



3

Diagnóstico Ambiental

3.1 MEIO FÍSICO

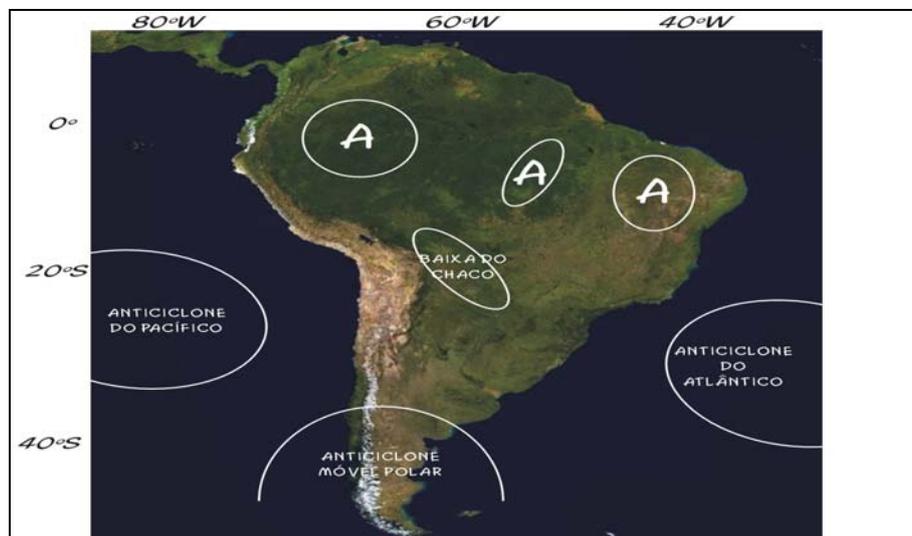
3.1.1 CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

O litoral sudeste, segundo Monteiro (1949), encontra-se submetido a quatro principais sistemas atmosféricos e suas respectivas correntes, como decorrência da interação entre a circulação atmosférica, posição geográfica (latitude) e relevo:

- *Sistema Tropical Atlântico (Ta)*
- *Sistema Tropical Continental (Ec)*
- *Sistema Polar Atlântico (Pa)*
- *Sistema Equatorial Tropical (Tc)*

As circulações atmosféricas devem-se à dinâmica de centros de alta pressão, ou anticiclônicos, e de baixa pressão, ou ciclônicos. Os anticlones são fontes de dispersão de ventos determinando o tempo estável, e os ciclones são fontes de atração de vento.

O sudeste brasileiro é atingido pelos principais centros de ação das latitudes baixas e altas (Figura 3.1.1-1). Com isso, observa-se a presença de dois centros de alta pressão nos oceanos Atlântico e o Pacífico que, devido à sua constante presença e ao seu baixo deslocamento, são considerados permanentes e semifixos oceânicos (NIMER, 1989). Os principais centros de pressão que atuam sobre a região litorânea do Espírito Santo, onde está prevista a obra de dragagem de aprofundamento do Porto de Tubarão, são o anticiclone semifixo do Atlântico Sul e o anticiclone polar móvel.

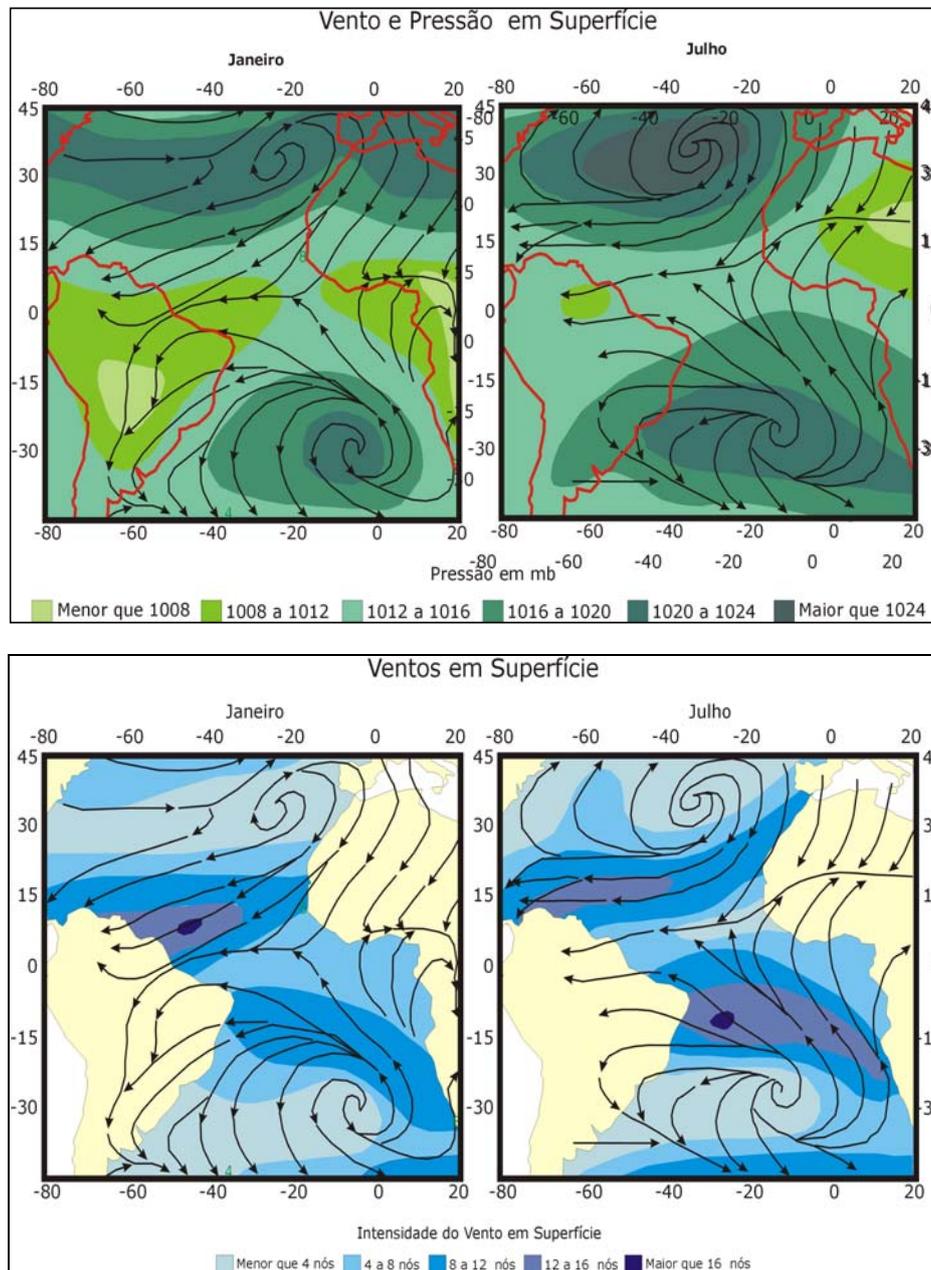


Fonte: Adaptado de Nimer (1989)

Figura 3.1.1-1 - Principais centros de ação das latitudes baixas e altas que influenciam a região sudeste do Brasil (CEPEMAR, 2004d).

O Sistema Tropical Atlântico (Ta), proveniente do anticiclone semifixo do Atlântico Sul, é o de maior influência da região Sudeste, com a presença de ventos de NE e de E. Atua de forma constante o ano inteiro. Forma-se na região marítima quente do Atlântico Sul, recebendo calor e umidade da superfície do mar. Essa absorção de calor e umidade, somada à presença de correntes marítimas quentes na costa da América do Sul, provoca grande aquecimento da massa, sobretudo no verão, tornando-a instável. A instabilidade no verão favorece chuvas intensas e prolongadas (NIMER, 1989).

Nimer (1989) destaca as variações sazonais de latitude e de intensidade das massas em função da variação da temperatura. 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. Esse 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) em torno de 23° S (Figura 3.1.1-2 e 3.1.1-3; *apud* CEPEMAR, 2004).



Fonte: Adaptado de Riehl (1979)
Figura 3.1.1-2: Pressão e vento em superfície no Atlântico Sul para janeiro (verão) e julho (inverno) (in CEPEMAR, 2004).

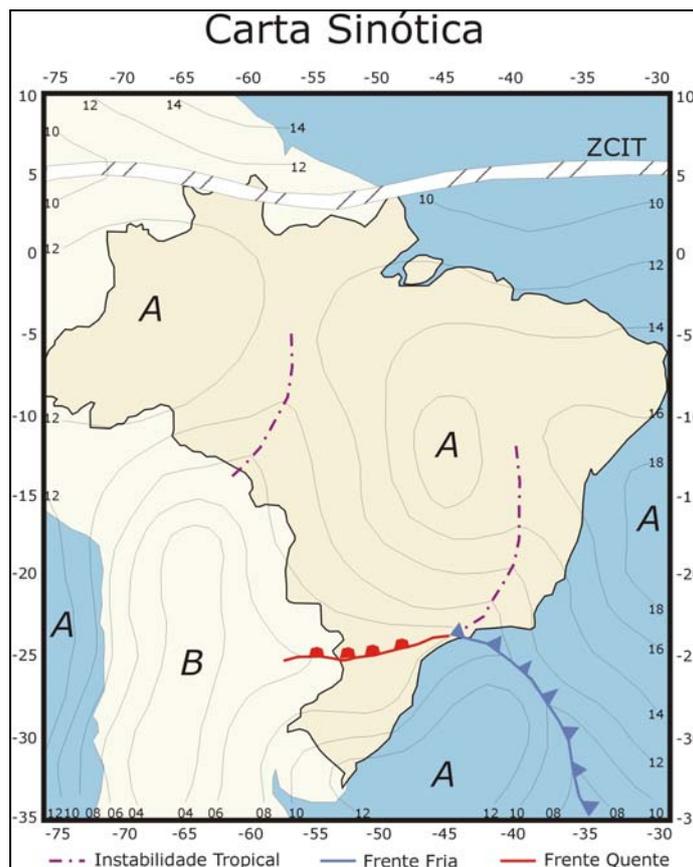


Figura 3.1.1-3: Carta sinótica hipotética mostrando diversos sistemas atmosféricos como Instabilidade Tropical (IT), Frente Fria (FF) e Frente Quente (FQ) (in CEPEMAR, 2004).

O Sistema Polar Atlântico (Pa) origina-se na zona subantártica, de onde partem os anticiclones subpolares que periodicamente invadem o continente sul-americano, com ventos de SW a W. Apresentam duas trajetórias condicionadas pela presença dos Andes. A vertente leste atinge o Oceano Atlântico onde se aquece e umedece à proporção que caminha para os trópicos. Possui atividade mais pronunciada no Inverno, sendo auxiliado pela orientação N-S dos Andes, bem como pelo Planalto Central. Embora o Sistema Polar Atlântico seja mais efetivo na Região Sul do Brasil, durante o Inverno, com o avanço da massa polar, ele é sentido no Sudeste, com a presença dos ventos S e SE e temperaturas mais baixas.

O anticiclone polar móvel é, portanto, o centro de pressão responsável pelas intrusões das frentes frias provenientes do extremo sul do continente (nebulosidade, baixas temperaturas e ventos do quadrante sul). Essas frentes frias, que na primavera e no verão raramente atingem o litoral capixaba podem, durante o inverno, ultrapassar o Estado do Espírito Santo e até mesmo atingir o litoral nordeste brasileiro.

As frentes polares muitas vezes não conseguem progredir até o Estado do Espírito Santo, pois estacionam no Sul do Brasil, dirigindo-se para o mar. 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; CALLIARI, 1999 *apud* CEPEMAR 2004).

A Tabela 3.1.1-1 mostra as normais climatológicas anuais para dois períodos de 30 anos (1931/1960 e 1961/1990) para a Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria, em Vitória, a mais próxima do local do empreendimento (latitude 20° 19' e longitude 40°20'). Essa estação, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia, situa-se a menos de 10 quilômetros do local previsto para implantação do empreendimento.

Tabela 3.1.1-1: Normais climatológicas anuais (1931-1990).

VARIÁVEIS	PERÍODO		
	1931- 1960	1961- 1990	1931-1990
Pressão Atmosférica Anual.	1012,1 mb	1011,8 mb	1012,0 mb
Temperatura Média Diária Anual.	23,5 °C	24,2 °C	23,9 °C
Temperatura Máxima Diária Anual.	27,6 °C	28,5 °C	28,1 °C
Temperatura Mínima Diária Anual.	20,6 °C	21,3 °C	21,0 °C
Temperatura Máxima Diária Absoluta.	36,8 °C	39,0 °C	39,0 °C
Temperatura Mínima Diária Absoluta.	13,2 °C	14,2 °C	13,2 °C
Precipitação Média Anual.	1280,5 mm	1275,7 mm	1278,1mm
Precipitação Máxima 24 horas.	147,7 mm	196,9 mm	196,9 mm
Umidade Relativa.	79%	77%	78%
Insolação Anual.	2380 h	2380 h	2380 h
Nebulosidade.	6,0	5,2	5,6

◆ VENTOS

A Tabela 3.1.1-2 mostra o regime de ventos na região onde se localiza o empreendimento, através da frequência mensal e anual de longo prazo das direções de vento na Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria para as Normais Climatológicas do período de 1961 a 1990. A Figura 3.1.1-4 apresenta as frequências da direção dos ventos medidos (exceto calmarias e não-medidos) na Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria.

Tabela 3.1.1-2: Frequência das direções de ventos - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória (1961-1990).

MÊS	DIREÇÃO									Variável ou não obs.	Calmas	Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW				
Janeiro	24	14	16	2	4	6	5	6		5	18	100
Fevereiro	21	11	16	2	2	4	4	6		16	18	100
Março	16	9	14	3	4	10	6	6		8	24	100
Abril	10	5	12	4	6	12	11	5		12	25	100
Maio	10	5	11	4	7	15	11	5		6	26	100
Junho	12	5	11	3	6	12	9	6		11	25	100
Julho	11	5	12	3	7	14	10	6		7	25	100
Agosto	17	8	14	3	6	11	6	7		7	21	100
Setembro	19	10	14	3	6	11	8	4		9	16	100
Outubro	17	13	14	4	7	12	9	4		7	13	100
Novembro	17	13	12	5	7	10	8	5		11	12	100
Dezembro	21	16	13	3	6	7	8	4		7	15	100
Média Anual	16,3	9,5	13,3	3,3	5,7	10,3	7,9	5,3		8,7	19,7	100,0

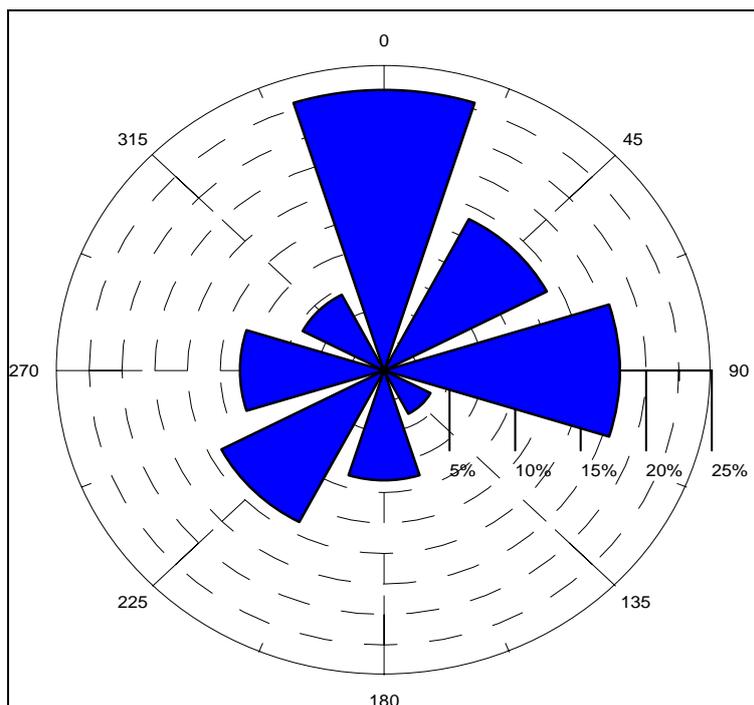


Figura 3.1.1-4: Frequência da direção dos ventos medidos na Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria (1961-1990).

Os dados mostram a predominância dos ventos do quadrante Nordeste, constatando o fato de que durante a maior parte do ano os ventos predominantes são provenientes do Oceano Atlântico devido às massas aquecidas Tropical Atlântica e Equatorial Atlântica. No inverno ocorrem com maior frequência os ventos do quadrante sul (sudoeste a sudeste) devido à Massa Polar Antártica.

◆ **TEMPERATURA**

A região do empreendimento possui clima tropical quente (temperaturas médias para todos os meses do ano superiores a 18 °C) e superúmido com subseca no mês de agosto. A Tabela 3.1.1-3 e a Figura 3.1.1-5 mostram a variação das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais relativas ao período de 1931/1990.

A temperatura média mensal de longo período é 23,9 °C, sendo os meses de fevereiro e março os que apresentam maiores médias mensais (26,5 e 26,1 °C respectivamente), enquanto que o mês de julho apresenta a menor média mensal, 21,4 °C. A menor temperatura média mensal para o período 1931/1990 ocorreu no mês de julho, 18,5 °C, enquanto que a maior ocorreu no mês de fevereiro, 31,1 °C.

A temperatura média mensal varia entre 21,4 e 26,5 °C, correspondendo a uma amplitude de aproximadamente 5 °C.

Tabela 3.1.1-3: Temperaturas médias, máximas e mínimas mensais - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória.

TEMPERATURA MENSAL MÉDIA (°C)													
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1931/1960	25,7	26	25,7	24,3	22,9	21,9	21	21,4	22,2	23	23,7	24,7	23,5
1961/1990	26,3	26,9	26,5	25,2	23,7	22,5	21,7	22,2	22,6	23,5	24,4	25,4	24,2
1931/1990	26	26,5	26,1	24,8	23,3	22,2	21,4	21,8	22,4	23,3	24,1	25,1	23,9
TEMPERATURA MÁXIMA MENSAL MÉDIA (°C)													
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1931/1960	29,9	30,5	30	28,4	27,1	26,2	25,2	25,7	26,2	26,6	27,3	28,6	27,6
1961/1990	30,9	31,6	31,1	29,4	27,9	26,7	25,9	26,6	26,5	27,3	28,2	29,6	28,5
1931/1990	30,4	31,1	30,1	28,9	27,5	26,5	25,6	26,2	26,4	27	27,8	29,1	28,1
TEMPERATURA MÍNIMA MENSAL MÉDIA (°C)													
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1931/1960	22,7	23	22,6	21,4	19,9	18,9	18,1	18,4	19,4	20,3	21	21,9	20,6
1961/1990	23,1	23,7	23,4	22,3	20,8	19,5	18,8	19,2	19,8	20,8	21,6	22,4	21,3
1931/1990	22,9	23,4	23	21,9	20,4	19,2	18,5	18,8	19,6	20,6	21,3	22,2	21,0

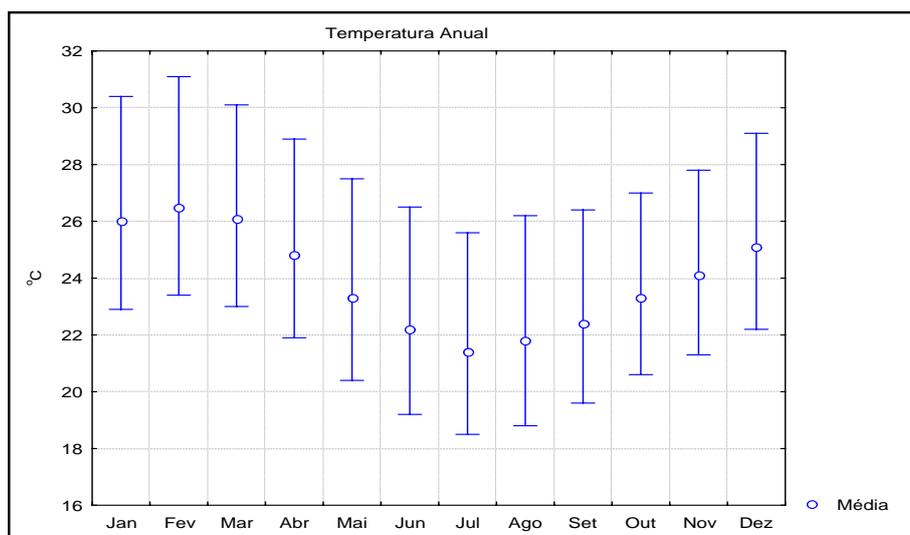


Figura 3.1.1-5: Temperaturas médias, máximas e mínimas mensais. Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria – Vitória.

◆ PRECIPITAÇÃO

A Tabela 3.1.1-4 e a Figura 3.1.1-6 mostram que a precipitação anual média de longo termo (período de 1931/1990) é 1278,1 mm, ocorrendo a maior média mensal no mês de dezembro (200,5 mm) e a menor média mensal no mês de agosto (50,4 mm).

Tabela 3.1.1-4: Precipitações pluviométricas totais mensais médias - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria - Vitória.

PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL MÉDIA(MM)													
PERÍODO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1931/1960	115,2	80,5	134,0	118,1	83,9	61,6	55,4	45,7	78,3	123,9	178,2	205,7	1280,5
1961/1990	143,0	82,4	111,1	89,3	80,7	65,1	78,4	55,0	78,3	126,6	170,5	195,2	1275,6
1931/1990	129,1	81,5	122,6	103,7	82,3	63,4	66,9	50,4	78,3	125,3	174,4	200,5	1278,1

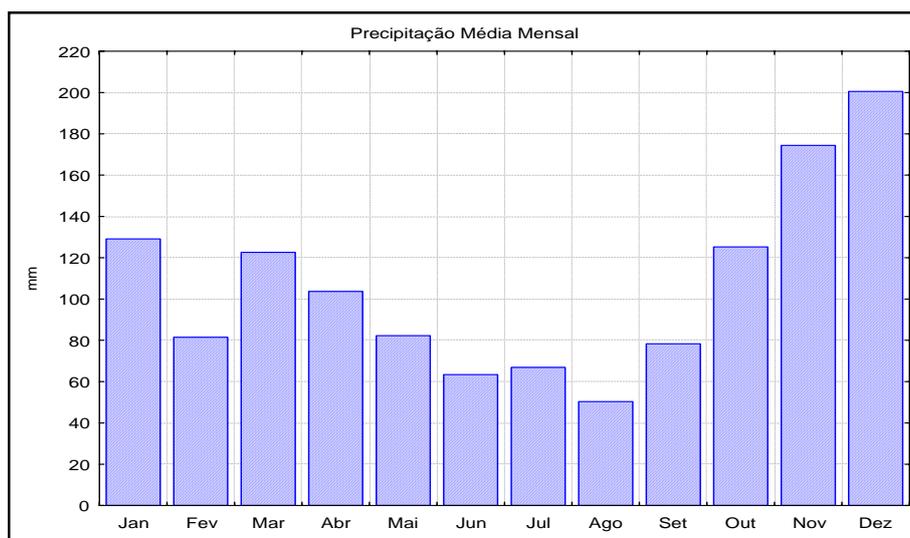
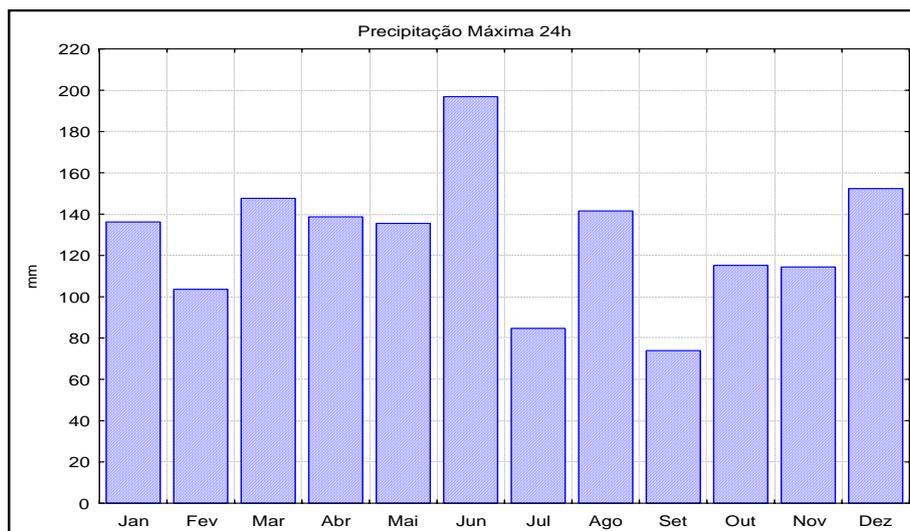


Figura 3.1.1-6: Precipitações pluviométricas totais mensais médias. Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria - Vitória.

A Tabela 3.1.1-5 e a Figura 3.1.1-7 mostram que a máxima precipitação de 24 horas foi 196,9 mm, para o período de 1931 a 1990, que ocorreu em um mês de junho. O ano hidrológico na região onde está inserido o empreendimento começa no mês de outubro, ocorrendo o semestre úmido geralmente entre esse mês e março, enquanto que o semestre seco ocorre entre abril e setembro.

Tabela 3.1.1-5: Precipitações máximas de 24 horas - Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria - Vitória.

PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DE 24 HORAS (mm)													
PERÍODO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1931/1960	136,2	100,6	147,7	138,7	86,0	70,8	47,4	73,9	73,9	110,8	114,4	129,9	147,7
1961/1990	101,1	103,6	112,0	111,1	135,5	196,9	84,7	141,6	63,3	115,2	113,3	152,4	196,9
1931/1990	136,2	103,6	147,7	138,7	135,5	196,9	84,7	141,6	73,9	115,2	114,4	152,4	196,9



**Figura 3.1.1-7: Precipitações máximas de 24 horas.
Estação Meteorológica da Ilha de Santa Maria - Vitória.**

Quanto ao regime de chuvas, é classificado como Am na escala de Koppen. Desta forma, a classificação climática pelo método de Koppen, combinando os regimes de chuvas e térmico, é Amg'.

A Tabela 3.1.1-6 mostra valores de intensidade de chuva, mm/min, obtidos a partir da curva intensidade-duração-frequência correspondente a Vitória, para diversas durações e períodos de retorno.

Curvas intensidade-duração-frequência servem como indicativas das chuvas intensas que podem ocorrer em determinada região. Essas chuvas são geralmente responsáveis por problemas de drenagem, erosão e lixiviação de materiais a partir de pilhas a céu aberto. Comparando-se com outros postos pluviométricos brasileiros, os dados mostrados na Tabela 3.1.1-6 e Figura 3.1.1-8 são intermediários, não se situando entre os maiores registrados. Os valores mostrados podem ser utilizados para dimensionamento de sistemas de drenagem e de contenção de materiais em suspensão pelo Método Racional.

Tabela 3.1.1-6: Curva intensidade-duração-frequência para Vitória.

DURAÇÃO	PERÍODO DE RETORNO (ANOS)				
	5	10	20	50	100
05 min	2,431	2,690	2,941	3,268	3,516
10 min	1,990	2,213	2,432	2,720	2,941
20 min	1,520	1,704	1,889	2,137	2,330
30 min	1,261	1,424	1,590	1,816	1,995
01 hora	0,871	0,996	1,126	1,308	1,454
06 horas	0,262	0,304	0,348	0,411	0,463
12 horas	0,156	0,161	0,207	0,245	0,276
24 horas	0,092	0,106	0,121	0,143	0,160

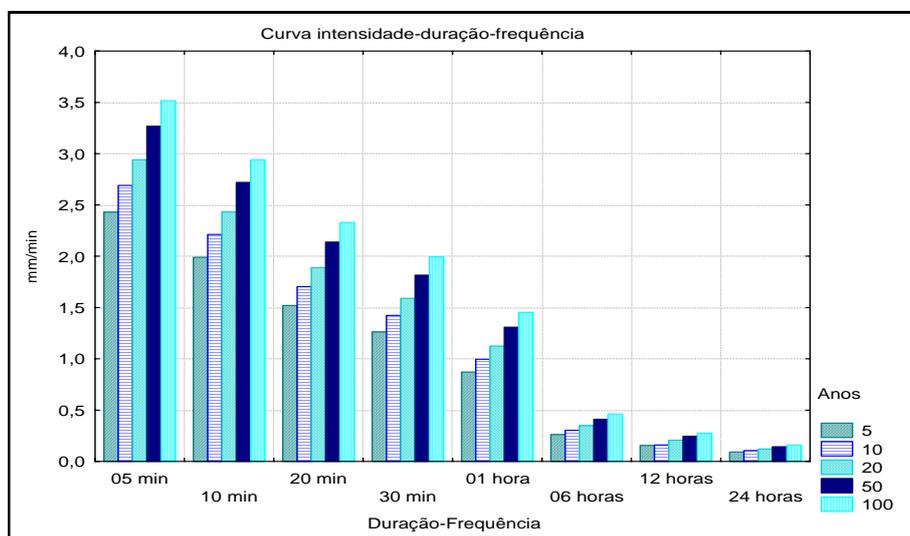


Figura 3.1.1-8: Intensidades de precipitação pluviométrica para diversas durações e períodos de retorno.

3.1.2 OCEANOGRAFIA FÍSICA

Neste item é apresentada a caracterização oceanográfica da área de influência do empreendimento. Neste sentido, serão apresentadas as características oceanográficas estabelecidas em meso e largas escalas, baseadas em estudos pretéritos e em dados de domínio público, bem como são analisados os dados disponíveis recentemente coletados na região pela Cepemar (2008).

3.1.2.1 Caracterização da Oceanografia Física Regional

No litoral do Espírito Santo, localizado ao sul da região de bifurcação da Corrente Sul Equatorial, a circulação superficial na parte externa da plataforma continental e na região oceânica é em geral controlada pela Corrente do Brasil (Figura 3.1.2.1-1). Nessa região, o fluxo médio da Corrente do Brasil é unidirecional para sul/sudoeste, em todas as estações do ano, acompanhando a direção da quebra de plataforma. Contudo, Evans *et al.* (1983) sugerem que a corrente do Brasil se divide em dois ramos ao atravessar a Cadeia Vitória-Trindade.

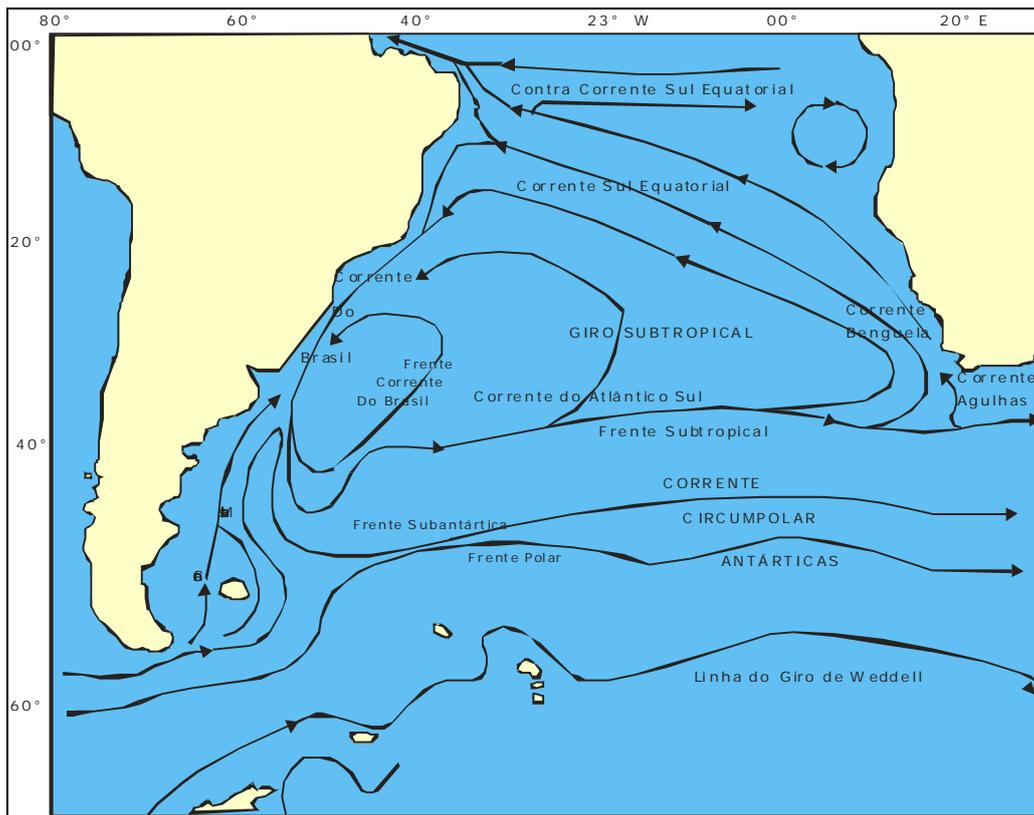


Figura 3.1.2.1-1: Representação esquemática do Giro Subtropical do Atlântico Sul. Modificado de PETERSON & STRAMMA (1991).

A circulação originada pelo efeito dos ventos de nordeste predomina na área deste estudo. Essa circulação obedece ao seguinte padrão: na camada superior, há uma corrente de deriva para sul e um deslocamento de água na direção oceânica, em virtude do transporte de Ekman que, no hemisfério sul, ocorre sempre a 90° para a esquerda do movimento da corrente; na camada oceânica, por causa do fluxo médio da Corrente do Brasil, o deslocamento da água é para sul/sudoeste e paralelo à linha de costa, mas, por continuidade, as águas próximas ao fundo tendem a se deslocar no sentido da costa, criando uma ressurgência. As águas de ressurgência substituem as águas superficiais deslocadas pelo vento por causa do efeito do transporte de Ekman. Essas águas de fundo afloram nas proximidades de Vitória, principalmente na primavera e no verão, quando diminui a frequência de passagem de frentes frias (in CEPEMAR, 2006).

Na plataforma interna e na região costeira, a circulação termo-halina (gerada pela diferença de densidade entre massas de água), que governa o fluxo médio da Corrente do Brasil, perde intensidade e, desta forma, esta corrente não influencia diretamente a circulação na zona costeira adjacente. Segundo Barros Filho (2002), as correntes provenientes da baía do Espírito Santo têm influência muito pequena na região de estudo. As correntes provenientes da baía do Espírito Santo para a zona costeira adjacente acontecem na porção sul dessa baía, em torno da Ponta de Santa Luzia, e são provocadas pela dinâmica da baía de Vitória.

A circulação sobre a plataforma continental e nas zonas costeiras é principalmente em função dos ventos (camada de Ekman) e das marés, com esses dois forçantes alternando-se em importância de acordo com fatores locais, tais como fisiografia e condições climáticas (TOMCZAK, 1998).

Os ventos geram correntes costeiras, acompanhando a direção do vento, que podem atingir até 100 cm/s (CASTRO; MIRANDA, 1998). Assim, devido à direção da linha de costa, a incidência dos ventos predominantes na região de estudo deve produzir correntes litorâneas com sentido para sul em condições de bom tempo e para norte por ocasião da passagem dos sistemas frontais (CEPEMAR, 2005).

A fisiografia determina alguns limites que atuam como proteção da região à ação das correntes provocadas pelos ventos. A Ponta de Tubarão e as ilhas dos Pacotes e Itatiaia (em Vila Velha) são alguns desses obstáculos às correntes na região próxima à baía do Espírito Santo. Assim, mais próximo da costa tende-se a verificar menores correntes, por causa da maior perda de energia do escoamento por atrito com o fundo e de sua interação com os obstáculos mais frequentes junto à linha de costa (CEPEMAR, 2005).

A variabilidade sazonal do padrão de ventos na região sudeste associada ao deslocamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul gera o predomínio de ventos de NE- E. As alterações neste padrão climatológico médio da atmosfera estão associadas ao deslocamento de sistemas atmosféricos transientes, isto é, sistemas frontais e ciclones extratropicais que atuam durante o ano todo sobre todo o Atlântico Sul, com maiores frequências no inverno.

Carvalho (1998) subdivide as condições meteorológicas para a Baía de Campos da seguinte forma:

- Bom Tempo - domínio do Anticiclone Subtropical Atlântico, propiciando ventos moderados de norte/nordeste, entre 5-10 m/s, com rajadas em torno de 15 m/s e céu limpo.
- Tempo Ruim – domínio de sistemas frontais avançando sobre a área (frentes frias), juntamente com ventos intensos de sudoeste/sul da ordem de 20 m/s, apresentando rajadas de 25 m/s ou mais, geralmente acompanhados de chuvas.

Devido à proximidade da região oceânica do Espírito Santo, esta síntese pode ser aqui utilizada.

O regime de ondas na costa leste sofre influências de sistemas atmosféricos, mais fortemente do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Muehe e Valentini (1998) destacam que há a alternância de condições de ondas de tempo bom de nordeste e de tempestade, do quadrante sul, condicionadas pelas mudanças de vento e dos sistemas atmosféricos.

Uma peculiaridade do litoral sudeste é a presença de ondas do quadrante leste, que predomina durante a maior parte do ano em virtude do anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que forma pistas de vento consideráveis para a formação de vagas e marulhos.

Segundo Pinho (2003), os ventos dominantes de NE tornam-se intensos antes da passagem de um frente fria, mas necessariamente não geram ondas altas. Eventos típicos de tempo bom registram ondas significativas de 1 a 2 m. As entradas de ventos SW geram ondas de SW, as quais algumas vezes surgem antes da chegada da frente, em forma de marulhos de SW. No inverno registra-se pequeno aumento nas alturas das ondas significativas, que ficam em torno de 2,5m.

3.1.2.2 Caracterização da Oceanografia Física Baía do Espírito Santo

3.1.2.2.1 Regime de Marés na Baía do Espírito Santo

O litoral do Espírito Santo encontra-se na porção do litoral brasileiro sob domínio do regime de micromaré segundo a classificação de Davies (1964), onde as amplitudes são inferiores a 2,0 m.

Ao longo da costa sudeste brasileira, o sinal de maré é semidiurno, com preponderância das componentes harmônicas M2 e S2, e influenciado pelas componentes diurnas O1 e K1 (SALLES et al., 2000). Desta forma, existem duas preamares e duas baixa-mares por dia, com ligeiras desigualdades diurnas entre duas preamares e duas baixa-mares sucessivas. O intervalo de tempo entre uma preamar e a baixa-mar consecutiva é aproximadamente 6 horas.

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 (CEPEMAR, 2005).

Através do registro de maré por um período suficientemente longo, podem-se determinar as amplitudes e as fases das componentes harmônicas de um dado local. 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), conforme Tabela 3.1.2.2.1-1.

Tabela 3.1.2.2.1-1: Amplitude das componentes astronômicas O₁, K₁, M₂ e S₂ em estações maregráficas na costa do Espírito Santo (SALLES et al., 2000).

ESTAÇÃO	AMPLITUDE (cm)				F
	O ₁	K ₁	M ₂	S ₂	
Barra do Itapemirim	8,1	6,3	42,1	19,6	0,233
Ponta do Ubu	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-Açu	8,2	2,0	44,8	21,3	0,154

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 (Tabela 3.1.2.2.1-1). 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 seria de maré semidiurna, mas as desigualdades diurnas observadas são importantes (BARROS FILHO, 2002), portanto, a maré na região é mais bem classificada como “semidiurna com desigualdades diurnas”.

Cepemar (2005) apresenta, conforme Tabela 3.1.2.2-2, os principais constituintes harmônicos da maré em Tubarão. A análise harmônica das marés foi efetuada no domínio da frequência (FRANCO, 1988 *apud* CEPEMAR, 2005). Na Tabela 3.1.2.2.1-2, “*a*” é amplitude, “*θ*” é o ângulo de fase, e o intervalo de confiança dos cálculos é indicado por “+/-”.

As relações de fase ($2\theta_{M_2} - \theta_{M_4}$) e de amplitude (a_{M_4}/a_{M_2}) (FRIEDRICHS; AUBREY, 1988) para esta estação são:

$$(2\theta_{M_2} - \theta_{M_4}) = 107,23 \qquad (a_{M_4}/a_{M_2}) = 0,019$$

Para a análise foi usado um registro de maré de 50 dias, medido em agosto e setembro de 2002 em Tubarão, no ponto indicado na Figura 3.1.2.2.1-1 (Latitude 20° 17,3' S; Longitude 40° 14,5' W).

Tabela 3.1.2.2.1-2: Principais constituintes harmônicos da maré em Tubarão (CEPEMAR, 2005).

ESTAÇÃO: TUBARÃO					
SÍMBOLO	%h	a (cm)	+/- (cm)	θ (°)	+/- (°)
Q1	13,40	1,85	1,04	181,18	27,37
O1	13,94	8,98	1,03	184,01	6,18
M1	14,50	0,93	1,04	205,41	46,20
K1	15,04	6,98	1,05	198,08	11,40
MU2	27,97	2,62	1,86	292,36	45,72
N2	28,44	6,29	1,87	245,20	15,14
M2	28,98	45,73	1,85	197,35	2,35
S2	30,00	18,97	1,86	106,58	4,52
M3	43,48	0,72	0,59	271,56	57,06
MN4	57,42	0,25	0,28	305,30	73,89
M4	57,97	0,89	0,28	287,47	18,90
MS4	58,98	0,34	0,28	268,96	42,23
M6	86,95	0,21	0,14	311,55	44,78
2MS6	87,97	0,17	0,14	266,22	43,68
M8	115,94	0,15	0,13	158,58	62,92

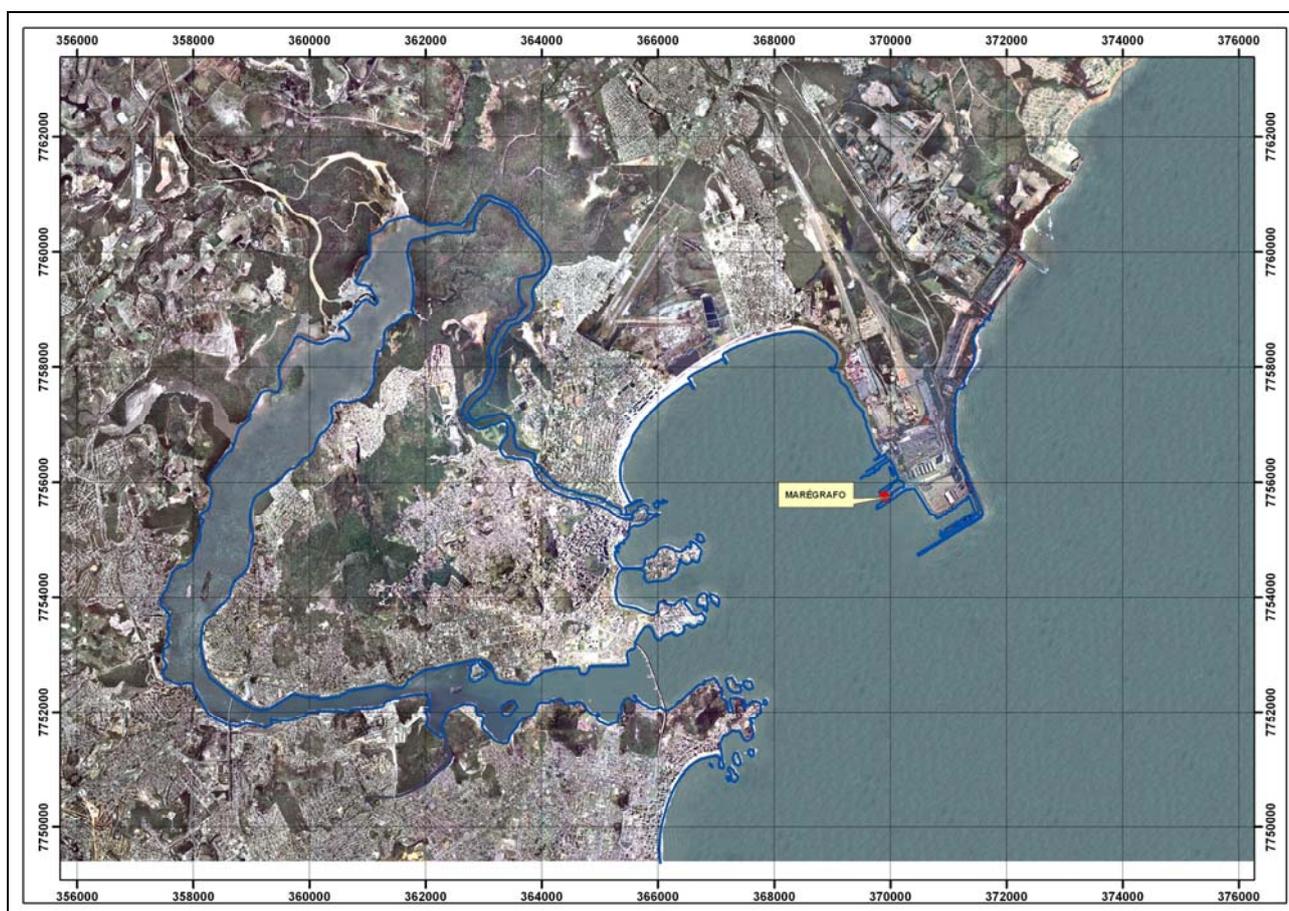


Figura 3.1.2.2.1-1: Ponto de instalação do marégrafo na Ponta de Tubarão (M) Melhorar.

Rigo (2004) apresenta o maregrama para a região da baía do Espírito Santo a partir dos dados de um marégrafo situado nas proximidades do Porto de Tubarão no ano de 2002 (Figura 3.1.2.2.1-2).

