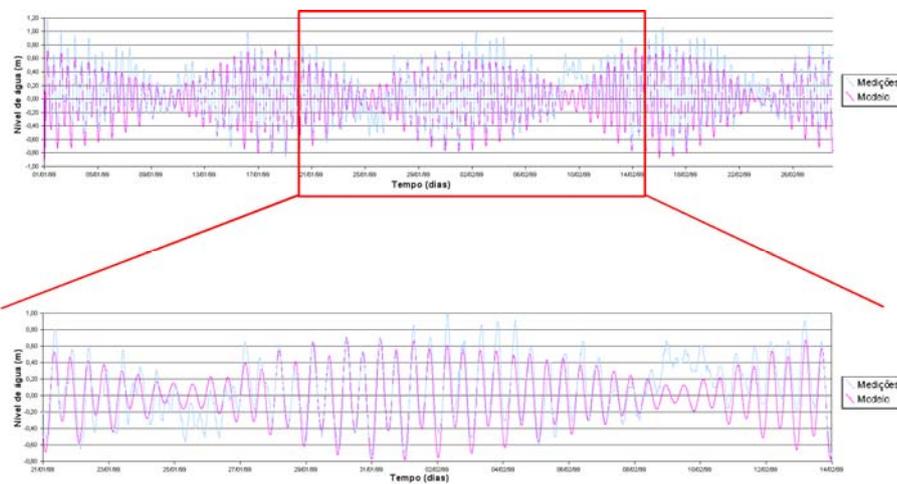


Figura 4.175 – Elevação da superfície do mar modelado na Galheta

O campo de elevação gerado pelo modelo para toda a baía de Paranaguá representou, de forma geral, o comportamento observado na região, conforme pode ser observado na **Figura 4.176**. Essa figura mostra a elevação da superfície do mar para pontos localizados na Galheta, em Paranaguá e em Antonina, onde pode ser observado que, para um mesmo horário, a amplitude da onda em Antonina atinge 1,5 metro, enquanto para a Galheta a onda não passa de 1,0 metro de amplitude, resultando em uma amplificação de 50% para uma situação de maré de sizígia. Dessa forma, é possível afirmar que a amplificação na elevação da superfície do mar - à medida que a onda se desloca para o interior do estuário - foi bem representada.

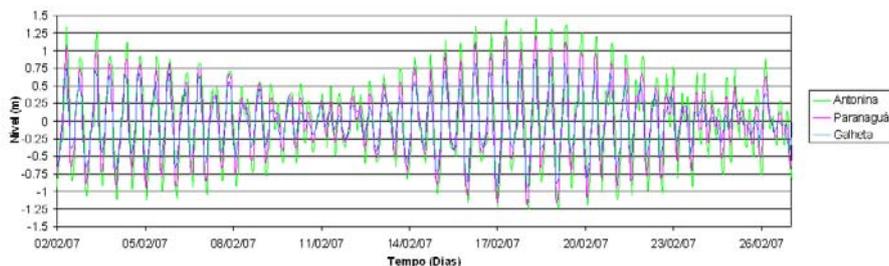
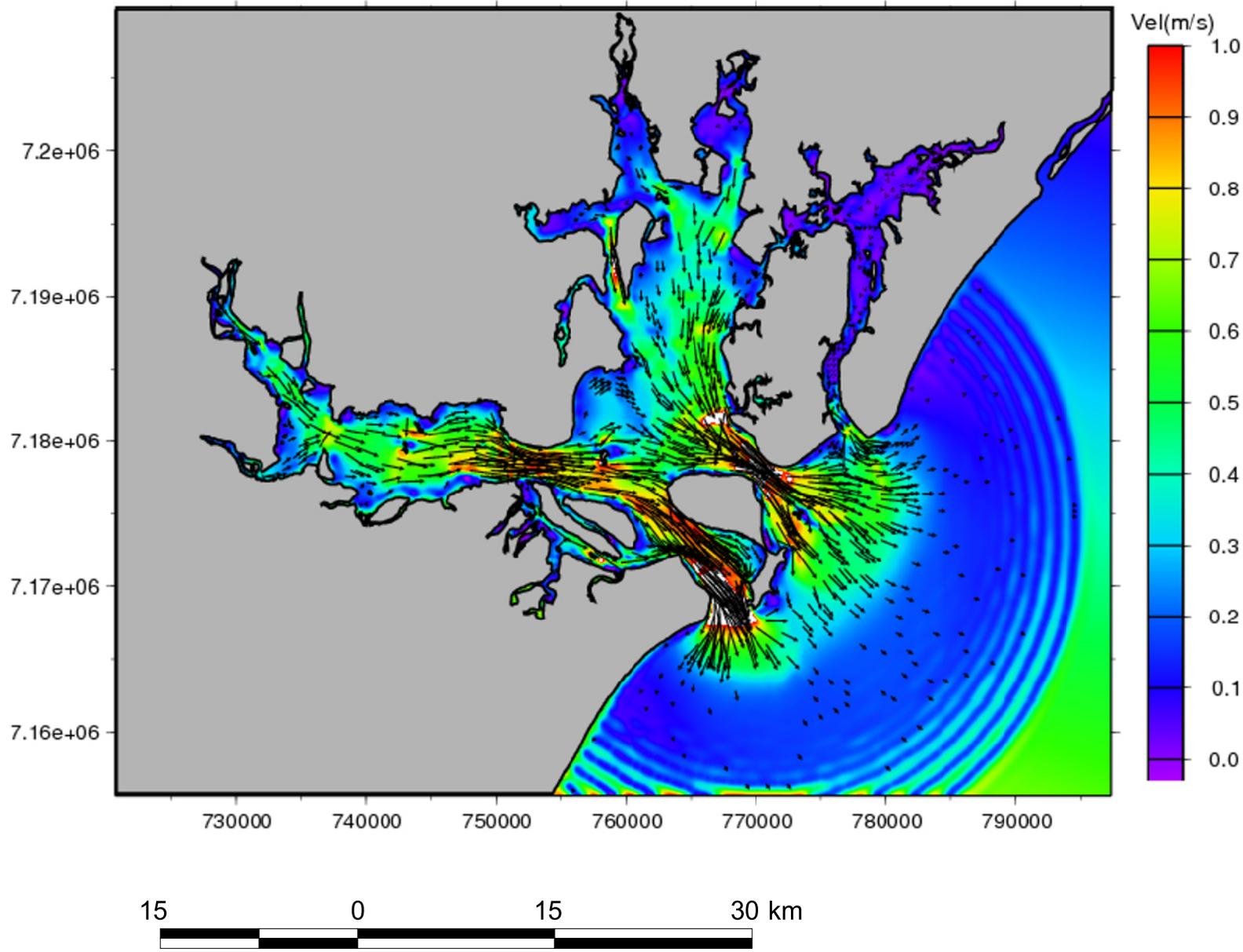


Figura 4.176 – Amplificação da elevação da superfície do mar entre Antonina, Paranaguá e Galheta

4.1.9.4.2. Resultados do Modelo Hidrodinâmico na AII

O campo de velocidade para toda a região do estuário para um período de sizígia em um instante de maré de vazante é mostrado na **Figura 4.177**. Para essa situação, as máximas velocidades foram observadas ao longo do canal da Galheta e atingiram magnitudes superiores a 1,0 m/s, o que está de acordo com dados históricos gerados a partir de medições diretas.

É importante ressaltar que as falhas que são observadas à medida que nos afastamos da desembocadura do estuário, rumo a alto-mar, são provocadas pela forma que os dados foram interpolados em período de pós-processados. Como a grade do modelo é curvilínea com elementos variados, a interpolação feita de forma a contemplar a área de interesse (região do empreendimento) não gera bons resultados na área de forma circular externa. Esse fato não prejudica de forma alguma os resultados, uma vez que esse procedimento de pós-processamento é feito somente para gerar os mapas de visualização desses resultados.



Cliente: Subsea7 do Brasil
Serviços LTDA.

Projeto: Estudo de Impacto Ambiental
Base de Soldagem Paranaguá
-SUBSEA 7-

Figura 4.177:
Campo de velocidade para toda a região do CEP;
Período de Sízigia, instante de Maré Vazante.

Escala: Escala Gráfica

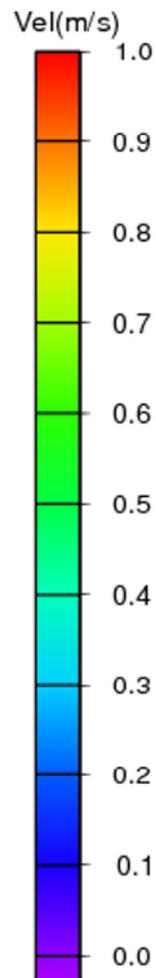
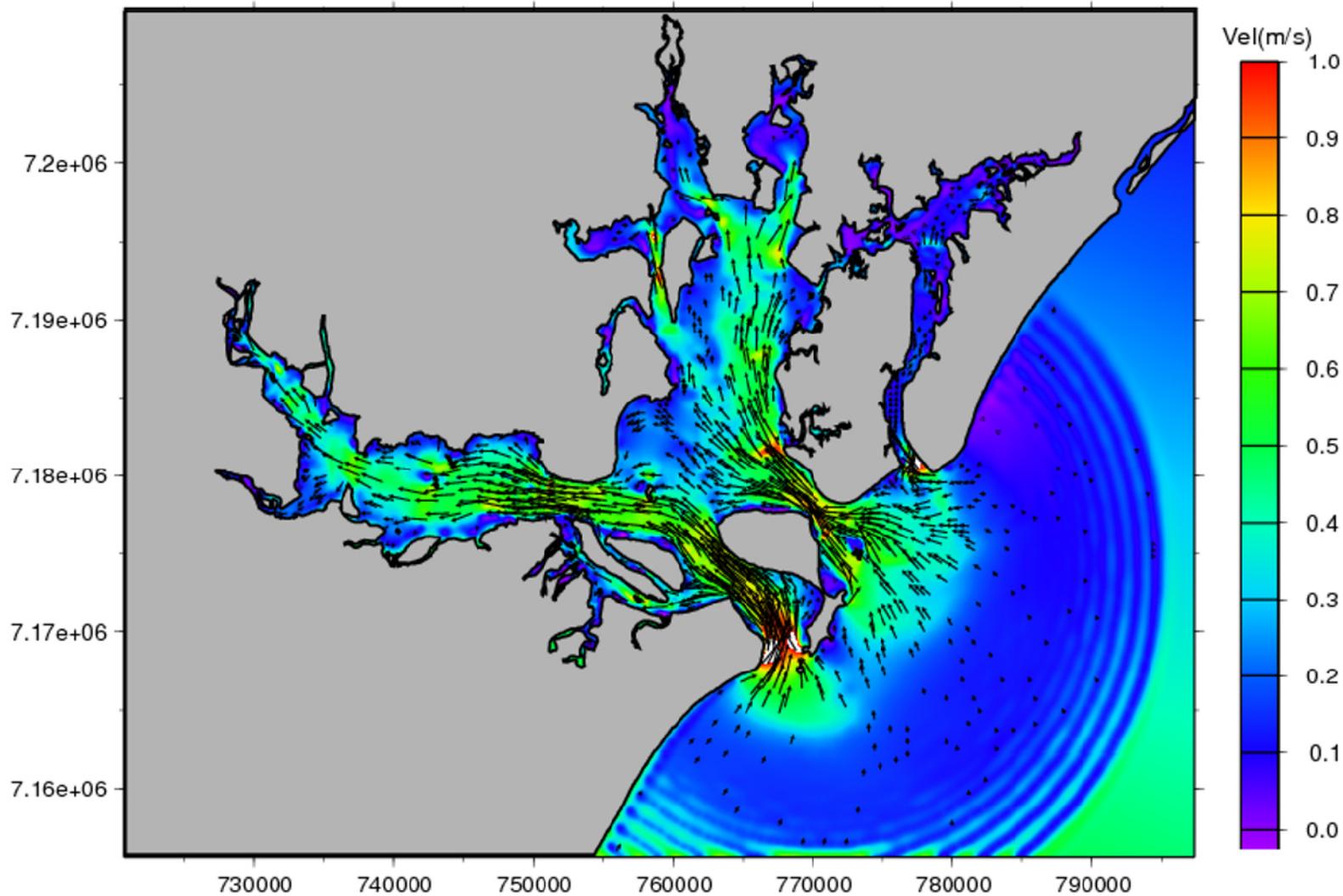
Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: Outubro / 2009

