

---

## 5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 5.1 MEIO FÍSICO

#### 5.1.1 Clima e condições meteorológicas

O clima será caracterizado a partir dos dados meteorológicos existentes, obtidos em estações de medição localizadas o mais próximo possível da Área de Influência Direta do empreendimento, considerando-se os seguintes parâmetros: vento (direção e velocidade), temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, pluviometria, radiação solar e nebulosidade.

##### 5.1.1.1 Introdução

A caracterização do clima e das condições meteorológicas, em um estudo de impacto ambiental da implantação e operação de um estaleiro, se reveste de significativa importância por ser uma via norteadora da temporalização das atividades e das estruturas a serem implantadas, visando à diminuição dos impactos ambientais que podem ser ocasionados ou intensificados por intempéries e também para nortear a defesa das estruturas a serem montadas.

Clima é o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracteriza o estado médio da atmosfera em um ponto da superfície da Terra. Esta é a definição utilizada na classificação climática tradicional ou método separatista, na qual os elementos climáticos estudados (temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade, precipitações, vento, insolação, nebulosidade etc.) são considerados em si mesmos, isolados uns dos outros, não levando em conta suas interconexões nem as oscilações plurianuais e intra-anuais. Para se compreender o clima de um determinado local, é preciso estudar os diversos fenômenos atmosféricos por um período longo o suficiente para englobar suas variações plurianuais características.

O Comitê Meteorológico Internacional definiu em 1872, período de 30 anos como sendo padrão para o cálculo das médias dos dados meteorológicos, com o objetivo de assegurar a comparação entre os dados coletados nas diversas partes do planeta. O primeiro período inicia-se em 1° de janeiro de 1901 e estende-se até 31 de dezembro de 1930, o segundo período estende-se de 1° de janeiro de 1931 até 31 de dezembro de 1960, e assim por diante. Estas médias, computadas nos períodos de 30 anos, são chamadas de Normais Climatológicas Padrão ou apenas Normais Climatológicas.

Muitas estações meteorológicas não possuem séries longas de dados. Por este motivo, em 1989, foi recomendado para estas estações o cálculo das normais com séries de pelo menos 10 anos de dados, sendo chamadas de Normais Climatológicas Provisórias. Estas também possuem períodos definidos como, por exemplo, de 1° de janeiro de 1991 a 31 de dezembro de 2000. As Normais Climatológicas são fundamentais para a descrição do clima e sua variabilidade, para monitoramento do clima mensal, para o controle de qualidade dos dados utilizados na previsão do tempo, enfim são referências para todas as atividades que envolvem variáveis atmosféricas.

A caracterização climática da região de estudo foi feita através da discussão da influência dos fatores climatológicos globais na climatologia regional, da pluviosidade, temperaturas, vento, radiação solar balanço hídrico.

#### 5.1.1.2 Metodologia

Foi feita uma revisão bibliográfica sobre os fatores que influenciam o clima da região em estudo e levantados dados meteorológicos das estações climatológicas mais próximas. Desta forma, temperaturas, pluviosidade, dias chuvosos e balanço hídrico foram obtidos na estação meteorológica de Linhares, operada pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), que é a estação mais próxima da área em estudo, a qual se localiza nas coordenadas LAT: 19,400°S LON: 40,067°W ALT: 28m.

Os dados foram apresentados em gráficos, acompanhados de uma discussão, de cada parâmetro meteorológico separadamente, sem, no entanto, deixar de discutir as influências de um fator sobre o outro, com ênfase nas relações entre os fatores climatológicos e as atividades a serem implantadas.

### 5.1.1.3 Resultados

#### 5.1.1.3.1 Inserção da região na climatologia global

Fatores como a latitude e o relevo agem sobre o clima de determinada região em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica. Desta forma, o estudo dos fatores estáticos e dinâmicos é importante para caracterizar a climatologia de determinada região. O principal fator estático que influencia a climatologia da área em estudo é a sua posição geográfica, ou a sua latitude, já que esta se encontra em latitudes tropicais. O fator dinâmico que age na área de estudo é baseado na ação de centros de alta pressão, ou anticiclônicos, e de baixa pressão, ou ciclônicos. De um modo geral, os anticiclones são fonte de dispersão de ventos, enquanto os ciclones são fonte de atração de vento.

Observa-se a presença de dois centros de alta pressão, que influenciam os movimentos de massas de ar na região de estudo. Estes são localizados nos oceanos Atlântico e o Pacífico e, segundo Nimer (1989), devido a sua constante presença e ao seu baixo deslocamento, são considerados permanentes e semifixos oceânicos. A **Figura 5-1** apresenta a posição dos dois citados centros de alta pressão.



**Figura 5-1:** Principais centros de pressão que influenciam a área em estudo, segundo Nimer (1989).

Segundo Nimer (1989), o Anticiclone Semifixo do Atlântico é mais fraco no verão, com pressão no núcleo e ao nível do mar de cerca de 1018 mb em média. Este anticiclone é mais forte no inverno, com núcleo em torno de 1024 mb. Quanto à posição média, em janeiro (verão no Hemisfério Sul) está próximo a 28° S e em julho (inverno no Hemisfério Sul) está em torno de 23° S.

Dos dois sistemas de alta pressão semifixos, só o Anticiclone do Atlântico exerce significativa influência no clima da área em estudo, já que o Anticiclone do Pacífico é geralmente impedido de avançar sobre o interior do continente e alcançar o Brasil por influência da Cordilheira dos Andes.

Segundo Nimer (1989), durante todo ano, a região é influenciada pelo Anticiclone do Atlântico Sul, que gera ventos de Leste (E) a Nordeste (NE) na área de estudo. Este anticiclone contribui para a formação da massa de ar tropical marítima do Atlântico Sul. Essa massa de ar é a principal massa de ar tropical, produzida

sobre os oceanos tropicais que possui temperaturas elevadas ou amenas, e forte umidade específica conduzindo calor e vapor de água na direção dos pólos.

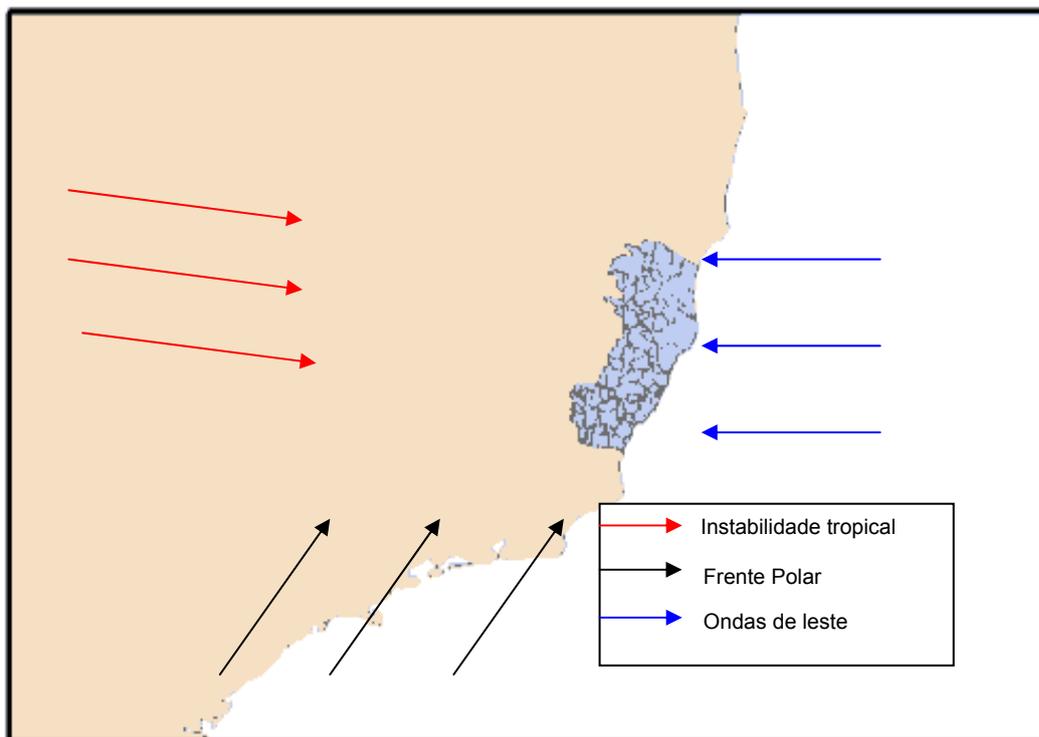
Devido à constante subsidência superior e constante inversão de temperatura, sua umidade é limitada à camada superficial, o que lhe dá um caráter de homogeneidade e estabilidade. Com isso, o domínio deste anticiclone indica bom tempo na área de interesse.

Outro sistema estável que age sobre a área de interesse é a Baixa do Chaco. Esta baixa é mais forte no verão devido ao aquecimento do interior do continente, e é encontrada sobre a região do Chaco Argentino. A estabilidade associada a esta baixa é devido a sua origem continental, que resulta em baixa umidade específica e à presença de uma célula anticiclônica acima desta baixa, que impede a ascensão de suas correntes convectivas nos níveis superiores.

Na região de interesse deste estudo prevalecem três tipos de Sistemas de Circulação Instáveis ou Perturbadas: Frentes Polares (FP), as Instabilidades Tropicais (IT) e as ondas de Leste (EW). A **Figura 5-2** apresenta a direção das mesmas.

As frentes polares são oriundas do Anticiclone Polar Marítimo da América do Sul. Apresentam notável deslocamento e são de extrema importância, pois estão associados a freqüentes instabilidades e chuvas na área em estudo. Estes anticlones estão associados a ventos de S a SE.

Tratam-se de massas de ar que saem dos pólos em direção à região equatorial. Como o ar polar é frio e seco e o ar tropical é quente e úmido, estabelece-se uma superfície de separação entre as duas massas e o ar polar, mais pesado, se desloca obrigando o ar tropical a subir formando nuvens e chuva. As frentes frias são fenômenos que produzem chuvas intensas em grandes áreas do Brasil, inclusive no Espírito Santo.



**Figura 5-2:** Sistemas de circulação atmosférica perturbada na área de interesse, adaptado de Nimer (1989).

A frequência anual dos sistemas frontais que atingem a América do Sul entre 35° S e 25° S tem média de 6 a 6,5 passagens por mês, mas observa-se um aumento no inverno e diminuição no verão (TOZZI E CALLIARI, 1999). Segundo Nimer (1989), as invasões de frentes frias têm períodos variando entre 4 e 10 dias, aproximadamente.

As Instabilidades Tropicais (IT) são correntes que se formam principalmente entre a primavera e o outono, especialmente no verão, quando grande parte do Brasil é invadida por ventos de W a NW. As ITs são formadas a partir dos avanços das frentes polares, onde convergem ventos do quadrante N, que em contato com ar frio polar dão origem a ciclones dos quais surgem as ITs, praticamente normais às frentes polares.

O Fenômeno El Niño” é um outro fator que provoca adversidades na climatologia regional. Ele é provocado por oscilações climáticas e de temperatura da água do oceano Pacífico Sul, entre as Filipinas e a costa da América do Sul. Quando as

águas da costa da América do Sul ficam mais quentes que o normal, ocorre a formação de nuvens sobre o oceano. Em anos normais, em que as águas apresentam temperaturas baixas, as nuvens se formam sobre os continentes e, neste caso, o ar sobe sobre o continente e desce sobre os oceanos, provocando chuvas abundantes na Amazônia e no nordeste e secas no sul e sudeste. A linha divisória entre a região chuvosa e a seca é muito sutil e o Espírito Santo está localizado na região onde ela passa. Em anos em que as águas estão mais aquecidas, o ar sobe sobre o oceano, aí formando nuvens e desce seco sobre o continente, criando inversão de temperatura. Nestes casos, em toda a Amazônia e nordeste ocorre seca e as frentes frias ficam bloqueadas na região sul e sudeste, provocando excesso de chuva, enchentes e inundações.

Regiões como o Espírito Santo, particularmente no período de junho, julho e agosto, que é normalmente mais seco, num ano de “El Niño”, podem ser beneficiadas com mais chuvas que o normal. Em compensação, o “El Niño” pode causar uma seca antes, reduzindo as chuvas de dezembro, janeiro e fevereiro. Desta forma, dependendo de onde e como o eixo de movimentação das massas de ar estiver localizado, de onde as nuvens estão se formando no oceano Pacífico, se próximas ou não da costa da América do Sul, os efeitos do “El Niño” podem ser adversos ou benéficos, porque o Espírito Santo está numa linha limite. Ao se correlacionar o fenômeno com a ocorrência de chuva, observa-se que o norte do Pará, mais especificamente a bacia do rio Trombetas, apresenta alta correlação positiva. Por outro lado, a região do Rio Grande do Sul e Uruguai possui também alta correlação, mas negativa, isto é, em anos de ocorrência do fenômeno, a região fica mais chuvosa. O Espírito Santo, por sua vez, está próximo da linha de correlação zero, não sendo possível correlacionar seu clima com a ocorrência do fenômeno “El Niño” (MOLLION, 1998).

É relevante observar que a região em estudo, por estar contígua ao oceano, possui temperaturas mais amenas que aquelas ao seu redor, situadas mais no interior, devido à presença da massa oceânica e de brisas marinhas.

### 5.1.1.3.2 Ventos

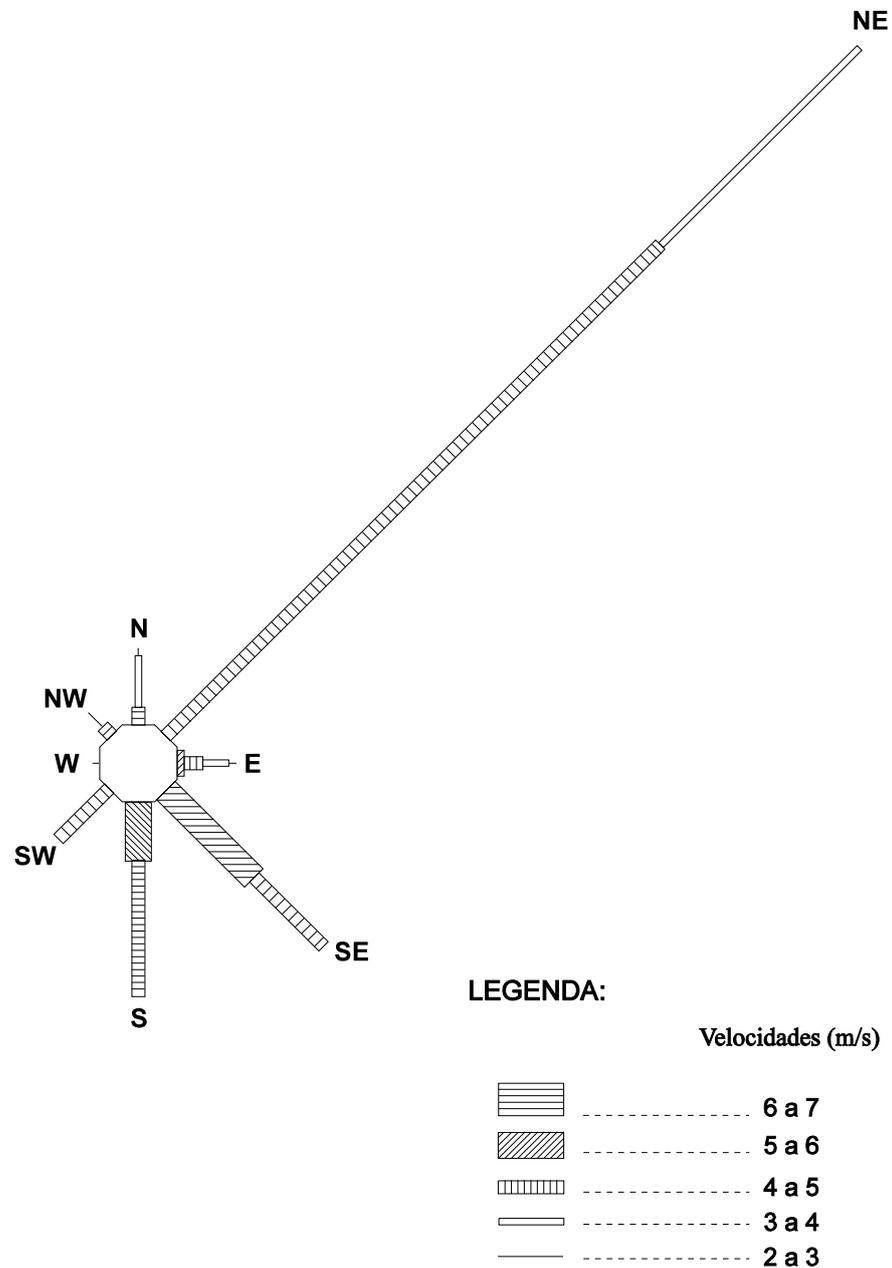
Diferenças no balanço de radiação associadas à heterogeneidade da superfície terrestre geram diferenças de pressão atmosférica que mantêm o ar em movimento, buscando eliminar as diferenças de pressão. Isto resulta na remoção de energia térmica das regiões de maior ganho, transportando-a e liberando-a nas regiões de menor ganho. O modelo de circulação geral da atmosfera permite explicar a existência de grandes zonas climáticas do globo terrestre. Contudo, a pronunciada diferença do balanço de radiação entre os continentes e oceanos modifica de maneira acentuada a circulação na atmosfera, principalmente junto à superfície terrestre (TUBELIS E NASCIMENTO, 1980).

O Espírito Santo está sob domínio de duas principais massa de ar. A primeira origina-se em zona de alta pressão intertropical (anticiclone do Atlântico), caminhando-se para zonas de menor pressão atmosférica situadas mais ao sul, adquirindo componente leste devido à rotação do globo terrestre, resultando numa direção predominante nordeste. A segunda é representada pela Frente Polar, originada do anticiclone polar, que adentra no continente sul americano provocando, em sua trajetória, precipitações frontais, que podem estar associadas a precipitações pré e pós frontais. Sua frequência é maior no inverno, embora ocorra durante todo o ano.

Para a caracterização da distribuição dos ventos na região de estudo, foram utilizados dados normais de frequência e velocidade de ventos nas direções N, NE, E, SE, S, W e NW em Regência, município de Linhares (Azevedo e Feitoza, 1981) e o Mapa Eólico do ES (ASPE, 2009).

No trabalho de Azevedo e Feitoza (1981), as frequências de vento foram separadas nas seguintes faixas de velocidade: 2 a 3, 3 a 4, 4 a 5, 5 a 6 e 6 a 7 m/s. Com estes dados a rosa dos ventos de Regência foi elaborada e está apresentada na **(Figura 5-3)**. Conforme pode ser visualizado, 60% dos ventos apresentam direção nordeste, com largo predomínio de velocidades entre 4 e 5

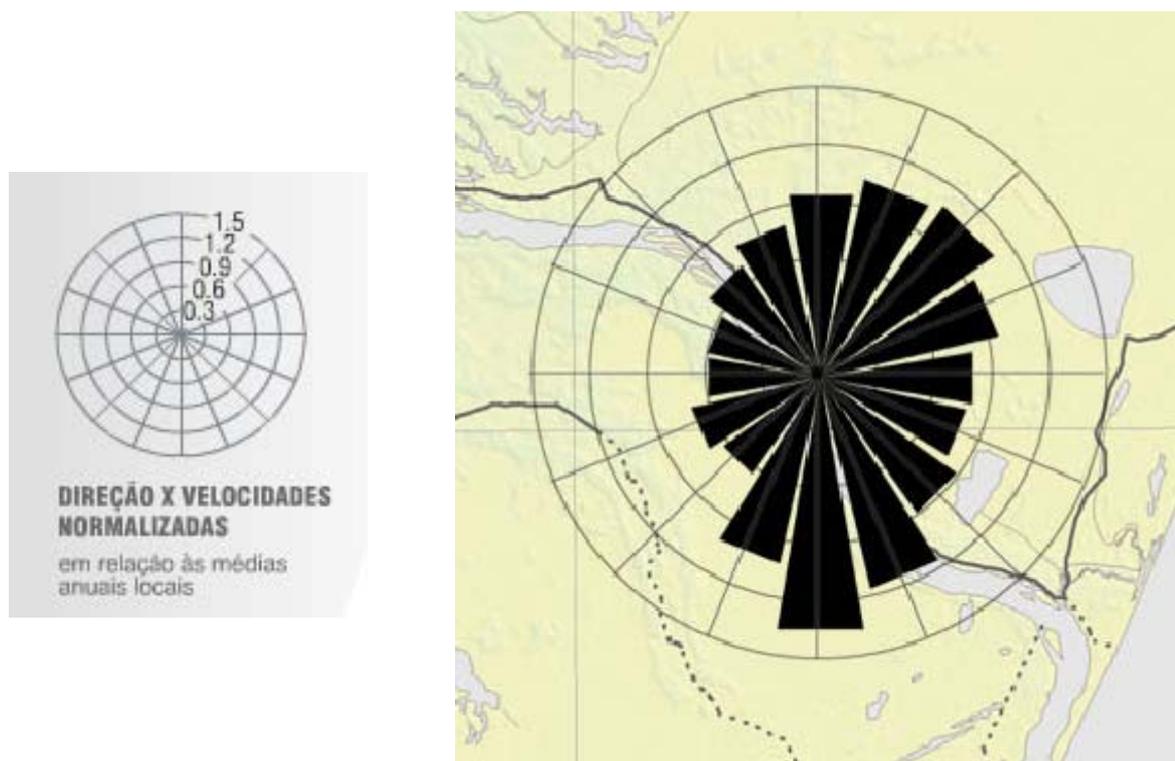
m/s. As maiores velocidades verificadas foram entre 5 e 6 m/s, com direção sudeste.



ESCALA: 1cm = 4% da frequência dos ventos

**Figura 5-3:** Representação gráfica da frequência, direção e velocidade dos ventos de Regência, município de Linhares (AZEVEDO E FEITOZA, 1981).

Para a elaboração do Mapa Eólico do ES, foi montada uma rede qualificada de 6 torres anemométricas e um período de 16 meses de medições. As torres foram instaladas em locais representativos das principais regiões do Estado, em áreas de baixa rugosidade e devidamente afastadas de obstáculos. Foram instaladas duas torres no litoral sul (Praia das Neves e Piúma), uma torre na região serrana (Aracê), duas torres no litoral norte (Urussuquara e Guriri) e uma torre no extremo norte do Estado (Montanha). A seguir, as informações foram adicionadas a um modelo numérico de simulação da camada-limite atmosférica, calculado sobre modelos digitais de terreno na resolução horizontal de 200 m x 200 m. O modelo numérico aplicado foi o MesoMap, neste caso constituído por modelamento de mesoescala (MASS) na resolução horizontal de 3,6 km x 3,6 km, e posterior interpolação para a resolução final por modelamento tridimensional de camada-limite. A **Figura 5-4** apresenta o resultado para a região do empreendimento.



**Figura 5-4:** Rosa dos ventos anual – Velocidade a 50 metros de altura (ASPE, 2009).

Segundo ASPE (2009), a região apresenta médias anuais em torno de 6,5 m/s (a 50 m de altura) e, conforme pode ser observado na **Figura 5-4**, há um forte componente com origem no quadrante N-NE e outro na direção sul, corroborando com os resultados de Azevedo e Feitoza (1981).

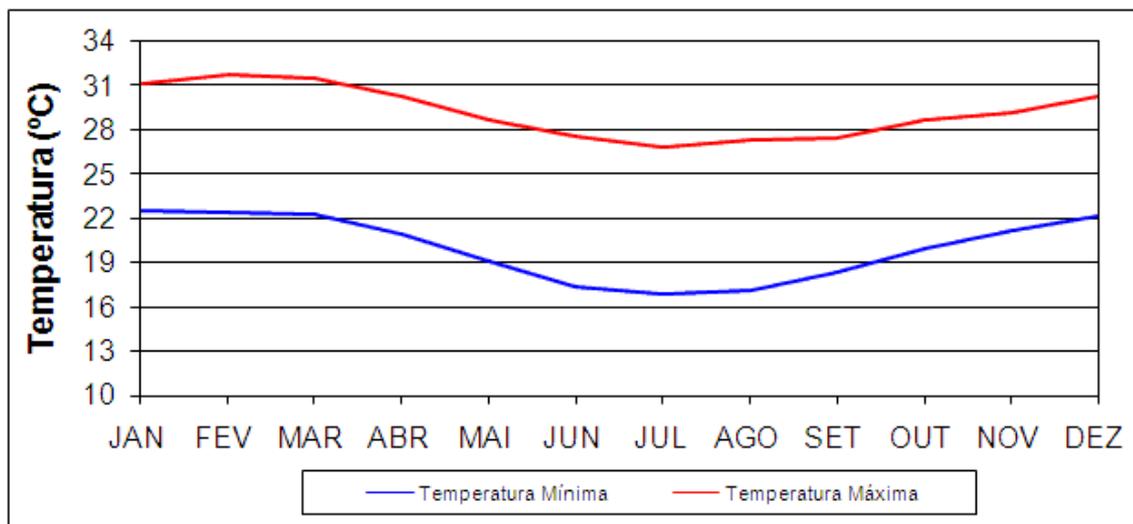
#### 5.1.1.3.3 Temperatura

A temperatura do ar da região de estudo é governada por dois fatores geográficos:

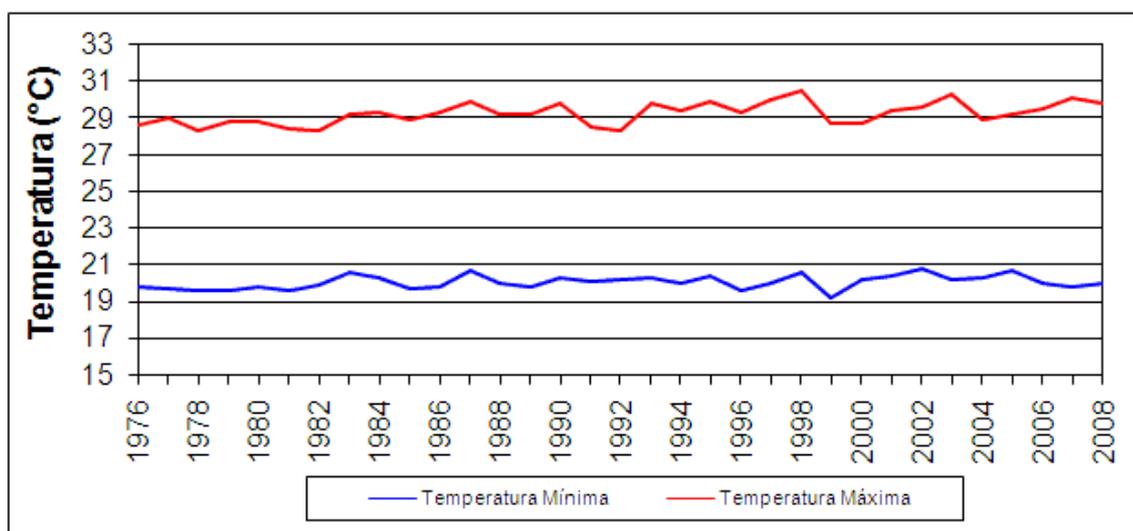
- A região está inserida em área tropical onde o sol culmina zenitalmente em duas épocas do ano, resultando em um balanço positivo de radiação em praticamente todo o ano, resultando em temperaturas mais elevadas.
- A penetração de massas de ar polar provoca o rebaixamento da temperatura por um curto período de tempo, enquanto houver domínio destas massas sobre a região, antes da mesma se dissipar.

A **Figura 5-5** apresenta as médias mensais das temperaturas máximas e mínimas no período de 1976 a 2008, enquanto a **Figura 5-6** apresenta as médias anuais das temperaturas máximas e mínimas no período de 1976 a 2008, ambas para a estação climatológica de Linhares.

Para o período analisado, fevereiro e março foram os meses mais quentes, com temperatura média das máximas acima de 31° C, enquanto todos os demais meses apresentaram média das máximas menores que este valor. Por outro lado, julho foi o mês de menores médias das máximas e mínimas temperaturas. A diferença entre as temperaturas máximas e mínimas mensais é de cerca de 9° C e mantêm-se praticamente constante durante todo o ano.



**Figura 5-5:** Média Mensal das Temperaturas Máximas e Mínimas no período de 1976 a 2008.



**Figura 5-6:** Média Anual das Temperaturas Máximas e Mínimas no período de 1976 a 2008.

No período 1976-2008, pode-se observar pouca variação das médias das temperaturas máximas e mínimas. Enquanto as médias das máximas giraram em torno de 29° C, as médias das mínimas giraram em torno de 20° C de temperatura.

Observa-se que é uma região de temperaturas altas durante as quatro estações do ano, o que possibilita a execução ininterrupta dos trabalhos relativos ao empreendimento durante todo o ano, inclusive no inverno. Entretanto, as altas

temperaturas, aliadas às intensas precipitações durante o verão, tendem a reduzir a vida útil dos elementos componentes do empreendimento, especialmente as que ficarão expostas às intempéries.

#### 5.1.1.3.4 Umidade relativa do ar

A umidade do ar é a água, na forma de vapor, que existe na atmosfera. Suas fontes naturais são as superfícies de água, a superfície do solo, as superfícies vegetais e animais, o gelo, a neve e as chuvas.

Numa dada pressão e temperatura, o ar consegue reter vapor de água até um certo limite, acima do qual a água começa a se condensar. O ar é dito saturado quando o vapor de água ocorre na sua concentração máxima para uma dada temperatura.

Normalmente o ar se encontra com uma concentração de vapor de água menor que a de saturação. A relação percentual entre a concentração de vapor de água existente no ar e a concentração de saturação é definida como Umidade Relativa.

A umidade relativa média do ar na região em estudo, tomada pela umidade medida na estação climatológica de Linhares, é de 83%. Este pode ser considerado valor muito elevado para as temperaturas médias observadas, quando se compara com os de outras regiões do Brasil, conforme pode ser observado na **Tabela 5-1**. A causa principal disto é a proximidade do mar, que possibilita um fluxo constante de vapor de água para a atmosfera.

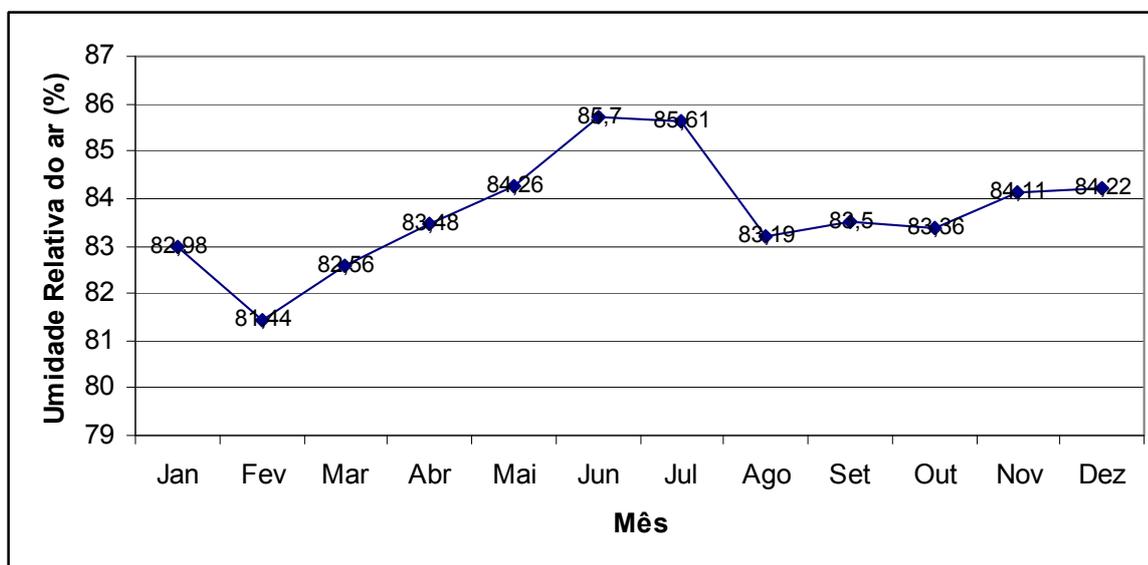
Conforme pode ser observado na **Figura 5-7**, os maiores valores de umidade relativa para o período 1968-1996 foram observados nos meses de menor temperatura média do ar - junho e julho - quando a média da U.R. gira em torno de 85%. No trimestre agosto, setembro e outubro, ocorre uma redução dos valores, passando para a faixa entre 81 a 82%, experimentando uma ascensão

em seus valores em novembro, dezembro e janeiro, que são os meses de maiores valores de precipitação. Esta ampliação dos valores ocorre porque as águas de chuva, juntamente com a massa de água oceânica, são grandes fontes naturais de vapor de água. O mês de fevereiro é o que apresenta os menores valores de U.R. porque é um mês de elevadas temperaturas, o que amplia a concentração de saturação, e pouca chuva, o que diminui as fontes naturais de vapor de água. A partir de março, os valores vão se ampliando até chegar aos máximos valores médios anuais, nos meses mais frios do ano.

**Tabela 5-1:** Comparação entre umidade relativa média da região de estudo com a de outros estados do Brasil.

Local	Umidade relativa(%)	Precipitação (mm)
Ceará*	70	971
Bahia*	72	1203
Mato Grosso*	75	1404
Minas Gerais*	76	1421
Rio Grande do Sul*	77	1555
Amazonas*	87	2705
Região de Estudo	83	1.207

\* **Fonte:** A. Tubelis. Meteorologia Descritiva, pg. 123.



**Figura 5-7:** Umidade relativa média mensal em Linhares - 1968-1995.

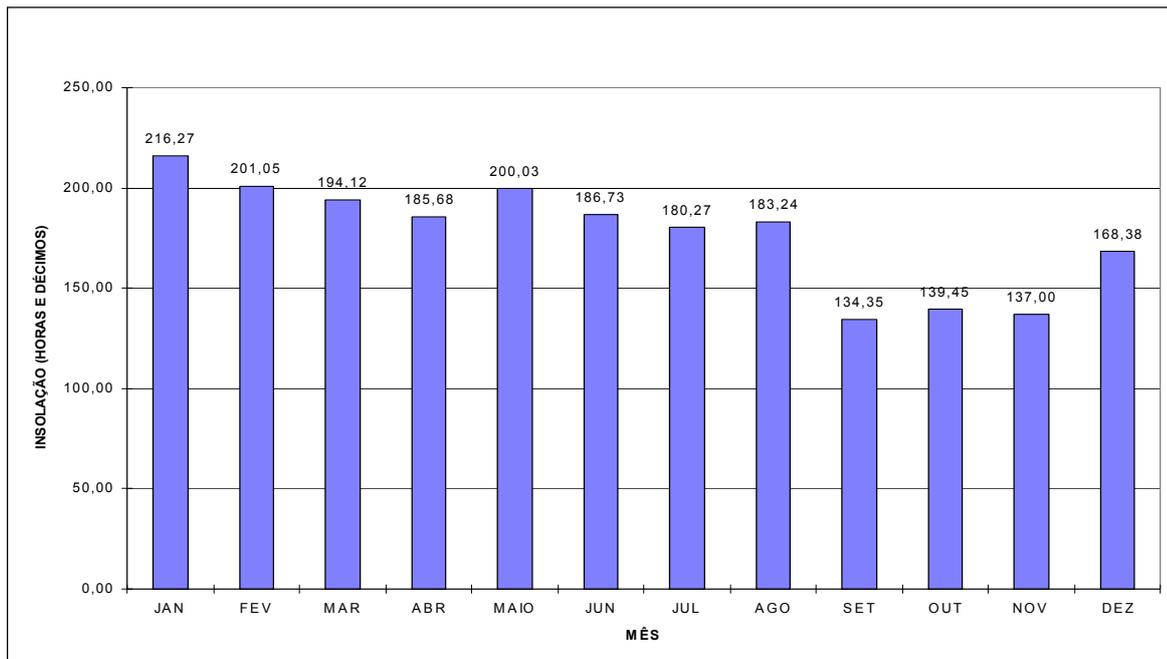
#### 5.1.1.3.5 Nebulosidade e insolação

Nos postos meteorológicos, a nebulosidade é uma medida da percentagem da abóbada celeste encoberta por nuvens; é uma expressão visual do processo de formação da precipitação. Seus valores vão de zero, quando o céu está livre de nuvens, a 10, quando está todo encoberto. A insolação é medida por heliógrafos, que medem o número diário de horas de brilho de sol, dado pelo comprimento de carbonização de uma fita colocada no interior do mesmo.

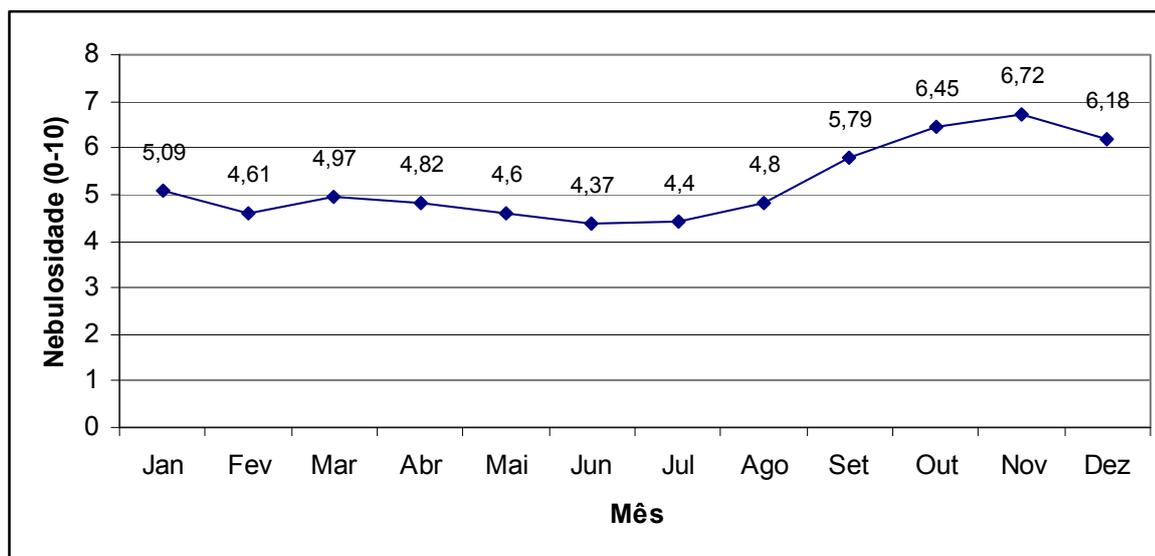
Sendo a radiação solar a fonte de energia primária para os processos meteorológicos, e diretamente proporcional ao número de horas de brilho de sol, a medida deste se faz importante devido à facilidade de observação e ao baixo custo do Heliógrafo em relação ao Actinógrafo Bimetálico, instrumento que mede diretamente a radiação solar em estações climatológicas convencionais. Logicamente que, com o advento das estações climatológicas digitais, a facilidade de medição da radiação solar se ampliou significativamente com a redução dos custos dos equipamentos responsáveis para tal.

Para latitudes maiores que 10°, os valores da radiação solar e insolação no topo da atmosfera são máximos no solstício de verão e mínimo no solstício de inverno. Na região estudada é isto que ocorre, não vindo a ser medido desta forma devido à formação de nuvens nos meses próximos ao solstício de verão, que são os meses mais chuvosos.

As **Figura 5-8** e **Figura 5-9** apresentam, respectivamente, o número médio mensal de horas de sol para o período 1971-1995 e a nebulosidade média mensal para o mesmo período em Linhares.



**Figura 5-8:** Número médio mensal de horas de sol em Linhares - 1971 – 1995.



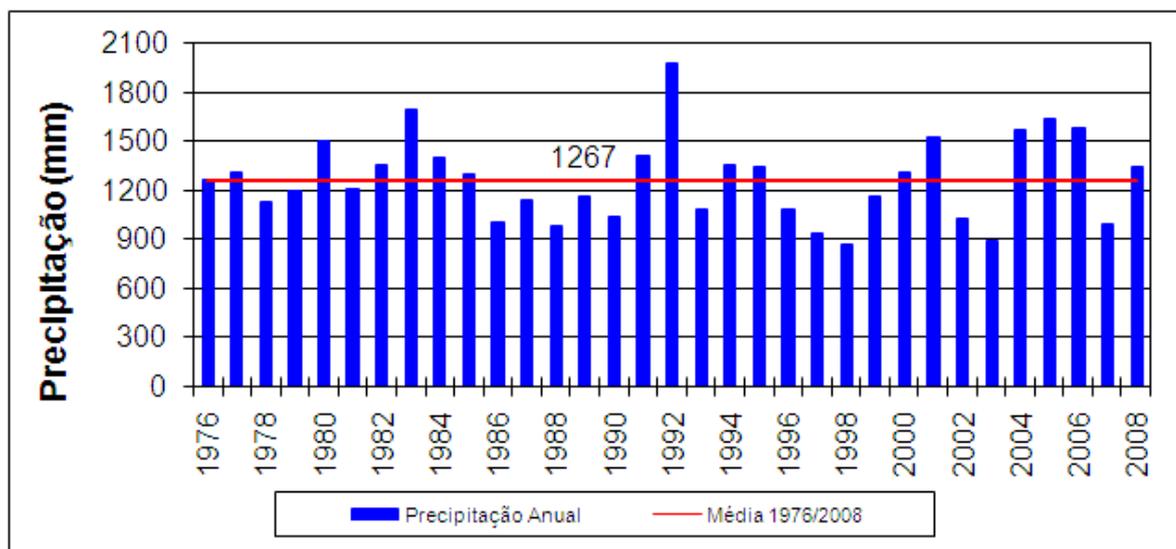
**Figura 5-9:** Nebulosidade média mensal em Linhares: 1971 – 1995.

Conforme pode ser observado, para Linhares, e, por extensão, para a região em estudo, os menores valores do número médio do total de horas de brilho de sol ocorrem nos meses de maior nebulosidade, a despeito de ser a época de maior insolação no topo da atmosfera. O mês de novembro é o que apresentou a maior

média de nebulosidade, com 6,72, enquanto junho e julho foram os de menor nebulosidade, com, respectivamente, 4,37 e 4,4.

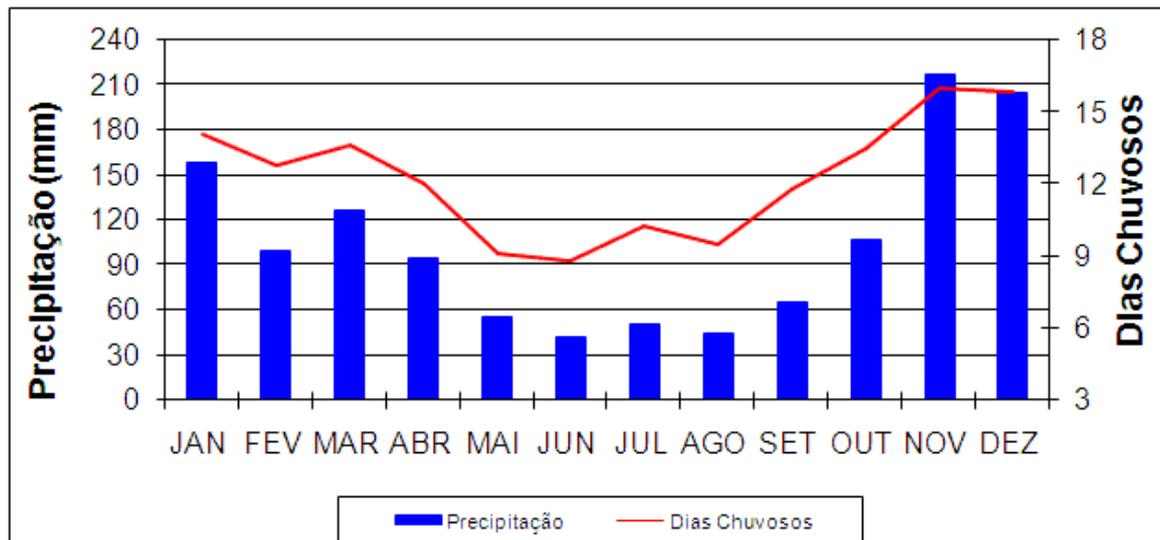
#### 5.1.1.3.6 Pluviosidade e regime das chuvas

O clima da área é caracterizado por uma estação chuvosa e uma seca, sendo que a chuvosa coincide com os meses mais quentes do ano e a seca com os meses mais frios. A **Figura 5-10** e **Figura 5-11** apresentam, respectivamente, o total precipitado no ano no período 1976-2008 e as médias pluviométricas e de dias chuvosos em cada mês do ano para o mesmo período.



**Figura 5-10:** Total pluviométrico anual e média pluviométrica anual no posto pluviométrico de Linhares, período 1976-2008.

A pluviosidade média de Linhares foi de 1.267 mm no período 1976-2008. O regime pluviométrico, entretanto, é caracterizado por chuvas mal distribuídas no decorrer dos anos e durante o ano. Com relação à variação plurianual, podem-se observar grupos de anos chuvosos entremeados por alguns anos mais secos. Esta variação é observada em todo o norte do Espírito Santo e está ligado a fenômenos atmosféricos globais, neles incluindo o fenômeno “El Niño”.



**Figura 5-11:** Precipitação média mensal e média mensal de dias chuvosos, período 1976-2008 (INCAPER, 2005).

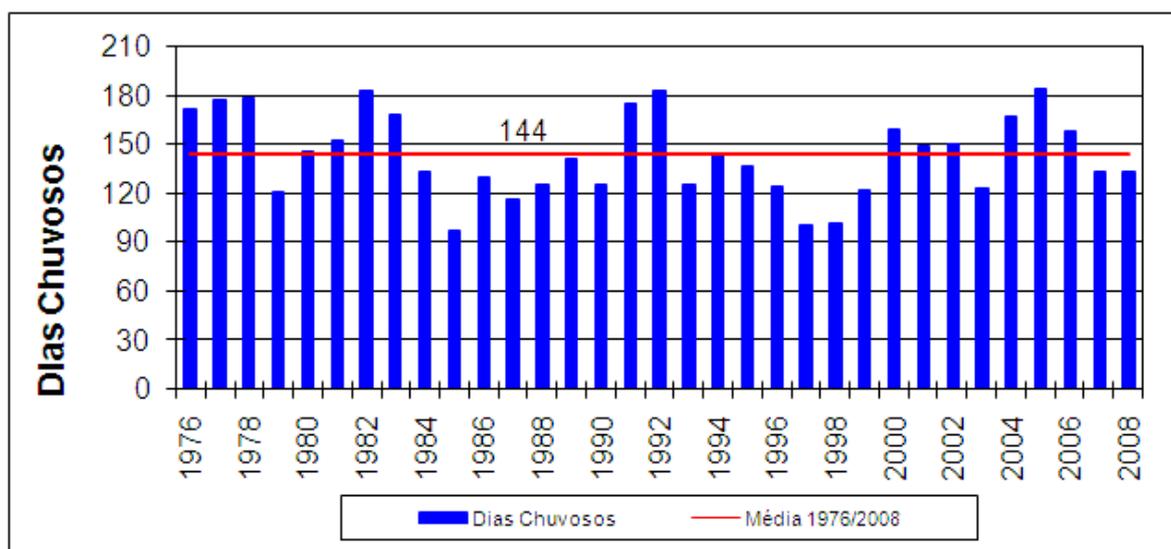
A estação chuvosa compreende o período outubro-março, nela se concentrando cerca de 70% do total pluviométrico anual. As baixas pluviosidades em fevereiro caracterizam o chamado veranico (época de baixas precipitações durante a estação chuvosa) que pode abranger parte de janeiro e parte de fevereiro, pois, sabe-se que a segunda semana de janeiro costuma ser pouco chuvosa. A estação seca coincide com os meses mais frios do ano e compreende o período abril- setembro. Neste período concentra-se cerca de 30% do total pluviométrico anual.

Segundo Mollion (1998), durante o verão, todo o continente Sul Americano se encobre de nuvens. Na região sudeste do continente, aí incluindo a região foco deste estudo, observa-se uma maior frequência delas devido às frentes frias e às chuvas convectivas. No período janeiro-fevereiro, as nuvens se posicionam preferencialmente ao sul do Espírito Santo, fazendo com que janeiro e fevereiro sejam meses relativamente mais secos que o período outubro-dezembro. Em abril, a nebulosidade sobre o Espírito Santo começa a regredir, o que é acompanhado pela redução de chuvas. O período junho-agosto, embora nele sejam observadas nuvens sobre o Estado, é o menos chuvoso.

Isto ocorre porque, neste período, as frentes se posicionam mais para o norte, provocando muita chuva no noroeste da Amazônia. Forma-se um vetor com o ar subindo sobre o noroeste da Amazônia e descendo sobre a região do Espírito Santo, provocando forte redução dos totais pluviométricos. Finalmente, a estação chuvosa se restabelece, com os máximos de chuva em novembro e dezembro, provocadas por chuvas convectivas e frontais, com as frentes frias muito bem posicionadas sobre a região.

Conforme pode ser observado na **Figura 5-12**, Linhares teve uma média de 144 dias chuvosos por ano no período 1976-2008. Observa-se, entretanto, conforme indica a **Figura 5-11**, uma significativa variação neste número durante o ano, com mais dias chuvosos na estação chuvosa que na estação seca. Verifica-se que a variação estacional na quantidade mensal de dias chuvosos é muito menor que a variação na pluviosidade média mensal, concluindo-se que as chuvas de inverno na região são de menor intensidade que as chuvas de verão.

A execução das obras do empreendimento em estudo está planejada para ocorrer durante todo o ano, entretanto o andamento da mesma pode ser prejudicado no período de verão devido aos altos índices pluviométricos característicos deste período.



**Figura 5-12:** Número anual de dias chuvosos na estação climatológica de Linhares entre 1976-2008.

#### 5.1.1.4 Conclusão

Com base nos dados aqui apresentados, conclui-se que o tipo de atividade que se pretende instalar na área é condizente com os fatores climáticos da região, os quais possibilitam, inclusive, a realização de atividades em pátios descobertos durante todo o ano, já que o inverno na região é ameno.

É relevante salientar que as altas temperaturas, aliadas à alta umidade relativa da área resultam em relevante agressividade do ambiente, que deve ser levada em conta no projeto de proteção das estruturas.

As altas pluviosidades deverão ser observadas no cálculo das estruturas de drenagem e proteção contra o desenvolvimento de processos erosivos e as águas de escoamento superficial como veículo carreador de material solto na superfície do terreno para os corpos de água locais e para o mar.

### 5.1.2 Oceanografia física

#### 5.1.2.1 Parâmetros oceanográficos

##### 5.1.2.1.1 Marés

A atração gravitacional da Lua e do Sol sobre a massa dos oceanos, junto com seus movimentos relativos, provoca o fenômeno de oscilação vertical periódica do nível do mar em relação aos continentes, conhecido como maré oceânica, que apresenta variação de acordo com a localização geográfica.

A amplitude desta oscilação varia também com o tempo, para um mesmo local, em função das posições relativas destes dois astros. Quando a Lua e o Sol estão alinhados (sizígia) seus efeitos se somam, produzindo preamares mais altas e baixa-mares mais baixas do que quando Lua e Sol formam um ângulo de 90° (quadratura) em relação à Terra.

Por serem geradas principalmente por efeitos gravitacionais, as marés têm caráter determinístico, o que permite que sejam feitas previsões sobre seu comportamento futuro, para períodos de tempo relativamente longos e com boa acurácia.

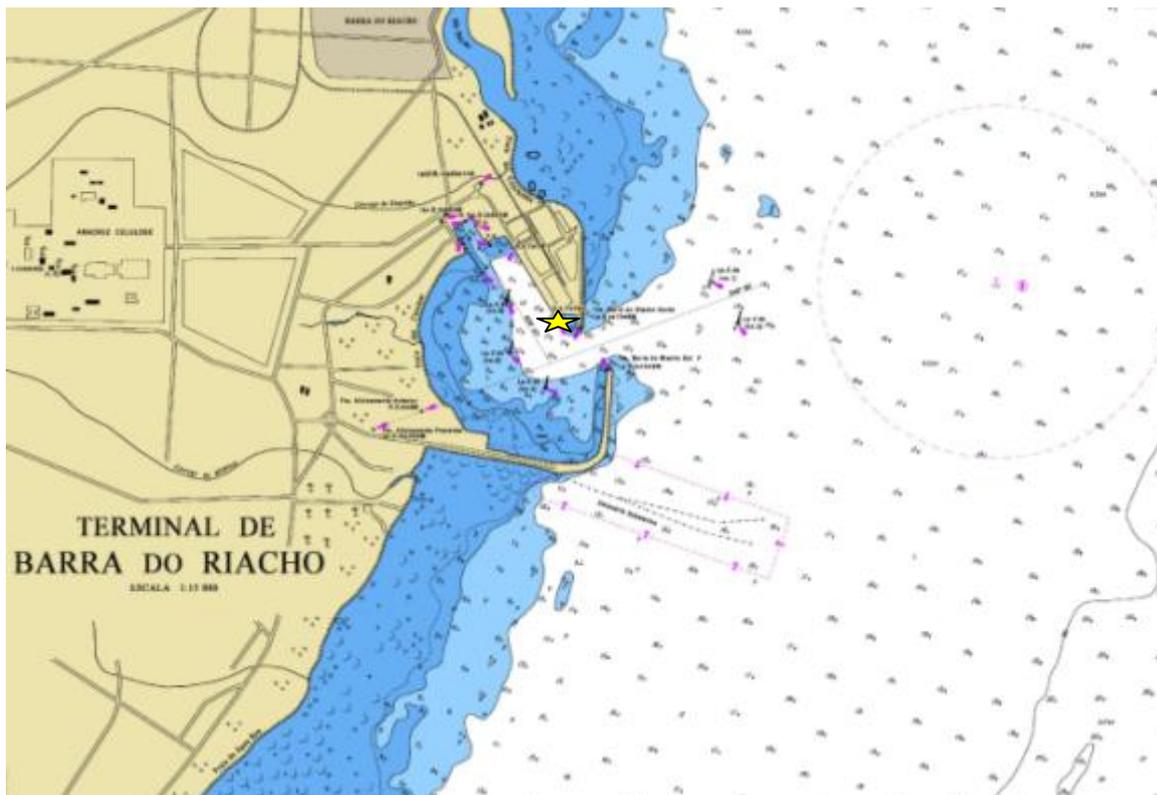
Usualmente, a previsão de maré baseia-se na análise harmônica, que parte do princípio de que a maré observada é um somatório de componentes de marés parciais, as componentes harmônicas (Franco, 1988). Assim, através do registro de maré de um dado local, por um período suficientemente longo, determinam-se as amplitudes e fases das componentes harmônicas deste local.

Ao longo da costa sudeste brasileira, o sinal de maré é semidiurno, com preponderância dos harmônicos M2 e S2, e influenciado pelas componentes diurnas O1 e K1 (Salles *et al.*, 2000).

Na região de estudo e ao longo da costa do Espírito Santo a Marinha do Brasil já efetuou medições de maré em vários períodos (Salles *et al.*, 2000). Das estações maregráficas instaladas na costa do Espírito Santo, a Estação Maregráfica de Barra do Riacho é mais próxima à região de implantação do Estaleiro Jurong de Aracruz (EJA), estando situada dentro do Porto de Barra do Riacho (**Figura 5-13**). Neste local atualmente está instalada uma estação maregráfica operada por Portocel.

A **Figura 5-14** mostra a ficha descritiva da Estação Barra do Riacho, com suas principais características.

O nível médio do mar na Estação de Barra do Riacho é de 80 cm. As médias das alturas de maré durante o período de sizígia variam entre 147 e 13 cm, e no período de quadratura entre 103 e 57 cm. Assim, em função de apresentarem alturas menores que 2 m, as marés da região são classificadas como micro marés (Davies, 1973 apud Dyer, 1997).



**Figura 5-13:** Local de instalação da estação maregráfica em Barra do Riacho (estrela amarela).

Do ponto de vista da periodicidade, observa-se a predominância das componentes semidiurnas M2 e S2 sobre as diurnas O1 e K1 em toda a costa do Espírito Santo, como mostrado na **Tabela 5-2**.

A relação das amplitudes destas quatro componentes define a razão  $F$ , utilizada para classificar as marés em relação à periodicidade (critério de Courtier). Valores de  $F$  abaixo de 0,25 indicam uma maré semidiurna (duas enchentes e duas vazantes por dia).

Observando-se estritamente o critério de Courtier na determinação do fator  $F$ , a classificação, na costa do Espírito Santo, seria de maré semidiurna, como indicam os valores de  $F$  na Tabela 1. Considerando-se que as desigualdades diurnas observadas são importantes, a maré na região poderia ser mais precisamente classificada como “semidiurna com desigualdades diurnas”.

<b>Nome da Estação :</b> BARRA DO RIACHO (PORTOCEL) – ES					
<b>Localização :</b> Praia das Conchas - Aracruz					
<b>Organ. Responsável :</b> DHN					
<b>Latitude :</b> 19° 50,5' S		<b>Longitude :</b> 40° 03,5' W			
<b>Período Analisado :</b> 10/06/76 a 11/07/76			<b>Nº de Componentes :</b> 36		
<b>Análise Harmônica :</b> Método Tidal Liverpool Institute					
<b>Classificação :</b> Maré Semidiurna.					
<b>Estabelecimento do Porto: (HWF&amp;C)</b>		III H 50 min	<b>Nível Médio (Zo):</b>		80 cm acima do NR.
<b>Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :</b>		147 cm acima do NR.	<b>Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :</b>		103 cm acima do NR
<b>Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :</b>		13 cm acima do NR.	<b>Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :</b>		57 cm acima do NR.
<b>CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS</b>					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU <sub>2</sub>	1,0	122
Ssa	-	-	N <sub>2</sub>	7,1	117
Mm	2,4	321	NU <sub>2</sub>	1,4	117
Mf	-	-	M <sub>2</sub>	45,1	107
MTM	-	-	L <sub>2</sub>	1,4	133
Msf	10,6	064	T <sub>2</sub>	1,3	095
Q <sub>1</sub>	2,9	086	S <sub>2</sub>	21,8	095
O <sub>1</sub>	8,9	119	K <sub>2</sub>	5,9	095
M <sub>1</sub>	0,5	126	MO <sub>3</sub>	0,9	061
P <sub>1</sub>	2,0	148	M <sub>3</sub>	0,7	174
K <sub>1</sub>	6,1	148	MK <sub>3</sub>	0,3	101
J <sub>1</sub>	0,2	062	MN <sub>4</sub>	0,3	132
OO <sub>1</sub>	0,8	067	M <sub>4</sub>	0,6	126
MNS <sub>2</sub>	-	-	SN <sub>4</sub>	0,1	098
2N <sub>2</sub>	0,9	126	MS <sub>4</sub>	0,3	077
<b>Referências de Nível:</b> RN-1 a 10 metros para dentro a partir do ancoradouro de barcos de pesca da Praia das Conchas.					
<b>Obs:</b> Não há referências a outros períodos. Consta das Tábuas das Marés					

**Figura 5-14:** Ficha descritiva da Estação Maregráfica Barra do Riacho – ES.  
Fonte: FEMAR.

As desigualdades diurnas produzem duas alturas de maré num mesmo dia, sendo que esta diferença diurna é mais notável nas maiores marés, onde a diferença existente nos níveis atingidos em duas baixa-mares consecutivas é maior do que os atingidos nas preamares.

**Tabela 5-2:** Amplitude das componentes astronômicas O<sub>1</sub>, K<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> e S<sub>2</sub> em estações maregráficas na costa do Espírito Santo.

Estação	Amplitude (cm)				F
	O <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	
Barra do Itapemirim	8,1	6,3	42,1	19,6	0,233
Barra do Sahy	8,9	6,1	45,1	21,8	0,215
Estação	Amplitude (cm)				F
	O <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	
Ponta do Ubú	7,7	4,8	45,1	22,1	0,186
Porto de Vitória	8,8	5,2	46,2	20,4	0,210
Porto de Tubarão	9,1	5,5	44,2	21,9	0,221
Piraquê-Açú	8,2	2,0	44,8	21,3	0,154
Barra do Riacho	8,9	6,1	45,1	21,8	0,224

#### 5.1.2.1.2 Ondas

A formação de ondas em uma determinada região está intrinsecamente ligada aos sistemas meteorológicos atuantes. Assim, para caracterizar o clima de ondas de uma região é necessário um período de coleta de dados com duração suficiente para abranger a variabilidade de condições meteorológicas e oceanográficas tanto locais como das áreas de geração de tempestades e ondulações externas.

Próximo à área de implantação do EJA não existe série histórica disponível de dados de ondas medidos. Os dados utilizados na presente caracterização do clima de ondas são provenientes do Banco Nacional de Dados Oceanográficos, integrados em uma área de 90 milhas náuticas de lado, centrada no ponto de latitude 20° S e longitude 40° W totalizando 2545 registros no período de um ano com informações de altura (m), período (s) e direção de propagação (graus com o norte verdadeiro) de ondas.

As condições de mar de maior frequência encontradas no Espírito Santo são mares de nordeste-leste com vagas e marulhos (definições no **Tabela 5-3**). Nos meses de verão e primavera há o predomínio do Anticiclone Subtropical Atlântico, enquanto os estados de mar mais energéticos estão associados a passagens de

frentes frias pela região, que precedem o Anticiclone Polar, principalmente no outono e inverno (provenientes do quadrante sudeste-sudoeste).

**Tabela 5-3:** Definições de ondas.

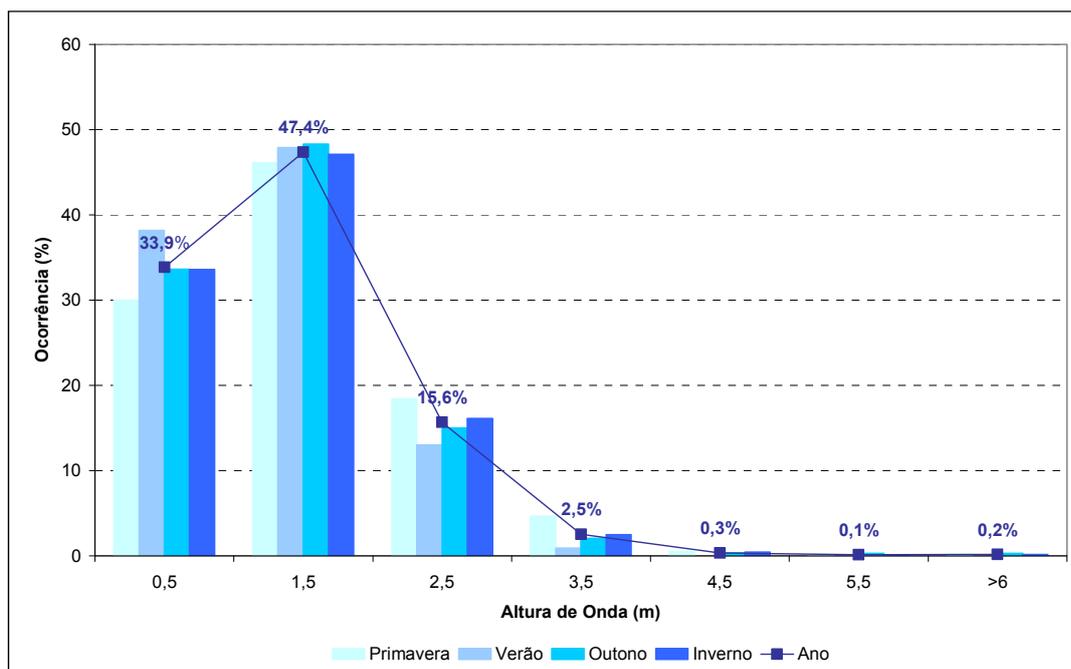
Tipo de onda	Características
Vagas (mar local, sea)	Ondas sob a influência do vento, que possuem a mesma direção que o vento e estão dentro de suas zonas de geração; mar em desenvolvimento.
Marulhos (ondas, swell)	Ondas sem a influência do vento, propagando-se com direção própria e que estão longe de suas zonas de geração; mar desenvolvido.

**Fonte:** (Seixas, 1997; Carvalho, 1998).

As ressacas (estado de mar com ondas intensas) que chegam à costa do Espírito Santo estão associadas à ação dos sistemas frontais atuando em latitudes mais altas, gerando ondas que quando atingem a costa apresentam características de marulhos (swell). Se a passagem destes sistemas ocorrer juntamente com a chegada destes marulhos, o estado de mar torna-se ainda mais energético em função da geração de ondas (vagas) pelo sistema na região onde está localizado.

Informações sobre o clima de ondas foram obtidas usando os dados disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), do Ministério da Marinha, através do sistema Capricornius. Os dados foram integrados numa área de 90 milhas náuticas de lado, centrada no ponto de latitude 20° S e longitude 40° W totalizando 2545 registros com informações de altura (m), período (s) e direção de propagação (graus com o norte verdadeiro) de ondas.

A **Figura 5-15** mostra a distribuição sazonal e anual de alturas de ondas ao largo de Barra do Riacho. Nesta figura identifica-se que a onda modal, em todas as estações do ano, apresenta altura de aproximadamente 1,5m; entretanto, há significativa ocorrência de ondas com alturas de até 3,5m, principalmente nos meses de inverno e primavera.



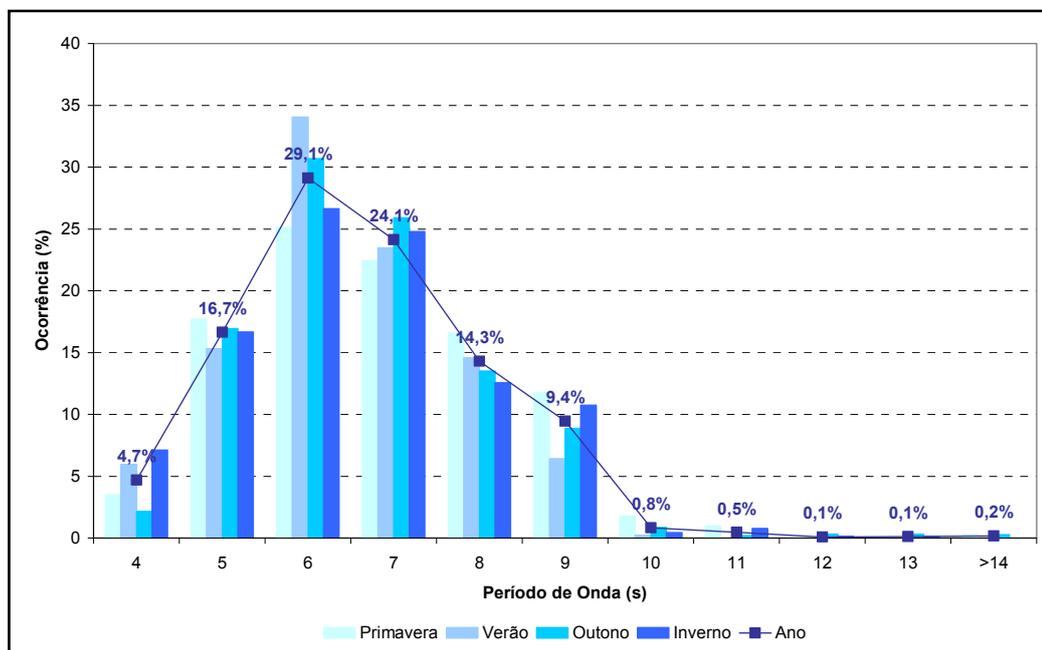
**Figura 5-15:** Distribuição sazonal e anual de alturas de onda ao largo de Barra do Riacho.

A **Figura 5-16** mostra a distribuição sazonal e anual de períodos de ondas ao largo de Barra do Riacho. Nesta figura identifica-se que a onda modal, em todas as estações do ano, é aquela com períodos em torno de 6 segundos; entretanto há significativa ocorrência de ondas mais longas, com até 10s de período, principalmente nos meses de primavera, outono e inverno.

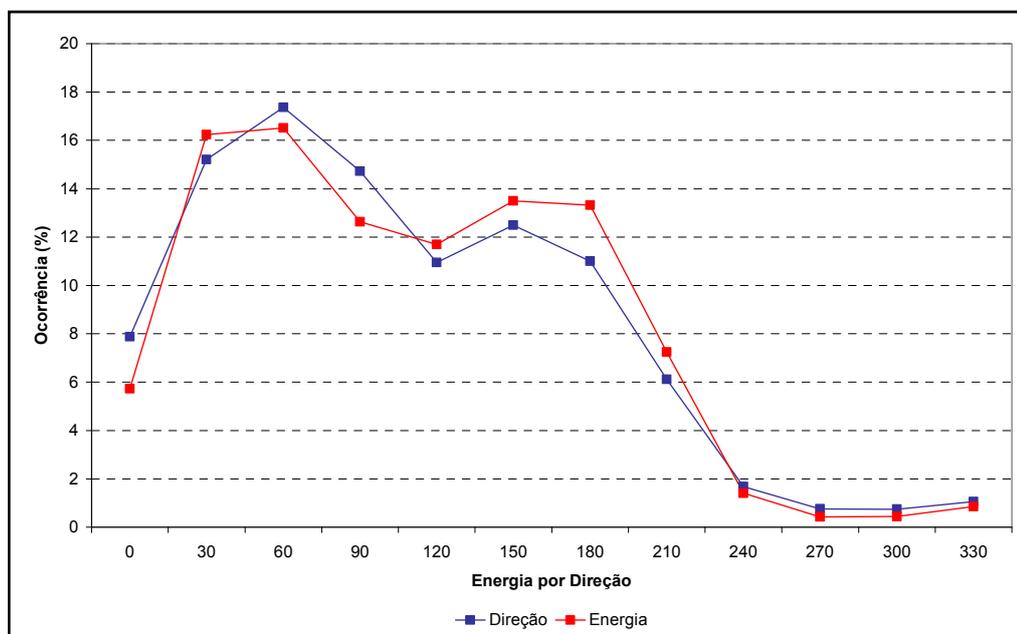
A **Figura 5-17** mostra as distribuições anuais de direção de propagação de ondas (em azul) e de energia por direção de propagação (em vermelho) para as ondas ao largo de Barra do Riacho. Verifica-se um clima de ondas bi-modal em relação à direção de propagação, com predomínio de ondas de nordeste (60°), mas com ocorrência significativa de ondas de sudeste (150°) bastante energéticas.

As distribuições de direção de propagação e de energia por direção ao longo das estações (**Figura 5-18**) indicam que, durante o verão, as ondas provenientes do setor NE são as mais frequentes e mais energéticas. Nessa época há pouca ocorrência de ondas do quadrante sul e os maiores níveis de energia deste quadrante são verificados naquelas que provêm de sudeste. Já no inverno, a

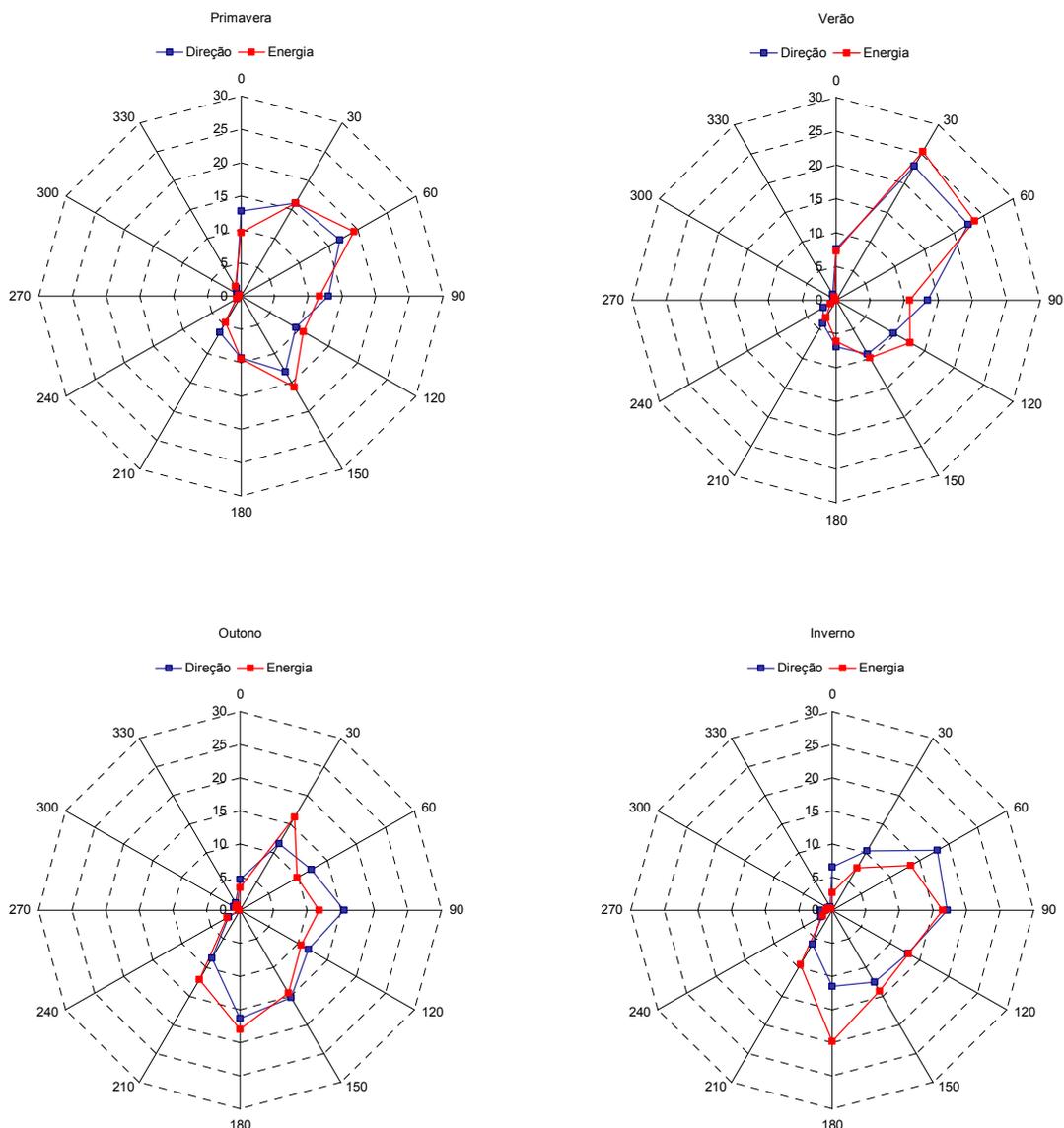
situação se inverte e as ondas provenientes de sul, embora com porcentagens de ocorrência menor, apresentam altos níveis de energia.



**Figura 5-16:** Distribuições sazonal e anual de períodos de onda ao largo de Barra do Riacho.



**Figura 5-17:** Distribuições anuais de direção de propagação de onda (azul) e de energia por direção (vermelho) para ondas ao largo de Barra do Riacho. Direções em graus de azimute.



**Figura 5-18:** Distribuições sazonais de direção de propagação de ondas (azul) e de energia por direção (vermelho) ao largo de Barra do Riacho.

### 5.1.2.1.3 Correntes

A plataforma continental na altura do município de Aracruz estende-se por cerca de 40 km, e a profundidade da quebra da plataforma varia entre 60 e 80 m.

As águas da plataforma continental da região sudeste brasileira retratam misturas de volumes variáveis das seguintes massas de água:

- Água Costeira (AC).
- Água Tropical (AT) ou Corrente do Brasil. Principal corrente superficial do litoral brasileiro, que flui para sul caminhando sobre ou próximo da borda da Plataforma Continental.
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Corrente que flui em sentido norte. No inverno, flui sob a Corrente do Brasil mais distante da linha de costa. No verão, sob a Corrente do Brasil e também, sob faixas mais profundas das águas costeiras.

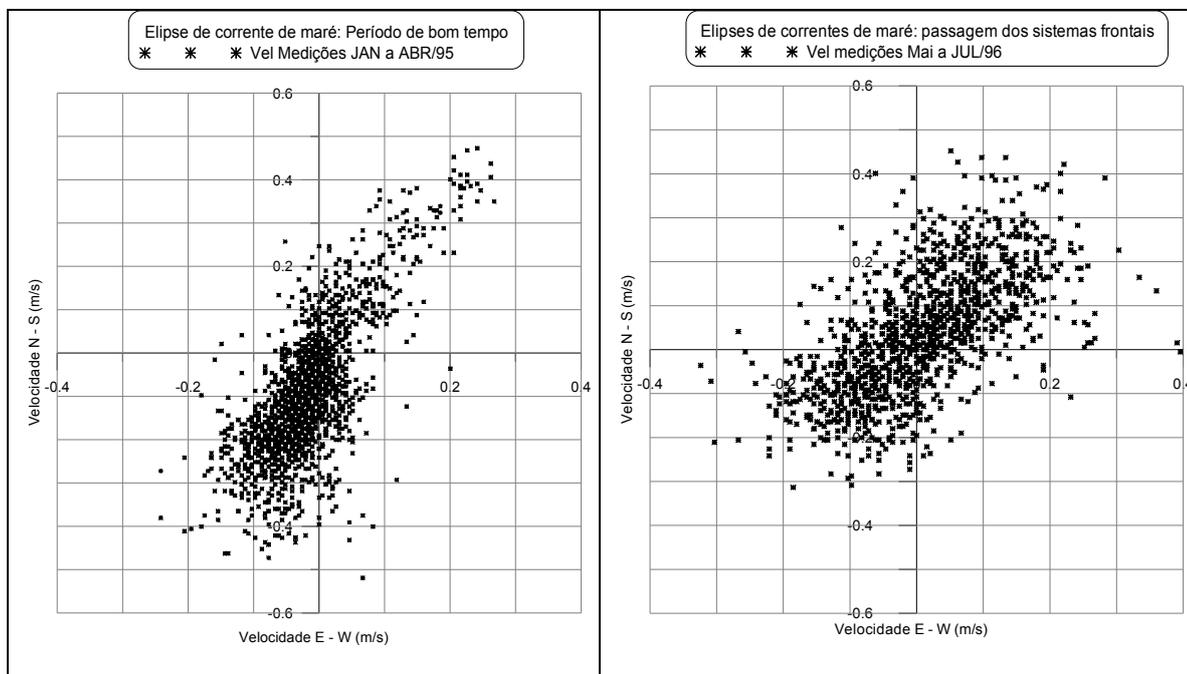
A predominância de uma ou outra massa de água nessa mistura depende da distância do ponto à costa ou à quebra da plataforma continental, do nível ou profundidade, e dos processos físicos que podem causar intrusões tanto da ACAS quanto da AT em direção à costa (CASTRO et al., 2003).

O local de instalação do EJA situa-se na zona costeira, dessa forma a AT e a ACAS não influenciam diretamente as águas próximas à região de estudo. A circulação nas zonas costeiras é função principalmente dos ventos (camada de Ekman) e das marés, com estes dois forçantes se alternando em importância de acordo com fatores locais, tais como fisiografia e condições climáticas (Tomczak, 1998).

Quanto mais próximo da costa, de modo geral tende-se a verificar correntes de menores intensidades, devido à maior perda de energia do escoamento por atrito com o fundo e de sua interação com os obstáculos junto à linha da costa. Assim, ao redor da região de estudo ocorrem atenuações nas correntes em função do Molhe Sul de Barra do Riacho, situado ao Norte da área do EJA. A presença de afloramentos rochosos, situados próximos a Barra do Sahy (ao sul), também causam atenuações nas correntes.

Em função das características de direção da linha de costa e do sentido de incidência dos ventos predominantes, na região de estudo ocorrem correntes litorâneas com sentido para sul em condições de bom tempo e correntes litorâneas com sentido para norte por ocasião da passagem de sistemas frontais.

Este padrão é evidenciado com os dados horários de correntes medidos utilizando-se um correntógrafo, que foi fundeado na região do emissário de efluentes industriais da Aracruz Celulose, apresentados na **Figura 5-19**.



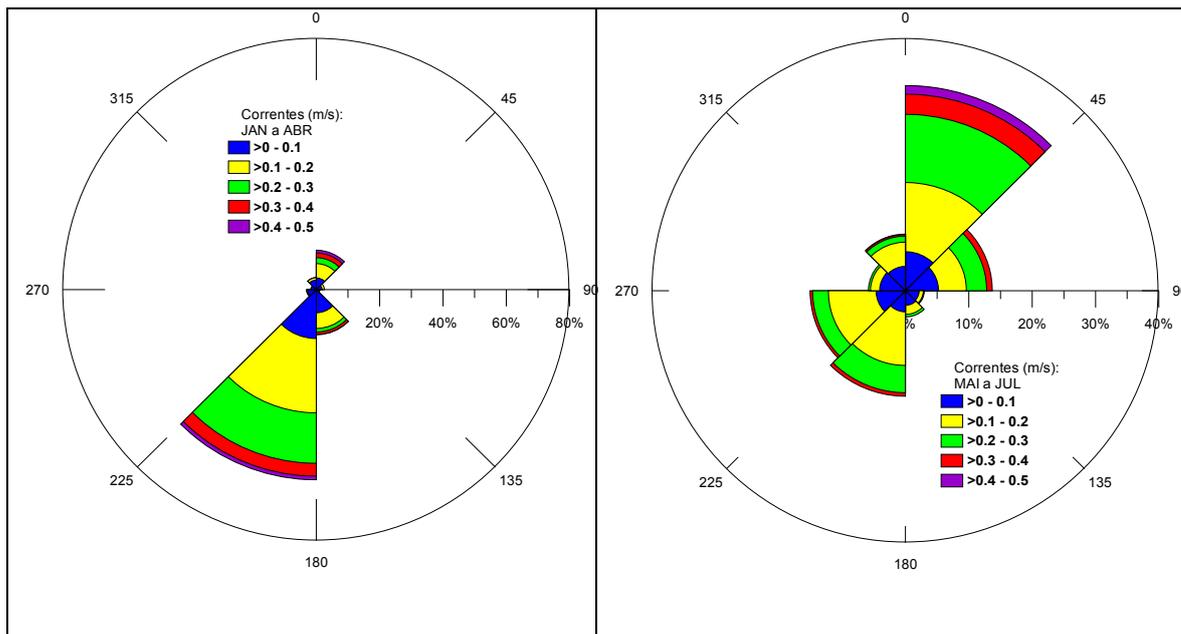
**Figura 5-19:** Dados horários de corrente medidos nos períodos de JAN a ABR/1995 (condições de bom tempo) e de MAI a JUL/1996 (passagem de sistemas frontais), na região do Emissário da Aracruz Celulose.

Fonte: Cepemar, 2006.

Durante o período de Janeiro a Abril/1995, o sentido mais freqüente de corrente foi SW, refletindo os ventos dominantes vindos de NE, característicos desta época. No período de Maio a Julho/1996, a freqüência de correntes com sentido NE aumenta, retratando a passagem de sistemas frontais.

A distribuição de freqüências, direções e intensidades de corrente observadas nos períodos Janeiro a Abril/1995 e Maio a Julho/1996 podem ser visualizadas na **Figura 5-20**.

De Janeiro a Abril, na direção SW, houve uma maior freqüência de intensidades de correntes entre 0,1 e 0,2m/s. Os valores extremos situaram-se na faixa 0,4 a 0,5m/s, e foram observados nos sentidos SW e NE, com baixa freqüência.



**Figura 5-20:** Distribuição de freqüências, direções e intensidades de corrente observadas nos períodos Janeiro a Abril/1995 e Maio a Julho/1996.

De Maio a Julho, as faixas de maior freqüência foram de 0,1 a 0,2 m/s e 0,2 a 0,3 m/s. Os valores extremos de 0,4 a 0,5 m/s foram observados no sentido NE, em maior freqüência que no período de Janeiro a Abril.

As freqüências observadas nas faixas de corrente, padronizadas com os mesmos limites nos dois períodos, mostraram que as correntes de intensidades altas são mais recorrentes nos períodos de passagem de frentes frias, devido à maior intensidade do vento nestas condições. No verão e no inverno, os valores máximos de corrente não diferiram muito, sendo observados 0,53m/s no verão e 0,48m/s no inverno.

Para caracterizar a distribuição de correntes na região de instalação do EJA, foi realizada uma campanha de levantamento de perfis de velocidade em 30/07/2009. Foram feitos cinco transectos de medição de correntes, aproximadamente perpendiculares à linha de costa. A **Figura 5-34** apresenta a localização, sendo o Transecto 1 mais ao Norte e o Transecto 5 mais ao sul.

As medições foram realizadas com ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), marca RDI, modelo Workhorse 600 kHz, que ficou instalado na lateral da embarcação, com os sensores a 80 cm da superfície da água (**Figura 5-22**). Suas trajetórias foram georreferenciadas através de sistema de posicionamento DGPS submétrico TRIMBLE PRO-XR ligado a um computador portátil (**Figura 5-23**).

Os perfis de velocidades identificaram velocidades com magnitudes médias variando de 0,13 a 0,35 m/s, predominantemente para a direção nordeste, refletindo o vento neste dia, que soprava vindo de sul e sudeste. As **Figura 5-24** a **Figura 5-33** apresentam os perfis de velocidade; nestas figuras estão indicadas as coordenadas de início e fim de cada transecto.

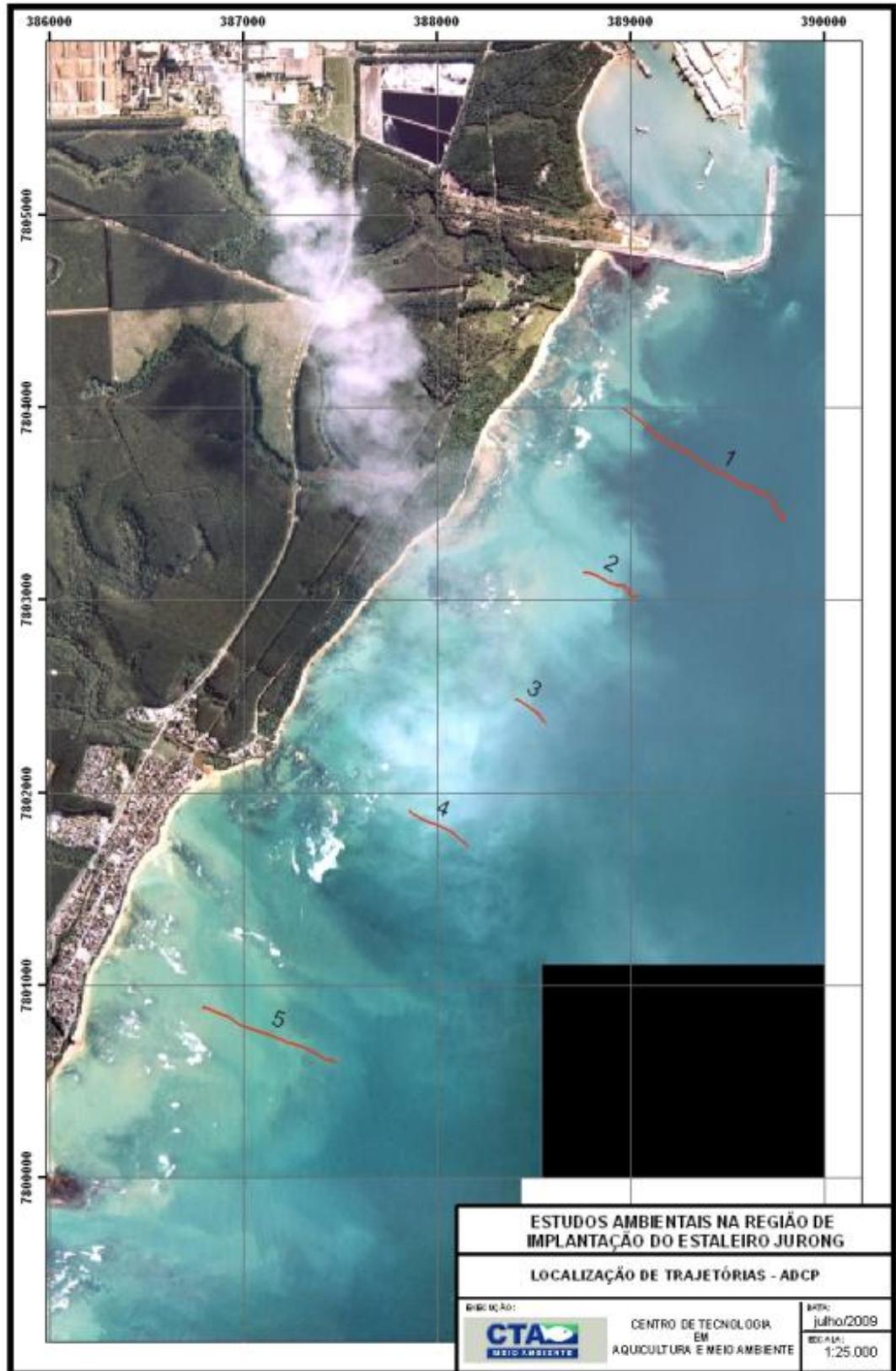


Figura 5-21: Localização dos Transectos (1 a 5) de medição de correntes.



**Figura 5-22:** ADCP instalado na lateral da embarcação. Vistas superior e lateral.



**Figura 5-23:** ADCP e antena do sistema de posicionamento DGPS na embarcação.

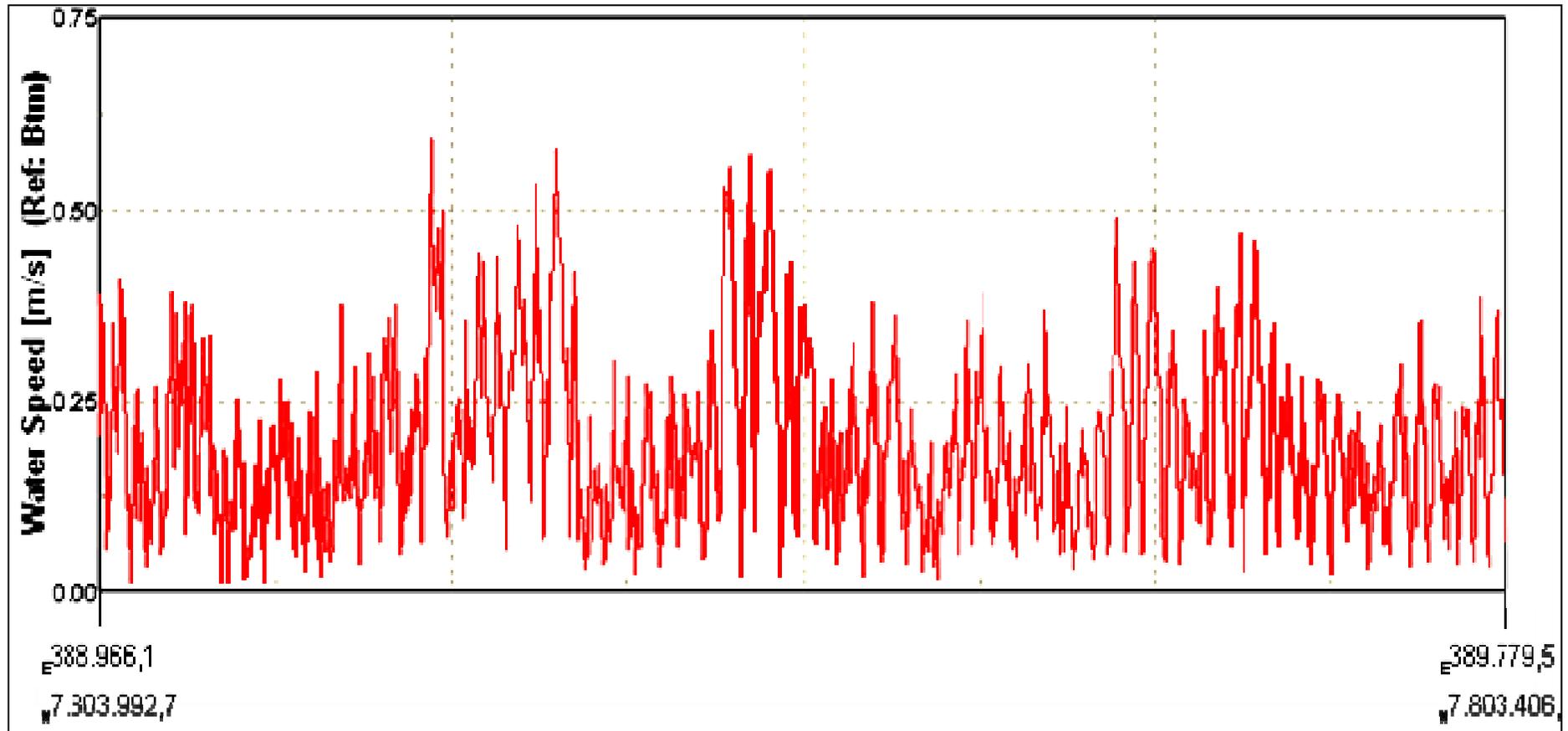


Figura 5-24: Velocidades médias ao longo do Transecto 1.

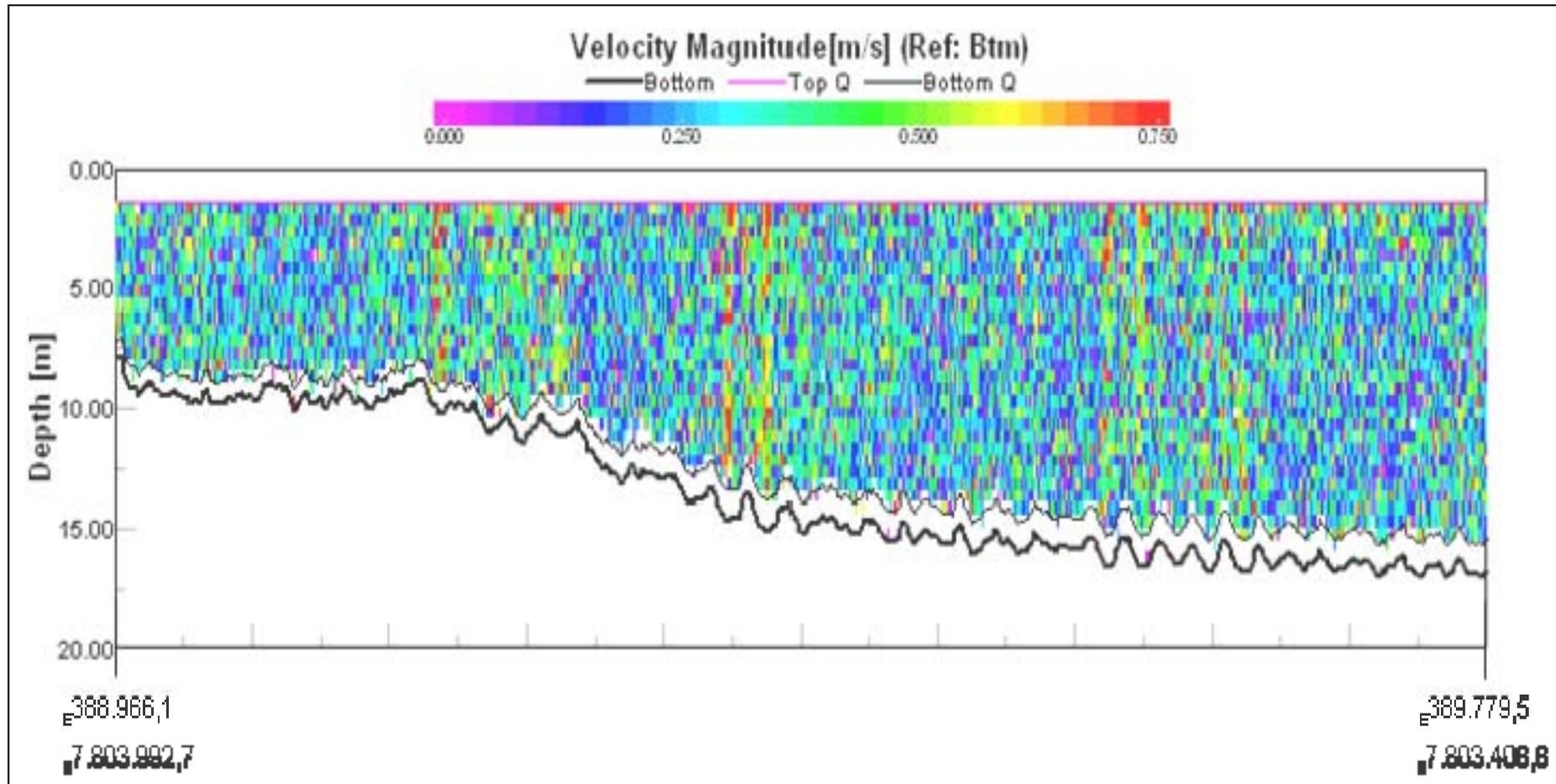


Figura 5-25: Perfis de velocidade do Transecto 1.

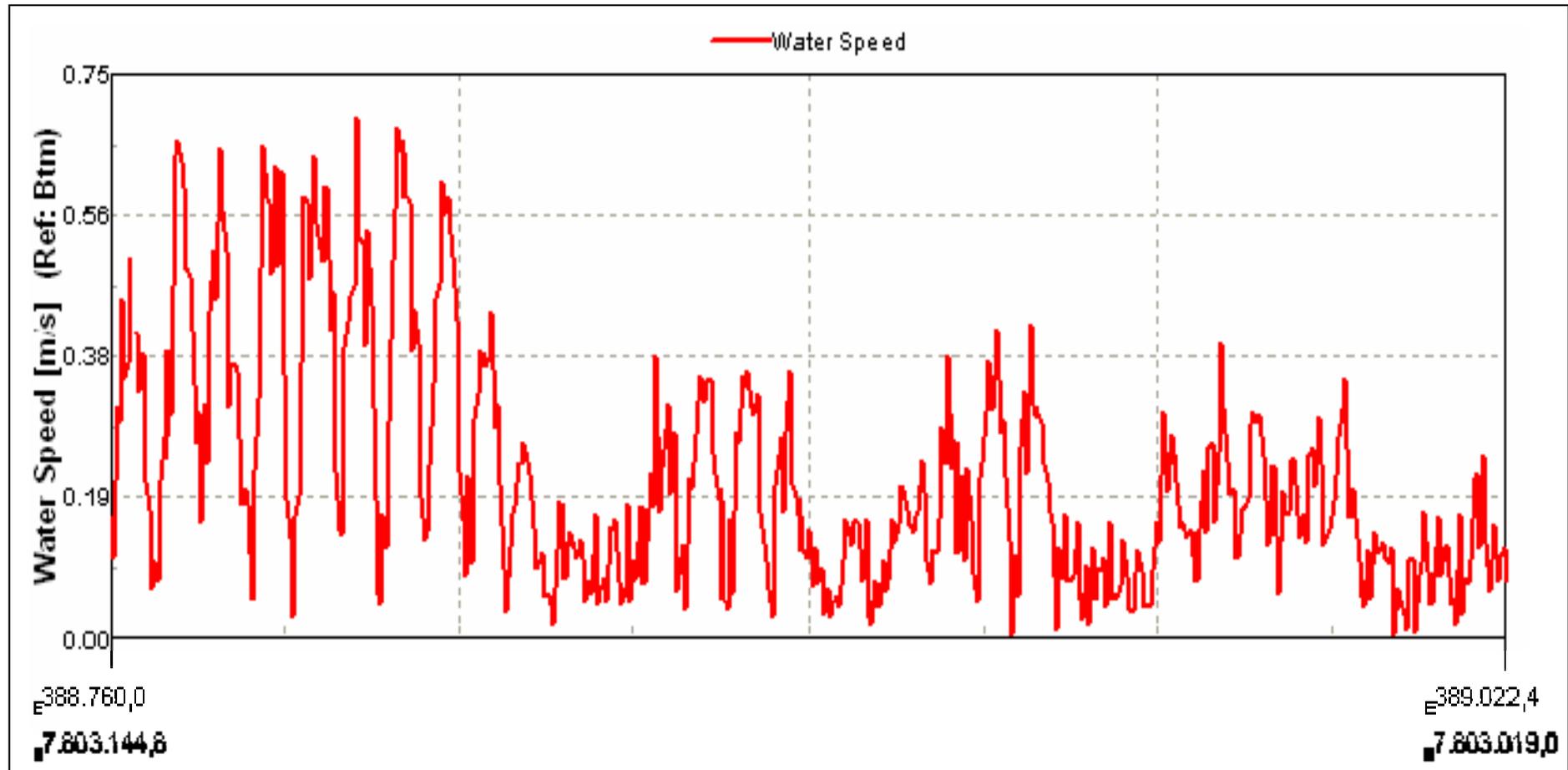


Figura 5-26: Velocidades médias ao longo do Transecto 2.

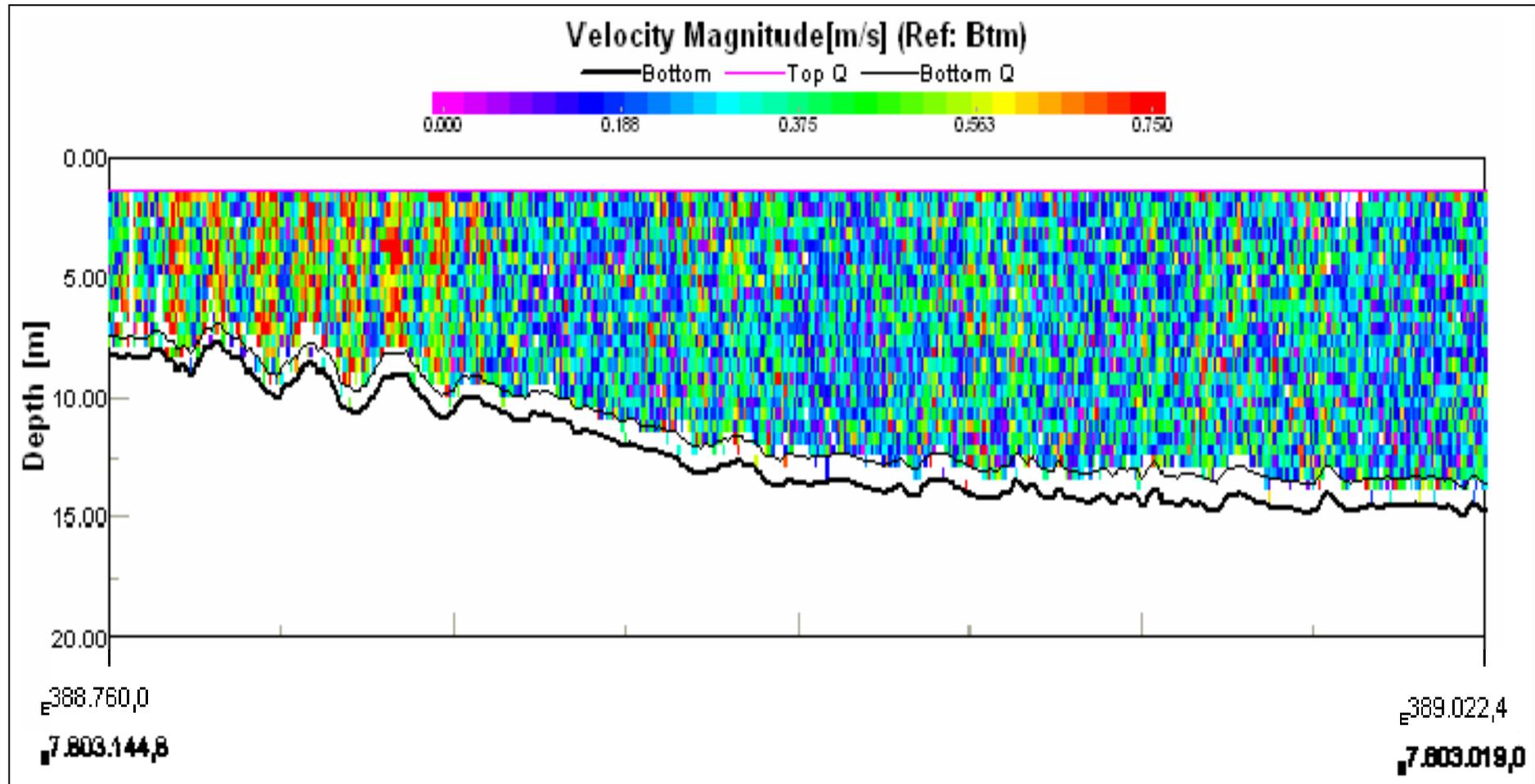


Figura 5-27: Perfis de velocidade do Transecto 2.

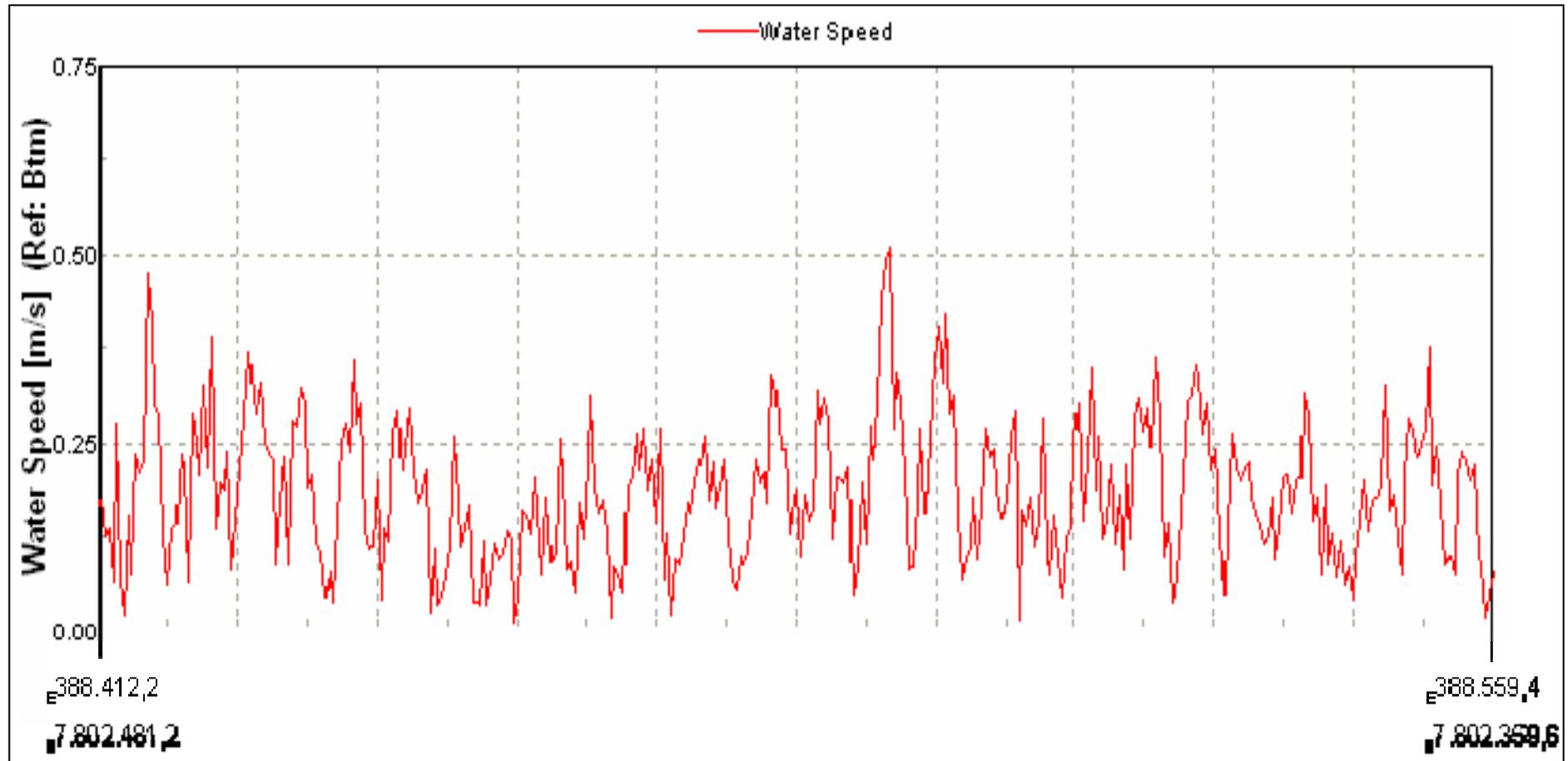


Figura 5-28: Velocidades médias observadas ao longo do Transecto 3.

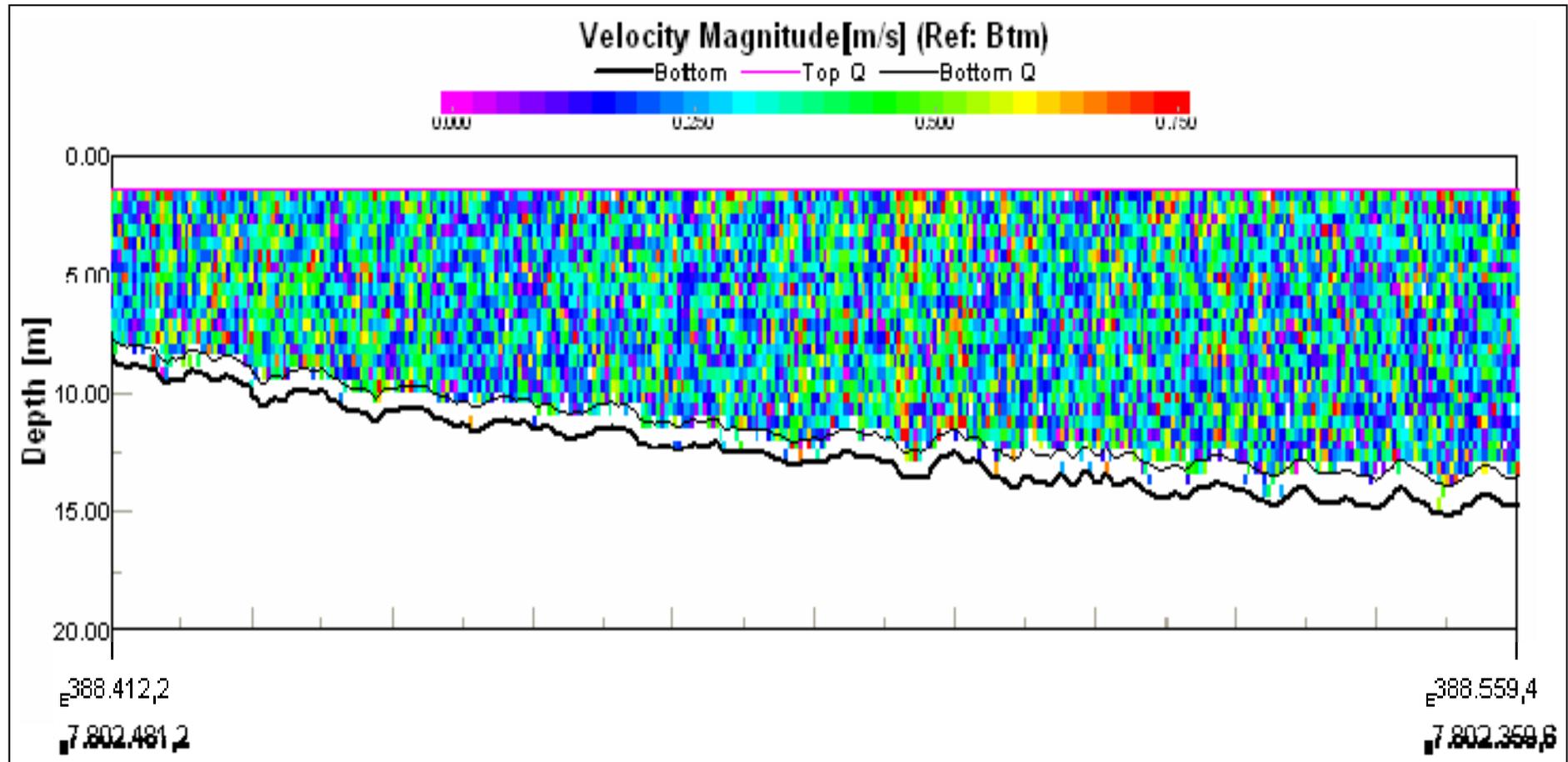


Figura 5-29: Perfis de velocidade do Transecto 3.

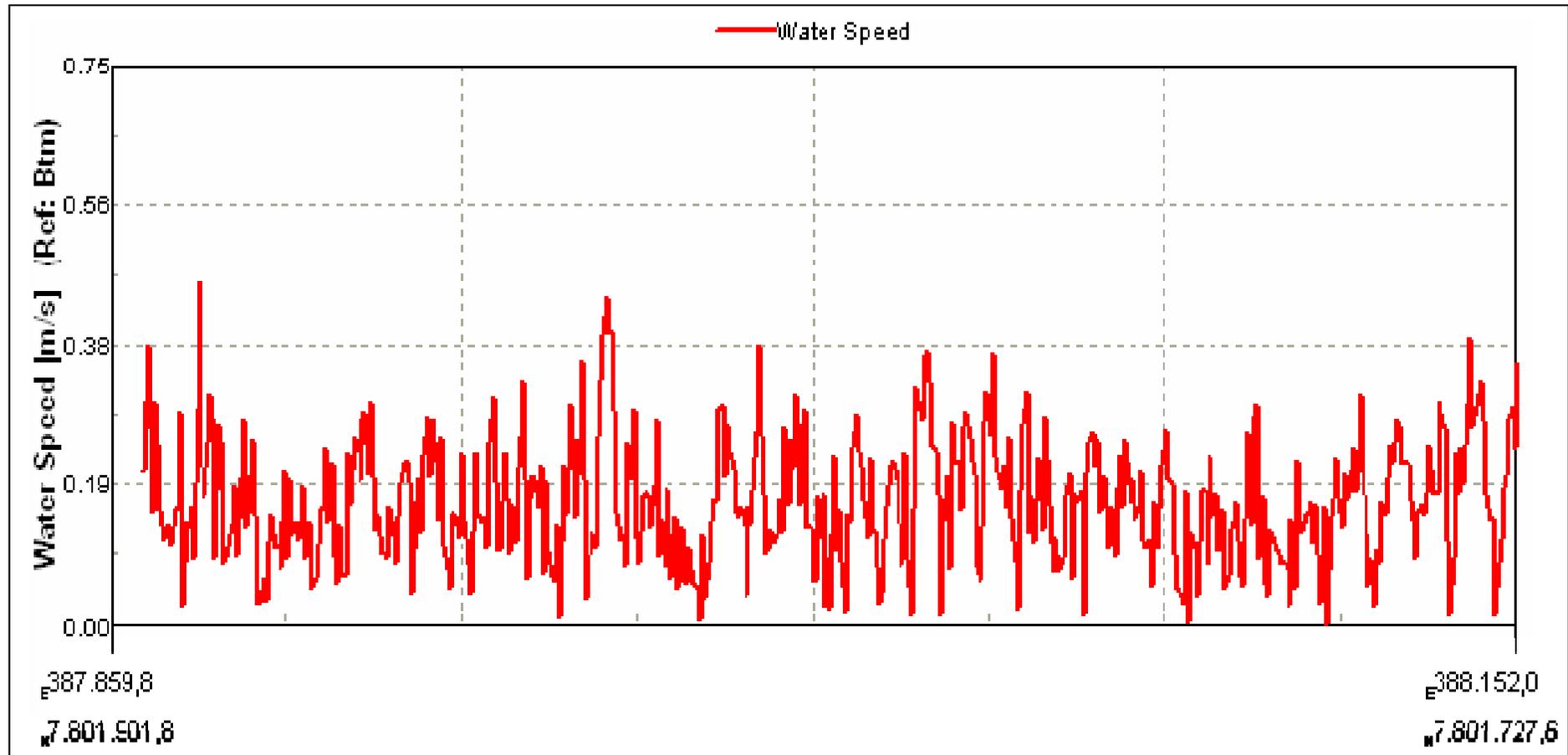


Figura 5-30: Velocidades médias observadas ao longo do Transecto 4.

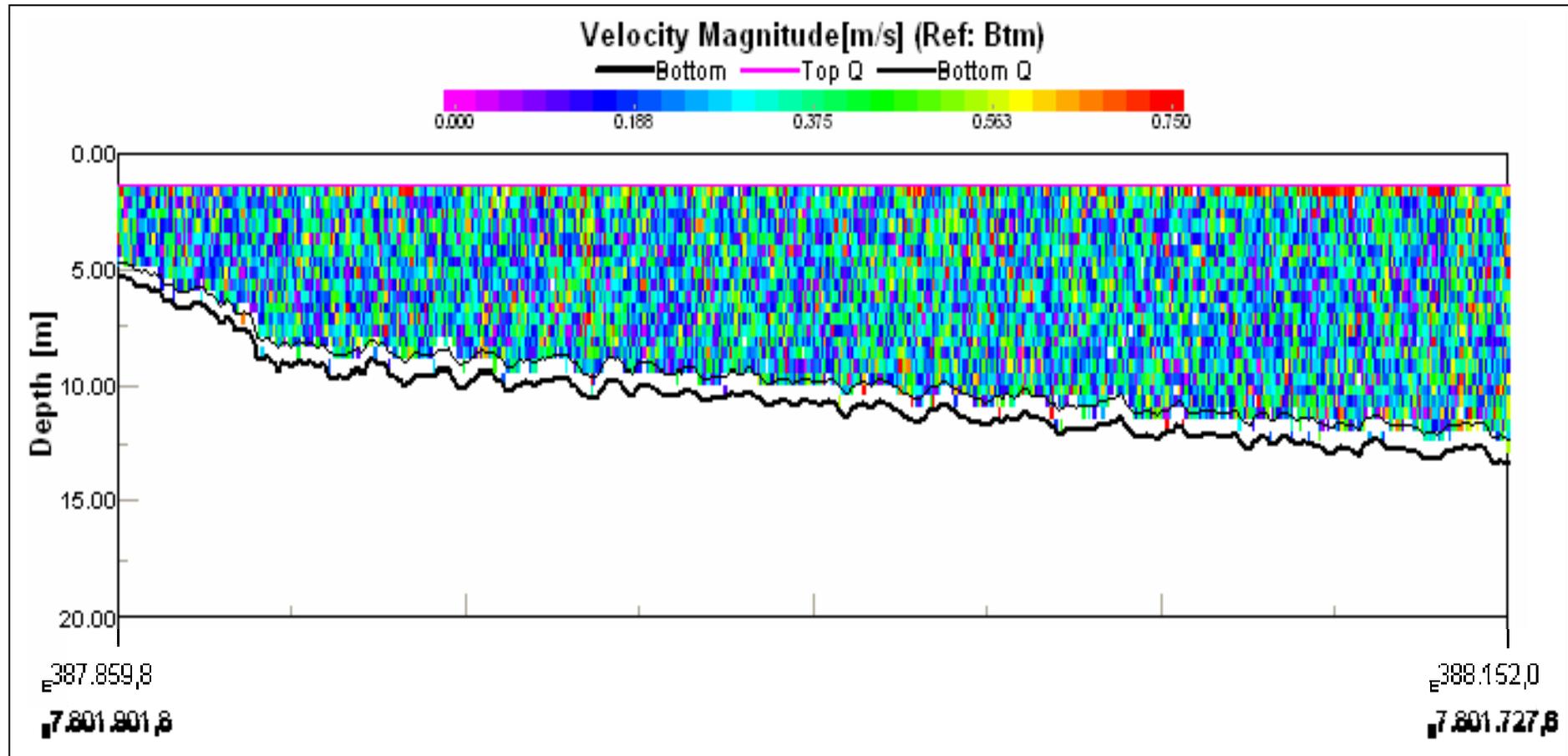


Figura 5-31: Perfis de velocidade do Transecto 4.

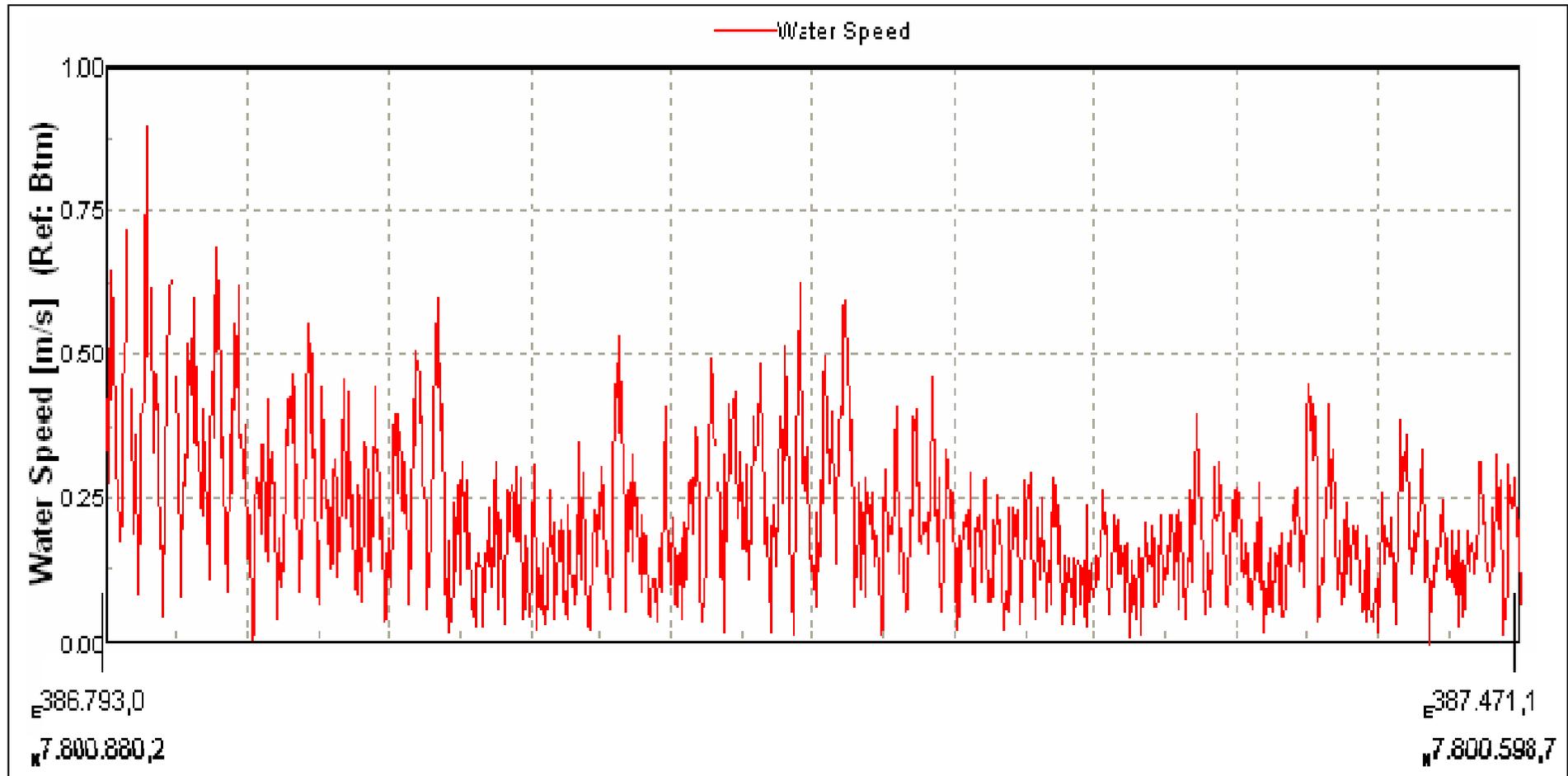


Figura 5-32: Velocidades médias observadas ao longo do Transecto 5.

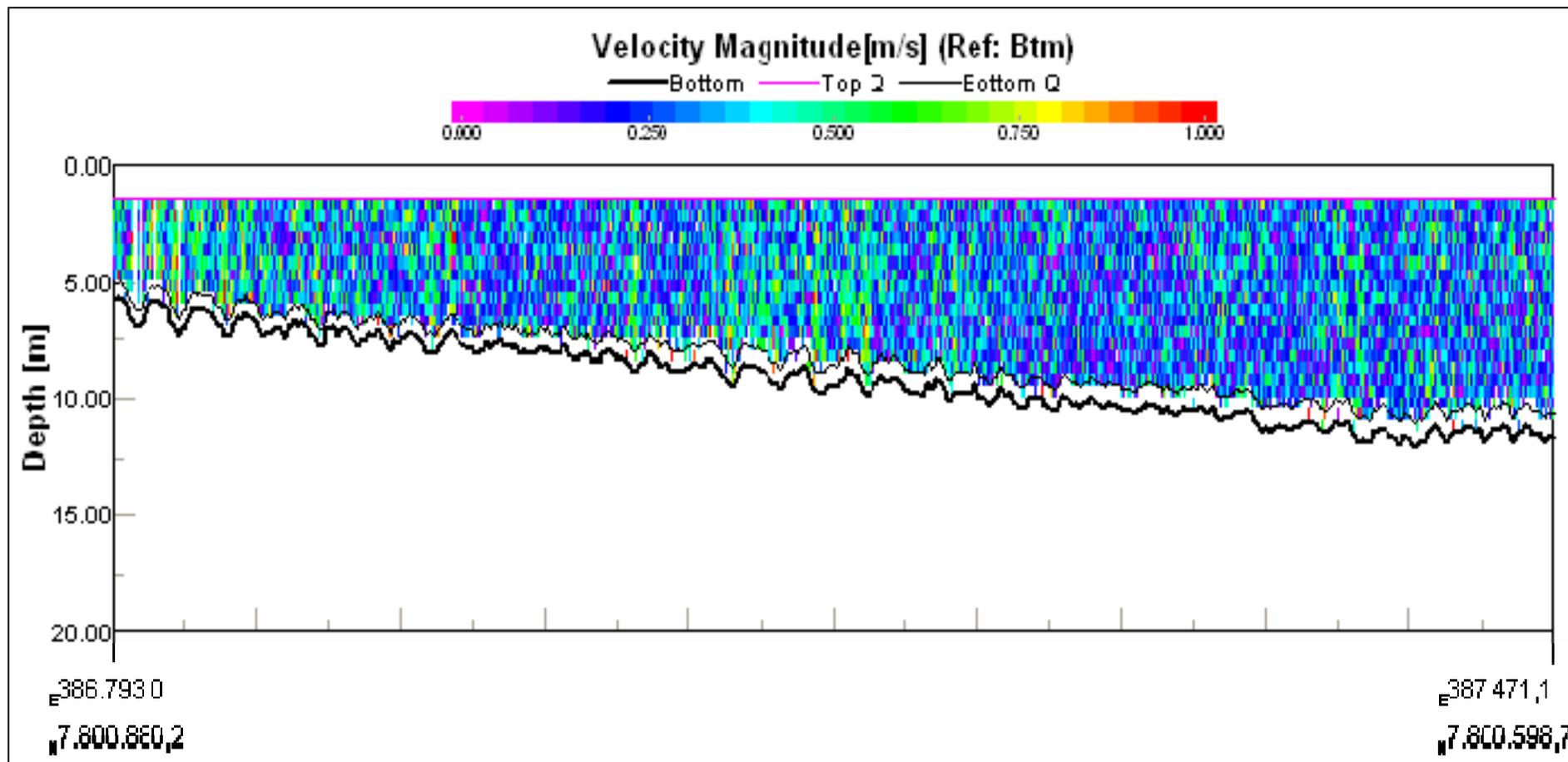


Figura 5-33: Perfis de velocidade do Transecto 5.

### 5.1.2.2 Estudo morfodinâmico e sedimentar das praias

Parte das informações da descrição do litoral entre Barra do Sahy e o Porto da Barra do Riacho foi obtida a partir de fontes secundárias, que foram organizadas para fornecer a caracterização geral dos aspectos físicos da área de estudo.

Os dados primários coletados foram:

- Perfis topográficos de praia, distribuídos ao longo da área de estudo;
- Granulometria e teores de carbonato de cálcio de amostras de sedimentos da face, berma, calha e antepraia ao longo dos perfis topográficos;
- Granulometria e teores de carbonato de cálcio de amostras de sedimentos submersos.

A área foco de estudo está localizada na região conhecida como Praia da Água Boa, a nordeste de Barra do Sahy, município de Aracruz – ES. A região onde se pretende instalar o EJA está situada entre Barra do Sahy e o Porto de Barra do Riacho, abrangendo uma distância de 1.550 m de linha de costa, como mostra a **Figura 5-34**.



**Figura 5-34:** Imagem de satélite exibindo área do EJA em terra (contorno vermelho) e área de pesquisa no mar (contorno azul).

#### 5.1.2.2.1 Aspectos geológicos e geomorfológicos

A área estudada está localizada no segmento *Embaimento de Tubarão* do compartimento “litoral oriental ou Leste”, da divisão do litoral brasileiro baseada em processos tectônicos, geomorfológicos, climáticos e oceanográficos, atuantes sobre a costa. Este segmento apresenta as seguintes características:

- Abrangência de Regência, na foz do rio Doce e até o rio Itabapoana (ES/RJ), (MUEHE, 1998);

- Plataforma continental estreita com largura média em torno de 50 km, mínima de 40 km na altura de Santa Cruz e 45 km ao norte de Vitória (FRANÇA, 1979 *apud* ALBINO *et al.*, 2006).
- O recobrimento sedimentar da plataforma continental interna é de areia terrígena até a isóbata de 20 m e de cascalho e areias de briozoários recifais, em profundidades maiores (KOWSMANN & COSTA, 1979 *apud* MUEHE, 1998);
- Margem continental mais estreita entre a plataforma de Abrolhos e a bacia de Campos (BARRETO e MILLIMAN, 1969 *apud* MUEHE, 1998).
- A linha de costa é caracterizada, em grande parte, pela presença do relevo associado à Formação Barreiras, porém, de forma descontínua, substituído pelas formações rochosas, como por exemplo, em Vitória e Guarapari;

A composição mineralógica dos sedimentos, desta plataforma continental é principalmente de sedimentos carbonáticos, com teores de  $\text{CaCO}_3$  que podem ser superiores a 75%, compostos predominantemente por fragmentos de algas coralinas, briozoários, moluscos e foraminíferos bentônicos (Melo *et al.*, 1975 *apud* Albino *et al.*, 2006; Albino, 1999), cuja fixação e produção são sustentadas pelos terraços de abrasão da Formação Barreiras.

As geológica-geomorfológicas reconhecidas neste segmento são: as planícies flúvio-marinhas Quaternárias, os tabuleiros Terciários da Formação Barreiras e os afloramentos e promontórios cristalinos Pré-cambrianos (MARTIN *et al.*, 1997).

As planícies sedimentares Quaternárias apresentam-se pouco desenvolvidas no litoral capixaba, estando sua evolução geológica associada às flutuações do nível do mar e à disponibilidade de sedimentos fluviais. O maior desenvolvimento é encontrado nas adjacências da desembocadura do Rio Doce e também nos vales entalhados dos rios São Mateus, Piraquê-Açu, Reis Magos, Jucu, Itapemirim e Itabapoana. Nos demais segmentos litorâneos as planícies costeiras são estreitas ou inexistentes, com as praias limitadas pelos tabuleiros da Formação Barreiras e pelos promontórios rochosos (ALBINO *et al.*, 2006).

As planícies costeiras originam-se através da formação de restingas paralelas que, quando incorporadas ao continente, recebem o nome de planície de restinga. De acordo com Martin *et al.* (1997), os depósitos Quaternários marinhos ocorrem associados a terraços arenosos Pleistocênicos e Holocênicos, marcados por alinhamentos de cristas praias.

Os depósitos marinhos Pleistocênicos possuem sedimentos superficialmente brancos e comumente acastanhados em profundidade, devido à impregnação por matéria orgânica, e estão situados a altitudes entre 8 a 10 m acima do nível do mar, declinando rumo ao mar. Já os terraços marinhos Holocênicos apresentam altitudes mais baixas, sendo bastantes expressivos próximos às desembocaduras fluviais; podem conter grandes quantidades de conchas, não sendo impregnados por ácidos húmicos; exibem alinhamentos de cristas praias mais contínuos e pouco espaçados; foram formados no último grande ciclo transgressivo-regressivo iniciado no final do Pleistoceno; e são constituídos fundamentalmente pelas areias da faixa praias atual e do campo eólico adjacente (MARTIN *et al.*, 1997).

Os tabuleiros costeiros têm distribuição irregular ao longo da costa, ora em faixas largas, ora estreitas. Segundo Alvarenga *et al.* (1997), esta topografia foi desenvolvida, na sua maioria, em depósitos de coberturas sedimentares Cenozóicas Pleistocênicas.

A maioria dos estudos realizados a respeito dos depósitos da Formação Barreiras indica um paleoambiente deposicional continental (BIGARELLA & ANDRADE, 1964; AMADOR, 1982). A sedimentação Barreiras teria ocorrido provavelmente durante o Plioceno em ambientes de leques aluviais, encontrados comumente em áreas de sopé de regiões montanhosas, sob clima semi-árido, sujeito a chuvas esporádicas torrenciais (MARTIN *et al.*, 1997; SUGUIO, 2003).

A subdivisão do seu litoral do ES, em cinco setores de aspectos fisiográficos particulares apresentados na **Figura 5-35**, realizada por Martin *et al.* (1996, 1997), fornece maior detalhamento do litoral próximo à área do EJA. Além das características litorâneas do Espírito Santo já citadas, esta subdivisão considera

algumas particularidades como a distribuição e o contato entre os depósitos da Formação Barreiras, os afloramentos cristalinos e as planícies costeiras.

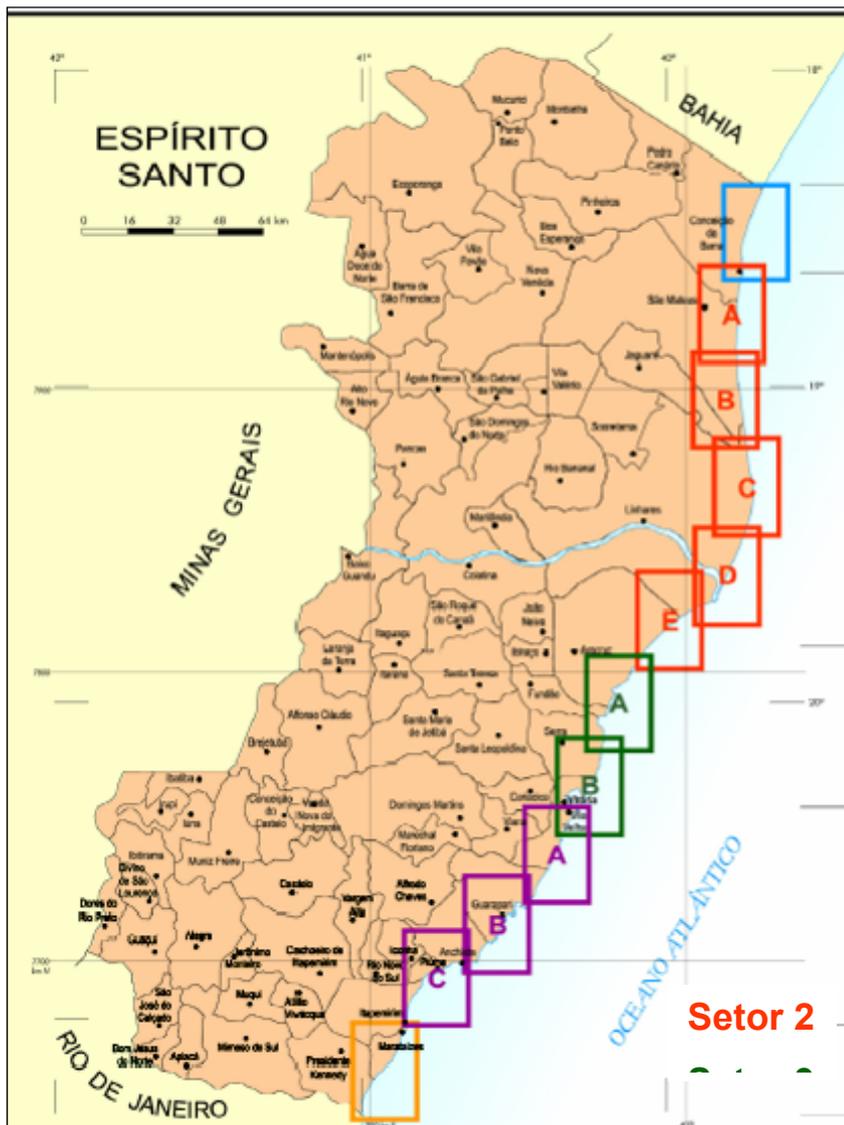
A síntese dos setores é encontrada em Albino *et al.* (2006). A área de estudo está inserida no Setor 3; o Setor 2 limita-se muito próximo à área de estudo.

O Setor 2 corresponde à planície costeira deltaica do rio Doce que se estende de Conceição da Barra à Barra do Riacho. Neste trecho os depósitos quaternários atingem o seu máximo desenvolvimento, cerca de 38 km transversalmente entre as falésias mortas da Formação Barreiras, no interior, e a linha de costa.

O Setor 3 estende-se de Barra do Riacho à Ponta de Tubarão, na Baía do Espírito Santo e é caracterizado pelo fraco desenvolvimento de depósitos quaternários ao sopé das falésias da Formação Barreiras.

A comparação entre a subdivisão proposta e a delimitação das bacias hidrográficas que deságuam no litoral revela a grande influência da carga e descarga dos rios Doce e São Mateus na determinação geomorfológica do litoral, enquanto que nas demais compartimentações a contribuição fluvial é pequena, sendo os aportes fluviais retidos nos vales entalhados dos rios sobre os tabuleiros da Formação Barreiras, entre os promontórios cristalinos ou na antepraia e plataforma continental interna. O pequeno aporte de sedimentos fluviais e a vulnerabilidade abrasiva dos sedimentos marinhos são os responsáveis pelo pouco desenvolvimento de planícies costeiras quaternárias no litoral do Espírito Santo (ALBINO, *et al.*, 2006, p.231).

A principal característica do trecho litorâneo da área de estudo é o fraco desenvolvimento dos depósitos quaternários ao sopé das falésias da Formação Barreiras. Observam-se, ainda, locais onde as falésias da Formação Barreiras estão em contato direto com a praia. Os depósitos flúvios-marinhos são mais pronunciados ao longo dos vales dos Rios Piraquê-Açu, Reis Magos e Santa Maria de Vitória.



**Figura 5-35:** Localização dos setores geomorfológicos do litoral do Espírito Santo, propostos. Martin et al. (1996),(ALBINO *et al.*, 2006).

Ao longo deste setor, ocorrem solos naturalmente cimentados por óxidos de ferro devido ao processo de laterização comum em climas tropicais produzindo uma canga ou couraça laterítica ao longo do litoral.

As presenças de falésias vivas, de planícies costeiras estreitas e da costa recortada configuram a paisagem do litoral deste Setor. As praias apresentam estados morfodinâmicos dissipativos e intermediários, com presença de terraço de abrasão laterítico da Formação Barreiras na antepraia, dunas frontais e areias de composição mistas (ALBINO *et al.*, 2006). Segundo os autores, as praias deste

setor encontram-se em retrogradação devido ao pequeno aporte fluvial e à vulnerabilidade abrasiva das areias carbonáticas.

#### 5.1.2.2.2 Aspectos sedimentológicos

Os aspectos sedimentológicos envolvem a variação dos diâmetros dos grãos; a composição dos sedimentos que é dependente da interação do fluxo com as características físicas dos sedimentos; a disponibilidade dos sedimentos; a distribuição das classes texturais na curva granulométrica; e a interpretação granulométrica por meio dos dados estatísticos (PONÇANO, 1986 e MUEHE, 1998). Assim, estes aspectos permitem reconhecer os diferentes processos de sedimentação e diferentes populações de sedimentos, sendo as características de cada população explicadas pela área fonte e pelo peso relativo de transporte e deposição.

Quanto às classes granulométricas utiliza-se a escala granulométrica adotada por Wentworth (1922), por apresentar maior simplicidade geométrica entre os intervalos de classe (**Tabela 5-4**).

**Tabela 5-4:** Escala granulométrica.

Classificação	$\Phi$	mm
Grânulo	-2 a -1	4 a 2
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,0625

A interpretação granulométrica através dos dados estatísticos permite o reconhecimento de diferentes processos de sedimentação e diferentes populações de sedimentos, sendo as características de cada população explicadas pela área fonte e pelo peso relativo de transporte e deposição (PONÇANO, 1986).

A mediana se situa entre a moda e a média, ou seja, entre o valor de maior frequência de ocorrência de um dado tamanho granulométrico e o valor obtido por meio de um gráfico de frequência simples (MUEHE, 2002). Dentro dos valores de tendência central de uma amostra, a mediana é o parâmetro que melhor caracteriza os depósitos sedimentares (PONÇANO, 1986).

A média indica o tamanho médio do sedimento, traduzindo em termo de energia disponível, a velocidade do agente deposicional (SAHU, 1964) e definição de áreas fontes e energia do meio transportado (PONÇANO, 1986). Sendo mais afetada pela cauda da distribuição estatística, apresentando maior sensibilidade aos estudos dos processos.

O desvio padrão descreve a dispersão em relação à média, medindo assim, a seleção do sedimento e retrabalhamento de depósitos reliquias, como por exemplo, de plataformas e dunas (PONÇANO, 1986).

A assimetria mede a distribuição da frequência e marca a posição da média em relação à mediana (SAHU, 1964), descrevendo se a curva é ou não simétrica. Sendo assimétrica, pode inclinar-se (a cauda mais longa da curva) para o lado das frações grossas ou das finas podendo ser negativa ou positiva, respectivamente.

O grau de seleção é representado pelas seguintes classes apresentadas no **Tabela 5-5**.

**Tabela 5-5:** Classes do grau de seleção dos sedimentos.

Grau de seleção ( $\phi$ )	Desvio Padrão
muito bem selecionada	< 0.35
bem selecionada	0.35 a 0.50
moderadamente bem selecionada	0.50 a 0.71
moderadamente selecionada	0.71 a 1.0
mal selecionada	1.0 a 2.0
muito mal selecionada	2.0 a 4.0
extremamente mal selecionada	> 4.0

A descrição quanto à assimetria é representada pelas seguintes classes, indicadas no Quadro 3.