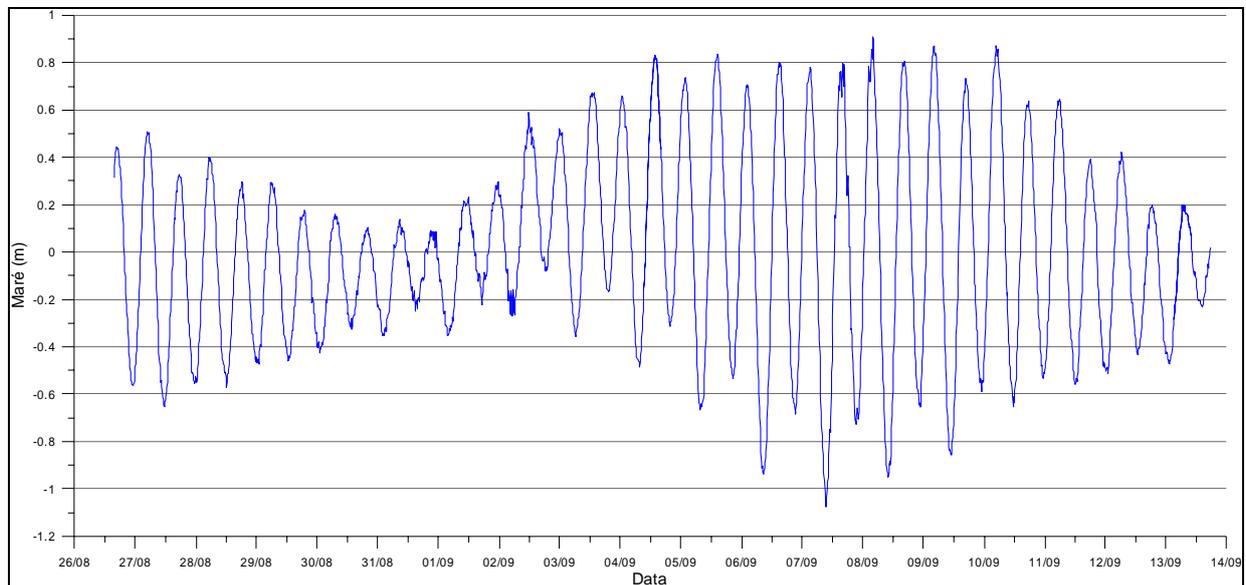


Figura 3.1.2.2.1-2: Maré medida em Tubarão em 2002 (RIGO, 2004).

As desigualdades diurnas observadas na Figura 3.1.2.2.1-2 produzem duas alturas de maré num mesmo dia, sendo que essa diferença diurna é mais notável nas maiores marés, cuja diferença existente nos níveis atingidos em duas baixa-mares consecutivas é maior do que os atingidos nas preamares.

A Tabela 3.1.2.2.1-3 relaciona os níveis atingidos pelas marés médias no Porto de Tubarão, os quais estão referenciados ao zero hidrográfico desta estação maregráfica.

Tabela 3.1.2.2.1-3: Valores estatísticos da maré em Tubarão, em centímetros (SALLES *et al.*, 2000).

ESTAÇÃO	NÍVEL MÉDIO	SIZÍGIA (MÉDIAS)			QUADRATURA (MÉDIAS)		
		PREAMAR	BAIXA-MAR	ALTURA	PREAMAR	BAIXA-MAR	ALTURA
Porto de Tubarão	82	148	16	132	104	60	44

Os meses de março e setembro são os que apresentam as maiores e as menores marés. Nesse período, as marés atingem 1,8 m de altura na sizígia e somente 0,3 m nas quadraturas.

A assimetria da maré é pequena, o que leva a um período de enchente aproximadamente igual ao de vazante, e as correntes provocadas pela maré enchente devem apresentar-se com intensidades próximas às da maré vazante.

3.1.2.2.2 Clima de Ondas na Baía do Espírito Santo e Adjacências

3.1.2.2.2.1 Clima de Ondas Offshore

A presente caracterização do Clima de Ondas foi baseada em estudo meteoceanográfico recente realizado na região da baía do Espírito Santo e adjacências (CEPEMAR, 2008). Entende-se como análise do clima de ondas o tratamento estatístico dos dados de *hindcast*, que consistem em valores de altura significativa, de período de pico e de direção média relativa ao período de pico, ou simplesmente direção de pico.

Para os estudos sobre o clima de ondas na região costeira próxima à baía do Espírito Santo, uma região mais abrangente teve de ser considerada para conter o ponto G20646 do Banco de Dados de *Hindcast*, que se localiza na região *offshore* (Figura 3.1.2.2.2.1-1). Esse ponto marca o local do conjunto de parâmetros das ondas de superfície obtidos do modelo de *hindcast* (que serão descritos mais adiante). Assim, além da baía do Espírito Santo, foi considerada toda a região oceânica adjacente ao estado do Espírito Santo ilustrada na Figura 3.1.2.2.2.1-2.

Essa região está sujeita a ondas formadas por ventos locais (*sea waves*) e por ondulação (*swell waves*), que são as ondas advindas de locais mais longínquos. Esta característica de estados de mar varia consoante a época do ano e deriva do balanço atmosférico entre o anticiclone do Atlântico Sul (Alta Subtropical do Atlântico Sul - ASAS) e da formação de sistemas frontais (frentes frias), geralmente devido à passagem de ciclones extratropicais.

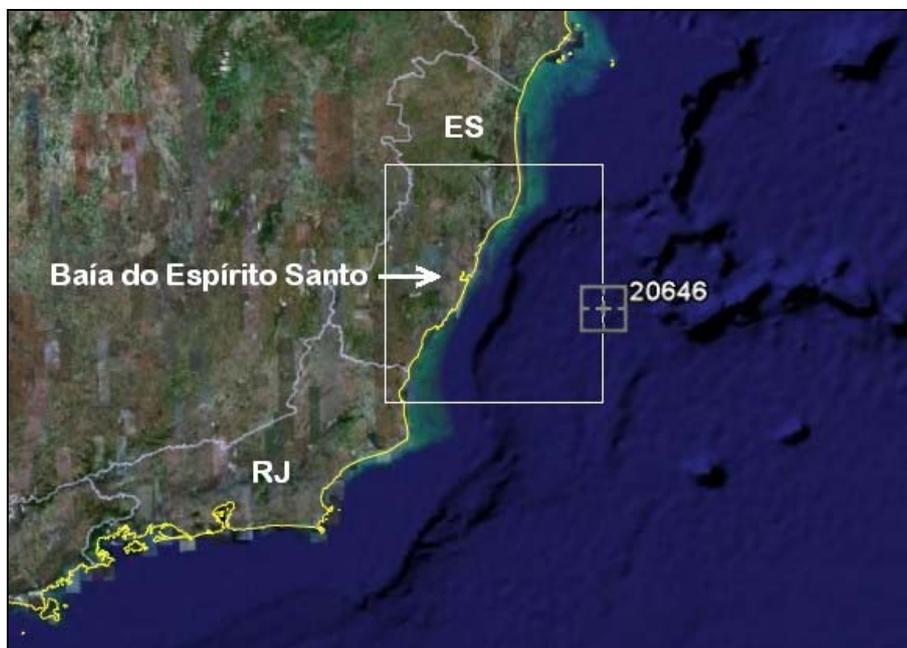


Figura 3.1.2.2.2.1-1: Área de estudo e posição do ponto G20646, local de obtenção dos dados de ondas de *Hindcast* (ilustração do Google Earth).

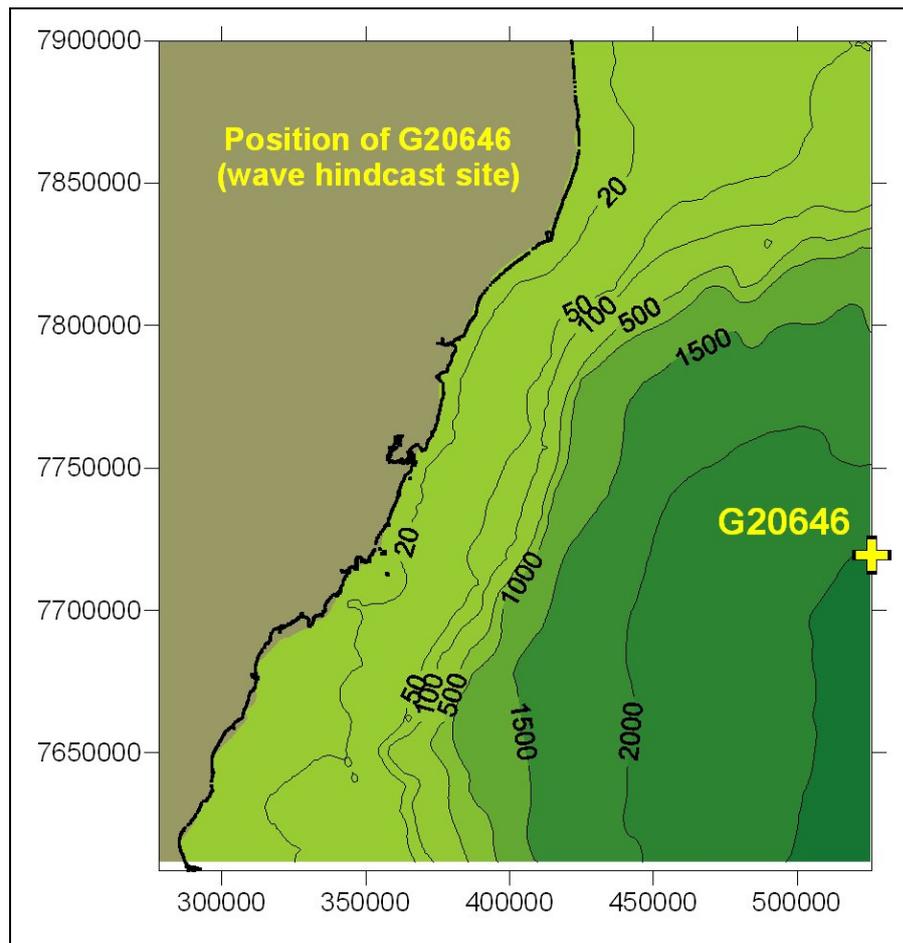


Figura 3.1.2.2.2.1-2. Posição do ponto G20646 ao largo da costa do Espírito Santo.

3.1.2.2.2.2 Conjunto dos Dados de Ondas

Uma vez que não existem medições direcionais de ondas tomadas por um período razoável de tempo e disponíveis para a região adjacente ao Espírito Santo, optou-se por definir o clima de ondas com base em dados estimados por modelos de reconstituição das ondas oceânicas (*hindcast wave models*). Os modelos de *hindcast* são modelos globais de geração e propagação das ondas forçados pelo campo de ventos à superfície do oceano.

A grande vantagem deste tipo dado é que se pode obter uma caracterização das ondas num determinado local por um longo intervalo de tempo e sem lacunas. Para o caso em estudo, o conjunto de parâmetros das ondas oceânicas de superfície foi obtido a partir de uma reanálise dos campos globais de ventos desde 1970 até 2007, que serviram de entrada ao modelo GROW (OCEANWEATHER, 2006).

A partir do conjunto de nós da grade do modelo GROW disponíveis para a área de estudo, o ponto G20646 foi escolhido por ser o ponto mais próximo da área de estudo que possui bons parâmetros de confiança estatística. Esse ponto situa-se ao largo da baía do Espírito Santo (Figuras 3.1.2.2.2.1-1 e 3.1.2.2.2.1-2), na região oceânica, a 20.625° S, 38.75° W, sobre uma profundidade aproximada de 2.500m.

Para o ponto G20646, os dados consistem em valores tri-horários (isto é, obtidos a cada 3 horas) da altura significativa (H_s), do período de pico (T_p) e da direção média relativa ao período de pico (D_p). Além destes dados oceanográficos, estão presentes neste conjunto de dados a velocidade do vento medida a 10 m de altura (U_{10}) e a direção (DV), ambos estimados para a posição do ponto G20646. Este conjunto possui 110.967 estimativas tri-horárias de 01 de janeiro de 1970 a 31 de dezembro de 2007.

Para realizar a transferência do clima de ondas estimado neste ponto G20646 para a entrada da baía do Espírito Santo, foi aplicada a seguinte metodologia:

- 1) Definição do clima de ondas *offshore*.
- 2) Definição de condições-padrão para a execução do modelo de ondas.
- 3) Execução de um modelo de propagação de ondas para as condições-padrão.
- 4) Utilização da matriz de interpolação tridimensional.
- 5) Definição do regime de ondas na entrada da baía do Espírito Santo.

O clima de ondas na região *offshore* do Espírito Santo foi definido a partir da caracterização estatística das ondas presentes na região ao largo estimadas para o ponto G20646. A caracterização das ondas ao largo é obtida através da distribuição conjunta dos 110.967 parâmetros de estado de mar, dos quais se podem tirar padrões e evidências do comportamento das ondas na região ao largo do Espírito Santo.

Na Figura 3.1.2.2.2-1 apresenta-se o histograma polar da distribuição de todas as ondas consideradas no estudo. Este tipo de gráfico evidencia a porcentagem de ocorrência das ondas (tamanho de cada setor angular) em relação à direção de proveniência. As direções de onda estão referidas ao Norte Geográfico e estão distribuídas em 16 setores de 22.5° . Neste gráfico, adicionalmente, as cores representam diferentes classes de alturas significativas de onda (ver legenda da Figura 3.1.2.2.2-1).

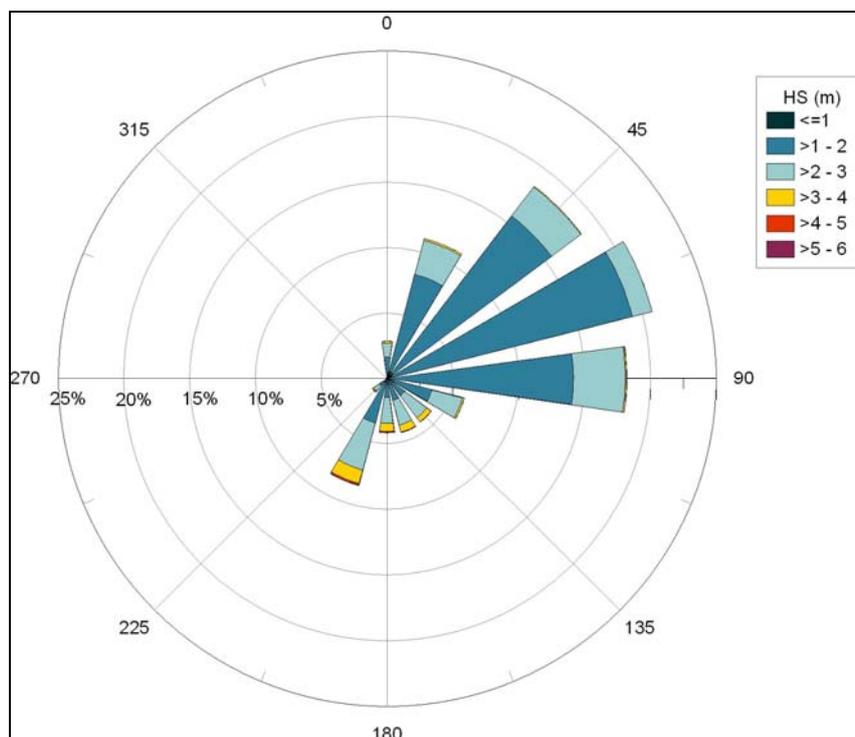


Figura 3.1.2.2.2-1: Histograma polar das alturas significativas das ondas na região *offshore* do ES.

Quanto à altura significativa, as classes mais frequentes são ondas de 1.5 a 2.0 m, seguidas das ondas entre 1.0 e 1.5 m. As ondas entre 1.0 e 2.0 m somam, em conjunto, 69.3% do total de ondas estimadas ao largo, enquanto as ondas maiores que 2.5 m somam 10.3% do total. A classe correspondente às maiores ondas é 4.0 a 4.5 m.

A distribuição conjunta de Tp e Dp, igualmente complementada por histogramas marginais, é apresentada na Figura 3.1.2.2.2-3. Os períodos de pico estimados para o ponto ao largo estão compreendidos entre 4 e 20 s, sendo os mais frequentes entre 6 e 8 s (45.4%). Verifica-se ainda que as frequências de ocorrência das classes de períodos compreendida entre 9 e 15 s são bastante semelhantes, em torno de 5% cada uma.

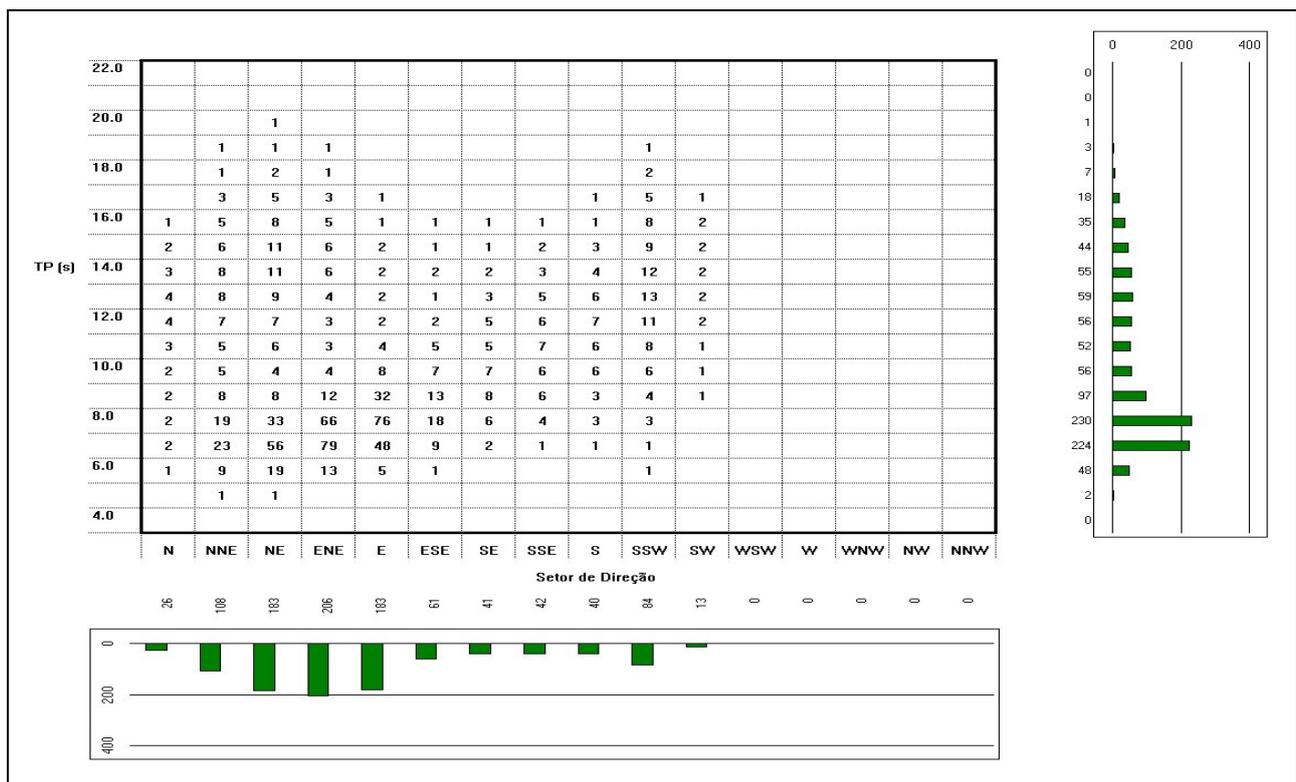


Figura 3.1.2.2.2-3: Distribuição conjunta de Dp e Tp na região offshore do Espírito Santo.

A distribuição dos períodos de pico quanto à direção segue o mesmo padrão das alturas, com maior frequência nos setores NE-ENE-E e menores nos restantes. Nota-se um acréscimo de períodos de ondulação na direção NE, entre 12 e 16 s, e na direção SSW, entre 11 e 14 s. Estas características direcionais são também evidenciadas no histograma polar da Figura 3.1.2.2.2-4.

O gráfico da distribuição conjunta de Tp por Hs (Figura 3.1.2.2.2-5) evidencia a relação entre a altura e o período das ondas estimadas ao largo. As ondas mais frequentes de baixo período, 6 a 8 s, em conjunto com as ondas pequenas, de 1.0 a 2.0 m somam 37.6% do total de ondas do conjunto de dados. As ondas com períodos menores que 10 s representam 66.0% do total enquanto que, para as ondas maiores que 12 s, este valor é 22.4%.

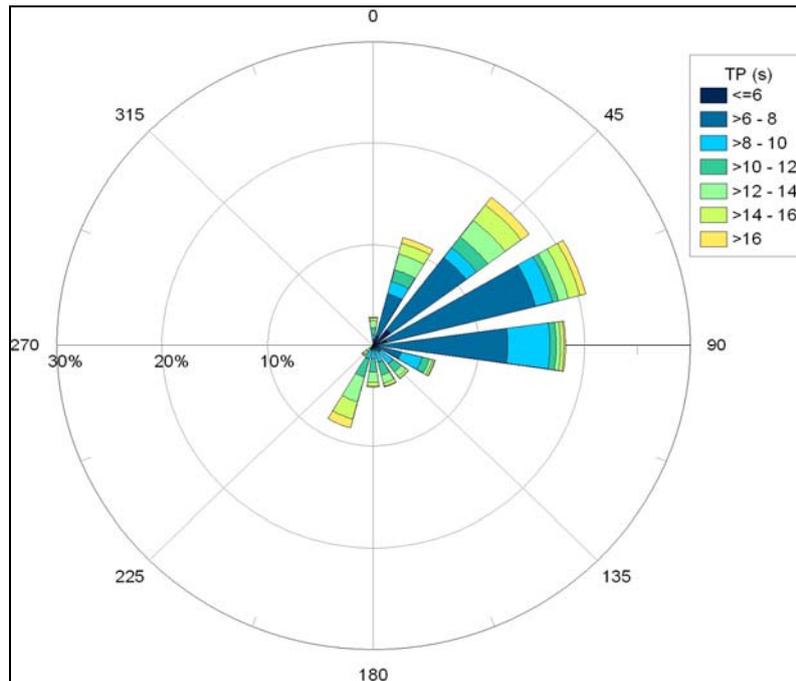


Figura 3.1.2.2.2-4: Histograma polar dos períodos de pico das ondas na região offshore.

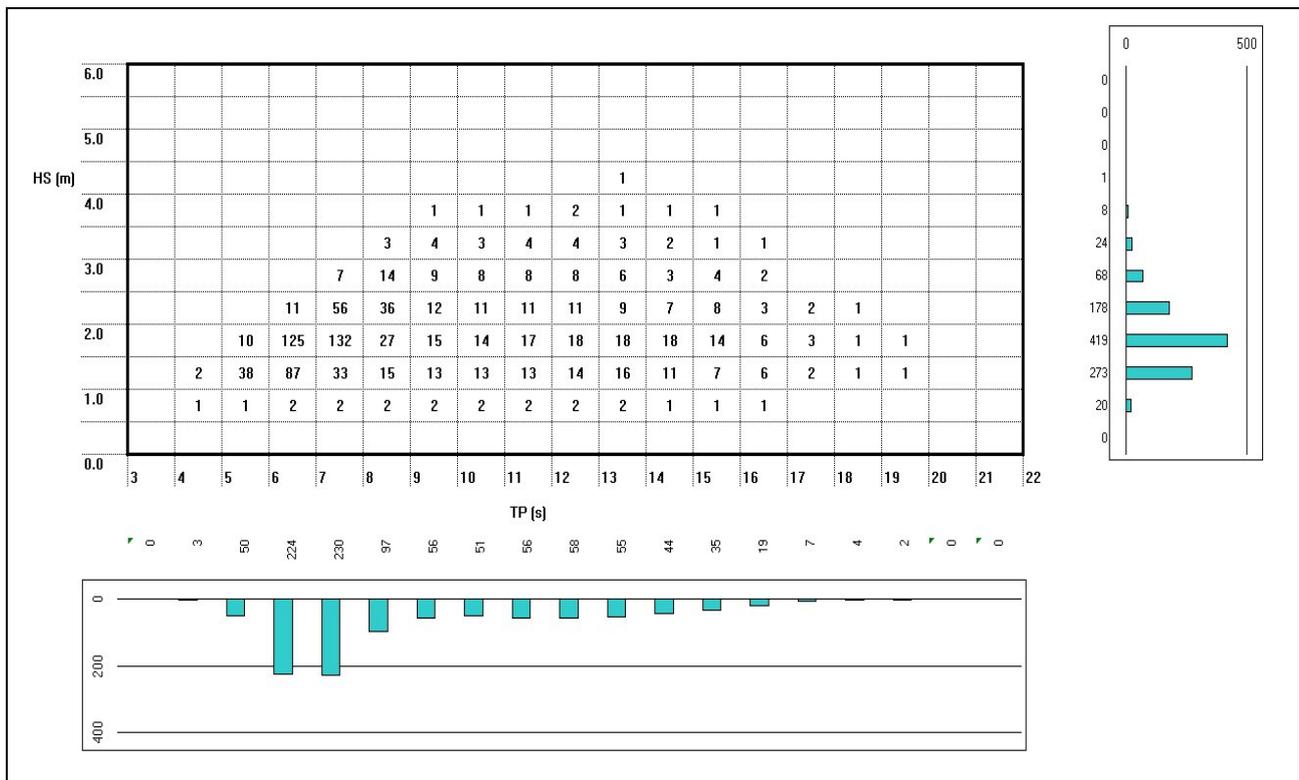


Figura 3.1.2.2.2-5: Distribuição conjunta de Tp e Hs na região offshore do Espírito Santo.

Da análise dos gráficos apresentados, em especial das distribuições conjuntas, verificou-se que as ondas *offshore* estão compreendidas entre 0.5 e 4.5 m (Hs), 4 e 20 s (Tp), N e SW (Dp), e o maior número de ocorrências conjuntas está relacionado ao setor de direção ENE, altura significativa entre 1.5 e 2.0 m e período entre 6 e 7 s.

3.1.2.2.2.3 Caracterização Sazonal do Clima de Ondas da Região Offshore

Os 38 anos de parâmetros de onda obtidos ao largo para o ponto G20646 (1970 a 2007) foram separados por estação do ano, de modo a ser efetuada a análise sazonal do clima de ondas.

Os resultados são apresentados na forma de histogramas polares por estação do ano nas Figuras 3.1.2.2.2.3-1 e 3.1.2.2.2.3-2, relacionando as direções de proveniência das ondas com as alturas significativas e períodos de pico, respectivamente.

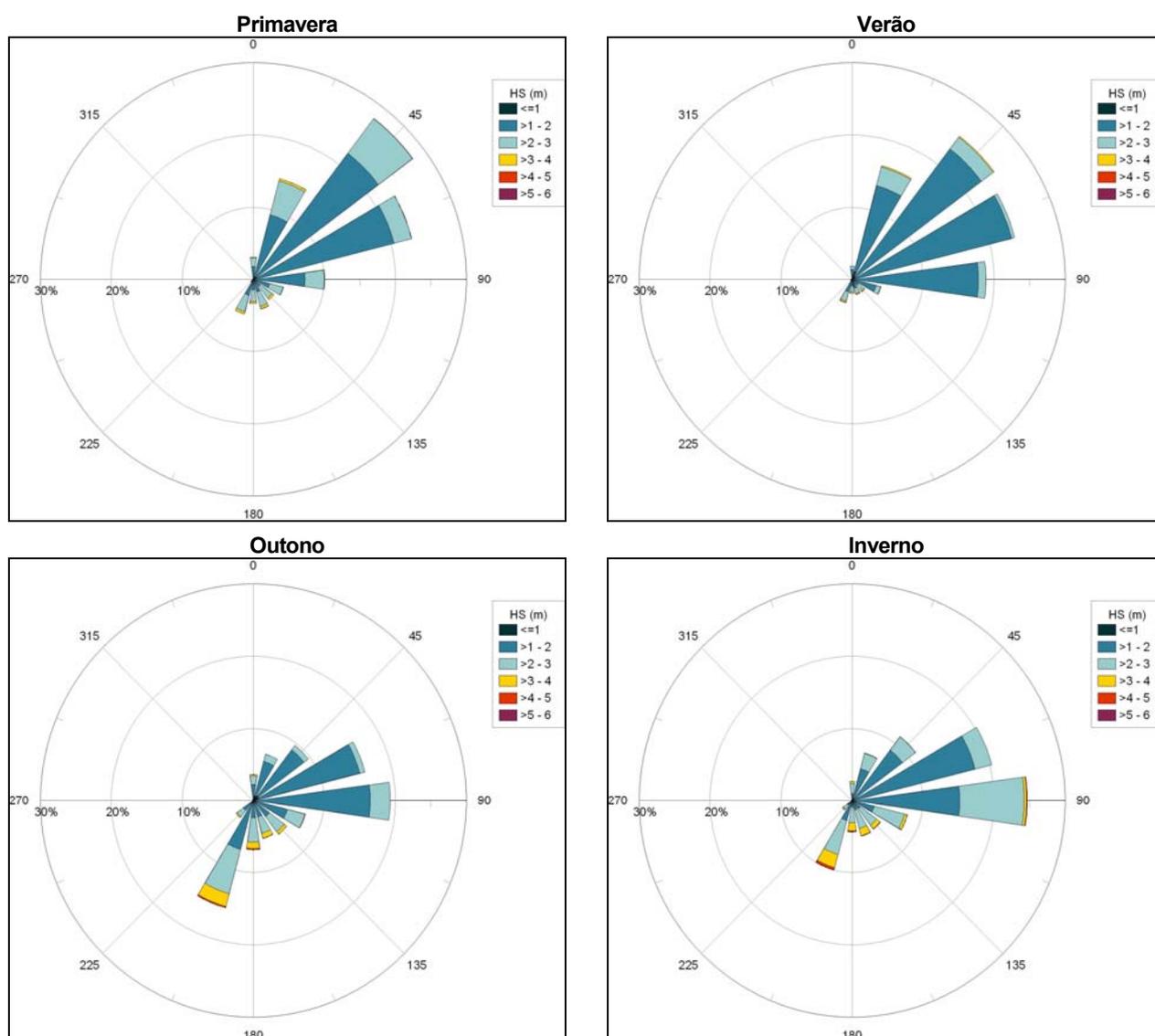


Figura 3.1.2.2.2.3-1: Histogramas polares da altura significativa relativa a cada estação do ano, para a região *offshore*.

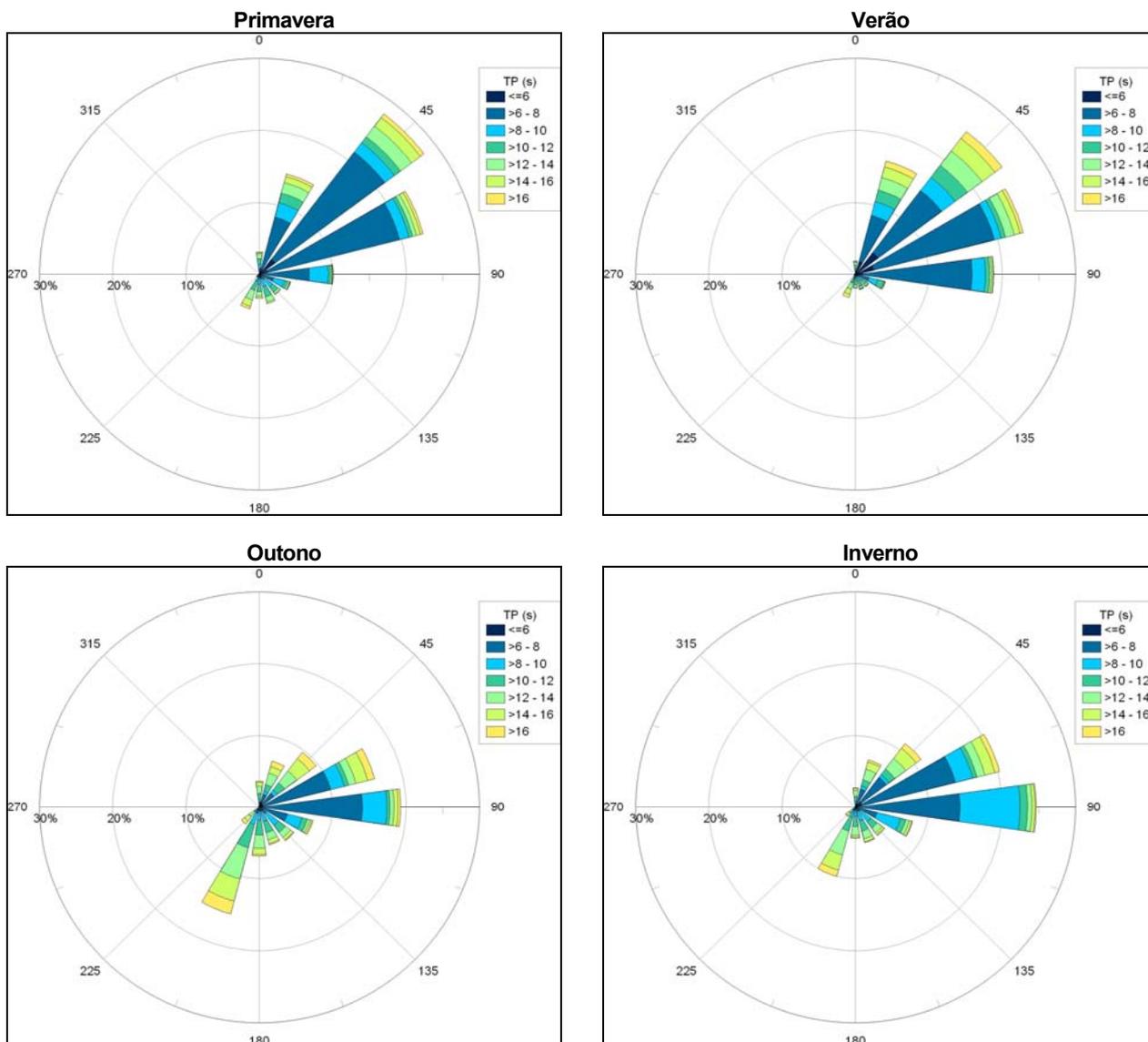


Figura 3.1.2.2.3-2: Histogramas polares do período de pico relativo a cada estação do ano, para a região offshore.

A partir dos gráficos presentes nestas figuras, verifica-se que existe efetivamente uma diferença entre a direção de ocorrência das ondas de inverno e de verão. Mais ainda, pode-se notar que a distribuição das ondas na primavera assemelha-se à distribuição do verão enquanto o histograma polar de outono é bastante semelhante ao de inverno, denotando uma divisão de estações do ano em duas classes (primavera/verão e outono/inverno).

Um fator que corrobora esta divisão de estações são os setores predominantes de proveniência das ondas. Para a primavera e verão, a predominância das ondas é do setor de Nordeste, enquanto que no outono e inverno, a predominância é do setor Leste.

A diferença mais notável é a presença destacada das ondas de SSW no outono e inverno, enquanto o mesmo setor apresenta uma percentagem muito pequena na primavera e verão (Figura 3.1.2.2.3-1 e 3.1.2.2.3-2).

Além disto, as maiores alturas significativas de onda ocorrem com maior frequência no outono e inverno do que na primavera e verão e são provenientes dos setores do quadrante Sul.

Quanto aos períodos, não existem muitas modificações relativamente a cada setor. Nos resultados, em geral, as proporções se mantêm.

3.1.2.2.4 Caracterização do Clima de Ondas na Zona Costeira

O clima de ondas ao largo do Espírito Santo foi transferido para a entrada da baía do Espírito Santo utilizando o modelo numérico de propagação, transformação e dissipação de ondas SWAN (BOOIJ *et al.*, 1999; RIS *et al.*, 1999).

Seguindo a estratégia de grades encaixadas (*nested grids*), os dados de batimetria da baía do Espírito Santo, região adjacente à costa e região mais ao largo desta, foram obtidos a partir de diversas fontes de dados.

Embora essas fontes variem de escala e origem, todos os dados foram transformados numa base comum em Datum WGS84 e coordenadas UTM, com as profundidades referidas ao Zero Hidrográfico da DHN. A seguir, são apresentadas as fontes de dados utilizadas na produção da batimetria das áreas do domínio computacional do SWAN.

◆ BANCO DE DADOS TOPO-BATIMÉTRICOS GLOBAIS (GEBCO)

Para a elaboração da grade batimétrica de grande escala contendo o ponto G20646, utilizaram-se os dados fornecidos pelo *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO). O GEBCO é um banco de dados de topografia e batimetria global, mantido pela *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC) e a *International Hydrographic Organization* (IHO).

As cotas e profundidades estão distribuídas a cada minuto de grau de espaçamento espacial, suficiente para os propósitos da grade global de propagação dos estados de mar no ponto G20646. A Figura 3.1.2.2.4-1 ilustra a distribuição dos dados topo-batimétricos para a região ao largo do Espírito Santo já em coordenadas UTM.

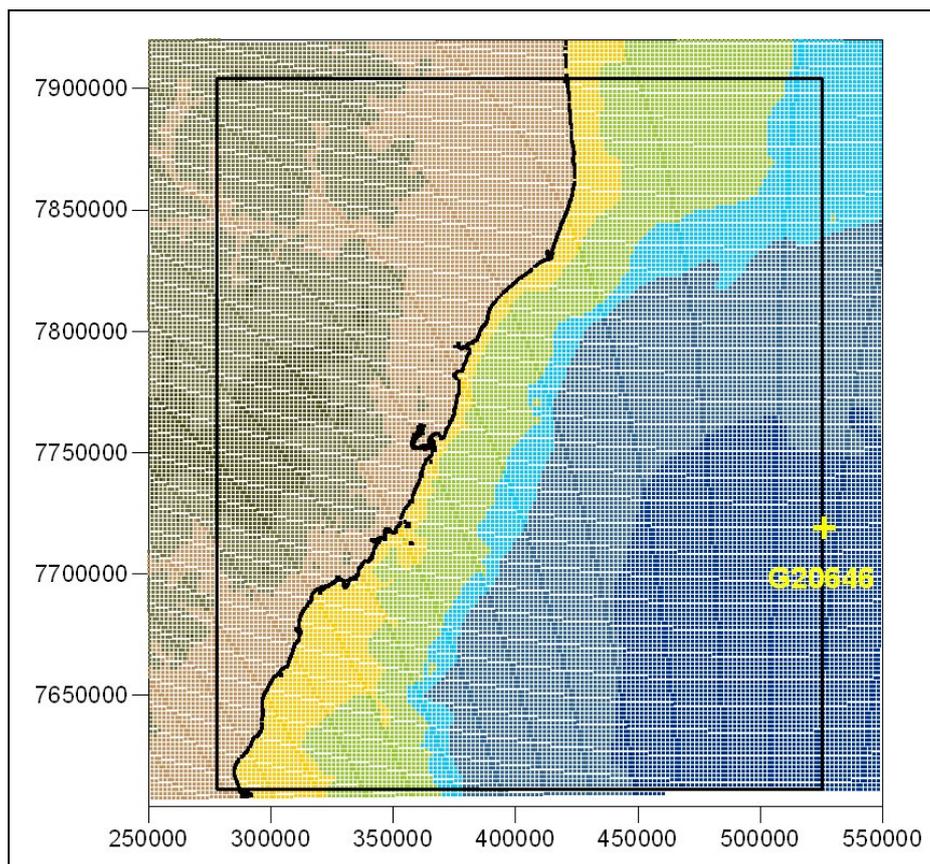


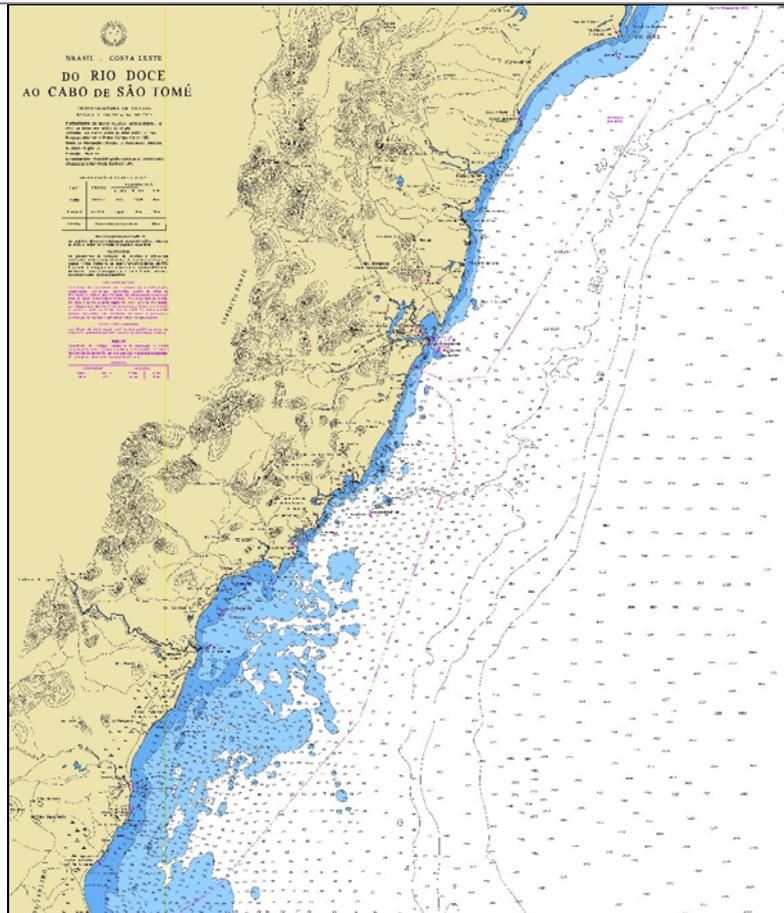
Figura 3.1.2.2.2.4-1: Dados topo-batimétricos brutos da área de interesse e posicionamento do ponto G20646.

◆ **CARTAS NÁUTICAS DIGITALIZADAS**

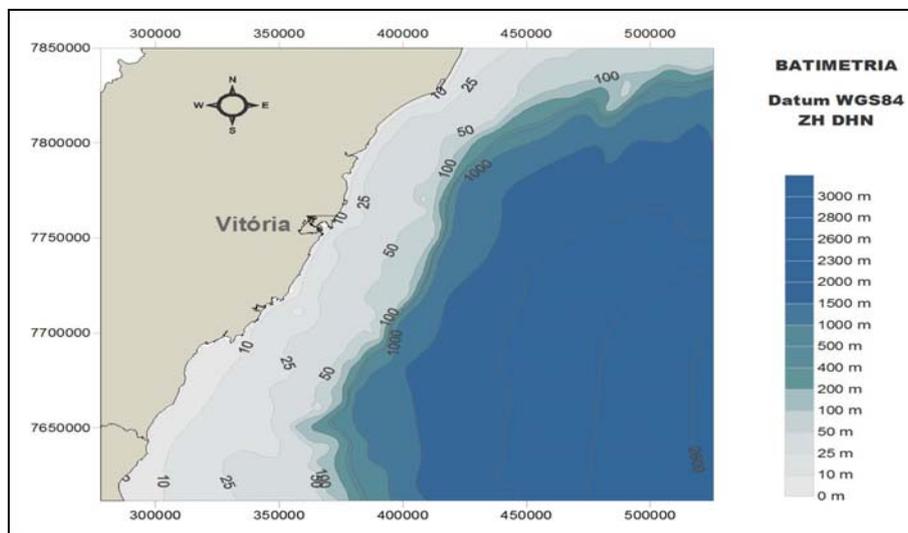
Para a elaboração das matrizes batimétricas da região adjacente à costa do Espírito Santo, foram digitalizadas as profundidades das seguintes cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (Tabela 3.1.2.2.2.4-1 e Figuras 3.1.2.2.2.4-2 a 3.1.2.2.2.4-4).

Tabela 3.1.2.2.2.4-1: Cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil.