Responsável Técnico:

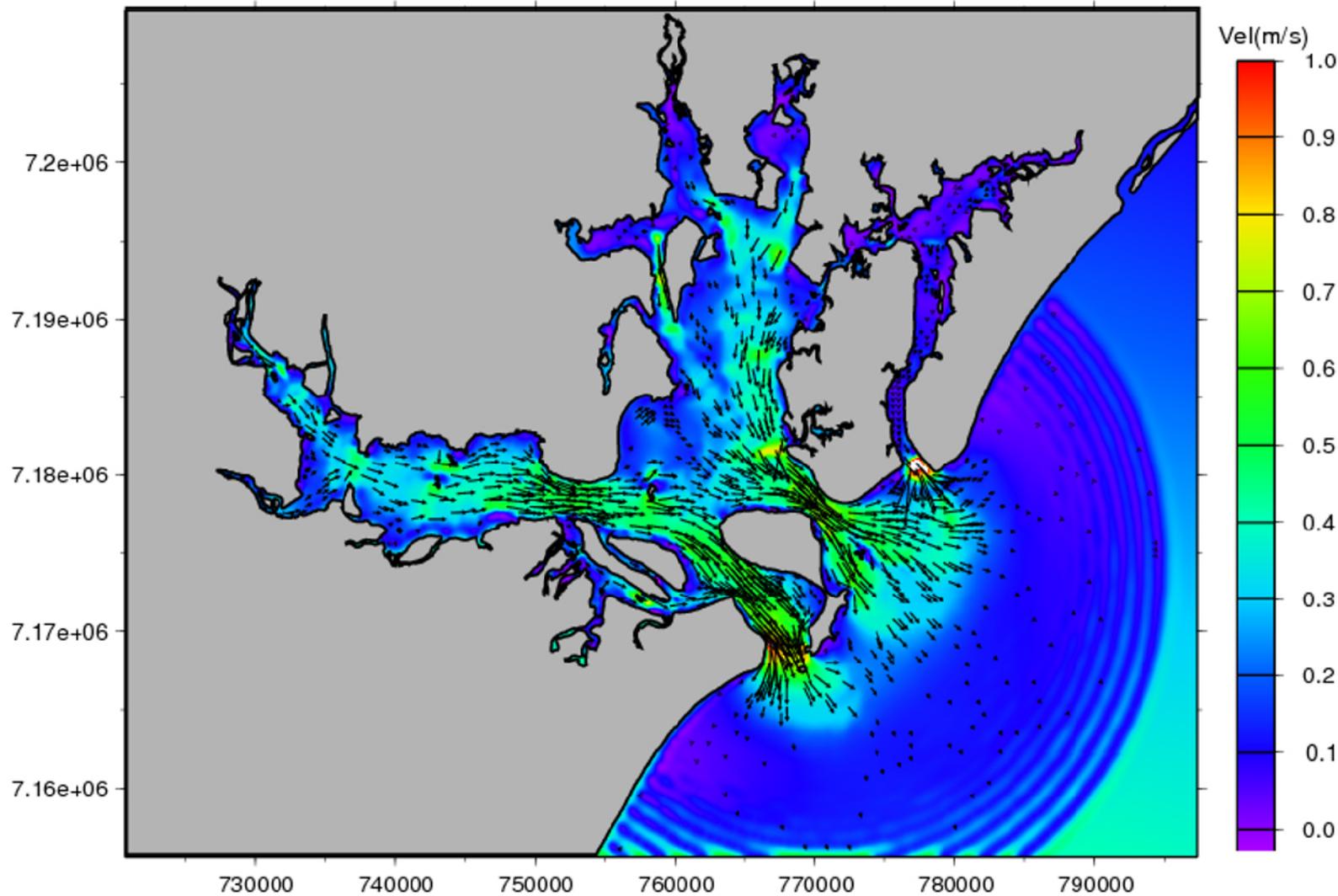
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

A **Figura 4.178** mostra o campo de velocidade para um período de sizígia, com maré enchente para toda a baía de Paranaguá. Percebe-se que as maiores velocidades de corrente nas baías de Paranaguá e Antonina acompanham o canal de navegação de seus respectivos terminais portuários. Também é possível observar que as velocidades das correntes no interior destas baías (em torno de 0,5 m/s) são mais intensas que as verificadas na região externa do estuário (em torno de 0,10 m/s).



Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.178:	Campo de velocidade para toda a região do CEP; Período de Sízigia, instante de Maré Enchente.
Escala:	Escala Gráfica
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D

A **Figura 4.179** e a **Figura 4.180** mostram a hidrodinâmica das marés vazante e enchente para o período de quadratura. Com intensidades inferiores ao período de sizígia, as correntes de maré vazante apresentam padrão similar às correntes de maré enchente, entretanto com maior intensidade. O estrangulamento estabelecido pela presença da Ilha do Mel na saída do estuário, apesar de apresentar profundidades relativamente maiores ao restante do CEP, causa uma aceleração na velocidade das correntes, o que é fisicamente coerente.



Cliente: Subsea7 do Brasil
Serviços LTDA.

Projeto: Estudo de Impacto Ambiental
Base de Soldagem Paranaguá
-SUBSEA 7-

Figura 4.179:
Campo de velocidade para toda a região do CEP;
Período de Quadratura, instante de Maré Vazante.

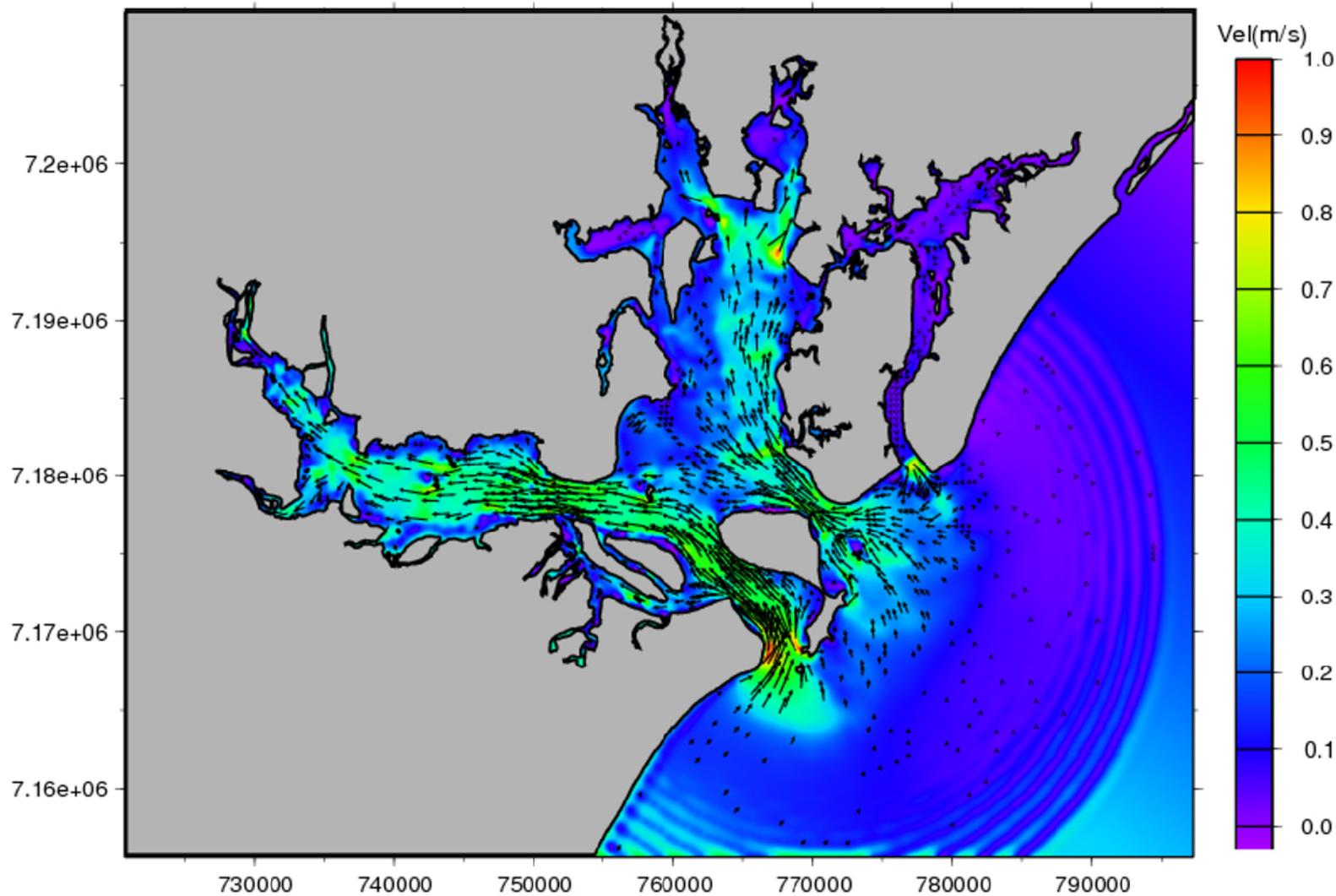
Escala: Escala Gráfica

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

Data: Outubro / 2009

Responsável Técnico:

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D



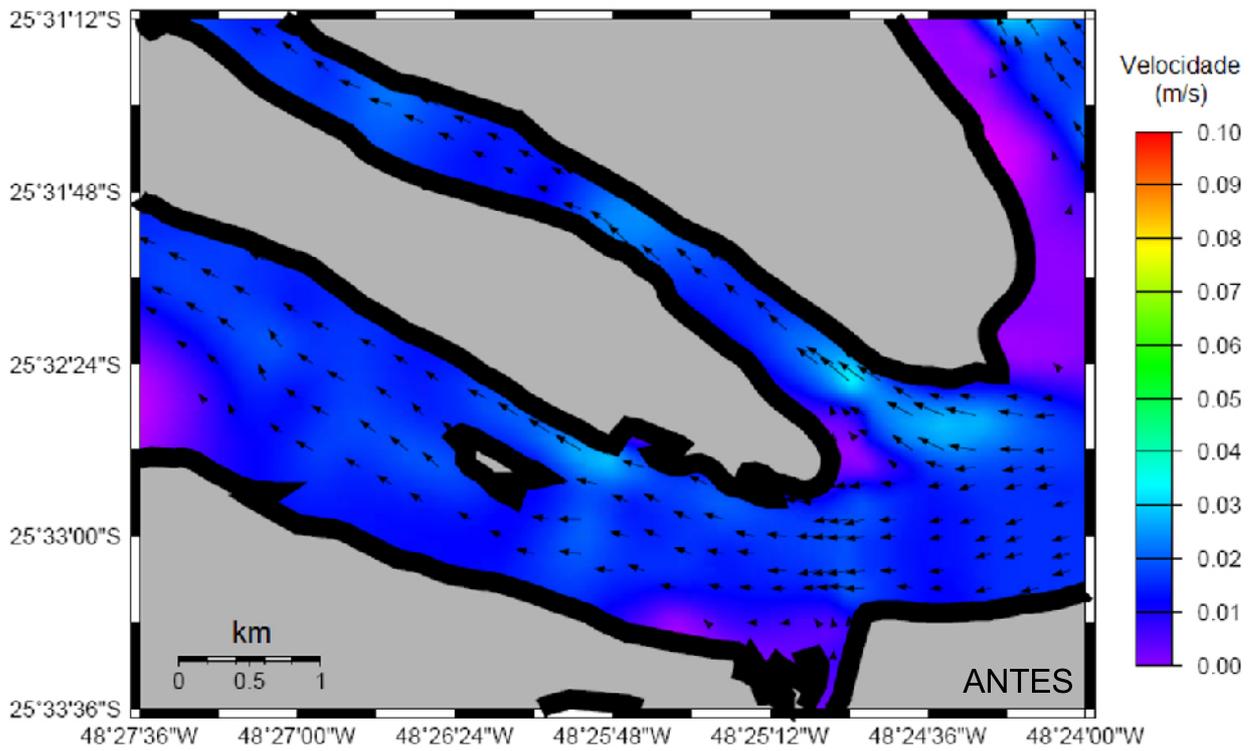
 <p>Consultoria & Engenharia Ambiental</p>	
Cliente:	Subsea7 do Brasil Serviços LTDA.
Projeto:	Estudo de Impacto Ambiental Base de Soldagem Paranaguá -SUBSEA 7-
Figura 4.180:	Campo de velocidade para toda a região do CEP; Período de Quadratura, instante de Maré Enchente.
Escala:	Escala Gráfica
	Projeção Universal Transversa de Mercator Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69
Data:	Outubro / 2009
Responsável Técnico:	 Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira CREA: PR-70.397/D

4.1.9.4.3. Resultados do Modelo Hidrodinâmico na AID e ADA

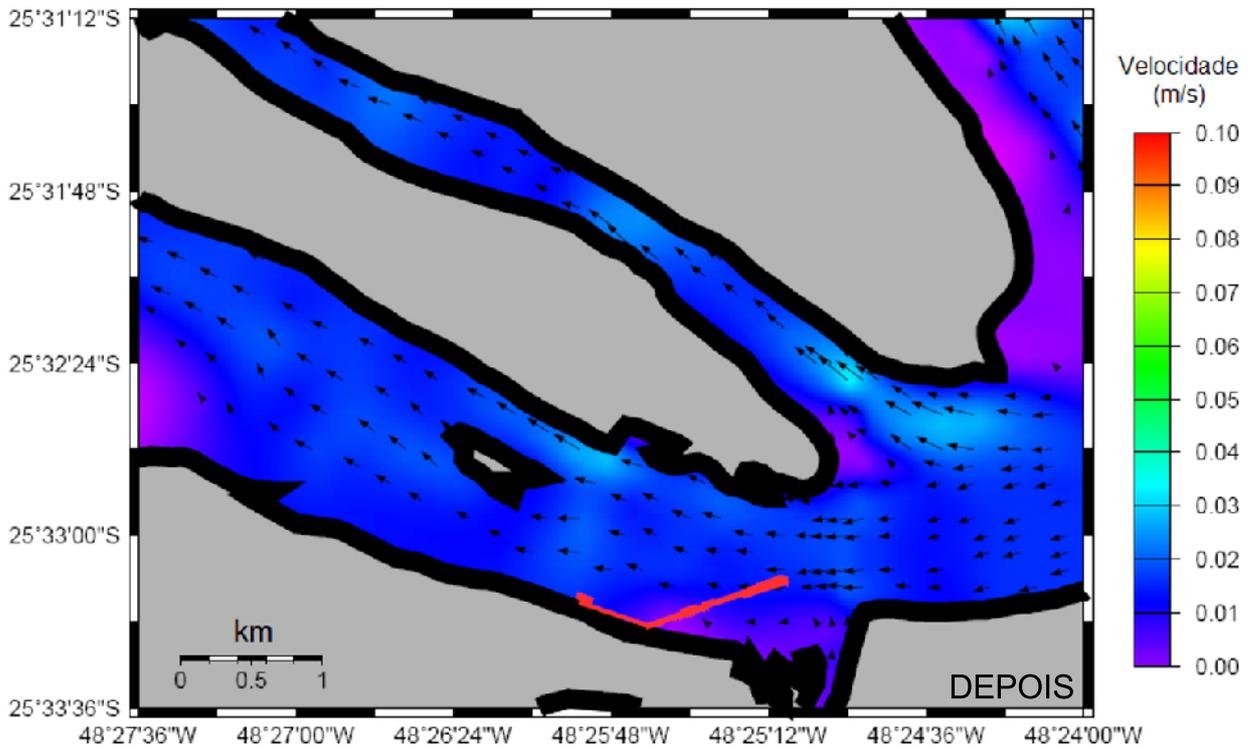
Os resultados do modelo hidrodinâmico serão apresentados para a AID e ADA em conjunto, pois o reflexo da instalação do píer previsto no empreendimento sobre as velocidades de corrente se dará na área de influência direta. Assim, da **Figura 4.181** à **Figura 4.185** é possível verificar a comparação das velocidades na área de influência direta do empreendimento diante da ausência e presença do píer.

A **Figura 4.181** apresenta as correntes em situação de maré de quadratura enchente, que é a oportunidade na qual são verificadas as menores magnitudes de corrente no estuário. De acordo com os campos de velocidade obtidos pelo modelo hidrodinâmico verifica-se que a presença do píer proposto não altera significativamente a magnitude e a direção das correntes na área de influência direta.

Hidrodinâmico - Maré de Quadratura Enchente



Hidrodinâmico - Maré de Quadratura Enchente



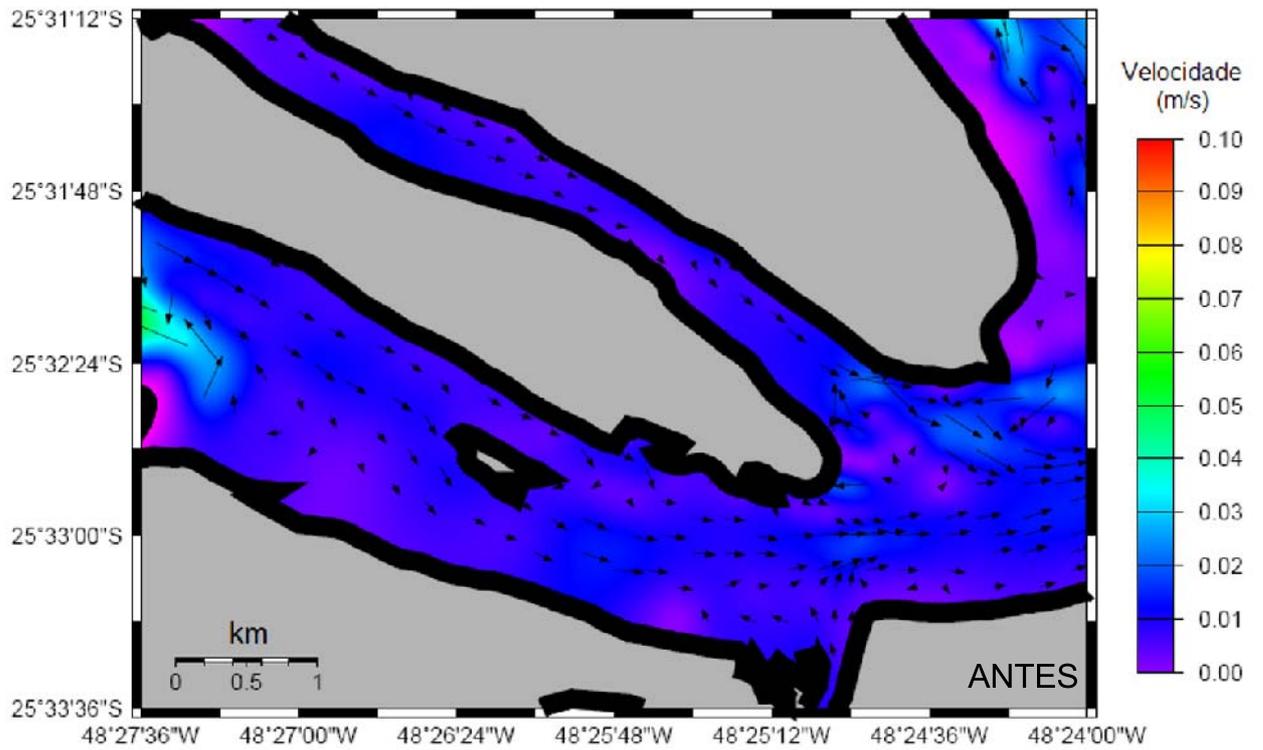
Andréia
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Figura 4.181 - Comparação da Hidrodinâmica em maré de Quadratura enchente na AID antes e depois da construção do Pier

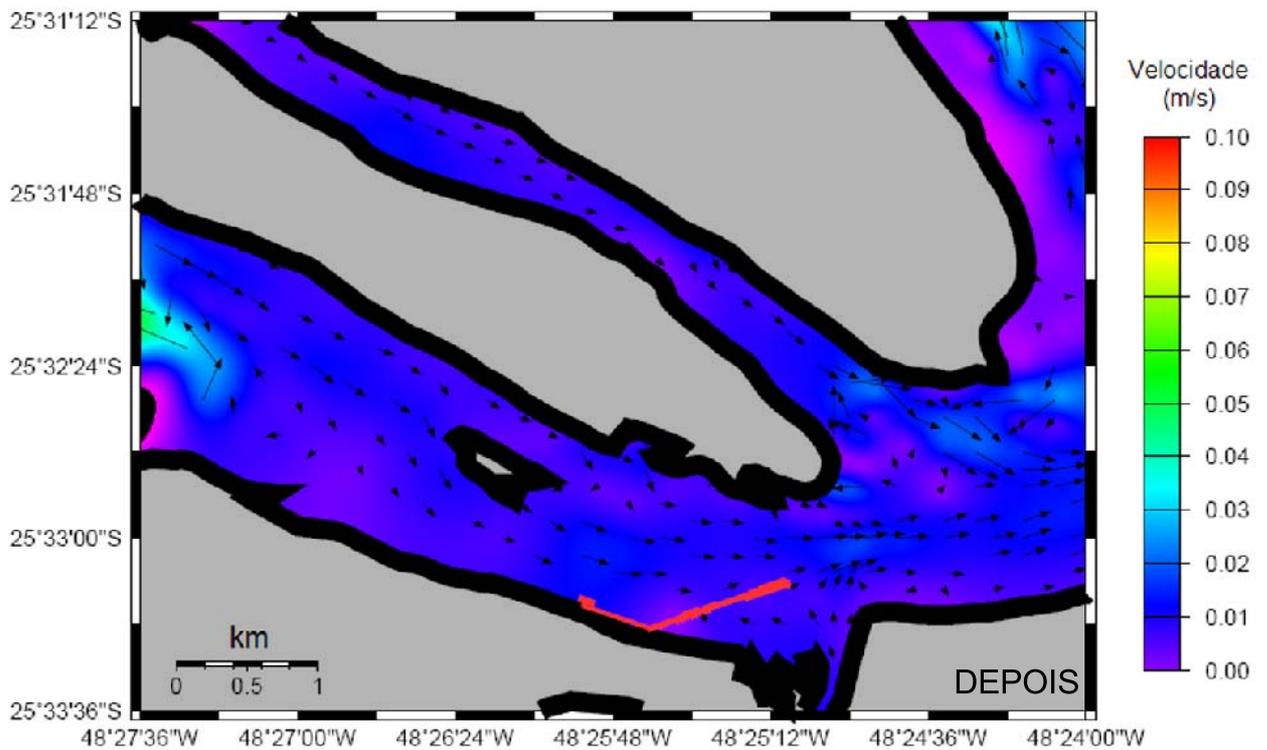


A comparação em situação de maré de quadratura vazante é apresentada na **Figura 4.182**. Nessa situação, a magnitude das correntes ainda é relativamente baixa. Ao se analisar os resultados apresentados em maré de quadratura vazante, percebe-se que não ocorre significativo impacto sobre a magnitude e a velocidade das correntes devido à presença do empreendimento.