**Tabela 5-6:** Classes da assimetria.

Descrição quanto a assimetria	classes (phi)
muito assimétrica finos	+1.00 a +0.30
assimétrica finos	+0.30 a +0.10
simétrica	+0.10 a -0.10
assimétrica grosseiros	-0.10 a -0.30
muito assimétrica grosseiros	-0.30 a -1.00

Quanto à textura e composição os sedimentos foram classificados, tendo como referência a classificação dos sedimentos de fundo, baseada nos teores de carbonato e textura dos grãos de Larssonneur (1977). Descrita da seguinte forma:

- Lama, com 100% dos sedimentos lamosos (< 0,062mm);
- Lama-arenosa, com o freqüência de lama entre 51 a 99%;
- Areia-lamosa (10 a 50% de lama);
- Areia litoclástica (areia superior a 90% e com mais de 60% compostas por quartzo);
- Areia biolitoclástica (> 90% de areias, com teores de lito e bioclasto variando de 40 a 60%);
- Areia bioclástica (bioclastos superiores a 60%);

A classificação relacionada aos percentuais de cada fração granulométrica na amostra considerou a seguinte classificação:

- Classe modal bem expressivas > 60% da amostra.
- Classe modal expressiva 40 a 60% da amostra.
- Classe modal pouco expressiva 30 a 40% da amostra.

### 5.1.2.2.3 Descrição dos sedimentos de praia

Foram levantados 12 perfis no litoral a norte e a sul da área de implantação do EJA, suas localizações são apresentadas na **Figura 5-36**. No trecho entre P3 e P4 não foram levantados perfis, pois é a área onde será construído o EJA.

Nos dias 08 e 10 de junho de 2009, foram feitas campanhas para coleta de sedimentos ao longo dos perfis de praia, parte emersa. Em cada perfil foram coletadas quatro amostras, localizadas no pós-praia, berma, face e calha, totalizando 48 amostras. As amostras foram coletadas com amostrador de inox (colher), acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificadas e encaminhadas ao laboratório para análise granulométrica por peneiramento e teores de carbonato. A **Figura 5-37** apresenta os teores de carbonato de cálcio.

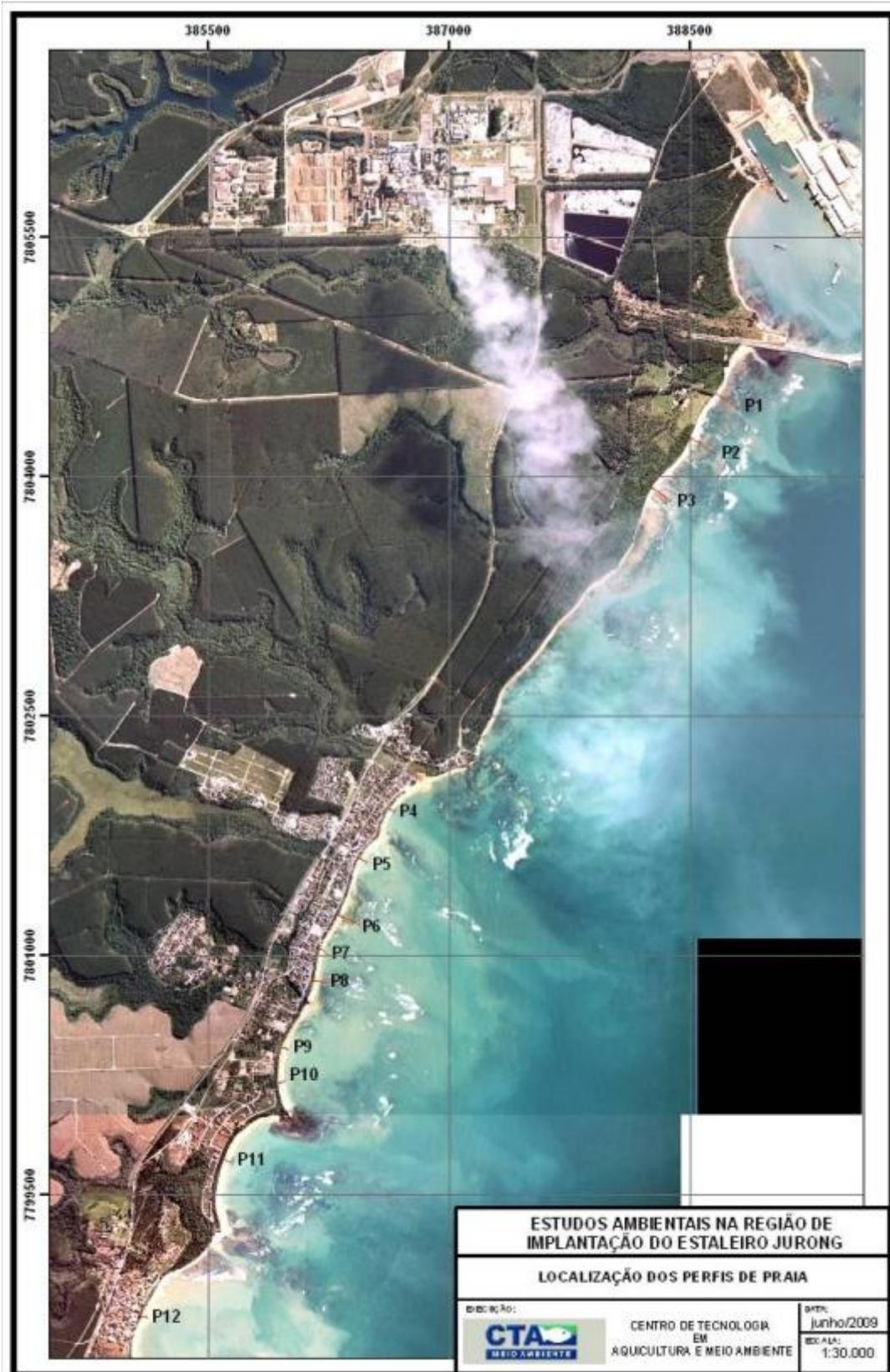


Figura 5-36: Localização dos perfis de praia.

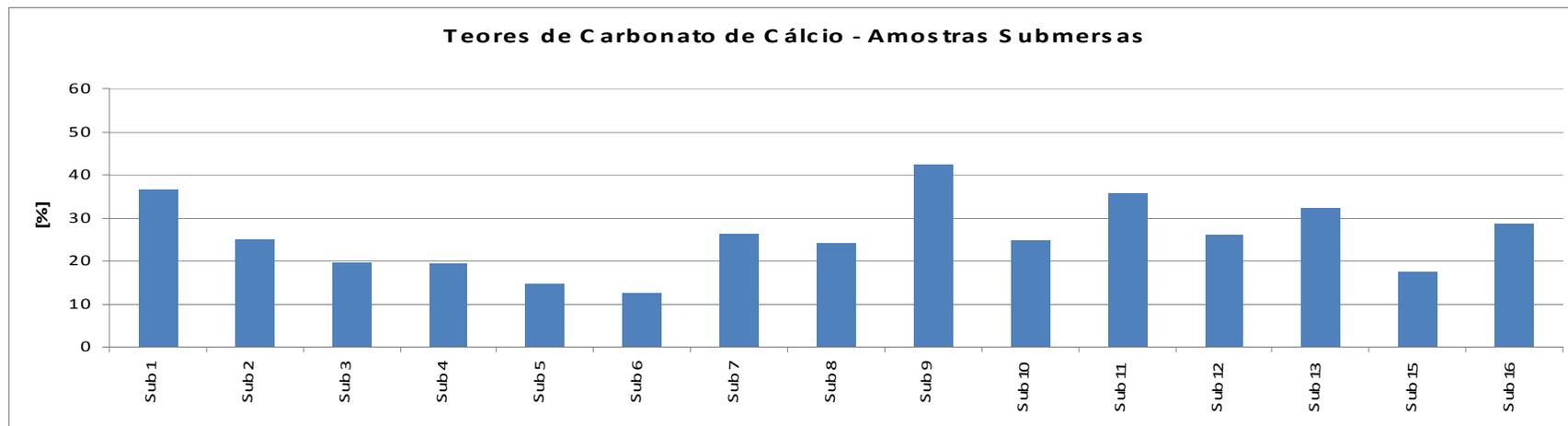
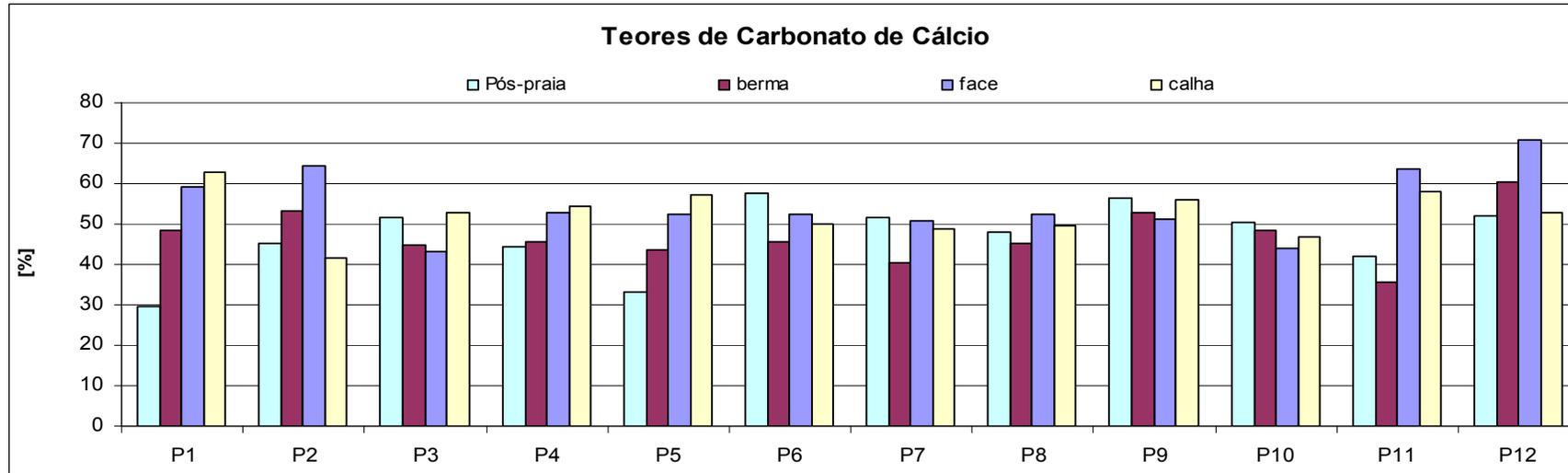
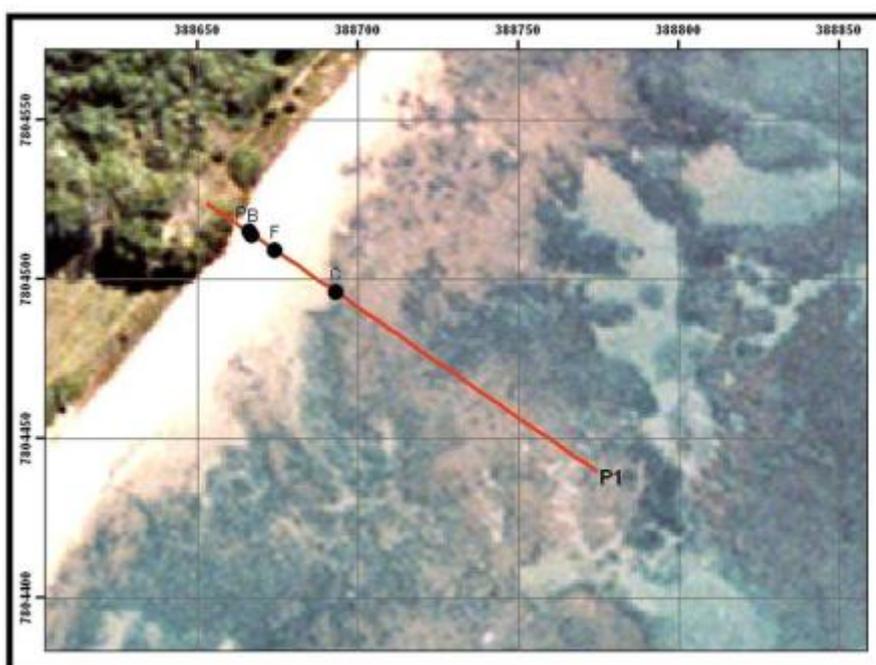


Figura 5-37: Teores de carbonato de cálcio nas amostras submersas.

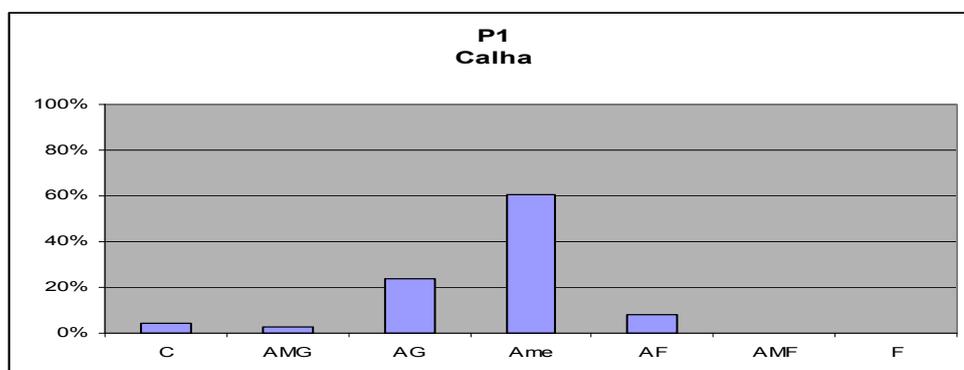
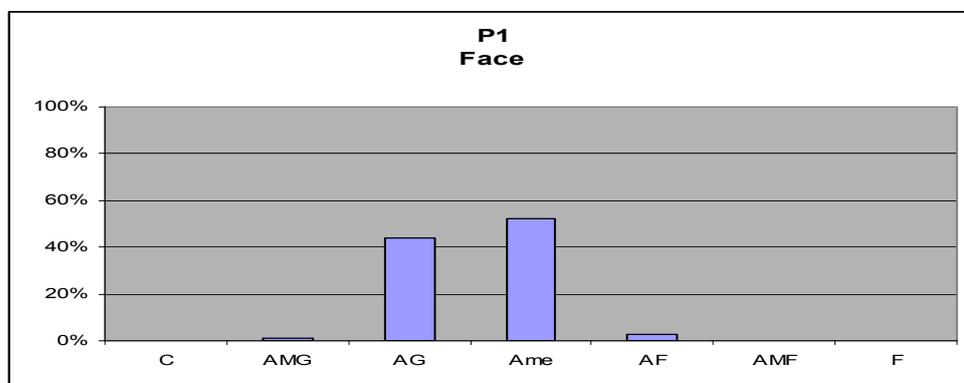
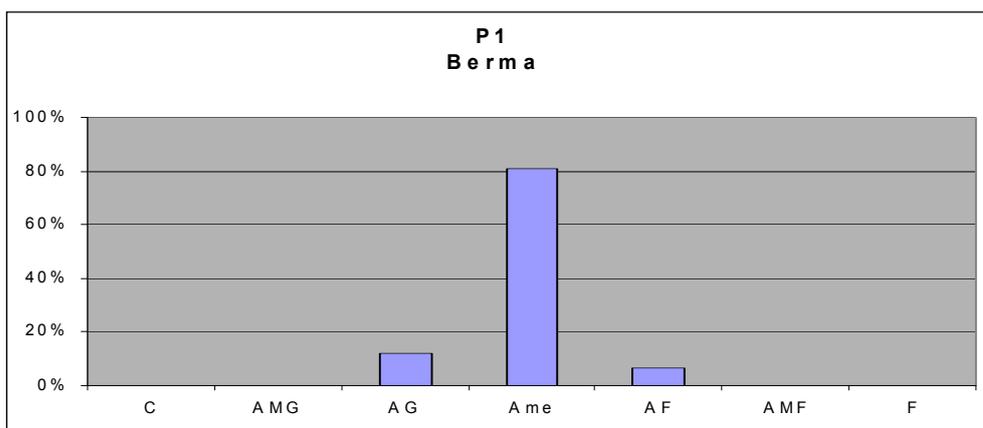
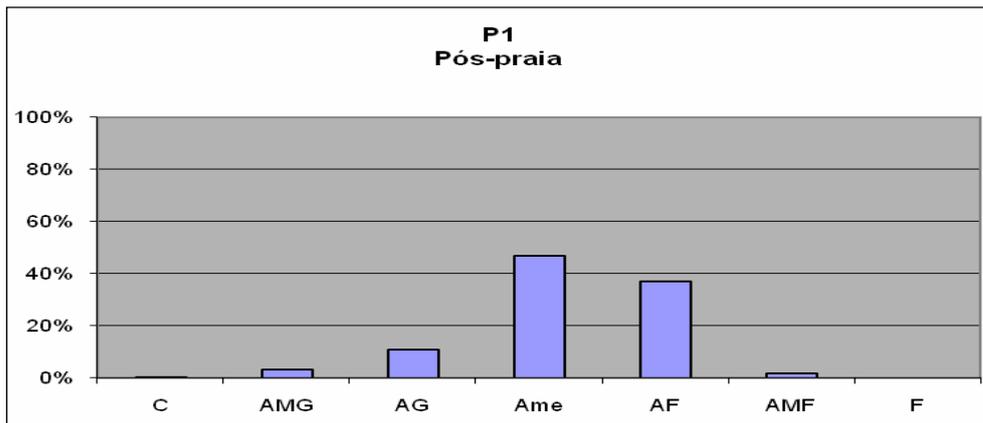
## Perfil 1

O perfil amostral 1, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-38**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (todas as amostras apresentaram percentual de areia superior a 99,4% - **Tabela 5-7**). Considerando as texturas, os teores de carbonato e os diâmetros médios observados, todas as amostras do perfil amostral são classificadas como areias médias biolitoclásticas (**Figura 5-37**).



**Figura 5-38:** Localização detalhada do perfil 1.

A amostra do pós-praia apresenta-se bimodal, com classes modais expressivas de areia média e areia fina (**Tabela 5-7**). A berma tem como classe modal bem expressiva a areia média. A amostra da face praial apresenta-se bimodal, com classes modais expressivas areia média e areia grossa. A amostra da calha apresenta-se com uma classe modal bem expressiva areia média (**Figura 5-39**).



**Figura 5-39:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura

**Tabela 5-7: Perfil amostral 1 – Parâmetros estatísticos.**

Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	0,29	0,37	0,42	0,44
Média (mm)	0,3	0,37	0,42	0,42
Desvio padrão (fi)	0,74 moderadamente selecionada	0,63 moderadamente bem selecionada	0,48 bem selecionada	0,81 moderadamente selecionada
Assimetria (fi)	-0,13 assimétrica grosseiros	-0,28 assimétrica grosseiros	-0,06 simétrica	-0,31 muito assimétrica grosseiros
Teor de carbonato (%)	48	48	59	64

O grau de seleção das amostras é, majoritariamente, moderado, apenas a amostra de face apresenta-se bem selecionada. As amostras de pós-praia, berma e calha apresentam-se com seleção moderada e a assimetria sugere uma tendência a perder material fino.

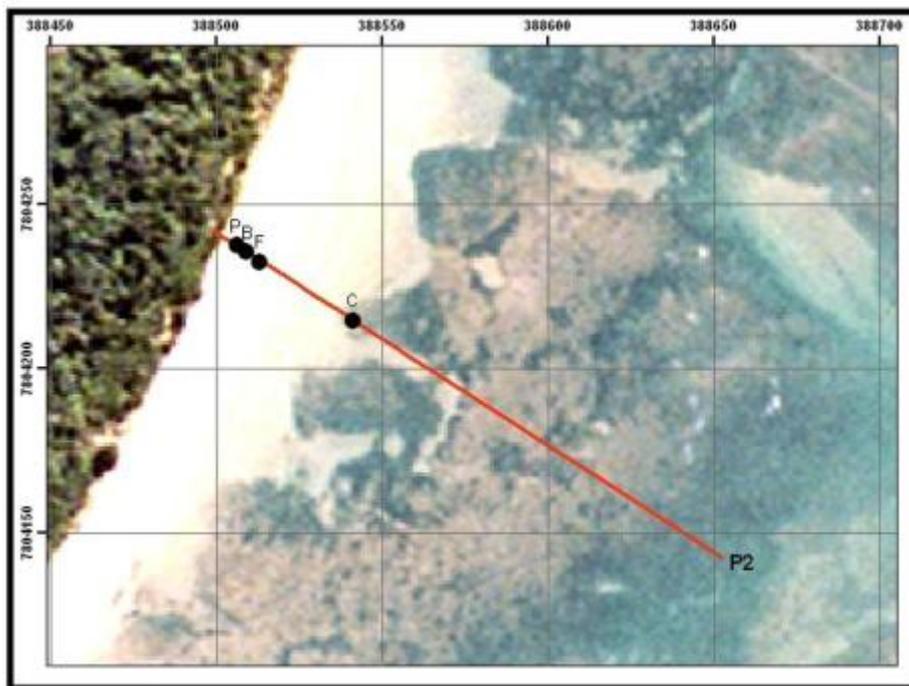
## Perfil 2

O perfil amostral 02, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-40**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-8**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas observados, todas as amostras do perfil amostral são classificadas como areias médias biolitoclásticas (**Figura 5-37**).

A amostra do pós-praia apresentou areia média como classe modal bem expressiva. As amostras de berma e face apresentaram areia média com classe modal bem expressiva. A calha apresentou-se como amostra bimodal, com classes modais expressivas areia média e areia fina (**Figura 5-41**).

Os parâmetros estatísticos indicam que todas as amostras apresentaram areias médias como diâmetro médio, com bom grau de seleção. A amostra do pós-praia

é classificada como muito bem selecionada, ou seja, sem grandes variações para outras classes granulométricas (**Tabela 5-8**).

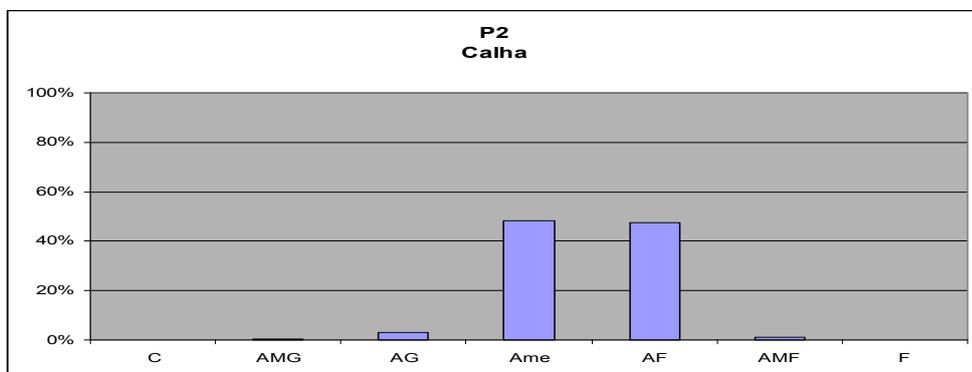
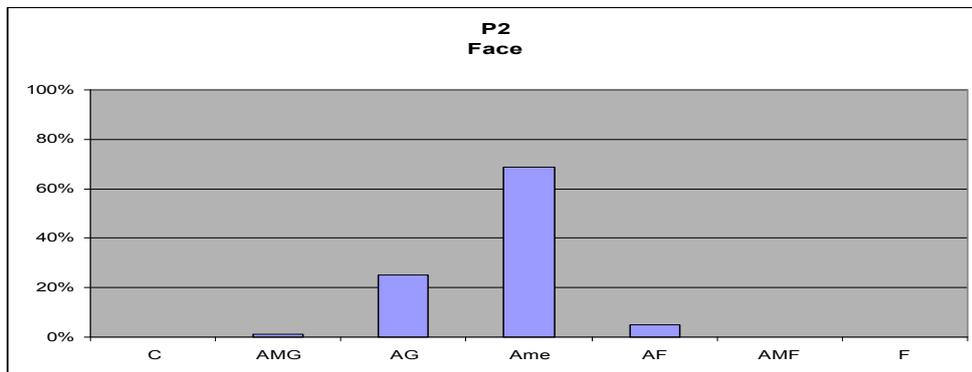
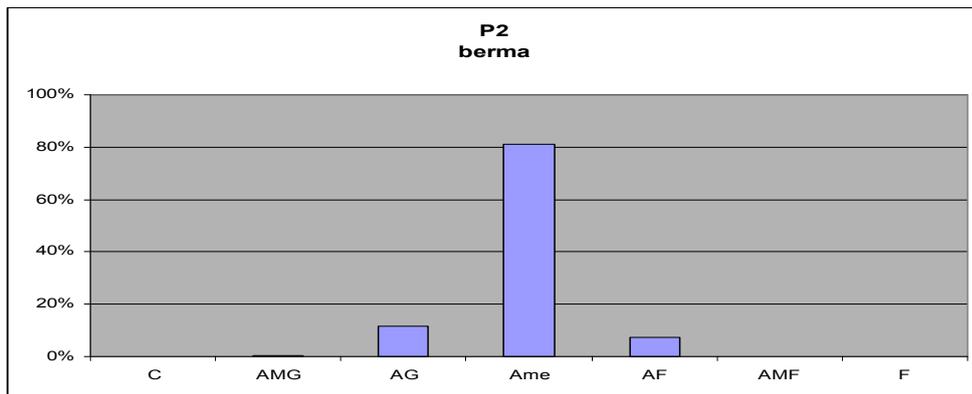
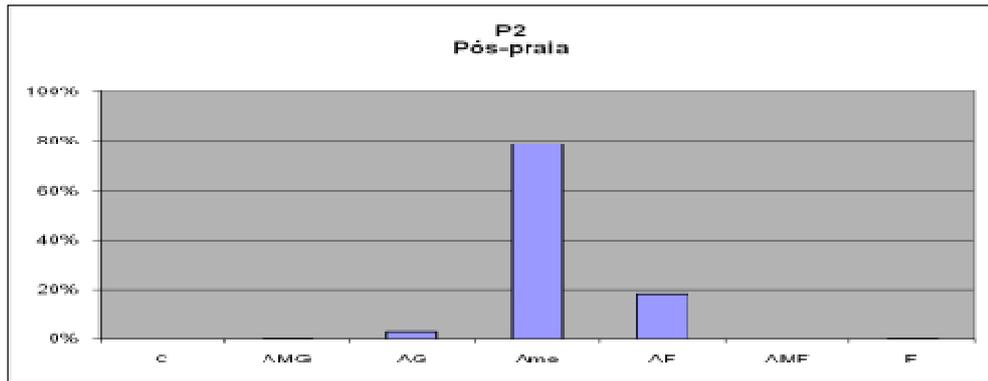


**Figura 5-40:** Localização detalhada do perfil 2.

As amostras apresentam características de depósito onde os forçantes responsáveis pela seleção e transporte de sedimentos têm atuado sobre o perfil amostral tempo o suficiente para dar essa característica às amostras, entendendo-se que amostras mal selecionadas indicam transporte (erosão/deposição) recente.

**Tabela 5-8:** Perfil amostral 2 – Parâmetros estatísticos.

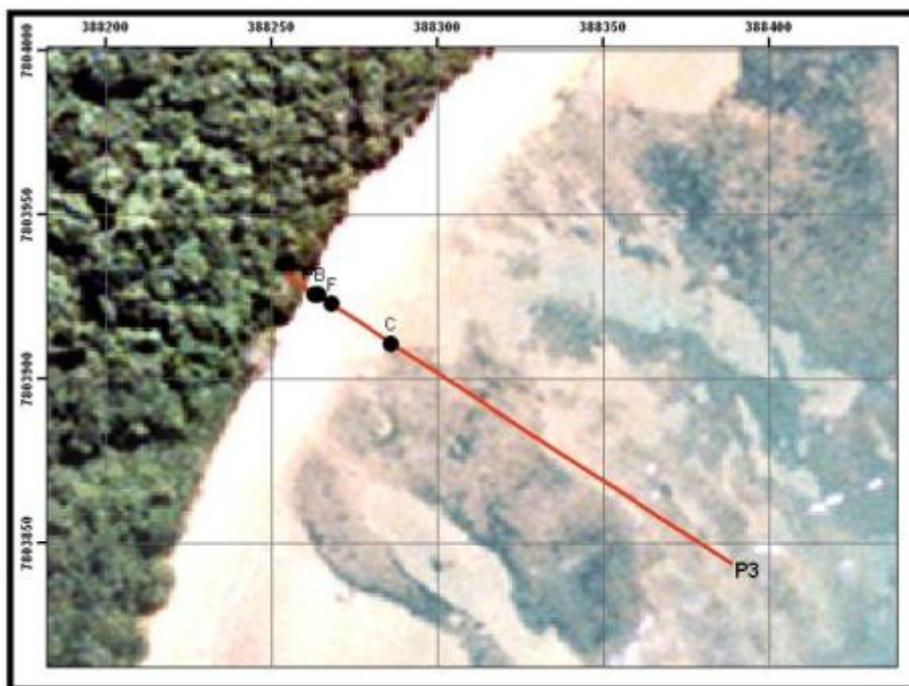
Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	0,31	0,37	0,42	0,27
Média (mm)	0,32	0,37	0,42	0,26
Desvio padrão (fi)	0,34 muito bem selecionada	0,45 bem selecionada	0,45 bem selecionada	0,48 bem selecionada
Assimetria (fi)	-0,01 simétrica	-0,13 simétrica	0,01 positiva	0,02 simétrica
Teor de carbonato (%)	45	64	53	53



**Figura 5-41: Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura**

### Perfil 3

O perfil amostral 3, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-42**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura em amostras arenosas (**Tabela 5-9**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, todas as amostras do perfil amostral são classificadas como areias médias biolitolásticas (**Figura 5-37**).



**Figura 5-42:** Localização detalhada do perfil 3.

A amostra do pós-praia apresentou a areia média como classe modal bem expressiva. As amostras de berma e face apresentaram a areia média com classe modal bem expressiva. A amostra da calha apresentou-se bimodal, com duas classes modais expressivas, areia média e areia fina (**Figura 5-43**).

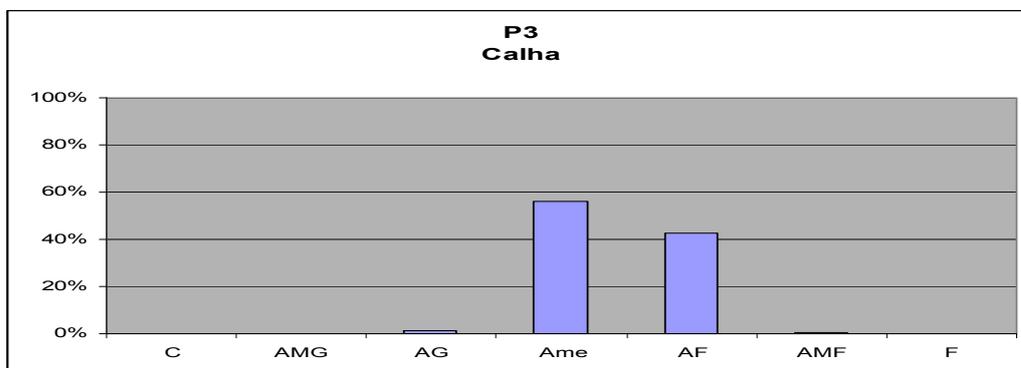
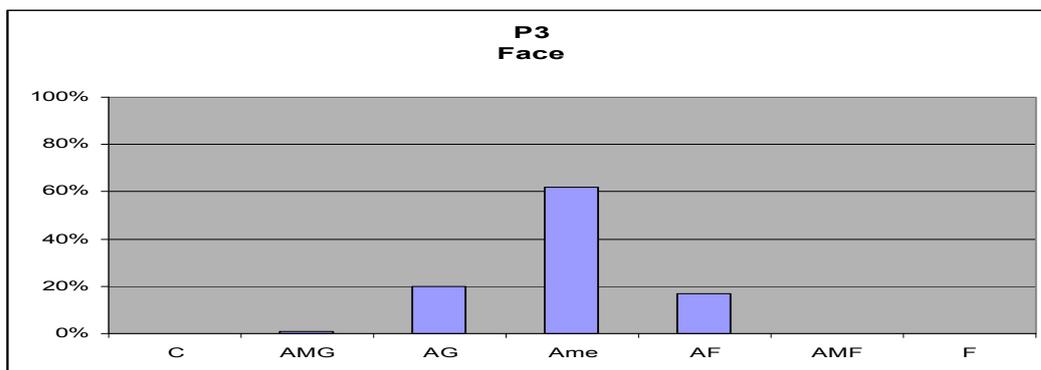
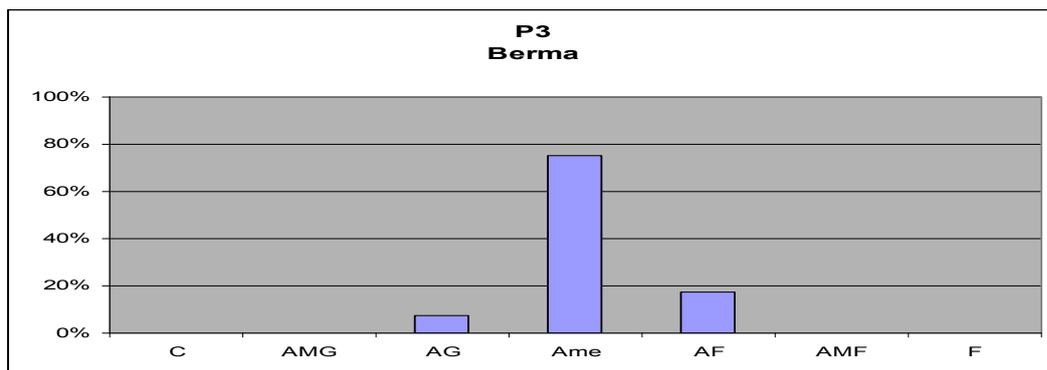
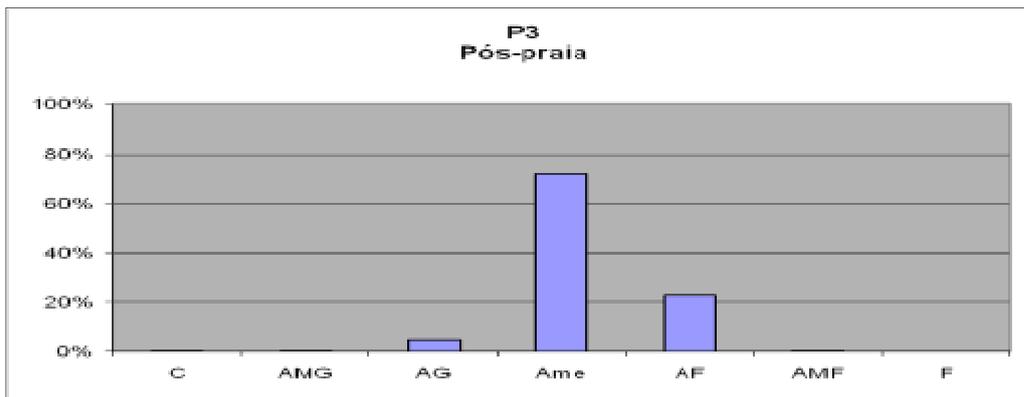
Os parâmetros estatísticos indicam que todas as amostras apresentaram areias médias como diâmetro médio, com bom grau de seleção. Na zona emersa, as amostras de berma e pós-praia são classificadas como bem selecionadas, assim como a amostra submersa de calha, ou seja, sem grandes variações para outras

classes granulométricas. Isso acaba por refletir na simetria da curva granulométrica (**Tabela 5-9**)

A situação de amostras bem selecionadas (pós-praia, berma e calha) a moderadamente bem selecionadas (face), sugerem que estes pontos amostrais estão em estabilidade quanto a erosão e transporte de sedimentos.

**Tabela 5-9:** Perfil amostral 3 – Parâmetros estatísticos.

Parâmetros estatísticos	<i>Pós-praia</i>	<i>Berma</i>	<i>Face</i>	<i>Calha</i>
Mediana (mm)	0,26	0,33	0,37	0,31
Média (mm)	0,31	0,33	0,37	0,26
Desvio padrão (fi)	0,4 bem selecionada	0,43 bem selecionada	0,56 moderadamente bem selecionada	0,41 bem selecionada
Assimetria (fi)	-0,06 simétrica	0 simétrica	-0,05 simétrica	0,02 simétrica
Teor de carbonato (%)	52	43	45	55

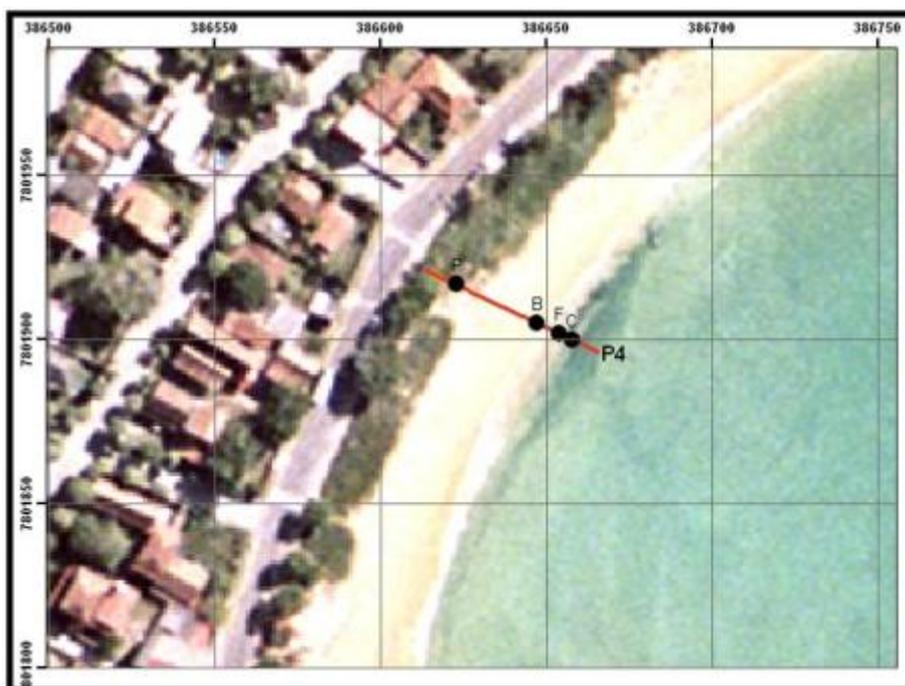


**Figura 5-43:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura

## Perfil 4

O perfil amostral 4, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-44**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-10**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, todas as amostras do perfil amostral são classificadas como areias médias biolitoclásticas (**Figura 5-37**).

A amostra do pós-praia apresentou areia fina como classe modal bem expressiva. As amostras de berma e face apresentaram como classe modal bem expressiva a areia média. A amostra de calha, com maior distribuição entre as classes granulométricas, apresentou como classe modal bem expressiva a areia grossa, com areia média e areia fina representando, cada uma das frações, cerca de 20% da amostra (**Figura 5-45**).

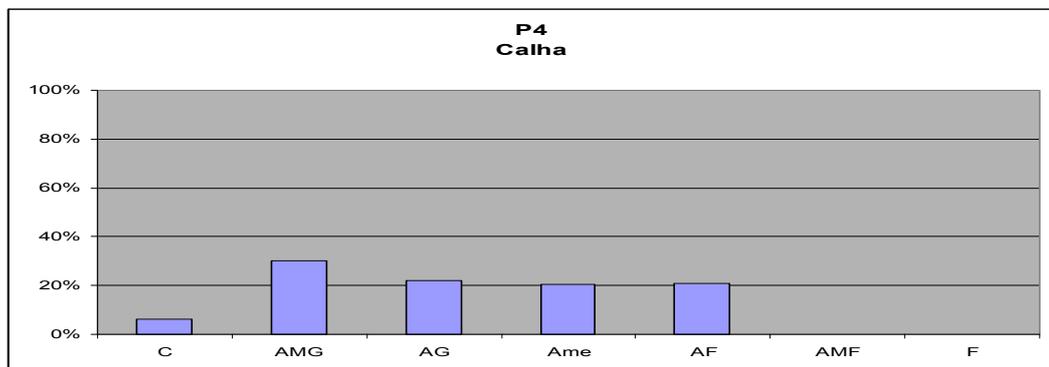
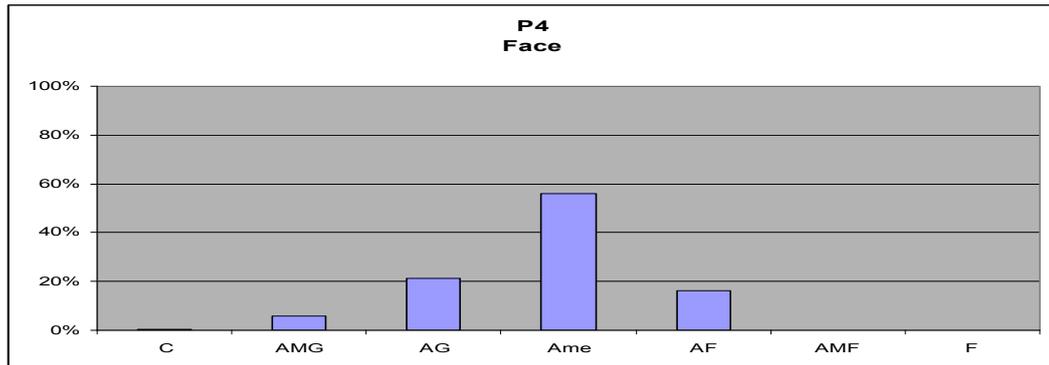
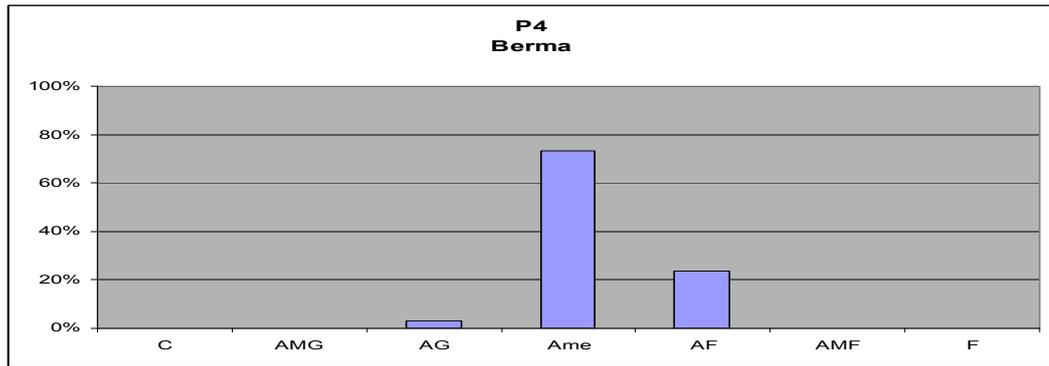
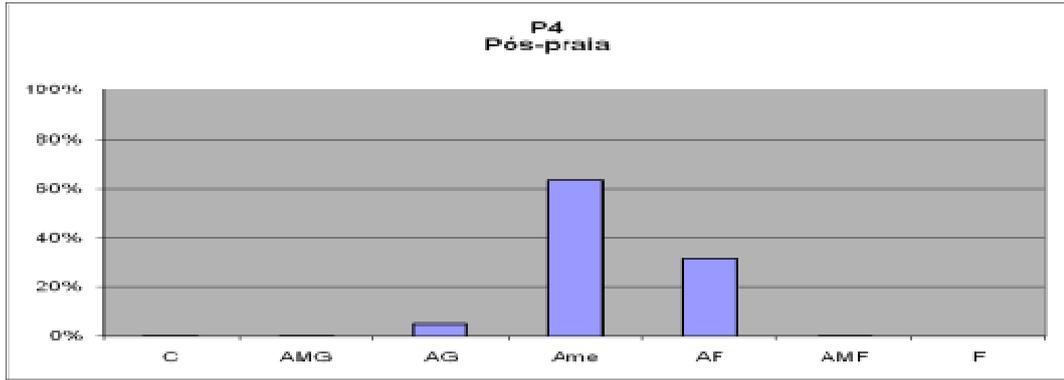


**Figura 5-44:** Localização detalhada do perfil 4.

**Tabela 5-10:** Perfil amostral 4 – Parâmetros estatísticos.

Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	0,29	0,32	0,43	0,3
Média (mm)	0,29	0,32	0,43	0,3
Desvio padrão (fi)	0,48 bem selecionada	0,51 moderadamente bem selecionada	0,77 moderadamente selecionada	1,55 mal selecionada
Assimetria (fi)	-0,11 assimétrica grosseiros	-0,04 simétrica	-0,04 simétrica	-0,56 muito assimétrica grosseiros
Teor de carbonato (%)	44	53	46	44

Não houve significativas variações na mediana e no diâmetro médio das amostras do perfil amostral, exceção feita à amostra da face praial, de maior granulometria média, indicativo que sugere ser este o ponto de maior atividade dos forçantes dinâmicos atuantes (como o espraiamento de onda). As amostras de berma e face apresentaram grau de seleção moderado. A feição calha apresentou amostra mal selecionada, o que sugere atividade erosiva recente sobre este ponto amostral. A amostra do pós-praia apresentou boa seleção e assimetria para grosseiros, sugerindo uma seleção de finos para deposição (**Tabela 5-10**).



**Figura 5-45:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura

## Perfil 5

O perfil amostral 5, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-46**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-11**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, todas as amostras do perfil amostral são classificadas como areias médias biolitoclásticas (**Figura 5-37**).



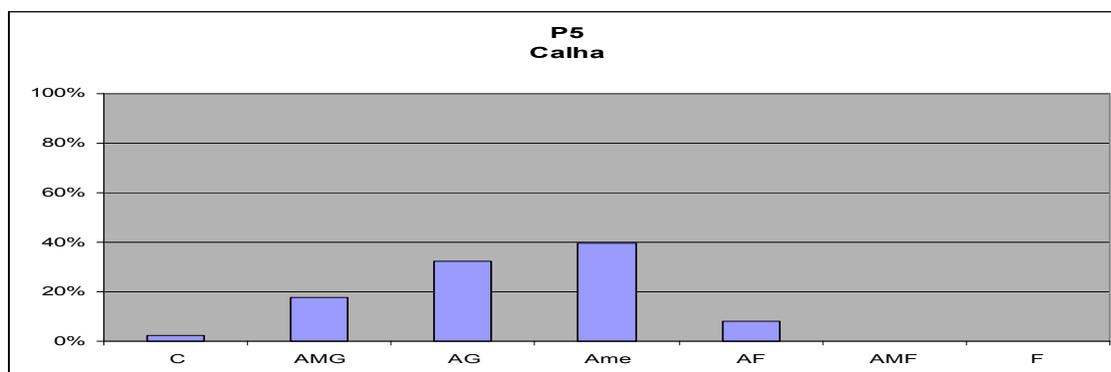
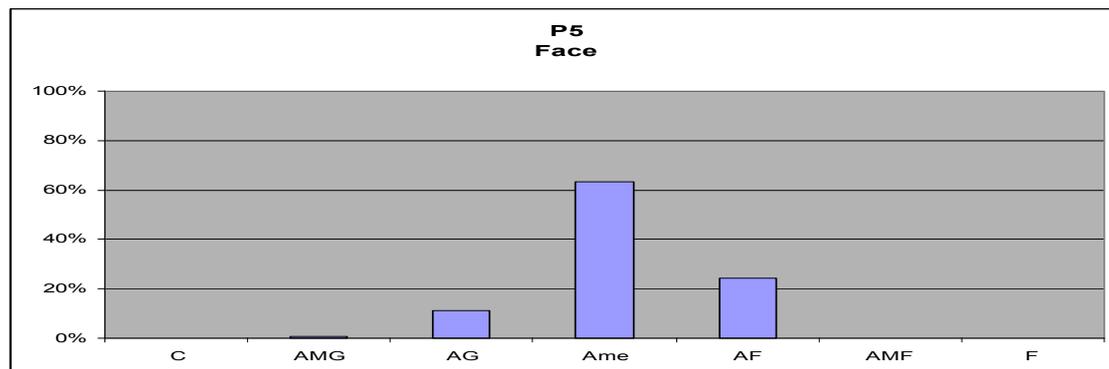
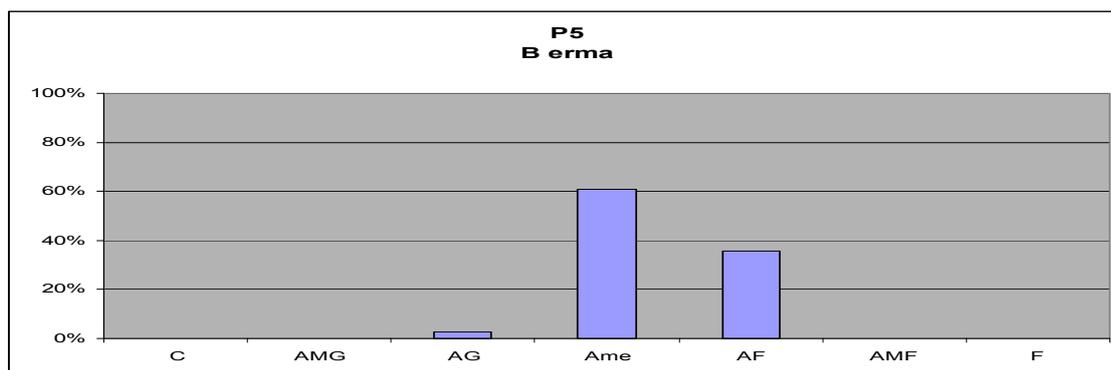
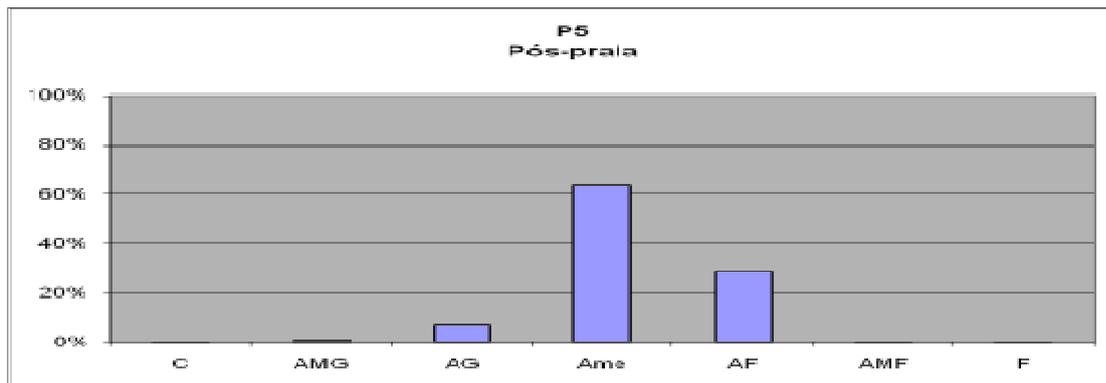
**Figura 5-46:** Localização detalhada do perfil 5.

O pós-praia apresentou amostra com classe modal bem expressiva de areia média. A amostra de berma apresentou-se bimodal, com uma classe modal bem expressiva de areia média, e uma classe modal expressiva de areia fina. A amostra da face apresentou com classe modal bem expressiva a areia média. A calha apresentou-se bimodal, com classes modais expressivas de areias médias e grossas (**Figura 5-47**).

As amostras ao longo do perfil amostral apresentam-se bem a moderadamente selecionadas (berma e face), passando a bem selecionadas no pós-praia. Na calha, a assimetria sugere uma tendência a perda de material fino.

**Tabela 5-11:** Perfil amostral 5 – Parâmetros estatísticos.

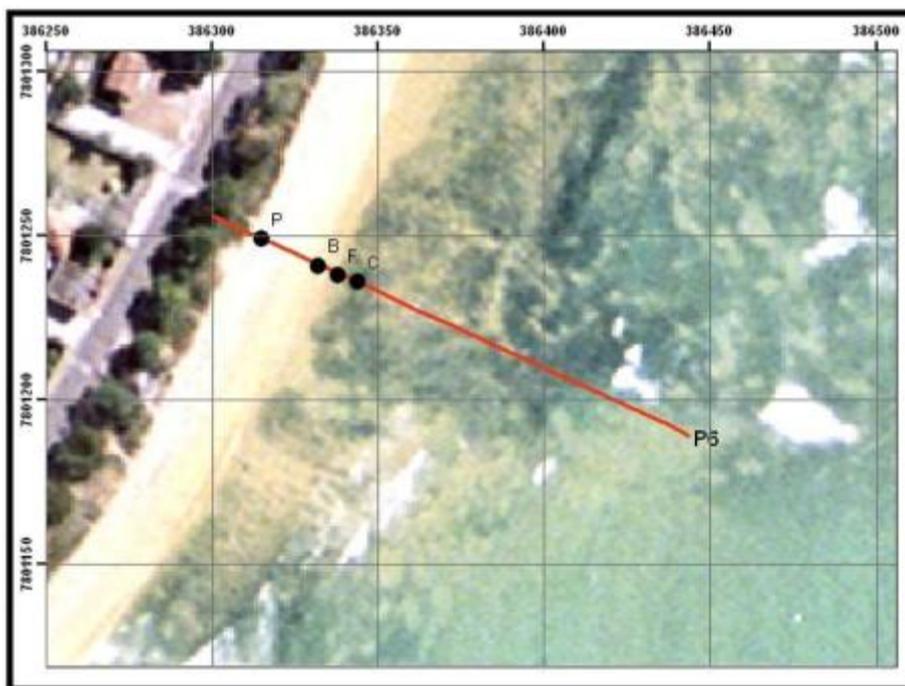
<b>Parâmetros estatísticos</b>	<b>Pós-praia</b>	<b>Berma</b>	<b>Face</b>	<b>Calha</b>
Mediana (mm)	0,31	0,28	0,33	0,35
Média (mm)	0,31	0,28	0,33	0,35
Desvio padrão (fi)	0,49 bem selecionada	0,43 bem selecionada	0,56 moderadamente selecionada	0,81 moderadamente selecionada
Assimetria (fi)	-0,05 simétrica	-0,05 simétrica	-0,04 simétrica	-0,37 muito assimétrica grosseiros
Teor de carbonato (%)	47	52	43	57



**Figura 5-47:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura

## Perfil 6

O perfil amostral 6, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-48**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-12**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, todas as amostras do perfil amostral são classificadas como areias médias biolitoclásticas (**Figura 5-37**).



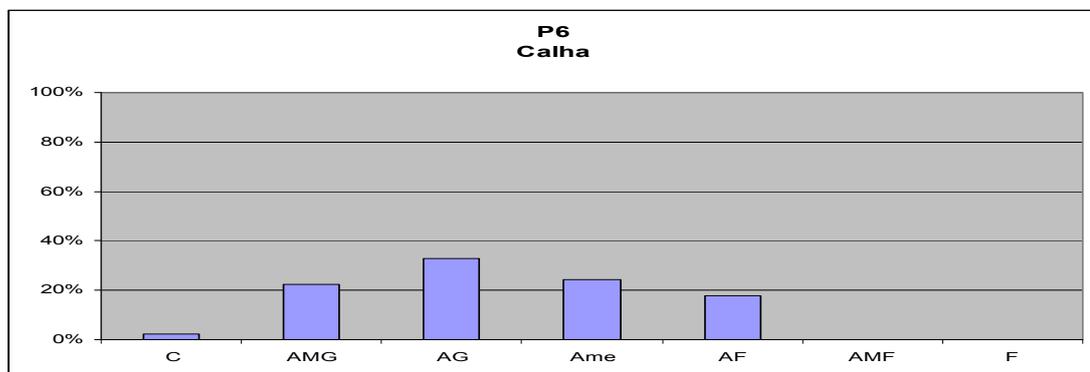
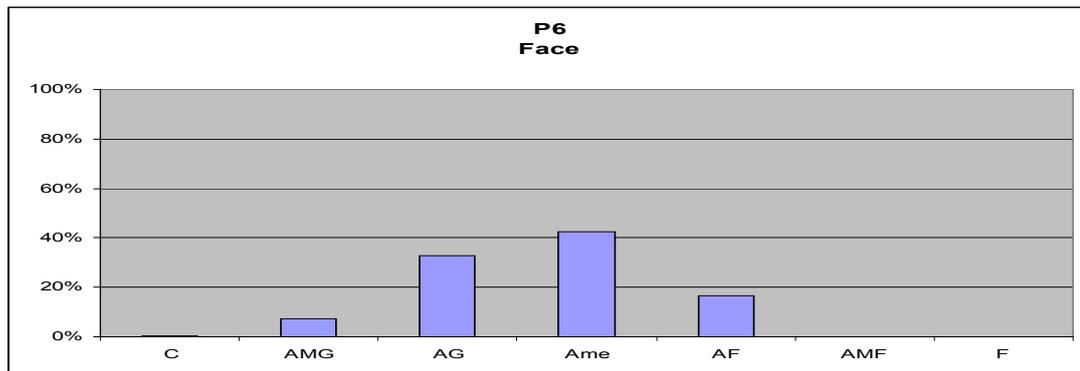
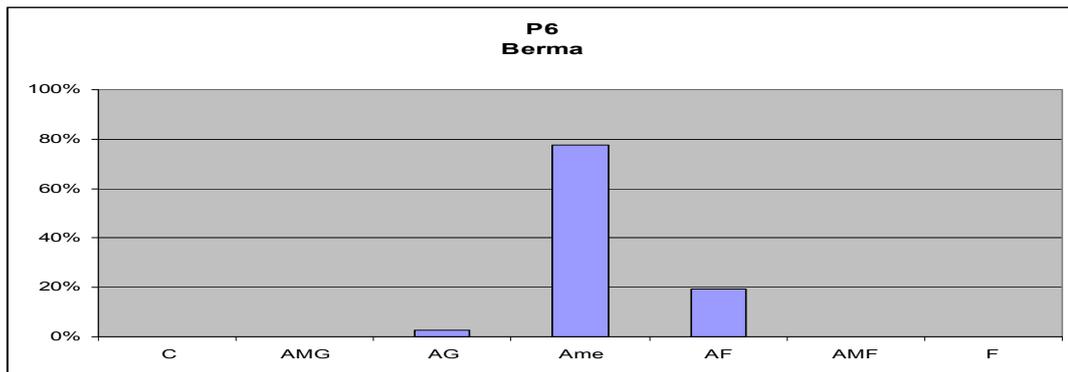
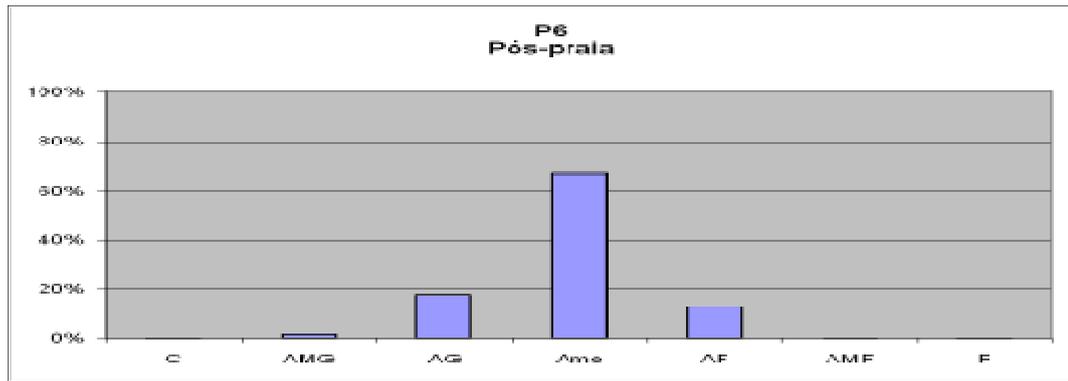
**Figura 5-48:** Localização detalhada do perfil 6.

A amostra do pós-praia apresenta-se com classe modal bem expressiva areia média. A amostra de berma apresenta-se bimodal com uma classe modal expressiva de areia média e uma classe modal pouco expressiva de areia grossa. A amostra de face apresenta areia média como classe modal bem expressiva. A amostra de calha apresenta melhor distribuição entre as classes granulométricas, com uma classe modal pouco expressiva de areia grossa e concentrações em areia muito grossa e areia média (**Figura 5-49**).

**Tabela 5-12:** Perfil amostral 6 – Parâmetros estatísticos.

Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	0,38	0,32	0,44	0,39
Média (mm)	0,38	0,32	0,45	0,34
Desvio padrão (fi)	0,55 moderadamente bem selecionada	0,34 muito bem selecionada	0,86 moderadamente selecionada	1,06 mal selecionada
Assimetria (fi)	-0,04 simétrica	0,01 simétrica	-0,04 simétrica	-0,27 simétrica
Teor de carbonato (%)	55	53	46	50

As amostras de pós-praia, berma e face apresentam-se simétricas e com seleção muito bem a moderadamente selecionadas, sugerindo relativa estabilidade de erosão/transporte de sedimentos. A amostra da calha apresenta má seleção.



**Figura 5-49:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura.

## Perfil 7

O perfil amostral 7, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-50**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-13**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, todas as amostras do perfil amostral são classificadas como areias médias biolitoclásticas, excetuando-se a amostra da berma, compatível com areias grossas biolitoclásticas (**Figura 5-37**).

A amostra do pós-praia apresentou areia média como classe modal bem expressiva. A amostra de berma apresenta-se bimodal, com a areia média como classe modal bem expressiva e a areia fina como classe modal pouco expressiva. A amostra da face apresenta areia média como classe modal expressiva. A amostra de calha apresenta maior distribuição entre as classes granulométricas, com a areia grossa como classe modal pouco expressiva e concentrações de areia muito grossa e areia média (**Figura 5-51**).



**Figura 5-50:** Localização detalhada do perfil 7.

**Tabela 5-13:** Perfil amostral 7 – Parâmetros estatísticos.

Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	0,33	0,73	0,38	0,42
Média (mm)	0,33	0,67	0,4	0,46
Desvio padrão (fi)	0,66 moderadamente bem selecionada	0,96 moderadamente selecionada	0,6 moderadamente bem selecionada	0,83 moderadamente selecionada
Assimetria (fi)	-0,13 assimétrica grosseiros	0,17 assimétrica finos	-0,24 assimétrica grosseiros	0,1 simétrica
Teor de carbonato (%)	49	51	48	49

A amostra do pós-praia apresenta seleção moderada a moderadamente bem selecionada, com tendência de acumulação de areia grossa. A amostra da berma apresenta seleção moderada com tendência a acumulação de finos, próprio de sub-ambiente praiado dinamizado por processos subaéreos, sugerindo assim que o diâmetro médio, compatível com areia grossa, possa ser interpretado como resultado de atividade de alta energia recente, mas pouco atuante. A face, de seleção moderadamente bem selecionada, sob atuação de ondas apresenta tendência à retirada de finos e concentração de material grosseiro. A amostra submersa apresenta seleção moderada a moderadamente bem selecionada.

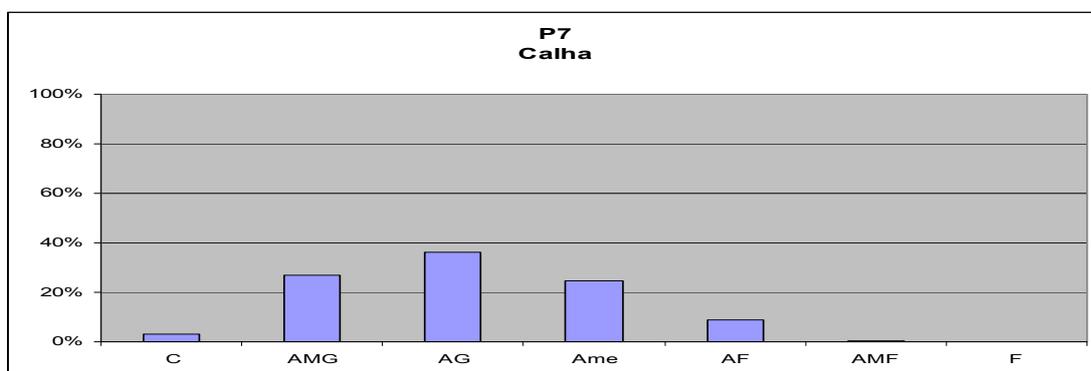
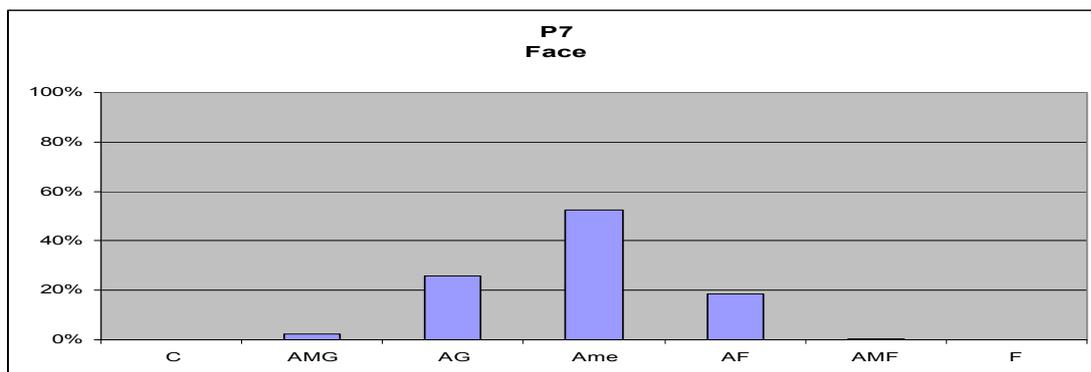
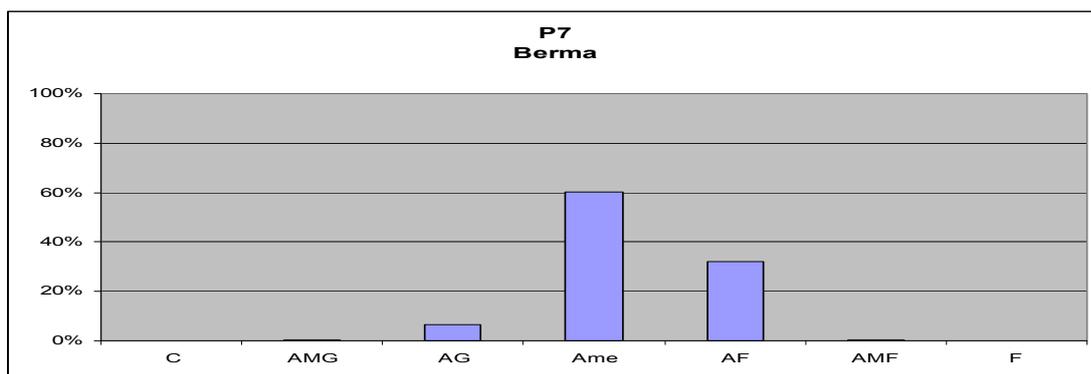
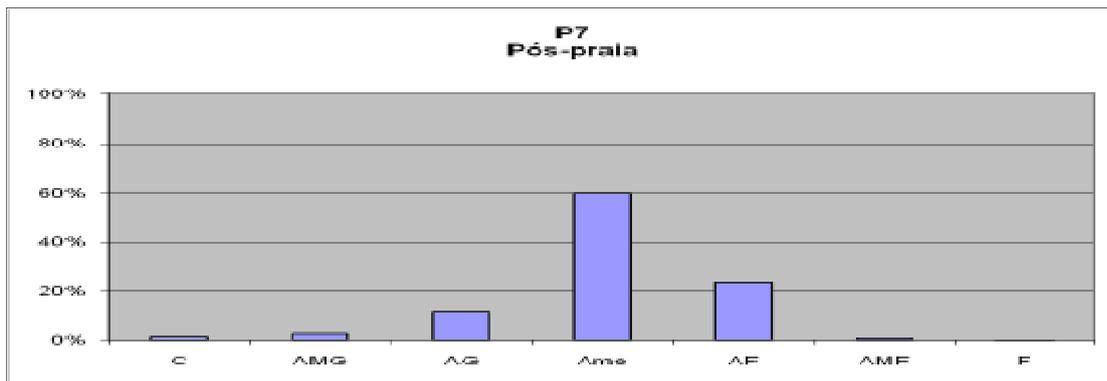
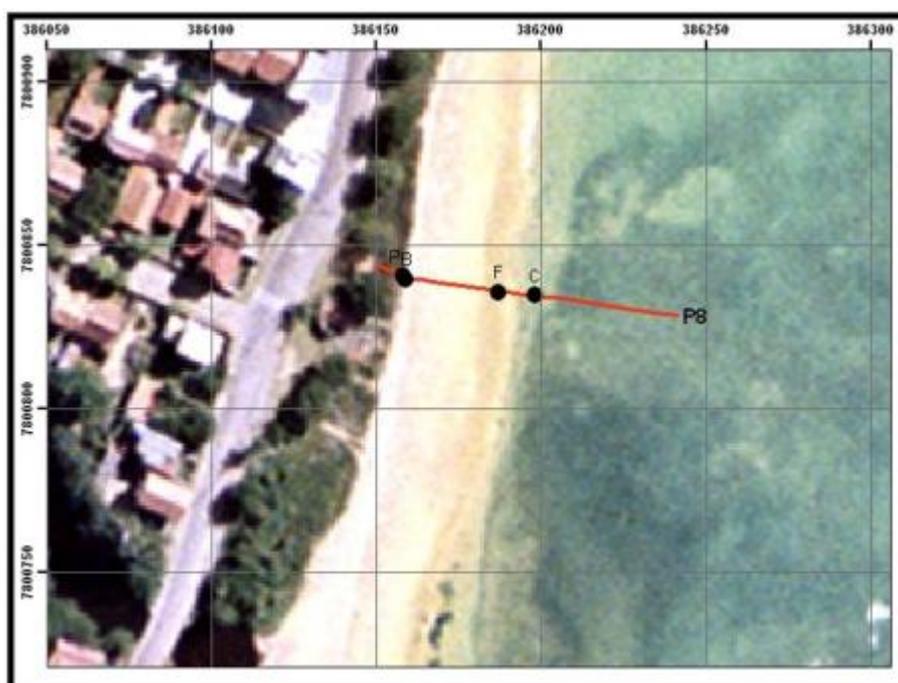


Figura 5-51: Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura.

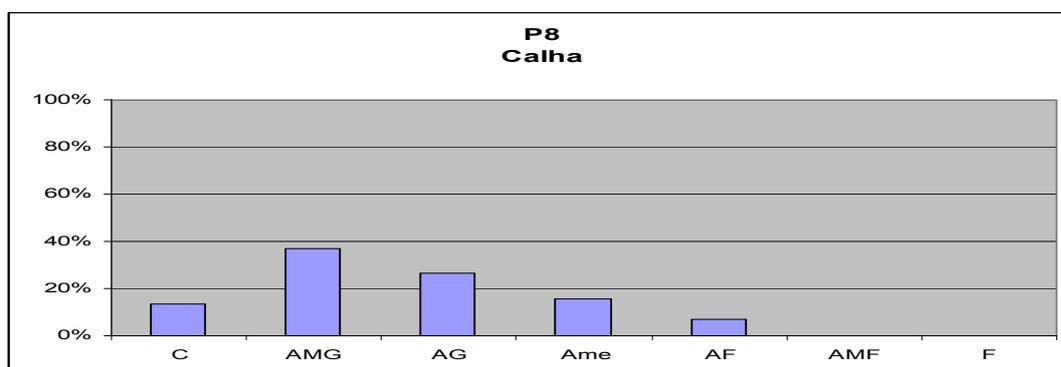
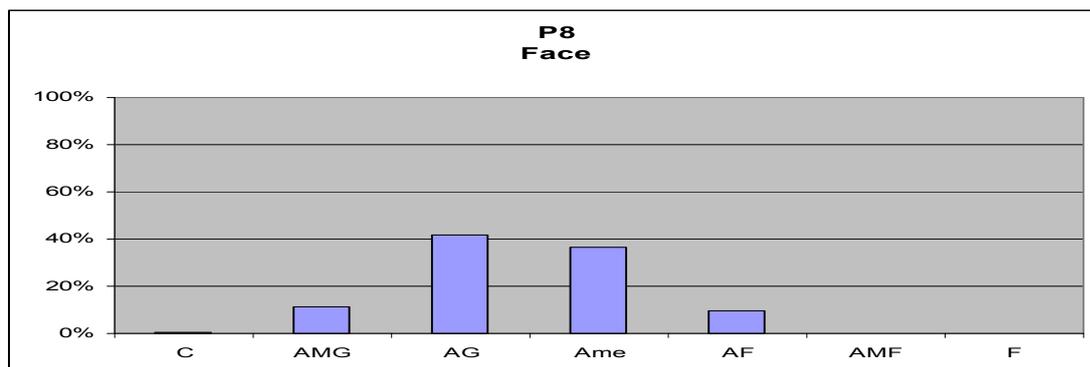
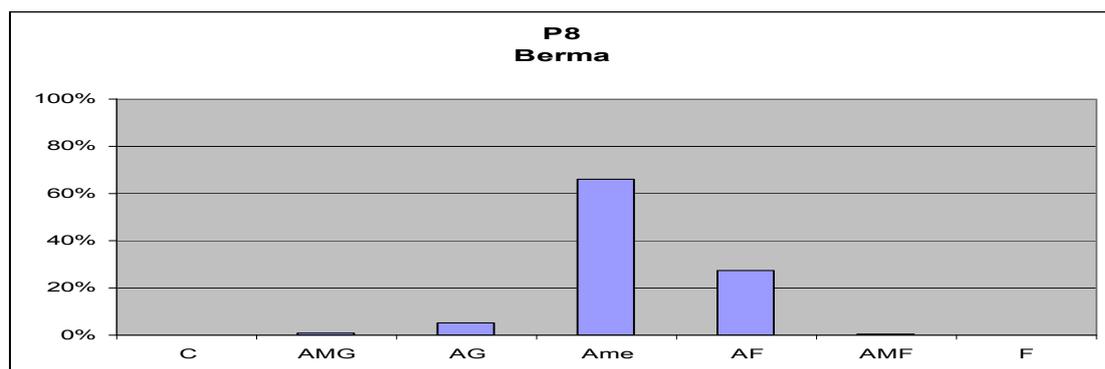
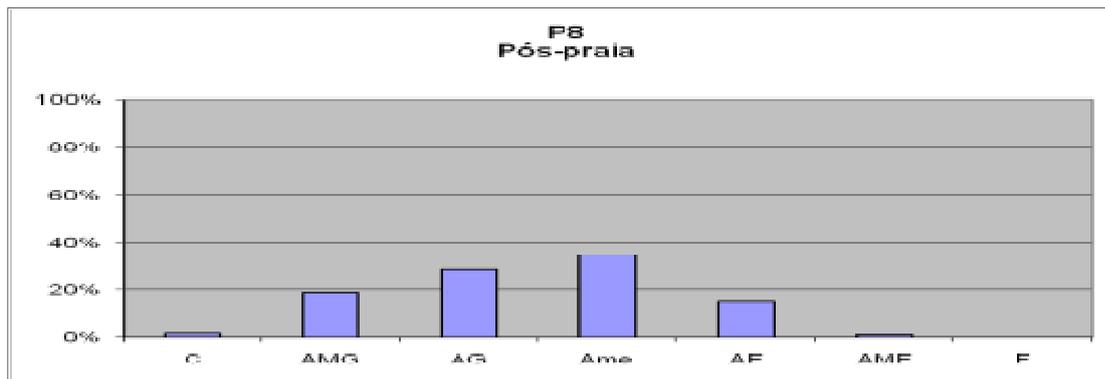
## Perfil 8

O perfil amostral 8, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-52**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-14**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, todas as amostras do perfil amostral são classificadas como areias grossas biolitooclásticas, excetuando-se a amostra da berma, classificada como areia média biolitooclásticas (**Figura 5-37**).



**Figura 5-52:** Localização detalhada do perfil 8.

A amostra do pós-praia apresentou como classe modal pouco expressiva de areia média e concentrações de areia grossa e areia muito grossa. A amostra da berma apresentou como classe modal bem expressiva a areia média. A amostra da face apresentou-se bimodal com duas classes modais expressivas, de areias média e grossa. A amostra de calha apresentou areia média como classe modal pouco expressiva e concentrações de areia grossa e cascalho muito grosso, pouco presente nas amostras dos demais perfis (**Figura 5-53**).



**Figura 5-53:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura.

**Tabela 5-14:** Perfil amostral 8 – Parâmetros estatísticos.

Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	0,53	0,31	0,56	0,58
Média (mm)	0,53	0,3	0,56	0,58
Desvio padrão (fi)	1,01 mal selecionada	0,52 moderadamente bem selecionada	0,66 moderadamente bem selecionada	1,17 mal selecionada
Assimetria (fi)	-0,14 assimétrica grosseiros	0,04 simétrica	-0,17 assimétrica grosseiros	0,14 assimétrica finos
Teor de carbonato (%)	48	53	46	49

A amostra do pós-praia apresentou má seleção com tendência a perda de material fino. As outras feições emersas (berma e face) apresentaram seleção moderada, sendo a face com tendência a perda de material fino. A maior granulometria média nas feições de face e calha sugerem serem estas onde os processos dinâmicos são de maior energia. A amostra da calha apresentou má seleção, com tendência a acumulação de finos (**Tabela 5-14**).

## Perfil 9

O perfil amostral 9, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-54**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-15**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, as amostras do perfil amostral são classificadas como areias grossas biolitoclásticas na face, e areias médias biolitoclásticas, no pós-praia, berma e calha (**Figura 5-37**).

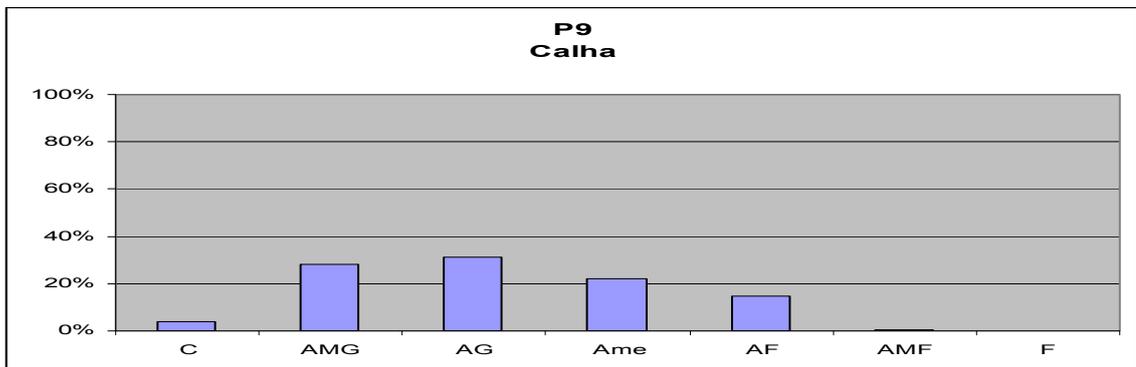
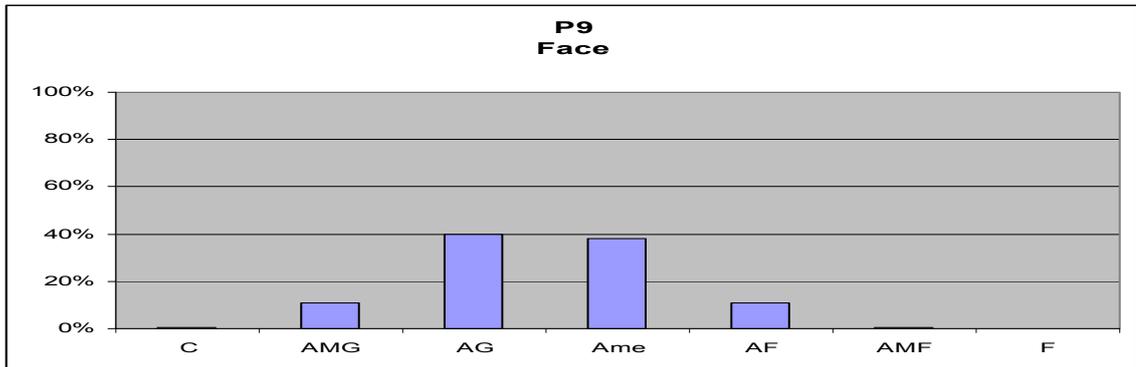
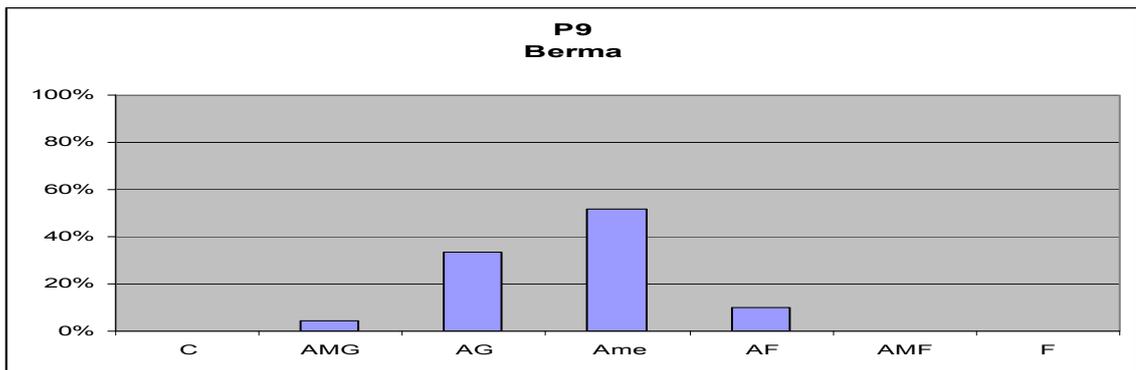
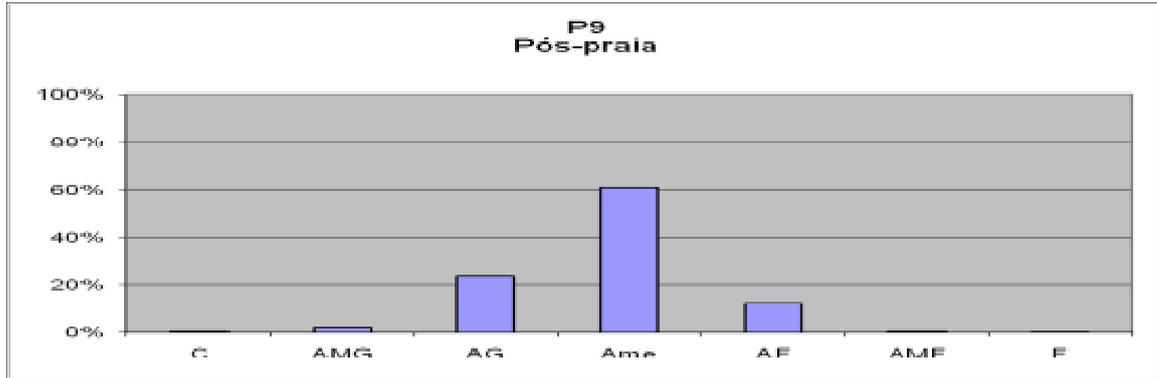
As amostras apresentaram-se moderadamente bem selecionadas, exceção feita à amostra de calha (mal selecionada). As amostras da berma e da calha apresentam tendência à perda de material fino. (**Figura 5-55**)



Figura 5-54: Localização detalhada do perfil 9.

Tabela 5-15: Perfil amostral 9 – Parâmetros estatísticos.

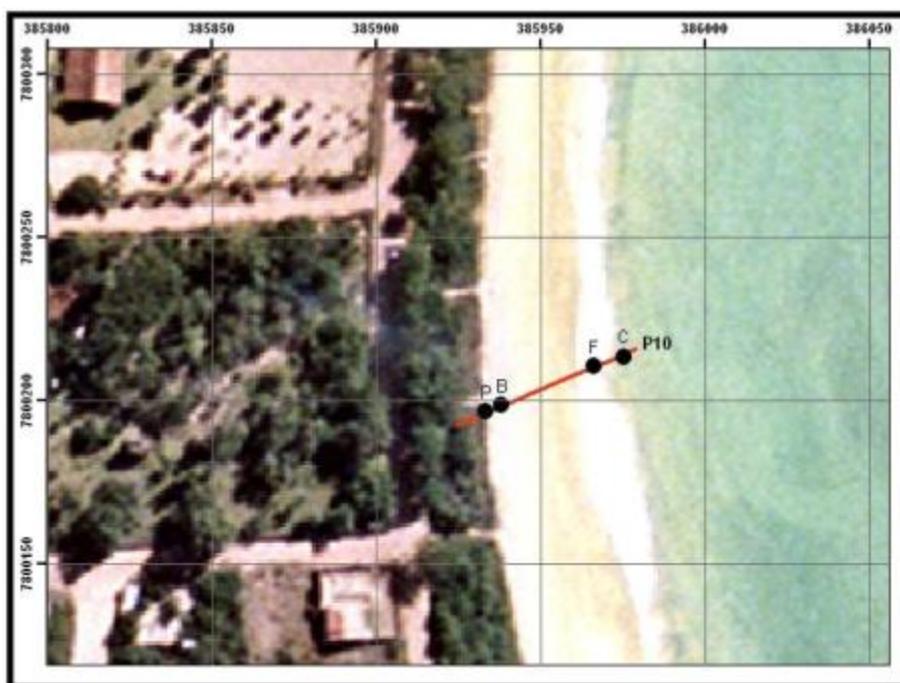
Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	0,39	0,38	0,58	0,36
Média (mm)	0,4	0,4	0,58	0,42
Desvio padrão (fi)	0,64 moderadamente bem selecionada	0,59 moderadamente bem selecionada	0,65 moderadamente bem selecionada	1,12 mal selecionada
Assimetria (fi)	-0,05 simétrica	-0,23 assimétrica grosseiros	-0,06 simétrica	-0,24 assimétrica grosseiros
Teor de carbonato (%)	56	51	53	56



**Figura 5-55:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura.

## Perfil 10

O perfil amostral 10, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-56**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-16**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, todas as amostras do perfil amostral são classificadas como areias médias biolitoclásticas, excetuando-se as amostras de pós-praia e calha, compatíveis com a classe areia fina biolitoclástica (**Figura 5-37**).



**Figura 5-56:** Localização detalhada do perfil 10.

As amostras apresentaram-se moderadamente selecionadas, exceção feita à amostra de calha (mal selecionada), indicando processos recentes, de erosão ou deposição. A assimetria para grosso indica uma concentração do material em classes de menor granulometria (**Figura 5-57**).

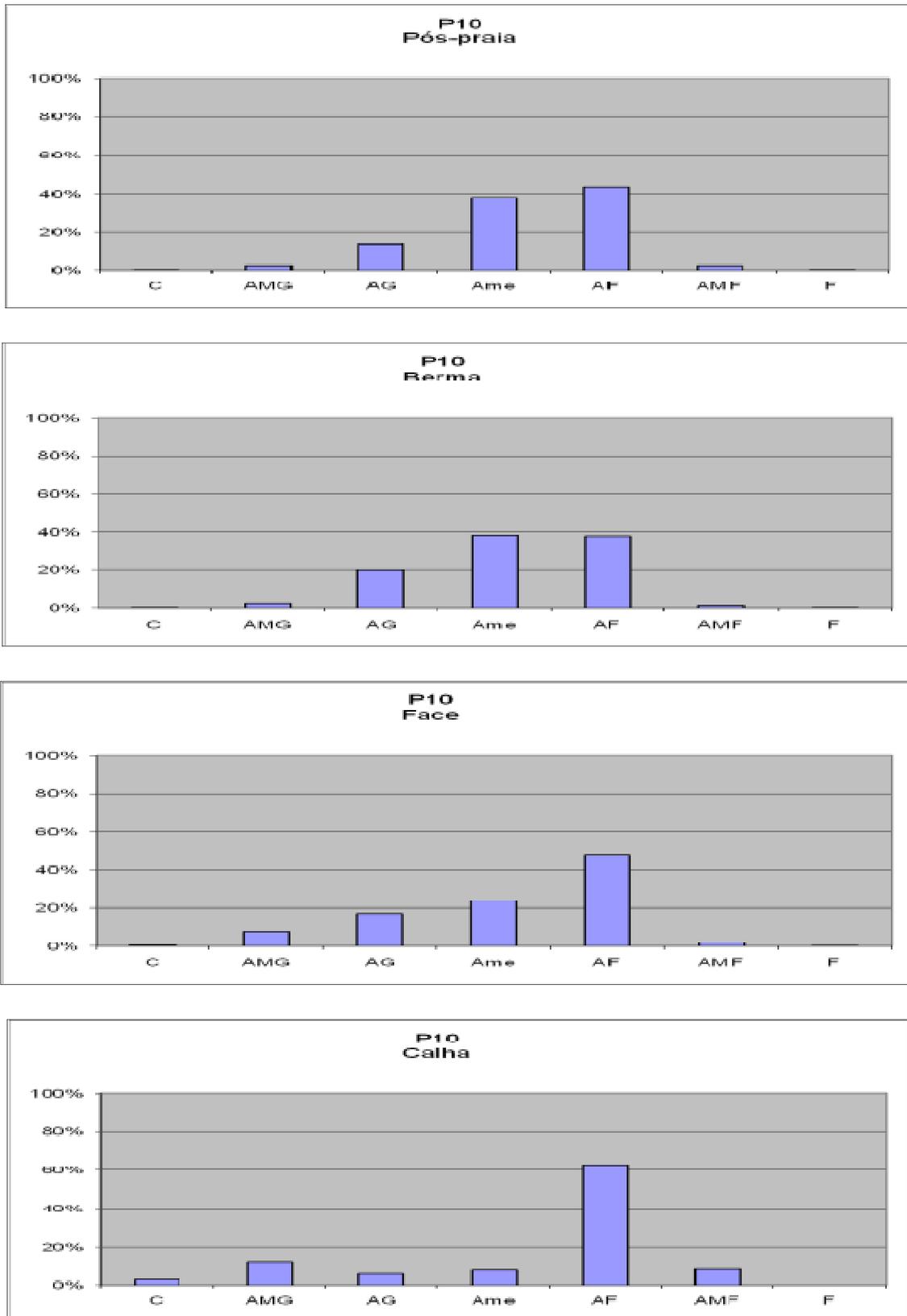


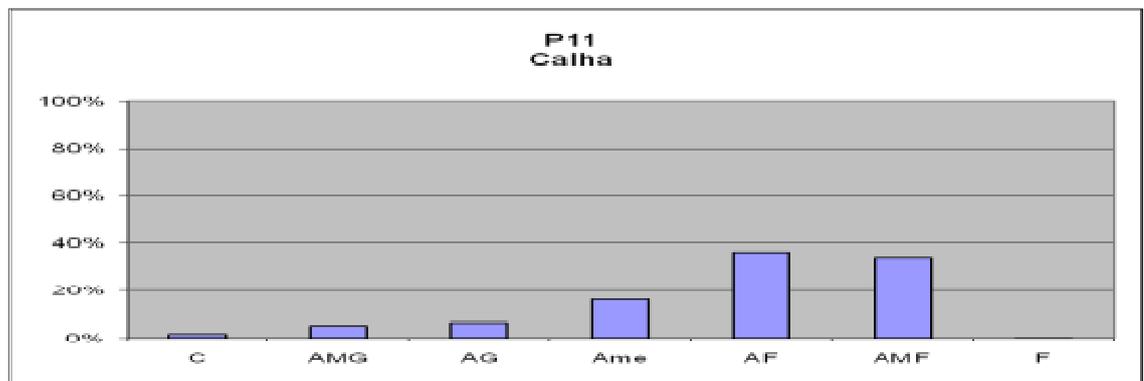
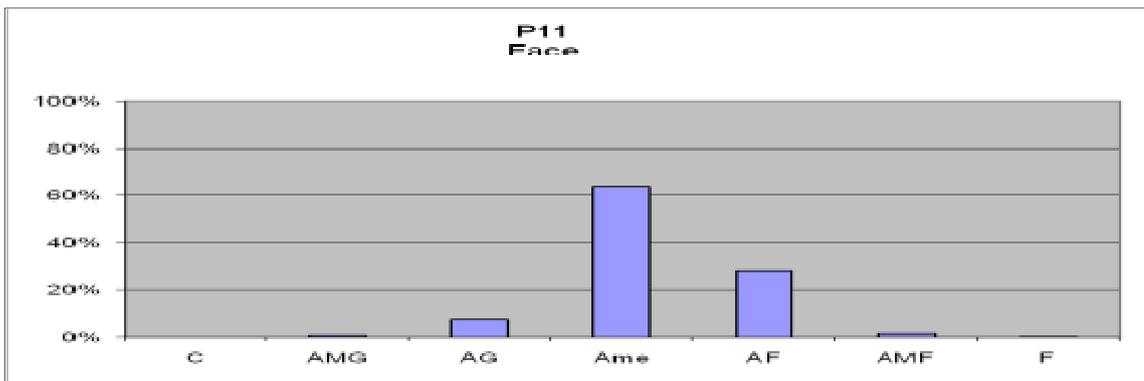
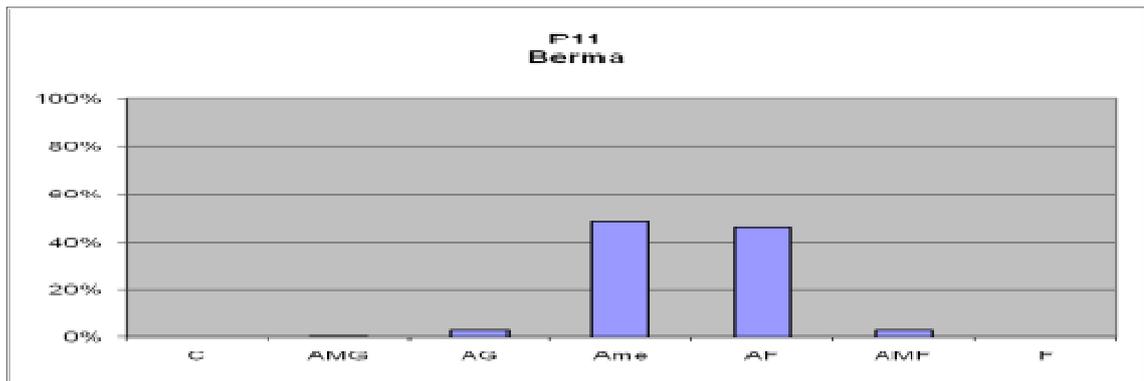
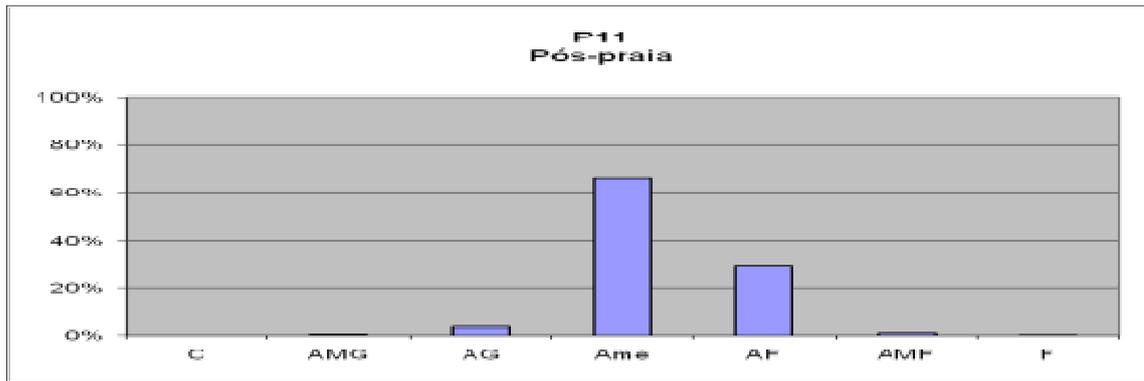
Figura 5-57: Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura.

**Tabela 5-16:** Perfil amostral 10 – Parâmetros estatísticos.

Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	0,18	0,31	0,25	0,16
Média (mm)	0,27	0,32	0,29	0,29
Desvio padrão (fi)	0,77 moderadamente selecionada	0,78 moderadamente selecionada	0,83 moderadamente selecionada	1,24 mal selecionada
Assimetria (fi)	-0,19 assimétrica grosseiros	-0,14 assimétrica grosseiros	-0,28 assimétrica grosseiros	-0,62 Muito assimétrica grosseiros
Teor de carbonato (%)	50	48	44	47

## Perfil 11

O perfil amostral 11, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-58**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-17**). Considerando as texturas e os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, as amostras de pós-praia e calha são classificadas como areias finas biolitoclásticas, a amostra da face é classificada como areia média bioclástica e a amostra da berma é classificada como amostra média litoclástica (**Figura 5-37**).



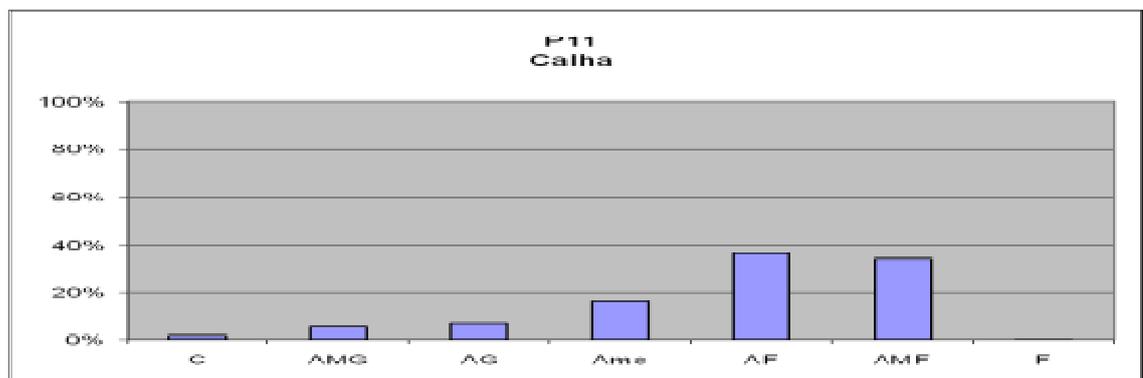
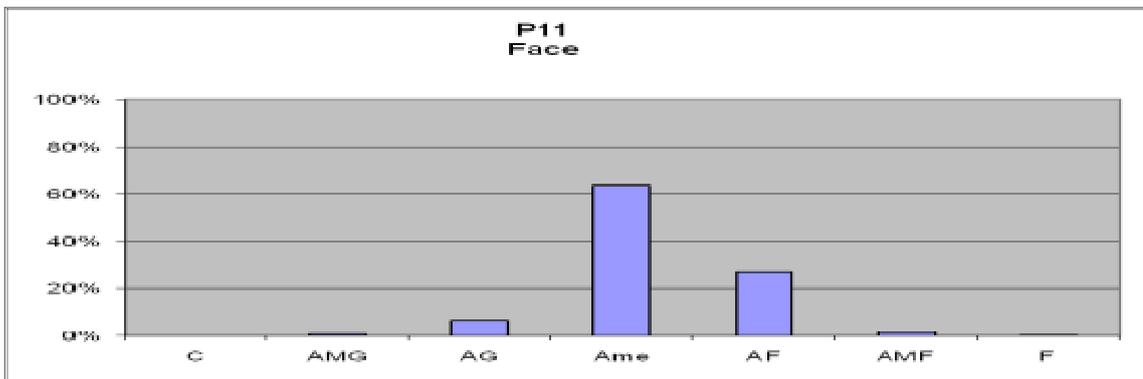
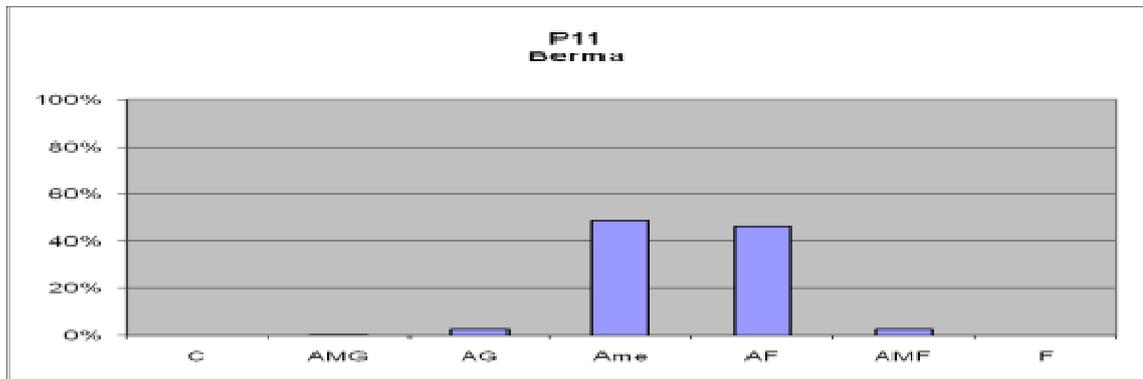
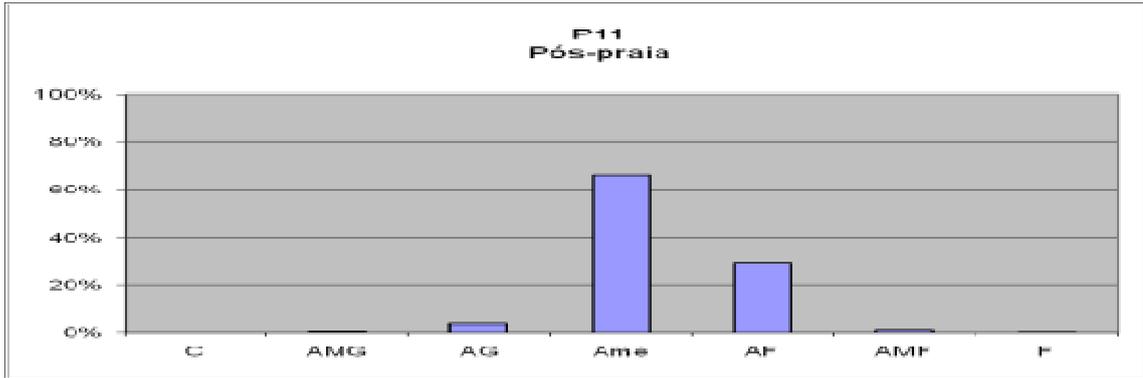
**Figura 5-59:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura.



**Figura 5-58:** Localização detalhada do perfil 11.

**Tabela 5-17:** Perfil amostral 11 – Parâmetros estatísticos.

Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	0,29	0,18	0,31	0,17
Média (mm)	0,29	0,26	0,31	0,2
Desvio padrão (fi)	0,45 bem selecionada	0,53 moderadamente bem selecionada	1,17 Mal selecionada	0,41 bem selecionada
Assimetria (fi)	0,01 simétrica	0,04 simétrica	-0,42 Muito assimétrica grosseiros	-0,03 simétrica
Teor de carbonato (%)	42	36	64	58

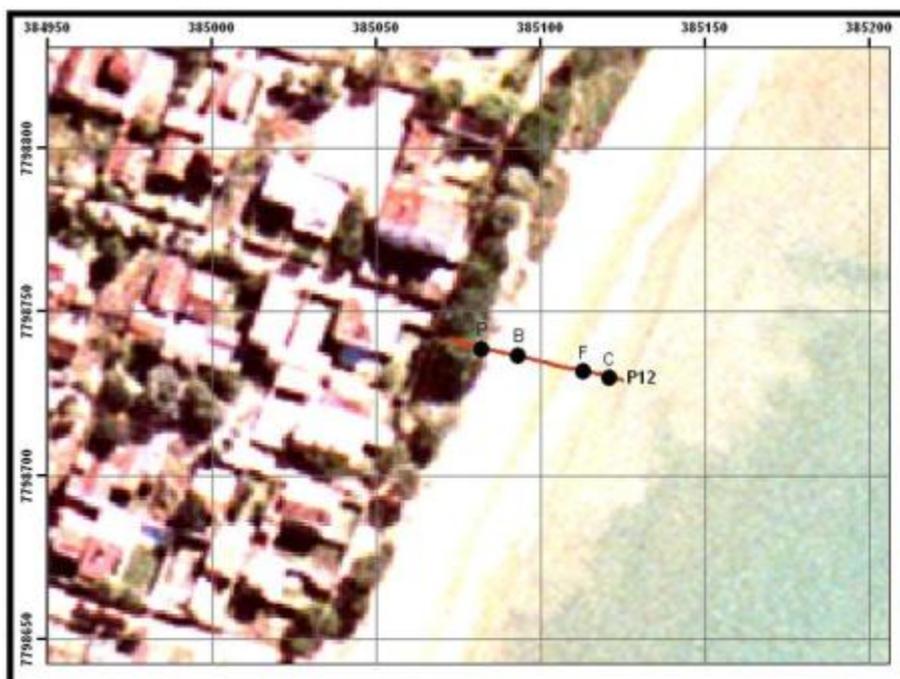


**Figura 5-59:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura.

As amostras apresentaram boa seleção no pós-praia e na calha, seleção moderadamente bem selecionada na berma e mal selecionada na face de praia. As amostras de seleção boa a moderadamente boa apresentaram-se simétricas, a amostra mal selecionada apresentou-se muito assimétrica para grosseiros. (Figura 5-59)

## Perfil 12

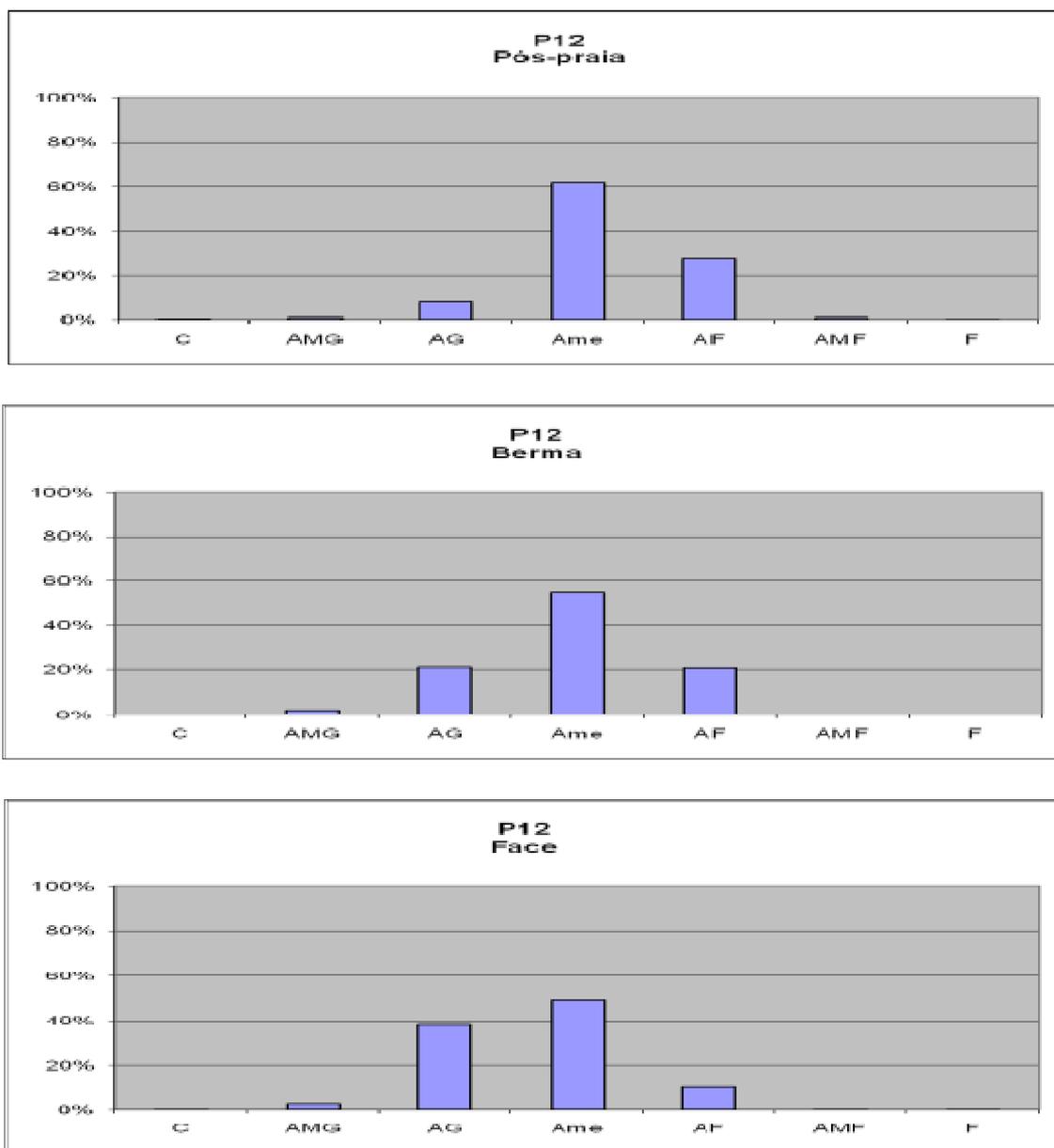
O perfil amostral 12, com localização detalhada apresentada na **Figura 5-60**, apresentou todo o conjunto de amostras classificadas, quanto à textura, em amostras arenosas (**Tabela 5-18**). Considerando as texturas, os teores de carbonato, os diâmetros médios e as medianas, todas as amostras de pós-praia e calha são classificadas como areias finas biolitoclásticas, a amostra da face é classificada como areia média bioclástica e a amostra da areia média berma é classificada como amostra litoclástica (**Figura 5-37**).



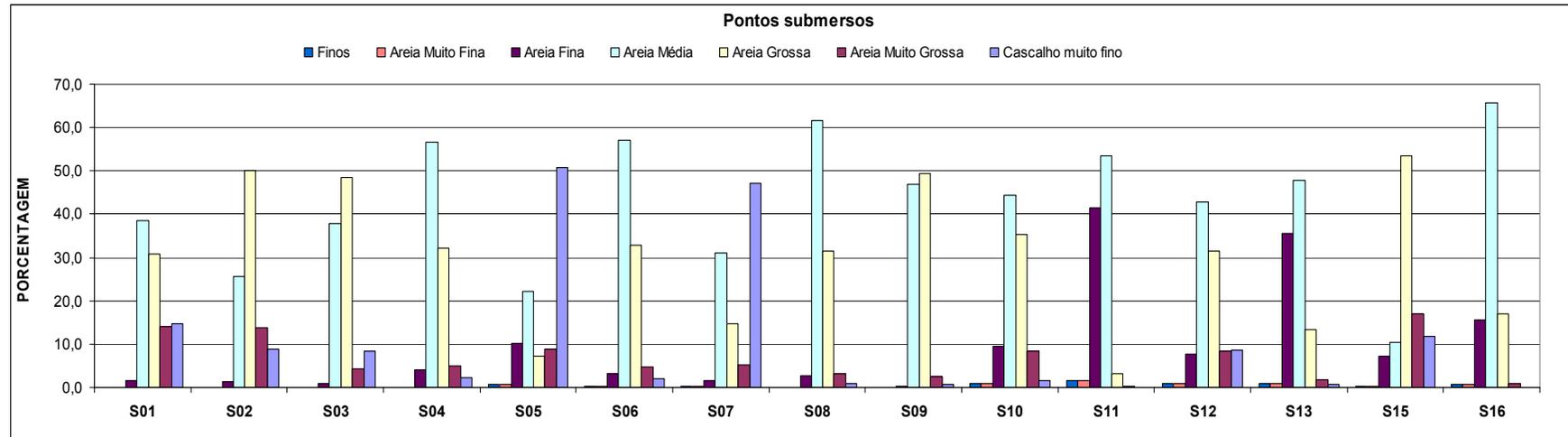
**Figura 5-60:** Localização detalhada do perfil 12.

As amostras apresentaram boa seleção no pós-praia e na calha, seleção moderadamente bem selecionada na berma e mal selecionada na face de praia. As amostras de seleção boa a moderadamente boa apresentaram-se simétricas, a amostra mal selecionada apresentou-se muito assimétrica para grosseiros.

**(Figura 5-61 e Figura 5-62)**



**Figura 5-61:** Histogramas da distribuição dos sedimentos por textura.



**Figura 5-62:** Pontos Submersos.

**Tabela 5-18:** Perfil amostral 12 – Parâmetros estatísticos.

Parâmetros estatísticos	Pós-praia	Berma	Face	Calha
Mediana (mm)	1,65	1,45	1,15	1,85
Média (mm)	0,31	0,36	0,43	0,3
Desvio padrão (fi)	0,67 moderadamente bem selecionada	0,65 moderadamente bem selecionada	0,82 moderadamente selecionada	0,57 moderadamente bem selecionada
Assimetria (fi)	-0,06 simétrica	0,06 simétrica	-0,32	0,03 simétrica
Teor de carbonato (%)	52	61	71	53

#### 5.1.2.2.4 Análise dos sedimentos submersos

Segundo Albino (1999), “no setor correspondente aos tabuleiros da Formação Barreiras [inclui-se aí o trecho em estudo] a plataforma continental interna apresenta rugosidades devido à presença das couraças lateríticas ferruginosas da Formação Barreiras. Estas feições encontram-se recobertas por construções carbonáticas e por fragmentos e areias bioclásticas grossas e muito grossas, que constituem a principal fonte de sedimentos para as praias adjacentes. Uma segunda fonte, em menor proporção, é representada pelas areias litoclásticas médias provenientes das descargas fluviais”.

Na deposição das areias praias biolitoclásticas, a distribuição inicial é influenciada pela proximidade da área fonte, uma vez que são raras as deposições carbonáticas por precipitação inorgânica (SILVA et al. 2005).

Os bioclastos apresentam grande diversidade na composição, sendo três os componentes principais: as algas coralinas, os moluscos e os briozoários (ALBINO, 1999).

A partir da interpretação dos refletores sísmicos e dos dados de jet probe foi gerado um mapa de isópacas (contornos de mesma espessura de sedimento), apresentado na **Figura 5-63** (ENGEVIX, 1107/00-IG-RT-001-B, 2009/03), que

mostra áreas de maior espessura de sedimento (cerca de 1m de espessura) localizadas somente na região a NE.

Os dados geofísicos integrados com as amostragens diretas do fundo marinho evidenciaram a pequena espessura de sedimentos da região. A geologia da região é condicionada fortemente pela ocorrência de afloramentos da Formação Barreiras, principalmente por sedimentos laterizados que formam um substrato rígido, formando irregularidades que propiciam o crescimento de algas calcárias e corais.

A área de estudo é caracterizada pela presença de algas calcárias que crescem sobre um substrato de laterita. Ao redor destes afloramentos encontramos areias bioclásticas médias a grossas, com pequenas espessuras de sedimento.

Albino (1999) estudando praias do litoral centro norte do ES, inclui-se aí praias do Município de Aracruz, reconheceu que as areias da praia de Potiri e Barra do Sahy, associadas a presença de plataformas de abrasão da Formação Barreiras, apresentaram areias predominantemente litobioclásticas médias a grossas com graus de seleção moderados. As amostras coletadas na área de estudo (**Figura 5-64**) seguem esta tendência.

No dia 09 de julho de 2009, foi feita campanha para coleta de 15 amostras de sedimentos na parte submersa dos perfis de praia. As localizações dos pontos de coleta estão apresentadas na **Figura 5-64**.

As amostras foram coletadas com amostrador Rock-Island, de aço inox, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e encaminhadas ao laboratório para análise granulométrica por peneiramento.

Quanto à granulometria, predominou entre as amostras areia média, com tendência observada a partir dos perfis 07, 08 e 09 a apresentar também areias grossas. Sugerindo uma maior atividade dos forçantes hidrodinâmicos atuantes



---

O grau de seleção das amostras mostrou-se variado. 66% das amostras apresentaram seleção moderada/moderadamente bem selecionada, 20% das amostras eram mal selecionadas.

A ausência de amostras bem selecionadas com concentração de finos e o volume de amostras com sedimentos grossos e médios sugerem serem estes pontos amostrais situados em área sob atuação de forçantes hidrodinâmicos inerentes ao ambiente marinho raso (ondas e correntes).

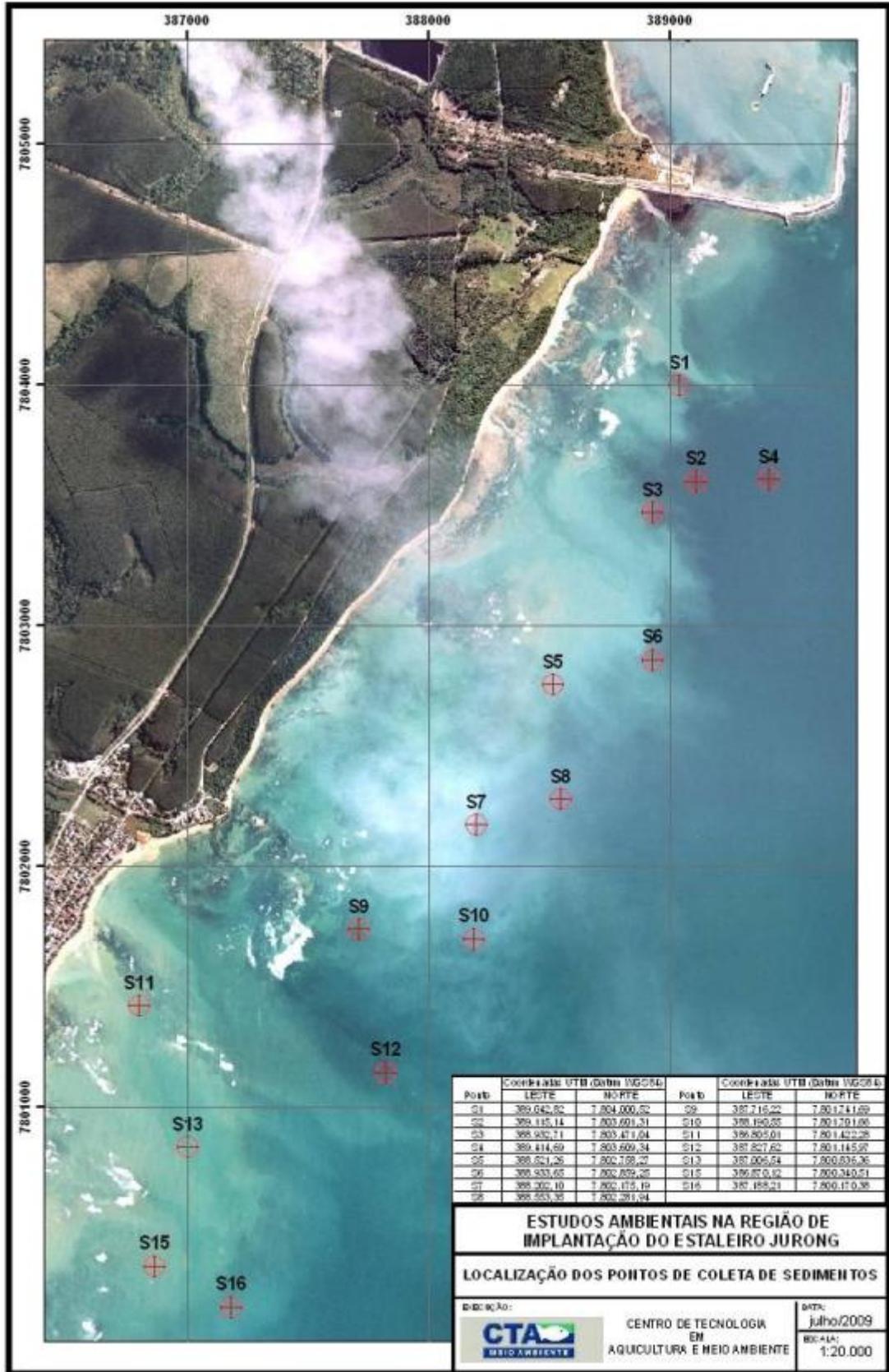


Figura 5-64: Localização dos pontos de coleta de sedimentos submersos.

**Tabela 5-19:** Classificação das amostras de sedimento.

<b>Ponto amostral</b>	<b>Classe modal</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Mediana (mm)</b>	<b>Desvio padrão (fi)</b>	<b>Assimetria (fi)</b>	<b>% de CaCo3 / Classificação</b>
<b>Sub 1</b>	Bimodal, com classes modais expressivas, areias grossa e média	0,77	0,61	1,13 <i>mal selecionada</i>	-0,38 <i>muito assimétrica grosseiros</i>	36,8 <i>Areia litoclástica</i>
<b>Sub 2</b>	Classe modal expressiva areia grossa e classe modal pouco expressiva areia média	0,75	0,70	0,90 <i>moderadamente selecionada</i>	-0,22 <i>assimétrica grosseiros</i>	25,1 <i>Areia litoclástica</i>
<b>Sub 3</b>	Bimodal, com classes modais expressivas, areias grossa e média	0,59	0,57	0,58 <i>moderadamente bem selecionada</i>	000 <i>simétrica</i>	19,6 <i>Areia litoclástica</i>
<b>Sub 4</b>	Bimodal, com classes modais expressivas, areias média e grossa	0,49	0,47	0,67 <i>moderadamente bem selecionada</i>	-0,22 <i>assimétrica grosseiros</i>	19,5 <i>Areia litoclástica</i>
<b>Sub 5</b>	Classes modais pouco expressivas em cascalho e areias. média e fina	0,86	3,00	0,78 <i>moderadamente selecionada</i>	1,87 <i>muito assimétrica finos</i>	14,5 <i>Areia litoclástica</i>
<b>Sub 6</b>	Bimodal, com classes modais expressivas, areias média e grossa	0,49	0,47	0,67 <i>moderadamente bem selecionada</i>	-0,22 <i>assimétrica grosseiros</i>	12,5 <i>Areia litoclástica</i>
<b>Sub 7</b>	Classes modais com pouca expressão em cascalho e areia média	1,19	1,52	0,60 <i>moderadamente bem selecionada</i>	1,62 <i>muito assimétrica finos</i>	26,3 <i>Areia litoclástica</i>
<b>Sub 8</b>	Classe modal bem expressiva areia média e classe modal expressiva areia grossa	0,47	0,44	0,42 <i>bem selecionada</i>	0,14 <i>assimétrica finos</i>	24,2 <i>Areia litoclástica</i>
<b>Sub 9</b>	Bimodal, com classes modais expressivas, areias grossa e média	0,57	0,55	0,46 <i>bem selecionada</i>	-0,11 <i>assimétrica grosseiros</i>	42,2 <i>Areia biolitoclástica</i>

**Tabela 5-20:** Classificação das amostras de sedimento. (continuação)

Ponto amostral	Classe modal	Média (mm)	Mediana (mm)	Desvio padrão (fi)	Assimetria (fi)	% de CaCo3 / Classificação
Sub 10	Bimodal, com classes modais expressivas, areias média e grossa	0,49	0,47	0,82 <i>moderadamente selecionada</i>	-0,10 <i>simétrica</i>	24,6 <i>Areia litoclástica</i>
Sub 11	Bimodal, com classes modais expressivas, areias média e fina	0,27	0,27	0,63 <i>moderadamente bem selecionada</i>	<b>-0,14</b> <i>assimétrica grosseiros</i>	35,9 <i>Areia litoclástica</i>
Sub 12	Bimodal, com classes modais expressivas, areias média e grossa	0,56	0,48	1,12 <i>mal selecionada</i>	-0,29 <i>assimétrica grosseiros</i>	26,1 <i>Areia litoclástica</i>
Sub 13	Bimodal, com classes modais expressivas, areias média e fina	0,31	0,3	0,67 <i>Moderadamente bem selecionada</i>	-0,17 <i>assimétrica grosseiros</i>	32,1 <i>Areia litoclástica</i>
Sub 15	Classe modal bem expressiva areia grossa	1,14	1,26	0,98 <i>moderadamente selecionada</i>	0,06 <i>simétrica</i>	17,5 <i>Areia litoclástica</i>
Sub 16	Classe modal bem expressiva areia média	1,23	2,21	0,45 <i>bem selecionada</i>	-0,03 <i>simétrica</i>	28,5 <i>Areia litoclástica</i>

#### 5.1.2.2.5 Aspectos morfodinâmicos

Os dados topográficos dos perfis transversais, as informações do padrão de ondas incidentes e as características dos sedimentos de uma praia caracterizam o estado morfodinâmico de uma praia, identificando as porções do perfil de maior estabilidade morfológica ou de maior susceptibilidade à mobilização; permitindo conhecer, dessa forma, as interações morfo-sedimentares entre os prismas, emerso e submerso, do perfil praiial.

No entanto, Muehe (1998), Short & Hesp (1982), Carter & Woodroffe (1994) e Silva et al. (2004) salientam que tal caracterização morfodinâmica, incluindo padrões de transporte de sedimentos, são mais fielmente descritos a partir de um monitoramento periódico da praia.

Segundo Silva et al. (2004), a realização de perfis topográficos praiiais sazonais e também em diferentes condições de mar é fundamental para o reconhecimento da dinâmica de transporte sedimentar em uma determinada região costeira.

##### 5.1.2.2.5.1 Litoral do Espírito Santo

A tendência morfodinâmica da linha de costa do Espírito Santo foi estudada por Albino *et al.* (2006), sendo identificado processos de retrogradação em geral, exceto nas regiões próximas às desembocaduras de rios, com grande aporte de sedimentos terrígenos, que favorecem a progradação da linha de costa, a médio e longo prazo, com oscilações sazonais de curto prazo, devidas às adaptações morfológicas de cunho meteo-oceanográfico.

Entretanto, o pequeno aporte terrígeno, devido à ausência de rios expressivos, e a vulnerabilidade erosiva do aporte marinho, configuram uma tendência erosiva para o Setor 3 onde está inserida a área de estudo (ALBINO *et al.*, 2006). Segundo estes autores, a vulnerabilidade à fragmentação dos sedimentos

carbonáticos e a completa eliminação do material carbonático marinho, principal componente das praias neste Setor, contribuem para o pouco desenvolvimento das planícies costeiras e manutenção das falésias vivas, apesar da presença das concreções lateríticas sub-horizontais que formam os terraços de abrasão marinha na antepraia e funcionam como obstáculos dissipadores das ondas e armadilhas para reter sedimentos.

Tal tendência erosiva é reconhecida na evolução da geologia do litoral desde o Quaternário inferior, não sendo, portanto, uma tendência atual que possa ser atribuída às variações recentes do nível relativo do mar, afirma Martin *et al.* (1997). No entanto, a intensa ocupação humana, realizada sem o conhecimento dos processos costeiros e visando somente o melhor aproveitamento turístico e/ou industrial do litoral, vem acelerando ou revertendo esta tendência morfodinâmica natural apresentada pelas praias (ALBINO *et al.*, 2006).

A área de estudo situada entre a Barra do Sahy e a Barra do Riacho apresentando no trecho norte do litoral, falésia em rocha sedimentar da Formação Barreira com substrato sub-horizontaI recoberto por concreções lateríticas na zona submersa adjacente à praia; e no trecho sul, planície de crista de praia estreita, limitada por falésias da Formação Barreiras, com praias precedidas por cordão litorâneo largo e estado morfodinâmico praias refletivo a intermediário, com grau de exposição exposto e semi-exposto (E/SE) às condições de ondas e ventos (Albino *et al.*, 2006).

Esta tendência erosiva verifica-se em função do pequeno aporte fluvial e à vulnerabilidade abrasiva dos aportes marinhos, sendo intensificada nas praias em que a distribuição das couraças lateríticas da Formação Barreiras são esparsas e não contribuem significativamente na dissipação das ondas incidentes.

A **Figura 5-65** apresenta conjunto de árvores (abricozeiro e castanheiras) situado no extremo sul da área do EJA, onde se observa a exposição de seus sistemas radiculares, o que é um indicativo que a praia encontra-se em processo de erosão. A **Figura 5-66** apresenta trecho de praia na área do EJA onde se observa

que a duna, coberta por vegetação de restinga, encontra-se escarpada e em processo de erosão, com a exposição de camadas inferiores de sedimentos.



**Figura 5-65:** Exposição dos sistemas radiculares das árvores situadas no extremo sul da área do EJA.



**Figura 5-66:** Duna escarpada e em processo de erosão no trecho de praia do EJA, apresentando cobertura vegetal de restinga.

#### 5.1.2.2.5.2 Descrição dos perfis topográficos da praia

As terminologias adotadas na descrição das feições morfológicas do sistema praial foram baseadas em (MUEHE, 1994 *apud* SILVA *et al.*, 2004; MUEHE, 1998 e MUEHE *et al.*, 2001), que divide o *sistema praial* em pós-praia e antepraia. A primeira é composta pela berma (de tempestade e de tempo bom) e pela face praial. A segunda integra as antepraias superior, média e inferior.

As coordenadas iniciais dos perfis topográficos estão na **Tabela 5-21**. Os perfis estão dispostos de 1 a 12 no sentido Norte-Sul.

**Tabela 5-21:** Coordenadas do início dos perfis (UTM).

Perfil	E	N
Perfil 1	388652,6	7804523,9
Perfil 2	388498,9	7804242,4
Perfil 3	388253,9	7803932,1
Perfil 4	386613,5	7801921,0
Perfil 5	386436,5	7801608,2
Perfil 6	386300,2	7801255,9
Perfil 7	386180,9	7801043,7
Perfil 8	386150,1	7800844,4
Perfil 9	385945,3	7800427,5
Perfil 10	385924,0	7800192,8
Perfil 11	385592,7	7799722,3
Perfil 12	385071,6	7798741,6

A descrição dos perfis topográficos foi feita a partir de uma única campanha, realizada em no período de 01 a 07 de junho de 2009.

As cotas dos perfis foram referenciadas ao Nível de Redução local (DHN), tomando como base o RN4 localizado no Terminal de Barra do Riacho. Assim, em todas as figuras a cota zero representa este NR. Os dados foram obtidos no Datum vertical WGS84. Os levantamentos tiveram como pontos de partida os marcos M0 e M1(UMISAN).

Para gerar os perfis de praia foi necessário implantar uma linha de marcos ao longo das enseadas, **Figura 5-67**. Os marcos, feitos de madeira, foram instalados dois a dois, perpendicularmente à linha de praia. Isto se fez necessário para servir de base para medidas topográficas, devido às grandes distâncias entre os perfis, que impediu a intervisibilidade entre os mesmos. Após a implantação dos marcos, procedeu-se ao transporte de coordenadas UTM, partindo de marcos dentro da área da JURONG. As referências de nível haviam sido transportadas anteriormente dos marcos da PMA (Prefeitura Municipal de Aracruz) para os citados marcos de partida na área da JURONG.

Os dados foram coletados com uso dos seguintes equipamentos: 1 Estação total TC – 800 Leica, com precisão nominal angular de 03 segundos; 2 prismas de reflexão total com bastões de 4,00m; 1 tripé de madeira marca Desetec; trenas de aço marca 3M com 3 e 15m. **Figura 5-68**.



**Figura 5-67:** Linha de marcos de apoio ao levantamento dos perfis.

Em cada perfil, foram identificadas formas associadas aos perfis típicos de praias arenosas, sendo inferidos a partir da topografia a zona de arrebenção das ondas e o estágio morfodinâmico praias.



**Figura 5-68:** Equipamentos utilizados nas campanhas de levantamento de perfis.

Na parte emersa dos perfis foram identificados e caracterizados o cordão litorâneo, a berma e a face praial. Na zona submersa, a presença de terraço de abrasão, bancos e calhas puderam, quando possível, sugerir o tamanho da zona de surfe.

Os doze perfis topográficos apresentam comprimentos diferentes, variando de 48 m no perfil 11 a 183 m no perfil 2.

Os perfis ao longo da praia apresentaram cordão arenoso com altura relativamente baixa a moderada, de média de 3,81 m, alcançando maior desenvolvimento no perfil 4 que apresentou altura máxima de 4,78 m e menor altura no perfil 10, 3,25 m. O desenvolvimento do cordão apresentou-se bastante variável ao longo da praia, sua largura variou de 8 m no perfil 2 a 29 m no perfil 8, como mostra a **Figura 5-69** e a **Tabela 5-22**.

A descrição acima da praia corrobora com a classificação do litoral proposta por Albino *et al.* (2006), onde caracterizam a praia com cordão litorâneo largo no prisma emerso. No entanto, esta feição morfológica apresentou desenvolvimento bastante variável, por vezes, estreito, identificando desta forma, trecho da praia com menor acúmulo de sedimentos e outros mais encorpados.

Apesar de alguns trechos apresentarem cordão arenoso relativamente largo, este litoral apresenta, segundo a revisão bibliográfica da área, baixo estoque de

sedimentos, indicando, conseqüentemente, pouca disponibilidade de sedimento para o sistema praia-antepraia, principalmente nos trechos precedidos por substrato sub-horizontal recoberto por concreções lateríticas na antepraia.

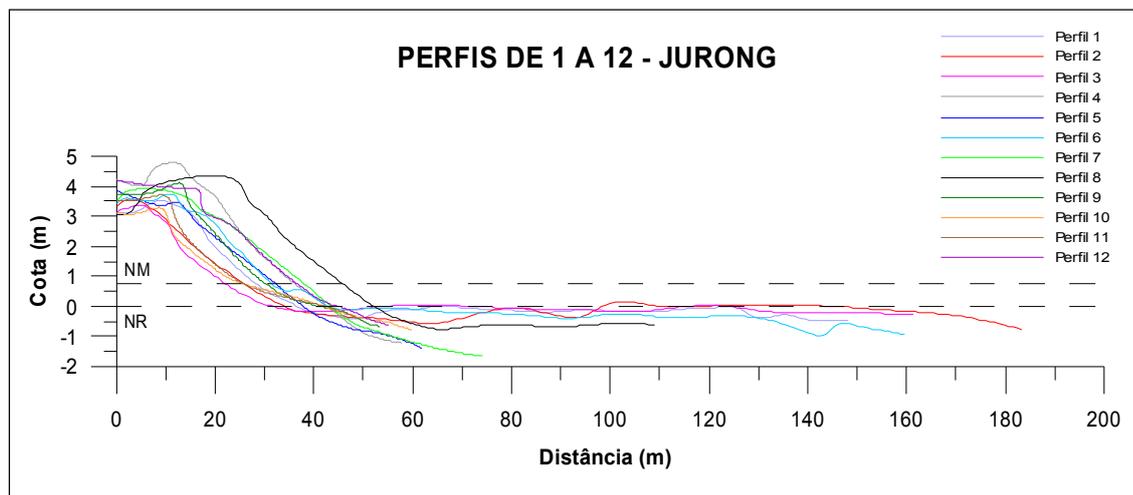


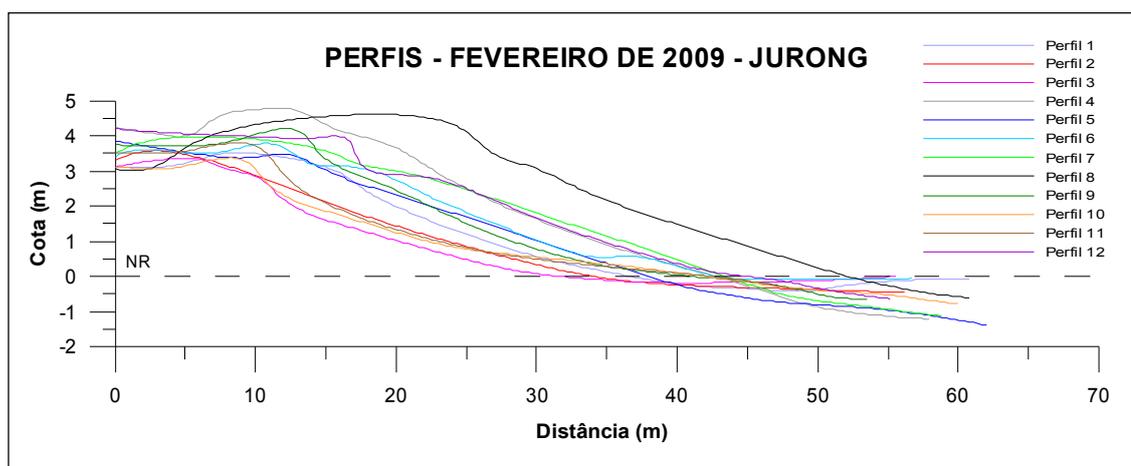
Figura 5-69: Perfis topográficos de fevereiro de 2009 – JURONG.

Tabela 5-22: Parâmetros morfométricos do cordão arenoso.

Perfil	Altura do cordão (m)	Largura aprox. do cordão (m)
P1	3,52	17
P2	3,57	8
P3	3,33	10
P4	4,78	20
P5	3,85	14
P6	3,71	20
P7	3,76	19
P8	4,03	29
P9	4,06	14
P10	3,25	11
P11	3,63	12
P12	4,20	17
<b>Média</b>	<b>3,81</b>	<b>15,9</b>

Conforme o desenvolvimento do cordão arenoso, foram identificados, como apresenta a **Figura 5-70**, três grupos de perfis:

- Perfis 2, 3, 10 e 11: menor desenvolvimento do cordão tanto em altura quanto em largura e com perfil mais recuado. Largura média de 10,25 m e altura máxima média de 3,44 m,
- Perfis 1, 5, 6, 7, 9 e 12: desenvolvimento mediano, com largura média de 16,83 m e altura máxima média 3,85 m do cordão arenoso,
- Perfis 4 e 8: cordão bem mais largo, com média de 24,5 m de comprimento e com maior altura, de média 4,40 m.



**Figura 5-70:** Comparação do prisma emerso dos perfis topográficos - Fevereiro de 2009.

Embora os perfis apresentassem estoques de sedimento no cordão arenoso bastante diferenciados ao longo da praia, sua extensão horizontal característica foi de 40 m.

Nota-se também que os perfis com cordão mais baixo e mais estreito apresentaram declividades menores da face da praia. Entretanto, as declividades das feições berma e face praial apresentaram-se relativamente elevadas variando de 4,57° no perfil 10 a 10,75° no perfil 4 (**Tabela 5-23**).

É válido lembrar que os perfis 1, 2, 3, 6 e 8, que apresentaram antepraia com topografia plana na forma de terraço, foram os que tiveram maior prolongamento do perfil em direção ao mar, com comprimentos variando de 108,91 m no perfil 8

a 183,43 no perfil 2, enquanto no restante dos perfis esta extensão foi cerca de 58 m.

**Tabela 5-23:** Declividade da praia (berma e face praial).

Perfil	Declividade (graus)
Perfil 1	7,96
Perfil 2	6,27
Perfil 3	7,96
Perfil 4	10,75
Perfil 5	6,84
Perfil 6	6,27
Perfil 7	6,84
Perfil 8	7,4
Perfil 9	7,4
Perfil 10	4,57
Perfil 11	5,71
Perfil 12	6,84

Os perfis que tiveram o traçado topográfico mais prolongado na zona submersa apresentam feições morfológicas do tipo terraço de abrasão, sugerindo ser um substrato sub-horizontal recoberto por concreções lateríticas da Formação Barreiras, segundo a classificação de Albino et al. (2006). Isso fica mais evidente quando se observa a presença destas feições na imagem de satélite da área, facilitada pelas águas claras (**Figura 5-36**). Considerando-se também o resultado do mapa de isópacas (**Figura 5-63**), que apresenta pequena cobertura de sedimentos na região submersa defronte à área do EJA.

Os terraços de abrasão são superfícies desgastadas pelas ondas do mar. Segundo estes autores, essa superfície é ampliada à medida que a falésia recua, corroborando com a geomorfologia da área que indica presença de falésia em rocha sedimentar.

Já os poucos bancos e calhas situados entre o terraço e a face da praia parecem ser formados por sedimentos que de certa forma estão confinados no sistema

praial ou com pouca mobilidade de transporte para além do terraço em direção ao mar.

Tais características morfológicas permitem sugerir uma praia com estado morfodinâmico refletivo podendo apresentar aspectos de estados intermediários, corroborando com a classificação de Albino et al. (2006).

Aspectos morfológicos de praia refletiva identificados na praia em estudo:

- Elevado gradiente de praia.
- Zona de surfe pequena ou praticamente ausente.
- Berma da praia elevada.
- Estoque de areia na zona submarina aparentemente baixo, sendo desconsiderado o substrato sub-horizontal recoberto por concreções lateríticas.

Aspectos morfológicos de praias intermediárias identificados na praia em estudo:

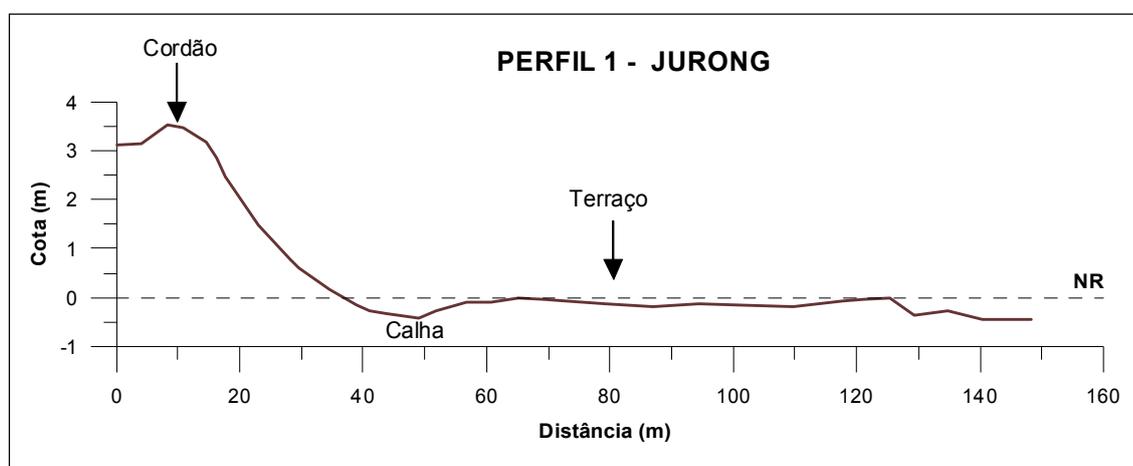
- Presença de megacúspides ou bancos dispostos transversalmente à praia;
- Presença de terraços na antepraia com feições parcialmente emersas na maré baixa, sugerindo dissipação das ondas sobre os mesmos;
- Declividade da antepraia variando de plana a moderada;
- Presença em alguns perfis de banco e/ou calha;
- Tendência de variações entre os estado morfodinâmicos em função da maré.