CARTA NÁUTICA	ÁREA COBERTA	ESCALA E EDIÇÃO
Carta nº 1400	Do Rio Doce ao Cabo de São Tomé	Escala 1:296385 Edição de 1960
Carta nº 1410	Proximidades dos Portos de Vitória e Tubarão	Escala 1:50000 Edição de 1975
Carta nº 1401a	Portos de Vitória e Tubarão	Escala 1:15000 Edição de 2004
Carta nº 1401b	Canal de acesso ao Porto de Vitória	Escala 1:7500 Edição de 2004

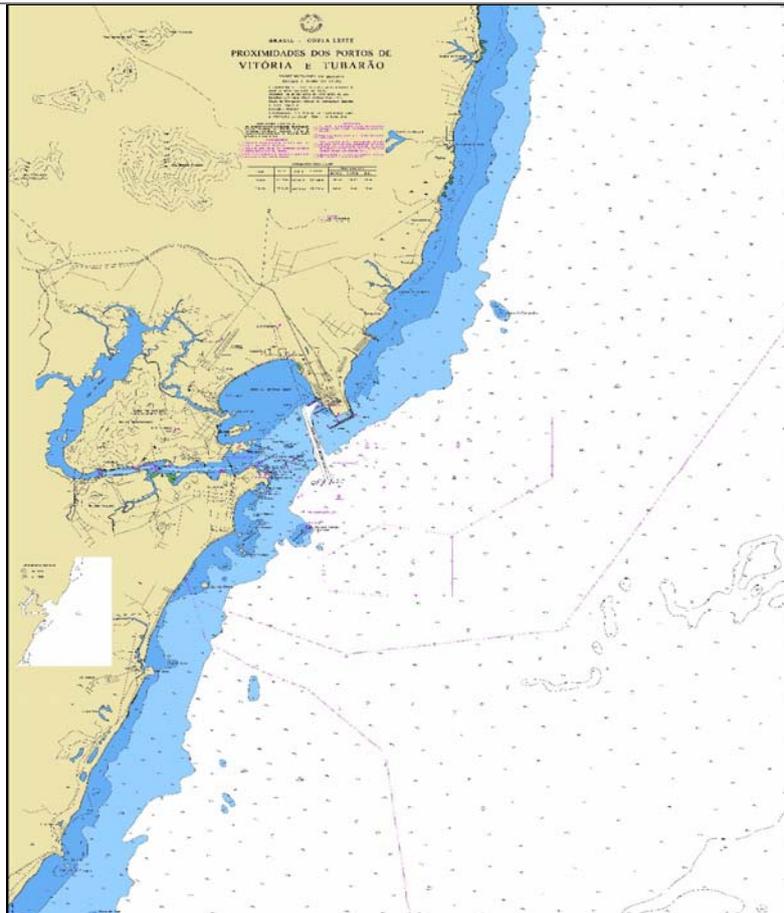


a)

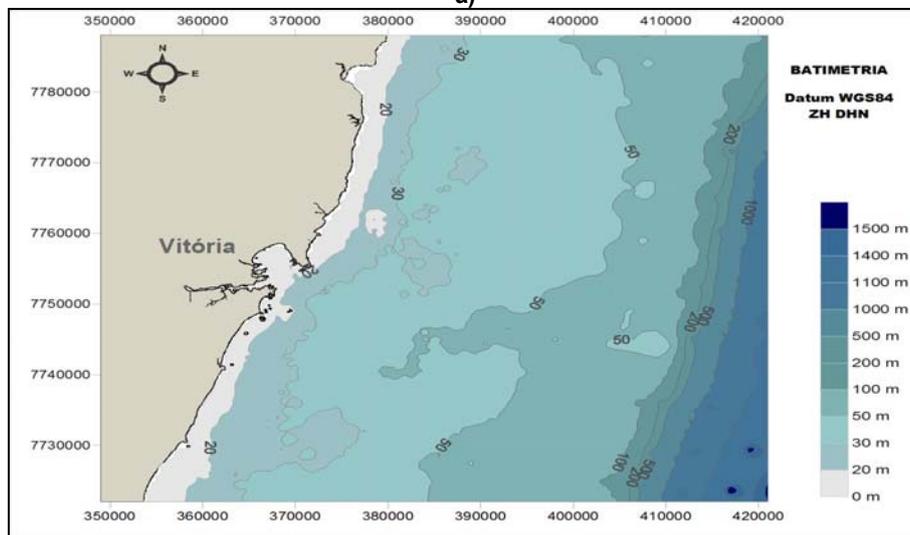


b)

Figura 3.1.2.2.4-2: (a) Carta Náutica digital 1400 e (b) mapa batimétrico correspondente.



a)



b)

Figura 3.1.2.2.4-3: (a) Carta Náutica digital 1410 e (b) mapa batimétrico correspondente.

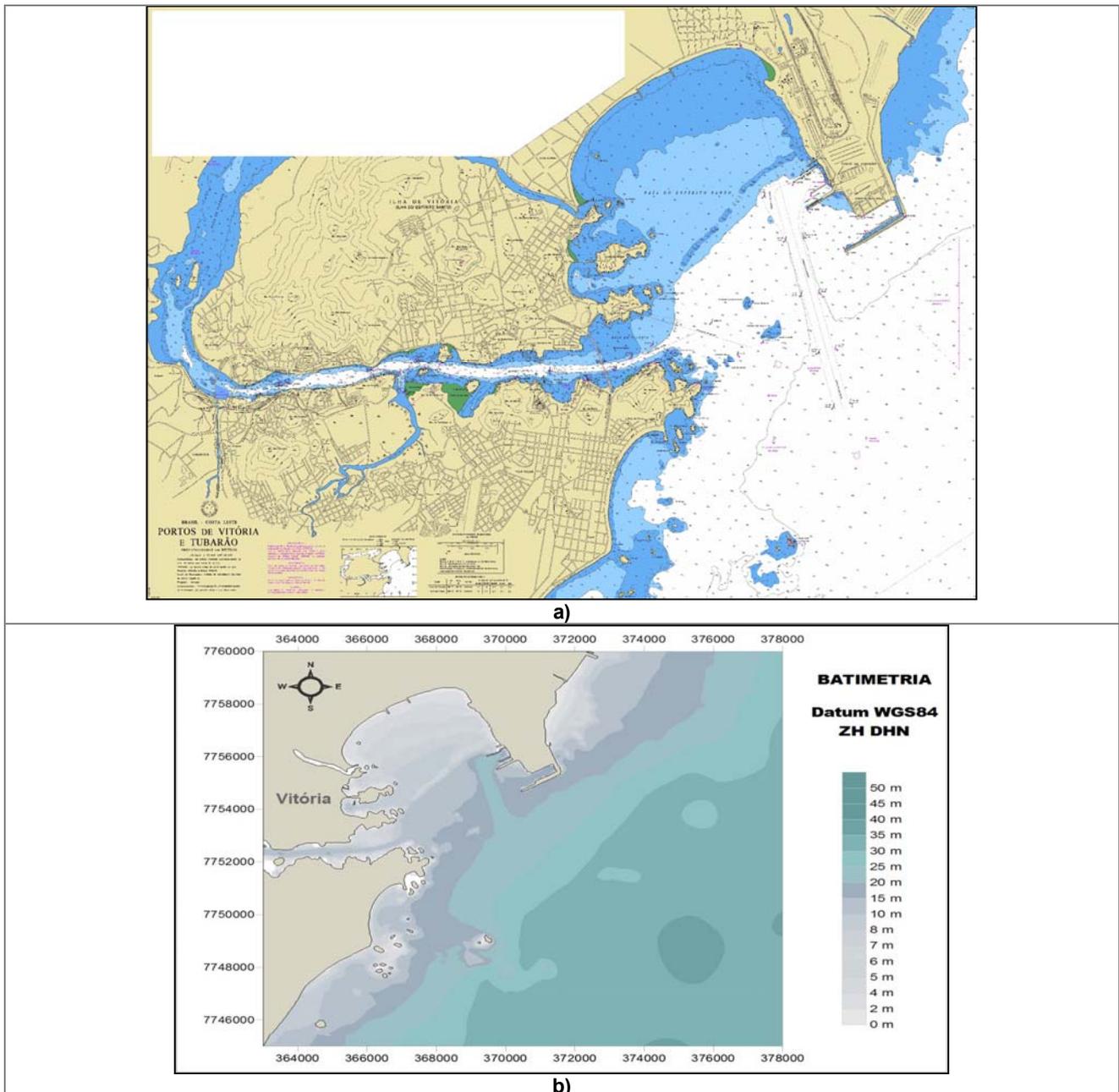
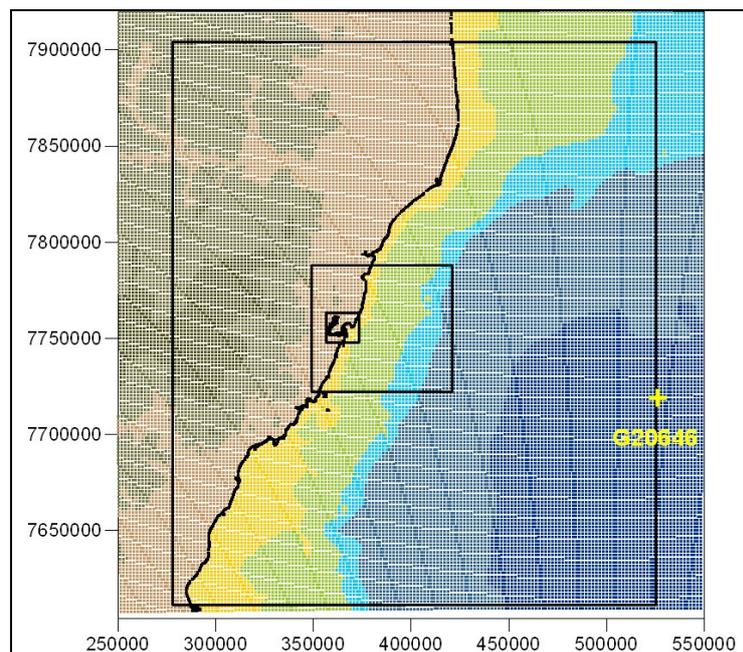


Figura 3.1.2.2.4-4: (a) Carta Náutica digital 1401 e (b) mapa batimétrico correspondente.

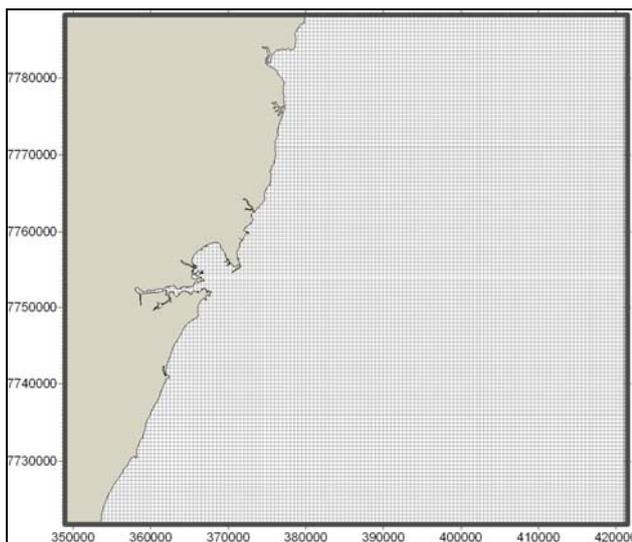
◆ **LEVANTAMENTOS BATIMÉTRICOS DE DETALHE**

Para a construção da grade de detalhe nas regiões da baía do Espírito Santo e da baía de Vitória, foram utilizados vários levantamentos batimétricos de precisão submétrica, efetuados em diferentes épocas, entre 2007 e 2008, pela Cepemar, os quais foram incorporados na Planta batimétrica apresentada na Figura 3.1.2.2.4-4.

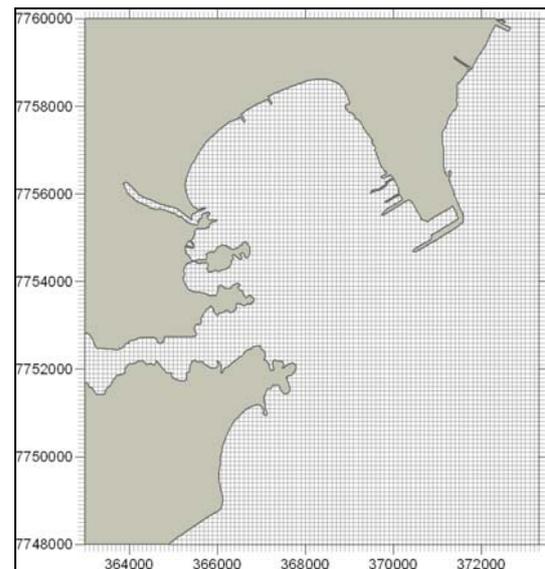
O modelo SWAN foi executado sobre três domínios de cálculo encaixados: um primeiro que cobre toda a região costeira e oceânica ao largo do estado do Espírito Santo e que contém o ponto G20646, denominado de grade global; um segundo domínio que abrange toda a plataforma continental e talude, nomeado de grade regional; um terceiro domínio computacional que contém toda a baía do Espírito Santo, a entrada da baía de Vitória e a região costeira adjacente, em mais detalhe, chamado de grade local. O esquema de grades encaixadas é apresentado na Figura 3.1.2.2.4-5 sobre a batimetria global. A grade global possui as dimensões de 247,5 km por 292,5 km, com unidades quadrangulares de 1500 m (Figura 3.1.2.3.4-5a). A grade regional foi definida com uma resolução de 500 m, num total de 72 km por 66 km (Figura 3.1.2.2.4-5b). A grade local é quadrangular, com 15 km de lado e possui elementos também quadrangulares com resolução de 50 m (Figura 3.1.2.2.4-5c).



a)



b)



c)

Figura 3.1.2.2.4-5: Esquema de grades encaixadas para a execução do modelo SWAN. (a) as três grades encaixadas; (b) detalhe da grade regional e (c) detalhe da grade local.

◆ TRANSFERÊNCIA PARA O PONTO COSTEIRO

Uma vez definidos a estratégia de propagação das ondas, as grades encaixadas e os parâmetros espectrais, o clima de ondas definido ao largo pôde ser transferido para o ponto na região próxima da baía do Espírito Santo. Na grade local, esse ponto foi definido como C30 (Tabela 3.1.2.2.4-2 e Figura 3.1.2.2.4-6) para o qual se extraíram os resultados das simulações do modelo SWAN.

Tabela 3.1.2.2.4-2: Localização do ponto C30 de transferência do clima de ondas.

Ponto	Coordenada N	Coordenada E	Profundidade
C30	371465.42	7750576.39	30.1m

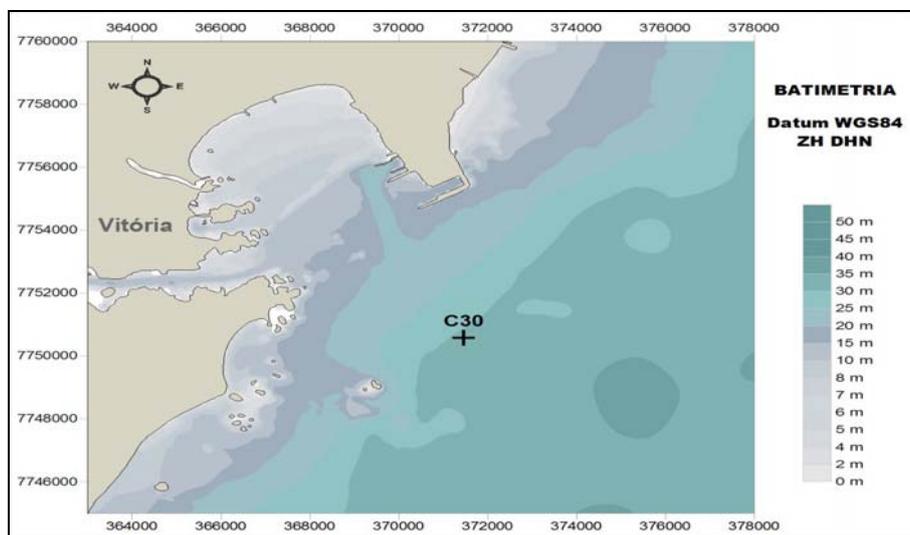


Figura 3.1.2.2.4-6: Grade local de detalhe e localização do ponto C30.

Para a transferência do clima de ondas *offshore* para o ponto C30, foram efetuadas 1448 simulações espectrais do SWAN, considerando o espectro empírico de JONSWAP parametrizado com períodos de pico de 4 a 20 segundos e alturas significativas de 0 a 6 m e a função de distribuição direcional do tipo potência par (2s) da função cosseno. O nível de maré considerado foi igual a +0.80 m, para equivaler ao nível médio calculado para o Complexo Portuário de Tubarão, segundo a Descrição de Estação Maregráfica F-41-1401, atualizada em abril de 2005.

Os resultados das execuções com a grade global forneceram as condições de fronteira para a grade regional e desta para a grade local, obtendo-se, finalmente, os valores para a matriz de transferência. Deste modo, os 110.967 parâmetros de onda existentes para o ponto G20646 puderam ser transferidos de forma rápida por interpolação tridimensional dos valores da matriz de transferência.

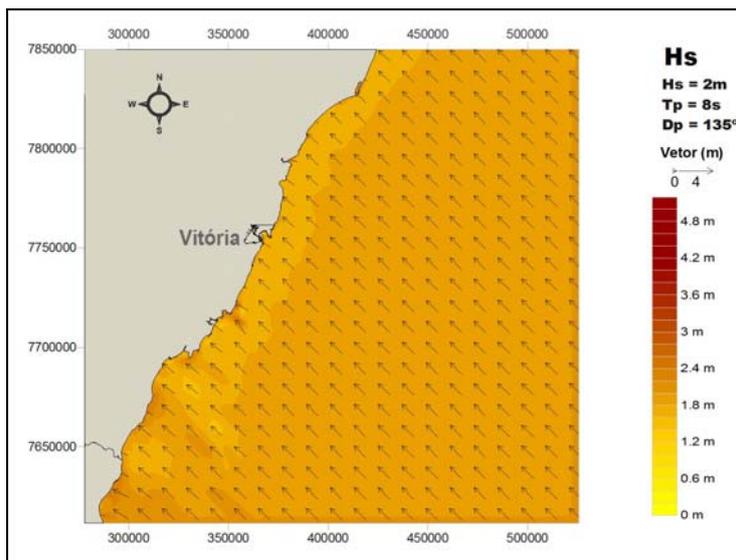
A Figura 3.1.2.2.2.4-7 ilustra os campos de onda resultantes da execução do modelo SWAN para as três grades, para uma condição de mar *offshore* com altura significativa de 2 m, período de pico de 8 s e direção média de 135° (direção SE). Esta é a condição mais frequente das ondas provenientes de SE, sendo esta direção a que atinge diretamente a praia de Camburi sem sofrer uma deformação significativa durante a sua propagação. Pode-se notar também que há uma concentração das ondas na porção mais a sudoeste da praia de Camburi, identificada pela maior magnitude (H_s) naquele local (Figura 3.1.2.2.2.4-7c).

A Figura 3.1.2.2.2.4-8 ilustra os campos de onda resultantes da execução do modelo SWAN somente para a grade local, para uma condição de mar *offshore* com altura significativa de 1,5 m, período de pico de 6 s e direção média de 45° (direção NE).

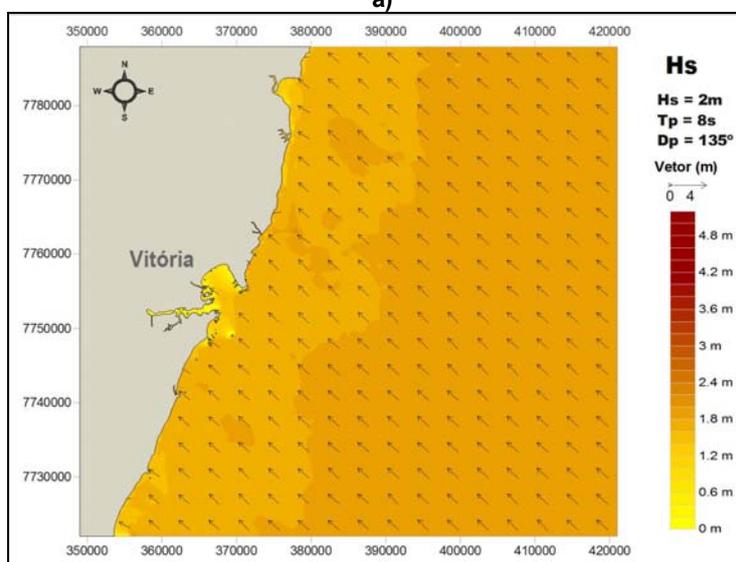
Pode-se notar que, embora esta seja a direção predominante de primavera e verão, as ondas que entram na baía do Espírito Santo possuem uma altura significativa bem menor do que a situação *offshore*. No entanto, as ondas provenientes desta direção entram na baía de Vitória com maior magnitude do que as ondas que atingem a praia de Camburi, pois a influência do fundo e a proteção do Complexo de Tubarão são menores.

Finalmente, a Figura 3.1.2.2.2.4-9 ilustra os campos de onda resultantes da execução do modelo SWAN, também somente para a grade local, para uma condição de mar *offshore* com altura significativa de 2 m, período de pico de 11 s e direção média de 180° (direção S). Para esta situação mais frequente das ondas de Sul, notam-se maiores alturas significativas na região do Complexo de Tubarão e na porção central/sudoeste da praia de Camburi.

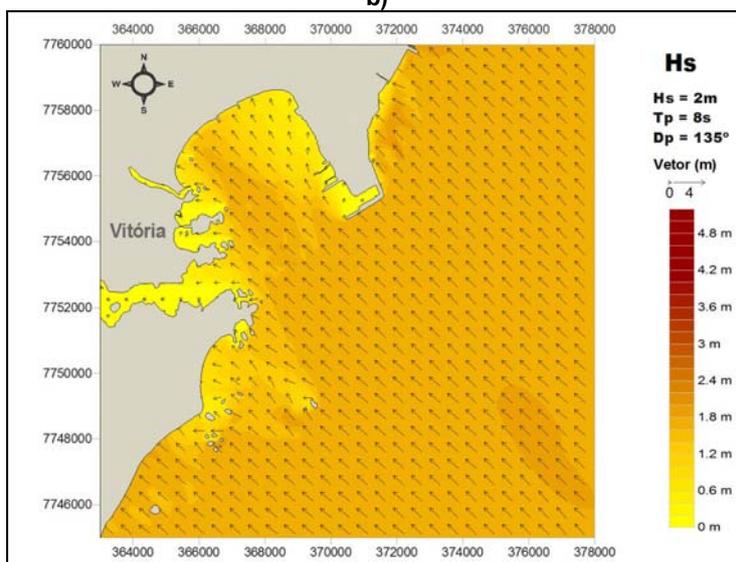
O arqueamento da enseada de Camburi e da baía do Espírito Santo é voltado para sudeste, o que propicia que as ondas oriundas deste quadrante, ocasionadas por frentes frias, penetrem com mais facilidade do que as ondas mais frequentes, vindas de nordeste (DORIGUETO, 1996; ALBINO, *et al.*, 2001).



a)



b)



c)

Figura 3.1.2.2.4-7: Resultado da propagação das ondas desde a região offshore até a baía do Espírito Santo pelo SWAN. (a) grade global; (b) grade regional e (c) grade local.

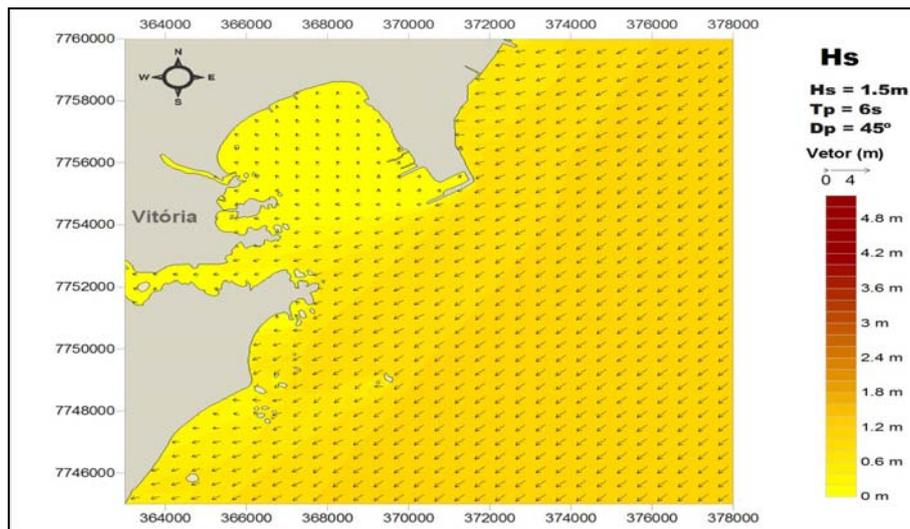


Figura 3.1.2.2.4-8: Resultado da propagação das ondas desde a região offshore até a baía do Espírito Santo pelo SWAN, para o caso de ondas de NE, grade local.

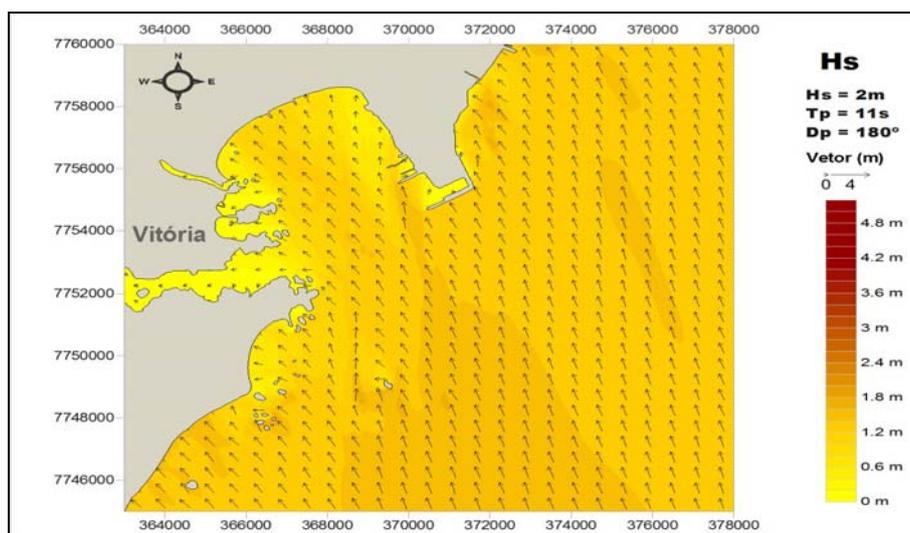


Figura 3.1.2.2.4-9: Resultado da propagação das ondas desde a região offshore até a baía do Espírito Santo pelo SWAN, para o caso de ondas de S, grade local.

◆ CLIMA DE ONDAS DA REGIÃO COSTEIRA ADJACENTE À BAÍA DO ESPÍRITO SANTO

De modo semelhante ao clima de ondas ao largo, a caracterização do regime de ondas na região adjacente à baía do Espírito Santo foi obtida através de gráficos de distribuição conjunta de parâmetros das ondas H_s , T_p e D_p , dos quais se podem tirar padrões da sua distribuição e compará-los aos padrões obtidos das ondas na região *offshore* do Espírito Santo. Para tal, utilizaram-se os resultados obtidos da matriz de transferência do clima de ondas *offshore* para o ponto C30.

O clima de ondas obtido para o ponto C30 evidencia a transformação das ondas devido à interação com o fundo. A consequência direta destas interações é a diminuição da altura significativa e diminuição também da gama de direções de proveniência das ondas, fato que pode ser verificado na configuração do histograma polar da Figura 3.1.2.2.4-10.

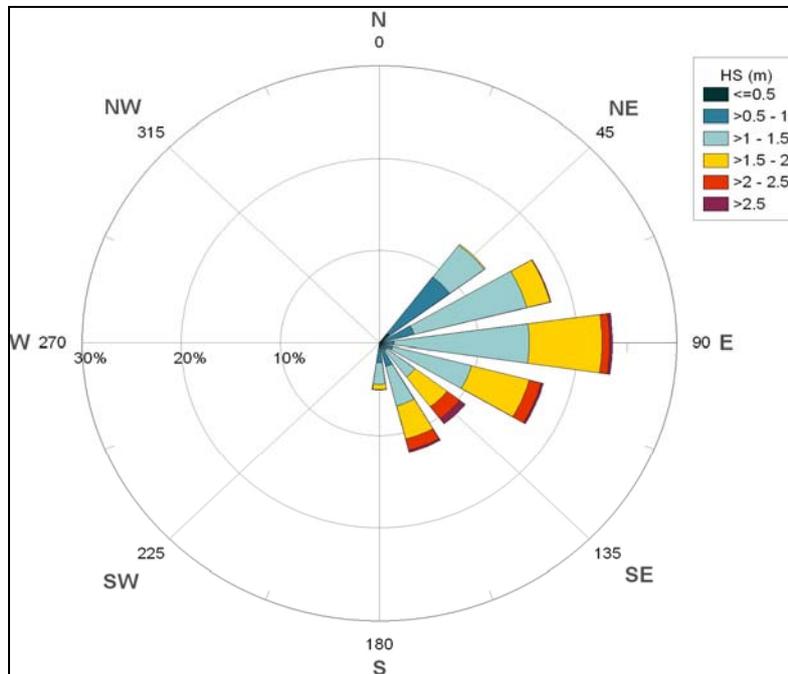


Figura 3.1.2.2.4-10: Histograma polar das alturas significativas das ondas na região costeira (ponto C30).

Essas características do clima de ondas costeiro, tal como as direções de proveniência estarem restritas a uma gama menor de direções, pode ser evidenciada no gráfico da distribuição conjunta dos parâmetros Hs e Dp, Figura 3.1.2.2.4-11.

O gráfico da distribuição conjunta dos parâmetros Hs e Dp, Figura 3.1.2.2.4-11, evidencia essas características do clima de ondas costeiro, tal como as direções de proveniência que estão restritas a uma gama menor de direções.

Em ambas as Figuras 3.1.2.2.4-10 e 3.1.2.2.4-11, verifica-se uma diminuição expressiva da ocorrência das ondas provenientes dos setores SSW (0%) e NNE (0%), acompanhada de uma diminuição da ocorrência do setor NE (13.0%). Por outro lado, as ondas provenientes do setor E assumem maior importância nesse local (23.4%), seguidas das ondas de ENE, ESE e SSE (17.7%, 17.3% e 12.2%, respectivamente). As ondas de SE, embora tenham uma ocorrência menor (10.9%), são as que possuem maiores valores de altura significativa, ultrapassando os 3 m. As ondas mais frequentes no ponto C30 estão entre 1.0 e 1.5 m (48.4%), enquanto as ondas abaixo de 2.0 m somam 93.8% do total.

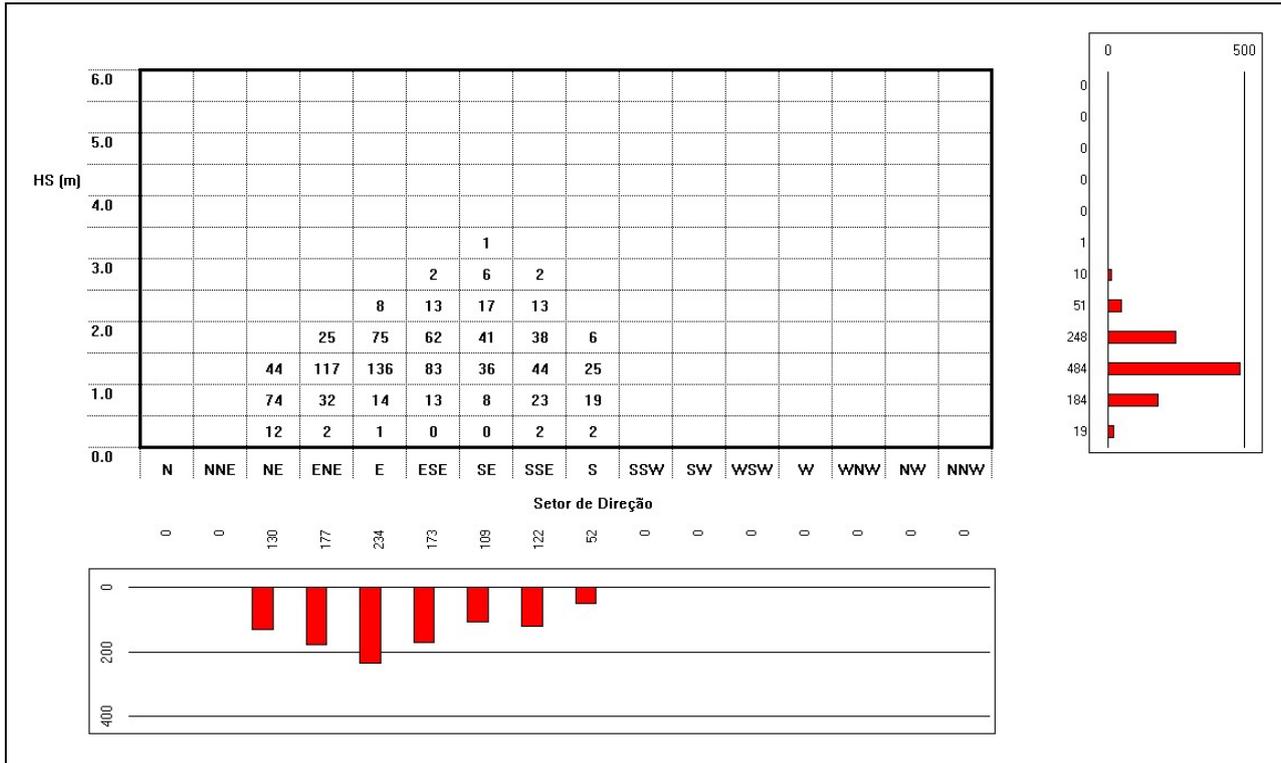


Figura 3.1.2.2.4-11: Distribuição conjunta de DP e HS na região costeira do Espírito Santo (ponto C30).

A Figura 3.1.2.2.4-12 apresenta o gráfico da distribuição conjunta de Tp e Dp. Esta figura ilustra a predominância dos períodos de pico de 7 a 8 s (26.7%) e 6 a 7 s (17.4%). Notar a presença destacada dos períodos de pico entre 13 e 14 s (6.8%), tipicamente períodos de ondas de *swell* e que ocorrem mais frequentemente para as direções E, ESE, SE, SSE.

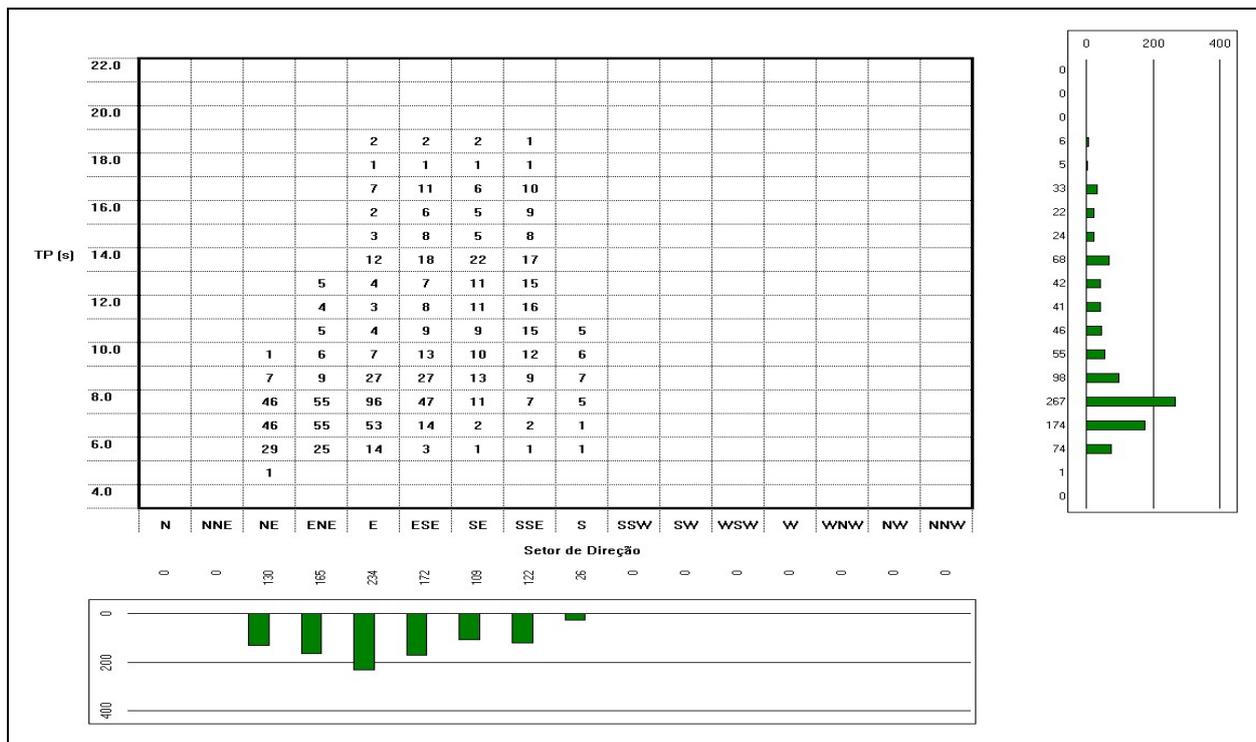


Figura 3.1.2.3.4-12: Distribuição conjunta de Dp e Tp na região costeira do Espírito Santo (ponto C30).

O histograma polar dos períodos de pico apresentado na Figura 3.1.2.2.4-13 auxilia a análise do comportamento dos períodos em relação à direção. Nesta figura, o setor NE aparece com períodos de pico tipicamente de ondas de vento (sea waves).

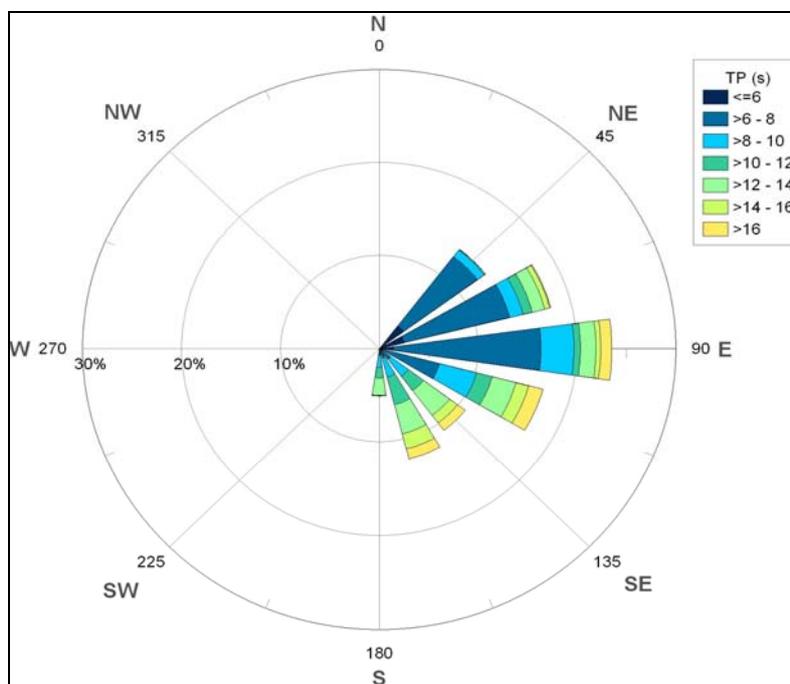


Figura 3.1.2.2.4-13: Histograma polar dos períodos de pico das ondas na região costeira (ponto C30).

O gráfico da distribuição conjunta de TP e HS, Figura 3.1.2.2.4-14, apresenta a relação entre as alturas significativas e os períodos de pico. Deste gráfico pode-se inferir que as ondas entre 1.0 e 2.0 m (73.2%) estão predominantemente associadas a períodos de picos menores que 9 s, com maior ocorrência para o intervalo entre 7 e 8 s (26.7%). As alturas significativas maiores que 2.5 m (0.9%), no entanto, estão associadas a períodos de pico maiores que 9 s.

De todos os gráficos apresentados, pode-se verificar que as ondas mais frequentes possuem Tp entre 6 e 8 s, Hs de 0.5 a 2.0 m e são provenientes de ENE, E ou ESE, sendo a classe de 1.0 a 1.5 m, 7 e 8 s e setor E, a que obteve maior ocorrência conjunta das 3 classes de parâmetros de onda no clima de onda costeiro.

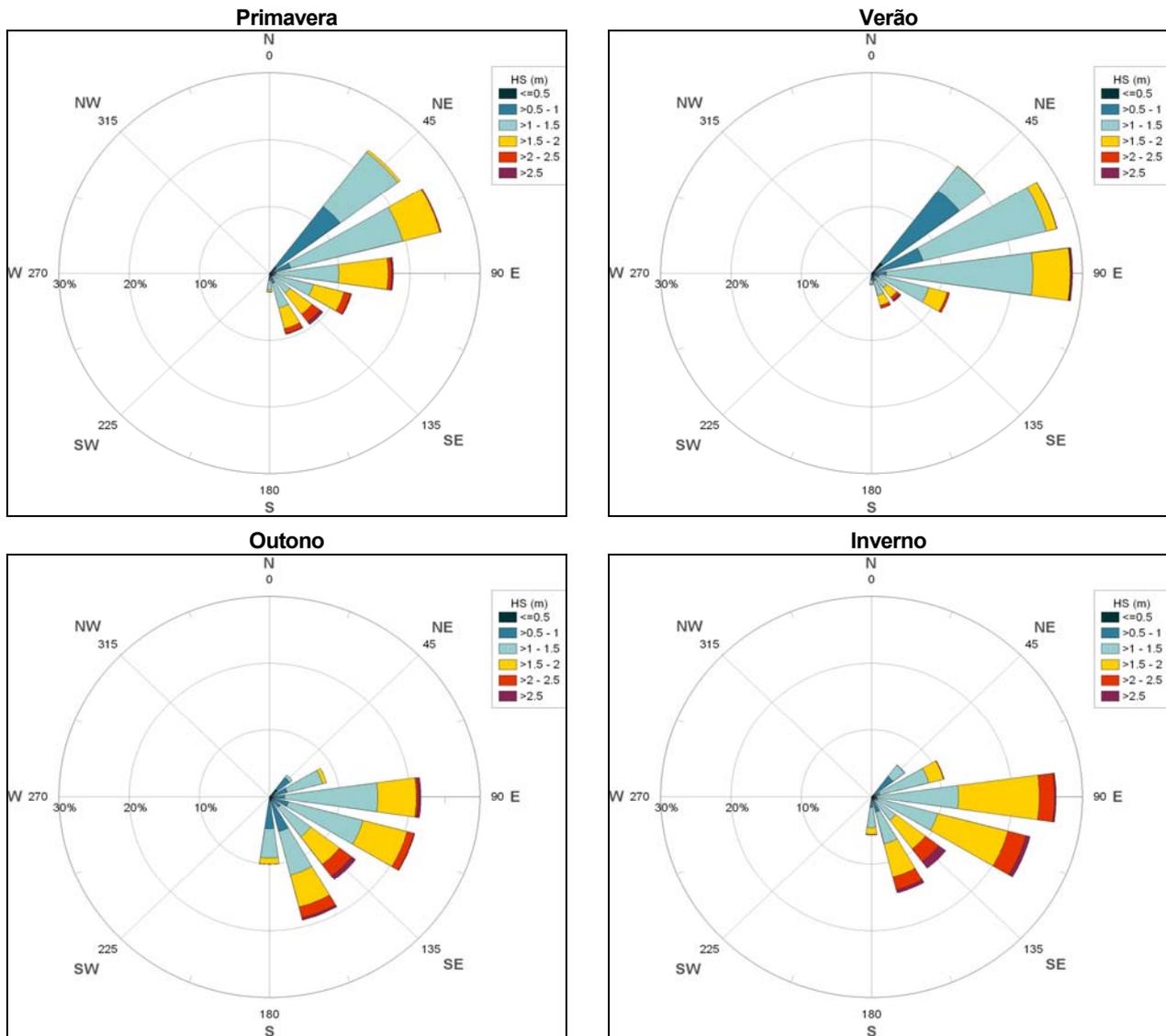


Figura 3.1.2.2.4-15: Histogramas polares da altura significativa em cada estação do ano para o ponto C30.

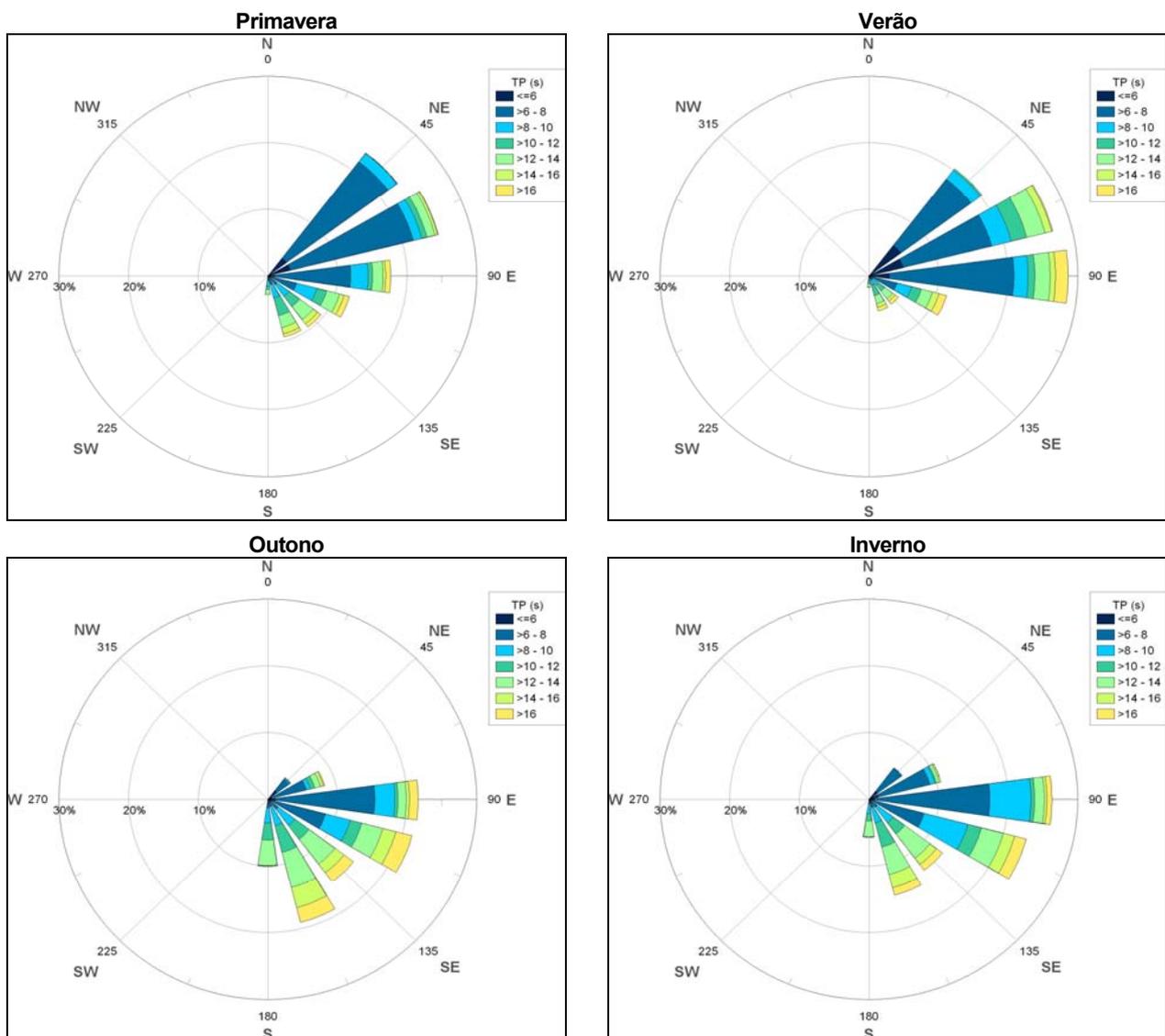


Figura 3.1.2.2.4-16: Histogramas polares do período de pico em cada estação do ano para o ponto C30.