Hidrodinâmico - Maré de Quadratura Vazante



Hidrodinâmico - Maré de Quadratura Vazante



Consultoria & Engenharia Ambiental

Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

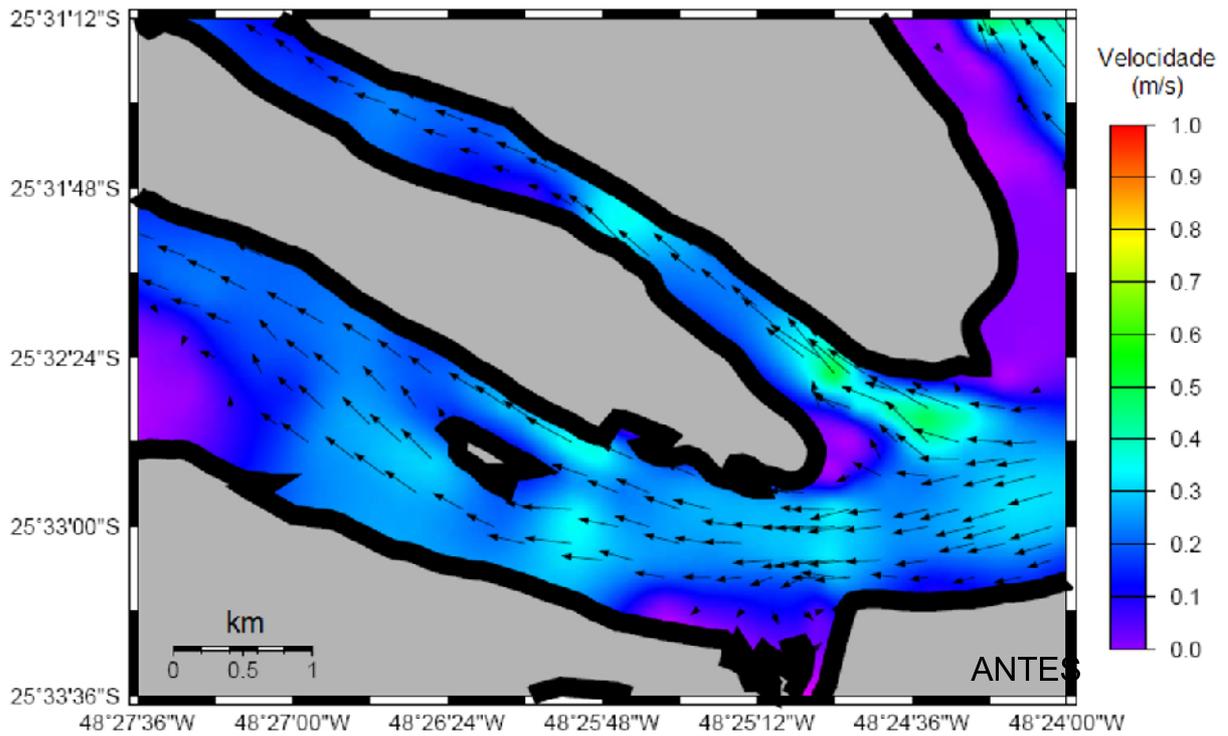
Figura 4.182 - Comparação da Hidrodinâmica em maré de Quadratura vazante na AID antes e depois da construção do Pier

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69

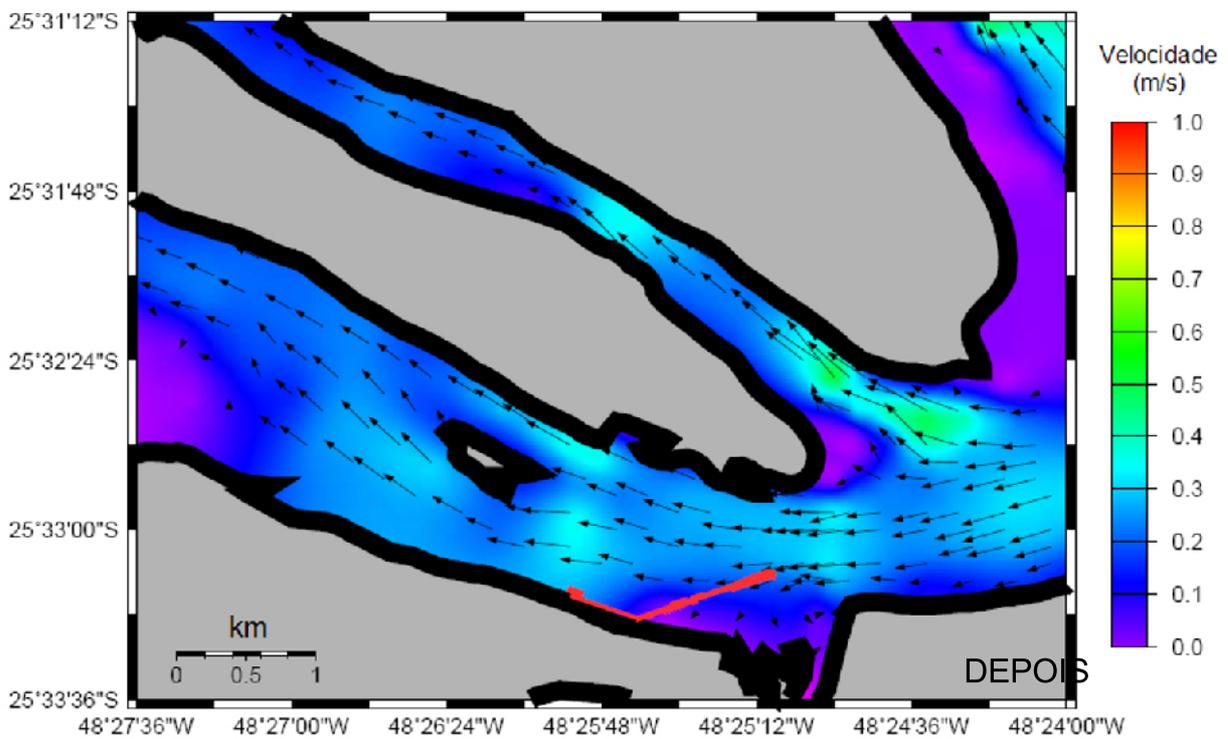


Em oposição à maré de quadratura, em que as variações de nível d'água são as menores dentro de um ciclo de maré, as marés de sizígia enchente e vazante provocam as maiores variações de nível d'água no interior de um estuário. Uma consequência dessa maior amplitude nos níveis d'água é a ocorrência das maiores velocidades de corrente dentro do estuário. A **Figura 4.183** apresenta a comparação da hidrodinâmica com ausência e presença do empreendimento na área de influência direta. Analisando-se os resultados do modelo para situação de maré de sizígia enchente, não é perceptível um impacto significativo sobre a direção e magnitude das correntes devido à presença do píer.

Hidrodinâmico - Maré de Sizígia Enchente



Hidrodinâmico - Maré de Sizígia Enchente



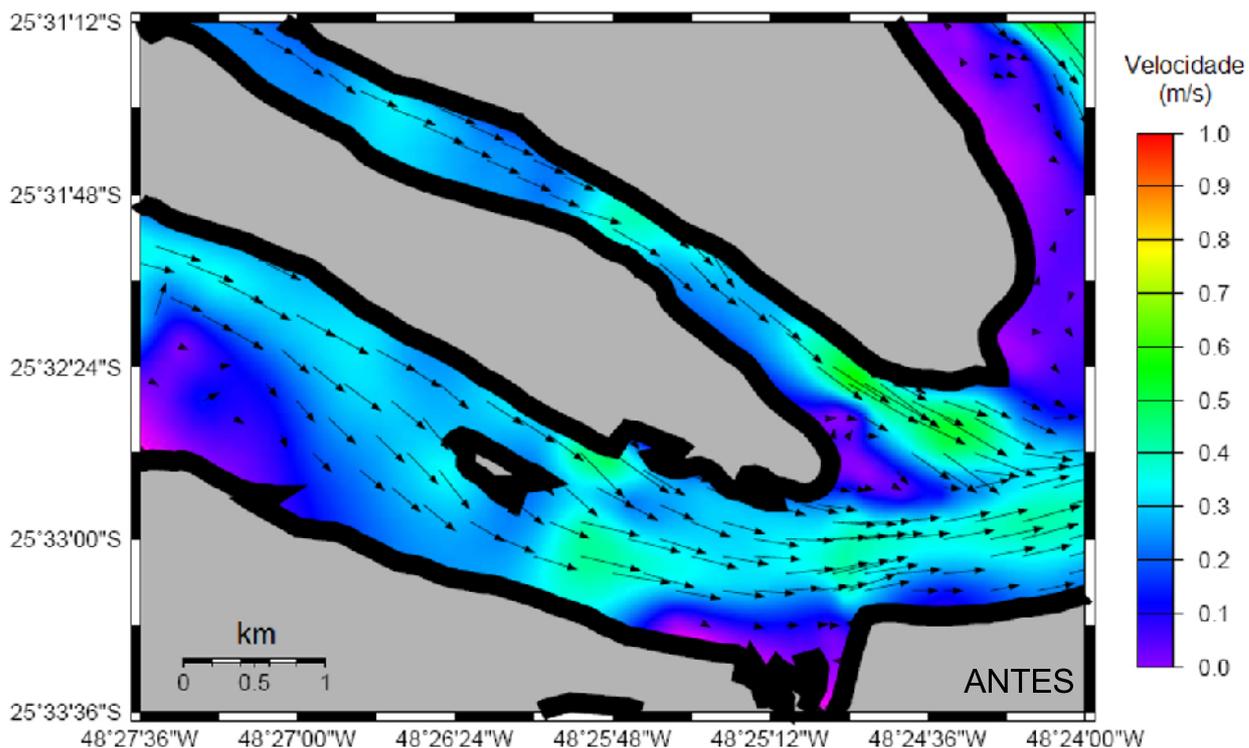
Andréia
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Figura 4.183 - Comparação da Hidrodinâmica em maré de Sizígia enchente na AID antes e depois da construção do Pier



A ocorrência das maiores magnitudes de corrente no interior de um estuário é verificada nas situações de maré de sizígia vazante. A **Figura 4.184** ilustra um comparativo sobre as velocidades de corrente, considerando-se ausência ou presença do empreendimento, na situação mais crítica de maré. O impacto sobre a velocidade e a direção das correntes, devido à presença do empreendimento, não é notado significativamente.