## Perfil 1

O levantamento deste perfil iniciou às 16h de 03/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,23m. Dez observações indicaram um período médio de 15,5 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de 134°. A

linha de costa neste local está alinhada a 39°. Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a preamar ocorreu às 12:09 h com 1,2m e a baixamar às 18:30 h com 0,3m, correspondendo a uma altura maré de 0,9 m.

As características do perfil 1 são apresentadas na **Figura 5-71**. Sua concavidade é voltada para o céu na feição da face praial. Na zona submersa, registrou um amplo terraço de aproximadamente 70 m, parcialmente exposto na maré baixa (referência NR). Entre o terraço e a face nota-se uma calha de cerca de 0,5 m de profundidade (referência NR).



**Figura 5-71:** Perfil topográfico 1 de fevereiro de 2009 – JURONG.

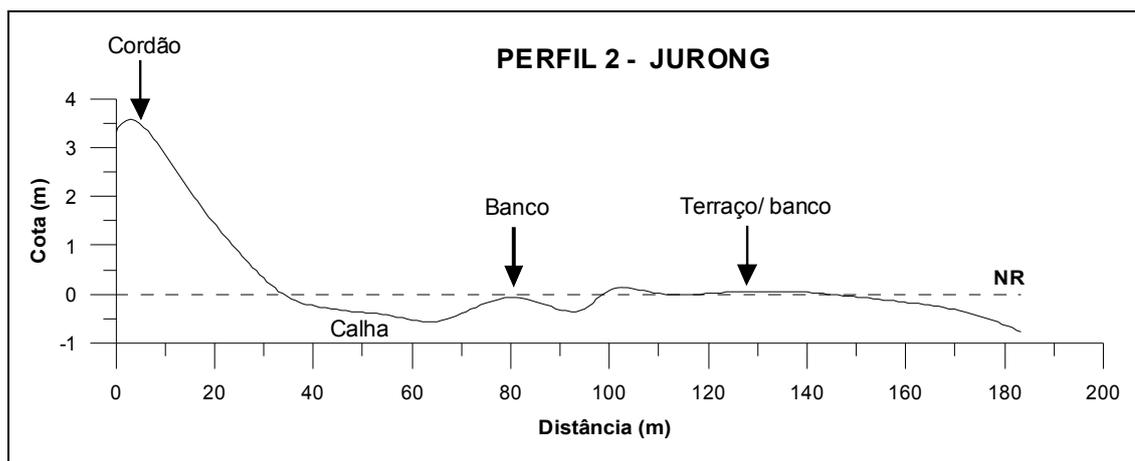
Segundo os aspectos geológicos e geomorfológicos da área, esta morfologia sugere um terraço formado por concreções lateríticas. Sobre o mesmo se daria a arrebentação das ondas, principalmente em situação de maré baixa, dando a praia um aspecto dissipativo em função do terraço de abrasão. No entanto, o perfil emerso demonstra uma praia com estado morfodinâmico refletivo a intermediário, sobretudo em situação de maré alta e de ondas baixas.

Neste caso a zona de arrebentação das ondas se dá sobre a face da praia ou muito próximo a ela, definindo desta forma, uma zona de surfe inexistente ou muito estreita.

## Perfil 2

O levantamento deste perfil iniciou às 6:00h de 04/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,24m. Dez observações indicaram um período médio de 13,2 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de 101°. A linha de costa neste local está alinhada a 22°. Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a preamar ocorreu às 00:38 h com 1,2m e a baixamar às 06:49 h com 0,3m, correspondendo a uma altura maré de 0,9 m.

A **Figura 5-72** apresenta as características do perfil 2, que apresentou o menor desenvolvimento do cordão arenoso, com largura de 8 m, e também pouco incremento de todo o perfil emerso, com berma muito pouco definida.



**Figura 5-72:** Perfil topográfico 2 de fevereiro de 2009 – JURONG.

Na zona submersa, representada apenas pela antepraia superior, nota-se a presença de feições como terraço, banco e calha. Como se trata de uma área com presença de substrato sub-horizontal da Formação Barreiras na antepraia, sugere-se um terraço formado por concreções lateríticas. Contudo, nota-se também que esta feição apresenta morfologia de banco arenoso. Já o banco e a calha situados entre o terraço e a face da praia parecem ser formados por sedimentos.

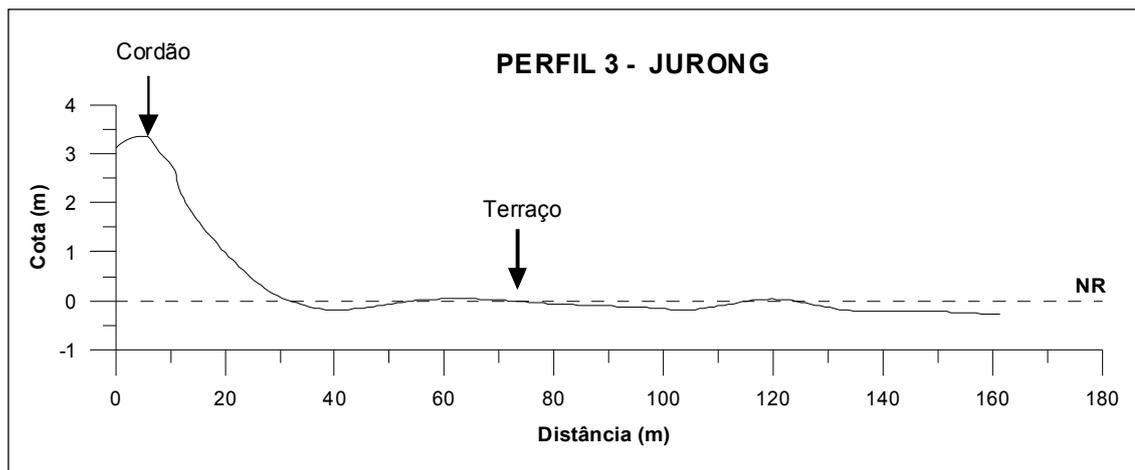
A baixa declividade da antepraia superior sugere que as ondas arrebetem no terraço/banco em situação de maré baixa e dissipem sua energia sobre o mesmo. Já em situação de maré alta, a arrebetamento provavelmente ocorrerá junto à face, sugerindo neste caso uma praia com estado morfodinâmico refletivo a intermediário.

### Perfil 3

O levantamento deste perfil iniciou às 8h de 04/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,28m. Dez observações indicaram um período médio de 10,1 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebetamento progressiva, era de 141°. A linha de costa neste local está alinhada a 44°. Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a baixar-mar ocorreu às 06:49 h com 0,3m e a preamar às 13:00 h com 1,2m, correspondendo a uma altura maré de 0,9 m.

Este foi o perfil mais recuado ao longo da praia, apresentando pouca largura do cordão arenoso, cerca de 10 m. Suas dimensões são mostradas na **Figura 5-73**.

A morfologia da zona submersa, representada apenas por parte da antepraia superior, mostra uma topografia praticamente plana por onde se dá a dissipação das ondas em situação de maré baixa, deixando o terraço praticamente emerso, sugerindo desta forma, um estado morfodinâmico dissipativo. Em situação de maré alta, dependendo da altura da onda, a praia poderá assumir características refletivas, eliminando assim, a zona de surfe. Neste perfil não foram registradas feições como banco e calha.



**Figura 5-73:** Perfil topográfico 3 de fevereiro de 2009 – JURONG.

#### Perfil 4

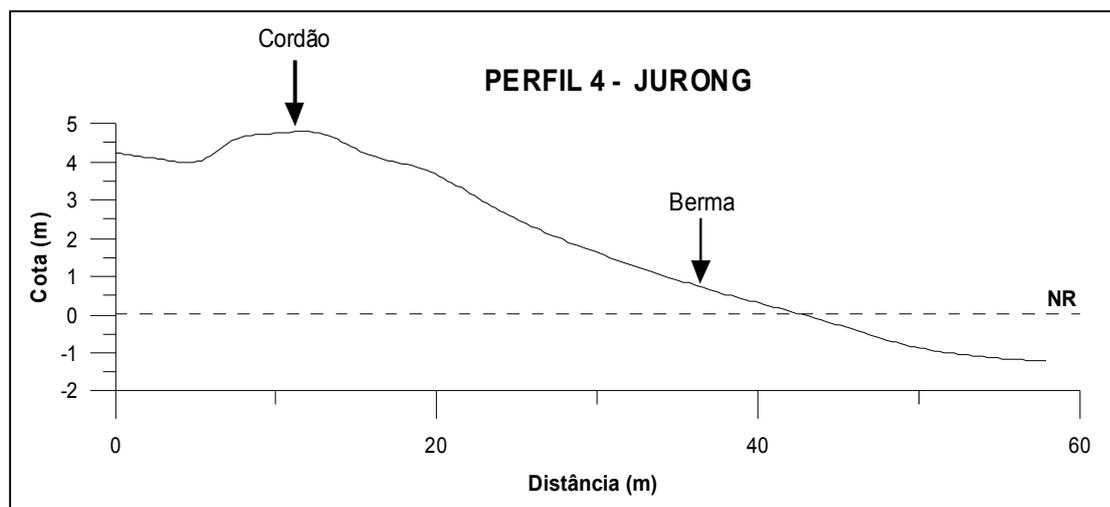
O levantamento deste perfil iniciou às 10h de 05/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,51m. Dez observações indicaram um período médio de 7,1 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de  $112^\circ$ . A linha de costa neste local está alinhada a  $36^\circ$ . Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a baixar-mar ocorreu às 07:28 h com 0,2m e a preamar às 13:43 h com 1,3m, correspondendo a uma altura maré de 1,1 m.

Com extensão de 57,9 m e profundidade de 1 m, este perfil, já na zona de transição entre a face e a antepraia superior, apresenta declividade bem mais acentuada, alcançando um valor de  $10,75^\circ$  no prisma emerso, **Figura 5-74**.

É o segundo perfil mais desenvolvido em termos de largura e altura do cordão arenoso e de estoque de sedimento no perfil emerso. Este perfil alcançou 4,78 m de altura e aproximadamente 20 m de largura do cordão arenoso.

A pequena extensão do Perfil não permite avaliar a antepraia, mas pela declividade e pelo estoque de sedimento emerso, a morfologia do perfil sugere ausência de sistema banco e calha junto à face, caracterizando uma praia com

estado morfodinâmico mais próximo do refletivo, com zona de surfe estreita ou inexistente.

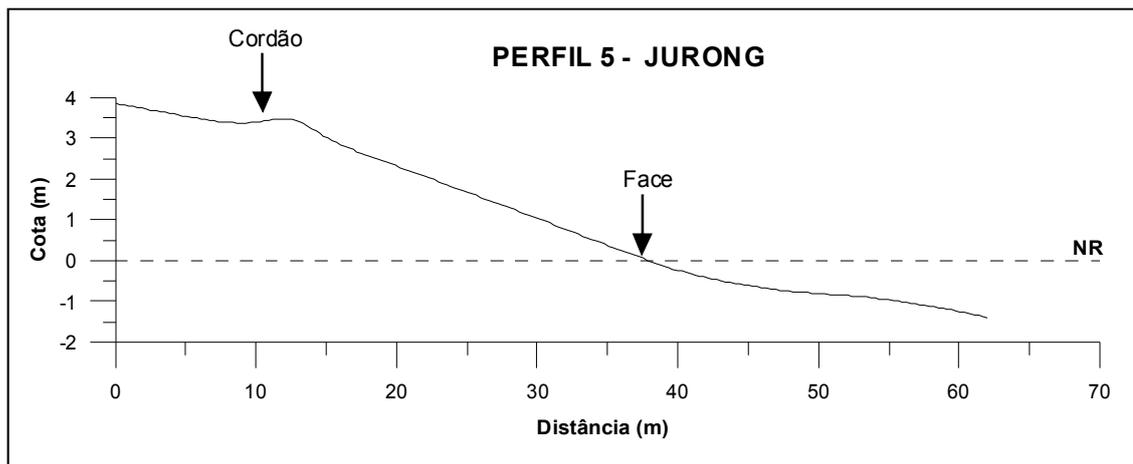


**Figura 5-74:** Perfil topográfico 4 de fevereiro de 2009 – JURONG.

## Perfil 5

O levantamento deste perfil iniciou às 8:40h de 05/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,51m. Dez observações indicaram um período médio de 10,1 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de 131°. A linha de costa neste local está alinhada a 32°. Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a baixar-mar ocorreu às 07:28 h com 0,2m e a preamar às 13:43 h com 1,3m, correspondendo a uma altura maré de 1,1 m.

Apesar da pouca extensão deste perfil, **Figura 5-75**, sua morfologia, declividade e a pequena profundidade na antepraia superior (1,39 m) já nos primeiros 20 m do prisma submerso, sugerem ausência de sistema banco e calha junto à face, indicando uma praia com estado morfodinâmico mais próximo do refletivo com zona de surfe estreita ou inexistente até mesmo na maré baixa.



**Figura 5-75:** Perfil topográfico 5 de fevereiro de 2009 – JURONG.

O perfil 5 mostrou desenvolvimento mediano com relação ao volume de sedimento, no prisma emerso, o qual apresentou largura de aproximadamente 14 m do cordão arenoso.

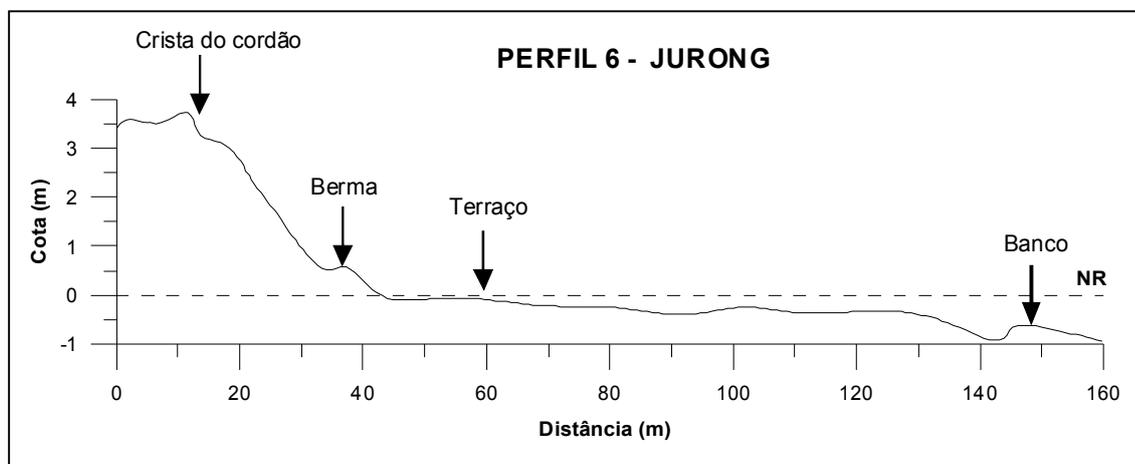
### Perfil 6

O levantamento deste perfil iniciou às 8:00h de 05/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,6m. Dez observações indicaram um período médio de 11,8 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de 123°. A linha de costa neste local está alinhada a 26°. Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a baixar-mar ocorreu às 07:28 h com 0,2m e a preamar às 13:43 h com 1,3m, correspondendo a uma altura maré de 1,1 m.

O traçado do perfil mostra estoque de sedimentos significativo no prisma emerso, com cordão arenoso alcançando largura de aproximadamente 20 m. Identifica-se, no prisma emerso, uma berma bem definida e face com declividade mais baixa (**Figura 5-76**).

A zona submersa do perfil até a distância de 130 m apresenta uma espécie de terraço que fica parcialmente exposto na maré baixa. Em direção ao largo, o

terraço termina na forma de calha, a qual marca também o limite de um banco ou outra feição formada por concreções lateríticas da Formação Barreiras.



**Figura 5-76:** Perfil topográfico 6 de fevereiro de 2009 – JURONG.

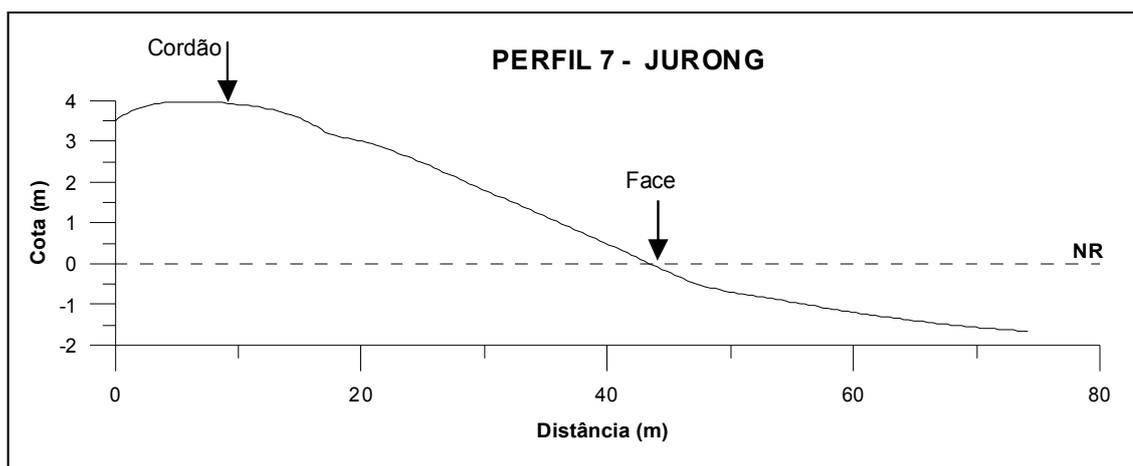
A morfologia da zona submersa, representada apenas por parte da antepraia superior, mostra uma topografia praticamente plana por onde se dá a dissipação das ondas em situação de maré baixa. Em situação de maré alta, dependendo da altura da onda, a praia poderá assumir características refletivas, reduzindo ou até mesmo eliminando a zona de surfe.

## Perfil 7

O levantamento deste perfil iniciou às 7:00h de 05/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,56m. Dez observações indicaram um período médio de 10,3 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de 146°. A linha de costa neste local está alinhada a 51°. Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a baixamar ocorreu às 07:28 h com 0,2m e a preamar às 13:43 h com 1,3m, correspondendo a uma altura maré de 1,1 m.

O perfil 7 é bem desenvolvido no prisma emerso, com largura aproximada do cordão 19 m e frente do perfil bastante pronunciada (**Figura 5-77**).

Apesar da pequena extensão do perfil, sua morfologia, declividade e profundidade do prisma submerso, alcançando cota de -1,65 m nos primeiros 30 m do antepraia, sugerem ausência de sistema banco e calha junto à face, e conseqüentemente uma praia com estado morfodinâmico refletivo com zona de surfe estreita ou inexistente até mesmo na maré baixa.

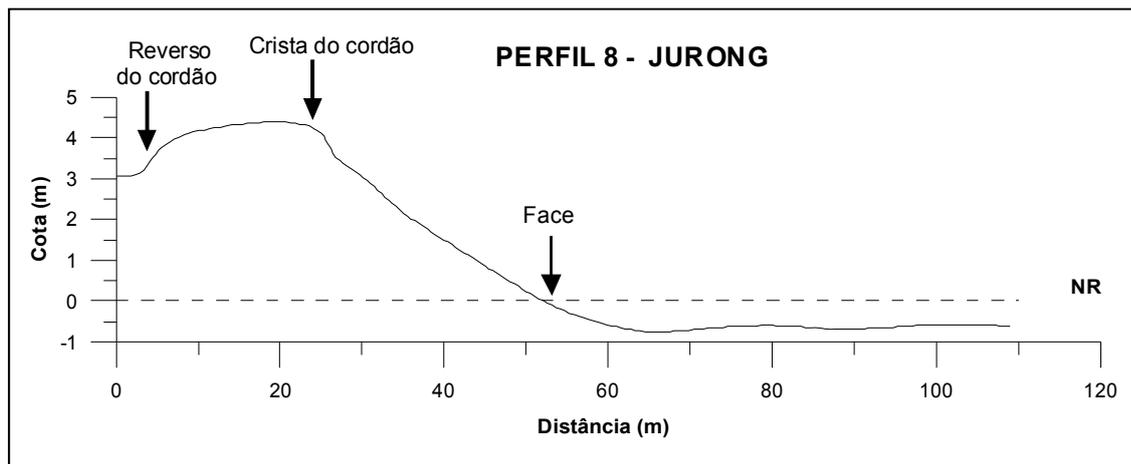


**Figura 5-77:** Perfil topográfico 7 de fevereiro de 2009 – JURONG.

## Perfil 8

O levantamento deste perfil iniciou às 16:30h de 04/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,65m. Dez observações indicaram um período médio de 13,9 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de 119°. A linha de costa neste local está alinhada a 06°. Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a preamar ocorreu às 13:00 h com 1,2m e a baixamar às 19:11 h com 0,3m, correspondendo a uma altura maré de 0,9 m.

O perfil 8 foi o mais desenvolvido no conjunto largura e altura do cordão arenoso e estoque de sedimento no perfil emerso. Este perfil alcançou aproximadamente 29 m de largura do cordão arenoso e 54 m de extensão do perfil emerso na maré baixa (**Figura 5-78**).



**Figura 5-78:** Perfil topográfico 8 de fevereiro de 2009 – JURONG.

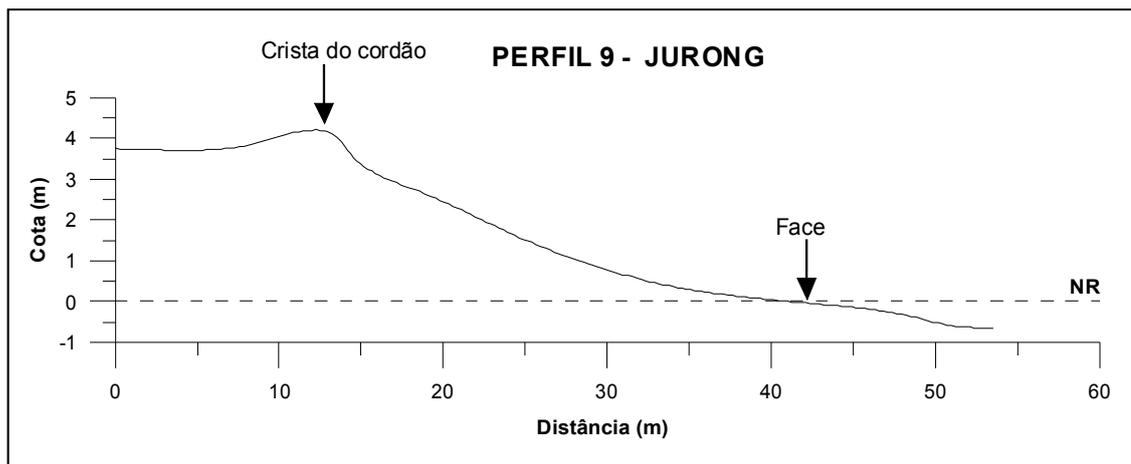
A morfologia do perfil e a declividade alta das feições berma e face ( $7,4^\circ$ ) apresentam certa continuidade no prisma submerso, onde nos primeiros 8 m da zona submersa a profundidade alcançou cota aproximada de -0,80 m. Mas, em direção ao largo, a antepraia assume uma topografia praticamente plana.

Tais características sugerem uma praia com estreita ou ausência de zona de surfe tanto em situações de maré baixa e alta, em condições de ondas baixas e moderadas, uma vez que a arrebentação das ondas provavelmente se dá próximo à face da praia, indicando uma praia com característica refletiva. Não foram registradas feições como banco nem calha neste perfil.

## Perfil 9

O levantamento deste perfil iniciou às 16:00h de 04/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,78m. Dez observações indicaram um período médio de 13,7 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de  $106^\circ$ . A linha de costa neste local está alinhada a  $21^\circ$ . Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a preamar ocorreu às 13:00 h com 1,2m e a baixamar às 19:11 h com 0,3m, correspondendo a uma altura maré de 0,9 m.

O perfil 9 apresentou desenvolvimento mediano do prisma emerso, com cordão de largura aproximada de 14 m; frente do perfil com concavidade voltada para o céu e face com topografia suave (**Figura 5-79**). No entanto, a zona submersa, mesmo muito pouco representada no perfil, ganhou profundidade, cerca de 0,70 m logo na transição da face para a antepraia, porém, com uma tendência morfológica de aspecto plano em direção ao largo.



**Figura 5-79:** Perfil topográfico 9 de fevereiro de 2009 – JURONG.

Em função da pouca representatividade do prisma submerso, sugere-se mais seguramente ao perfil 9 um estado morfodinâmico com características refletivas e/ou intermediárias dependendo da maré e da altura das ondas, como observado nos outros perfis ao longo da praia.

### Perfil 10

O levantamento deste perfil iniciou às 15:00h de 04/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,70m. Dez observações indicaram um período médio de 10,5 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de 354°. A linha de costa neste local está alinhada a 86°. Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a preamar ocorreu às 13:00 h com 1,2m e a baixamar às 19:11 h com 0,3m, correspondendo a uma altura maré de 0,9 m.

Seu cordão arenoso foi o mais baixo, mantendo uma largura bem próxima da média dos perfis que apresentaram menor desenvolvimento (perfis 2, 3, 10 e 11), ou seja, cerca de 10 m. O restante do prisma emerso apresentou formas mais recuadas e concavidade voltada para o céu, apesar disto as feições berma e face juntas apresentaram a declividade mais suave ao longo da praia, cerca de  $4,57^\circ$  (Figura 5-80).

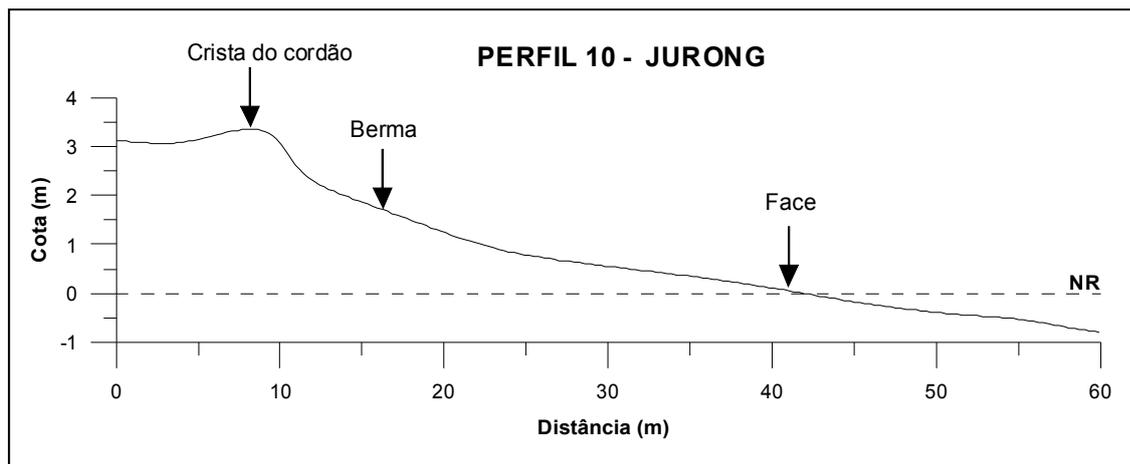


Figura 5-80: Perfil topográfico 10 de fevereiro de 2009 – JURONG.

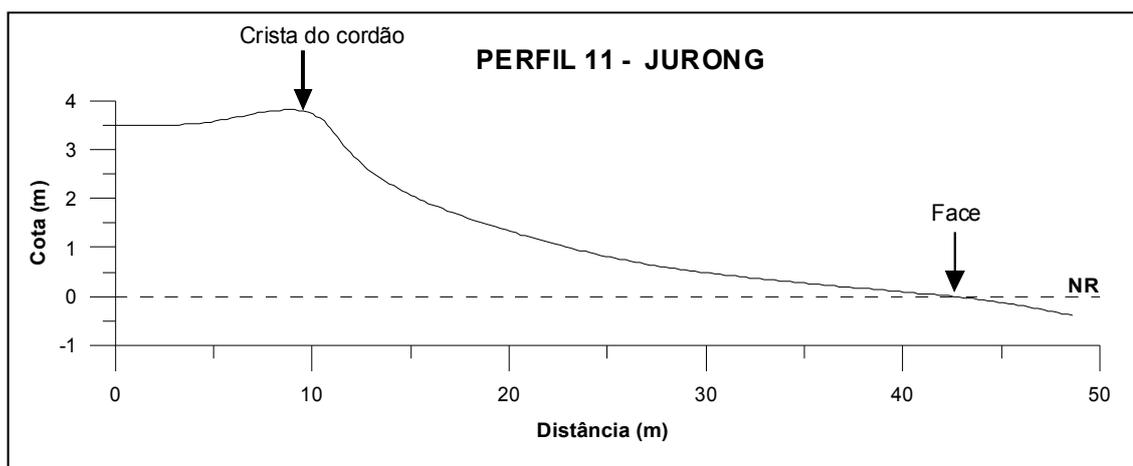
O prisma submerso, muito pouco representado no perfil, não demonstrou sinais de feições como banco e calha, pelo menos próximo à face da praia, o que sugere uma tendência de ganho de profundidade. As feições sugerem uma praia com estado refletivo a intermediário, conforme caracterizado na revisão bibliográfica.

## Perfil 11

O levantamento deste perfil iniciou às 14:00h de 04/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,68m. Dez observações indicaram um período médio de 11 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de  $128^\circ$ . A linha de costa neste local está alinhada a  $23^\circ$ . Segundo a Tábua de Marés do Terminal de

Barra do Riacho, a preamar ocorreu às 13:00 h com 1,2m e a baixar-mar às 19:11 h com 0,3m, correspondendo a uma altura maré de 0,9 m.

Este foi um dos perfis mais recuados e de menor desenvolvimento do cordão arenoso, alcançando cerca de 12 m de largura (**Figura 5-81**). A declividade das feições berma e face mostrou-se também mais suave, cerca de  $5,71^\circ$ , garantindo uma face praial mais ampla.



**Figura 5-81:** Perfil topográfico 11 de fevereiro de 2009 – JURONG.

## Perfil 12

O levantamento deste perfil iniciou às 13:30h de 04/06/09. Após seis observações visuais obteve-se altura média de onda de 0,73m. Dez observações indicaram um período médio de 11,8 segundos. Durante este levantamento, o azimute da direção de propagação das ondas, com arrebentação progressiva, era de  $133^\circ$ . A linha de costa neste local está alinhada a  $24^\circ$ . Segundo a Tábua de Marés do Terminal de Barra do Riacho, a preamar ocorreu às 13:00 h com 1,2m e a baixar-mar às 19:11 h com 0,3m, correspondendo a uma altura maré de 0,9 m.

As características do perfil 12 são mostradas na **Figura 5-82**. Em seu prisma emerso apresenta uma berma bem definida, provavelmente berma de tempestade. A descrição da morfologia e do aspecto morfodinâmico da antepraia

ficam limitados apenas aos poucos metros que o perfil topográfico avança na zona submersa.

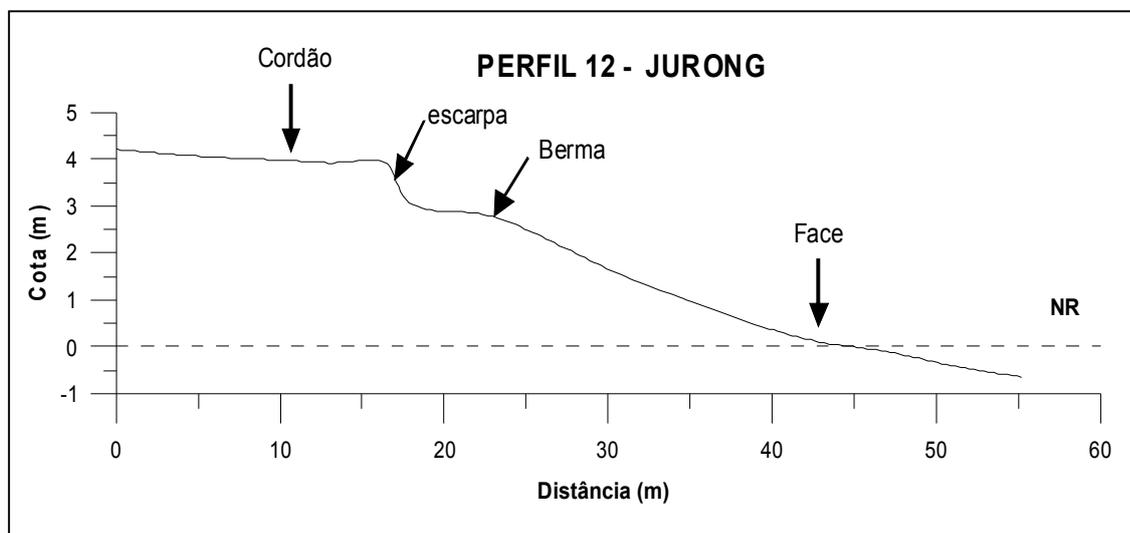


Figura 5-82: Perfil topográfico 12 de fevereiro de 2009 – JURONG.

#### 5.1.2.2.6 Síntese do diagnóstico físico do litoral

Conforme a classificação de Silveira (1964), a praia situada entre a Barra do Sahy e o Porto de Barra do Riacho, Aracruz –ES está inserida no segmento *Embaçamento de Tubarão* pertencente ao litoral Oriental brasileiro. Este segmento apresenta plataforma continental interna estreita recoberta por areia terrígena, cascalho e sedimentos carbonáticos (KOWSMANN & COSTA, 1979 *apud* MUEHE, 1998; MELO *et al.*, 1975 *apud* ALBINO *et al.*, 2006; ALBINO, 1999), cuja fixação e produção são sustentadas pelos terraços de abrasão da Formação Barreiras (ALBINO, 1999).

De acordo Martin *et al.* (1996), o litoral estudado é caracterizado pelo fraco desenvolvimento dos depósitos quaternários ao sopé das falésias da Formação Barreiras. Observam-se, ainda, locais com falésias vivas, planícies costeiras estreitas, costa recortada e canga ou couraça laterítica ao longo do litoral. Segundo ALBINO *et al.*, (2006), as praias deste litoral encontram-se em retrogradação devido ao pequeno aporte fluvial e à vulnerabilidade abrasiva das areias carbonáticas. Contudo, tal tendência erosiva não está atribuída às

variações recentes do nível relativo do mar, pois se trata de uma evolução geológica do litoral desde o Quaternário inferior (Martin *et al.*, 1997). No entanto, a intensa ocupação humana, realizada sem o conhecimento dos processos costeiros vem acelerando a tendência morfodinâmica natural apresentada pelas praias (ALBINO *et al.*, 2006).

Segundo Albino (1999), a plataforma continental interna do trecho em estudo apresenta rugosidades devido à presença das couraças lateríticas ferruginosas da Formação Barreiras. Estas feições encontram-se recobertas por construções carbonáticas e por fragmentos e areias bioclásticas grossas e muito grossas, que constituem a principal fonte de sedimentos para as praias adjacentes. Uma segunda fonte é representada pelas areias litoclásticas médias provenientes das descargas fluviais. As praias desta região apresentaram predominantemente areias litobioclásticas médias a grossas, com graus de seleção moderados e areias biolitoclásticas médias a finas.

Quanto à granulometria predominou entre as amostras areias médias, com tendência observada a partir dos perfis 7, 8 e 9 a apresentar também areias grossas, não excluindo a fração de areias finas. Sugerindo uma maior atividade dos forçantes hidrodinâmicos atuantes no sistema praial, que responde a essa energia atuante expondo material mais grosseiro.

Os perfis apresentaram cordão arenoso com altura relativamente baixa a moderada, de média 3,81 m, alcançando maior desenvolvimento no perfil 4, o qual apresentou altura máxima de 4,78 m e menor altura no perfil 10, alcançando 3,25 m. O desenvolvimento do cordão apresentou-se bastante variável ao longo da praia, ou seja, a largura do cordão variou aproximadamente de 8 m no perfil 2 a 29 m no perfil 8.

Apesar de alguns trechos apresentarem cordão arenoso relativamente largo, este litoral apresenta, segundo a revisão bibliográfica da área, baixo estoque de sedimentos, indicando, conseqüentemente, pouca disponibilidade de sedimento para o sistema praia-antepraia, principalmente nos trechos precedidos por

substrato sub-horizontal recoberto por concreções lateríticas na antepraia, como é a maior parte do trecho de praia onde será implantado o EJA.

É válido lembrar que os perfis 1, 2, 3, 6 e 8, os quais apresentaram antepraia com topografia plana na forma de terraço, foram os perfis que tiveram maior prolongamento em direção ao mar, ou seja, comprimento variando de 108,91 m no perfil 8 e 183,43 no perfil 2, enquanto o restante dos perfis obteve extensão em torno de 58 m.

Tais características morfológicas indicam uma praia com estado morfodinâmico refletivo podendo apresentar aspectos de estados intermediários em função da variação da maré e da altura das ondas, corroborando com a classificação de Albino *et al.* (2006), que afirma também que, neste tipo de litoral, a distribuição esparsa das couraças lateríticas da Formação Barreiras e a conseqüente menor dissipação das ondas incidentes pode intensificar o processo erosivo. O trecho praiado onde o EJA pretende se implantar apresenta feições que indicam retrogradação.

#### 5.1.2.2.7 Transporte de sedimentos longitudinal nas praias adjacentes

Na caracterização das ondas incidentes na região verifica-se um clima de ondas bi-modal em relação à direção de propagação, com predomínio de ondas do quadrante nordeste, seguido de ondas do quadrante sul. Também se verifica que ondas de sul, apesar das serem menos freqüentes, contêm altos níveis de energia. Nas distribuições sazonais de direção de propagação de ondas e de energia por direção observa-se que a energia das ondas de NE é predominante no verão e levemente predominante na primavera. No outono há leve predominância de ondas de SE-S e no inverno há dominância de energia de ondas vindas de SE e S.

Essa análise é fundamental para se compreender como se processa a movimentação longitudinal de sedimentos (ao longo do alinhamento da costa)

pela ação de ondas na área de estudo. Esses dados mostram que o trabalho realizado pelas ondas no transporte sólido ao longo do ano acontece ora no sentido de norte para sul, ora no sentido de sul para norte. Os dados mostram também que as ondas provenientes do setor sudeste, embora menos freqüentes, têm grande energia e, conseqüentemente, grande capacidade de transporte resultando num transporte sólido equivalente àquele realizado pelas ondas mais freqüentes de nordeste.

Essa conclusão pode ser corroborada pelas feições morfológicas da linha de costa nesse trecho de litoral, como ilustrado pelas imagens das **Figura 5-83**, **Figura 5-84**. Nestas verifica-se a forma aproximadamente simétrica dos depósitos sedimentares no entorno dos afloramentos rochosos.

A maior evidência do equilíbrio no transporte de sedimentos ao longo do ano neste trecho de litoral é o alinhamento da costa. Se houvesse qualquer desequilíbrio significativo no sentido de transporte de sedimentos de N→S ou de S→N, haveria nítida desigualdade na linha de costa na face sul do molhe sul do Porto de Barra do Riacho, que se encontra instalado há cerca de 30 anos. Entretanto, observa-se que a linha de costa segue um alinhamento sem descontinuidade exceto pela presença dos afloramentos rochosos e parcéis, o que só é possível com o transporte sólido equilibrado ao longo do ano. Essa é a prova mais contundente de que o transporte de sedimentos longitudinal residual nessa região tende a ser nulo.

Ressalta-se que o transporte de sedimentos na praia onde será instalado o estaleiro e nas praias adjacentes é de baixa intensidade, o que se deve principalmente ao abrigo promovido pelos parcéis e recifes. As Figuras 1 e 2, apesar de cobrirem poucos anos, indicam que não há tendência de modificação das praias por transporte longitudinal, e que os arcos praias encontram-se estabilizados.

Os resultados da modelagem da propagação de ondas mostram que as obras do estaleiro não alteram significativamente o padrão das ondas que atingem as

---

praias em seu entorno, assim o transporte de sedimentos nestas praias, que é condicionado pelas ondas, caso aconteça, também não produzirá alteração significativa.

Para aumentar a segurança a respeito desta análise, é proposto um Programa de Monitoramento de Praias para avaliar se haverá alguma modificação nas praias adjacentes.



**Figura 5-83:**Imagens aéreas do trecho do litoral entre o molhe sul do Porto de Barra do Riacho e Barra do Sahy. À esquerda Novembro/2005. (Fonte: Google Earth) e à direita Maio/2008 (Fonte: IEMA).



**Figura 5-84:** Imagens aéreas do trecho do litoral entre o molhe sul do Porto de Barra do Riacho e Barra do Sahy. À esquerda Janeiro/2006 (Fonte: Google Earth) e à direita Maio/2008 (Fonte: IEMA).

### 5.1.2.3 Modelagem hidrodinâmica e transporte de sedimentos

Os modelos utilizados no desenvolvimento dos trabalhos fazem parte do **SisBaHiA<sup>®</sup> - Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental**. O SisBaHiA<sup>®</sup> é um sistema profissional de modelos computacionais registrado pela Fundação Coppetec, órgão gestor de convênios e contratos de pesquisa do COPPE/UFRJ - Instituto Aberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Novas versões do SisBaHiA<sup>®</sup> têm sido continuamente implementadas no COPPE/UFRJ desde 1987, com ampliações de escopo e aperfeiçoamentos feitos através de várias teses de mestrado e doutorado, além de projetos de pesquisa. O sistema tem sido adotado em dezenas de estudos e projetos envolvendo modelagem de corpos de água naturais. Maiores detalhes técnicos sobre o SisBaHiA<sup>®</sup> podem ser obtidos em consulta à página [www.sisbahia.coppe.ufrj.br](http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br). Em linhas gerais, na versão atual, o SisBaHiA<sup>®</sup> contém:

1. **Modelo Hidrodinâmico:** é um modelo de circulação hidrodinâmica 3D ou 2DH otimizado para corpos de água naturais nos quais efeitos de densidade variável possam ser desprezados. Resultados podem ser tanto 3D quanto 2DH, dependendo dos dados de entrada. “Otimizado” é usado no sentido de um modelo planejado para ótima representação de escoamentos em domínios naturais com geometria complexa. Processos de calibração são minimizados devido a fatores como: discretização espacial via elementos finitos quadráticos e transformações, permitindo ótimo mapeamento de corpos de água com linhas de costa e batimetrias complexas, campos de vento e atrito do fundo podendo variar dinamicamente no tempo e no espaço, e modelagem de turbulência multi-escala baseada em Simulação de Grandes Vórtices (*LES*).
2. **Modelo de Transporte Euleriano:** é um modelo de uso geral para simulação de transporte advectivo-difusivo com reações cinéticas de escalares dissolvidos ou partículas em suspensão na massa d’água. O modelo pode ser aplicado a escoamentos 2DH, ou em camadas selecionadas de escoamentos

3D. O modelo simula processos de decaimento ou produção por reações cinéticas internas e processos de decaimento por sedimentação.

3. **Modelos de Qualidade de Água e Eutrofização:** trata-se de um conjunto de modelos de transporte Euleriano, para simulação acoplada de até 11 parâmetros de qualidade de água e indicadores de eutrofização: sal, temperatura, OD-DBO, nutrientes compostos de nitrogênio e de fósforo e biomassa. Tais modelos podem ser aplicados para escoamentos 2DH, ou em camadas selecionadas de escoamentos 3D.

4. **Modelo de Transporte Lagrangeano - Determinístico:** é um modelo de uso geral para simulação de transporte advectivo-difusivo com reações cinéticas, para camadas selecionadas de escoamentos 3D ou 2DH. Este modelo é especialmente adequado para simulações de vários tipos de problemas, por exemplo:

- Plumas de emissários ou pontos de lançamento de efluentes ao longo da costa. Permite a simulação de plumas de esgoto com vazões variáveis e taxas de decaimento (T90) variáveis de acordo com época do ano, horas do dia, condições de cobertura de nuvens, etc.
- Derrames de óleo, instantâneos ou por período definido. No caso o modelo pode seguir as mesmas curvas de balanço de massa do ADIOS2, e pode incluir efeitos da dinâmica de Fay na fase inicial do derrame.
- Mistura de massas de água, tempos de troca e renovação de massas de água entre diferentes setores de um corpo de água.
- Transporte de detritos flutuantes, inclusive óleos e graxas.
- Determinação de tempos de residência em corpos de água naturais, permitindo obter mapas de isolinhas de tempos de residência em diferentes setores de corpos de água com geometria complexa.
- Determinação de tendências de deriva de sedimentos, substâncias dissolvidas ou particulados flutuantes.
- Determinação de correntes residuais lagrangeanas.
- O modelo permite optar por transporte livre ou condicionado. Modelagens com transporte condicionado são especialmente úteis em análises de processos sedimentológicos. O transporte pode ser condicionado por

valores mínimos de velocidade, ou de tensão no fundo exercida só por correntes, ou de tensão no fundo exercida conjuntamente por ondas e correntes.

- O Modelo Lagrangeano permite a utilização de praticamente qualquer tipo de reação cinética de decaimento ou produção do contaminante sendo modelado, inclusive através de curvas de decaimento fornecidas através de tabelas e valores. Pode-se também simular processos de perda de massa por sedimentação.

5. **Modelo de Transporte Lagrangeano - Probabilístico:** acoplado ao modelo anterior, permite obtenção de resultados probabilísticos computados a partir de  $N$  eventos ou de resultados ao longo de um período de tempo  $T$ . Exemplos de resultados: probabilidade de toque no litoral, probabilidade de passagem (ou de visita) de manchas ou plumas contaminantes, probabilidade de passagem de manchas ou plumas com concentração acima de um valor limite, probabilidade de passagem com tempo de vida inferior a um limite dado, etc.
6. **Modelos de Transporte de Sedimentos:** são modelos que podem funcionar acoplados ou não a modelos hidrodinâmicos. Modelos acoplados permitem análises de evolução morfodinâmica do fundo. Atualmente quatro formulações para cálculo de transporte sólido estão disponíveis: Van Rijn. Meyer-Peter Müller; Nielsen e Engelund-Hansen.
7. **Modelo de Geração de Ondas:** é um modelo para geração de ondas por campos de vento permanentes ou variáveis. O modelo determina se a geração de ondas será limitada pela pista ou pela duração do vento. O modelo permite calcular, ao longo do tempo, a distribuição espacial no domínio de parâmetros do clima de ondas gerado tais como: alturas significativas e médias quadráticas, períodos de pico, tensões oscilatórias no fundo devido a ondas, etc.
8. **Modelo de Propagação de Ondas:** trata-se de um programa de propagação de ondas monocromáticas, ou espectros de ondas, com efeitos de refração, difração, dissipação e arrebentação. O programa implementado no SisBaHiA<sup>®</sup> é similar ao conhecido REFDFIF.

9. **Módulo de Análise & Previsão de Marés:** através deste módulo pode-se realizar análises harmônicas de registros de níveis ou correntes para obtenção das constantes. Com o módulo de Previsão, fornecendo as constantes harmônicas de níveis ou de correntes, faz-se previsões de valores em séries temporais a intervalos definidos pelo usuários, bem como de séries de máximos e mínimos entre uma data inicial e uma final especificadas pelo usuário. Os algoritmos de Análise e Previsão adotados são os mesmos empregados pelo *The Global Sea Level Observing System* (GLOSS), que é um projeto internacional patrocinado pela *Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology* (JCOMM), *World Meteorological Organisation* (WMO) e pela *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC).

10. **Ferramentas diversas** - tais como:

- Gerente de Animações: produz animações mostrando os resultados em forma dinâmica.
- Inquiridor de banco de dados: para buscar informações na base de dados dos modelos desenvolvidos através de ferramenta de consulta, integrada na interface, programável em SQL.
- Conversor de tempo entre dados: a partir de uma série temporal com dados em intervalos T1, produz outra série com dados em intervalo T2.
- Cópia de malhas e modelos, mudança de escala, etc.

11. **Interface de trabalho:** Todos os modelos são integrados em uma interface de trabalho amigável. Muitos tipos de saídas gráficas, inclusive animações, podem ser geradas com modelos rodando. Várias ferramentas de edição de malha são disponíveis na interface. A interface interage diretamente com os seguintes programas comerciais:

- a. *Argus One*: programa para geração e edição de malhas de elementos finitos diretamente importáveis pelo SisBAHIA<sup>®</sup>. Para detalhes sobre o *Argus One* acesse [www.argusone.com](http://www.argusone.com), onde pode-se adquirir o programa e baixar versão demo que funciona com limitações.

- b. *Grapher* e *Surfer*. programas usados pelo SisBAHIA® para apresentação de resultados em gráficos e mapas. O SisBAHIA® funciona melhor com as últimas versões *Grapher-8* e *Surfer-9*. As versões anteriores também funcionam, mas podem ocorrer imperfeições em alguns casos, especialmente em versões mais antigas que o *Grapher 7* ou o *Surfer 8*.

**12. Manual de uso:** O SisBaHiA® dispõe de um detalhado manual de uso, mostrando passo a passo como implementar malhas e modelos. O manual está continuamente sendo ampliado, e pode ser consultado diretamente pela Internet.

#### 5.1.2.3.1.1 Formulação e confiabilidade dos modelos

Amplios detalhes técnicos sobre o funcionamento do SisBaHiA® podem ser vistos através da Internet no sítio [www.sisbahia.coppe.ufrj.br](http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br). Uma vez na página, no item “O que é?”, encontra uma descrição geral do sistema, que inclui o subtítulo “Atributos do SisBaHiA®”, onde se discute a confiabilidade geral dos modelos.

A confiabilidade dos modelos também pode ser inferida pela ampla lista, com dezenas de projetos realizados já executados com o sistema, veja o item “Aplicações-Projetos” no sítio [www.sisbahia.coppe.ufrj.br](http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br). No item “Referência Técnica”, baixa-se a documentação técnica, com todos os detalhes da formulação matemática e numérica dos modelos do sistema, bem como sobre a imposição de condições de contorno.

#### 5.1.2.3.1.2 Sobre desenvolvimento dos modelos

Para desenvolvimento dos modelos foi criada uma base de dados com os dados fornecidos. A estratégia geral do SisBaHiA<sup>®</sup> é fundamentada em bases de dados, e objetiva dar confiabilidade e facilidade de manipulação de dados e resultados aos usuários. O SisBaHiA<sup>®</sup> adota um sistema de base de dados, no qual cadastros em níveis de maior número são vinculados aos de menor, da seguinte forma:

1. **Base de Dados Selecionada:** seleciona-se a Base de Dados pertinente ao caso de interesse através da interface do SisBaHiA<sup>®</sup> dentre as muitas que podem ter sido criadas. Novas bases podem ser facilmente criadas quando necessário pela interface do SisBaHiA<sup>®</sup>.
2. **Projeto de Modelagem Selecionado:** seleciona-se através da interface do SisBaHiA<sup>®</sup> o Projeto de Modelagem desejado dentre os muitos que podem ter sido criados na Base de Dados Selecionada. Novos Projetos de Modelagem podem ser facilmente criados e inseridos na Base de Dados Selecionada, através da interface do SisBaHiA<sup>®</sup>.
3. **Domínio & Malha Selecionado:** seleciona-se diretamente na interface do SisBaHiA<sup>®</sup> o domínio e respectiva malha de discretização desejados dentre os muitos que podem ter sido criados dentro do Projeto de Modelagem Selecionado. Novos Domínios & Malhas podem ser implementados quando necessário através da interface do SisBaHiA<sup>®</sup>, e ferramentas de discretização associadas.
4. **Modelo Hidrodinâmico e Modelo de Geração de Ondas Selecionado:** seleciona-se diretamente através da interface do SisBaHiA<sup>®</sup> o Modelo Hidrodinâmico ou o Modelo de Geração de Ondas representativo do cenário de interesse, dentre os muitos que podem ter sido montados e associados com o Domínio & Malha de interesse. Cada cenário de interesse com suas condições de contorno e forçantes próprios terá seu respectivo modelo hidrodinâmico e modelo de geração de ondas. A mesma malha de um domínio pode ser usada para tantos modelos hidrodinâmicos 2DH ou 3D, ou modelos de geração de ondas que se queira montar. Novos

modelos hidrodinâmicos ou de geração de ondas associados a qualquer Domínio& Malha existentes podem ser facilmente criados e montados quando necessário através da interface do SisBaHiA®.

5. **Modelo de Transporte Selecionado:** selecionados dentre os muitos que podem ter sido montados e associados com um Modelo Hidrodinâmico Selecionado. Novos modelos de transporte podem ser facilmente criados e montados quando necessário, via interface do SisBaHiA®. O SisBaHiA® oferece os seguintes tipos de modelos de transporte:
  - I. **Modelo de Transporte Euleriano** para escalar genérico.
  - II. **Modelos de Qualidade de Água e Eutrofização**, i.e., modelos de transporte Euleriano interligados para escalares representando de parâmetros de qualidade de água com reações cinéticas com sinergia. No caso, os modelos de transporte de sal e calor podem funcionar acoplados a modelos hidrodinâmicos dependendo se gradientes baroclínicos são considerados.
  - III. **Modelos de Transporte Lagrangeano** determinísticos e probabilísticos.
  - IV. **Modelos de Transporte de Sedimentos** que podem funcionar acoplados ou não a modelos hidrodinâmicos. Modelos acoplados permitem análises de evolução morfodinâmica do fundo.
  
6. **Modelo de Propagação de Ondas:** seleciona-se diretamente na interface do SisBaHiA® o modelo de propagação de ondas desejado. Por usar discretização automática via grade de diferenças finitas, a partir do nível 2, tal modelo segue outra linha de hierarquia. Novos Modelos de Propagação de Ondas podem ser implementados quando necessário através da interface do SisBaHiA®, e ferramentas de discretização associadas.

A estrutura de base de dados explicita a interdependência existente entre malhas e modelos associados. Fica claro assim porque a solicitação de simulação de um novo caso de transporte de um escalar, por vezes, pode requerer muito trabalho prévio, e.g., uma nova modelagem hidrodinâmica ou até o desenvolvimento de uma nova malha. Como se vê na estrutura descrita acima, os modelos de

transporte estão no último nível na hierarquia de modelagem, e o volume de trabalho aumenta com a necessidade de incluir desenvolvimentos nos níveis anteriores.

#### 5.1.2.3.1.3 Sobre calibração de modelos

A confirmação de que os modelos representam os fenômenos que ocorrem na natureza é obtida através de um processo denominado calibração, no qual se compara, através de um processo iterativo seguido de ajustes, valores medidos e valores computados. O processo de calibração é explicado na seção seguinte.

Destaca-se que, mesmo quando não se dispõe de dados medidos na forma ideal para permitir a realização de um procedimento abrangente de calibração, os modelos do SisBaHiA<sup>®</sup> tem mecanismos de auto calibração que permitem obtenção de resultados confiáveis. Porém, deve-se enfatizar que a confiabilidade depende fortemente da validade dos dados de entrada. Tipicamente na utilização do SisBaHiA<sup>®</sup> obtêm-se:

- a) Coerências entre valores reais e valores computados de níveis de água são em geral melhores que 90%. Após calibração é usual que sejam superiores a 95%.
- b) Coerências entre valores reais e valores computados de velocidade e direção de correntes são usualmente melhores que 70%. Após calibração é comum ter-se coerências superiores a 90%.
- c) Coerências entre valores reais e valores medidos de concentração de contaminantes ou parâmetros de qualidade de água são semelhantes às verificadas para velocidade e direção de correntes. Como os modelos de transporte de contaminantes recebem como dados de entradas os resultados de níveis e correntes dos modelos hidrodinâmicos, a confiabilidade dos modelos de transporte é intrinsecamente função da qualidade dos resultados hidrodinâmicos.

Para atingir tais coerências é necessário atender às seguintes condições:

1. Garantir que a geometria do corpo de água implementada no sistema de modelos esteja correta, e seja condizente com a existente na época de medição de níveis e correntes. Discrepâncias em dados de batimetria e contornos são freqüentes causas de diferenças entre valores medidos e valores computados.
2. Garantir que os forçantes dos escoamentos, e.g. curvas de maré, ventos e vazões fluviais, estejam corretamente implementados no sistema de modelos, e sejam condizentes com os existentes na época de medição de níveis e correntes. Erros na especificação dos forçantes dos escoamentos são freqüentes causas de diferenças entre valores medidos e valores computados.
3. Garantir que as intensidades das fontes contaminantes e os parâmetros das reações cinéticas tenham sido corretamente fornecidos ao sistema de modelos, e sejam condizentes com os existentes na época de medição de concentrações. Erros na especificação de intensidades de fontes e parâmetros de reações cinéticas são freqüentes causas de diferenças entre valores medidos e valores computados.

Em resumo, a calibração de modelos de hidrodinâmica ambiental é um processo que deve obedecer à seguinte ordem:

Nível 1. **Calibração geométrica:** aferir se a modelagem digital do terreno do domínio de modelagem, feita através da malha de discretização, representa adequadamente os contornos e a batimetria da região de interesse. Para isso, é necessário que haja dados de levantamentos topohidrográficos recentes.

Nível 2. **Calibração hidrodinâmica:** aferir se os modelos hidrodinâmicos representam adequadamente a variação de níveis de água e correntes na região de interesse, sob diferentes condições, e.g., marés de sizígia e de quadratura, ventos e vazões. Para isso é necessário que, além da boa modelagem digital do terreno, haja informações corretas sobre os

forçantes da circulação hidrodinâmica, tais como ventos, marés e vazões afluentes.

Nível 3. **Calibração de qualidade de água:** aferir se os modelos de transporte de escalares, usando as correntes e níveis dos modelos hidrodinâmicos, são capazes de representar adequadamente as concentrações de parâmetros de qualidade de água ao longo do tempo. Para isso, é necessário que, além das correntes e níveis, haja informações corretas sobre fontes poluentes e sobre taxas de reação de parâmetros não conservativos, e.g. OD, DBO e coliformes termotolerantes.

#### 5.1.2.3.1.4 Modelagem Hidrodinâmica

A modelagem hidrodinâmica (correntes) é descrita nesta seção, com detalhamento da metodologia e resultados obtidos.

#### 5.1.2.3.1.5 Dados coletados

Descrevem-se nesta seção os dados coletados e apresentam-se gráficos ilustrando aqueles que foram adotados nos modelos.

#### 5.1.2.3.1.6 Dados de maré

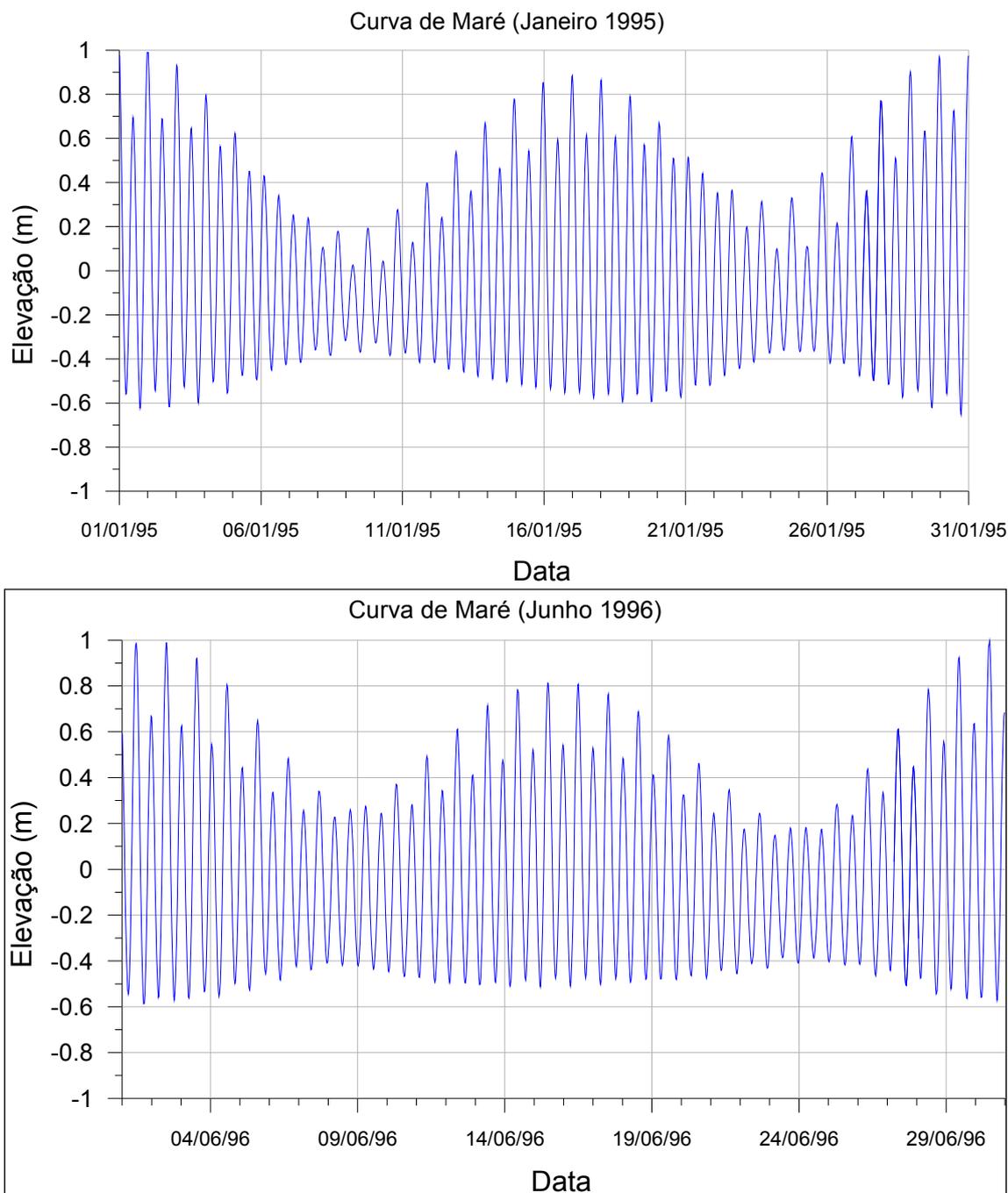
A variação do nível do mar na região foi modelada através de curvas de maré sintéticas geradas para coincidir com as datas dos dados de correntes e ventos disponíveis. As constantes harmônicas utilizadas para geração de curvas sintéticas de maré são as da Estação Maregráfica de Barra do Riacho (PORTOCEL) - ES, fornecidas em FEM (2000), conforme listadas na **Tabela 5-24**, em ordem decrescente de amplitude.

**Tabela 5-24:** Principais constantes harmônicas de Barra do Riacho.

Nome	Período (s)	Amplitude (m)	Fase (rad)
M2	44714.16493590	0.4510	1.8675
S2	43200.00000000	0.2180	1.6581
MSf	1275721.38796100	0.1060	1.1170
O1	92949.62999305	0.0890	2.0769
N2	45570.05368141	0.0710	2.0420
K1	86164.09076147	0.0610	2.5831
K2	43082.04523752	0.0590	1.6581
Q1	96726.08402232	0.0290	1.5010
Mm	2380713.13747600	0.0240	5.6025
P1	86637.20458000	0.0200	2.5831
V2	45453.61588091	0.0140	2.0420
L2	43889.83274041	0.0140	2.3213
T2	43259.21710970	0.0130	1.6581
μ2	46338.32748471	0.0100	2.1293
2N2	46459.34813490	0.0090	2.1991
MO3	30190.69069213	0.0090	1.0647
OO1	80301.86711073	0.0080	1.1694
M3	29809.44292906	0.0070	3.0369
M4	22357.08219679	0.0060	2.1991
M1	89399.69409163	0.0050	2.1991
MK3	29437.70387654	0.0030	1.7628
MN4	22569.02607322	0.0030	2.1991
MS4	21972.02140437	0.0030	1.3439
J1	83154.51636848	0.0020	1.0821
SN4	22176.69402456	0.0010	1.7104

Fonte: DHN

Para as simulações apresentadas, utilizou-se como condição de contorno de elevação do nível do mar as curvas de maré apresentadas na **Figura 5-85**, geradas com as constantes listadas na **Tabela 5-24**. O nível de referência usado na **Figura 5-85** foi o NMM (Nível Médio do Mar).



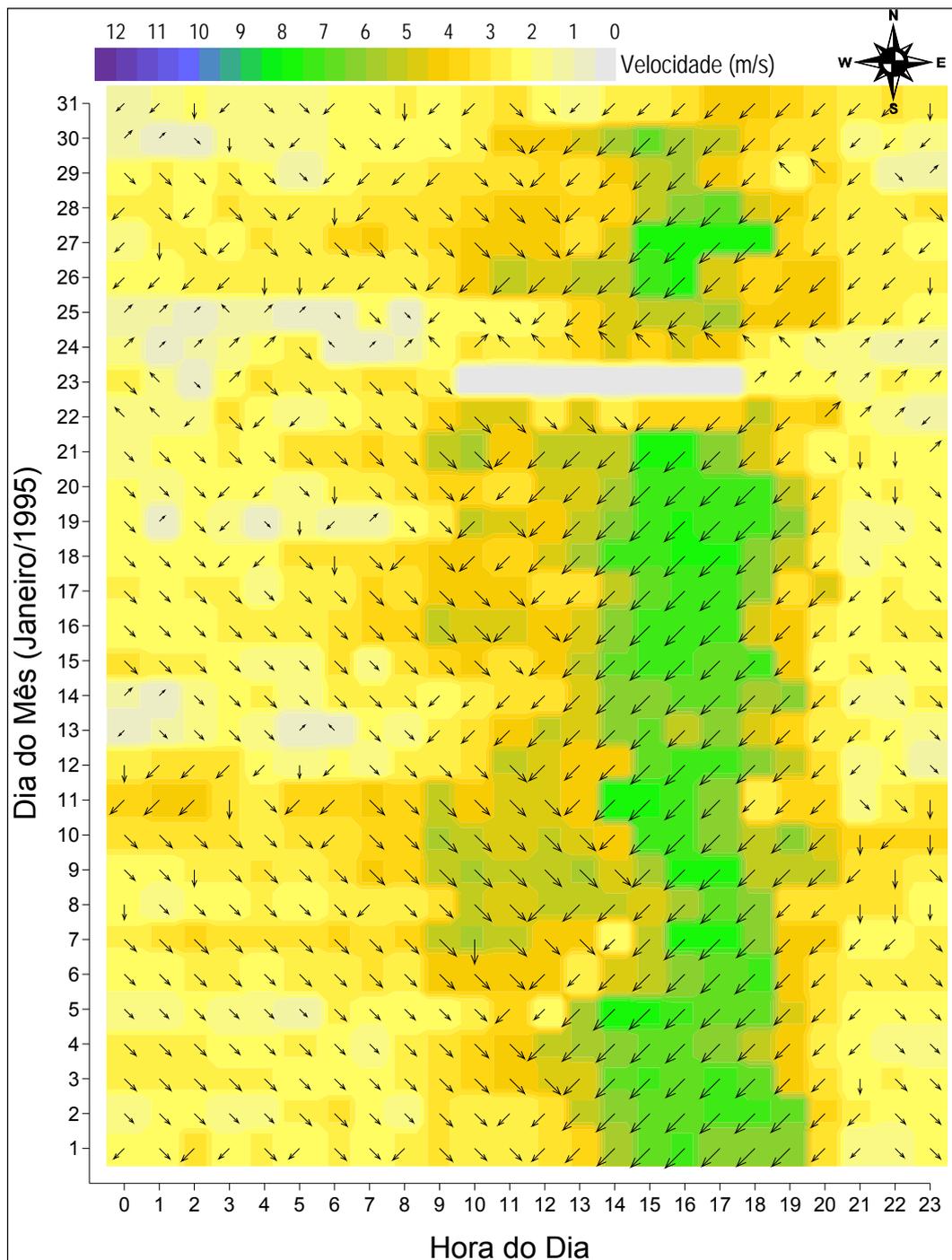
**Figura 5-85:** Curvas de maré em relação ao NMM geradas com as constantes listadas na Tabela 1, e que são utilizadas nas simulações. Apresentam-se as marés de Janeiro/95 e Junho/96, representativas de condições de verão e inverno respectivamente.

#### 5.1.2.3.1.7 Dados de vento

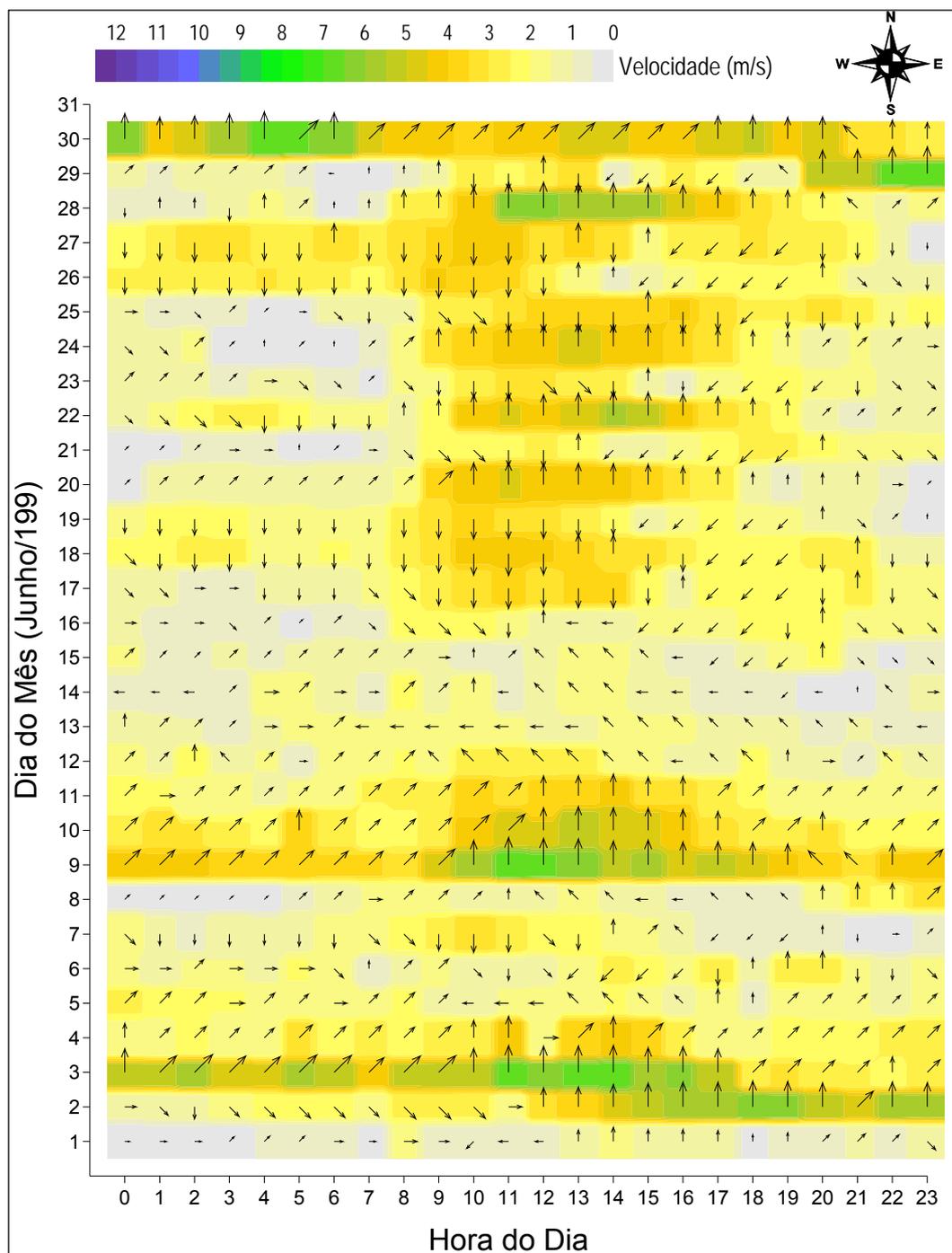
Os ventos, relativamente intensos e freqüentes que sopram sobre a região assumem, na maior parte do tempo, direção do quadrante N (55%). Durante a ocorrência de frentes frias, ocorre uma completa alteração na direção dos ventos, que passam a vir do quadrante S (40% do tempo). Este comportamento tem significativa influência na dinâmica da região costeira, por isso é muito importante considerá-lo corretamente nas simulações computacionais. Em monitoramentos realizados nas proximidades do Emissário da Aracruz Celulose, foi observado que as correntes são provenientes principalmente do quadrante N, fluindo aproximadamente paralelas à linha de costa, e que ocorre a inversão da direção das correntes em função da ocorrência de frentes frias. Quando a intensidade dos ventos não é suficiente para promover a total inversão das correntes, tendem a diminuir sua intensidade (CEPEMAR, 1999).

Os dados utilizados compõem uma série temporal de medições de velocidade e direção do vento. Nos dados fornecidos, a direção do vento varia em intervalos discretos de 45°, e está referenciada ao Norte verdadeiro. A **Figura 5-86** e a **Figura 5-87** mostram os padrões de vento considerados como típicos de verão e de inverno.

Destaca-se que, como os ventos foram medidos em estação terrestre, os ventos incorporados ao modelo foram corrigidos, levando-se em conta a proximidade da estação de medição com o domínio modelado.



**Figura 5-86:** Séries temporais de vento tipificando situação de verão - Janeiro/95.



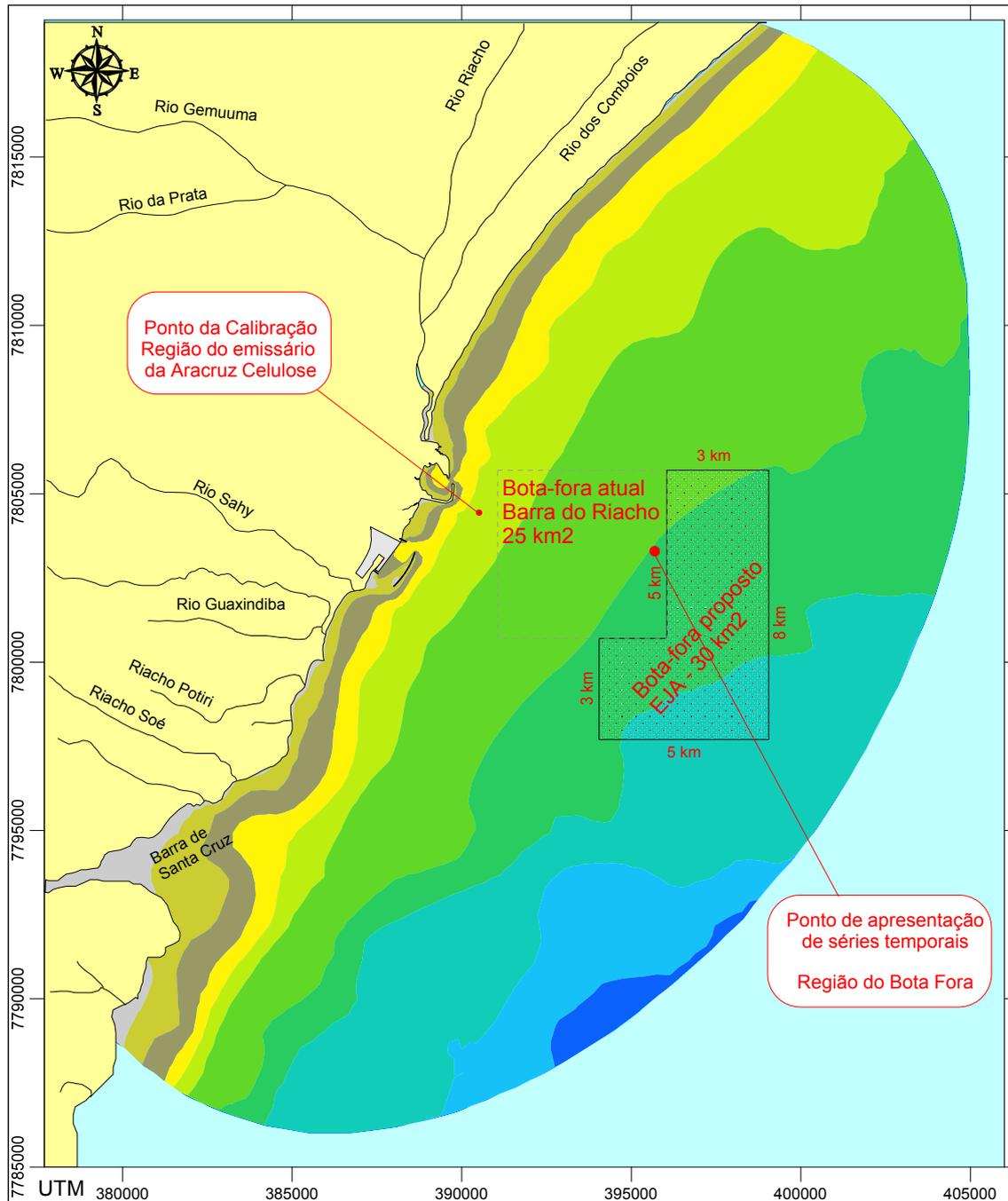
**Figura 5-87:** Séries temporais de vento tipificando situação de inverno - Junho/96.

#### 5.1.2.3.1.8 Dados de batimetria

A batimetria do domínio modelado mostrada na Figura 4 foi obtida das Cartas Náuticas da Marinha do Brasil 1400, 1402 e 1420 (inclusive a toponímia), além

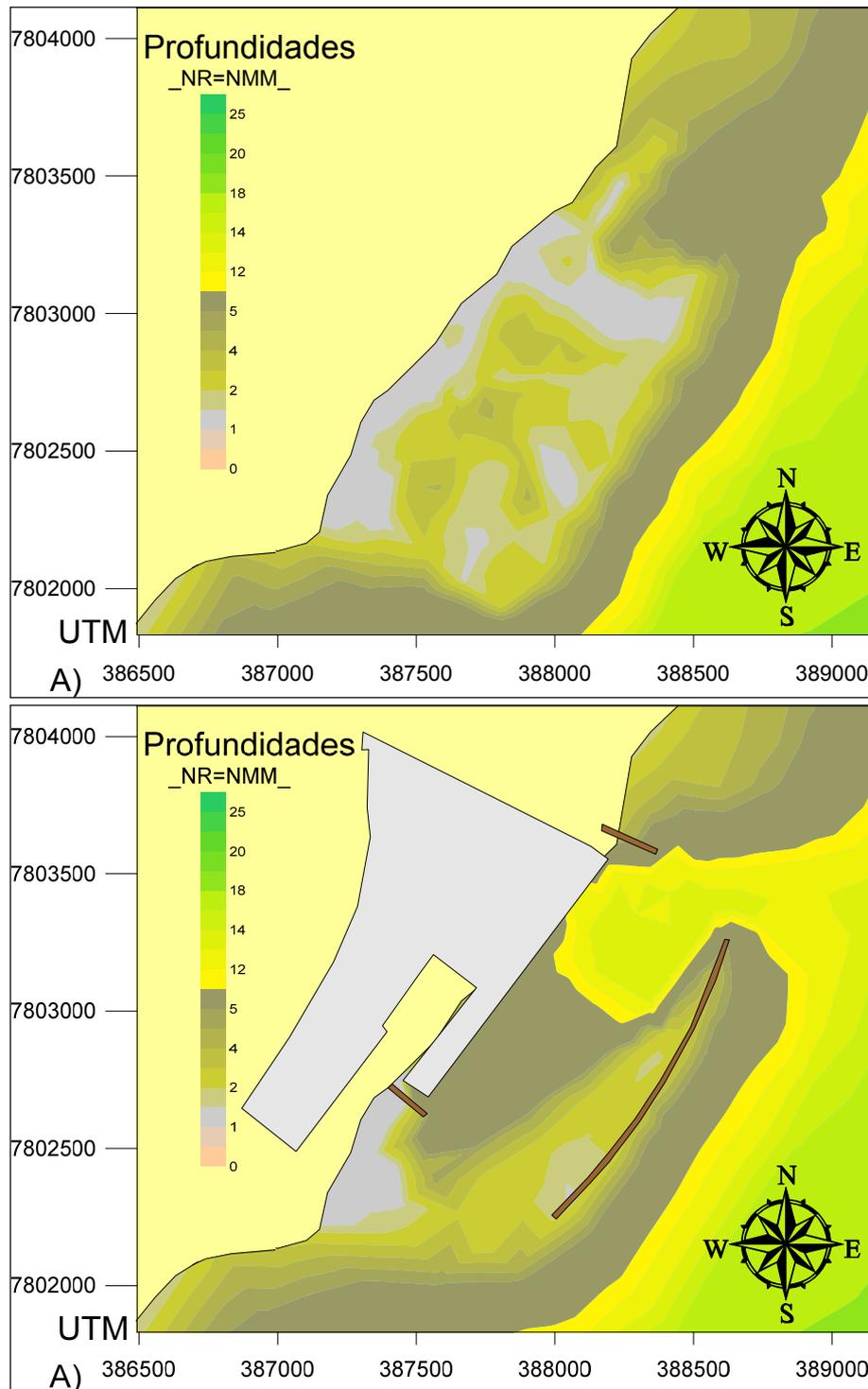
dos dados batimétricos fornecidos pela Umisan (2009) e dos dados batimétricos levantados para a caracterização do bota-fora proposto.

A **Figura 5-88** apresenta também a localização do bota-fora atual de Barra do Riacho e a proposição do bota-fora para o EJA.



**Figura 5-88:** Domínio de modelagem com batimetria considerada – Situação projetada. Os eixos mostram coordenadas UTM (WGS 84).

Na **Figura 5-89** apresenta-se em detalhe a batimetria considerada na modelagem, na situação atual e na situação projetada, com as mudanças batimétricas referentes à instalação de canal de acesso, bacia de evolução e cais.



**Figura 5-89:** Batimetria considerada na modelagem. A) situação atual. B) situação projetada.

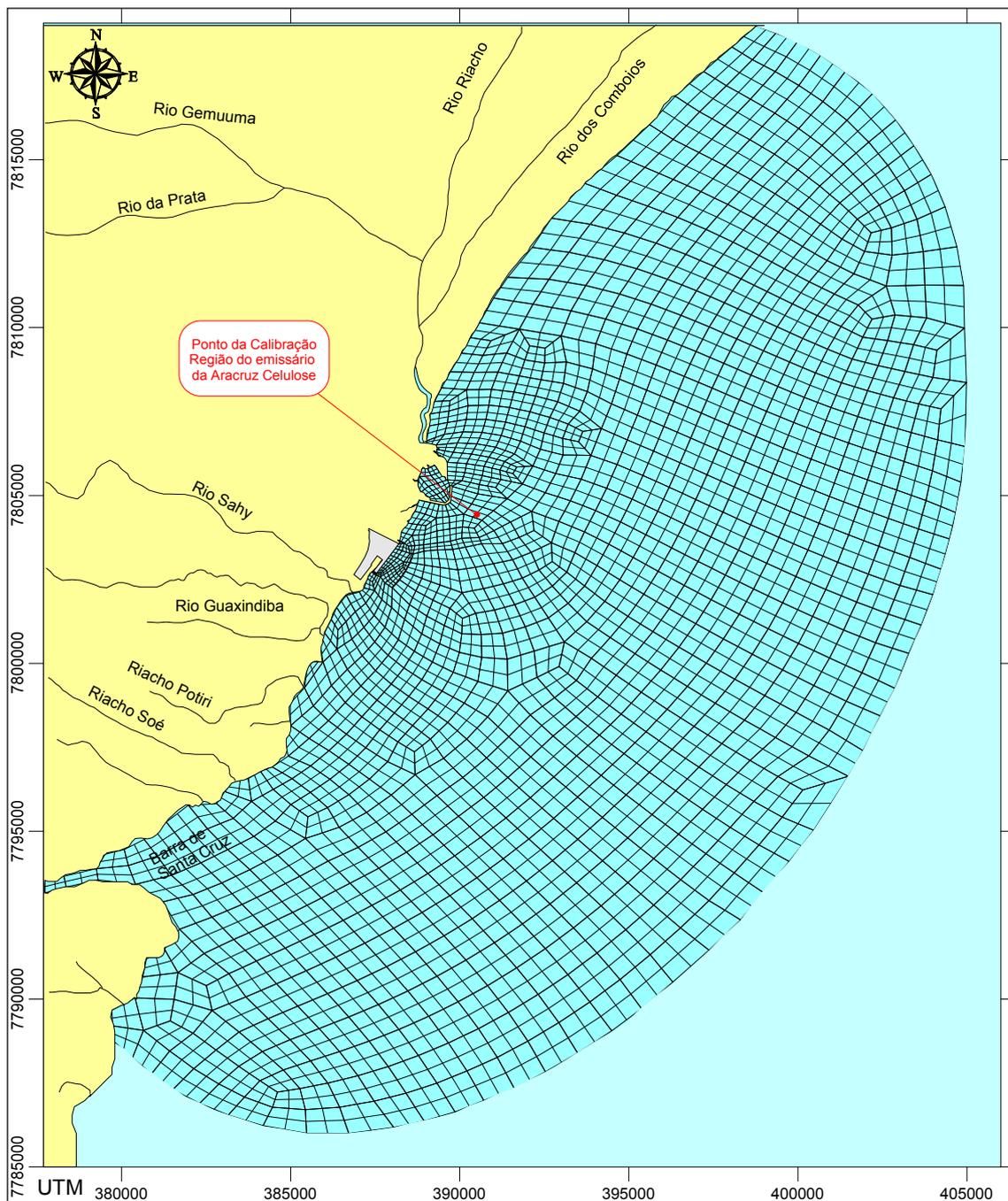
#### 5.1.2.3.1.9 Domínio modelado

O domínio modelado (**Figura 5-88**) foi discretizado tridimensionalmente através de pilhas de 21 malhas de elementos finitos biquadráticos (**Figura 5- 90**). Foram elaboradas duas malhas, uma para a situação atual e outra para a situação projetada, considerando espigões, quebra-mar e dragagem projetados. As duas malhas diferem principalmente pela discretização na região de implantação do EJA (detalhe na **Figura 5-91**).

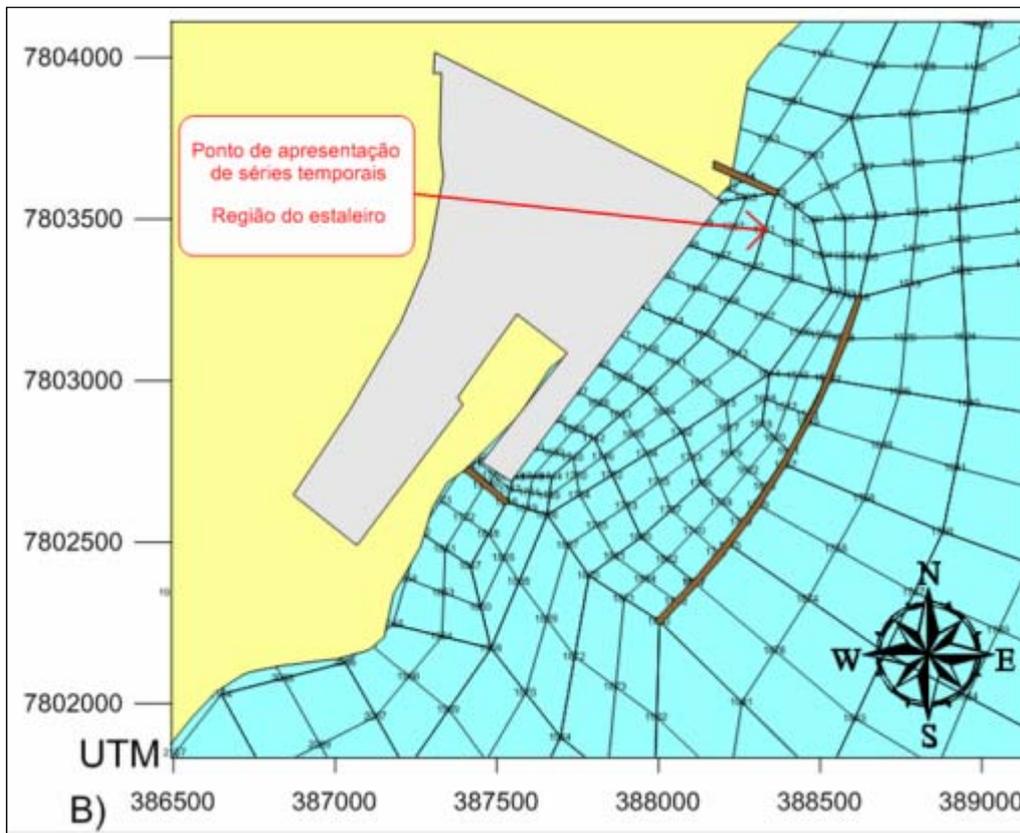
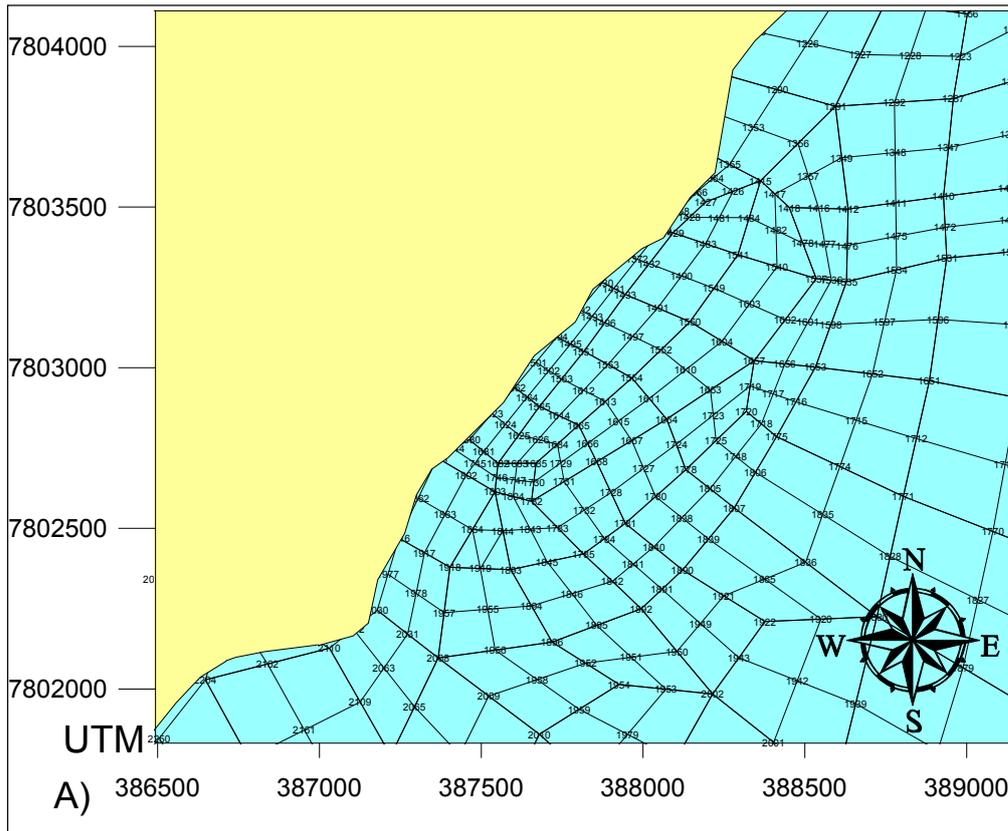
O ponto de calibração indicado na **Figura 5-92** corresponde ao local onde foram medidas as séries temporais de corrente (Cepemar, 1999) que foram utilizadas na calibração e montagem de cenários.

Visto de cima, como apresentado na **Figura 5- 90**, a malha da situação atual na superfície livre contém 768 elementos finitos quadrangulares quadráticos e 1 elemento triangular quadrático, com 3.230 nós em planta, representando colunas de água na vertical. Em cada nó a coluna de água foi discretizada em 21 níveis, totalizando 67.830 pontos de cálculo. Os contornos de terra são demarcados por 213 nós, e os de mar por 99.

A malha da situação projetada na superfície livre contém 758 elementos finitos quadrangulares quadráticos, com 3.202 nós em planta representando colunas de água. Em cada nó a coluna de água foi discretizada em 21 níveis, totalizando 67.242 pontos de cálculo. Os contornos de terra são demarcados por 243 nós, e os de mar por 99.



**Figura 5- 90:** Malha de discretização do domínio considerado na situação projetada. O ponto indicado corresponde ao local onde foram medidas as séries temporais de corrente (Cepemar, 1999) que foram utilizadas na calibração e montagem de cenários.



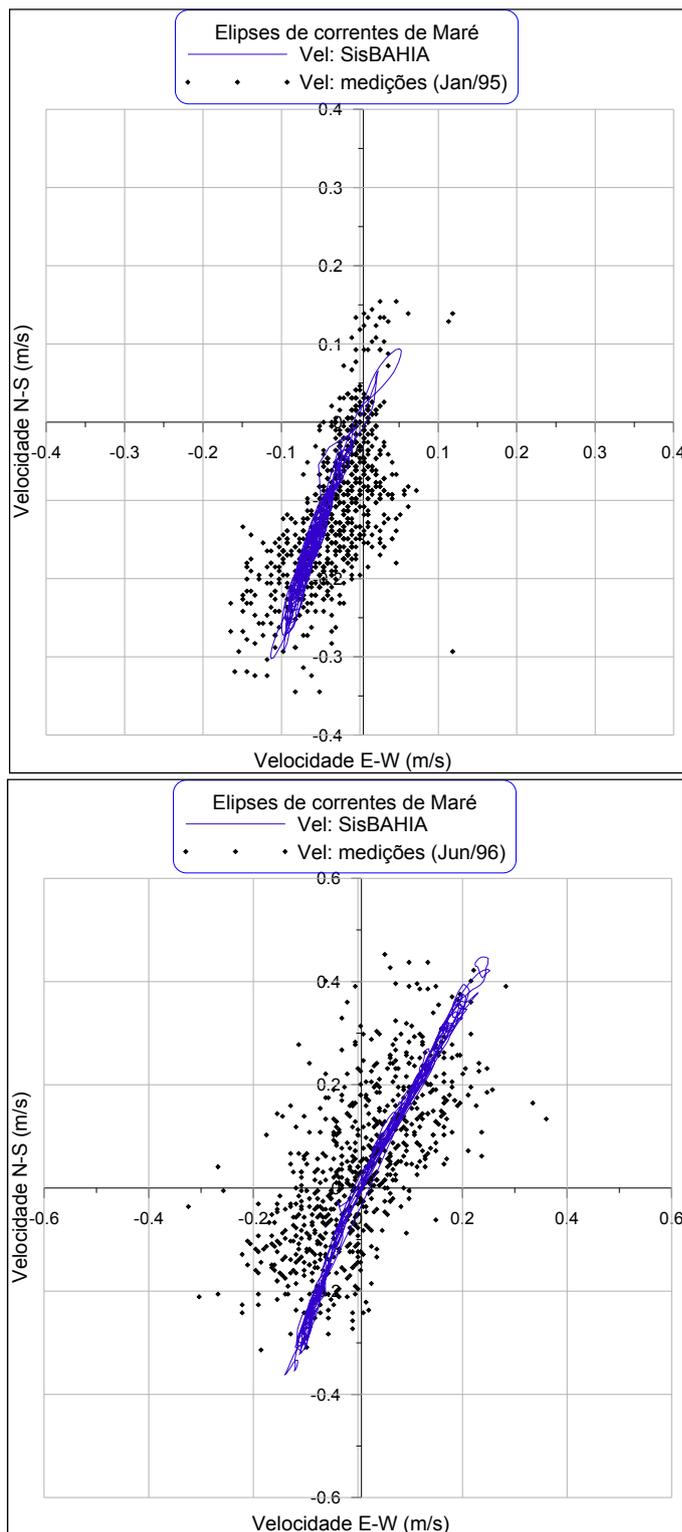
**Figura 5-91:** Detalhe das malhas na região do EJA.  
A) situação atual. B) situação projetada

### 5.1.2.3.2 Sobre a calibração do modelo hidrodinâmico

Os resultados mostrados nas figuras a seguir exemplificam o desenvolvimento do modelo hidrodinâmico e sua calibração com os dados de correntes disponíveis.

A **Figura 5-92** apresenta a comparação das correntes geradas pelo modelo hidrodinâmico para a situação atual com os dados horários de correntes medidas na região do Emissário da Aracruz Celulose em Janeiro de 1995 e em Junho de 1996. O local em que foram feitas as medições usadas na calibração está ilustrado na **Figura 5- 90**.

Constata-se que o modelo representa adequadamente a direção principal e as magnitudes das correntes medidas. A boa reprodução destes aspectos, por parte do modelo hidrodinâmico, é um indicativo do seu bom desempenho. É esperado que os dados medidos tenham maior dispersão por conta, entre outras variáveis, dos efeitos de ondas de curto período (geradas por vento) sobre os equipamentos utilizados na medição.



**Figura 5-92:** Comparação entre dados horários de corrente medidos em Janeiro de 1995 e Junho de 1996 na região do Emissário da Aracruz Celulose (em preto), e valores computados com o SisBAHIA (em azul). Note que as escalas dos gráficos são diferentes.

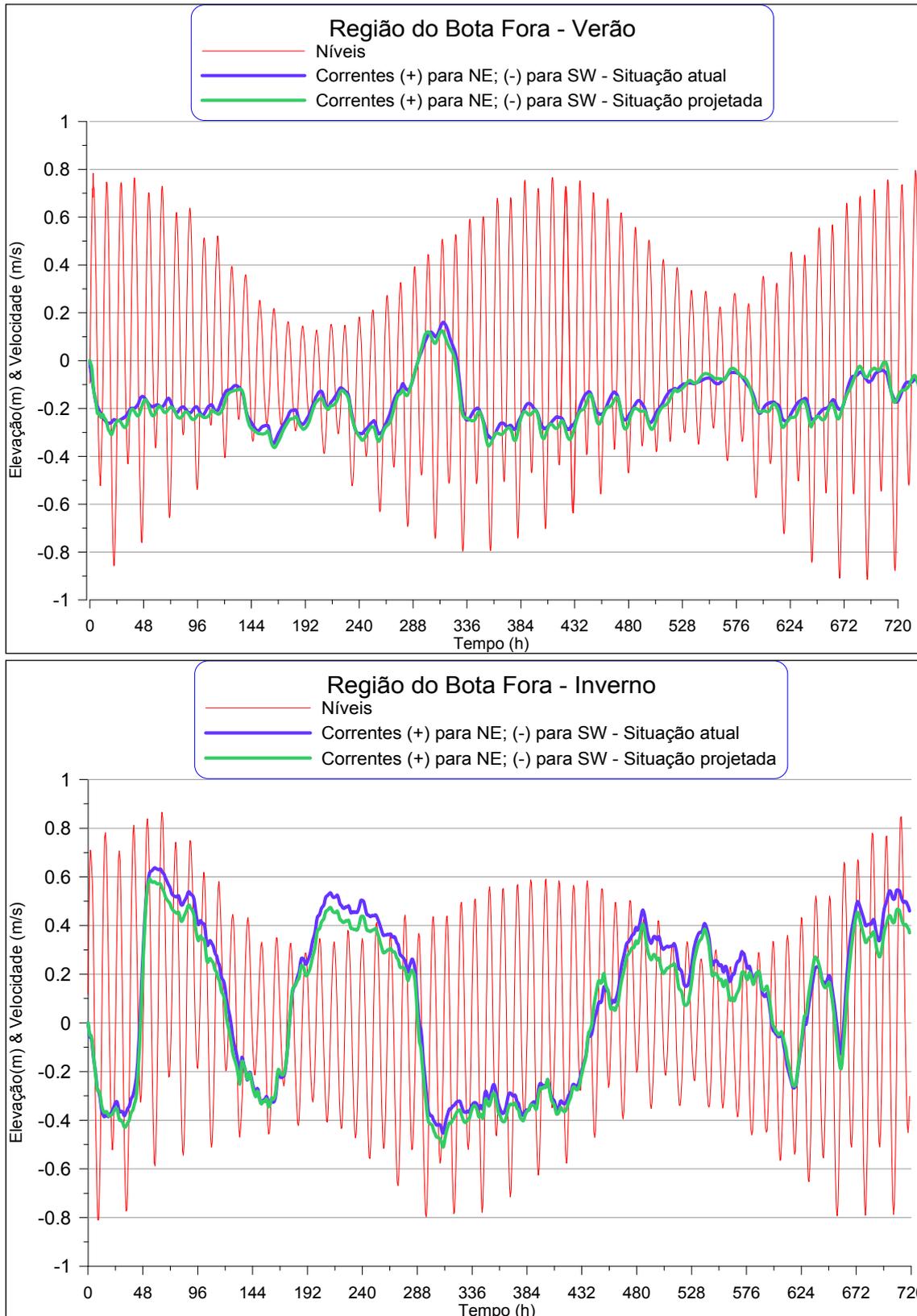
### 5.1.2.3.3 Caracterização hidrodinâmica

Foram executados 4 conjuntos de simulações do modelo hidrodinâmico, representando cenários de verão e inverno em situação atual e projetada. Os dados ambientais utilizados para os cenários de situação projetada são idênticos aos dos cenários de situação atual. A diferença entre os cenários de situação projetada e atual deve-se apenas às alterações geométricas da instalação do EJA, ou seja, batimetria da área do porto, espigões, obras portuárias e quebra-mar considerados na situação projetada (**Figura 5-89** e **Figura 5-91**).

Na região mais afastada da costa (“mar adentro”), as correntes têm direções mais associadas a eventos meteorológicos do que a marés, isto é, as marés interferem na magnitude, mas o sentido das correntes é condicionado por circulação gerada por ventos em meso-escala. Tal fato fica evidenciado nos gráficos da **Figura 5-93**, que apresenta séries temporais de maré e correntes no ponto indicado na região do bota-fora.

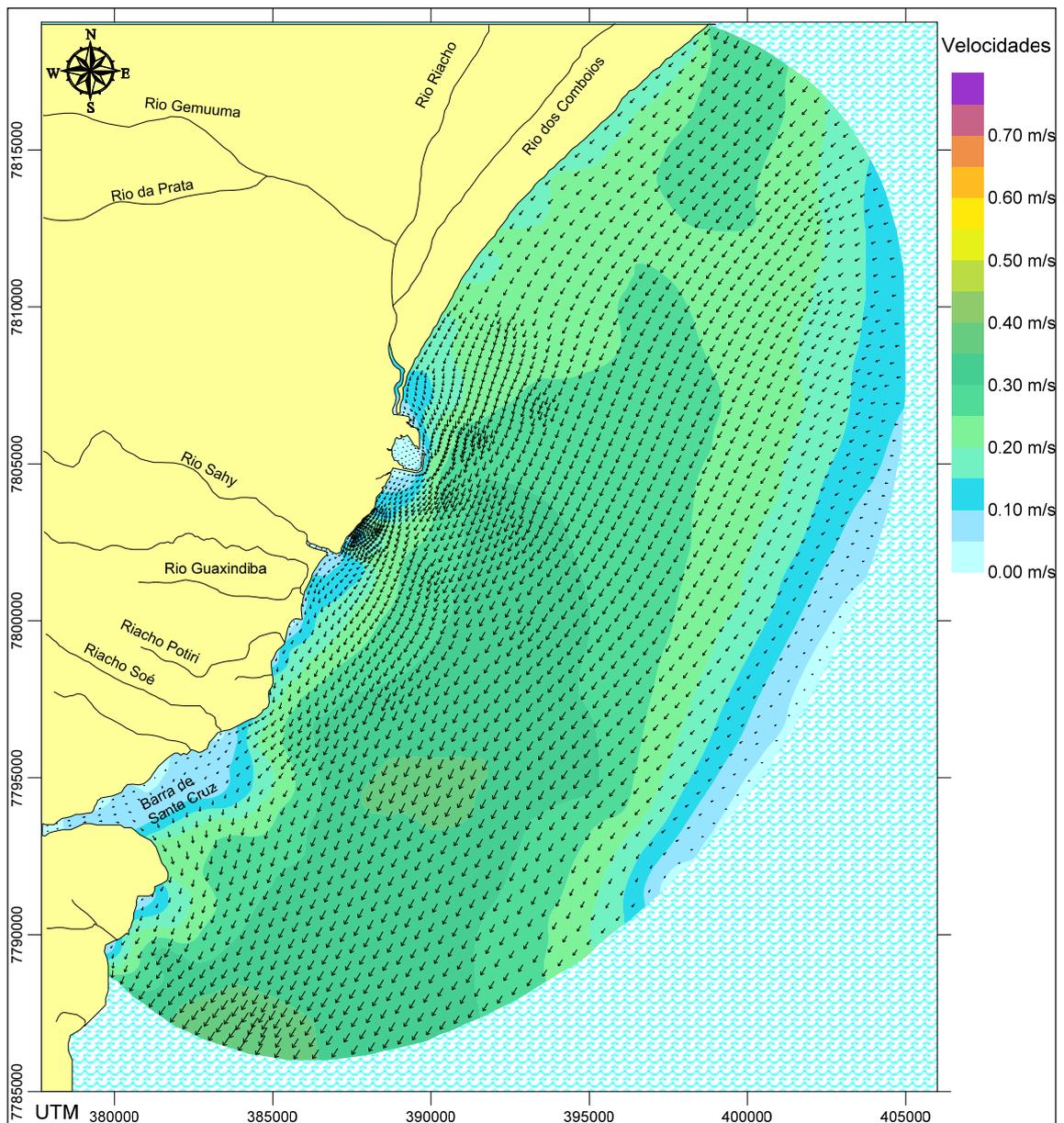
A análise dos gráficos mostra oscilações de magnitude nas correntes de acordo com os ciclos de maré, mas, no verão, quando predomina o tempo bom, as correntes praticamente correm apenas para SW. Entretanto, no inverno, as frentes frias que passam com maior intensidade e frequência fazem as correntes mudarem para NE durante vários dias. É notável a maior intensidade das correntes no inverno, quando chegam a alcançar valores maiores que 0,5 m/s para NE (valores positivos na **Figura 5-91**) e maiores que 0,5 m/s para SW (valores negativos na **Figura 5-91**). No verão, as correntes não passam de 0,2 m/s para NE e 0,4 m/s para SW. Como pode ser visto nesta figura, as influências das obras de dragagem e do estaleiro são bastante pequenas nesta região.

Os mapas a seguir exemplificam padrões de circulação hidrodinâmica em um ciclo de maré. São mostradas condições típicas de verão, com correntes fluindo para SW, e de inverno, com correntes fluindo para NE.

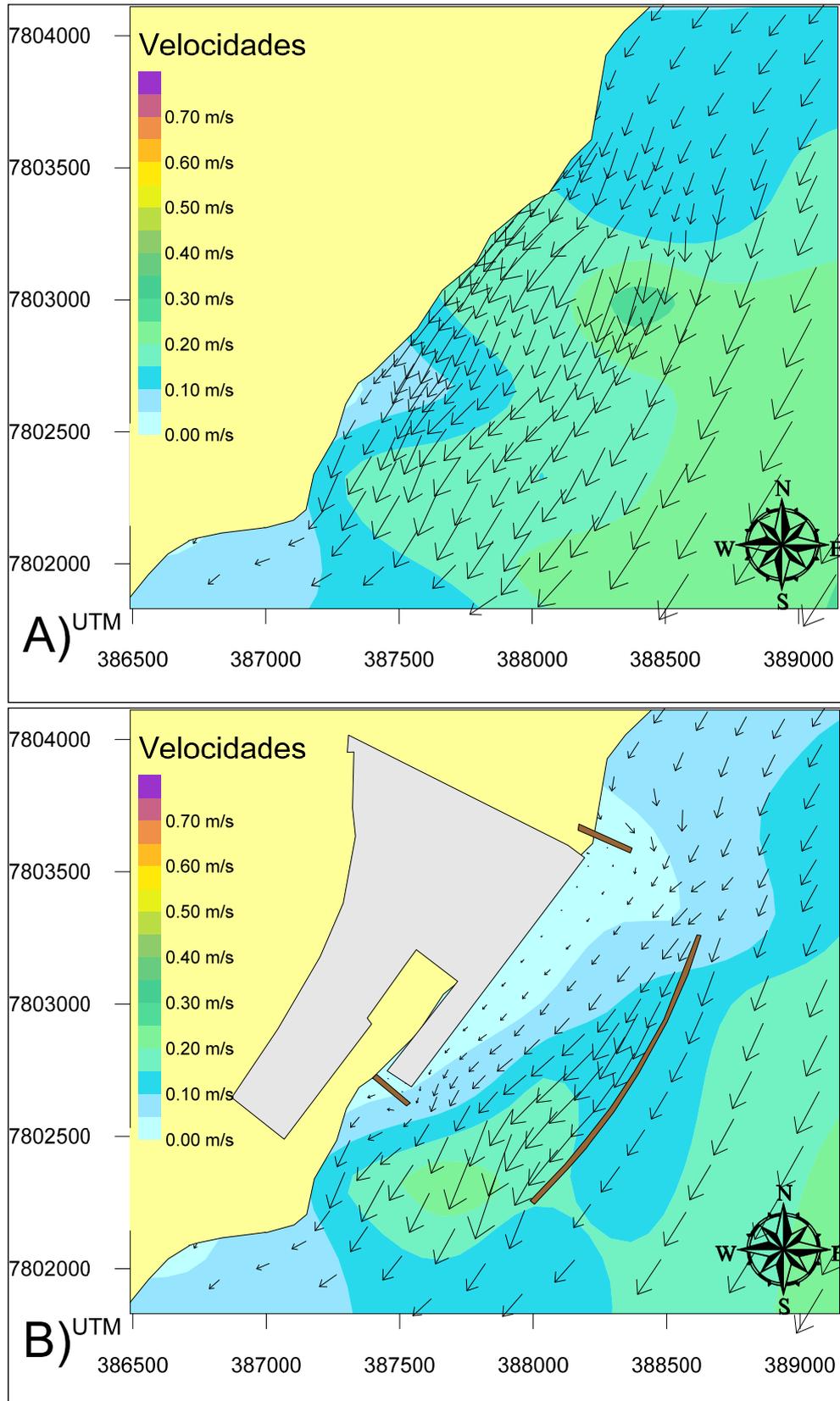


**Figura 5- 93:** Séries temporais de níveis e correntes na região do bota-fora proposto (local indicado na **Figura 5-88**). No verão predominam as correntes para SW, mas no inverno, com a passagem de frentes frias mais intensas, as correntes fluem para NE por vários dias. (Verão = Jan/95; Inverno = Jun/96).

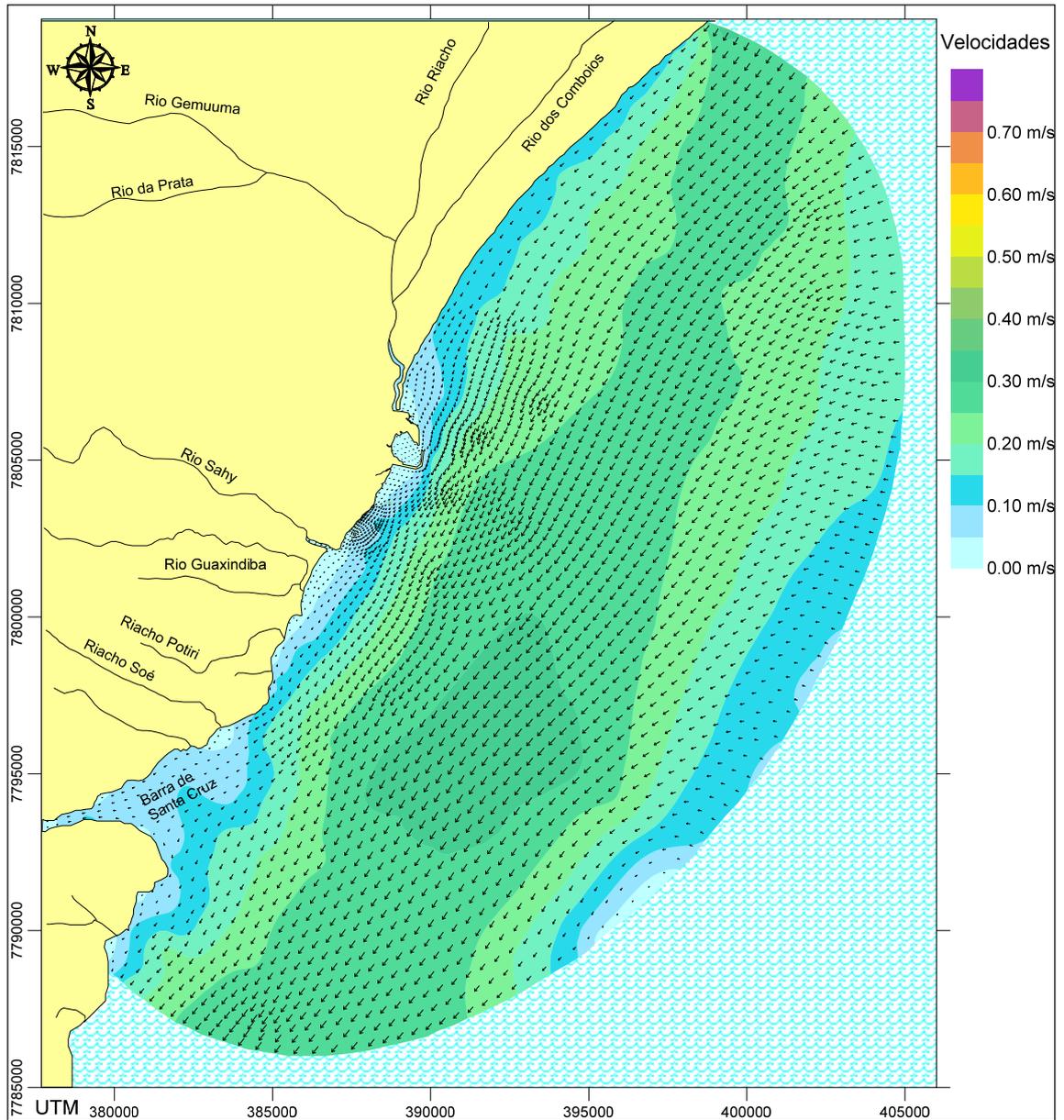
Os resultados da modelagem hidrodinâmica apresentados em detalhes na **Figura 5- 95**, **Figura 5- 97**, **Figura 5-99** e **Figura 5-114** indicam pouca influência das obras projetadas do EJA no campo de correntes. Isso se deve principalmente ao projeto do quebra-mar, que é a maior obra que avança no mar. Este foi projetado aproximadamente paralelo à linha de costa (e às correntes predominantes), causando pouca influência nas correntes, além de não impedir a circulação por estar destacado da linha de costa.



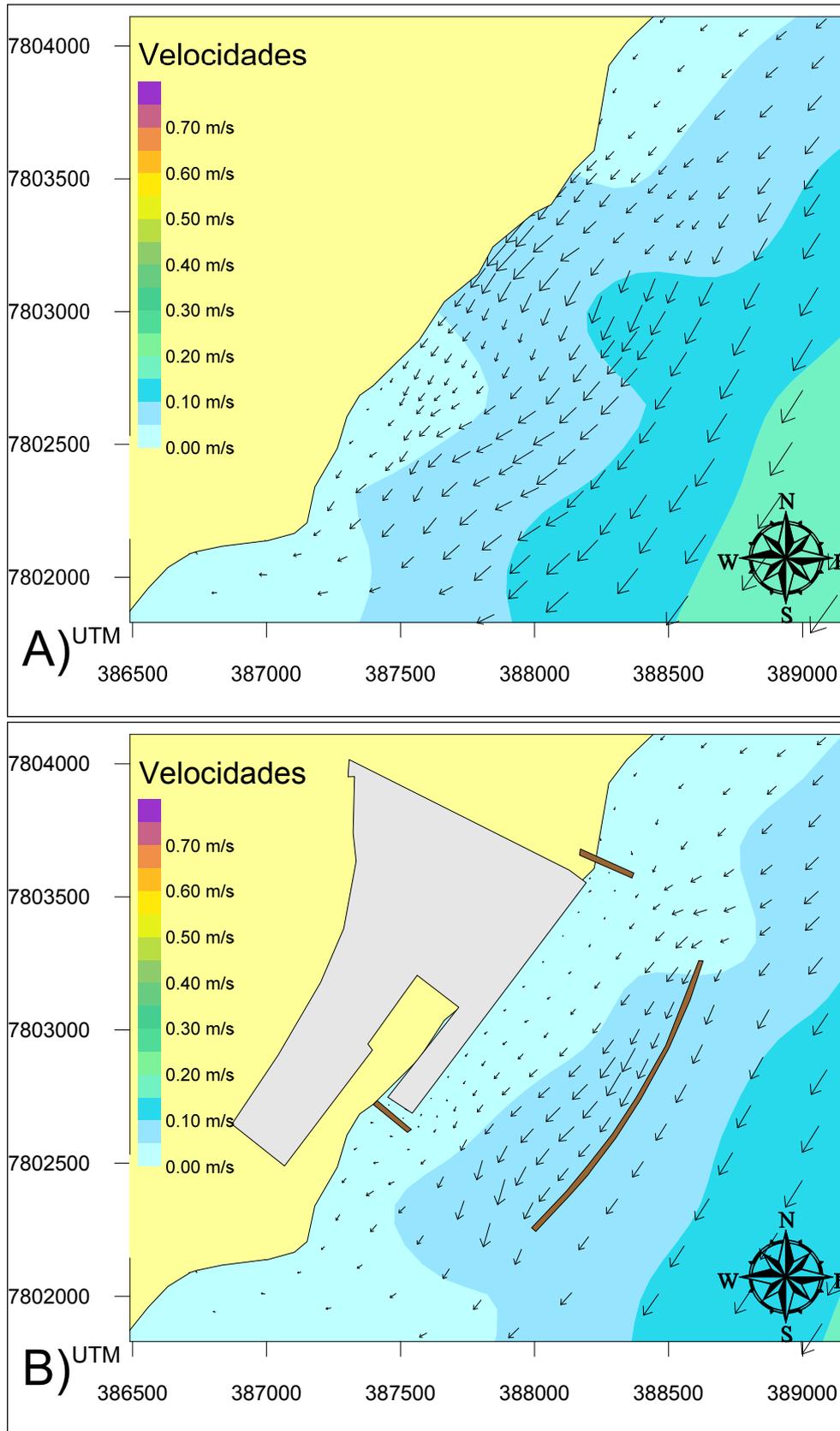
**Figura 5-94:** Exemplo de campo de velocidades no verão, em hora de meia maré vazante (hora 402.7 no gráfico de verão da **Figura 5-94**).



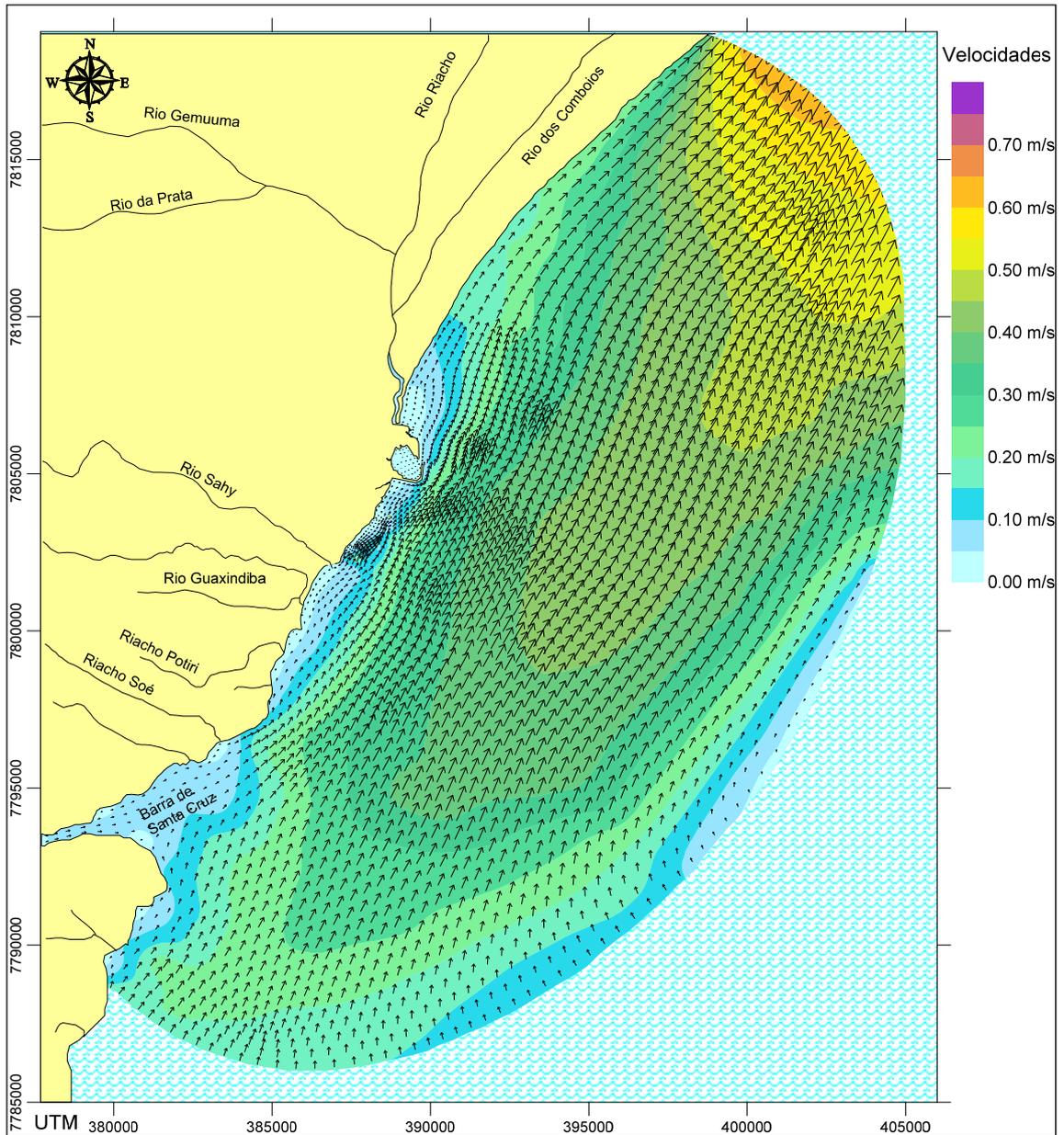
**Figura 5- 95:** Exemplo de campo de velocidades no verão, em hora de meia maré vazante (hora 402.7 no gráfico de verão da **Figura 5-94**). Detalhe na região do estaleiro: A) situação atual. B) situação projetada.



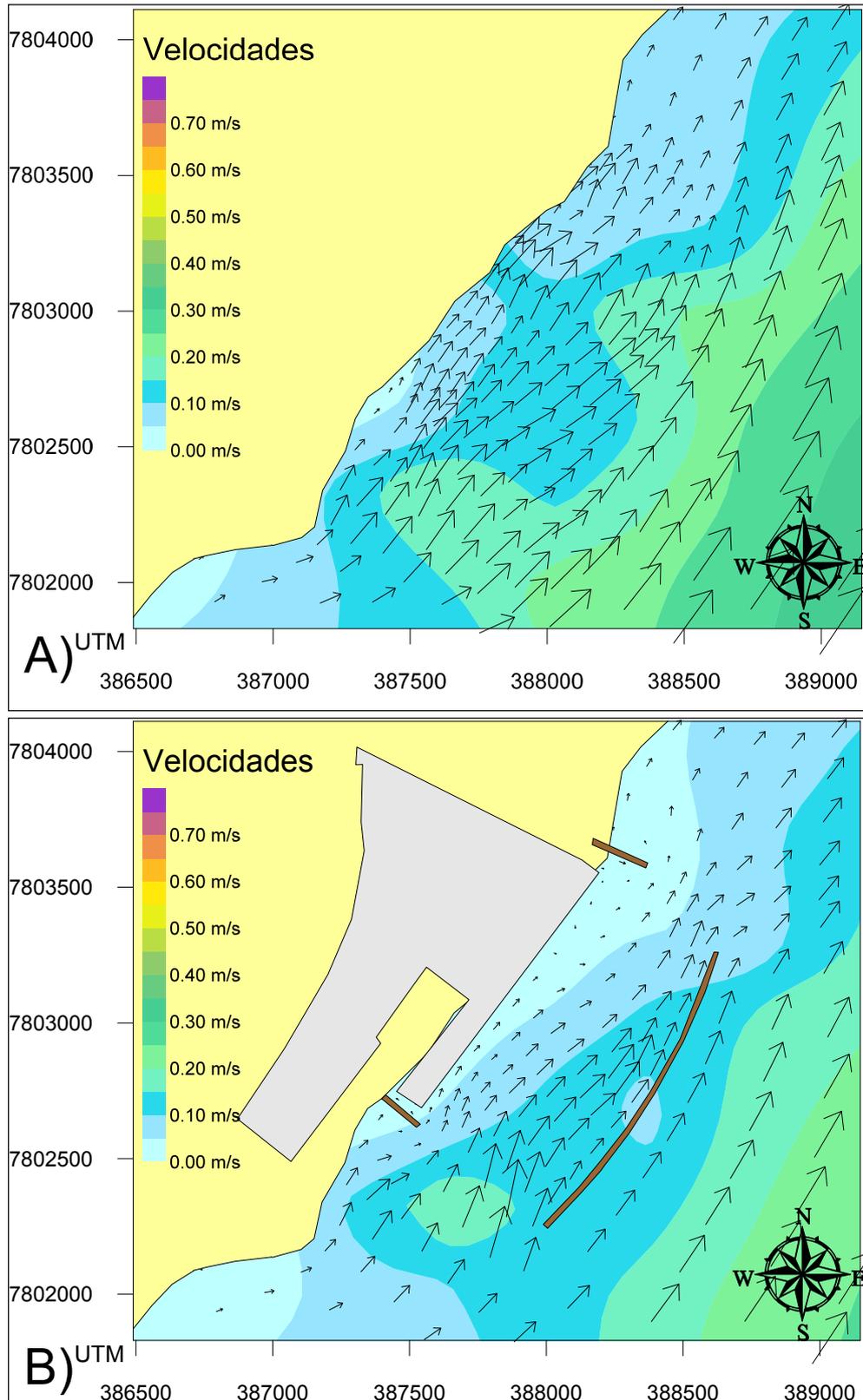
**Figura 5- 96:** Exemplo de campo de velocidades no verão, em hora de meia maré enchente (hora 409.3 no gráfico de verão da **Figura 5-94**).



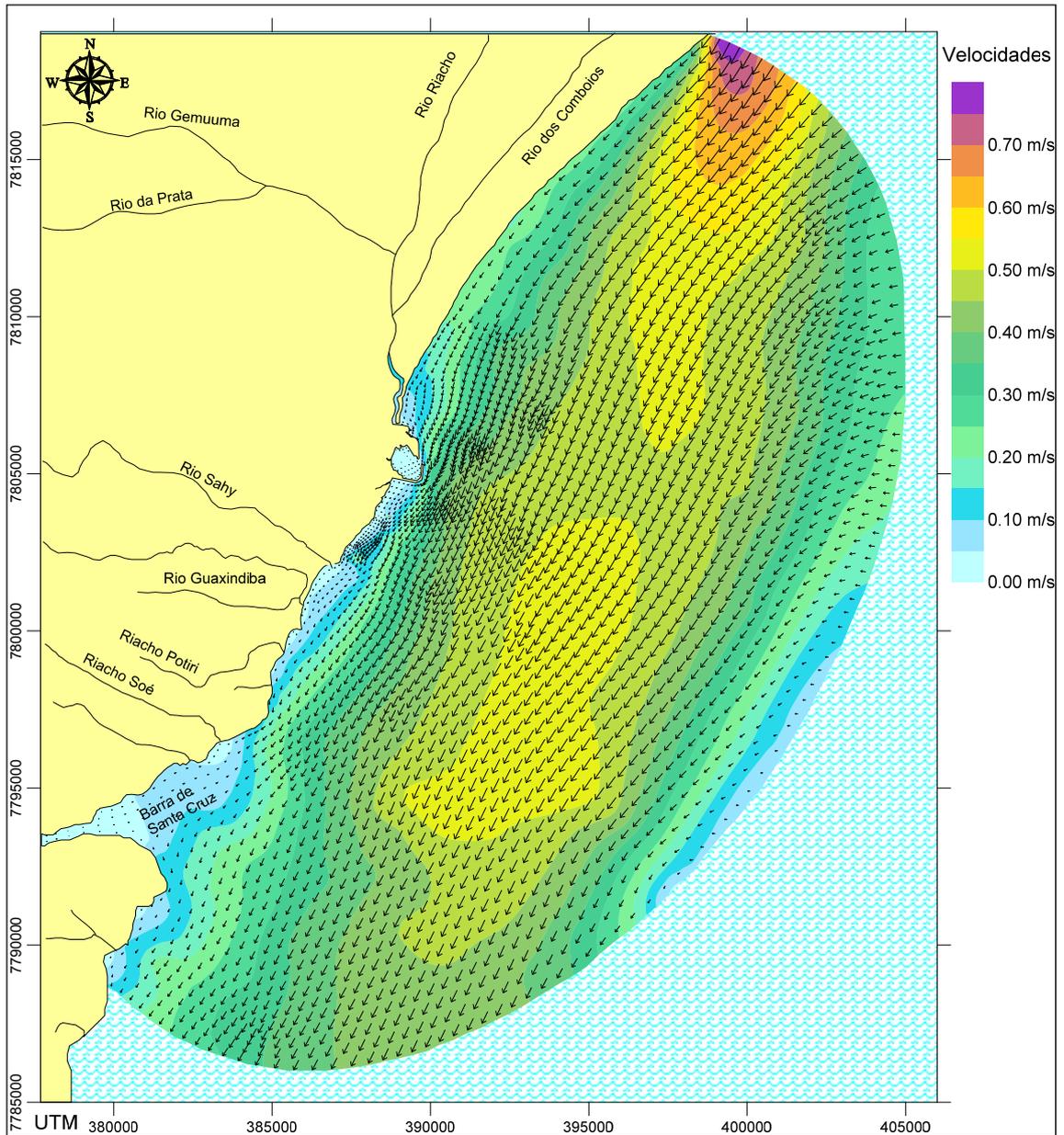
**Figura 5- 97:** Exemplo de campo de velocidades no verão, em hora de meia maré enchente (hora 409.3 no gráfico de verão da **Figura 5-94**). Detalhe na região do estaleiro: A) situação atual. B) situação projetada.



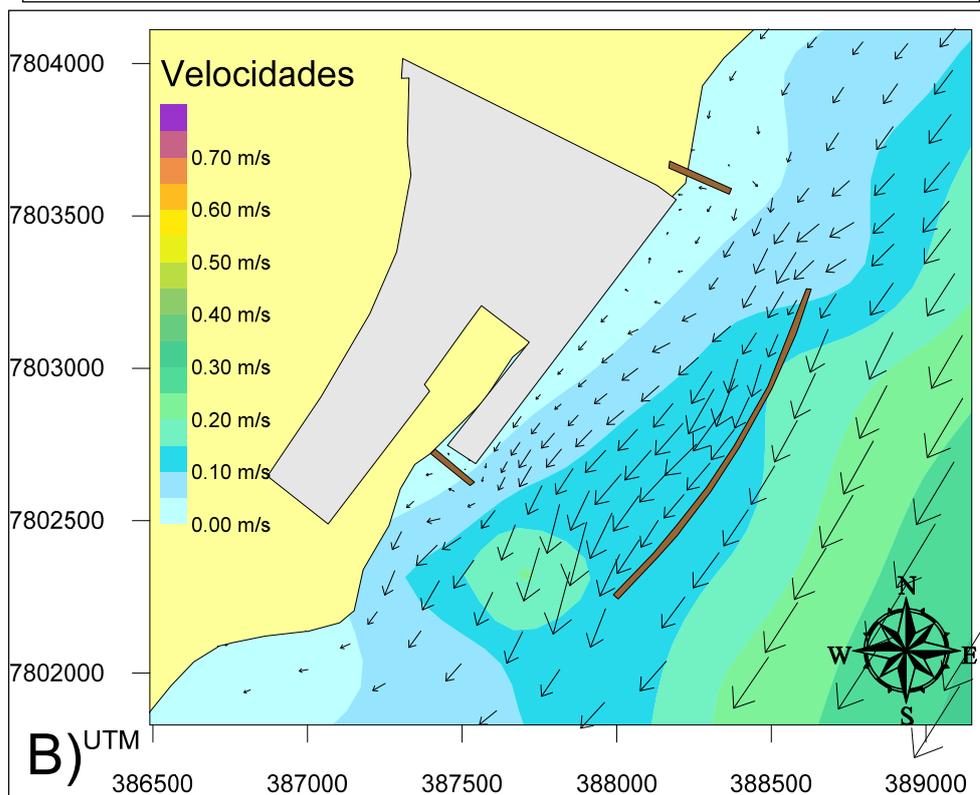
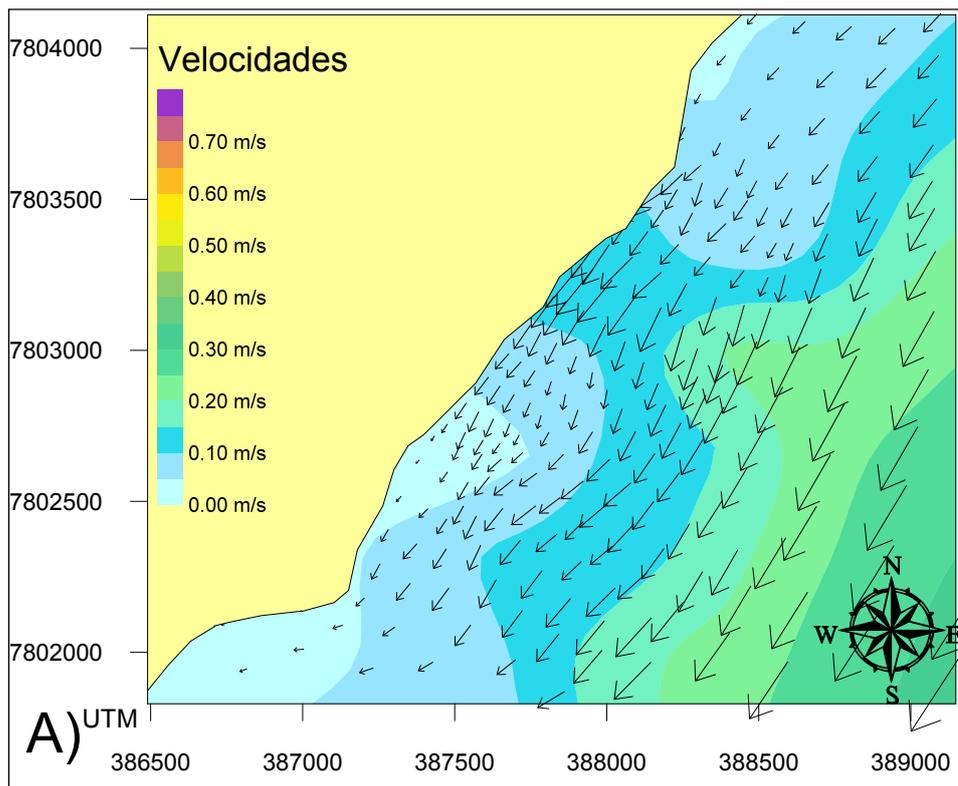
**Figura 5-98:** Exemplo de campo de velocidades no inverno, em hora de meia maré vazante (hora 242.7 no gráfico de inverno da **Figura 5-94**).



**Figura 5-99:** Exemplo de campo de velocidades no inverno, em hora de meia maré vazante (hora 242.7 no gráfico de inverno da **Figura 5-94**). Detalhe na região do estaleiro: A) situação atual. B) situação projetada.

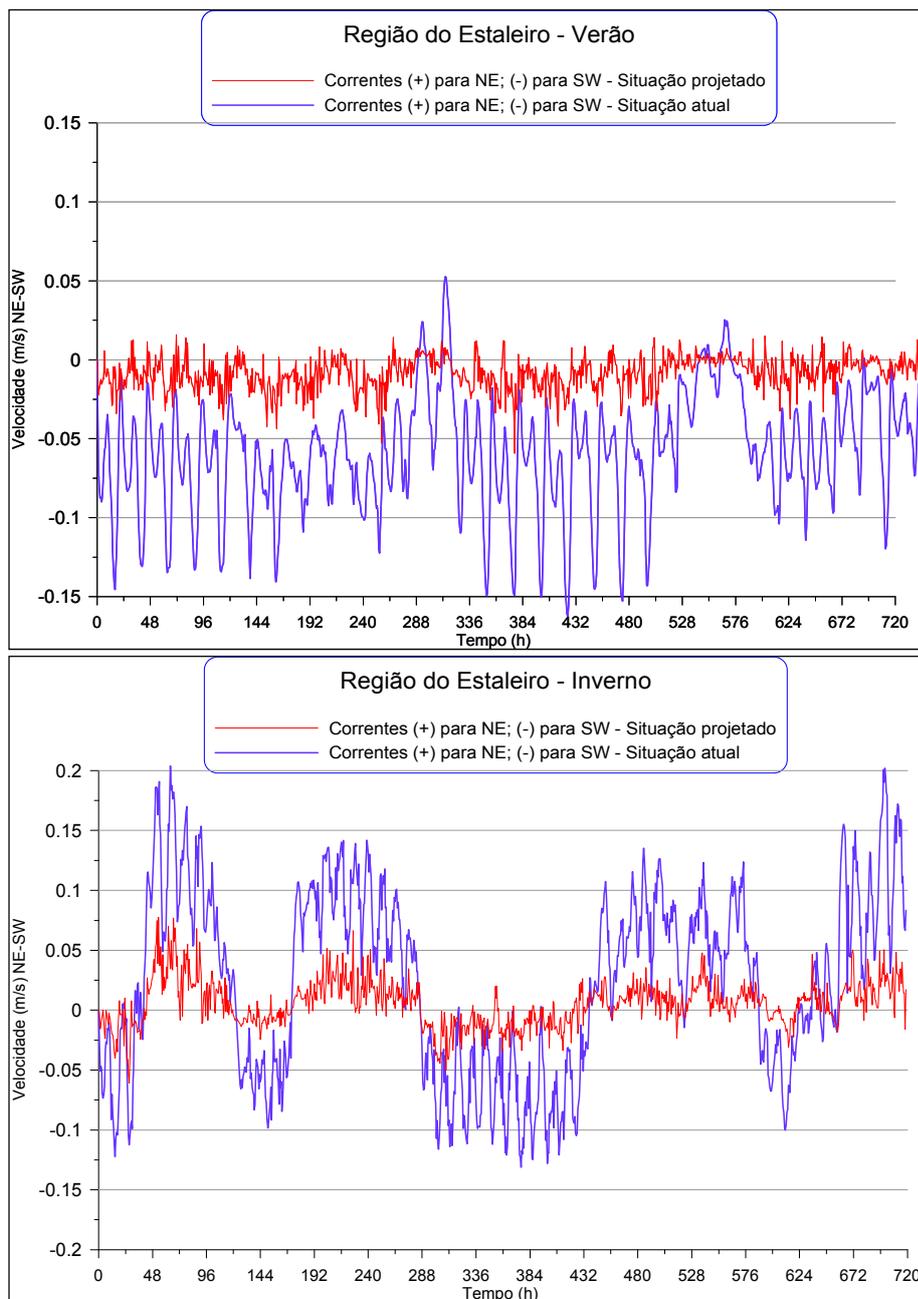


**Figura 5-100:** Exemplo de campo de velocidades no inverno, em hora de meia maré enchente (hora 312 no gráfico de inverno da **Figura 5-94**).



**Figura 5-101:** Exemplo de campo de velocidades no inverno, em hora de meia maré enchente (hora 312 no gráfico de inverno da **Figura 5-94**). Detalhe na região do estaleiro. A) situação atual. B) situação projetada.

A **Figura 5-102** apresenta séries temporais de níveis e correntes na região a ser dragada, dentro do futuro estaleiro (local indicado na Figura 7). No verão predominam as correntes para SW, mas no inverno, com a passagem de frentes frias mais intensas, as correntes fluem para NE por vários dias. Tanto no verão quanto do inverno percebe-se a atenuação das correntes por influência das obras projetadas, neste ponto situado na área abrigada do EJA.



**Figura 5-102:** Séries temporais de níveis e correntes na região a ser dragada, dentro do futuro estaleiro (local indicado na Figuras 7). Tanto no verão quanto do inverno percebe-se a atenuação das correntes por influência das obras projetadas.