3.1.2.2.2.5 Análise de Dados Recentes Coletados na Região

Foi realizada uma análise de dados de ondas, recentemente coletados, na região externa e interna da Baía do Espírito Santo (Tabela 3.1.2.2.2.5-1 e Figura 3.1.2.2.2.5-1).

O primeiro levantamento foi realizado no período de 15 de junho a 21 de julho e o segundo entre os dias 17 de outubro a 04 de dezembro de 2008. Para tal, foram instalados dois equipamentos do tipo ADCP (*Acoustic Doppler Current Profile*), nas adjacências do Complexo Portuário de Tubarão (Carta Náutica 1410), município de Vitória (Figura 3.1.2.2.2.5-1). As coordenadas onde foram instalados os ADCPs são apresentadas na Tabela 3.1.2.2.2.5-1, abaixo.

Tabela: 3.1.2.2.5-1: Coordenadas ADCPs utilizados na coleta de dados.

Estação	POSIÇÃO (Datum: WGS 84)	
A	20° 16.98S	040° 16.60W
B	20° 19.03S	040° 14.26W

DATUM: WFS 1984.

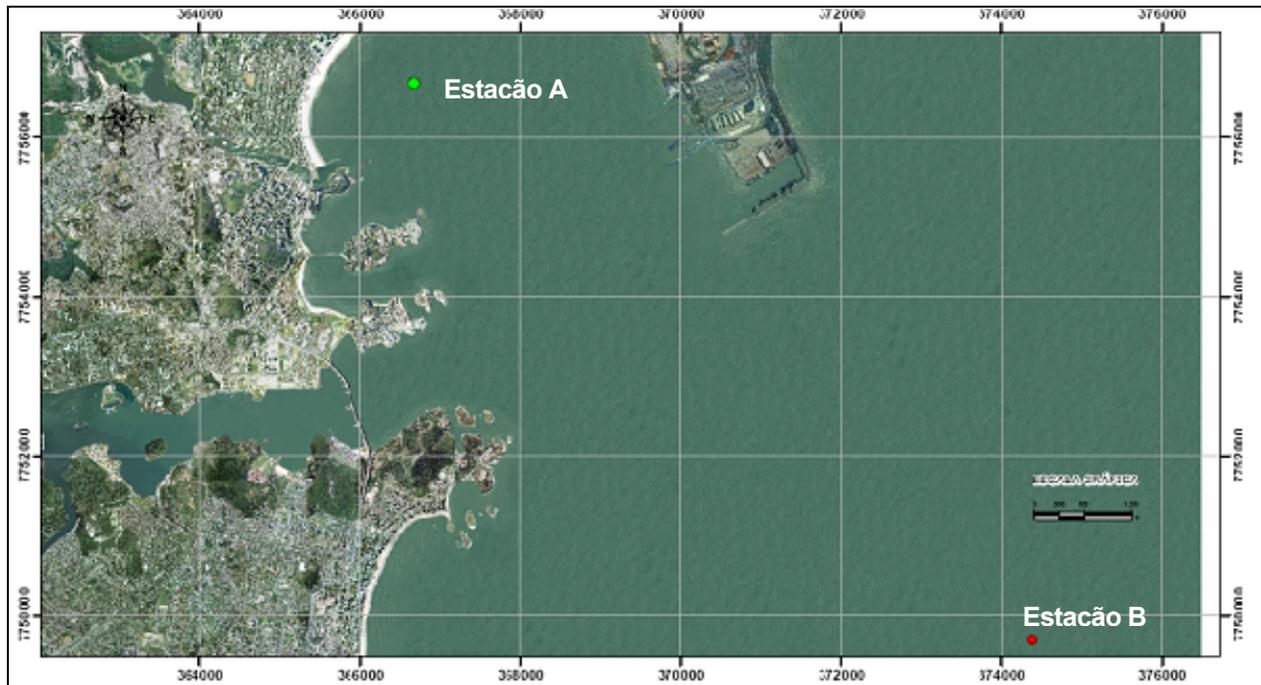


Figura 3.1.2.2.5-1: Mapa da região de estudo e localização dos ADCPs utilizados para a coleta de dados.

Os equipamentos, ambos fabricados pela *RDI Teledyne Instruments* e do modelo *Workhorse Sentinel*, operaram nas frequências de 1200 KHz (ADCP da estação A, para águas relativamente mais rasas (profundidade local <10 metros) e de 600 KHz (ADCP da estação B), para águas relativamente mais profundas (profundidade local ~ 30 metros).

Os ADCPs são equipamentos capazes de realizar registros de ondas e correntes, bem como da elevação do nível do mar simultaneamente no mesmo ponto, o que o diferencia dos demais equipamentos de medição.

As variáveis amostradas e o período exato correspondente de monitoramento de cada variável são apresentados na Tabela 3.1.2.2.5-2.

Tabela 3.1.2.2.5-2: Variáveis amostradas e o período de monitoramento compreendido em cada uma das duas estações de coleta de dados no ano de 2008.

Variáveis Meteoceanográficas	Período	
	CMO-1	CMO-2
Ondas	15/06 a 21/07	17/10 a 04/12
Correntes	15/06 a 21/07	17/10 a 04/12

*Campanha de Monitoramento Oceanográfico

As análises dos dados de onda são apresentadas separadamente para cada uma das duas campanhas oceanográficas para as estações A (interna) e estação B (externa).

Além disso, para uma melhor avaliação do regime de ondas na baía do Espírito Santo, os valores médios e de pico dos parâmetros de onda registrados pelos ADCPs A e B para a segunda campanha são apresentados também. Esses parâmetros correspondem à altura significativa de onda média (H_s) e máxima (H_s máx), período significativo médio (T_s) e de pico (T_p), e direção média (D) e de pico (D_p).

▪ Levantamento 1

No período do primeiro levantamento de dados, a altura significativa das ondas na região de estudo variou entre um mínimo de 0,31 m e um máximo de 2,42 m (Figuras 3.1.2.2.5-2, estação A, e 3.1.2.2.5-3, estação B) com um aproveitamento de cerca de 90% das observações.

Estação A – Interna

A altura significativa (H_s) média para a estação A foi de 0,82 m, com um período de pico (T_p) médio de aproximadamente 11 segundos e direção de pico (D_p) média de 125,61⁰ (Figura 3.1.2.2.5-3 e Tabela 3.1.2.2.5-3).

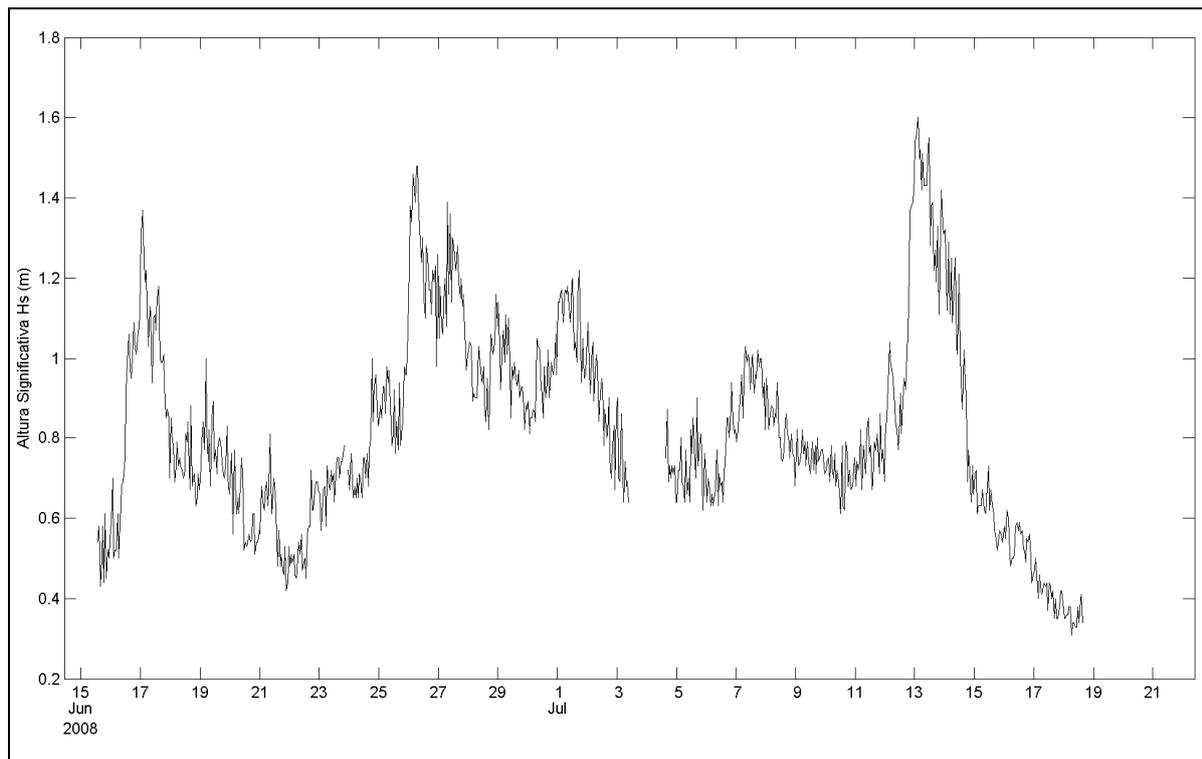


Figura 3.1.2.2.5-2: Variação da altura significativa Hs das ondas durante a CMO-1 para o período de 15 de junho a 21 de julho de 2008 para a estação A.

Tabela 3.1.2.2.5-3: Valor mínimo, médio e máximo para Hs (em metros), Tp (em segundos) e Dp (em graus) para a estação A durante o primeiro levantamento.

Estação A	
Parâmetros	Valores
Altura significativa mínima (Hs min)	0,31
Altura significativa média (Hs)	0,82
Altura significativa máxima (Hs max)	1,60
Período de pico mínimo (Tp min)	5,90
Período de pico médio (Tp)	11,30
Período de pico máximo (Tp max)	16,90
Direção de pico média (Dp)	125,61 ⁰

A Figura 3.1.2.2.5-3 mostra que os valores de Hs (painel superior) e de Tp (painel inferior) para a estação A estiveram associados às ondas de E-SE e SE, as quais responderam por aproximadamente 100% dos registros para o período de monitoramento. A direção resultante do padrão de distribuição de ondas é predominantemente de E-SE com uma direção resultante de 124⁰ (Figura 3.1.2.2.5-3, linha vermelha). Esta dominância de ondas de apenas dois setores deve-se à posição da estação A, situada no interior da baía do Espírito Santo, a qual recebe ondas já modificadas pelo processo de refração de ondas.

Ondas com alturas significativas H_s superiores a 90 centímetros estão associadas às direções E-SE e SE, e corresponderam a aproximadamente 35% das ocorrências. O percentual restante (i.e., 65%) do registro de ondas para a estação A ficou entre 30 e 90 centímetros (Figura 3.1.2.2.5-4, painel superior).

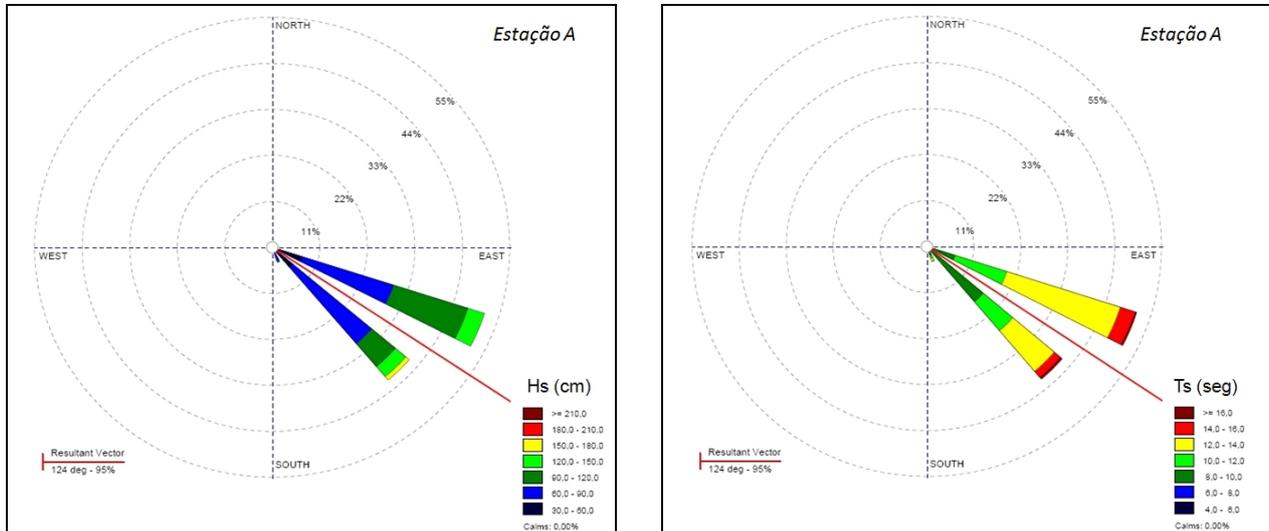


Figura 3.1.2.2.5-3: Frequência de ocorrência de classes de H_s (em centímetros, painel superior) e T_p (em segundos, painel inferior) por direção para a estação A para o período de 15 de junho a 21 de julho de 2008.

Períodos de pico maiores que 8 segundos ($T_p > 8$ segundos) representaram 97% dos registros na estação A (Figuras 3.1.2.2.5-3 e 3.1.2.2.5-4, painel inferior). Valores de T_p entre 12 e 14 segundos totalizaram 42,7% dos registros válidos. Apenas 2,6% das observações apresentaram valores inferiores a 8 segundos. O percentual de dados espúrios e/ou dados não amostrados foi de aproximadamente 10%.

Considerando eventos de alta energia de onda, aqueles cujos valores de altura significativa $H_s > 1,5m$, aproximadamente 1% das ocorrências para o período de monitoramento na estação A se enquadraram acima desse valor (Figuras 3.1.2.2.5-3 e 3.1.2.2.5-4, painel superior).

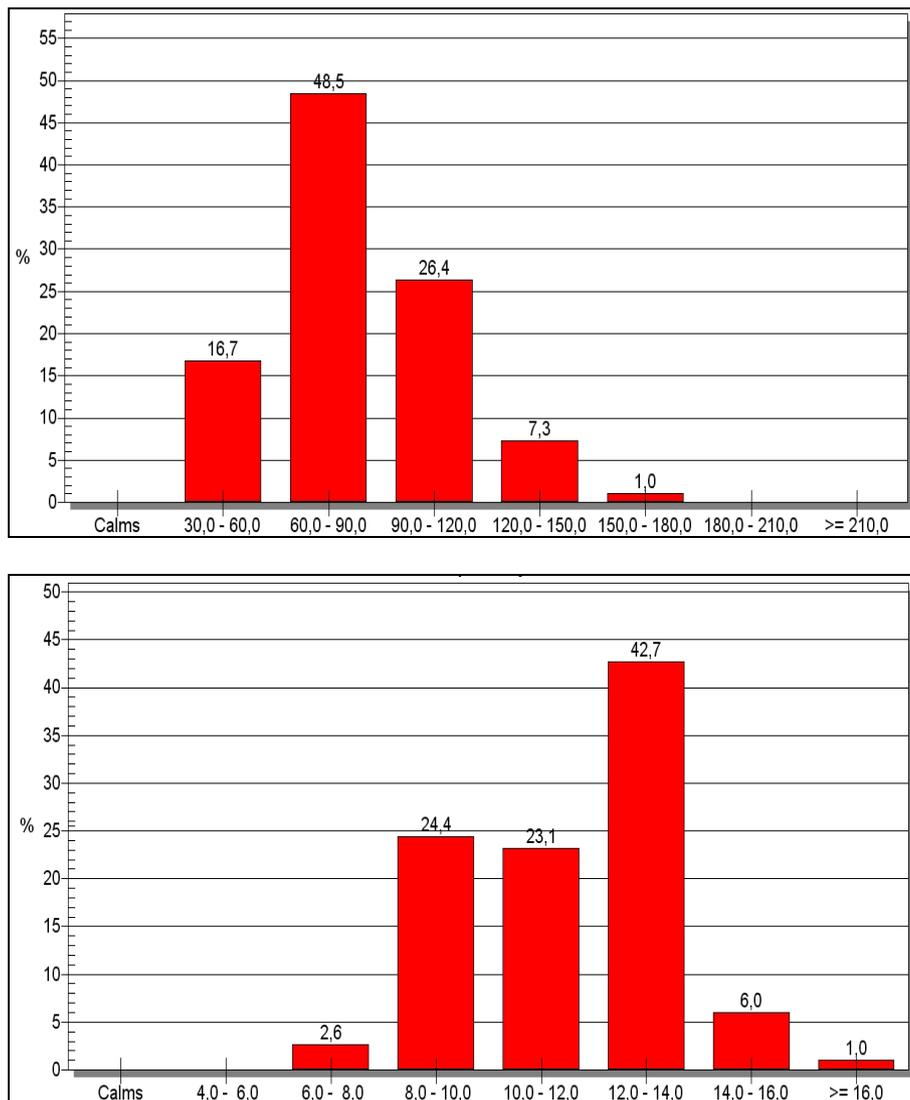


Figura 3.1.2.2.5-4: Histograma da frequência de ocorrência de classes de Hs (em centímetros, painel superior) e de classes de Tp (em segundos, painel inferior) para a estação A durante o primeiro levantamento. Os valores são expressos em percentagem.

Estação B – Externa

A altura significativa média para a estação B foi de 1,26 m, com um período de pico médio de aproximadamente 11 segundos e direção média de 120,52⁰ (Figura 3.1.2.2.5-5 e Tabela 3.1.2.2.5-4).

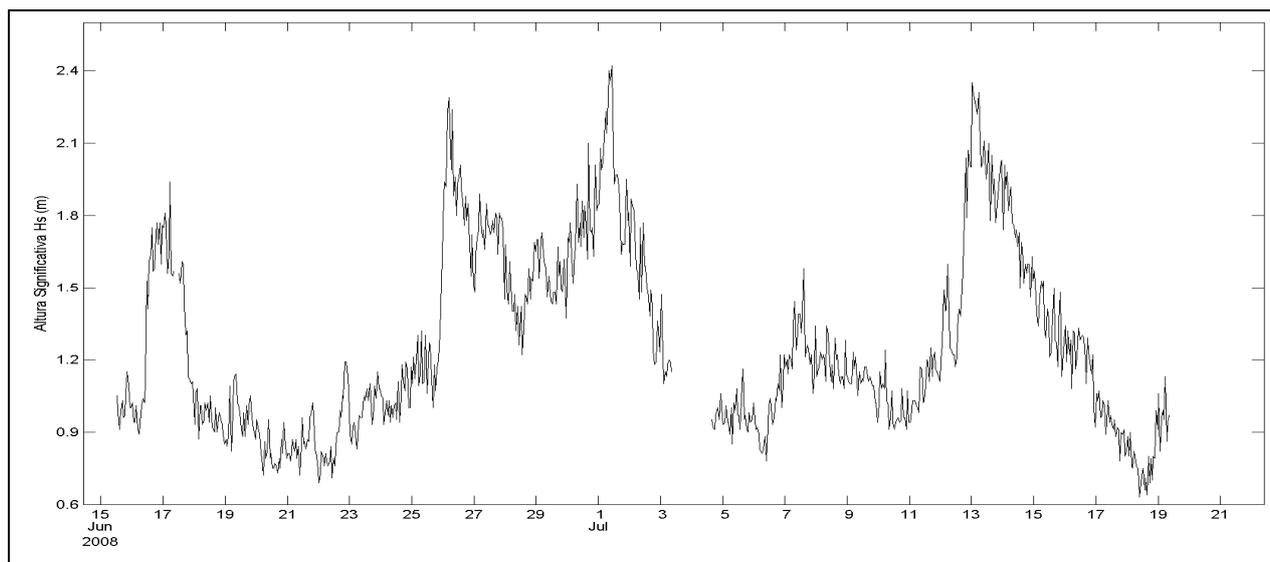


Figura 3.1.2.2.5-5: Variação de Hs para o período de 15 de junho a 21 de julho de 2008 para a estação B durante o primeiro levantamento.

Tabela 3.1.2.2.5-4: Valor mínimo, médio e máximo para Hs (em metros), Tp (em segundos) e Dp (em graus) para a estação B durante o período de monitoramento de 15 de junho a 21 de julho de 2008.

Estação B	
Parâmetros	Valores
Altura significativa mínima (Hs min)	0,63
Altura significativa média (Hs)	1,26
Altura significativa máxima (Hs max)	2,42
Período de pico mínimo (Tp min)	3,90
Período de pico médio (Tp)	10,84
Período de pico máximo (Tp max)	16,90
Direção de pico média (Dp)	120,52 ^o

A Figura 3.1.2.2.5-6 mostra que os valores de altura significativa Hs (painel da esquerda) e de período significativo Ts (painel da direita) na estação B estiveram praticamente associados ao segundo quadrante, com ondas de E, E-SE, SE e S-SE, as quais responderam por 100% dos registros para o período de monitoramento. A direção resultante do padrão de distribuição de ondas é predominantemente de E-SE com uma direção resultante de 120^o (Figura 3.1.2.2.5-6, linha vermelha).

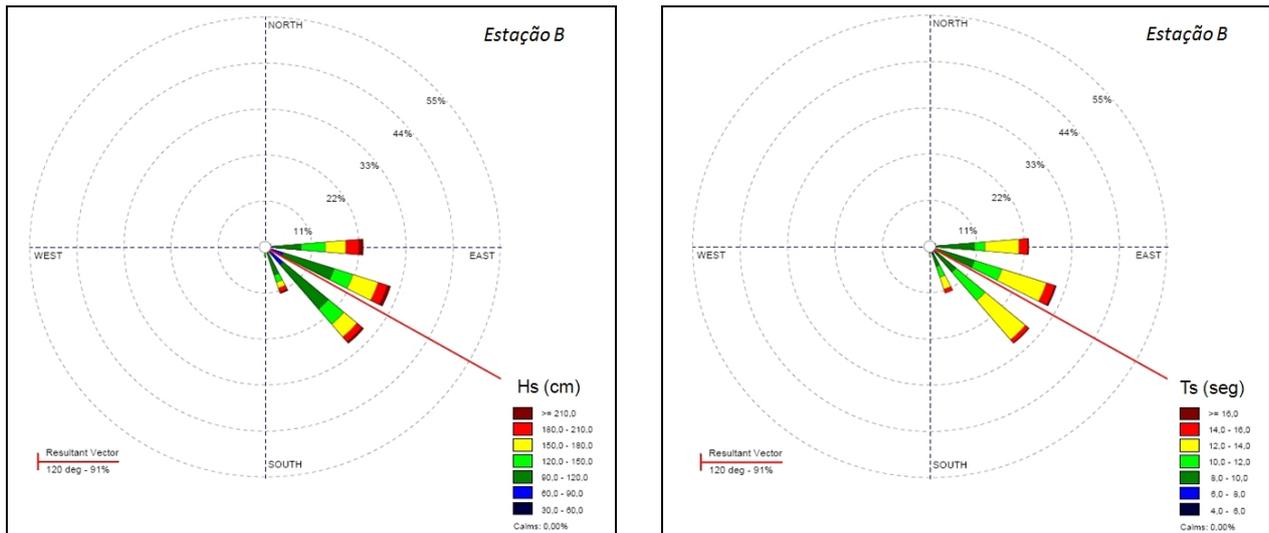


Figura 3.1.2.2.5-6: Frequência de ocorrência de classes de Hs de onda (em centímetros, painel superior) e de Tp (em segundos, painel inferior) por direção para a estação B durante o período de 15 de junho a 21 de julho de 2008.

Ondas com Hs superiores a 90 centímetros estiveram associadas às direções E, E-SE, SE e S-SE, e corresponderam a aproximadamente 76% das ocorrências. O percentual restante (i.e., ~ 34%) do registro de ondas para a estação B ficou entre 60 e 90 centímetros (Figura 3.1.2.2.5-6, painel superior).

Períodos de pico maiores que 8 segundos ($T_p > 8$ segundos) representaram 93% dos registros (Figuras 3.1.2.2.5-6 e 3.1.2.2.5-7, painel inferior). Valores de T_p entre 6 e 8 segundos totalizaram 5,9% dos registros válidos. Períodos inferiores a 6 segundos corresponderam a 1,8% das observações. O percentual de dados espúrios e/ou dados não amostrados foi de aproximadamente 10%. Cerca de 30% dos eventos observados na estação B corresponderam a eventos de alta energia, i.e. valores de altura significativa $H_s > 1,5m$.

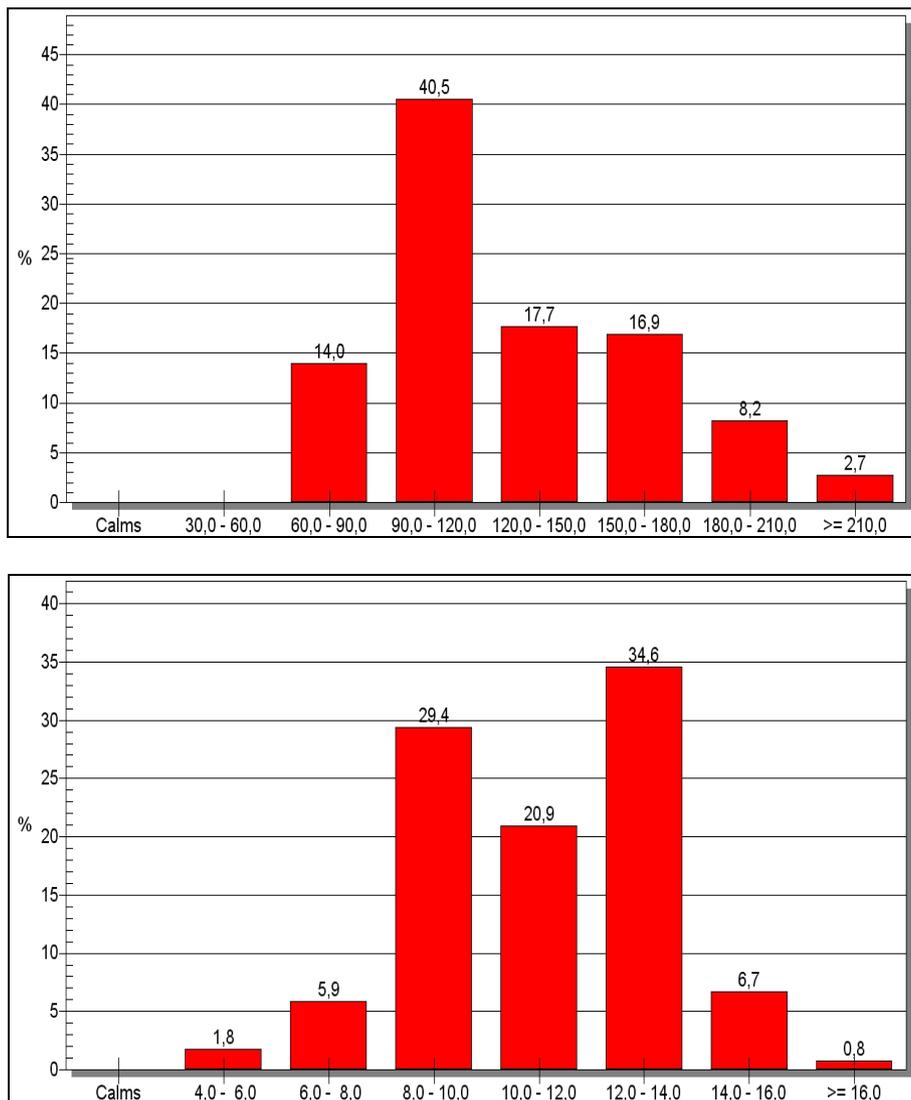


Figura 3.1.2.2.5-7: Histograma da frequência de ocorrência de classes de Hs (em centímetros, painel superior) e de classes de Tp (em segundos, painel inferior) para a estação B durante o período de monitoramento para a CMO-1. Os valores são expressos em porcentagem.

Para complementar a análise, as alturas significativas de onda (Hs) para as duas estações A e B foram plotadas juntas (Figura 3.1.2.2.5-8). Apesar de estarem em fase, observa-se que existe uma atenuação no valor de Hs dos picos de máxima no registro de onda à medida que ela se propaga de uma região mais profunda (externa) para uma mais rasa (interna), ou seja, da estação B (em vermelho) para a estação A (em azul).

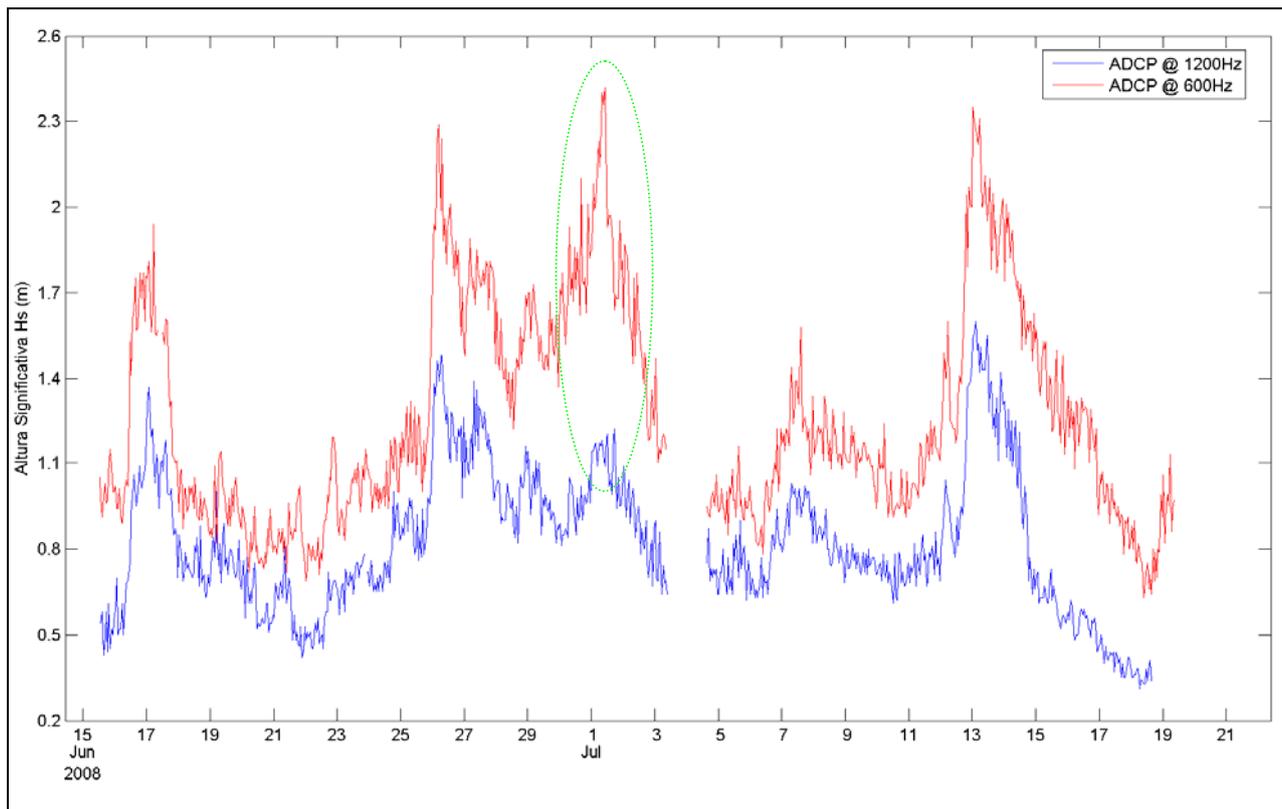


Figura 3.1.2.2.5-8: Variação da altura significativa Hs (em metros) das ondas na estação A (em azul) e das ondas na estação B.

Uma análise mais detalhada da figura acima evidencia que a atenuação das ondas pode ser bastante significativa, como por exemplo, durante o evento do dia 1 de julho de 2008 (tracejado verde), quando as ondas medidas na estação externa sofreram uma atenuação de praticamente 50% quando ingressaram para o interior da baía do Espírito Santo.

▪ Levantamento 2

No segundo período de monitoramento, a altura significativa média (Hs) de onda na região de estudo variou entre um mínimo de 0,27 m e um máximo de 2,72 m, enquanto a altura significativa máxima (Hsmáx) registrada foi de 0,34 m a 3,46 m (Figuras 3.1.2.2.2.5-9 estação A e 3.1.2.2.2.5-10, estação B). O período significativo médio (Ts) variou entre 6,1 e 13,3 segundos, ao passo que o período significativo de pico (Tp) foi de 5,0 a 16,9 segundos (Tabelas 3.1.2.2.2.5-5 a 3.1.2.2.2.5-8). O aproveitamento de dados foi de 67% das observações para a estação A e 93% para a estação B.

Estação A – Interna

A altura significativa Hs média foi de 0,71 m, com um período significativo Ts médio de aproximadamente 10 segundos e direção média de 164,95° (Figura 3.1.2.2.2.5-9 e Tabela 3.1.2.2.2.5-5). Por outro lado, a altura significativa Hs máx média foi de 0,91 m, com um período significativo Tp médio de aproximadamente 11 segundos e direção média de 164,72° (Figura 2.5.1.2-10 e Tabela 2.5.1.2-5).

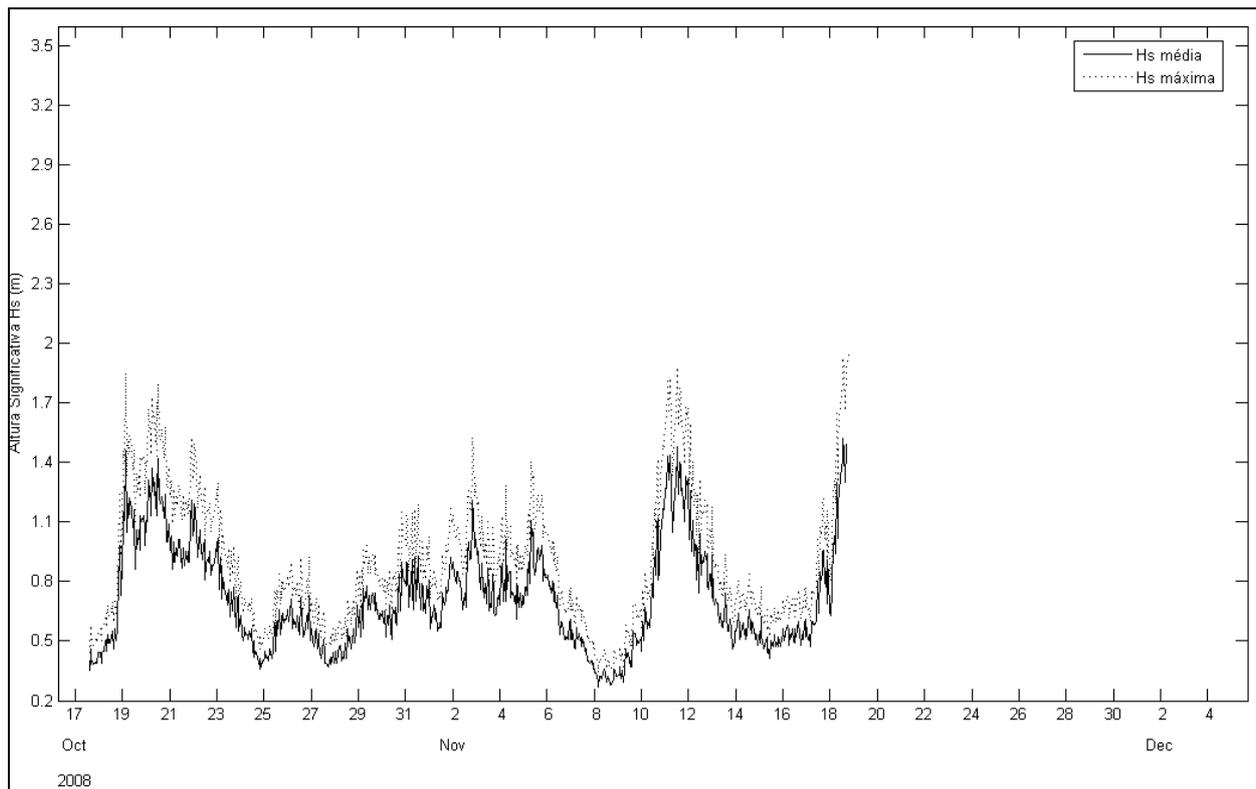


Figura 3.1.2.2.2.5-9: Variação temporal da altura significativa Hs (linha contínua) e Hsmáx (linha pontilhada) de onda para o período de 17 de outubro a 04 de dezembro de 2008 para a estação A.

Tabela 3.1.2.2.2.5-5: Valor mínimo, médio e máximo para Hs (em metros), período Ts (em segundos) e direção média (em graus) para a estação A durante o período de monitoramento de 17 de outubro a 04 de dezembro de 2008.

Estação A	
Parâmetros	Valores
Altura significativa mínima (Hs min)	0,27
Altura significativa média (Hs)	0,71
Altura significativa máxima (Hs max)	1,52
Período significativo mínimo (Ts min)	7,60
Período significativo médio (Ts)	10,13
Período significativo máximo (Ts max)	13,30
Direção Média	164,95 ⁰

Tabela 3.1.2.2.2.5-6: Valor mínimo, médio e máximo para Hs máx (em metros), período Tp (em segundos) e direção de pico (em graus) para a estação A durante o período de monitoramento.

Estação A	
Parâmetros	Valores
Altura significativa mínima (Hsmáx min)	0,34
Altura significativa média (Hsmáx)	0,91
Altura significativa máxima (Hsmáx max)	1,95
Período significativo mínimo (Tp min)	5,90
Período significativo médio (Tp)	11,41
Período significativo máximo (Tp max)	16,90
Direção Média	164,72 ⁰

A Figura 3.1.2.2.2.5-10 mostra que os valores de altura significativa média Hs (painel superior) e de período significativo médio Ts (painel inferior) para a estação A estiveram associados às ondas de S e S-SE, as quais responderam por 92% dos registros para o período de monitoramento. A direção resultante do padrão de distribuição de ondas é predominantemente de S-SE com uma direção resultante de 168° (Figura 3.1.2.2.2.5-10, linha vermelha).

Ondas com Hs superior a 90 centímetros estão associadas às direções S e S-SE, e corresponderam a aproximadamente 25% das ocorrências. O percentual restante (i.e., 75%) do registro de ondas para a estação A ficou entre 30 e 90 centímetros (Figura 3.1.2.2.2.5-11, painel superior).

Períodos significativos de ondas maiores que 8 segundos (Ts > 8 segundos) representaram 100% dos registros válidos na estação A (Figuras 3.1.2.2.2.5-11 e 3.1.2.2.2.5-12, painel inferior). Valores de Ts entre 12 e 14 segundos totalizaram 8,4% dos registros válidos. Nenhum valor inferior a 8 segundos foi registrado. O percentual de dados espúrios e/ou dados não amostrados foi de 67%.

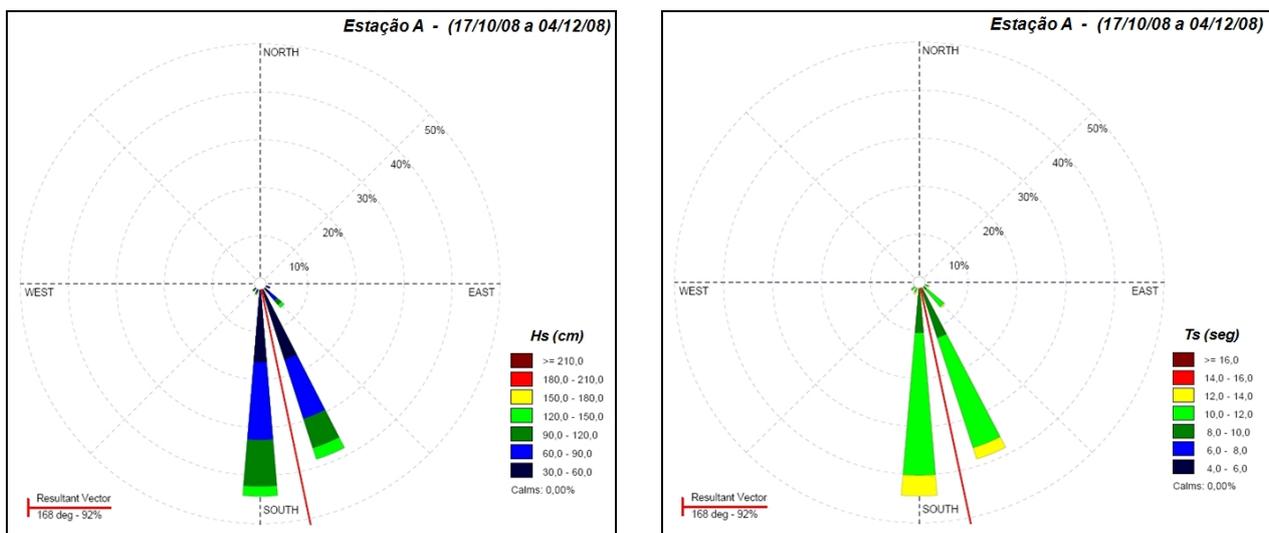


Figura 3.1.2.2.2.5-10: Frequência de ocorrência de classes de altura significativa média Hs de onda (em centímetros, painel superior) e de período significativo médio Ts de onda (em segundos, painel inferior) por direção para a estação A durante o período de 17 de outubro a 04 de dezembro de 2008.

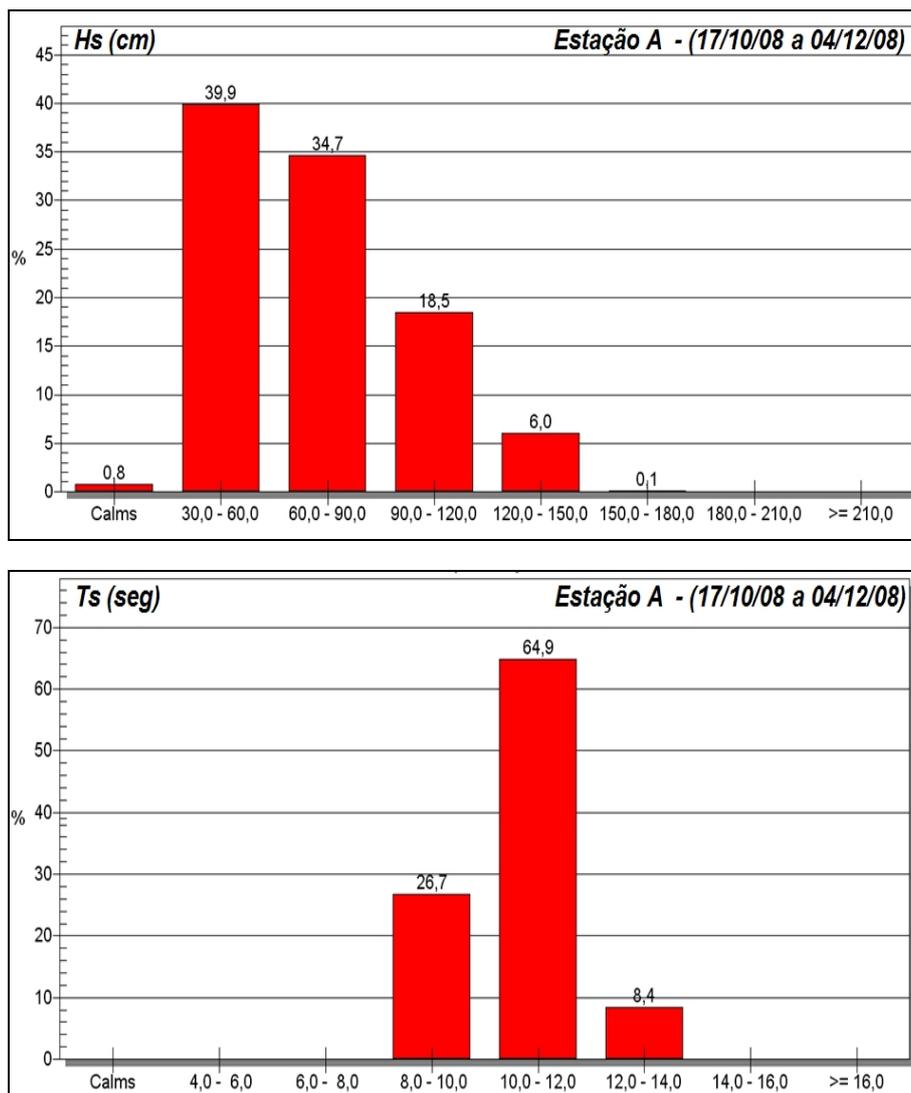


Figura 3.1.2.2.5-11: Histograma da frequência de ocorrência de classes de Hs (em centímetros, painel superior) e de classes de Ts (em segundos, painel inferior) para a estação A durante o período de monitoramento. Os valores são expressos em percentagem.

Considerando eventos de alta energia de onda, aqueles cujos valores de altura significativa $H_s > 1,5\text{m}$, apenas 0,1% das ocorrências para o período de monitoramento na estação A se enquadraram acima desse valor (Figuras 3.1.2.2.5-9, 3.1.2.2.5-10 e 3.1.2.2.5-11, painel superior).

A Figura 3.1.2.2.5-12 mostra que os valores de altura significativa máxima $H_s \text{ máx}$ (painel superior) e de período significativo de pico T_p (painel inferior) para a estação A estiveram associados à mesma direção do observado para H_s (Figura 3.1.2.2.5-12, linha vermelha).