Hidrodinâmico - Maré de Sizígia Vazante



Hidrodinâmico - Maré de Sizígia Vazante

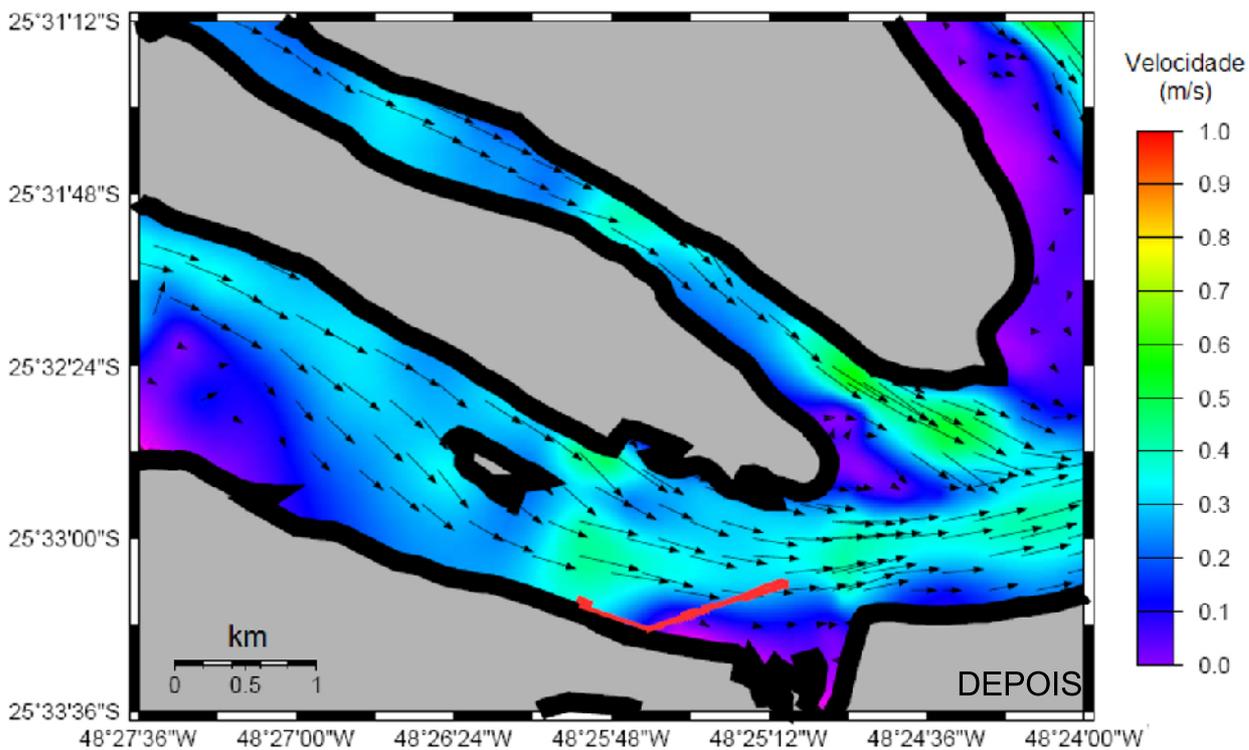


Figura 4.184 - Comparação da Hidrodinâmica em maré de Sizígia vazante na AID antes e depois da construção do Pier



Andréia
Eng. Agro. Andréia Cristina Ferreira
CREA: PR-70.397/D

Projeção Universal Transversa de Mercator
Fuso 22 Sul - Datum Horizontal SAD 69



4.1.9.5. Resultados do Modelo de Transporte de Sedimentos

Para diagnosticar o comportamento do sedimento na área de interesse, optou-se pela construção de um cenário composto por uma camada de 0,5 metro de sedimento de fundo disponível para ressuspensão e transporte. Esse cenário foi idealizado porque em trabalhos anteriores, referentes à modelagem de sedimento no CEP (Barretto, 2006), observou-se que somente os sedimentos mais finos são transportados em suspensão na coluna da água, enquanto os sedimentos mais pesados, mesmo as areias relativamente finas, são transportados pelo fundo. Com isso em mente, optou-se por estudar como se dá a interação de uma camada de areia no fundo com o campo de corrente na região de interesse.

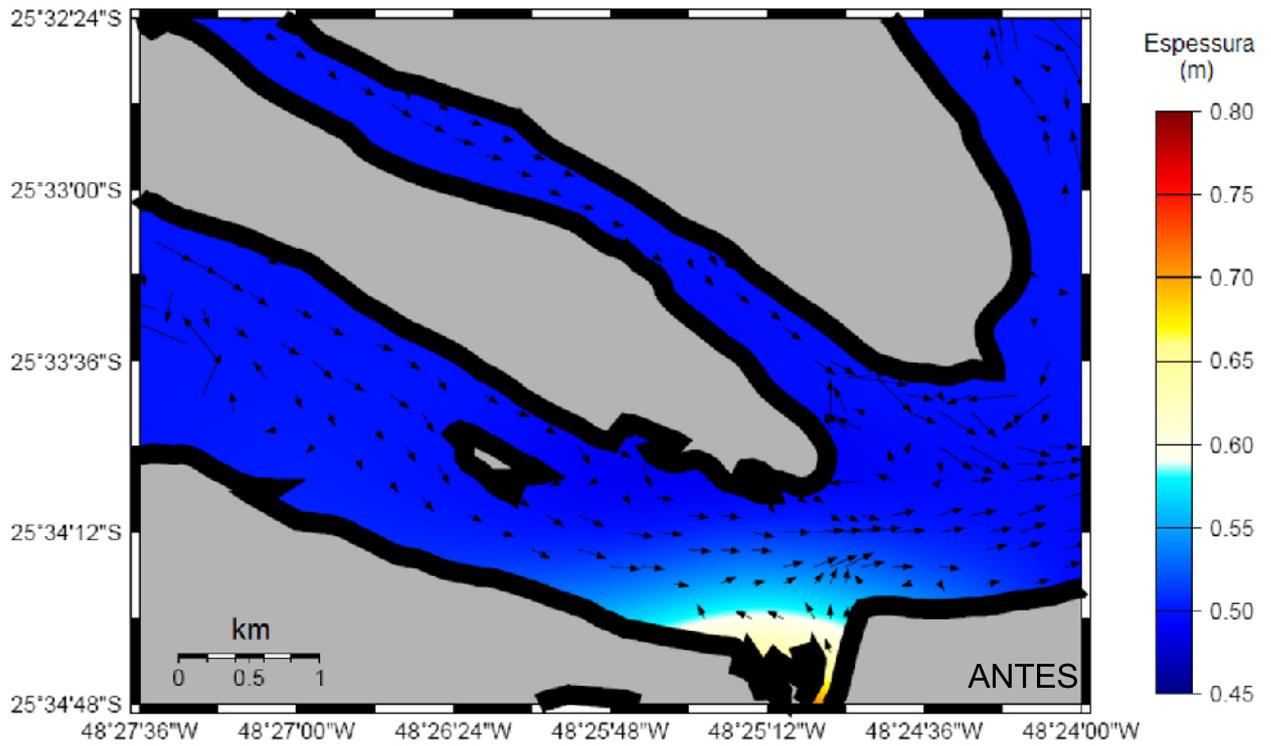
Considerando-se o tamanho do empreendimento e sua localização (parte mais externa do estuário), os resultados da dinâmica de sedimento para a área de influência indireta (AII) não acrescentam nenhuma informação de interesse. Assim, serão apresentados apenas os resultados para AID e ADA em conjunto.

4.1.9.5.1. Resultados do Modelo na AID e ADA

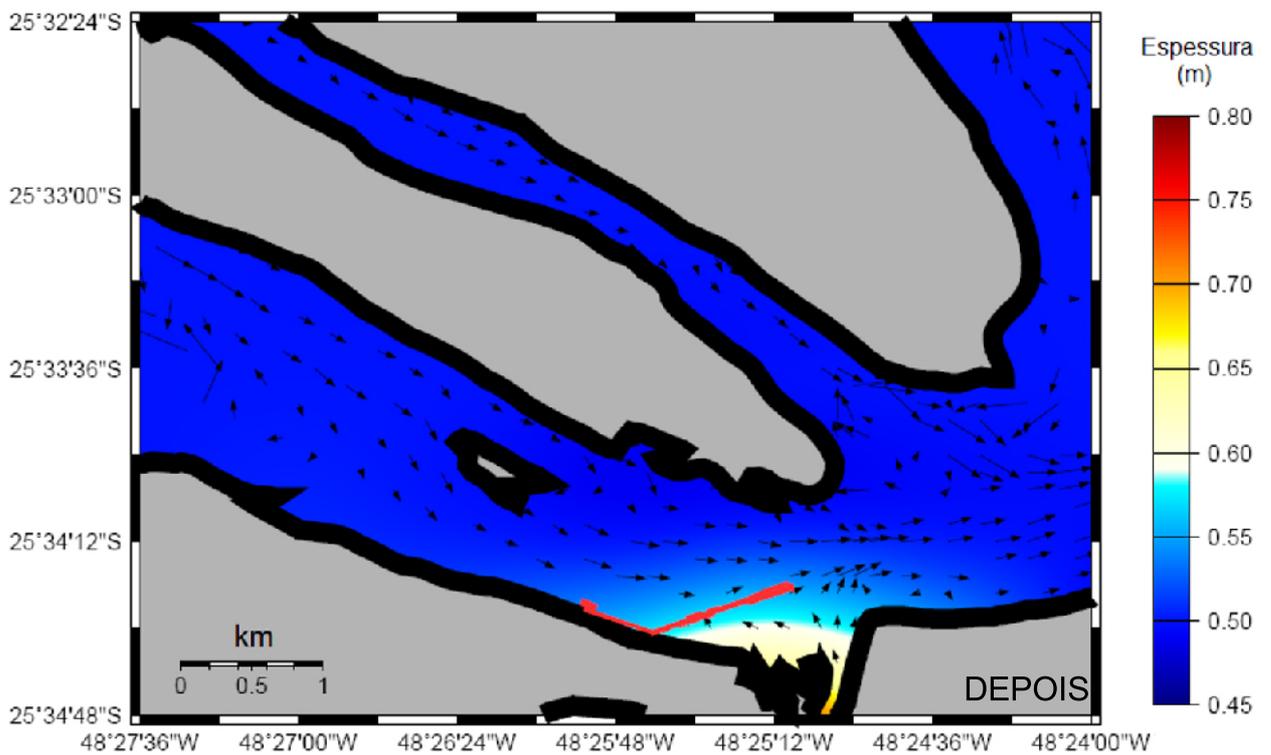
Para identificar os impactos na deposição de sedimentos causados pela presença do píer nas áreas de influência direta e indireta, foi realizada a modelagem de transporte de sedimentos durante um ciclo completo de maré. A descarga sólida proveniente do rio Maciel foi estimada com base no máximo valor verificado no estudo de Mantovanelli (1999).

A **Figura 4.185** ilustra a comparação do resultado dos cenários de modelagem considerando-se ausência e presença do empreendimento. Após análise comparativa, não se nota impacto significativo, causado pela presença do empreendimento, na deposição de sedimentos na área de influência direta.