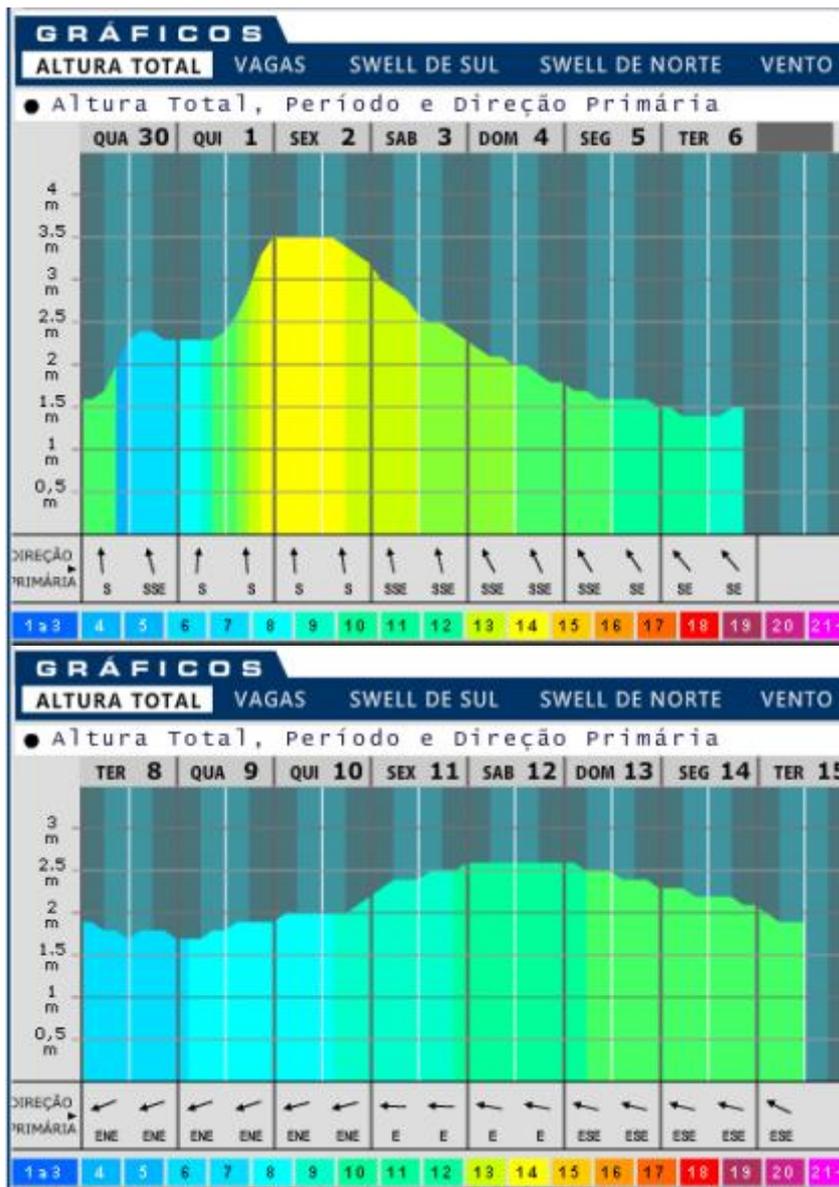
#### 5.1.2.4 Modelagem de propagação de ondas

O estudo de propagação de ondas tem por objetivo principal prever as alterações provocadas pelas obras do EJA no padrão de ondas em seu entorno, principalmente nos pontos em que há prática de surfe da Barra do Sahy. A modelagem de propagação de ondas é descrita nesta seção, com detalhamento da metodologia e resultados obtidos.

##### 5.1.2.4.1.1 Ondas na região

Conforme descrito na caracterização física da região de estudo, de acordo como os dados do BNDO, as ondas na região são provenientes principalmente de NE, E, SE e S, com maior probabilidade de ocorrência do quadrante NE e menor probabilidade do quadrante SE. Isso também é verificado nos dados do Atlas Global Wave Statistics (HOGBEN *et al.*, 1986).

Análises de resultados do modelo de geração e propagação de ondas WAVEWATCH III da NOAA (**Figura 5-103**) mostram que na região as ondas de E e ENE normalmente têm período pequenos, inferiores a 10s, enquanto que as ondas de SE podem alcançar períodos maiores, de até 14s.



**Figura 5-103:** Resultado do modelo de geração e propagação de ondas WAVEWATCH III (NOAA). Alturas de onda no eixo vertical, direções indicadas nas setas do eixo horizontal e períodos indicados na escala de cores. Acima: ondulação extrema de direção sul-sudeste, com período chegando a 14s. Abaixo: ondulação típica da região, com direção leste-nordeste e período 7s a 8s, passando a leste-sudeste, com período de 9s a 12s.

Fonte: [www.surfguru.com](http://www.surfguru.com)

#### 5.1.2.4.1.2 Cenários de ondas simulados

Para este estudo foram consideradas as ondas de leste (E) e leste-nordeste (ENE), principalmente para análise de possíveis impactos nas ondas em Barra do Sahy. Para ondas provenientes do quadrante sul a região da Barra do Sahy se encontra a barlar do EJA, assim as simulações apresentadas das direções ESE (leste-sudeste) e SE (sudeste) destinam-se a avaliar possíveis impactos na praia ao norte do EJA (**Figura 5-104**).

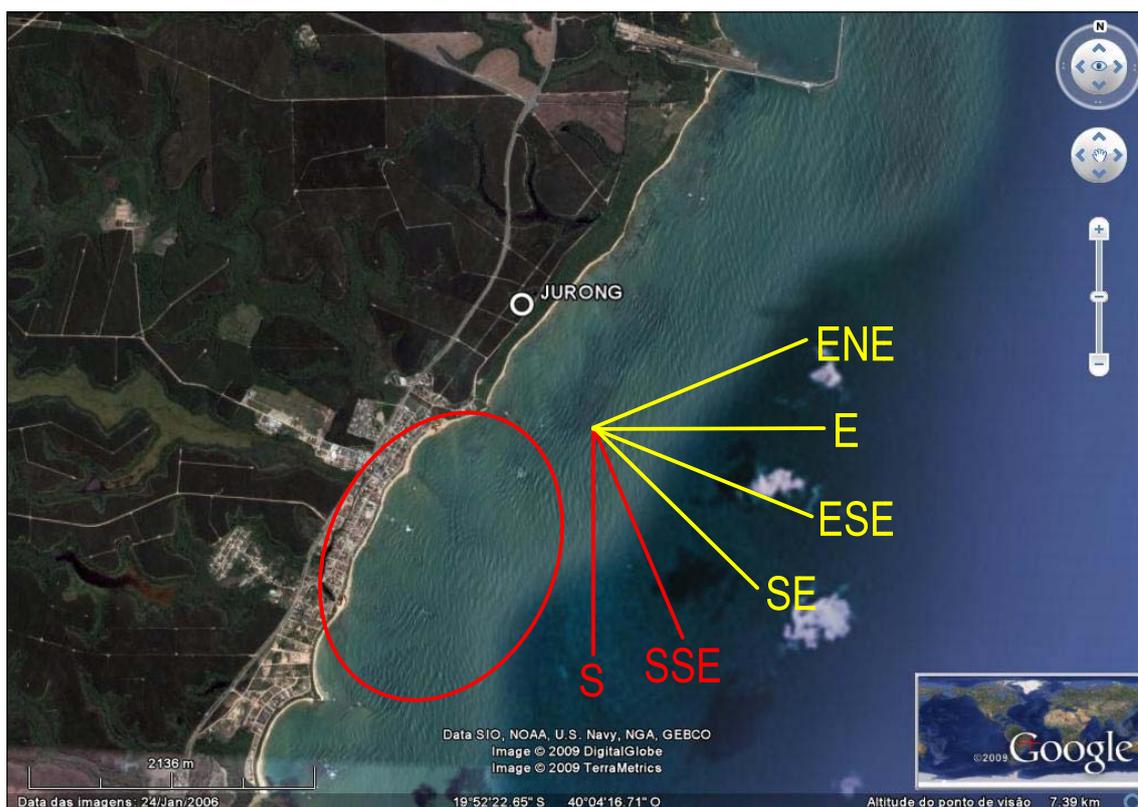
Considerando que ondas surfáveis apresentam período igual ou superior a 7s, que a caracterização das ondas na região e a análise de resultados do modelo de geração e propagação WAVEWATCH III indicam que as ondas de E e ENE na região normalmente têm período inferior a 10s, neste estudo foram simuladas ondas com período entre 7s e 10s.

As simulações foram feitas para uma amplitude de onda inicial igual a 0,5m (altura de onda igual a 1m). Para cada direção de onda foi criada uma grade de propagação de ondas com LTC (direção paralela à direção de propagação inicial da onda). Os parâmetros das ondas simuladas e o ângulo LTC-Norte das malhas criadas são mostrados na **Tabela 5-25**.

**Tabela 5-25:** Características das ondas simuladas.

Azimute	H (m)	T (s)	LTC-N malha
67,5° (ENE)	1	7 – 8 – 9 – 10	112,5°
90° (E)	1	7 – 8 – 9 – 10	90°
112,5° (ESE)	1	9	67,5°
135° (SE)	1	9	45°

Foram realizadas simulações em oito malhas de discretização (quatro direções e duas situações para cada direção, atual e projetada). Em todas as malhas o espaçamento das linhas em cada direção é igual a 10m, garantindo uma discretização satisfatória para a escala de uma área de surfe. Na elaboração das malhas para a situação projetada foram consideradas as alterações de geometria projetadas: espigões, quebra-mar e dragagem.



**Figura 5-104:** Direções simuladas (em amarelo) com o modelo de propagação de ondas. Os pontos de surfe da Barra do Sahy estão indicados na elipse vermelha (imagem: Google-Earth).

O domínio modelado para propagação de ondas de leste-nordeste (ENE) (**Figura 5-105**) foi discretizado bidimensionalmente através 786 linhas na direção LTC (paralela à direção de propagação) e 804 linhas na direção LIO (transversal à direção de propagação), totalizando 631.944 pontos de cálculo.

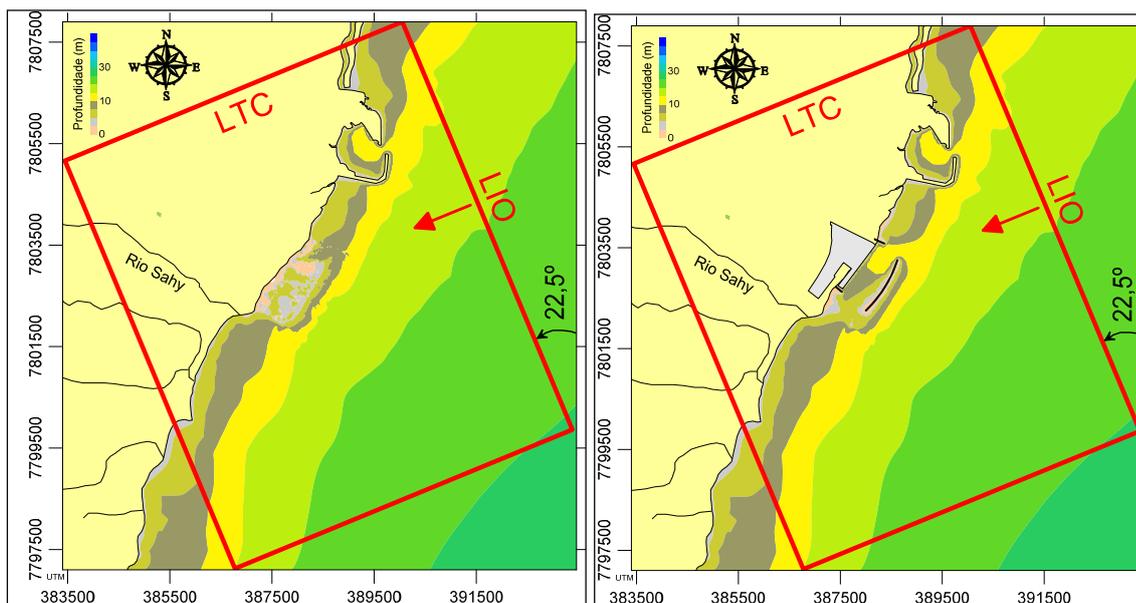
O domínio modelado para propagação de ondas de leste (E) (**Figura 5-106**) foi discretizado bidimensionalmente através 626 linhas na direção LTC e 871 linhas na direção LIO, totalizando 545.246 pontos de cálculo. Os eixos LTC e LIO não são mostrados na **Figura 5-106** por estarem exatamente sobre os eixos ortogonais da figura, uma vez que as ondas são de leste.

O domínio modelado para propagação de ondas de leste-sudeste (ESE) (**Figura 5- 107**) foi discretizado bidimensionalmente através 626 linhas na direção LTC e 871 linhas na direção LIO, totalizando 545.246 pontos de cálculo.

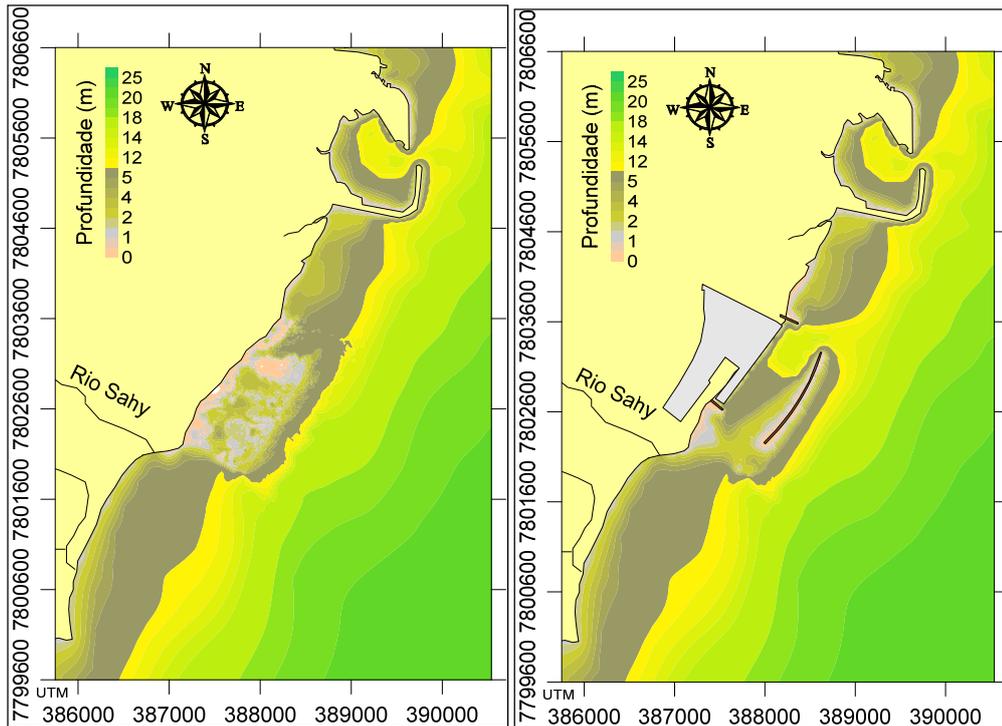
O domínio modelado para propagação de ondas de sudeste (SE) (**Figura 5-1**) foi discretizado bidimensionalmente através 626 linhas na direção LTC e 921 linhas na direção LIO totalizando 576.546 pontos de cálculo.

As características gerais do modelo de propagação de ondas são:

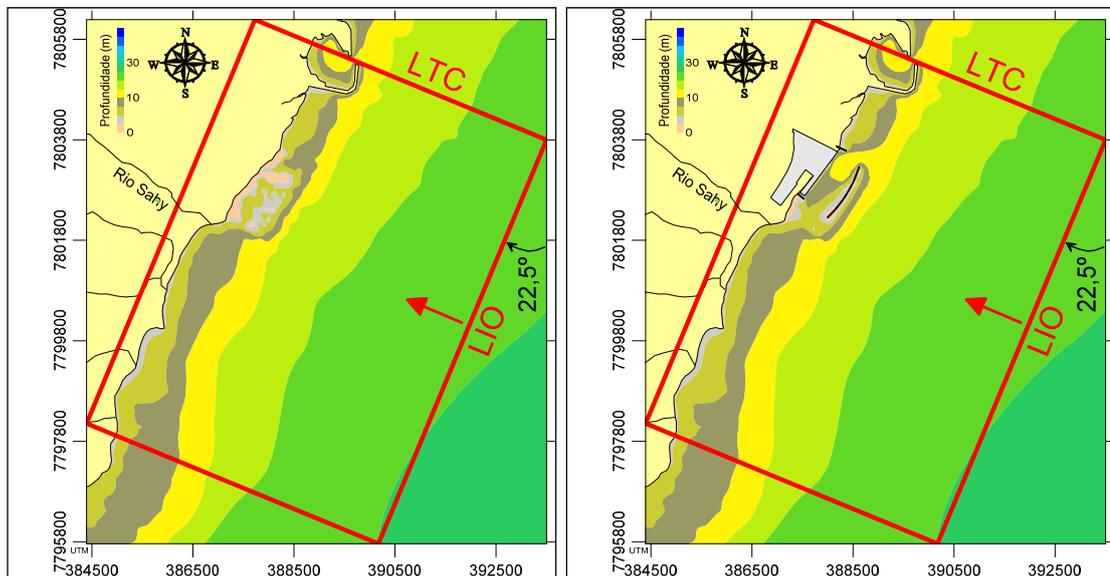
- Índice de arrebentação: 0,78
- Nível médio: NR do Modelo = NMM
- Discretização espacial: Delta LTC = Delta LIO = 10m
- Mecanismo da dissipação: camada limite turbulenta
- Fronteira lateral: aberta
- Tipo do modelo: Stokes ajustado (Hedges)



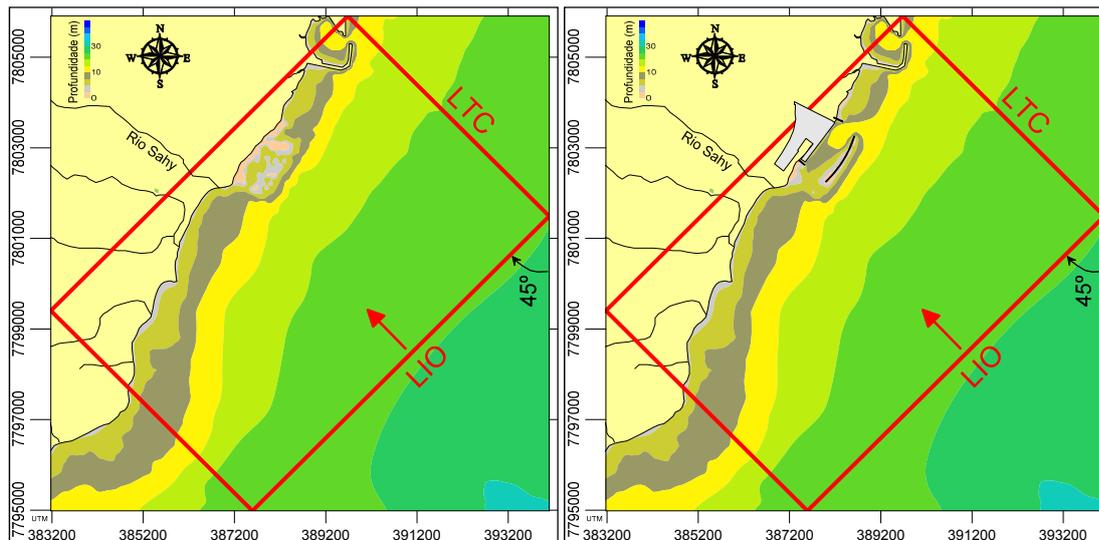
**Figura 5-105:** Domínio de modelagem (retângulo vermelho) com batimetria considerada para as ondas de leste-nordeste (ENE) – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).



**Figura 5-106:** Domínio de modelagem com batimetria considerada para as ondas de leste (E) – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).



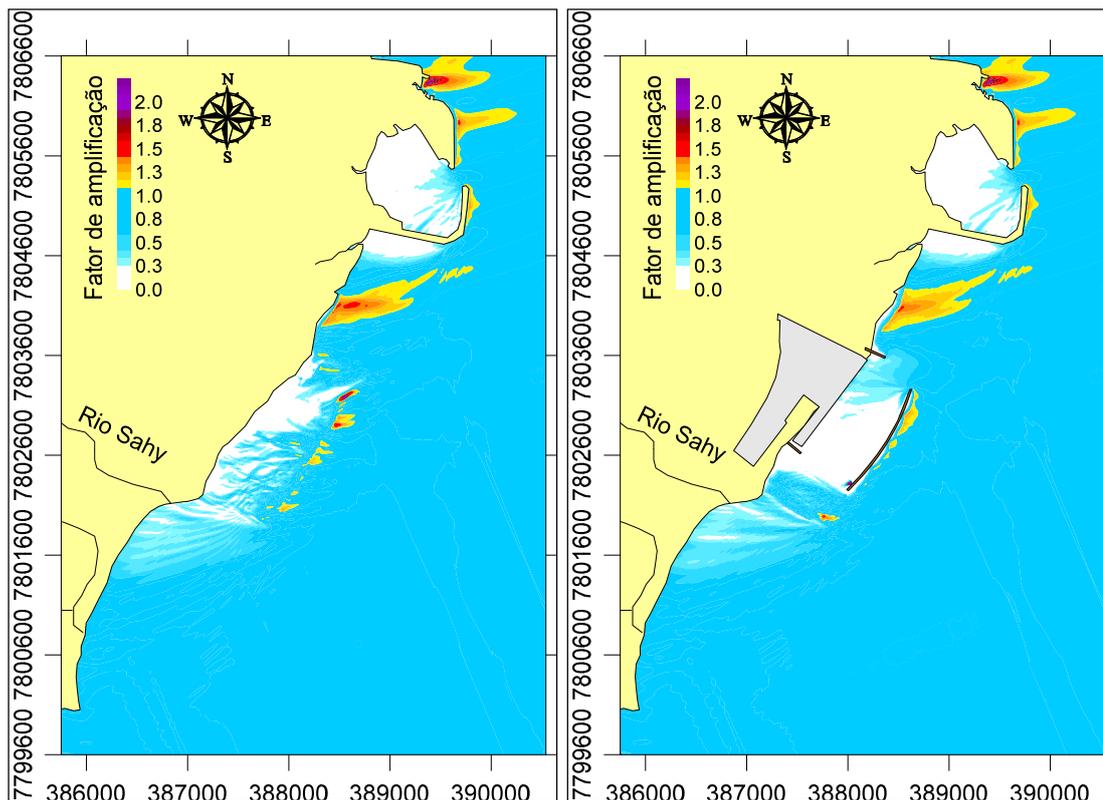
**Figura 5- 107:** Domínio de modelagem com batimetria considerada para as ondas de leste-sudeste (ESE) – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).



**Figura 5-1:** Domínio de modelagem com batimetria considerada para as ondas de sudeste (SE) – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).

#### 5.1.2.4.1.3 Resultados de propagação de ondas

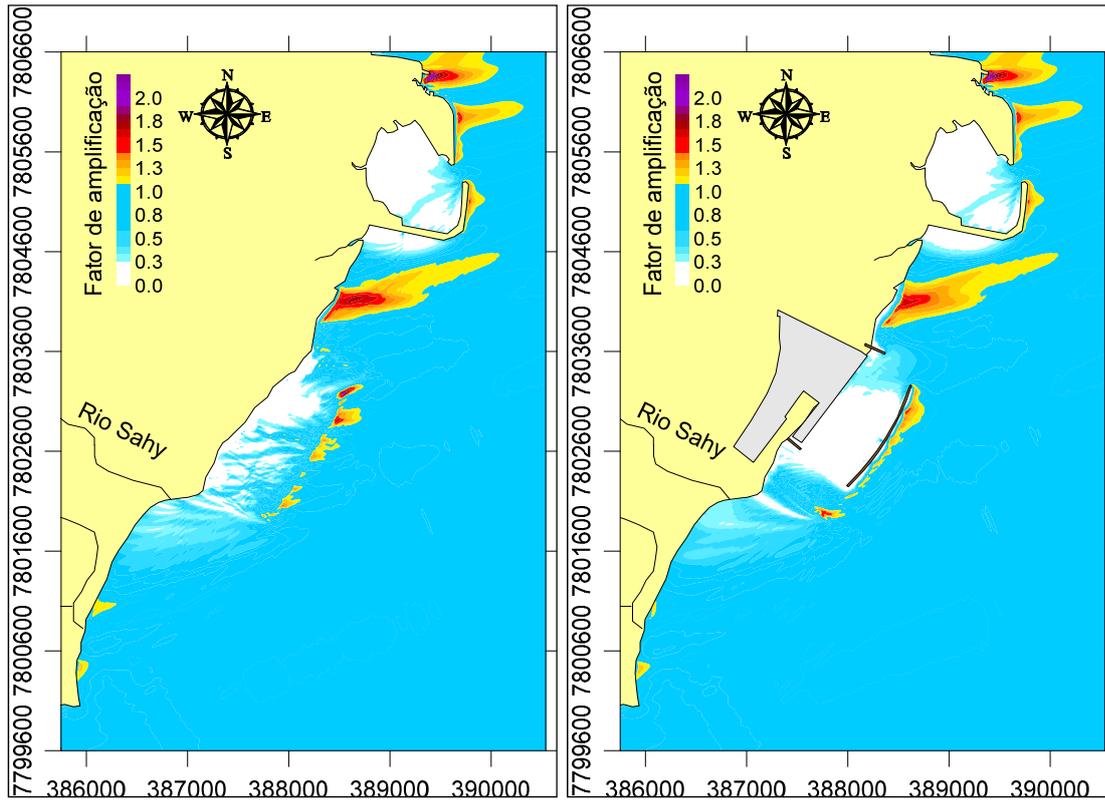
Os resultados das simulações no modelo de propagação de ondas estão mostrados na forma de mapas de distribuição espacial da altura da onda. São apresentados os principais resultados dos oito modelos de propagação construídos. A onda incidente tem altura de 1 m para permitir que estes mapas contenham o fator de amplificação da onda. Nestas figuras pode-se facilmente visualizar as áreas de convergência e divergência de energia.



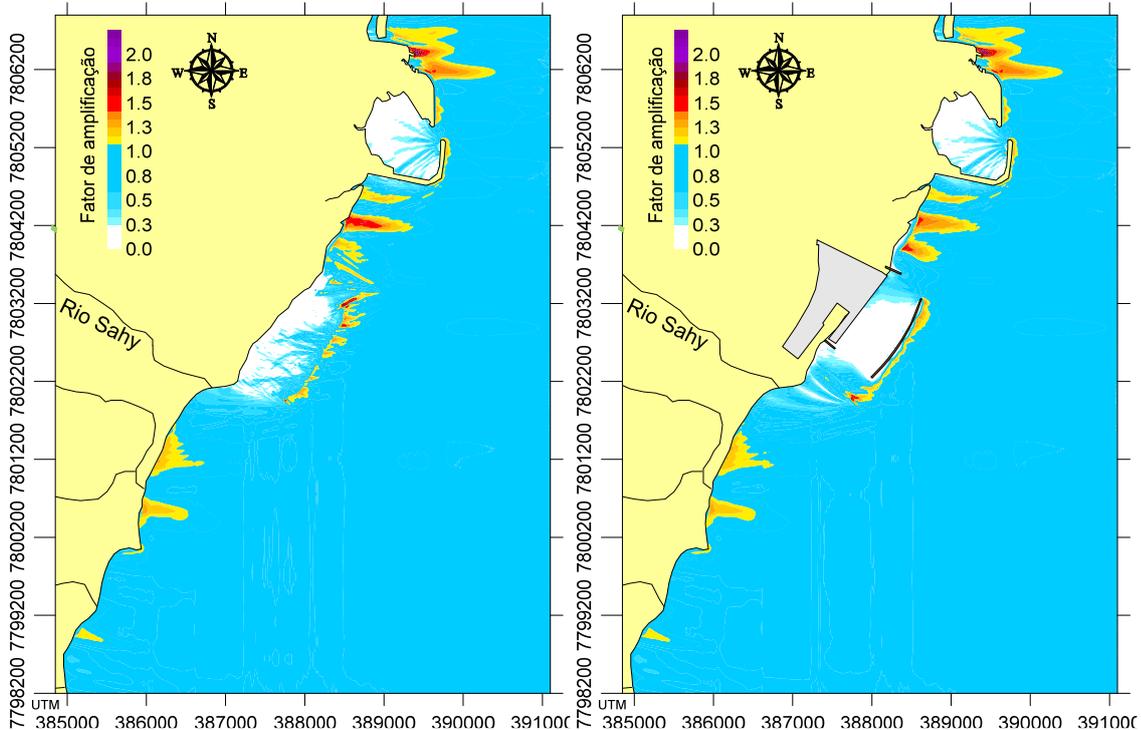
**Figura 5-108:** Resultados de fator de amplificação da altura da onda de ENE com 8s – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).

Da análise dos mapas de fator de amplificação de altura das ondas verifica-se que foram bem reproduzidos aspectos conhecidos das ondas na região, que sofrem maior amplificação e tornam-se propícias para a prática de surfe quando provenientes de direções de leste até sudeste, que podem ser observadas nas áreas alaranjadas e avermelhadas da **Figura 5-108** a **Figura 5-113**. Este fato traz segurança para as análises baseadas na modelagem realizada.

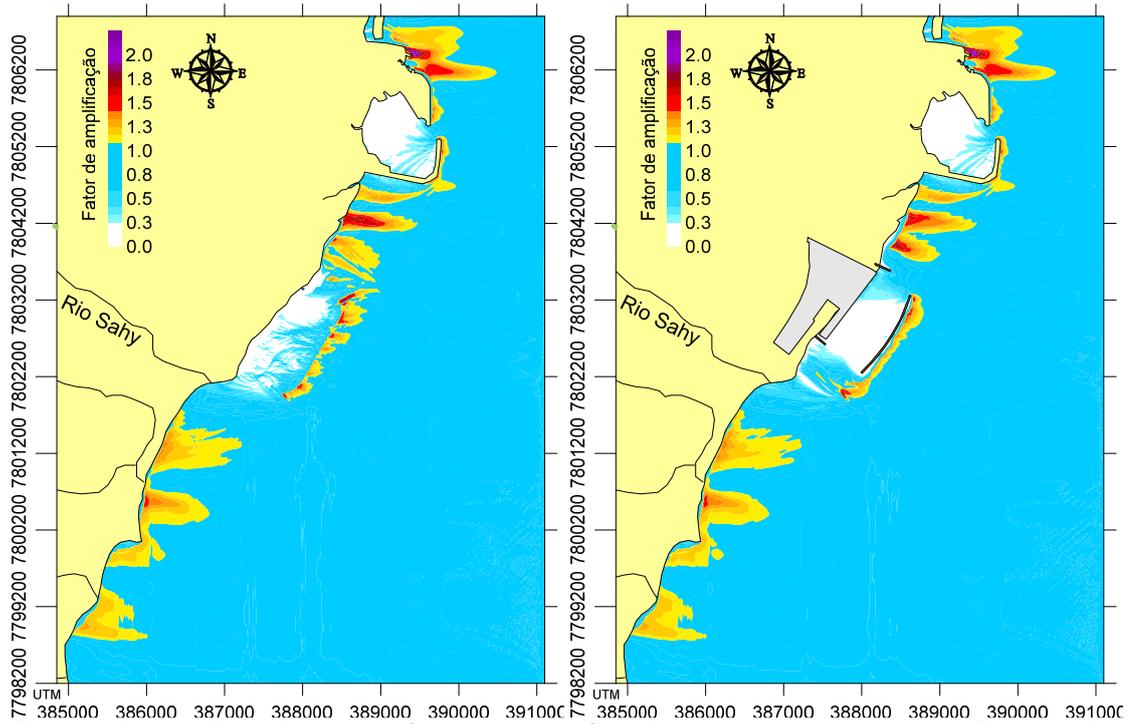
Os resultados (**Figura 5-108** a **Figura 5-113**) mostram que o impacto das obras projetadas, principalmente o quebra-mar, não difere significativamente daquele provocado pelos parcéis existentes na região.



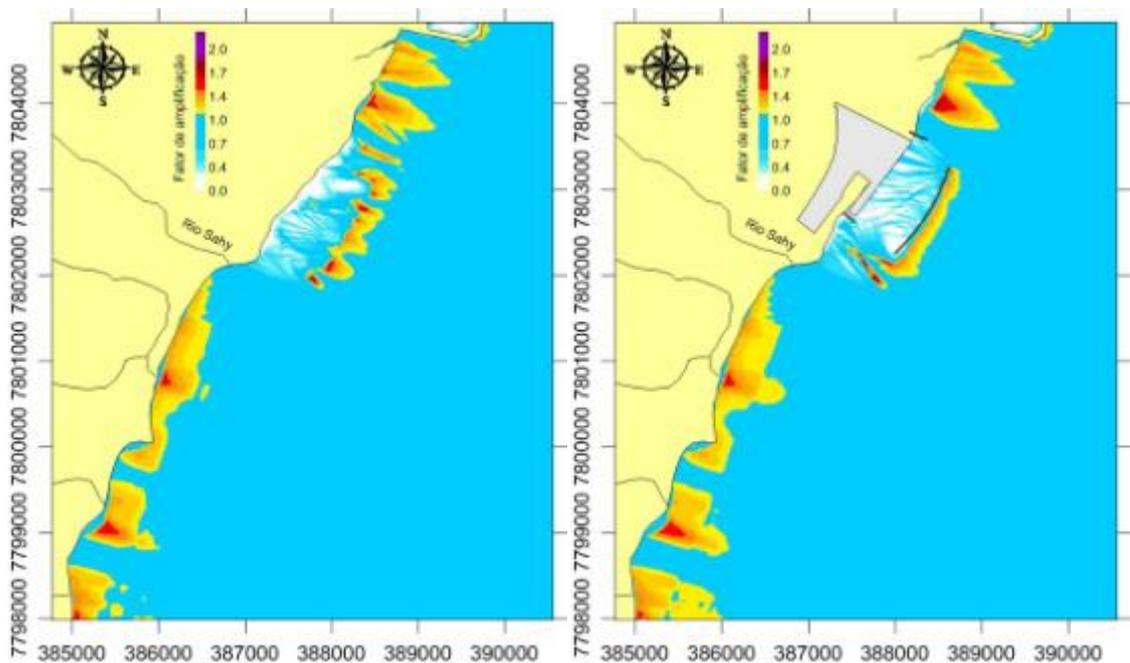
**Figura 5-109:** Resultados de fator de amplificação da altura da onda de ENE com 10s – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).



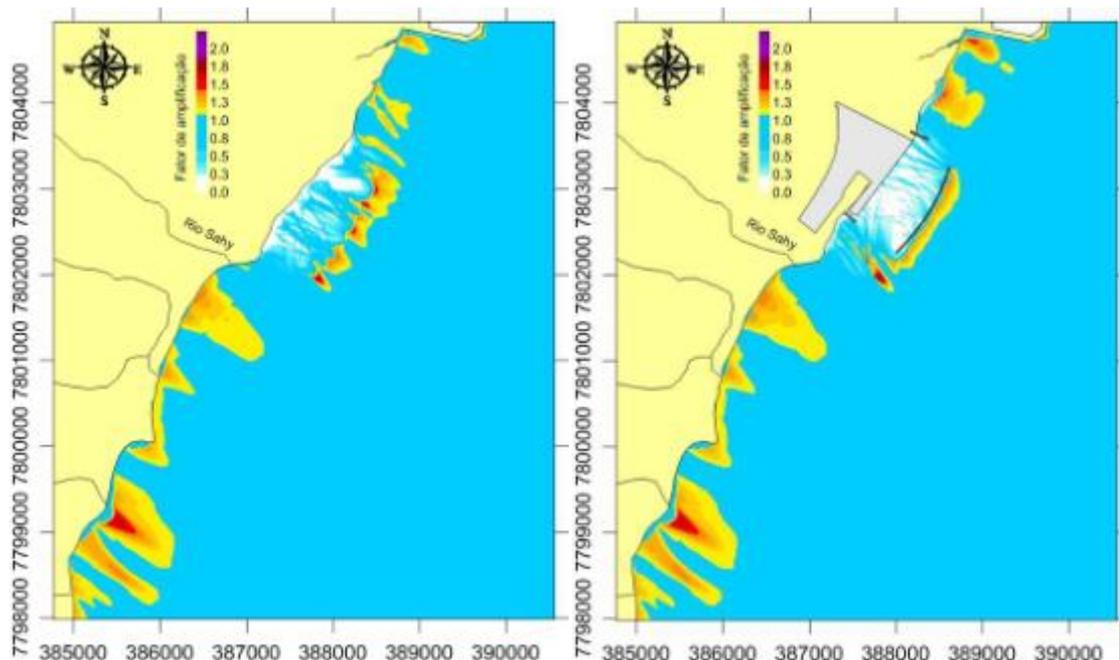
**Figura 5-110:** Resultados de fator de amplificação da altura da onda de E com 8s – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).



**Figura 5-111:** Resultados de fator de amplificação da altura da onda de E com 10s – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).



**Figura 5-112:** Resultados de fator de amplificação da altura da onda de ESE com 9s – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).



**Figura 5-113:** Resultados de fator de amplificação da altura da onda de SE com 9s – Situação atual (à esquerda) e situação projetada (à direita).

Quando se analisa a influência de ondas de ENE e E verifica-se que as obras previstas não causam mudanças nas ondas incidentes na região a sul do EJA, pois a influência dos parciais existentes nesta região já causa atenuação das ondas provenientes destas direções.

Quando se analisa a influência de ondas de ESE e SE verifica-se que as obras previstas não causam mudanças significativas nas ondas incidentes na região a norte do EJA, que é uma área onde já existe uma amplificação natural das ondas provenientes destas direções.

Assim, considerando que os principais pontos de surfe da região, como aquele conhecido como Xangão, apresentam melhores condições para prática de surfe com ondas provenientes do quadrante sul, cuja propagação não será afetada pelas obras do EJA por estas estarem à sotamar, e que para as demais direções incidentes (E e ENE) os impactos não são significativos, conclui-se que as obras do EJA não terão impactos negativos para a prática de surfe na Barra do Sahy.

### 5.1.2.5 Modelagem da dragagem e bota-fora

O objetivo geral deste subitem é o desenvolvimento de modelagem computacional para avaliar a dispersão de sedimentos dragados a serem lançados na região do bota-fora proposto para o EJA (Aracruz, ES), decorrentes da dragagem para instalação do estaleiro.

Este estudo foi desenvolvido através da aplicação de modelagem computacional, utilizando o conjunto de modelos SisBaHiA® descrito no tópico de modelagem da hidrodinâmica, considerando os seguintes dados de entrada:

- Dados meteo-oceanográficos (correntes, ondas, marés, ventos) que foram utilizados para a modelagem da hidrodinâmica.
- Dados de sedimentos, baseados em caracterização dos materiais a serem dragados e da região de bota-fora.
- Dados das operações e características dos equipamentos de dragagem.

#### 5.1.2.5.1 Sobre mobilidade e deposição de sedimento

A modelagem do transporte e deposição primária dos sedimentos finos suspenso na dragagem é condicionada pela tensão de fundo gerada por ondas e correntes. Na simulação o modelo considera que a deposição efetiva de partículas, ou seja, a etapa final do processo de sedimentação, só ocorre quando não há condições de transporte da partícula que sedimenta. O processo implementado no SisBaHiA® considera:

$V_S$  = velocidade de sedimentação média da classe de sedimentos.

$\tau_{oc}$  = tensão no fundo crítica de mobilidade das partículas que sedimentam com  $V_S$ .

$a$  = tolerância para  $\tau_{oc}$

A partir de  $V_S$  calcula-se uma taxa de sedimentação variável no tempo e espaço em função da altura da coluna de água  $H$  através da expressão:

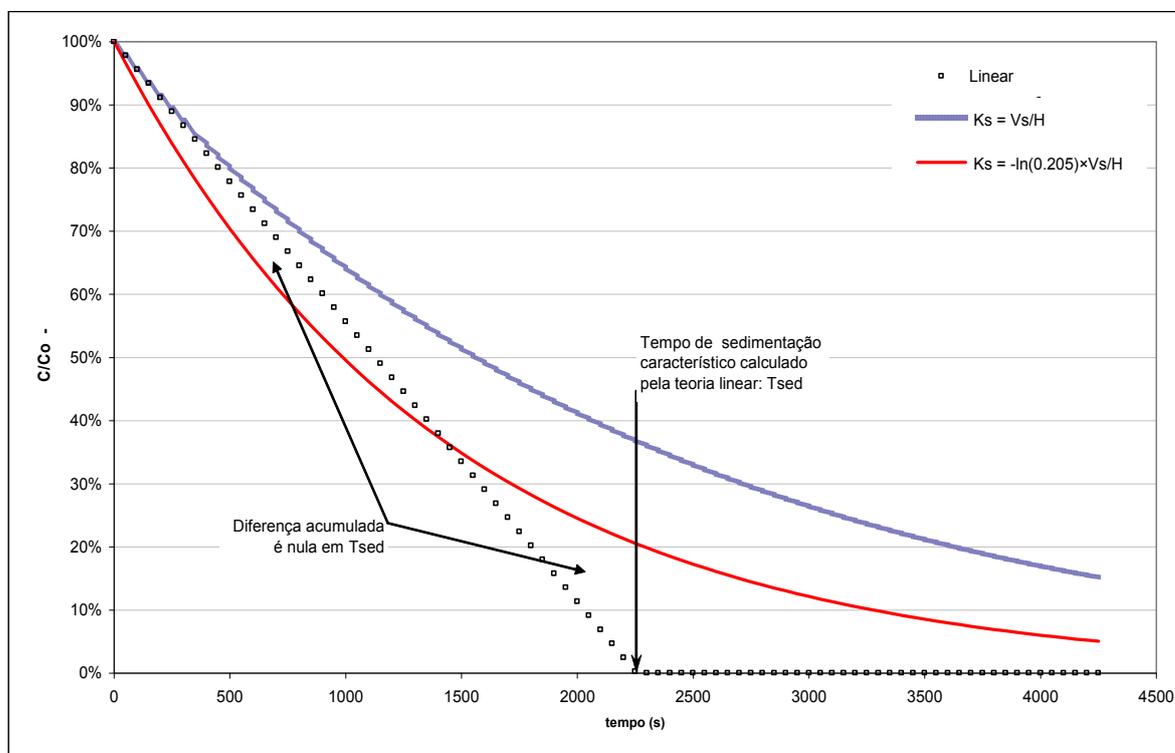
$$K_S(x, y, t) = -\ln(0,205) \times V_S / H(x, y, t)$$

O valor 0,205 é ajustado para dar diferença acumulada zero após o tempo de sedimentação característico  $T_{\text{sed}} = H/V_S$ . Isto é, no início ocorre deposição mais rápida que a teoria linear para granulometria uniforme, no fim a deposição é mais lenta. Como mostra a **Figura 5-114** no tempo característico  $T_{\text{sed}}$  indicado pela seta, a diferença acumulada entre a formulação adotada e a teoria linear é nula. Simula-se deste modo toda uma curva granulométrica, com material graúdo depositando-se mais rapidamente no início, e o material mais fino depositando-se lentamente no fim, como ocorre na natureza.

$K_S$  é variável no tempo e espaço em função da altura da coluna de água  $H$  onde está a partícula em um dado instante.  $K_S$  é variável, pois em um local com maior profundidade, o tempo necessário para deposição no fundo é maior que em local mais raso. Efetivamente, o sedimento só sai da coluna de água quando se deposita no fundo. Esta formulação de  $K_S$  simula de modo mais realista que a usual formulação linear para granulometria uniforme, pois a perda de massa de sedimentos em suspensão na coluna de água seguirá uma exponencial, sendo mais rápida no início e mais lenta no fim. A parte inicial mais rápida representa a perda da fração mais graúda dos sedimentos, e a parte final mais lenta representa a fração mais fina.

**Transporte e sedimentação condicionada:** Em cada instante, se no local em que a partícula estiver, a tensão no fundo exercida pelo escoamento,  $\tau_0$ , for menor que o fator  $\tau_{oc} \times (1 - a)$ , o modelo considera que há pouca turbulência e as partículas sedimentam, pois o escoamento não tem capacidade de transporte, portanto, o  $K_S$  da partícula é ativado e o tempo de sedimentação é contabilizado. Contrariamente, enquanto houver  $\tau_0 > \tau_{oc} \times (1 + a)$  há muita turbulência, o escoamento tem capacidade de transporte e como não haveria deposição no

fundo,  $K_S$  é desativado e o tempo de sedimentação é interrompido. Na situação intermediária ocorre o processo probabilístico descrito a seguir.



**Figura 5-114:** Curvas de sedimentação pela teoria linear para granulometria uniforme e pelas formulações com taxa  $K_S = -V_S / H$  e com taxa adotada no modelo  $K_S = -\ln(0.205) \times V_S / H$ . Repare que no caso da taxa usual  $K_S = -V_S / H$  a sedimentação ocorre como se todas as partículas fossem mais finas que as da granulometria uniforme suposta na teoria linear. No gráfico, os valores no eixo do tempo são apenas ilustrativos.

Se  $(\tau_o/\tau_{oc} - 1 + a) < (2a \times A[0,1])$  admite-se não haver capacidade de transporte, assim  $K_S$  é ativado e o tempo de sedimentação é contabilizado; caso contrário há capacidade de transporte,  $K_S$  é desativado e o tempo de sedimentação é interrompido.  $A[0,1]$  é um número aleatório entre 0 e 1, gerado a cada passo de tempo para cada partícula. Com um valor de  $a$  diferente de zero simula-se a incerteza que existe na determinação de  $\tau_{oc}$ . Por exemplo, se  $\tau_{oc}$  for estimado através da curva do parâmetro de Shields, o valor de  $a$  representa a largura da nuvem de dados experimentais para os quais a curva de Shields se ajusta. Se as partículas em suspensão forem similares a siltes e argilas, as incertezas quanto ao valor de  $\tau_{oc}$  são maiores.

Verifica-se que se  $\tau_o/\tau_{oc} = 1$  a probabilidade de sedimentação é de 50%. À medida que  $\tau_o/\tau_{oc}$  se aproxima de  $(1 - a)$  a probabilidade de sedimentação aumenta, e à medida que  $\tau_o/\tau_{oc}$  se aproxima de  $(1 + a)$  a probabilidade de sedimentação diminui.

Para o caso em questão, seguindo estimativa calculada através da formulação de van Rijn para  $V_S$  e diagrama de Shields para  $\tau_{oc}$  (van Rijn, 2005) adotou-se nas modelagens apresentadas os seguintes valores:

- Para avaliação de tendências de deriva de sedimentos no fundo antes e após a implantação do empreendimento:
  - i. Areias mais grossas  $\tau_{oc} = 0,60 \text{ N/m}^2 \pm 25\% \rightarrow d_{50} = \sim 1,10 \text{ mm}$
  - ii. Areias médias a grossas  $\tau_{oc} = 0,35 \text{ N/m}^2 \pm 25\% \rightarrow d_{50} = \sim 0,75 \text{ mm}$
  - iii. Areias médias  $\tau_{oc} = 0,23 \text{ N/m}^2 \pm 25\% \rightarrow d_{50} = \sim 0,45 \text{ mm}$
  - iv. Areias finas  $\tau_{oc} = 0,18 \text{ N/m}^2 \pm 25\% \rightarrow d_{50} = \sim 0,18 \text{ mm}$
  - v. Finos não consolidados  $\tau_{oc} = 0,12 \text{ N/m}^2 \pm 25\% \rightarrow d_{50} = < 0,06 \text{ mm}$
- Para avaliação de transporte e deposição primários de sedimentos finos suspensos durante as operações de dragagem:  $V_S = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ ;  $\tau_{oc} = 0,12 \text{ N/m}^2 \pm 25\%$
- Em todos os casos o parâmetro de tolerância para  $\tau_{oc}$  foi  $a = \pm 25\%$

#### 5.1.2.5.2 Modelagem da dragagem e do bota-fora

Neste item serão apresentados os resultados obtidos com o modelo de transporte lagrangeano do SisBaHiA<sup>®</sup> para concentração de sedimentos em suspensão e espessuras de depósitos no leito oceânico em decorrência das operações de dragagem. Para isso foram utilizados os campos hidrodinâmicos obtidos com o SisBaHiA<sup>®</sup>, conforme apresentado no item de modelagem hidrodinâmica.

#### 5.1.2.5.2.1 Dados utilizados na modelagem

A composição granulométrica média do material que será dragado e descartado na região do bota-fora é apresentada na **Tabela 5-26**.

**Tabela 5-26:** Características granulométricas dos descartes do bota-fora.

Classe Granulométrica	%	Velocidade de deposição (m/s)
Areia Fina	60	0.0106
Silte médio	40	0.0038

Os seguintes parâmetros e roteiro relativos às operações de dragagem foram utilizados na modelagem, considerando as atividades e equipamentos previstos:

1. Vazão de operação (produção) da dragagem: 7.000 m<sup>3</sup>/dia.
2. Volume transportado para a região do bota-fora em cada batelão: 850 m<sup>3</sup>.
3. Número de batelões: 2.
4. Tempo de descarte de cada batelão na região do bota-fora: 15 minutos.
5. Intervalo de tempo entre dois descartes consecutivos na região do bota-fora: 3 horas.
6. Volume total de sedimentos dragados considerados na modelagem: 5.000.000 m<sup>3</sup> - este volume atende com folga o que deverá ser dragado para instalação do EJA, que seria de 3.615.000 m<sup>3</sup>, considerando o canal de acesso, bacia de evolução e áreas de atracação.
7. Tempo total da operação: 24 meses.
8. Na operação de dragagem, admite-se que 3% do volume dos finos (que correspondem a 40 % dos sedimentos) dragados sejam devolvidos à coluna d'água. Assim, a vazão total de finos lançados na coluna d'água durante a dragagem é estimada em  $40\% \times 3\% \times 7.000 \text{ m}^3/\text{dia} = 84 \text{ m}^3/\text{dia}$ . Esta estimativa considerou que a draga a ser utilizada, que é do tipo "backhoe dredger", retira o material do fundo de maneira agregada em sua caçamba.

9. Para os resultados de concentração de sedimentos em suspensão, considerou-se que apenas valores de concentração acima do limiar de 20mg/l representam alterações significativas no ambiente natural. Esse é um limiar bem baixo para a região, que naturalmente tem concentrações de sedimentos em suspensão maiores do que este valor.

10. A massa específica do material sólido considerada foi 2.650 kg/m<sup>3</sup>.

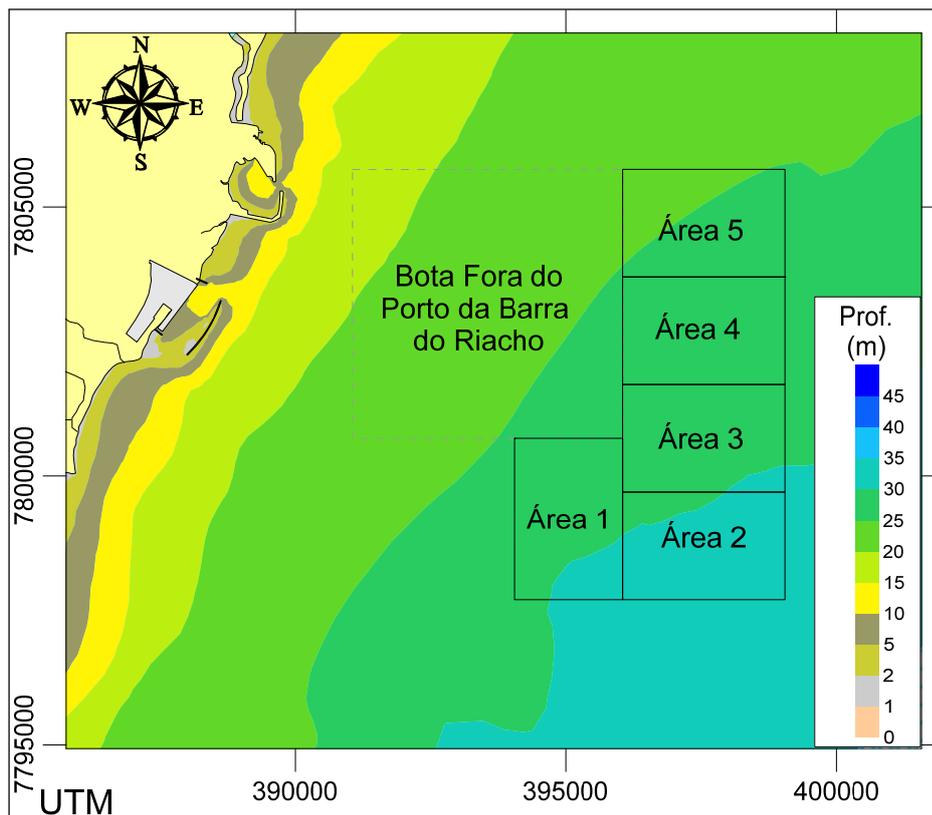
#### 5.1.2.5.2.2 Modelagem de bota-fora

Como estratégia de modelagem, a região do bota-fora foi dividida em 5 sub-regiões, conforme ilustrado na **Figura 5-115**. Foram executadas modelagens considerando descartes em uma área de 100 x 100 m localizada aleatoriamente dentro de cada uma das sub-regiões.

Com o objetivo de avaliação dos resultados em condições ambientais diversas foram executadas simulações considerando os campos hidrodinâmicos de verão e inverno descritos no item de modelagem hidrodinâmica.

Na **Figura 5-116** e **Figura 5-117** são apresentados resultados instantâneos típicos de concentração de sedimentos em suspensão resultantes dos lançamentos realizados pelos batelões no bota-fora. As nuvens de sedimentos observadas são resultantes dos lançamentos que ocorreram antes do instante mostrado.

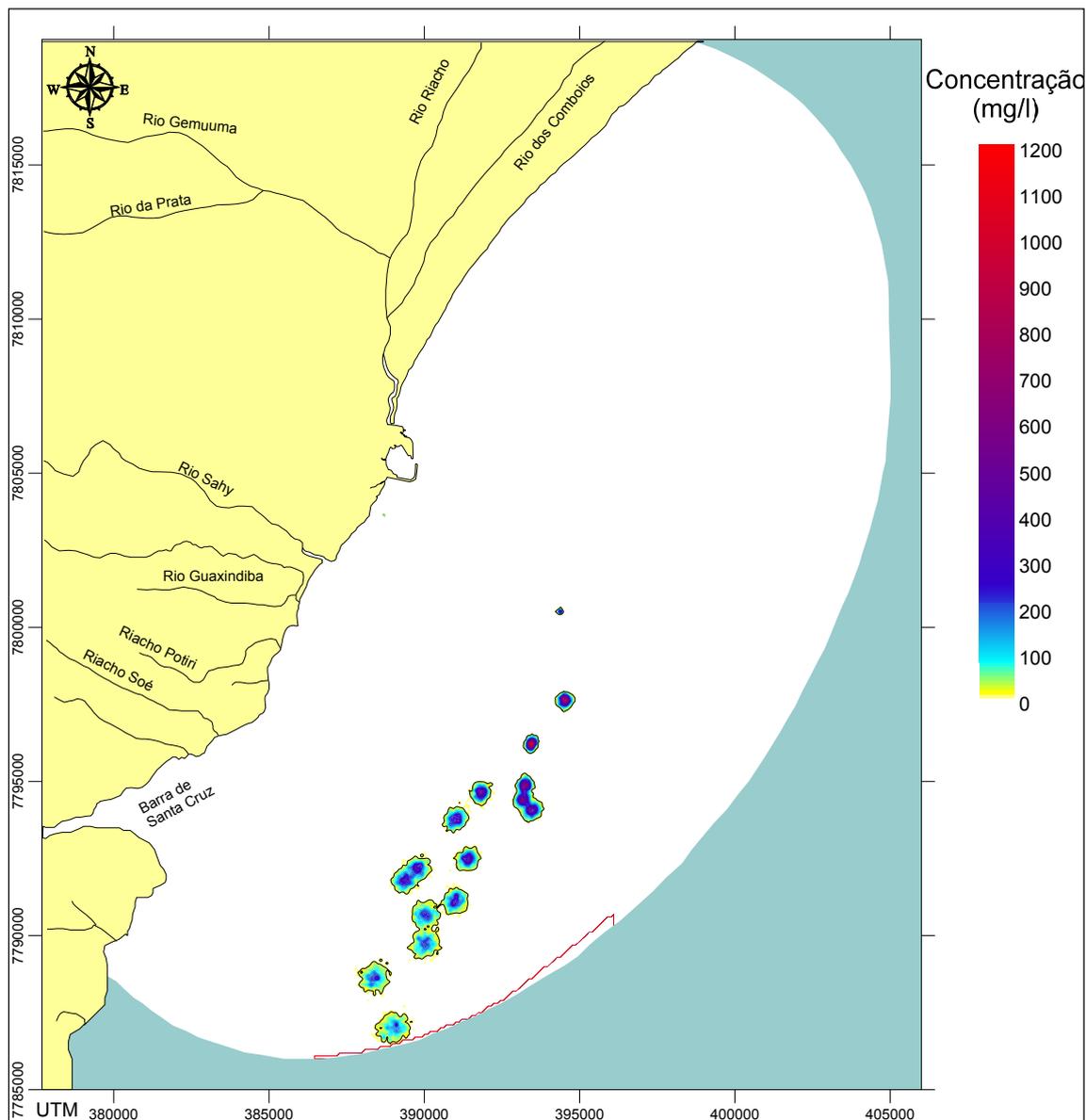
As correntes verificadas na situação de verão usualmente têm menor intensidade das correntes na situação de inverno, o que se traduz em uma maior persistência das nuvens de sedimentos que se dirigem para SW. As nuvens geradas pelos lançamentos não se aproximam da costa, seguindo as direções impostas pelas correntes, que são aproximadamente paralelas à linha de costa.



**Figura 5-115:** Sub-regiões consideradas nas modelagens de descartes de sedimentos decorrentes da operação de bota-fora.

As nuvens mostradas são compostas pelo material mais fino que ainda não sedimentou, e mostradas com limiar de 20 mg/l, que é um limite bem baixo, considerando os sólidos naturalmente em suspensão em águas costeiras da região. O uso desse limiar nos resultados da modelagem foi feito para que os mapas gerados pudessem mostrar a tendência de movimento das nuvens de sedimentos suspensos.

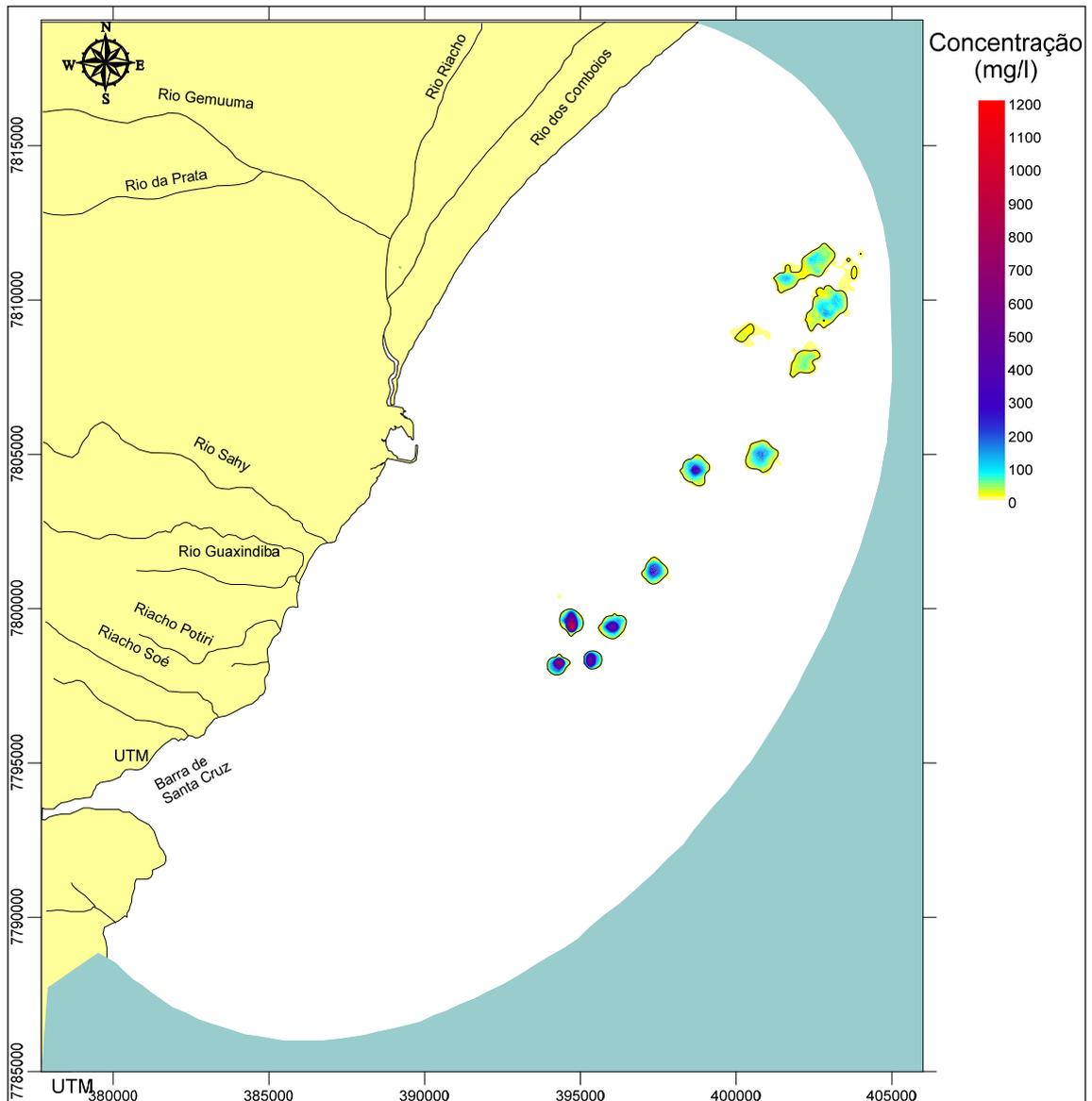
Todos os resultados apresentam as águas da região inicialmente com 0 mg/l de sedimentos em suspensão, como forma de ressaltar as concentrações de sedimentos resultantes das operações de dragagem, ou seja, desconsiderando-se a existência de concentrações naturais de sedimentos em suspensão.



**Figura 5-116:** Exemplo de resultado instantâneo de concentração de sedimento em suspensão para situação de verão. A isolinha preta de contorno das nuvens indica a concentração de 20 mg/l.

Outra forma de apresentação dos resultados de concentração de sedimentos em suspensão é detalhada a seguir, utilizando-se o modelo probabilístico do SisBaHiA<sup>®</sup>. Os resultados apresentados na análise probabilística foram obtidos a partir dos resultados instantâneos (determinísticos) de concentração de sedimentos em suspensão, mas simulando-se as operações de dragagem durante todo um mês típico, de verão ou de inverno. Em seguida, calcula-se o tempo em que cada ponto do domínio de modelagem fica exposto a uma concentração de sedimentos em suspensão acima de um determinado limiar

(neste caso, utilizou-se 20 mg/l). A partir desta informação, obtêm-se os resultados apresentados na forma de percentagem do tempo total de simulação (um mês de inverno ou um mês de verão) em que cada ponto de cálculo teve concentração acima do limiar.



**Figura 5-117:** Exemplo de resultado instantâneo de concentração de sedimento em suspensão para situação de inverno. A isolinha preta de contorno das nuvens indica a concentração de 20 mg/l.

Assim, a seqüência de mapas da **Figura 5-118** até a **Figura 5-127** apresentam resultados probabilísticos, em forma de isolinhas de ocorrência de passagem de nuvens de sedimentos com concentrações maiores que 20 mg/l, para cada uma

das sub-regiões indicadas na **Figura 5-115**. Estes mapas foram obtidos simulando-se os lançamentos no bota-fora, em cada uma das sub-regiões, durante todo o mês típico de verão (ciclo de 30 dias em Janeiro de 1995) e durante todo o mês típico de inverno (ciclo de 30 dias em Junho de 1996), que foram os cenários hidrodinâmicos modelados. São apresentadas as probabilidades de ocorrência maiores que 5%, pois devido às incertezas inerentes à modelagem dos processos em foco, admite-se que probabilidades abaixo destas não sejam significativas.

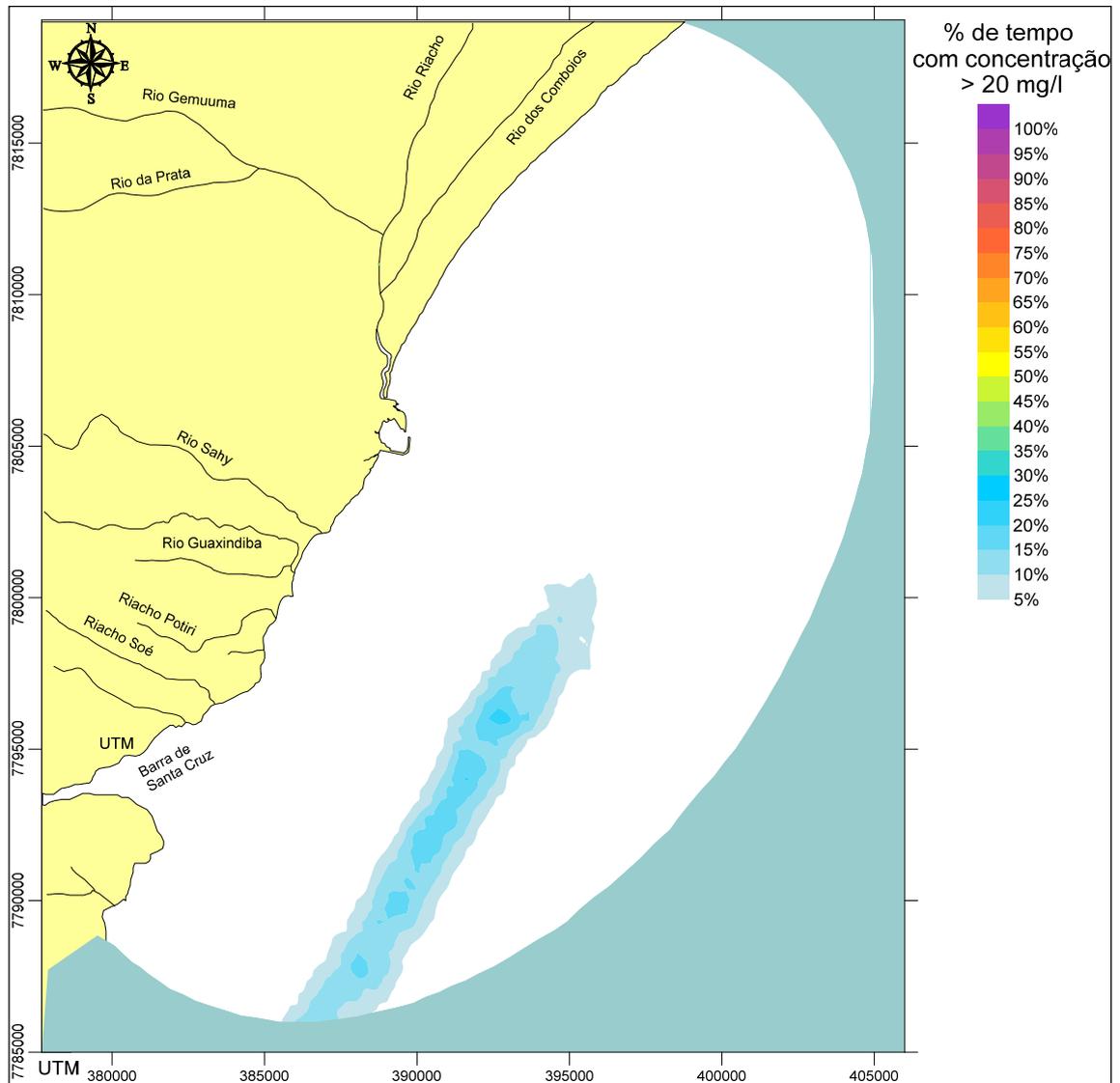
Analisando os resultados, destaca-se que não há tendência do material lançado chegar ao litoral, seja no verão ou no inverno. No verão as probabilidades de ocorrência de maiores concentrações são maiores, pois há menos transporte e espalhamento devido às menores intensidades das correntes e à maior persistência no sentido das correntes. No inverno, estas probabilidades são menores, pois há mais transporte e espalhamento devido às maiores intensidades e alternâncias no sentido das correntes.

As probabilidades mais significativas de ocorrerem concentrações maiores que 20 mg/l se verificam em condições de verão, por causa do menor transporte e espalhamento, e mesmo assim são baixas, tipicamente não ultrapassam 20%.

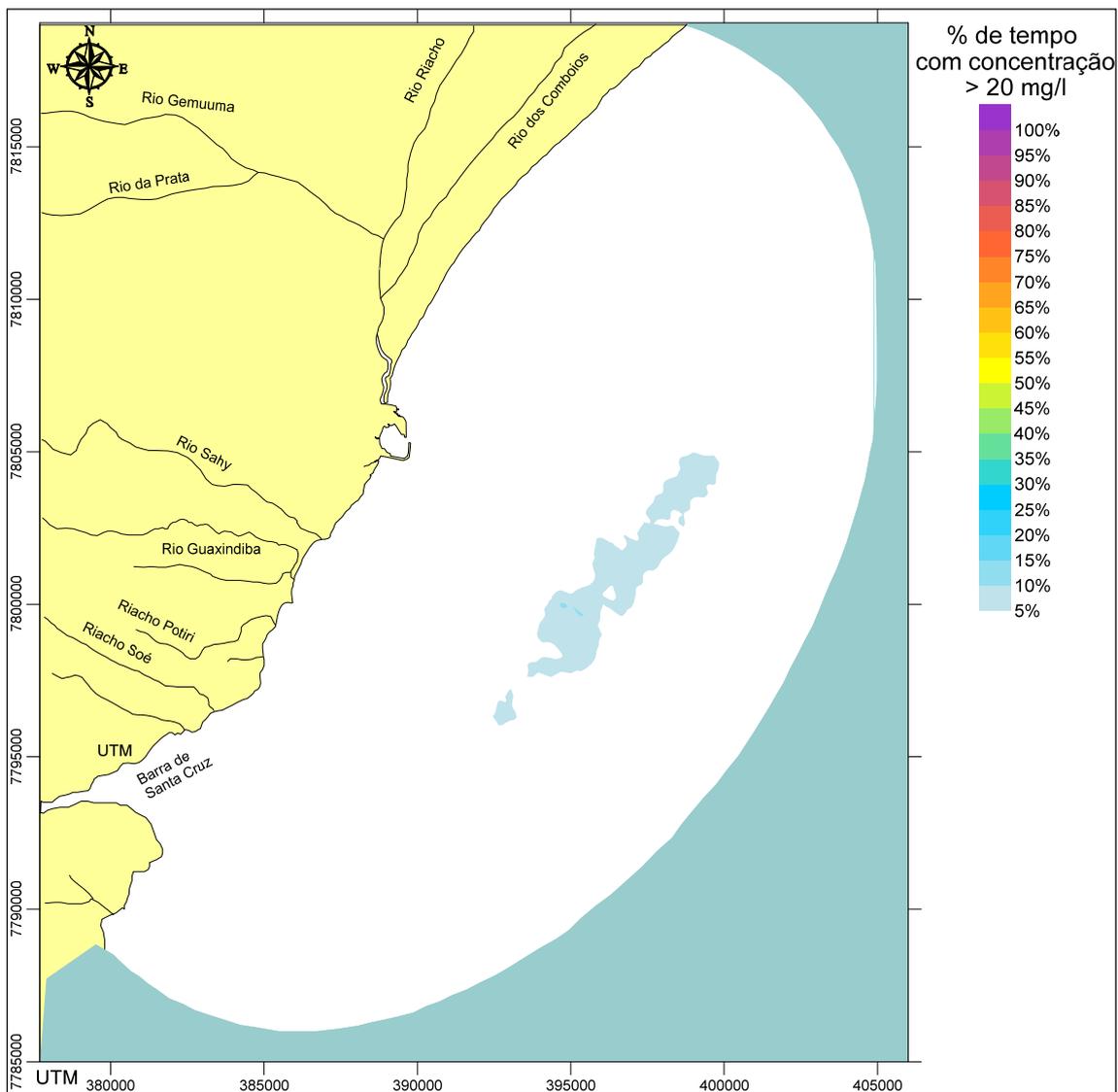
Destaca-se ainda que apenas a fração mais fina forma nuvens que são transportadas gerando as probabilidades de ocorrência mais baixas, nos limites das isolinhas mostradas nos mapas. Assim, toda a areia e materiais mais grossos ficarão retidos nas imediações dos pontos de lançamento, e somente o material siltoso fluidizado será transportado para fora desta área.

Pode-se considerar como áreas impactadas pelas operações de bota-fora, além da própria região do bota-fora proposto, aquelas com uma grande ocorrência de passagem de nuvens de sedimentos com concentrações acima de um limiar. Não há critérios estabelecidos para definir qual a frequência de passagem aceitável, mas com os resultados da modelagem pode-se indicar uma faixa estreita paralela

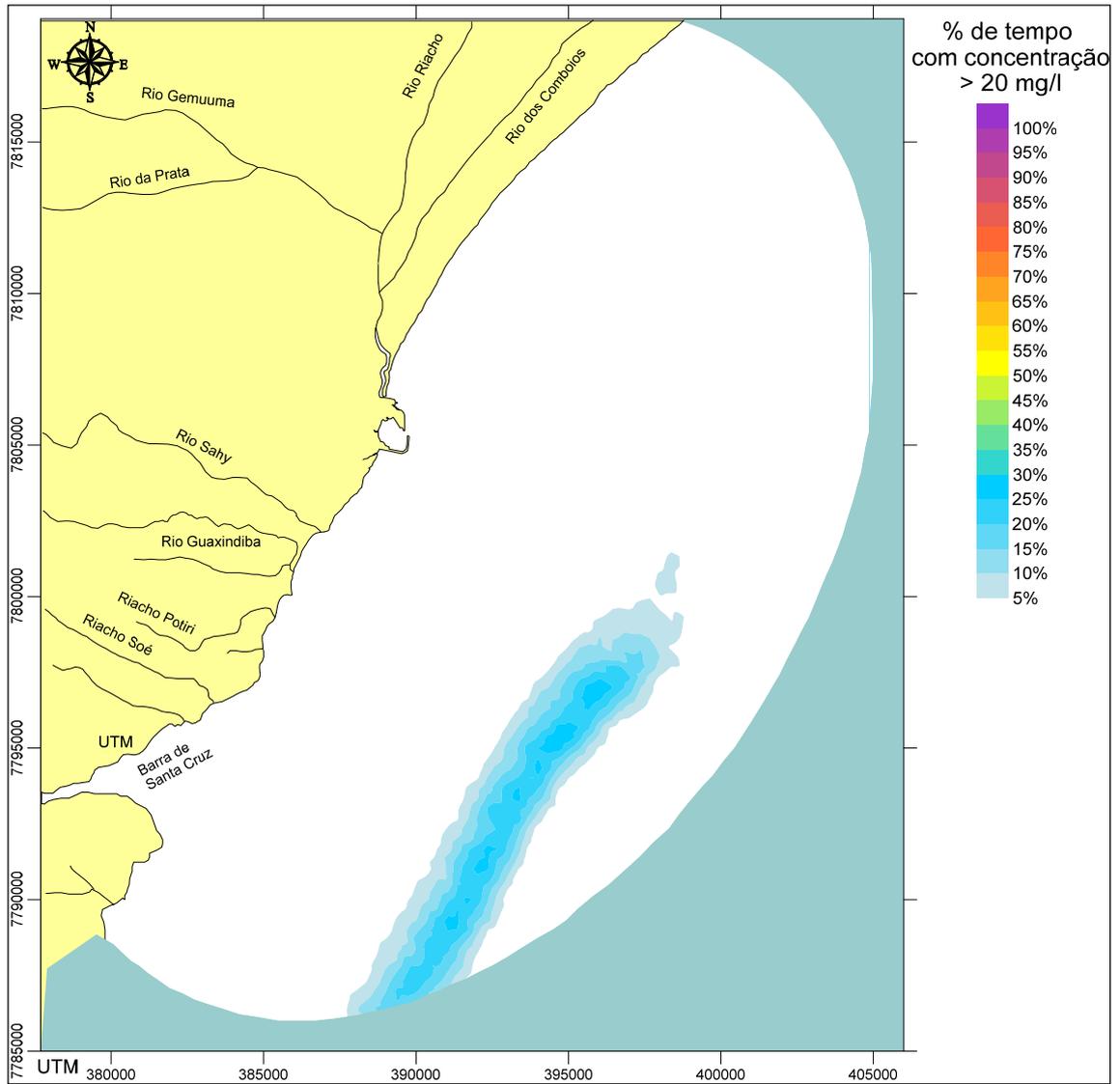
à costa, para sudoeste e para nordeste da área de boca-fora, em profundidades acima de 25 m.



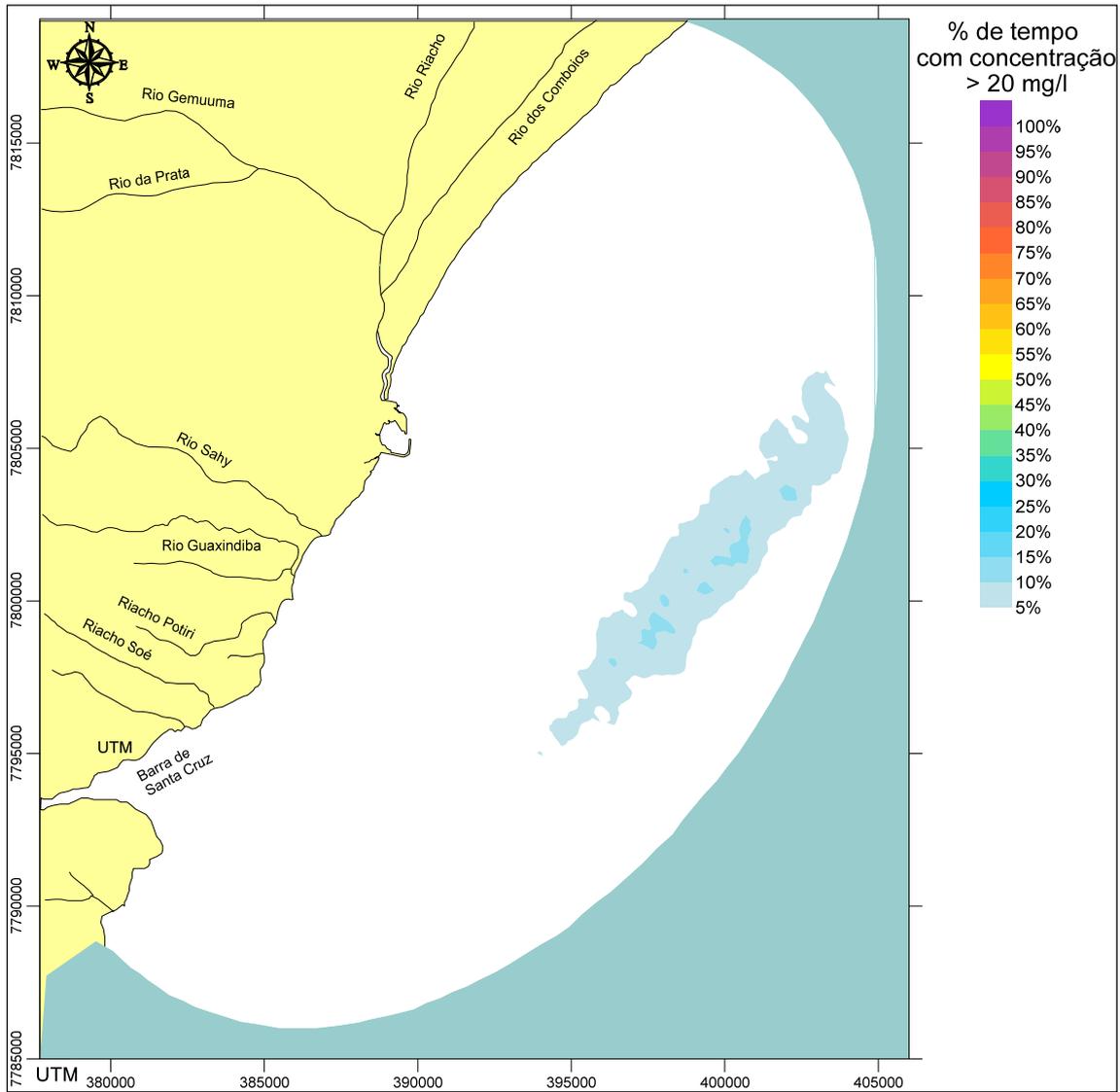
**Figura 5-118:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 1 - simulação de verão. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.



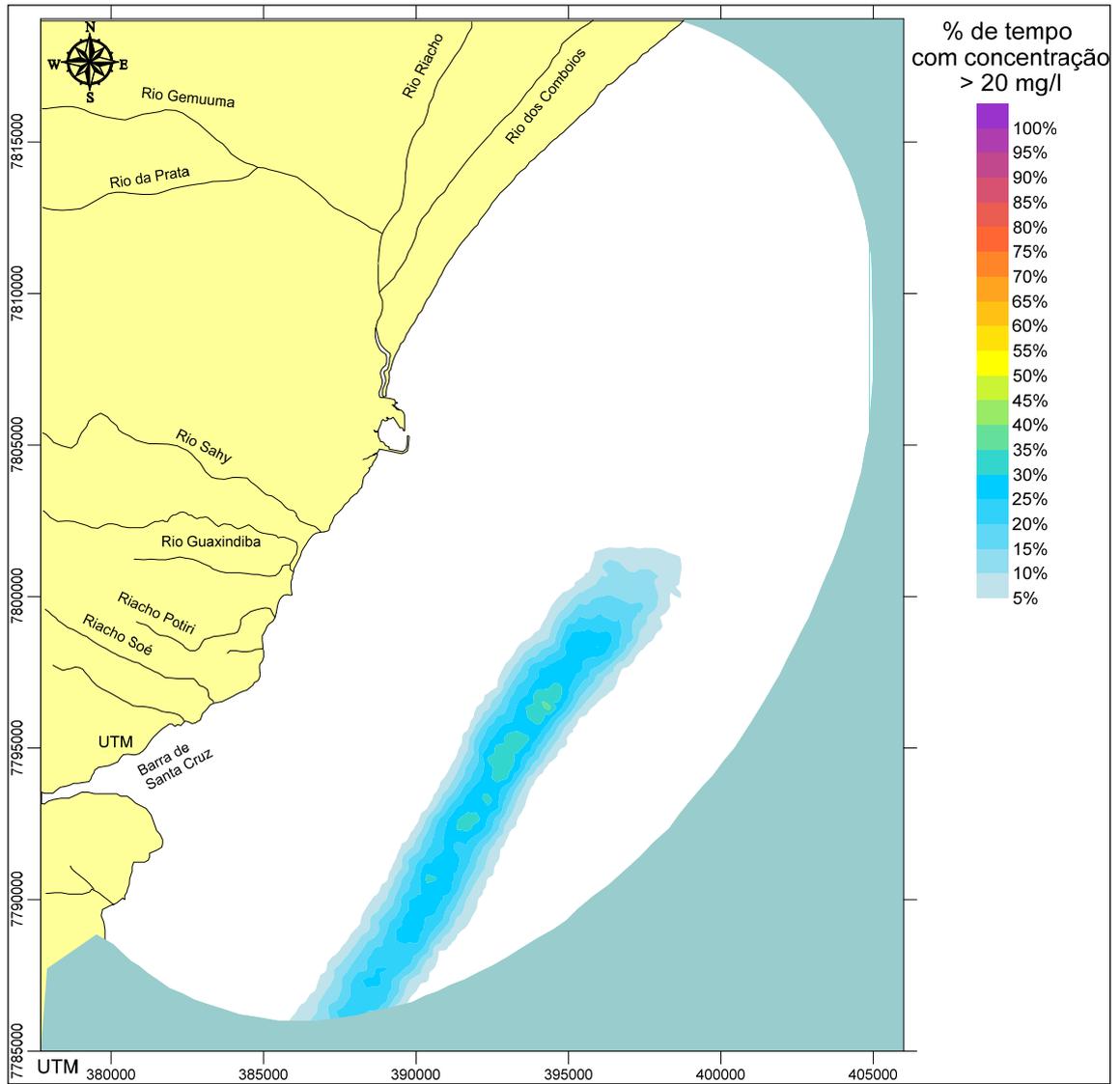
**Figura 5-119:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 1 - simulação de inverno. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.



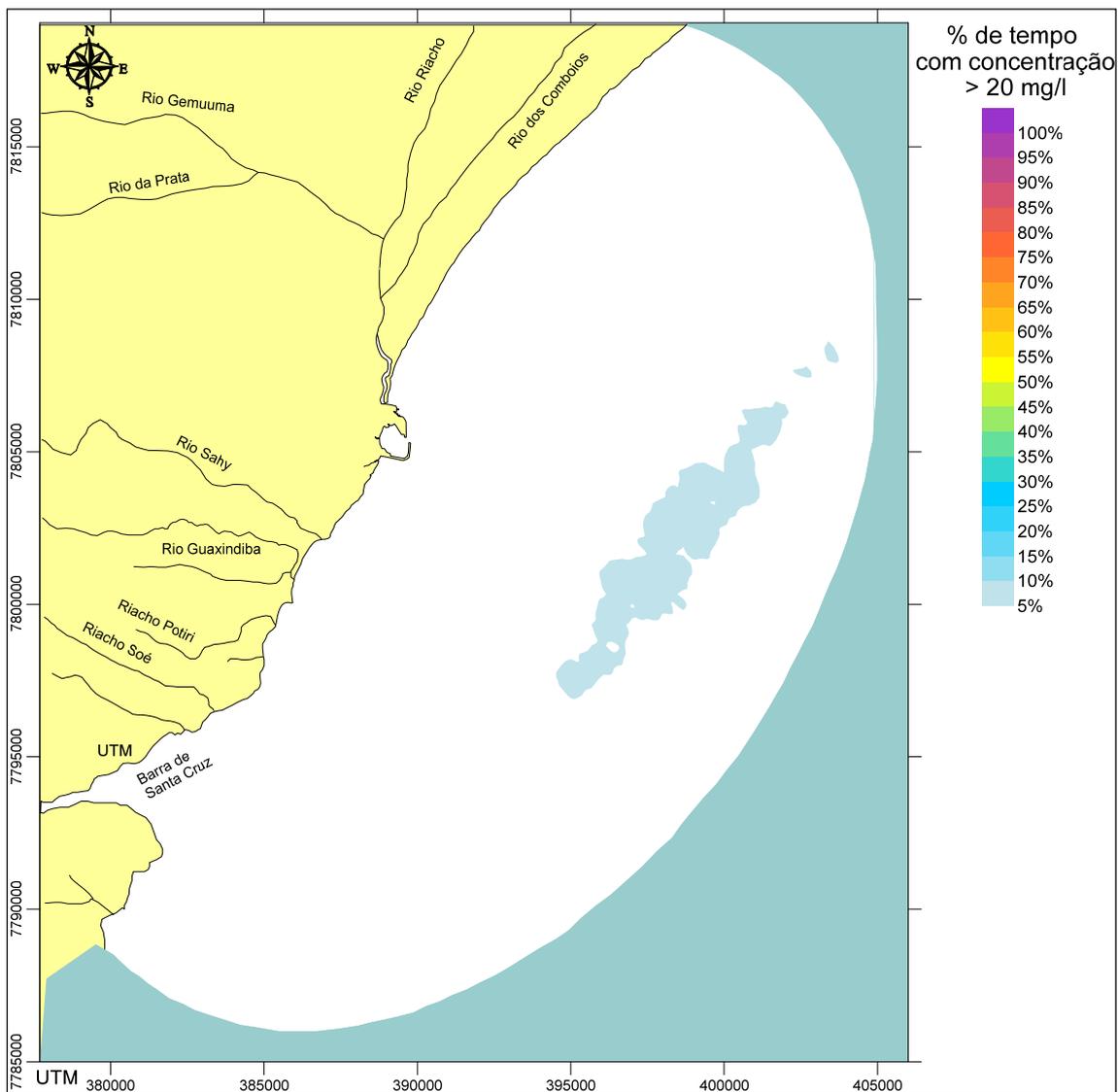
**Figura 5-120:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 2 - simulação de verão. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.



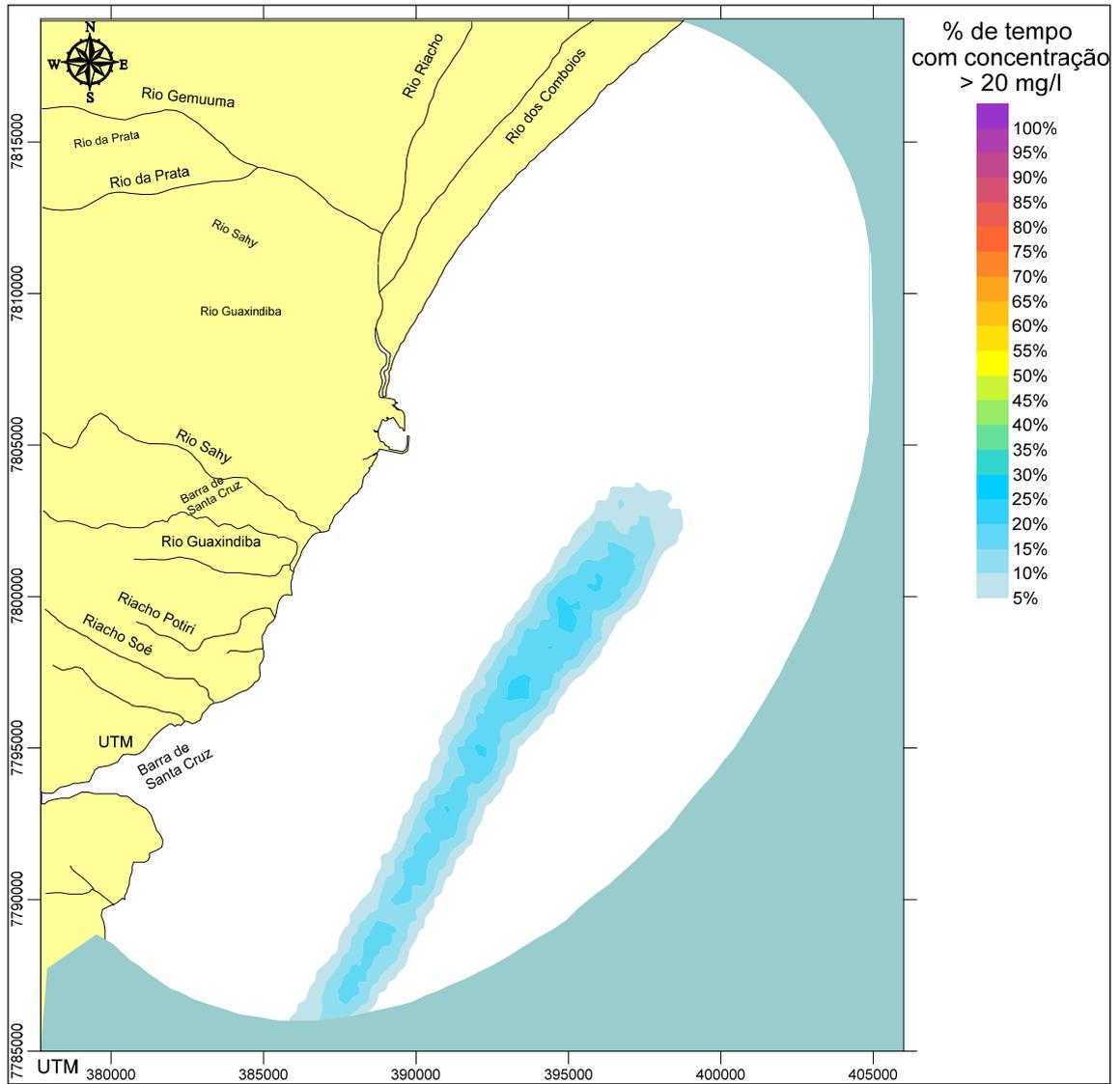
**Figura 5-121:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 2 - simulação de inverno. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.



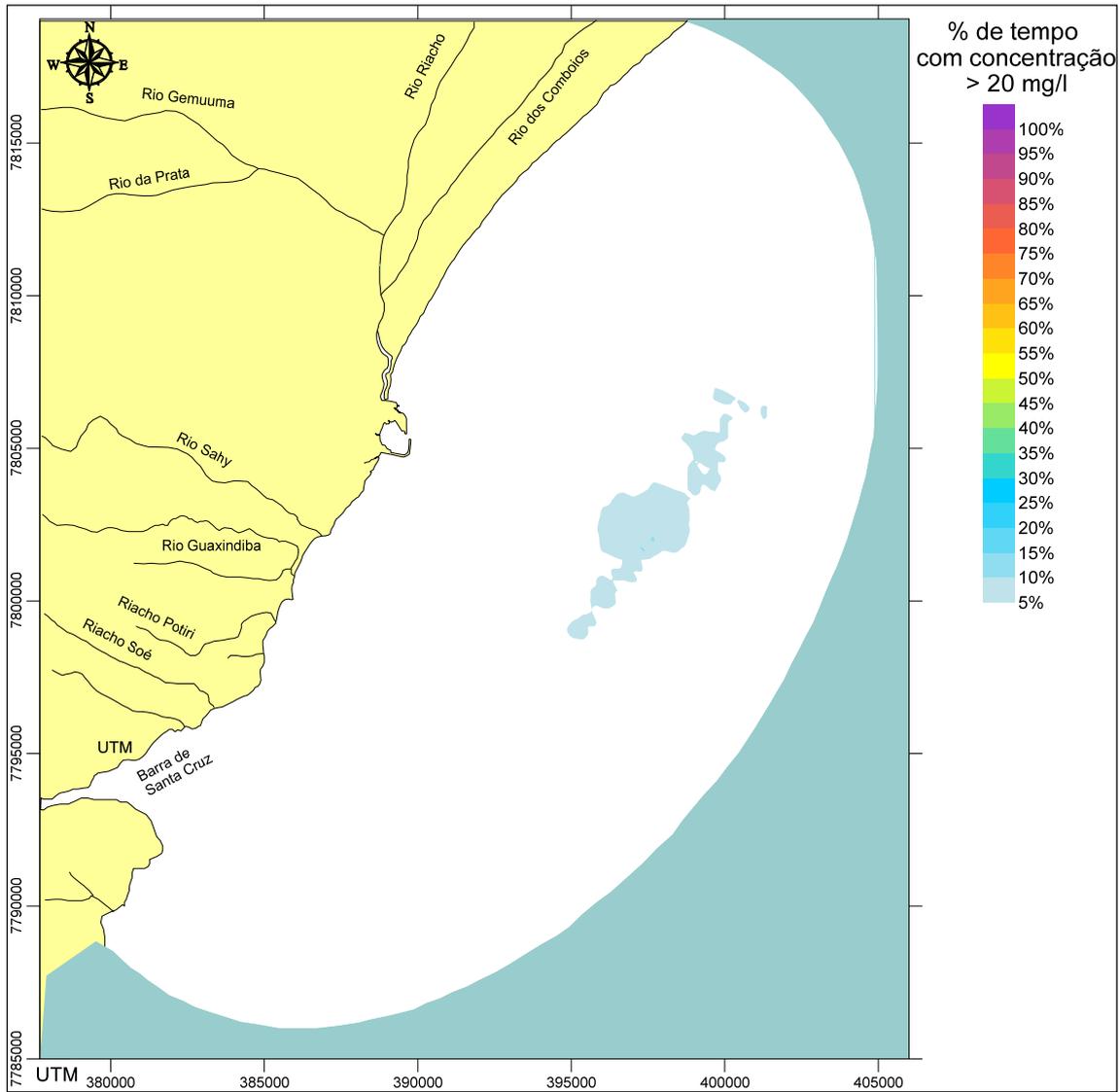
**Figura 5-122:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 3 - simulação de verão. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.



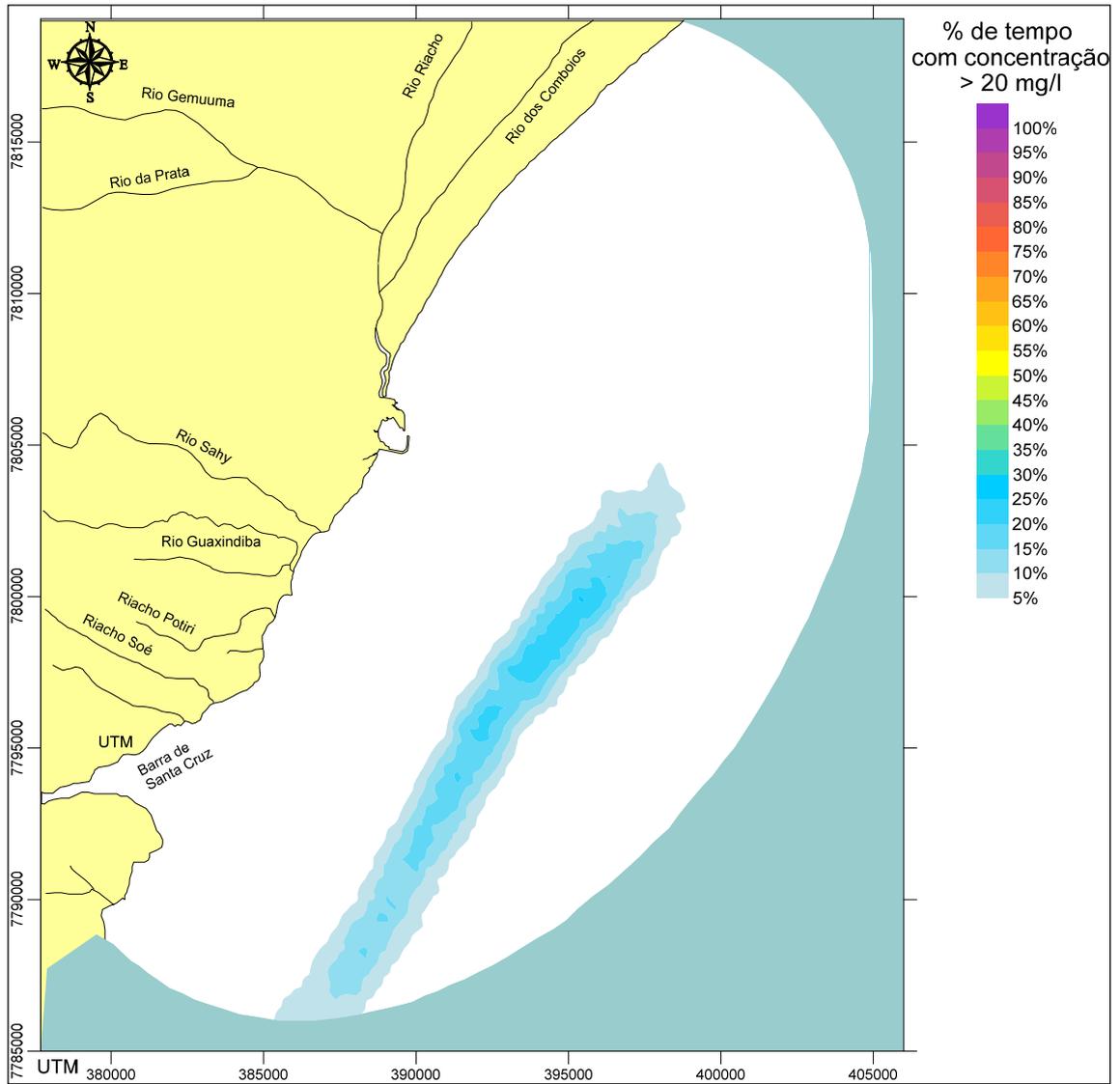
**Figura 5-123:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 3 - simulação de inverno. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.



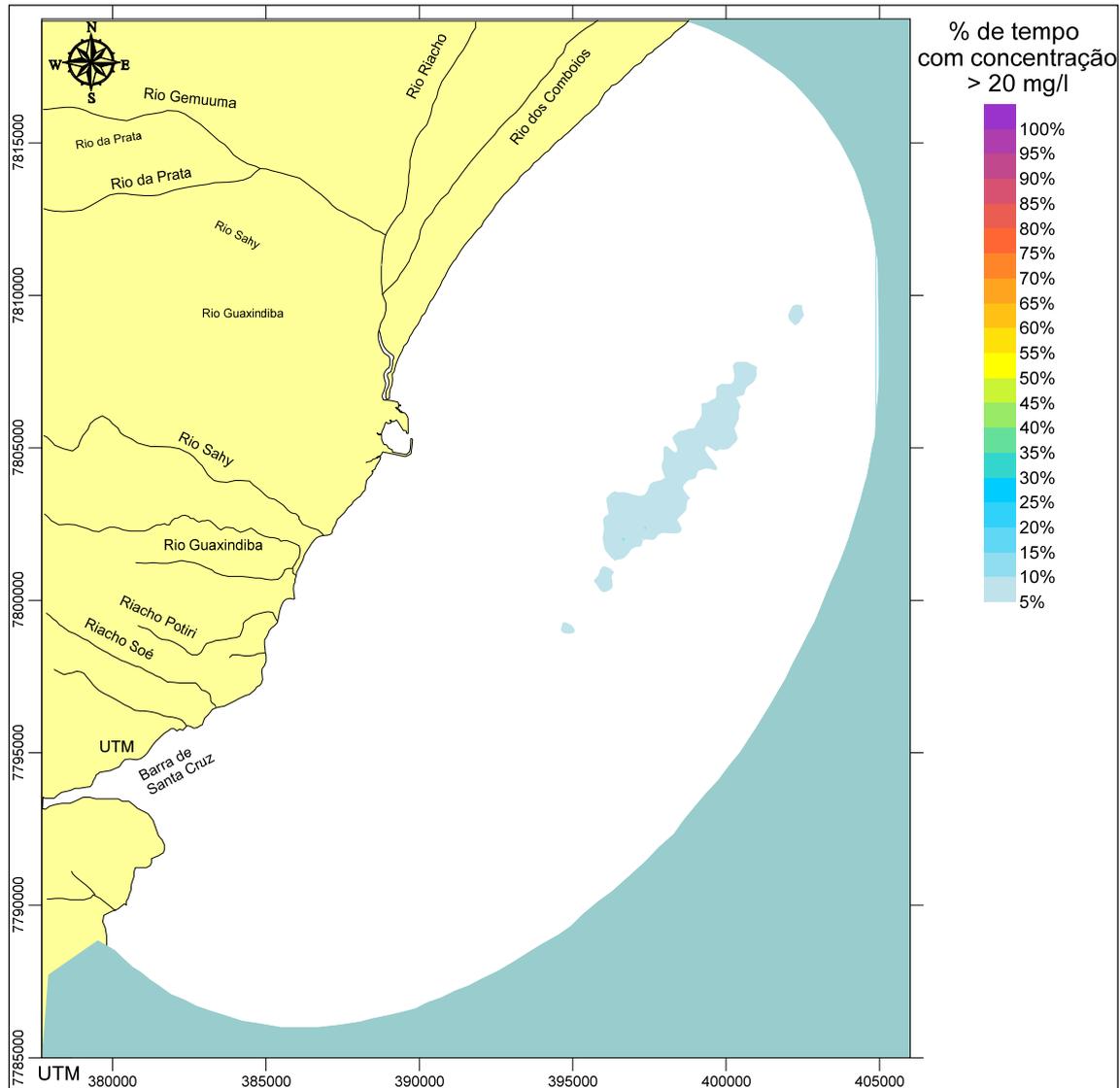
**Figura 5-124:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 4 - simulação de verão. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.



**Figura 5-125:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 4 - simulação de inverno. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.



**Figura 5-126:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 5 - simulação de verão. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.



**Figura 5-127:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência de descarte na Área 5 - simulação de inverno. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limiar.

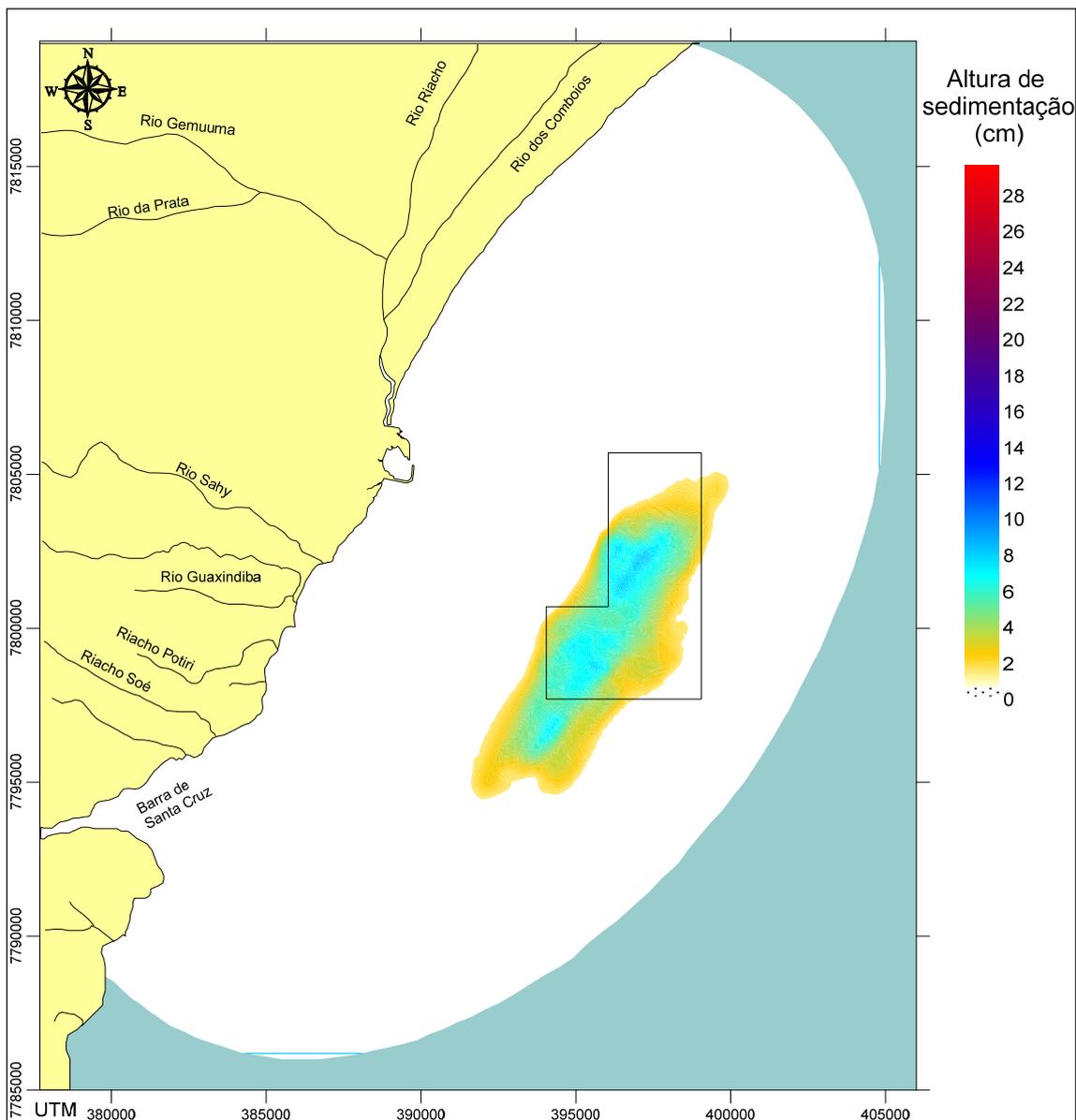
Para análise da deposição primária de sedimentos foram feitas simulações cujos resultados são apresentados na **Figura 5-128** e **Figura 5-129**, com as espessuras de sedimentos depositados no leito oceânico obtidas considerando os campos hidrodinâmicos típicos de verão e de inverno, atuando compostos ao longo dos meses de dragagem.

As simulações foram feitas considerando descarte de um mês de material dragado em cada uma das 5 sub-regiões indicadas na **Figura 5-115**. Os

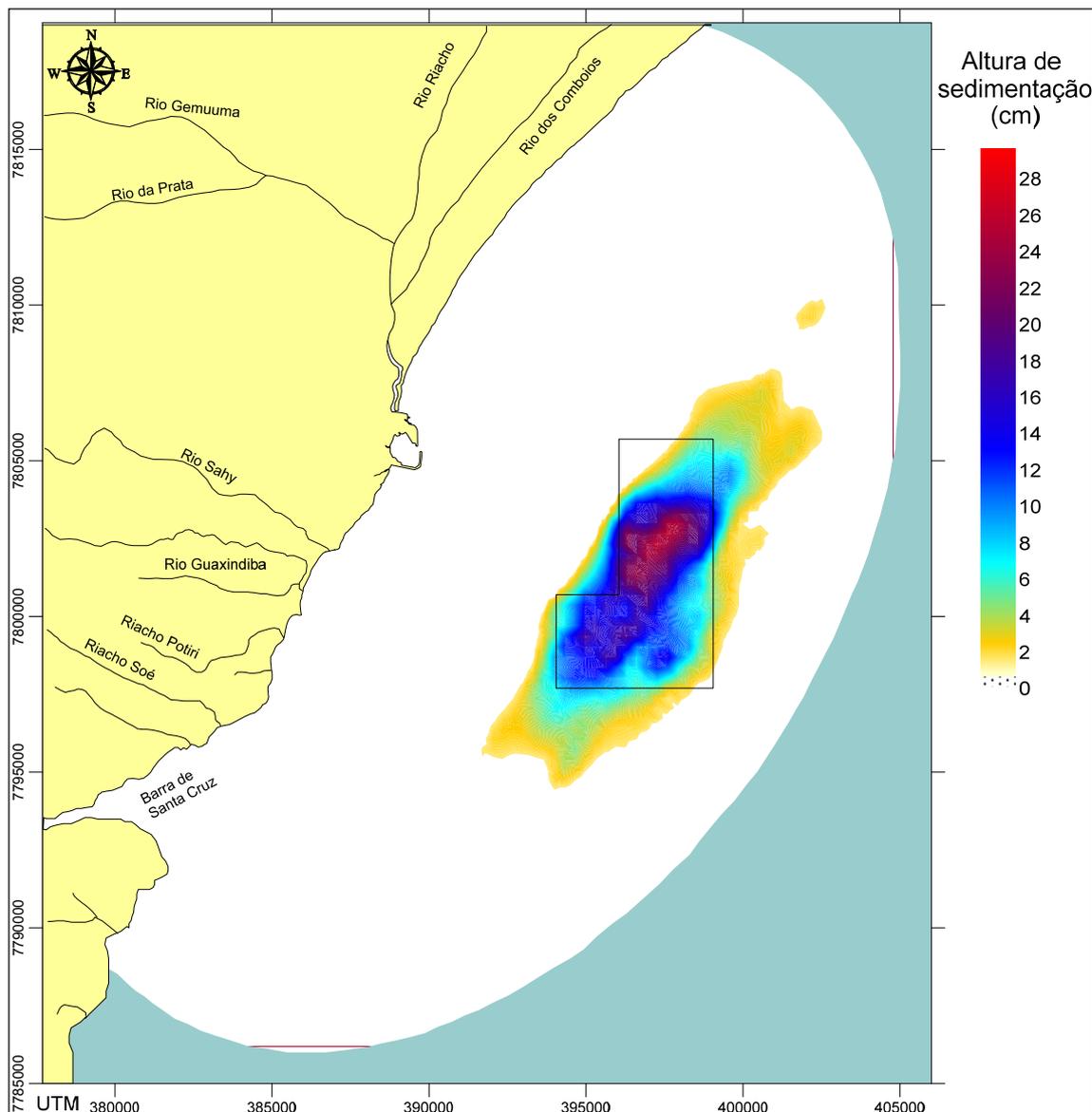
resultados de espessuras de depósitos no leito oceânico obtidos nas simulações de um mês para cada sub-região foram sobrepostos. Os resultados da sobreposição indicam, portanto, as espessuras de depósitos no leito oceânico resultantes dos descartes distribuídos em toda a região do bota-fora. Com isso, foram obtidos resultados referentes a descarte de 2.500.000 m<sup>3</sup> ao longo de 12 meses e 5.000.000 m<sup>3</sup> ao longo de 24 meses, distribuídos aleatoriamente em toda a área do bota-fora.

Observa-se nos resultados que as maiores espessuras de deposição primária não ultrapassam 30 cm, o que é resultado da distribuição aleatória do material dragado nas sub-regiões. As alturas de sedimentação observadas que ultrapassam os limites da área de bota-fora proposto podem ser consideradas pequenas, e compatíveis com as incertezas envolvidas em processos de modelagem desta natureza.

Os resultados da modelagem de deposição indicam uma estratégia para os lançamentos pelos batelões no bota-fora, em função das correntes. Os lançamentos realizados nas sub-regiões mais ao norte (5 e 4) devem ser privilegiados quando a corrente vier de nordeste, enquanto os lançamentos nas sub-regiões mais a sul (3, 2 e 1) devem ser privilegiados quando a corrente vier de sudoeste. Este procedimento de lançamento permitirá uma maior sedimentação da parcela mais fina do material dragado no bota-fora proposto.



**Figura 5-128:** Altura de sedimentação primária com lançamento nas 5 sub-regiões durante 12 meses e descarte total de 2.500.000 m<sup>3</sup> de material dragado.

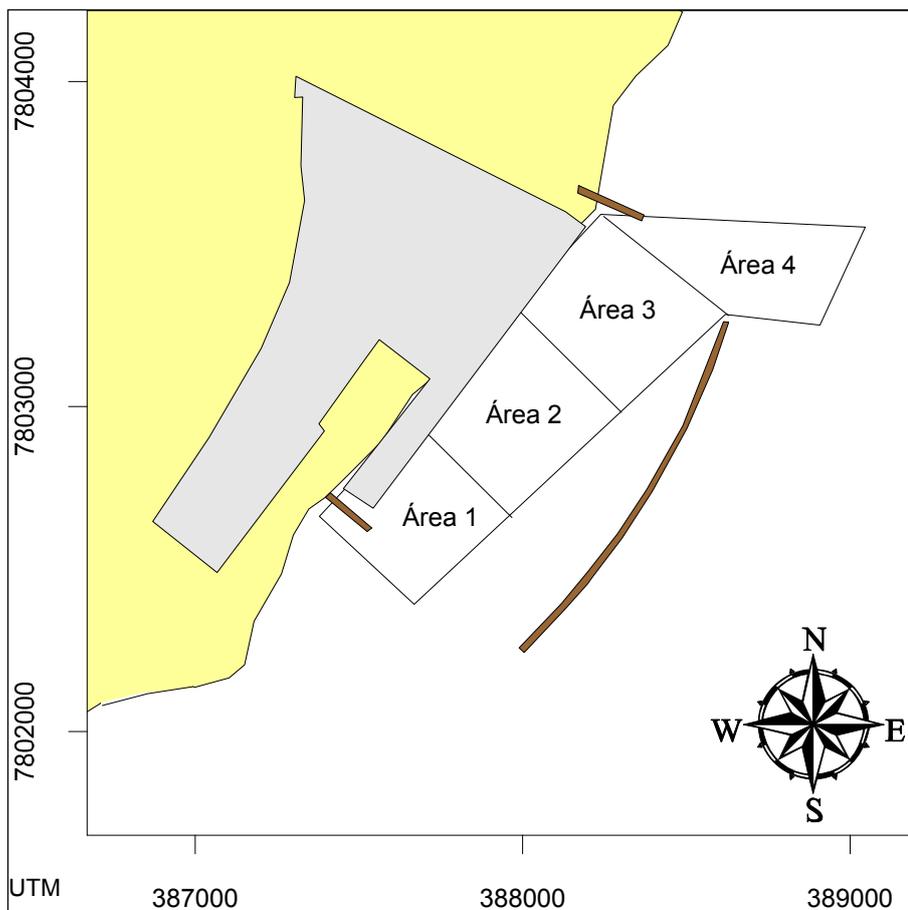


**Figura 5-129:** Altura de sedimentação primária com lançamento nas 5 sub-regiões durante 24 meses e descarte total de 5.000.000 m<sup>3</sup> de material dragado.

#### 5.1.2.5.2.3 Modelagem da dragagem

Para modelagem do transporte e dispersão de sedimentos provenientes da operação de dragagem que poderiam impactar as praias adjacentes, foi utilizado um procedimento análogo ao utilizado para a modelagem dos lançamentos no bota-fora. A **Figura 5-130** ilustra as 4 sub-regiões utilizadas na estratégia de modelagem, que compõem a área total a ser dragada, compreendendo canal de acesso, bacia de evolução e áreas de atracação.

Assim como foi feito no caso da simulação dos descartes no bota-fora, foram executadas simulações de descartes em cada uma das áreas com duração de um mês, para obter-se resultados probabilísticos. Conforme descrito nos dados utilizados para a modelagem, foi considerada uma vazão de descarte de sedimentos contínua de  $84\text{m}^3/\text{dia}$ , correspondente à fração do material dragado que entra em suspensão.

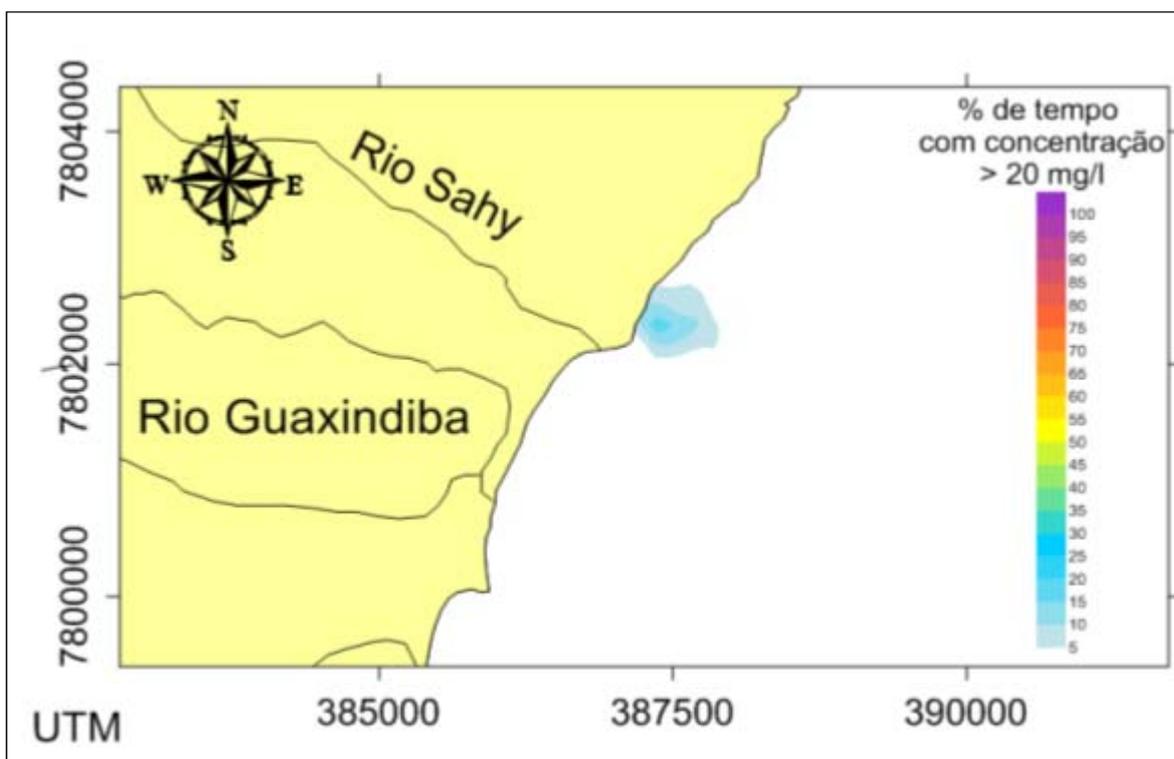


**Figura 5-130:** Sub-regiões consideradas nas modelagens de transporte de sedimentos decorrentes da operação de dragagem.

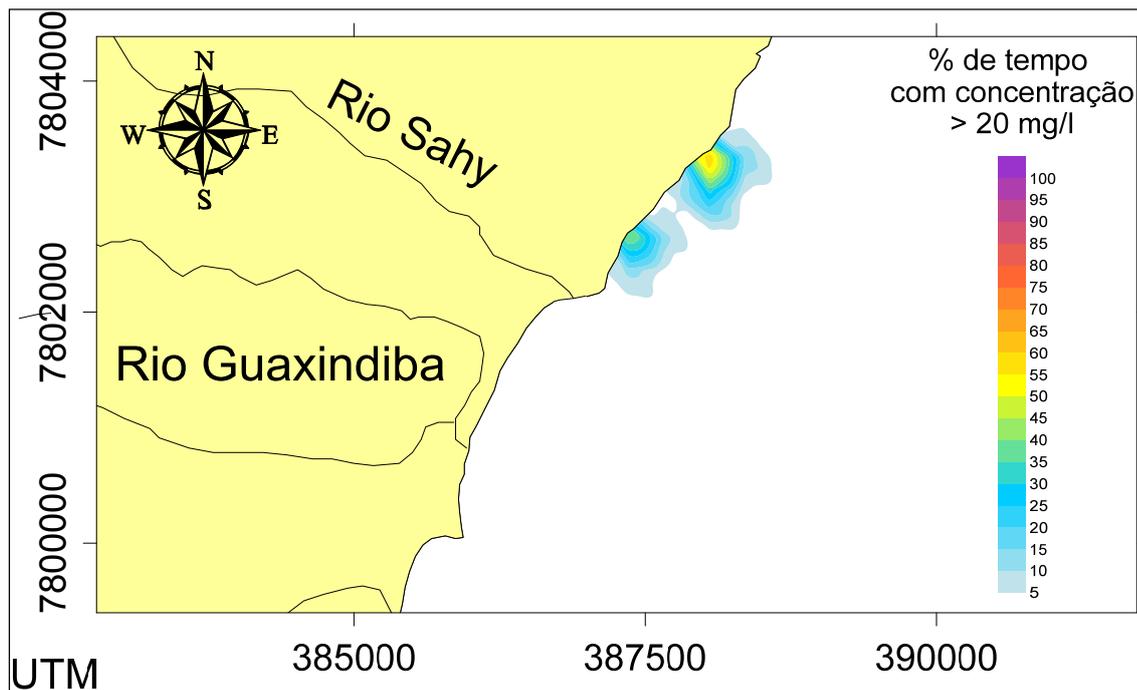
A seguir são apresentados os resultados de percentagem de tempo de exposição à concentração de sedimentos acima do limiar de  $20\text{ mg/l}$  para a operação de dragagem. Como se observa na **Figura 5-131** e **Figura 5-132**, os resultados indicam alterações com probabilidades muito baixas de ocorrência. Além disso, essas alterações são bastante limitadas à região do empreendimento. Todos os resultados foram obtidos considerando as águas da região inicialmente com 0

mg/l de sedimentos em suspensão, como forma de ressaltar as concentrações de sedimentos resultantes das operações de dragagem.

As simulações de verão com descartes nas áreas 1, 2, 3 e 4 e as simulações de inverno com descarte nas áreas 2 e 4 não indicaram concentrações acima do limiar de 20 mg/l com probabilidade maior do que 5%, por esta razão não foram apresentadas. Note-se que esse limiar de concentrações é bastante baixo, considerando as concentrações de sólidos suspensos naturais na região.



**Figura 5-131:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência da operação de dragagem na área de dragagem 1 - simulação de inverno. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limite.



**Figura 5-132:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração acima de 20 mg/l em decorrência da operação de dragagem na área de dragagem 3 - simulação de inverno. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limite.

#### 5.1.2.5.2.4 Considerações finais

O padrão de correntes obtido para a região de estudo a partir de sua modelagem condiz com os resultados de monitoramentos realizados em trabalhos anteriores, que indicam uma forte ligação das correntes com o regime de ventos incidentes, alternando o sentido de acordo com a inversão no sentido dos ventos. Este aspecto foi bem reproduzido pelo modelo, assim como a magnitude das correntes no ponto de monitoramento.

A boa reprodução destes aspectos, por parte do modelo hidrodinâmico utilizado, é um indicativo do seu bom desempenho. Considerando que os processos de transporte em regiões costeiras abertas são dominados pelos fenômenos advectivos, os bons resultados do modelo hidrodinâmico fornecem confiança aos resultados do modelo de transporte de sedimentos.

Os resultados obtidos com a modelagem do transporte de sedimentos lançados no bota-fora mostram que estes sedimentos não atingem o litoral, seja no verão ou no inverno. No verão há uma probabilidade maior de ocorrência de maiores concentrações, pois há menos transporte e espalhamento devido às menores intensidades das correntes e à maior persistência no sentido das correntes. No inverno estas probabilidades são menores, pois há mais transporte e espalhamento devido às maiores intensidades e alternâncias no sentido das correntes.

A distribuição espacial das concentrações de sedimentos em suspensão indica que as áreas impactadas pelo lançamento dos materiais dragados, além do bota-fora proposto, estariam localizadas em uma faixa estreita paralela à costa, para sudoeste e para nordeste do bota-fora, em profundidades sempre acima de 25 m.

Verifica-se que apenas a fração mais fina dos sedimentos dragados forma nuvens que são transportadas para além da região do bota-fora proposto, ou seja, toda a areia e materiais mais grossos ficarão retidos nesta região.

Os resultados obtidos com a modelagem do transporte de sedimentos originados da dragagem mostram que estes têm muito pouca probabilidade de alteração das concentrações de sedimentos suspensos junto às praias adjacentes.

#### *5.1.2.6 Modelagem de efluentes*

Neste subitem é apresentado o desenvolvimento de modelagem computacional para avaliar a dispersão no mar de efluentes líquidos que serão lançados junto à linha de costa decorrentes das atividades de operação do EJA (Aracruz, ES).

#### 5.1.2.6.1.1 Metodologia de modelagem

Os estudos foram desenvolvidos através da aplicação de modelagem computacional, utilizando o conjunto de modelos SisBaHiA® descrito no tópico de modelagem da hidrodinâmica. Especificamente, além do modelo hidrodinâmico, foram empregados:

- Modelo de Transporte Lagrangeano – Determinístico: para simulação de transporte advectivo-difusivo com reações cinéticas, com o objetivo de analisar as plumas de efluentes geradas a partir do ponto de lançamento de efluentes do EJA junto à costa.
- Modelo de Transporte Lagrangeano - Probabilístico: acoplado ao modelo anterior, para obtenção de resultados probabilísticos computados a partir dos resultados do modelo determinístico. Neste estudo foi empregado para determinar probabilidades de passagem de plumas com concentração acima de um valor limite e probabilidade de passagem de plumas com diluição abaixo de limite especificado.

Para as simulações realizadas, foram considerados os seguintes dados de entrada:

- Dados meteo-oceanográficos (correntes, ondas, marés, ventos) que foram utilizados para a modelagem da hidrodinâmica.
- Dados de efluentes líquidos, considerando-se suas fontes e características.

#### 5.1.2.6.1.2 Dados e cenários utilizados na modelagem

As seguintes características relativas aos efluentes líquidos foram utilizadas na modelagem, considerando as atividades previstas na operação do EJA:

11. Vazão de efluente sanitário (lançada permanentemente): 5,6 l/s (20 m<sup>3</sup>/h).

12. Vazão de efluente de drenagem do dique seco (lançada eventualmente):  
31,1 l/s (110 m<sup>3</sup>/h).

Estes dois efluentes têm origens e tratamentos distintos, e ambos atendem aos requisitos de lançamento de efluentes líquidos da Resolução Conama 357/05. O ponto de lançamento é comum aos dois efluentes (coordenadas 388155; 7.803.468), e para analisar os possíveis impactos dos lançamentos foram feitas simulações considerando:

- a. Vazão de efluente sanitário sem tratamento (lançamento de coliformes fecais com concentração de  $1 \times 10^9$  NMP/100 ml);
- b. Vazão de efluente sanitário com tratamento (lançamento de coliformes fecais com concentração de  $1 \times 10^7$  NMP/100 ml);
- c. Vazão do efluente sanitário somada à vazão de drenagem do dique seco.

A situação de vazão de efluente sanitário considerado sem tratamento não corresponde a uma situação de operação, e foi feita somente para exemplificar a necessidade do tratamento, que será feito para adequar a concentração de coliformes fecais para o lançamento. O lançamento da vazão de efluente sanitário é feito de modo permanente, e a situação de soma das duas vazões foi feita para exemplificar uma situação que ocorre eventualmente, quando o dique seco necessitar ser drenado.

Para as análises do efluente sanitário utilizou-se  $T_{90} = 3$  horas, devido ao ambiente salino e pouca profundidade. Para as análises da soma dos dois efluentes considerou-se um poluente conservativo, para avaliar-se sua diluição, sem taxa de decaimento.

As simulações para os casos de verão e inverno foram as mesmas consideradas na modelagem hidrodinâmica, e feitas para períodos de 30 dias. Para ressaltar a

influência dos efluentes oriundos do EJA na região, em todo o domínio de modelagem esta foi a única contribuição de efluentes considerada. No mar também foram consideradas concentrações nulas.

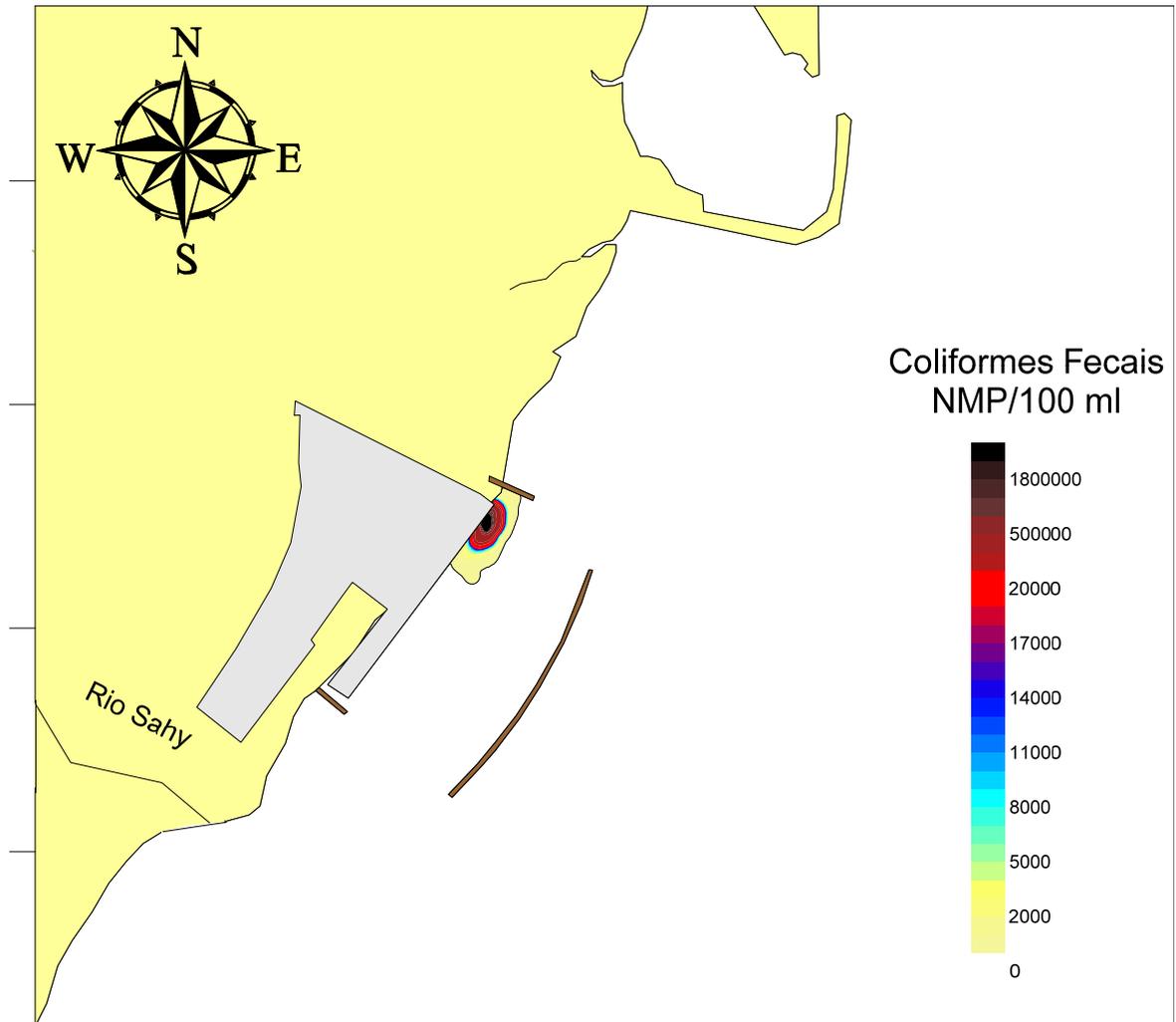
#### 5.1.2.6.1.3 Modelagem de efluentes

Neste item serão apresentados os resultados obtidos com os modelos de transporte lagrangeano do SisBaHiA<sup>®</sup> para analisar a plumas de dispersão dos efluentes no mar. Para isso foram utilizados os campos hidrodinâmicos obtidos com o SisBaHiA<sup>®</sup>, conforme apresentado no item de modelagem hidrodinâmica, para a situação projetada.

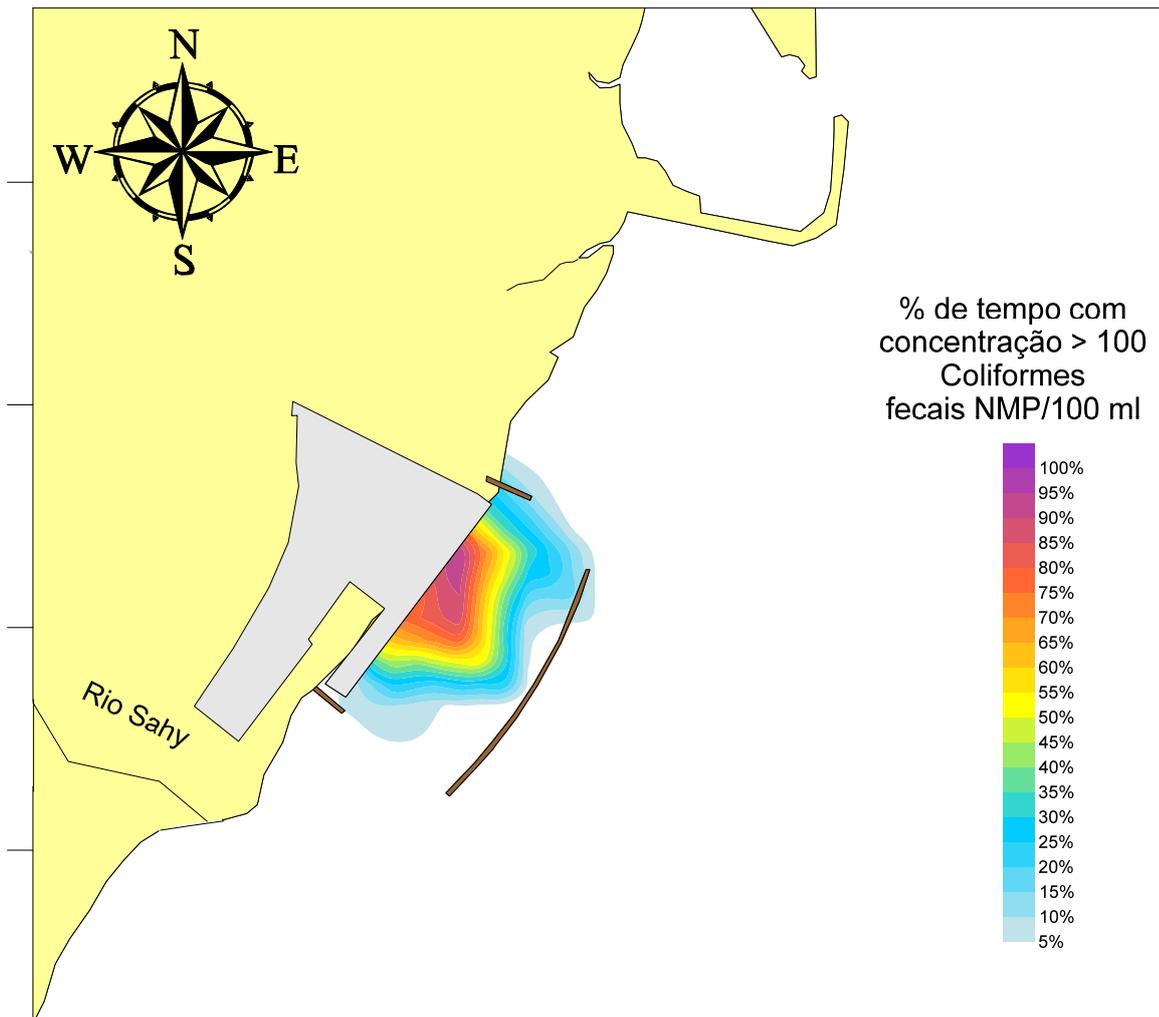
Os resultados probabilísticos são apresentados com as probabilidades de ocorrência maiores que 5%, pois devido às incertezas inerentes à modelagem dos processos em foco, admite-se que probabilidades abaixo destas não sejam significativas.

Os resultados a seguir (**Figura 5-133 e Figura 5-135**) são apresentados em forma de mapas com plumas de concentrações (resultados determinísticos). Também são apresentados (**Figura 5-134 e Figura 5-136**) mapas de percentagem de tempo (resultados probabilísticos) com concentração de coliformes fecais acima de 100 NMP/100 ml. A escala de cores indica a percentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração de 100 NMP/100 ml, que foi considerada como limite para as análises realizadas.

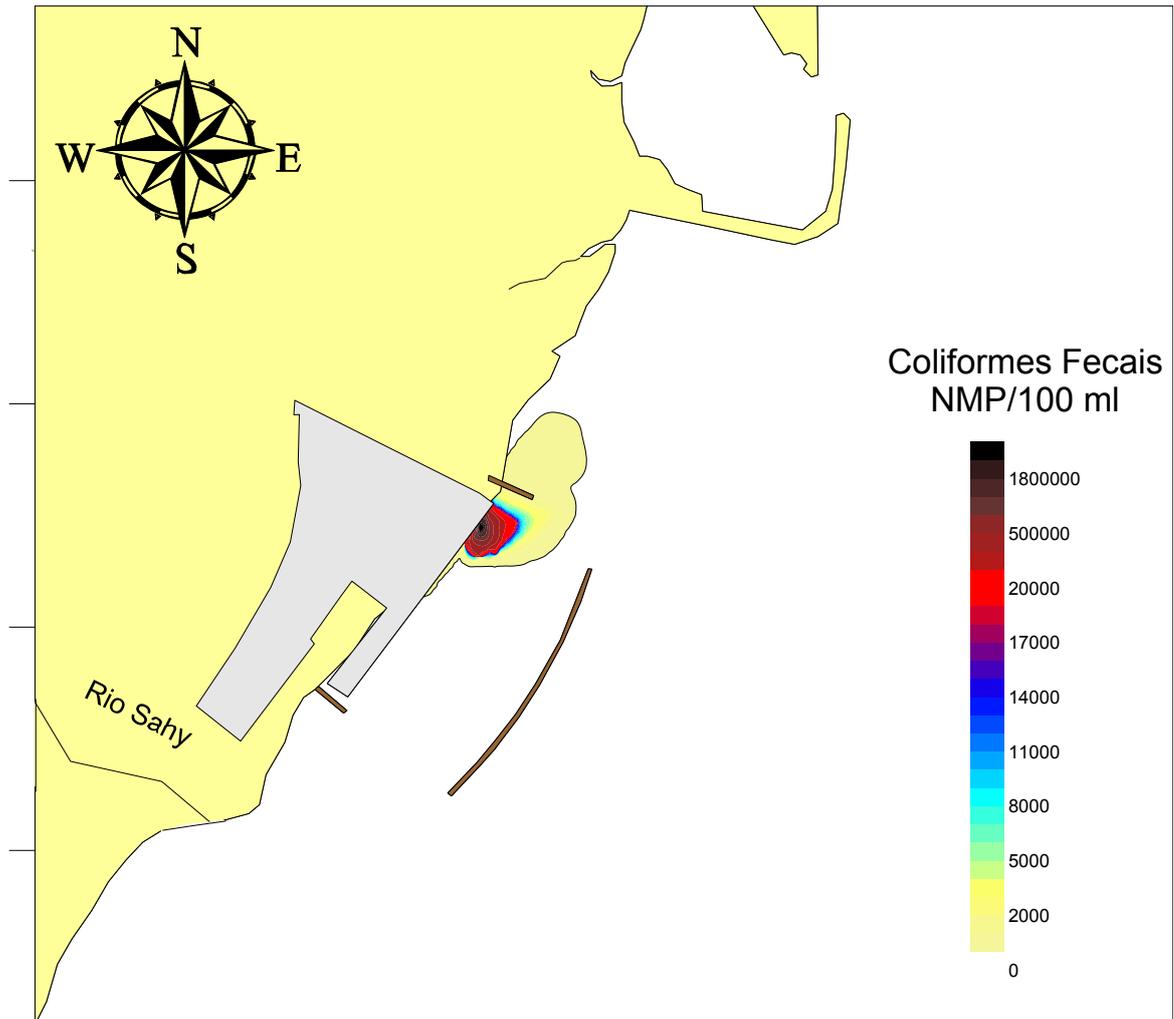
Os resultados apresentados nas **Figura 5-133, Figura 5-134, Figura 5-135 e Figura 5-136** são referentes a simulações em que o efluente sanitário foi considerado sem tratamento. O objetivo destes resultados é permitir a comparação com os resultados das simulações em que o efluente sanitário foi considerado com tratamento (apresentados nas Figuras 5, 6, 7 e 8).