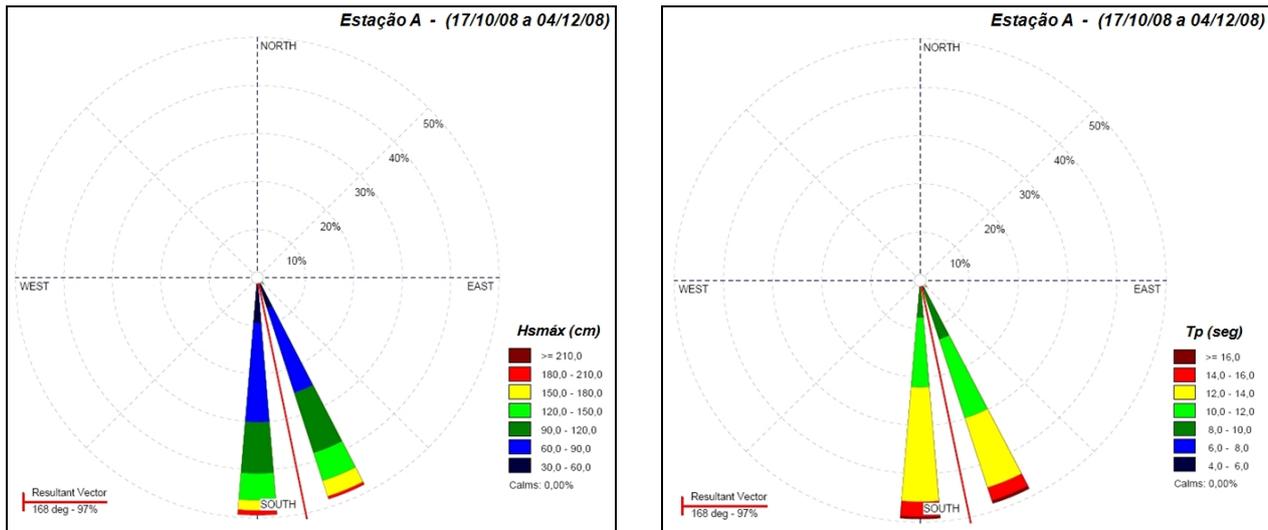


Figura 3.1.2.2.5-12: Frequência de ocorrência de classes de altura significativa média H_s máx de onda (em centímetros, painel superior) e de período significativo médio T_p de onda (em segundos, painel inferior) por direção para a estação A durante o período de monitoramento.

Ondas com $H_{smáx}$ superior a 90 centímetros estão associadas às direções S e S-SE, e corresponderam a 44% das ocorrências. O percentual restante (i.e., 56%) do registro de ondas para a estação A ficou entre 30 e 90 centímetros (Figura 3.1.2.2.5-13, painel superior).

Períodos significativos de ondas maiores que 8 segundos ($T_p > 8$ segundos) representaram 97% dos registros válidos na estação A (Figuras 3.1.2.2.5-12 e 3.1.2.2.5-13, painel inferior). Valores de T_p entre 12 e 14 segundos totalizaram 39,6% dos registros válidos. Valores inferiores a 8 segundos corresponderam a 2,6% das observações. O percentual de dados espúrios e/ou dados não amostrados foi de 33%.

Considerando eventos de alta energia de onda, aqueles cujos valores de altura significativa $H_s > 1,5m$, somente 7,3% das ocorrências para o período de monitoramento na estação A se enquadraram acima desse valor (Figuras 3.1.2.2.5-9, 3.1.2.2.5-12 e 3.1.2.2.5-13, painel superior).

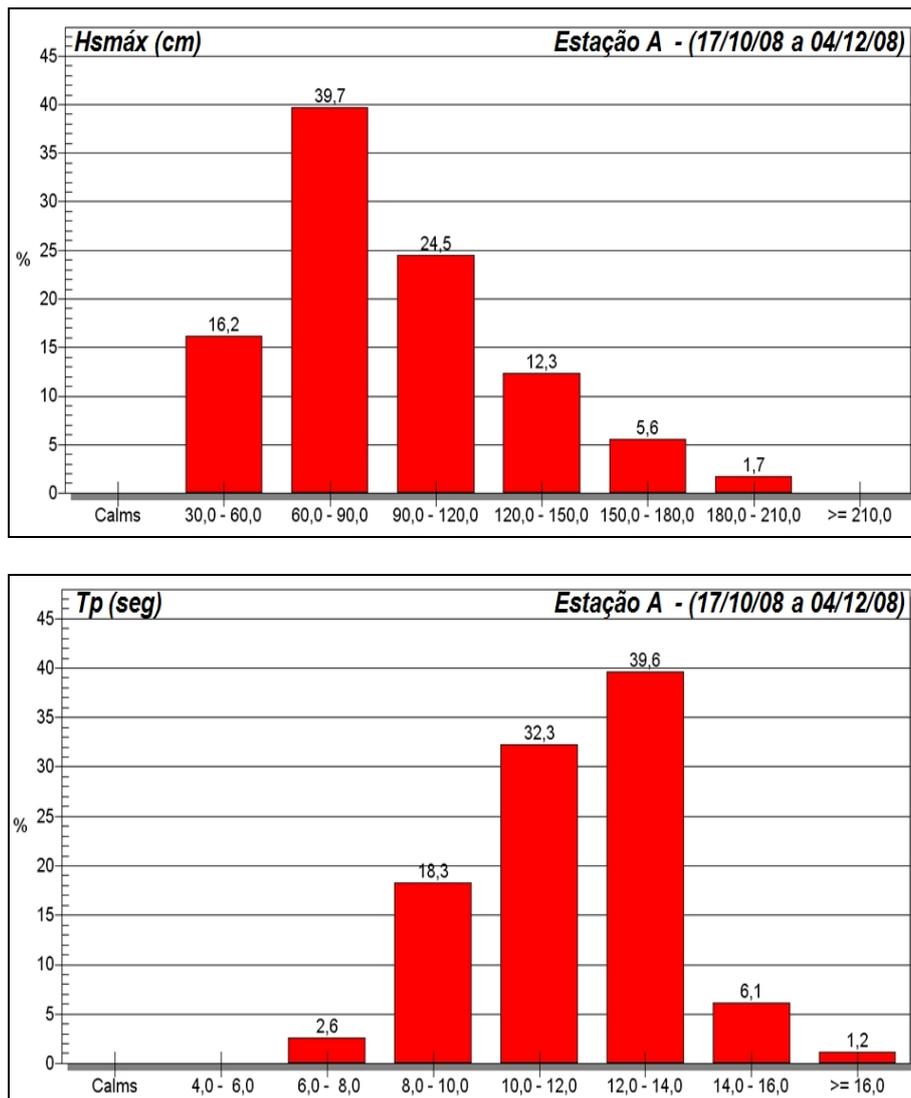


Figura 3.1.2.2.5-13: Histograma da frequência de ocorrência de classes de Hs máx (em centímetros, painel superior) e de classes de Tp (em segundos, painel inferior) para a estação A durante o período de monitoramento. Os valores são expressos em percentagem.

Estação B – Externa

A altura significativa Hs média foi de 1,30 m, com um período significativo Ts médio de aproximadamente 8 segundos e direção média de 147,06° (Figura 3.1.2.2.5-14 e Tabela 3.1.2.2.5-7). Por outro lado, a altura significativa Hs máx média foi de 1,65 m, com um período significativo Tp médio de aproximadamente 9 segundos e direção média de 146,35° (Figura 3.1.2.2.5-14 e Tabela 3.1.2.2.5-8).

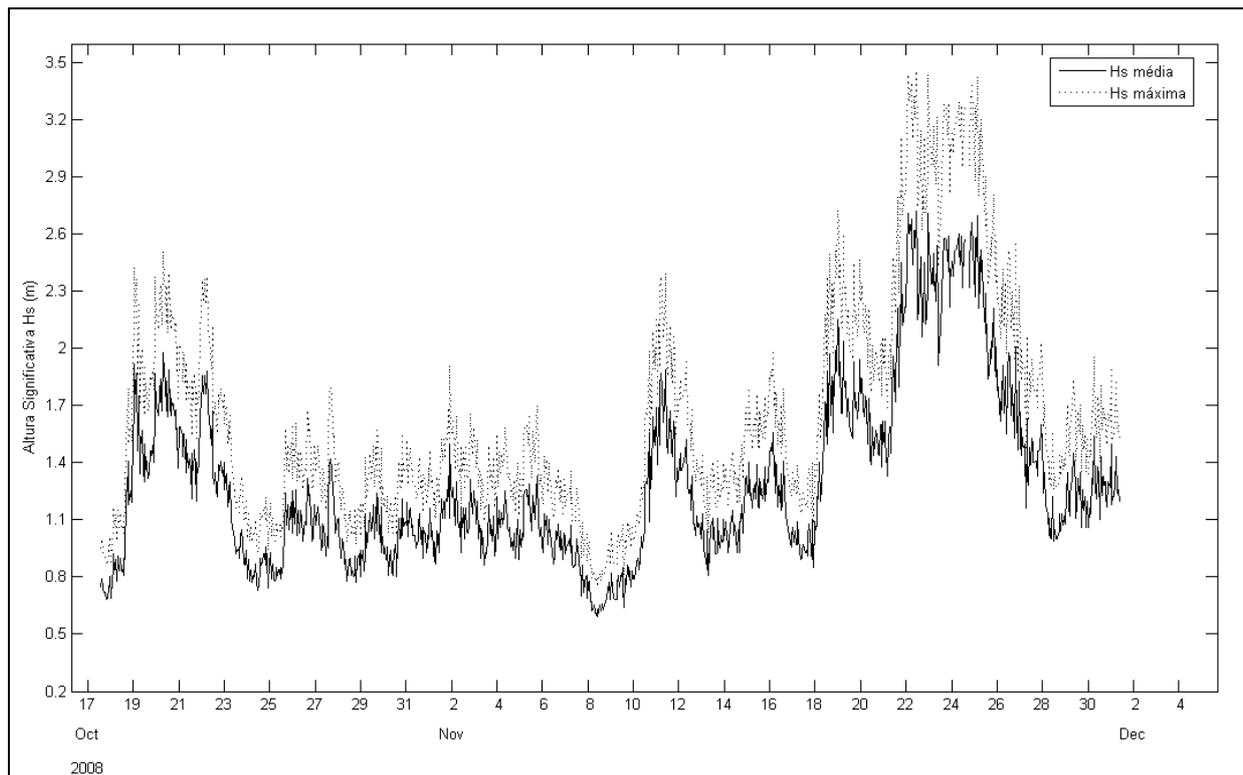


Figura 3.1.2.2.5-14: Variação temporal da altura significativa Hs (linha contínua) e Hs máx (linha pontilhada) de onda para o período de 17 de outubro a 04 de dezembro de 2008 para a estação B.

Tabela 3.1.2.2.5-7: Valor mínimo, médio e máximo para Hs (em metros), período Ts (em segundos) e direção média (em graus) para a estação B durante o período de monitoramento de 17 de outubro a 04 de dezembro de 2008.

Estação B	
Parâmetros	Valores
Altura significativa mínima (Hs min)	0,59
Altura significativa média (Hs)	1,30
Altura significativa máxima (Hs max)	2,72
Período significativo mínimo (Ts min)	6,10
Período significativo médio (Ts)	8,10
Período significativo máximo (Ts max)	11,10
Direção Média	147,06 ⁰

Tabela 3.1.2.2.2.5-8: Valor mínimo, médio e máximo para Hsmáx (em metros), período Tp (em segundos) e direção de pico (em graus) para a estação B durante o período de monitoramento.

Estação B	
Parâmetros	Valores
Altura significativa mínima (Hsmáx min)	0,75
Altura significativa média (Hsmáx)	1,65
Altura significativa máxima (Hsmáx max)	3,46
Período significativo mínimo (Tp min)	5,00
Período significativo médio (Tp)	9,18
Período significativo máximo (Tp max)	14,90
Direção Média	146,35 ^o

A Figura 3.1.2.2.2.5-15 mostra que os valores de altura significativa média Hs (painel superior) e de período significativo médio Ts (painel inferior) para a estação B estiveram associados a ondas do segundo quadrante. Esse quadrante corresponde a ondas de S, S-SE, SE, E-SE e E que responderam por 93% dos registros válidos para o período de monitoramento. A direção resultante do padrão de distribuição de ondas é predominantemente de S-SE, com uma direção resultante de 149^o (Figura 3.1.2.2.2.5-15, linha vermelha).

Ondas com Hs superior a 90 centímetros estão predominantemente associadas às direções S (25% dos registros), S-SE (20%), SE (14%), E-SE 9%) e E (8%), e corresponderam a aproximadamente 85% das ocorrências. O percentual restante (i.e., 15%) do registro de ondas para a estação B ficou entre 30 e 90 centímetros (Figura 3.1.2.2.2.5-16, painel superior).

Períodos significativos de ondas maiores que 8 segundos (Ts > 8 segundos) representaram 76,7% dos registros na estação B (Figuras 3.1.2.2.2.5-15 e 3.1.2.2.2.5-16, painel inferior). Valores de Ts entre 12 e 14 segundos totalizaram 6,6% dos registros. Valores inferiores a 8 segundos corresponderam a 23,3%. O percentual de dados espúrios e/ou dados não amostrados foi de aproximadamente 10%.

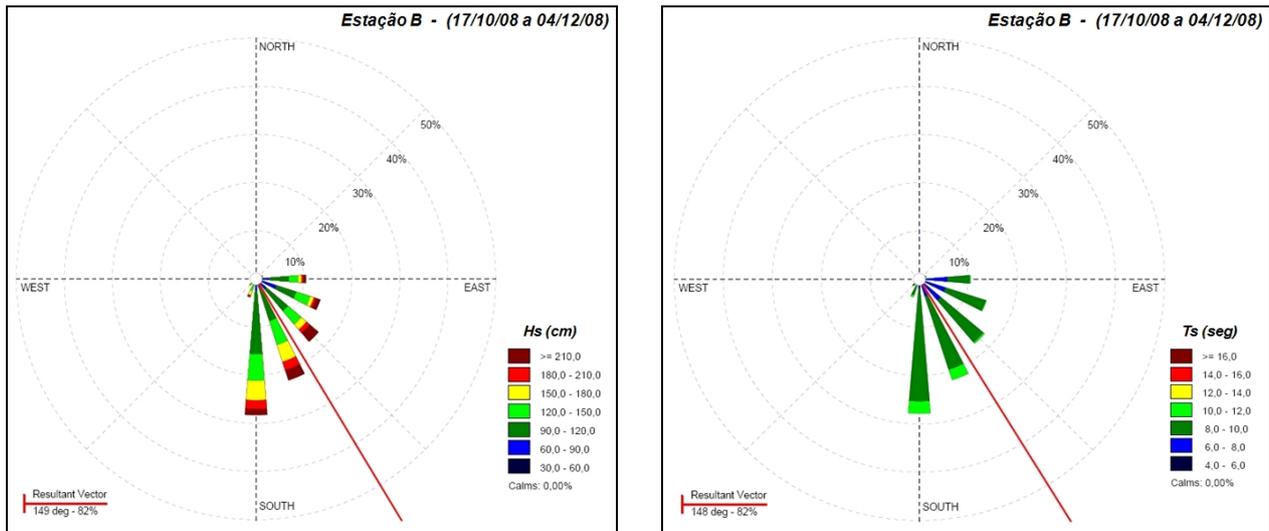


Figura 3.1.2.2.5-15: Frequência de ocorrência de classes de altura significativa média Hs de onda (em centímetros, painel superior) e de período significativo médio Ts de onda (em segundos, painel inferior) por direção para a estação B durante o período de monitoramento.

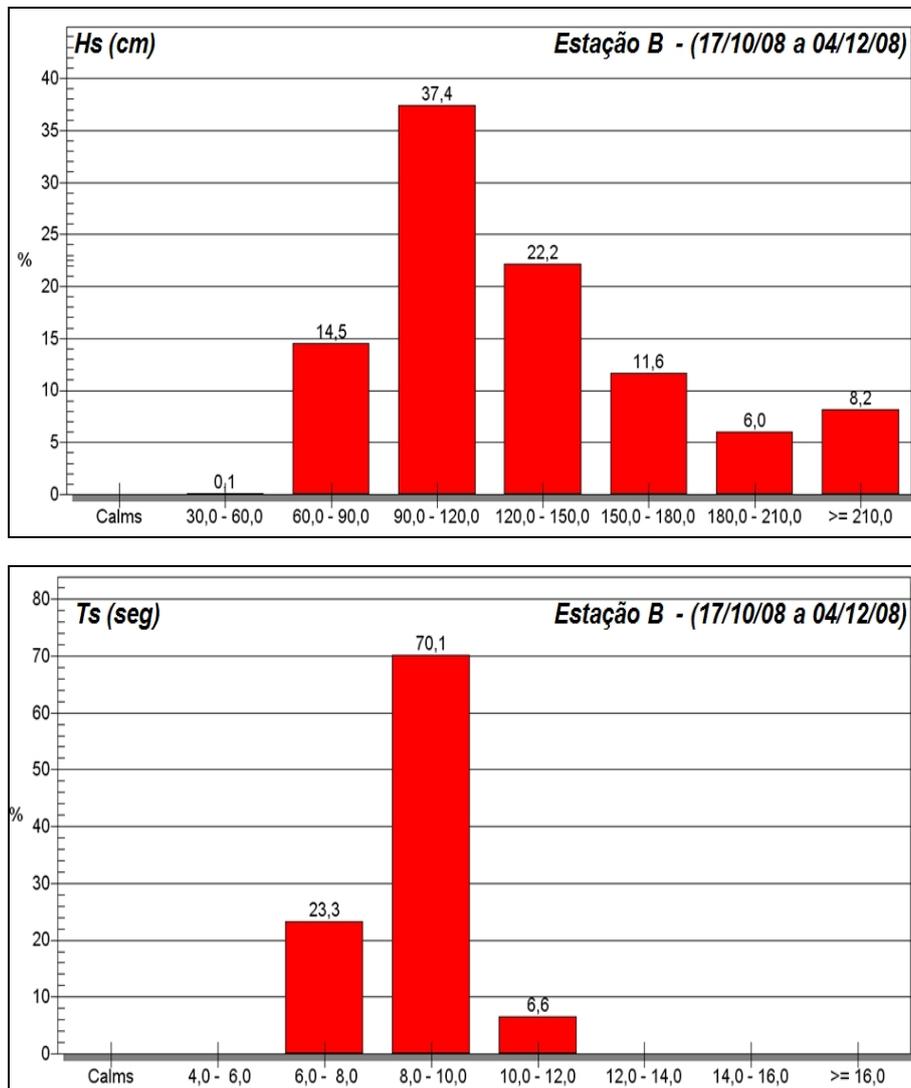


Figura 3.1.2.2.5-16: Histograma da frequência de ocorrência de classes de Hs (em centímetros, painel superior) e de classes de Ts (em segundos, painel inferior) para a estação B durante o período de monitoramento. Os valores são expressos em percentagem.

Considerando eventos de alta energia de onda, aqueles cujos valores de altura significativa $H_s > 1,5\text{m}$, um total de 25,8% das ocorrências para o período de monitoramento na estação B se enquadraram acima desse valor (Figuras 3.1.2.2.5-14, 3.1.2.2.5-15 e 3.1.2.2.5-16, painel superior).

A Figura 3.1.2.2.5-17 mostra que os valores de altura significativa máxima H_s máx (painel superior) e de período significativo de pico T_p (painel inferior) para a estação B estiveram associados à mesma direção do observado para H_s (Figura 3.1.2.2.5-17, linha vermelha).

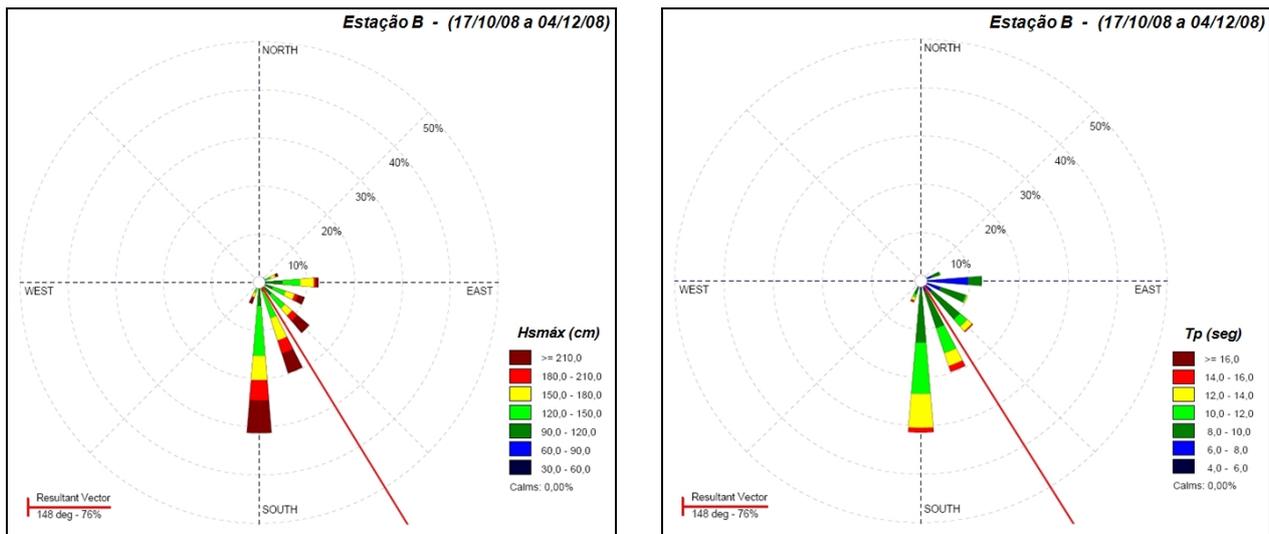


Figura 3.1.2.2.5-17: Frequência de ocorrência de classes de altura significativa média H_s de onda (em centímetros, painel superior) e de período significativo médio T_s de onda (em segundos, painel inferior) por direção para a estação A durante o período de monitoramento.

Ondas com $H_{smáx}$ superiores a 90 centímetros estão associadas às direções S e S-SE, e corresponderam a 97,3% das ocorrências. O percentual restante (i.e., 2,7%) do registro de ondas para a estação B ficou entre 30 e 90 centímetros (Figura 3.1.2.2.5-18, painel superior).

Períodos significativos de onda maiores que 8 segundos ($T_p > 8$ segundos) representaram 75,7% dos registros válidos na estação B (Figuras 3.1.2.2.5-17 e 3.1.2.2.5-18, painel inferior). Valores de T_p entre 12 e 14 segundos totalizaram 12,7% dos registros válidos. Apenas 3,2% corresponderam a períodos entre 14 e 16 segundos. Valores inferiores a 8 segundos totalizaram 24,3% das observações. O percentual de dados espúrios e/ou dados não amostrados foi de 7%.

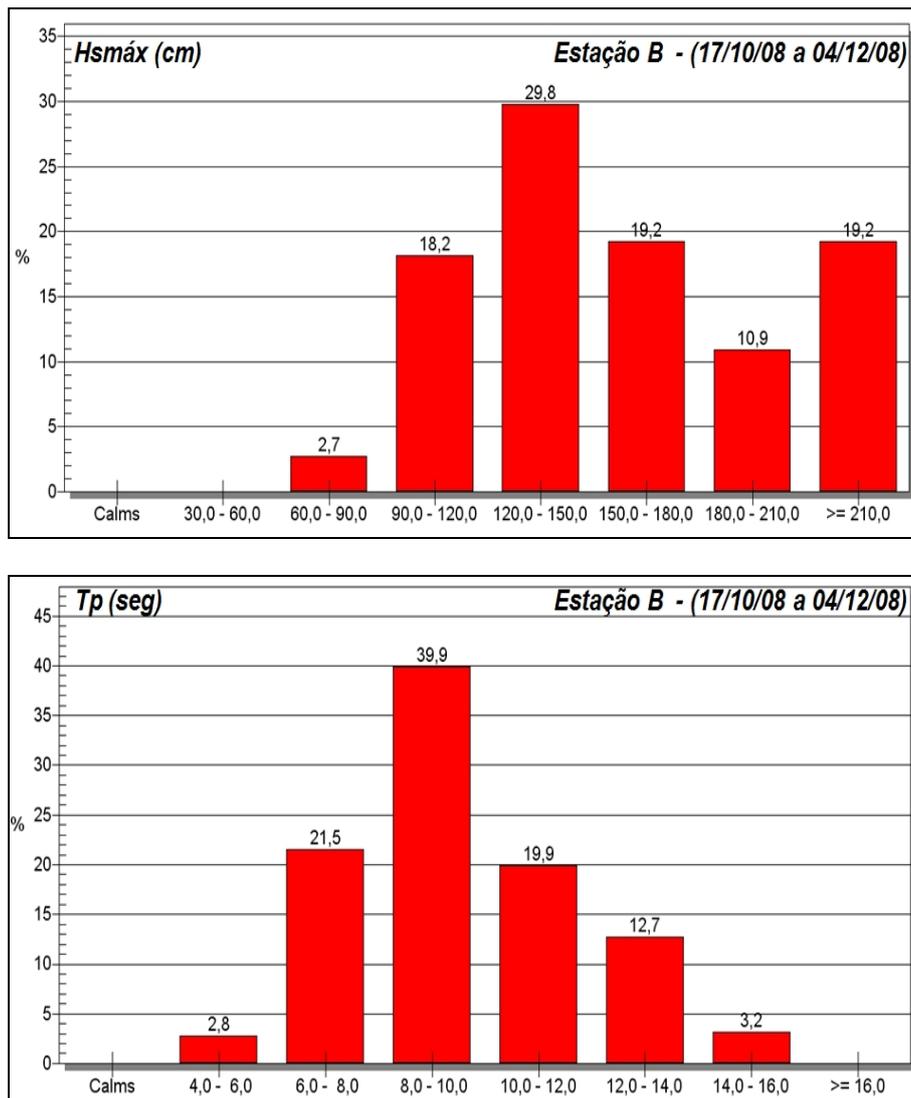


Figura 3.1.2.2.5-18: Histograma da frequência de ocorrência de classes de Hsmáx (em centímetros, painel superior) e de classes de Tp (em segundos, painel inferior) para a estação A durante o período de monitoramento. Os valores são expressos em percentagem.

Considerando eventos de alta energia de onda, aqueles cujos valores de altura significativa $H_s > 1,5\text{m}$, um total de 49,3% das ocorrências para o período de monitoramento na estação B se enquadraram acima desse valor (Figuras 3.1.2.2.5-14, 3.1.2.2.5-17 e 3.1.2.2.5-18, painel superior).

Para complementar a análise, as alturas H_s e H_s máx para as duas estações A (interna) e B (externa) foram plotadas juntas, respectivamente (Figura 3.1.2.2.5-19). Além de estarem em fase, observa-se que existe uma atenuação nos valores de H_s (painel superior) e de H_s máx (painel inferior) dos picos de máxima no registro de onda à medida que elas se propagam de uma região mais profunda para uma mais rasa, ou seja, da estação B (em vermelho) para a estação A (em azul).

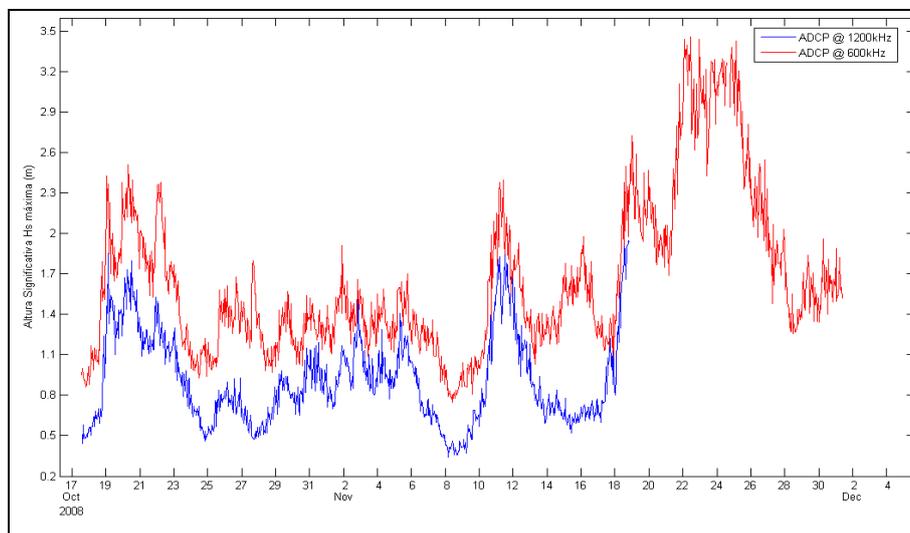
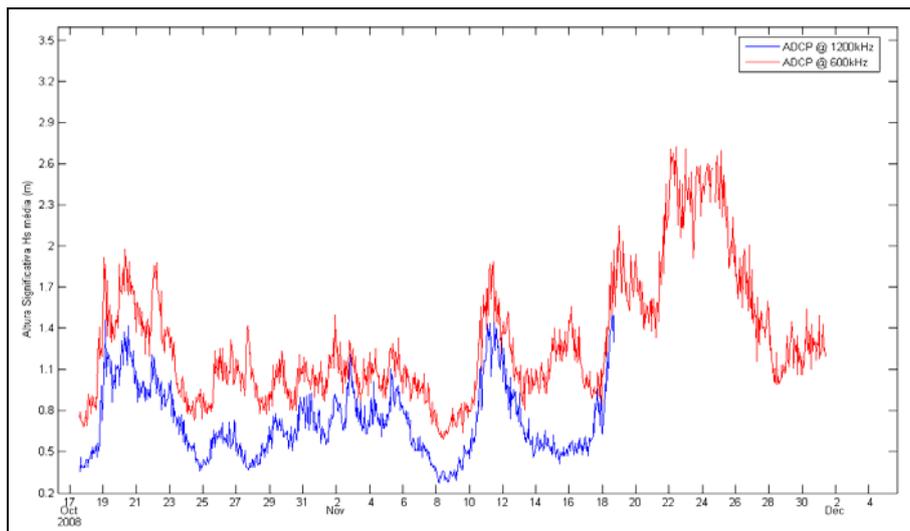


Figura 3.1.2.2.5-19: Variação temporal da altura de onda Hs (em metros, painel superior) e Hsmax (em metros, painel inferior) na estação A (interna, em azul) e das ondas na estação B (externa, em vermelho) durante segundo período de coleta de dados.

Uma análise detalhada da figura acima evidencia que a atenuação das ondas pode ser bastante significativa, como os eventos observados nos dias 22 de outubro e 11 de novembro de 2008, quando as ondas medidas na estação externa sofreram uma atenuação de aproximadamente 50% quando ingressaram para o interior da baía do Espírito Santo.

▪ Comparação entre os Levantamentos 1 e 2

De forma geral, embora existam algumas diferenças no regime de ondas observado entre as duas campanhas, essas diferenças não são tão significativas quanto à direção e à altura de onda, mas sim quanto ao período.

Na estação A (interna), a direção do trem de ondas observada foi do mesmo quadrante, com ondas predominantes do quadrante E-SE em julho-julho passando para S-SE em outubro-dezembro.

Houve uma moderada diminuição da altura de onda de 48% (Levantamento 1) para 39% (Levantamento 2) para a classe de 60-90 cm. Analogamente, nas outras classes, o mesmo foi observado.

Nos registros de período significativo médio, a frequência de registros para a classe de 10-12 segundos passou de 23% (Levantamento 1) para 32% (Levantamento 2) de observações neste intervalo. A classe de 12-14 segundos teve uma redução de 3%. As demais classes acima deste limite mantiveram-se praticamente as mesmas.

Na estação B (externa), a direção do trem de ondas observada foi do mesmo quadrante, semelhante ao observado para a estação A.

Observa-se uma alteração na altura de onda, com a classe mais frequente de 90-120 cm reduzida de 41% para 30%. A grande diferença resume-se a um aumento de 3% para 19% para ondas com altura superior a 2,1 metros.

Por outro lado, o período de pico é o que apresenta as maiores diferenças, principalmente para classes acima de 12 segundos. Para a classe de 12-14 segundos e de 14-16 segundos, houve uma redução de mais de 50%, passando de um total de 35% (Levantamento 1) de observações para 13% (Levantamento 2), e de 7% (Levantamento 1) para 3% (Levantamento 2), respectivamente.

As observações acima permitem concluir, através da redução da frequência dos períodos de pico maiores, que entre outubro e dezembro de 2008 a frequência de ondas de *swell* foi menor, havendo maior influência dos ventos locais na geração de ondas. Em contrapartida, houve aumento da frequência de ondas com maiores alturas justamente em decorrência da intensificação da velocidade dos ventos nos meses primavera-verão.

Cabe salientar que para subsidiar a Análise de Impactos deste EIA, foi desenvolvida uma avaliação, através de Modelagem Numérica, da influência do aprofundamento do canal de navegação, bacia de evolução e píeres de atração do Porto de Tubarão sobre a hidrodinâmica da baía do Espírito Santo e os possíveis reflexos sobre a sua morfodinâmica. Essa avaliação encontra-se no **Anexo III** deste EIA.

3.1.2.2.3 Padrão de Correntes na Baía do Espírito Santo e Adjacências

Como preconizado por Tomczak (1998), nas regiões costeiras as correntes são função principalmente dos ventos (correntes de deriva) e das marés. Essas duas forçantes se alternam em importância e se complementam de acordo com fatores locais, tais como fisiografia e condições meteorológicas.

Algumas informações sobre correntes derivadas dos ventos para a região de estudo foram obtidas a partir das campanhas de medições realizadas pelo Grupo de Estudos e Ações em Recursos Hídricos (GEARH) da UFES, as quais foram sintetizadas no relatório técnico elaborado pela Cepemar (2005).

Os dados foram obtidos a partir da instalação de correntógrafos a meia profundidade nos locais e períodos indicados na Tabela 3.1.2.2.3-1 e Figura 3.1.2.2.3-1.

Essa profundidade de instalação retrata aproximadamente a velocidade média da corrente na vertical, e os intervalos de amostragem variaram entre 5 e 10 minutos. Os dados de ventos foram fornecidos pela Companhia Siderúrgica de Tubarão (atual ArcelorMittal Tubarão). É importante ressaltar que, enquanto a direção do vento indica de onde esse vento provém, a direção da corrente indica para onde esta se dirige (CEPEMAR, 2005).

Tabela 3.1.2.2.3-1: Períodos de medição de correntes e coordenadas dos pontos na região de estudo, (CEPEMAR, 2005).

DATA E PERÍODO	SÍMBOLO	COORDENADAS (Datum Córrego Alegre)		FONTE
		Leste	Norte	
21/12/1999; 6h40 a 14h15	C1	373776	7753376	GEARH (2000a)
13/01/2000; 15h35 a 18h35	C2	374644	7757678	GEARH (2000a)
20/01/2000; 7h35 a 18h20	C3	371964	7758634	GEARH (2000a)
4 a 7/09/2000	C4	371546	7752951	GEARH (2000b)
21 a 23/08/2002	C5	375148	7748181	GEARH (2002)
16/01/2003; 11h25 a 18h00	C6	373469	7757975	GEARH (2003)
23/01/2003; 10h15 a 17h45	C6	373469	7757975	GEARH (2003)

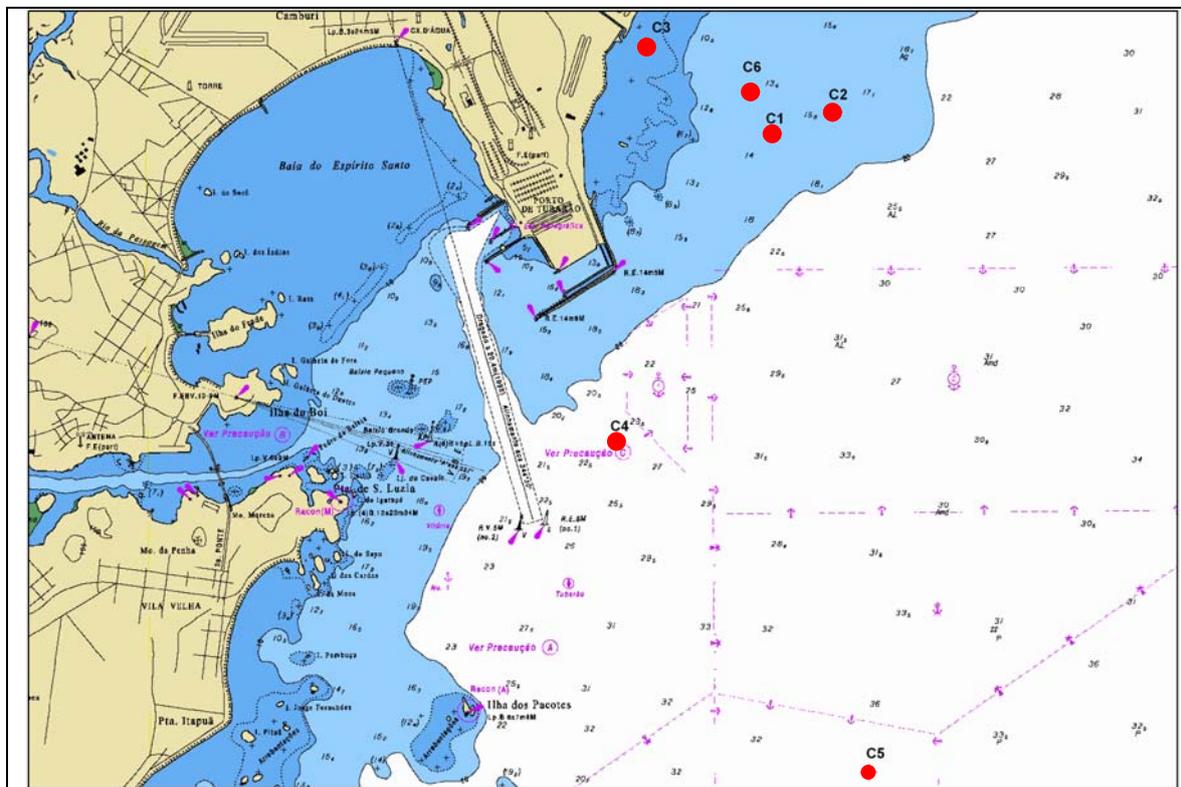


Figura 3.1.2.2.3-1: Pontos de medição de correntes na região de estudo (GEARH 2000 a 2003).

Os resultados indicaram que as correntes nas adjacências da baía do Espírito Santo apresentam baixa intensidade, com os valores médios variando entre 5,2 cm/s, associados aos ventos mais intensos de SE, e os valores médios mais altos de 16,5 cm/s, 13,8 cm/s e 12,1 cm/s, associados aos ventos de NW e NE, (Tabela 3.1.2.2.3-2). De modo geral, as correntes são fracas e os pontos mais afastados da costa tendem a apresentar maiores intensidades.

Além de a intensidade estar associada à proveniência dos ventos, as direções são determinadas pela ação do vento local. De modo geral, ventos de norte tendem a promover correntes para sul, enquanto ventos de sul tendem a promover correntes para norte (Tabela 3.1.2.2.3-2).

Tabela 3.1.2.2.3-2: Síntese das correntes e ventos medidos na região de estudo.

CAMPANHA	CORRENTES			VENTO		
	DIREÇÃO	Intensidade (cm/s)		DIREÇÃO	Intensidade (m/s)	
		MÉDIA	MÁXIMA		MÉDIA	MÁXIMA
21/12/99	S	12,1	15,6	NE	2,2	4,3
13/1/00	S/SE	8,6	13,0	—	—	—
20/1/00	N/NE	5,2	11,2	SE	2,2	4,3
4 a 7/09/00	N/NE de 4 a 6	10,7	20,0	SE	2,3	4,8
	SW de 6 a 7	6,7	15,6	S/SE	1,1	2,3
21 a 23/08/02	SW/S	16,5	23,6	NW a E	1,5	3,5
16/1/03	SW/S	13,8	20,4	NE	2,0	3,6
23/1/03	SW	9,1	11,8	NE	2,9	4,3

Correntes geradas pelo vento foram observadas com direção principal para sul/sudoeste com intensidades médias pouco superiores a 16 cm/s e valores máximos de 23,6 cm/s, a partir de sete fundeios de correntógrafos realizados na área estudada. Correntes para o quadrante nordeste foram observadas quando da incidência de ventos de sudeste, com valores máximos de 20,0 cm/s (CEPEMAR, 2005). Uma exceção a este padrão geral foi observada em um fundeio onde as correntes foram para sudoeste na presença de ventos do quadrante sul. Isso indica que o vento medido localmente não explica totalmente as correntes na zona costeira, uma vez que a circulação na plataforma continental adjacente também pode influir nesse padrão.

Em trabalho realizado por Campos e Yassuda (2005) na região do Porto de Tubarão, foram realizadas medições das correntes utilizando-se um correntógrafo acústico, fundeado próximo ao porto de Tubarão, nas coordenadas 20°17,915'S e 40°15,086'W a três metros de profundidade num local com lâmina d'água de 18m (Figura 3.1.2.2.3-2a). Nesse trabalho, observou-se que o sinal original da corrente não apresentava direções preferenciais devido ao nível de ruído do sinal e às peculiaridades hidrodinâmicas da área (sistema misto forçado pela maré e ventos), sendo necessária a aplicação de filtragens dos dados que mostraram um padrão preferencial, com a direção preferencial da corrente coincidindo com a direção perpendicular à linha de costa da baía do Espírito Santo (Figura 3.1.2.2.3-2b). A intensidade média das correntes foi de 4,6 cm/s (máxima de 17,1 cm/s) (Figura 3.1.2.2.3-2c).

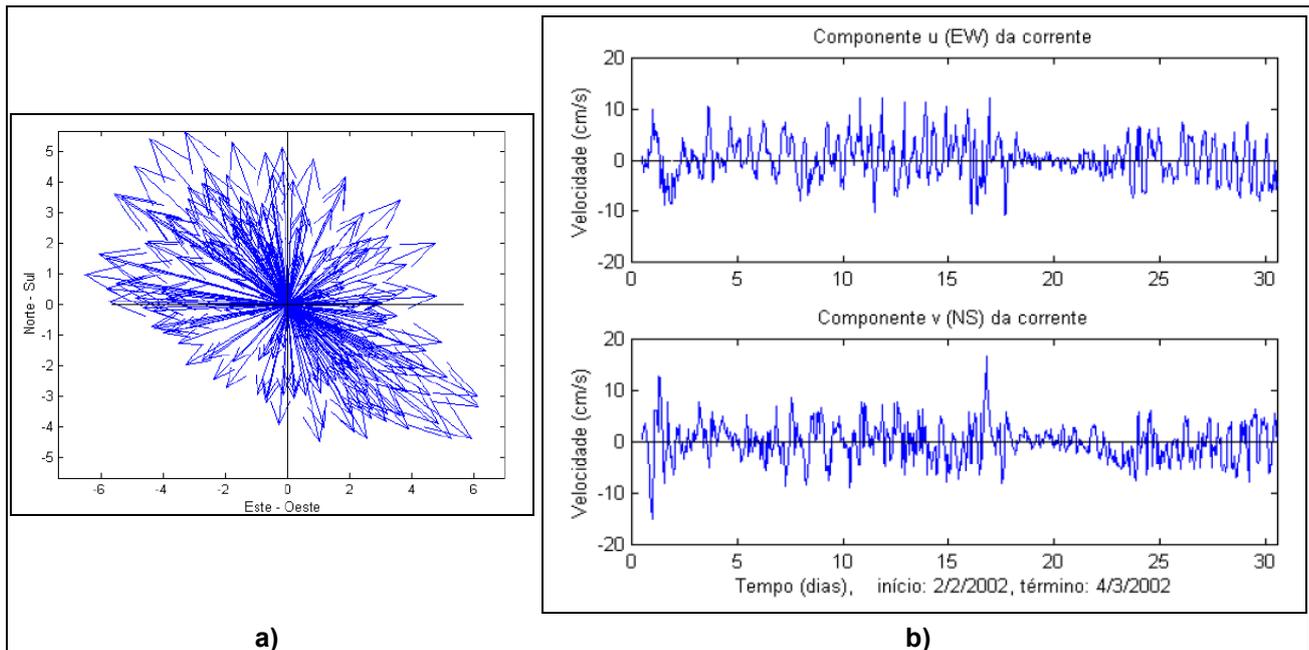


Figura 3.1.2.2.3-2: a) Rosa das correntes; e b) Séries temporais dos vetores de correntes medidos entre 2 de fevereiro e 04 de março de 2002. Fonte: Campos e Yassuda (2005).

Rigo *et al.* (2004), analisaram a ação das forçantes de maré e vento sobre a corrente costeira da baía do Espírito Santo através de uma abordagem Euleriana (análise onde observador não faz parte do movimento). Os resultados obtidos na análise preliminar indicaram maior influência pela ação do vento na corrente costeira quando comparada com a ação de maré. Esta constatação deve-se à não inversão periódica do sentido de escoamento nos períodos de enchentes de maré (fluxo rumo à costa) e nos períodos de vazante (fluxo rumo ao mar aberto).

O destaque para a influência dos ventos e das correntes de maré foi também preconizado por Fontana (2003). A partir da aplicação do modelo *NOAA Oil Modeling Environment - GNOME*, o autor (*op. cit.*) verificou que a direção das correntes foi regida pela ação do vento e somente em casos específicos, como locais mais abrigados na costa, as correntes litorâneas e as de maré enchente no período de sizígia tiveram atuação.

Rigo (2004), analisando a assimetria de marés e a dominância de correntes de maré na região, identificou que a maré em Tubarão tem pouca assimetria, podendo ser classificada como tendo dominância de enchente (FRIEDRICHS; AUBREY, 1988 *apud* RIGO, 2004). Como essa assimetria não é intensa, pelo pequeno valor encontrado para a relação de amplitude a_{M4}/a_{M2} , as diferenças esperadas entre as correntes geradas pela maré enchente e vazante não devem ser pronunciadas. A deformação da onda de maré na costa em relação à maré oceânica é esperada, uma vez que a onda de maré, propagando-se como onda de água rasa, tem sua celeridade governada pela profundidade, provocando um atraso da baixamar em relação à preamar em regiões costeiras.