Transporte de Sedimentos - Deposição no Fundo



Transporte de Sedimentos - Deposição no Fundo



4.1.10. Análise Conclusiva sobre o Meio Físico

Buscando uma análise conclusiva sobre as condições ambientais do meio físico diagnosticadas no presente estudo, esta seção apresenta um resumo com as principais informações referente a cada área específica estudada.

Em relação ao clima e condições meteorológicas a temperatura média mensal é de 20°C nos meses de inverno e 25°C nos meses de verão, a precipitação média é de 100 mm nos meses de inverno e de 200 mm nos meses de verão, sendo janeiro o mês mais chuvoso, não apresentando estação seca definida. Os ventos predominantes são do quadrante sul e leste, o que confere à área do empreendimento a condição de abrigo natural pela sua posição em relação à costa. A umidade relativa do ar é bastante elevada, com valor médio em torno de 85%.

A análise da qualidade do ar indicou concentrações de PTS (partículas totais em suspensão) máximo de 30,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor bem inferior aos valores de referência para padrão secundário (que determina valores abaixo dos quais os danos sejam mínimos ao bem-estar da população, ao patrimônio físico, aos materiais e ao meio ambiente em geral) estabelecidos pela SEMA e CONAMA, que ficam entre 60 e 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Apesar de não existirem fontes de emissão na área do empreendimento, devem ser consideradas as emissões provenientes do Porto de Paranaguá e do Canal da Galheta, além da presença de aerossóis marinhos em regiões litorâneas.

Foram avaliados também os níveis de ruídos em pontos localizados na ADA e AID, e as campanhas de campo evidenciaram valores entre 34,7 e 48,8 db(A) provenientes de fontes naturais, como vento e fauna, sendo comum alguns picos esporádicos referentes à circulação de embarcações no entorno da área.

Em relação à geologia a área está inserida na Planície Costeira Holocênica composta por sedimentos praias, com morfologia de cordões litorâneos, e a porção submersa é composta por sedimentos arenosos da superfície de fundo estuarino.

Foi realizada avaliação da qualidade química dos sedimentos, sendo analisados os parâmetros: Metais, Arsênio, Pesticidas Organoclorados, HPA's e PCB's, sendo que de maneira geral não foram detectadas concentrações de substâncias acima dos limites estabelecidos pela legislação para todos os parâmetros analisados, indicando que não há contaminação do sedimento de fundo na área de influência direta do empreendimento, os valores mais elevados foram encontrados nos pontos localizados próximo ao Canal da Galheta, porém não ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação.

O estudo da hidrogeologia identificou o sistema aquífero do tipo livre, onde a recarga se dá de forma difusa por infiltração direta da água de chuvas, a descarga natural por evapotranspiração e fluxo subterrâneo em direção às margens dos cursos hídricos, não foram evidenciadas áreas de afloramento do lençol freático, na forma de nascentes. A taxa de percolação é lenta em função da permoporosidade do material superficial e da presença de cama cimentada por óxidos e hidróxidos de ferro, que

associada ao relevo predominantemente plano, propicia a ocorrência de extensas áreas alagadas em períodos chuvosos. Relacionados a estas áreas alagadas foram observados canais de escoamento superficial, formados por caminhos preferenciais de escoamento superficial, que fazem a drenagem natural destas porções, apresentando caráter temporário e condicionado ao regime pluviométrico. A análise físico-química da água subterrânea indicou que as amostras não se enquadram nos padrões de potabilidade, principalmente em relação aos aspectos organolépticos, como cor, sabor e odor, além disso o pH é muito baixo e a concentração de Fe total é elevada.

O relevo é predominantemente plano e o terreno apresenta cotas que variam de 0 metros em relação ao nível do mar nas áreas de manguezais, até em torno de 6 metros, sendo que na ADA as cotas variam de 1 à 4 metros acima do nível do mar.

Na área ocorrem basicamente três unidades de solos, duas delas representadas por solos profundos e arenosos classificados como Espodossolos com diferentes condições de drenagem em função da sua posição no relevo, podendo apresentar temporariamente acúmulo de água da chuva em porções mais baixas do terreno, decorrente da taxa de percolação lenta, comum em solos que apresentam o horizonte B espódico, que consiste de uma camada cimentada por óxidos e hidróxidos de ferro em subsuperfície, formada pela iluviação de matéria orgânica e argila. Além dos Espodossolos, ocorrem solos rasos, com textura arenosa e média e hidromórficos associados aos manguezais, classificados de acordo com o sistema nacional de classificação como Gleissolos Sálcos Solódicos Tiomórficos.

Em relação à hidrologia, a área de influência do empreendimento abrange principalmente os rios Guaraguaçu e Maciel, além do canal da Cotinga e parte do canal da Galheta, todos inseridos na Baía de Paranaguá que em conjunto com outras baías forma o Complexo Estuarino de Paranaguá. A drenagem da área tem como característica o escoamento superficial lento em função da constituição pedológica e do relevo basicamente plano, favorecendo o acúmulo das águas pluviais nas áreas de cotas mais baixas. Parte da água que incide sobre o terreno infiltra no solo, porém, grande parte escorre, sendo conduzida por linhas de escoamento superficiais até as áreas mais baixas, seguindo após para os cursos de água. Além da influência do regime de chuvas, a gleba sofre também profunda influência do regime de marés. Tanto o rio Guaraguaçu quanto o Maciel são influenciados diretamente pela maré. Seus fluxos, níveis e vazão dependem diretamente da ação da maré.

Além dos rios estuarinos, a propriedade apresenta pequenos rios de água doce identificados como rio do Largo, das Onças e Perequê, na porção sul da área, e que desembocam no mar na região de Pontal do Sul.

Análises físico-químicas e biológicas foram realizadas tanto nos rios de água doce como em diversos pontos do estuário, incluindo o rio Guaraguaçu, o Maciel e o Canal da Cotinga. Para os rios de água doce foram avaliados os parâmetros: condutividade, cor, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5d}), Fósforo Total, Nitrogênio total, amoniacal e orgânico, Oxigênio Dissolvido (OD), Série de Sólidos, Turbidez, pH, óleos e graxas, coliformes totais e *Escherichia coli*. De maneira geral, diagnosticou-se que é boa a qualidade dos corpos hídricos avaliados. Apresentando apenas valores altos para DBO e cor, justificados

pela condição natural do ambiente, com alta concentração de matéria orgânica e baixo pH.

Para o estuário foram analisados os parâmetros: pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, clorofila, DBO e DQO, série nitrogenada, fósforo total, sólidos totais, transparência e turbidez, coliformes termotolerantes, metais + Arsênio, pesticidas organoclorados, HPA's e cianeto total. De maneira geral não foram evidenciados valores indicativos de contaminação, sendo observados valores um pouco maiores para o parâmetro coliformes termotolerantes em pontos localizados próximo às áreas com ocupação por comunidades tradicionais de pescadores.

Os laudos dessa amostragem servem de parâmetro inicial da qualidade da água, tendo sua importância na identificação de possíveis variações na composição físico-química e biológica da água dos rios, além de mostrar a influência do uso atual do solo na sua qualidade.

O estudo de oceanografia e hidrodinâmica costeira identificou que no Complexo Estuarino de Paranaguá a estratificação halina aumenta em períodos de elevada precipitação, sendo que a Baía de Antonina é que apresenta resposta mais rápida à precipitações, em função do relevo da bacia contribuinte, apresentando um aporte de água doce elevado na ocorrência de elevada precipitação.

O regime de maré indicou uma amplificação da variação do nível do mar em direção à montante, sendo de 1,2 m em Pontal do Sul e chegando à 2,8 m em Antonina. A renovação da água estuarina ocorre em 3,5 dias, e a de água doce entre 3 e 10 dias, de acordo com a precipitação. O estuário é classificado como positivo, pois exporta água da baía para o oceano. E em relação às ondas, em função da direção dos ventos, tem predomínio de E e SE, com pouca influência no interior do estuário em função da proteção natural da costa.

4.1.11. Referência Bibliográfica

- ALMEIDA F. F. M. de. 1976. The system of continental rifts boardering the Santos basin. Brasil. **Anais Acad. Bras. Cien**, Rio de Janeiro, n. 48 (supl.). p.15-26.
- ALMEIDA F. F. M. de. 1982. Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. In: SIMP. REG. GEOL., 3. Curitiba, 1982. **Atas**. Curitiba, SBG. p.1-20.
- ALMEIDA, C. de M. Sobre a poluição sonora. **Monografia** de especialização em Audiologia Clínica. Rio de Janeiro, 1999.
- ANGULO R. J. 1992. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 334p.
- ANGULO R. J. 1993. Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, 23(1):68-80.
- ANGULO R. J. 1999. Morphological characterization of the tidal deltas on the coast of the State of Paraná. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, 71(4-II):935-959.
- ANGULO R. J. 2004. Mapa do Cenozóico do litoral do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, 55:25-42 (CD-ROM com mapas).
- ANGULO R. J., LESSA G. C. 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**, Amsterdam, 140:141-166.
- ANGULO R. J., LESSA G. C., SOUZA M. C. 2006b. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Reviews**, London, 25:486-506.
- ANGULO R. J., SOARES C. R., MARONE E., SOUZA M. C., ODRESKI L. L. R., NOERNBERG M. A. 2006a. Paraná. In Muehe D. (org.) **Erosão e progradação do litoral brasileiro**, MMA, Brasília, 349-400.
- ANGULO R. J., SOUZA M. C., LAMOUR M. R. 2006c. Coastal erosion problems induced by dredging activities in navigation channels of Paranaguá and São Francisco harbor, southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, Itajaí, SC, SI39:1801-1803.
- ANGULO R.J., SUGUIO K. 1995. Re-evaluation of the maxima of the Holocene sea-level curve for the State of Paraná, Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. Amsterdam. 112:385-393
- ANGULO, R.J. 1995. Feições deposicionais associadas às desembocaduras dos complexos estuarinos da costa paranaense. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternário, 5, Niterói. **Resumos expandidos**. Niterói, ABEQUA, p.58-64.
- ANGULO, R. J. 1992. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 334p.

APHA - **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20ª ed. USA, 1998.

ARAÚJO A. D.; LESSA G. C. 1996. Nível médio do mar e estruturas praias: uma contribuição ao estudo paleogeográfico da planície costeira Paranaense. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador. **Anais**. SBG, Salvador, 5:237-240

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro: 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Nível de Ruído para Conforto Acústico. Rio de Janeiro: 2000.

BANDEIRA, J. V. 1974. **Estudo estatístico das ondas ao largo da Baía de Paranaguá**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 81 p.

BARRA, C.M.; SANTEL, L.I.R, e GUARDIA, M. Especiação de arsênio – uma revisão. **Química Nova**, 23(1), 2000.

BETTIN, S. M.; FRANCO, D. W. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em aguardentes. **Ciênc. Technol. Aliment.**, v. 25, n. 2, p. 234-238, abr.jun. 2005.

BIGARELLA J. J. 1946. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, 1:75-11.

BIGARELLA J. J.; ALESSI A. H.; BECKER R. D.; DUARTE G. K. 1969a. Textural characteristics of the coastal dune, sand ridge and beach sediments. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, 27:15-80.

BIGARELLA J. J.; ALESSI A. H.; BECKER R. D.; DUARTE G. M. 1970. Natureza dos sedimentos de fundo das baías de Paranaguá e Antonina (1). **Rev. Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas**, Curitiba, PR, Brasil, 15:30-33.

BIGARELLA J. J.; BECKER R. D.; MATOS D. J.; WERNER A. 1978. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná**. Curitiba, Secretaria de Estado do Planejamento, Governo do Paraná. 248p.