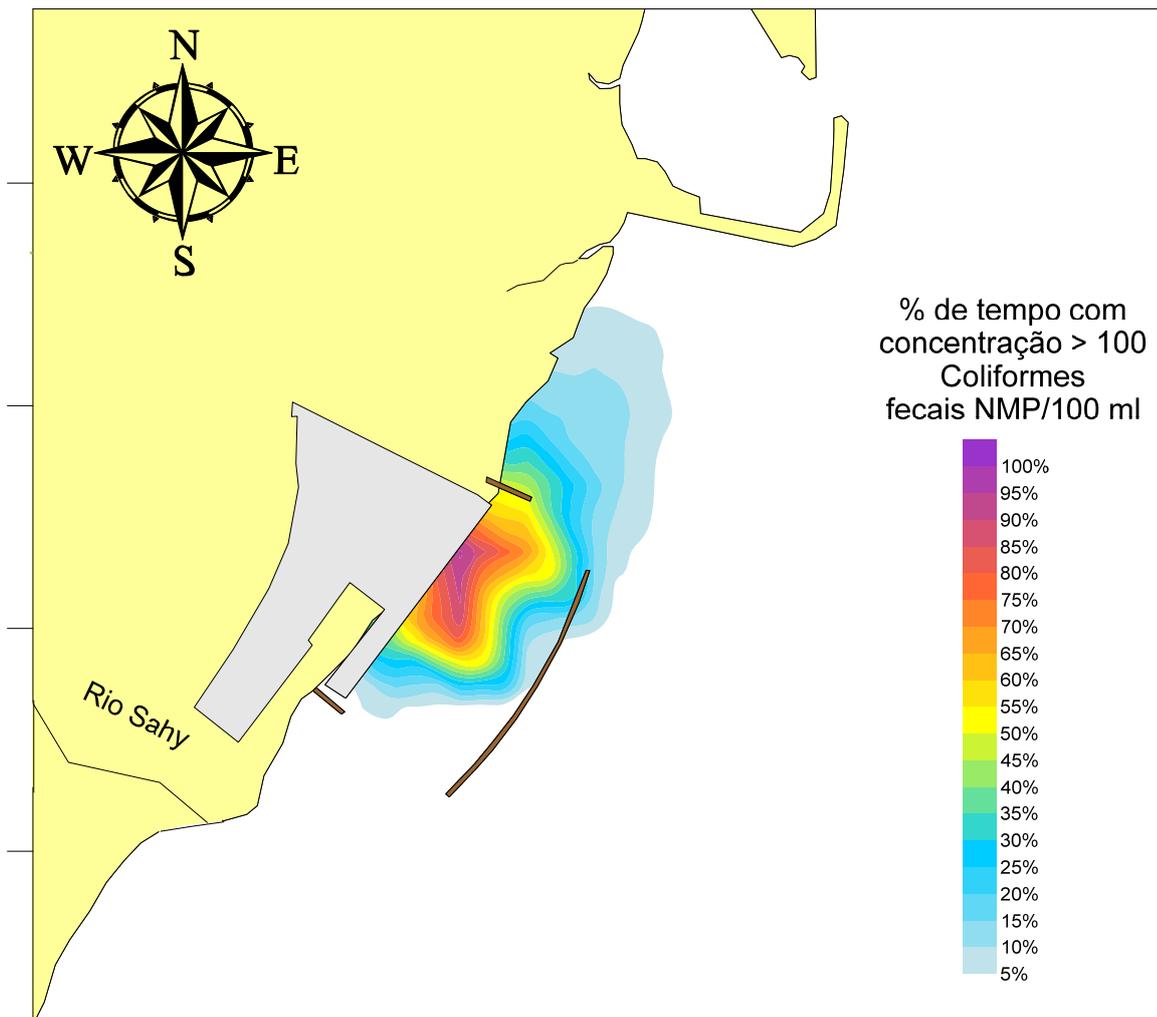
**Figura 5-133:** Resultado de concentração de coliformes fecais para vazão de lançamento de 5,6 l/s – efluente sanitário sem tratamento (concentração de coliformes de  $1 \times 10^9$  NMP/100 ml): pluma instantânea da simulação de verão.



**Figura 5-134:** Resultado de porcentagem de tempo com concentração de coliformes fecais acima de 100 NMP/100 ml em decorrência do lançamento de efluente sanitário sem tratamento (vazão de 5,6 l/s e concentração de lançamento de  $1 \times 10^9$  NMP/100 ml) - simulação de verão. A escala de cores indica a porcentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limite.



**Figura 5-135:** Resultado de concentração de coliformes fecais para vazão de lançamento de 5,6 l/s – efluente sanitário sem tratamento (concentração de coliformes de  $1 \times 10^9$  NMP/100 ml): pluma instantânea da simulação de inverno.



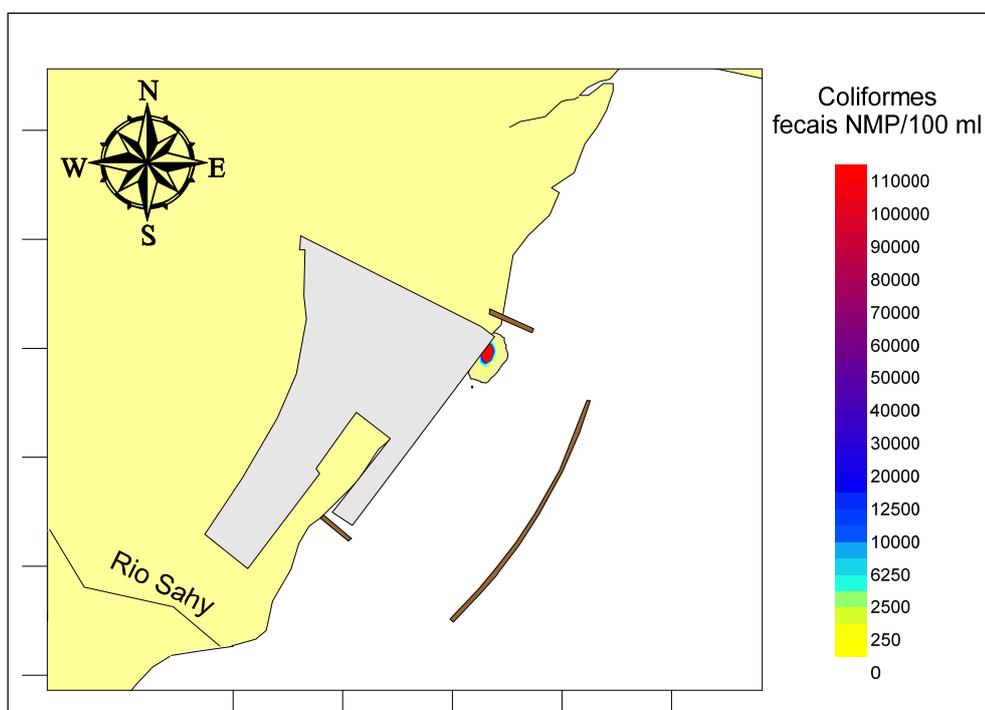
**Figura 5-136:** Resultado de percentagem de tempo com concentração de coliformes fecais acima de 100 NMP/100 ml em decorrência do lançamento de efluente sanitário sem tratamento (vazão de 5,6 l/s e concentração de lançamento de  $1 \times 10^9$  NMP/100 ml) - simulação de inverno. A escala de cores indica a percentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limite.

Conforme apontado, estas simulações considerando o lançamento de efluentes sanitários sem tratamento foram feitas para demonstrar a necessidade do tratamento para fazer a adequação do efluente para seu lançamento. As concentrações observadas no desenvolvimento das plumas são altas e atingiriam principalmente a praia ao norte na situação de inverno, levando a concentrações que não permitiriam balneabilidade.

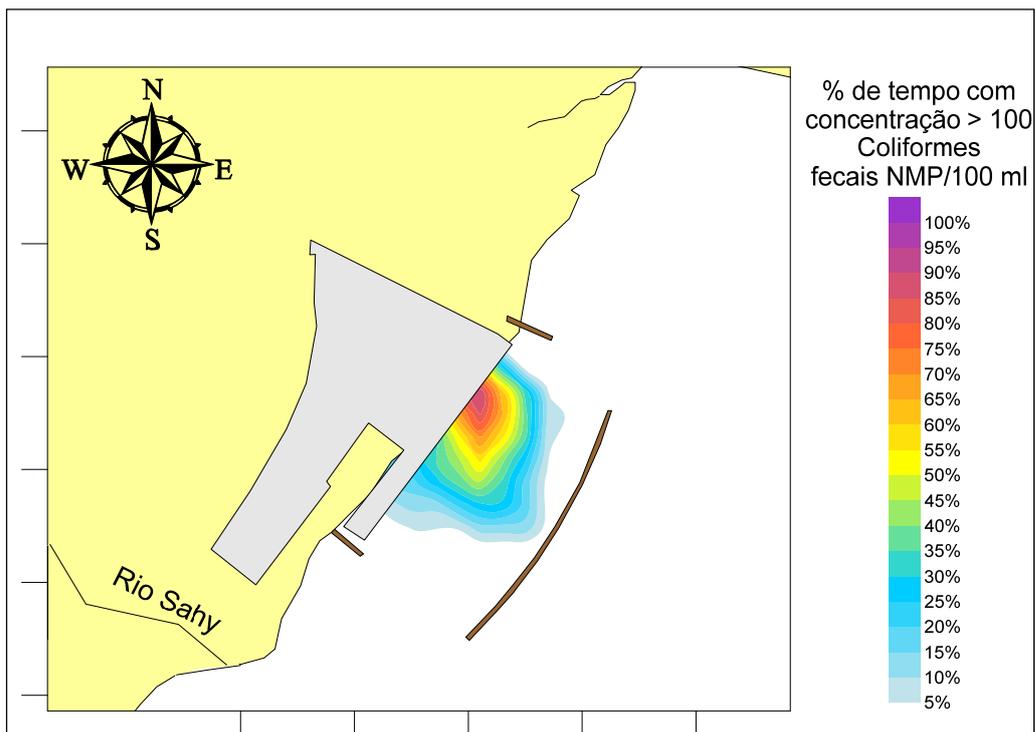
Nos resultados a seguir apresentam-se simulações feitas considerando o efluente sanitário tratado, com concentração de coliformes fecais de  $1 \times 10^7$  NMP/100 ml,

que pode ser considerada uma concentração de coliformes fecais que é facilmente atingida por tratamentos convencionais.

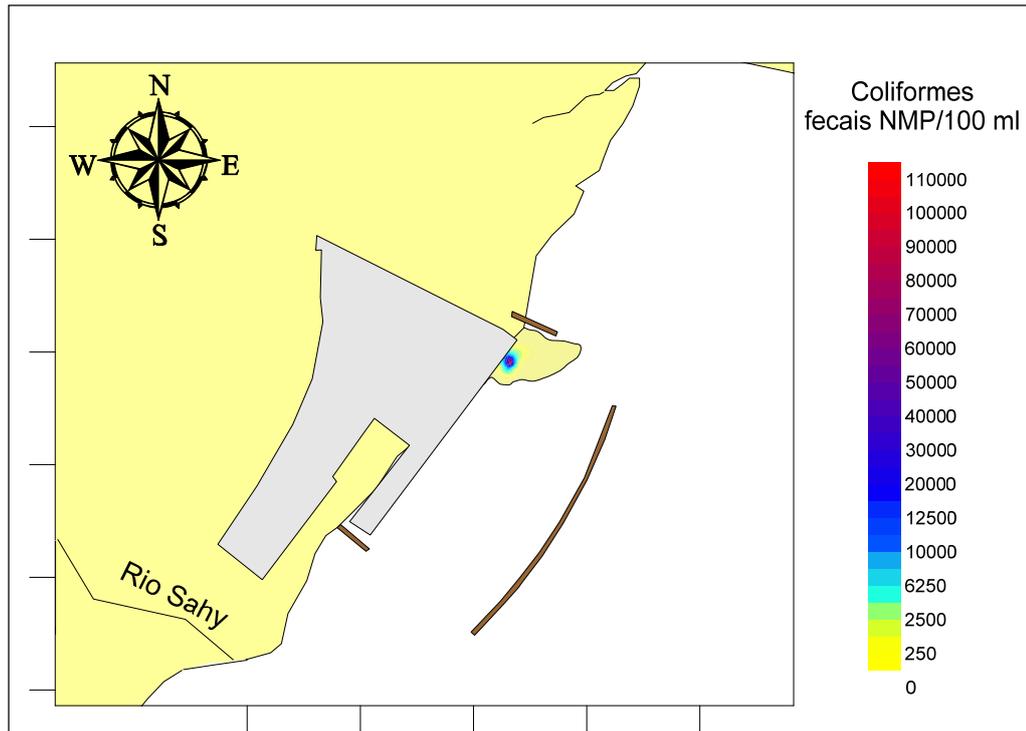
Verifica-se que com o tratamento previsto não há impacto do lançamento para as praias adjacentes, ficando as plumas restritas à região limitada pelas estruturas do EJA. Os resultados probabilísticos mostram que a probabilidade de ocorrência de concentrações de coliformes fecais acima de 100 NMP/100 ml no limite interno da região limitada pelas estruturas do EJA é muito pequena, e que é praticamente nula no limite externo dessa região, o que se traduz em uma segurança para a balneabilidade das praias adjacentes.



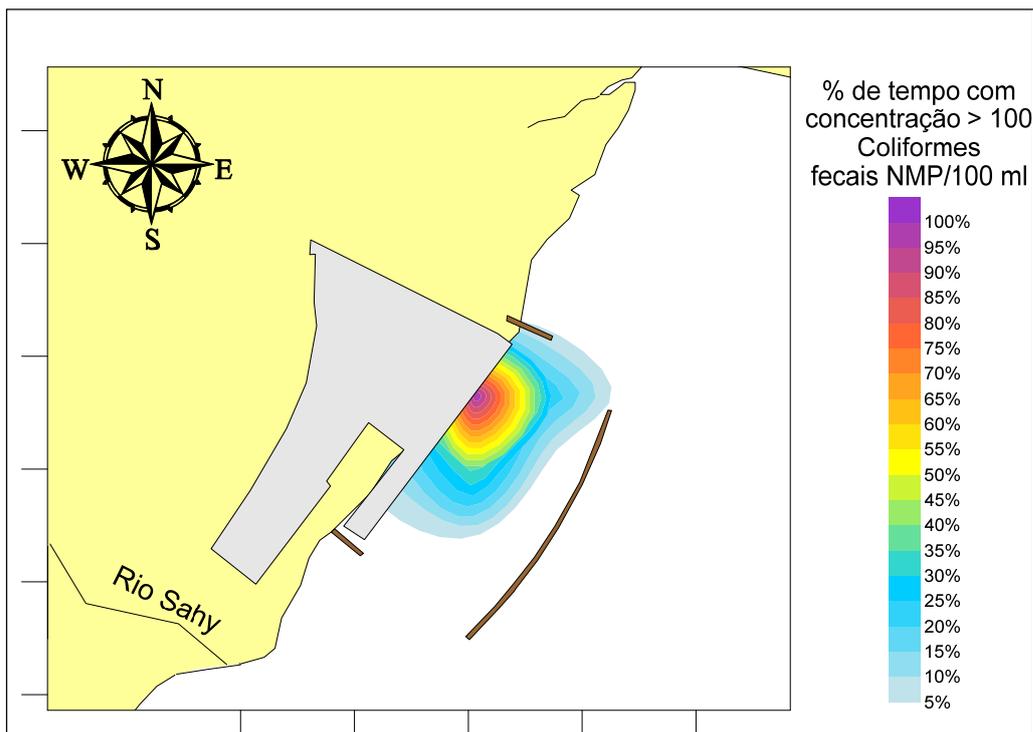
**Figura 5-137:** Resultado de concentração de coliformes fecais: pluma instantânea da simulação de verão para vazão de 5,6 l/s – efluente sanitário com tratamento. (concentração de coliformes de  $1 \times 10^7$  NMP/100 ml).



**Figura 5-138:** Resultado de percentagem de tempo com concentração de coliformes fecais acima de 100 NMP/100 ml em decorrência do lançamento de efluente sanitário com tratamento (vazão de 5,6 l/s e concentração de lançamento de  $1 \times 10^7$  NMP/100 ml) - simulação de verão. A escala de cores indica a percentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limite.



**Figura 5-139:** Resultado de concentração de coliformes fecais: pluma instantânea da simulação de inverno para vazão de 5,6 l/s – efluente sanitário com tratamento (concentração de coliformes de  $1 \times 10^7$  NMP/100 ml).



**Figura 5- 140:** Resultado de percentagem de tempo com concentração de coliformes fecais acima de 100 NMP/100 ml em decorrência do lançamento de efluente sanitário com tratamento (vazão de 5,6 l/s e concentração de lançamento de  $1 \times 10^7$  NMP/100 ml) - simulação de inverno. A escala de cores indica a percentagem de tempo em que as concentrações estiveram acima da concentração limite.

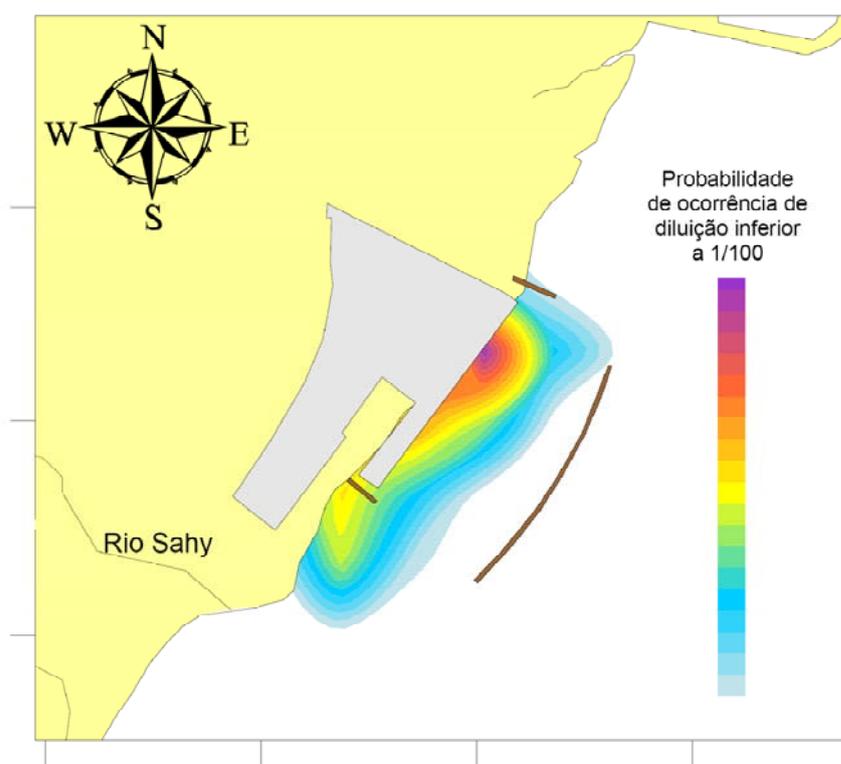
Para a análise do lançamento eventual e conjunto, das vazões provenientes do efluente sanitário e da drenagem do dique seco, foram feitas simulações para verificar a diluição de um contaminante conservativo.

Os resultados da **Figura 5-141** e **Figura 5-142** apresentam as probabilidades de ocorrência de diluições inferiores a 1/100 (diluição de cem vezes) da concentração de lançamento. Com isso se tem uma delimitação da zona de influência de poluição residual causada pelos efluentes, através da probabilidade de se ter, no mar, poluentes conservativos oriundos dos efluentes com concentrações superiores a 1,0% (um por cento) da concentração que tinham quando lançados.

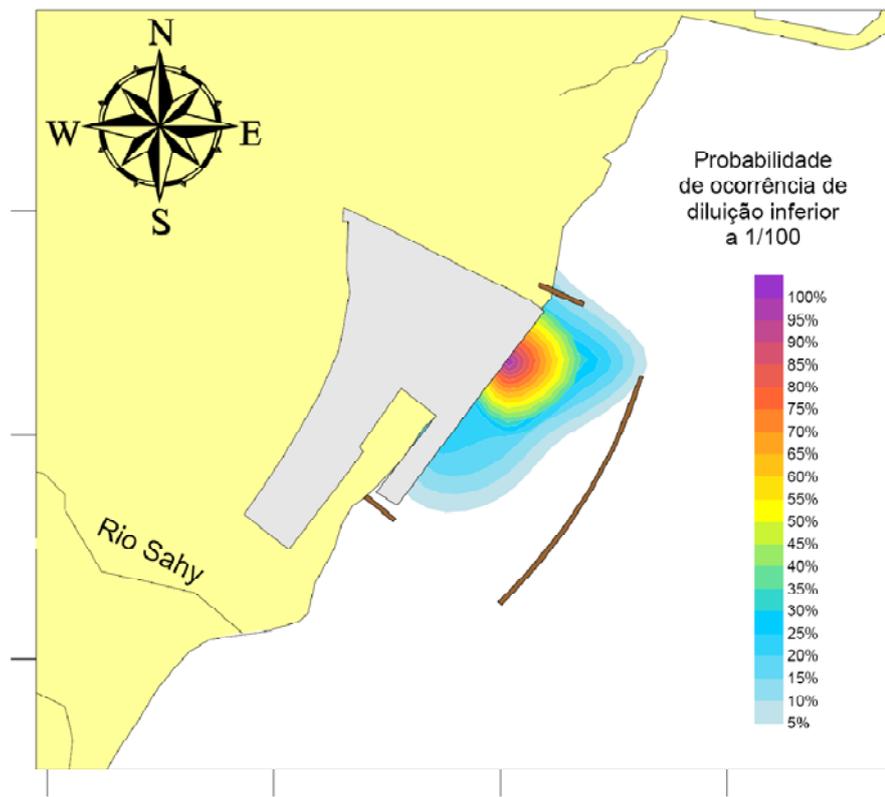
Considerando que os efluentes serão tratados para atenderem os padrões de lançamento previstos na Resolução CONAMA 357/05, os resultados indicam que

haverá uma grande diluição destes na região delimitada pelas estruturas do EJA, pois se pode considerar que nos limites das isolinhas de probabilidade apresentadas serão verificadas diluições na ordem de 100 vezes.

Assim, os resultados da **Figura 5-141** e **Figura 5-142** indicam a zona de mistura que haverá no entorno do ponto de lançamento, e que, mesmo quando considerada a situação eventual de drenagem do dique seco, os impactos advindos dos lançamentos de efluentes ficarão restritos principalmente à área delimitada pelas estruturas do EJA.



**Figura 5-141:** Contaminante conservativo: mapa de probabilidade de ocorrência de diluições inferiores a 1/100 da concentração de lançamento – situação de verão.



**Figura 5-142:** Contaminante conservativo: mapa de probabilidade de ocorrência de diluições inferiores a 1/100 da concentração de lançamento - situação de inverno.

### 5.1.3 Meio marinho - qualidade da água e dos sedimentos

#### 5.1.3.1 Qualidade do sedimento da área de dragagem

O presente relatório classifica o sedimento a ser dragado para a implantação do Estaleiro Jurong Aracruz (Aracruz, ES), considerando os critérios, físicos e químicos, estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04.

Para analisar as características físico-químicas destes sedimentos foi executado um plano de amostragem, que contemplou a representação do volume a ser dragado, estimado em 5.000.000 m<sup>3</sup>.

A caracterização física avaliou a distribuição granulométrica das amostras de sedimentos, cujos resultados foram organizados na **Tabela 5-27**.

A caracterização química investigou parâmetros de metais pesados e Arsênio, Biocidas Organoclorados, Bifenilas Policromadas, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos, Carbono Orgânico Total e Nutrientes. Os resultados analíticos são mostrados em tabelas panorâmicas no **Tabela 5-28 a Tabela 5-37**.

Na discussão dos aspectos físicos, os materiais constituintes dos sedimentos são identificados através de sua granulometria, enquanto que a avaliação química compara os resultados analíticos com os valores orientadores previstos na Resolução 344/04, relacionados à probabilidade do poluente implicar em efeitos adversos à biota.

Complementa a caracterização química a avaliação da possibilidade dos sedimentos contribuírem em processos de eutrofização na área de disposição. Esta avaliação compara as concentrações de carbono orgânico total e nutrientes com valores de referência da Resolução 344/04.

Finalizando a classificação dos sedimentos, as caracterizações desenvolvidas são trabalhadas de forma global, para subsidiar o processo de tomada de decisão no licenciamento ambiental da disposição dos sedimentos, em águas jurisdicionais brasileiras.

**Tabela 5-27:** Distribuição granulométrica das amostras de sedimento coletadas na área a ser dragada.

Pontos de Amostragem	Classificação (%)						
	Areia Muito Grossa <sup>a</sup>	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silte	Argila
P1 F	1,3	21,4	25,2	17,3	6,6	20,7	7,5
P1 S	15,7	51,1	29,9	2,8	0,5	0,0	0,0
P2 F	0,5	13,3	22,9	13,4	5,8	33,9	10,2
P2 S	33,6	41,9	13,1	5,8	3,9	1,7	0,0
P3 F	2,6	23,3	26,7	15,5	11,0	15,1	5,8
P3 S	4,3	23,6	17,4	9,7	7,8	33,3	3,9
P4 F	0,1	17,3	35,0	20,5	5,8	15,0	6,3
P4 S	2,6	16,4	17,4	14,0	17,7	24,7	7,2
P5 F	0,0	2,3	20,6	55,5	19,4	2,2	0,0
P5 S	0,1	26,2	22,7	9,8	14,0	20,2	7,0
P6 F	0,1	6,9	26,4	51,5	14,5	0,6	0,0
P6 S	0,0	3,3	24,5	41,3	14,7	13,5	2,7
P7 F	12,5	15,7	20,5	40,0	11,0	0,3	0,0
P7 S	3,3	12,0	25,8	15,1	16,7	25,8	1,3
P8 F	0,5	10,5	25,2	39,2	14,4	6,9	3,3
P8 S	1,5	14,3	16,0	11,9	15,3	35,0	6,0
P9 F	11,9	10,8	23,1	43,3	10,0	0,9	0,0
P9 S	0,0	0,6	9,3	8,8	10,7	61,3	9,3
P10 F	62,6	29,4	6,1	1,8	0,1	0,0	0,0
P10 S	73,9	12,4	5,2	2,4	0,8	4,4	0,9
P11 S	0,1	16,5	35,2	14,8	4,8	25,5	3,1
P12 S	3,0	30,2	50,9	12,2	1,0	1,9	0,8
P13 S	0,1	9,9	49,2	34,7	2,6	2,5	1,0
P14 S	2,1	20,5	45,4	24,0	2,7	3,8	1,5
P15 S	0,6	13,8	46,2	34,9	3,5	1,0	0,0
P16 S	49,6	24,0	17,8	6,4	1,4	0,8	0,0
P17 S	2,5	13,5	11,5	17,7	19,6	26,4	8,8
P18 S	5,4	3,9	10,3	18,1	18,5	30,1	13,7
P19 S	0,0	15,4	24,1	11,2	14,5	27,4	7,4
P20 S	0,1	8,7	22,5	28,3	12,5	19,6	8,3
P21 S	0,0	6,7	49,1	37,5	3,4	2,9	0,4
P22 S	2,2	13,0	18,8	21,9	18,3	20,7	5,1
P23 S	8,2	15,3	29,3	24,5	9,5	9,1	4,1
P24 S	39,9	30,9	11,7	4,5	2,6	8,7	1,7
P25 S	4,9	18,8	22,5	14,9	7,5	27,5	3,9
P26 S	0,0	6,5	8,3	13,3	29,1	34,1	8,7
P27 S	0,1	10,2	22,9	18,2	15,6	23,5	9,5
P28 S	93,5	5,0	0,3	0,0	0,0	1,2	0,0
P29 S	16,0	27,7	20,2	10,6	8,1	12,5	4,9
P30 S	42,0	35,0	19,0	3,6	0,4	0,0	0,0
P31 S	0,7	10,8	12,2	15,5	23,1	29,5	8,2
P32 S	57,8	12,6	5,6	11,0	6,8	5,7	0,5
P33 S	0,0	0,0	2,5	19,2	37,1	30,9	10,3
P34 S	0,0	0,0	4,1	44,1	42,9	7,6	1,3
P35 S	4,2	21,4	21,5	13,2	14,0	19,7	6,0
P36 S	1,4	13,1	16,5	11,9	8,7	41,1	7,3
P37 S	0,5	10,7	32,8	44,5	9,9	1,5	0,1
P38 S	3,4	21,7	38,3	25,5	6,2	3,7	1,2
P39 S	0,0	3,2	17,6	34,4	21,2	15,3	8,3
P40 S	41,6	40,9	9,6	1,8	1,4	4,4	0,3

F: Fundo; S: Superfície.

**Tabela 5-28:** Concentrações de metais e Arsênio (mg/kg) nas amostras de sedimento. Amostras de P1F a P15S.

Pontos de Amostragem	Arsênio		Cádmio		Chumbo		Cobre		Cromo		Mercúrio		Níquel		Zinco	
	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA
P1 F	0,5	< 0,5	0,052	< 0,052	0,5	2,2	0,5	15,0	0,5	11,0	0,026	0,13	0,5	1,5	0,5	7,3
P1 S	0,5	50,0	0,045	<0,045	0,5	3,7	0,5	6,9	0,5	9,0	0,023	0,10	0,5	1,4	0,5	4,2
P2 F	0,6	< 0,6	0,056	< 0,056	0,6	2,3	0,6	9,0	0,6	12,0	0,028	0,049	0,6	2,3	0,6	6,7
P2 S	0,6	< 0,6	0,055	< 0,055	0,6	1,1	0,6	8,6	0,6	14,0	0,028	0,14	0,6	2,3	0,6	8,
P3 F	0,6	< 0,6	0,058	< 0,058	0,6	2,0	0,6	8,9	0,6	9,1	0,029	0,14	0,6	1,3	0,6	7,5
P3 S	0,6	< 0,6	0,061	< 0,061	0,6	3,3	0,6	13,0	0,6	22,0	0,030	0,14	0,6	4,0	0,6	9,5
P4 F	0,6	< 0,6	0,059	< 0,059	0,6	1,6	0,6	9,9	0,6	8,2	0,030	0,14	0,6	0,9	0,6	6,1
P4 S	0,6	< 0,6	0,058	< 0,058	0,6	0,8	0,6	8,7	0,6	13,0	0,029	0,13	0,6	1,9	0,6	7,5
P5 F	0,5	< 0,5	0,050	< 0,050	0,5	1,2	0,5	5,8	0,5	6,5	0,025	0,11	0,5	< 0,5	0,5	4,2
P5 S	0,6	42,0	0,064	< 0,064	0,6	4,1	0,6	9,9	0,6	19,0	0,032	0,10	0,6	6,3	0,6	8,3
P6 F	0,5	< 0,5	0,053	< 0,053	0,5	1,5	0,5	6,7	0,5	6,5	0,026	0,12	0,5	< 0,5	0,5	3,7
P6 S	0,5	29,0	0,054	< 0,054	0,5	3,1	0,5	8,5	0,5	9,7	0,027	0,12	0,5	1,7	0,5	6,9
P7 F	0,5	< 0,5	0,050	< 0,05	0,5	1,2	0,5	5,8	0,5	6,3	0,025	0,13	0,5	< 0,5	0,5	4,5
P7 S	0,7	< 0,7	0,067	< 0,067	0,7	4,7	0,7	< 0,7	0,7	12,0	0,033	0,038	0,7	2,1	0,7	4,3
P8 F	0,5	< 0,5	0,053	< 0,053	0,5	0,6	0,5	7,4	0,5	5,4	0,027	0,032	0,5	< 0,5	0,5	3,5
P8 S	0,5	< 0,5	0,046	< 0,046	0,5	1,9	0,5	< 0,5	0,5	8,9	0,023	0,036	0,5	2,4	0,5	4,2
P9 F	0,5	< 0,5	0,047	< 0,047	0,5	0,9	0,5	9,0	0,5	5,2	0,024	0,15	0,5	< 0,5	0,5	3,2
P9 S	0,7	< 0,7	0,067	< 0,067	0,7	1,5	0,7	13,0	0,7	23,0	0,033	0,064	0,7	3,0	0,7	8,0
P10 F	0,5	< 0,5	0,053	< 0,053	0,5	0,6	0,5	10,0	0,5	3,4	0,027	0,03	0,5	< 0,5	0,5	2,4
P10 S	0,4	32,0	0,043	< 0,043	0,4	1,7	0,4	8,2	0,4	5,5	0,022	0,067	0,4	1,2	0,4	3,1
P11 S	0,7	< 0,7	0,071	< 0,071	0,7	1,6	0,7	13,0	0,7	8,9	0,036	0,16	0,7	1,1	0,7	7,9
P12 S	0,5	< 0,5	0,054	< 0,054	0,5	2,8	0,5	< 0,5	0,5	10,0	0,027	0,029	0,5	< 0,5	0,5	1,6
P13 S	0,6	< 0,6	0,056	< 0,056	0,6	1,8	0,6	2,4	0,6	7,1	0,028	0,13	0,6	0,7	0,6	4,7
P14 S	0,5	< 0,5	0,052	< 0,052	0,5	1,2	0,5	2,0	0,5	8,5	0,026	0,12	0,5	0,7	0,5	4,8
P15 S	0,5	< 0,5	0,049	< 0,049	0,5	1,9	0,5	< 0,5	0,5	9,7	0,024	< 0,024	0,5	0,9	0,5	3,0

LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.

**Tabela 5-29:** Concentrações de metais e Arsênio (mg/kg) nas amostras de sedimento. Amostras de P16S a P40S.

Pontos de Amostragem	Arsênio		Cádmio		Chumbo		Cobre		Cromo		Mercúrio		Níquel		Zinco	
	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA
P16 S	0,4	20,0	0,037	< 0,037	0,4	1,8	0,4	3,5	0,4	4,7	0,018	0,091	0,4	0,9	0,4	2,3
P17 S	0,6	< 0,6	0,061	< 0,061	0,6	< 0,6	0,6	7,6	0,6	5,6	0,030	0,150	0,6	0,8	0,6	5,8
P18 S	0,6	< 0,6	0,057	< 0,057	0,6	< 0,6	0,6	11,0	0,6	11,0	0,028	0,079	0,6	0,6	0,6	4,2
P19 S	0,5	< 0,5	0,048	< 0,048	0,5	2,9	0,5	8,0	0,5	52,0	0,024	0,260	0,5	6,8	0,5	6,6
P20 S	0,5	< 0,5	0,050	< 0,050	0,5	2,3	0,5	10,0	0,5	9,3	0,025	0,045	0,5	1,4	0,5	7,1
P21 S	0,5	< 0,5	0,053	< 0,053	0,5	1,8	0,5	< 0,5	0,5	9,3	0,026	< 0,026	0,5	0,6	0,5	3,1
P22 S	0,6	< 0,6	0,063	< 0,063	0,6	1,9	0,6	1,1	0,6	11,0	0,031	< 0,031	0,6	1,0	0,6	4,7
P23 S	0,6	< 0,6	0,064	< 0,064	0,6	1,3	0,6	0,8	0,6	9,4	0,032	< 0,032	0,6	< 0,6	0,6	2,8
P24 S	0,5	< 0,5	0,053	< 0,053	0,5	1,1	0,5	8,9	0,5	10,0	0,026	0,130	0,5	2,2	0,5	6,3
P25 S	0,5	< 0,5	0,050	< 0,050	0,5	< 0,5	0,5	9,7	0,5	4,0	0,025	0,110	0,5	< 0,5	0,5	4,2
P26 S	0,6	< 0,6	0,059	< 0,059	0,6	< 0,6	0,6	2,4	0,6	14,0	0,029	0,620	0,6	3,9	0,6	5,4
P27 S	0,5	< 0,5	0,049	< 0,049	0,5	0,6	0,5	< 0,5	0,5	4,5	0,024	< 0,024	0,5	< 0,5	0,5	1,4
P28 S	0,5	< 0,5	0,046	< 0,046	0,5	< 0,5	0,5	< 0,5	0,5	5,0	0,023	< 0,023	0,5	< 0,5	0,5	1,1
P29 S	0,6	< 0,6	0,057	< 0,057	0,6	1,3	0,6	< 0,6	0,6	18,0	0,028	0,500	0,6	0,7	0,6	2,5
P30 S	0,6	< 0,6	0,061	< 0,061	0,6	1,5	0,6	< 0,6	0,6	6,8	0,031	< 0,031	0,6	< 0,6	0,6	1,9
P31 S	0,5	< 0,5	0,051	< 0,051	0,5	1,4	0,5	< 0,5	0,5	9,1	0,026	0,270	0,5	< 0,5	0,5	2,5
P32 S	0,5	< 0,5	0,050	< 0,050	0,5	0,6	0,5	< 0,5	0,5	5,3	0,025	< 0,025	0,5	< 0,5	0,5	2,2
P33 S	0,6	< 0,6	0,065	< 0,065	0,6	4,5	0,6	20,0	0,6	14,0	0,032	0,160	0,6	2,0	0,6	12,0
P34 S	0,5	< 0,5	0,054	< 0,054	0,5	2,0	0,5	< 0,5	0,5	13,0	0,027	< 0,027	0,5	0,7	0,5	3,4
P35 S	0,6	< 0,6	0,056	< 0,056	0,6	2,6	0,6	1,4	0,6	14,0	0,028	< 0,028	0,6	1,5	0,6	5,5
P36 S	0,7	< 0,7	0,070	< 0,070	0,7	2,6	0,7	14,0	0,7	11,0	0,035	0,040	0,7	1,7	0,7	9,3
P37 S	0,5	< 0,5	0,054	< 0,054	0,5	1,1	0,5	< 0,5	0,5	7,8	0,027	< 0,027	0,5	< 0,5	0,5	2,3
P38 S	0,6	< 0,6	0,062	< 0,062	0,6	< 0,6	0,6	0,6	0,6	7,3	0,031	< 0,031	0,6	0,7	0,6	3,3
P39 S	0,5	< 0,5	0,054	< 0,054	0,5	2,1	0,5	< 0,5	0,5	8,9	0,027	< 0,027	0,5	0,5	0,5	3,3
P40 S	0,6	< 0,6	0,059	< 0,059	0,6	1,3	0,6	1,2	0,6	11,0	0,030	< 0,03	0,6	1,2	0,6	4,1

LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.

**Tabela 5-30:** Concentrações de Biocidas ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) nas amostras de sedimento. Amostras de P1F a P15S.

Pontos de Amostragem	BHC Alfa		BHC Beta		BHC Delta		BHC Gama		Cis Clordano		Trans Clordano	
	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA
P1 F	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,350	< 0,350	0,350	< 0,350
P1 S	0,095	< 0,095	0,095	< 0,095	0,095	< 0,095	0,095	< 0,095	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320
P2 F	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360
P2 S	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360
P3 F	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,370	< 0,370	0,370	< 0,370
P3 S	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,400	< 0,400	0,400	< 0,400
P4 F	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,370	< 0,370	0,370	< 0,370
P4 S	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,400	< 0,400	0,400	< 0,400
P5 F	0,097	< 0,097	0,097	< 0,097	0,097	< 0,097	0,097	< 0,097	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330
P5 S	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,120	< 0,120	0,390	< 0,390	0,390	< 0,390
P6 F	0,100	< 0,100	0,100	< 0,100	0,100	< 0,100	0,100	< 0,100	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340
P6 S	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,110	< 0,110	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360
P7 F	0,095	< 0,095	0,095	< 0,095	0,095	< 0,095	0,095	< 0,095	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320
P7 S	0,140	< 0,140	0,140	< 0,140	0,140	< 0,140	0,140	< 0,140	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460
P8 F	0,099	< 0,099	0,099	< 0,099	0,099	< 0,099	0,099	< 0,099	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330
P8 S	0,095	< 0,095	0,095	< 0,095	0,095	< 0,095	0,095	< 0,095	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320
P9 F	0,091	< 0,091	0,091	< 0,091	0,091	< 0,091	0,091	< 0,091	0,310	< 0,310	0,310	< 0,310
P9 S	0,130	< 0,130	0,130	< 0,130	0,130	< 0,130	0,130	< 0,130	0,420	< 0,420	0,420	< 0,420
P10 F	0,099	< 0,099	0,099	< 0,099	0,099	< 0,099	0,099	< 0,099	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330
P10 S	0,081	< 0,081	0,081	< 0,081	0,081	< 0,081	0,081	< 0,081	0,270	< 0,270	0,270	< 0,270
P11 S	0,140	< 0,140	0,140	< 0,140	0,140	< 0,140	0,140	< 0,140	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460
P12 S	0,011	< 0,011	0,011	< 0,011	0,011	< 0,011	0,011	< 0,011	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034
P13 S	0,012	< 0,012	0,012	< 0,012	0,012	< 0,012	0,012	< 0,012	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038
P14 S	0,011	< 0,011	0,011	< 0,011	0,011	< 0,011	0,011	< 0,011	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034
P15 S	0,011	< 0,011	0,011	< 0,011	0,011	< 0,011	0,011	< 0,011	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034

LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.

**Tabela 5-31:** Concentrações de Biocidas ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) nas amostras de sedimento. Amostras de P16S a P40S.

Pontos de Amostragem	DDD (isômeros)		DDE (isômeros)		DDT (isômeros)		Dieldrin		Endrin	
	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA
P16 S	0,180	< 0,180	0,180	< 0,180	0,180	< 0,180	0,210	< 0,210	0,210	< 0,210
P17 S	0,160	< 0,160	0,160	< 0,160	0,160	< 0,160	0,190	< 0,190	0,190	< 0,190
P18 S	0,180	< 0,180	0,180	< 0,180	0,180	< 0,180	0,220	< 0,220	0,220	< 0,220
P19 S	0,180	< 0,180	0,180	< 0,180	0,180	< 0,180	0,180	< 0,180	0,180	< 0,220
P20 S	0,190	< 0,190	0,190	< 0,190	0,190	< 0,190	0,230	< 0,230	0,230	< 0,230
P21 S	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200	0,240	< 0,240	0,240	< 0,240
P22 S	0,190	< 0,190	0,190	< 0,190	0,190	< 0,190	0,230	< 0,230	0,230	< 0,230
P23 S	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200	0,240	< 0,240	0,240	< 0,240
P24 S	0,170	< 0,170	0,170	< 0,170	0,170	< 0,170	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200
P25 S	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200	0,240	< 0,240	0,240	< 0,240
P26 S	0,170	< 0,170	0,170	< 0,170	0,170	< 0,170	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200
P27 S	0,180	< 0,180	0,180	< 0,180	0,180	< 0,180	0,220	< 0,220	0,220	< 0,220
P28 S	0,160	< 0,160	0,160	< 0,160	0,160	< 0,160	0,190	< 0,190	0,190	< 0,190
P29 S	0,230	< 0,230	0,230	< 0,230	0,230	< 0,230	0,280	< 0,280	0,280	< 0,280
P30 S	0,170	< 0,170	0,170	< 0,170	0,170	< 0,170	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200
P31 S	0,160	< 0,160	0,160	< 0,160	0,160	< 0,160	0,190	< 0,190	0,190	< 0,190
P32 S	0,160	< 0,160	0,160	< 0,160	0,160	< 0,160	0,190	< 0,190	0,190	< 0,190
P33 S	0,210	< 0,210	0,210	< 0,210	0,210	< 0,210	0,250	< 0,250	0,250	< 0,250
P34 S	0,170	< 0,170	0,170	< 0,170	0,170	< 0,170	0,200	< 0,200	0,200	< 0,200
P35 S	0,140	< 0,140	0,140	< 0,140	0,140	< 0,140	0,170	< 0,170	0,170	< 0,170
P36 S	0,230	< 0,230	0,230	< 0,230	0,230	< 0,230	0,280	< 0,280	0,280	< 0,280
P37 S	0,017	< 0,017	0,017	< 0,017	0,017	< 0,017	0,021	< 0,021	0,021	< 0,021
P38 S	0,019	< 0,019	0,019	< 0,019	0,019	< 0,019	0,023	< 0,023	0,023	< 0,023
P39 S	0,017	< 0,017	0,017	< 0,017	0,017	< 0,017	0,021	< 0,021	0,021	< 0,021
P40 S	0,017	< 0,017	0,017	< 0,017	0,017	< 0,017	0,021	< 0,021	0,021	< 0,021

LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.

**Tabela 5-32: Concentrações totais de Bifenilas Policromadas nas amostras de sedimento.**

Pontos de Amostragem	PCB (µg/kg).	
	LQ	RA
P1 F	2,42	< 2,42
P1 S	2,22	< 2,22
P2 F	2,48	< 2,48
P2 S	2,46	< 2,46
P3 F	2,58	< 2,58
P3 S	2,78	< 2,78
P4 F	2,58	< 2,58
P4 S	2,77	< 2,77
P5 F	2,26	< 2,26
P5 S	2,70	< 2,70
P6 F	2,33	< 2,33
P6 S	2,49	< 2,49
P7 F	2,21	< 2,21
P7 S	3,18	< 3,18
P8 F	2,31	< 2,31
P8 S	2,21	< 2,21
P9 F	2,11	< 2,11
P9 S	2,88	< 2,88
P10 F	2,29	< 2,29
P10 S	1,88	< 1,88
P11 S	3,17	< 3,17
P12 S	0,24	< 0,24
P13 S	0,27	< 0,27
P14 S	0,24	< 0,24
P15 S	0,24	< 0,24
P16 S	1,78	< 1,78
P17 S	2,62	< 2,62
P18 S	2,73	< 2,73
P19 S	2,08	< 2,08
P20 S	2,34	< 2,34
P21 S	0,24	< 0,24
P22 S	0,27	< 0,27
P23 S	0,27	< 0,27
P24 S	2,37	< 2,37
P25 S	2,13	< 2,13
P26 S	0,27	< 0,27
P27 S	0,24	< 0,24
P28 S	0,21	< 0,21
P29 S	0,26	< 0,26
P30 S	0,26	< 0,26
P31 S	0,26	< 0,26
P32 S	0,24	< 0,24
P33 S	2,86	< 2,86
P34 S	0,26	< 0,26
P35 S	0,26	< 0,26
P36 S	3,00	< 3,00
P37 S	0,25	< 0,25
P38 S	0,30	< 0,30
P39 S	0,26	< 0,26
P40 S	0,27	< 0,27

**LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.**

**Tabela 5-33:** Concentrações de HAP expressas em ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) individuais e soma por amostra de sedimento. Amostras de P1F a P15S.

Pontos de Amostragem	Benzo(a)antraceno		Benzo(a)pireno		Criseno		Dibenzo(a,h)antraceno		Acenafteno		Acenaftileno		Antraceno	
	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA
P1 F	0,350	0,826	0,350	1,200	0,350	0,742	0,350	0,689	0,350	<0,350	0,350	<0,350	0,350	<0,350
P1 S	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320
P2 F	0,360	0,623	0,360	0,887	0,360	0,597	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360
P2 S	0,360	0,471	0,360	0,894	0,360	0,421	0,360	0,623	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360
P3 F	0,370	0,569	0,370	0,846	0,370	0,532	0,370	< 0,370	0,370	< 0,370	0,370	< 0,370	0,370	< 0,370
P3 S	0,400	2,900	0,400	5,100	0,400	2,800	0,400	1,200	0,400	< 0,400	0,400	0,547	0,400	< 0,400
P4 F	0,370	0,690	0,370	1,100	0,370	0,654	0,370	< 0,370	0,370	< 0,370	0,370	< 0,370	0,370	< 0,370
P4 S	0,400	0,983	0,400	1,700	0,400	0,960	0,400	< 0,400	0,400	< 0,400	0,400	< 0,400	0,400	< 0,400
P5 F	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330
P5 S	0,390	1,800	0,390	3,500	0,390	1,900	0,390	1,100	0,390	< 0,390	0,390	< 0,390	0,390	< 0,390
P6 F	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340
P6 S	0,360	< 0,360	0,360	0,607	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360	0,360	< 0,360
P7 F	0,320	< 0,320	0,320	0,415	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320
P7 S	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460
P8 F	0,330	< 0,330	0,330	0,495	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330
P8 S	0,320	0,409	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320	0,320	< 0,320
P9 F	0,310	< 0,310	0,310	0,536	0,310	< 0,310	0,310	< 0,310	0,310	< 0,310	0,310	< 0,310	0,310	< 0,310
P9 S	0,420	1,400	0,420	3,400	0,420	1,300	0,420	1,200	0,420	< 0,420	0,420	< 0,420	0,420	< 0,420
P10 F	0,330	< 0,33	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330	0,330	< 0,330
P10 S	0,270	0,468	0,270	0,711	0,270	0,437	0,270	0,452	0,270	< 0,270	0,270	< 0,270	0,270	< 0,270
P11 S	0,460	1,200	0,460	2,300	0,460	0,971	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460	0,460	< 0,460
P12 S	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034
P13 S	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038
P14 S	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034
P15 S	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034

LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.

**Tabela 5-34:** Concentrações de HAP expressas em (µg/kg) individuais e soma por amostra de sedimento. Amostras de P16S a P40S.

Pontos de Amostragem	Benzo(a)antraceno		Benzo(a)pireno		Criseno		Dibenzo(a,h)antraceno		Acenafteno		Acenaftileno		Antraceno	
	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA
P16 S	0,260	0,762	0,260	0,964	0,260	0,684	0,260	< 0,260	0,260	< 0,260	0,260	< 0,260	0,260	< 0,260
P17 S	0,380	1,700	0,380	2,600	0,380	1,500	0,380	< 0,380	0,380	< 0,380	0,380	< 0,380	0,380	< 0,380
P18 S	0,390	2,00	0,390	4,500	0,390	2,00	0,390	1,400	0,390	< 0,390	0,390	< 0,390	0,390	< 0,390
P19 S	0,300	0,457	0,300	0,892	0,300	0,457	0,300	< 0,300	0,300	< 0,300	0,300	< 0,300	0,300	< 0,300
P20 S	0,340	3,100	0,340	5,700	0,340	3,100	0,340	2,000	0,340	< 0,340	0,340	0,821	0,340	0,522
P21 S	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035
P22 S	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039
P23 S	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039
P24 S	0,340	0,539	0,340	1,100	0,340	0,591	0,340	0,642	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340
P25 S	0,310	0,938	0,310	1,400	0,310	0,834	0,310	0,668	0,310	< 0,310	0,310	< 0,310	0,310	< 0,310
P26 S	0,038	0,056	0,038	< 0,038	0,038	0,093	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038
P27 S	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034
P28 S	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029
P29 S	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037
P30 S	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037
P31 S	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036
P32 S	0,034	0,120	0,034	0,127	0,034	0,150	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	0,040
P33 S	0,410	1,300	0,410	2,700	0,410	1,300	0,410	< 0,410	0,410	< 0,410	0,410	< 0,410	0,410	< 0,41
P34 S	0,037	0,040	0,037	< 0,037	0,037	0,038	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037
P35 S	0,037	0,085	0,037	0,112	0,037	0,088	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037
P36 S	0,430	2,300	0,430	4,500	0,430	2,700	0,430	1,200	0,430	< 0,430	0,430	0,509	0,430	< 0,430
P37 S	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036
P38 S	0,043	0,091	0,043	0,119	0,043	0,116	0,043	< 0,043	0,043	< 0,043	0,043	< 0,043	0,043	< 0,043
P39 S	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037
P40 S	0,038	0,053	0,038	0,082	0,038	0,061	0,038	0,046	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038

LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.

**Tabela 5-35:** Concentrações de HAP expressas em (µg/kg) individuais e soma por amostra de sedimento. Amostras de P1F a P15S.

Pontos de Amostragem	Fenantreno		Fluoranteno		Fluoreno		2-Metilnaftaleno		Naftaleno		Pireno		Soma de HAPs	
	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA
P1 F	0,350	<0,350	0,350	0,948	0,350	<0,350	0,350	<0,350	0,350	<0,350	0,350	0,872	4,49	6,30
P1 S	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	<0,320	4,12	<4,12
P2 F	0,360	<0,360	0,360	0,695	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	0,619	4,61	<4,61
P2 S	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	<0,360	4,56	<4,56
P3 F	0,370	<0,370	0,370	0,441	0,370	<0,370	0,370	<0,370	0,370	<0,370	0,370	0,403	0,37	<4,78
P3 S	0,400	<0,400	0,400	2,300	0,400	<0,400	0,400	<0,400	0,400	<0,400	0,400	2,600	5,16	18,00
P4 F	0,370	<0,370	0,370	0,716	0,370	<0,370	0,370	<0,370	0,370	<0,370	0,370	0,644	4,78	5,30
P4 S	0,400	<0,400	0,400	0,819	0,400	<0,400	0,400	<0,400	0,400	<0,400	0,400	0,761	5,14	6,80
P5 F	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	4,20	<4,20
P5 S	0,390	<0,390	0,390	1,200	0,390	<0,390	0,390	<0,390	0,390	<0,390	0,390	1,400	5,01	12,00
P6 F	0,340	<0,340	0,340	<0,340	0,340	<0,340	0,340	<0,340	0,340	<0,340	0,340	<0,340	4,32	<4,32
P6 S	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	<0,360	0,360	<0,360	4,63	<4,63
P7 F	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	<0,320	4,11	<4,11
P7 S	0,460	<0,460	0,460	1,400	0,460	<0,460	0,460	<0,460	0,460	0,489	0,460	0,933	5,89	7,40
P8 F	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	4,28	<4,28
P8 S	0,320	0,522	0,320	0,648	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	<0,320	0,320	0,421	4,09	4,80
P9 F	0,310	<0,310	0,310	<0,310	0,310	<0,310	0,310	<0,310	0,310	<0,310	0,310	<0,310	3,91	<3,91
P9 S	0,420	<0,420	0,420	1,100	0,420	<0,420	0,420	<0,420	0,420	<0,420	0,420	1,100	5,35	11,00
P10 F	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	0,330	<0,330	4,25	<4,25
P10 S	0,270	0,377	0,270	1,200	0,270	<0,270	0,270	<0,270	0,270	<0,270	0,270	0,788	3,50	4,70
P11 S	0,460	<0,460	0,460	0,641	0,460	<0,460	0,460	<0,460	0,460	<0,460	0,460	0,661	5,89	6,60
P12 S	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,44	<0,44
P13 S	0,038	<0,038	0,038	<0,038	0,038	<0,038	0,038	<0,038	0,038	<0,038	0,038	<0,038	0,49	<0,49
P14 S	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,44	<0,44
P15 S	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,034	<0,034	0,44	<0,44

LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.

**Tabela 5-36:** Concentrações de HAP expressas em (µg/kg) individuais e soma por amostra de sedimento. Amostras de P16S a P40S.

Pontos de Amostragem	Fenantreno		Fluoranteno		Fluoreno		2-Metilnaftaleno		Naftaleno		Pireno		Soma de HAPs	
	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA	LQ	RA
P16 S	0,260	0,372	0,260	1,700	0,260	< 0,260	0,260	< 0,260	0,260	< 0,260	0,260	1,200	3,300	6,700
P17 S	0,380	< 0,380	0,380	1,200	0,380	< 0,380	0,380	< 0,380	0,380	< 0,380	0,380	1,300	4,870	11,000
P18 S	0,390	< 0,390	0,390	1,500	0,390	< 0,390	0,390	< 0,390	0,390	< 0,390	0,390	1,500	5,070	15,000
P19 S	0,300	< 0,300	0,300	< 0,300	0,300	< 0,300	0,300	< 0,300	0,300	< 0,300	0,300	< 0,300	3,850	< 3,850
P20 S	0,340	0,416	0,340	3,200	0,340	< 0,340	0,340	0,442	0,340	< 0,340	0,340	2,900	4,340	23,000
P21 S	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,035	< 0,035	0,450	< 0,450
P22 S	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,500	< 0,500
P23 S	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,039	< 0,039	0,500	< 0,500
P24 S	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	0,340	< 0,340	4,400	< 4,400
P25 S	0,310	< 0,310	0,310	0,733	0,310	< 0,310	0,310	0,567	0,310	< 0,310	0,310	0,846	3,950	6,600
P26 S	0,038	< 0,038	0,038	0,103	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	0,085	0,490	0,638
P27 S	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,450	< 0,450
P28 S	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,029	< 0,029	0,380	< 0,380
P29 S	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,480	< 0,480
P30 S	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,490	< 0,490
P31 S	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,470	< 0,470
P32 S	0,034	0,135	0,034	0,337	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	< 0,034	0,034	0,231	0,440	1,300
P33 S	0,410	< 0,410	0,410	1,100	0,410	< 0,410	0,410	< 0,410	0,410	< 0,410	0,410	1,000	5,300	9,400
P34 S	0,037	< 0,037	0,037	0,055	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	0,051	0,470	< 0,470
P35 S	0,037	< 0,037	0,037	0,132	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	0,044	0,037	0,109	0,480	0,787
P36 S	0,430	< 0,430	0,430	1,800	0,430	< 0,430	0,430	< 0,430	0,430	< 0,430	0,430	2,100	5,560	17,000
P37 S	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,036	< 0,036	0,470	< 0,470
P38 S	0,043	< 0,043	0,043	0,164	0,043	< 0,043	0,043	< 0,043	0,043	< 0,043	0,043	0,131	0,560	0,961
P39 S	0,037	< 0,037	0,037	0,038	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,037	< 0,037	0,480	< 0,480
P40 S	0,038	< 0,038	0,038	0,076	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	< 0,038	0,038	0,070	0,038	0,576

LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.

**Tabela 5-37:** Percentuais de COT e concentrações de Nitrogênio Total e Fósforo total nas amostras de sedimento.

Pontos de Amostragem	COT (% p/p)	N (mg/kg)	P (mg/kg)
P1 F	6,70	661	625
P1 S	7,70	888	846
P2 F	5,30	1140	744
P2 S	1,60	487	519
P3 F	7,80	1502	643
P3 S	6,40	602	875
P4 F	9,60	794	713
P4 S	5,70	617	577
P5 F	14,00	1207	671
P5 S	7,90	676	1134
P6 F	8,20	947	648
P6 S	5,80	679	735
P7 F	9,00	989	677
P7 S	3,60	418	963
P8 F	8,60	987	607
P8 S	6,40	538	481
P9 F	8,20	886	525
P9 S	7,00	775	800
P10 F	8,50	919	521
P10 S	7,00	384	492
P11 S	5,90	814	694
P12 S	5,40	316	676
P13 S	5,70	282	680
P14 S	5,00	404	618
P15 S	4,80	370	750
P16 S	< 0,05	363	341
P17 S	8,90	462	473
P18 S	8,60	377	661
P19 S	6,70	576	815
P20 S	4,80	1136	552
P21 S	4,70	256	747
P22 S	5,60	486	745
P23 S	5,50	422	827
P24 S	7,50	528	646
P25 S	8,50	422	435
P26 S	8,20	488	927
P27 S	8,00	389	782
P28 S	8,10	345	422
P29 S	7,60	322	696
P30 S	8,90	459	934
P31 S	7,60	381	719
P32 S	11,00	344	887
P33 S	6,10	587	869
P34 S	8,40	505	904
P35 S	7,70	364	779
P36 S	7,60	627	1221
P37 S	7,10	409	697
P38 S	9,30	536	839
P39 S	6,50	581	782
P40 S	9,50	294	673

**LQ: Limite de quantificação; RA: Resultado analítico. F: Fundo; S: Superfície.**

### 5.1.3.1.1 Plano de amostragem e de análise dos sedimentos

A distribuição dos pontos de amostragem de sedimento foi projetada de forma a contemplar a representação horizontal de toda a superfície do fundo marinho a ser dragado. As coordenadas, de cada ponto de amostragem, estão indicadas na **Tabela 5-38**. A distribuição dos pontos de coleta é apresentada no mapa da **Figura 5-143**.

**Tabela 5-38:** Coordenadas geográficas UTM (WGS84) dos pontos de amostragem de sedimento.

Ponto	UTM x	UTM y
P1 S	389.095	7.803.403
P2 S	389.072	7.803.492
P3 S	388.887	7.803.470
P4 S	388.959	7.803.406
P5 S	388.801	7.803.372
P6 S	388.724	7.803.437
P7 S	388.600	7.803.427
P8 S	388.605	7.803.338
P9 S	388.520	7.803.286
P10 S	388.484	7.803.373
P11 S	388.434	7.803.456
P12 S	388.268	7.803.525
P13 S	388.315	7.803.432
P14 S	388.175	7.803.418
P15 S	388.233	7.803.366
P16 S	388.346	7.803.331
P17 S	388.391	7.803.242
P18 S	388.454	7.803.185
P19 S	388.305	7.803.142
P20 S	388.267	7.803.224
P21 S	388.178	7.803.283
P22 S	388.086	7.803.305
P23 S	388.128	7.803.188
P24 S	388.212	7.803.058
P25 S	388.366	7.803.076
P26 S	388.164	7.802.945
P27 S	388.105	7.803.034
P28 S	388.017	7.803.085
P29 S	387.993	7.803.180
P30 S	387.893	7.803.042
P31 S	387.997	7.802.967
P32 S	388.035	7.802.858
P33 S	387.894	7.802.892
P34 S	387.793	7.802.918
P35 S	387.909	7.802.786
P36 S	387.763	7.802.773
P37 S	387.676	7.802.771
P38 S	387.608	7.802.677
P39 S	387.677	7.802.625
P40 S	387.795	7.802.705

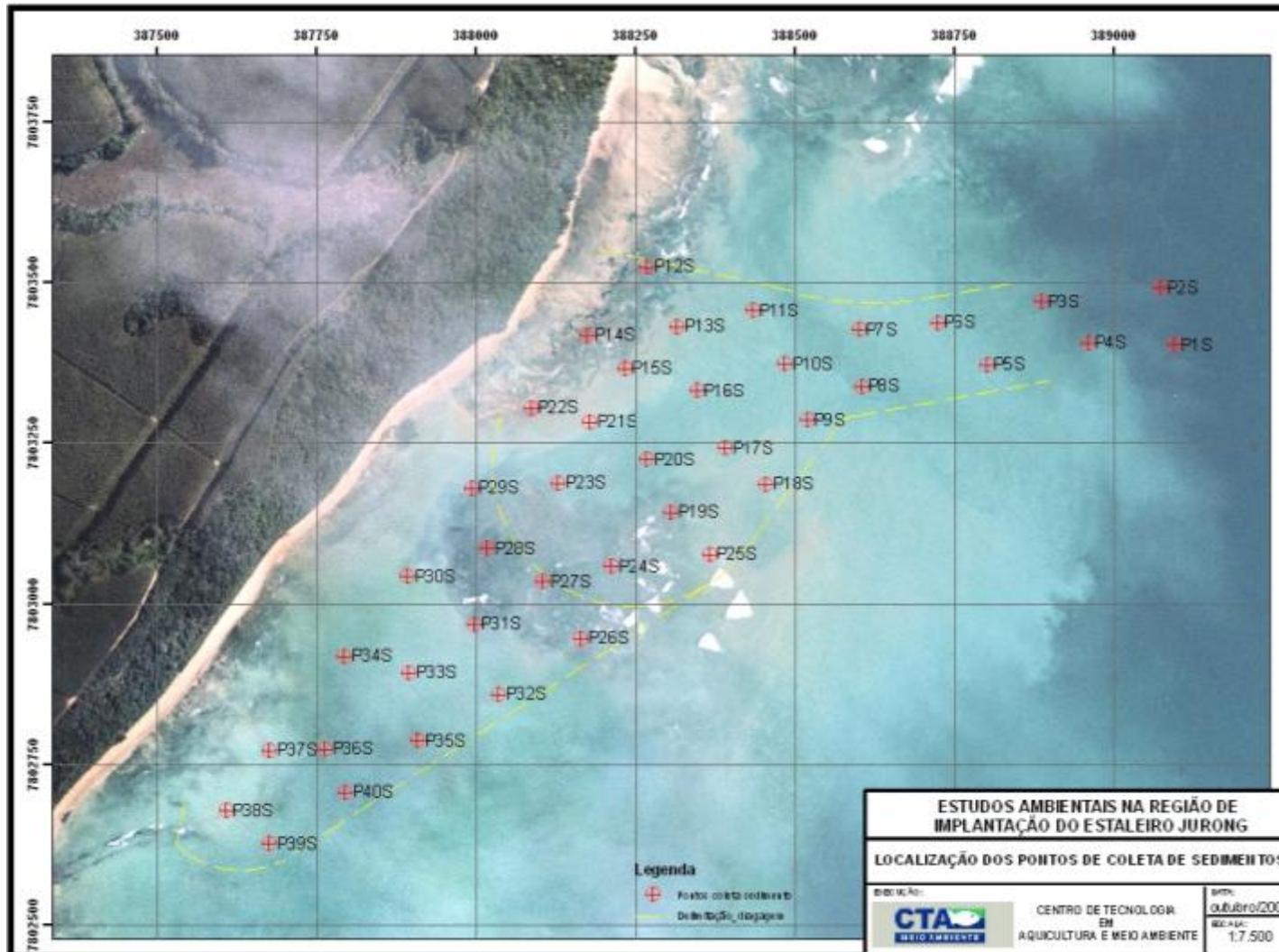


Figura 5-143: Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimentos e do limite da área a ser dragada.

A coleta de amostras ao longo da coluna de sedimentos foi realizada na região a ser dragada para canal de acesso, uma vez que no restante da região a espessura de sedimentos é muito pequena. O **Tabela 5-39** apresenta as posições das amostras na coluna de sedimentos amostrada, para cada ponto de coleta. Nos pontos indicados superfície e fundo foram coletadas duas amostras, uma correspondente à superfície do leito marinho e outra correspondente à profundidade da coluna de sedimentos que foi amostrada com o testemunhador.

**Tabela 5-39:** Posição da amostra na coluna de sedimentos amostrada, por ponto de coleta

Ponto	Posição da amostra
P1 S	Superfície, fundo
P2 S	Superfície, fundo
P3 S	Superfície, fundo
P4 S	Superfície, fundo
P5 S	Superfície, fundo
P6 S	Superfície, fundo
P7 S	Superfície, fundo
P8 S	Superfície, fundo
P9 S	Superfície, fundo
P10 S	Superfície, fundo
P11 S	Superfície
P12 S	Superfície
P13 S	Superfície
P14 S	Superfície
P15 S	Superfície
P16 S	Superfície
P17 S	Superfície
P18 S	Superfície
P19 S	Superfície
P20 S	Superfície
P21 S	Superfície
P22 S	Superfície
P23 S	Superfície
P24 S	Superfície
P25 S	Superfície
P26 S	Superfície
P27 S	Superfície
P28 S	Superfície
P29 S	Superfície
P30 S	Superfície
P31 S	Superfície
P32 S	Superfície
P33 S	Superfície
P34 S	Superfície
P35 S	Superfície
P36 S	Superfície
P37 S	Superfície
P38 S	Superfície
P39 S	Superfície
P40 S	Superfície

As maiores espessuras de sedimentos observadas na região a ser dragada aproximaram-se de 0,5m, com baixa frequência. Embaixo desta camada de sedimentos existe material composto principalmente por concreções lateríticas.

As operações de amostragem adotadas abrangeram as seguintes etapas:

1. Campanha de coleta de amostras realizada durante os dias 21 a 24 de outubro de 2009, com transporte até o local de cada ponto de amostragem através de barco a motor e posicionamento por GPS;
2. Amostragem por mergulho autônomo, através de amostradores em aço, tipo testemunhador ou coletor, para simples coleta ou penetração conforme espessura da coluna de sedimentos;
3. Posicionamento dos amostradores perpendicularmente à superfície de coleta em cada ponto de amostragem;
4. Penetração dos amostradores, por ponto de amostragem, no interior do sedimento até a máxima profundidade obtida por cravação manual ou simples coleta por pressão manual;
5. Retirada do sedimento dos amostradores (**Figura 5-144**) e acondicionamento das amostras na embarcação
6. Em laboratório, as amostras foram preparadas e enviadas para análise.

A metodologia de amostragem de sedimento contemplou, considerando a Tabela I constante na Resolução CONAMA 344/04:

- 40 (quarenta) estações de amostragem;
- 50 (cinquenta) amostras para análise granulométrica,
- 50 (cinquenta) amostras para análise química;

Os sedimentos foram analisados fisicamente em relação à distribuição granulométrica e à porcentagem de sólidos.



**Figura 5-144:** Aspectos dos sedimentos coletados.

Complementando a análise química também foram determinados os percentuais de Carbono Orgânico Total (COT), e as concentrações de Nitrogênio total e Fósforo total.

#### 5.1.3.1.2 Resultados das análises

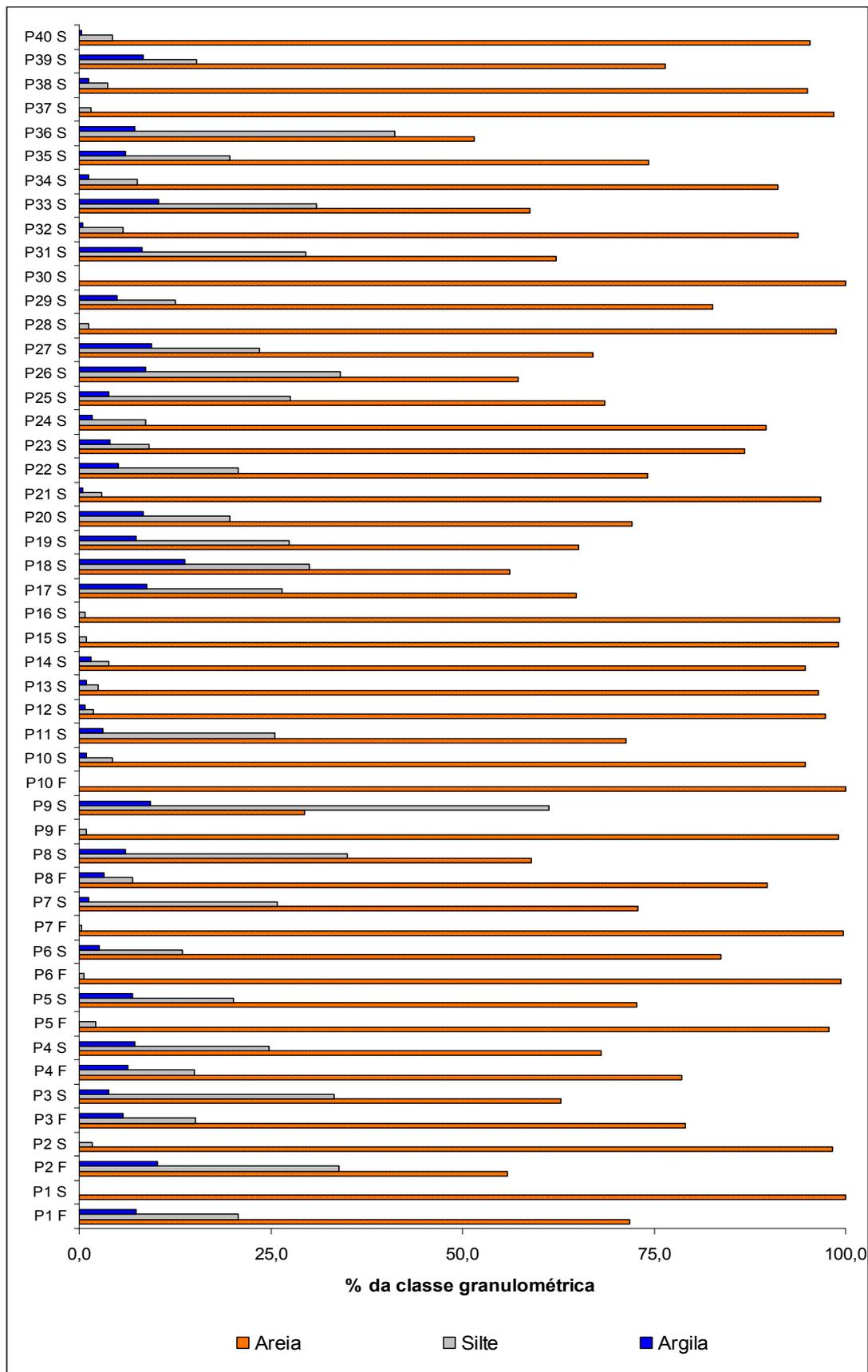
Neste capítulo são apresentados os resultados das análises físicas e químicas das amostras de sedimento. Os boletins de resultados das análises físicas e químicas realizadas com as amostras de sedimento são apresentados no **ANEXO XXXV**.

#### 5.1.3.1.2.1 Parâmetros físicos

A classificação granulométrica dos sedimentos foi realizada segundo a Escala Granulométrica de Wentworth. A distribuição granulométrica das amostras de sedimento é apresentada nas tabelas do **Tabela 5-27**.

Areias muito grossas a areias muito finas, siltes e argilas são os materiais constituintes da camada de sedimentos.

As frações destes materiais nas amostras podem ser observadas na **Figura 5-145**. As areias constituem a maior parcela da massa dos sedimentos.



**Figura 5-145:** Frações dos materiais constituintes dos sedimentos.

#### 5.1.3.1.2.2 Parâmetros químicos

As Tabelas do **Tabela 5-28** a **Tabela 5-37** apresentam os dados de resultados analíticos e limites de quantificação correspondentes, para todas as amostras de sedimento a ser dragado.

##### 5.1.3.1.2.2.1 Metais pesados e arsênio

A frequência de metais pesados e de Arsênio detectados acima dos respectivos limites de quantificação dos métodos analíticos é apresentada no Erro! Fonte de referência não encontrada.. Cádmio não foi quantificado em nenhuma das amostras e o Arsênio, em apenas 10%.

##### 5.1.3.1.2.2.2 Biocidas organoclorados e derivados de Bifenil policlorado

Em todas as amostras de sedimento analisadas os compostos biocidas organoclorados e os totais de derivados de Bifenil policlorado (soma – lista holandesa) apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação dos métodos analíticos.

##### 5.1.3.1.2.2.3 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos.

As frequências de quantificação dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HAP) e a da soma de suas concentrações individuais nas amostras de sedimento são indicadas no **Tabela 5-41**.

### 5.1.3.1.2.2.4 Carbono Orgânico Total e Nutrientes.

Em todas as amostras foram quantificadas concentrações de Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Kjeldahl total e Fósforo total, excetuando-se a amostra P16S na qual não foi quantificado COT.

**Tabela 5-40:** Frequências de quantificação de metais pesados e Arsênio nas amostras de sedimento.

Pontos de Amostragem	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Zinco
P1 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P1 S	Q		Q	Q	Q	Q	Q	Q
P2 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P2 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P3 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P3 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P4 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P4 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P5 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P5 S	Q		Q	Q	Q	Q	Q	Q
P6 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P6 S	Q		Q	Q	Q	Q	Q	Q
P7 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P7 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P8 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P8 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P9 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P9 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P10 F			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P10 S	Q		Q	Q	Q	Q	Q	Q
P11 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P12 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P13 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P14 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P15 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P16 S	Q		Q	Q	Q	Q	Q	Q
P17 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P18 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P19 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P20 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P21 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P22 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P23 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P24 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P25 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P26 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P27 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P28 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P29 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P30 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P31 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P32 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P33 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P34 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P35 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q
P36 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q

Pontos de Amostragem	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Zinco
P37 S			Q		Q	Q		Q
P38 S				Q	Q	Q	Q	Q
P39 S			Q		Q	Q	Q	Q
P40 S			Q	Q	Q	Q	Q	Q

Q: Quantificado acima do limite de quantificação do respectivo método analítico.

**Tabela 5-41:** Frequências de quantificação dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HAP) e de sua soma nas amostras de sedimento.

Pontos de Amostragem	Benzo(a)antraceno	Benzo(a)pireno	Criseno	Dibenzo(a,h)antraceno	Acenafteno	Acenaftileno	Antraceno	Fenantreno	Fluoranteno	Fluoreno	2-Metilnaftaleno	Naftaleno	Pireno	Soma de HAPs
P1 F	Q	Q	Q	Q					Q				Q	Q
P1 S														
P2 F	Q	Q	Q						Q				Q	
P2 S	Q	Q	Q	Q										
P3 F	Q	Q	Q						Q				Q	
P3 S	Q	Q	Q	Q		Q			Q				Q	Q
P4 F	Q	Q	Q						Q				Q	Q
P4 S	Q	Q	Q						Q				Q	Q
P5 F	Q	Q	Q	Q										
P5 S	Q	Q	Q	Q					Q				Q	Q
P6 F														
P6 S		Q												
P7 F		Q												
P7 S									Q			Q	Q	Q
P8 F		Q												
P8 S	Q							Q	Q				Q	Q
P9 F		Q												
P9 S	Q	Q	Q	Q					Q				Q	Q
P10 F														
P10 S	Q	Q	Q	Q				Q	Q				Q	Q
P11 S	Q	Q	Q						Q				Q	Q
P12 S														
P13 S														
P14 S														
P15 S														
P16 S	Q	Q	Q					Q	Q				Q	Q
P17 S	Q	Q	Q						Q				Q	Q
P18 S	Q	Q	Q	Q					Q				Q	Q
P19 S	Q	Q	Q											
P20 S	Q	Q	Q	Q		Q	Q	Q	Q		Q		Q	Q
P21 S														
P22 S														
P23 S														
P24 S	Q	Q	Q	Q										
P25 S	Q	Q	Q	Q					Q		Q		Q	Q
P26 S	Q		Q						Q				Q	Q
P27 S														
P28 S														

Pontos de Amostragem	Benzo(a)antraceno	Benzo(a)pireno	Criseno	Dibenzo(a,h)antraceno	Acenafteno	Acenaftileno	Antraceno	Fenantreno	Fluoranteno	Fluoreno	2-Metilnaftaleno	Naftaleno	Pireno	Soma de HAPs
P29 S														
P30 S														
P31 S														
P32 S	Q	Q	Q				Q	Q	Q				Q	Q
P33 S	Q	Q	Q						Q				Q	Q
P34 S	Q		Q						Q				Q	Q
P35 S	Q	Q	Q						Q			Q	Q	Q
P36 S	Q	Q	Q	Q		Q			Q				Q	Q
P37 S														
P38 S	Q	Q	Q						Q				Q	Q
P39 S									Q					
P40 S	Q	Q	Q	Q					Q				Q	Q

Q: Quantificado acima do limite de quantificação do respectivo método analítico.

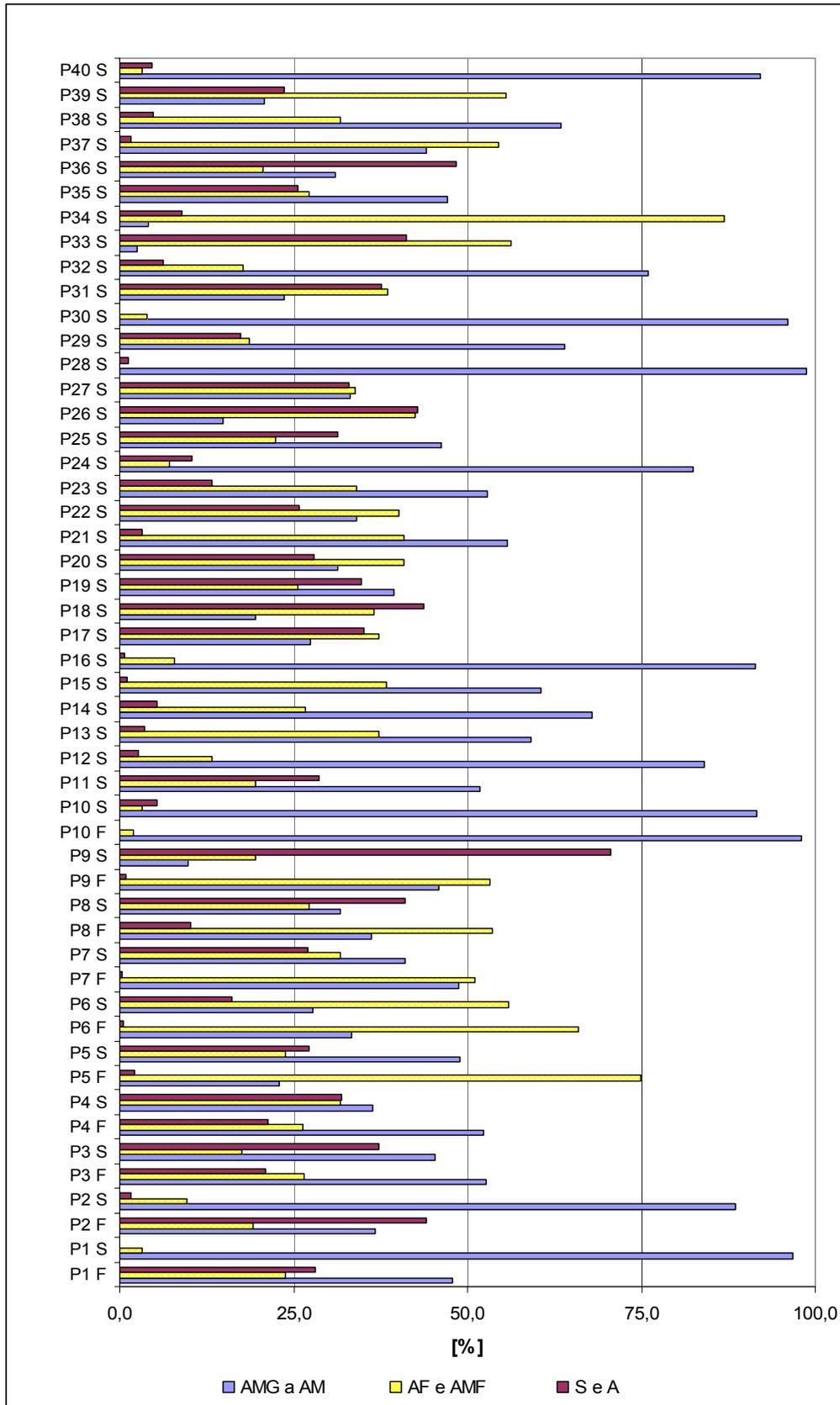
#### 5.1.3.1.2.3 Discussão dos resultados

##### 5.1.3.1.2.3.1 Caracterização física

O conhecimento dos tamanhos das partículas dos sedimentos é fundamental para analisar sua relação com os poluentes presentes nas águas e nos sedimentos.

Os materiais mais finos dos sedimentos, em função de sua elevada razão entre volume de sedimento e área superficial dos grãos, apresentam alta capacidade de sorção de contaminantes. A fração grosseira é relativamente mais inerte, não apresentando grande associação com contaminantes químicos.

Em 17 (dezessete), dos 40 (quarenta) pontos de coleta, os sedimentos são constituídos, em mais de 50%, por areias muito grossas e grossas (**Figura 5-146**). Somente uma amostra apresentou mais de 50% de silte.



**Figura 5-146:** Frações de areias grossas, areias finas e finos (siltes e argilas), nas amostras de sedimento.

**AMG:** areia muito grossa, **AM:** areia média, **AF** areia fina, **AMF:** areia muito fina, **S:** silte, **A:** argila.

#### 5.1.3.1.2.3.2 Caracterização química

A classificação química dos sedimentos, segundo a Resolução 344/04, utiliza critérios de qualidade, a partir de dois níveis de concentração de elementos e compostos contaminantes.

O nível de concentração mais baixa, Nível 1, corresponde ao limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota. O nível de concentração mais alta, Nível 2, corresponde ao limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota.

Através da comparação dos resultados das análises químicas com os níveis 1 e 2, pode-se orientar o gerenciamento da disposição do material a ser dragado. Assim, nos itens que seguem são realizadas estas análises por grupo de contaminantes.

#### 5.1.3.1.2.3.3 Metais Pesados e Arsênio

Nenhuma amostra de sedimento apresentou concentrações de metais pesados e Arsênio superior ao Nível 2 (**Tabela 5-42**).

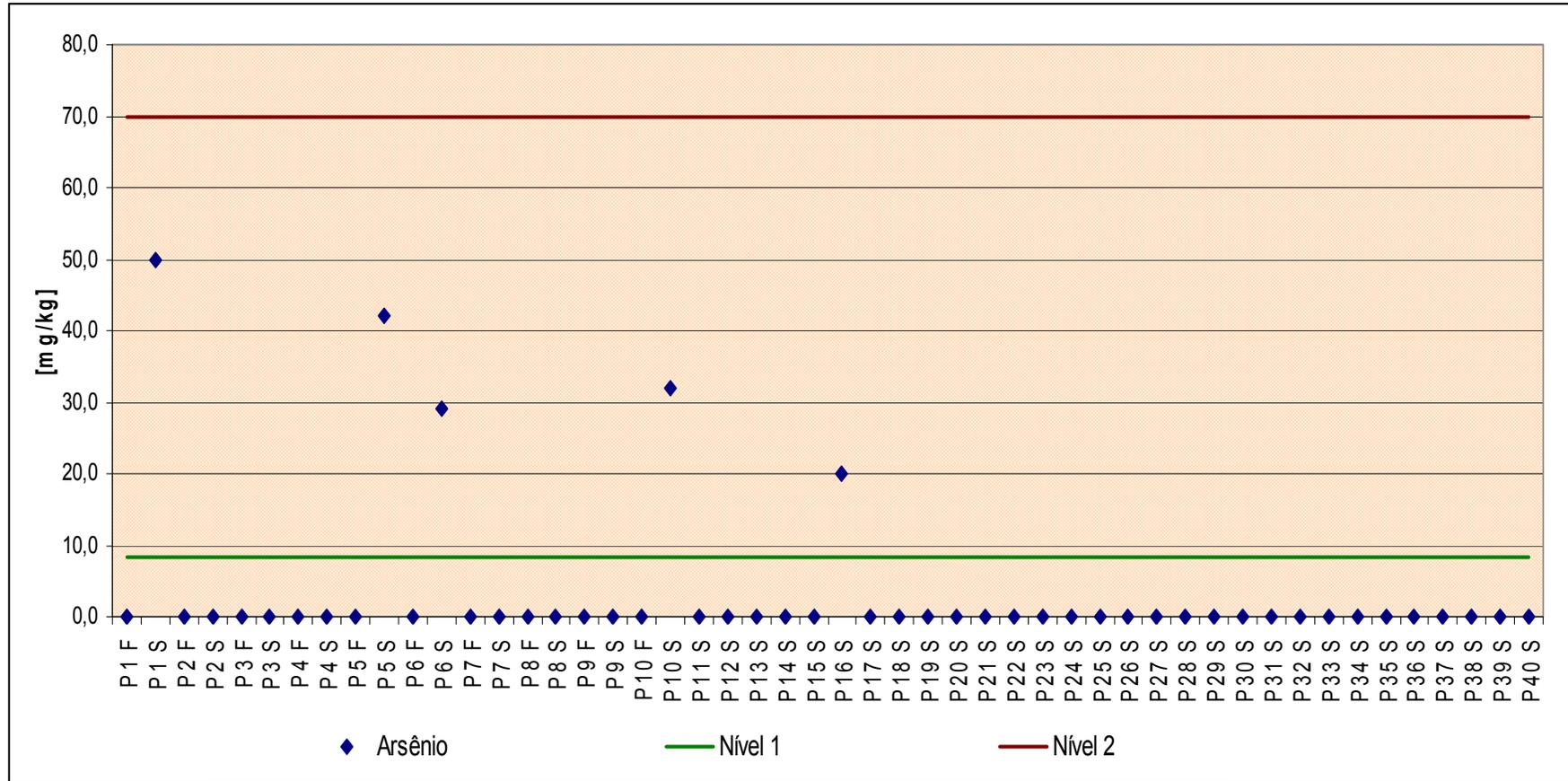
As concentrações de Cádmio (não quantificado), Chumbo, Cobre, Cromo, Níquel e Zinco, em todas as amostras analisadas, não ultrapassaram o Nível 1.

Apenas 5 (cinco) amostras de sedimento apresentaram concentrações de Arsênio superiores ao Nível 1 (**Figura 5-147**).

Somente 4 (quatro) amostras de sedimento continham Mercúrio em concentrações superiores ao Nível 1 (**Figura 5-148**).

**Tabela 5-42:** Concentrações máximas de Arsênio e metais nas amostras de sedimento a ser dragado e níveis de classificação.

Parâmetros	Concentrações		
	Máxima (mg/kg)	Classificação CONAMA 344 (mg/kg)	
		Nível 1	Nível 2
Arsênio	50	8,2	70
Chumbo	4,7	46,7	218
Cobre	20	34	270
Cromo	52	81	370
Mercúrio	0,62	0,15	0,71
Níquel	6,8	20,9	51,6
Zinco	12	150	410
Cádmio	Não quantificado	1,2	9,6



**Figura 5-147:** Concentrações de Arsênio nas amostras de sedimento, e Níveis 1 e 2 de classificação da Resolução 344/04.

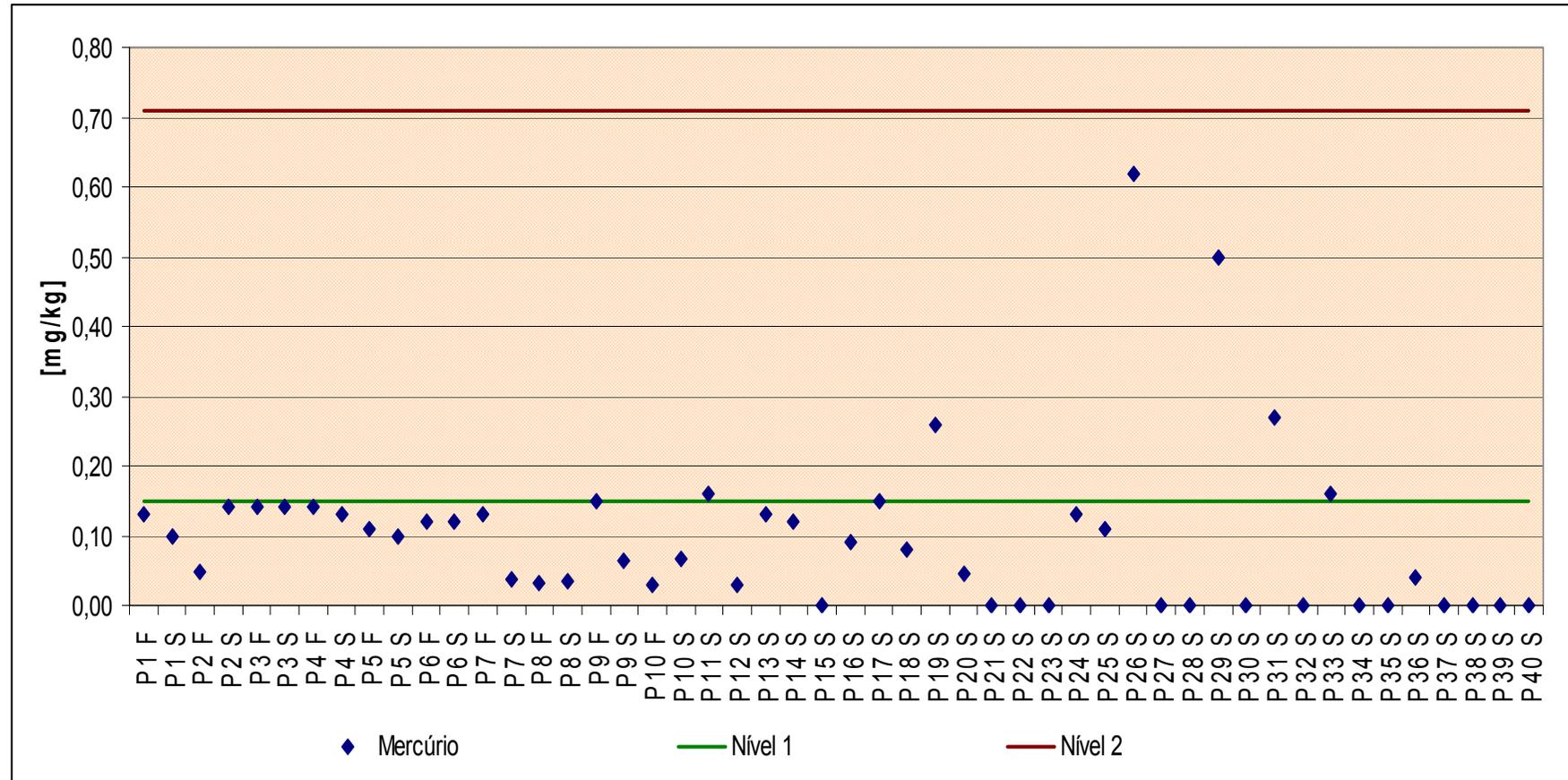


Figura 5-148: Concentrações de Mercúrio nas amostras de sedimento, e Níveis 1 e 2 de classificação da Resolução 344/04.

#### 5.1.3.1.2.3.4 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

Nenhuma amostra de sedimento apresentou concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos maior que o Nível 1 correspondente. A soma de HAP não ultrapassou a concentração correspondente ao Nível 1 em nenhuma amostra (**Tabela 5-43**).

**Tabela 5-43:** Concentrações máximas de HAP e soma de HAP nas amostras de sedimento e níveis de classificação.

Parâmetros	Concentrações Máximas (µg/kg)	Classificação CONAMA 344 (µg/kg)	
		Nível 1	Nível 2
Benzo(a)antraceno	3,1	74,8	693
Benzo(a)pireno	5,7	88,8	763
Criseno	3,1	108	846
Dibenzo(a,h)antraceno	2,0	6,22	135
Acenafteno	Não quantificado	16	500
Acenaftileno	0,821	44	640
Antraceno	0,522	85,3	1100
Fenantreno	0,522	240	1500
Fluoranteno	3,20	600	5100
Fluoreno	Não quantificado	19	540
2-Metilnaftaleno	0,567	70	670
Naftaleno	0,489	160	2100
Pireno	2,9	665	2600
Soma de HAP	23	3000	-

#### 5.1.3.1.2.3.5 Carbono Orgânico Total e Nutrientes.

Todas as amostras de sedimento apresentaram concentrações de Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Kjeldahl total e Fósforo total inferiores aos valores alerta correspondentes, excetuando-se duas amostras que apresentaram concentrações de COT de 11 e 14%.

No **Tabela 5-44** são indicadas as concentrações máximas de COT e nutrientes observados em todas as amostras de sedimento, relacionando-os aos seus respectivos níveis de alerta.

**Tabela 5-44:** Concentrações máximas de COT, fósforo e nitrogênio total nas amostras de sedimento e níveis alerta.

Parâmetros	Concentrações Máximas	Classificação CONAMA 344 Nível alerta
COT (% p/p)	14	10
N (mg/kg)	1.502	4.800
P (mg/kg)	1.134	2.000

#### 5.1.3.1.2.4 Conclusões

Os resultados da caracterização física mostraram que o volume de material a ser dragado é constituído principalmente de areias, cujas parcelas de granulometria muito grossa e grossa foram superiores a 50% em 17 das 40 estações de amostragem. As frações percentuais de argilas foram inferiores a 14% em todas as 50 amostras.

A caracterização química mostrou que os conteúdos individuais de Cádmiu, Cobre, Chumbo, Cromo, Níquel e Zinco, nos sedimentos, apresentam baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.

Algumas amostras apresentaram Arsênio ou Mercúrio em concentrações superiores ao limiar de baixa probabilidade de efeitos adversos à biota (Nível 1), entretanto em concentrações inferiores ao limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota (Nível 2).

Em nenhuma amostra de sedimento foram observadas concentrações de Biocidas Organoclorados e Bifenilas Policloradas (PCB) superiores aos respectivos limites de quantificação dos métodos analíticos.

As concentrações individuais de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HAP) e a concentração da soma destes compostos indicaram baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.

Assim, em todas as análises químicas realizadas, para os vários grupos de contaminantes, não foi observadas concentrações de contaminantes que indiquem um provável efeito adverso à biota.

As concentrações de carbono orgânico total, nitrogênio Kjeldahl total e fósforo total indicaram que o lançamento dos sedimentos no mar não apresenta possibilidade de prejudicar o ambiente, na área de disposição, provocando ou acelerando processos de eutrofização. Há que se considerar também que a área prevista para bota-fora é um ambiente costeiro aberto.

Concluindo a presente avaliação do material a ser dragado, realizada segundo os critérios de tomada de decisão preconizados pela CONAMA 344/04, pode-se afirmar que não foi evidenciado nenhum impedimento para a disposição dos sedimentos em águas jurisdicionais marítimas brasileiras.

#### *5.1.3.2 Caracterização do sedimento na área do bota-fora*

Para a caracterização física da área do bota-fora foram realizados o levantamento batimétrico da área de bota-fora, a caracterização dos sedimentos do fundo marinho, e a caracterização biológica.

A definição da proposta de localização do bota-fora surgiu das orientações dos pescadores que solicitaram a utilização de uma área mais distante e mais profunda, que a atual área do bota-fora de Barra do Riacho.

##### 5.1.3.2.1 Batimetria da área de bota-fora

O relevo submarino da área do bota-fora foi investigado através de levantamento de campo utilizando-se um ecobatímetro digital RAYTHEON DE719D – MK2, **Figura 5- 149**, acoplado a um sistema de posicionamento DGPS submétrico TRIMBLE PRO-XR ligado a um computador portátil.

A batimetria realizada nos dias 11, 12, 13 e 14 de novembro de 2009, **Figura 5-150**, abrangeu a região compreendida entre as coordenadas 394.011 e 7.797.594 (sul) e 399.011 e 7.805.777 (norte), Datum WGS84, com área aproximada de 30,7 Km<sup>2</sup>.



**Figura 5- 149:** Detalhe do ecobatímetro digital.

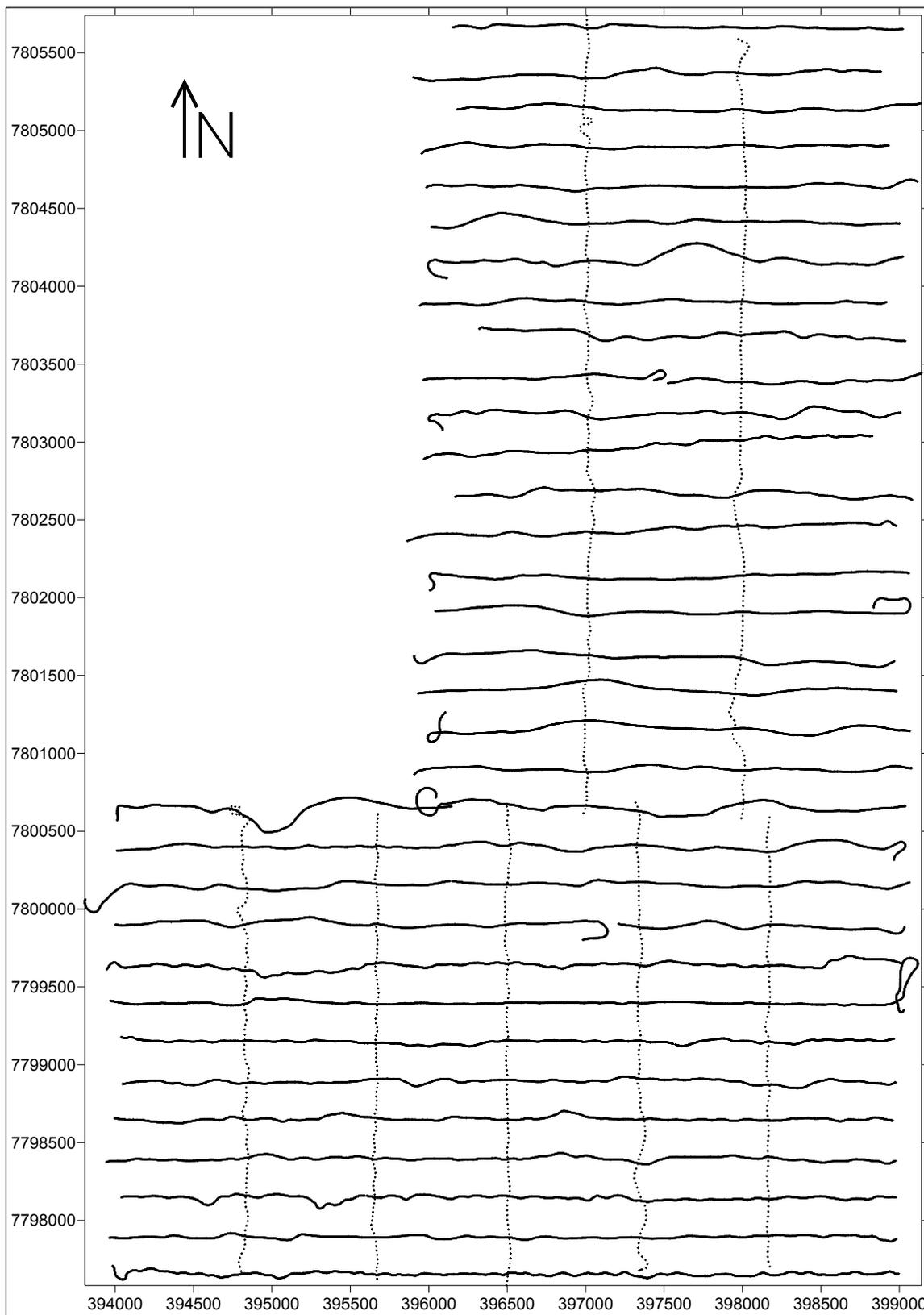


**Figura 5- 150:** Navegação na área do bota-fora durante a execução da batimetria.

Os levantamentos batimétricos executaram 33 linhas Leste/Oeste, e sete linhas Norte/Sul, **Figura 5- 151**. Os dados de níveis foram corrigidos a partir dos registros de maré obtidos no período dos serviços de campo, em marégrafo instalado dentro do Porto de Barra do Riacho. As profundidades foram reduzidas ao Nível de Redução (NR) da Carta Náutica 1420 do DHN.

Os resultados dos levantamentos estão apresentados no mapa batimétrico, do **ANEXO XXXVI**. Neste mapa podem ser visualizadas as isolinhas de batimetria e as profundidades da área levantada, referenciadas ao NR do DHN.

As profundidades observadas na área do bota-fora, com a variaram de 23 a 32,9 m, suas linhas isobatimétricas são aproximadamente paralelas à linha de costa.



**Figura 5- 151:** Linhas do levantamento batimétrico.

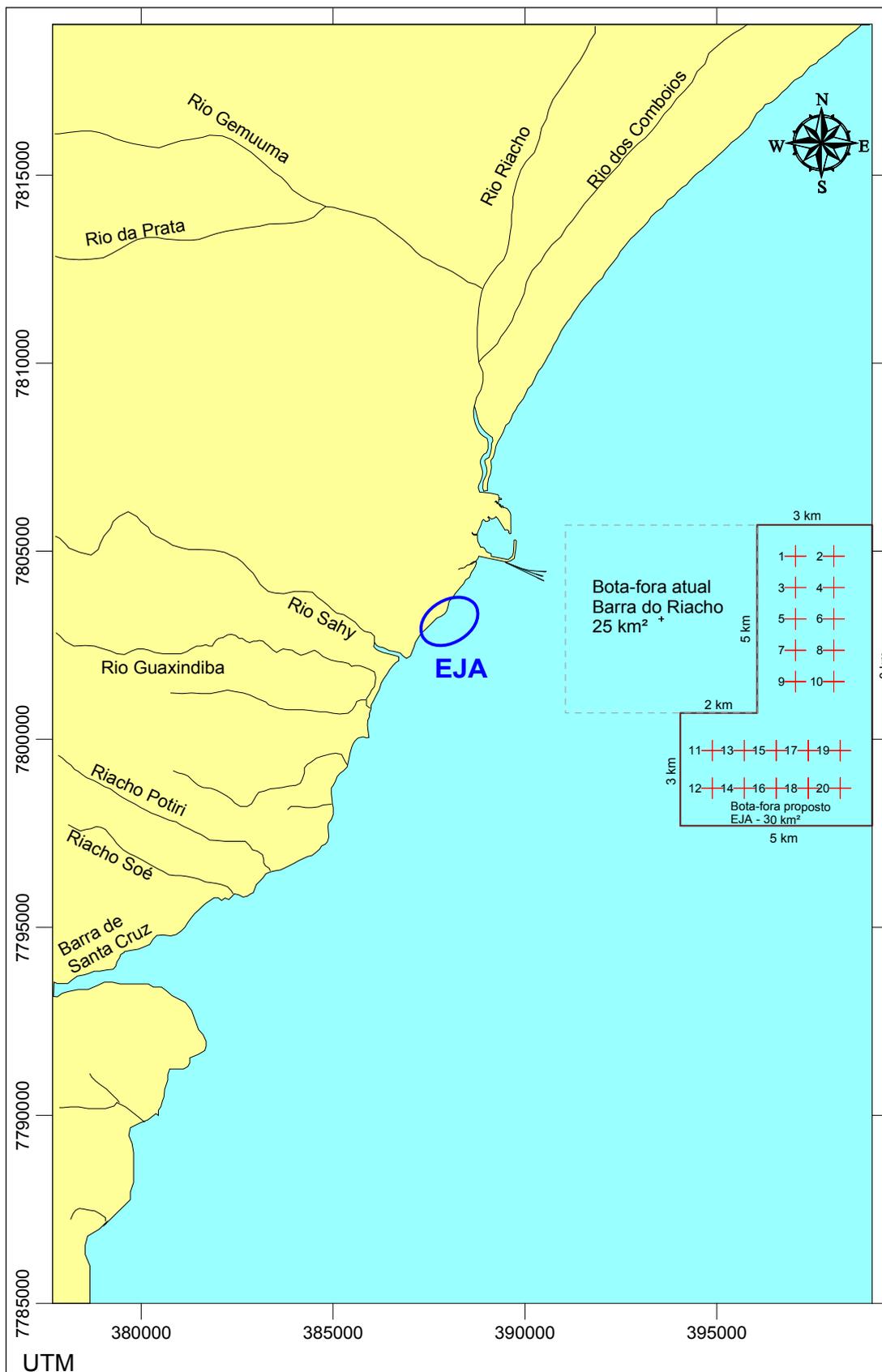
#### 5.1.3.2.2 Plano de amostragem dos sedimentos

Para caracterização física dos sedimentos foram coletadas 20 amostras de sedimentos, dentro dos 30km<sup>2</sup> da área proposta para o bota-fora, na plataforma continental adjacente a área de implantação do Estaleiro Jurong de Aracruz, como mostra a **Figura 5- 152**.

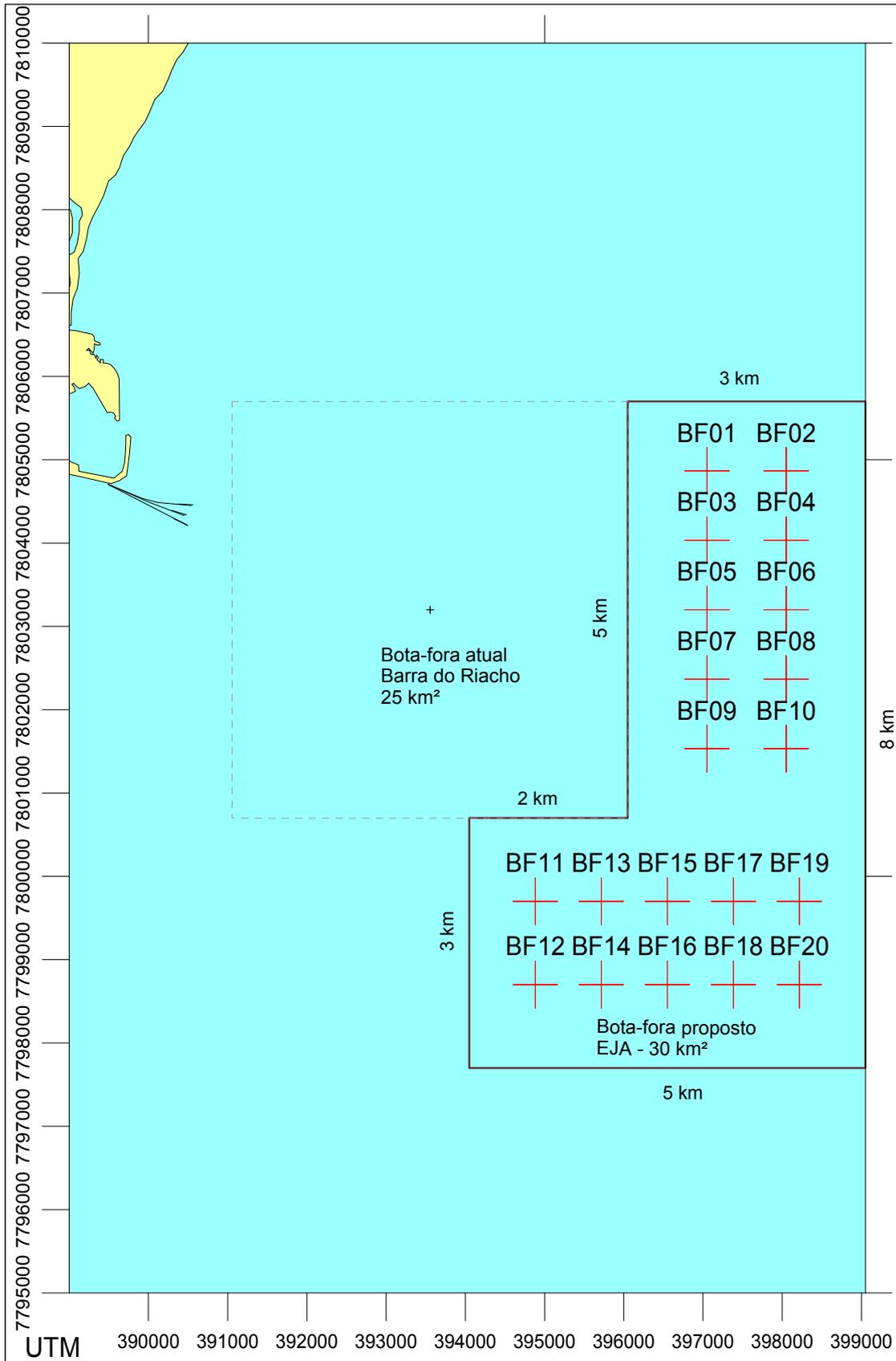
As amostras sedimentares denominadas BF01 a BF20, foram coletadas espaçadamente na área do bota-fora, a distribuição dos pontos de coleta dentro do limite da área de bota-fora é apresentada na **Figura 5- 153**.

As operações de amostragem adotadas abrangeram as seguintes etapas:

- Campanha de coleta de amostras realizada durante no dia 06 de novembro de 2009, com transporte até o local de cada ponto de amostragem através de barco a motor e posicionamento por GPS;
- Amostragem por mergulho autônomo, através de amostradores Rock-Island, em aço, **Figura 5- 154 e Figura 5- 155**;
- Acondicionamento das amostras na embarcação, em sacos plásticos, devidamente identificados, **Figura 5- 156**;
- Envio das amostras para laboratório, para análise granulométrica por peneiramento e teores de carbonato.



**Figura 5- 152:** Localização geral dos pontos de coleta de sedimento e área do bota-fora proposto e atual.



**Figura 5- 153:** Distribuição dos pontos de coleta de sedimento e limite da área proposta para o bota-fora.



Figura 5- 154: Lançamento e içamento do amostrador.



Figura 5- 155: Amostra sendo retirada do amostrador.



Figura 5- 156: Acondicionamento das amostras.

A classificação granulométrica foi feita utilizando-se como referência a Escala Granulométrica de Wentworth (1922). Os teores de carbonatos foram determinados por ataque com ácido clorídrico. Foi feita análise estatística dos dados granulométricos, utilizando média, mediana, desvio padrão e assimetria das amostras, além de análise textural das mesmas.

#### 5.1.3.2.3 Descrição dos sedimentos da área do bota-fora

Todas as amostras de sedimento foram classificadas quanto à textura como areias, devido ao percentual de areias ser superior a 90% da composição das amostras. Quanto à composição dos sedimentos, os baixos teores de carbonato (variando entre 2,3% e 5,5% da composição das amostras) classificam como litoclástica, como mostram os dados da **Tabela 5- 45** e **Tabela 5- 46**. Assim, os sedimentos do fundo marítimo, na área do bota-fora, são constituídos de areias litoclásticas, indicando baixa contribuição de sedimentos biogênicos.

As amostras sedimentares, com exceção da amostra BF11, apresentaram diâmetros médios e as medianas classificadas texturalmente como areia média ou areia fina. Já a amostra BF11, apresentou diâmetro médio e a mediana classificada como areia grossa.

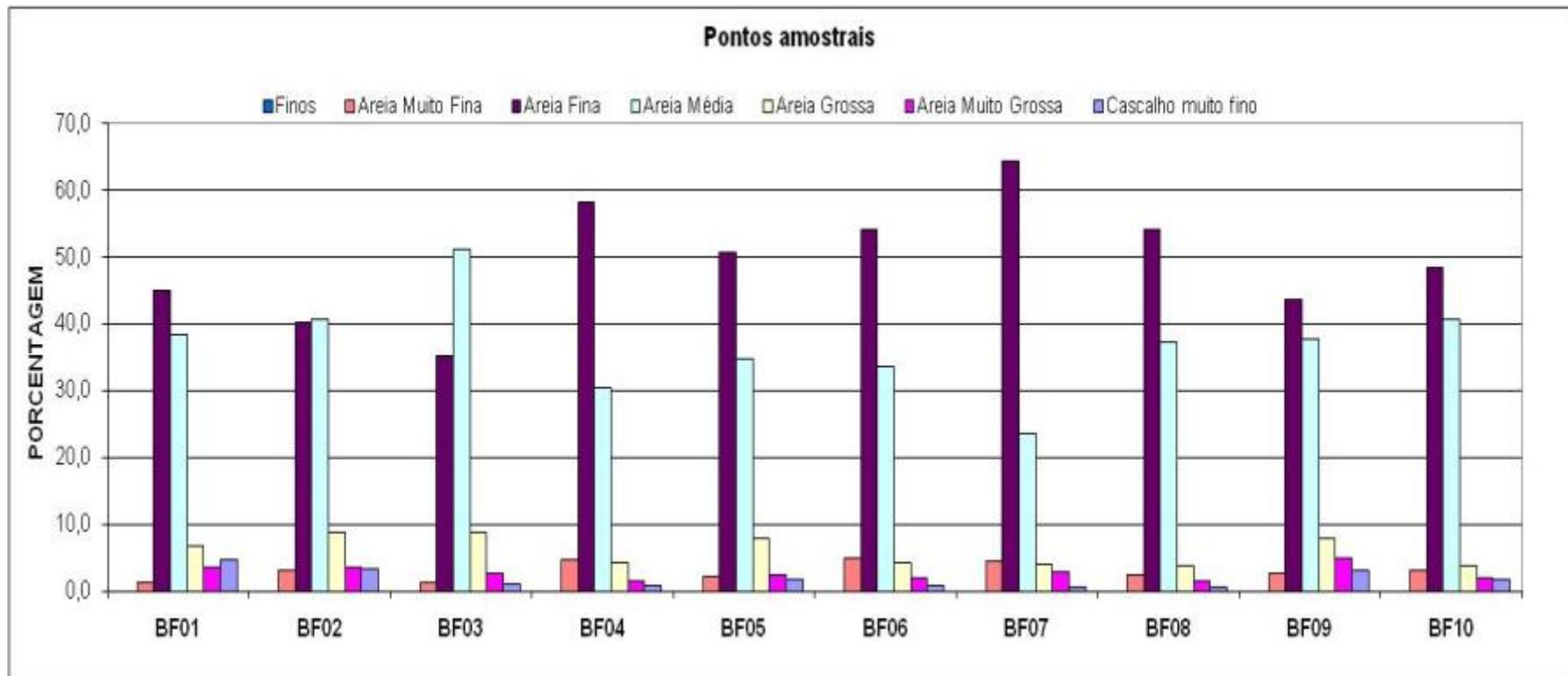
As amostras BF7, BF12 à BF15 e BF16 apresentaram-se unimodais, com classe modal expressiva em areia fina, com exceção da amostra BF16 com classe modal bem expressiva em areia fina. A amostra BF11 apresentou-se bimodal, com classe bem expressiva em areia grossa e pouco expressiva em areia muito grossa. As demais amostras também apresentaram resultados bimodais, variando entre expressivas e bem expressivas em areia fina e média, como observado nos histogramas apresentados nas **Figura 5- 157** e **Figura 5- 158**.

**Tabela 5- 45:** Pontos amostrais de sedimento e parâmetros estatísticos utilizados na caracterização.(BF01 a BF10).

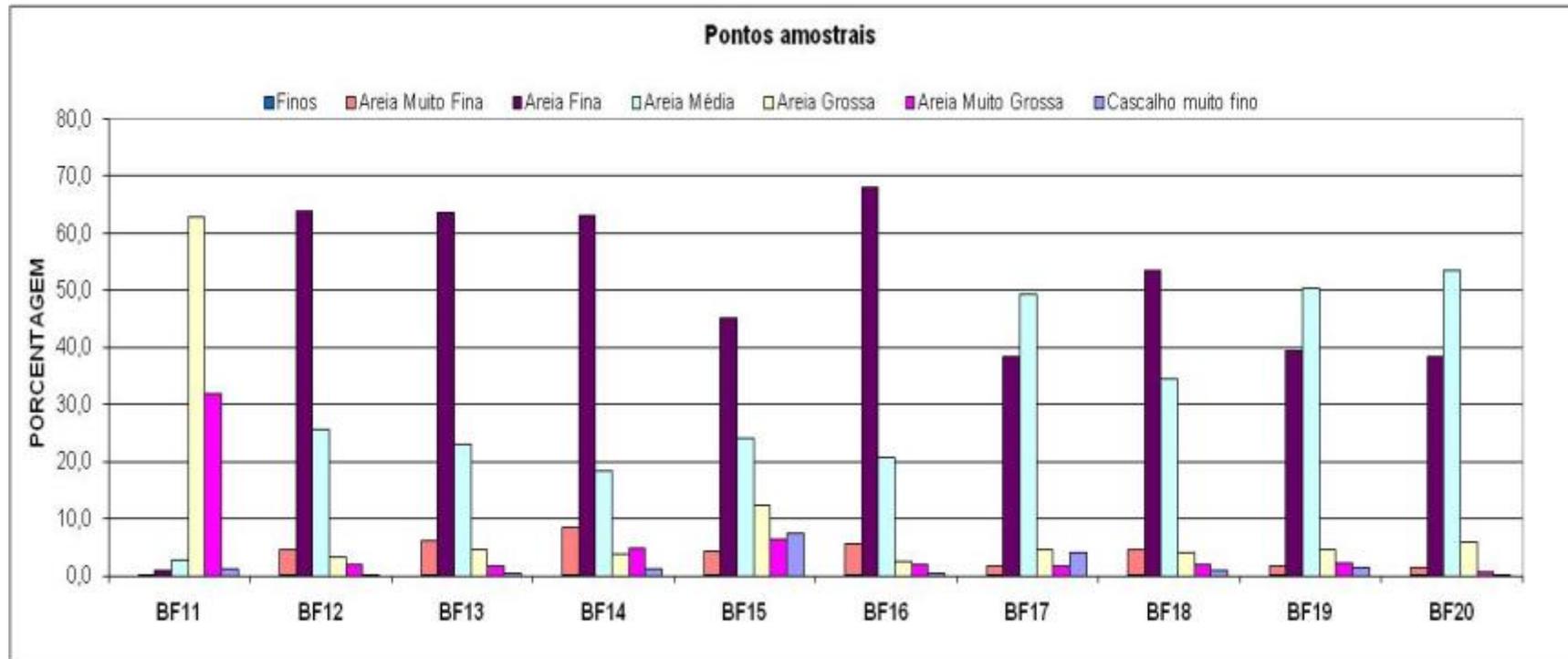
Ponto de coleta	Classe modal	Média (mm)	Mediana (mm)	Desvio padrão (fi)	Assimetria (fi)	CaCO <sub>3</sub> (%)
<b>BF01</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia fina e pouco expressiva em areia média	0,27	0,27	0,99 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,27 <i>Assimétrica grosseiros</i>	2,7
<b>BF02</b>	Bimodal, com classes expressivas em areia fina e média	0,28	0,28	0,95 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,18 <i>Assimétrica grosseiros</i>	3,2
<b>BF03</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia média e pouco expressiva em areia fina	0,29	0,30	0,79 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,018 <i>Simétrica</i>	3,5
<b>BF04</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia fina e pouco expressiva em areia média	0,23	0,21	0,73 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,29 <i>Assimétrica grosseiros</i>	3,0
<b>BF05</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia fina e pouco expressiva em areia média	0,26	0,24	0,84 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,27 <i>Assimétrica grosseiros</i>	4,0
<b>BF06</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia fina e pouco expressiva em areia média	0,24	0,22	0,76 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,25 <i>Assimétrica grosseiros</i>	3,7
<b>BF07</b>	Classe modal bem expressiva em areia fina	0,22	0,20	0,76 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,38 <i>Muito assimétrica grosseiros</i>	4,6
<b>BF08</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia fina e pouco expressiva em areia média	0,24	0,23	0,71 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,21 <i>Assimétrica grosseiros</i>	2,5
<b>BF09</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia fina e pouco expressiva em areia média	0,27	0,27	0,96 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,24 <i>Assimétrica grosseiros</i>	3,4
<b>BF10</b>	Bimodal, com classes expressivas em areia fina e média	0,25	0,24	0,78 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,19 <i>Assimétrica grosseiros</i>	3,0

**Tabela 5- 46:** Pontos amostrais de sedimento e parâmetros estatísticos utilizados na caracterização. (BF11 a BF20).

Ponto de coleta	Classe modal	Média (mm)	Mediana (mm)	Desvio padrão (fi)	Assimetria (fi)	CaCO <sub>3</sub> (%)
<b>BF11</b>	Bimodal, com classes bem expressiva em areia grossa e pouco expressiva em areia muito grossa.	0,88	0,83	0,62 <i>Moderadamente bem selecionada</i>	-0,21 <i>Assimétrica grosseiros</i>	1,9
<b>BF12</b>	Classe modal bem expressiva em areia fina	0,22	0,21	0,70 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,32 <i>Muito assimétrico grosseiros</i>	3,8
<b>BF13</b>	Classe modal bem expressiva em areia fina	0,22	0,20	0,77 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,31 <i>Muito assimétrico grosseiros</i>	4,2
<b>BF14</b>	Classe modal bem expressiva em areia fina	0,22	0,20	0,95 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,36 <i>Muito assimétrico grosseiros</i>	5,5
<b>BF15</b>	Classe modal expressiva em areia fina	0,32	0,25	1,39 <i>Mal selecionada</i>	-0,50 <i>Muito assimétrico grosseiros</i>	3,2
<b>BF16</b>	Classe modal bem expressiva em areia fina	0,21	0,20	0,67 <i>Moderadamente bem selecionada</i>	-0,29 <i>Assimétrica grosseiros</i>	3,6
<b>BF17</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia média e pouco expressiva em areia fina.	0,28	0,29	0,90 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,13 <i>Assimétrica grosseiros</i>	2,5
<b>BF18</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia fina e pouco expressiva em areia média	0,24	0,23	0,78 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,26 <i>Assimétrica grosseiros</i>	2,3
<b>BF19</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia média e pouco expressiva em areia fina.	0,27	0,28	0,78 <i>Moderadamente selecionada</i>	-0,04 <i>Simétrica</i>	2,5
<b>BF20</b>	Bimodal, com classes expressiva em areia fina e pouco expressiva em areia média.	0,27	0,29	0,70 <i>Moderadamente selecionada</i>	0,05 <i>Simétrica</i>	1,8



**Figura 5- 157:** Histograma da distribuição dos sedimentos por textura, em porcentagem, nos pontos BF01 à BF10.



**Figura 5- 158:** Histograma da distribuição dos sedimentos por textura, em porcentagem, nos pontos BF11 à BF20.

A análise do desvio padrão do diâmetro sedimentar demonstra que o grau de seleção da amostra BF15 a classifica como mal selecionada e as amostras BF11 e BF16 classificam-se como bem-selecionadas. Já as demais amostras apresentam-se como moderadamente selecionadas, como exposto na **Tabela 5-45 e Tabela 5-46**.

Todas as amostras, com exceção da BF13, apresentaram-se assimétricas grosseiras ou muito assimétrica grosseira, demonstrando que existe tendência à perda de material fino. Esta análise corrobora com os resultados das análises de classe modal, classe textural (incluindo média e mediana) e desvio padrão.

#### 5.1.3.3 Qualidade da água marinha

As análises de qualidade da água na área de influência do Estaleiro Jurong Aracruz foram obtidos dados para caracterização da massa d'água e coletadas amostras para análise em laboratório de indicadores de estado trófico e de contaminantes na região, incluindo análise de nutrientes e metais.

A seleção dos parâmetros e a caracterização da qualidade das águas na área consideram os padrões adotados pela legislação ambiental brasileira, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, para padrões em águas salinas classe 3.

##### 5.1.3.3.1 Materiais e métodos

Os parâmetros físico-químicos de qualidade de água analisados *in situ* foram: temperatura, oxigênio dissolvido e seu percentual de saturação, pH, salinidade e condutividade. Esses parâmetros foram determinados com o emprego de uma sonda portátil, modelo Quanta da Hydrolab, a 0,5 m da superfície e a 0,5 m do fundo. Além disso, também foi medida a transparência da água em cada ponto amostral utilizando-se o método do disco de *Secchi* (**Tabela 5-47**). A **Figura 5-159** apresenta a indicação das estações de monitoramento. A campanha foi

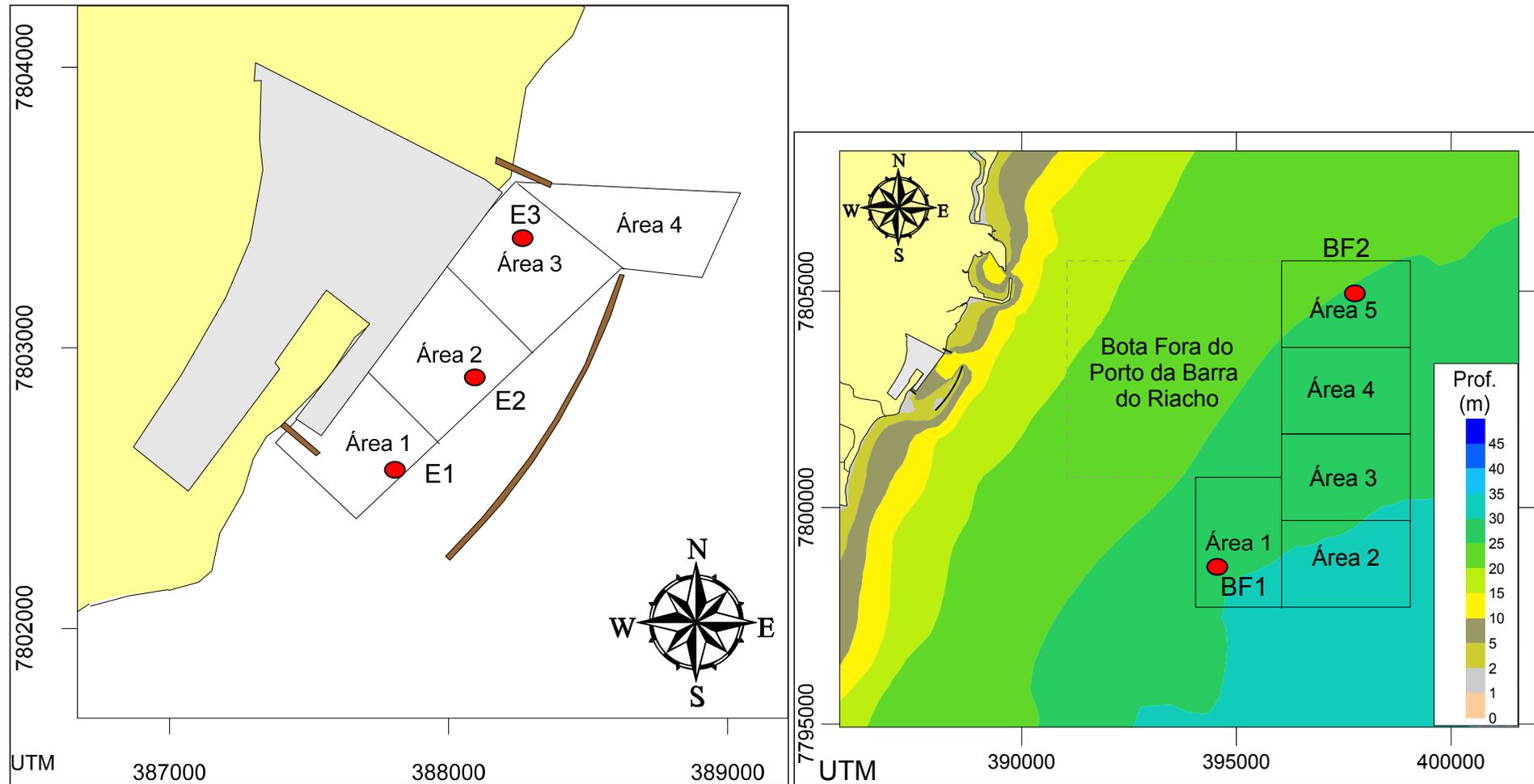
realizada no dia 18 de setembro de 2009, com condições de fortes ventos vindos do quadrante sul, céu nublado e chuvas fortes.

**Tabela 5-47:** Parâmetros físico-químicos analisados *in situ*, métodos de análise e precisão do aparelho de medição.

Parâmetro	Método de análise	Precisão
temperatura	Hydrolab	0,01°C
OD	Hydrolab	0,01mg/l
saturação de O <sub>2</sub>	Hydrolab	0,01%
pH	Hydrolab	0,01
salinidade e condutividade	Hydrolab	0,01‰
transparência	Disco de Secchi	-

Foram coletadas amostras de água salina em cada estação de amostragem para determinação dos seguintes parâmetros: arsênio, chumbo, cobre, cromo, *Escherichia coli*, série nitrogenada (amoniacal, nitrato e nitrito), fósforo, carbono orgânico total, mercúrio, níquel e zinco. Estas amostras d'água foram coletadas com auxílio da garrafa de *Van Dorn* também na superfície (a 0,5m de profundidade) e no fundo (a 0,5 m do fundo), as quais foram posteriormente encaminhadas ao Laboratório Innolab para realização das análises. A relação dos parâmetros analisados, métodos de análise empregados e limites de detecção dos métodos utilizados encontram-se descritos na **Tabela 5-48**.

Os valores obtidos foram comparados com a legislação ambiental brasileira vigente, Resolução CONAMA 357/2005, para águas salinas Classe 1.



**Figura 5-159:** Indicação da malha amostral para coleta de água no meio marinho (UTM, datum WGS 84).

**Tabela 5-48:** Parâmetros analisados nas amostras d'água, métodos de análises e limites de detecção.

Parâmetro	Método de análise	Precisão
<i>Escherichia coli</i>	Substrato Enzimático 9223-BS	<10,0 NMP
Carbono Orgânico Total		<0,010 mg/L
Fósforo total	Colorimétrico	<0,020 mg/L
Nitrogênio amoniacal	Colorimétrico	<0,080 mg/L
Nitrato	Colorimétrico - Coluna de Cádmio	<0,010 mg/L
Nitrito	Colorimétrico NEDA	<0,010 mg/L
SST	Gravimétrico	<1,00 mg/L
Turbidez		<0,15 UT
Metais pesados	Método de análise	Limite de detecção
Ar	Inductively Coupled Plasma (ICP)	<0,001 mg/L
Pb	Inductively Coupled Plasma (ICP)	<0,008 mg/L
Cu	Inductively Coupled Plasma (ICP)	<0,005 mg/L
Cr	Inductively Coupled Plasma (ICP)	<0,010 mg/L
Hg	Inductively Coupled Plasma (ICP)	<0,0001 mg/L
Ni	Inductively Coupled Plasma (ICP)	<0,005 mg/L
Zn	Inductively Coupled Plasma (ICP)	<0,005 mg/L

#### 5.1.3.3.2 Resultados

Os resultados das análises em massa de água da campanha realizada em 18 de setembro de 2009 estão apresentados na **Tabela 5-49** e **Tabela 5-50**.

As análises de oxigênio dissolvido, conforme visualizado na **Figura 5-160**, indicam que os valores se apresentaram acima do limite mínimo estabelecido pela legislação, sendo valores médios nas estações na área de dragagem igual a 7,33 mg/L e na área do bota-fora iguais a 7,59 mg/L.

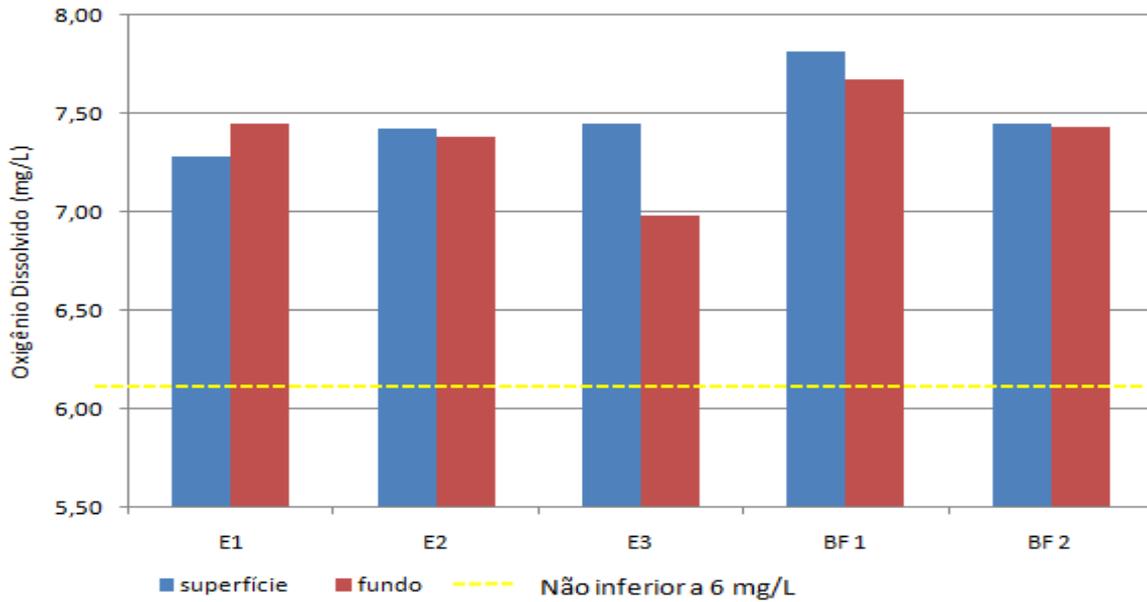
Os valores de pH se mostraram acima do limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 nas estações E2 e E3, na área de dragagem. Nas demais estações, estes valores se mostraram dentro da faixa padrão para águas salinas Classe 1 (**Figura 5-161**).

**Tabela 5-49:** Resultados obtidos a partir de medições *in situ* na massa de água.

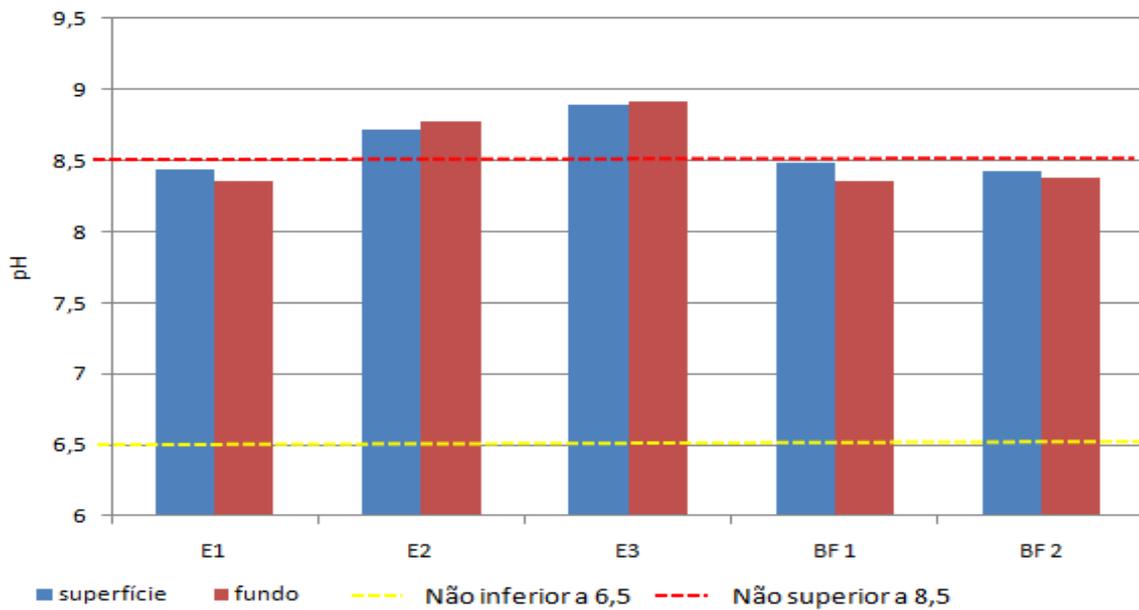
ESTAÇÃO	Profundidade de coleta	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	OD %	pH	Temperatura (°C)	Condutividade (mS/cm)	Salinidade (EPS)	Turbidez (UT)	Transparência (m)
E1	superfície	7,28	103,2	8,44	21,60	50,1	35,4	63,0	0,6
	fundo 1,2	7,45	97,3	8,35	21,60	49,9	35,5	64,0	
E2	superfície	7,42	104,2	8,72	21,60	53,6	35,4	62,00	0,6
	fundo 1,7	7,38	99,5	8,78	21,60	50,0	35,5	63,00	
E3	superfície	7,45	99,2	8,89	22,00	49,9	35,40	68,00	1,0
	fundo 2,0	6,98	95,6	8,91	21,90	50,1	35,40	71,00	
BF 1	superfície	7,81	96,3	8,48	21,80	52,4	37,20	28,00	2,0
	fundo 25,0	7,67	87,8	8,35	21,30	53,1	37,30	35,00	
BF 2	superfície	7,45	94,3	8,43	21,70	52,1	37,40	42,00	2,0
	fundo 28	7,43	93,2	8,38	21,50	52,4	37,40	45,00	
<b>Padrão CONAMA 357/2005</b>		<b>Não inferior a 6 mg/L</b>	-	<b>6,5 a 8,5</b>	-	-	-	-	-

**Tabela 5-50:** Resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos por meio de amostras da coluna de água.

ESTAÇÃO		Arsênio Total (mg/L)	Chumbo Total (mg/L)	Cobre Dissolvido (mg/L)	<i>Escherichia coli</i> (NMP)	Fósforo Total (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Nitrogênio Nitrato (mg/L)	Nitrogênio Nitrito (mg/L)	Cromo Total (mg/L)	Mercurio Total (mg/L)	Níquel Total (mg/L)	Zinco Total (mg/L)
E1	superfície	0,001	0,008	0,005	10	0,030	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
	fundo	0,001	0,008	0,005	10	0,020	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
E2	superfície	0,001	0,008	0,005	10	0,030	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
	fundo	0,001	0,008	0,005	10	0,020	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
E3	superfície	0,001	0,008	0,005	10	0,020	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
	fundo	0,001	0,008	0,005	10	0,020	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
BF 1	superfície	0,001	0,008	0,005	10	0,020	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
	fundo	0,001	0,008	0,005	10	0,020	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
BF 2	superfície	0,001	0,008	0,005	10	0,020	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
	fundo	0,001	0,008	0,005	10	0,020	0,080	0,010	0,010	0,010	0,0001	0,005	0,005
<b>Padrão CONAMA 357/2005</b>		<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,005</b>	<b>-</b>	<b>0,062</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,025</b>	<b>0,09</b>

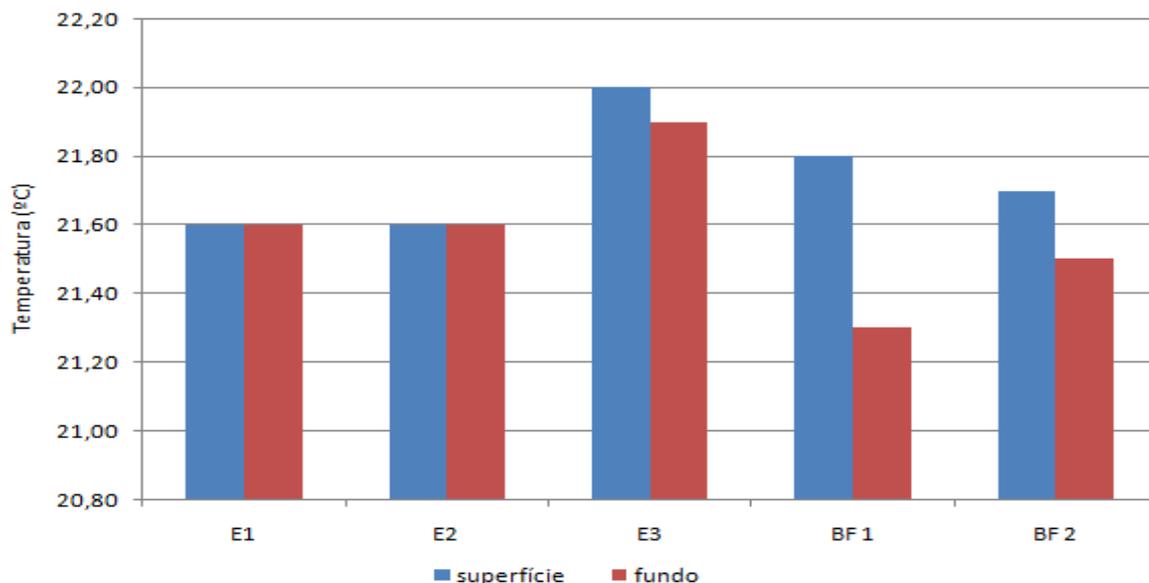


**Figura 5-160:** Valores de Oxigênio Dissolvido.



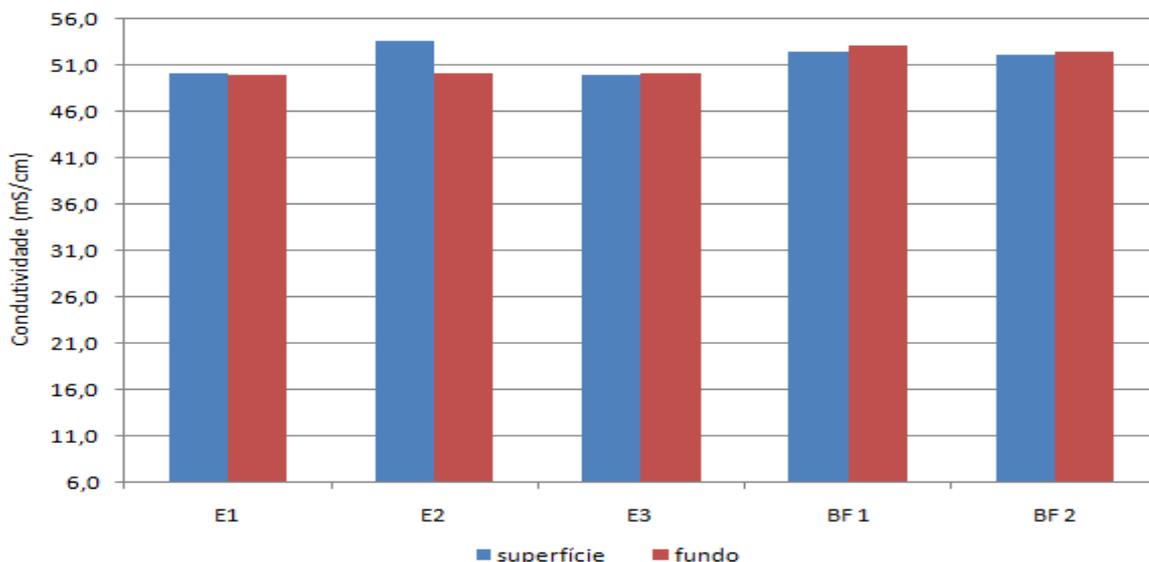
**Figura 5-161:** Valores de pH

A temperatura das águas na área de dragagem, durante a campanha realizada em 18 de setembro de 2009, apresentaram média de 21,72 °C, enquanto que na área do bota-fora se mostraram um pouco mais frias, com média 21,58 °C (**Figura 5-162**).