Junto à linha de costa, correntes longitudinais podem desenvolver-se a partir da arrebentação das ondas geradas pelos ventos. Albino *et al.* (2001) e Albino e Maia (2002) sugerem que estas sejam formadas sob condição de entradas de ondas de nordeste com rumo para nordeste a partir da Ponte de Camburi. A deriva litorânea apresentará baixa intensidade já que as ondas de nordeste são as mais baixas junto à costa. Por ocasião de entrada de frentes frias e consequente entrada de ventos e ondas de sudeste, a deriva seria inibida pela chegada das ondas com cristas paralelas à linha de costa, sem angulação para desenvolver corrente litorânea ao longo da costa. Esta situação é respaldada pelas características morfológicas e faciológicas dos sedimentos da praia e da baía do Espírito Santo (ALBINO *et al.*, 2001; ALBINO; MAIA, 2002; DO CARMO, 2006).

Segundo Masselink (1993), fluxos de marés são importantes nos processos costeiros quando o parâmetro de “variação relativa de maré” (*relative tide range parameter* - RTR) for maior que 3. A variação relativa de maré é obtida pela razão entre a variação média da maré de sizígia (TR) e a onda da arrebentação (Hb), $RTR = TR / Hb$. Sendo a média de amplitude de sizígia de 1,80m e altura da onda significativa de Camburi de 1,0m (ALBINO *et al.*, 2001), o valor de RTR ficaria em torno de 1,8. Assim, as correntes de maré exercem pouca atuação junto à praia.

Em estudo recente realizado pela Cepemar (2008), foram feitas medições de correntes no interior da baía do Espírito Santo e na região marinha adjacente. O monitoramento da região de estudo compreendeu o período de junho a julho e de outubro a dezembro de 2008. Foram instalados dois equipamentos (ADCPs), sendo os mesmos que geraram os dados de ondas analisados anteriormente, conforme indicado na Figura 3.1.2.2.3-3.

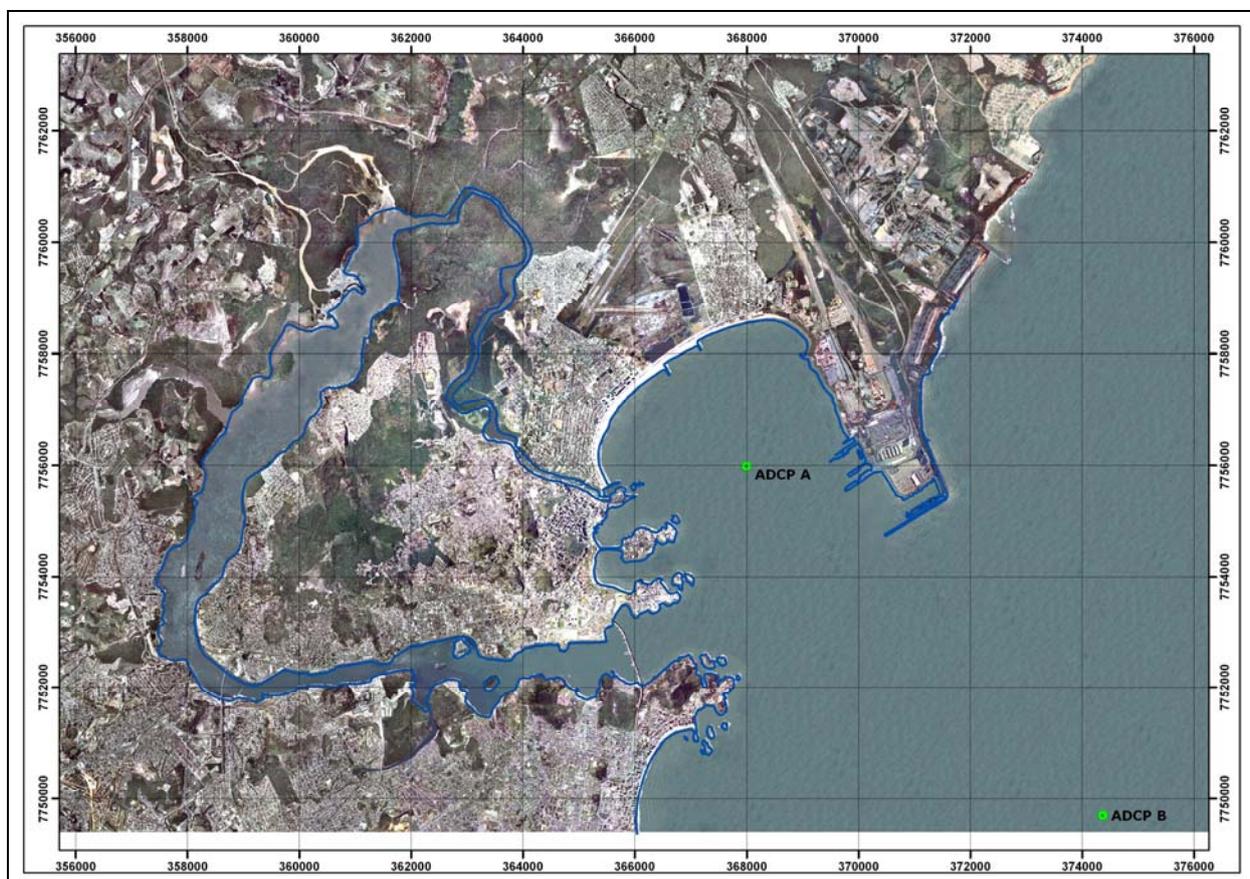


Figura 3.1.2.2.3-3: Pontos de medição de correntes na região de estudo (CEPEMAR 2008).

◆ **CORRENTES**

▪ **Levantamento 1**

Estação A – Interna

A análise da velocidade da corrente, assim como das suas componentes perpendicular (“U”) e paralela (“V”) com relação à linha de costa, é apresentada para três diferentes profundidades representativas da espessura da coluna d’água para cada um dos pontos de monitoramento na região de estudo (Figuras 3.1.2.2.3-4 a 3.1.2.2.3-8). A componente integrada das correntes, que corresponde à média da intensidade por profundidade, também foi estimada para ambas as estações.

A Figura 3.1.2.2.3-4 apresenta o vetor velocidade de corrente para a estação A (interna) para 03 (três) níveis verticais: superfície (~ 1 m), meia-água (~ 3 m) e fundo (~ 5 m) - e velocidade média integrada.

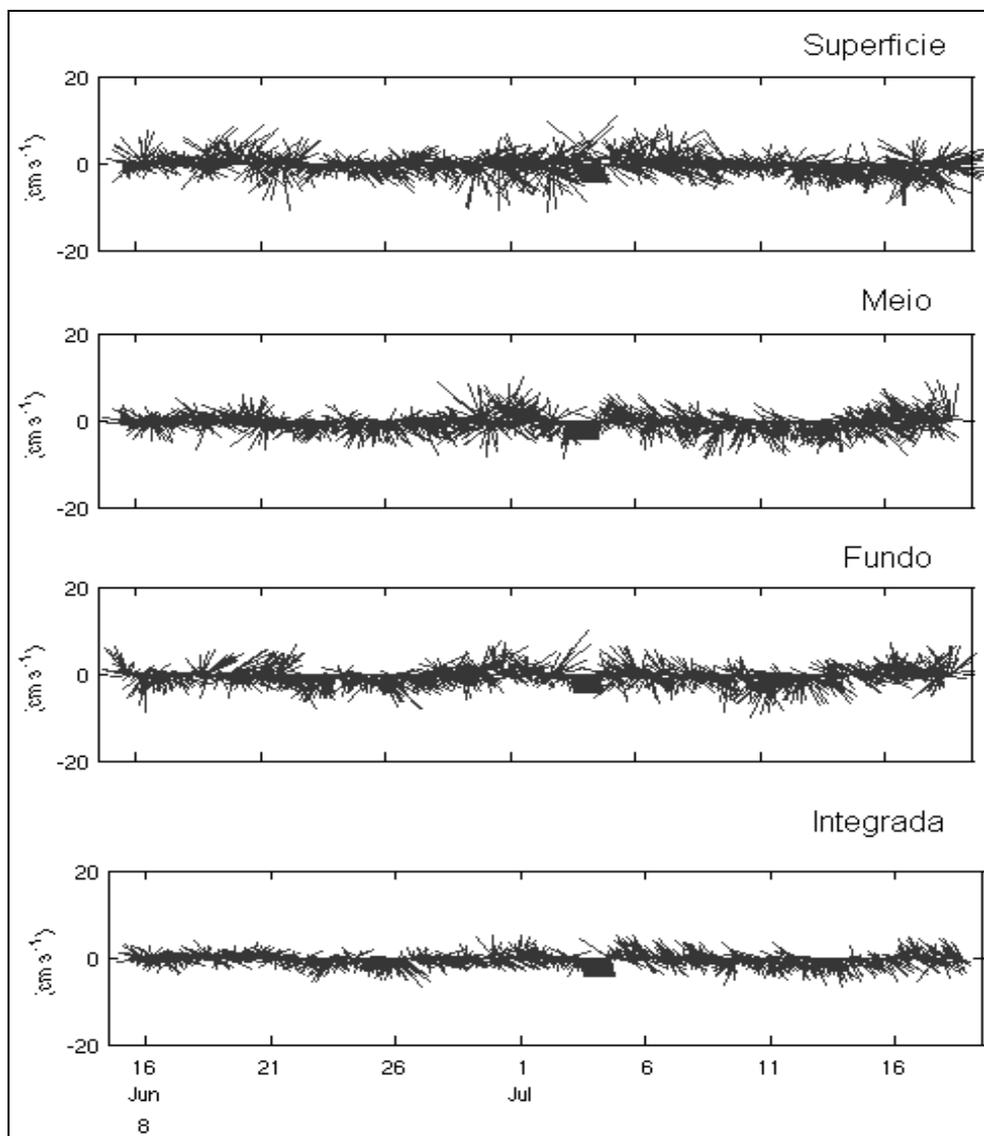


Figura 3.1.2.2.3-4: Série temporal do vetor velocidade de corrente da estação A interna (ADCP-A com frequência de 1200KHz) para a superfície, meia-água, fundo e Componente integrada para o período de monitoramento de 15/06/2008 e 21/07/2008.

A magnitude média da velocidade de corrente observada na superfície, meia-água, fundo e integrada para o período de monitoramento na estação A foi de $4,68 \text{ cm s}^{-1} \pm 2,62 \text{ cm s}^{-1}$, $4,20 \text{ cm s}^{-1} \pm 2,12 \text{ cm s}^{-1}$, $4,18 \text{ cm s}^{-1} \pm 2,05 \text{ cm s}^{-1}$ e $4,41 \text{ cm s}^{-1} \pm 1,51 \text{ cm s}^{-1}$, respectivamente (Tabela 3.1.2.2.3-3 e Figura 3.1.2.2.3-4). Devido à pequena espessura da lâmina d'água nesta estação (~ 6 metros) e por estar em uma região “mais protegida” (i.e., embaiamento), nota-se também que não existe uma diferença significativa na magnitude da corrente para cada um dos três níveis verticais escolhidos.

Estação B – Externa

Para a estação B externa, as profundidades escolhidas para representar o padrão de velocidade da corrente foram de 3 m para a superfície, 9 m para meia-água e 18 m para o fundo (Figura 3.1.2.2.3-5).

A estação B apresentou correntes mais intensas e mais variáveis, atingindo valores de $20,50 \text{ cm s}^{-1} \pm 10,57 \text{ cm s}^{-1}$ para a superfície, $10,81 \text{ cm s}^{-1} \pm 7,51 \text{ cm s}^{-1}$ para a meia-água, $10,61 \text{ cm s}^{-1} \pm 5,95 \text{ cm s}^{-1}$ para o fundo e de $15,92 \text{ cm s}^{-1} \pm 6,00 \text{ cm s}^{-1}$ para a componente integrada, respectivamente (Tabela 3.1.2.2.3-3 e Figura 3.1.2.2.3-5). Por estar em uma região desabrigada, com uma profundidade maior (~ 23 metros) e sujeita à passagem de sistemas atmosféricos frontais (i.e., frentes frias) típicos do período de inverno (junho a setembro), nota-se que além da diminuição da magnitude das correntes com a profundidade, existe também a inversão da direção das correntes em períodos de 4 a 6 dias característicos da assinatura da passagem desses sistemas pela região monitorada, principalmente na primeira metade da série temporal.

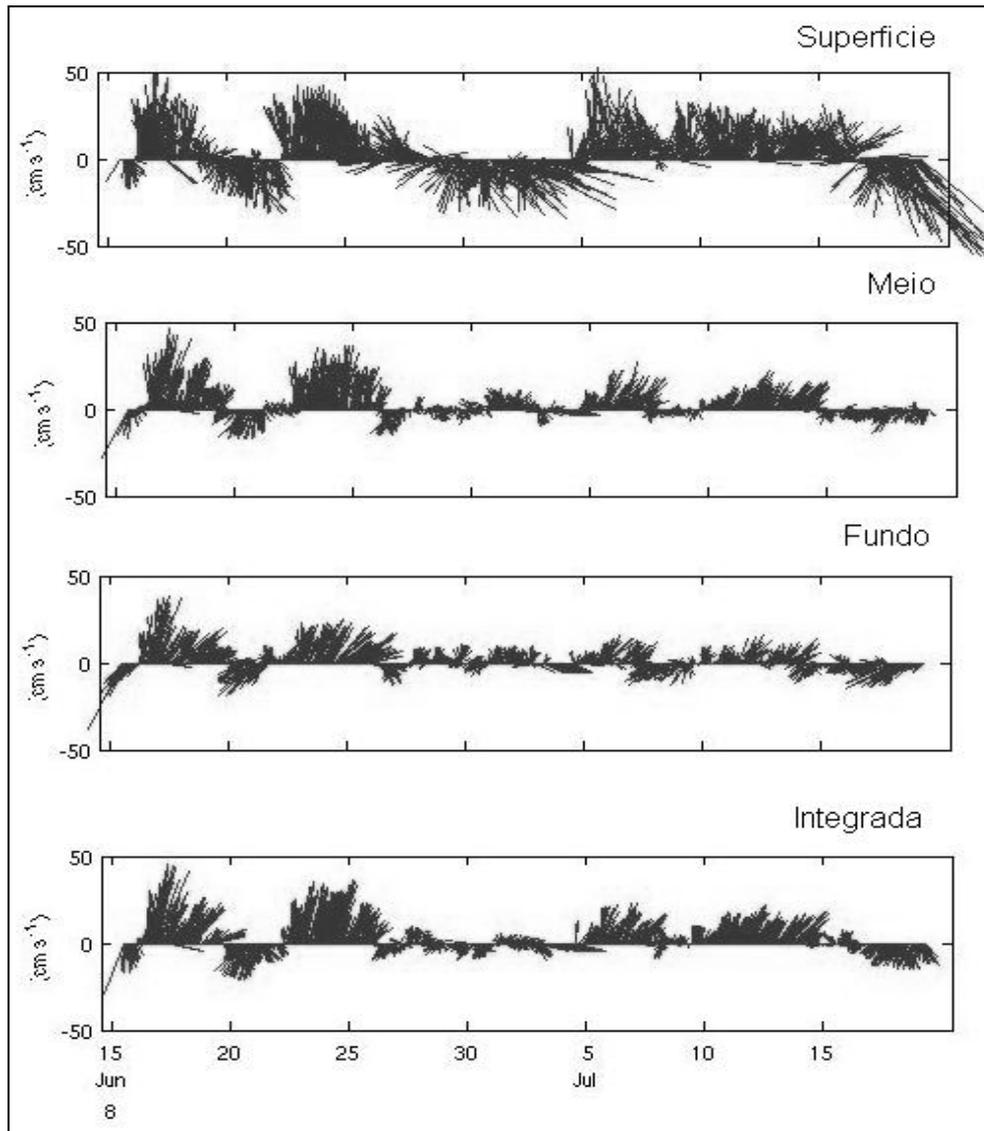


Figura 3.1.2.2.3-5: Série temporal do vetor velocidade de corrente da estação B externa (ADCP-B com frequência de 600KHz) para a superfície, meia-água, fundo e componente integrada para o período de monitoramento de 15/06/2008 e 21/07/2008.

Tabela 3.1.2.2.3-3: Média e desvio-padrão da magnitude das correntes nas estações A interna e B externa para o período de monitoramento.

Profundidade	Estação A	Estação B
S	4,68 ± 2,62	20,55 ± 10,57
M	4,20 ± 2,12	10,81 ± 7,51
F	4,18 ± 2,05	10,61 ± 5,95
I	4,41 ± 1,51	15,92 ± 6,00

A estrutura vertical das correntes (campo médio) para a componente perpendicular e paralela à linha de costa é apresentada na Figura 3.1.2.2.3-6. Na estação A, a componente perpendicular “U” apresentou um cisalhamento vertical relativamente mais intenso que a componente paralela “V” e bem definido nos primeiros 3 metros de profundidade, sendo que a partir de 2,5 metros existiu a inversão da corrente que passou de valores positivos de velocidade para valores negativos, exibindo um comportamento tipicamente baroclínico para esse estrato. Abaixo dos 3 metros até os 4,5 metros, o comportamento da corrente foi relativamente barotrópico, com velocidades absolutas entre 0,75 e 0,50 cm s^{-1} (Figura 3.1.2.2.3-6, painel da esquerda). Próximo ao fundo, houve uma pequena diminuição da velocidade da corrente, provavelmente devido ao atrito com o fundo e à pequena profundidade. Por outro lado, a componente paralela “V” mostrou-se relativamente barotrópica desde a profundidade de 1,5 metro até o fundo, com velocidades absolutas da ordem de 1 cm s^{-1} (Figura 3.1.2.2.3-6, painel da esquerda).

Diferente do que foi observado na estação A (*nearshore*), a componente U da velocidade na estação B não apresentou nenhuma inversão. Além disso, ambas as componentes U e V foram positivas (Figura 3.1.2.2.3-6, painel da direita). Entretanto, o que é marcante é o intenso cisalhamento da velocidade nos primeiros 3 metros profundidade, com velocidades diminuindo de 18 cm s^{-1} para 2 cm s^{-1} evidente na componente U, sendo que a velocidade da componente V caiu de 15 para 6 cm s^{-1} para a mesma profundidade. A partir dos 5 metros de profundidade, as velocidades diminuíram de 4-6 cm s^{-1} para aproximadamente 2 cm s^{-1} quase que monotonicamente com o aumento da profundidade (Figura 3.1.2.2.3-6, painel da direita).

A análise de variância foi utilizada para quantificar a importância relativa das correntes nas bandas subinercial ($T > 33,48$ horas) e suprainercial ($T < 33,48$ horas) com respeito à velocidade da corrente observada nas componentes perpendicular (“U”) e paralela (“V”) à costa. Os resultados da análise de variância são apresentados nas Tabelas 3.1.2.2.3-4 e 3.1.2.2.3-5 para a estação A (interna) e B (externa), respectivamente.

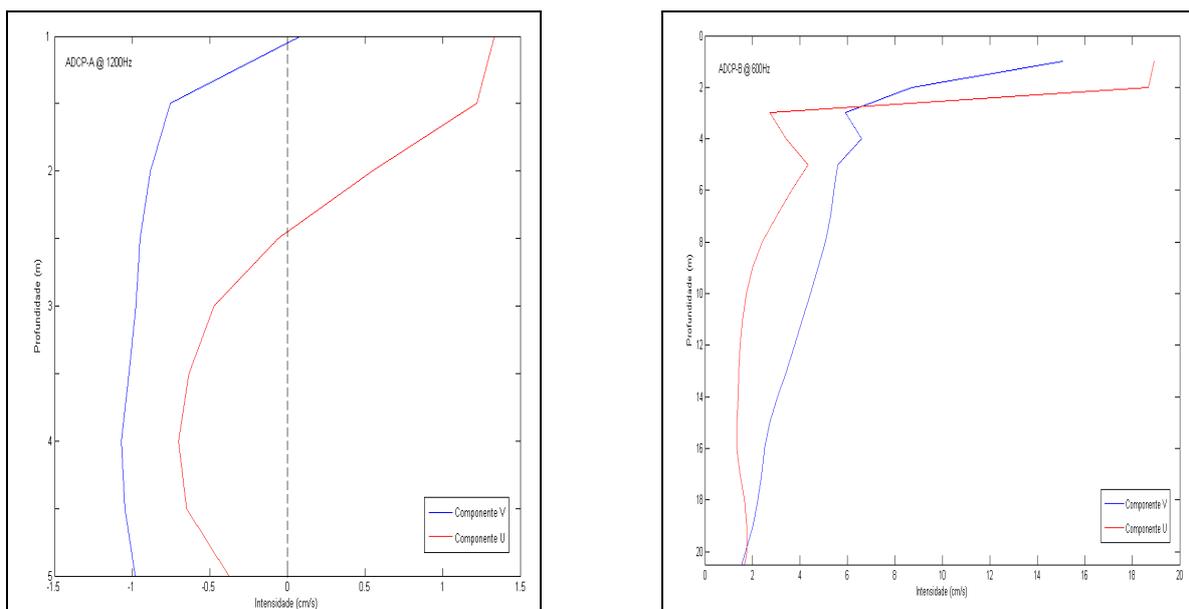


Figura 3.1.2.2.3-6: Estrutura vertical das correntes (campo médio) para a componente perpendicular “U” (em vermelho) e paralela “V” (em azul) em função da profundidade para o período de monitoramento para a estação A (painel da esquerda) e estação B (painel da direita). A linha pontilhada no painel da esquerda representa a linha de velocidade nula.

Na estação interna (A), as correntes perpendiculares à costa estiveram associadas às forçantes de alta frequência na banda suprainercial, sendo que para as correntes de superfície, meia-água e fundo, a explicação da variabilidade variou entre 81% e 87%, aproximadamente (Tabela 3.1.2.2.3-4). Por outro lado, as correntes paralelas à costa foram geradas principalmente por forçantes de baixa frequência em períodos subinerciais, sendo que para as correntes de superfície, meia-água e fundo, a explicação da variabilidade variou entre 25% e 67%, aproximadamente (Tabela 3.1.2.2.3-5). Este comportamento também pode ser observado em outros estudos de circulação costeira (e.g. LEE *et al.*, 1984, LENTZ & WINANT, 1986; WONG, 1999).

Na estação externa (B), as correntes perpendiculares não estiveram associadas às forçantes de alta frequência nas profundidades selecionadas. A maior contribuição desta forçante se deu na componente integrada (43,19%), sendo que para as profundidades de meia-água, fundo e integrada ocorreu uma maior variabilidade na banda subinercial. As correntes paralelas de meia-água e fundo foram geradas principalmente por forçantes com períodos subinerciais. A explicação da variabilidade variou de 36% a 91% (Tabela 3.1.2.2.3-5).

Tabela 3.1.2.2.3-4: Estatística da série temporal de correntes da componente perpendicular (U) à costa para a estação A. Os dados são apresentados para 3 profundidades distintas - superfície (S), meia-água (M), fundo (F) e para a componente integrada (I).

COMPONENTE U (PERPENDICULAR)			
Profundidade	Observada	Subinercial	Suprainercial
S	1,22 ± 4,09	1,43 (12,18)	3,83 (87,82)
M	-0,63 ± 3,48	1,26 (13,03)	3,25 (86,97)
F	-0,01 ± 3,55	1,26 (18,68)	3,20 (81,32)
I	0,02 ± 2,71	0,94 (11,87)	2,55 (88,13)
COMPONENTE V (PARALELA)			
Profundidade	Observada	Subinercial	Suprainercial
S	-0,75 ± 3,16	1,58 (25,01)	2,73 (74,99)
M	-1,02 ± 2,92	1,68 (67,00)	2,39 (33,00)
F	-0,90 ± 2,87	1,73 (63,69)	2,29 (36,31)
I	-0,85 ± 2,04	1,30 (59,46)	1,57 (40,54)

* Para as séries observadas, são apresentados os valores da média ± desvio padrão (cm s^{-1}), enquanto que para as séries filtradas nas bandas sub- e suprainercial, são apresentados apenas os valores de desvio padrão (cm s^{-1}) e o percentual de explicação da variabilidade em parênteses. A unidade é cm s^{-1} .

Tabela 3.1.2.2.3-5: Estatística da série temporal de correntes da componente perpendicular (U) à costa para a estação B. Os dados são apresentados para 3 profundidades distintas - superfície (S), meia-água (M), fundo (F) - e para a componente integrada (I).

COMPONENTE U (PERPENDICULAR)			
Profundidade	Observada	Subinercial	Suprainercial
S	2,72 ± 13,04	4,28 (88,68)	4,39 (11,32)
M	2,01 ± 5,83	4,77 (63,15)	3,54 (36,85)
F	1,65 ± 8,00	6,99 (74,83)	4,02 (25,17)
I	3,70 ± 6,20	4,67 (56,81)	4,07 (43,19)
COMPONENTE V (PARALELA)			
Profundidade	Observada	Subinercial	Suprainercial
S	5,93 ± 17,94	10,78 (35,78)	4,78 (64,22)
M	4,78 ± 10,61	9,88 (86,76)	3,57 (13,24)
F	2,23 ± 8,74	6,71 (59,02)	3,60 (40,98)
I	4,59 ± 11,62	11,07 (90,72)	3,54 (9,28)

* Para as séries observadas, são apresentados os valores da média ± desvio padrão (cm s^{-1}), enquanto que para as séries filtradas nas bandas sub- e suprainercial, são apresentados apenas os valores de desvio padrão (cm s^{-1}) e o percentual de explicação da variabilidade em parênteses. A unidade é cm s^{-1} .

As Figuras 3.1.2.2.3-7 e 3.1.2.2.3-8 complementam e corroboram os resultados discutidos acima e apresentados nas Tabelas 3.1.2.2.3-4 e 3.1.2.2.3-5, caracterizando a variabilidade temporal das componentes perpendicular e paralela da velocidade de corrente para a superfície, meia-água, fundo e integrada, e a contribuição das suas respectivas componentes nas bandas subinercial e suprainercial.

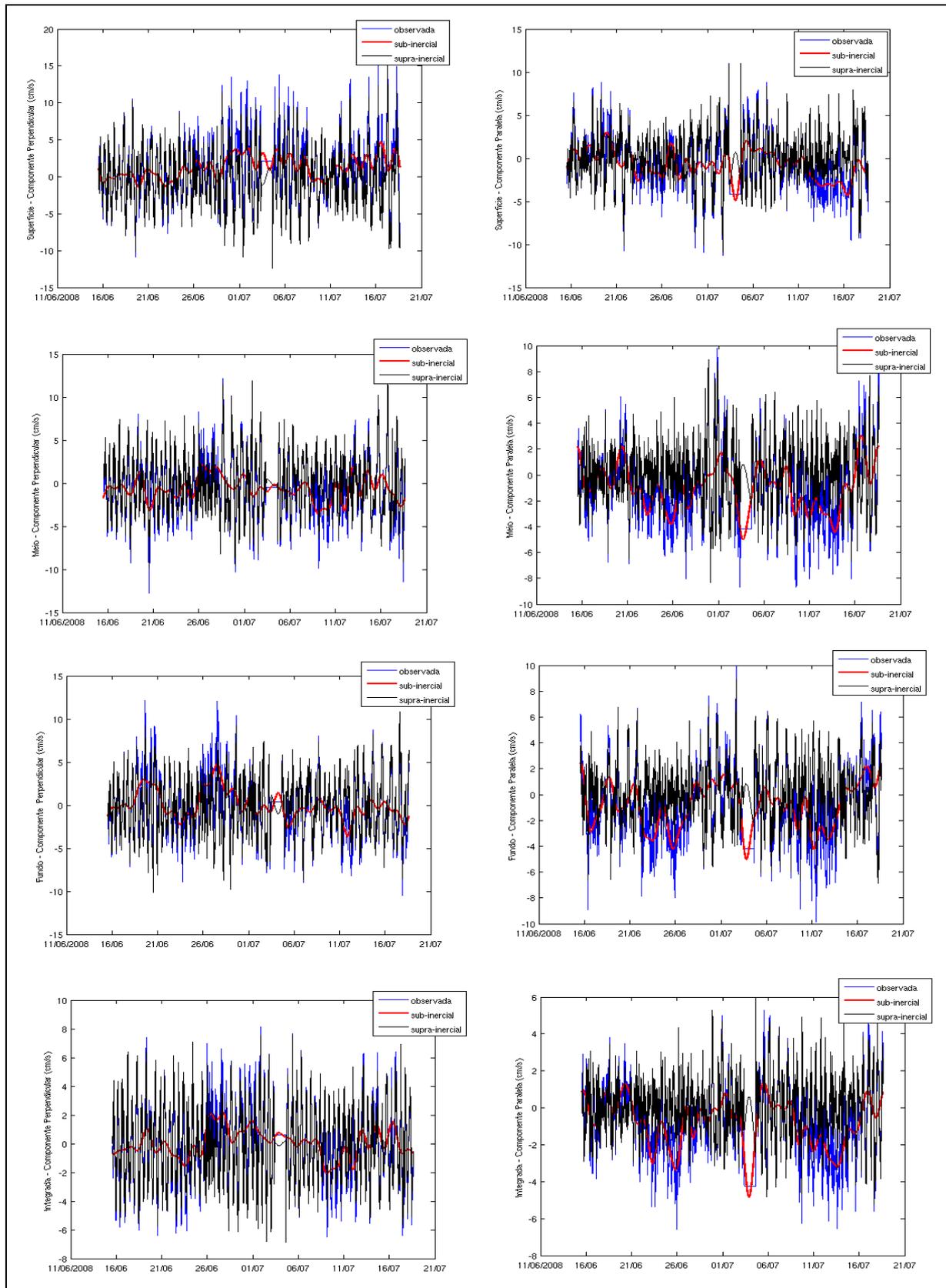


Figura 3.1.2.3-7: Série temporal das componentes perpendicular “U” e paralela “V” da velocidade de corrente para a Estação A para os níveis verticais na superfície, meia-água, fundo e integrada para o período de monitoramento de 15/06/2008 e 21/07/2008. A série temporal original de ambas as componentes de velocidade está em azul, enquanto a série filtrada na banda subinercial está em vermelho e a série filtrada na banda suprainercial encontra-se em preto.

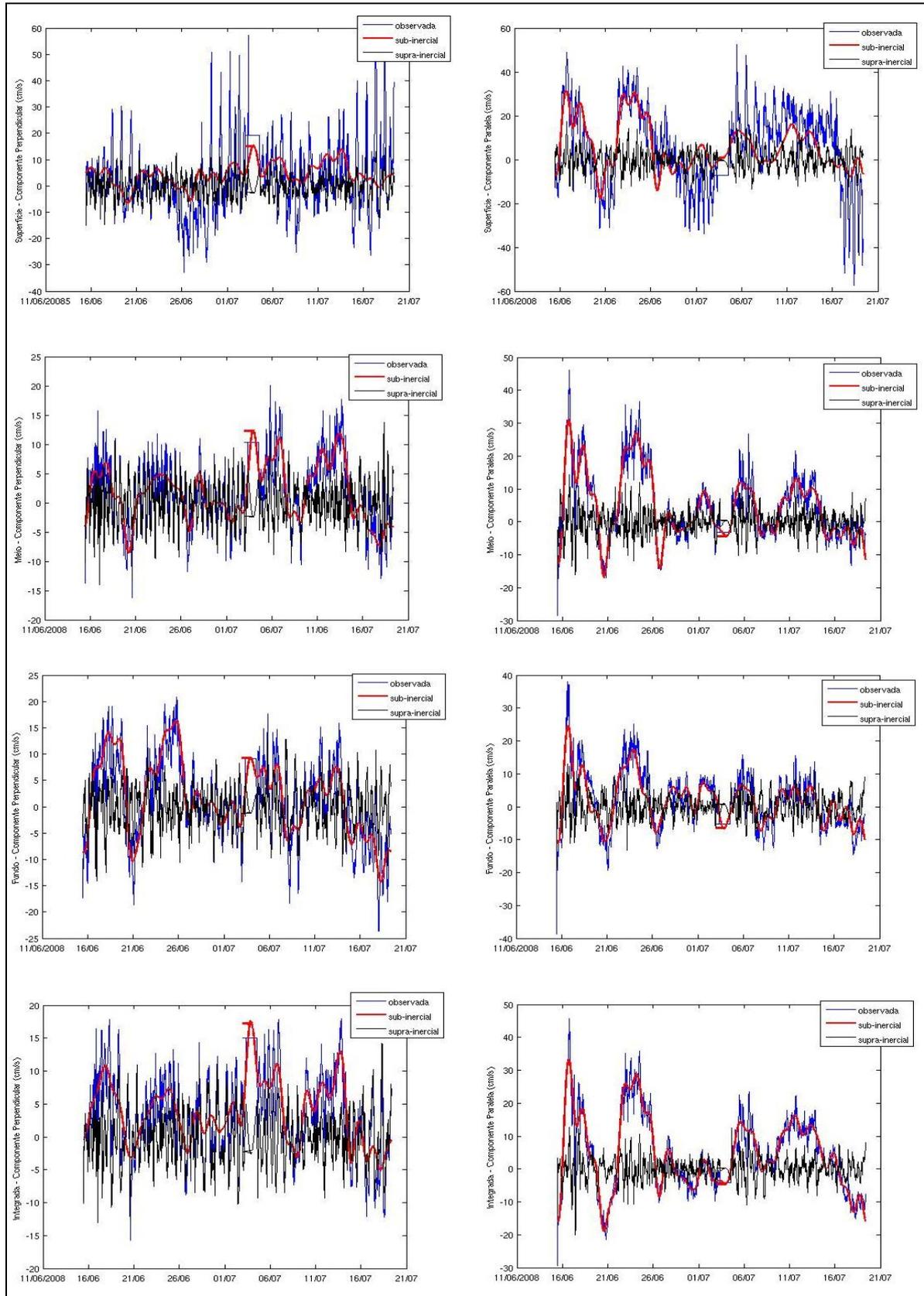


Figura 3.1.2.2.3-8: Série temporal das componentes perpendicular “U” e paralela “V” da velocidade de corrente para a Estação A para os níveis verticais na superfície, meia-água, fundo e integrada para o período de monitoramento de 15/06/2008 e 21/07/2008. A série temporal original de ambas as componentes de velocidade está em azul, enquanto a série filtrada na banda subinercial está em vermelho e a série filtrada na banda suprainercial encontra-se em preto.

▪ Avaliação da Influência da Maré sobre as Correntes – Levantamento 1

Para avaliar o quanto o sinal de maré influencia as correntes na região de estudo, realizou-se a análise das componentes harmônicas para os dados de ADCP coletados nas duas estações A e B. As velocidades de corrente excedentes após a filtragem do sinal de maré também foram analisadas, bem como o percentual de contribuição das correntes previstas sobre as correntes observadas. Os resultados são apresentados a seguir.

As correntes observadas, juntamente com as correntes previstas a partir das constantes harmônicas, são apresentadas nas Figuras 3.1.2.2.3-9 e 3.1.2.2.3-10 para as estações B (externa) e A (interna), respectivamente. Na estação B (i.e., ADCP @ 600KHz, Figura 3.1.2.2.3-9), os dados apresentaram um padrão senoidal refletindo o sinal da maré claramente. A magnitude média observada nesta estação foi de 12,3 cm/s com um valor máximo de 46,2 cm/s.

Para a estação A (i.e., ADCP @ 1200KHz, Figura 3.1.2.2.3-10), tanto o sinal da corrente prevista como o sinal da corrente observada não mostram um comportamento senoidal típico da influência da maré nas correntes como descrito para a estação B. Além de apresentar velocidades mais baixas (velocidades < 10 cm/s) e sem um padrão definido, o comportamento das correntes na estação A aponta para a influência da topografia e da pequena profundidade local devido ao atrito com o fundo causado pela ação da maré. A magnitude média observada nesta estação foi de 3,2 cm/s com um valor máximo de 8,9 cm/s.

As constantes harmônicas das correntes, que foram utilizadas para realizar a previsão das correntes para as estações B e A para a região de estudo são apresentadas nas Tabelas 3.1.2.2.3-6 e 3.1.2.2.3-7.

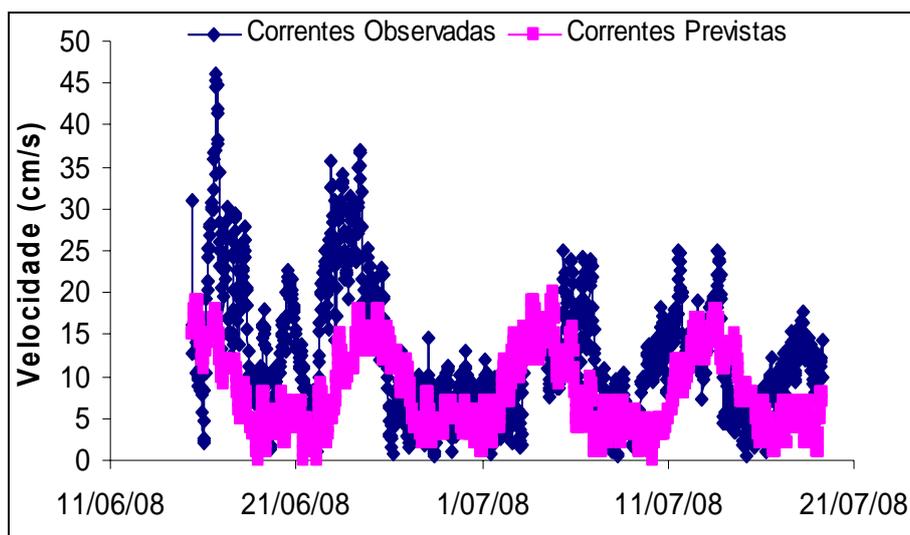


Figura 3.1.2.2.3-9: Correntes observadas e correntes previstas pela análise harmônica na estação B (ADCP @ 600 KHz).

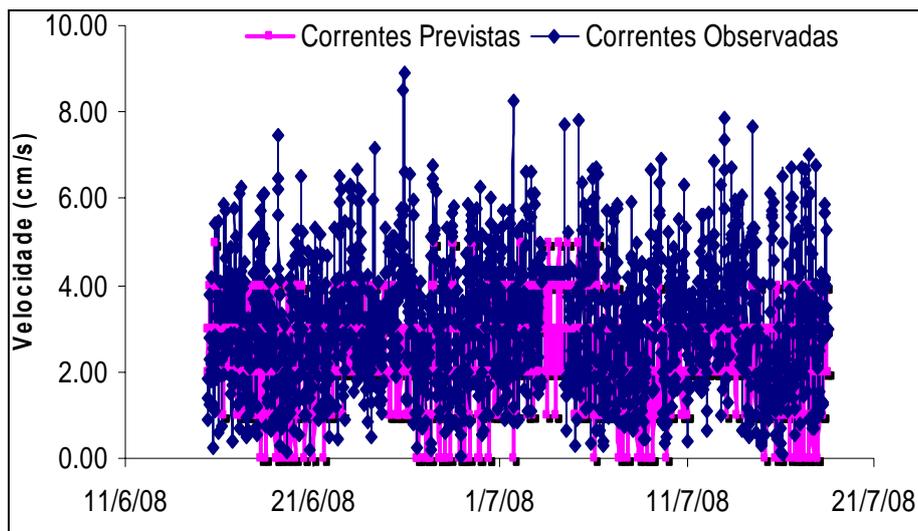


Figura 3.1.2.2.3-10: Correntes observadas e correntes previstas pela análise harmônica na estação A (ADCP @ 1200 KHz).

Tabela 3.1.2.2.3-6: Constantes Harmônicas validadas para a estação B (ADCP @ 600KHz).

COMPONENTE	VELOCIDADE (cm/s)	FASE (°)
Q1	1.22	337.93
K1	1.49	231.58
J1	0.92	193.9
KQ1	0.72	306.19
N2	0.72	149.07
M2	2.58	163.35
S2	2.42	193.82
K2	0.66	193.82
MKL6	0.15	31.68
3MNKS12	0.16	338.22

Tabela 3.1.2.2.3-7: Constantes Harmônicas validadas para a estação A (ADCP @ 1200KHz).

COMPONENTE	VELOCIDADE (cm/s)	FASE (°)
Q1	0.44	175.62
O1	0.24	137.18
M1	0.37	8.19
OO1	0.2	194.41
KQ1	0.06	10.07
MU2	0.37	243.47
M2	2.65	102.16
S2	1.26	113.54
M3	0.06	88.99
M4	0.23	260.16
S4	0.39	295.18
3MNKS12	0.17	121.02

A análise da variância das correntes observadas e das correntes previstas através das constantes harmônicas também foi realizada (Tabela 3.1.2.2.3-8). Para a estação B, as correntes de maré prevista foram responsáveis por 37% da variância das correntes observadas, o que indica uma moderada influência da maré sobre a corrente. Em contrapartida, as correntes de maré prevista foram responsáveis por 52% da variância das correntes observadas para a estação A, indicando que as correntes nessa estação são mais susceptíveis ao regime de maré.

Tabela 3.1.2.2.3-8: Percentual da variância das correntes observadas explicada pelas correntes previstas para as duas estações: B (ADCP @ 600KHz) e A (ADCP @ 1200KHz).

Estação	Variância Observada	Variância Prevista	Prevista/Observada
B (externa)	57,61	21,76	0,37
A (interna)	2,33	1,21	0,51

Um filtro de 63 horas foi utilizado para retirar o sinal das correntes de maré para avaliar o comportamento das correntes sem a influência da maré. As Figuras 3.1.2.2.3-11 e 3.1.2.2.3-12 mostram o comportamento das correntes submareais. Nota-se a presença de correntes submareais nos dois registros, sendo que no registro da estação B as correntes apresentaram magnitudes de até 25 cm/s, enquanto na estação A as magnitudes estiveram apenas em torno de 5 cm/s, ou seja, muito menores do que as da região externa.

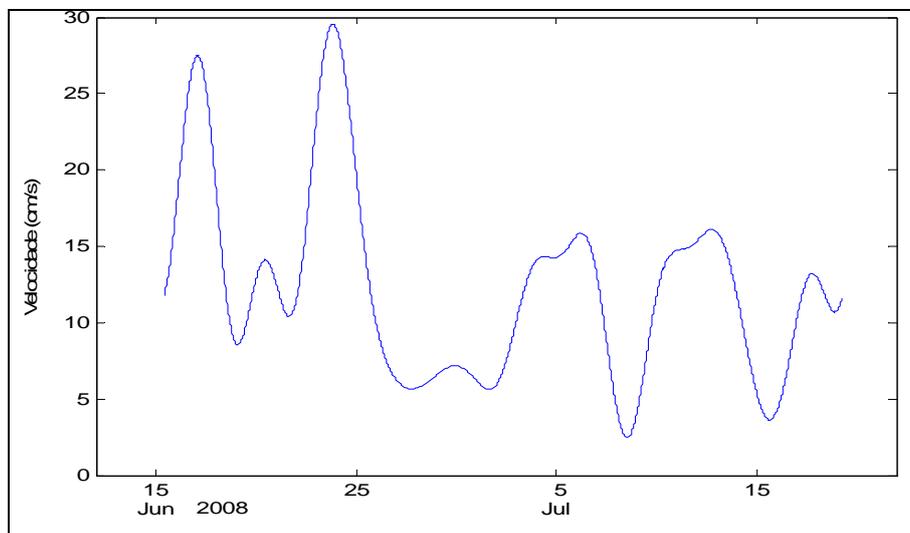


Figura 3.1.2.2.3-11: Comportamento da corrente submareal na estação B (ADCP @ 600 KHz) após filtragem do sinal de maré.

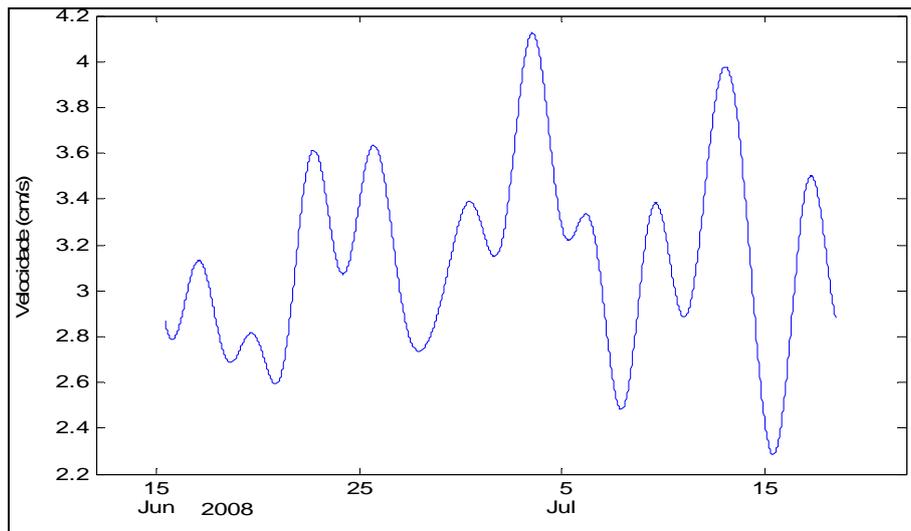


Figura 3.1.2.2.3-12: Comportamento da corrente submareal na estação A (ADCP @ 1200 KHz) após filtragem do sinal de maré.

▪ Levantamento 2

Estação A – Interna

A Figura 3.1.2.2.3-13 mostra o vetor velocidade de corrente para a estação A interna para 03 (três) níveis verticais: superfície (~ 1 m), meia-água (~ 2 m), fundo (~ 4 m) e velocidade média integrada.