BIGARELLA J. J.; FREIRE S. S.; SALAMUNI R.; VIANA R. 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes, II Praias de Matinhos e Caiobá. **Boletim da Universidade Federal do Paraná de Geografia Física**, Curitiba, n.6. 109 p.

BIGARELLA J.J. 1971. Variações climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do Carbono 14. **Paleoclimas Inst. Geogr. USP**, São Paulo, (1):1-22.

BIGARELLA J.J.; DOUBEK A.; SALAMUNI R. 1957. Planta geológica provisória da baía de Guaratuba. **Bol. Univ. Par. Geol.**, Curitiba, 8:1-6.

BIGARELLA J.J.; DOUBEK R. 1963. **Folha geológica de Paranaguá (Estado do Paraná)**. Curitiba, Univ. Paraná. Escala 1:50.000.

- BIGARELLA J.J.; DUARTE M.G.; BECKER R.D. 1970/71. Structural characteristics of the dune, foredune, interdune, beach, beach-dune ridge and sand ridge deposits. **Bol. Par. Geoc.**, Curitiba, 28-29:9-72.
- BIGARELLA J.J.; SANCHES J. 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes. V - Praia suspensa do saco do Tambarutaca, Município de Paranaguá-PR. **Bol. Par. Geogr.**, Curitiba, n.18 a 20. p.151-175.
- BIGARELLA, J. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. In: **Arq. Biol. Tecn**, Curitiba, v. 1, p.75-111, 1946.
- BIGARELLA, J.J., 1978. **A Serra do Mar e a porção oriental do Paraná, um problema de segurança ambiental e nacional**. J.J. Bigarella, R.D. Becker, D.J. Matos; A.Werner (Eds.). Secr. do Est. do Planejamento do Paraná, 248 p.
- BIGARELLA, J.J.; ALESSI, A.H.; BECKER, R.D.; DUARTE, G.M., 1970. Natureza dos sedimentos de fundo das Baías de Paranaguá e Antonina (1). **Rev. Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas**, nº 15, Curitiba, PR, Brasil.
- BLUMBERG, A.F. & MELLOR, G.L. 1987. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In: N.S. Heaps (Ed.), Coastal and Estuarine Sciences 4: Three-dimensional Coastal Ocean Models. **American Geophysical Union**, p. 1-16.
- BOLLMANN, H. A.; CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S. Qualidade da Água e Dinâmica de Nutrientes In: **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. 1ª ed. Curitiba: Graf. Capital Ltda, 2005, v.1, p. 215-270.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7ª ed., Livr. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 1989, 898 p.
- BRANDINI, F. P.; THAMM, C. A. & VENTURA, I. 1988. Ecological studies in the bay of Paranaguá. III. Seasonal and spatial variation of nutrients and chlorophyll-a. **Neritica**. 3(1): 1-30.
- BRANDINI, F.P. 1985a. Seasonal succession of the phytoplankton in the Bay of Paranaguá (Paraná State-Brazil). **Rev Brasil Biol**. 45(4): 687-694.
- CALCI, K.R; BURKHARDT, III.W; WATKINS, W.D. Occurrence of male-specific bacteriophage in fecal and domestic animal wastes, human feces and human-associated wastewaters. **Applied and Envir Microbiol.**, 64(12): 5027-5029, 1998.
- CAMARGO M. G. 1999. **SysGran para Windows: sistema de análises granulométricas**. Pontal do Sul - PR.
- CAMARGO R.; MARONE E.; 1995. **Comportamento do vento de superfície em Pontal do Sul, PR, Brasil**. Análise Preliminar. VI Congresso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Mar del Plata, Argentina.
- CAMARGO, R. 1998. **Estudo numérico das circulações atmosférica e oceânica na região da Baía de Paranaguá**. USP- Tese de doutorado em meteorologia. São Paulo - SP. 181 p.
- CAMARGO, R.; MARONE, E.; 1996. **Deteção do sinal de brisa no registro de vento de Pontal do Sul, PR**. IX Congresso Brasileiro de Meteorologia - Campos do Jordão - SP.

- CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography** 22(2) 361-169. 1977.
- CARNEIRO, C. **A movimentação por veiculação hídrica do fósforo e outros macroconstituintes químicos sob a influência de fatores naturais e tecnogênicos na bacia do rio Timbu, tributário do reservatório Iraí – Região Metropolitana de Curitiba.** Tese de doutorado, UFPR, Curitiba, 2008, 222 p.
- CARRILHO J. C. 2003. **Dinâmica sedimentar do fundo estuarino adjacente ao porto de Paranaguá – PR.** Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 89p.
- CARVALHO, I.G. **Fundamentos da geoquímica dos processos exógenos.** Salvador, 1995, 211 p.
- CENTRO DE ESTUDO DO MAR. Site de Internet: <http://www.cem.ufpr.br/fisica/BPgua.htm>, acessado em 05/02/2006.
- CETEPLAN. Primeiro caderno: nossa terra. **Plano de Desenvolvimento Urbano.** Pontal do Paraná: atualização 2002.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Metodologia do monitoramento de qualidade de águas subterrâneas.** São Paulo, 2007, 199 p.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, São Paulo,** 2001, 245 p.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Variáveis de qualidade das águas.** Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>. Acesso em: 03/02/2009.
- CONAMA. **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005.** Classificação de corpos d'água e diretrizes ambientais. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Ministério do Meio Ambiente.
- CONAMA. **Resolução 01 de 8 de março de 1990.** Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.
- CONAMA. **Resolução 02 de 8 de março de 1990.** Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - SILÊNCIO
- CONAMA. **Resolução 252 de 29 de janeiro de 1999.** Estabelece, para os veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais ou importados, limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento, para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução Conama 03 de 28/06/90, estabelece padrões de qualidade do ar previstos no PRONAR.** Brasília.
- CURCIO, G.; RACHWAI, M. Principais tipos de solos do Estado do Paraná, suas características e distribuição na Paisagem. **Colombo- PR: EMBRAPA-CNP Florestas,** 2000.

DOUDOROFF, P; US **Environmental Protection Agency Report**, Report EPA 600/3-76-038, 154, 1976.

EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA / CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS – EMBRAPA/CNPF. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa/SPI e Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA / SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS – EMBRAPA/SNLCS. **Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de Santa Catarina**. Embrapa/ SNLCS/ 2005

ENGEMIN. Obras de Ampliação e Modernização da estrutura portuária da administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. **EIA – estudo de impacto ambiental**. Paranaguá, 2004.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2 ed, 1998, 602 p

FANG, G.C.; WU, Y.S.; CHEN, J.C.; RAU, J.Y.; HUANG, S.H.; LIN, C.K. **Concentration of ambient air particulates (TSP, PM_{2,5} and PM_{2,5-10}) and ionic species at offshore areas near Taiwan Strait**. Journal of Hazardous Materials B132, 269-276, 2006.

FATMA **Parâmetros de qualidade de água**. Disponível em www.fatma.sc.gov.br Acesso em 13/12/2008.

FOLK R. L.; WARD W. C. 1957. Brazos River Bay: Study of the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27: 3-27.

FRESENIUS, W; QENTIN, K.E; SCHENEIDER, W. **Water analisys**. Springer-Verlag, Stuttgart, 1988, 804p.

FRONZA, L. **Capacidade de Liberação de Hidrocarbonetos dos Sedimentos de Áreas Contaminadas do Estuário da Lagoa dos Patos – RS**. Dissertação de mestrado, Rio Grande, 2006, 116 p.

FUCK R.A.; TREIN E.; MURATORI A.; RIVEREAU J.C. 1969. Mapa geológico preliminar de litoral, da Serra do Mar e parte do Primeiro Planalto no Estado do Paraná. **Bol. Par. Geoc.**, Curitiba, 27:123-152.

FUNPAR, Fundação da Universidade Federal do Paraná para o desenvolvimento da ciência, da tecnologia e cultura. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) de uma usina termelétrica na baía de Paranaguá e do Porto de desembarque, subestação e linha de transmissão associados. Curitiba v.2. 1997.

GIANNINI P. C. F. 1987. **Sedimentação quaternária na planície costeira de Peruíbe-Itanhaém (SP)**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2v., 234p., 3 mapas.

GOBBI, M. F.; KARBY, J. T. 1999. Wave evolution over submerged sills: tests of high-order Boussinesq model. **Coastal-Engineering**, [S.l.], v.37, n.1, p.57-96.

GUPTA, A.K.; PATIL, R.S.; GUPTA, S.K. **A statistical analysis of particulate data sets for Jawaharlal Nehru Port and surrounding harbour region in India.** Environmental Monitoring and Assessment 95, 295-309, 2004.

HERRLING, G. **Development of a numerical model for the Paranaguá Bay in Brazil.** Dissertação de Mestrado. Christian Albrechts University, Kiel, Alemanha, 2003.

<http://www.agritempo.org.br>. Acesso em janeiro de 2009.

<http://www.simepar.br>. Acesso janeiro 2009

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Índices de qualidade de água.** Disponível em www.iap.pr.gov.br Acesso em 20/02/2009.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Monitoramento da qualidade das águas dos rios da região metropolitana de Curitiba, no período de 2002 a 2005.** Curitiba: IAP, 2005, 79p.

IAPAR. **Cartas climáticas do Estado do Paraná.** Londrina, 1994. 45 p.

IBAMA - EIA Porto de Pontal do Paraná.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br> acesso em janeiro de 2009.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Site de Internet: http://200.201.27.14/Site/Sma/Estacoes_IAPAR/Parana.html, acessado em 05/02/2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS – INPH. Parecer técnico sobre a navegabilidade do canal de acesso e manobrabilidade na bacia de evolução do terminal – Ponta do Félix. **Parecer Técnico INPH 57/00**, Código: Paranaguá – 300/09. Rio de Janeiro – RJ, Dez. 2000.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES) 1989 e 1995. **Zoneamento do litoral paranaense.** Convênio SEPL/IPARDES, Curitiba, PR. 175p.

IPqM., 1969. **Estudo das correntes na Baía de Paranaguá.** Arq. da Admin. do Porto de Paranaguá (PR, Brasil).

KJERFVE, B.; PROEHL, J.A.; SCHWING, F.B.; SEIM, H.E. & MAROZAS, M., 1982. **Temporal and spatial considerations in measuring estuarine water fluxes.** In: Estuarine comparisons. V.S. Kennedy (Ed.), Academic Press, New York, p: 37-51.

KNOPPERS, B.A.; BRANDINI, F.P. & THAMM, C.A., 1987. Ecological studies in the Bay of Paranaguá. II. Some physical and chemical characteristics. **Nerítica**, Pontal do Sul, PR, vol. 2 (1), p: 1-36.

LACERDA, A.B.M. de; MAGNI, C.; MORATA, T.C.; MARQUES, J.M. ZANNIN, P.H.T. **Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora.** In: Ambiente & Sociedade, volume VIII. nº 2. 2005.