**Figura 5-162:** Valores de Temperatura.

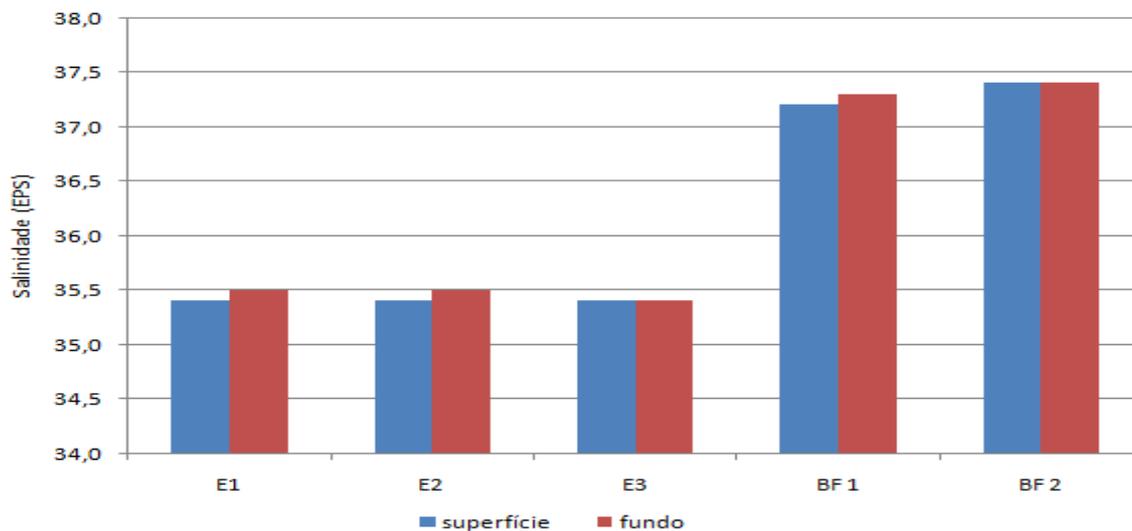
Os valores de condutividade apresentaram média de 50,6 mS/cm na área de dragagem e 52,5 mS/cm na área do bota-fora (**Figura 5-163**).



**Figura 5-163:** Valores de condutividade.

Os valores de salinidade apresentaram média de 35,4 EPS nas estações situadas na área de dragagem e 37,3 EPS nas estações da área do bota-fora. Os valores mais baixos de salinidade nas estações mais próximas da costa indicam o aporte

de águas doces em função do período de chuvas intensas durante a campanha oceanográfica. (Figura 5-164)

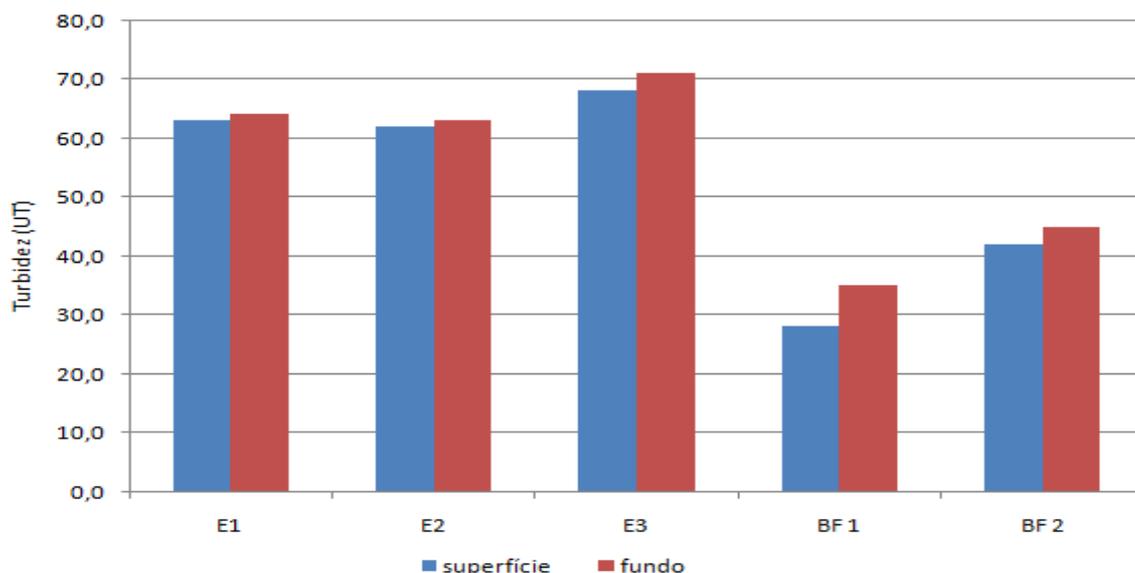


**Figura 5-164:** Valores de salinidade.

Comparando os resultados aqui apresentados com os obtidos no BNDO (Banco Nacional de Dados Oceanográficos) para a região costeira do Espírito Santo nota-se uma semelhança nos valores desses parâmetros e pode-se considerar que os valores aqui reportados são típicos da região.

Os valores de turbidez indicaram maior concentração nas estações plotadas na área onde ocorrerá a dragagem, com média de 65,2 UT, enquanto que na área do bota-fora as concentrações médias foram de 37,5 UT (Figura 5-165).

As concentrações de metais pesados mostraram-se em todas as análises valores abaixo do limite de detecção dos métodos empregados, não evidenciando qualquer tipo de contaminação no local.



**Figura 5-165:** Valores de turbidez.

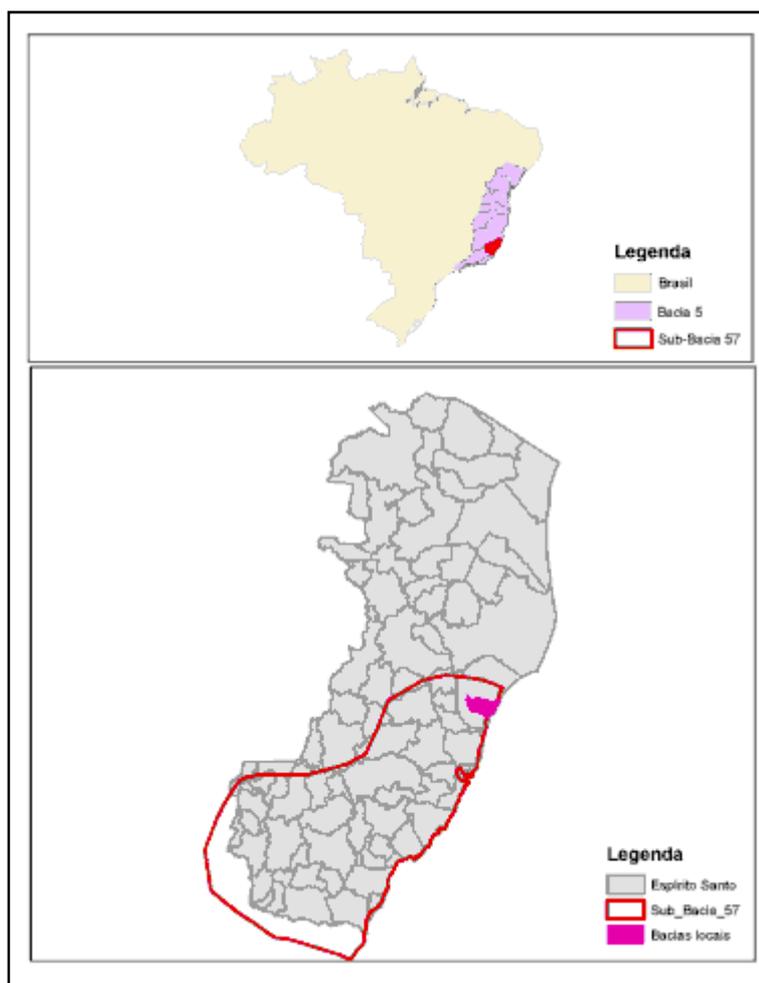
#### 5.1.4 Recursos hídricos

##### 5.1.4.1 Rede hidrográfica existente frente à regionalização federal e estadual de Bacias Hidrográficas

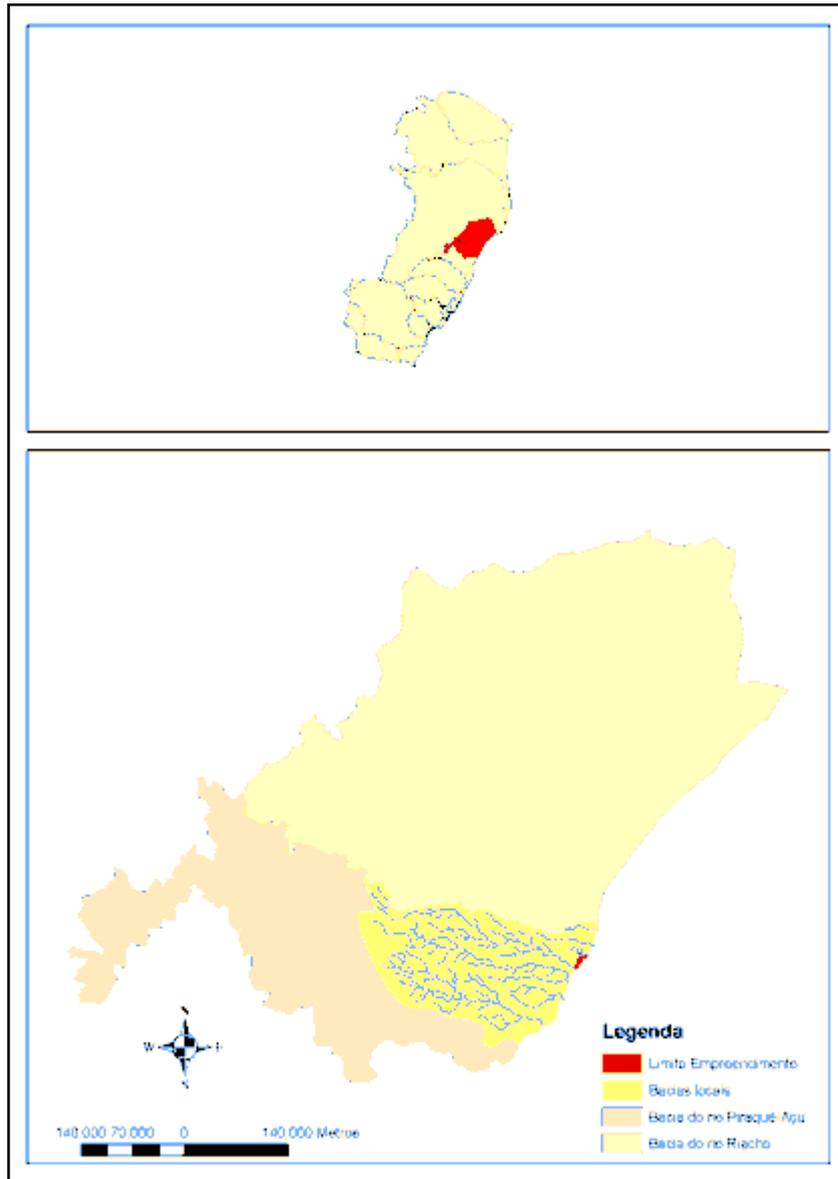
A área em estudo pertence à Bacia 5, sub-bacia 57 da divisão oficial adotada pela Agência Nacional de Águas (ANA), a qual divide o Brasil em 8 bacias hidrográficas, Bacia 1 (Rio Amazonas), Bacia 2 (Rio Tocantins), Bacia 3 (Atlântico, Trecho Norte/Nordeste), Bacia 4 (Rio São Francisco), Bacia 5 (Atlântico, Trecho Leste), Bacia 6 (Rio Paraná), Bacia 7 (Rio Uruguai) e Bacia 8 (Atlântico, Trecho Sudeste). A **Figura 5-166** apresenta a localização da área no que tange à regionalização nacional de bacias hidrográficas.

A sub-bacia 57 abrange as bacias hidrográficas do Espírito Santo localizadas ao sul do Rio Doce, estando nela englobadas as bacias dos rios Riacho, Piraquê-açu, Reis Magos, Santa Maria da Vitória, Jucu, Benevente, Novo, Itapemirim e Itabapoana. Conforme pode ser observado na **Figura 5-167**, o empreendimento se localiza entre as bacias do rio Riacho, ao norte, e a do rio Piraquê-açu, ao sul e oeste.

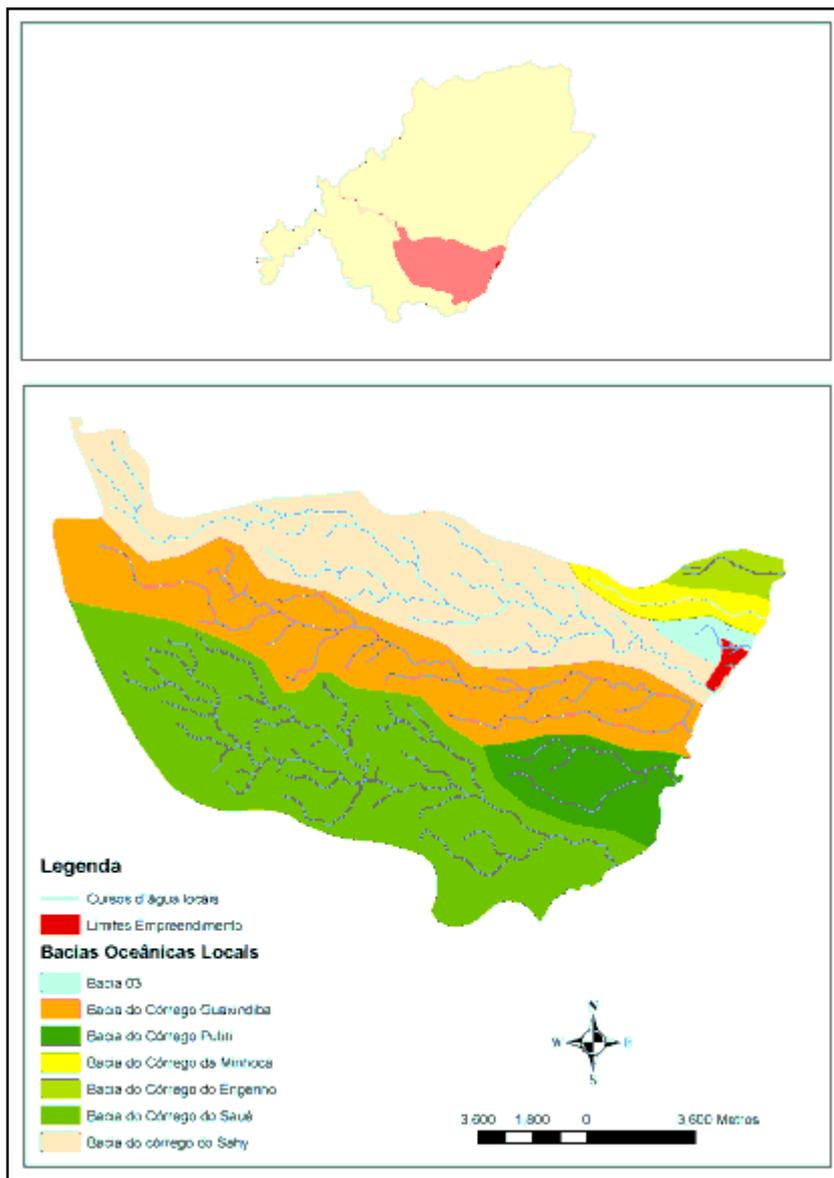
Entre estas duas bacias, ocorrem pequenos cursos d'água que drenam diretamente para o oceano. As áreas de suas bacias estão apresentadas na **Tabela 5-51** e suas posições, na **Figura 5-168**. Essas bacias oceânicas locais são compostas pelas bacias dos córregos Sauê, do Engenho, Minhoca, Putiri, Guaxindiba, Sahy e de uma pequena bacia, denominada, neste trabalho, de Bacia 03, por ser a terceira, entre as bacias oceânicas locais, de norte para sul.



**Figura 5-166:** Localização da área no que tange à regionalização nacional de bacias hidrográficas.



**Figura 5-167:** Localização do empreendimento em relação às bacias dos rios Riacho e Piraquê-açu.



**Figura 5-168:** Localização do empreendimento em relação às bacias oceânicas locais.

**Tabela 5-51:** Áreas das bacias oceânicas locais.

Denominação	Área (ha)
Bacia do Córrego do Engenho	407,07
Bacia do Córrego da Minhoca	649,02
Bacia 03	351,06
Bacia do Córrego do Sahy	5941,96
Bacia do Córrego Guaxindiba	5455,62
Bacia do Córrego Putiri	1549,34
Bacia do Córrego do Sauê	7956,17

Os cursos d'água que compõem as bacias oceânicas locais possuem áreas de contribuição de pequenas dimensões e, por conseqüência, baixa disponibilidade hídrica comparada com as dos rios Piraquê-Açu e Riacho.

A bacia do córrego do Saué possui 7.956,17 ha, com uma rede de canais do tipo dendrítica e curso principal com cerca de 19,3 km. Seu leito foi visualizado na seção em que é interceptado pela Rodovia ES-010 e seu aspecto está apresentado na **Figura 5-169**. Suas águas apresentam coloração escura devido à contribuição de matéria orgânica advinda de vegetação ribeirinha e solos orgânicos de áreas a montante. Neste ponto, o rio apresenta influência dos movimentos de maré.



**Figura 5-169:** Córrego do Saué na seção em que é interceptado pela Rodovia ES-010.

A bacia do córrego do Putiri possui 15.49,34 ha. Com uma rede de drenagem formada por apenas três cursos d'água e curso principal com cerca de 6,5 km, seu leito não apresentava fluxo d'água na seção em que foi vistoriada, onde este é interceptado pela Rodovia ES-010. O seu aspecto a montante da rodovia está apresentado na **Figura 5-170** e o de jusante, na **Figura 5-171**.



**Figura 5-170:** Aspecto do córrego Putiri a montante da Rodovia ES-010.



**Figura 5-171:** Aspecto do córrego Putiri a jusante da Rodovia ES-010.

No momento da visita de campo, o córrego não apresentava fluxo de água significativo. A montante da rodovia, foram observadas poças de água acumulada nas depressões do leito, enquanto a jusante da rodovia, seu leito foi tomado por Ciperáceas.

A bacia do córrego Guaxindiba possui 5.455,62 ha. Com uma rede de drenagem dendrítica e curso principal com cerca de 25 km, é o principal manancial de água para o SAA de Barra do Sahy. Seu leito foi visualizado na seção em que é interceptado pela Rodovia ES-010 e seu aspecto está apresentado na **Figura 5-172** e na **Figura 5-173**.



**Figura 5-172:** Aspecto do córrego Guaxindiba a montante da Rodovia ES-010.



**Figura 5-173:** Pequena barragem no córrego Guaxindiba, feita para facilitar a captação para o SAA de Barra do Sahy.

O SAA de Barra do Sahy possui capacidade para tratar 48L/s, sendo que, no rio Guaxindiba, foram instaladas 2 bombas de recalque, a primeira com capacidade de 27 L/s e a segunda, de 31 L/s, as quais trabalham intermitentemente. Para complementar a demanda de água no verão, foram construídos dois poços profundos, que apresentam vazões de 5,7 e 4,0 L/s.

A bacia do córrego da Minhoca possui 649,02 ha e apresenta apenas um curso d'água, o qual possui cerca de 6,5 km de extensão, inteiramente inseridos nas terras da Aracruz Celulose, sendo sua bacia quase inteiramente ocupada por plantações de eucalipto.

A bacia do Córrego do Engenho possui 407,07 ha e também se estende inteiramente por terras da Aracruz Celulose. O seu único curso d'água teve parte de seu leito obstruído durante a construção da fábrica e se encontra hoje inserido no sistema de canais e lagoas que compõem o complexo sistema de abastecimento de água da Aracruz Celulose. A **Figura 5-174** apresenta lâmina d'água de parte de uma das lagoas que compõem o sistema de abastecimento de água da Aracruz Celulose, a qual se estende sobre o leito do córrego do Engenho.



**Figura 5-174:** Lâmina d'água que se estende sobre o leito do córrego do Engenho a montante da planta industrial da Aracruz Celulose.

Com relação à hidrografia local, é relevante observar que, na década de 70, o governo federal, através do DNOS, construiu uma rede de canais visando à drenagem das várzeas situadas ao sul do rio Doce. Em 1999, o sistema de abastecimento de água da Aracruz Celulose sofreu uma forte redução do volume de água armazenada, obrigando a captação de água do rio e veio a se interligar ao rio Doce através da reconstrução e interligação de canais existentes, os quais apresentam 42 km de extensão. A Aracruz Celulose possui outorga de 10 m<sup>3</sup>/s para captação de água no rio Doce através deste canal (Canal Caboclo Bernardo), cujas águas são utilizadas para o uso nas fazendas por ele cortadas, principalmente para dessedentação de animais, para uso pela Aracruz celulose (2,6 m<sup>3</sup>/s) e para o abastecimento de Vila do Riacho (15,2 L/s). O córrego que atravessa a reserva de Comboios era também interligado ao canal Caboclo Bernardo; entretanto, por solicitação dos índios da citada reserva, a comporta de interligação foi fechada.

A sobra da água aduzida pelo canal é usada como acréscimo às vazões do trecho final do rio Riacho e requerida pela comunidade local para ajudar, como vazão suplementar, no carreamento de sedimentos da foz daquele rio, ajudando a evitar o assoreamento da foz do mesmo.

Através do Decreto nº 8145, o canal Caboclo Bernardo passou a ser considerado de utilidade pública, com titularidade do DER. Este departamento transferiu a titularidade para as Prefeituras de Linhares e Aracruz, sendo que a primeira transferiu sua parte à Prefeitura Municipal de Aracruz.

Como o canal se encontrava muito assoreado, o SAAE de Aracruz, em convênio com a Aracruz Celulose executou obras de dragagem do mesmo, objetivando o retorno de sua capacidade de adução.

A área do empreendimento é abrangida pela bacia 03 e pela bacia do Córrego do Sahy, as quais se encontram discutidas a seguir.

### 5.1.4.2 Bacia 03

#### ◆ Caracterização Geral

Na bacia 03 ocorrem dois pequenos cursos d'água intermitentes, chamados neste trabalho de Talvegue Norte e Talvegue Sul. As **Figura 5-175** e **Figura 5-176** apresentam o leito do Talvegue Norte, respectivamente em novembro de 2008 e junho de 2009, enquanto as **Figura 5-177** e **Figura 5-178** apresentam o leito do Talvegue Sul nos mesmos meses.



**Figura 5-175:** Talvegue Norte em novembro de 2008.



**Figura 5-176:** Talvegue Norte em junho de 2009.



**Figura 5-177:** Talvegue Sul em novembro de 2008.



**Figura 5-178:** Talvegue Sul em junho de 2009.

Ambos os cursos d'água apresentam fluxo apenas no período chuvoso, vindo a secar completamente no período seco. Enquanto o Talvegue Norte foi interceptado pela rodovia ES-010 e por uma estrada vicinal que dá acesso às plantações de eucalipto existentes na área, o Talvegue Sul por ser de menor comprimento, foi interceptado apenas pela estrada vicinal.

Para o sistema de drenagem da ES-010 no Talvegue Norte, foi posicionada tubulação de diâmetro adequado, porém, a soleira da mesma foi assentada em cota superior à da base do talvegue. Isto faz com que na época chuvosa haja a formação de um espelho d'água, o qual, em 23 de junho de 2009, se estendia até um ponto situado a 350 m a montante da ES-010.

A estrada vicinal que dá acesso às plantações de eucalipto não foi dotada de estrutura de drenagem, desta forma, funciona como um barramento tanto para o Talvegue norte quanto para o Talvegue Sul. No caso deste último, o espelho d'água que se forma apresenta, conforme pode ser observado na **Figura 5-178**, pequenas dimensões; todavia, no Talvegue Norte ocorre espelho d'água de dimensões consideráveis, que se estende por cerca de 650 m em direção à ES-010, com um braço de cerca de 500 m no sentido norte. A **Figura 5-179** apresenta o leito da estrada vicinal que atua como um barramento, podendo ser verificada lâmina d'água escoando sobre a mesma. A **Figura 5-180** apresenta o aspecto da água represada.



**Figura 5-179:** Lâmina d'água sobre estrada vicinal, a qual promove o represamento de águas pluviais no Talvegue Norte.



**Figura 5-180:** Aspecto da água represada no Talvegue Norte no interior da área do empreendimento.

Em ambos os talvegues, a água apresenta coloração escurecida, com vegetação arbórea e arbustiva morta em seu interior.

◆ **Regime hidrológico local em termos de disponibilidade hídrica superficial e das vazões máximas e mínimas dos principais cursos d'água;**

Para os dois cursos d'água da Bacia 03, as vazões mínimas anuais são nulas, já que se tratam de cursos intermitentes. No que tange às vazões máximas, entretanto, estas estão ligadas aos eventos pluviométricos e estão aqui calculadas de acordo com o método SCS – CN, através do modelo HEC-HMS. HEC-HMS é um pacote computacional desenvolvido pelo grupo de hidrologia do Corps of Engineers do Exército americano e seus componentes são capazes de simular a resposta hidrológica em uma bacia hidrográfica. Os componentes do HEC-HMS simulam vazões a partir de dados de precipitação durante um período determinado pelo usuário. O modelo tem sido utilizado largamente em muitos países do mundo, principalmente nos EUA e seu uso tem se popularizado no Brasil, dada a boa consistência de resposta e estabilidade para simulação de pequenas e grandes bacias hidrográficas. Seu uso para o cálculo de vazões dos cursos d'água da Bacia 03 foi considerado adequado dadas as possibilidades de se transformar as características hidrológicas da bacia em variáveis de entrada do modelo.

Através do uso do citado modelo, foram calculadas as vazões máximas da Bacia 03 para períodos de retorno de 1, 5, 10, 30, 50 e 100 anos. Para tanto, calculou-se o tempo de concentração da bacia e a intensidade de chuva com a duração igual ao tempo de concentração, com tempos de retorno iguais a 1, 5, 10, 30, 50 e 100 anos. Estes dados, juntamente com as variáveis de entrada que simulam as características hidrológicas da bacia, foram usados como dados de entrada no modelo, resultando nas vazões máximas com os citados períodos de retorno.

O tempo de concentração foi calculado de acordo com a fórmula de Kirpich.

$$T_c = 0,39 * \left( \frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$$

Em que:

Tc - tempo de concentração em horas.

L – comprimento da bacia (Km).

S - declividade equivalente Constante (%).

Para L = 3500 m

S = 0,57%

Tc = 1,3 hora

Foi usado o método SCS-Número da curva para transformar chuva em vazão, para tanto, o número da curva foi estabelecido considerando toda a bacia encoberta por floresta plantada sobre solo do grupo hidrológico B, resultando no número da curva igual a 66.

A intensidade da chuva foi calculada utilizando-se o modelo de Sarmiento:

$$I = \frac{973,47 * T^{0,19}}{(tc + 20)^{0,77}}$$

Em que:

I = Intensidade da chuva (mm/h);

T= Tempo de retorno (anos);

Tc = Duração da chuva (minutos).

A **Tabela 5-52** apresenta a intensidade de chuva com duração de 1,3 horas com períodos de retorno de 1, 5, 10, 30, 50 e 100 anos, calculada conforme Sarmento.

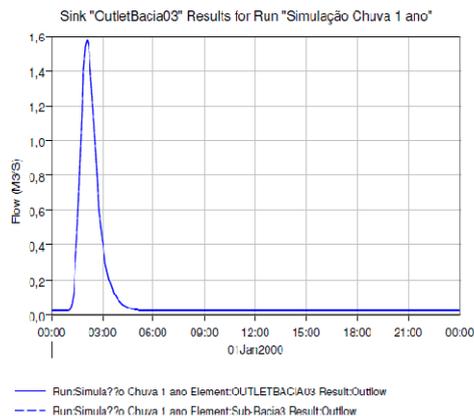
**Tabela 5-52:** Intensidade de chuva com duração de 1,3 horas, conforme Sarmento (1985).

T (anos)	I (mm/h)
1	28,5
5	38,7
10	44,1
30	54,0
50	60,0
100	68,4

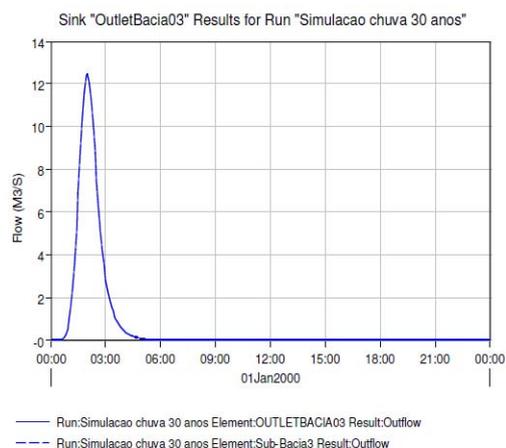
Para a bacia 03, adotou-se 18 L/s como fluxo base durante os meses chuvosos, resultado do produto entre a área da bacia e a  $Q_{7-10}$  da região, segundo Coser (2002).

Lag time é uma das variáveis de entrada do modelo e foi definido como 60% do tempo de concentração, isto é, 47 minutos.

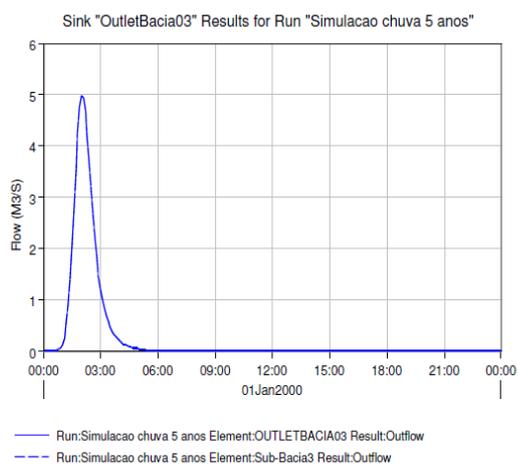
A **Tabela 5-53** apresenta o resultado da simulação das vazões de pico na Bacia 03, e para o talwegues Norte e Sul, enquanto a **Figura 5-181** apresenta a hidrógrafa de cada uma das cheias simuladas. Deve-se observar que as simulações foram feitas para toda a bacia, como se esta fosse composta por apenas um curso d'água, sendo, depois, as vazões de pico divididas para os talwegues Norte e Sul através de correspondência de área, considerando a bacia do talwegue Norte 92% da área da Bacia 03 e a do talwegue Sul, 8% da mesma.



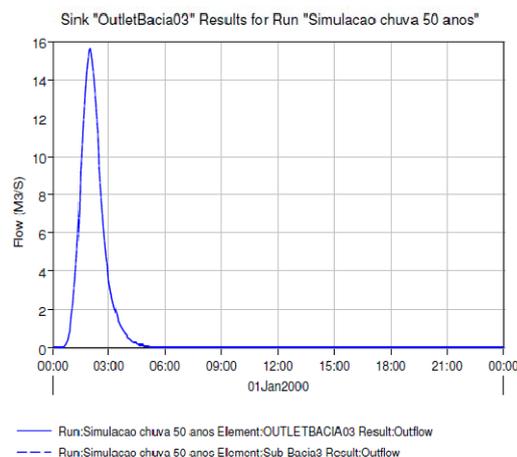
a) Vazão máxima 1 ano de recorrência.



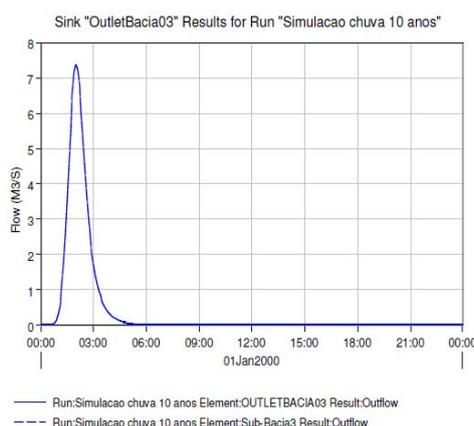
d) Vazão máxima 30 ano de recorrência.



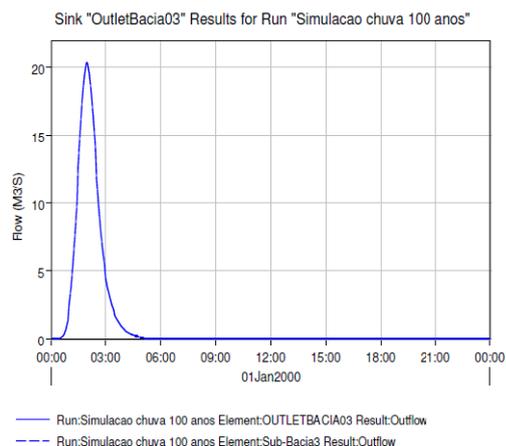
b) Vazão máxima 5 ano de recorrência.



e) Vazão máxima 50 ano de recorrência.



c) Vazão máxima 10 ano de recorrência.



f) Vazão máxima 100 ano de recorrência.

**Figura 5-181:** Hidrograma para cheias na Bacia 03 com diversos períodos de retorno e tempo de duração igual ao tempo de concentração da bacia.

**Tabela 5-53:** Vazões de pico na Bacia 03 e nos Talwegues Norte e Sul, resultados da simulação utilizando o modelo HEC-HMS.

T (anos)	Vazão de pico (m <sup>3</sup> /s)	Talvegue Norte	Talvegue Sul
1	1,6	1,472	0,128
5	5,0	4,6	0,4
10	7,4	6,808	0,592
30	12,5	11,5	1
50	15,6	14,352	1,248
100	20,3	18,676	1,624

◆ **Principais ocorrências em termos de periodicidade e grau de criticidade, ligadas a eventos críticos de enchentes**

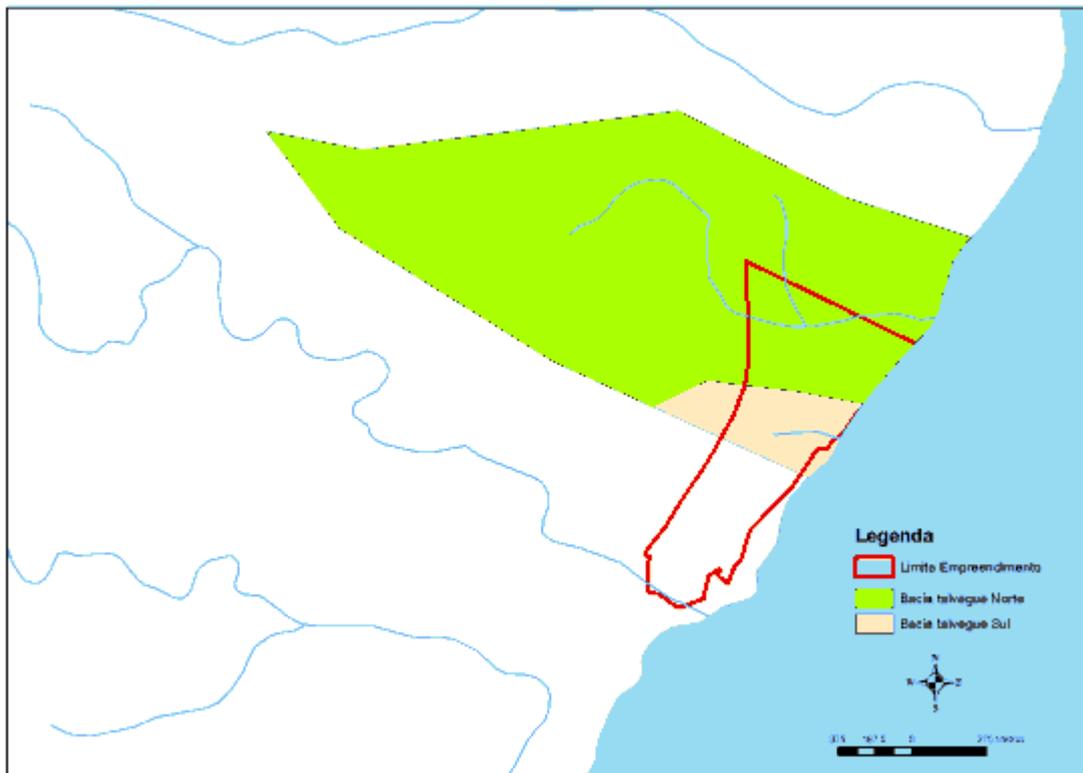
Como se trata de uma bacia pequena, a criticidade das cheias estão intimamente ligadas às chuvas locais e abordadas no item acima.

◆ **Capacidade de retenção das várzeas**

Os talwegues Norte e Sul possuem várzeas de dimensões laterais reduzidas, fazendo com que a capacidade de retenção das mesmas possa ser desconsiderada.

◆ **Padrões de drenagem natural e artificial**

Não ha ocorrência de sistema de drenagem artificial na bacia 03, os seus canais são naturais e compostos pelos Talwegues Norte e Sul. Conforme pode ser observado na **Figura 5-182**, o talvegue Sul é composto por apenas um curso d'água, o qual apresenta comprimento de cerca de 350 metros, enquanto o Talvegue Norte é um curso d'água de segunda ordem, com comprimento de cerca de 2.450 metros.



**Figura 5-182:** Cursos d'água da bacia 03.

Conforma já comentado, Enquanto o Talvegue Norte foi interceptado pela rodovia ES-010 e por uma estrada vicinal que dá acesso às plantações de eucalipto existentes na área, o Talvegue Sul por ser de menor comprimento, foi interceptado apenas pela estrada vicinal.

Para o sistema de drenagem da ES-010 no Talvegue Norte, foi posicionada tubulação de diâmetro adequado, porém, a soleira da mesma foi assentada em cota superior à da base do talvegue. Isto faz com que na época chuvosa haja a formação de um espelho d'água, o qual, em 23 de junho de 2009, se estendia até um ponto situado a 350 m a montante da ES-010.

#### ◆ Susceptibilidade à contaminação

Os cursos d'água da Bacia 03 estão inseridos em áreas encobertas de plantações de eucalipto, com suas margens encobertas por maciços florestais de espécies nativas. O talvegue Norte é interceptado pela rodovia ES-010 e está susceptível à contaminação causada pelo derramamento acidental causado por acidentes com tombamento de cargas perigosas.

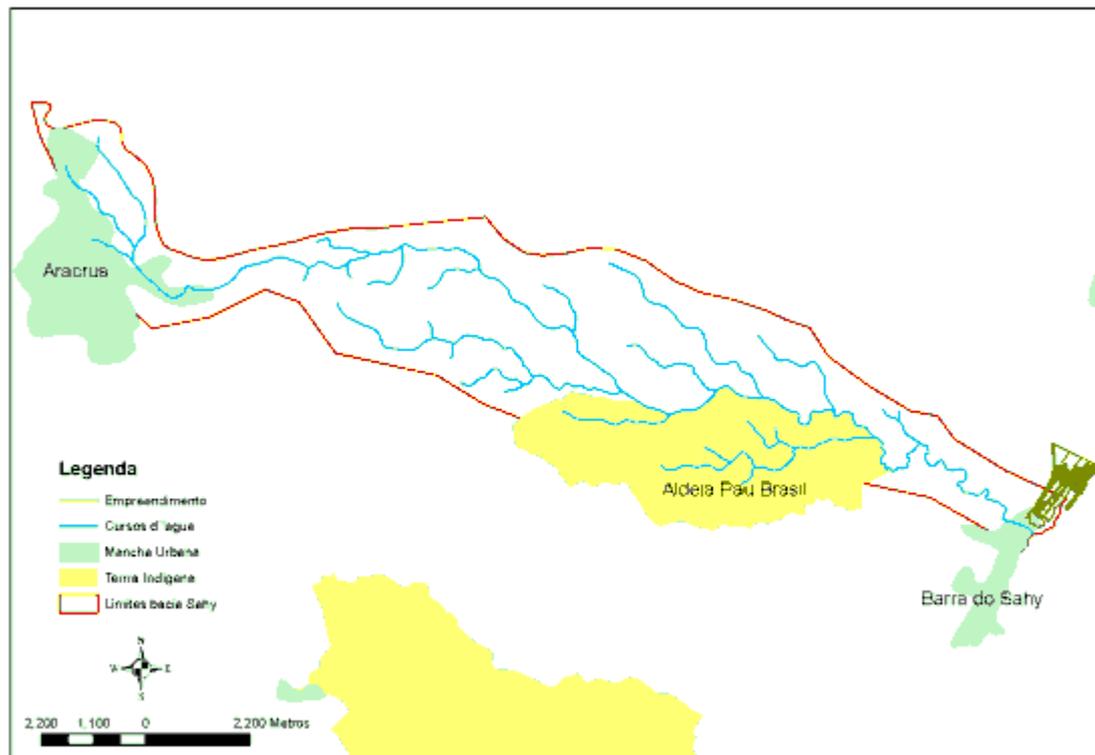
Como, nas plantações de eucalipto, são usados agroquímicos, estes podem aportar ao leito dos dois cursos d'água por águas de escoamento superficial ou derramamento acidental. Entretanto, a possibilidade deste tipo de contaminação ocorrer é reduzida pela proteção conferida pela vegetação ciliar.

#### 5.1.4.3 Bacia do córrego do Sahy

#### ◆ Caracterização Geral

A bacia do córrego do Sahy possui 5.941,96 ha, que se estendem desde o centro urbano de Aracruz, até a sua foz em Barra do Sahy, num percurso de aproximadamente 28.650 metros. Embora o rio do Sahy não atravesse a área do empreendimento, este está inserido na área de influência direta do mesmo porque sua bacia abrange sua parte sul.

A bacia do Sahy apresenta rede de drenagem dendrítica e o rio termina sua trajetória rumo à foz como de quarta ordem, segundo a classificação de Strahler. Conforme pode ser observado na **Figura 5-183**, suas nascentes ocorrem no interior do centro urbano de Aracruz, atravessa as terras indígenas da aldeia Pau Brasil e, em sua porção final, atravessa a ES-010 e o centro urbano de Barra do Sahy.



**Figura 5-183:** Bacia do Córrego do Sahy.

No estuário do córrego do Sahy ocorre um manguezal de expressivas dimensões que vem sendo impactado pela ocupação irregular e aterro. Embora seja mais volumoso que o córrego Guaxindiba, que também tem sua foz no centro urbano de Barra do Sahy, o rio do Sahy não é usado como manancial de abastecimento para a citada localidade devido à grande extensão em que este apresenta intrusão salina.

#### ◆ Regime hidrológico

##### Vazões máximas

O córrego do Sahy não possui dados hidrológicos, desta forma, seu regime hídrico foi estudado através de dados de cursos d'água de seu entorno. A **Tabela 5-54** apresenta informações das estações fluviométricas mais próximas do córrego do Sahy.

**Tabela 5-54:** Informações das estações fluviométricas mais próximas do córrego do Sahy.

Código	Nome	Rio	Responsável	Início operação	Final operação
57040000	SANTA TERESA	RIO TIMBUI	ANA	3/1/1956	12/1/1969
57040002	SANTA TERESA	RIO TIMBUI	DNOS	2/1/1952	10/1/1968
57040003	SANTA TEREZA - JUSANTE	RIO TIMBUI	IEMA-ES		
57040005	VALSUGANA VELHA	RIO TIMBUI	ANA	7/1/1960	10/1/1975
57040008	VALSUGANA VELHA - MONTANTE	RIO TIMBUI	ANA	10/1/1982	
57040010	VALSUGANA VELHA - JUSANTE	RIO TIMBUI	ANA	5/1/1974	10/1/1982

A estação Valsugana Velha Montante foi a escolhida para caracterizar as vazões máximas do córrego do Sahy. Das estações estudadas, é a que possui o maior número de anos em atividade e ainda está em funcionamento.

Como o ano de 2001 apresentou uma elevada frequência de falhas, este foi descartado e não foi considerado na análise. O cálculo das vazões de máximas para períodos de retorno iguais a 10, 30, 50, 100 e 500 anos foram calculados a partir do ajuste das distribuições de Gumbel, Pearson 3 parâmetros, Logpearson 3 parâmetros e Lognormal 3 parâmetros. Para tanto, foi utilizado o modelo Siscáh e as respostas estão apresentadas na **Tabela 5-55**. Em negrito, os valores utilizados para a transposição de dados para a foz do córrego do Sahy, sendo, para tanto, escolhidos os valores intermediários calculados a partir das distribuições estatísticas para cada período de retorno.

A área de drenagem do posto Valsugana Velha Montante é de 8.280 ha, enquanto a área da bacia do córrego do Sahy é de 5.941,96 ha. A altitude da estação fluviométrica é de 850 m, enquanto que a maior parte da bacia do córrego do Sahy tem altitudes inferiores a 50 metros. Embora isto denote diferenças nos aspectos climáticos, ambas foram consideradas por Coser (2002) como de uma mesma região hidrologicamente homogênea para

efeitos de cálculo de  $Q_{7-10}$ . O cálculo das vazões máximas na foz do córrego do Sahy foi feito através da relação de área com as vazões da estação valsugana Velha Montante e estão apresentadas na **Tabela 5-56**.

**Tabela 5-55:** Vazões para diferentes períodos de retorno calculadas a partir do ajuste de diferentes distribuições estatísticas aos dados de vazão da estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante.

Tempo de recorrência	Distribuição			
	Gumbel	Pearson 3	Logpearson 3	Lognormal 2
10	<b>20,272</b>	18,647	29,543	19,125
30	<b>24,413</b>	20,134	27,918	22,254
50	<b>26,303</b>	20,67	32,086	23,637
100	<b>28,852</b>	21,293	38,679	25,472
500	<b>34,744</b>	22,419	59,429	29,632

**Tabela 5-56:** Vazões máximas com diferentes tempos de retorno para a foz do córrego do Sahy, baseado nos valores obtidos na estação fluviométrica Valsugana Velha Montante.

Tempo de recorrência (anos)	Vazão ( $m^3/s$ )
10	14,55
30	17,52
50	18,87
100	20,7
500	24,93

### Vazões mínimas

Para o cálculo de vazões mínimas foi calculada a vazão mínima média de sete dias consecutivos com 10 anos de recorrência ( $Q_{7-10}$ ). Para tanto, foram utilizados os dados da estação fluviométrica Valsugana Velha Montante e o trabalho de regionalização de vazão de Coser (2002).

Para os valores mínimos anuais das médias de vazões de 7 dias consecutivos da estação de Valsugana Velha Montante, foram ajustadas as distribuições de frequência de Weibull, Pearson 3 parâmetros, Logpearson 3 parâmetros e Lognormal 2 e 3 parâmetros e calculada a vazão média mínima de 7 dias com período de retorno de 10 anos ( $Q_{7-10}$ ). Através da relação de áreas, os valores

foram calculados para a foz do córrego do Sahy e os resultados estão apresentados na **Tabela 5-57**.

**Tabela 5-57:** Vazão  $Q_{7-10}$  calculada a partir do ajuste de diferentes distribuições estatísticas aos dados de vazão da estação Fluviométrica Valsugana Velha Montante e transpostos para a foz do Córrego do Sahy através da relação de áreas.

Distribuição	$Q_{7-10}$ (m <sup>3</sup> /s)	
	Valsugana Velha Montante	Córrego do Sahy
Weibull	0,255	0,183
Pearson 3	0,266	0,191
Logpearson 3	0,282	0,202
Lognormal 2	0,299	0,214
Lognormal 3	0,252	0,181

Coser (2002) dividiu o estado em regiões hidrologicamente homogêneas para efeito de cálculo do valor da  $Q_{7-10}$  e a região homogênea III, que abrange as bacias dos rios Reis Magos, Santa Maria da Vitória, Jucu, Benevente e Novo, apresentou as seguinte equações para o cálculo da  $Q_{7-10}$  através dos métodos tradicional e Eletrobrás:

Método Tradicional:

$$Q_{7-10} = 12,4181 \times 10^{-3} \times A^{0,88959}$$

Método Eletrobrás:

$$Q_{7-10} = 10,6074 \times 10^{-3} \times A^{0,91741}$$

Sendo A em km<sup>2</sup>. Para a região homogênea III, as equações acima resultam na seguinte vazão unitária:

Método Tradicional:  $Q_{7-10} = 6,68 \text{ L/km}^2$

Método Eletrobrás:  $Q_{7-10} = 6,64 \text{ L/km}^2$

Para uma bacia de 5,94 km<sup>2</sup>, a Q<sub>7-10</sub> para a foz do córrego do Sahy resultou nos seguintes valores:

Método Tradicional: **Q<sub>7-10</sub> = 39,68 L/s**

Método Eletrobrás: **Q<sub>7-10</sub> = 39,44 L/s**

Para este estudo, recomenda-se utilizar os valores resultantes Coser (2002), por se tratar de valores que levaram em consideração dados hidrológicos de uma série de estações fluviométricas de diferentes áreas de drenagem, e que, também, tem sido utilizado pelo IEMA como norteador nos processos de concessão de outorga para uso dos recursos hídricos no Espírito Santo.

### Vazões médias

Do mesmo modo que para vazões máximas e mínimas, as vazões médias do córrego do Sahy foi calculada a partir de correlação de área com a da estação fluviométrica Valsugana Velha Montante.

A vazão média de longa duração para Valsugana Velha Montante foi de 1,72 m<sup>2</sup>/s, sendo, desta forma, a do córrego do Sahy, calculada como 1,27 m<sup>2</sup>/s.

A **Tabela 5-58** apresenta as vazões médias mensais para a estação Valsugana Velha Montante e as calculadas para o córrego do Sahy através de correlação de área.

**Tabela 5-58:** Vazões médias mensais para a estação Valsugana Velha Montante e para o córrego do Sahy.

Mês	Média mensal	
	Valsugana Velha Montante	Córrego do Sahy
Janeiro	3,11	2,23
Fevereiro	1,99	1,43
Março	2,1	1,51
Abril	1,4	1,0
Maior	1,11	0,80
Junho	1,15	0,82

Mês	Média mensal	
	Valsugana Velha Montante	Córrego do Sahy
Julho	1,1	0,79
Agosto	1	0,72
Setembro	1,02	0,73
Outubro	1,18	0,85
Novembro	2,37	1,70
Dezembro	3,18	2,28

#### ◆ Capacidade de retenção das várzeas

A capacidade de retenção das várzeas da bacia do córrego do Sahy pode ser considerada alta pela existência de amplos vales aluviais em quase todo o percurso dos cursos d'água formadores da mesma e pela existência de um extenso manguezal na foz do rio. A bacia do córrego do Sahy é quase inteiramente inserida em área de tabuleiros costeiros. A geomorfologia desta unidade é caracterizada por interflúvios planos cortados por vales aluviais chatos com dimensões muitas vezes superiores aos cursos d'água que os cortam. Via de regra, o declive entre o topo dos tabuleiros e o vale aluvial é coberto por vegetação arbórea nativa, enquanto o vale aluvial o é por gramíneas e vegetação característica de áreas úmidas ou pantanosas. Isto caracteriza as várzeas da bacia como de alta capacidade de retenção de sedimentos e poluentes advindos das encostas de montante. No que tange à capacidade de retenção de água, esta também é alta devido a depressões que ocorrem no vale aluvial, conjugada com a densa vegetação que o encobre.

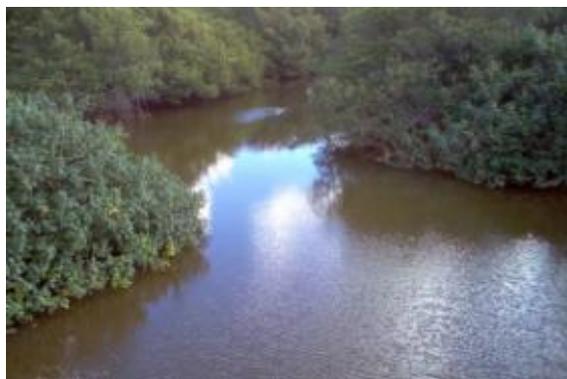
Na parte final do córrego do Sahy, ocorre um manguezal de dimensões significativas. Como é de conhecimento geral, os manguezais se caracterizam pela sua capacidade de retenção de material mineral fino, que, conjugado com matéria orgânica, faz parte do seu substrato daquele ecossistema. A **Figura 5-184** apresenta a forma típica das várzeas da Bacia do córrego do Sahy, enquanto as **Figura 5-185** e **Figura 5-186** apresentam, respectivamente, uma vista aérea do manguezal e o aspecto deste próximo à localidade de Barra do Sahy.



**Figura 5-184:** Forma típica das várzeas da Bacia do córrego do Sahy.



**Figura 5-185:** Vista aérea do manguezal do córrego do Sahy.



**Figura 5-186:** Aspecto do manguezal próximo à localidade de Barra do Sahy.

#### ◆ Padrões de drenagem natural e artificial

O padrão de drenagem da bacia do córrego do Sahy é do tipo dendrítica, sem o sistema de drenagem artificial que caracteriza as várzeas das bacias situadas mais ao norte, principalmente as do vale do Suruaca. É relevante, entretanto,

ressaltar a existência de uma barragem construída no leito de um curso d'água no interior da aldeia Pau Brasil, apresentada na **Figura 5-187**.



**Figura 5-187:** Barramento de um curso d'água da bacia do córrego do Sahy nas terras da aldeia Pau Brasil.

#### ◆ Susceptibilidade à contaminação

O córrego do Sahy possui cerca de 26 km e em sua cabaceiras encontra-se parte do centro urbano de Aracruz, do qual recebe esgoto doméstico que é lançado em suas águas sem tratamento, depleciando a qualidade das mesmas.

Grande parte da bacia é encoberta por plantações de Eucalipto. Como, nas plantações de Eucalipto, são usados agroquímicos, estes podem aportar ao leito dos dois cursos d'água por águas de escoamento superficial ou derramamento accidental. Entretanto, é relevante observar que, nas áreas de Eucalipto, o declive entre o topo dos tabuleiros, onde ocorrem as plantações, e o vale aluvial é encoberto por vegetação arbórea nativa, enquanto o vale aluvial é encoberto, via

de regra, por gramíneas e vegetação característica de áreas úmidas ou pantanosas. Esta vegetação atua como filtro, diminuindo a susceptibilidade dos cursos d'água à contaminação por pesticidas.

OS cursos d'água da bacia são interceptados pela rodovia ES-010 e por estradas vicinais que dão acesso aos eucaliptais e também à aldeia Pau Brasil. Isto faz com que eles estejam susceptíveis à contaminação causada pelo derramamento acidental causado por acidentes com tombamento de cargas perigosas.

Na parte mediana da bacia ocorre a Aldeia Pau Brasil e no final da mesma, o centro urbano de Barra do Sahy. Estas duas localidades se configuram como fontes de contaminação de poluentes urbanos que chegam ao leito dos rios de forma difusa ou pontual.

Deve-se ressaltar, entretanto, que embora parte do empreendimento esteja planejado para se localizar no interior da bacia do córrego do Sahy, este não configura como fonte direta de contaminantes para seus cursos d'água.

#### *5.1.4.4 Qualidade das águas superficiais*

A qualidade da água dos cursos d'água regionais foi analisada através da coleta de amostras de água de quatro pontos, cuja posição está apresentada na **Figura 5-188**.

Na área de influência direta, foram escolhidos três pontos, o primeiro, no espelho d'água formado no talvegue Norte, o segundo, no espelho d'água do talvegue Sul e o terceiro, no córrego do Sahy, imediatamente a montante da ponte da ES-010. Foi adicionado um quarto ponto situado em uma das lagoas que integram o sistema de abastecimento de água da Aracruz Celulose com o objetivo de se checar a qualidade das águas ao norte do empreendimento.



**Figura 5-188:** Pontos de monitoramento da qualidade de águas superficiais.

As amostras foram coletadas e conservadas de acordo com as recomendações para cada parâmetro a ser analisado e levadas a laboratório especializado para análise. O resultado das mesmas estão apresentados na **Tabela 5-59**, enquanto os laudos são apresentados no **ANEXO XXXVII**.

As águas dos pontos 1, 2 e 3 foram comparadas com os limites estabelecidos pela resolução Conama 357 para corpos d'água de água doce de classe 2, as quais são águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e a atividade de pesca.

**Tabela 5-59:** Resultado de análises laboratoriais de amostras de água superficialis do interior e do entorno do empreendimento.

Parâmetro	Ponto de monitoramento			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Cor real (mg Pt/L)	2,44	65,58	39,89	1,14
Cor aparente (mg Pt/L)	4,49	223,8	83,84	6,68
DBO mgO <sub>2</sub> /L	2,00	3,46	1,28	0,91
Fosfato (mg P-PO <sub>4</sub> /L)	<b>0,24*</b>	<b>0,43*</b>	<b>0,49*</b>	<b>0,43*</b>
Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L)	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
Óleos e graxas (mg/L)	3,40	<1,00	1,20	<1,00
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	144,00	205,00	27,00	40.275,00
Sólidos suspensos totais (mg/L)	<1,00	1,00	<1,00	8,00
Sólidos totais (mg/L)	144	256,00	27,00	40.283,00
Coliformes totais (NMP/100 ml)	22	490	240,0	<b>3.500*</b>
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	<1,8	21	2,0	<b>3.500*</b>

**Ponto 1:** Represa Santa Joana

**Ponto 2:** Talvegue Norte

**Ponto 3:** Talvegue Sul

**Ponto 4:** Foz do córrego do Sahy

**\* Valores fora dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357.**

Os três corpos d'água apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pela citada resolução, exceto para fósforo, cuja fonte pode ser a degradação de matéria orgânica ou a fertilização de terras agrícolas e florestais de montante e conseqüente aporte aos corpos hídricos via águas de escoamento superficial. Vale lembrar que os corpos d'água dos talvegues Norte e Sul são intermitentes e que, quando seu leito se encontra seco, ocorre crescimento de massa vegetal herbácea em seu leito, que se degrada nos períodos chuvosos com a formação do espelho d'água. Foi também observado muita massa vegetal arbórea morta no leito de ambos espelhos d'água.

As águas dos Talwegues Norte e Sul apresentavam, no momento da visita de campo, coloração muito escurecida, enquanto a da represa Santa Joana apresenta aspecto límpido e transparente. Esta diferença de coloração foi evidenciada nos mais altos valores de cor real e de cor aparente das águas dos talwegues, embora esta diferença não tenha sido evidenciada em mais altos valores de DBO.

Os baixos números de coliformes indicam a ausência de contribuição para os três corpos d'água.

Os valores dos parâmetros analisados nas águas do córrego do Sahy foram comparadas com os valores estabelecidos como limites para águas salobras de classe 1 pela resolução Conama 357, as quais podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aqüicultura e a atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e
- e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

É relevante observar que os altos valores de sólidos dissolvidos foram decorrentes da entrada de água salina no estuário no momento da amostragem, visto que esta foi realizada em momento de maré alta. Os altos valores de coliformes são decorrentes do aporte de esgoto doméstico de Barra do Sahy, que aportam sem tratamento às águas do córrego do Sahy.

Os elevados valores de fósforo podem ser causados pelo aporte de esgoto doméstico, degradação de matéria orgânica e fontes agrícolas e florestais. Deve-

se observar que o córrego do Sahy tem nascentes situadas no centro urbano de Aracruz, do qual recebe esgoto doméstico sem tratamento, e atravessa áreas intensamente plantadas com Eucalipto e que, no seu terço médio, atravessa a aldeia Pau Brasil. Estes se constituem fontes de poluentes ao citado rio.

#### 5.1.4.5 *Mapeamento das nascentes e vazão das mesmas situadas dentro da área de influência direta do empreendimento.*

Os dois curso d'água do interior da área do empreendimento são intermitentes e suas nascentes se encontram fora da área do empreendimento. Na parte sul da área, na bacia do córrego do Sahy, ocorre uma depressão no terreno (**Figura 5-189**) onde a possibilidade de ocorrência de nascentes é mais significativa. Todavia, em vistoria de campo, a existência de nascentes não foi evidenciada.



**Figura 5-189:** Área no interior do empreendimento onde há possibilidade de ocorrência de nascentes, mas que a existência das mesmas não foi evidenciada durante visitas de campo.

#### 5.1.4.6 Conclusões

Pode-se concluir que o empreendimento está inserido em área de pequenas bacias, cujos cursos d'água drenam diretamente para o oceano Atlântico, e que se posicionam entre as bacias dos rios Piraquê-açu e Riacho.

Na área de influência do empreendimento ocorrem três cursos d'água, sendo que dois deles atravessam a mesma, chamados neste trabalho de Talvegue Norte e Talvegue Sul, e o terceiro, córrego do Sahy, tem sua foz situada ao sul da área, sem atravessá-la.

Quanto à disponibilidade hídrica, nos talwegues Norte e Sul, correm cursos d'água intermitentes, que se secam nos períodos secos. Entretanto, o mal posicionamento dos sistemas de drenagem de uma estrada vicinal e da BR-010 vem ocasionando a formação de espelhos d'água nos dois talwegues. O córrego do Sahy é um curso d'água perene, com baixa disponibilidade hídrica devido à sua reduzida área de drenagem.

Quanto à qualidade de água, os cursos d'água dos talwegues Norte e Sul apresentaram-se sem indícios de contaminação, sendo a coloração escura dos mesmos ocasionada pelo aporte de material orgânico advindo da vegetação que cresce em seus leitos e margens. Os altos teores de coliformes fecais nas amostras colhidas no córrego do Sahy, entretanto, indicam a existência de contaminação fecal, que pode estar ocorrendo no centro urbano de Aracruz, no interior do qual estão posicionadas nascentes do mesmo, na aldeia Pau Brasil ou na localidade de Barra do Sahy, localizadas, respectivamente, no terço médio e na foz do mesmo.

Os recursos hídricos locais não se configuram como restrições à instalação e operação do empreendimento.

#### 5.1.4.7 Recursos hídricos subterrâneos

A água subterrânea pode ocorrer em rochas de todas as idades, em maior ou menor volume, desde as mais antigas até as mais recentes. Estas últimas, classificadas no Terciário e Quaternário, de modo geral, são aquíferos melhores que as primeiras, fruto da redução da porosidade e permeabilidade por que passaram as rochas mais antigas, uma vez que já foram comprimidas e cimentadas.

A água subterrânea se acumula e circula nos espaços intersticiais das rochas, constituindo assim as reservas de águas do subsolo. A principal origem para a formação desses mananciais é a precipitação pluviométrica, através da infiltração direta ou diferencial, fazendo com que, na moderna abordagem do gerenciamento integrado dos recursos hídricos, a hidrogeologia não mais se preocupe somente com as águas subterrâneas, mas também a relaciona com o ciclo hidrológico.

A água subterrânea, de modo geral, pode se encontrar em aquíferos classificados como confinados, semi-confinados ou aquíferos livres.

Os aquíferos confinados, em cujas rochas as águas se apresentam em condições artesianas, podem ser representados por rochas do embasamento cristalino ou por rochas sedimentares.

No caso do embasamento cristalino, o sistema de aquífero caracteriza-se pela concentração e circulação de água através de fissuras, juntas, diáclases e fraturas existentes nas rochas. É o conjunto desses interespaços que determina a capacidade de armazenar e produzir água subterrânea. Por outro lado, o volume de vazios de fissuração depende do tipo, densidade, extensão e profundidade das fraturas, que estão diretamente relacionados ao tipo e intensidade do tectonismo que atuou na região onde se encontram estas rochas.

A recarga desses aquíferos se processa principalmente pela infiltração da água retida no manto de alteração (solos permeáveis e várzeas saturadas) e nas

coberturas do terciário e quaternário, ou através dos cursos de água nos pontos de coincidências com as linhas de fratura. A contribuição a partir da infiltração direta das precipitações pluviométricas é muito reduzida.

Com relação aos aquíferos confinados em rochas sedimentares, estes se constituem, de modo geral, em melhores sistemas de aquíferos, principalmente em função da reduzida cimentação e compactação a que foram submetidas, permitindo a rocha uma maior porosidade e permeabilidade. Para se enquadrar como aquífero confinado, estas rochas sedimentares devem apresentar camadas de base e topo impermeáveis, confinando a água no interior do aquífero.

Considerados em conjunto, os arenitos, dentre as diversas rochas sedimentares, são os melhores aquíferos, desde que se apresentem pouco cimentados. Além de sua extensa distribuição, geralmente apresentam boas características de armazenamento e transmissibilidade.

Os aquíferos confinados, explorados por meio de poços tubulares profundos, apresentam vantagens em relação às captações superficiais, pois, em geral, são menos passíveis de contaminação, necessitando, na maioria dos casos, de simples desinfecção para atender às exigências de portabilidade.

Além disso, os poços profundos geram vazão superior, capaz de atender áreas urbanas, atividades industriais ou grandes projetos na área rural. A capacidade de produção destes poços é função basicamente da geologia local e das áreas de recarga.

O aquífero livre geralmente situa-se mais próximo à superfície, encontrando-se as águas nos poros deste aquífero sob pressão atmosférica, como se estivesse ao ar livre. Nessas condições, o aquífero é comumente chamado de lençol freático ou aquífero livre, não apresentando condições artesianas de confinamento. Este aquífero livre é abastecido principalmente pelas águas pluviais.

Com relação à contaminação, as águas freáticas são muito mais susceptíveis de serem contaminadas ou poluídas, devido à proximidade dessas águas com a superfície, onde o uso do solo superficial poderá alterar a qualidade dessas águas. Cisternas ou cacimbas próximas à criação de animais ou a lixo mal disposto no solo podem apresentar sinais de contaminação, enquanto perfurações localizadas junto a culturas agrícolas que empreguem defensivos podem apresentar traços dos elementos utilizados. Da mesma forma, a proximidade entre os poços rasos e as fossas negras, representa risco de contaminação das águas freáticas por coliformes fecais.

Diante do exposto, o diagnóstico da hidrogeologia da região em estudo, além da abordagem dos principais sistemas de aquíferos existentes, procurou focar no lençol freático da área em função de ser este o aquífero com potencial de se contaminar ao longo da implantação, e, sobretudo, da operação do empreendimento, além da inexistência de poços tubulares profundos na área de estudo e ainda da previsão de não se utilizar águas subterrâneas como fonte de abastecimento do futuro empreendimento.

#### 5.1.4.7.1 Principais sistemas de aquíferos na área de estudo

A Área de Influência Direta (AID) do Estaleiro Barra do Riacho, que compreende uma estreita faixa costeira no município de Aracruz, localizada entre a linha de costa e a rodovia estadual ES-010, apresenta dois diferentes tipos de aquíferos, conforme os tipos de litologias presentes em cada trecho da AID.

Descrevem-se a seguir estes aquíferos, lembrando que os critérios adotados na separação destes sistemas de aquíferos basearam-se na coluna geológica regional, e, quanto ao seu suposto potencial explorável, tiveram como base a profundidade dos aquíferos, a permeabilidade e fraturamento das formações e a facilidade de recarga.

Para cada sistema de aquífero observado faz-se ainda uma avaliação do potencial hidrogeológico do mesmo, a partir de referências bibliográficas locais e regionais que se refiram aos tipos de aquíferos encontrados na AID.

#### 5.1.4.7.1.1 Aquífero Grupo Barreiras

Os sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras ocupam a maior parte da área prevista para implantação do Estaleiro Barra do Riacho, distribuindo-se em toda a porção oeste da Área de Influência Direta. Esta unidade corresponde a um pacote sedimentar composto principalmente por uma seqüência de arenitos e argilitos.

Este aquífero consiste num pacote de rochas formado por intercalações de níveis areno-argilosos a arenosos com níveis argilosos a argilo-siltosos. Esta característica textural determina um aquífero no qual o fluxo de água subterrânea pode se encontrar parcialmente confinado dentro de determinados compartimentos sedimentares mais porosos, sendo efetivamente selado por uma camada adjacente menos permeável. Esta quebra na transmissividade ocasiona a existência de aquíferos semi-confinados contidos no interior de um aquífero livre regional.

Este sistema de aquífero permite tanto a presença de aquíferos livres como confinados, dependendo da profundidade e do local a ser perfurado, muito embora a grande maioria dos poços perfurados o qualifica como um aquífero aberto, uma vez que não apresenta regionalmente, nas profundidades exploradas, camadas impermeáveis que o limite e lhe dê condições artesianas. No entanto, as rochas formadoras deste aquífero se caracterizam pela grande heterogeneidade dos sedimentos, ora mais arenosos, ora mais argilosos, fazendo com que ocorra uma variação muito grande do potencial aquífero de cada região considerada.

Em diversas áreas de ocorrência dos sedimentos do Grupo Barreiras observa-se a captação de águas neste aquífero através de poços tubulares profundos, cuja utilização se destina tanto para o uso doméstico em unidades industriais como para uso exclusivamente doméstico em unidades condominiais ou rurais.

Como exemplo de empresas que se utilizam das águas subterrâneas do aquífero Barreiras podem ser relacionadas a Samarco Mineração na porção sul do estado em Anchieta, a Vale na região do Complexo Industrial de Tubarão e a Petrobras em diversas atividades produtivas nos municípios de São Mateus, Jaguaré e Linhares.

Na Samarco são utilizadas águas subterrâneas de 5 poços tubulares profundos para uso nas instalações administrativas e abastecimento de navios no porto da empresa. Estes poços foram perfurados entre 1990 e 2003 e possuem profundidades que variam entre 98,0 m e 111,0 m. As vazões operacionais variam entre 15,9 e 36,4 m<sup>3</sup>/h, considerando-se os poços com menor e maior vazão, respectivamente. Os dados e informações presentes neste item possuem como fonte os levantamentos realizados pela Golder Associates, em 2003, como parte do trabalho “Elaboração de Estudos Hidrogeológicos para a Região de Ubu-ES” para a Samarco Mineração, encontrando-se os mesmos no IEMA.

No caso da Vale em Ponta de Tubarão, no norte da cidade de Vitória, a empresa já realizou estudos hidrogeológicos e perfurações de poços tubulares profundos em busca dos aquíferos do Grupo Barreiras visando o fornecimento de água potável e/ou industrial para as instalações de seu Complexo Industrial. Foram perfurados sete poços nesta região que apontaram o topo do embasamento variando entre 112 e 192 metros de profundidade.

As rochas perfuradas indicaram que o Grupo Barreiras na região de Tubarão é composto litologicamente por uma alternância de corpos lenticulares de argilitos plásticos com arenitos mais ou menos argilosos, de granulação média a grosseira, apresentando níveis conglomeráticos. Ao longo de todo o perfil perfurado é bastante comum a ocorrência de concreções limoníticas, com a

espessura dos corpos arenosos variando de alguns poucos metros a mais de 20 metros em alguns poços.

As porosidades aferidas a partir de perfis sônicos indicam valores em torno de 25% de porosidade efetiva para esses arenitos. As resistividades dos arenitos são altas, caracterizando as águas contidas nos pacotes arenosos como águas pouco carregadas em sais, a exceção de apenas um poço que indicou a presença de pacotes de arenitos com baixos valores de resistividade (15 a 20 ohm/m) que podem caracterizar a presença de água com teores de sais dissolvidos da ordem de 2000 a 3000 ppm.

No entanto, durante a exploração do aquífero surgiram problemas de interferências entre poços, o que contribuiu para a redução dos volumes bombeados. Adicionalmente, alguns poços apresentaram problemas operacionais e não se encontram mais operando, reduzindo-se ainda mais os volumes explorados. Estes dados encontram-se disponíveis no EIA/RIMA para implantação da Usina 8 de Pelotização, protocolizado no IEMA.

No caso da Petrobras, a empresa possui cerca de 100 poços tubulares profundos na região norte do estado do Espírito Santo. Estes poços se encontram produzindo água do aquífero Barreiras visando o fornecimento de água para as sondas de perfuração, para geração de vapor ou para injeção direta nos reservatórios visando otimizar a recuperação de hidrocarbonetos.

Cabe observar que na região norte do estado tem-se sotoposta ao Grupo Barreiras a Formação Rio Doce, sendo esta unidade também contribuinte para a produção de água nos poços mais profundos. Observa-se que na AID do estaleiro não existe referência da presença da Formação Rio Doce sob o Grupo Barreiras. Outra característica destes poços tubulares profundos na região norte do estado é a utilização de técnicas geofísicas (elétricas e eletromagnéticas) para identificação da presença de camadas geoeletricas em subsuperfície, que orientam a locação de poços em zonas mais promissoras e permitem a otimização do sucesso exploratório de águas subterrâneas.

Muitos destes poços se encontram a uma profundidade superior a 170 metros e em volumes que credenciam a qualificação desse pacote sedimentar como um bom aquífero na profundidade considerada, atingindo vazões superiores a 80m<sup>3</sup>/h. Estes dados também se encontram disponíveis no IEMA em diversos estudos elaborados pela Petrobras para atendimento a diversas condicionantes referentes a produção de águas subterrâneas pela empresa.

Embora localizados fora da Área de Influência Direta do Estaleiro Barra do Riacho, os dados de vazão de água subterrânea obtidos nestes poços tubulares profundos contribuem diretamente para a caracterização do aquífero profundo do Grupo Barreiras na AID, uma vez que podem apresentar similaridade hidrogeológica representativa para tal.

Na Área de Influência Direta do Estaleiro Barra do Riacho não existem poços tubulares profundos perfurados, no entanto, no interior da indústria Evonik Degussa Brasil Ltda, localizada próxima ao empreendimento, existe um poço tubular profundo perfurado na década de 90 cuja profundidade atingiu cerca de 150 metros. A vazão deste poço é de 9,9 m<sup>3</sup>/h, conforme consta no EIA/RIMA para ampliação do Porto de Portocel.

Conforme pode ser observado pelas informações anteriores os aquíferos profundos do Grupo Barreiras, são de modo geral bastante variáveis em relação ao potencial e a produtividade de seus poços, sobretudo em decorrência da grande variação de seus sedimentos, que ora se apresentam mais argilosos, ora mais arenosos, promovendo diferentes porosidade e permeabilidade das rochas portadoras de água.

No sistema de aquífero do Grupo Barreiras predomina a presença de aquíferos livres, sendo raros os aquíferos classificados como confinados, uma vez que não apresenta regionalmente, nas profundidades exploradas, camadas impermeáveis que o limite e lhe dê condições artesianas. Apenas localmente, nas profundidades exploradas até 150m, têm-se camadas de argilitos que podem dar a ele condições de aquífero confinado. A partir desta profundidade é comum a presença de aquíferos confinados.

Segundo avaliação do Mapa Hidrogeológico do Brasil (DNPM, 1983) as rochas do Grupo Barreiras, embora apresentem origem sedimentar, não se classificam com grandes potencialidades no que se refere a recursos hídricos subterrâneos, principalmente em função da heterogeneidade de seus sedimentos, comportando-se, na maior parte das vezes, como um aquífero livre ou semi-confinado. Sua capacidade de produção é bastante variável em decorrência das circunstâncias dimensionais e geográficas, sendo médio o seu potencial hídrico subterrâneo, podendo localmente ser classificado como muito bom.

Ainda segundo esta fonte, o sistema de aquífero Barreiras é constituído de sedimentos clásticos não consolidados e permeabilidade geralmente média a baixa, pertencente a Província Hidrogeológica Costeira, possuindo uma importância hidrogeológica relativa média, com qualidade química de suas águas geralmente boa e com possibilidades de exploração através de poços rasos. Segundo esta mesma fonte é classificado como de produtividade média a fraca, permitindo vazões entre 3 e 25 m<sup>3</sup>/h. Somente localmente o seu potencial hídrico subterrâneo pode ser classificado como muito bom.

Por fim, cabe registrar que antes da realização de perfurações em busca de grandes volumes de águas subterrâneas neste aquífero, recomenda-se a utilização de levantamentos geofísicos, a base de métodos eletromagnéticos e elétricos, cuja aplicação vem apresentando resultados que indicam com precisão o potencial do aquífero local, bem como o nível de qualidade das águas (doces ou salgadas).

#### 5.1.4.7.1.2 Lençol freático

Tanto a região de ocorrência dos sedimentos terciários do Grupo Barreiras como a dos sedimentos quaternários representados pelos depósitos marinhos litorâneos apresentam um aquífero raso denominado lençol freático.

O aquífero raso na região do Grupo Barreiras é abastecido principalmente pelas águas pluviais. Esta água acumulada na forma de lençol, próxima a superfície, recebe a denominação de lençol freático. A superfície deste lençol não é estacionária, movendo-se periodicamente para cima e para baixo, elevando-se quando a zona de saturação recebe mais água de infiltração vertical e desce nos períodos de estiagem, quando a água armazenada previamente flui para os canais de drenagem e outros pontos de descarga de água subterrânea.

De modo geral, este sistema de aquífero é utilizado principalmente para abastecimento de pequenas residências rurais e dessedentação de animais, através da abertura de valas próximas a pequenos cursos de água, nas quais a água aflora, formando “piscinas”. Em algumas propriedades podem ser utilizadas bombas para captação desta água, sendo a mesma utilizada para diversos fins.

Mais comum é a captação da água do freático através de cacimbas ou poços freáticos com profundidades variáveis, também através de pequenas bombas de água. Estas formas de captação de água do lençol freático se caracterizam por serem bastante rudimentares, sujeitando estas águas a vários tipos de contaminação, principalmente quando próximas a fossas negras sanitárias.

O aquífero raso na região dos depósitos quaternários representa, de modo geral, um bom aquífero, considerando-se o aspecto de facilidade de reposição de volume. Quanto ao volume armazenado, o mesmo depende diretamente da espessura do pacote sedimentar e de período chuvoso. No caso específico da Área de Influência Direta do Estaleiro Barra do Riacho o lençol freático localizado sob os depósitos quaternários recebe forte influência hidrodinâmica das águas do mar, que se localizam a poucos metros de distância da área de ocorrência deste aquífero. Nesta formação superficial percebe-se a presença de um aquífero muito próximo à superfície do terreno.

No período chuvoso, quando se acumula uma grande quantidade de água na superfície do solo, percebe-se pouco escoamento superficial, sugerindo uma elevada taxa de acumulação e criação de uma espessa zona saturada.

Quanto ao potencial hidrogeológico, de modo geral, os aquíferos freáticos, apesar de muitas vezes possuírem volumes significativos, não permitem uma captação condizente com as necessidades de abastecimento de grandes populações ou mesmo o abastecimento industrial de médio a grande porte, a exceção de aquíferos muito especiais, localizados em áreas aluvionares de grandes rios que se mostram capazes de abastecer cidades com mais de 200.000 habitantes.

Os itens seguintes deste diagnóstico da hidrogeologia da Área de Influência Direta do Estaleiro Barra do Riacho apresentam os serviços realizados no lençol freático da região, incluindo-se a abertura de poços e a coleta de água.

#### 5.1.4.7.2 O lençol freático na área de implantação do empreendimento

Além do aquífero profundo representado pelo Grupo Barreiras, a região possui também um lençol freático raso, que se distribui junto à superfície do terreno na região dos depósitos quaternários, próximo ao mar, e um pouco mais profundo na região do Grupo Barreiras.

Não existem poços de monitoramento instalados na área prevista para implantação do empreendimento Estaleiro Barra do Riacho. Os poços de monitoramento mais próximos que se tem conhecimento encontram-se nas instalações de Portocel e da Estação de Tratamento de Efluentes da Aracruz Celulose, ambos localizados a norte da área de estudo. Tais poços compõem as redes de poços de monitoramento destas duas empresas e se destinam a realizar o controle da qualidade das águas subterrâneas do lençol freático na área de influência das atividades das empresas.

As redes de poços de monitoramento destas duas empresas foram instaladas com o objetivo específico de monitoramento ambiental, ressaltando-se que estes piezômetros não visam à produção de água subterrânea, mas somente o controle da qualidade da mesma.

Considerando-se a inexistência de dados referentes à profundidade do lençol freático na área de implantação do empreendimento, bem como da qualidade das águas subterrâneas na área de interesse, o presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA) realizou perfurações na área que permitiram a obtenção da profundidade do aquífero freático em diversos pontos, bem como a coleta de amostras de águas subterrâneas para envio ao laboratório.

Para determinação precisa das profundidades em que o lençol freático se encontra nos dois distintos setores da área de implantação do empreendimento (Tabuleiros Costeiros e Planície Costeira), além da obtenção de outras características deste aquífero raso, foram desenvolvidos diversos serviços na área de estudo, a exemplo de sondagens com trado manual, coleta de sedimentos para descrição de perfis litológicos, medição das profundidades dos níveis freáticos, nivelamento altimétrico, execução de ensaios de permeabilidade, elaboração da carta hídrica de fluxo subterrâneo, coleta de águas subterrâneas e análises laboratoriais.

Descreve-se a seguir, em diversos subitens, o detalhamento dos serviços realizados na área de implantação do empreendimento visando a melhor caracterização hidrogeológica da mesma.

#### 5.1.4.7.2.1 Sondagens com trado manual

De forma a se obter as profundidades dos níveis de água do lençol freático para permitir a elaboração de uma Carta Hídrica (Mapa Potenciométrico), caracterizar o perfil geológico para elaborar a carta de sensibilidade do aquífero e possibilitar a coleta de amostras de água foram realizados cinco perfurações na área de implantação do empreendimento utilizando-se trado manual.

A escolha do equipamento a ser utilizado decorreu das profundidades esperadas para que fosse encontrado o lençol freático, bem como dos tipos de sedimentos a serem perfurados e das limitações dos métodos de perfuração, e assim, tanto

para os locais com maior altimetria, como nos locais mais baixos da área, os furos foram abertos com a utilização de trado manual.

Visando a elaboração da Carta Hídrica (Mapa Potenciométrico), após inspeção de campo foram projetados sobre base cartográfica 05 furos de sondagem numerados de ST 01 a ST 05 contemplando as áreas situadas nas áreas dos Tabuleiros Costeiros e da Planície Costeira.

Em seguida foram realizados o geoposicionamento e o estaqueamento em campo dos pontos a serem perfurados (**Figura 5-190**) e iniciados os serviços de sondagem no mês de maio de 2009.



**Figura 5-190:** Atividades iniciais de estaqueamento e geoposicionamento dos pontos de sondagens em campo.

A **Tabela 5-60** indica as coordenadas UTM de cada perfuração realizada na área, enquanto a **Figura 5-191** ilustra a localização dos furos na área prevista para implantação do empreendimento.

**Tabela 5-60:** Posicionamento e método de perfuração dos furos na AID.

ESTALEIRO BARRA DO RIACHO			
Furos de Sondagem - Posicionamento e Método de Perfuração			
Furo	Posicionamento (UTM)		Método de Perfuração
	N (m)	E (m)	
ST 01	7.802.954	387.287	Trado Manual
ST 02	7.802.873	387.417	Trado Manual
ST 03	7.802.834	387.448	Trado Manual
ST 04	7.803.628	387.880	Trado Manual
ST 05	7.803.611	388.001	Trado Manual



**Figura 5-191:** Localização dos furos na área do empreendimento.

Ao todo foram realizados 5 furos de sondagem a trado manual, com diâmetro de 6 polegadas e profundidades variáveis, conforme **Tabela 5-61**. A **Figura 5-192** ilustra as atividades de perfuração a trado na área de estudo.

**Tabela 5-61:** Profundidades dos furos abertos com trado manual.

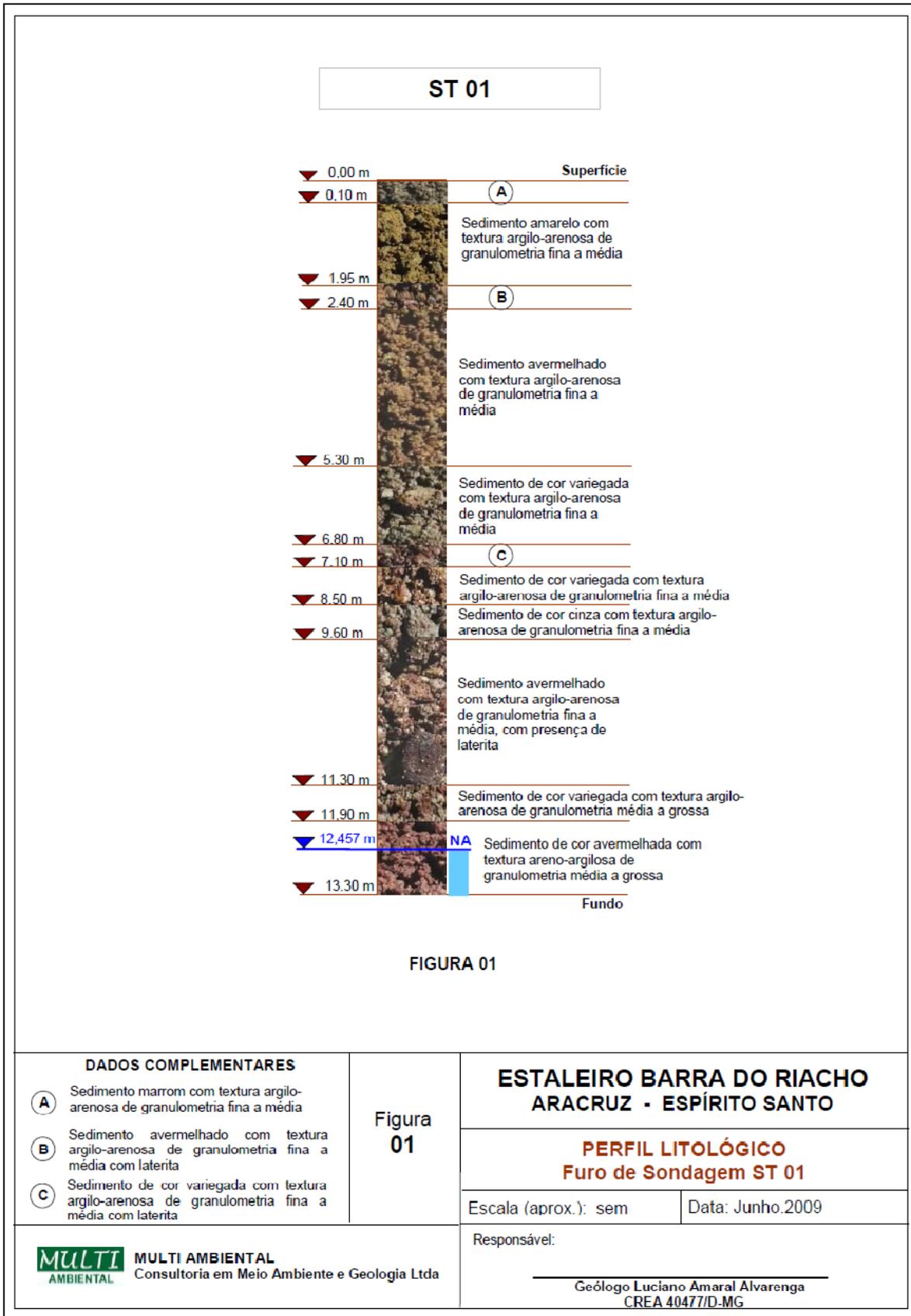
Furo	Profundidade (metros)
ST 01	13,30
ST 02	5,00
ST 03	2,50
ST 04	2,30
ST 05	2,50



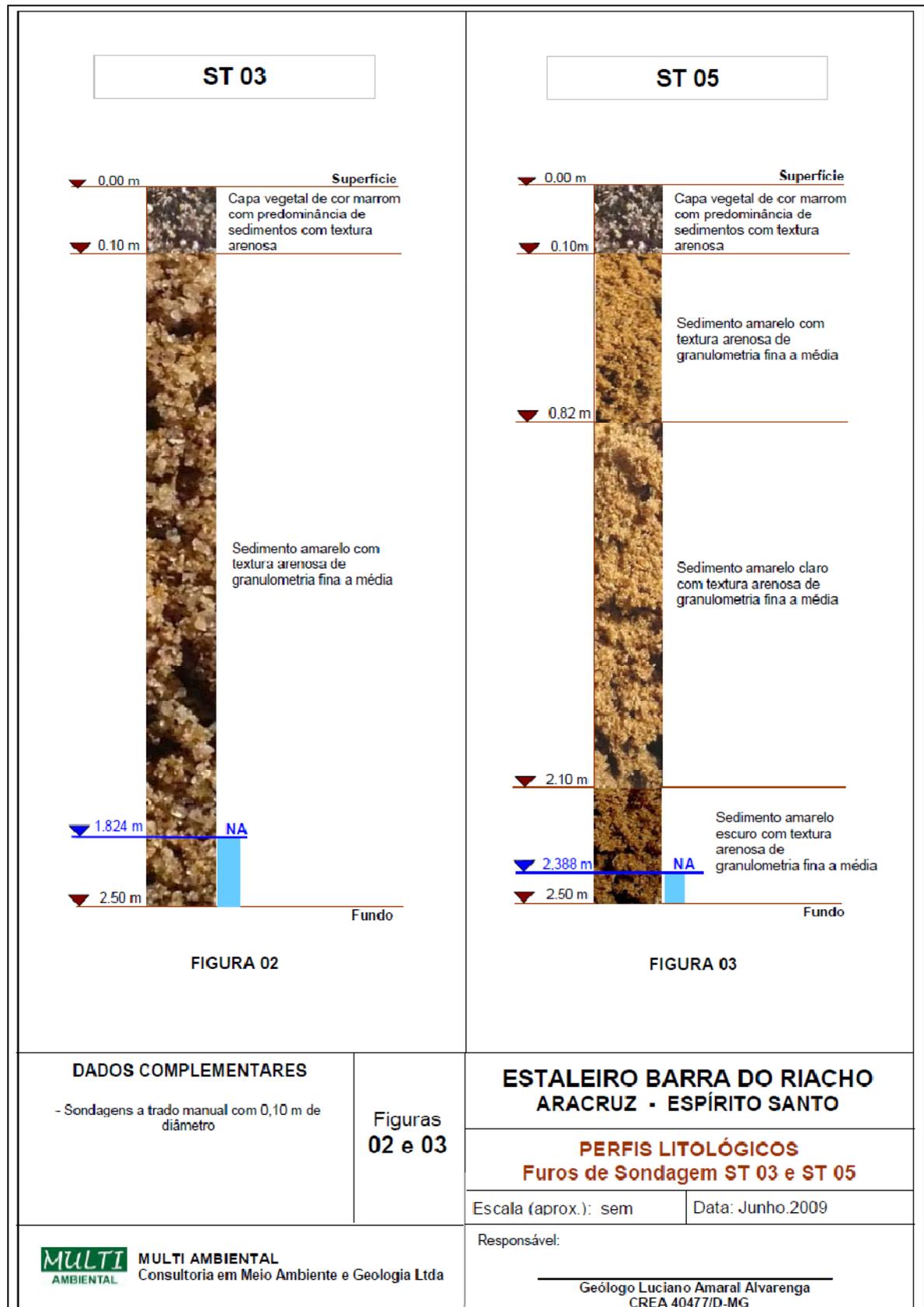
**Figura 5-192:** Imagens mostrando as operações de perfuração com trado manual.

#### 5.1.4.7.2 Perfis litológicos

Durante as perfurações o material perfurado foi descrito visando à consolidação do perfil geológico. Foram ainda coletadas amostras de sedimentos nas mudanças de textura e coloração ou a cada metro perfurado para a descrição dos perfis litológicos dos furos realizados na área. Os perfis litológicos dos furos ST 01, ST 03 e ST 05 são apresentados na **Figura 5-193** e **Figura 5-194**.



**Figura 5-193:** Perfil litológico do furo de sondagem ST-01.



**Figura 5-194:** Perfis litológicos dos furos de sondagem ST-03 e ST-03.

#### 5.1.4.7.2.3 Ensaios de permeabilidade

Na descrição e predição do comportamento de um fluido em um meio, como o solo, é necessário o estabelecimento de parâmetros de permeabilidade que caracterizem a sua capacidade de transmissão.

A permeabilidade é a capacidade de transmissão de um fluido em um determinado meio, existindo uma série de variáveis envolvidas na dimensão da permeabilidade em um trecho do meio considerado, a saber:

- Tamanho das partículas.
- Volume de vazios, decrescente com a profundidade, salvo em janelas de porosidade secundária.
- Geometria de canais, responsável pela diferença de permeabilidade entre caminhamentos horizontais e verticais de um fluxo.

Considera-se que uma maior compactação dos sedimentos resulta em diminuição da permeabilidade pela diminuição do volume de vazios e alteração (destruição) da estrutura de canais, a qual pode ser tanto obtida com o aumento da profundidade da camada considerada, quanto pela interferência antrópica, na forma de movimentação de terra, passagem de veículos ou construção de aterros compactados.

Os ensaios de permeabilidade em solos são realizados em geologia de engenharia com a finalidade de determinar os coeficientes de permeabilidade de solo. Quando objeto de estudos para implantação ou consolidação de obras civis, é também considerado um dos parâmetros físicos mais importantes em relação à velocidade de percolação de uma pluma de contaminantes líquidos em meio granular.

Freqüentemente os ensaios de permeabilidade são executados em furos de sondagem a trado ou percussivos e são conhecidos, de forma genérica, como ensaios de infiltração ou de rebaixamento. A **Tabela 5-62** apresenta as

estimativas das velocidades médias de percolação dos fluidos em relação ao tipo de granulometria do sedimento.

**Tabela 5-62:** Estimativa das velocidades de percolação em relação à granulometria do sedimento.

K (cm/s)	$10^2$	1	$10^{-2}$	$10^{-4}$	$10^{-6}$	$10^{-8}$
Material	CASCALHOS		AREIAS	AREIAS FINAS SILTOSAS E ARGILOSAS, SILTES ARGILOSOS		ARGILAS

**Fonte:** Ensaios de Permeabilidade em Solos – ABGE, Boletim nº 04/1996.

Para a área de implantação do Estaleiro Barra do Riacho foram realizados dois testes de permeabilidade que indicaram os valores da condutividade hidráulica (coeficiente de permeabilidade), para os furos ST 01 e ST 02. Para o furo ST 01 foi realizado Ensaio de Rebaixamento (acima do NA), enquanto no ST 02 foi realizado Ensaio de Recuperação (abaixo do NA), sendo ambos executados de acordo com as orientações da ABGE – Boletim Nº. 04/1996 – Ensaios de Permeabilidade em Solos.

No furo de sondagem ST-01 o teste de permeabilidade foi realizado em ponto localizado 2 m a nordeste do furo ST 01 e com profundidade de 3 m, caracterizando o novo furo como ST 01A. A alteração do local ocorreu em função da elevada profundidade do ST 01, o que tornaria necessário que o furo fosse revestido, além da necessidade de se obter volumes consideráveis de água para a saturação. No furo ST 02, o teste de permeabilidade foi realizado no próprio furo, com profundidade de 5 m.

Quando do início da execução do teste de permeabilidade, cada furo foi parcialmente revestido com tubo PVC de 4” (quatro polegadas de diâmetro interno) e comprimento suficiente para o ensaio da porção situada entre o final do tubo e o fundo do furo, tendo-se feita a prévia saturação do solo pelo período de 10 minutos (Ensaio de Rebaixamento), preenchendo-o com água até a boca e tomando-se um instante como tempo zero, e a intervalos curtos no início e mais

longos em seguida (1', 2', 3', 4', 5', 10', etc.), acompanhou-se o rebaixamento do nível de água no furo, em escala centimétrica, usando-se medidor de nível elétrico-sonoro com graduação de 1 mm.

Para o furo de sondagem ST 02 foi realizado Ensaio de Recuperação após o bombeamento de um volume significativo de água no furo e acompanhamento do tempo de recuperação parcial desse volume no próprio poço.

Para o ensaio de recuperação abaixo do NA o furo de sondagem localizado na porção mais baixa da área objeto, foi aprofundado com trado até 1,5 m abaixo do nível freático e revestidos com tubos de PVC de 0,10 m de diâmetro, com ranhuras de 1,0 a 1,5 mm no entorno do tubo, posicionados até 0,50 metros acima do fundo do furo.

Após a medição do NA do furo foram retirados 4 litros de água utilizando-se um feixe com 4 tubos de bailers e imediatamente feita a medição dos tempos de recuperação dos níveis de água, até se atingir aproximadamente 95 % do nível original.

O cálculo dos Coeficientes de Permeabilidade (K) nos furos ST 01A e ST 02 foi feito segundo a fórmula de GILG, B & GAVARD, M (1957) e encontra-se na **Tabela 5-63**. Os resultados indicaram valores de  $3,1 \text{ cm/s} \times 10^{-5}$  e  $1,6 \text{ cm/s} \times 10^{-4}$  para os furos ST 01A e ST 02, respectivamente, o que caracteriza os sedimentos ensaiados como de média permeabilidade.

**Tabela 5-63:** Resultados de permeabilidade para os furos ST 01A e ST 02.

ESTALEIRO BARRA DO RIACHO													
Ensaio de Permeabilidade													
Furo de	Tipo de	Variáveis										K	
Sondagem	Ensaio	D (cm)	d (cm)	L (cm)	L/2 (cm)	ho (cm)	r (cm)	h1/h2	S	Δh (cm)	Δt (seg)	(cm/s)	Obs:
ST 01A	Rebaixamento	11	10	250	125	225				102	3600	$3,1 \times 10^{-5}$	Acima do NA
ST 02	Recuperação	11	10	50			5,5	1,025	9		1680	$1,6 \times 10^{-4}$	Abaixo do NA

- O furo de sondagem ST 01A, com 3 m de profundidade, foi posicionado 2 m a nordeste do furo ST 01A

- Variáveis exigidas pelas fórmulas constantes do Boletim 04/1996 da ABGE, dependendo do tipo de ensaio (Rebaixamento ou Recuperação)

**MULTI**  
AMBIENTAL

A **Figura 5-195** ilustra os testes de permeabilidade realizados em 2 poços da área de estudo.



**Figura 5-195:** Imagens que ilustram os testes de permeabilidade realizados em dos furos de sondagens na área de estudo.

#### 5.1.4.7.3 Nivelamento geométrico, medição dos NAs e limpeza dos poços

As profundidades do nível freático de cada um dos 5 furos de sondagem foram medidas com equipamento elétrico-sonoro marca HS/Hidrosuprimentos, com divisão de 1 mm, em uma única missão no dia 15 de maio de 2009, realizada no intervalo de 1 hora para que o equilíbrio dinâmico relativo entre os poços fosse mantido. A **Figura 5-196** ilustra estas medições.

Para o referenciamento altimétrico das “bocas” dos furos de sondagem e dos respectivos níveis freáticos para um mesmo plano vertical, foi adotado um ponto

de origem localizado no piquete próximo da “boca” do furo ST 01 (DATUM Altimétrico), para o qual foi arbitrada a cota de 50,000 m.



**Figura 5-196:** Imagens que ilustram as medições dos níveis de água nos furos de sondagem.

A partir desse DATUM altimétrico arbitrário foi lançada uma malha altimétrica com pontos auxiliares (pontos P 1 a P 3) localizados próximos dos furos de sondagem. A partir desses pontos auxiliares foram niveladas geometricamente as “bocas” dos furos de sondagem (piquetes rente ao solo), com Nível WILD NA2 e régua graduada de alumínio.

A partir do furo de sondagem ST 04 foi nivelada a lâmina d’água do curso de água barrado, distante aproximadamente 8,0 m do furo ST 04, de forma a contribuir para o Mapa Hidrogeológico (Carta Hídrica) da área.

A **Figura 5-197** ilustra os trabalhos de levantamento altimétrico na área de estudo.

Após as medições das profundidades dos níveis freáticos e obtidas as cotas das “bocas” dos furos de sondagem, foram calculadas as cotas relativas dos Níveis de Água – NA (potenciometrias) de cada furo, conforme **Tabela 5-64**, onde é apresentado o conjunto destes resultados, o que possibilitou a elaboração do Mapa Hidrogeológico (Carta Hídrica) que apresenta as direções de fluxo subterrâneo.



**Figura 5-197:** Imagens do levantamento altimétrico na área de estudo.

**Tabela 5-64:** Resultados das profundidades dos NAs e das altimetrias das bocas dos poços.

ESTALEIRO BARRA DO RIACHO						
PLANILHA DE DADOS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO E MEDIÇÃO DOS NÍVEIS FREÁTICOS (NAs)						
Sondagem	Coordenadas UTM (m)		Profundidade do Furo (m)	Profundidade do NA (m)	Cota do solo (m)	Cota do NA (m)
	N	E				
ST 01	7.802.954	387.287	13,30	12,457	50,000	37,543
ST 02	7.802.873	387.417	5,00	4,489	41,792	37,303
ST 03	7.802.834	387.448	2,50	1,824	38,452	36,628
ST 04	7.803.628	387.880	2,30	2,143	41,028	38,885
ST 05	7.803.611	388.001	2,50	2,388	40,497	38,109
"Água represada"						39,118

**Observações:**

- Coordenadas UTM obtidas com GPS de mão.
- O DATUM altimétrico origem é a "boca" do furo ST 01, com cota arbitrada de 50,000 m
- A profundidade do NA nos furos de sondagem foi medida com equipamento elétrico-sonoro.
- "Água Represada" = nível de água superficial nivelado à aproximadamente 8 m do ST 04

Nesta etapa procedeu-se ainda a limpeza e desenvolvimento dos poços, ressaltando, contudo, que o fato de serem poços sem revestimentos e temporários não permite a retirada total dos sedimentos presentes nas águas contidas no interior dos poços. A **Figura 5-198** ilustra esta limpeza dos poços utilizando-se para tal um feixe de 3 baylers.



**Figura 5-198:** Imagens da limpeza dos poços após a perfuração.

#### 5.1.4.7.3.1 Elaboração do mapa potenciométrico (Carta Hídrica)

Em cada ponto de sua extensão, o lençol freático de uma determinada área apresenta um valor diferenciado para o potencial hidráulico. Conhecendo-se o nível piezométrico em vários pontos desse lençol podem-se construir mapas de isopotencial hidráulico, denominados Mapas Potenciométricos, Mapas Hidrogeológicos, Mapas Piezométricos, ou, ainda, Cartas Hídricas, que representam a forma e a elevação de uma superfície piezométrica.

O traçado dos mapas potenciométricos é realizado à semelhança dos mapas topográficos de superfície, onde as curvas de nível correspondem as isopiezas ou linhas equipotenciais, com algumas suavizações. Para o seu traçado utilizam-se técnicas de interpolação e correlação com pontos altimétricos, e a equidistância das isopiezas é definida em função da quantidade de informações disponíveis, escala utilizada no mapeamento, precisão da base cartográfica e objetivos do

trabalho, dentre outros. Uma vez delineadas as equipotenciais, o sentido do fluxo do lençol freático, que é sempre ortogonal a essas, passa a ser conhecido.

A partir de mapas potenciométricos é possível estabelecer o padrão do fluxo do lençol freático, determinar os limites e divisores de uma bacia hidrogeológica, definir os gradientes hidráulicos, as áreas de recarga e descarga, estimar as perdas de carga e outros parâmetros. O padrão do fluxo expressa o comportamento geral do escoamento do lençol freático.

As extremidades laterais de uma determinada área, a partir das quais os fluxos não mais se direcionam para o interior, definem os limites externos da bacia hidrogeológica. Esses limites são eixos ao longo dos quais as cargas hidráulicas são máximas, relativamente às áreas adjacentes. Se ao longo destes eixos os fluxos são divergentes, então esses correspondem a um divisor de águas do lençol freático.

Normalmente, as áreas de máximo potencial hidráulico se relacionam às áreas de recarga, ou seja, são porções do terreno onde ocorre a alimentação do aquífero pela infiltração das águas de superfície. Por outro lado, as zonas ou regiões de menor carga hidráulica correspondem às áreas de descarga, para as quais convergem as linhas de fluxo. Essas áreas podem estar associadas aos elementos de drenagem superficial (rios, fontes, lagos) ou a elementos de drenagem artificial ou profunda dos maciços rochosos, tais como drenos de obras civis, escavações subterrâneas, cavernas de calcário, etc.

Além desses elementos, os mapas piezométricos evidenciam as zonas de concentração de fluxo, que são eixos de drenagens subterrâneas, passagens entre zonas de diferentes permeabilidades e outros.

Os mecanismos de equilíbrio desta superfície são extremamente complexos, sendo condicionados pelo equilíbrio hidrostático, que pode ser influenciado pelos tipos de sedimentos presentes, fluxos eventuais e transientes, recargas locais e externas, oscilação da maré, entre outros fatores.

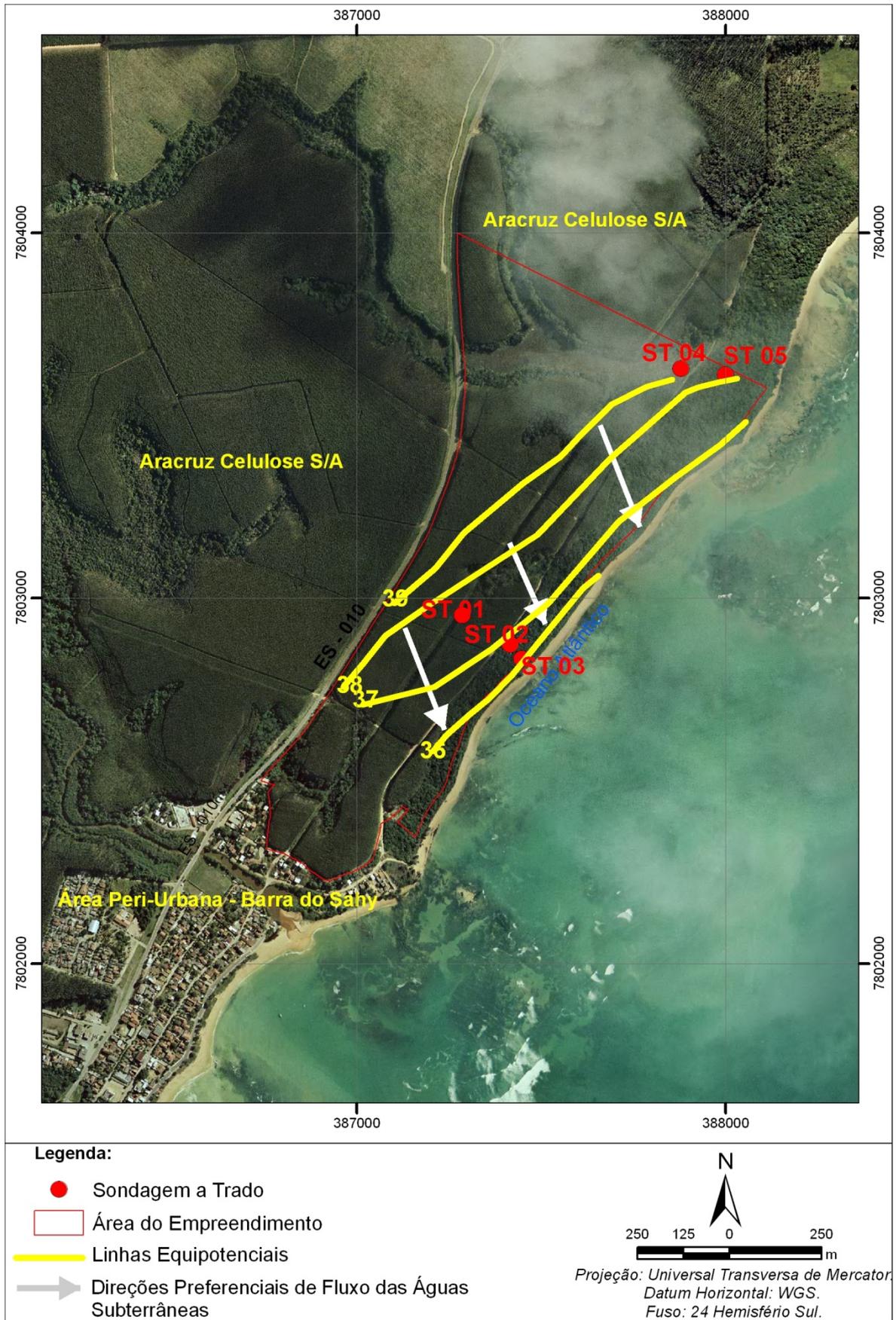
O sentido de percolação de um fluido em meio granular apresenta-se predominantemente vertical até que este atinja o lençol freático e, a partir desse momento, o fluido adota direções condicionadas pelo gradiente hidráulico do meio.

Neste trabalho, por ser um método com adequada relação custo-benefício, operacionalmente rápido e de precisão adequada às finalidades, optou-se pela medição direta das profundidades dos níveis freáticos dos 5 furos de sondagem implantados de acordo com as condições locais e finalidade dos serviços.

Conhecidas as altimetrias e os desníveis relativos entre os níveis freáticos dos 5 furos de sondagem e seu posicionamento planimétrico, conforme exposto anteriormente na **Tabela 5-60**, esses foram lançados sobre base cartográfica, e, por interpolação de valores das altimetrias dos NAs e correlação dessas com as altitudes da superfície topográfica foi possível o traçado das linhas equipotenciais e a definição das direções do fluxo subterrâneo para a área objeto, constituindo-se no Mapa Potenciométrico (Carta Hídrica) constante da **Figura 5-199**, a seguir.

Na porção mais elevada da área de estudo, no topo dos Tabuleiros Costeiros, o lençol freático está posicionado a uma profundidade aproximada de 12,5 metros, enquanto nas porções mais baixas, próximas do nível do mar, essa profundidade pode ser coincidente com o nível do próprio mar e variar de acordo com as oscilações da maré. Na porção mais baixa, onde se encontra o ST 03, o nível de água se encontra a 1,8 metros de profundidade.

Toda a porção leste da área de estudo é representada pela planície costeira sob forte influência do mar. De modo geral, para toda a área de estudo observou-se que a topografia exerce fundamental influência e controle sobre as direções dos fluxos subterrâneos, que se direcionam para as porções mais baixas do terreno. Conforme se encontra representado no Mapa Hidrogeológico o sentido geral preferencial dos fluxos subterrâneos da área objeto tem como sentido o mar.



#### 5.1.4.7.3.2 Velocidade aparente das águas do lençol freático

Os ensaios de permeabilidade realizados no campo em 5 furos de sondagem permitiram avaliar que a permeabilidade (K) dos solos na área de estudo é média, conferindo velocidade de deslocamento para fluidos em subsuperfície que irá depender do gradiente hidráulico associado.

De posse dos coeficientes de permeabilidade foi possível a determinação da velocidade aparente de fluxo das águas subterrâneas entre os furos de sondagem ST 01 e ST 02 na área de estudo. Estas velocidades foram calculadas com base na Lei de Darcy, definido em CETESB (1978) onde:

$$V_{ap} = - K.I$$

Sendo:

**Vap** - Velocidade aparente de fluxo

**K** - o valor médio da Condutividade Hidráulica (Testes de Permeabilidade) entre os poços considerados.

**I** - gradiente hidráulico entre os dois poços considerados, sendo igual ao quociente entre a diferença dos níveis de água nos poços e a distância horizontal entre os mesmos.

Desta forma, o cálculo da velocidade aparente de fluxo das águas subterrâneas entre os furos de sondagem ST 01 e ST 02 indicou a seguinte velocidade:

- Furos 01 e 02  
Vap (01-02) = 4,73 cm/ano

Se considerarmos uma porosidade efetiva de 15% para os sedimentos argilo-arenosos na área dos sedimentos Barreiras teremos uma velocidade aparente de fluxo 5,56 cm/ano. Cabe observar que estas velocidades aparentes são apenas indicativas e fruto de dados pontuais.

#### 5.1.4.7.3.3 Vulnerabilidade do aquífero freático na área de estudo

Na avaliação da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, Foster (1987, *apud* FOSTER e HIRATA, 1988), esclarece que a expressão “vulnerabilidade à contaminação do aquífero é usada para representar as características intrínsecas que determinam as suscetibilidades de um aquífero a ser adversamente afetado por uma carga contaminante”.

Os parâmetros empregados no estudo de vulnerabilidade são derivados do modelo GOD, proposto por Foster (*op.cit*) para a avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos. Este método faz parte dos títulos traduzidos e publicados pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, através do Instituto Geológico, resultante da série de Anais do Programa de Águas Subterrâneas da Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS.

Essas obras, produzidas pelo Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências Ambientais – CEPIS, da OPAS/OMS, têm o mérito de atender a América Latina e o Caribe, identificadas por Comitê Técnico com representantes de vários países, com o intuito de gerar programas de proteção e controle da contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

A definição da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas de uma determinada área baseia-se em dados provavelmente disponíveis ou facilmente coletáveis, a partir do método “GOD”, onde se tem os seguintes parâmetros:

- “G”: *Groundwater hydraulic confinement* (tipo de confinamento da água subterrânea);
- “O”: *Overlaying strata* (características litológicas até o nível da água em função da textura e do grau de consolidação);
- “D”: *Depth to groundwater table* (profundidade do nível da água subterrânea a partir da superfície).

Assim, para se obter a estimativa do índice de vulnerabilidade “GOD”, devem ser desenvolvidas as seguintes etapas:

- Em relação ao “G”: Identificar o grau de confinamento hidráulico do aquífero e atribuir-lhe um índice para este parâmetro, em uma escala que varia de 0,0 a 1,0;
- Em relação ao “O”: Especificar as características do substrato que recobre a zona saturada do aquífero em termos de grau de consolidação (a) e tipo de litologia (b), e assinalar um índice para este parâmetro em uma escala que varia de 0,4 a 1,0;
- Em relação ao “D”: Estimar a distância ou profundidade ao nível de água (em aquíferos não confinados) ou profundidade do teto da camada do primeiro aquífero confinado e assinalar um índice a este parâmetro em uma escala de 0,6 a 1,0.

A **Figura 5-200** apresenta o diagrama explicativo da metodologia “GOD” (FOSTER e HIRATA, *op.cit*), onde se encontram as opções de classificação para cada parâmetro considerado na metodologia.

O índice final integrado de vulnerabilidade de aquíferos “GOD” será o produto dos índices obtidos para cada um dos parâmetros, variando de 0,0 (vulnerabilidade desprezível) até 1,0 (vulnerabilidade extrema).

Considerando-se as diferenças existentes entre o aquífero freático localizado na região dos sedimentos Barreiras com o aquífero localizado na região dos sedimentos quaternários, optou-se por realizar a avaliação de vulnerabilidade de forma independente para cada trecho considerado, conforme a seguir.

Os resultados indicam que o aquífero na área de implantação do empreendimento possui vulnerabilidade à contaminação que varia de média baixa (0,336) na região dos sedimentos Barreiras até média alta (0,486) na região dos sedimentos quaternários.

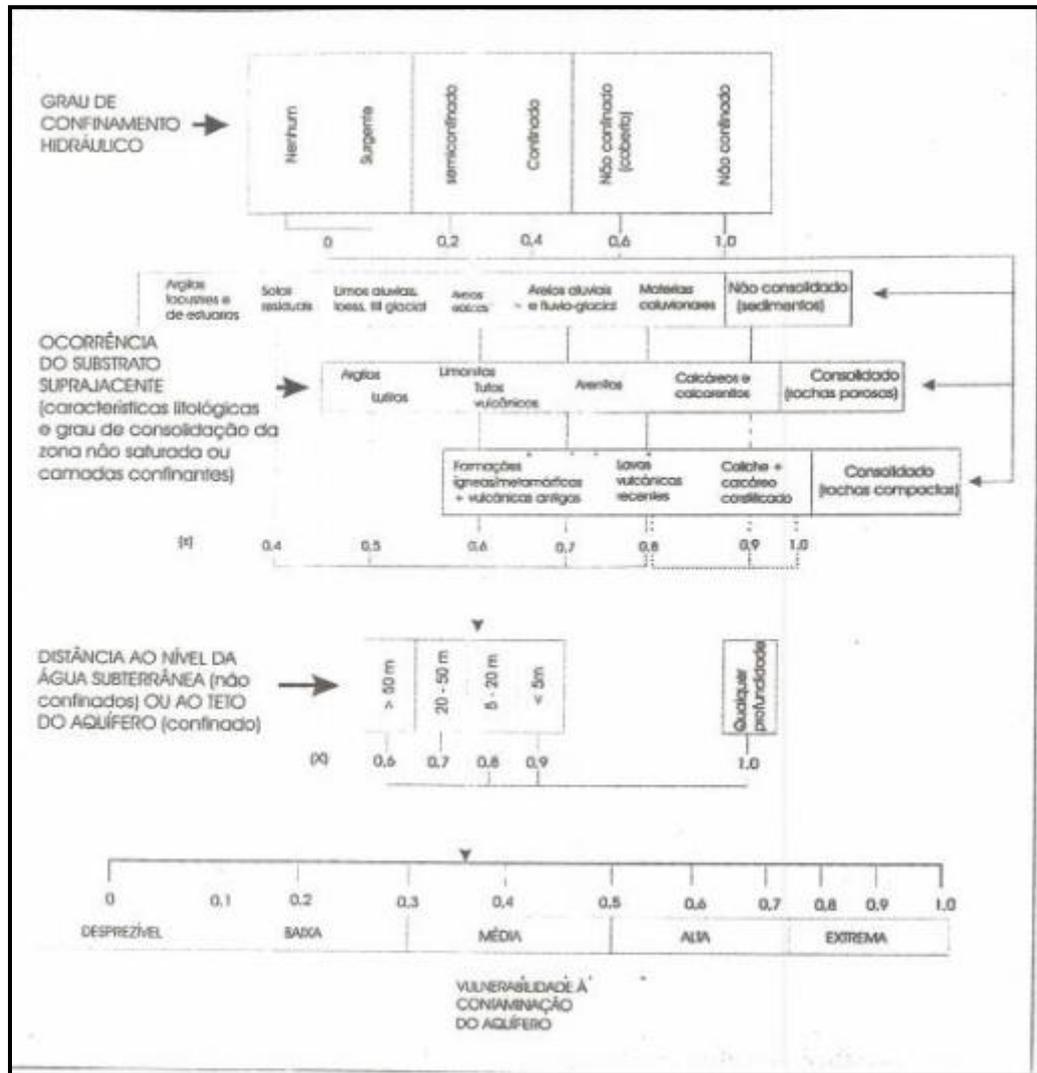


Figura 5-200: Diagrama explicativo da metodologia “GOD”.

**Vulnerabilidade do Aquífero Freático na Área dos Sedimentos Barreiras:**

Grau de confinamento	0,6
Ocorrência do Substrato	0,7
Profundidade do NA	0,8
<b>Grau de Vulnerabilidade</b>	<b>0,336</b>

### **Vulnerabilidade do Aquífero Freático na Área dos Sedimentos Quaternários:**

Grau de confinamento	0,6
Ocorrência do Substrato	0,9
Profundidade do NA	0,9
<b>Grau de Vulnerabilidade</b>	<b>0,486</b>

#### 5.1.4.7.3.4 Qualidade das águas subterrâneas do lençol freático

Os furos de sondagem, mesmo de caráter provisório, tiveram como objetivo permitir a coleta de amostras de águas subterrâneas para posterior encaminhamento para análises laboratoriais para diversos parâmetros físico-químicos.

Embora a área de estudo não apresente histórico de atividades industriais ou outras que pudessem contaminar os solos e as águas subterrâneas, optou-se por realizar um amplo escopo de análises químicas de forma que os resultados possam funcionar como valores de referência ao longo do tempo.

Foram selecionados 2 poços para coleta de água, um na região dos Tabuleiros Costeiros (ST 01/PM-01), cujo lençol freático se encontrava mais profundo, e outro na região da Planície Costeira (ST 03/PM-03), onde a profundidade do lençol é mais rasa e sob forte influência das águas do mar.

Assim, com base nesta premissa foram analisados os seguintes parâmetros nos 2 furos nos quais foram coletadas amostras de águas subterrâneas: VOCs (Compostos Orgânicos Voláteis), Metais (Alumínio, Ferro, Manganês, Chumbo, Cromo, Cádmio, Mercúrio, Arsênio, Zinco e Sódio), Fenóis, Cloretos e Pesticidas.

A **Figura 5-201** apresenta imagens da coleta de águas subterrâneas que ocorreu no dia 27 de maio de 2009. A **Figura 5-199**, referente à Carta Hídrica (Mapa

Potenciométrico), apresentada anteriormente, indica a localização dos 2 furos em que houve a coleta de amostras para análises laboratoriais.



**Figura 5-201:** Imagens da coleta de águas subterrâneas nos furos de sondagem na área de estudo e da caixa de isopor com a cadeia de custódia para despacho ao laboratório.

Previamente ao início da coleta de amostras de água nos poços de monitoramento, o Laboratório Innolab enviou para Vitória uma caixa térmica contendo toda a frascaria a ser utilizada para acondicionamento das amostras de água subterrânea dos 2 furos de sondagem. Ressalte-se que os frascos já chegaram identificados quanto aos parâmetros a serem analisados e, quando aplicável, com os respectivos preservantes contidos em seu interior.

Para as amostragens foram utilizados *baylers* descartáveis individuais para cada furo de sondagem, sendo em seguida as amostras armazenadas em caixa de isopor.

Depois de finalizada a coleta das amostras, procedeu-se a preservação das mesmas em gelo no interior das caixas térmicas, preenchendo-se a cadeia de custódia que acompanhou as amostras até o Laboratório Innolab no Rio de Janeiro, para onde foram despachadas no mesmo dia da coleta por meio do serviço expresso da TAM Cargo. As metodologias utilizadas pelo laboratório encontram-se relacionadas na **Tabela 5-65**.

**Tabela 5-65:** Parâmetros analisados e metodologias de análise do Laboratório Innolab.

Parâmetro a ser analisado	Método
VOC (Compostos Orgânicos Voláteis)	EPA 8260 (C):2006/EPA 5021 (A):2003
Metais	APHA AWWA 21ª. Ed. 3030F e 3120B
Cloretos	Íon Seletivo
Fenóis	MA – 013 – L2
Pesticidas	EPA 8270 (D)

Esa Resolução, que dispõe sobre as diretrizes ambientais para enquadramento das águas subterrâneas apresenta, dentre outros aspectos, uma listagem de compostos com o respectivos Valores Máximos Permitidos para as águas subterrâneas no Brasil. Foram utilizados os Valores Máximos Permitidos (VMP) desta Resolução CONAMA referentes ao uso preponderante de consumo humano, que é mais conservador e restritivo que os usos preponderantes referentes a dessedentação de animais, irrigação e recreação.

Ainda assim, para alguns parâmetros que não possuem valores orientadores na nova listagem da Resolução CONAMA 396/08, foram adotadas como referência secundária os padrões utilizados no Nível I (Intervention Value) da “Lista Holandesa” (*Groundwater and Soil Remediation Intervention Values, de Fevereiro de 2000*), emitidos pelo VROM (*Dutch Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment*).

Após 3 semanas, o Laboratório Innolab forneceu os resultados das análises realizadas nas amostras. Os resultados para metais, voláteis orgânicos (VOCs), Fenóis/Cloretos e pesticidas, respectivamente são apresentados na **Tabela 5-66**,

**Tabela 5-67, Tabela 5-68 e Tabela 5-69.** O ANEXO XXXVIII apresenta os laudos laboratoriais.

Como padrão de comparação para os resultados analíticos obtidos em laboratório foi adotado a Resolução CONAMA 396/08 de abril de 2008, em substituição a legislação da CETESB, que, embora obrigatoriamente aplicável a São Paulo, também vinha sendo aplicada em todo o Brasil, uma vez que até então o país não possuía, em nível nacional, uma legislação específica para águas subterrâneas.

**Tabela 5-66:** Resultados analíticos para metais nas amostras de água subterrânea.

Identificação (Ponto de Coleta)	Metais									
	Al (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Pb (µg/L)	Cr (µg/L)	Cd (µg/L)	Hg (µg/L)	As (µg/L)	Zn (µg/L)	Na (µg/L)
ST-01 / PM-01	450	310	12	ND	ND	ND	0,2	ND	332	12.730
ST-03 / PM-03	104.130	965.610	2.334	153	1.841	22	2,0	1.577	401	96.560
Padrão	Al (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Pb (µg/L)	Cr (µg/L)	Cd (µg/L)	Hg (µg/L)	As (µg/L)	Zn (µg/L)	Na (µg/L)
Resolução CONAMA 396/08	200	300	100	10	50	5	1	10	5.000	200.000
Portaria 518 do Ministério da Saúde	200	300	100	10	50	5	-	10	5.000	200.000
Padrão Holandês I	-	-	-	75	30	6	0,3	60	800	-
intervençãon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor que ultrapassou pelo menos um padrão de referência.										

**Tabela 5-67:** Resultados analíticos para Compostos Orgânicos Voláteis (VOC's) nas amostras de água subterrânea.

Parâmetros	Amostras de Água Subterrânea (mg/L) ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO ESTALEIRO		Portaria 518 do MS (µg/L)	Resolução CONAMA 396/08 (µg/L)	Padrão Holandês (µg/L)
	ST-01/PM-01	ST-03/PM-03		Consumo Humano	Intervention
			Potabilidade		
Diclorodifluormetano	nd	nd	-	-	-
Bromometano	nd	nd	-	-	-
Fluotriclorometano	nd	nd	-	-	-
1,1 – Dicloroetano	nd	nd	30	30	10
Diclorometano	nd	nd	20	20	1000
1,2 Dicloroetano, trans	nd	nd	-	50 * <sup>1</sup>	20
1,1 Dicloroetano	nd	nd	-	-	900
1,2 Dicloroetano, cis	nd	nd	-	50 * <sup>1</sup>	20
2,2 – Dicloropropano	nd	nd	-	-	-
Bromoclorometano	nd	nd	-	-	-
Clorofórmio (triclorometano)	nd	nd	-	200	400
1,1,1 – Tricloroetano	nd	nd	-	-	300
1,2 – Dicloroetano	nd	nd	10	10	400
1,1 – Dicloropropeno	nd	nd	-	-	-
Benzeno	nd	nd	5	5	30
Tetracloroeto de carbono	nd	nd	2	2	-
Tricloroetano	nd	nd	70	-	500
1,2 – Dicloropropano	nd	nd	-	-	-
Dibromometano	nd	nd	-	-	-
Diclorobromometano	nd	nd	-	-	-
1,3 – Dicloropropeno, trans	nd	nd	-	-	-
1,3 – Dicloropropeno, cis	nd	nd	-	-	-
Tolueno	nd	nd	-	170	1000
1,1,2 – Tricloroetano	nd	nd	-	-	130
1,3 Dicloropropano	nd	nd	-	-	-
Dibromoclorometano	nd	nd	-	-	-
Tetracloroetano	nd	nd	40	40	40
1,2 – Dibromoetano	nd	nd	-	-	-
Clorobenzeno	nd	nd	-	-	244
1,1,1,2 – Tetracloroetano	nd	nd	-	-	-
Etilbenzeno	nd	nd	-	200	150
m,p – Xilenos	nd	nd	-	Soma =	70
o – xilenos	nd	nd	-	300	Soma = 70
Estireno	nd	nd	20	20	300
Bromoformio (Tribromometano)	nd	nd	-	-	-
Cumene (1 – metil - etilbenzeno)	nd	nd	-	-	-
1,2,3 – Tricloropropano	nd	nd	-	-	-
Bromobenzeno	nd	nd	-	-	-
n – Propilbenzeno	nd	nd	-	-	-
2 – Clorotolueno	nd	nd	-	-	-
4 – Clorotolueno	nd	nd	-	-	-
Mesetileno	nd	nd	-	-	-
Terti – Butilbenzeno	nd	nd	-	-	-

Continua

**Tabela 5-19 (continuação):** Resultados analíticos para Compostos Orgânicos Voláteis (VOC's) nas amostras de água subterrânea.

Parâmetros	Amostras de Água Subterrânea (mg/L) ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO ESTALEIRO		Portaria 518 do MS (µg/L)	Resolução CONAMA 396/08 (µg/L)	Padrão Holandês (µg/L)
	ST-01/PM-01	ST-03/PM-03		Consumo Humano	Intervention
			Potabilidade		
1,2,4 – Trimetilbenzeno	nd	nd	-	-	-
Secbutilbenzeno	nd	nd	-	-	-
1,3 – Diclorobenzeno	nd	nd	-	-	50*4
1,4 – Diclorobenzeno	nd	nd	-	300	50*4
4 – Isopropiltolueno	nd	nd	-	-	-
1,2 – Diclorobenzeno	nd	nd	-	1.000	50*3
n – Butilbenzeno	nd	nd	-	-	-
1,2 – Dibromo 3 Cloropropano	nd	nd	-	-	-
1,2,4 – Triclorobenzeno	nd	nd	20*3	20*2	10*2
Hexaclorobutadieno	nd	nd	-	-	-
1,2,3 – Triclorobenzeno	nd	nd	20*3	20*2	10*2
Cloreto de Vinila	nd	nd	5	5	5
1,1,2,2 – Tetracloroetano	nd	nd	-	-	-

OBS: \*1 - Somatória de 1,2 Dicloroetano, trans e cis.

\*2 – Somatória para os triclorobenzenos (1,2,4-TCB + 1,3,5-TCB + 1,2,3).

\*3 – Somatória para os triclorobenzenos.

\*4 – Somatória para os diclorobenzenos.

**Tabela 5-68:** Resultados analíticos para fenóis e cloretos nas águas subterrâneas.

Identificação Ponto de Coleta	Parâmetros	
	Fenol (µg/L)	Cloreto (µg/L)
ST 01 / PM 01	nd	17.000
ST 03 / PM 03	0,61	168.000
Padrão	Fenol (µg/L)	Cloreto (µg/L)
Resolução CONAMA 396/08	3	250.000
Portaria 518 do MS (Potabilidade)	-	250.000
Padrão Holandês – intervention	2000	-

OBS: Fenóis: 2-Metilfenol, 3-,4-Metilfenol, 2,4-Dimetilfenol, 2,3-Dimetilfenol, 4-Etilfenol, 2-Fenilfenol, 2-Benzilfenol, 4-Cloro-2-Metilfenol, 2-Clorofenol, 4-cloro-3-Metilfenol, 2,4-Diclorofenol, 2,4,6-Triclorofenol, 2,3,4,6-Tetraclorofenol e Pentaclorofenol.

**Tabela 5-69:** Resultados analíticos para pesticidas nas águas subterrâneas.

Parâmetros	Amostras de Água Subterrânea (µg/L) ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO ESTALEIRO		Portaria 518 do MS (µg/L)	Resolução CONAMA 396/08 (µg/L)	Padrão Holandês (µg/L)
	ST-01/PM-01	ST-03/PM-03	Potabilidade	Consumo Humano	
				Humano	Intervention
Alfa-HCH	nd	nd	-	-	1* <sup>8</sup>
Hexaclorobenzeno	nd	nd	1	1	0,5
Beta-HCH	nd	nd	-	-	1* <sup>8</sup>
Gamma-HCH (Lindano)	nd	nd	2	2	1* <sup>8</sup>
Delta-HCH	nd	nd	-	-	1* <sup>8</sup>
Epsilon-HCH	nd	nd	-	-	1* <sup>8</sup>
Heptacloro	nd	nd	0,03* <sup>4</sup>	0,03* <sup>4</sup>	0,3
Aldrin	nd	nd	0,03* <sup>5</sup>	0,03* <sup>5</sup>	0,1* <sup>7</sup>
Isodrin	nd	nd	-	-	-
Cis-Heptacloro Epóxido	nd	nd	0,03* <sup>4</sup>	0,03* <sup>4</sup>	3* <sup>9</sup>
Oxy-Clordano	nd	nd	0,2* <sup>1</sup>	0,2* <sup>1</sup>	-
Trans-Heptacloro Epóxido	nd	nd	0,03* <sup>4</sup>	0,03* <sup>4</sup>	3* <sup>9</sup>
Trans-Clordano	nd	nd	0,2* <sup>1</sup>	0,2* <sup>1</sup>	-
o,p'-DDE	nd	nd	-	-	0,01* <sup>6</sup>
Alfa-Endosulfan	nd	nd	-	20* <sup>2</sup>	5* <sup>10</sup>
Cis-Clordano	nd	nd	0,2* <sup>1</sup>	0,2* <sup>1</sup>	-
p,p'-DDE	nd	nd	-	2* <sup>3</sup>	0,01* <sup>6</sup>
Dieldrin	nd	nd	0,03* <sup>5</sup>	0,03* <sup>5</sup>	0,1* <sup>7</sup>
o,p'-DDD	nd	nd	-	-	0,01* <sup>6</sup>
Endrin	nd	nd	0,6	0,6	0,1* <sup>7</sup>
Beta-Endosulfan	nd	nd	20* <sup>2</sup>	20* <sup>2</sup>	5* <sup>10</sup>
p,p'-DDD	nd	nd	-	2* <sup>3</sup>	0,01* <sup>6</sup>
o,p'-DDT	nd	nd	2* <sup>3</sup>	-	0,01* <sup>6</sup>
p,p'-DDT	nd	nd	2* <sup>3</sup>	2* <sup>3</sup>	0,01* <sup>6</sup>
Metoxicloro	nd	nd	20	20	-
Mirex	nd	nd	-	-	-
Demeton S	nd	nd	-	-	-
Diazinona	nd	nd	-	-	-
Disulfoton	nd	nd	-	-	-
Metil Paration	nd	nd	-	-	-
Malation	nd	nd	-	190	-
Paration	nd	nd	-	-	-
Etion	nd	nd	-	-	-
Gution	nd	nd	-	-	-

OBS: \*1 - Clordano (cis + trans) ou Clordano (isômeros)

\*2 – Endosulfan (I + II + sulfato) ou endossulfan

\*3 – DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) ou DDT (isômeros)

\*4 – Heptacloro + heptacloro epóxido

\*5 – Aldrin + Dieldrin

\*6 – DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) ou DDT (isômeros)

\*7 – Somatório de Aldrin, Dieldrin e Endrin.

\*8 – Somatório dos Compostos HCH

\*9 – Heptachloro.epoxide total

\*10 – Endosulfan total

Esta Resolução, que dispõe sobre as diretrizes ambientais para enquadramento das águas subterrâneas apresenta, dentre outros aspectos, uma listagem de compostos com os respectivos Valores Máximos Permitidos para as águas subterrâneas no Brasil. Foram utilizados os Valores Máximos Permitidos (VMP) desta Resolução CONAMA referentes ao uso preponderante de consumo humano, que é mais conservador e restritivo que os usos preponderantes referentes a dessedentação de animais, irrigação e recreação.

Ainda assim, para alguns parâmetros que não possuem valores orientadores na nova listagem da Resolução CONAMA 396/08, foram adotados como referência secundária os padrões utilizados no Nível I (Intervention Value) da “Lista Holandesa” (*Groundwater and Soil Remediation Intervention Values, de Fevereiro de 2000*), emitidos pelo VROM (*Dutch Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment*).

Para as águas subterrâneas, o Código das Águas (Leis Federais Nº. 6.938 e 7.804 Alterações) determina que todas as águas subterrâneas são, via de regra, potáveis. Desse modo, a listagem da Resolução CONAMA 396 considerou, para definição dos Valores Máximos Permitidos para o uso preponderante de consumo humano, os padrões de potabilidade constantes na Portaria 518/2005 do Ministério da Saúde. Essa portaria estabelece os limites de potabilidade de água para consumo humano.

Sendo assim, na presente análise, adotaram-se para as águas subterrâneas, primeiramente os valores orientadores constantes da listagem da Resolução CONAMA 396/08, e secundariamente, para aqueles parâmetros não relacionados na listagem da referida Resolução, os limites de potabilidade da Portaria 518 do Ministério da Saúde e o Nível I (*Intervention Value*) da “Lista Holandesa”, de modo a avaliar os compostos não listados também pela nova Portaria 518.

Apresentam-se a seguir as observações quanto aos resultados analíticos obtidos na caracterização das águas subterrâneas do lençol freático da AID para os diversos parâmetros analisados.

## **Metais**

Com base nos dados apresentados na **Tabela 5-66** podem-se traçar as seguintes considerações sobre os resultados das análises das águas subterrâneas:

- Para os parâmetros **Alumínio** (Al) e **Ferro** (Fe) os resultados para as 2 amostras de águas subterrâneas indicaram valores acima dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 396/08 e na Portaria 518 do Ministério da Saúde, enquanto o Padrão Holandês não estabelece limite para os parâmetros Ferro e Alumínio. Os resultados no furo ST-01 (PM-01) encontraram-se levemente acima dos limites recomendados, enquanto as concentrações no furo ST-03 (PM-03) foram muito acima dos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 396/08 e da Portaria 518 do Ministério da Saúde.

No entanto, mesmo muito elevados, estes são resultados comuns para as águas subterrâneas na região de estudo, onde se encontra a unidade geológica do Grupo Barreiras, e se verifica a presença sistemática de concreções ferruginosas (cangas limoníticas) ao longo do pacote sedimentar desta unidade. O que, a princípio, não se mostra com muita clareza é a grande divergência para as concentrações entre os furos ST 01 (PM-01) e ST 03 (PM-03), que são relativamente próximos.

Diante disso, o Projeto de Monitoramento do Lençol Freático a ser implementado na Fase de Operação do Estaleiro Barra do Riacho deverá apresentar uma seqüência de resultados que poderá confirmar esta caracterização inicial, além de subsidiar informações que justifiquem esta grande diferença de concentração para estes metais nos 2 pontos considerados.

- Para o parâmetro **Manganês** (Mg) o resultado para a amostra de água subterrânea no ST 01 indicou concentração enquadrada dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA 396/08, enquanto o resultado para o ST 03 indicou valor acima dos limites estabelecidos na Resolução

CONAMA 396/08 e na Portaria 518 do Ministério da Saúde, ressaltando que o Padrão Holandês não estabelece limite para o parâmetro Manganês. O resultado no furo ST-03 encontrou-se muito acima dos limites recomendados.

- Para os parâmetros **Chumbo** (Pb), **Cromo** (Cr), **Cádmio** (Cd) e **Arsênio** (As) os resultados para o furo ST-01 indicaram concentrações que se enquadram dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA 396/08. Todavia, para o furo ST 03 os valores obtidos indicaram concentrações acima ou muito acima dos limites estabelecidos em todas as legislações e padrões utilizados como referência.
- Para o parâmetro **Mercúrio** (Hg), o resultado para a amostra de água subterrânea no furo ST 01 indicou concentração que se enquadra dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA 396/08, enquanto o resultado para o ST 03 indicou valor acima dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 396/08 e no Padrão Holandês. A Portaria 518 do Ministério da Saúde não estabelece limite para o parâmetro Mercúrio.
- Para os parâmetros **Zinco** (Zn) e **Sódio** (Na) os resultados para os furos ST-01 e ST 03 indicaram concentrações que se enquadram dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA 396/08 e pela Portaria 518 do Ministério da Saúde, e ainda, no caso do Zinco, enquadrou-se legalmente no Padrão Holandês, que não apresenta limites para o parâmetro Sódio.

### **Cloretos**

Com base nos dados apresentados na **Tabela 5-68** podem-se traçar as seguintes considerações sobre os resultados das análises das águas subterrâneas da área em análise:

- Para o parâmetro **Cloretos** os resultados para as 2 amostras de águas subterrâneas dos furos ST 01 e ST 03 indicaram a presença destes compostos em níveis inferiores àqueles estabelecidos na Resolução

CONAMA 396/08 e na Portaria 518 do Ministério da Saúde para os padrões de potabilidade. O Padrão Holandês não define um limite de intervenção para este parâmetro.

## **Fenóis**

Com base nos dados apresentados na **Tabela 5-68** podem-se traçar as seguintes considerações sobre os resultados das análises das águas subterrâneas da área em análise:

- Para o parâmetro **Fenol**, os resultados para as 2 amostras de águas subterrâneas indicaram que no furo ST 01 não foram detectados estes compostos nos limites de detecção e quantificação do método, enquanto no furo ST 03 a concentração encontrada se enquadra dentro dos limites permitidos na Resolução CONAMA 396/08 e no Padrão Holandês. A Portaria 518 do Ministério da Saúde não estabelece um limite para este parâmetro.

## **Pesticidas**

Com base nos dados apresentados na **Tabela 5-69** podem-se traçar as seguintes considerações sobre os resultados das análises das águas subterrâneas da área em análise:

- Para os 34 compostos analisados nas 2 amostras de água coletadas na área de implantação do empreendimento os resultados não indicaram a presença de concentrações acima dos limites de quantificação e detecção dos métodos utilizados, que são compatíveis com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA, no Padrão Holandês e na Portaria 518 do Ministério da Saúde.

## **Compostos Voláteis Orgânicos**

Com base nos dados apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** podem-se traçar as seguintes considerações sobre os resultados das análises das águas subterrâneas da área em análise:

- Para os 56 compostos analisados nas 2 amostras de água coletadas na área de implantação do empreendimento os resultados não indicaram a presença de nenhum composto orgânico volátil em concentrações acima dos limites de quantificação e detecção dos métodos utilizados, que são compatíveis com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 396, no Padrão Holandês e na Portaria 518 do Ministério da Saúde.