A magnitude média da velocidade de corrente observada na superfície, meia-água, fundo e integrada, para o período de monitoramento na estação A foi de $23,20 \text{ cm s}^{-1} \pm 11,34 \text{ cm s}^{-1}$, $16,56 \text{ cm s}^{-1} \pm 10,84 \text{ cm s}^{-1}$, $4,28 \text{ cm s}^{-1} \pm 1,89 \text{ cm s}^{-1}$ e $9,97 \text{ cm s}^{-1} \pm 2,76 \text{ cm s}^{-1}$, respectivamente (Tabela 3.1.2.2.3-9 e Figura 3.1.2.2.3-13). Devido à pequena espessura da lâmina d'água nesta estação (~ 5 metros) e por estar em uma região “mais protegida” (i.e., embaiamento), nota-se também que não existe uma diferença significativa na magnitude da corrente para cada um dos três níveis verticais escolhidos.

Para a estação B externa, as profundidades escolhidas foram de 3 m para a superfície, 9 m para meia-água e 18 m para o fundo (Figura 3.1.2.2.3-14).

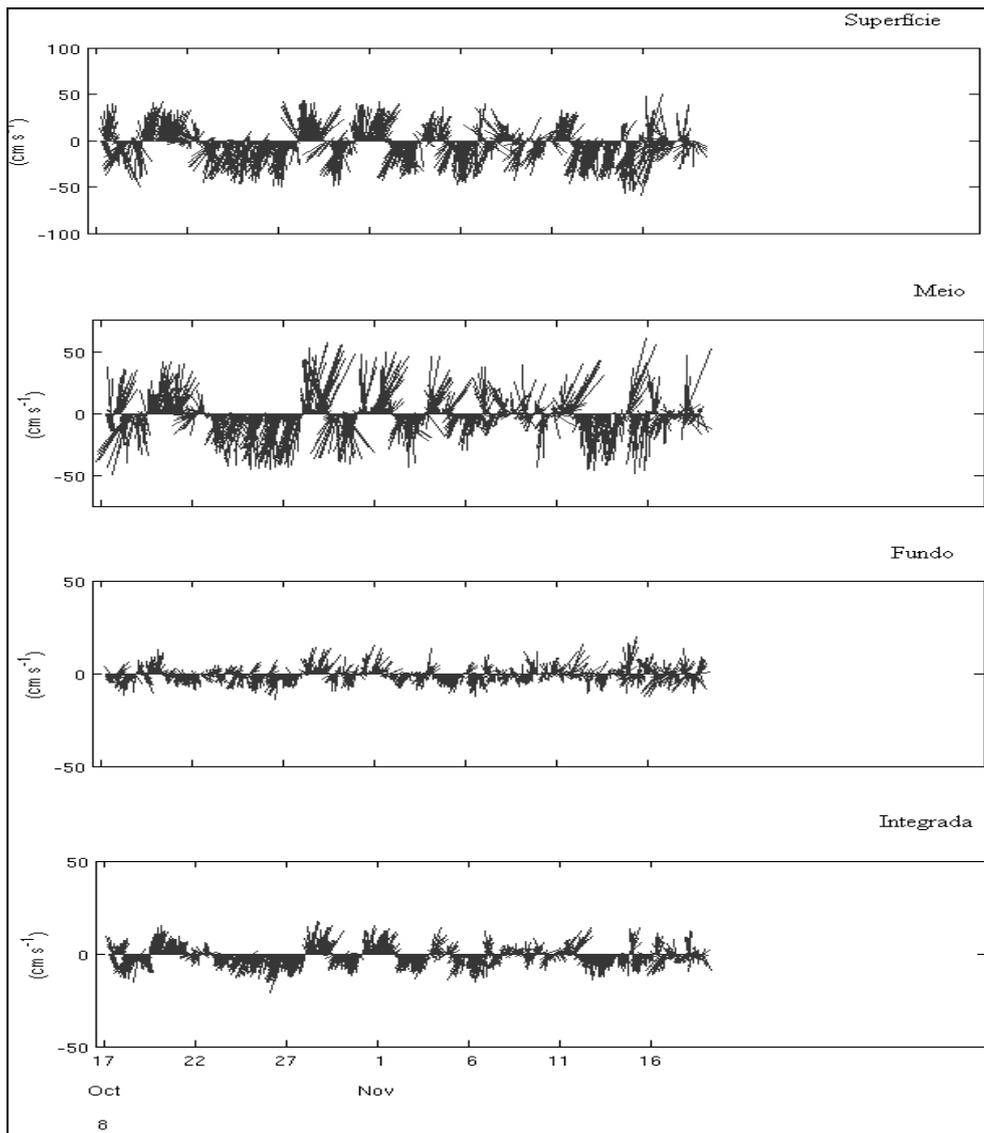


Figura 3.1.2.2.3-13: Série temporal do vetor velocidade de corrente da estação A interna (ADCP com frequência de 1200KHz) para a superfície, meia-água, fundo e componente integrada para o período de monitoramento de 17/10/2008 a 04/12/2008. O período de 19 de novembro a 04 de dezembro não apresenta registro de dados para esta estação.

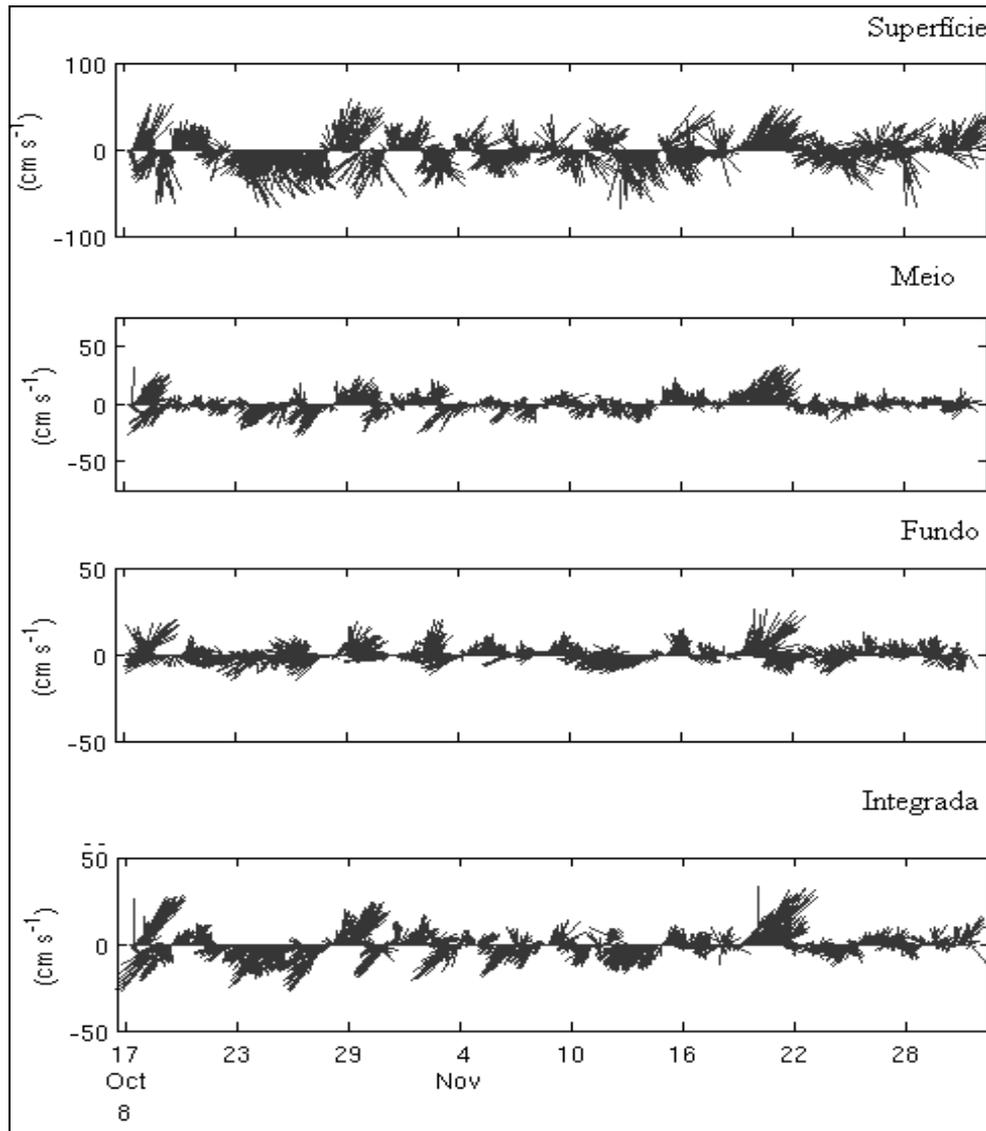


Figura 3.1.2.2.3-14: Série temporal do vetor velocidade de corrente da estação B externa (ADCP com frequência de 600KHz) para a superfície, meia-água, fundo e componente integrada para o período de monitoramento.

A estação B apresentou correntes mais intensas e mais variáveis, com exceção da profundidade de meia água. Os valores foram de $23,77 \text{ cm s}^{-1} \pm 12,83 \text{ cm s}^{-1}$ para a superfície, $9,48 \text{ cm s}^{-1} \pm 6,89 \text{ cm s}^{-1}$ para o meio, $8,35 \text{ cm s}^{-1} \pm 5,34 \text{ cm s}^{-1}$ para o fundo e de $14,50 \text{ cm s}^{-1} \pm 5,85 \text{ cm s}^{-1}$ para a componente integrada (Tabela 3.1.2.2.3-9 e Figura 3.1.2.2.3-14).

Tabela 3.1.2.2.3-9: Média e desvio padrão da magnitude das correntes nas estações A interna (ADCP-A) e B externa (ADCP-B) para o período de monitoramento. Legenda: S (superfície), M (meio), F (fundo) e I (integrada).

Estação	Variância Observada	Prevista/Observada
S	23,20 ± 11,34	23,77 ± 12,83
M	16,56 ± 10,84	9,48 ± 6,89
F	4,28 ± 1,89	8,35 ± 5,34
I	9,98 ± 2,76	14,50 ± 5,85

A estrutura vertical das correntes (campo médio) para a componente perpendicular e paralela à linha de costa é apresentada na Figura 3.1.2.2.3-15. Na estação A, a componente paralela “V” apresenta um cisalhamento vertical mais intenso que a componente perpendicular “U”. Este cisalhamento é mais evidente nos primeiros 2,5 metros da coluna d’água. Na Estação B, a componente V apresentou um maior cisalhamento médio que a componente U, sendo mais intenso nos 5 primeiros metros. Tanto a componente U quanto V da corrente apresentam inversão da corrente em 9 metros de profundidade que se mantém até o fundo. Apesar da componente U da estação B ter outras duas inversões no sinal nos 4 primeiros metros (Figura 3.1.2.2.3-15, painel da direita), ambas as componentes caracterizam a presença de uma componente baroclínica no comportamento vertical das correntes nesta estação.

A análise de variância foi utilizada para quantificar a importância relativa das correntes nas bandas subinercial ($T > 33,48$ horas) e suprainercial ($T < 33,48$ horas) com respeito à velocidade da corrente observada nas componentes perpendicular (“U”) e paralela (“V”) à costa. Os resultados da análise de variância são apresentados nas Tabelas 3.1.2.2.3-10 e 3.1.2.2.3-11 para a estação A (interna) e B (externa), respectivamente.

Na estação A, as correntes perpendiculares à costa estiveram associadas às forçantes de alta frequência na banda suprainercial, exceto a componente integrada. Nesta banda, a explicação da variabilidade variou entre 50% e 70%, aproximadamente (Tabela 3.1.2.2.3-10). Por outro lado, as correntes paralelas à costa foram geradas principalmente por forçantes de baixa frequência em períodos subinerciais, exceto a profundidade de fundo. Nas profundidades de superfície, meia água e integrada, a explicação da variabilidade variou entre 50% e 75%, aproximadamente (Tabela 3.1.2.2.3-11). Este comportamento também pode ser observado em outros estudos de circulação costeira (e.g. LEE *et al.*, 1984, LENTZ & WINANT, 1986; WONG, 1999).

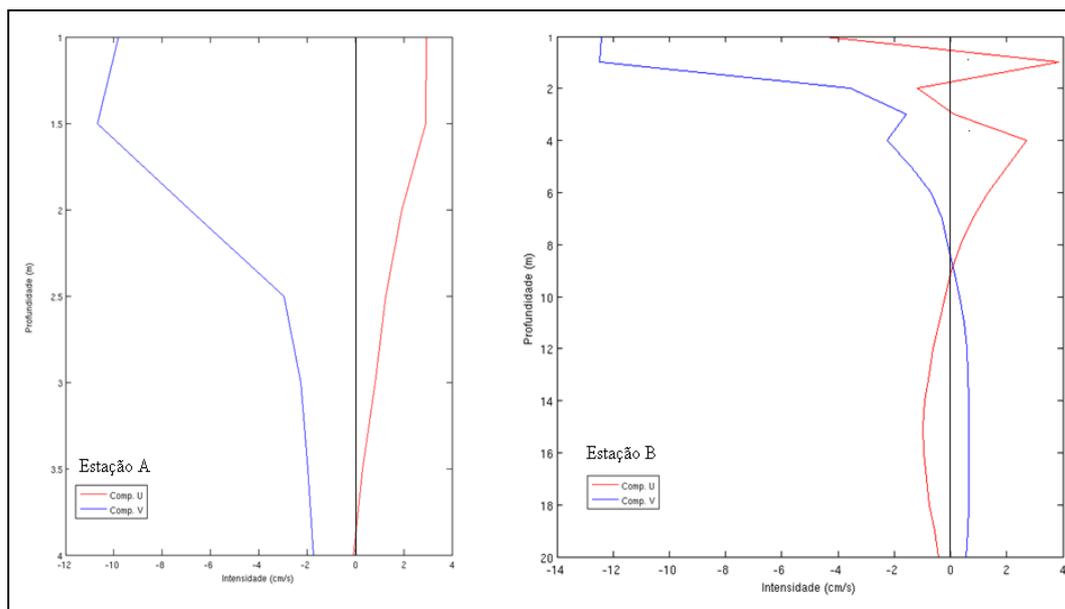


Figura 3.1.2.2.3-15: Estrutura vertical das correntes (campo médio) para a componente perpendicular “U” (em vermelho) e paralela “V” (em azul) em função da profundidade para o período de monitoramento para a estação A (painel da esquerda) e estação B (painel da direita). A linha vertical (em preto) representa velocidade nula.

Tabela 3.1.2.2.3-10: Estatística da série temporal de correntes da componente perpendicular (U) e paralela (V) à costa para a estação A. Os dados são apresentados para 3 profundidades distintas - superfície (S), meia-água (M), fundo (F) e para a componente integrada (I).

COMPONENTE U (PERPENDICULAR)			
Profundidade	Observada	Subinercial	Suprainercial
S	2,95 ± 14,13	9,84 (48,51)	10,14 (51,49)
M	1,93 ± 9,08	5,45 (35,96)	7,27 (64,04)
F	-0,07 ± 2,62	1,46 (31,28)	2,17 (68,72)
I	1,05 ± 4,26	3,13 (53,99)	2,89 (46,01)
COMPONENTE V (PARALELA)			
Profundidade	Observada	Subinercial	Suprainercial
S	-9,79 ± 19,05	14,98 (61,84)	11,77 (38,16)
M	-6,84 ± 16,08	11,90 (54,74)	10,82 (45,26)
F	-2,25 ± 4,16	2,67 (41,32)	3,19 (58,68)
I	-4,07 ± 6,18	5,33 (74,50)	3,12 (25,50)

Na estação B, as correntes perpendiculares estiveram associadas apenas às forçantes de alta frequência na superfície (63,83 %). Para as profundidades de meia-água, fundo e integrada ocorreu maior variabilidade na forçante subinercial. As correntes paralelas foram geradas principalmente por forçantes subinerciais, cuja explicação da variabilidade variou de 71% a 85 % (Tabela 3.1.2.2.3-11).

Tabela 3.1.2.2.3-11: Estatística da série temporal de correntes da componente perpendicular (U) e paralela (V) à costa para a estação B. Os dados são apresentados para 3 profundidades distintas - superfície (S), meia-água (M), fundo (F) e para a componente integrada (I).

COMPONENTE U (PERPENDICULAR)			
Profundidade	Observada	Subinercial	Suprainercial
S	-1,18 ± 15,36	9,24 (36,17)	12,27 (63,83)
M	0,32 ± 7,47	6,06 (65,86)	4,37 (34,14)
F	-0,91 ± 7,65	6,56 (73,61)	3,93 (26,39)
I	-0,14 ± 7,88	6,82 (74,96)	3,94 (25,04)
COMPONENTE V (PARALELA)			
Profundidade	Observada	Subinercial	Suprainercial
S	-3,58 ± 21,91	18,47 (71,08)	11,78 (28,92)
M	-0,09 ± 8,95	7,76 (75,21)	4,46 (24,79)
F	0,66 ± 6,04	5,09 (71,03)	3,25 (28,97)
I	-1,34 ± 9,78	9,02 (85,19)	3,76 (14,81)

As Figuras 3.1.2.2.3-16 e 3.1.2.2.3-17 complementam e corroboram os resultados discutidos acima e apresentados nas Tabelas 3.1.2.2.3-10 e 3.1.2.2.3-11, caracterizando a variabilidade temporal das componentes perpendicular e paralela da velocidade de corrente para a superfície, meia-água, fundo e integrada, e a contribuição das suas respectivas componentes nas bandas subinercial e suprainercial.

Nota-se que a variação temporal da componente perpendicular à linha de costa (em azul) é altamente correlacionada com a variabilidade temporal da componente suprainercial (em preto) da circulação na Estação A (Figura 3.1.2.2.3-16, painel da direita, e Tabela 3.1.2.2.3-10) para todas as profundidades, com exceção da integrada. Por outro lado, a componente paralela (em azul) apresenta correlação com a banda subinercial (em vermelho) (Figura 3.1.2.2.3-16, painel da esquerda, e Tabela 3.1.2.2.3-10).

Para a Estação B, a variação temporal da componente paralela à costa (em azul) é altamente correlacionada com a variabilidade temporal da componente subinercial (em vermelho) da circulação em todas as profundidades analisadas (Figura 3.1.2.2.3-17, painel da esquerda, e Tabela 3.1.2.2.3-11). Na componente paralela, a forte subinercial também foi a principal responsável pela explicação da variabilidade em todas as profundidades, com exceção da superfície (Figura 3.1.2.2.3-17, painel da direita e Tabela 3.1.2.2.3-11).

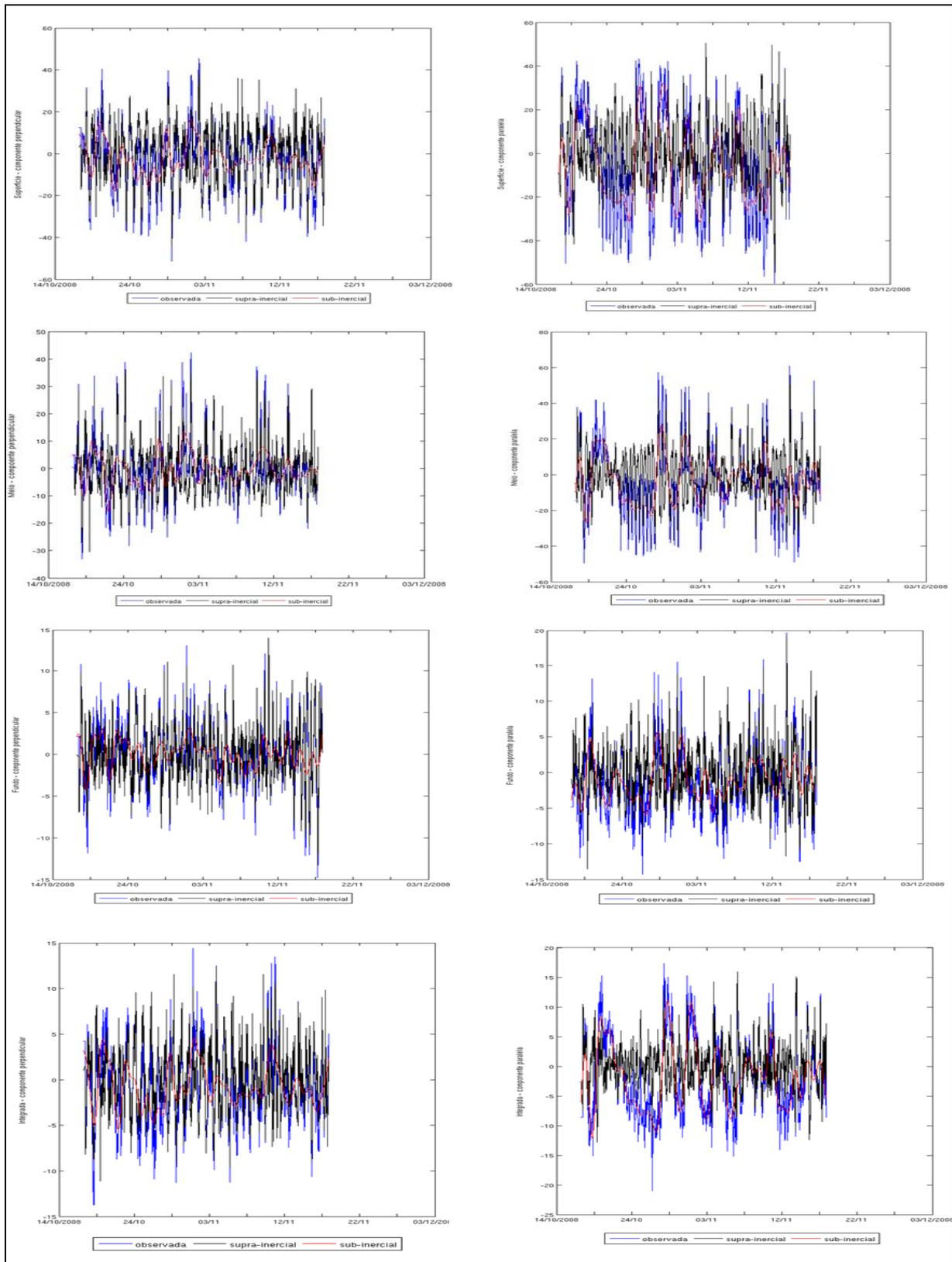


Figura 3.1.2.3-16: Série temporal das componentes perpendicular “U” e paralela “V” da velocidade de corrente para a Estação A para os níveis verticais na superfície, meia-água, fundo e integrada para o período de monitoramento de 17/10/2008 a 04/12/2008. A série temporal original de ambas as componentes de velocidade está em azul, enquanto a série filtrada na banda subinercial está em vermelho e a série filtrada na banda suprainercial encontra-se em preto.

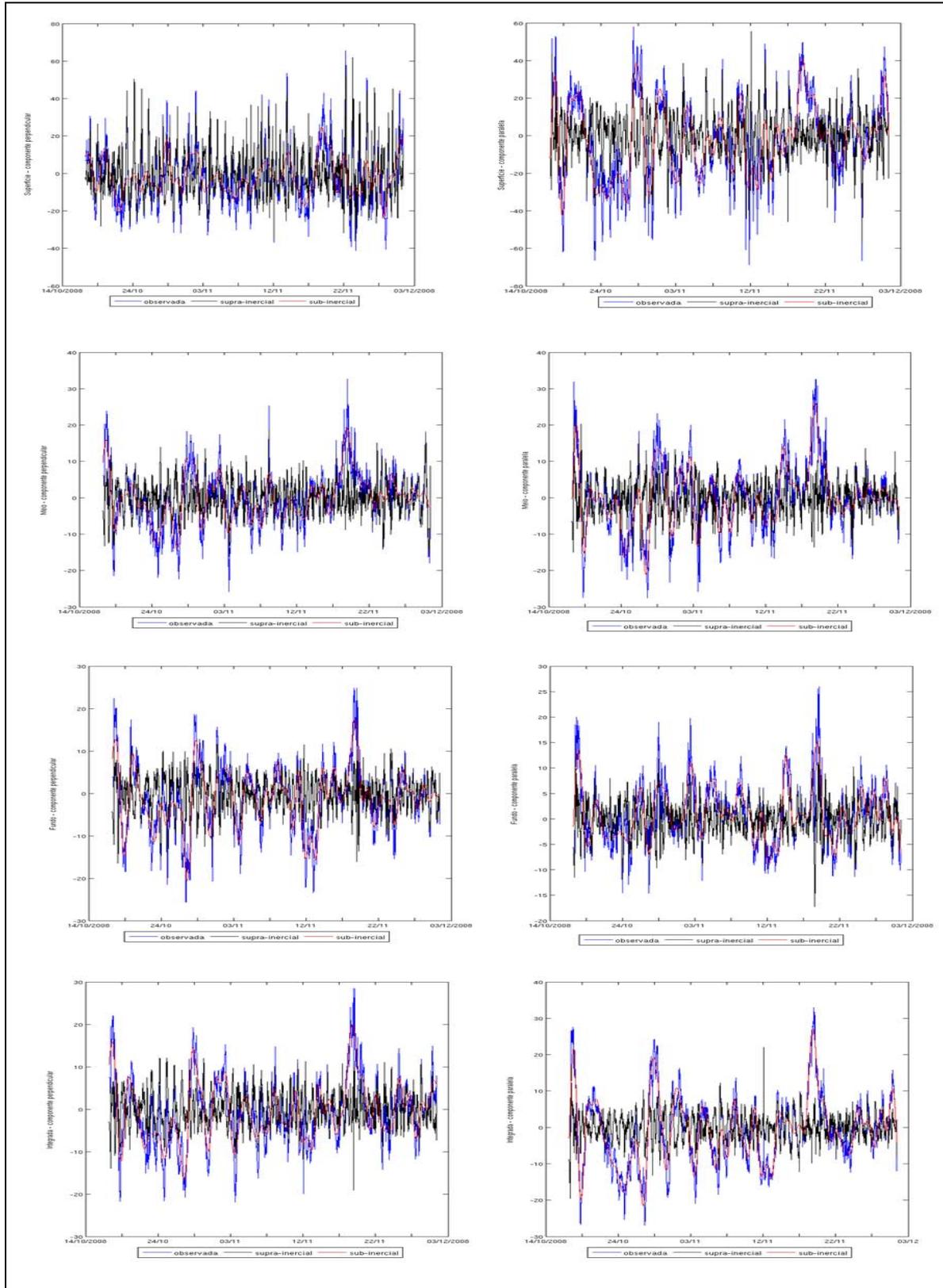


Figura 3.1.2.3-17: Série temporal das componentes perpendicular “U” e paralela “V” da velocidade de corrente para a Estação B para os níveis verticais na superfície, meia-água, fundo e integrada para o período de monitoramento. A série temporal original de ambas as componentes de velocidade está em azul, enquanto a série filtrada na banda subinercial está em vermelho e a série filtrada na banda suprainercial encontra-se em preto.

▪ Comparação entre os Levantamentos 1 e 2

As correntes de superfície e meia-água mostraram-se mais intensas na segunda campanha meteoceanográfica do que na primeira campanha para a estação interna (A). Nessa estação, os valores médios de corrente em superfície e meia-água passaram de 5 m/s para 23 m/s, e de 4m/s para 17 m/s, respectivamente.

A estrutura vertical da corrente (campo médio) na estação interna mostra uma inversão do fluxo para a componente U da velocidade em torno de 2,5 metros durante o primeiro levantamento, ao passo que na segunda campanha ela se mantém positiva por toda a coluna d'água (~ 5 metros).

Para a estação externa, além de ambas as correntes apresentarem um forte cisalhamento nos 2 primeiros metros de profundidade, a estrutura vertical observada durante o primeiro levantamento apresenta apenas valores positivos, enquanto que durante o levantamento 2, ambas as componentes U e V apresentam uma inversão de fluxo nas proximidades de 8 metros. Esta evidência indica uma forte dependência da direção do fluxo em função da época do ano monitorada.

3.1.3 OCEANOGRAFIA QUÍMICA

3.1.3.1 Considerações Gerais

O diagnóstico da qualidade das águas e dos sedimentos foi realizado com base em dados secundários das regiões sob possível influência do empreendimento. Para tanto, foi utilizado um vasto conjunto de trabalhos referentes a caracterizações e monitoramentos da Baía do Espírito Santo e região marinha adjacente e Baía de Vitória.

Para a caracterização da qualidade das águas, foram empregados os dados observados entre 2003 e 2009 para a Baía do Espírito Santo e áreas próximas, referentes aos monitoramentos trimestrais realizados para a Vale, totalizando 26 campanhas amostrais. A caracterização da Baía de Vitória foi baseada em relatórios técnicos desenvolvidos pelas empresas CEPEMAR (2000; 2002; 2006e,f,g e 2007d,e), Gaia Ambiental (2002), Environlink (2005 e 2006) e uma dissertação de mestrado desenvolvida por Sterza, 2002.

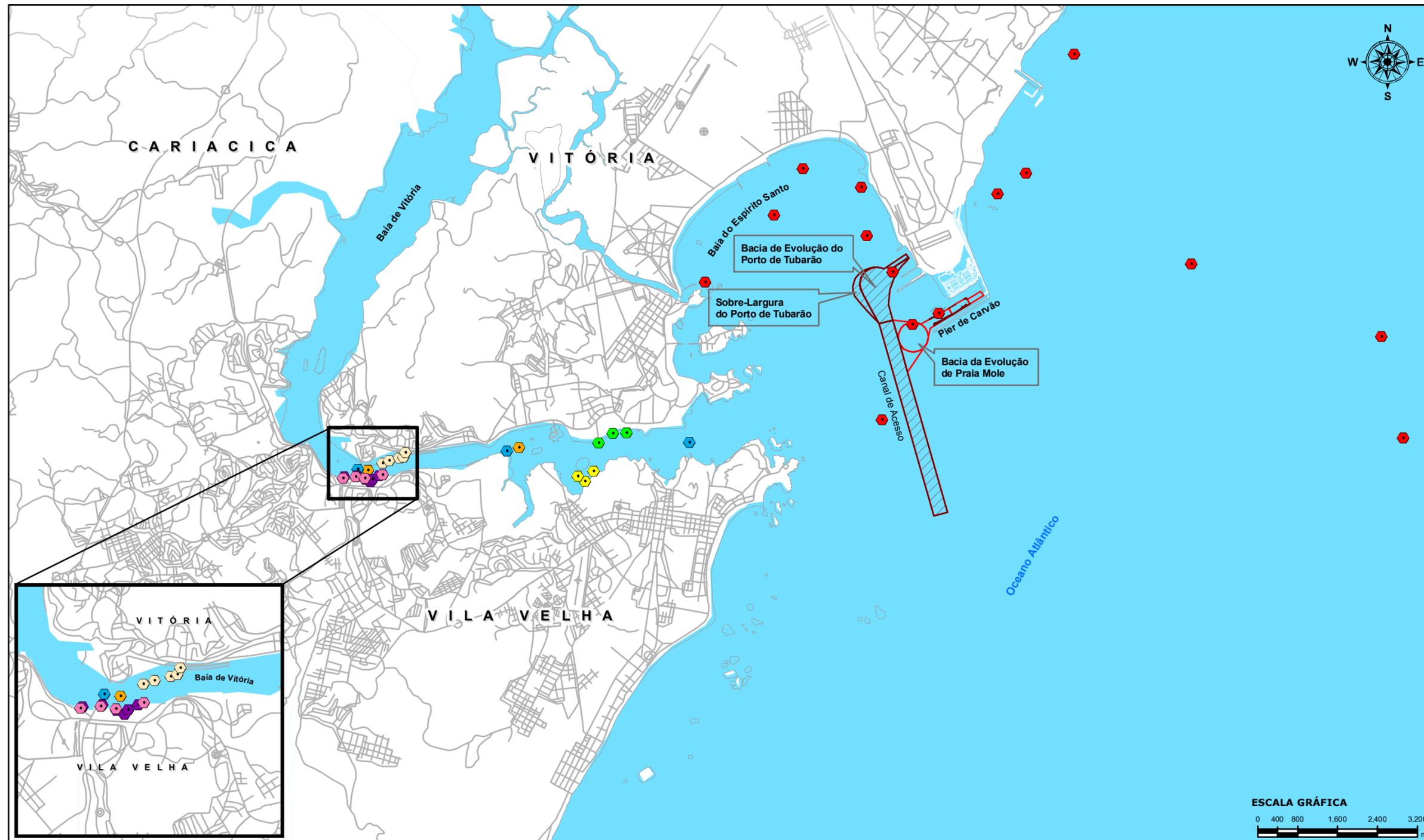
Os parâmetros indicadores de qualidade das águas analisados foram os seguintes: temperatura, salinidade, condutividade, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, pH e turbidez, DBO5, coliformes termotolerantes, óleos e graxas, ferro total, ferro solúvel, fosfato inorgânico dissolvido, fósforo total, nitrogênio total, nitritos, nitratos e nitrogênio amoniacal.

O diagnóstico ambiental da qualidade dos sedimentos da área de influência do empreendimento também foi realizado com base em levantamento de dados secundários. Como principais fontes citam-se os estudos das áreas de dragagem do Complexo Portuário de Tubarão e adjacências e do Canal do Porto da Baía de Vitória. Com relação aos estudos desenvolvidos na Baía do Vitória, foi realizada uma compilação dos trabalhos realizados por Jesus et al. (2004), Gaia Ambiental (2005), Environlink (2005) e Habitec (2003), cujas metodologias analíticas são comparáveis entre si. Para a caracterização das demais áreas (Baía do Espírito Santo e Zona Costeira), foram utilizados os dados relativos aos estudos realizados por CEPEMAR, (2006 b,c,d, 2007b,c).

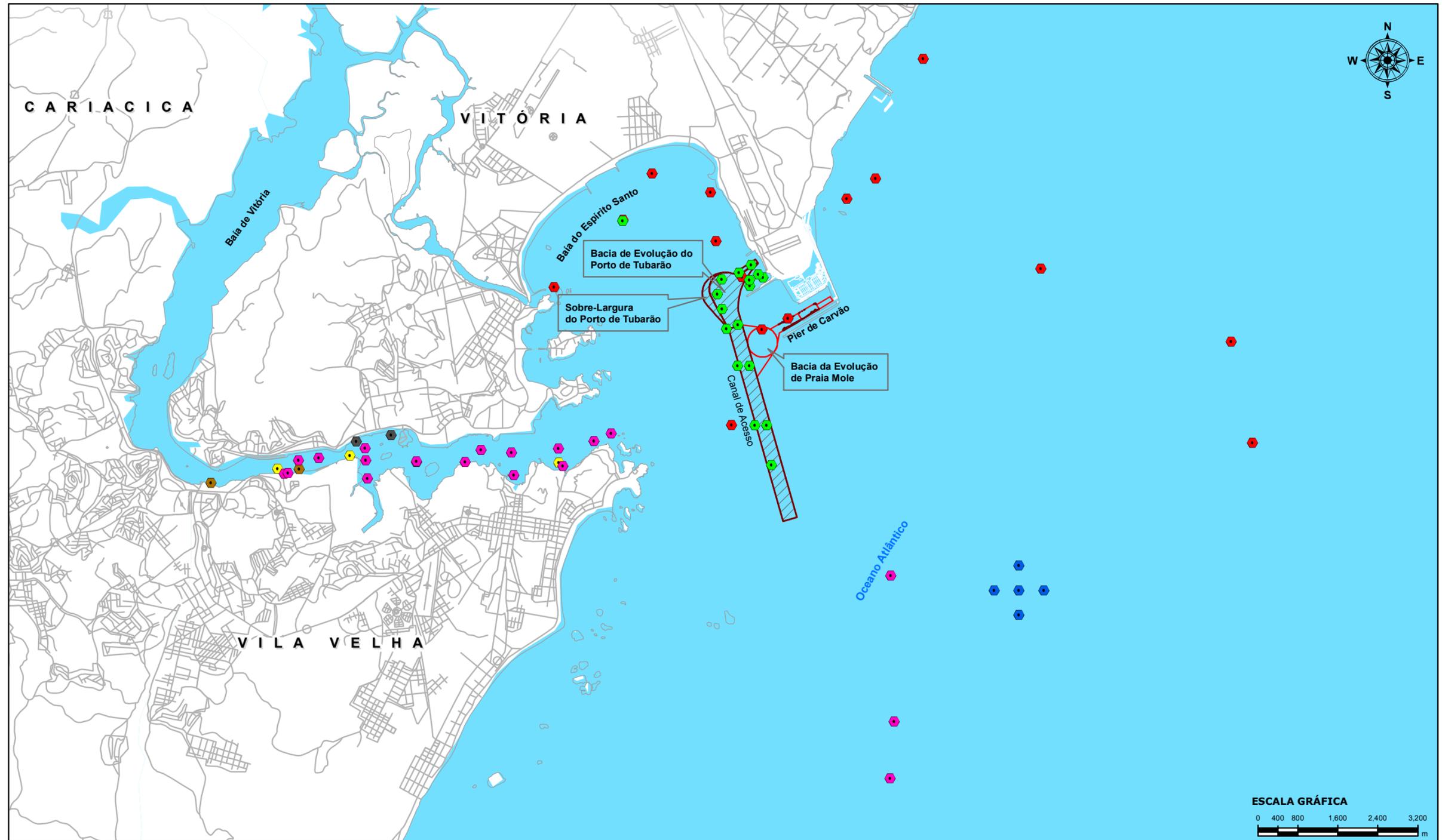
Para a caracterização da qualidade dos sedimentos foram compilados os dados disponíveis sobre matéria orgânica, metais pesados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), pesticidas organoclorados e bifenilas policloradas (PCBs) no sedimento em áreas sob influência do empreendimento.

Os indicadores de qualidade das águas e dos sedimentos foram comparados com os critérios estabelecidos na Legislação Ambiental, respectivamente Resoluções CONAMA 357/05 e 344/04.

Nos mapas apresentados a seguir (Figura 3.1.3.1-1 e 3.1.3.1-2) encontram-se as malhas amostrais dos estudos supracitados.



CONVENÇÕES		LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS		VALE		CEPEMAR									
Legenda <ul style="list-style-type: none"> ◆ Cepemar, 2000 ◆ Cepemar, 2004, 2005 e 2006 ◆ Cepemar, 2006 ◆ Cepemar, 2007 ◆ Cepemar, 2003 à 2007 ◆ Environlink, 2005 e 2006 ◆ Gaia, 2002 ◆ Sterza, 2002 Area de Dragagem Esquema de Navegação do Porto 				 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM MERIDIANO CENTRAL: 39° WGR DATUM HORIZONTAL: WGS 84		COMPLEXO DE TUBARÃO - VITÓRIA - ESPÍRITO SANTO EIA - DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO DO PORTO DE TUBARÃO Figura 3.1.3.1-1_Localização dos Pontos de Hidroquímica		EXECUTADO POR: Juliana kerckhoff		ESCALA: 1:80,000		DATA: 31/08/2009		REVISÃO: 0	



CONVENÇÕES	
Legenda	
Cepemar, 2006	Jesus et al. (2004)
Cepemar, 2007a	Habitec, 2003
Cepemar, 2007b	Area de Dragagem
Environlink, 2006	Esquema de Navegação do Porto
Gaia, 2005	

LOCALIZAÇÃO E DADOS TÉCNICOS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM
 MERIDIANO CENTRAL: 39° WGR
 DATUM HORIZONTAL: WGS 84

VALE

CEPEMAR

COMPLEXO DE TUBARÃO - VITÓRIA - ESPÍRITO SANTO

EIA - DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO DO PORTO DE TUBARÃO

FIGURA 3.1.3.1_2 Localização dos Pontos de Geoquímica

EXECUTADO POR: Juliana kerckhoff	ESCALA: 1:80,000	DATA: 31/08/2009	REVISÃO: 0
-------------------------------------	---------------------	---------------------	---------------

3.1.3.2 Qualidade das Águas (Hidroquímica)

A Baía do Espírito Santo é um corpo de água semifechado, que está associado ao sistema estuarino do rio Santa Maria da Vitória (vazão média de 20 m³/s), do qual recebe aporte pelo Canal da Passagem e pelo canal de acesso à Baía de Vitória (RIGO, 2004). As águas fluviais desses sistemas que alcançam a baía apresentam sinais químicos e bacteriológicos de degradação, com fenômenos de eutrofização na coluna d'água. Assim, a Baía do Espírito Santo possui níveis consideráveis de contaminação bacteriológica e de nutrientes, principalmente fosfato.

A região do canal de acesso ao Porto de Vitória (o qual é considerado área de influência indireta do empreendimento) situa-se entre a conexão do canal com a Baía do Espírito Santo e a região de Santo Antônio. Esse canal abriga um dos mais importantes complexos portuários do país e também apresenta sinais de degradação da qualidade d'água devido às elevadas cargas de esgotos domésticos e industriais ao qual se encontra submetido.

Para apresentar um panorama geral da qualidade da água na Baía do Espírito Santo e de Vitória, e da região marinha costeira adjacente ao empreendimento, bem como das águas mais afastadas da linha de costa, com características oceânicas, são apresentados, na Tabela 3.1.3.2-1, os valores médios e desvio padrão de cada parâmetro estudado.

Tabela 3.1.3.2-1: Valores médios e desvio padrão de parâmetros físico-químicos estudados nas regiões da Baía do Espírito Santo, costeira e oceânica adjacente, e na Baía de Vitória.

PARÂMETROS	¹ BAÍA DE VITÓRIA (CANAL DO PORTO)	² BAÍA DO ESPÍRITO SANTO (PRAIA DE CAMBURI)	² BAÍA DO ESPÍRITO SANTO (PORTO DE TUBARÃO)	² REGIÃO COSTEIRA	² REGIÃO OCEÂNICA
Temperatura (° C)	24,2 ± 1,6	24,1 ± 1,3	23,1 ± 1,4	23,3 ± 1,5	23,0 ± 1,4
Salinidade (ups)	29,98 ± 5,8	35,7 ± 1,5	36,2 ± 1,4	36,5 ± 1,4	36,5 ± 1,4
Condutividade (mS/cm)	47,22 ± 5,5	54,1 ± 2,0	54,7 ± 2,0	55,2 ± 1,8	55,2 ± 1,8
pH	7,77 ± 0,33	7,9 ± 0,3	7,9 ± 0,3	7,9 ± 0,3	7,9 ± 0,3
OD (mg/L)	5,69 ± 1,15	6,5 ± 1,03	6,4 ± 0,8	6,3 ± 0,6	6,4 ± 0,6
OD (%)	59,7 ± 14,5	95,7 ± 16,9	93,6 ± 14,9	91,6 ± 8,9	92,9 ± 8,9
DBO ₅ (mg/L)	2,5 ± 1,5	2,4 ± 1,6	1,9 ± 1,3	2,0 ± 1,5	2,0 ± 1,5
Óleos e Graxas (mg/L)	5,33 ± 4,87	3,0 ± 2,6	2,7 ± 2,0	2,8 ± 2,0	2,7 ± 2,0
Col. Termotolerantes (UFC/100 mL)	216.425 ± 832.628	253 ± 2.112	27 ± 59	10 ± 22	68 ± 713
Nitrato (mg/L)	0,62 ± 1,55	0,08 ± 0,07	0,07 ± 0,06	0,07 ± 0,05	0,06 ± 0,05
Nitrito (mg/L)	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Nitrog. Amoniacal (mg/L)	0,43 ± 0,47	0,11 ± 0,2	0,07 ± 0,12	0,06 ± 0,09	0,08 ± 0,13
Fosfato (mg/L)	0,16 ± 0,19	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,02
Turbidez (NTU)	9,76 ± 11,2	14,2 ± 23,4	12,7 ± 22,6	12,5 ± 22,7	11,6 ± 22,5
Transparência (m)	1,2 ± 0,24	1,4 ± 0,9	1,9 ± 0,9	3,2 ± 2,9	4,0 ± 5,2
Ferro Total (mg/L)	0,69 ± 0,54	0,3 ± 0,3	0,2 ± 0,2	0,3 ± 0,2	0,2 ± 0,3
Ferro solúvel (mg/L)	-	0,09 ± 0,08	0,08 ± 0,07	0,08 ± 0,08	0,08 ± 0,08
Fósforo Total (mg/L)	0,2 ± 0,4	0,04 ± 0,04	0,04 ± 0,07	0,04 ± 0,04	0,04 ± 0,06
Nitrogênio total (mg/L)	1,02 ± 0,24	0,94 ± 0,9	0,87 ± 0,75	0,8 ± 0,7	0,8 ± 0,7

1: Compilação dos seguintes estudos: Poligonal 5 (CEPEMAR 2000); Pirelli (CEPEMAR, 2002); Sterza, 2002; GAIA, 2002; Pirelli (CEPEMAR, 2006); Flexibrás (CEPEMAR, 2007).

2: Dados referentes aos monitoramentos realizados trimestralmente entre 2003 a 2009 (CEPEMAR).

A região costeira do Espírito Santo é caracterizada pelas altas temperaturas e umidade do ar; o período mais quente vai de janeiro a março e o mais frio de junho a agosto. A circulação oceânica local é governada pela Corrente do Brasil (Água Tropical, temperatura superior a 20°C), podendo ser observadas interações entre esta e uma corrente subsuperficial denominada Água Central do Atlântico Sul – ACAS (temperatura entre 6°C e 20°C) e também com outra corrente situada sobre a plataforma, caracterizada por águas costeiras - AC (temperatura entre 4°C e 21°C). Toda a dinâmica dos parâmetros físicos é influenciada pelos ventos, principalmente do quadrante N-NE. O regime de ventos associado às feições topográficas locais, como os Montes submarinos das cadeias oceânicas (Vitória – Trindade), influenciam a circulação e o transporte realizado pela Corrente do Brasil, gerando fenômenos físicos como meandros, vórtices e ressurgências, promovendo o enriquecimento das águas de superfície e a produção biológica pelágica, como é o caso do vórtice de Vitória (Olavo, et al, 2005).