- LAMOUR M. R. 2000. **Dinâmica sedimentar de Canal da Galheta, via de acesso ao porto de Paranaguá - PR**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 100p.
- LAMOUR M. R. 2007. **Morfodinâmica sedimentar da desembocadura do complexo estuarino de Paranaguá - PR**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 162p.
- LAMOUR M. R.; SOARES C. R.; CARRILHO J. C. 2004. Mapas de parâmetros texturais de sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá - PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, 55: 77-82.
- LAMPARELLI, M.C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, 2004, 235p.
- LANA P. C.; GUISS C. 1991. Influence of *Spartina alterniflora* on the structure and temporal variability of macrobenthic associations in a tidal flat of Paranaguá Bay (Se Brazil). **Marine Ecology Prog Ser.**, 73:231-244.
- LEPSCH, I.F. **Manual para Levantamento utilitário de meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.
- LESSA G. C.; ANGULO R. J.; GIANNINI P. C. F.; ARAÚJO A. D. 2000. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. **Marine Geology**, Amsterdam, 165(1-4):87-108.
- LESSA G. C.; MEYERS S. D.; MARONE E. 1998. A sedimentary facies model for the Paranaguá Bay Estuary. **Journal of Sedimentary Research**, 68(6):1060-1076.
- LORA, J.E.E. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Industriais, Energéticos e de Transportes**. 2ª. Edição, Ed. Signus; São Paulo, 2000.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1981.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 350 p.
- MANTOVANELLI, A. 1999. **Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem**. Dissertação de mestrado. Curitiba, 1999. 152 p.
- MANTOVANELLI, A. Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 51, p. 91-114, 2002.
- MANTOVANELLI, A.. **Caracterização da dinâmica hídrica e do material em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 1999.

- MANTOVANELLI, A.; MARONE, E.; DA SILVA, E.T.; LAUTERT, L.F.; KLINGENFUSS, M.S.; PRATA, V.P.; Noernberg, M.A.; Knoppers, B.A.; Ângulo, R.J. 2004. Combined tidal velocity and duration asymmetries as a determinant of water transport and residual flow in Paranaguá Bay estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 59:523-537.
- MARGALEF, R. **Limnología**. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1007p. 1983.
- MARONE, E.; CAMARGO, R., 1994. Marés Meteorológicas no litoral do estado do Paraná: o evento de 18 de agosto de 1993. **Nerítica**, vol. 8 (1-2), Curitiba, p:73-85.
- MARONE, E.; GUIMARÃES, M.R.F.; CAMARGO, R.; PRATA Jr., V.P. & KLINGENFUSS, M.S., 1995. **Caracterização física das condições oceanográficas, meteorológicas e costeiras das zonas estuarinas da Baía de Paranaguá**. VI Congresso Latino Americano de Ciências do Mar, Mar del Plata, Argentina.
- MARONE, E.; JAMIYANAA, D. 1997. Tidal characteristics and a numerical model for the M2 tide at the estuarine complex of the Bay of Paranaguá, Paraná, Brazil. **Nerítica**, Curitiba, v.11,p.95-107.
- MARTIN L.; SUGUIO K. 1986. Excursion route along the coastal plains of states of Paraná and Santa Catarina. In: Intern. Symp. Sea-level changes and Quaternary shorelines. São Paulo, 1986. **Special Publ.** São Paulo, INQUA. (1):39-124.
- MARTIN L.; SUGUIO K.; FLEXOR J. M.; AZEVEDO A. E. G. 1988. Mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Série Geológica DNPM**. Brasília, n. 28, 40 p, 2 map.
- MATTOS Peróxido de hidrogênio: importância e determinação *Química Nova*, 26(3) 373-380, 2003.
- McCAMMON R. B. 1962. Efficiencies of percentile measurements for describing the mean size and sorting of sedimentary particles. **Journal of Geology**, 70: 453-465.
- MELLO JR., P.R.M. de. O ruído industrial e sua regulamentação nacional e internacional. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART379.pdf, acessado em 15/06/2009.
- MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S. SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. 2ª ed., Piracicaba, 1984.
- MENDONÇA, F. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil/ Francisco Mendonça, Inês Moresco Danni-Oliveira. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2007.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A. 1989. **Mapa geológico do Estado do Paraná**. Brasília. Dep. Nac. Prod. Min. (DNPM). Escala 1:650.000.
- MINISTÉRIO DO ESTADO DO INTERIOR. Portaria MINTER nº 92 de 19 de junho de 1980. Estabelece padrões, critérios e diretrizes relativos a emissão de sons e ruídos.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora - **NR 9** - Programa de prevenção de riscos ambientais.
- MOTA, S. **Introdução à química ambiental**. 2ed. 2000

- NOERNBERG, M.A., 2001. **Processos morfodinâmicos no complexo estuarino de Paranaguá - Paraná - Brasil: um estudo a partir de dados in situ e Landsat-TM**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.
- ODRESKI L. L. R. 2002. **Evolução sedimentar e batimétrica da Baía de Antonina – PR**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 79 p.
- ODRESKI, L. L. R. **Evolução Sedimentar e Batimétrica da Baía de Antonina-PR**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2002.
- OLIVEIRA, J. **Classes Gerais de solos do Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.
- OLIVEIRA, J. **Classificação de Solos e seu Emprego Agrícola e não Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1999.
- OLIVEIRA, L. F. C.; MARTINEZ, M. A.; PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, G. C. Rotina Computacional Para a Determinação da Velocidade de Sedimentação das Partículas do Solo em Suspensão no Escoamento Superficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 126-136, jan./abr. 2005.
- PENG, C.Y; LIN, C.Y; JONG, T.C. **Emissions of particulate and gaseous pollutants within the Keelung Harbor region of Taiwan**. Environmental Monitoring and Assessment 109, 37-56, 2005.
- PENTEADO, J.C.P.; VAZ, J.M. **O legado das bifenilas policloradas (PCBs)**. Quim. Nova, Vol. 24, No. 3, 390-398, 2001.
- PETROPULU, M.O; VARSAMIS, J; PARISSAKIS, G. Anal. Chim. **Acta** 1997, 337, 323.
- PORTOBRAS - Empresa de Portos do Brasil. 1983. Campanha de medições de ondas em Paranaguá - PR. Período 21/08/1982 a 21/01/1983. Rio de Janeiro. **INPH Div. Lev. (DIDELE)**. 23 p.
- PORTZ, L.C. Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos em amostras ambientais do Estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), **Monografia**, 2005, 88 p.
- RIBAS, A. **Reflexões sobre o ambiente sonoro da cidade de Curitiba: A percepção do ruído urbano e seus efeitos sobre a qualidade de vida de moradores dos setores especiais estruturais**. Tese de doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Curitiba, 2007. 206 p.
- RIBAS, T. M. **Implementação de Modelo Numérico Para Estudo Hidrodinâmico das Baías de Antonina e Paranaguá – PR**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2004.
- RICCOMINI C.; PELAGGIA A.V.G.; SALONI J.C.L.; KOHNKE M.W.; FIGUEIRA R.M. 1989. Neotectonic activity in the Serra do Mar rift system (southeastern Brazil). **Jour South Amer. Earth Scien.**, Great Britain, v.2, n.2. p.191-197.
- RIVEREAU J.C.; FUCK R.A.; MURATORI A.; TREIN E. 1968. **Ilha do Mel, folha geológica**. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000.

RIVEREAU J.C.; FUCK R.A.; MURATORI A.; TREIN E. 1969. **Paranaguá, folha geológica**. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000.

SÁ, F. **Distribuição e fracionamento de contaminantes nos sedimentos superficiais e atividades de dragagem no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, PR**. Dissertação de mestrado – UFPR, 2003, 92p.

SÁ, F.; MACHADO, E. C.; ANGULO, R. Arsênio em Sedimentos Estuarinos do Canal de Acesso à Baía de Antonina, Paraná. In: SILVA, C.R. da, et al (Org.). **Geologia Médica no Brasil**. Rio de Janeiro: p. 78-81, 2006

SANTOS, D.M; BOSSINI, J.A.T; PREUSSLER, K.H; VASCONCELOS, F.S; CARVALHO-FILHO, M.A.S. Avaliação de metais pesados na Baía de Paranaguá, PR, Brasil, sob influencia das atividades antrópicas. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.**, 1(2), 157-160 (2006).

SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade, UFRGS, 1984. 532 p.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 2006. **Resolução SEMA 054/06**. Curitiba.

SILVA A.T.S.F.; FRANCISCONI O.; GODOY A.M.; BATOLLA Jr F. 1981. **Projeto integração e detalhe geológico no vale do Ribeira, relatório final, integração geológica**. São Paulo. Comp. Pesq. Rec. Min. (CPRM). 205p.

SILVA J.M. **Projeto de Dragagem dos Portos do Paraná**. III Seminário Nacional de Dragagem, maio 2008, Antonina – PR.

SOARES C. R. 1990. **Natureza dos sedimentos de fundo das baías das Laranjeiras e de Guaraqueçaba – Complexo Estuarino de Paranaguá – PR**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 187 p.

SOARES C. R.; BARCELOS J. H. 1995. Considerações sobre os sedimentos de fundo da Baía das Laranjeiras e de Guaraqueçaba – Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). **Boletim Paranaense de Geociências**, 43:41-60.

SOARES C. R.; LESSA G. C.; NETO A. G.; RIESENBERG C. E.; SILVA C. B. 1996. Caracterização da distribuição dos sedimentos de fundo das baías de Paranaguá e Antonina, Estado do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, SBG, Salvador. **Anais**, SBG, Salvador, 3:390-393.

SOUZA, D. da S. de. **Instrumento de poluição de gestão sonora para a sustentabilidade das cidades brasileiras**. Tese de doutorado em Ciências em Planejamento Energético. Rio de Janeiro, 2004. 643p. 91p.

STULL, R.B. **Meteorology for Scientists and Engineers**. Thomson Brooks, 2nd edition. 2000.

SUDERHSA A Bacia Hidrográfica Litorânea. Disponível em www.suderhsa.pr.gov.br Acesso em 10/12/2008.

SUGUIO K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo. E. Blucher Ed. 317p.

- SZEREMETA, B. **Avaliação e percepção da paisagem sonora de parques públicos de Curitiba – Paraná**. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Curitiba, 2007.
- TERMINAIS PORTUÁRIOS DA PONTA DO FÉLIX, MICROARS. Relatório nº 01/05 – Complementar Plantas Batimétricas do Eco de 33KHz e Volumes Comparativos da área de Despejo, 2005.
- TESSLER M.G.; SUGUIO K. 1987. Características sedimentológicas da Formação Cananéia (Pleistoceno superior) na área Paranaguá-Antonina (Estado do Paraná, Brasil). **Assoc. Bras. Est. Quat.**, São Paulo, Publ. Avulsa n.º 2. p.43-54.
- TOLEDO, A.P. 1990. Informe preliminar sobre estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais. **CETESB**, São Paulo, 12p.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. Oficina do Texto: 1ed. São Carlos, 2008, 632p.
- VEIGA F. A.; ANGULO R. J.; MARONE E.; BRANDINI F. P. 2004. Características sedimentológicas da plataforma continental interna rasa na porção central do litoral paranaense. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, 55:67-75 (CD-ROM com mapas).
- VIEIRA, L.S.; VIEIRA, M.N. F. **Manual de Morfologia e Classificação de Solos**. 2 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda. 313 p.
- WENTWORTH C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, Amsterdam, 30:377-392.
- WETZEL, R; LIKENS, G. **Limnological analyses**. 2. ed., New: York: Saunders, 1996
- XAVIER, L.F.W.; et al. Fotodegradação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Placas de Sílica Impregnadas com Dióxido de Titânio. **Quím. Nova**, n. 3, p. 409-413, out. 2005.
- ZALÁN P.V.; OLIVEIRA J.A.B. 2005. Origin and structural evolution of the Cenozoic rift system of southeastern Brazil. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, 13(2):269-300.



Aat
Consultoria & Engenharia Ambiental