Finalizando a análise dos resultados laboratoriais obtidos nas 2 amostras de águas subterrâneas pode-se dizer que a amostra correspondente ao furo ST 03, localizado junto a praia, apresentou resultados muito desfavoráveis de qualidade ambiental para grande parte dos parâmetros analisados.

A princípio, não se pode associar estes resultados com qualquer atividade antrópica na área de estudo ou seu entorno imediato. Orientação especial deverá ser dada ao conteúdo dos sedimentos arenosos da área, muito ricos em minerais pesados, bem como nas águas marinhas que exercem grande influência sobre o freático na área do furo ST 03.

Diante destas considerações, o Projeto de Monitoramento do Lençol Freático a ser implementado na Fase de Instalação e mantido durante a Fase de Operação do Estaleiro Barra do Riacho deverá confirmar os resultados desfavoráveis obtidos nesta campanha preliminar, bem como subsidiar informações que justifiquem este comportamento qualitativo na área do furo ST 03.

## 5.1.5 Geologia e geomorfologia

### 5.1.5.1 Geologia

A região onde se pretende instalar o Estaleiro Barra do Riacho encontra-se localizada no município de Aracruz, na porção litorânea centro-norte do estado do Espírito Santo. Na área do empreendimento afloraram principalmente os sedimentos terciários do Grupo Barreiras, além de sedimentos quaternários recentes, inconsolidados, cuja parte fluvial se distribui ao longo das drenagens existentes na área de estudo, e dos sedimentos marinhos que se encontram depositados ao longo da linha de costa.

Desta forma, a caracterização da geologia da porção terrestre da área do empreendimento abrange apenas o topo da coluna geológica da região, envolvendo os sedimentos terciários e quaternários presentes na área de estudo. Nesta caracterização apresenta-se um mapa geológico contendo as unidades estratigráficas na área de influência do empreendimento acompanhado de uma descrição das litologias aflorantes no local.

Além da estratigrafia, apresenta-se ainda uma caracterização das estruturas geológicas da região em estudo e uma descrição das ocorrências minerais nessa área, tendo como base o levantamento dos requerimentos de pesquisa e lavra no Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM).

#### 5.1.5.1.1 Metodologia

A metodologia utilizada no presente levantamento constou basicamente de quatro atividades principais, descritas a seguir:

- Levantamento bibliográfico com consultas a vários documentos, podendo ser destacados o Projeto RadamBrasil - Levantamento de Recursos Naturais, Volume 32 – Folha Rio de Janeiro/Vitória (Ministério das Minas e Energia, 1983), o Projeto Macrozeamento Costeiro – Setor Vitória (SEAMA,1990), além de diversos trabalhos de Kenitiro Suguio, com

destaque para o trabalho Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo (CPRM, 1997).

- Campanha de campo, onde se percorreu toda a área de influência do empreendimento em questão, procurando reconhecer as litologias e unidades litoestratigráficas já definidas nos trabalhos anteriores.
- Levantamento no site do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), mais especificamente no Programa Sigmine, das áreas requeridas para pesquisa mineral e/ou lavra na área de implantação do empreendimento.
- Finalmente, uma etapa onde se desenvolveram os trabalhos de escritório e de mapeamento sobre as fotografias aéreas que cobrem a região de estudo, objetivando a execução do mapa geológico e do relatório final da presente caracterização geológica da área estudada.

#### 5.1.5.1.2 Estratigrafia

Na descrição da estratigrafia da área de estudo apresenta-se, além da caracterização das unidades estratigráficas da região, a Coluna Geológica na **Tabela 5-70**, abrangendo os sedimentos que afloram na área de estudo, que correspondem ao topo da bacia sedimentar do Espírito Santo. O Mapa Geológico da área de estudo, onde se podem observar a distribuição dos sedimentos fluviais e marinhos quaternários e os sedimentos terciários do Grupo Barreiras, está apresentado no **Figura 5-39**.

**Tabela 5-70:** Coluna Geológica da área de implantação do empreendimento.

PERÍODO	UNIDADE ESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIAS OU FACIES
Quaternário	Sedimentos Quaternários Fluviais	Depósitos sedimentares fluviais inconsolidados, compostos principalmente por argilas e areias
	Sedimentos Quaternários Marinhos	Depósitos sedimentares marinhos inconsolidados, compostos por areias
Terciário	Grupo Barreiras	Sedimentos areno-argilosos e arenitos grosseiros, consolidados e mal selecionados

Fonte: Ministério das Minas e Energia (1983)

#### 5.1.5.1.2.1 Sedimentos quaternários

De modo geral, os depósitos sedimentares holocênicos que se encontram distribuídos ao longo da costa e dos rios brasileiros vêm recebendo nomes informais como “aluviões quaternários”, “sedimentos de praia e rios” ou simplesmente “quaternário”.

No entanto, algumas áreas específicas do quaternário brasileiro, ao serem estudadas mais detalhadamente, vêm mostrando atributos indispensáveis ao caráter formacional do conjunto de estratos observados, como distribuição horizontal e vertical e características litológicas próprias e facilmente reconhecíveis, que são formalmente reconhecidas como unidade estratigráfica. Dentre estes exemplos pode-se citar a denominação de Formação Linhares para caracterizar os depósitos sedimentares quaternários da bacia do Espírito Santo na região da foz dos rios Doce e São Mateus (PIAZZA, ARAÚJO E BANDEIRA JÚNIOR, 1972).

No entanto, a definição desta Formação, que possui sua seção na região da foz do rio Doce, no litoral do Espírito Santo, não se estende até os sedimentos aluvionares da área de estudo, onde se pretende implantar o estaleiro Barra do Riacho, que se caracterizam por serem de pequena espessura e somente mapeáveis em função da escala de detalhe utilizada no presente mapeamento. Desta forma, sua denominação no presente levantamento será apenas de Sedimentos Quaternários, datados do Holoceno.

Estes sedimentos inconsolidados do Quaternário presentes no interior da área de estudo possuem duas tipologias distintas. A porção depositada a leste da área, junto à linha de costa, possui origem totalmente marinha, sendo tais sedimentos compostos predominantemente por sedimentos arenosos que foram depositados pelo retrabalho das ondas e marés. A porção localizada mais a norte, em uma estreita faixa leste-oeste, junto ao corpo de água presente na área de estudo,

possui origem predominantemente fluvial continental e distribui-se nas partes topograficamente mais baixas em meio aos Tabuleiros Costeiros, onde predominam materiais mais finos (argilas e siltes).

Os sedimentos quaternários aluvionares fluviais ocorrem preenchendo um vale de fundo chato, em forma de “U”, encaixado na unidade mais antiga, representada pelo Grupo Barreiras, como pode ser observado na **Tabela 5-70**, onde se verificam os sedimentos aluvionares depositados nas baixadas em meio às rochas sedimentares mais antigas do Grupo Barreiras. A **Figura 5-203** ilustra a borda deste vale inundado onde é depositado este tipo de sedimento fluvial.

Os sedimentos aluvionares fluviais constituem-se, na área de estudo, em depósitos de pequeno porte em termos de espessura de pacote sedimentar, bem como em termos de distribuição areal, onde são bastante inexpressivos, conforme pode ser observado no Mapa Geológico. O barramento do pequeno curso de água ao longo de uma via de circulação na área de estudo ampliou a área de inundação e, conseqüentemente, também ampliou a área de deposição destes sedimentos fluviais. A **Figura 5-204** apresenta o local onde o pequeno curso de água se encontra barrado no interior da área de implantação do empreendimento.



**Figura 5-202:** Vista do pequeno curso de água na porção norte da área de estudo.

Litologicamente estes depósitos são formados principalmente por siltes e argilas escuras, limitando-se a sua ocorrência principalmente à área rebaixada representada pelo vale da pequena drenagem na área de estudo.

Não foram observadas quaisquer estruturas sedimentares mais proeminentes nesses sedimentos. No entanto, de modo geral, este tipo de acumulação apresenta abundante matéria orgânica e contém estratificações, em geral indistintas, como resultado da intensa bioturbação por vegetais, uma vez que pode ocorrer significativa cobertura vegetal destas áreas.



**Figura 5-203:** Borda do vale inundado, onde se deposita o sedimento fluvial.



**Figura 5-204:** Local onde a via interna do empreendimento barra o escoamento do pequeno curso de água, promovendo o seu represamento para montante.

Estes depósitos aluvionares fluviais se estabeleceram e se restringem às partes mais baixas do relevo, ao longo do baixio topográfico representado pelo vale do córrego de fraca energia ao norte da área, que permite a sua deposição. Como área fonte para estes sedimentos destacam-se as litologias do Grupo Barreiras, que se encontram lateralmente a estes depósitos quaternários, além das formações mais antigas do Complexo Paraíba do Sul que se encontram presentes a oeste do empreendimento.

Os sedimentos quaternários marinhos, que se encontram depositados junto à linha de costa, caracterizam uma feição morfológica positiva, alongada e moldada junto à praia atual. Estes sedimentos constituem-se em depósitos arenosos, resultantes do retrabalhamento pelo mar da carga sedimentar carregada principalmente pelos rios e córregos.

A ação combinada das ondas e correntes litorâneas, que retrabalharam as areias provenientes do continente, aliadas ao rebaixamento do nível do mar, possibilita a construção desses depósitos arenosos litorâneos. A **Figura 5-205** e a **Figura 5-**

**206** ilustram estes sedimentos arenosos na porção litorânea da área de implantação do empreendimento.

Litologicamente, estes sedimentos são constituídos por areias mal selecionadas, de composição quartzosa e granulometria média a grosseira, localmente conglomerática, com presença de grânulos e seixos de até 16 mm de diâmetro maior, com abundantes minerais escuros (ilmenita, magnetita, zircão e turmalina) concentrados em lâminas e leitos (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, *op.cit.*). Ocasionalmente, aparecem leitos de areias médias, com seleção regular e boa. Essas areias contêm, por vezes, pequena percentagem de plaquetas de mica. Areias finas de origem eólica não são observadas na região de estudo.



**Figura 5-205:** Faixa litorânea apresentando os depósitos arenosos junto à linha de costa na área de implantação do estaleiro Barra do Riacho.



**Figura 5-206:** Depósitos arenosos quaternários na área de implantação do estaleiro Barra do Riacho.

A estrutura sedimentar mais proeminente nos depósitos arenosos marinhos holênicos reside na estratificação plano-paralela horizontal, com mergulho suave para o mar. Podem também ocorrer estratificações cruzadas, embora estas não foram observadas na área de estudo.

Estes depósitos sedimentares arenosos litorâneos distribuem-se formando uma faixa praticamente contínua ao longo de toda a porção leste da área de estudo, assumindo larguras que podem atingir cerca de 90 metros, sendo em sua maioria ocupada por vegetação de restinga. Estes depósitos ocorrem desde o sopé dos Tabuleiros até a faixa de praia atual.

#### 5.1.5.1.2.2 Grupo Barreiras

Esta unidade litoestratigráfica encontra-se disposta ao longo de grande parte da região costeira do sudeste e nordeste do Brasil, distribuindo-se em uma extensa faixa norte-sul, onde apresenta suas melhores exposições. O Grupo Barreiras

ocupa uma expressiva área a partir da porção central do Estado do Espírito Santo, estendendo-se para a região norte do Estado, onde se expande para o sul da Bahia e nordeste de Minas Gerais.

Na região onde se encontra a área proposta para receber o empreendimento esta unidade litoestratigráfica corresponde à principal ocorrência, distribuindo em grande parte do interior da mesma, cedendo espaço apenas para os Sedimentos Quaternários Holocênicos mais recentes, como mostra o Mapa Geológico.

Litologicamente o Grupo Barreiras é constituído por arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, argilosos, finos a grosseiros, mal selecionados, com intercalações de argilitos vermelhos e variegados, com espessuras decimétricas, podendo ainda ocorrer localmente lentes de aproximadamente 2 metros de espessura de conglomerado intraformacional, constituído de seixos arredondados de quartzo e quartzito de até 13 centímetros de diâmetro, envolvidos em matriz areno-argilosa vermelha. Comumente ocorre estratificação plano-paralela e secundariamente estratificação cruzada. Nos locais onde estes sedimentos se encontram mais preservados é possível observar estratificações cruzadas de pequeno porte (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, *op.cit.*).

A parte inferior da unidade geralmente é constituída por arenito vermelho fino a grosseiro, argiloso, mal selecionado, maciço e conglomerático na base. É comum encontrar-se na parte média da seqüência uma seção de argila variegada com infiltração de óxido de ferro. A parte superior, constituída de arenitos argilosos, pode apresentar, por vezes, zonas silicificadas (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, *op.cit.*). Na região de estudo não foi verificada a presença de conglomerados em meio ao pacote sedimentar, predominando um material areno-argiloso.

No interior da área prevista para implantação do empreendimento os sedimentos do Grupo Barreiras ocorrem nas cores avermelhada ou amarelada, dependendo dos locais observados, conforme ilustram a **Figura 5-207** e a **Figura 5-208**.



**Figura 5-207:** Detalhes dos sedimentos Barreiras na área de implantação do empreendimento, onde se observam colorações amareladas.

Na área de estudo os sedimentos desta unidade se apresentam em bons afloramentos, sobretudo no piso e nos cortes das estradas internas que cortam a unidade estratigráfica, expondo os seus sedimentos. Nas vertentes entre o topo da área e as partes mais baixas, próximas à linha de costa, a presença de vegetação ao longo do talude não permite uma boa exposição em afloramentos destes sedimentos.



**Figura 5-208:** Detalhes dos sedimentos Barreiras na área de implantação do empreendimento, onde se observam colorações avermelhadas.

Nos afloramentos existentes na área de estudo não é possível a identificação de estruturas primárias nestes sedimentos, a exemplo de estratificações cruzadas, uma vez que se encontram bastante friáveis e alterados.

É muito comum encontrar-se em meio à massa sedimentar do Grupo Barreiras porções com infiltrações de óxido de ferro, que podem formar bolsões limoníticos ou níveis delgados de concreções limoníticas ferruginosas em meio à seqüência do pacote de sedimentos Barreiras. A **Figura 5-209** e a **Figura 5-210** apresentam afloramentos em piso de estradas locais com forte presença de níveis de concreções limoníticas em meio ao pacote de sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras. Nos locais onde os sedimentos se apresentam menos alterados é possível observar uma grande quantidade de caulinitas esbranquiçadas em meio à massa da rocha, conforme pode ser observado na própria **Figura 5-210**, a seguir.



**Figura 5-209:** Nível de concreções ferruginosas observado em piso de estrada na área de estudo.



**Figura 5-210:** Concreções ferruginosas e presença de caulinita na formação dos sedimentos do Grupo Barreiras.

Outra forma de ocorrência dos sedimentos do Grupo Barreiras refere-se aos sedimentos silicificados e limoníticos que ocorrem junto à linha de costa, na porção leste da área pretendida para implantação do empreendimento. Correspondem a concreções ferruginosas, que ficam expostas nas condições de maré baixa. Esta seção, quando exposta à ação das ondas marinhas, como verificado em outros pontos de ocorrência no litoral do Espírito Santo, exibe formas bizarras, de aspecto ruiforme, representadas pelo arcabouço limonítico, resultante da remoção da argila intersticial pela ação das ondas. A **Figura 5-211** e a **Figura 5-212** ilustram esta forma de ocorrência dos sedimentos do Grupo Barreiras.



**Figura 5-211:** Aspecto ruiniforme dos sedimentos Barreiras junto à linha de costa.



**Figura 5-212:** Detalhe do sedimento do Grupo Barreiras encontrado na porção leste da área de estudo.

Com relação à espessura, o pacote sedimentar do Grupo Barreiras é bastante variado. Em furos de sondagem realizados próximos a Nova Almeida, constatou-se uma espessura de 80 m para esses sedimentos, aumentando gradualmente em direção à plataforma continental, podendo atingir 150 m. Esta espessura de sedimentos da unidade na região do Monte Pascoal não passa de duas dezenas de metros, enquanto pode atingir até cerca de 250 m na sua espessura máxima na região de Conceição da Barra, conforme observado em furos de sonda da

Petrobrás. Todavia, é bastante provável que nestes casos, onde a espessura é maior, o Grupo Barreiras esteja sendo considerado em conjunto com os sedimentos do Grupo Rio Doce, sotoposto ao Barreiras e que apresenta litologias semelhantes.

O Grupo Barreiras na região do empreendimento se encontra em seu máximo limite de ocorrência para leste, onde faz contato superior com os sedimentos arenosos quaternários costeiros, que o recobre em discordância erosiva, enquanto o contato inferior se dá com as rochas proterozóicas da unidade denominada Complexo Paraíba do Sul, que não aflora na área de estudo. Para sul se estende até a região de Ponta de Tubarão, na cidade de Vitória, enquanto para oeste estende-se até a região onde se encontra a BR 101. Para norte, conforme já dito anteriormente, prolonga-se para o estado da Bahia.

Os vários autores que estudaram esta unidade são unânimes em afirmar que seu ambiente de sedimentação é continental. Silva Filho *et al.* (1974) estabeleceram que os sedimentos foram originados a partir de alternâncias climáticas. Durante os climas úmidos atuava o intemperismo químico no embasamento, enquanto que nos períodos de clima semi-árido havia a desagregação mecânica e transporte por correntes fluviais. Silva e Ferrari (1976) advogaram a influência do clima tropical úmido na área fonte, admitindo que a rocha foi totalmente intemperizada “*in situ*” para depois ser erodida e posteriormente depositada em planícies de inundação, ressaltando ainda a importância do ambiente lagunar na formação dos níveis argilosos.

#### 5.1.5.1.3 Estruturas

Estruturalmente, a Bacia Sedimentar do Espírito Santo apresenta um arranjo semelhante ao das demais bacias cretáceas costeiras e está ligada aos processos que deram origem à deriva continental, a partir da separação entre os continentes Africano e Sul-Americano, durante a fase de resfriamento térmico.

Regionalmente, consiste de um extenso monoclinal com mergulho suave, entre 5° e 15° para leste.

As falhas apresentam-se como componentes estruturais mais importantes e são de duas gerações distintas. A primeira está ligada ao rifteamento (Cretáceo Inferior) e a segunda ligada ao basculamento, devido à subsidência e flexurização crustal e conseqüente fluxo salino (Cretáceo Superior). Embora existam essas duas gerações de falhas bem marcantes, outros falhamentos surgiram a partir da reativação destas principais.

Em relação aos gnaisses aluminosos, pertencentes ao Complexo Paraíba do Sul, que ocorrem a cerca de 30 km a oeste da área de estudo, levantamentos da CPRM/DNPM (*op.cit.*) indicam que, embora esta unidade seja relativamente homogênea em termos composicionais em toda sua extensão, diferem estruturalmente de acordo com o posicionamento em relação às zonas de deformação. A foliação das rochas na área de exposição deste complexo é normalmente de alto ângulo e verticalizada ao longo do eixo do cinturão móvel. A mesma é de plano axial e resultante de dobramentos apertados a isoclinais com eixos horizontais.

O principal mecanismo de estruturação deste complexo e de formação das grandes zonas de falhas foi a compressão, não se descartando a possibilidade de existência de deslocamentos tangenciais sobre as falhas principais.

No domínio dos gnaisses aluminosos podem ser observadas três fases principais de dobramento, verificadas predominantemente nas rochas calcossilicáticas, que são os litótipos que mais preservam os eventos tectônicos. Quanto ao metamorfismo, as análises petrográficas indicam metamorfismo de fácies anfíbolito a granulito para as rochas desta seqüência. Dados geocronológicos indicam idade de 756 MA a 676 MA através de método Rb/Sr em rocha total.

Em resumo, no contexto regional, as rochas do Complexo Paraíba do Sul e intrusivas associadas que integram o chamado Cinturão Móvel Atlântico

constituem-se em uma unidade de caráter tectônico. O eixo do referido cinturão corresponde ao que já foi denominado de "Lineamento Paraíba" e caracteriza-se por um feixe de grandes falhamentos e zonas de cisalhamento, que fazem parte de uma grande estrutura regional contínua de direção NE/SW.

Nesse sentido, a evolução da faixa costeira onde a área de estudo está inserida, apresenta uma seqüência de eventos tectônicos importantes, definidos no Proterozóico Superior e início do Fanerozóico, compreendendo, desde metamorfismo associado à tectônica de blocos, até várias fases de magmatismo intrusivo associado aos movimentos tectônicos transcorrentes que retalharam a região de maneira generalizada.

Este evento, que causou a transposição generalizada das rochas ígneas e metamórficas, é responsável pela dificuldade na compreensão das correlações estratigráficas do contexto geológico de uma ampla região, e não pode ser observado claramente em razão do recobrimento das unidades mais antigas pelos sedimentos recentes.

No entanto, as rochas aflorantes na área de implantação do Estaleiro Barra do Riacho, datadas do Terciário e Quaternário, são, geocronologicamente, muito mais novas que estes eventos tectônicos que afetaram a região e, por isso tais rochas não foram atingidas por estes eventos. Quanto à neotectônica, a ausência de afloramentos e de bibliografia sobre o tema para a área de estudo não permite inferir sobre o tema. A **Figura 5- 213** apresenta o mapa de unidades geológicas.

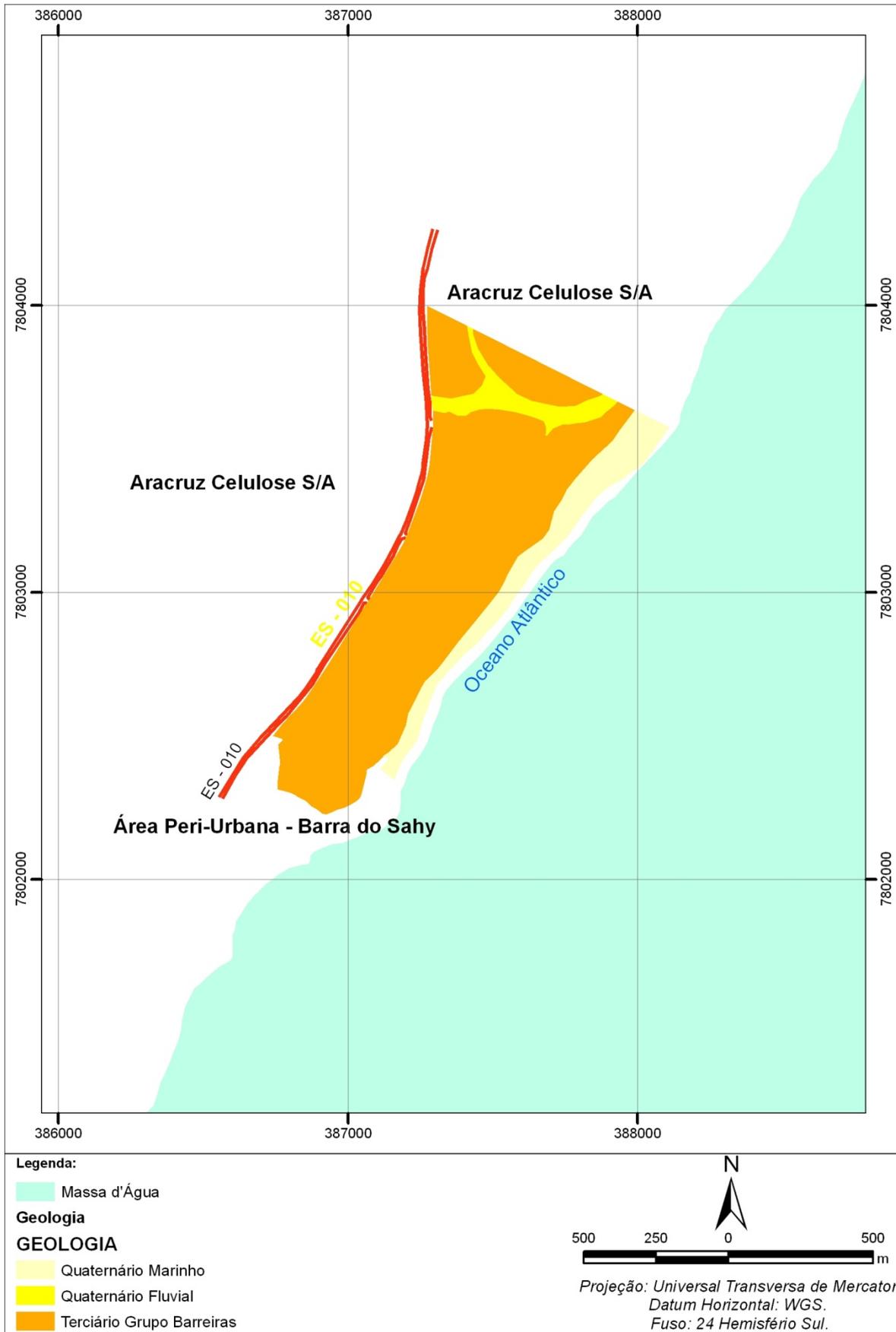


Figura 5- 213: Mapa de unidades geológicas.

#### 5.1.5.1.4 Ocorrências minerais

Para o presente levantamento visando à identificação das áreas requeridas para pesquisa ou lavra de recursos minerais na área pretendida para a instalação do Estaleiro Barra do Riacho foram analisados os “over-lays” eletrônicos do Programa Sigmine do DNPM, onde constam os diversos tipos de requerimentos existentes para a área em análise. Os tipos de processos no DNPM podem ser de requerimento de pesquisa mineral, de autorização de pesquisa mineral, de requerimento de concessão de lavra, dentre outros.

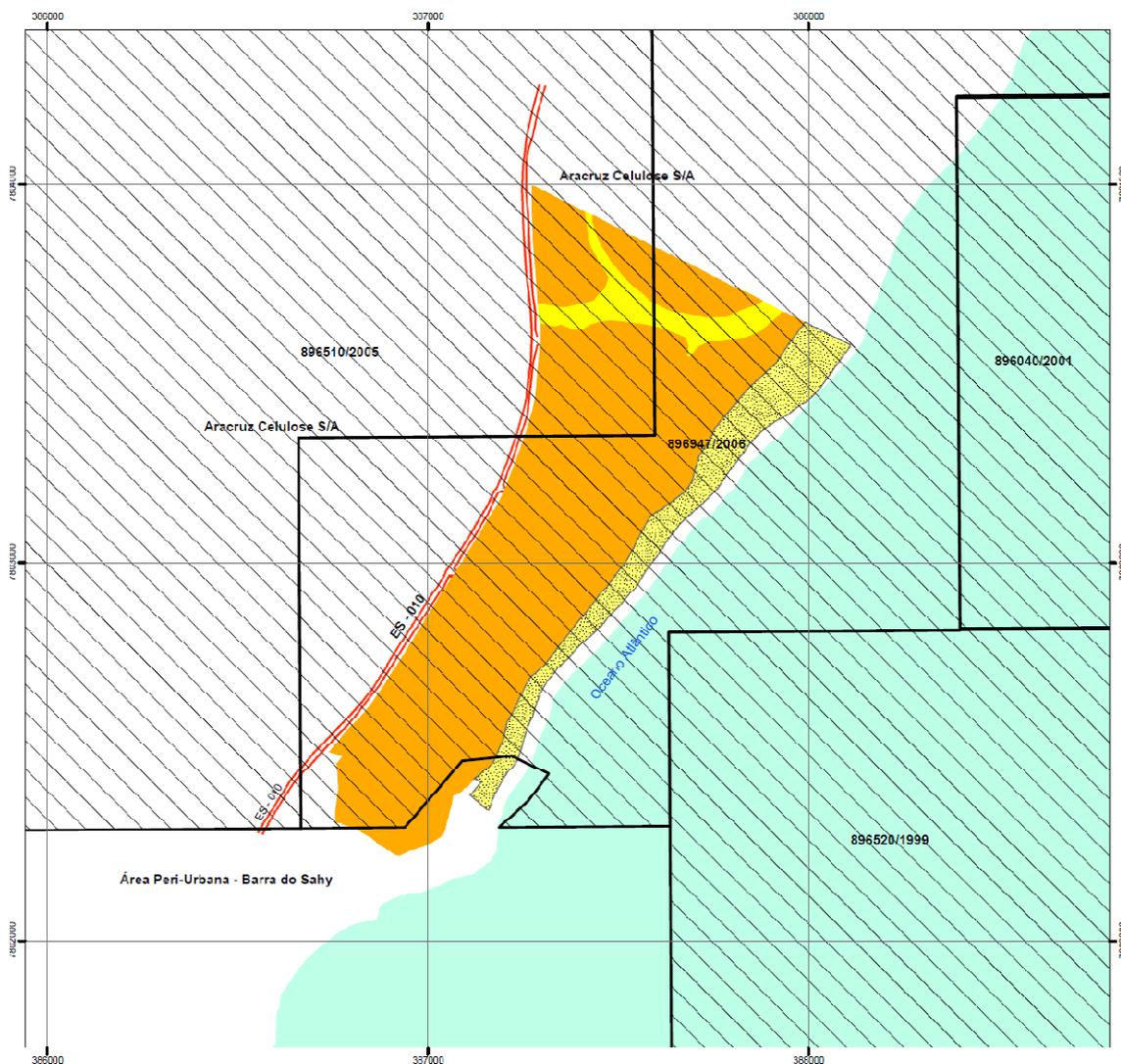
O resultado desta pesquisa mostra que a região prevista para a implantação do Estaleiro Barra do Riacho, em sua porção terrestre, possui sua área integralmente requerida por 2 (dois) requerimentos de pesquisa mineral junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Na porção marinha, onde também irão se encontrar diversas instalações do Estaleiro, também se verifica a interferência com 2 outros requerimentos de pesquisa mineral.

A **Figura 5-214**, a seguir, ilustra a área prevista para instalação do Estaleiro Barra do Riacho com as indicações e delimitações das quatro áreas requeridas, tanto em terra como no mar.

A **Tabela 5-71**, referente ao ambiente terrestre, apresenta o número do processo de cada área requerida, o ano do processo, o tamanho da área, o tipo de processo, a substância mineral requerida, o requerente de cada área e o último evento junto ao DNPM.

**Tabela 5-71:** Relação dos requerimentos minerais registrados no DNPM para a área terrestre do Estaleiro.

Número do Processo	Ano do Processo	Área Solicitada (ha)	Fase do Processo	Substância Requerida	Requerente	Último Evento
896947	2006	728,10	Autorização de Pesquisa	Areia	Marcos Rangel Conti	Documentos diversos protocolizados em 14/02/2008
896510	2005	1872,14	Avaliação para Disponibilidade	Turfa	Daniela Rodrigues Serqueira	Pagamento taxa autorização de pesquisa em 10/07/2008



**Figura 5-214:** Requerimentos minerais na área do empreendimento registrados no DNPM.

A **Tabela 5-72** apresenta as mesmas informações para os requerimentos minerais localizados no ambiente marinho. A data da consulta aos arquivos do DNPM foi agosto de 2009.

**Tabela 5-72:** Relação dos requerimentos minerais registrados no DNPM para a área marinha do Estaleiro.

Nº do Processo	Ano	Área Solicitada (ha)	Fase do Processo	Substância Requerida	Requerente	Último Evento
896520	1999	968,00	Requerimento de Lavra	Calcário Coralíneo	Talento Reciclagem Industrial de Materiais Ltda	Requerimento de Lavra Exigência de documentos publicada em 28/04/2009
896040	2001	947,66	Requerimento de Pesquisa	Calcário Coralíneo	Thotham Mineração Ltda	Requerimento de Pesquisa Prorrogação de prazo solicitado em 22/06/2001

Fonte: DNPM

Cabe observar que, embora integralmente requerida por diversos titulares, não se verificou nos meses de junho e julho de 2009 qualquer atividade vinculada aos requerimentos de pesquisa mineral na área de implantação do Estaleiro Barra do Riacho. No entanto, cabe observar que uma das áreas requeridas em ambiente marinho já possui requerimento de lavra publicado pelo Ministério das Minas e Energia, enquanto os demais possuem apenas decretos de pesquisa mineral, que ainda se encontram em vigor.

### 5.1.5.2 Levantamento hidrográfico

#### 5.1.5.2.1 Plano de perfilagem

A área foi hidrografada na escala 1:1000, a partir de linhas de perfilagem paralelas a linha de praia e espaçadas a cada 10m. Ao todo serão perfilados 223 km de extensão para execução dos levantamentos batimétricos e sísmico.

#### 5.1.5.2.1.1 Levantamento Batimétrico

##### 5.1.5.2.1.1.1 Metodologia

A batimetria foi realizada, com uso de ecosonda de 210 kHz de frequência. Ao longo do levantamento o ecobatímetro foi calibrado, no início e no final de cada dia de sondagem, com uma placa metálica fixada a um cabo de aço graduado de metro em metro, arriada abaixo do transdutor mergulhado (*draft*) a 2 m do nível d'água. Esta calibragem foi realizada de metro em metro, entre as profundidades de cada área.

À medida que a embarcação se deslocava, o ecobatímetro registrava continuamente o perfil do fundo, em sincronia com a posição da embarcação, gerando um arquivo de coordenadas x, y, z dos dados obtidos continuamente, no *software* HYPACK MAX.

O *software* também gera continuamente uma simulação visual da navegação possibilitando a interação do chefe da equipe de levantamento e do timoneiro para manter a embarcação navegando ao longo das linhas projetadas e possibilitar a cobertura de toda a área a ser levantada na escala definida.

##### 5.1.5.2.1.1.2 Registro de marés

Foi realizado registro de nível de maré a cada 10 minutos, a partir de medições de altura da lâmina d'água junto ao paramento do cais do porto de Portocel.

Os registros foram corrigidos ao Nível de Redução (NR) da região referenciados a estação maregráfica local (**Figura 5-215**), Estação Terminal de Barra do Riacho (**Figura 5-216**)

A partir dos registros de maré, foram elaborados os maregramas que originaram as tabelas de correção. Essas tabelas foram introduzidas no software HYPACK MAX, que gerou os gráficos utilizados para a correção das profundidades obtidas.

#### 5.1.5.2.1.1.3 Interpretação do ecograma

Os registros analógicos do ecobatímetro (ecogramas) foram comparados com os digitais, objetivando-se a verificação das profundidades encontradas, esses registros foram depurados através da correção digital e/ou retirada de saltos “spiks” e impurezas gravadas.

A seguir foi gerado no software HYPACK MAX o arquivo de profundidades, extraídas em intervalos definidos em função da escala da planta e do arquivo de dados de posicionamento.

#### 5.1.5.2.1.1.4 Equipamentos utilizados

Posicionamento: O posicionamento da embarcação durante o levantamento foi realizado com o Receptor GPS da CSI Inc., modelo DGPS MAX, com correção diferencial por banda L, em tempo real, com precisão submétrica, acoplado ao computador portátil (notebook).

		<b>40 240</b> <b>F - 41</b>	<b>F-41-Padrão-Terminal de Barra do Riacho-40240-Versão 1/2006</b>		
<b>DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA</b>		<b>F- 41 - 1420 - 001 / 06</b>			
Estação Terminal de Barra do Riacho		Estado ES	Localidade Aracruz		
LH	Carta N°. 1420 - Do Rio Doce a Vitória	Navio	Comissão Volante		
		Ano 2006			
Coordenadas geográficas  Lat 19° 50'. 3 S Long 040° 03'. 4 W Datum  Fuso +3	O nível de redução está <u>196,1</u> centímetros acima do zero da régua de 2006.  Fonte de informação: Análise Estatística e Harmônica de 34 dias de observação de maré.  Tipo de marégrafo: Hidrologia Diário, Esc. 1: 20  Zero do marégrafo: Coincide com o zero da régua.				
<b>Descrição das réguas de marés</b>  Régua com seis metros de comprimento, composta por seis seções de 1 metro de régua em alumínio marca (Hidromec), dividida de 1 em 1 cm e graduada de 10 em 10 cm, pintada nas cores encarnado e preto, fixada em um tubo retangular em também em alumínio. Toda a estrutura foi fixada em um tubo cilíndrico em aço inoxidável, por três braçadeiras no tubo, para permitir que a régua seja retirada e recolocada na mesma posição para manutenção. Para facilitar a leitura do nível da água na régua foi fixada em um perfil de alumínio uma mangueira plástica transparente.  Esta ficha foi compilada das F-41-1420-001/04.		<b>Descrição das referências de nível</b>  RN-1: Padrão DHN, encontra-se na quina do cais das barcas de celulose (dracena), próximo ao cabeço nº 5. Citada em 2004;  RN-2: Padrão DHN, fixada na base do farolete oeste. Citada em 2004;  RN-3: Padrão DHN, fixada próximo ao cabeço localizado no gramado após o farolete. Citada em 2004;  RN-4: Padrão DHN, fixada no chão na quina do berço 2 ( berço de apoio à atracação). Implantada em 2006;  RN-5: Padrão DHN, fixada na segunda coluna da parede direita (do mar para a costa) do armazém 3, em frente à casa de bombas. Implantada em 2006;  RN-PORTOCEL: Marco em chapa cilíndrica com parafuso no centro, fixado pela UNISAM na quina da casa das bombas. Citada a partir de 2006.			
DHN-6016-A	Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM  Recebida em Documento de referência LH 004/04 (RA 158/04) e RA:XXX/06	<b>Pessoal que tomou parte na montagem</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">                     Equipe de 28/07/2004                      CB-HN Nizio                      CB-HN Luiz                      CB-HN Carlos Henrique                      CB-HN Handel e CB-HN Galan                      Chefe da equipe 1T Messias                 </td> <td style="width: 50%;">                     Equipe de 23/11/2006                      CC T Rosita,                      Washington Salomão                      Mergulhador da ARACRUZ, Diniz (UNISAM)                      Chefe da equipe So-HN Ref Cardoso                 </td> </tr> </table>		Equipe de 28/07/2004 CB-HN Nizio CB-HN Luiz CB-HN Carlos Henrique CB-HN Handel e CB-HN Galan Chefe da equipe 1T Messias	Equipe de 23/11/2006 CC T Rosita, Washington Salomão Mergulhador da ARACRUZ, Diniz (UNISAM) Chefe da equipe So-HN Ref Cardoso
Equipe de 28/07/2004 CB-HN Nizio CB-HN Luiz CB-HN Carlos Henrique CB-HN Handel e CB-HN Galan Chefe da equipe 1T Messias	Equipe de 23/11/2006 CC T Rosita, Washington Salomão Mergulhador da ARACRUZ, Diniz (UNISAM) Chefe da equipe So-HN Ref Cardoso				

Figura 5-215: Estação maregráfica local

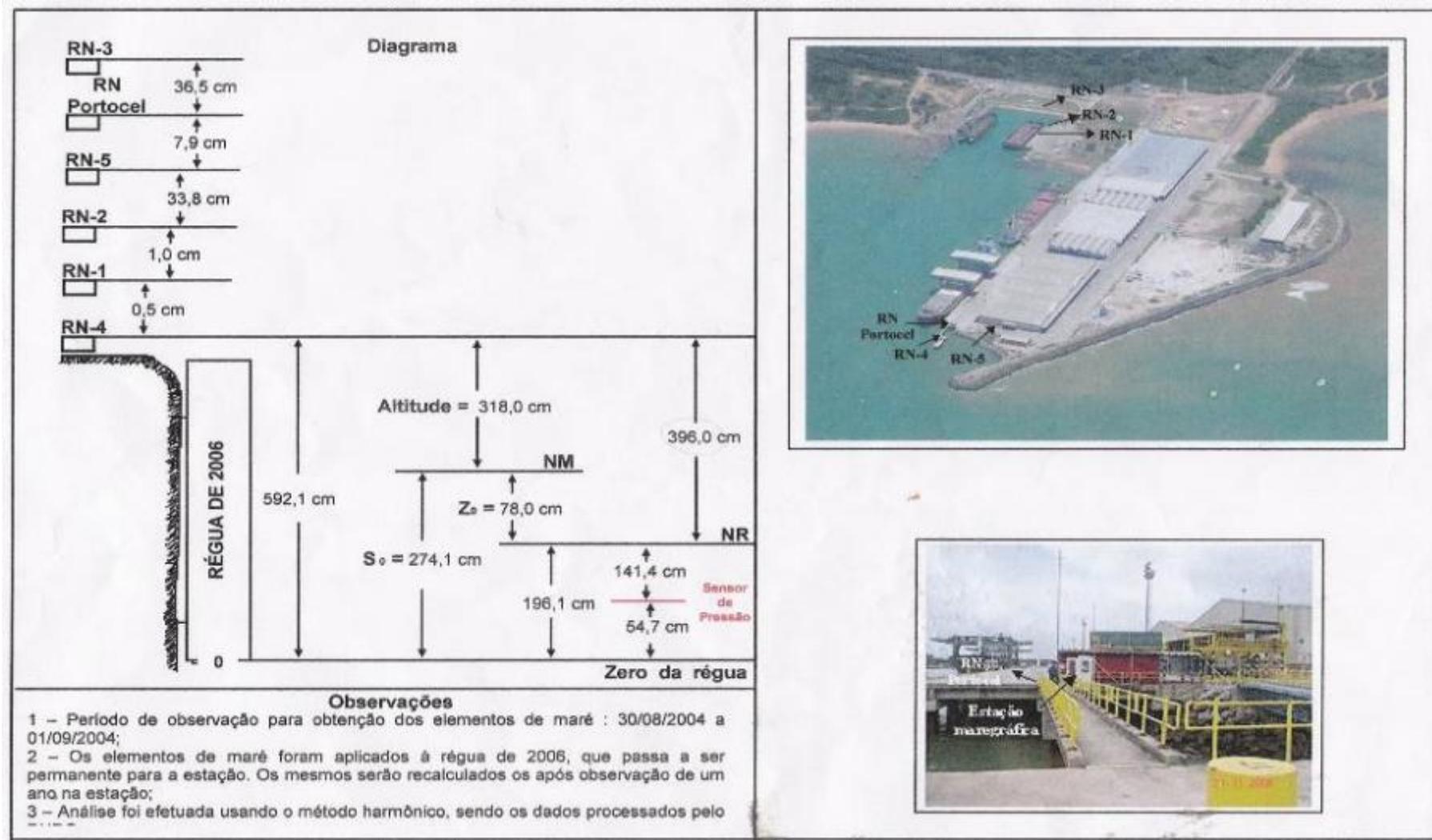


Figura 5-216: Estação Terminal Barra do Riacho.

Eco sonda: Para obtenção das profundidades foi utilizado um Ecobatímetro Hidro gráfico de precisão, digital, modelo Navisound 210, fabricação Reson, operando com transdutor de 210 kHz de frequência, precisão de 1 centímetro, acoplado ao computador portátil (*notebook*) e dotado também de registro analógico contínuo, em papel graduado.

#### 5.1.5.2.1.2 Planta batimétrica

A projeção cartográfica adotada foi a UTM, referenciada ao Datum horizontal WGS 84 e Meridiano Central 039°W. As profundidades de sondagem foram reduzidas ao nível de redução (NR DHN) local e a partir dos dados de posicionamento e de profundidades foi gerada planta batimétrica com uso do *software* AUTOCAD.

#### 5.1.5.2.1.2.1 Metodologia

A aplicação de um perfilador de subfundo de alta resolução teve por objetivo mapear diferentes camadas geológicas em subsuperfície, visando à identificação de possíveis riscos à dragagem, bem como a espessura de sedimentos em subsuperfície. Com isso, foi proposto um limite de segurança a ser dragado, representando até qual profundidade a dragagem pode ser realizada sem impedimentos, como a presença de uma possível rocha ou um sedimento apresentando uma elevada compactação.

O método sísmico de alta resolução é comumente aplicado no ambiente costeiro/estuarino e marinho com o objetivo de se investigar a morfologia do fundo, a distribuição das camadas sedimentares em subsuperfície, a paleogeografia de um ambiente, a espessura sedimentar, entre outros.

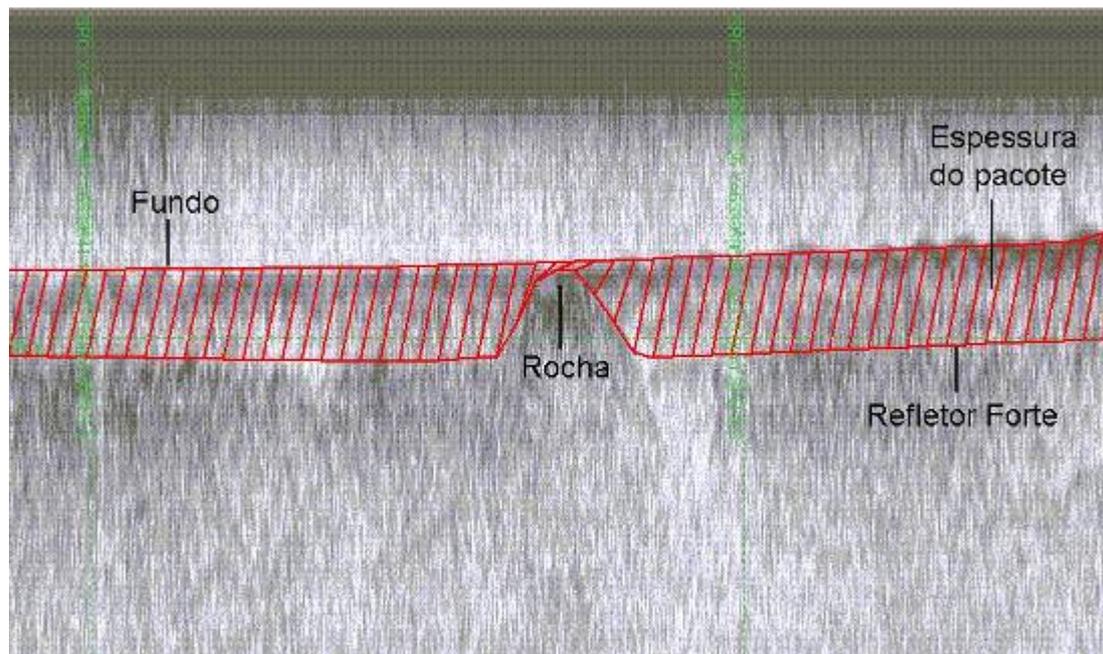
O método baseia-se na geração de ondas sísmicas que se propagam com velocidades distintas em função das diferentes propriedades físicas das rochas e sedimentos, refletindo e/ou refratando ao longo de interfaces com variação de impedância acústica (produto da velocidade e densidade do material). A reflexão da onda emitida na interface de substratos com contrastes de impedância acústica é conhecida como refletor sísmico. Superfícies naturais que causam a reflexão sísmica são primeiramente superfícies de acamamento e/ou discordância, geralmente associadas a mudanças no caráter físico do sedimento ou rocha.

#### 5.1.5.2.1.2.2 Equipamentos utilizados

Utilizou-se um perfilador da marca Syqwest modelo Stratabox que opera usando uma fonte ressonante de alta frequência que emite pulsos a 3,5 kHz. O dado sísmico foi adquirido em formato digital (SEGY) com posicionamento simultâneo por meio de um sistema DGPS conectado ao software de aquisição sísmica.

#### 5.1.5.2.1.2.3 Interpretação

A interpretação do registro sísmico se baseou na identificação dos principais refletores sísmicos e determinação de suas profundidades em relação ao fundo marinho. A partir das profundidades medidas foi gerado um mapa de isópacas correspondentes à espessura dos pacotes sedimentares limitados pelos refletores mapeados, ou pelo embasamento acústico, ou seja, o limite de penetração do sinal sísmico (**Figura 5-217**).



**Figura 5-217:** Perfil sísmico exibindo o pacote sedimentar a ser dragado, limitado pelo fundo marinho e pelo refletor forte.

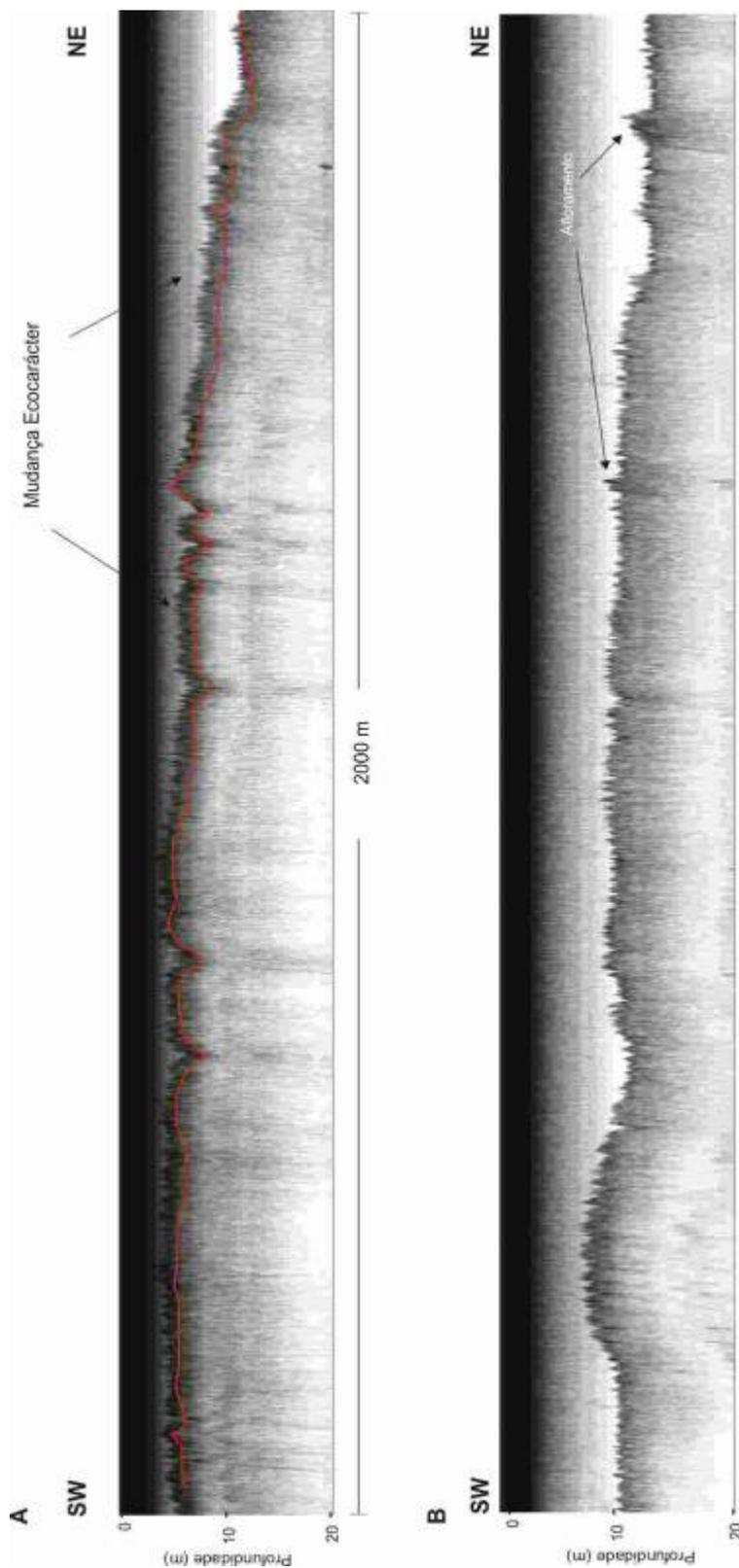
#### 5.1.5.2.1.2.4 Análise sísmica

As características morfológicas e sedimentológicas da área dificultaram a aquisição dos dados sísmicos, bem como a qualidade dos mesmos. Áreas muito rasas (< 5m) e constituídas por areias bioclásticas são um desafio para sísmica de alta resolução em função da relação que existe entre potência, penetração e resolução. Fontes com maior potência de penetração e menor resolução, podem produzir uma série de fortes múltiplas do sinal em ambientes muito rasos, o que prejudica em muito a interpretação do dado. Por outro lado, fontes de menor energia e mais adequadas a ambientes mais rasos, tem sua penetração bastante reduzida em fundos arenosos.

Sendo assim, a análise dos dados sísmicos revelou uma região caracterizada por um fundo arenoso e pela ocorrência de superfícies rígidas que limitam a penetração do sinal sísmico. De uma forma geral, os dados sísmicos foram, em muitas vezes, limitados pelo embasamento acústico (penetração).

A **Figura 5-218** mostra duas seções típicas da área de projeto, dispostas paralelamente à linha de costa (orientação NE-SW). A seção (A) revela uma característica morfológica da área, com a ocorrência de uma região mais rasa do centro em direção SW. Esta região é caracterizada pela ocorrência de substratos rígidos com uma provável camada muito fina (<20cm) de sedimentos arenosos em alguns pontos. Este substrato seria caracterizado por crostas ou couraças lateríticas incrustadas por vários organismos, formando um banco de algas calcáreas. Sondagens por prospecção hidráulica (jetprobe) e a coleta de amostras nesta região revelaram a presença deste tipo de material. Localmente, o material rígido não apresenta encrustação de organismos, aflorando apenas a laterita. Na mesma seção sísmica, em direção NE, a profundidade aumenta e a espessura do pacote sedimentar pode chegar a 1m (limitado pelo embasamento acústico). A mudança de ecocarácter ilustrada na **Figura 5-219** representa esta passagem de um fundo mais rígido para um fundo arenoso.

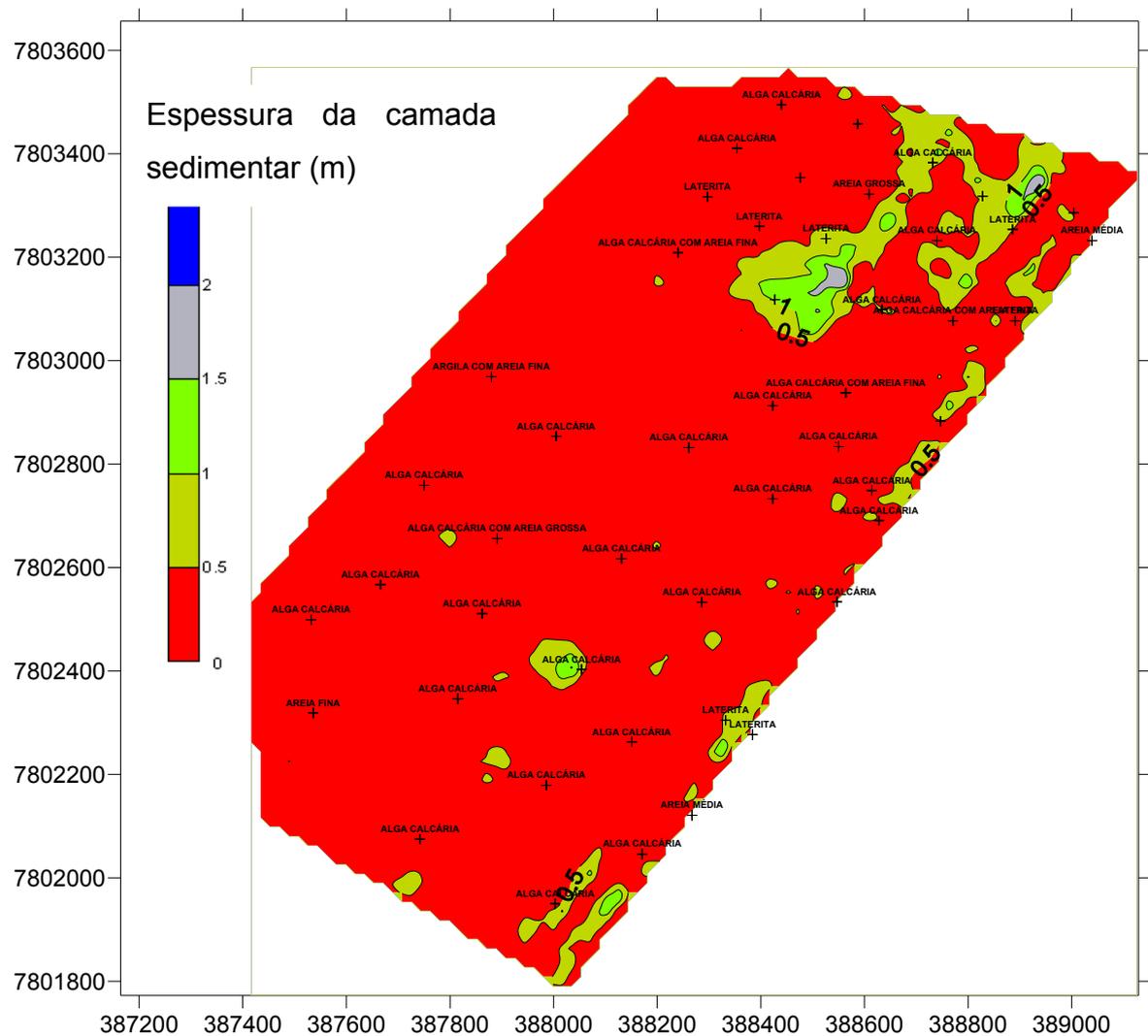
A seção (B) está localizada mais *offshore* e mostra um padrão morfológico semelhante, porém com profundidades maiores. Destaca-se nesta seção a ocorrência de afloramentos isolados.



**Figura 5-218:** Seções sísmicas paralelas à linha costa. (A) A seção mostra a passagem de uma região com substrato mais rígido (SW) para uma região com a ocorrência de um fundo arenoso (NE); (B) Ocorrência de afloramentos pontuais na região NE, mostrando a diferença morfológica com o setor sul da área de estudo

5.1.5.2.1.2.5 Resultados

A partir da interpretação dos refletores sísmicos e dos dados de *jet probe* foi gerado um mapa de isópacas (linha de mesma espessura) – Ver **Figura 5-219**. Este mapa mostra que as áreas de maior espessura de sedimento estariam então localizadas na região NE, onde a ocorrência de um substrato mais rígido é observada apenas pontualmente ou recoberta por camadas sedimentares de cerca de 1m de espessura.



**Figura 5-219:** Mapa de isópacas com os pontos de amostragem e descrição do material coletado.

### 5.1.5.2.1.3 Conclusão

Os dados geofísicos integrados com as amostragens diretas do fundo marinho revelaram a pequena espessura de sedimentos da região. A geologia da região é condicionada em muito pela ocorrência de afloramentos da Formação Barreiras, principalmente por sedimentos laterizados que formam um substrato rígido, formando irregularidades que propiciam o crescimento de algas calcárias e corais. A área de projeto é geologicamente caracterizada por bancos de algas calcárias que crescem por sobre um substrato de laterita. Ao redor destes afloramentos encontramos areias bioclásticas médias a grossas com espessuras em torno de 1m.

### 5.1.5.2.2 Prospecção por jateamento hidráulico - *Jet Probe*

#### 5.1.5.2.2.1 Metodologia

A prospecção do substrato marinho por jateamento hidráulico (*Jet Probe*) tem por objetivo determinar a profundidade das rochas existentes sob a lama e delimitar as rochas afloradas, servindo ainda de subsidio a análise do levantamento sísmico.

É realizada por meio da penetração de um tubo de aço onde é injetada água sob pressão. O tubo penetra o sedimento à medida que o mesmo se desagrega em função da turbulência gerada pelo jato de água. A investigação é realizada com apoio de mergulhador, sendo o posicionamento dos furos obtido com uso de receptor DGPS com precisão submétrica. A **Figura 5-220** ilustra o método.

No momento em que a embarcação se posicionava imediatamente acima dos pontos, o tubo de prospecção era lançado de forma que pudesse marcar a posição. Em seguida um mergulhador descia até ponto onde o tubo era lançado e

operava de forma a atingir a máxima profundidade possível. Essa profundidade de penetração do tubo foi registrada e em paralelo também foi observado o tipo de material de fundo e realizada coleta de amostra do sedimento que se desprendia do orifício formado à medida que a ação do jateamento o erodia, quando o material de fundo era do tipo rochoso buscou-se também obter uma amostra de fragmentos do mesmo. As amostragens foram embaladas para eventual averiguação de suas características.



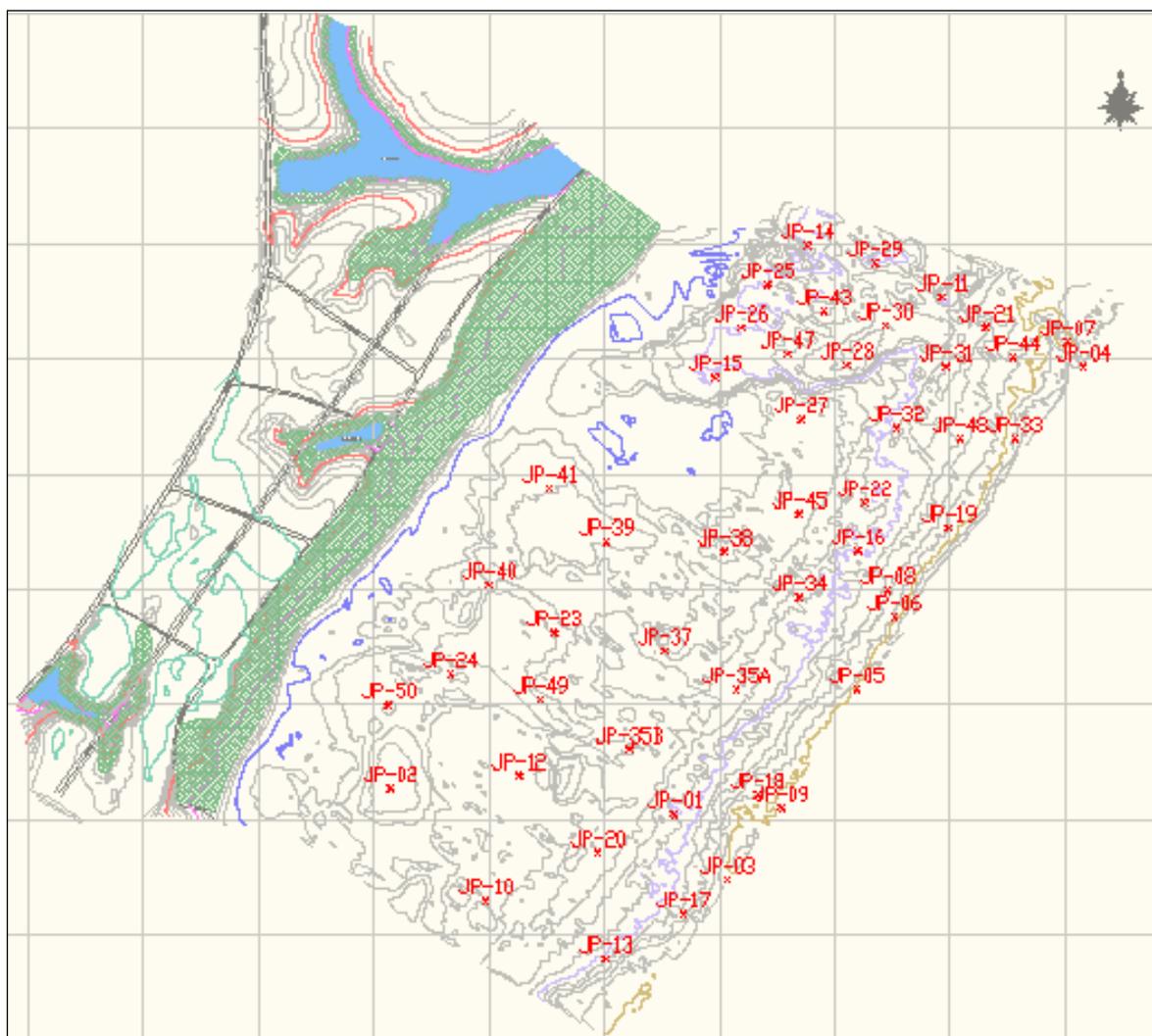
**Figura 5-220:** Sistema de prospecção por Jateamento Hidráulico

#### 5.1.5.2.2 Equipamentos

- Bomba a pistão com 500 libras de pressão conectada a haste graduada com ponta de 3/8" e mangueira e tubos rosqueáveis de ferro.
- Moto-bomba diesel, marca Branco, modelo BD-710CF, com 5 CV de potencia.
- Equipamentos de mergulho autônomo;
- Receptor DGPS para posicionamento.

### 5.1.5.2.2.3 Localização dos pontos de amostragem *Jet Probe*

Foram investigados 50 furos de *Jet Probe* locados segundo indicação realizada pelo geólogo consultor quando da análise dos dados sísmicos, conforme **Figura 5-221**.



**Figura 5-221:** Localização dos pontos de amostragem *Jet Probe*

### 5.1.5.2.2.4 Descrição e caracterização das amostras de sondagem

A descrição e a caracterização das amostras de sondagem são apresentadas na **Tabela 5-73**. O tipo de material encontrado foi predominantemente de algas calcárias, sendo também encontradas estruturas lateríticas e poucas áreas com

---

presença de areia. Os pontos JP 46 e JP 42 não puderam ser prospectados pois se localizavam sobre área com profundidade muito rasa (<1m).

**Tabela 5-73:** Descrição e Caracterização das amostras de sondagem

AMOSTRA	ESTE	NORTE	DESCRIÇÃO DE MATERIAL	PENETRAÇÃO (m)	OBSERVAÇÕES
JP-01	388151	7802263	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-02	387536	7802319	AREIA FINA	0,30	Subsuperfície resistente à penetração
JP-03	388267	7802121	AREIA MÉDIA	0,15	Subsuperfície resistente à penetração
JP-04	389039	7803232	AREIA MÉDIA	0,40	Subsuperfície resistente à penetração
JP-05	388547	7802534	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-06	388628	7802691	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-07	389004	7803286	LATERITA	0,00	Superfície sem penetração
JP-08	388614	7802749	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-09	388384	7802277	LATERITA	0,00	Superfície sem penetração
JP-10	387742	7802075	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-11	388732	7803383	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-12	387815	7802346	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-13	388003	7801950	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-14	388440	7803495	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-15	388240	7803209	ALGA CALCÁRIA COM AREIA FINA	0,15	Subsuperfície resistente à penetração
JP-16	388550	7802834	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-17	388171	7802046	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-18	388332	7802305	LATERITA	0,00	Superfície sem penetração
JP-19	388747	7802883	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-20	387986	7802179	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-21	388828	7803318	LATERITA	0,00	Superfície sem penetração
JP-22	388564	7802938	ALGA CALCÁRIA COM AREIA FINA	0,00	Superfície sem penetração
JP-23	387891	7802656	ALGA CALCÁRIA COM AREIA GROSSA	0,30	Subsuperfície resistente à penetração
JP-24	387666	7802567	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-25	388354	7803411	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-26	388297	7803317	LATERITA	0,00	Superfície sem penetração
JP-27	388427	7803118	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-28	388526	7803236	LATERITA	0,00	Superfície sem penetração
JP-29	388587	7803458	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração

Continua...

**Tabela 5-74 (continuação):** Descrição e Caracterização das amostras de sondagem

AMOSTRA	ESTE	NORTE	DESCRIÇÃO DE MATERIAL	PENETRAÇÃO (m)	OBSERVAÇÕES
JP-30	388609	7803322	AREIA GROSSA	0,50	Superfície sem penetração
JP-31	388740	7803232	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-32	388634	7803099	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-33	388891	7803077	LATERITA	0,00	Superfície sem penetração
JP-34	388423	7802733	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-35A	388286	7802533	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-35B	388054	7802403	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-37	388131	7802617	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-38	388261	7802832	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-39	388005	7802854	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-40	387750	7802759	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-41	387880	7802969	ARGILA COM AREIA FINA	1,20	Subsuperfície resistente à penetração
JP-43	388476	7803354	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-44	388886	7803254	LATERITA	0,00	Superfície sem penetração
JP-45	388423	7802913	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-47	388397	7803260	LATERITA	0,00	Superfície sem penetração
JP-48	388771	7803077	ALGA CALCÁRIA COM AREIA FINA	0,00	Superfície sem penetração
JP-49	387862	7802511	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração
JP-50	387532	7802499	ALGA CALCÁRIA	0,00	Superfície sem penetração

As amostras do *Jet Probe* estão apresentadas a seguir.



**Figura 5- 222:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 01”.



**Figura 5-223:** Amostra de areia fina com alga calcária retirada no ponto “JP 02”.



**Figura 5-224:** Amostra de areia média retirada no ponto “JP 03”.



**Figura 5-225:** Amostra de areia média retirada no ponto “JP 04”.



**Figura 5-226:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 05”.



**Figura 5-227:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 06”.



**Figura 5-228:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 07”.



**Figura 5-229:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 08”.



**Figura 5-230:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 09”.



**Figura 5-231:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 10”.



**Figura 5-232:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 11”.



**Figura 5-233:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 12”.



**Figura 5-234:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 13”.



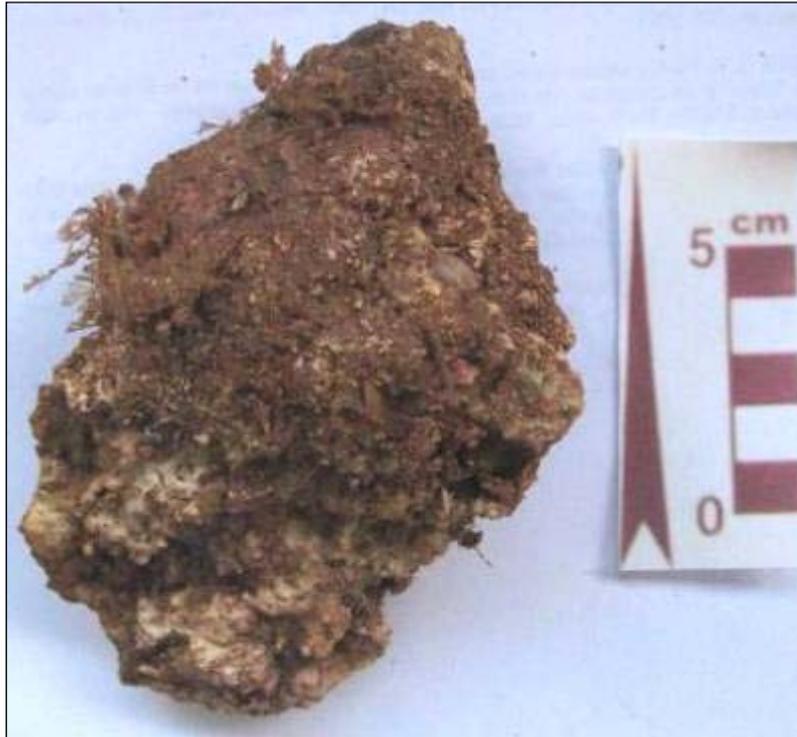
**Figura 5-235:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 14”.



**Figura 5-236:** Amostra de alga calcária com areia fina retirada no ponto “JP 15”.



**Figura 5-237:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 16”.



**Figura 5-238:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 17”.



**Figura 5-239:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 18”.



**Figura 5-240:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 19”.



**Figura 5-241:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 20”.



**Figura 5-242:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 21”.



**Figura 5-243:** Amostra de alga calcária com areia fina retirada no ponto “JP 22”.



**Figura 5-244:** Amostra de alga calcária com areia grossa retirada no ponto “JP 23”.



**Figura 5-245:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 24”.



**Figura 5-246:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 25”.



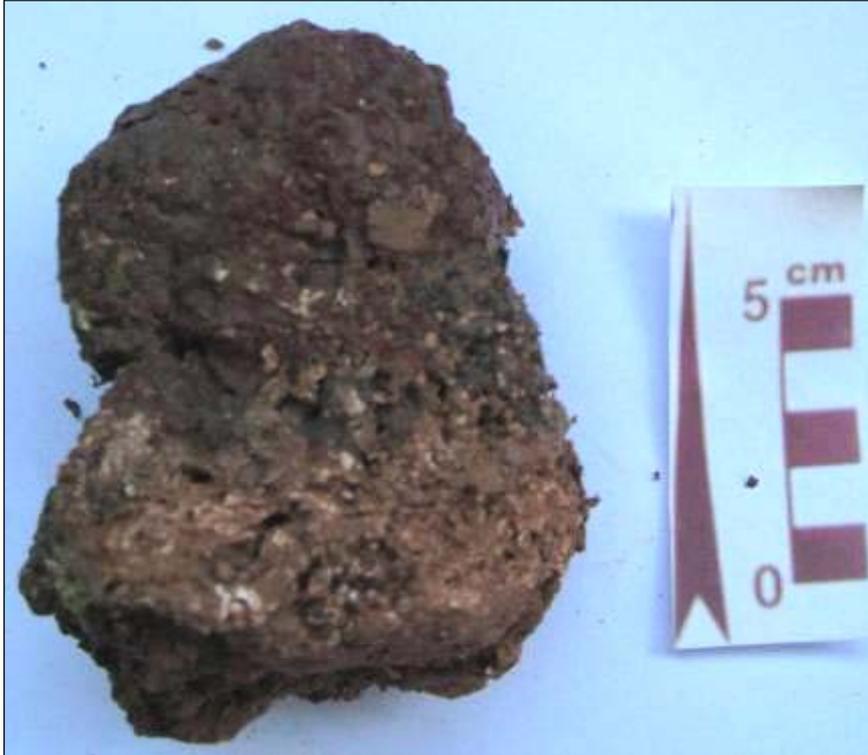
**Figura 5-247:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 26”.



**Figura 5-248:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 27”.



**Figura 5-249:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 28”.



**Figura 5-250:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 29”.



**Figura 5-251:** Amostra de areia grossa retirada no ponto “JP 30”.



**Figura 5-252:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 31”.



**Figura 5-253:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 32”.



**Figura 5-254:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 33”.



**Figura 5-255:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 34”.



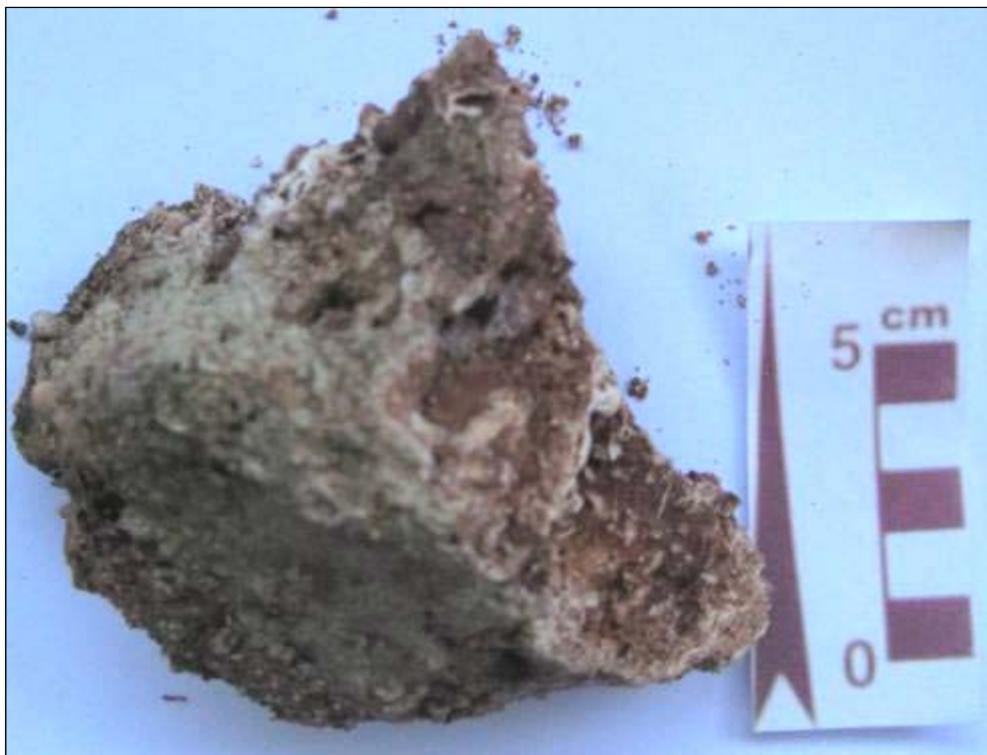
**Figura 5-256:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 35A”.



**Figura 5-257:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 35B”.



**Figura 5-258:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 37”.



**Figura 5-259:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 38”.



**Figura 5-260:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 39”.



**Figura 5-261:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 40”.



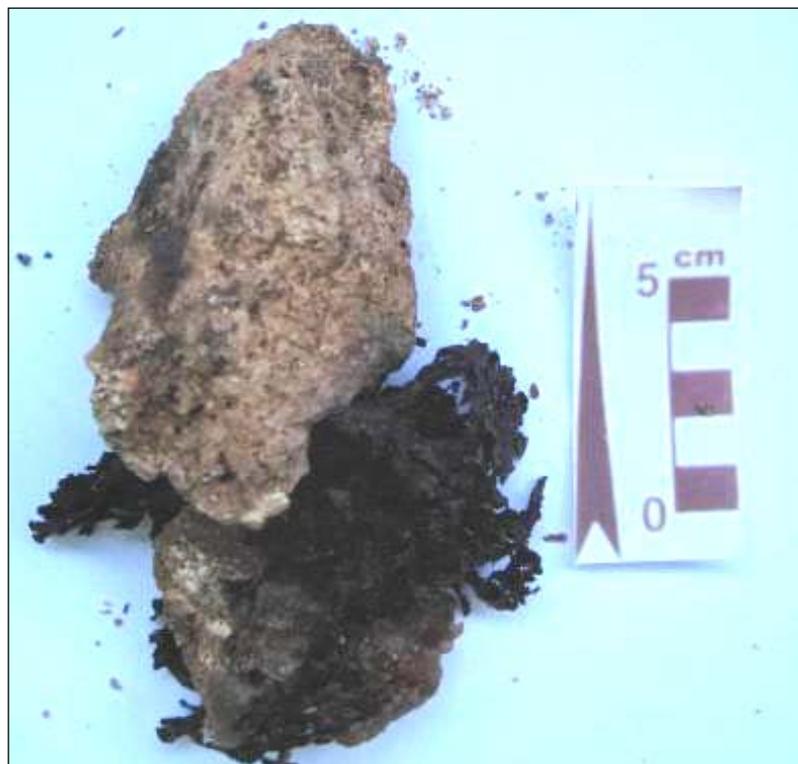
**Figura 5-262:** Amostra de argila com areia fina retirada no ponto “JP 41”.



**Figura 5-263:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 43”.



**Figura 5-264:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 44”.



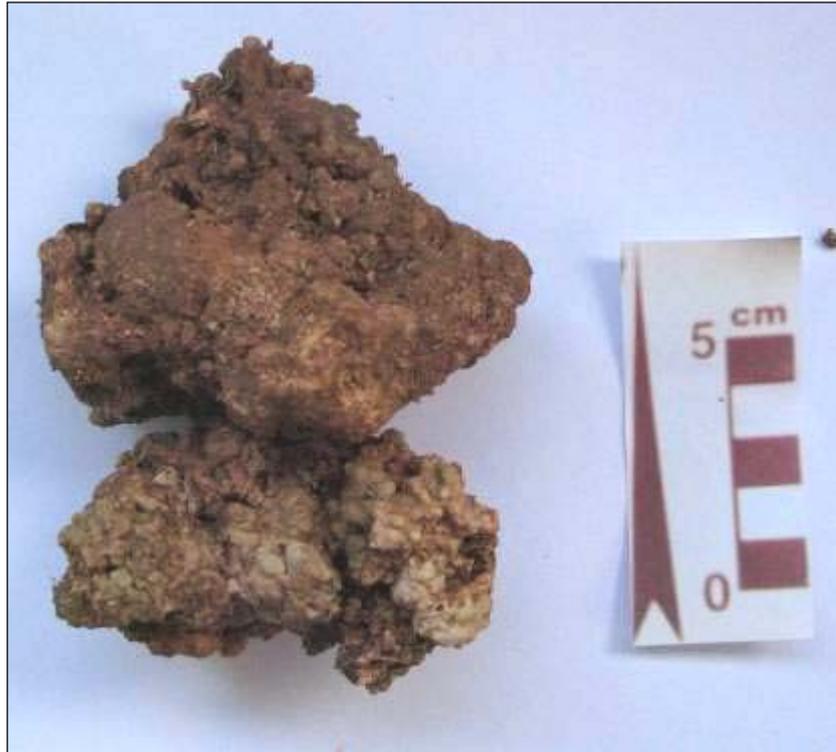
**Figura 5-265:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 45”.



**Figura 5-266:** Amostra de laterita retirada no ponto “JP 47”.



**Figura 5-267:** Amostra de alga calcária com areia fina retirada no ponto “JP 48”.



**Figura 5-268:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 49”.



**Figura 5-269:** Amostra de alga calcária retirada no ponto “JP 50”

---

### 5.1.5.3 Levantamento topográfico

#### 5.1.5.3.1 Referência cartográfica planimétrica

A referência cartográfica planimétrica básica adotada é o Sistema de Projeção UTM (Universal Transverso de Mercator). A origem da quilometragem UTM é o Equador e o Meridiano 39° W Gr., acrescidas as constantes de 10.000 e 500 km, respectivamente. Como cada ponto do elipsóide de referência (descrito por latitude e longitude) está biunivocamente associado ao terno de valores Meridiano Central, Coordenada E e coordenada N, foram representados em metros no quadriculado UTM associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, com as referências apresentadas na lateral direita (N) e na parte superior dos mapas, cartas e plantas (E).

Foi usada a estação de referência planimétrica “Estação Geodésica Planimétrica SAT 93757” (IBGE), conforme **Tabela 5-75**.



## Relatório de Estação Geodésica

Estação :	93757	Nome da Estação :	93757	Tipo :	Estação Planimétrica - SAT
Município :	ARACRUZ			UF :	ES
Última Visita:	14/09/2005	Situação Marco Principal :	Bom		

DADOS PLANIMÉTRICOS			DADOS ALTIMÉTRICOS			DADOS GRAVIMÉTRICOS		
Latitude	19 ° 50 ' 32,6873 " S	Altitude Ortométrica(m)	19,67	Gravidade(mGal)				
Longitude	40 ° 05 ' 52,6527 " W	Altitude Geométrica(m)	27,56	Sigma Gravidade(mGal)				
Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão				
Origem	Ajustada	Data Medição	14/09/2005	Datum				
S Datum	SAD-69	Data Cálculo	09/01/2006	Data Medição				
A Data Medição	14/09/2005	Sigma Altitude Geométrica(m)		Data Cálculo				
D Data Cálculo	09/01/2006	Modelo Geoidal	MAPGEO2004	Correção Topográfica				
S Sigma Latitude(m)	0,004			Anomalia Bouguer				
S Sigma Longitude(m)	0,004			Anomalia Ar-Livre				
UTM(N)	7.805.575,571			Densidade				
UTM(E)	385.028,011							
MC	-39							
Latitude	19 ° 50 ' 34,4390 " S	Altitude Ortométrica(m)	19,55	Gravidade(mGal)				
S Longitude	40 ° 05 ' 54,0383 " W	Altitude Geométrica(m)	12,60	Sigma Gravidade(mGal)				
I Fonte	GPS Geodésico	Fonte	GPS Geodésico	Precisão				
R Origem	Ajustada	Data Medição	14/09/2005	Datum				
O Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	06/03/2006	Data Medição				
A Data Medição	14/09/2005	Sigma Altitude Geométrica(m)	0,015	Data Cálculo				
S Data Cálculo	06/03/2006	Modelo Geoidal	MAPGEO2004	Correção Topográfica				
2 Sigma Latitude(m)	0,002			Anomalia Bouguer				
0 Sigma Longitude(m)	0,003			Anomalia Ar-Livre				
0 UTM(N)	7.805.529,034			Densidade				
0 UTM(E)	384.988,470							
MC	-39							

\* Último Ajustamento Planimétrico Global SAD-69 em 15/09/1998

\*\* Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006

\*\*\* Dados Planimétricos para Fonte carta nas escalas menores ou igual a 1:250000, valores SIRGAS2000 = SAD-69

Estação Visada	Azimute	Tipo	Distância (m)
AZ93757	87° 16' 12,6124"	Geodésico	784,612

### Localização

No cantoneiro do trevo de acesso a Fábrica Aracruz Celulose e as localidades de Barra do Riacho, Vila Riacho e a BR-101 - Norte, aproximadamente 80 m a W de uma torre de alta tensão.

### Descrição

Pilar de concreto de formato piramidal medindo 0,18m de altura e 0,18 m x 0,18 m no topo, sobre uma base de 0,50 m x 0,50 m, aforando 0,10 m do solo, com uma chapa de metal cravada em seu topo com a inscrição CREA-ES SAT 93757

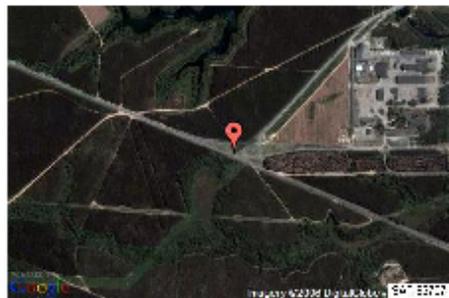
### Itinerário

Partir da Praça da Paz, na cidade de Aracruz, pela Av. Venâncio Flores em direção a Barra do Riacho; com 00,3 em um trevo seguir à esquerda pela Rua Professor Lobo; com 01,2 km em um trevo após o Shopping, seguir em frente; com 11,3 km passar em frente ao viveiro da Aracruz; seguir em frente; com 18,8 km chega-se ao trevo onde está o marco.

### Observação

Contato: Sr. Américo Pretti Filho - GTEC, Diretor Operacional. Tel:(27) 3270 2823, (27) 3270 8803 ou (27) 9984 8982 email: gtec@aracruz.com.br - site web-www.gteciopogeo.com.br

Foto(s):



Mantenha-se atualizado consultando periodicamente o BDG.  
Para entrar em contato conosco, utilize os recursos abaixo:  
Fale conosco: 0800 218181 Email: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br)

Tabela 5-75: Estação Geodésica Planimétrica SAT 93757 (IBGE).

#### 5.1.5.3.2 Sistema geodésico

O sistema geodésico adotado para referência é o *World Geodetic System* de 1984 (WGS 84).

#### 5.1.5.3.3 Levantamento planialtimétrico

Foram implantadas estações de apoio respectivamente ao longo e no interior da área de trabalho. O transporte de coordenadas para estas estações e a partir da estação SAT 93757 foi efetuado por rastreamento GPS.

As coordenadas e altitudes foram adicionalmente transportadas e ajustadas entre as estações por poligonização utilizando-se estação total.

Irradiações foram efetuadas a partir das estações de poligonal para cadastro dos pontos de interesse, limite de mata, limite de corpo d'água, limite de plantio de eucalipto, rede elétrica e outros pontos notáveis.

O cálculo do rastreamento foi efetuado utilizando-se o *software* GPSurvey V2.35a  
O cálculo topográfico foi efetuado utilizando-se o *software* Sistema Topograph Versão 3.77. Computação Gráfica produzida com AutoCAD 2000.

#### 5.1.5.3.4 Transporte de Referência de Nível

A referência cartográfica altimétrica adotada foi N.R. (Nível de Redução) Local, que corresponde aproximadamente à média das baixa-mares em sizígia, estabelecido pela DHN para o marco NR-4 (Testemunho da Estação Maregráfica 40240 (Versão 1/2006) - Terminal de Barra do Riacho exibida na **Tabela 5-76**.

A referencia de nível encontra-se instalado na quina do berço 2 e com altitude de 3,960m.

O transporte foi realizado pelo método do nivelamento geométrico até a área de trabalho sendo então implantados pontos de apoio à poligonal topográfica.

#### 5.1.5.3.5 Equipamentos

Estação Total GTS;  
Receptores GPS de Levantamento - GTR A;  
Receptores GPS Novatel DL-V3;  
Nível Automático N2;  
Miras Falantes e prismas óticos.

#### 5.1.5.3.6 Planta topográfica

Foi confeccionada planta Planialtimétrico da área investigada exibindo todos os elementos cadastrados assim como as curvas nível do terreno.

#### 5.1.5.4 Geomorfologia

A região na qual se insere a área de estudo encontra-se localizada no município de Aracruz, na porção litorânea centro-norte do Estado do Espírito Santo, e, segundo classificação adotada pelo Projeto Levantamento de Recursos Naturais (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1983), tem-se nesta região apenas um domínio morfo-estrutural, representado pelos Depósitos Sedimentares.

Este domínio morfo-estrutural se estende por uma ampla região no Estado do Espírito Santo e, de modo geral, toda a parte costeira centro-norte do Estado que se enquadra neste domínio é dividida em duas unidades geomorfológicas distintas: os Tabuleiros Costeiros e a Planície Costeira.

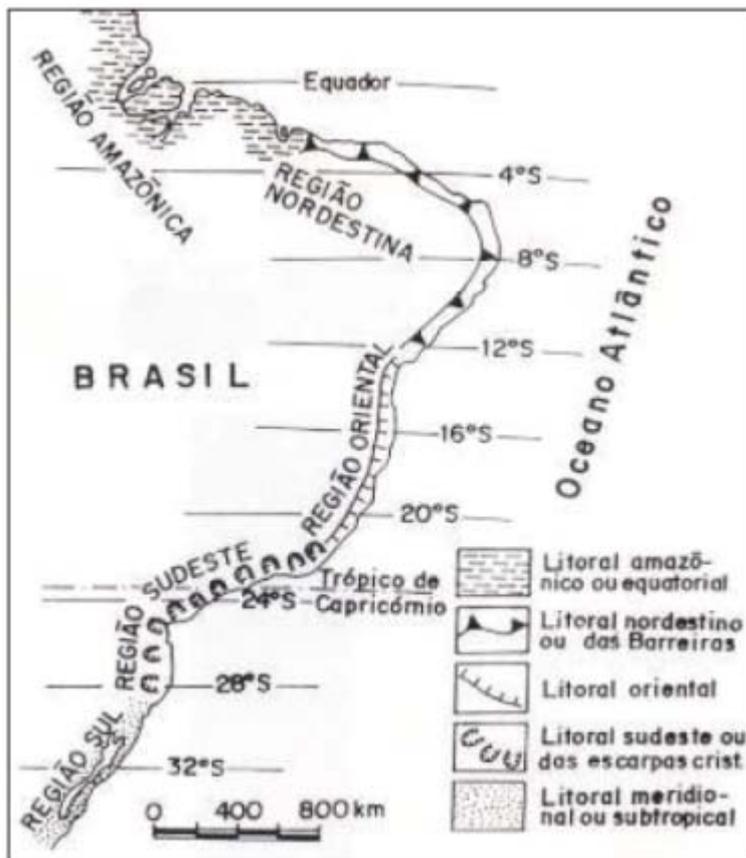
Na área de estudo a unidade da Planície Costeira se faz presente nas partes mais baixas do terreno, através dos depósitos arenosos costeiros, enquanto os Tabuleiros Costeiros ocupam a parte mais elevada da área prevista para implantação do empreendimento. Desta forma, a caracterização da geomorfologia da área de estudo se encontra voltada para estes depósitos sedimentares com suas duas unidades geomorfológicas.

Neste item referente à Geomorfologia apresenta-se o Mapa de Unidades Geomorfológicas para a área de estudo que mostra a distribuição de cada unidade de mapeamento, acompanhado de um texto explicativo onde são abordadas as principais características de cada unidade geomorfológica.

Apresenta-se ainda, para a área de estudo, além da descrição da compartimentação do relevo, mostrando a forma de ocorrência e as características das unidades geomorfológicas identificadas na área, uma avaliação morfodinâmica da mesma, onde se procurou evidenciar as suscetibilidades a processos erosivos, inundações e instabilidade dos terrenos.

Em relação aos aspectos geomorfológicos do meio marinho, Silveira (1964) classifica o litoral brasileiro em 5 regiões, sendo que a área estudada faz parte do litoral oriental, compreendendo o setor situado entre o Recôncavo Baiano e o norte do Estado do Espírito Santo (**Figura 5-270**).

Ainda de acordo com Silveira (1964), o litoral oriental exhibe três unidades geomorfológicas distintas que, da costa para o interior, compreendem as seguintes unidades: a planície litorânea de idade quaternária, os “tabuleiros” da Formação Barreiras de idade terciária e a região montanhosa constituída por rochas cristalinas pré-cambrianas.



**Figura 5-270:** Compartimentos do litoral brasileiro.  
**Fonte:** (SILVEIRA, 1964)

Martin *et al.* (1996) argumentam que o litoral capixaba pode ser dividido em cinco setores, sendo que a área de estudo compreende o setor 3, estendendo-se de Barra do Riacho até a Ponta de Tubarão na Baía do Espírito Santo. A principal característica deste trecho é o fraco desenvolvimento dos depósitos quaternários ao sopé das falésias da Formação Barreiras. Observam-se, ainda, locais onde as falésias da Formação Barreiras estão em contato direto com a praia. Os depósitos flúvios-marinhos são mais pronunciados ao longo dos vales dos rios Piraquê-Açu, Reis Magos e Santa Maria de Vitória.

A Formação Barreiras é a designação que comumente é dada aos sedimentos inconsolidados, de origem continental, que, atualmente, se encontram dispostos em uma estreita faixa ao longo da região costeira. Esta Formação se estende do Estado do Pará ao estado do Rio de Janeiro (Bigarella & Andrade, 1964) e apresenta solos naturalmente cimentados por óxidos de ferro devido ao processo

de laterização, comum em climas tropicais (MOURA *et al*, 2007). Este processo de laterização produz uma canga ou couraça laterítica, bastante comum ao longo do litoral capixaba.

#### 5.1.5.4.1 Metodologia

A metodologia utilizada no presente levantamento constou basicamente de três etapas principais:

- Levantamento bibliográfico com consultas a vários documentos, podendo ser destacados o Projeto RadamBrasil - Levantamento de Recursos Naturais, Volume 32 (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1983), o Projeto Macrozeamento Costeiro – Setor Vitória (SEAMA, 1990).
- Campanhas de campo, onde se percorreu toda a área prevista para implantação do empreendimento, procurando reconhecer as feições geomorfológicas já definidas para a região de estudo e coletar dados específicos acerca daquela área.
- Finalmente, uma etapa onde se desenvolveram os trabalhos de escritório e de mapeamento, objetivando a consolidação dos dados levantados e execução do Mapa de Unidade Geomorfológicas e do relatório final da presente caracterização geomorfológica da área estudada.

#### 5.1.5.4.2 Compartimentação do relevo e unidades geomorfológicas

O domínio morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares se estende por uma ampla região no Espírito Santo, desde a Vila de Itaúnas, a norte, até a região ao sul de Guarapari. Todavia é na porção norte do estado que este domínio morfoestrutural se faz mais bem representado, onde ocorrem em ampla distribuição as duas unidades geomorfológicas que compõem este domínio, sobretudo na região da foz do rio Doce até cerca de 60 km para dentro do continente.

Na área de estudo a unidade da Planície Costeira não se faz presente de modo tão significativo como no delta do rio Doce, uma vez que não são observadas as feições típicas da unidade representadas pelos amplos depósitos de cordões litorâneos e depósitos de brejo, assim como os depósitos de mangue.

A **Tabela 5-77**, a seguir, ilustra a compartimentação do relevo da área de estudo, dividindo-o em domínios morfoestruturais e unidades geomorfológicas, com base no Projeto Levantamento de Recursos Naturais (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1983). Estas unidades geomorfológicas encontram-se representadas no Mapa de Unidades Geomorfológicas da área de estudo, que se encontra na **Figura 5-271**.

**Tabela 5-77:** Compartimentação do relevo da área de estudo.

<b>Domínios Morfo-Estruturais</b>	<b>Unidades Geomorfológicas</b>
Depósitos Sedimentares	Tabuleiros Costeiros Planícies Costeiras

**Fonte:** Projeto Levantamento de Recursos Naturais, 1983

Com relação à bacia hidrográfica, a porção sul da área proposta para a implantação do empreendimento em questão pertence à bacia hidrográfica do córrego do Sahy, em seu trecho junto ao mar. As partes central e norte da área de estudo, em função da ausência de cursos de água e da proximidade com o mar, apresentam suas águas pluviais escoando superficialmente de forma direta e difusa para o oceano Atlântico.



#### 5.1.5.4.2.1 Planície Costeira

Esta unidade compreende, junto com os Tabuleiros Costeiros, a parte do Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares, distribuída ao longo da costa. Englobam os modelados marinhos, fluviais, flúvio-marinhos e eólicos que retratam as diversas fases da evolução geomorfológica no decorrer do Quaternário e estão distribuídos de forma irregular entre o oceano Atlântico e a região dos Tabuleiros, podendo ainda penetrar a região dos Tabuleiros ao longo das baixadas e cursos de água. Estão representados pelos complexos deltáicos, estuarinos e praias existentes próximos à linha de costa (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 1983, *op.cit.*).

A Planície Costeira na área de estudo não apresenta as dimensões com que esta ocorre na região do delta do rio Doce, localizada poucos quilômetros a norte da área prevista para o estaleiro, onde chega a atingir mais de 40 km de largura no sentido leste-oeste e cerca de 100 km de extensão no sentido norte-sul. Segundo Bacoccoli (1971), o delta do rio Doce é o mais importante do litoral brasileiro, excedendo 2.500 km<sup>2</sup> de área em sua parte subaérea, apresentando características de delta destrutivo dominado por ondas.

No interior da área de estudo a unidade geomorfológica da Planície Costeira se faz presente através de um pequeno depósito fluvial junto ao córrego que corta a porção norte do terreno. Para leste, junto à linha de costa, a unidade encontra-se representada pelos sedimentos arenosos de origem marinha. O Mapa de Unidades Geomorfológicas ilustra a distribuição da Planície Costeira no interior da área proposta para o empreendimento.

Esses depósitos arenosos, que predominam na Planície Costeira, são decorrentes de uma sedimentação de areias marinhas junto a antigas linhas de costa, cujo ambiente, ao receber o aporte de sedimentos continentais, os retrabalhou e os depositou, através da ação das ondas e correntes.

Na região compreendida pela Planície Costeira na área do empreendimento predomina um relevo bastante plano, sem qualquer tipo de proeminência significativa, possuindo cotas altimétricas em torno de 1 metro na porção arenosa junto à linha de costa, representando as mais baixas altimetrias da área de estudo. Como pode ser verificado no Mapa de Unidades Geomorfológicas, esta unidade se encontra distribuída na faixa costeira da área de estudo. A **Figura 5-272** e a **Figura 5-273** ilustram o relevo plano desta Planície Costeira nas proximidades do mar.



**Figura 5-272:** Vista do relevo plano predominante na unidade da Planície Costeira no interior da restinga.



**Figura 5-273:** Vista do relevo plano predominante na unidade da Planície Costeira na faixa litorânea junto à praia.

A unidade geomorfológica da Planície Costeira corresponde a um modelado de acumulação sedimentar decorrente de processos atuais e subatuais, representados pela sedimentação marinha junto à linha de costa e pela sedimentação fluvial ao longo do pequeno curso de água de baixa energia na porção norte da área de estudo.

Não se observa na Planície Costeira da área de estudo a feição morfológica marcante dos cordões litorâneos arenosos, paralelos e sucessivos, muito típicos em regiões de deltas, como ocorre mais ao norte do Estado, junto à desembocadura do rio Doce.

No caso da sedimentação marinha se tem a ação do mar, que ao receber o aporte de sedimentos continentais carregados pelos rios, os retrabalha e os deposita, enquanto no caso da sedimentação fluvial, o fundo chato, em forma de 'U', que predomina ao longo do talvegue no norte da área favorece a deposição dos sedimentos transportados pela drenagem, sobretudo na situação atual na qual o canal de encontra barrado e acumulando água e sedimentos, conforme ilustram a **Figura 5-274** e a **Figura 5-275**.



**Figura 5-274:** Estrada que causou o barramento da drenagem na porção norte da área, em condição de cheia do curso de água.



**Figura 5-275:** Vista de trecho com acúmulo de sedimentos fluviais em vale de fundo chato na porção norte da área.

Embora não pertencentes à área do empreendimento, os modelados flúvio-marinhos são representados pelos mangues atuais que ocupam parte da Planície Costeira ao sul da área prevista para o estaleiro, na região da foz do córrego Sahy, conforme ilustram a **Figura 5-276** e **Figura 5-277**. Estes modelados são formados a partir da contribuição de sedimentos continentais e marinhos, através da influência da sedimentação de maré. Ressalte-se, entretanto, que esses modelados encontram-se fora da área prevista para implantação do empreendimento.

O contato desta unidade com os Tabuleiros Costeiros em grande parte da área de estudo se faz com uma nítida quebra de relevo, que ocorre de forma bastante brusca, com feição típica de paleofalésias próximas à linha de costa, conforme se apresenta na **Figura 5-278**. Na porção norte da área, este contato entre unidades se faz de forma mais gradual, sem a presença de falésias, sugerindo que as mesmas já tenham passado por significativa dissecação fluvial. As paleofalésias entre a Planície Costeira e o Grupo Barreiras representam antigas posições da linha de costa.



**Figura 5-276:** Manguezal representando os modelados e depósitos flúvio-marinhos na foz do Córrego do Sahy, em ponto ao sul da área prevista para o estaleiro.



**Figura 5-277:** Espécies características do manguezal encontrado na região ao sul da área prevista para o estaleiro.



**Figura 5-278:** Paleofalésias marcando o contato entre as unidades da Planície Costeira e dos Tabuleiros Costeiros, onde se observa o relevo íngreme das falésias.

Observou-se que na área de estudo encontram-se ausentes as lagoas costeiras, muito comuns de serem formadas nesta unidade geomorfológica. Estas lagoas têm sua origem a partir do rebaixamento do nível do oceano Atlântico, onde os rios que desaguavam diretamente no mar, passaram a escavar profundos vales decorrentes do aumento da energia fluvial provocada pela maior diferença altimétrica entre seu vale e o nível de base representado pelo mar. Com a posterior elevação do nível do mar, sedimentos quaternários trazidos pelas correntes provocaram o barramento destes cursos de água, dando origem às várias lagoas existentes na região costeira. No entanto, em função da pequena extensão da Planície Costeira na área de estudo, não foram observadas tais feições.

Na Planície Costeira da área prevista para implantação do empreendimento não se observa qualquer tipo de construção, sendo observada apenas ao sul da área, na localidade de Barra do Sahy.

#### 5.1.5.4.2.2 Tabuleiros Costeiros

Os Tabuleiros Costeiros em sua área de ocorrência no Estado do Espírito Santo distribuem-se de oeste para leste, desde os sopés das elevações cristalinas Pré-Cambrianas até as proximidades do litoral ou até a Planície Costeira, onde esta

se encontra presente. Estendem-se ainda, tanto para norte, atingindo o estado da Bahia, como para sul, até a região de Anchieta, e representam uma das feições mais significativas na geomorfologia do Estado.

Os Tabuleiros Costeiros coincidem com os sedimentos terciários do Grupo Barreiras, composto por arenitos e argilitos semi consolidados, o que permitiu à geomorfogênese imprimir a estes sedimentos uma feição tabular típica, resultando na denominação de Tabuleiros Costeiros em função de sua ocorrência próxima à linha de costa. No interior da área de estudo estes tabuleiros apresentam-se ocupando uma porção significativa da área, como pode ser observado no Mapa de Unidades Geomorfológicas apresentado anteriormente.

Para oeste, em direção ao interior do continente, estes tabuleiros continuam com uma suave ascensão, chegando, na porção norte do estado, a atingir mais de 100 m de altitude na altura de seu contato com as elevações serranas do cristalino, já bastante distante da área de estudo. Em média, o gradiente do relevo dos Tabuleiros Costeiros é da ordem de 1,2 metro por quilometro, com declividade para o mar (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, *op.cit.*).

Na área de estudo esta unidade apresenta um relevo que varia de plano a suave ondulado, levemente inclinado em direção ao litoral, com cotas dos topos tabulares ou semi-tabulares variando em torno de 16 metros, que correspondem às partes mais elevadas da área. A partir deste topo as cotas altimétricas vão reduzindo-se ao longo das encostas até atingir um mínimo de cerca de 4 metros, no sopé das encostas, que correspondem à base dos Tabuleiros, junto ao contato com a Planície Costeira.

Cabe ainda observar um caimento topográfico em direção ao norte, onde se encontra um pequeno talvegue, cujas cotas são também mais baixas que as cotas do topo dos Tabuleiros. A **Figura 5-279** ilustra o relevo extremamente plano dos Tabuleiros na área de estudo, enquanto a **Figura 5-280** apresenta o relevo levemente ondulado em outra parte da área.



**Figura 5-279:** Relevo extremamente plano no topo dos Tabuleiros Costeiros da área proposta para implantação do Estaleiro de Barra do Riacho.



**Figura 5-280:** Relevo levemente ondulado na unidade dos Tabuleiros Costeiros da área de estudo.

Na área de implantação do empreendimento não é verificada qualquer elevação marcante em relação ao relevo predominantemente plano dos Tabuleiros, caracterizando-se a área pela homogeneidade do relevo rebaixado dos Tabuleiros.

Quanto às encostas laterais dos Tabuleiros, que representam vertentes de acesso aos vales do córrego Sahy e do talvegue ao norte da área, as mesmas apresentam diferentes condições de declividade. No caso do córrego Sahy, embora as vertentes não sejam consideradas abruptas, possuem elevadas

declividades em direção ao vale deste curso de água, caracterizando-se como uma nítida quebra de relevo, ao passo que, em direção ao talvegue da porção norte da área, as vertentes são de baixa declividade e suaves.

O córrego Sahy escavou, ao longo do tempo geológico, profundas depressões nestes tabuleiros, resultando em vales abertos e de fundo chato ocupados por sedimentos fluviais. As diferenças de cotas entre o fundo dos vales e os topos planos dos Tabuleiros, que caracterizam o aprofundamento da drenagem, variam em torno de 14 metros.

De modo geral, o relevo plano apresentado pelos Tabuleiros Costeiros na região norte do Espírito Santo é repetidamente rompido, resultando em interflúvios tabulares com vales e depressões de dimensões variadas, por onde percorrem os rios e córregos que drenam a região. Na área de estudo esta compartimentação do relevo se repete, sendo os cursos de água do córrego Sahy, ao sul, e do talvegue barrado, ao norte, os dois cursos de água que definem o interflúvio principal, no qual serão implantadas as instalações do empreendimento proposto.

Lateralmente a estes vales, o relevo predominante volta a ser de interflúvios tabulares, normalmente de extensão média a grande, quando é novamente rompido por novas drenagens que se sucedem e vão entalhando o relevo da região.

Conforme já descrito anteriormente, o contato da unidade dos Tabuleiros Costeiros com a unidade da Planície Costeira na área de estudo se faz tanto com uma nítida quebra de relevo ao longo das vertentes, formando falésias, como de forma gradual na porção norte da área. De modo geral, este contato brusco, na forma de paleofalésias marca o limite do continente em épocas geológicas passadas, mostrando os locais que no passado corresponderam às antigas linhas de costa.

Além das altitudes diferentes entre as unidades geomorfológicas dos Tabuleiros Costeiros e da Planície Costeira na área de estudo, outra diferença marcante

entre as unidades refere-se aos modelados existentes nas duas unidades, prevalecendo nos Tabuleiros o modelado de aplanamento, enquanto na Planície Costeira predomina o modelado de acumulação.

Os Tabuleiros Costeiros representam um modelado de aplanamento com dissecação homogênea, decorrente de processos atuais e subatuais, resultando em feições de topo aplanados, levemente convexados e abaulados. Este modelado de aplanamento é também resultante da fraca resistência das rochas sedimentares terciárias do Grupo Barreiras, que se comportam com pouca resistência a uma morfogênese úmida, resultando na feição de um conjunto de relevos tabulares rebaixados.

Este modelado indica que a área de ocorrência desta unidade geomorfológica encontra-se sujeita a um contínuo processo de dissecação, equivalente a um processo de erosão homogênea ao longo do tempo geológico, não representando nas atuais condições geológicas e climáticas áreas sujeitas à sedimentação ou acumulação de sedimentos.

Por fim, cabe registrar que, assim como na unidade da Planície Costeira, na unidade dos Tabuleiros Costeiros no interior da área proposta para implantação do Estaleiro Barra do Riacho não se tem qualquer tipo de ocupação urbanística, que somente ocorre para sul da área, na localidade de Barra do Sahy.

#### 5.1.5.4.3 Avaliação morfodinâmica

Embora a área de estudo possua uma pequena dimensão, o que, de modo geral, dificulta a análise, apresenta-se neste item uma avaliação morfodinâmica que procurou identificar os processos físicos atuais que estão se processando no interior da área de estudo ou em seu entorno imediato.

Dentre os processos físicos passíveis de serem avaliados na área de estudo podem ser destacadas as áreas sujeitas a alagamentos ou encharcamentos, os

processos erosivos e as áreas com instabilidade de taludes. Descrevem-se a seguir, as formas como cada um desses processos se manifesta na área de estudo.

#### 5.1.5.4.3.1 Áreas sujeitas a alagamentos ou encharcamentos

A área de estudo, dependendo da unidade geomorfológica considerada, apresenta características e suscetibilidades diferentes frente às possibilidades de alagamentos ou encharcamentos.

Os Tabuleiros Costeiros da área de estudo, embora possuam um relevo predominantemente plano a suave ondulado, apresentam baixa suscetibilidade a este fenômeno, não havendo sido observados nesta unidade locais em que estejam ocorrendo, de forma natural, alagamentos e inundações.

Contribui para a baixa possibilidade de alagamentos nesta unidade o fato do terreno não apresentar áreas rebaixadas internamente, mas apenas declividades voltadas para as bordas, o que permite o escoamento das águas pluviais para as vertentes, seja em direção à Planície Costeira e ao mar, ou em direção ao córrego do Sahy ao sul, ou ainda, em direção ao talvegue barrado ao norte. Nestas vertentes a suscetibilidade a alagamentos e encharcamentos dos terrenos é totalmente nula, uma vez que as águas escoam livremente, sem acúmulo.

A área alagada observada ao longo do talvegue presente no norte da área de estudo tem origem antrópica, sendo a mesma provocada por um barramento existente para implantação de uma estrada em ponto a jusante do talvegue, conforme apresentado anteriormente na **Figura 5-274**. Tal situação acarretou no alagamento da área localizada a montante do barramento, conforme ilustra a **Figura 5-281**.



**Figura 5-281:** Talvegue apresentando área encharcada/alagada em função de barramento no talvegue no norte da área do empreendimento.

Este barramento, associado a um outro barramento provocado pela rodovia estadual ES-010 no mesmo talvegue, a montante do primeiro, também contribui para a continuidade do represamento para montante deste curso de água intermitente, em local situado do lado externo da área prevista para implantação do empreendimento em questão. A **Figura 5-282** ilustra a continuidade desta área alagada para montante da rodovia ES-010 em trecho fora da área do empreendimento.

O baixo gradiente de escoamento ao longo deste canal tornou-se mais acentuado a partir dos barramentos, que levaram à redução de fluxo e permitiram uma maior retenção e acúmulo de sedimentos que vão se depositando em seu leito e nas áreas alagadas de entorno do talvegue. Desta forma, observou-se que este vale já se encontra em processo de colmatagem com material fino carreado dos interflúvios laterais e pelo próprio curso intermitente, com tendência de formação de áreas de brejo em suas bordas.



**Figura 5-282:** Continuidade do talvegue para montante, já fora da área do empreendimento, que se encontra encharcado pelo barramento promovido pela rodovia ES-010.

Quanto às áreas baixas e planas da Planície Costeira na área de estudo, em local onde predominam sedimentos arenosos de praia, observou-se que tais áreas apresentam características bem definidas de baixa suscetibilidade para empoçamento de água ou alagamento.

Determinante para esta condição da baixa suscetibilidade a alagamentos tem-se a alta porosidade de seus sedimentos de composição extremamente arenosa, com baixo índice de coesão, o que caracteriza uma elevada permeabilidade que possibilita a infiltração das águas pluviais.

Contribui ainda para esta baixa propensão aos alagamentos a presença de um lençol freático não muito próximo a superfície do terreno, cujo NA encontra-se a 1,8 metros de profundidade, conforme estudo hidrogeológico realizado na área de implantação do empreendimento. Esta profundidade do lençol, que não é subflorante, permite a drenagem vertical das águas pluviais após as precipitações mais fortes, evitando-se que se acumulem na subsuperfície e superfície da área.

Em caso de excesso de chuvas ou de enxurradas que tenham como origem os terrenos adjacentes dos Tabuleiros Costeiros, o acúmulo de água empoçada em superfície será por períodos muito curtos.

#### 5.1.5.4.3.2 Processos erosivos

Com relação ao processo morfodinâmico representado pelos processos erosivos também é importante diferenciar os tipos de modelados existentes na área de estudo, uma vez que, em função dos mesmos, variam as características morfodinâmicas observadas.

Para a unidade dos Tabuleiros Costeiros na área de estudo a suscetibilidade aos processos erosivos foi avaliada como de média a baixa suscetibilidade, fruto de um relevo plano a suave ondulado que domina a área. Nestas partes mais planas ou suave onduladas dos Tabuleiros, as quais foram classificadas como de média suscetibilidade, predomina a erosão do tipo laminar, sem a presença de sulcos profundos ou voçorocamentos.

Com relação às vertentes da unidade dos Tabuleiros Costeiros, que ocorrem a partir das bordas dos topos, estas foram classificadas como de suscetibilidade média para desenvolvimento de processos erosivos, sobretudo pelas elevadas declividades que apresentam. No entanto, contribui para amenizar esta suscetibilidade a presença de vegetação arbórea nas vertentes dos tabuleiros em direção a Planície Costeira, conforme pode ser observado na **Figura 5-283**, a seguir, o que protege o solo contra a ação direta das águas pluviais.

No entanto, embora se verifique a existência de média suscetibilidade a processos erosivos nas vertentes dos Tabuleiros, estas vertentes, na área de estudo, não se apresentam com nenhum processo erosivo significativo já implantado.



**Figura 5-283:** Ao fundo e a direita da foto observa-se a presença de vegetação protegendo o solo das vertentes dos Tabuleiros em direção à Planície Costeira.

Para a unidade dos Tabuleiros Costeiros, em toda sua área de ocorrência, desde o sudeste ao nordeste do Brasil, a predominância de climas úmidos e subúmidos influencia nas formas de dissecação e nos processos morfodinâmicos que atuam sobre a dissecação. De modo geral, nestes tabuleiros, os fenômenos de instabilidade morfodinâmica são registrados principalmente nas encostas dos interflúvios, que recuam progressivamente devido à ação do escoamento superficial, provocando erosões e voçorocamentos e o conseqüente preenchimento dos vales (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, *op. cit.*). Ressalte-se, sobretudo, que embora esta seja uma condição natural desta unidade, as intervenções antrópicas nestes locais aceleram estes processos de instabilização.

A própria natureza tabular das feições, aliada a má drenagem resultante da constituição argilosa dos sedimentos, pode influenciar no agravamento destes fenômenos caso venha a acarretar problemas de encharcamentos e quedas de barreiras. No entanto, considerando-se apenas o interior da área de influência, estes fenômenos são minimizados pela pequena dimensão da área, pela topografia plana a suave ondulada e pela presença de vegetação nas bordas dos interflúvios e nas vertentes de acesso à Planície Litorânea.

Quanto aos processos erosivos na Planície Costeira, a suscetibilidade à ocorrência destes fenômenos morfodinâmicos pode ser considerada como praticamente nula. Contribui para esta avaliação o predomínio de um relevo muito plano na unidade geomorfológica e da proximidade altimétrica entre a Planície e o nível de base, representado pelo mar, o que impede o aprofundamento da drenagem. Contribui ainda a presença de vegetação de restinga cobrindo toda a área da Planície Costeira, o que de certa forma protege o solo contra a ação direta das águas pluviais.

Por fim, cabe enfatizar que a Planície Costeira, com seu relevo extremamente plano e excessivamente baixo representa um modelado de acumulação sedimentar, não se encontrando sujeita aos fenômenos da erosão.

Outro aspecto positivo em relação aos processos erosivos na área de estudo, englobando tanto os Tabuleiros como a Planície, é a ausência de áreas de retirada de material de empréstimo, notadamente de argila, para utilização em construção civil. Estas áreas, quando não recuperadas adequadamente, de modo geral, favorecem o desencadeamento de processos erosivos.

#### 5.1.5.4.3.3 Áreas com instabilidade de taludes

Do ponto de vista geotécnico, inicialmente deve ser enfatizado que grande parte da área prevista para implantação do empreendimento se caracteriza pela presença de um relevo predominantemente plano, não existindo depósitos de tálus, vales encaixados ou vertentes excessivamente extensas e íngremes.

Da mesma forma, como a área de implantação do empreendimento não possui sedimentação carbonática, não existem cavernas calcárias que pudessem levar a um abatimento ou afundamento do terreno. Desta forma, o segmento mais vulnerável da área de estudo, do ponto de vista geotécnico, refere-se àquele representado pelas vertentes entre as bordas dos Tabuleiros e o sopé dos

mesmos, onde se verificam as maiores declividades do terreno. Nestes locais encontram-se as paleofalésias que definiram a linha de costa no passado.

Para a unidade geomorfológica do Grupo Barreiras, que irá receber as principais instalações físicas do empreendimento, pode-se afirmar que, de forma geral, as rochas locais, representadas pelos sedimentos do Grupo Barreiras, embora alteradas, apresentam-se maciças, não suscetíveis a rebaixamentos, conferindo ao local um suporte de fundação geotécnica suficientemente seguro para a implantação do Estaleiro Barra do Riacho.

Embora não tenham sido realizados ensaios e testes em laboratórios especializados, de forma a melhor avaliar a granulometria, adensamento e compactação dos solos e rochas da região onde se inserirá o empreendimento proposto, é possível afirmar que toda a área dos Tabuleiros Costeiros apresenta condições geotécnicas condizentes com as instalações a serem implantadas no local.

Adicionalmente, pode-se ainda acrescentar que sobre os mesmos sedimentos do Grupo Barreiras, encontram-se implantadas diversas cidades de médio porte, a exemplo das cidades de São Mateus e Linhares, ambas no Espírito Santo, além de grandes instalações industriais, como a fábrica da Aracruz Celulose, distante cerca de 4 quilômetros da área de estudo, ou da unidade siderúrgica da ArcelorMittal e das instalações da Vale, ambas na região da Grande Vitória e diretamente assentadas sobre os sedimentos Barreiras.

Desta forma, estes sedimentos apresentam suporte geotécnico para a construção de obras com grandes estruturas de concreto. Deve-se ainda ressaltar que, caso necessário, em função do porte do empreendimento e do tipo das instalações, poderão ser adotadas técnicas específicas de escoramento de solos ou rochas, bem como a utilização de sistemas especiais de contenção de material terroso ou rochoso.

Mesmo as áreas com presença de cortes no terreno para implantação das inúmeras estradas de circulação, que resultaram em taludes de elevada declividade, a exemplo do que se apresenta na **Figura 5-284**, não se verifica a instabilidade ou desequilíbrio dos taludes ou o desencadeamento de processos erosivos, mesmo considerando-se o longo período já decorrido desde que estes taludes foram formados e ainda que não foram adotadas medidas adicionais de controle para que fossem evitados tais processos.



**Figura 5-284:** Taludes verticais resultantes de cortes nos Tabuleiros Costeiros para implantação de estrada estadual que passa no perímetro da área de implantação do empreendimento. Observa-se a boa estabilidade destes taludes.

Na unidade dos Tabuleiros Costeiros as restrições ocorrem principalmente nas vertentes de acesso à Planície Costeira, onde a extensão e a declividade podem levar a uma maior instabilidade dos taludes. No entanto, ressalte-se que estas áreas, em sua grande parte, não se encontram previstas para serem ocupadas pelo empreendimento proposto.

Diante do exposto, a avaliação da suscetibilidade à ruptura, instabilidade ou rompimentos de taludes foi considerada baixa para os topos dos Tabuleiros e média para as vertentes.

Em relação à unidade da Planície Costeira, as cotas topográficas na ordem de 1 a 3 metros de altitude são baixas e representam o nível de base de toda a área, situação esta que praticamente impede a formação e conseqüente queda de

taludes. Como exceção a esta avaliação têm-se os pequenos taludes naturais formados pelas ações das marés que esculpem a linha de costa, conforme ilustra a **Figura 5-285**, a seguir.



**Figura 5-285:** Talude vertical na linha de costa da área de estudo, resultante da ação das marés sobre os depósitos sedimentares arenosos costeiros.

Este tipo de talude junto à linha de costa, que é formado pela ação das marés e posteriormente destruído pelas mesmas marés, caracteriza uma sucessão de eventos que fazem parte da dinâmica costeira. Tais taludes são muito instáveis, de pequenas alturas, muito verticalizados, com grande mobilidade e de curta duração.

Desta forma, excluindo-se os taludes junto à linha de costa, a suscetibilidade à instabilidade de taludes para a região da Planície Costeira foi considerada variando de muito baixa a nula.

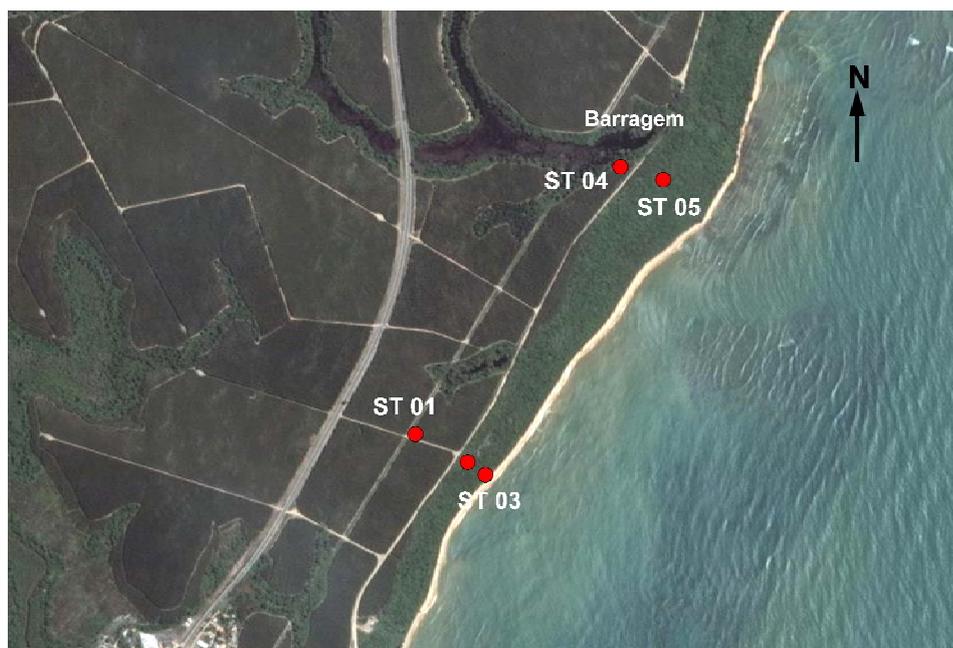
Outro tipo de restrição de uso, embora não diretamente relacionado à instabilidade de taludes, mas ainda sob o aspecto geotécnico, ocorre no talvegue ao norte da área de implantação do empreendimento. Neste local verifica-se uma limitação para implantação de instalações físicas, ou mesmo a circulação de maquinário pesado em seu interior, uma vez que corresponde à região com

elevada umidade e presença de material argilo-arenoso inconsolidado, encontrando-se quase que permanentemente encharcado.

### 5.1.6 Geotecnia

Visando determinar as condições geotécnicas dos terrenos emersos onde se pretende implantar as diversas instalações e equipamentos de suporte as atividades do Estaleiro Barra do Riacho, a exemplo de oficinas mecânicas, de caldeiraria, de instrumentação e demais instalações físicas, foi realizada uma campanha de furos de sonda SPT em diversos locais de forma a avaliar a resistência, compressão e estabilidade dos terrenos da área de implantação e suas condições geotécnicas.

A **Figura 5-286** apresenta a localização desses furos e a **Tabela 5-78**, a seguir, mostra os principais resultados dessas perfurações, como o nível da água encontrado nas perfurações, a profundidade a partir da qual não foi mais possível a penetração em subsuperfície por percussão ou lavagem e a descrição do material perfurado.



**Figura 5-286:** Pontos de amostragem SPT.

**Tabela 5-78:** Resumo dos resultados das sondagens SPT na área proposta para o Estaleiro.

NÚMERO DA SONDAGEM	NÍVEL DE ÁGUA	IMPENETRÁVEL A PERCUSSÃO OU A LAVAGEM	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
SP-01	1,8 m	16,81 m	Areia média passando a silte, ora argiloso ora arenoso
SP-02	Não informado	20,71 m	Areia fina passando a argila siltosa com presença de concreções ferruginosas
SP-03	Não informado	17,23 m	Silte arenoso com intercalações de argila e concreções ferruginosas
SP-04	1,90 m	17,23 m	Areia fina passando a média e mudando para argila
SP-05	Não informado	13,73 m	Silte arenoso passando a argiloso, depois a argila e arenito com concreções ferruginosas
SP-06	2,00 m	12,01 m	Argila siltosa e silte argiloso com presença de concreções ferruginosas compactas
SP-07	Não informado	9,93 m	Areia fina passando a argila siltosa e daí para arenito fino com concreções muito compactas
SP-08	Não informado	9,93 m	Silte arenoso fino passando a argila plástica e daí para arenito fino com concreções ferruginosas
SP-09	Não informado	11,63 m	Silte arenoso passando a argiloso e daí para arenito fino com frações ferruginosas
SP-10	1,80 m	13,17 m	Areia fina passando a cascalho grosseiro e daí a argila arenosa com cascalho ferruginoso

Os resultados das sondagens SPT indicaram que, de forma geral, do ponto de vista geotécnico, as rochas locais, representadas principalmente pelos sedimentos terciários do Grupo Barreiras, embora alteradas, apresentam-se maciças, não suscetíveis a rebaixamentos, conferindo ao local um suporte de fundação geotécnica suficientemente seguro e condizente com a implantação das instalações necessárias para a plena operação do Estaleiro de Barra do Riacho.

As restrições, embora não impeditivas, podem ocorrer de forma localizada no fundo do pequeno talvegue situado na porção norte da área, por onde escoar um pequeno curso de água que drena a área de estudo, caracterizando o local como aquele que pode apresentar limitações para um uso mais intensivo, uma vez que

corresponde a uma região com elevada umidade e presença de material argilo-arenoso inconsolidado, encontrando-se eventualmente encharcado. Para a utilização desse local será necessária a realização de drenagens dos pequenos cursos de água, avaliando-se ainda a necessidade da adoção de outras medidas de proteção.

Considerando-se as porções mais elevadas do terreno, onde se tem os sedimentos terciários do Grupo Barreiras, observa-se que a penetração das sondagens SPT permitiram o atingimento de profundidades bastante significativas, da ordem de 10 a 20 metros, o que corresponde a uma profundidade plenamente satisfatória para realizar a pretendida terraplenagem do topo da área visando a implantação das instalações de apoio sem a necessidade de realizar cortes diretamente em rochas sãs de subsuperfície.

Outras informações de caráter geotécnico para os terrenos da área de implantação do Estaleiro Barra do Riacho, a exemplo da suscetibilidade aos fenômenos de erosão e movimentos de massa, dentre outros processos de dinâmica natural da região, encontram-se descritas no tema Geomorfologia, referente à Avaliação Morfodinâmica da área de estudo.

### **5.1.7 Solos**

O solo é o principal sustentáculo de ecossistemas terrestres e meio para diversas espécies que passam todo ou parte de seu ciclo vital em seu interior. É também sustentáculo de atividades do setor primário e suas limitações condicionam o tipo de manejo e culturas que poderão ser executadas sobre o mesmo, assim como sua lucratividade.

A implantação de empreendimentos industriais em uma área rural tem como resultado a modificação do uso do solo na área sob influência do mesmo e outros distúrbios que impactam este elemento ambiental física e/ou quimicamente com magnitudes variáveis. Mudanças no uso do solo sem a verificação de suas

limitações podem resultar em impactos ambientais negativos no próprio solo, através da implantação de processos erosivos ou modificação no arranjo de seus horizontes; assim como em impactos nos recursos hídricos, através do aporte de sedimentos e elementos a eles carreados; na paisagem, através da formação de áreas com ravinamento e exposição de horizontes subsuperficiais; e na economia, através da perda da sua capacidade produtiva.

Por outro lado, o respeito às características do solo habilitam a modificação de seu uso a ser sustentável, ajudando na promoção do desenvolvimento regional, com a minimização dos impactos. No caso do empreendimento em análise, os impactos tendem a ocorrer mais intensamente na sua Área de Influência Direta - AID, mas podem também ser significativos na Área de Influência Indireta - AI. Para a previsão dos impactos sobre os solos, é necessário o conhecimento de suas características, assim como a espacialização dos diversos tipos de solo na paisagem.

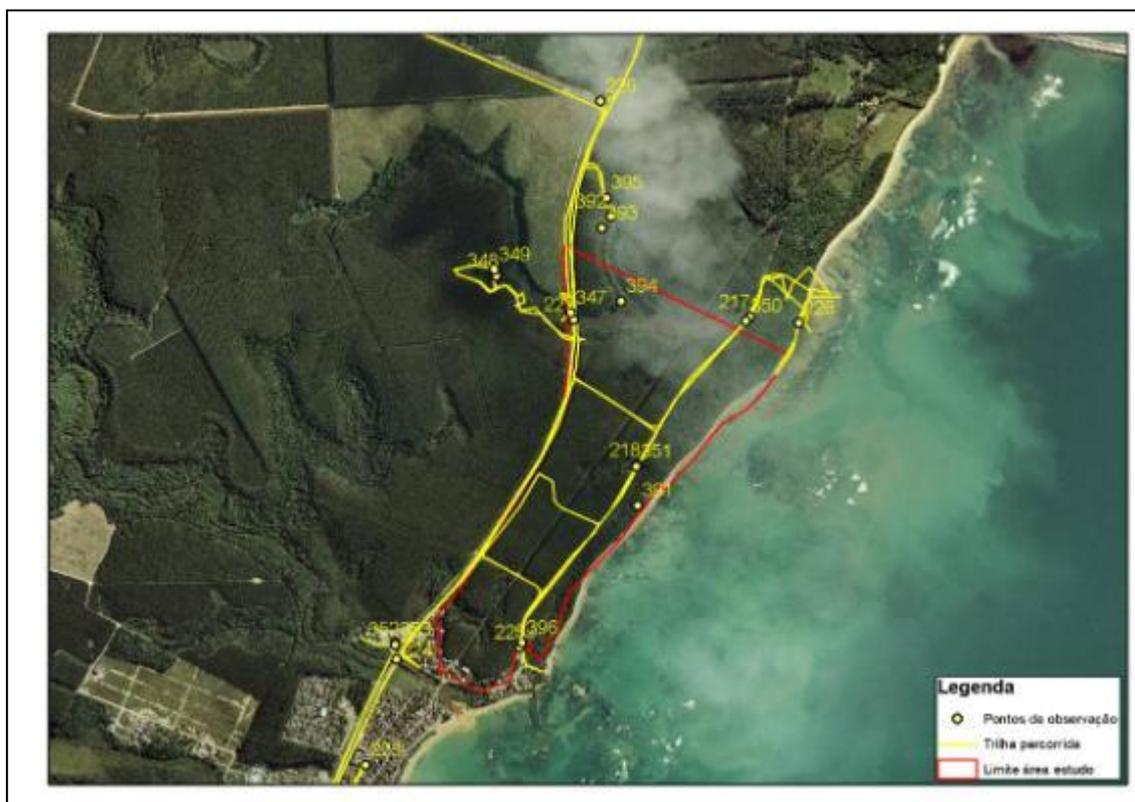
#### 5.1.7.1 Metodologia

Para a realização deste relatório, primeiramente foi feita revisão de um conjunto de trabalhos correlatos já publicados sobre a área, dos mapas de solos existentes, assim como dos desenhos e relatórios fornecidos pelo empreendedor.

A área em estudo foi abrangida por três estudos pedológicos anteriores, Embrapa (1978), RADAMBRASIL (1983) e EMBRAPA (2000), que resultaram, respectivamente, no Mapa Exploratório de Solos do ES, escala de 1:400.000, no Mapa Exploratório de Solos Folha SF.23/24, escala de 1:1.000.000, e no Mapa de Classificação dos Tipos de Solo – Regional Aracruz, ES, escala de 1:150.000. Este último foi tomado como base cartográfica para este estudo por ter sido o mais recente e em maior escala.

Informações cartográficas e da literatura consultada foram complementadas por visitas de campo realizadas para este trabalho e informações colhidas durante

visitas técnicas para a elaboração de outros estudos na AID e na AI do empreendimento. A **Figura 5-287** apresenta as trilhas percorridas durante as visitas de campo, assim como os pontos de observação dos solos da área.



**Figura 5-287:** Trilhas percorridas e pontos de observação de solos.

Durante as campanhas de campo, os solos da área foram estudados em termos de sua distribuição em função das condições do relevo e geologia e através de observações de perfis em taludes de estradas e em trincheiras abertas. Foram colhidas amostras de solo dos horizontes A, AB e B de posições consideradas estratégicas para o desenvolvimento deste trabalho, as quais foram encaminhadas a laboratório especializado para análise química e textural.

As informações foram consolidadas em escritório e complementadas com informações de foto aérea recente (sobrevôo MAPLAN, 2007) em ambiente computacional, possibilitando a elaboração do Mapa Pedológico da área.

### 5.1.7.2 Resultados

#### 5.1.7.2.1 Pedologia da AID do empreendimento

Os solos das AID do empreendimento encontram-se associados de acordo com a posição que ocupam na paisagem. Foram identificadas 4 classes de solo na AID: Argissolo Amarelo, Gleissolo Háptico, Plintossolo e Neossolo Quartzarênico.

Embora não tenham sido identificados, pode-se inferir a presença de Cambissolos ocupando áreas na interface entre as bordas de tabuleiros (onde predominam solos com horizonte B) e o fundo dos talwegues ou a área mais baixa a leste da área, onde predominam solos sem horizonte B. Cambissolos são solos com horizonte B incipiente, que tendem a ocupar posições neste tipo de interface.

As principais características dos solos da AID encontram-se discutidas a seguir.

- ARGISSOLO AMARELO DISTRÓFICO

Argissolos eram denominados Podzólicos pela classificação anteriormente utilizada no Brasil. Segundo Embrapa (1999), são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo de um horizonte A ou E, não tendo horizonte Plíntico ou Glei acima nem coincidente com a parte superior do horizonte B textural.

Horizonte B textural é um horizonte mineral subsuperficial com textura franco arenosa ou mais fina (mais que 15% de argila), onde houve incremento de argila, orientada ou não, desde que não exclusivamente por descontinuidade, resultante de acumulação ou concentração absoluta ou relativa decorrentes de processos de iluviação e/ou formação in situ e/ou herdada do material de origem e/ou infiltração de argila ou argila + silte com ou sem matéria orgânica e/ou destruição de argila do horizonte A e/ou perda de argila do horizonte A por erosão diferencial (EMBRAPA, 1999).

Pode apresentar cerosidade formada pela deposição de argila sobre as diferentes faces dos agregados do horizonte textural, formando película de colóides minerais, que lhe conferem, se bem desenvolvida, um aspecto lustroso e brilho graxo (EMBRAPA, 1999).

Para ser considerado horizonte textural, este deve ter espessura com as seguintes características:

- Ter pelo menos 10% da soma das espessuras dos horizontes sobrejacentes e no mínimo 7,7 cm; ou
- Ter 15 cm ou mais, se os horizontes A e B somarem mais que 150 cm; ou
- Ter 15 cm ou mais se a textura do horizonte E ou A for areia franca ou areia; ou
- Se o horizonte B for inteiramente constituído por lamelas, estas devem ter, em conjunto, espessura superior a 15 cm; ou
- Se a textura for média ou argilosa, o horizonte B textural deve ter espessura de pelo menos 7,5 cm.

Em adição às características de espessura acima citadas, o horizonte B textural deve atender a um ou mais de uma lista de requisitos que podem ser observados em Embrapa (1999). Dentre eles, destaca-se o incremento de argila total do horizonte A para B, o suficiente para que a relação textural B/A satisfaça a uma das seguintes condições:

- Nos solos com mais de 40% de argila no horizonte A, relação maior que 1,5; ou
- Nos solos com 15% a 40% de argila no horizonte A, relação maior que 1,7; ou
- Nos solos com menos de 15% de argila no horizonte A, relação maior que 1,8.

Argissolos Amarelos apresentam matiz mais amarelo que 5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA. Este é o solo que predomina nas

partes mais altas da AID, estando associado com Plintossolos. A **Figura 5-288** apresenta o perfil do Argissolo Amarelo no interior da AID do empreendimento. Nesta posição, o solo apresenta as seguintes características:

Horizonte A	0-30 cm	cor 10YR 5/2
Horizonte B	> 30 cm	cor 10YR 6/6



**Figura 5-288:** Perfil do Argissolo Amarelo no interior da área em estudo.

A **Tabela 5-79** apresenta resultado de análises química e textural de amostras retiradas de horizontes A e B em um ponto situado nos arredores da AID.

**Tabela 5-79:** Características químicas e texturais de amostras dos horizontes A, e B de um Argissolo Amarelo, colhidas nos arredores da AID do empreendimento.

PARÂMETRO	UNIDADE	HORIZONTE	
		A	B
pH (H <sub>2</sub> O)		5,42	4,66
Fósforo (P)	mg/dm <sup>3</sup>	< 2,00	< 2,00
Potássio (K)	mg/dm <sup>3</sup>	26,00	< 10,00
Cálcio (Ca)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,60	0,12
Magnésio (Mg)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,56	0,16
Alumínio (Al)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,35	0,35
Acidez Potencial (H + Al)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	4,47	2,48
Soma de Bases (S)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	1,23	0,31
Capacidade Troca de Cátions (CTC)	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	5,70	2,79
Saturação de Bases (V)	%	21,53	10,97
Matéria Orgânica	dag / dm <sup>3</sup>	1,98	< 1,00
Areia	%	82,04	59,86
Silte	%	8,04	8,35
Argila	%	9,92	31,79

Pode-se verificar que o solo apresenta atividade da fração argila baixa (<27 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e saturação de bases baixa (<50%), o que o caracteriza como um solo distrófico e com argila de atividade baixa.

A **Figura 5-289** apresenta o aspecto da superfície do terreno com Argissolo Amarelo. Pode-se verificar as baixas declividades da área, ocupadas, no momento da visita de campo, por plantação de *Eucalipto sp.*

As maiores restrições de uso deste solo são seu baixo pH, baixa fertilidade, baixa CTC e alta erodibilidade. O baixo pH e baixa fertilidade exigem maciça aplicação de calcário e fertilizantes para garantir boa produtividade nas lavouras nele plantadas, enquanto que a baixa CTC faz com que o solo não retenha com facilidade os nutrientes nele aplicados, exigindo aplicações freqüentes de fertilizantes.



**Figura 5-289:** Aspecto da superfície do terreno com Argissolo Amarelo.

As maiores restrições de uso deste solo são seu baixo pH, baixa fertilidade, baixa CTC e alta erodibilidade. O baixo pH e baixa fertilidade exigem maciça aplicação de calcário e fertilizantes para garantir boa produtividade nas lavouras nele plantadas, enquanto que a baixa CTC faz com que o solo não retenha com facilidade os nutrientes nele aplicados, exigindo aplicações frequentes de fertilizantes.

A alta erodibilidade dos Argissolos Amarelos exige cuidados especiais para seu uso, especialmente nas áreas de declividades mais elevadas. Na AID do empreendimento, o Argissolo Amarelo ocupa áreas de baixa declividade localizada no topo dos tabuleiros que a compõem. Entretanto, nos declives localizados entre os topos dos tabuleiros e os talvegues e na interface entre os tabuleiros e as áreas mais baixas situadas a leste da AID, o desenvolvimento de processos erosivos pode ser significativo em caso de retirada da vegetação que atualmente se encontra protegendo o solo contra os fatores erosivos.

- PLINTOSSOLOS PÉTRICOS

Plintossolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte plíntico ou litoplíntico começando dentro de 40 cm ou dentro de 200 cm quando imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou subjacente a horizontes que apresentam coloração pálida ou variegada, ou com mosqueado em quantidade abundante. Plintossolos Pétricos apresentam horizonte litoplíntico, contínuo ou praticamente contínuo, com 10 cm ou mais de espessura ou 50% ou mais de petroplintita formando uma camada com espessura mínima de 15 cm dentro de 40 cm da superfície do solo ou imediatamente abaixo do horizonte A ou E (EMBRAPA, 1999).

Petroplintita, também denominada ironstone, concreções lateríticas, canga ou tapanhoacanga, é um corpo distinto constituído de uma mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rico em óxido de ferro ou ferro e alumínio, com quartzo e outros materiais, normalmente de coloração avermelhada, amarelada e violácea. É formada pela segregação do ferro em vários ciclos de umedecimento e secagem, originando nódulos angulosos a subarredondados com até mais de 5 cm de comprimento, extremamente firmes ou extremamente duros.

No extremo norte da AID do empreendimento, foi visualizada uma área de Plintossolo com cerca de 300 m de comprimento (entre os pontos 393 e 394) e que, certamente, se estende por outros trechos da área, já que, nem sempre aflora na superfície do solo ou é cortado por estrada para possibilitar sua visualização. Nesta área, conforme pode ser observado na **Figura 5-290** a camada de plintita se estende da superfície do solo até cerca de 100 cm de profundidade.

A principal limitação de uso do Plintossolo Pétrico é a dificuldade de penetração de implementos agrícolas quando a camada laterítica se encontra mais rasa que a 20 cm de profundidade. Outras limitações são a baixa fertilidade e capacidade de retenção de água, além da baixa CTC. Por se compor de material muito

grossoiro, este solo apresenta baixa erodibilidade, mesmo quando se localiza em áreas de declividades elevadas.



**Figura 5-290:** Perfil do Plintossolo Pétrico que ocorre ao norte da AID.

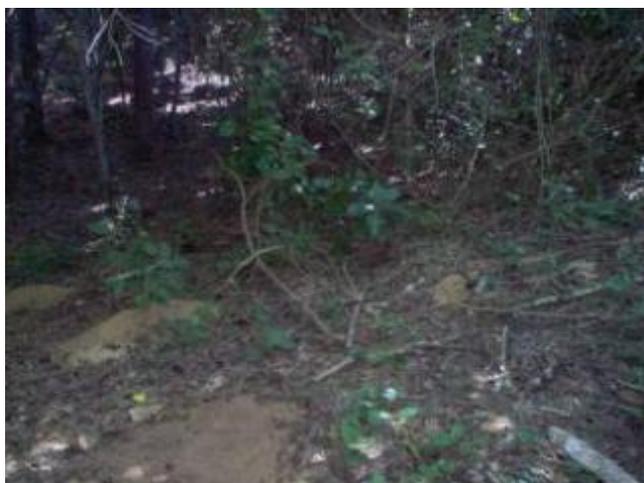
- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

Este solo era chamado de Areia Quartzosa Marinha distrófica de acordo com a nomenclatura anteriormente utilizada no Brasil. Trata-se de solo pouco evoluído, sem horizonte B diagnóstico, com seqüência de horizonte A-C, sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, apresentando textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico. É essencialmente quartzoso, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (EMBRAPA, 1999).

Ocupa a área mais baixa do relevo da área em estudo, ocupando a linha de praia e a faixa de terra entre esta e os tabuleiros costeiros, onde se instalou uma vegetação de restinga. As **Figura 5-291** e **Figura 5-292** apresentam aspectos da superfície da área encoberta por este solo na linha de praia, enquanto a **Figura 5-293** apresenta perfis deste solo no interior da restinga.



**Figura 5-291:** Aspecto da linha de praia, ocupada por Neossolo Quartzarênico.



**Figura 5-292:** Aspecto da superfície do Neossolo Quartzarênico sob restinga.



**Figura 5-293:** Perfil de Neossolo Quartzarênico no interior da restinga.

Como a fertilidade deste solo é intimamente ligada ao seu teor de matéria orgânica, a densidade da vegetação sobre ele é também intimamente ligada à quantidade de matéria orgânica em seu horizonte A. Enquanto a vegetação sobre o solo da **Figura 5-292** é rala, com predominância de espécies arbustivas, sobre o solo da **Figura 5-293** ocorre uma vegetação florestal, a qual mantém altos os teores de matéria orgânica do solo, ao mesmo tempo que absorve os nutrientes liberados durante a degradação da mesma.

Trata-se de um solo de baixa erodibilidade devido a sua alta permeabilidade e textura grosseira, aliadas às baixas declividades da faixa onde este se encontra. Processos erosivos dificilmente se desenvolvem em Neossolos Quartzarênicos. No caso do empreendimento em questão, isto poderá ocorrer devido à concentração de águas de escoamento superficial e sua condução para as áreas de cotas menos elevadas, onde predominam estes solos.

- GLEISSOLO HÁPLICO

Este solo era classificado como Gleí Húmico e Gleí Pouco Húmico pela classificação de solos utilizada anteriormente no Brasil. Trata-se de solo constituído por material mineral com horizonte gleí imediatamente abaixo do horizonte A ou de horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura, ou

horizonte glei começando dentro de 50 cm da superfície do solo. Horizonte Glei é um horizonte mineral subsuperficial ou eventualmente superficial, com espessura de 15 cm ou mais, caracterizado por redução de ferro e prevalência do estado reduzido em todo ou em parte, devido principalmente à água estagnada, como evidenciado por cores neutras ou próximas de neutras na matriz do horizonte, com ou sem mosqueado de cores mais vivas. É um solo fortemente influenciado pelo lençol freático e 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, associada à demanda de oxigênio pela atividade biológica (EMBRAPA, 1999).

Na área em estudo, Gleissolo Háptico encontra-se nos talwegues que ocorrem no terreno, em meio aos Tabuleiros Costeiros. A **Figura 5-294** apresenta a superfície de uma área encoberta por Gleissolo Háptico a jusante do Ponto 227 (ver **Figura 5-287**), neste trabalho denominada talvegue norte, em novembro de 2008. Naquela época, embora a estação chuvosa já tivesse iniciado, as precipitações não eram ainda suficientes para alagar a área, possibilitando, desta forma, a exposição da superfície do solo e vegetação que sobre ele se instalou durante todo o período seco daquele ano.



**Figura 5-294:** Aspecto do talvegue norte em época seca, quando é possível visualizar a superfície do Gleissolo Háptico e a vegetação que sobre ele se desenvolve.

As principais limitações do Gleissolo Háplico são sua baixa resistência geotécnica, constante encharcamento e possibilidade de inundações. Deve-se ressaltar que estes solos estão localizados em áreas consideradas como de preservação permanente pela legislação ambiental brasileira, possuindo forte vocação preservacionista tanto pela sua posição próxima a corpos de água, mesmo que intermitentes, quanto pela fauna e flora a ele associadas.

### 5.1.7.3 Conclusões

Pode-se concluir que a área estudada possui uma limitada diversidade de solos, sendo, a maioria dela encoberta por Argissolos Amarelos. Tratam-se de solos pobres em nutrientes em relevo suave, propícios à instalação das atividades pretendidas.

Embora a maior parte da área apresente baixas declividades, o que faz com que a mesma apresente baixa susceptibilidade à instalação e desenvolvimento de processos erosivos, é relevante observar que a maior parte da mesma é encoberta por Argissolo Amarelo, que é um solo de alta erodibilidade. Cuidados especiais devem ser tomados principalmente nas rupturas do terreno, entre o topo dos tabuleiros e os talwegues e entre os tabuleiros e a faixa de Neossolo Quartzarênico, que se configuram como as áreas de relevante sensibilidade ambiental devido à possibilidade de instalação de processos erosivos. Outra área de grande sensibilidade são as áreas encobertas por Gleissolos Háplicos dos fundos dos talwegues devido à proximidade dos corpos de água, mesmo que intermitentes, e às fauna e flora típicas destes locais.

### 5.1.8 Qualidade do ar

A atmosfera terrestre é constituída de uma combinação de gases, contendo líquidos em suspensão e partículas sólidas, sendo sua composição e concentração variável em função da altitude (KEMP, 1994).

A região mais próxima à superfície da Terra, chamada troposfera, possui uma camada de ar estreita e densa que contém praticamente toda a massa gasosa da atmosfera (75%), além de quase todo vapor de água e a maior concentração de pequenas partículas, líquidas e sólidas, chamadas aerossóis. É a zona na qual ocorre a maioria dos fenômenos atmosféricos e onde a manifestação dos problemas ambientais globais, como a chuva ácida e o aquecimento global, têm sua origem e alcança sua maior extensão, devido ao nível de intervenção humana a que está submetida (PIRES, 2005).

A porção gasosa do ar atmosférico, na troposfera, é composta de aproximadamente 78 % de nitrogênio (N<sub>2</sub>) e 21 % de oxigênio (O<sub>2</sub>). O 1 % restante é formado por uma infinidade de gases, chamados de gases nobres – argônio, neônio, hélio, criptônio e xenônio. Estes são inertes, isto é, não reagem quimicamente com outras substâncias e respondem por 0,93 % da composição do ar natural. Cerca de 0,03 % do ar é constituído de dióxido de carbono, ou gás carbônico (CO<sub>2</sub>), e o restante é composto por metano (CH<sub>4</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>), óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>) (BRANCO *et al.*, 1995).

As atividades industriais, o tráfego de veículos, a atividade de construção civil, a movimentação de materiais secos e as queimadas provocam a emissão de partículas e/ou gases para a atmosfera, podendo alterar significativamente a qualidade do ar de uma região.

Além das atividades humanas, existem as atividades naturais que levam à deterioração da qualidade original da atmosfera (PIRES, 2005). Como assinalou Bretschneider e Kurfürst (1987), a erupção do vulcão Krakatoa, em 1883, introduziu mais poeira na atmosfera do que toda fumaça produzida pelas atividades humanas ao longo da história. Além das erupções vulcânicas, outros fenômenos naturais como queimadas nas florestas e a dispersão de areia pelo vento, entre outros, são fatores que intensificam o fluxo de matéria introduzida na atmosfera, “contaminando” o ar. Esta “contaminação” é na verdade a poluição natural, como definiu Boubel *et al.* (1984), e que introduz na atmosfera gases que atualmente são considerados poluentes.

Segundo Stern *et al.* (1984), o ar não poluído é um conceito e seria a composição do ar se o homem e suas atividades não estivessem na terra. O ar que respiramos seria então definido como: “... ar poluído diluído...”, cujos principais elementos constitutivos são o nitrogênio, o oxigênio e o vapor de água.

Os poluentes lançados na atmosfera sofrem o efeito de um processo complexo, sujeito a vários fatores e que determina a concentração do poluente no tempo e no espaço. Assim, a mesma emissão de uma fonte sob as mesmas condições de lançamento pode produzir concentrações diferentes num mesmo ponto do espaço em tempos diferentes dependendo das condições atmosféricas.

Em uma dada região, a concentração dos diferentes poluentes no ar é determinada pelas características das fontes emissoras, pelo relevo e pelas condições meteorológicas. Os diferentes parâmetros meteorológicos, como velocidade e direção dos ventos, precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar, etc., afetam os mecanismos de transporte que levam os poluentes de uma fonte emissora até o receptor, sejam o homem, os animais, as plantas, os monumentos, entre outros. As diferentes combinações destes parâmetros meteorológicos podem agravar ou atenuar os efeitos das emissões de poluentes sobre a qualidade do ar de uma determinada região. Por exemplo, um cenário composto por fortes ventos, com escassez de chuvas, pode manter a poeira em suspensão por períodos de tempo prolongados e proporcionar a ressuspensão de material particulado em diversos pontos da região, facilitando a ocorrência de altas concentrações desse poluente no ar.

Outro fator a ser considerado é que a concentração de poluentes varia sazonalmente no decorrer do ano, ou seja, com as estações do ano. Durante os meses de inverno há a tendência da concentração de poluentes (gases e partículas) ser mais elevada que nos meses de primavera e verão.

Durante os meses de inverno ocorre o fenômeno atmosférico conhecido por “inversão térmica”. Este se caracteriza pela sobreposição de uma camada de ar quente a uma camada de ar frio, que, sendo mais pesada, fica aprisionada sob o

ar quente, especialmente nas manhãs dos dias frios e ensolarados. Nesses meses, quando está mais frio, o fenômeno ocorre próximo à superfície do solo, impedindo a formação de correntes de convecção verticais, o que dificulta a diluição dos poluentes no ar, fazendo com que estes fiquem estagnados próximo ao solo, elevando a concentração dos mesmos.

A busca de um equilíbrio sem comprometimento da qualidade do ar será sempre a melhor opção. Portanto, tal opção deve-se levar em consideração as características regionais sob os diversos aspectos inerentes, como: clima, uso e ocupação do solo, condições antrópicas e naturais.

#### *5.1.8.1 Parâmetros e padrões de qualidade do ar*

O nível de poluição do ar é medido pela quantificação das substâncias poluentes presentes no mesmo.

A Resolução CONAMA N.º 003/90, em seu Art. 1.º, define poluente atmosférico como “[...] qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

A variedade de substâncias que podem estar presentes na atmosfera é muito grande e por isso, a determinação sistemática da qualidade do ar deve ser, por questões de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis. De uma forma geral, a escolha recai sempre sobre um grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, consagrados universalmente: material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozônio (O<sub>3</sub>) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). A razão da escolha desses parâmetros

como indicadores de qualidade do ar está ligada a sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente.

Os limites que possibilitam a garantia da proteção da saúde humana, bem como dos componentes do meio ambiente, são estabelecidos por meio de critérios científicos para cada tipo de contaminante do ar, sendo definidos como padrões de qualidade do ar.

Através da Portaria Normativa N.º 348, de 14 de março de 1990, o IBAMA estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar e os respectivos métodos de referência, ampliando o número de parâmetros anteriormente regulamentados através da Portaria GM 0231, de 27 de abril de 1976.

Os padrões estabelecidos através dessa portaria foram submetidos ao CONAMA em 28/06/90 e transformados na Resolução CONAMA N.º 003, de 28 de junho de 1990.

No Art. 2.º da Resolução CONAMA N.º 003/90, foram estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: o primário e o secundário. O primário é entendido como o nível máximo tolerável de concentração de poluentes atmosféricos, que se ultrapassado, poderá afetar a saúde da população, constituindo-se em meta de curto e médio prazo. O secundário é entendido como nível desejado de concentração de poluentes, com o qual se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral e se constitui em meta de longo prazo.

O rigor adotado nesses padrões, em termos de vigilância da qualidade do ar, é de que o padrão médio anual não deve ser excedido e os padrões horários não devem ser excedidos mais do que uma vez ao ano. A **Tabela 5-80** apresenta os padrões nacionais de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA N.º 003/90.

**Tabela 5-80:** Padrões nacionais de qualidade do ar – Resolução CONAMA N.º 003/90.

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
PTS – Partículas totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup>	240	150
	MGA <sup>2</sup>	80	60
PM <sub>10</sub> – Partículas inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150
	MAA <sup>3</sup>	50	50
Fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100
	MAA <sup>3</sup>	60	40
SO <sub>2</sub> – Dióxido de enxofre	24 horas <sup>1</sup>	365	100
	MAA <sup>3</sup>	80	40
NO <sub>2</sub> – Dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190
	MAA <sup>3</sup>	100	100
CO – Monóxido de carbono	8 horas <sup>1</sup>	10.000	10.000
	1 hora <sup>1</sup>	40.000	40.000
O <sub>3</sub> – Ozônio	1 hora <sup>1</sup>	160	160

<sup>1</sup> Não deve ser excedido mais de uma vez por ano.

<sup>2</sup> MGA – Média Geométrica Anual.

<sup>3</sup> MAA – Média Aritmética Anual.

#### 5.1.8.2 Caracterização da qualidade do ar na região de estudo

As diferentes regiões do planeta apresentam características próprias de qualidade do ar, segundo a composição média de sua camada gasosa. A composição natural do ar de uma região, também denominada “*background*”, caracteriza o estado natural da mesma com relação à qualidade do ar. Isto é, ela não sofre interferência de substâncias provenientes de atividades humanas ou antropogênicas. Sabe-se, por exemplo, que o ar das regiões à beira-mar tem altas concentrações de cloretos devido às emissões de sais marinhos durante o salpico das ondas. Por outro lado, o ar das regiões que têm vulcões em atividade apresenta maior concentração de compostos de enxofre.

A habilidade da sociedade em causar distúrbios significativos ao meio ambiente é um fenômeno fortemente influenciado pelo crescimento demográfico (populacional), desenvolvimento tecnológico ou industrial, desenvolvimento econômico, a concentração populacional e industrial e os hábitos da população, o que leva à interferência de substâncias (poluentes) na qualidade do ar de uma determinada região, fazendo-se necessária a adoção de medidas de controle e monitoramento da poluição do ar (PIRES, 2005).

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

- fornecer dados para ativar as ações de controle durante os períodos de condições meteorológicas adversas, quando os níveis de poluentes na atmosfera estiverem representando risco à saúde pública;
- avaliar a qualidade do ar à luz dos limites estabelecidos para proteger a saúde e o bem estar das pessoas;
- obter informações que possam indicar os impactos sobre a fauna, flora e o meio ambiente em geral;
- acompanhar as tendências e mudanças na qualidade do ar devidas a alterações nas emissões dos poluentes e, assim, auxiliar no planejamento de ações de controle;
- informar à população, órgãos públicos e sociedade em geral os níveis presentes da contaminação do ar.

O empreendimento em questão está localizado em Barra do Sahy, município de Aracruz, ES, em uma região com uma densidade populacional relativamente baixa. O entorno do empreendimento é constituído de uma área portuária, representada pelo Terminal Especializado da Barra do Riacho – Terminal da Portocel e pela CODESA; uma área industrial, na qual se destaca a empresa Aracruz Celulose; uma área de cobertura vegetal, representada por plantações de eucalipto e restinga; e a Rodovia ES-10, que corta parte do município de Aracruz e o Oceano Atlântico. Dentro da área de influência da Jurong do Brasil estão as localidades de Coqueiral de Aracruz e Barra do Sahy e o distrito da Barra do Riacho. As figuras a seguir (**Figura 5-295, Figura 5-296, Figura 5-297, Figura 5-298, Figura 5-299, Figura 5-300 e Figura 5-301**) exemplificam a região do entorno do empreendimento.



**Figura 5-295:** Terminal Especializado da Barra do Riacho – Terminal da Portocel.



**Figura 5-296:** Área da Jurong do Brasil – a esquerda com o Oceano Atlântico, a direita com a Rodovia ES-10, ao fundo com a localidade de Barra do Sahy e abaixo com a áreas da CODESA e Aracruz Celulose.



**Figura 5-297:** Área da Jurong do Brasil - limite com o mar (Oceano Atlântico). Ao fundo o Terminal da Portocel.



**Figura 5-298:** Área da Jurong do Brasil - limite com a Rodovia ES-10.



Figura 5-299: Localidade de Barra do Sahy.



Figura 5-300: Distrito de Barra do Riacho.

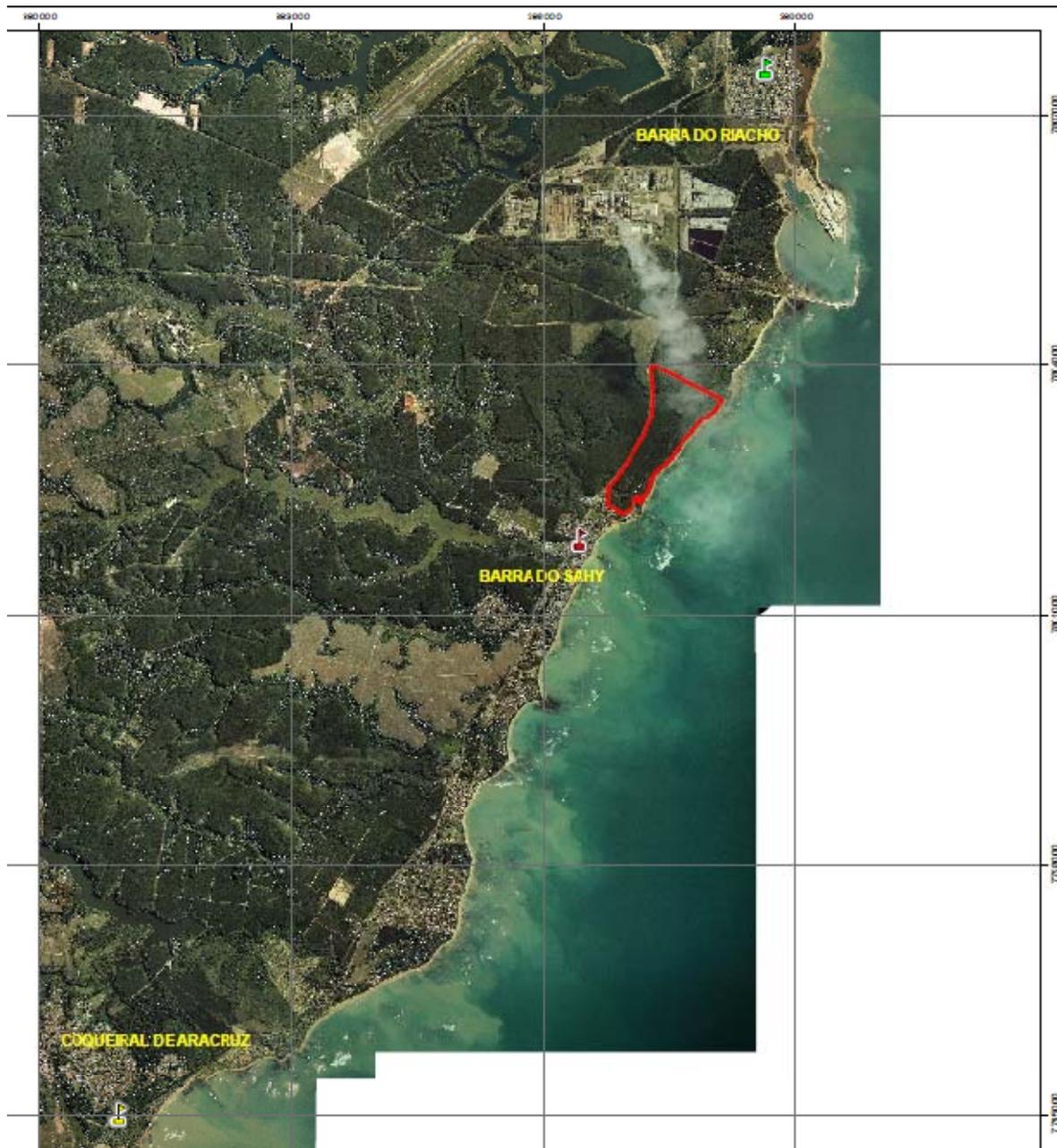


**Figura 5-301:** Localidade de Coqueiral de Aracruz.  
**Fonte:** Google Imagens.

Na região da área de influência do empreendimento existem três estações de monitoramento da qualidade do ar pertencentes à Aracruz Celulose. Nestas são realizadas medições de partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis ( $PM_{10}$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ). As estações estão situadas em Barra do Sahy, Coqueiral de Aracruz e Barra do Riacho. Na **Figura 5-289** está representada a localização de cada uma destas estações.

A **Tabela 5-81** mostra os poluentes medidos nas estações de monitoramento da qualidade do ar da Aracruz Celulose, bem como, as suas coordenadas UTM.

Para a caracterização da qualidade do ar na região de estudo foram utilizados os dados fornecidos pela Aracruz Celulose dos níveis de concentração dos poluentes medidos pela rede de monitoramento da empresa, para o ano de 2008.



**Legenda**

**Estações de Monitoramento do Ar**

-  Barra do Riacho
-  Barra do Sahy
-  Coqueiral de Aracruz
-  Área do Empreendimento



Projeção: Universal Transversa de Mercator.  
Datum Horizontal: WGS-84.  
Fuso: 24 Hemisfério Sul.

**Figura 5-302:** Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar.

**Tabela 5-81:** Poluentes medidos em cada estação da Aracruz Celulose e suas respectivas coordenadas UTM.

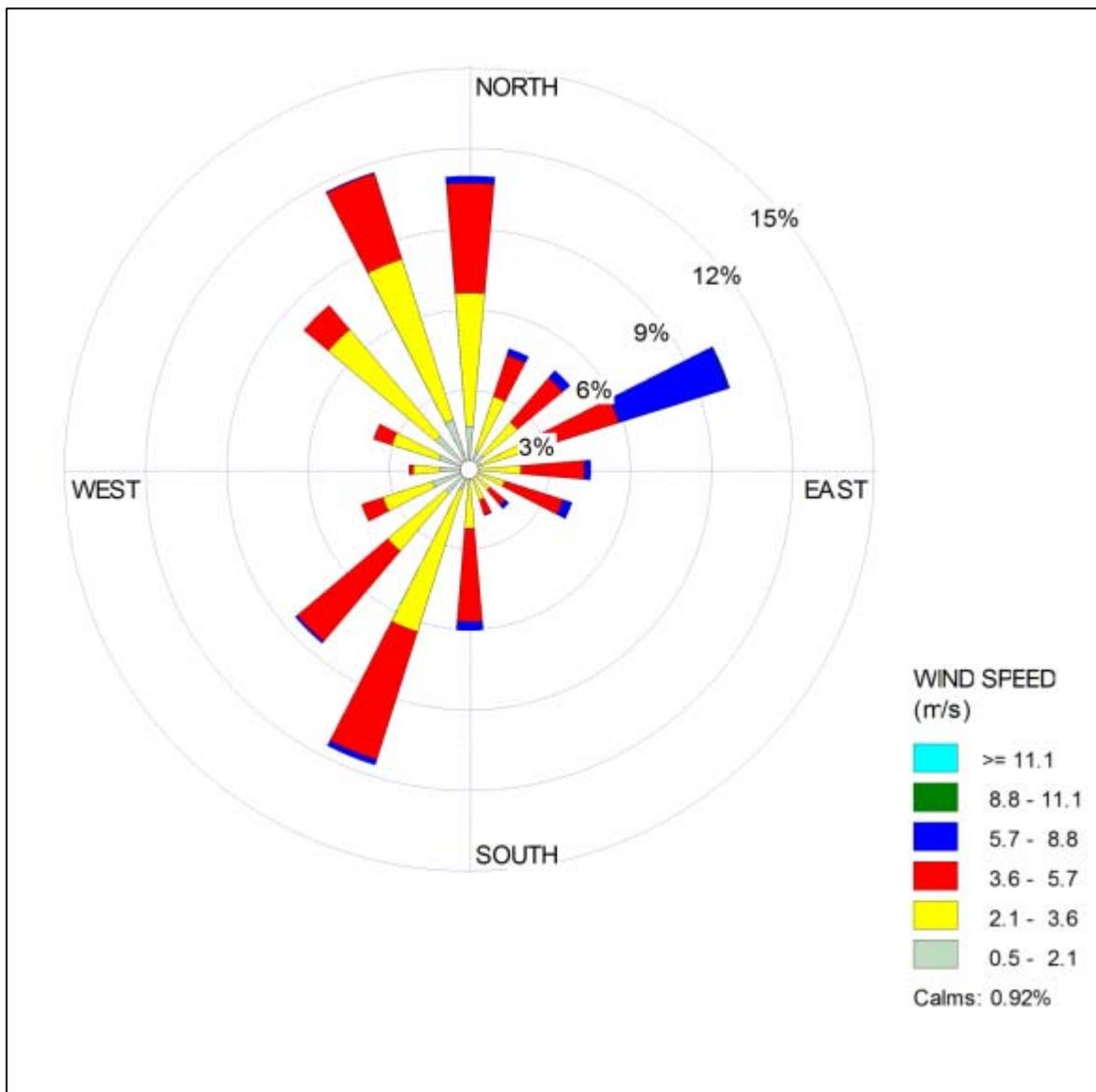
Estação	Poluentes				UTM X (m)	UTM Y (m)
	PTS	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>		
Barra do Sahy	X	X	X	X	386432	7801907
Barra do Riacho	X	X	X		388640	7807564
Coqueiral de Aracruz	X	X	X		380942	7795005

**Obs:** PTS – partículas totais em suspensão; PM<sub>10</sub> – partículas inaláveis menores que 10 micrômetros; SO<sub>2</sub> – dióxido de enxofre e NO<sub>x</sub> – óxidos de nitrogênio.

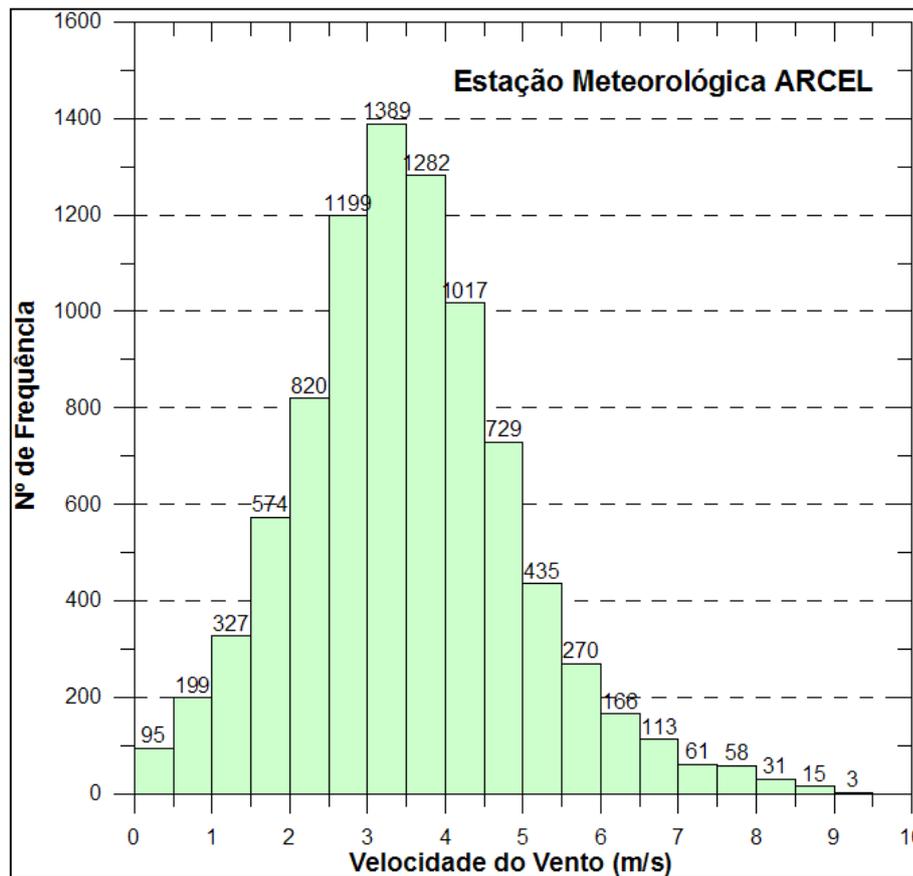
**Fonte:** Aracruz Celulose.

As direções predominantes dos ventos na região da estação meteorológica da Aracruz Celulose para o ano de 2008 foram: Norte (N), Nordeste (NE), Leste-Nordeste (ENE), Sul (S), Sul-Sudoeste (SSW), Noroeste (NW) e Norte-Noroeste (NNW). A **Figura 5-303** representa as direções e velocidades dos ventos da região em estudo, através do gráfico da Rosa dos Ventos – 2008.

A **Figura 5-304** mostra o histograma com o número de freqüência das classes de velocidade do vento medido na estação meteorológica da ARCEL em 2008. Pode ser observado que 73,27% do número de freqüência de ocorrência dos dados de velocidade de vento apresentam-se na faixa de 2,0-5,0 m/s e que o maior número de freqüência está entre 3,0 e 3,5 m/s.



**Figura 5-303:** Rosa dos Ventos para o período de 2008 – Estação Meteorológica da Aracruz Celulose (ARCEL).



**Figura 5-304:** Histograma dos dados de velocidade de vento medidos na estação meteorológica da ARCEL em 2008.

#### 5.1.8.2.1 Material Particulado (PTS e PM<sub>10</sub>)

As concentrações médias geométricas anuais de partículas totais em suspensão (PTS) e as concentrações médias aritméticas anuais de partículas inaláveis (PM<sub>10</sub>), menores que 10 micrômetros, dos valores medidos em 2008, estão apresentadas na **Tabela 5-82**.

Analisando as concentrações médias anuais apresentadas na **Tabela 5-82** observam-se que os níveis de PTS e PM<sub>10</sub> não ultrapassaram os padrões primários estabelecidos na Resolução CONAMA 003/90.

**Tabela 5-82:** Concentrações médias anuais de material particulado monitorados na região da área de influência do empreendimento, em 2008, nas estações de monitoramento da qualidade do ar da Aracruz Celulose.

Estação	PTS <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>1</sup>	PM <sub>10</sub> <sup>2</sup> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>2</sup>
Coqueiral de Aracruz	14,7		15,3	
Barra do Sahy	16,7	<b>80,0</b>	18,7	<b>50,0</b>
Barra do Riacho	19,5		18,9	

(1) MGA – Média Geométrica Anual.

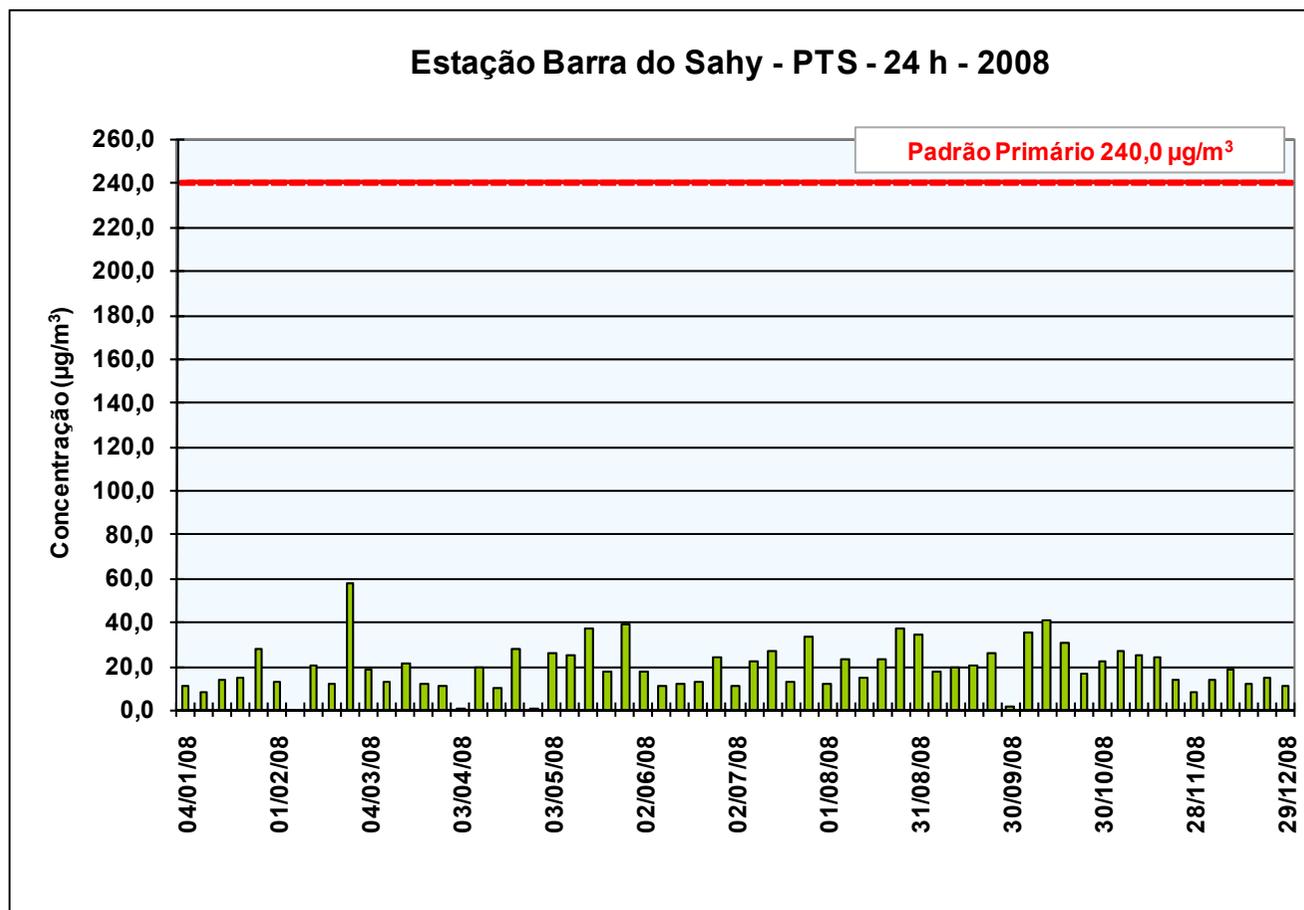
(2) MAA – Média Aritmética Anual.

**Fontes:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA nº 03/90.

Os resultados das concentrações médias de 24 h de PTS e PM<sub>10</sub> medidas em 2008 estão apresentados nas Figuras 4.1.8.3.1-1 a 4.1.8.3.1-6. Observam-se que os valores das concentrações ficaram abaixo dos limites primários (240,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  – PTS e 150,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  – PM<sub>10</sub>) estabelecidos pela legislação brasileira (CONAMA 03/90).

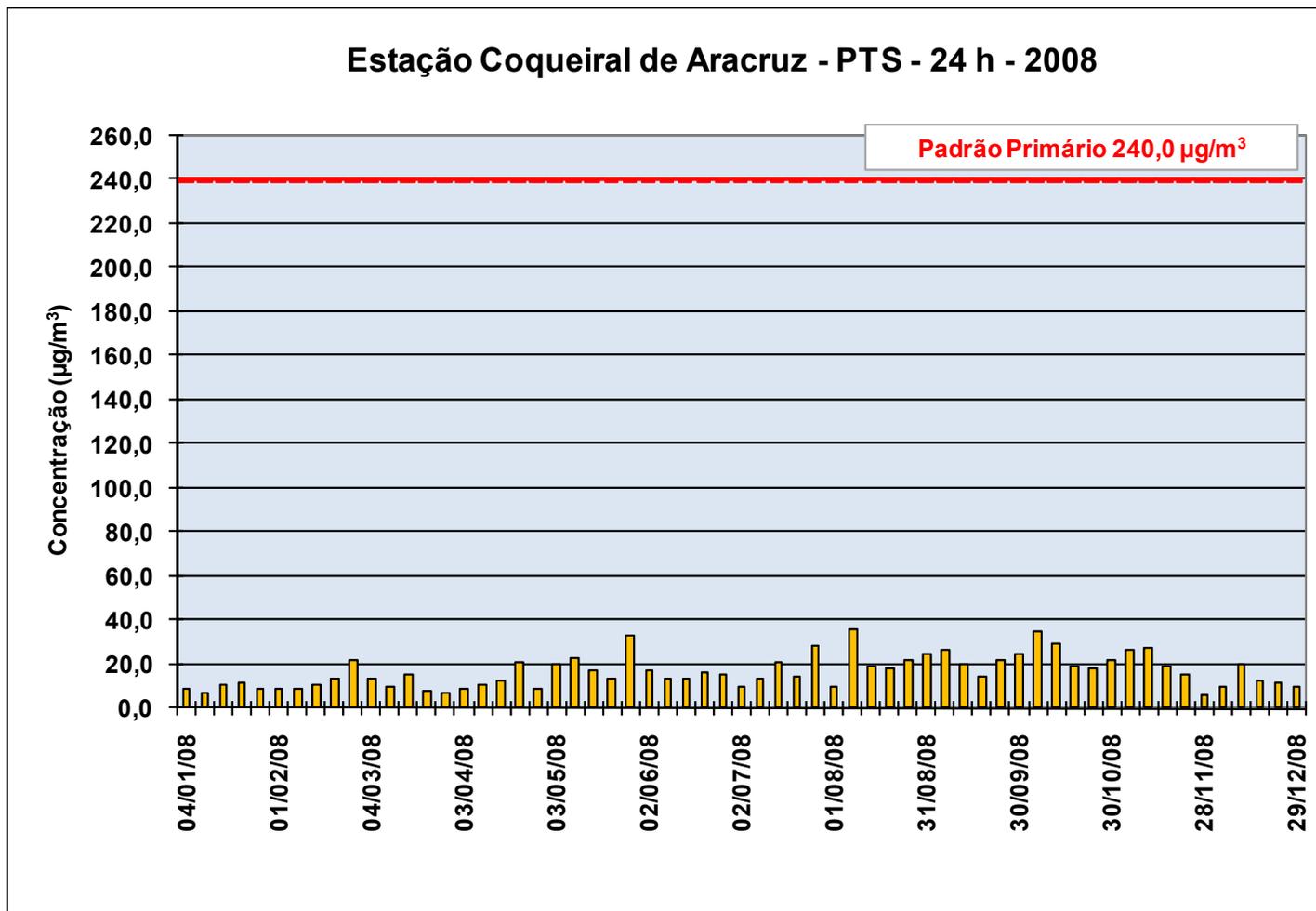
As medições médias de 24 horas de PTS foram realizadas com amostradores de grandes volumes (*Hi-Vol*) e as médias de 24 horas de PM<sub>10</sub> com amostradores de pequenos volumes (*MiniVol Portable Air Sample*). Estes amostradores são utilizados em redes de monitoramentos manuais.

Os resultados das concentrações médias de 24 h de PTS e PM<sub>10</sub> medidas em 2008 estão apresentados nas figuras a seguir (**Figura 5-305, Figura 5-306, Figura 5-307, Figura 5-308, Figura 5-309 e Figura 5-310**). Observam-se que os valores das concentrações ficaram abaixo dos limites primários (240,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PTS e 150,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM<sub>10</sub>) estabelecidos pela legislação brasileira (CONAMA 003/90).

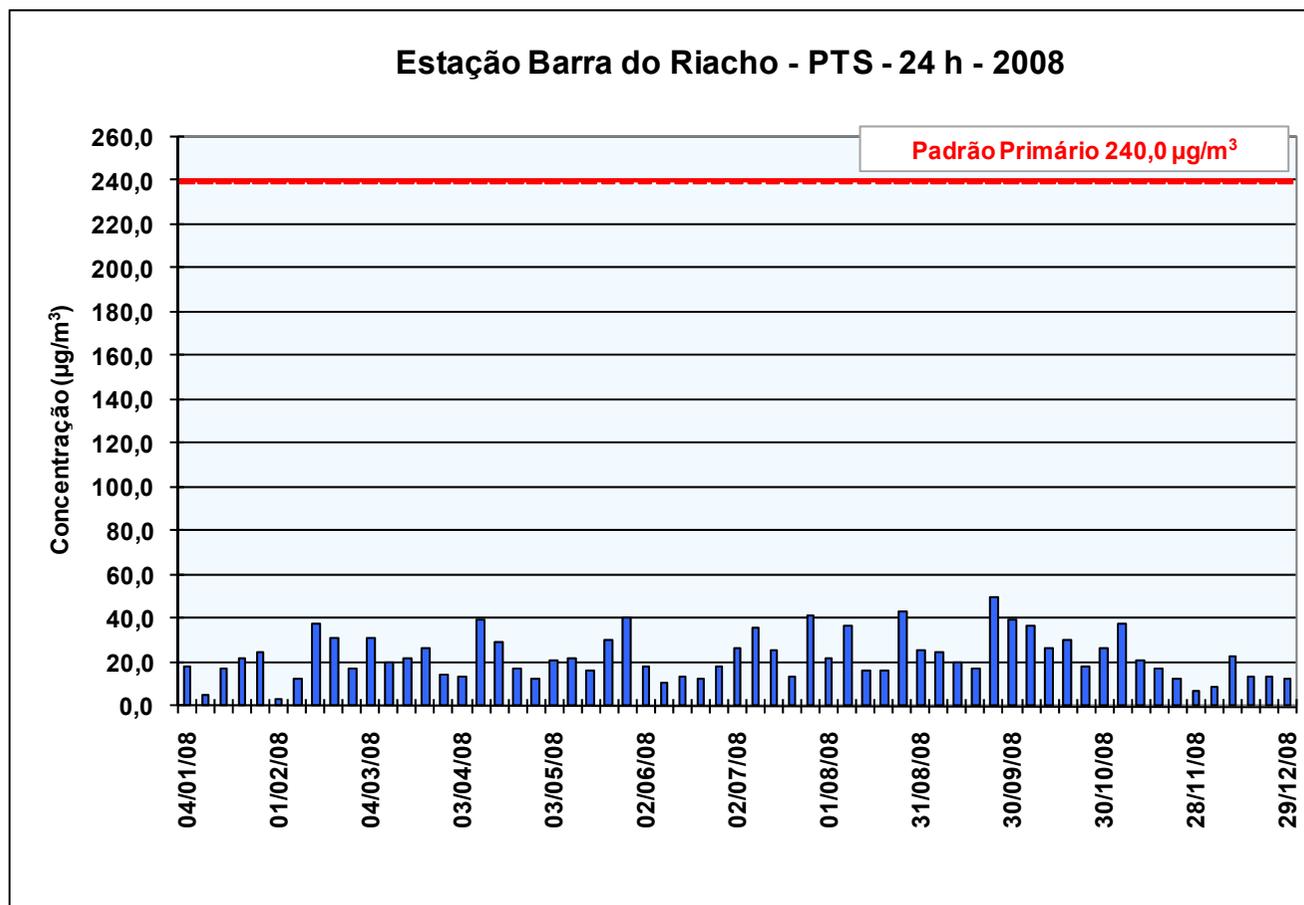


**Figura 5-305:** Concentrações médias de 24 h de PTS medidas na estação Barra do Sahy em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o limite primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.

**Fonte:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 003/90

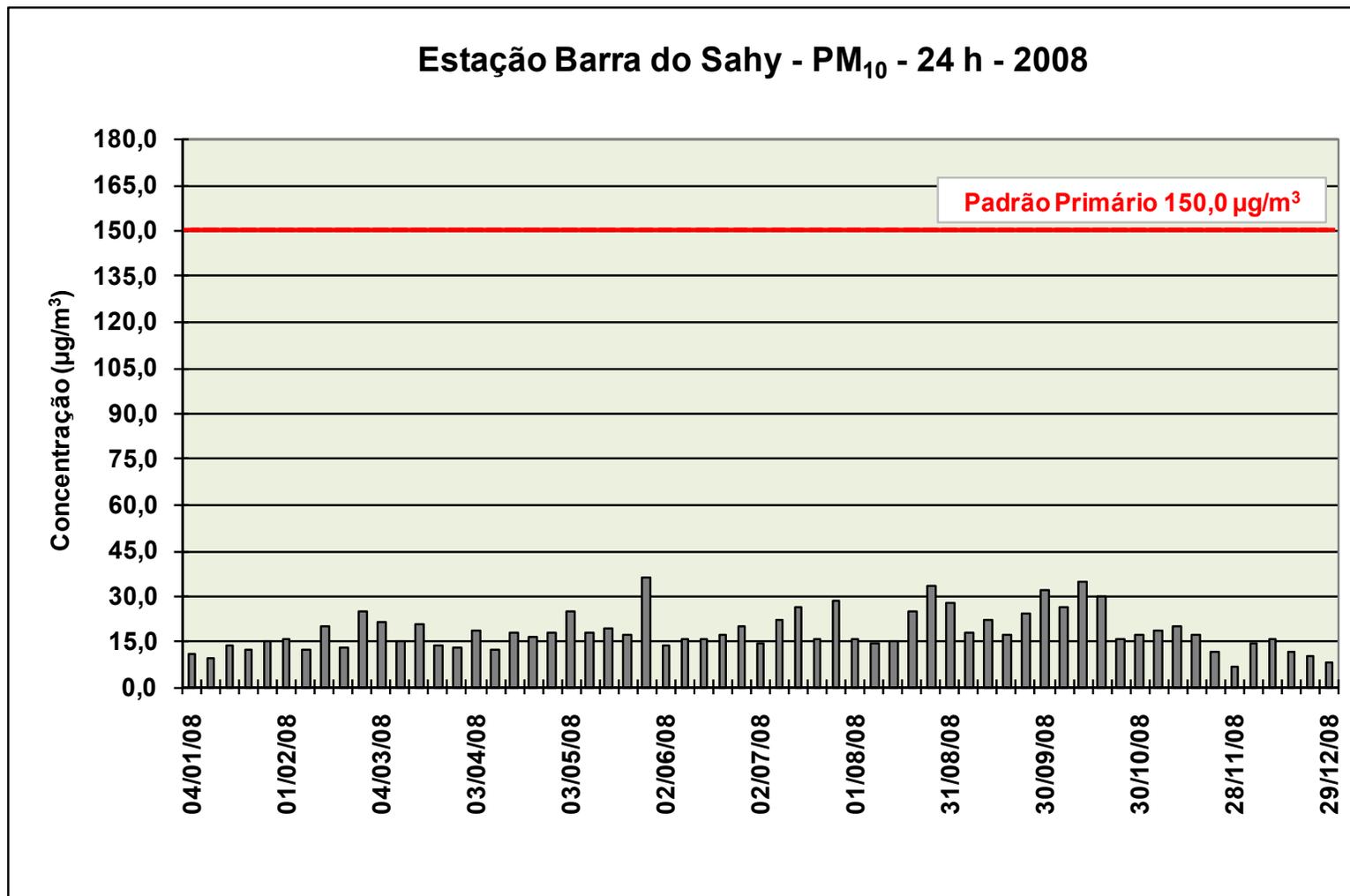


**Figura 5-306:** Concentrações médias de 24 h de PTS medidas na estação Coqueiral de Aracruz em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o limite primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.  
**Fontes:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 03/90.



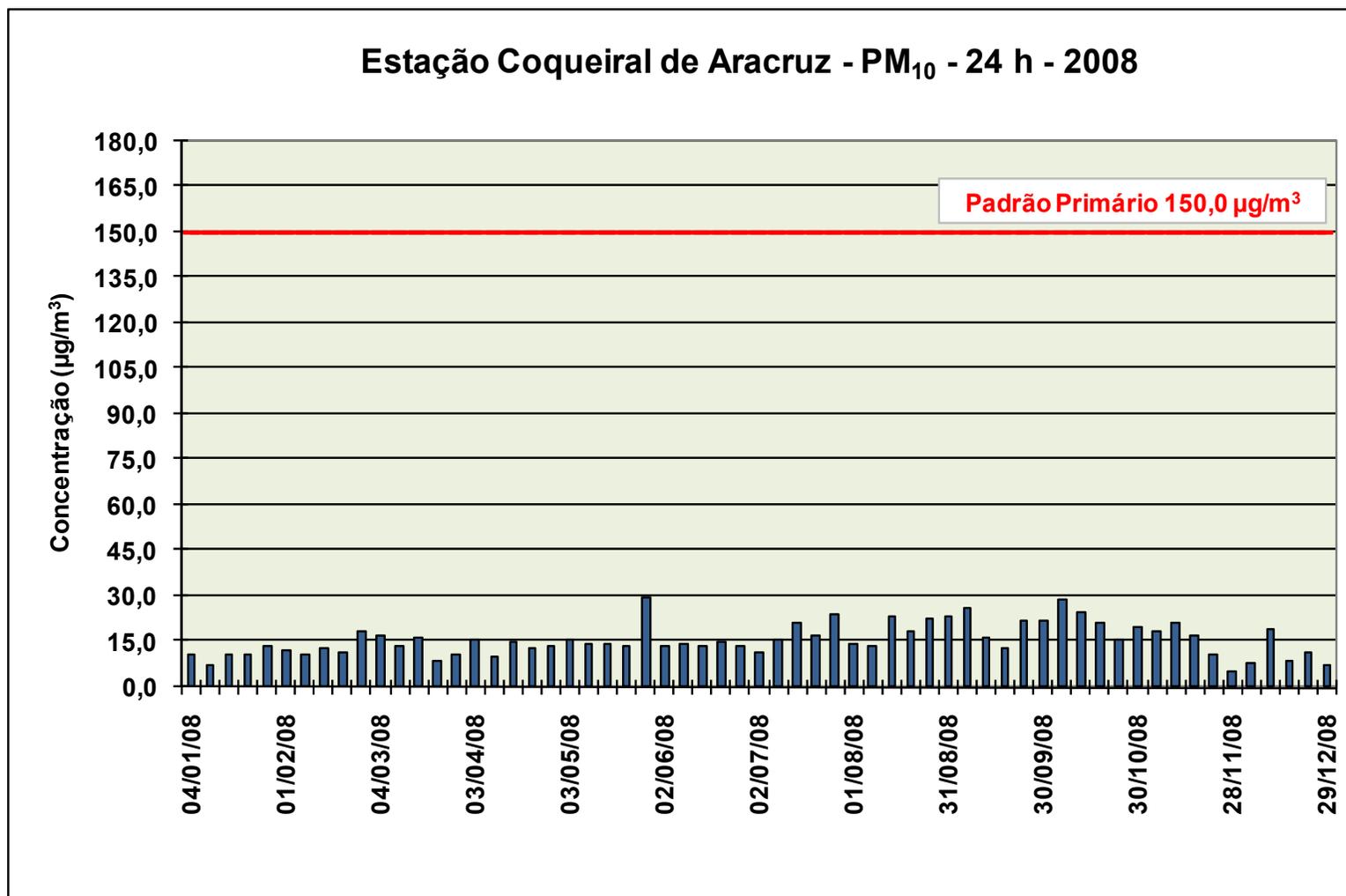
**Figura 5-307:** Concentrações médias de 24 h de PTS medidas na estação Barra do Riacho em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o limite primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.

**Fonte:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 003/90



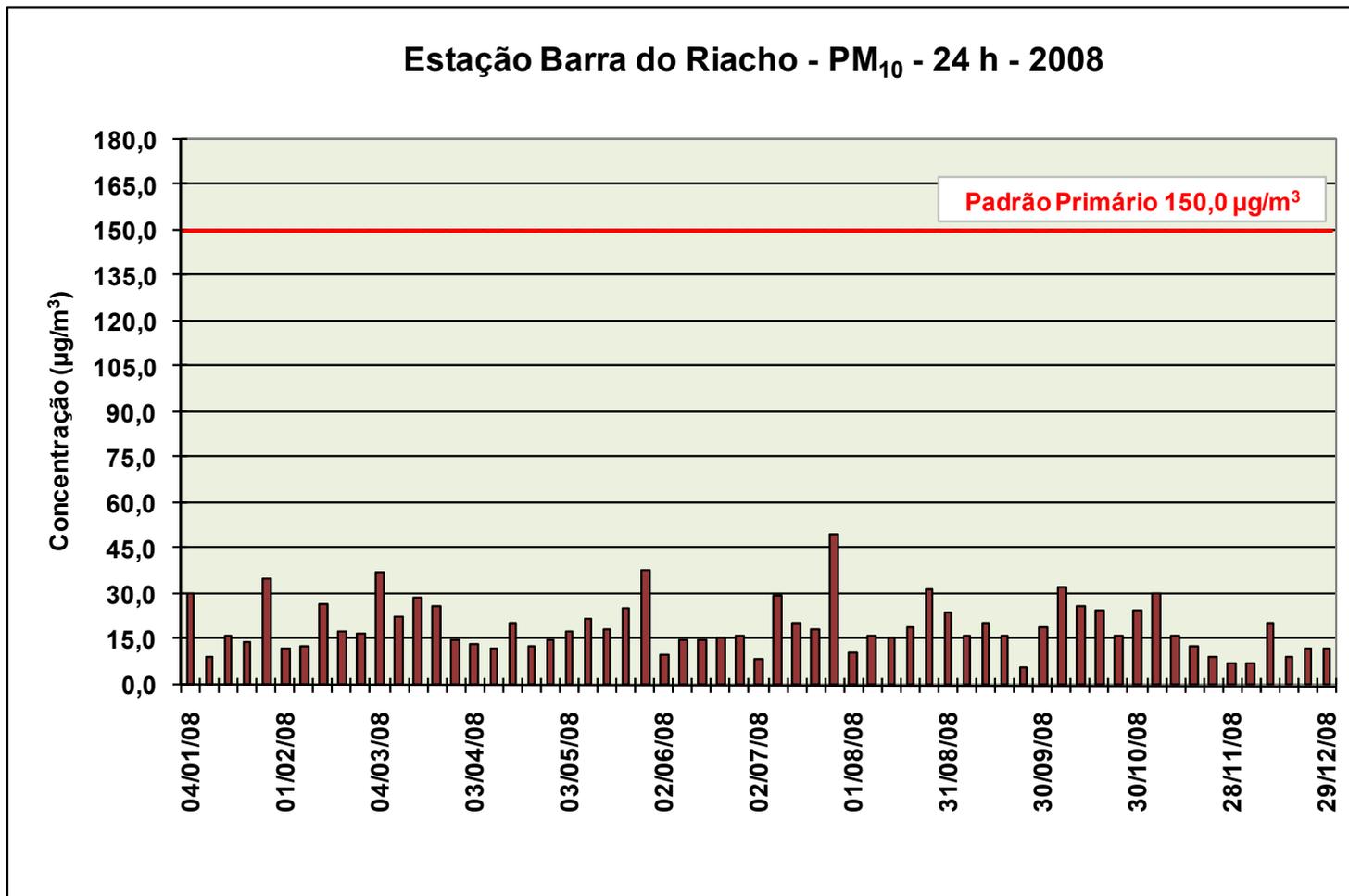
**Figura 5-308:** Concentrações médias de 24 h de PM<sub>10</sub> medidas na estação Barra do Sahy em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o padrão primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.

**Fonte:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 003/90



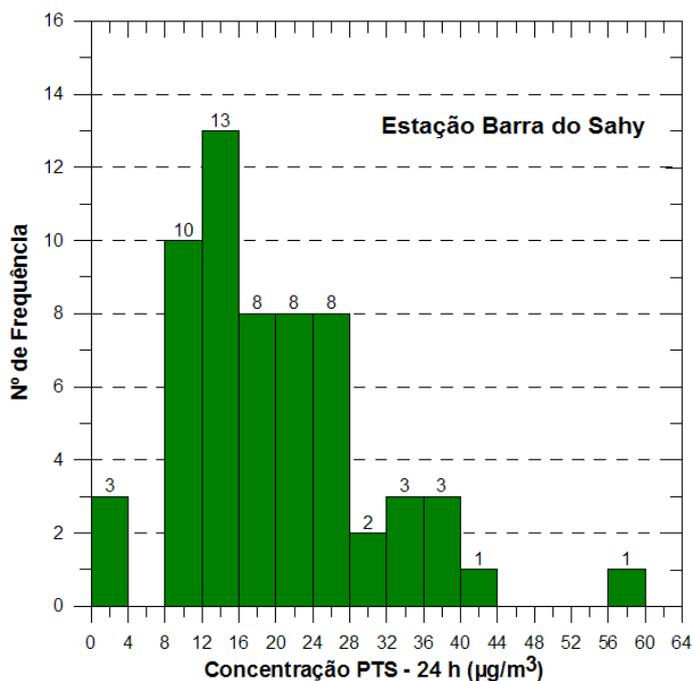
**Figura 5-309:** Concentrações médias de 24 h de PM<sub>10</sub> medidas na estação Coqueiral de Aracruz em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o padrão primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.

**Fontes:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 03/90.



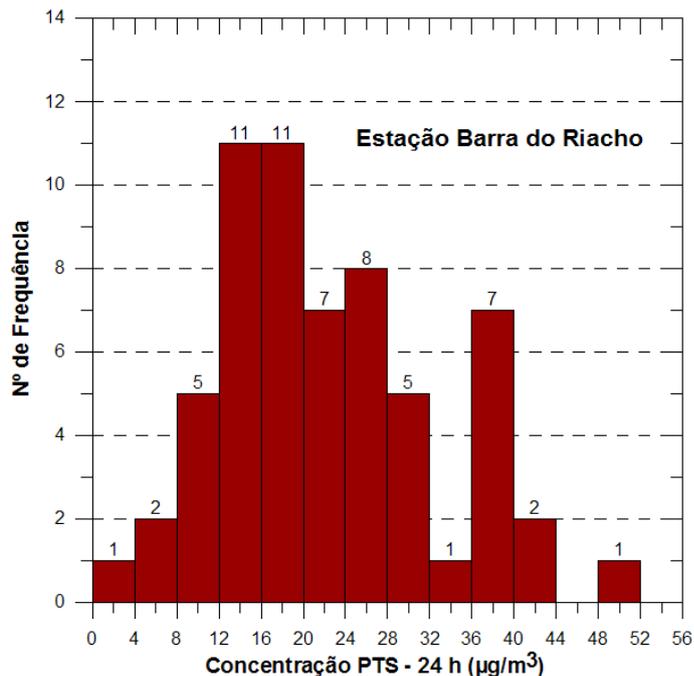
**Figura 5-310:** Concentrações médias de 24 h de PM<sub>10</sub> medidas na estação Barra do Riacho em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o padrão primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.  
**Fonte:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 003/90

Nas figuras a seguir, **Figura 5-311 a Figura 5-313**, pode-se observar que a maior frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de PTS medidas está na faixa de 8,0-12,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para a estação de Coqueiral de Aracruz, de 12,0 a 16,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para a estação de Barra do Sahy e de 12,0 a 20,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para Barra do Riacho.

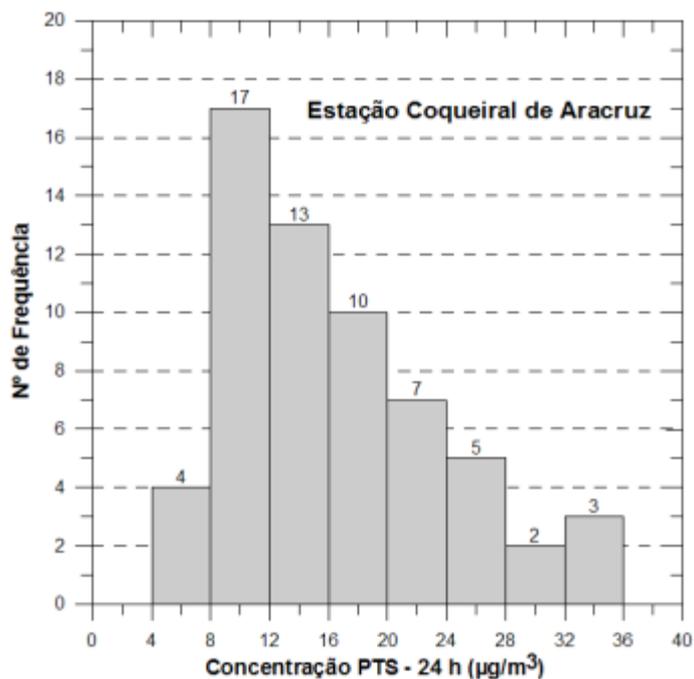


**Figura 5-311:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de PTS na estação Barra do Sahy em 2008.

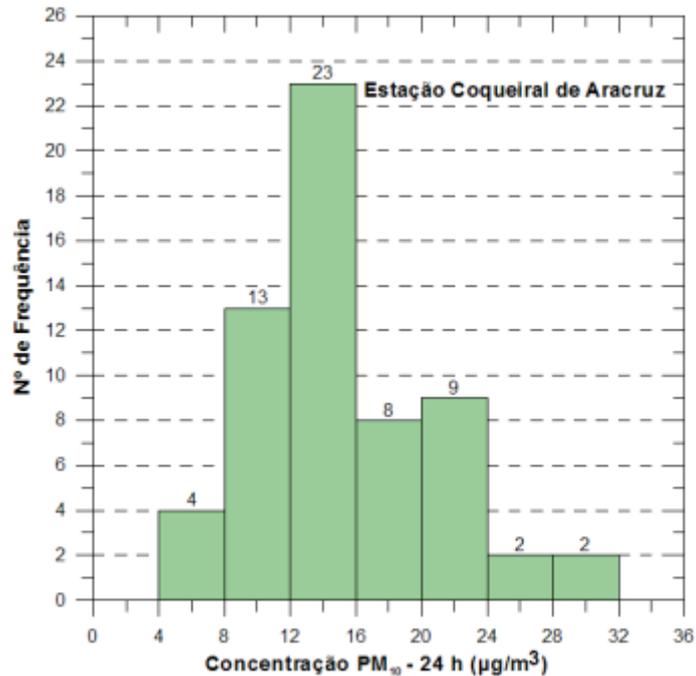
Os valores de maior frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de  $\text{PM}_{10}$  estão na faixa de 12,0 a 16,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para a estação de Coqueiral de Aracruz e 12,0-20,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para as estações Barra do Sahy e Barra do Riacho. Este fato pode ser observado na **Figura 5-314, Figura 5-315 e Figura 5-316**.



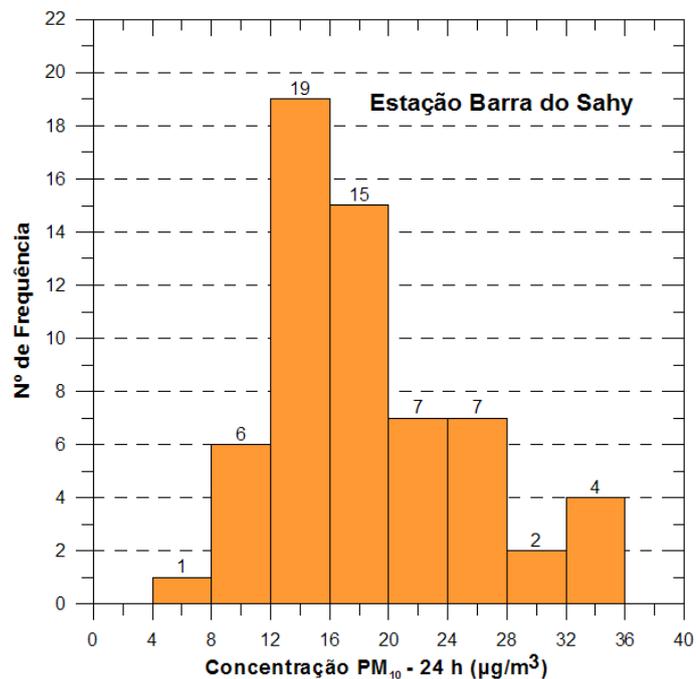
**Figura 5-312:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de PTS na estação Barra do Riacho em 2008.



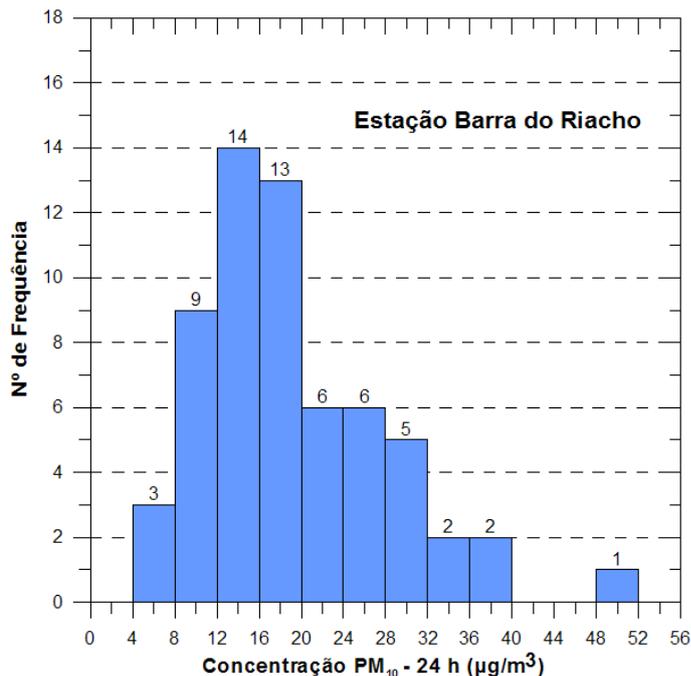
**Figura 5-313:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de PTS na estação Coqueiral de Aracruz em 2008.



**Figura 5-314:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de PM<sub>10</sub> na estação Coqueiral de Aracruz em 2008.



**Figura 5-315:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de PM<sub>10</sub> na estação Barra do Sahy em 2008.



**Figura 5-316:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de PM<sub>10</sub> na estação Barra do Riacho em 2008.

#### 5.1.8.2.2 Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)

As concentrações médias aritméticas anuais de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) de 2008 encontram-se dentro do padrão primário exigido pela Resolução CONAMA 003/90. Os valores estão apresentados na **Tabela 5-83**.

**Tabela 5-83:** Concentrações médias anuais de SO<sub>2</sub> monitorados na região da área de influência do empreendimento, em 2008, nas estações de monitoramento da qualidade do ar da Aracruz Celulose.

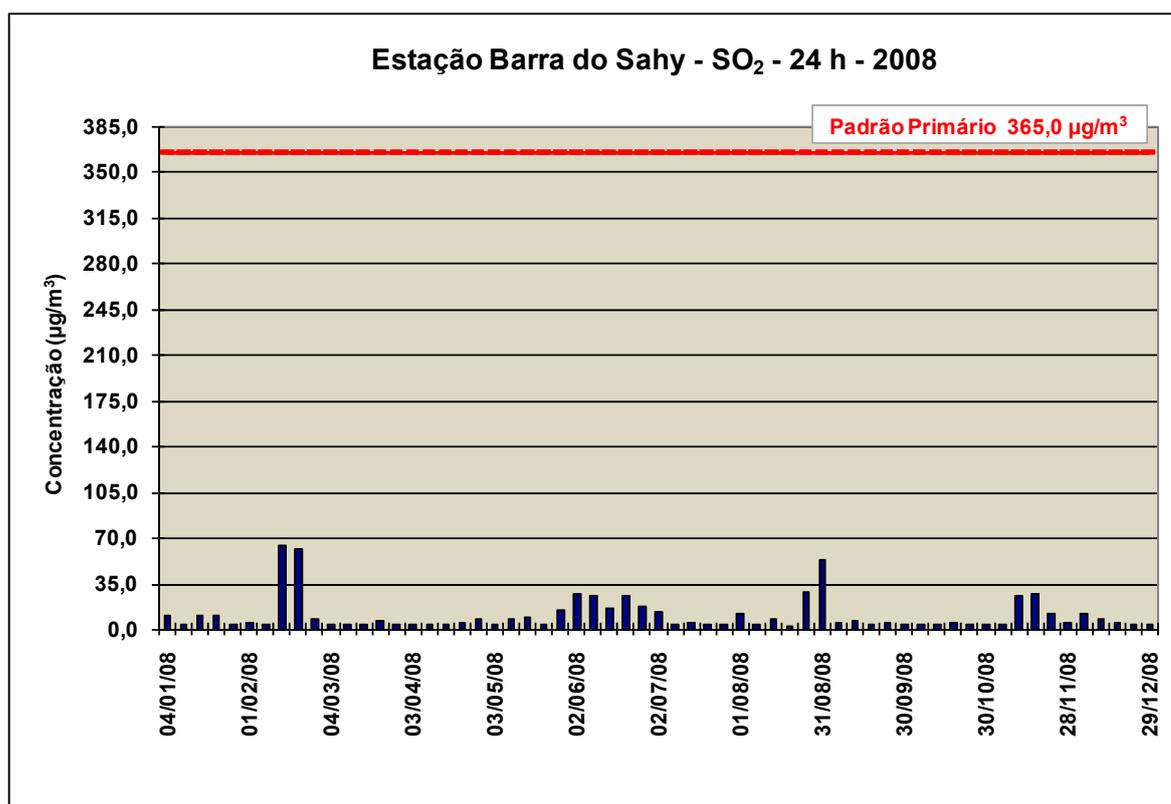
Estação	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>
Barra do Sahy	11,3
Barra do Riacho	13,1
Coqueiral de Aracruz	14,5
<b>Padrão primário (CONAMA 003/90)</b>	<b>80,0</b>

<sup>1</sup> MGA – Média Aritmética Anual.

**Fonte:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 003/90

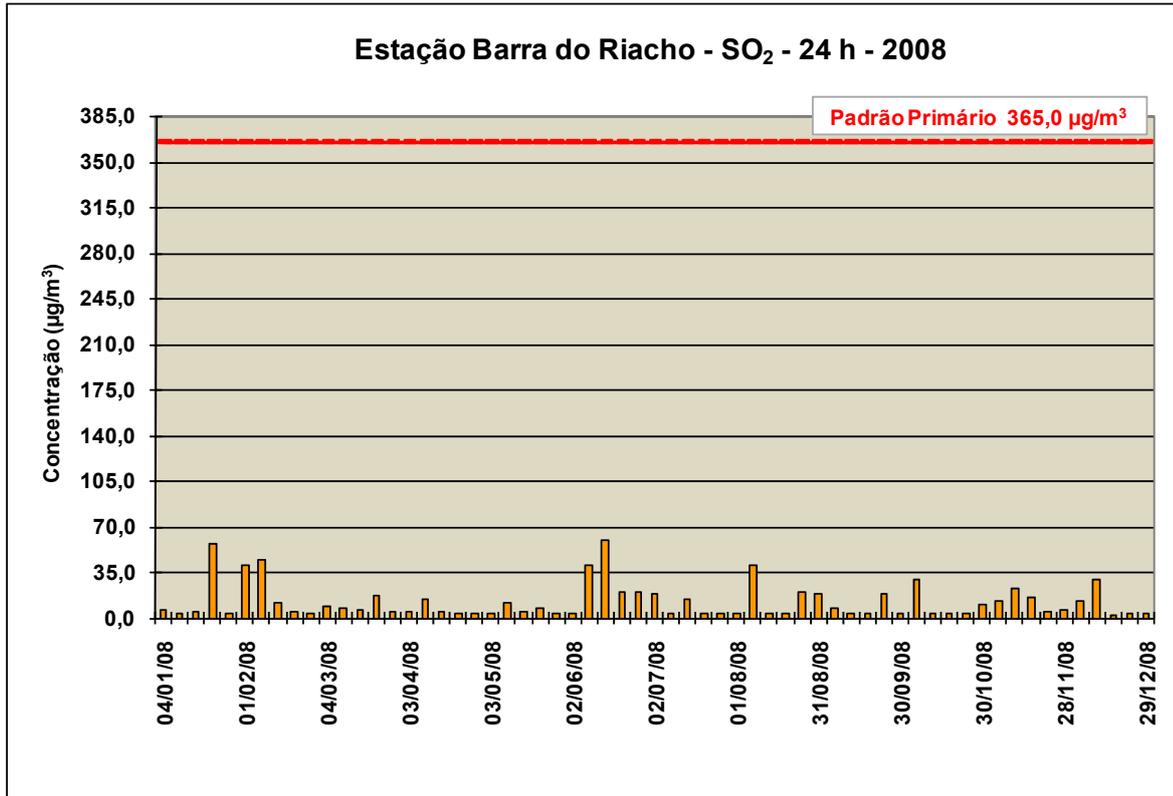
Nesse estudo foi considerado o valor limite de detecção de  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$  para os dados das concentrações médias de 24 h de  $\text{SO}_2$  medidas, representado pela expressão “LD (limite de detecção)” na planilha de dados. Este dado foi considerado tanto no cálculo das médias aritméticas anuais, quanto na elaboração das figuras apresentadas neste subitem.

As medições médias de 24 horas de  $\text{SO}_2$  foram realizadas com amostrador manual de pequeno volume (solução de  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) – TRIGÁS. Os resultados das concentrações médias de 24 h de  $\text{SO}_2$  medidas em 2008 estão apresentados na **Figura 5-317**, na **Figura 5-318** e na **Figura 5-319**. Verificam-se que os níveis de concentrações ficaram abaixo dos limites primários ( $365,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{SO}_2$ ) estabelecidos pela legislação brasileira (CONAMA nº 003/90).



**Figura 5-317:** Concentrações médias de 24 h de  $\text{SO}_2$  medidas na estação Barra do Sahy em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o padrão primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.

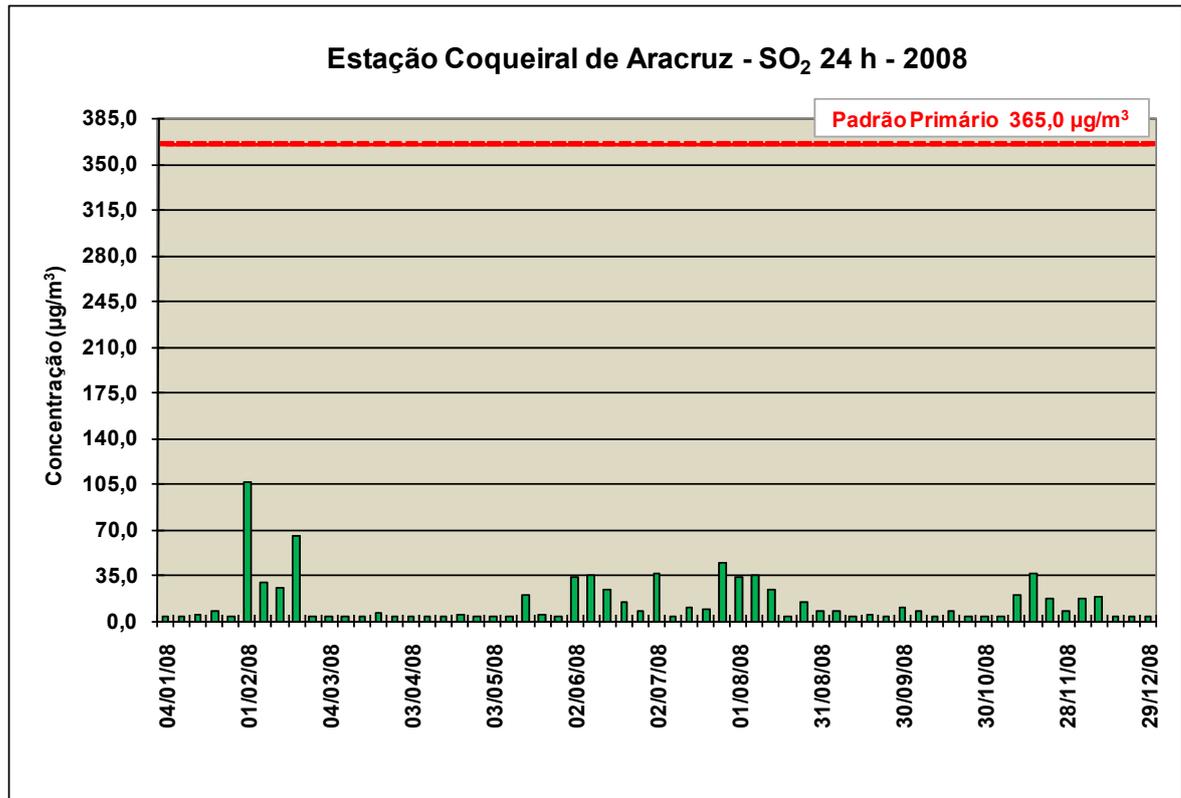
**Fonte:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 003/90



**Figura 5-318:** Concentrações médias de 24 h de SO<sub>2</sub> medidas na estação Barra do Riacho em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o padrão primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.

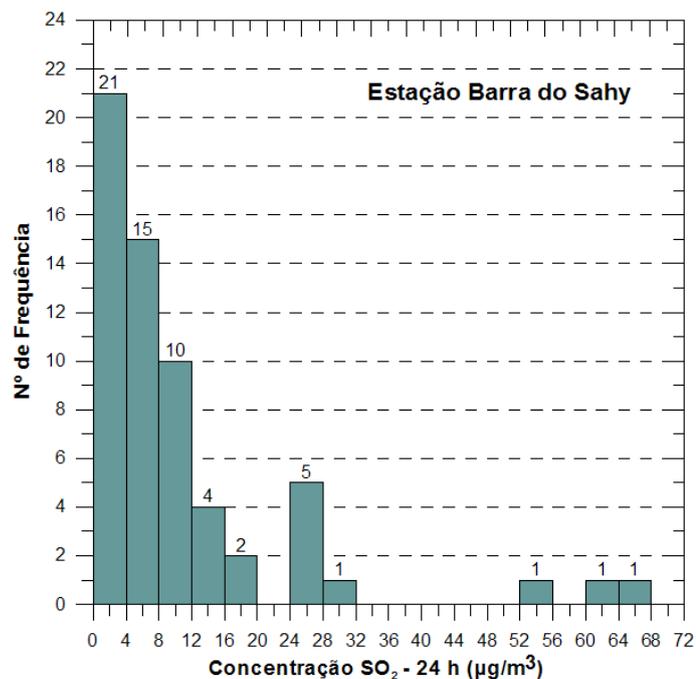
**Fonte:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 003/90.

Como pode-se observar na **Figura 5-320**, **Figura 5-321** e **Figura 5-322**, 75,41% do número de freqüência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de SO<sub>2</sub> medidas na estação de Barra do Sahy, 65,57% na estação de Barra do Riacho estão na faixa de 0,0 a 12,0 µg/m<sup>3</sup> e 67,21% na estação de Coqueiral de Aracruz.

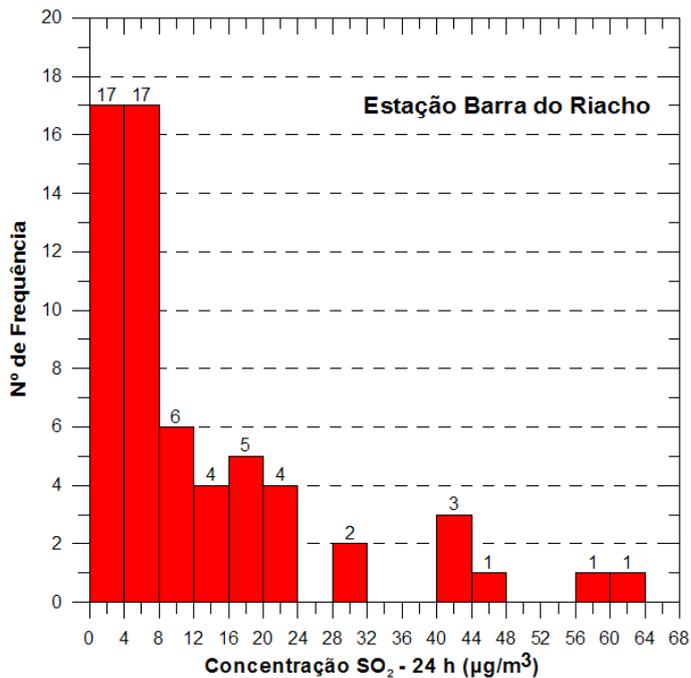


**Figura 5-319:** Concentrações médias de 24 h de SO<sub>2</sub> medidas na estação Coqueiral de Aracruz em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o padrão primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.

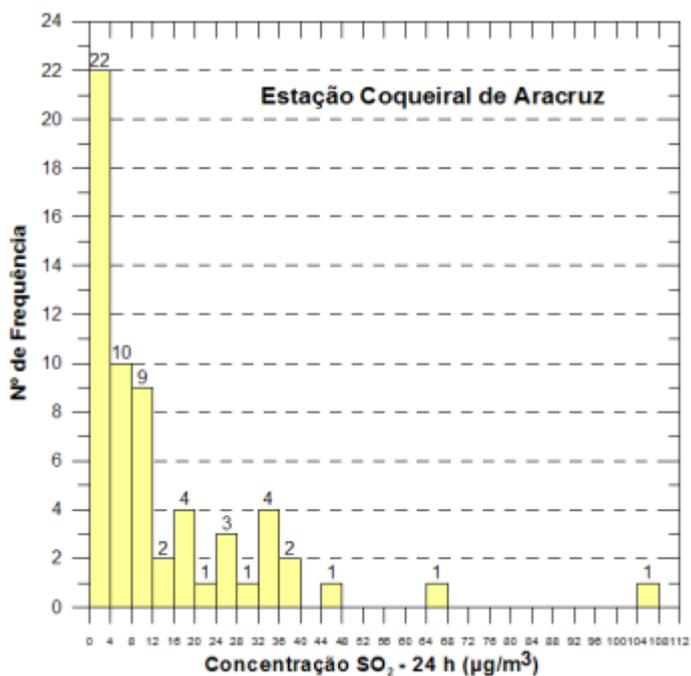
**Fontes:** Aracruz Celulose e Resolução CONAMA nº 03/90.



**Figura 5-320:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de SO<sub>2</sub> na estação Barra do Sahy em 2008.



**Figura 5-321:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de SO<sub>2</sub> na estação Barra do Riacho em 2008.



**Figura 5-322:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 24 horas de SO<sub>2</sub> na estação Coqueiral de Aracruz em 2008.

### 5.1.8.2.3 Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>)

A medição dos óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) na região de estudo é realizada de forma contínua, em médias de 1 (uma) hora na estação de Barra do Sahy. É utilizado no monitoramento o amostrador contínuo por luminescência química.

A concentração média aritmética anual dos óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) de 2008 encontra-se dentro do padrão primário exigido pela Resolução CONAMA 003/90. O valor está apresentado na **Tabela 5-84**.

**Tabela 5-84:** Concentração média anual dos óxidos de nitrogênio monitorados na região da área de influência do empreendimento, em 2008.

Estação	NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>
Barra do Sahy	6,6
Padrão primário (CONAMA 003/90)	100,0

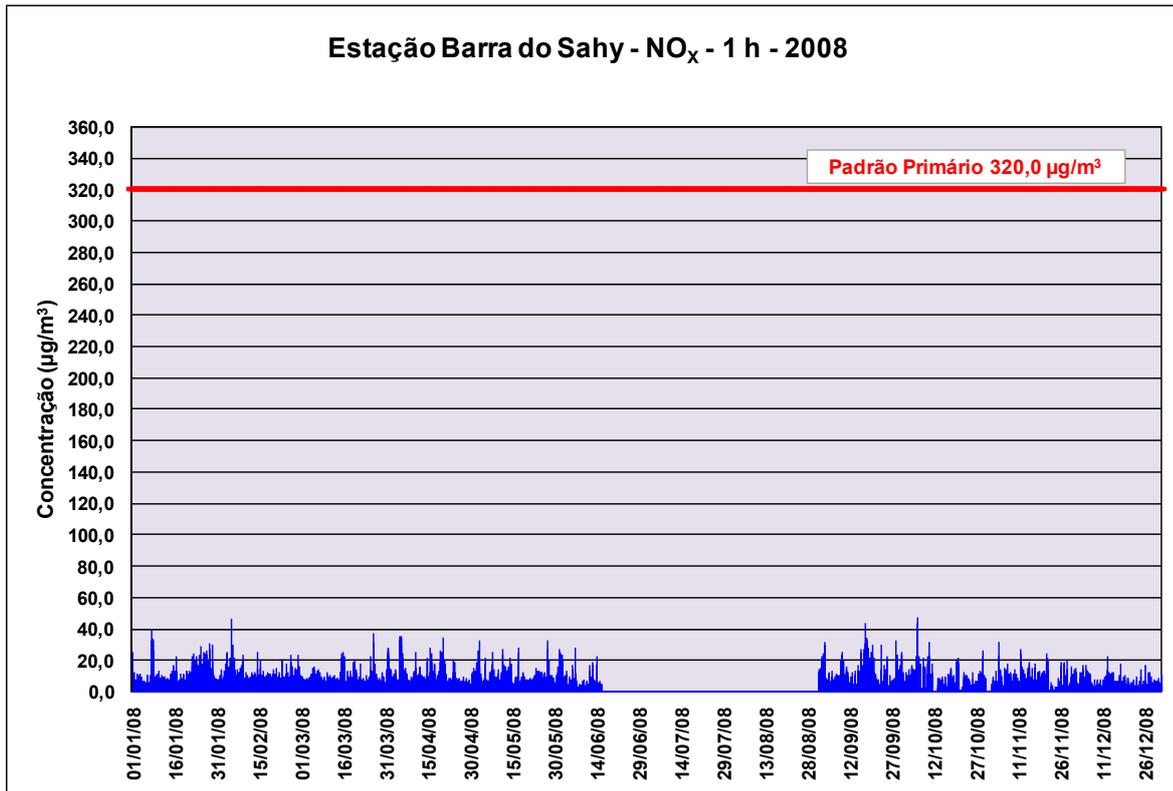
<sup>1</sup> MGA – Média Aritmética Anual.

Fonte: Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 003/90

A média aritmética anual foi calculada utilizando 6.483 dados horários disponíveis, o que representa 73,80 % do total de horas (8784 horas) a serem medidas em um ano de monitoramento contínuo.

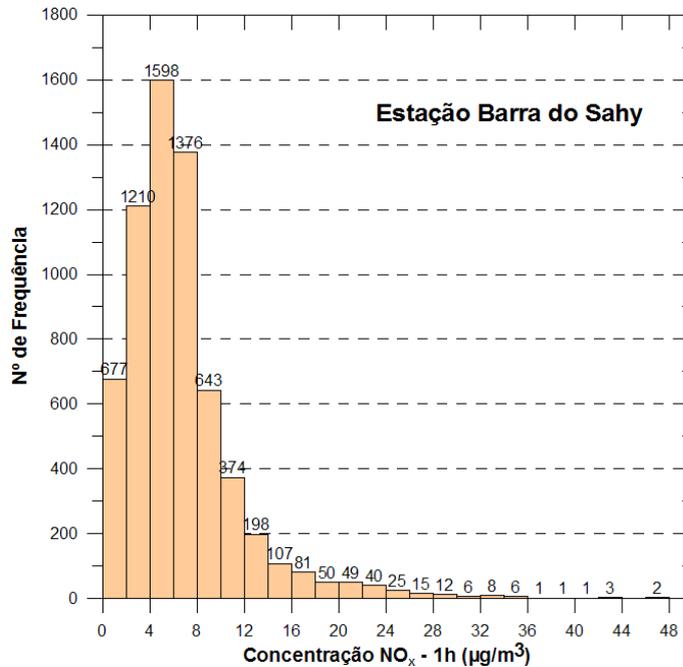
Os resultados das concentrações médias de 1 h de NO<sub>x</sub> medidas em 2008 estão apresentados na **Figura 5-323**. Verificam-se que os níveis de concentrações ficaram abaixo dos limites primários (320,0 µg/m<sup>3</sup> para NO<sub>x</sub>) estabelecidos pela legislação brasileira (CONAMA 003/90).

O valor de maior frequência de ocorrência das concentrações médias de 1 hora de NO<sub>x</sub> medidas na estação de Barra do Sahy está na faixa de 4,0-6,0 µg/m<sup>3</sup>, conforme apresentado na **Figura 5-324**.



**Figura 5-323:** Concentrações médias de 1 h de NO<sub>x</sub> medidas na estação Barra do Sahy em 2008. A linha de cor vermelha na horizontal representa o padrão primário estabelecido na Resolução CONAMA 03/90.

Fonte: Aracruz Celulose e Resolução CONAMA 003/90



**Figura 5-324:** Frequência de ocorrência das concentrações médias de 1 hora de NO<sub>x</sub> na estação Barra do Sahy em 2008.

#### 5.1.8.2.4 Conclusão

Os resultados apresentados levam a concluir que a qualidade do ar da região de estudo é boa, com níveis de concentrações de PTS, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> abaixo dos padrões primários estabelecidos na Resolução CONAMA 003/90.

#### 5.1.9 Níveis de ruído

A área do empreendimento possui características que facilitam a análise dos principais aspectos relacionados à avaliação de ruído. Pode ser considerado que a referida área está distante de zonas habitadas, onde apenas a sua porção sul faz divisa com a localidade de Barra do Sahy. Os principais aspectos que caracterizam a área quanto aos níveis de ruído e de vibrações são:

- Limite Norte: Área industrial da Aracruz Celulose, incluindo sua zona portuária.
- Limite Leste: Região de praia (Praia da Água Boa).
- Limite Sul: Área urbana de Barra do Sahy.
- Limite Oeste: Rodovia ES 010.

##### 5.1.9.1 Metodologia

Foram realizadas duas campanhas de campo com o objetivo de diagnosticar os níveis atuais de ruído na região limítrofe da área do empreendimento. A primeira campanha, realizada no dia oito de agosto de 2009, teve como objetivo caracterizar os níveis de ruído no período diurno. Enquanto a segunda campanha, realizada em 29 de agosto de 2009, mediu os níveis de ruído no período noturno.

## 1ª Campanha

Utilizando informações cartográficas da área do empreendimento, onde pôde ser visualizada a região de entorno do futuro estaleiro, foram identificados previamente os possíveis pontos de medição de ruído. Foram definidos 27 pontos de monitoramento no dia da campanha, distribuídos da seguinte forma: 10 pontos localizados na região limítrofe do empreendimento (ao longo da rodovia); 9 pontos localizados no interior da área; 7 pontos localizados no limite sul da área do empreendimento; e 1 ponto localizado na praia da Água Boa. As medições foram iniciadas às 09:00 da manhã e finalizadas às 12:00 horas do dia 08/08/2009.

## 2ª Campanha

Foram selecionados 8 pontos localizados próximos à localidade de Barra do Sahy para a medição de ruído no período noturno. As medições foram realizadas entre 20:00 e 20:30 do dia 29/08/2009. A **Figura 5-312** apresenta o mapa de localização dos pontos de monitoramento dos níveis de ruído da primeira e segunda campanha de campo.

Para a realização das medições foi utilizado o medidor de Pressão Sonora Digital marca INSTRUTHERM, modelo THDL-400 (**Figura 5-326**), conforme requerimento IEC 61672-1-2002 *Class 2 Sound Level Meter Type 2*; ANSI S1.43-1997 (R2002) *for Sound Level Meters Type 2*.

Os instrumentos foram operados no circuito de compensação “A”, resposta lenta (*slow*) para quantificar os níveis de ruído contínuo ou intermitente, com microfone protegido provido de filtro de vento, posicionado à altura de 1,20 metros do solo, com inclinação aproximada de 45° em relação ao piso e livre de superfícies reverberantes.



Figura 5-325: Mapa de localização dos pontos amostrais de ruído.



**Figura 5-326:** Medidor INSTRUTHERM, modelo THDL-400, utilizado nas medições de níveis de ruído.

A **Tabela 5-85** apresenta os níveis de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, por classe de uso e ocupação do solo. Os níveis apresentados na **Tabela 5-85** são os valores máximos de ruído permitidos durante os períodos diurno e noturno (NBR 10.151). Ressalte-se que a localidade de Barra do Sahy está classificada, de acordo com o Plano Diretor Urbano (PDU) do município de Aracruz, como uma Área Mista, predominantemente residencial.

**Tabela 5-85:** Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A) – NBR 10.151.

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

#### 5.1.9.2 Resultados

Os resultados das duas campanhas de campo, referente às medições diurnas e noturnas, estão apresentados na **Tabela 5-86**, expressos em decibéis (dB).

**Tabela 5-86:** Resultados de medição de pressão sonora.

Ponto de Medição	Horário Diurno	Horário Noturno	Coordenadas UTM	Medição Diurna (dB)		Medição Noturna (dB)	
				Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
01	08:40	-	387431 – 7804488	48,8	81,7*	-	-
02	08:48	-	387352 – 7804326	46,6	89,0*	-	-
03	09:00	-	387310 – 7804000	46,0	80,3*	-	-
04	09:08	-	387322 – 7803706	43,6	89,6*	-	-
05	09:20	-	387313 – 7803477	43,9	77,6*	-	-
06	09:25	-	387239 – 7803250	42,5	77,6*	-	-
07	09:30	19:50	387102 – 7803021	42,4	74,5*	31,4	84,0
08	09:36	20:05	386949 – 7802771	42,0	82,6*	54,8	85,0
09	09:45	-	387096 – 7802692	41,6	47,0	-	-
10	09:50	-	387187 – 7802628	41,9	45,4	-	-
11	09:55	-	387399 – 7802895	42,1	46,9	-	-
12	10:02	-	387278 – 7802949	41,5	43,0	-	-
13	11:21	-	387566 – 7803135	41,2	41,1	-	-
14	10:22	-	387444 – 7803192	39,8	42,0	-	-
15	10:12	-	387634 – 7803262	40,5	41,1	-	-
16	10:18	-	387544 – 7803323	40,7	41,1	-	-
17	10:32	-	387905 – 7803641	41,3	44,3	-	-
18	10:43	-	388046 – 7803848	42,1	43,5	-	-
19	10:48	-	387854 – 7804051	39,9	41,2	-	-
20	11:28	20:40	387101 – 7802478	41,8	42,5	41,6	46,5
21	11:33	20:35	387046 – 7802315	44,9	46,1	46,1	50,2
22	11:37	20:30	386905 – 7802311	42,4	43,7	42,8	50,0
23	11:41	20:25	386790 – 7802425	41,8	46,1	30,7	38,4
24	11:46	20:20	386792 – 7802425	38,9	50,7**	38,6	59,7
25	11:55	20:15	386792 – 7802490	49,7	63,3**	28,5	54,2
26	12:00	-	386916 – 7802704	43,9	74,2*	-	-
Trecho de Praia	11:00	-	388164 – 7803591	47,7	50,2	-	-

\* Interferência do trânsito de veículos na rodovia.

\*\* Presença de animais domésticos (cães).

### Período Diurno

Observam-se que os nove pontos localizados próximos à rodovia (pontos de 01 a 08 e ponto 26) apresentaram valores máximos de nível de ruído bem superiores àqueles pontos localizados na área interna do futuro empreendimento. Isso é devido ao aumento do nível de ruído que ocorre quando há tráfego de veículos na rodovia, principalmente quando ocorre a circulação de veículos pesados (**Figura 5-327**). Enquanto a média dos níveis máximos de ruído desses nove pontos foi de 80,8 dB, a média dos níveis máximos de ruído dos outros dezoito pontos foi de 45,5 dB, 44% menor. O maior resultado obtido foi referente ao ponto 04, apresentado nível máximo de ruído de 89,6 dB.

Os pontos 24 e 25 também apresentaram elevados níveis máximos de ruído. Esses níveis de ruído foram obtidos pela presença próxima de animais domésticos (latidos de cães).



**Figura 5-327:** Tráfego de veículos pesados e leves na rodovia ES-010.

Avaliando os resultados mínimos obtidos em cada ponto monitorado, observou-se pouca variação nos valores medidos. Mesmo apresentando pouca variação, observando a **Figura 5-302**, nota-se que à medida em que os pontos de medição se afastam da fábrica da Aracruz Celulose, os níveis de ruído declinam, o que indica a influência da operação desta fábrica nos níveis de ruído medidos. Quanto mais ao norte foram realizadas as medições, maiores foram os níveis de ruído medidos, principalmente para aqueles pontos localizados à beira da rodovia, que possuem menos barreiras naturais, quando comparados aos pontos localizados na área interna ao empreendimento.

Além da proximidade da fábrica Aracruz Celulose, outros fatores interferiram nos resultados mínimos de cada medição: barreiras naturais existentes (vegetação, depressão do terreno); movimentação de galhos e folhagens; e emissão de ruído proveniente de animais.

## **Período Noturno**

Observou-se que os resultados de níveis máximos de ruído apresentaram maiores valores para os dois pontos de monitoramentos localizados às margens da rodovia, 80,0 dB e 85,0 dB, pontos 07 e 08 respectivamente. Enquanto os outros seis pontos, localizados no limite sul do empreendimento, apresentaram valores máximos entre 38,4 dB e 59,7.

Avaliando os níveis mínimos de ruído de cada ponto, nota-se que o ponto 08 apresentou o maior nível de ruído (54,8 dB). Este maior resultado foi devido ao intenso ruído emitido por animais noturnos, não percebidos nos outros pontos monitorados. A média dos valores mínimos medidos dos oito pontos monitorados foi de 39,3 dB.

As medições realizadas em cada ponto de monitoramento são ilustradas da **Figura 5-328 à Figura 5-354**.



**Figura 5-328:** Ponto 01 – Localizado próximo à rodovia ES-010.



**Figura 5-329:** Ponto 02 - Localizado próximo à rodovia ES-010.



**Figura 5-330:** Ponto 03 - Localizado próximo à rodovia ES-010.



**Figura 5-331:** Ponto 04 - Localizado próximo à rodovia ES-010.



**Figura 5-332:** Ponto 05 - Localizado próximo à rodovia ES-010.



**Figura 5-333:** Ponto 06 - Localizado próximo à rodovia ES-010.



**Figura 5-334:** Ponto 07 - Localizado próximo à rodovia ES-010.



**Figura 5-335:** Ponto 08 - Localizado próximo à rodovia ES-010.



**Figura 5-336:** Ponto 09 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-337:** Ponto 10 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-338:** Ponto 11 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-339:** Ponto 12 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-340:** Ponto 13 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-341:** Ponto 14 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-342:** Ponto 15 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-343:** Ponto 16 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-344:** Ponto 17 - Localizado dentro da área do empreendimento (área de vegetação).



**Figura 5-345:** Ponto 18 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-346:** Ponto 19 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-347:** Ponto 20 - Localizado dentro da área do empreendimento.



**Figura 5-348:** Ponto 21 - Limite sul da área do empreendimento.



**Figura 5-349:** Ponto 22 - Limite sul da área do empreendimento.



**Figura 5-350:** Ponto 23 - Limite sul da área do empreendimento.



**Figura 5-351:** Ponto 24 - Limite sul da área do empreendimento.



**Figura 5-352:** Ponto 25 - Limite sul da área do empreendimento.



**Figura 5-353:** Ponto 26 - Localizado próximo à rodovia ES-010.



**Figura 5-354:** Ponto 27 – Trecho de praia.

#### **5.1.10 Nível de dispersão de luminosidade (horizonte luminoso)**

A luz é constituída por ondas e partículas (energia e matéria) possuindo a propriedade de projetar-se em linha reta, refratar-se e refletir-se. Importa, então, conjugar os aspectos de que quando a luz é gerada, propaga-se em linha reta, podendo, com perdas, refletir-se, ou seja, alterar seu sentido de projeção quando atinge algum anteparo.

A poluição luminosa é definida como a luz externa mal-direcionada que não é aproveitada devidamente. Diversos autores têm definido a poluição luminosa desde que começou a ser estudada. Silva (2003) define a poluição luminosa

como sendo a utilização incorreta da iluminação artificial que pode causar incômodos pela difusão desnecessária da luz na atmosfera, afetando as condições estéticas do meio ambiente e ameaçando a beleza do céu noturno.

De acordo com House of Commons (2003), existem três tipos principais de poluição luminosa, que podem ser descritos como:

**(1) Brilho no céu:** em inglês *sky glow*, que é definido como o brilho alaranjado que pode ser visto nas cidades. É causado pelas luzes que se direcionam para atmosfera sendo refratada e espalhada pelas partículas ou gotículas de água (aerossóis) causados por poeira, pólen, bactérias, esporos, sal do mar, partículas minerais em suspensão dos desertos e produtos industriais. Portanto, esse tipo de poluição luminosa é pior em áreas mais poluídas e sempre irá ocorrer quando a qualidade do ar for ruim. O brilho sobre as áreas urbanas não é sempre localizado e pode ser visto a quilômetros de distância, frequentemente espalhando-se para as áreas rurais. A cor alaranjada da claridade é devido à iluminação das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão que são as mais comuns instaladas no passado. A luz é irradiada diretamente para cima a partir da fonte de luz (luminária) e é refletida a partir de onde ela incide como rodovias, pavimentos, construções, entre outros. Mesmo a iluminação atravessando uma via em um nível superficial acima da linha do horizonte irá causar o brilho no céu uma vez que a luz brilhante será refratada em partículas e gotículas na atmosfera. A forma com que a luz artificial é enviada ao céu divide-se em:

- **Refração** é a forma com que a luz artificial se refrata nas partículas do ar entre a fonte de luz e a região a ser iluminada. Tem um impacto desprezível com relação a outras formas e depende do tamanho e da quantidade de partículas do ar entre a fonte de luz e a região iluminada.

- **Reflexão** é a forma com que a luz se reflete nas superfícies iluminadas. Tem impacto 10 (dez) vezes inferior ao impacto direto. Seu impacto é importante em grandes instalações ou em pequenas, quando se encontra na proximidade da linha de costa (distância inferior a 1 km). Seu impacto não pode ser eliminado

totalmente, mas pode ser reduzido evitando excessos nos níveis de iluminação ou reduzindo estes nos períodos sem atividades. Também é reduzida diminuindo-se os índices de reflexão das superfícies iluminadas (cores escuras).

- Direto é a forma originada da própria fonte de luz (lâmpada). É o mais prejudicial, principalmente se for produzido por focos ou projetores simétricos, como iluminação de grandes áreas, portos, aeroportos, fachadas de edifícios, entre outros, com elevada inclinação (superior a 20°), onde parte do fluxo da lâmpada é enviado diretamente acima da linha do horizonte, desperdiçando energia luminosa. Estes casos são especialmente graves, pois em geral utilizam lâmpadas de grande potência, entre 400 W a 2000 W, de forma que um só projetor pode causar impacto em uma pequena área.

Outras instalações que causam grande impacto são as decorativas ou ornamentais, em que a luz se espalha em todas as direções e também acima da linha do horizonte.

Este tipo de impacto pode ser eliminado com um correto direcionamento do fluxo de luz, dirigindo-se a luz somente onde ela é necessária. Nos casos dos monumentos e fachadas, poderiam ser desligados nos horários onde não são utilizados.

A fórmula que é utilizada para estimar o brilho do céu é chamada “Lei de Walker” (WALKER, 1970). Esta fórmula foi proposta por Merle Walker baseada em suas medidas do brilho do céu para cidades da Califórnia. Esta fórmula pode ser usada para estimar o brilho do céu em um sítio de observação astronômica, com o telescópio em um ângulo a 45° de zenite em direção a uma fonte urbana a “d” quilômetros de distância (IDA, 2007).

A fórmula é:

$$I = 0.01Pd^{-2.5}$$

Onde:

- I é o aumento do nível de brilho do céu acima do céu escuro natural;
- P é a população da cidade em habitantes;
- d é a distância do centro da cidade em km;
- 0,01 é uma constante típica para a maioria das cidades que apresentam uma determinada quantidade de iluminação pública.

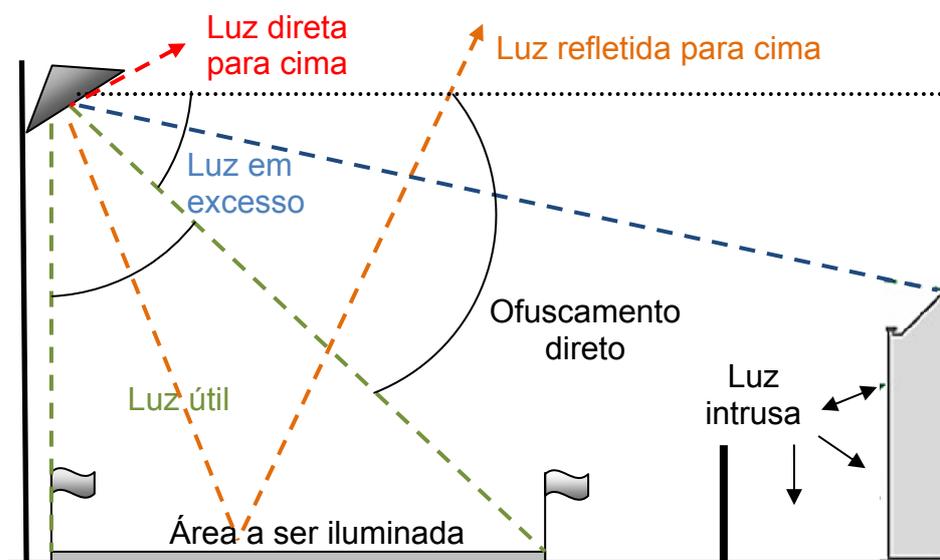
Por exemplo,  $I = 0,02$  significa um aumento de 2% do brilho do céu quando comparado ao céu escuro sem a contribuição de fontes artificiais, e se  $I = 1,0$  significa que o brilho do céu é o dobro do fundo do céu escuro natural, um aumento de 100%. Esta equação encaixa-se melhor em cidades onde a quantidade de lumens emitidos por pessoa fica entre 500 e 1.000. Já em grandes cidades, onde a quantidade de lumens emitidos por a pessoa é maior que a faixa entre 500 e 1.000, a quantidade de brilho no céu pode ser maior do que a apontada pela fórmula.

**(2) Ofuscamento:** em inglês *glare*, consiste na luz reluzindo para dentro dos olhos, impedindo a pessoa de enxergar a cena iluminada apropriadamente. Por exemplo, um carro com os faróis alto ligados irá impedir que o motorista de outro veículo ou o pedestre enxergue corretamente. Isso ocorre, pois a luz forte causa contração, às vezes dolorosa da musculatura da íris, reduzindo o diâmetro pupilar (por onde a luz é direcionada para retina) dificultando a visão de áreas em volta da luz. O efeito pode causar cegueira momentânea e trazer riscos para motoristas que se movem rapidamente de áreas escuras para locais relativamente brilhantes.

**(3) Luz intrusa:** em inglês *light trespass*, é definida como a luz que brilha de um domínio para outro onde não é necessária. A chamada luz intrusa é a luz

espalhada para as laterais e que invade locais adjacentes ao ponto luminoso. A luz intrusa invade as aberturas de edificações, tais como janelas e portas, clareando o interior das mesmas. Deve-se atentar também para a luz intrusa direcionada de ambientes internos para áreas externas.

Na **Figura 5-355** são mostradas as várias formas de como a luz se propaga e ilustra os tipos de poluição luminosa descritos acima:



**Figura 5-355:** Tipos de poluição luminosa.  
**Fonte:** House of Commons (2003).

Em relação aos prejuízos causados pela dispersão de luminosidade, devem-se salientar as interferências registradas tanto para fauna quanto na saúde humana.

A iluminação artificial nas ruas, avenidas, estradas, casa e bares próximos às praias de desova, ou até mesmo nas próprias praias, é uma das atuais ameaças às tartarugas marinhas. É geralmente durante a noite, com a temperatura da areia mais baixa, que as fêmeas sobem à praia para desovar. E é também quando os filhotes entram em maior atividade e saem dos ninhos. As fêmeas evitam sair do mar para desovar nestas praias iluminadas, pois a iluminação artificial interfere na orientação para o retorno ao mar. Para os filhotes, recém saídos do ninho, a ameaça é ainda maior: eles se desorientam e seguem as luzes artificiais, mais

fortes que a luz natural refletida no mar, e não conseguem alcançar o mar. Ofuscados, atravessam as estradas com o risco de serem atropelados ou se perderem e podem ficar girando por horas em torno dos postes, até que sejam predados ou morram com os raios intensos do Sol ao amanhecer (WIHTERINGTON, 1999).

Em sinergia com o diagnóstico ambiental para registro das fontes geradoras de iluminação artificial, deve-se considerar a ocupação irregular do litoral, principalmente por empreendimentos imobiliários suburbanos, aliado ao trânsito de veículos e presença humana no que tange à degradação dos ecossistemas litorâneos (SANCHES *et al.*, 1999).

Em alguns trechos do litoral brasileiro, qualquer fonte de iluminação que ocasione intensidade luminosa superior a Zero Lux, em uma faixa de praia da maré mais baixa até 50 m acima da linha da maré mais alta do ano, nas regiões de desova, está proibida pela Portaria do IBAMA Nº 11, de 1995, incluindo: as praias desde Farol de São Tomé, no Rio de Janeiro, até o Estado do Espírito Santo; norte do Espírito Santo; sul da Bahia; praias do Farol de Itapuan, em Salvador, até Ponta dos Mangues, no Estado de Sergipe; de Pirambu (Sergipe) até Penedo, no Estado de Alagoas; praias de Fernando de Noronha e a Praia da Pipa, no Rio Grande do Norte.

#### 5.1.10.1 *Materiais e métodos*

Este diagnóstico da situação atual da dispersão de luminosidade na região do empreendimento foi desenvolvido com base nas legislações vigentes; critérios e definição da área de influência (capítulo 3); consulta a material bibliográfico (capítulo 11); entrevistas com especialistas; análise espacial do uso e ocupação do solo (zoneamento); e levantamentos de campo.

O zoneamento foi definido com base na experiência obtida por CIE (2003) e COELHO (2005), estabelecendo-se diretrizes para avaliação dos impactos ambientais produzidos por sistemas de iluminação externa e fornecer parâmetros

luminotécnicos relevantes do projeto. Pesquisadores da Comissão Internacional de Iluminação – CIE propuseram a criação das chamadas zonas de controle ambiental (*environmental zones*) para mitigação de efeitos negativos da poluição luminosa sobre a fauna e flora. COELHO (2005), por sua vez, compartimentalizou o litoral de um município capixaba para avaliação dos potenciais conflitos da ocupação costeira e a relação com desovas de tartarugas marinhas. Todavia, para este trabalho, as zonas foram definidas a partir da análise do uso e ocupação do solo, indicando os principais tipos contidos na área de influência direta do empreendimento. O **Tabela 5-87** apresenta, em linhas gerais, as características das zonas de controle ambiental sob o aspecto da iluminação.

Os critérios considerados são baseados em Eletrobrás (2002), apresentados a seguir:

- Características do ambiente, observando principalmente as refletâncias e a contribuição da luz natural;
- Componentes do sistema e da instalação elétrica, verificando as características das lâmpadas, luminárias e reatores;
- Forma e horário de funcionamento do ambiente analisado;
- Nível de iluminamento nos planos de ambiente.

O levantamento de campo foi realizado a partir da delimitação das zonas de controle ambiental, elaborando-se mapa temático (PIMENTA e CARVALHO, 2004). A área de influência direta foi percorrida no período diurno e noturno, avaliando-se a disposição de luminárias e projetores cujas parcelas de fluxo caracterizem a chamada luz em excesso (ou indesejada), registrando-se fotograficamente os sistemas de iluminação disponíveis. Com base nessas informações, a área de influência direta, tanto na fase de instalação, quanto na fase de operação, foi caracterizada: identificando os principais sistemas de iluminação artificial que a compõem à luz das diretrizes municipais, estaduais e federais sobre este tema, bem como bibliografia disponível. Dentre a legislação aplicável, destacam-se:

- Portaria IBAMA N° 11, de 30 de janeiro de 1995: regulamenta a emissão de iluminação artificial em trechos específicos do litoral brasileiro.
- Lei N° 5.816, de 22 de dezembro de 1998: Institui o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro do Espírito Santo.
- Lei N° 7.661, de 16 de maio de 1988: Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências

**Tabela 5-87:** Zonas de controle ambiental sob o aspecto da iluminação.

Zona	Características do ambiente	Exemplos	Crítérios
Urbana	Níveis elevados de iluminação	Áreas urbanas centrais e áreas comerciais	Áreas de médio a alto adensamento de construções, apresentando paisagens altamente antropizadas, infraestrutura com vias pavimentadas com passadouros, sinalização e rede de drenagem pluvial.
Periurbana	Níveis médios de iluminação	Áreas periurbanas do tipo residencial	Áreas de baixo ou médio adensamento de construções e população, com indícios de ocupação recente ou em processo de ocupação atual, incluindo ainda os balneários. São áreas com paisagens parcialmente antropizadas, cujas vias de acesso diretas e indiretas não são pavimentadas.
Rural	Baixos níveis de iluminação	Áreas rurais do tipo residencial	Áreas de baixíssima ocupação, contendo paisagens rurais e com baixo potencial de poluição sanitária e estética.
Industrial	Níveis controlados de iluminação	Áreas do tipo industrial	Áreas ocupadas por plantas industriais, porto organizado, de uso restrito e particular.
Natural	Intrinsicamente escuro	Reservas naturais e áreas protegidas	Unidades de Conservação e Reservas Indígenas.

**Fonte:** Adaptado de CIE (2003) e COELHO (2005).

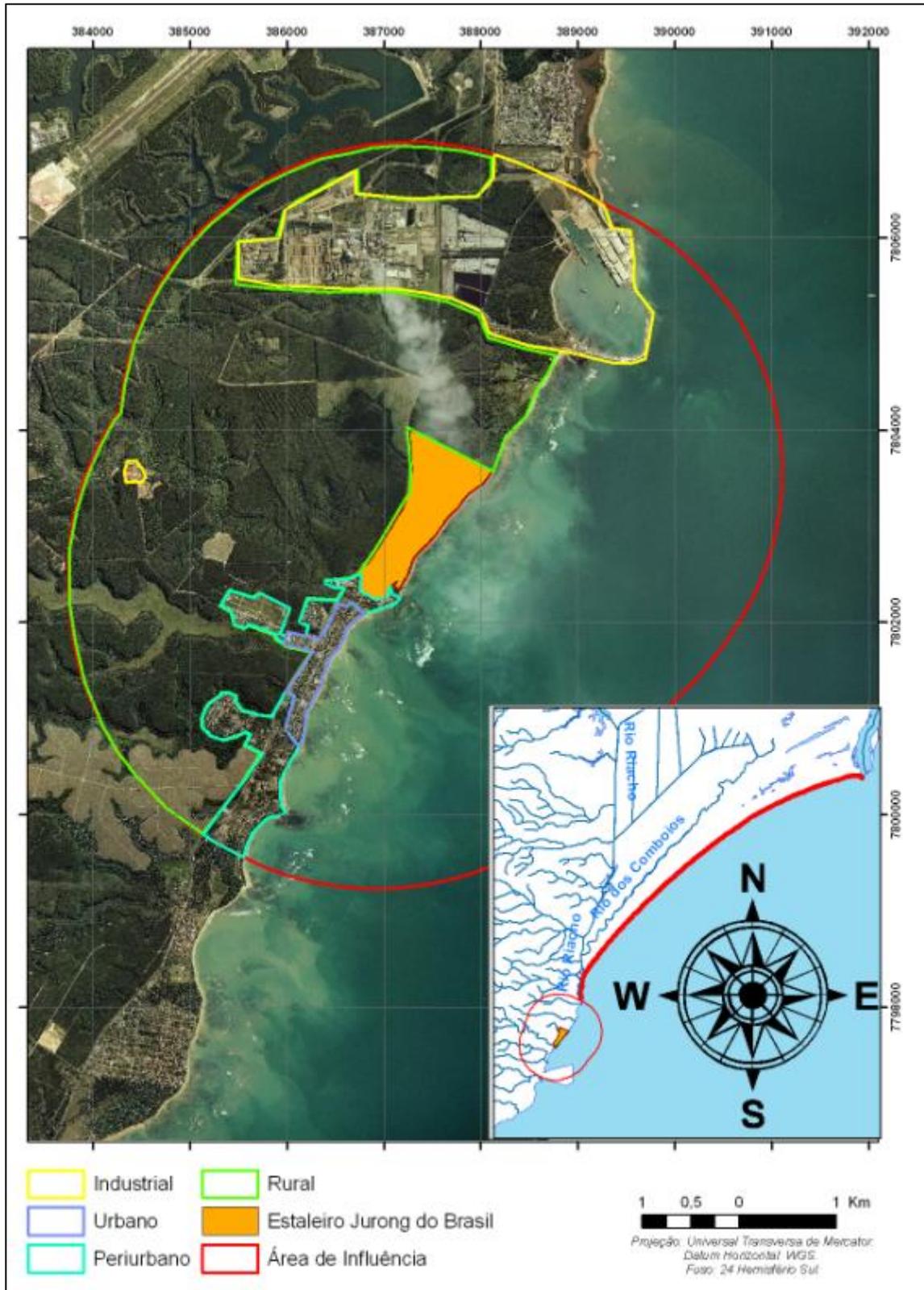
#### 5.1.10.2 Resultados e discussão

Em relação ao zoneamento da área de influência direta do empreendimento, a **Figura 5-356** apresenta as zonas de controle ambiental sob o aspecto da iluminação.

A zona rural representa 82,2 % da área de influência direta no ambiente terrestre, caracterizando baixos níveis de iluminação, sendo esta zona a ser ocupada pelo empreendimento. A zona industrial, por sua vez, representa 12 % da AID, posicionada a nordeste do empreendimento. Destaca-se que o empreendimento não representa foco de iluminação direta para a praia de desova de tartarugas marinhas, sendo a zona industrial posicionada na primeira e segunda zona de impacto a partir da praia. A zona urbana e periurbana representam 3,8 % (0,9 e 2,9 % respectivamente), contribuindo consideravelmente para o incidência de iluminação artificial na AID. A **Tabela 5-88** apresenta a área e a taxa de ocupação das zonas de iluminamento consideradas na avaliação espacial deste diagnóstico ambiental, sendo a área do empreendimento considerada 85 ha, 2 % da AID.

**Tabela 5-88:** Zonas de iluminamento na área de influência direta do empreendimento.

Zona	Área	%
Empreendimento	85,0	2
Urbana	37,3	0,9
Periurbana	125,2	2,9
Rural	3.506	82,2
Industrial	506,8	12
<b>Total</b>	<b>4.260,3</b>	<b>100</b>

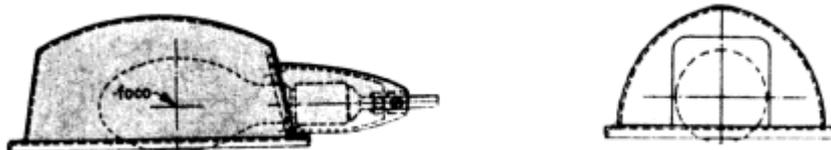


**Figura 5-356:** Zonas de iluminação delimitadas na área de influência direta do empreendimento Jurong do Brasil. Detalhe: posicionamento geográfico à nordeste da área de desova de tartarugas marinhas, praia de Comboios.

### 5.1.10.2.1 Características dos sistemas de iluminação artificial

A zona urbana apresenta sistemas de iluminação compostos por luminárias de quatro tipos, basicamente, que estão ilustrados a seguir:

- A luminária aberta estampada (**Figura 5-357**), abriga lâmpadas VM de 80 e 125W, VS de 50 e 70W e incandescentes de 100 a 200W. Foi observada instalada principalmente em estradas e vias de acessos em áreas rurais (**Figura 5-358**).

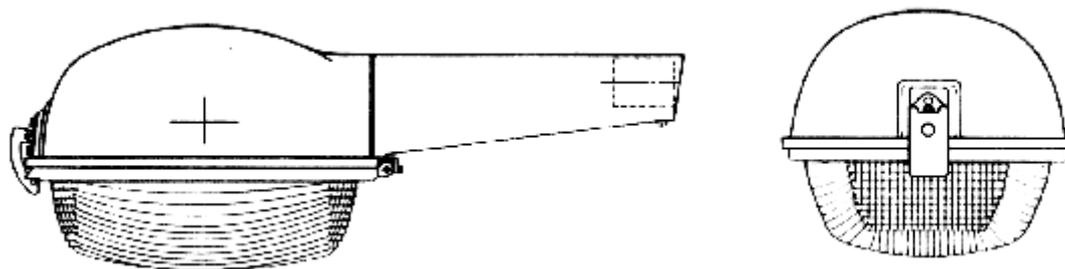


**Figura 5-357:** Luminária aberta estampada.



**Figura 5-358:** Sistema de iluminação formado por luminária do tipo aberta estampada, com detalhe da luminária.

- A luminária estampada fechada possui refrator prismático (de vidro borossilicato e recebe lâmpadas VM e VS de 250 a 400W. É empregada em vias de áreas periurbanas, conforme **Figura 5-359** e **Figura 5-360**.

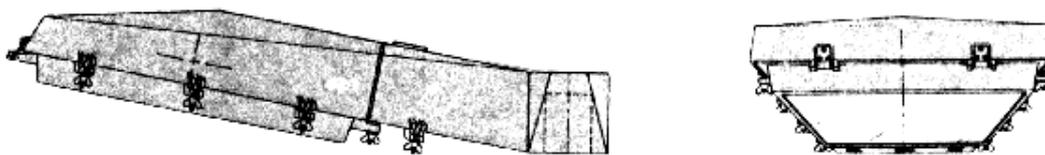


**Figura 5-359:** Luminária fechada com refrator prismático.



**Figura 5-360:** Sistema de iluminação formado por luminária fechada com refrator prismático, com detalhe da luminária.

- A luminária fechada tipo pétala (**Figura 5-361**), com lente plana de vidro temperado, é usada em menor escala, principalmente por ser de custo mais elevado. Abriga lâmpadas VM ou VS com potências a partir de 250W. A VS pode ser ovóide ou tubular e a luminária pode conter de 1, 2, 3 e 4 lâmpadas. É instalada em zonas urbanas de maior porte e em locais onde se necessite posicionar os dispositivos de iluminação em alturas superiores, mantendo um nível de iluminamento adequado (**Figura 5-362**). Também foi observada este tipo de luminária utilizada por refletores de alta potência, instalados em áreas esportivas situadas na berma da praia, conforme mostra a **Figura 5-363**.



**Figura 5-361:** Luminária tipo pétala com refrator plano



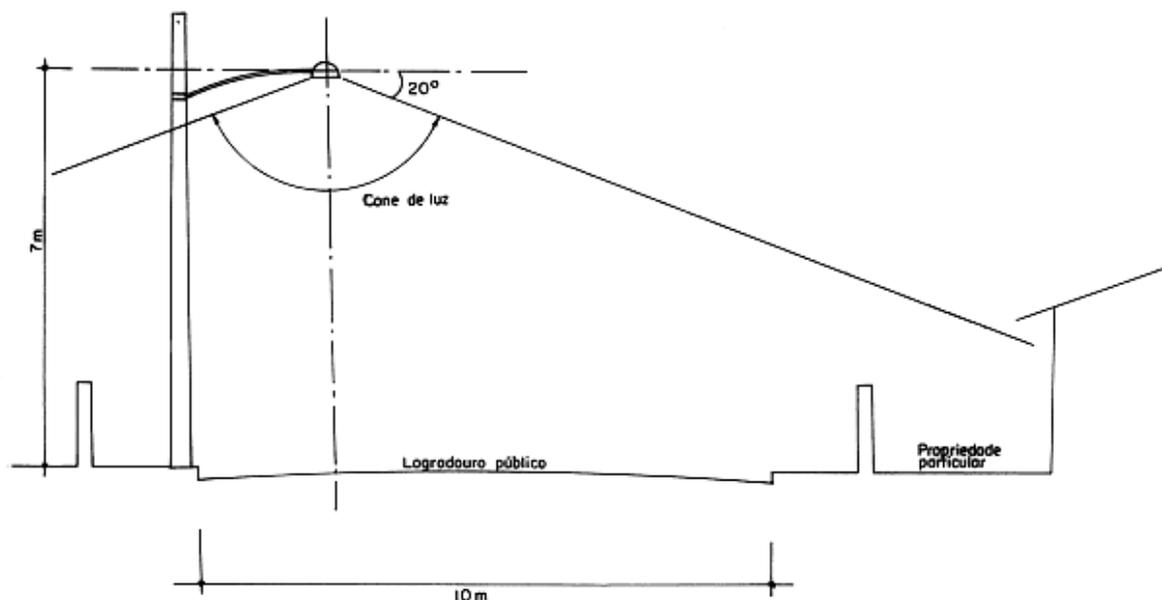
**Figura 5-362:** Sistema de iluminação formado por luminária tipo pétala com refrator prismático, com detalhe da luminária.



**Figura 5-363:** Sistema de iluminação formado por luminária tipo pétala com refrator prismático, com detalhe da luminária de alta potência.

Um importante aspecto, que deve ser abordado neste diagnóstico ambiental para luminosidade, é a inclinação vertical (da ordem de 15 a 25 graus), conferida às luminárias registradas nas zonas urbanas, periurbanas e rurais, por meio dos diversos tipos de braços utilizados. Entende-se que não há razões plausíveis para a aplicação deste ângulo vertical às luminárias, pois, como pode-se perceber pelo diagrama da **Figura 5-364** (em escala), o cone de luz lançado por uma luminária

bem projetada, tendo seu eixo horizontal paralelo à pista de rolamento, abrange, com eficácia, toda a área do logradouro público a ser iluminada.



**Figura 5-364:** Projeção do cone de luz, em vista transversal do logradouro.

Vale ressaltar que, com a inclinação (**Figura 5-365**) e a altura do foco luminoso atualmente usado, o cone luminoso atinge facilmente as cumeeiras das edificações térreas, situadas do lado oposto à posteação. Em alguns casos, chegam a iluminar as copas de árvores de grande porte, como coqueiros. Definitivamente, este não é o papel da iluminação pública, que tem como função iluminar eficientemente as áreas abrangidas pelos logradouros públicos. Conclui-se, portanto, que tal ângulo vertical se integra ao rol dos fatores que contribuem para o desperdício de energia e incidência de iluminação artificial nos ambientes praias.

Quanto ao tipo de lâmpadas utilizadas nas zonas urbanas, periurbanas e rurais, registraram-se: lâmpadas incandescentes comuns e fluorescentes, principalmente nas residências e nos estabelecimentos de comércio; lâmpadas a vapor de mercúrio de alta pressão e lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão, instaladas principalmente nas vias de acesso; e lâmpadas e de multi vapor metálico,

instaladas em áreas de prática esportiva noturna. A **Figura 5-367** até **Figura 5-376** apresentam cenários da iluminação artificial da AID.



**Figura 5-365:** Luminária instalada em braço com inclinação vertical elevada.



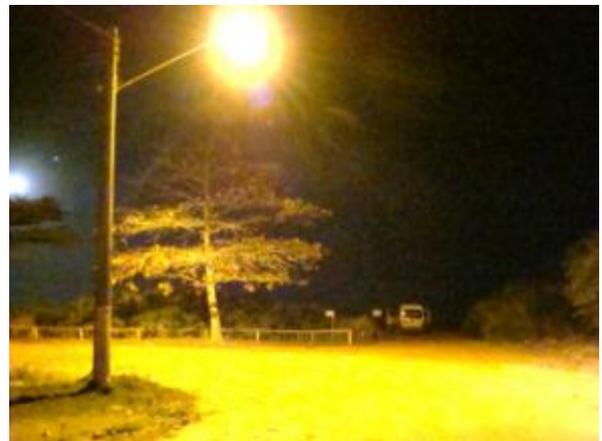
**Figura 5-366:** Luminária instalada em braço com inclinação vertical nula.



**Figura 5-367:** Sistema de iluminação do trevo de Santa Cruz, composto por luminárias fechadas com refrator prismático e lâmpada a vapor de sódio de alta pressão.



**Figura 5-368:** Sistema de iluminação da rodovia ES 010, em trecho situado sobre o berma da praia da Santa Cruz.



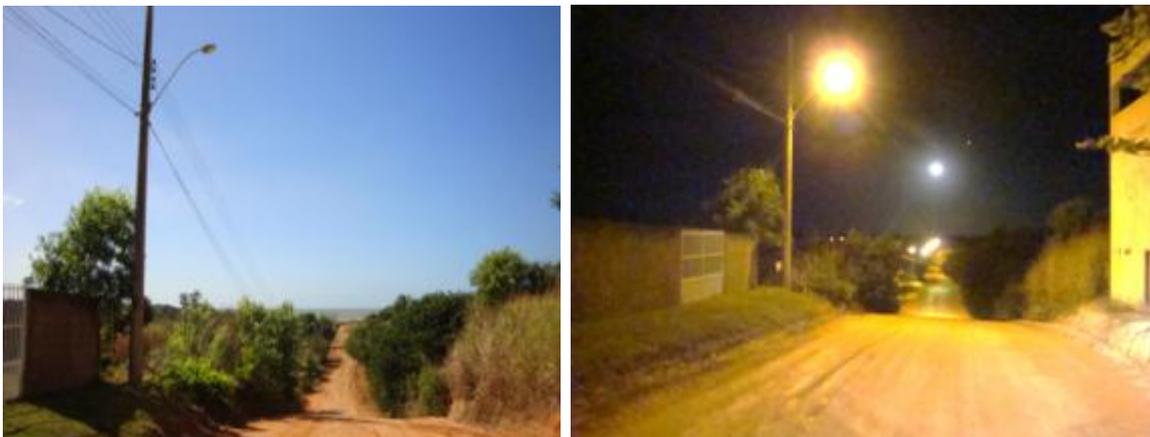
**Figura 5-369:** Sistema de iluminação da Praia do Sauê, zona periurbana, composto por luminária fechada com refrator prismático e lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.



**Figura 5-370:** Sistema de iluminação de Mar Azul, zona periurbana, composto por luminária fechada com refrator prismático e lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.



**Figura 5-371:** Sistema de iluminação de Mar Azul, no trecho litorâneo, numa área de prática esportiva, formado por luminária tipo pétala e refletor de alta potência, com lâmpada multi vapor metálica.



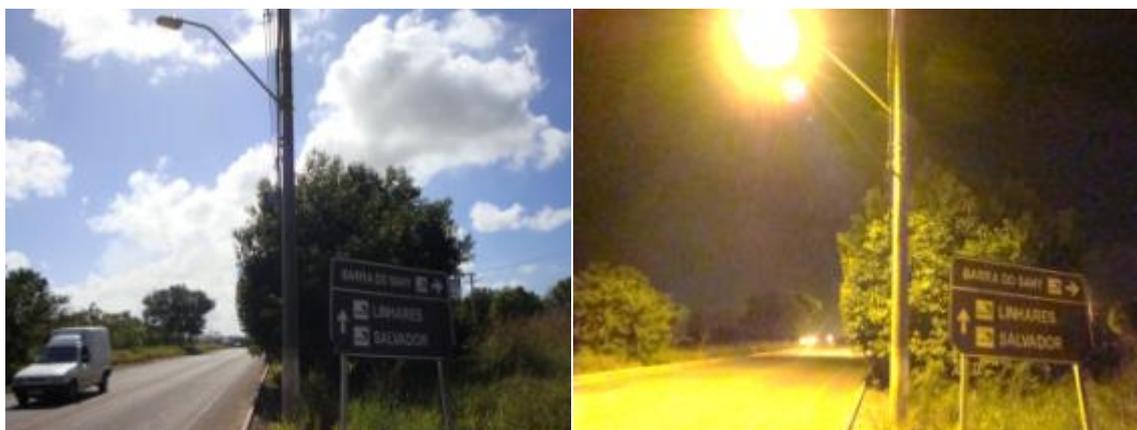
**Figura 5-372:** Sistema de iluminação de Barra do Sahy, em área recentemente ocupada, composto por luminária fechada com refrator prismático e lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.



**Figura 5-373:** Sistema de iluminação de Barra do Sahy, em zona periurbana mais densa, composto por luminária fechada com refrator prismático e lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.



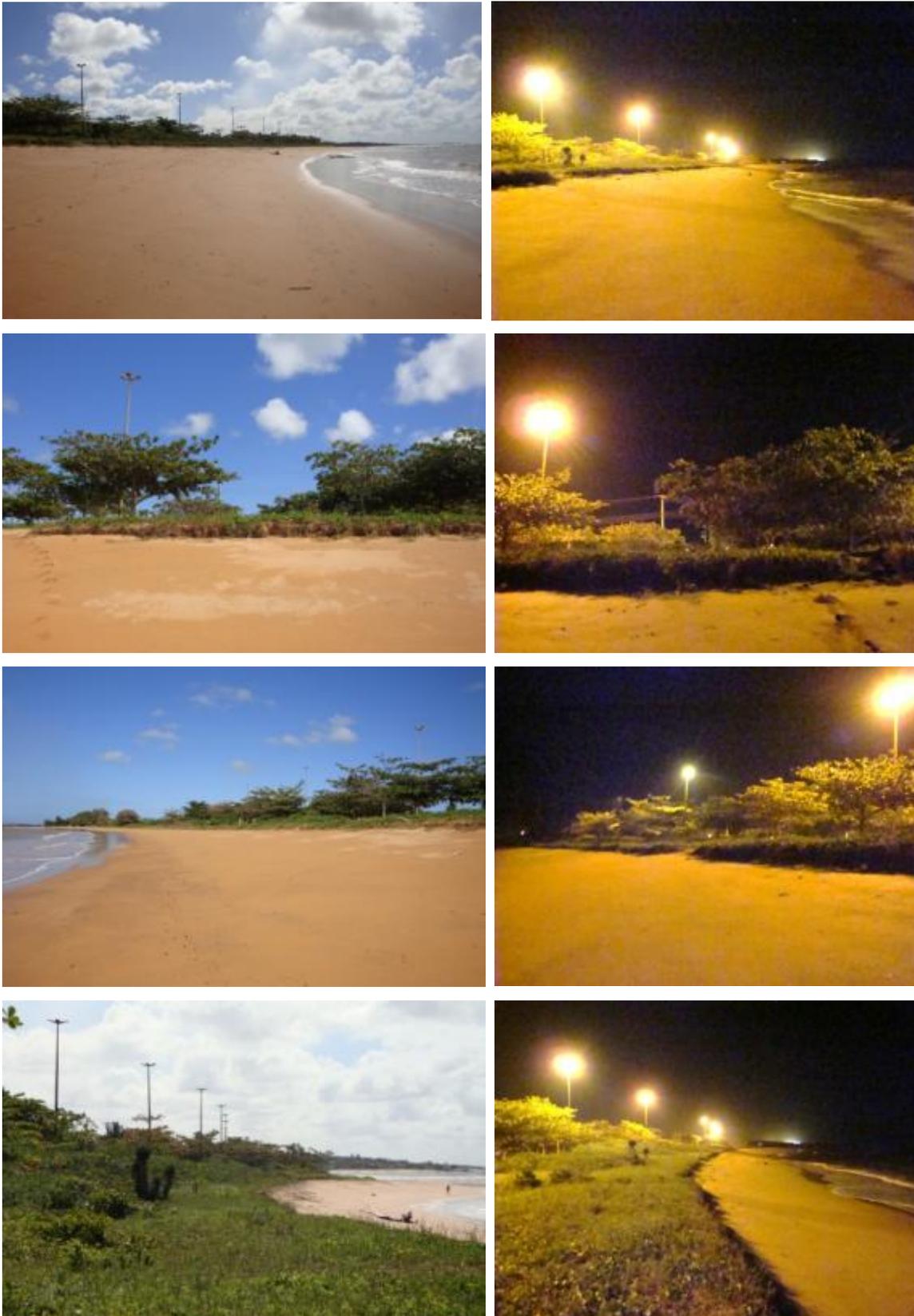
**Figura 5-374:** Sistema de iluminação de Mar Azul, em zona periurbana menos densa, composto por luminária fechada com refrator prismático e lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.



**Figura 5-375:** Sistema de iluminação da estrada ES010, em Barra do Sahy, em zona urbana, composto por luminária aberta estampada e lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.



**Figura 5-376:** Sistema de iluminação das edificações situadas na porção litorânea da zona urbana de Barra do Sahy, composto por lâmpadas incandescente comum e fluorescente.



**Figura 5-377:** Sistema de iluminação da Barra do Sahy, zona urbana, composto por luminária tipo pétala com refrator prismático e lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão.

Em áreas periurbanas, ou mesmo rurais na porção litorânea da área de estudo, observou-se que a ocorrência de vegetação de restinga atenua, ou mesmo elimina a incidência de iluminação artificial na faixa de praia, formando uma espécie de barreira natural para a visualização de focos de luz da área dos sistemas de iluminação. A **Figura 5-378** apresenta visão geral da praia e a barreira formada pela faixa de vegetação litorânea, em trecho de Mar Azul.



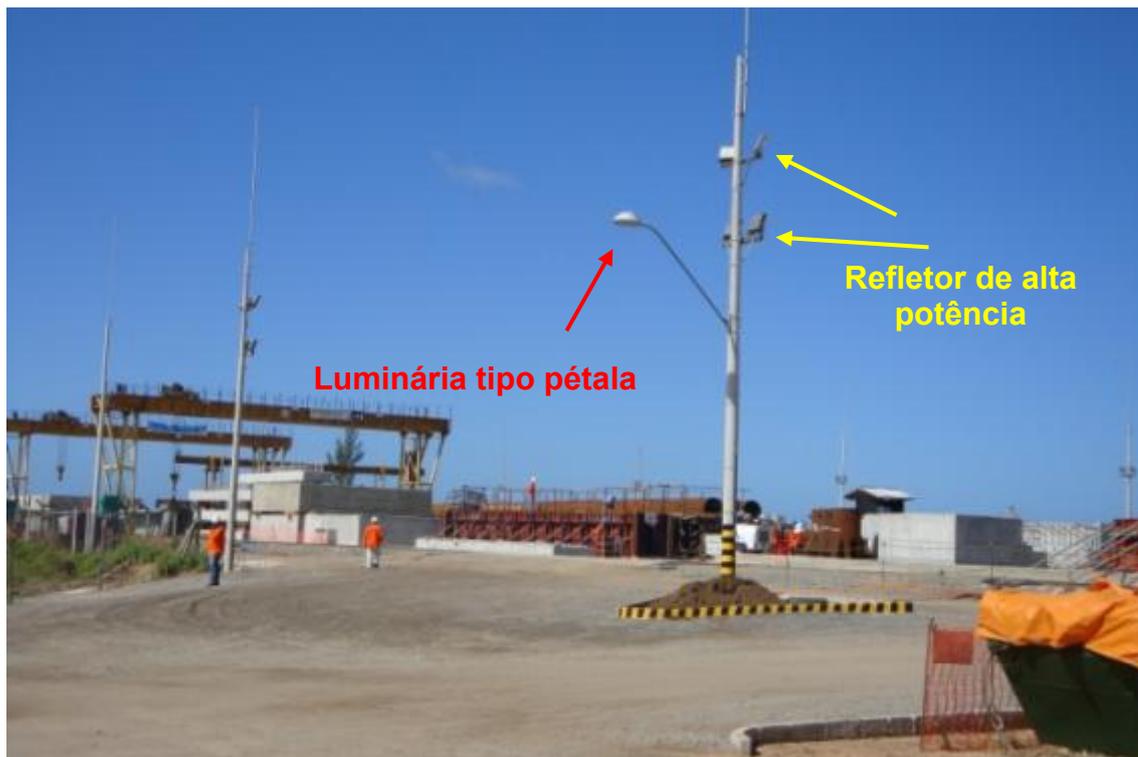
**Figura 5-378:** Trecho litorâneo de Mar Azul, composto por vegetação na linha costeira, formando barreira natural para iluminação artificial.

Entretanto, focos de iluminação artificial posicionados em alturas acima do ângulo da zona de influência da vegetação, ou sem devido anteparo da projeção luminosa, ocasionam incidência de cone luminoso na faixa de praia (**Figura 5-379**). Estes dados indicam que a preservação da faixa de vegetação junto à orla, com três a quatro metros de altura, se constitui numa barreira natural e eficaz para a não percepção dos focos de luz a partir da praia.



**Figura 5-379:** Trecho litorâneo de Mar Azul, composto por vegetação na linha costeira, formando barreira natural para iluminação artificial, porém com foco luminoso posicionado acima da zona de influência da vegetação.

Na zona industrial, por sua vez, foram registradas luminárias do tipo fechada com refrator prismático, instaladas em braço com inclinação vertical elevada (**Figura 5-365**). Na zona industrial ocupada por área de atividades noturnas, como é o caso do canteiro de obras instalado no porto organizado de Barra do Riacho, a iluminação é realizada por meio de refletores de alta potência, com lâmpadas multi vapor metálico, conforme **Figura 5-380**. O tipo de luminária e refletor é detalhado na **Figura 5-381**.



**Figura 5-380:** Sistema de iluminação artificial em uso na zona industrial, composto por luminárias do tipo pétala com refrator prismático, instalado em braço com inclinação vertical elevada, embora o ângulo de inclinação seja nulo, e refletores de alta potência, com plano de iluminação em áreas de atividades industriais noturnas.



**Figura 5-381:** Detalhe da luminária do tipo pétala e do refletor de alta potência utilizados na área industrial do canteiro de obras instalado no porto organizado de Barra do Riacho, a nordeste do Estaleiro Jurong Aracruz.

Ressalta-se que o sistema de iluminação possui o fecho luminoso instalado no sentido da praia para o interior, como mostra a **Figura 5-382**.



**Figura 5-382:** Sistema de iluminação da área industrial do canteiro de obras instalado no porto organizado de Barra do Riacho, cujos fachos luminosos são dispostos no sentido praia (no plano de fundo) para o interior (no plano atrás da lente fotográfica).

### 5.1.10.3 Considerações finais

Em relação à iluminação artificial, este diagnóstico aponta a atual situação ocupacional da região do Porto de Barra do Riacho já produz um impacto luminoso significativo decorrente das instalações do porto organizado de Barra do Riacho e da iluminação residencial e pública das localidades de Barra do Sahy, Mar Azul e Sauê.

A área de instalação do Estaleiro Jurong Aracruz não está localizada em área de controle de incidência de iluminação de zero lux.