Segundo Informações do BNDO – Banco Nacional de Dados Oceanográficos, pode-se concluir que, no inverno, a temperatura da água, influenciada principalmente pela Corrente do Brasil (CB), está entre 23,5 °C e 25,5 °C. É notável também a presença da ressurgência costeira, caracterizada pela presença de águas frias (originadas em alta profundidade) na superfície, com temperatura entre 18 °C e 20 °C. O fenômeno da ressurgência em Vitória pode ocorrer nas diferentes estações do ano. Esse fenômeno confere à região um complexo padrão de interações físico-químicas (CEPEMAR, 2004). Por fim, contribuem também para a complexidade hidroquímica da região estudada os fluxos continentais regulados pelos períodos de precipitação e pelo regime das marés.

Nos levantamentos realizados, a porção interna da Baía do Espírito Santo juntamente com a baía de Vitória são as regiões onde podem ser encontradas temperaturas médias superiores às demais áreas deste diagnóstico, com valores médios superiores a 24,0 °C (Tabela 3.1.3.2-1). Também pode ser observado que nessa região a temperatura se mantém mais homogênea que nas demais áreas estudadas, fato associado à pequena profundidade aliada ao maior tempo de residência das massas d'água locais. A seguir, com valores médios de temperatura próximos de 23°C, encontram-se as demais áreas (Porto de Tubarão, Região Costeira e Oceânica adjacentes à Baía do Espírito Santo). De maneira geral, a temperatura média na área de influência situa-se entre 23,0 °C e 24,2 °C, com variação entre 19,4 °C e 28,8 °C (Tabelas 3.1.3.2-1 a 3.1.3.2-3 e Figura 3.1.3.2-1).

Com relação aos parâmetros salinidade e condutividade (Figura 3.1.3.2-1), em geral os valores tendem a aumentar em direção à Região Oceânica, sendo que, em termos médios, na Baía de Vitória têm-se os menores níveis, com média em torno de 29,9 ups, passando para 35,4 ups na Baía do Espírito Santo. Na região costeira e oceânica de Vitória, a salinidade gira em torno de 36,5 ups, seguida pelo valor médio de 36,2 ups observado na região Portuária de Tubarão (Tabelas 3.1.3.2-1 a 3.1.3.2-3). A amplitude de valores é significativa e mais visível na Baía de Vitória, onde o comportamento desse parâmetro é determinado pela influência da maré e pelas vazões dos rios Itangá, Aribiri e Marinho, juntamente com a carga de efluentes domésticos e industriais que são descartados nesses corpos hídricos.

A condutividade nesses anos seguiu o mesmo padrão comentado para a salinidade, com valores sempre menores na Baía de Vitória (Figura 3.1.3.2-1). Na Baía do Espírito Santo, os parâmetros salinidade/condutividade apresentam uma dinâmica típica, com aumento dos valores atribuídos à maior influência das águas costeiras, e redução associada ao aporte via Canal da Passagem e Baía de Vitória, de maneira mais evidente na época chuvosa.

Em termos de pH, a faixa de variação média observada encontra-se próxima de 7,8 em todas as regiões (Tabela 3.1.3.2-1). De maneira geral, o pH permanece sempre de acordo com a Legislação (Resolução CONAMA 357/05), a qual determina uma variação de pH entre 6,5 e 8,5 em águas salinas e salobras, classe 1.

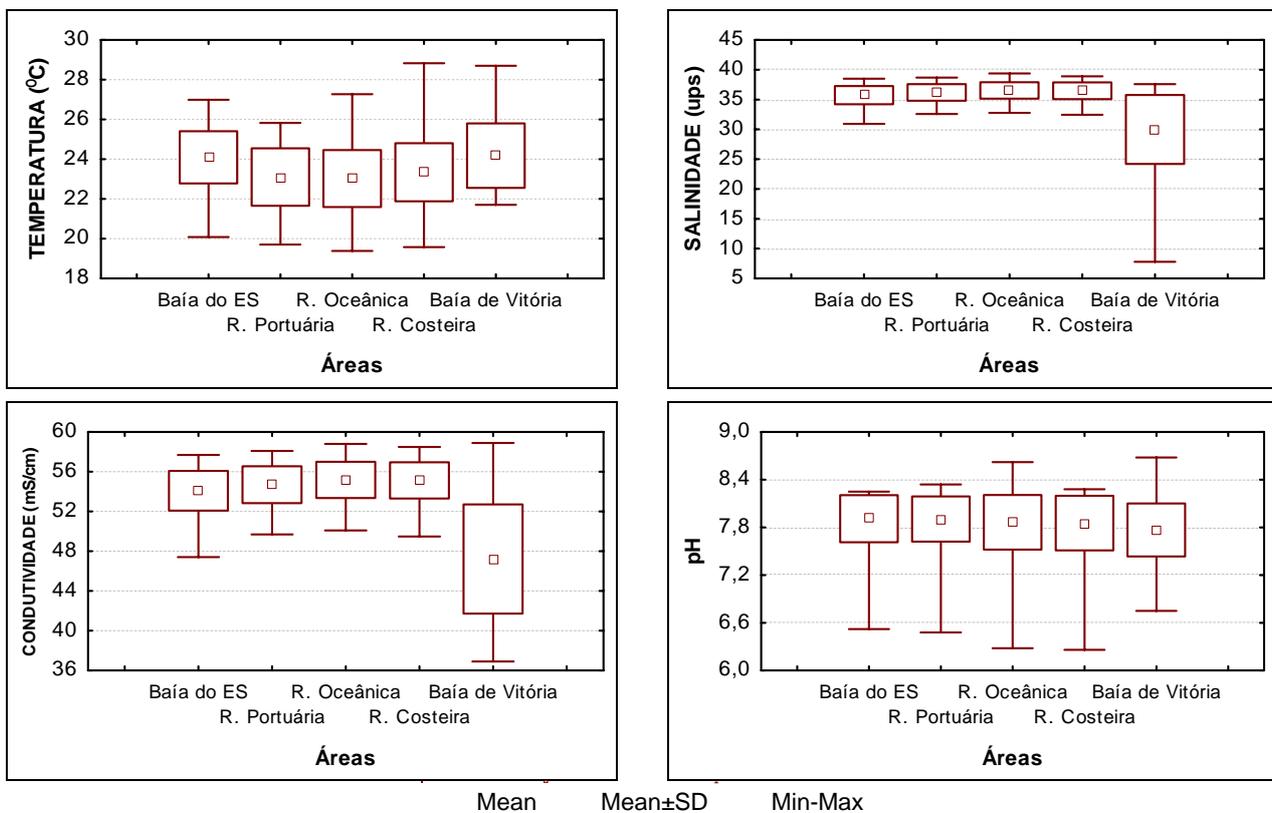


Figura 3.1.3.2-1: Variação da Temperatura (°C), Salinidade (ups), Condutividade (mS/cm) e pH na área de influência do empreendimento.

Tabela 3.1.3.2-2: Série histórica anual e limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para os parâmetros físico-químicos, químicos e bacteriológicos monitorados na região da Baía do Espírito Santo e região marinha adjacente.

PARÂMETROS	VALORES MÉDIOS (MÍNIMO E MÁXIMO)						Resolução CONAMA 357/05 Águas Salinas - Classe 1
	2003*	2004*	2005*	2006*	2007*	2008*	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,09 ± 0,59 (4,72 - 7,24)	6,7 ± 0,78 (5,08 - 9,55)	6,9 ± 0,97 (5,16 - 11,21)	6,5 ± 0,7 (4,7 - 8,65)	6,23 ± 0,58 (5,0 - 8,5)	6,5 ± 1,1 (4,31 - 9,59)	6,0
Temperatura (°C)	23,88 ± 0,97 (22,14 - 25,74)	23,7 ± 1,16 (21,26 - 27,28)	23,5 ± 1,69 (21,13 - 28,83)	23,3 ± 1,2 (21,03 - 26,27)	23,19 ± 1,97 (19,4 - 27,3)	23,25 ± 1,4 (20,6 - 25,8)	-
Salinidade (ups)	34,81 ± 0,77 (33,0 - 35,98)	35,7 ± 1,54 (31,9 - 37,7)	36,8 ± 1,29 (33,9 - 39,4)	36,1 ± 2,1 (30,94 - 38,38)	37,11 ± 0,59 (35,8 - 57,9)	36,94 ± 0,66 (35,34 - 38,18)	> 30 ups
Condutividade (mS/cm)	52,87 ± 1,13 (50,4 - 54,6)	54,3 ± 2 (48,74 - 56,57)	55,4 ± 1,76 (51,7 - 58,8)	54,7 ± 2,8 (47,4 - 57,5)	55,82 ± 1,05 (52,1 - 57,9)	55,6 ± 0,85 (53,4 - 57,2)	-
pH	7,96 ± 0,11 (7,7 - 8,2)	7,8 ± 0,35 (6,7 - 8,2)	7,4 ± 0,76 (6,3 - 7,9)	7,9 ± 0,3 (6,52 - 8,25)	8,05 ± 0,14 (7,7 - 8,6)	8,03 ± 0,06 (7,86 - 8,25)	6,5 - 8,5
Turbidez (NTU)	5 ± 5,6 (0 - 41,9)	3,9 ± 2,07 (0,5 - 9)	7,4 ± 6,35 (0,5 - 33,3)	7,3 ± 7,7 (0 - 45)	22,43 ± 21,89 (0,0 - 129)	6,7 ± 7,4 (0,1 - 30)	-
Ferro Total (mg/L)	0,43 ± 0,43 (0,06 - 2,58)	0,4 ± 0,26 (0,01 - 1,37)	0,2 ± 0,28 (0,01 - 2,0)	0,2 ± 0,2 (0,02 - 1,2)	0,27 ± 0,32 (0,01 - 1,6)	0,16 ± 0,28 (0,05 - 1,56)	-
Ferro Dissolvido (mg/L)	0,04 ± 0,07 (0,01 - 0,63)	0,13 ± 0,1 (0,01 - 0,49)	0,04 ± 0,05 (0,01 - 0,29)	0,1 ± 0,1 (0,02 - 0,3)	0,11 ± 0,08 (0,01 - 0,4)	0,05 ± 0,01 (0,01 - 0,1)	0,3
DBO (mg/L)	1,09 ± 0,82 (0,4 - 6,6)	1,4 ± 1,1 (0,04 - 5,77)	3,82 ± 1,38 (0,88 - 7,5)	3,0 ± 0,0	3,03 ± 1,47 (0,1 - 8,0)	1,4 ± 0,69 (0,5 - 3,92)	-
Óleos e Graxas (mg/L)	19,61 ± 37,34 (10 - 265,8)	<5,0 ± 0,0	5,1 ± 1,19 (1 - 8,2)	1,2 ± 0,63 (0,5 - 3,2)	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,44 (1,0 - 3,0)	Virtualmente ausentes
Colif. Termotolerantess (UFC/100 mL)	33,45 ± 113,64 (2 - 900)	338,2 ± 2.838 (2 - 30.000)	111,4 ± 445 (1 - 3.400)	36,7 ± 129 (1 - 1.200)	18 ± 38 (1,0 - 260)	15 ± 28 (1 - 156)	1.000
Nitrog. Amoniacal(mg/L)	0,05 ± 0,02 (0,02 - 0,15)	0,04 ± 0,05 (0,01 - 0,41)	0,05 ± 0,05 (0,01 - 0,36)	0,1 ± 0,2 (0,001 - 1,36)	0,03 ± 0,03 (0,001 - 0,2)	0,16 ± 0,16 (0,1 - 12)	0,4
Nitrito (mg/L)	0,01 ± 0,05 (0,01 - 0,04)	0,02 ± 0,02 (0,01 - 0,09)	0,01	0,005 ± 0,002 (0,002 - 0,1)	0,01 ± 0,002 (0,005 - 0,02)	0,02 ± 0,01 (0,02 - 0,1)	0,07
Nitrato (mg/L)	0,04 ± 0,02 (0,01 - 0,13)	0,14 ± 0,07 (0,01 - 0,4)	0,06 ± 0,05 (0,01 - 0,29)	0,5 ± 0,5 (0,005 - 1,7)	0,06 ± 0,04 (0,001 - 0,2)	-	0,4
Fosfato (mg/L)	0,02 ± 0,02 (0,01 - 0,1)	0,01 ± 0,02 (0,001 - 0,11)	0,02 ± 0,02 (0,001 - 0,08)	0,03 ± 0,04 (0,005 - 0,43)	0,02 ± 0,01 (0,005 - 0,06)	0,02 ± 0,01 (0,01 - 0,06)	-
Fósforo Total (mg/L)	-	0,04 ± 0,02 (0,001 - 0,11)	0,035 ± 0,03 (0,001 - 0,16)	0,1 ± 0,1 (0,016 - 0,75)	0,03 ± 0,03 (0,005 - 0,17)	0,03 ± 0,02 (0,01 - 0,16)	0,062

Tabela 3.1.3.2-3: Série histórica de dados para a Baía de Vitória e limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para os parâmetros físico-químicos e químicos considerados neste diagnóstico.

PARÂMETROS	Resolução CONAMA 357/05 Águas Salobras Classe 1	CEPEMAR 2000	CEPEMAR 2002	*STERZA 2002	HABITEC 2003	JESUS <i>et al</i> 2004	ENVIRONLINK 2006	CEPEMAR 2006 e,f,g	CEPEMAR 2007d,e
Temperatura (° C)	-	23,1 – 24,1	21,7 – 27,8	21,7 – 25,4	20,9 – 26,9	25,0 – 27,3	22,1 – 28,7	23,0 – 26,4	23,2 – 23,9
Salinidade (ups)	-	30,8 – 34,1	22,9 – 36,2	28,9 – 36,7	*28,7 – 33,9	23,0	7,8 – 37,6	12,3 – 31,5	28,9 – 35,1
Condutividade (mS/cm)	-	45,9 – 50,2	36,9 – 58,9	44,7 – 54,5	-	-	-	-	45 – 53
pH	6,5 – 8,5	7,24 – 7,68	7,6 – 8,0	7,8 – 8,68	-	6,8 – 7,4	-	6,8 – 8,7	7,2 – 7,8
OD (mg/L)	5,0	5,28 – 8,57	4,5 – 7,0	4,09 – 6,42	> 8,0	<5,0 – 5,5	5,7 – 7,6	3,8 – 7,9	3,09 – 4,7
OD (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	43,4 – 68,2
DBO (mg/L)	-	2,4 – 3,5	1 – 1,4	-	<1,0 – 3,0	-	-	1,2 – 9,9	1,2 – 3,6
Turbidez (NTU)	-	2,4 – 4,7	2,6 – 7,8	-	0,15 – 1,67	-	0,6 – 86,6	4,4 – 27,2	-
Ferro total (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	0,2 – 2,2	-
Fosfato (mg/L)	-	0,06 – 0,09	-	0,02 – 0,1	<0,002 – 0,52	-	-	-	0,06 – 0,86
Fósforo Total (mg/L)	0,124	0,1 – 0,15	0,05 – 0,1	-	-	-	0,01 – 2,42	-	-
Nitrato (mg/L)	0,4	0,07 – 0,11	0,07 – 0,12	0,02 – 0,11	< 0,1	-	0,01 – 7,21	0,04 – 0,34	0,01 – 0,27
Nitrito (mg/L)	0,07	0,01 – 0,02	<0,01 – 0,02	0,006 – 0,03	< 0,001 – 0,027	-	0,01 – 0,03	0,01 – 0,04	0,02 – 0,03
Nitr. Amoniacal (mg/L)	0,4	0,05 – 0,27	0,07 – 0,13	0,03 – 0,15	< 0,001 – 0,23	-	0,01 – 0,88	0,6 – 2,5	0,25 – 1,6
Nitrogênio Total (mg/L)	-	0,76 – 0,87	0,96 – 1,29	-	-	-	-	-	-
Colif. Term. (UFC/100 mL)	1.000	650 – 2.750	206 – 3.670	-	-	-	-	274 - 4.600.000	-

Do ano de 2003 a maio de 2009, a variação dos teores de oxigênio dissolvido foi alta, indo de 3,09 mg/L a 11,2 mg/L entre as estações do interior da Baía de Vitória e Porto de Tubarão, respectivamente. As médias de oxigênio dissolvido registradas encontram-se entre 5,7 mg/L na Baía de Vitória e 6,5 mg/L na Baía do Espírito Santo (Figura 3.1.3.2-2). Frequentemente na porção interna da Baía do Espírito Santo ocorrem águas ligeiramente mais oxigenadas na superfície com ligeira redução no compartimento de fundo, apesar da pequena profundidade da coluna d'água. Tal comportamento serve de indicativo da presença de processos de eutrofização, que podem ser notados de maneira mais evidente na superfície das águas próximas ao Canal da Passagem, cujo aporte fluvial rico em matéria orgânica é dirigido para o interior desta Baía.

Na Região Oceânica, os níveis médios de oxigenação das águas estiveram bem próximos dos encontrados na região portuária. Com exceção da Baía de Vitória, em todas as regiões a média geral de oxigenação esteve acima de 6,0 mg/L, como determinado pelo CONAMA 357/2005 para águas salinas, classe 1. Para as áreas em questão, as águas mais oxigenadas são encontradas no verão.

Valores abaixo de 6,0 mg/L são comuns no Canal do Porto de Vitória, como demonstrado em diversos estudos (Tabela 3.1.3.2-3). Importante ressaltar que ambientes pobres em oxigênio dissolvido geram condições redutoras, a qual permite aumentar a toxicidade de muitos elementos químicos, que se tornam biodisponíveis, como os metais pesados e o fosfato (BAUMGARTEN, 2001). A saturação de oxigênio acompanhou o padrão da oxigenação comentada acima, chegando a níveis de hipersaturação na Baía do Espírito Santo, onde sua variação foi significativamente maior que nas demais áreas de abrangência deste diagnóstico.

A turbidez nas águas locais pode variar consideravelmente. Valores médios situam-se entre 9,0 uT e 14 uT (Figura 3.1.3.2-2). A variação média da turbidez entre as regiões estudadas é relativamente semelhante, embora as origens deste comportamento possam ser diferentes para cada área. Na Baía de Vitória, o canal do Porto sofre periódicas dragagens e recebe aportes de diversos efluentes nas suas águas, por isso, valores superiores a outros sistemas estuarinos naturais são comumente observados.

Na região costeira e oceânica, os picos de concentração encontram-se associados ao efeito da sazonalidade e profundidade, podendo ser registrado um aumento da turbidez nos meses de inverno e nas camadas mais profundas da coluna d'água (neste caso os maiores valores na série histórica considerada ocorreram no inverno de 2008, associados à penetração de frente fria). A maior proximidade com o descarte de efluentes industriais previamente tratados parecem não exercer influência sobre o comportamento da turbidez nas águas costeiras próximas, uma vez que inúmeros testes estatísticos elaborados com base em 12 anos de estudos nesta região não indicaram impactos na turbidez atribuídos ao aporte deste tipo de efluente (CEPEMAR, 2007a).

Em termos de transparência (Figura 3.1.3.2-2), o comportamento observado é inverso ao da turbidez. As águas mais claras ocorrem com mais frequência nas estações oceânicas. As médias de transparência tendem a oscilar entre 1,2m (120 cm) na Baía de Vitória, 1,4m (140 cm) na Baía do Espírito Santo, 3,2m (320 cm) na Região Costeira, 1,9m (190 cm) no Porto de Tubarão, e 4,0m (400 cm) na Região Oceânica.

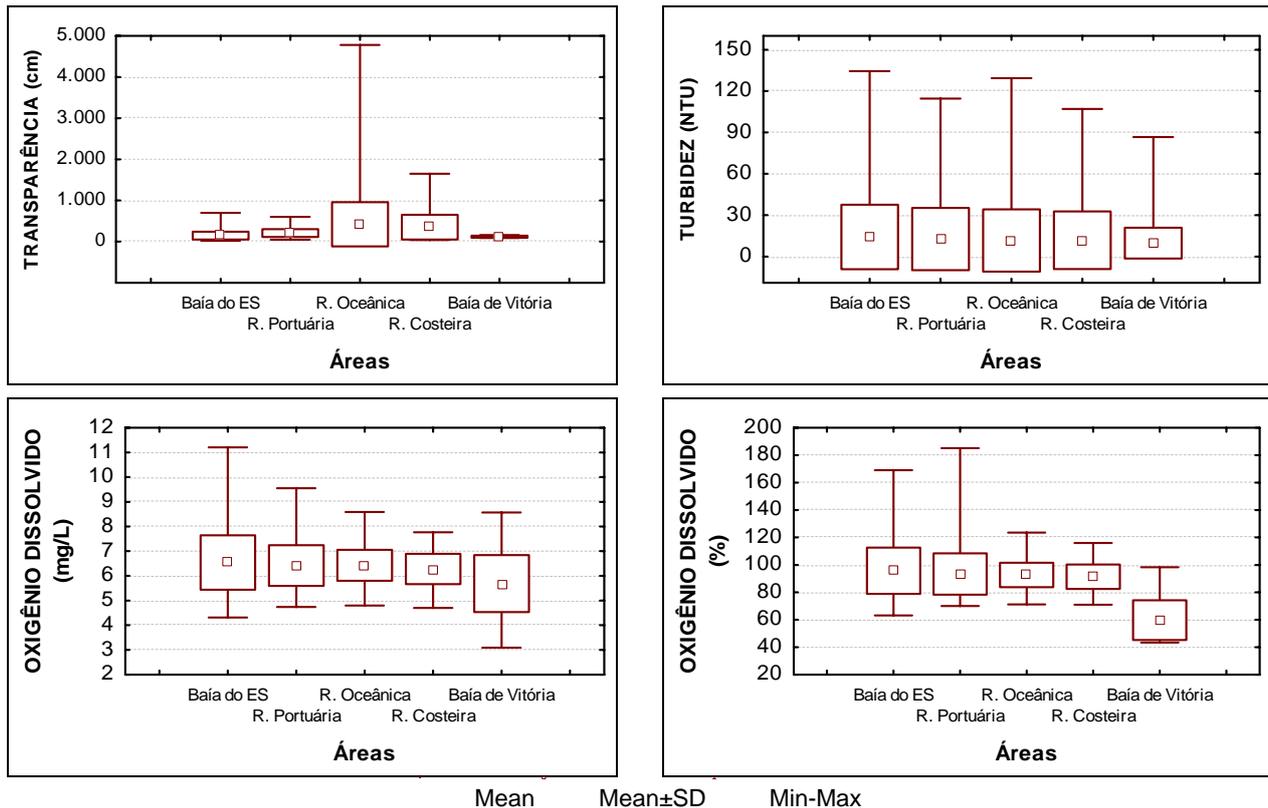


Figura 3.1.3.2-2: Variação da Transparência (m), Turbidez (NTU) e Oxigênio Dissolvido (mg/L e %) na área de influência indireta do empreendimento.

A Baía de Vitória concentra os maiores valores de ferro total com média de 0,69 mg/L. Tal padrão é duas vezes superior aos valores médios registrados nas demais áreas deste diagnóstico, entre 0,2 mg/L e 0,3 mg/L. Assim, até mesmo a região portuária de Tubarão apresenta níveis de ferro total inferiores aos da Baía de Vitória.

Para a fração dissolvida (Fe^{+2}), a análise deste parâmetro ficou prejudicada devido a carência de dados nas várias bibliografias consultadas para a Baía de Vitória (Tabela 3.1.3.2-3 e Figura 3.1.3.2-3). Embora todas as regiões possam estar sujeitas a alguns picos de concentração (como por exemplo, de 0,49 mg/L na Baía do Espírito Santo e de 0,44 mg/L no Porto de Tubarão), os valores médios na Baía do Espírito Santo e adjacências oscilaram entre 0,09 mg/L e 0,08 mg/L, indicando que até mesmo na área do Porto, os níveis de ferro dissolvido encontram-se de acordo com o limite máximo recomendado pela Resolução CONAMA N°357/05 (até 0,3 mg/L para águas salinas, classe 1).

As concentrações de ortofosfato em águas oceânicas são usualmente muito baixas (menores que 0,015 mg/L), e aumentam com a profundidade e em direção às regiões costeiras (NIENCHESKI *et al.* 1999). Em estudos anteriores realizados no litoral norte do Espírito Santo (CEPEMAR, 2006a), em águas afastadas da costa, foram observadas concentrações de fosfatos de até 0,03 mg/L. Nas águas oceânicas deste diagnóstico, a média de fosfato permanece em 0,02 mg/L.

A média de fosfato na Baía do Espírito Santo, Porto de Tubarão e Região Costeira também se encontra em 0,02 mg/L, mesmo com a variabilidade deste parâmetro no interior da baía do Espírito Santo, principalmente próximo ao Canal da Passagem. Na Baía de Vitória os níveis de fosfato são significativamente maiores, com média de 0,16 mg/L e máximo de 0,9 mg/L. Segundo Baumgarten, 2001, os valores observados para a Baía de Vitória estão acima daqueles considerados típicos para estuários não poluídos, onde as concentrações devem variar em torno de 0,025 mg/L.

O fósforo total representa o somatório de todas as formas de fósforo, incluindo as frações dissolvidas e particuladas presentes na água, como também o material de origem orgânica. Na Baía de Vitória os níveis tendem a ser maiores, como demonstrado pela média de 0,2 mg/L. Desta forma, com relação às formas de fósforo em geral, a área de influência pode ser dividida entre Canal de Vitória e as outras 4 regiões formando uma única área, onde a concentração média encontra-se próxima de 0,04 mg/L (Figura 3.1.3.2-3). Vale ressaltar que a Baía de Vitória recebe um elevado aporte de efluentes orgânicos provenientes de disposições inadequadas de esgotos domésticos através dos corpos fluviais que nela deságuam, principalmente os rios Aribiri e Santa Maria.

De acordo com a Resolução CONAMA N°357/05, na qual o valor máximo de fósforo total em águas salinas é de 0,062 mg/L, já foram registradas irregularidades em algum momento, em todas as regiões consideradas neste estudo. Interessante notar que até mesmo nos locais mais afastados da costa já ocorreram alguns picos isolados de fósforo total.

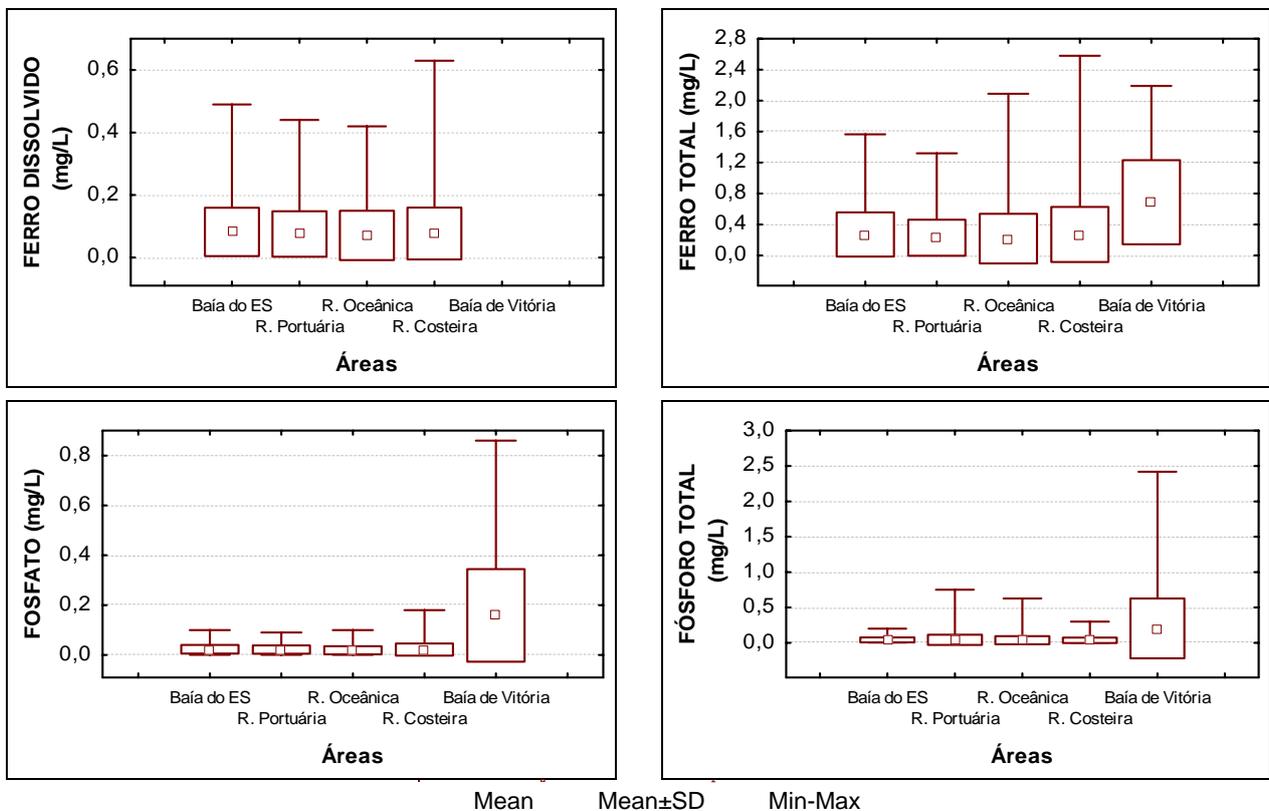


Figura 3.1.3.2-3: Variação da concentração de Ferro Total (mg/L), Ferro Dissolvido (mg/L), Fosfato (mg/L) e Fósforo Total (mg/L) na área de influência indireta do empreendimento.

As concentrações de nitrito na região são naturalmente baixas, como demonstrado pela concentração média de 0,01 mg/L em todas as regiões, exceto Baía de Vitória, com 0,02 mg/L. De acordo com a Resolução CONAMA N°357/05, todos os valores considerados neste diagnóstico estiveram abaixo de 1,0 mg/L. Vale ressaltar que o nitrito é uma forma intermediária no ciclo do nitrogênio, de rápida oxidação em ambientes com boa oxigenação, daí sua conversão a nitrato, e sem efeitos mais nocivos para a biota (Figura 3.1.3.2-4).

Para o nitrato, o que se observa mais uma vez é a separação da área de influência em dois blocos: Baía de Vitória (Canal do Porto) com média de 0,6 mg/L, versus as demais regiões, cuja média de nitrato oscila entre 0,06 mg/L e 0,08 mg/L. Logicamente que as concentrações de nutrientes no Canal da baía de Vitória, por ser uma área estuarina, são naturalmente maiores, devido à grande quantidade de material orgânico presente nos rios que ali desembocam, a qual vai sendo diluída pela água salgada de acordo com a penetração da maré. Porém, a ineficiência na disposição adequada dos diversos resíduos lançados nos rios do sistema estuarino da Baía de Vitória contribui para o incremento cada vez maior de matéria orgânica no canal de Vitória. Deste modo, a concentração média encontra-se acima do máximo permitido para nitrato em águas salobras, classe 1, de até 0,4 mg/L, indicando mais uma vez que as águas da Baía de Vitória encontram-se num estágio considerável de impacto ambiental. Aminot e Chaussepied (1983) citam concentrações de até 0,2 mg/L de nitrato como normais em ambientes estuarinos não contaminados.

Na Baía do Espírito Santo e adjacências, todas as concentrações de nitrato estão de acordo com a Resolução CONAMA N° 357/05, de até 0,4 mg/L de nitrato em águas salinas, classe 1 (Figura 3.1.3.2-4).

Para o nitrogênio amoniacal, mais uma vez os incrementos desse nutriente podem ser notados na Baía de Vitória, cuja média está em 0,43 mg/L (Figura 3.1.3.2-4). Em direção a áreas mais afastadas ocorre um declínio quase que gradativo desse parâmetro. Vale ressaltar que nos últimos anos houve registro de algumas concentrações acima do limite proposto pela legislação em vigor, de até 0,4 mg/L (CONAMA 357/2005), mas em virtude da pequena ocorrência e sem ser notado um padrão sazonal ou de distribuição espacial, pode-se considerar que a média de nitrogênio amoniacal na Baía do Espírito Santo e regiões Portuária, Costeira e Oceânica adjacentes considerando-se o período de 2003 a 2009 está situada entre 0,06 mg/L e 0,08 mg/L (Tabela 3.1.3.2-1).

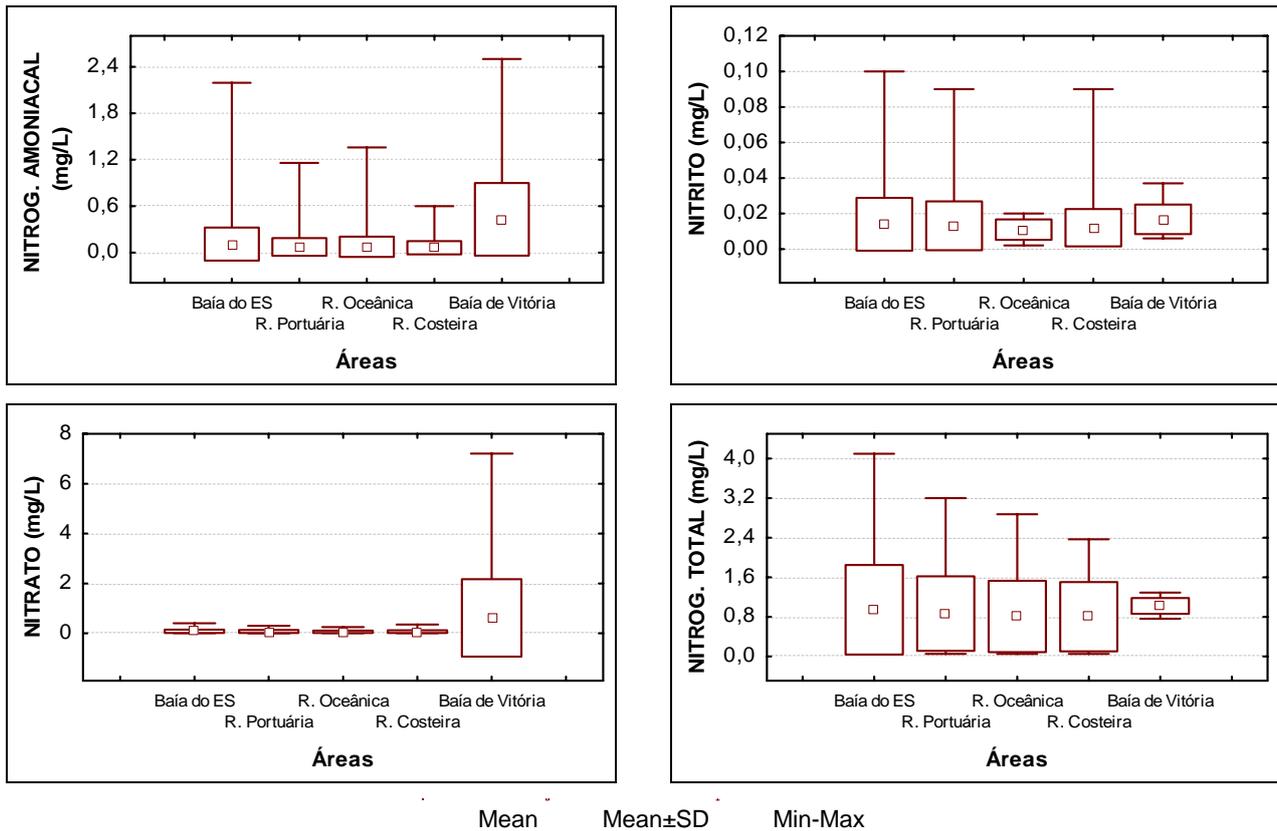


Figura 3.1.3.2-4: Variação da concentração de nitrogênio amoniacal (mg/L) na área de influência indireta do empreendimento.

A variação observada para os teores de óleos e graxas esteve associada basicamente às alterações do limite de detecção analítico ao longo desses anos. A sensibilidade analítica variou muito entre 2002 e 2007, indo de 10,0 mg/L a 1,0 mg/L. As regiões não apresentam diferenças significativas em termos de valores médios, ainda que na Baía de Vitória já tenham sido registradas concentrações próximas de 20 mg/L (Figura 3.1.3.2-5). Não existe um limite tolerável estabelecido para os óleos e as graxas devido à grande variação nas propriedades físicas, químicas e toxicológicas que os inúmeros compostos formadores dessas substâncias podem apresentar (BAUMGARTEN, 2001). Para águas salobras e salinas é esperado que permaneçam virtualmente ausentes.

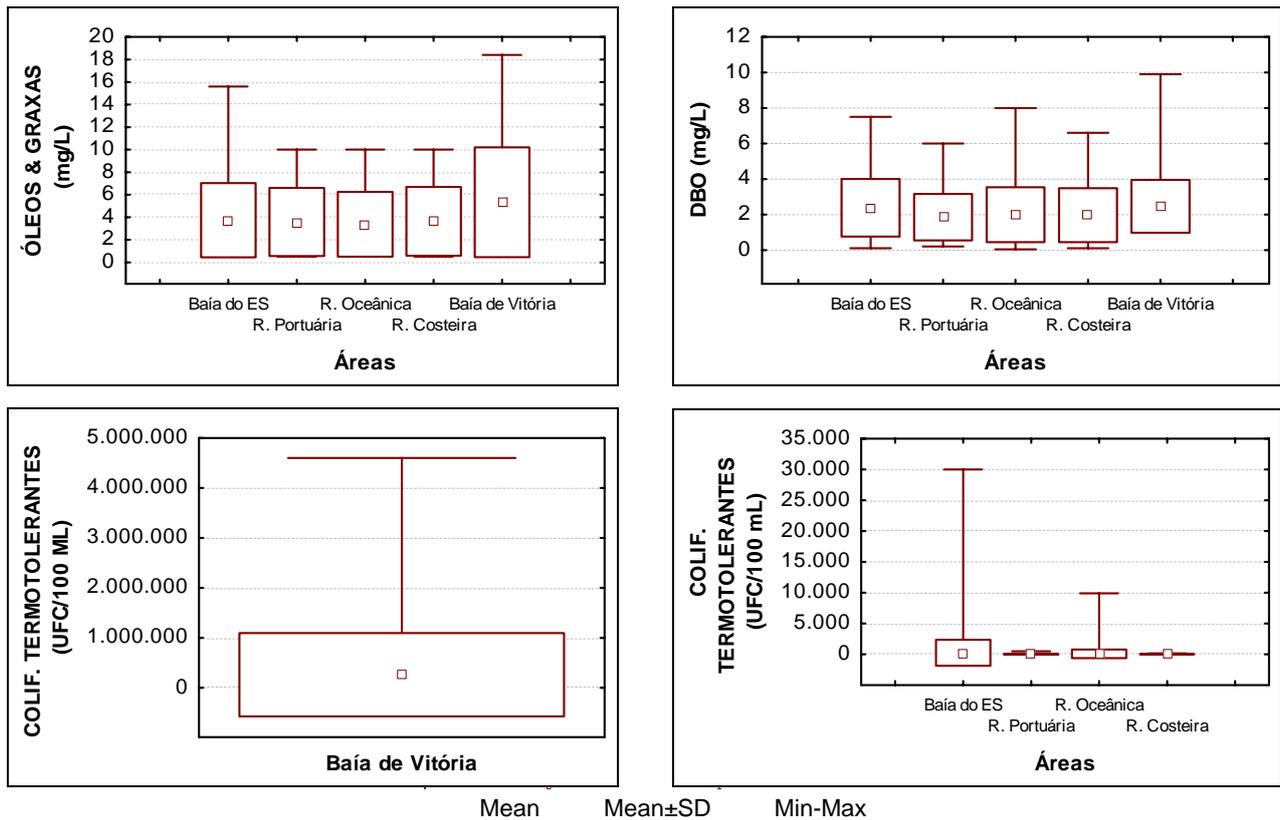


Figura 3.1.3.2-5: Variação da concentração de Óleos e Graxas (mg/L), DBO (mg/L) e Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL) na área de influência indireta do empreendimento.

O índice de contaminação fecal medido pela quantificação dos micro-organismos representantes do grupo dos coliformes termotolerantes foi dividido em duas partes para melhor visualização. Primeiramente, para a Baía do Espírito Santo e regiões adjacentes, a distribuição espacial encontra-se bem localizada na área próxima ao Canal da Passagem (concentrações de até 30.000 UFC/100 mL). Nesta Baía é comum encontrar níveis elevados de coliformes termotolerantes, a qual recebe contribuições também da Baía de Vitória. A média de coliformes termotolerantes na Baía do Espírito Santo está próxima de 250 UFC/100 mL. Nas demais regiões a contaminação fecal é insignificante, com valores médios de 26 UFC/100 mL, 10 UFC/100 mL e 68 UFC/100 mL para as regiões Portuária, costeira e oceânica (Figura 3.1.3.2-5). Na Baía de Vitória, como comentado acima, a contaminação fecal encontra-se num estágio bem mais avançado. Os esgotos lançados *in natura* provenientes de toda Grande Vitória são um desafio na melhoria da qualidade e balneabilidade das águas locais. A média de coliformes termotolerantes nessa área ultrapassa 260.000 UFC/100 mL, quando o máximo tolerável é de 5.000 UFC/100 mL.

3.1.3.3 Qualidade dos Sedimentos (Geoquímica)

3.1.3.3.1 Caracterização Geral

A faixa de valores dos principais contaminantes analisados nos sedimentos da área de influência está sintetizada nas Tabelas 3.1.3.3.1-1 e 3.1.3.3.1-2.

Na Tabela 3.1.3.3.1-3 estão descritos valores de referência para metais pesados e matéria orgânica em sedimentos.

Tabela 3.1.3.3.1-1: Média, desvio padrão e faixa de variação das concentrações de metais pesados, nitrogênio, fósforo e carbono orgânico total (COT) encontrados em sedimentos da Baía do Espírito Santo, em áreas portuárias e nas regiões costeira e oceânica adjacente ao empreendimento, bem como no Canal da Baía de Vitória.

PARÂMETROS	^{1,3} BAÍA DO ESPÍRITO SANTO (PRAIA DE CAMBURI)	^{1,3,4} BAÍA DO ESPÍRITO SANTO (PORTO DE TUBARÃO)	² PORTO DE PRAIA MOLE
Ferro (%)	6,02 ± 6,19 (3,7 – 16,8)	8,73 ± 6,8 (0,64 – 23,7)	4,46 ± 6,9 (0,05 – 12,4)
Manganês (mg/kg)	252 ± 168 (83 – 471)	616 ± 308 (38 – 2.472)	-
Arsênio (mg/kg)	43,1 ± 30,9 (8,5 – 88,7)	15,5 ± 12,5 (0,93 – 42)	< 0,01
Cádmio (mg/kg)	1,1 ± 0,9 (0,5 – 2,7)	0,27 ± 0,3 (0,05 – 1,4)	< 0,001
Cobre (mg/kg)	4,0 ± 4,0 (2 – 12)	16,2 ± 9,3 (1,38 – 43)	< 0,01
Zinco (mg/kg)	27 ± 25 (3 – 65)	60,6 ± 24,7 (1 – 106)	0,1 ± 0,02
Chumbo (mg/kg)	8,0 ± 6,0 (3 – 18)	16,94 ± 7,07 (1,93 – 44)	< 0,01
Cromo (mg/kg)	22 ± 14 (6 – 41)	30,8 ± 10,9 (5 – 48,2)	< 0,05
Níquel (mg/kg)	7,0 ± 3,0 (5 – 12)	7,65 ± 1,85 (3,7 – 10,8)	< 0,01
Mercúrio (mg/kg)	0,41 ± 0,26 (0,21 – 0,73)	0,07 ± 0,0 (0,05 – 0,07)	< 0,001
Fósforo Total (mg/kg)	353	³ 542 ± 140 (90 – 744)	183 ± 37,6 (149 – 223)
Nitrogênio Total (mg/kg)	232	862 ± 1.327 (208 – 6.142)	433 ± 115 (300 – 500)
COT (%)	20,8	6,22 ± 3,43 (3,08 – 19,3)	3,94 ± 0,43 (3,47 – 4,31)
PARÂMETROS	^{1,3} REGIÃO COSTEIRA	^{1,3,4} REGIÃO OCEÂNICA	^{5,6,7} BAÍA DE VITÓRIA
Ferro (%)	0,64 ± 0,18 (0,51 – 0,77)	18,07 ± 28 (1,47 – 96,6)	5,2
Manganês (mg/kg)	144 ± 60 (101 – 186)	308,3 ± 258 (26,3 – 722)	477
Arsênio (mg/kg)	24,6 ± 14,1 (14,6 – 34,5)	11,06 ± 21,2 (0,142 – 68,3)	0,125 ± 0,0
Cádmio (mg/kg)	0,5 ± 0,0	1,49 ± 3,7 (0,07 – 12,1)	2,47 ± 1,08 (0,12 – 3,6)
Cobre (mg/kg)	2,0 ± 0,0	6,32 ± 3,56 (2 – 12)	22,08 ± 28 (0,12 – 119)
Zinco (mg/kg)	1,0 ± 0,0	12,7 ± 15,2 (1,42 – 36)	84,58 ± 81,3 (0,25 – 355)
Chumbo (mg/kg)	3 ± 1 (2 – 4)	10,7 ± 17,3 (1,11 – 61,6)	23,03 ± 15,8 (0,25 – 70)
Cromo (mg/kg)	9 ± 1 (8-9)	15,16 ± 13,7 (0,7 – 36)	33,37 ± 16 (0,25 – 60)
Níquel (mg/kg)	5 ± 0,0	5,9 ± 1,9 (2,33 – 9)	16,3 ± 11,3 (0,12 – 50)
Mercúrio (mg/kg)	0,27 ± 0,08 (0,2 – 0,3)	0,18 ± 0,2 (0,07 – 0,59)	2,56 ± 9,5 (0,1 – 3,7)
Fósforo Total (mg/kg)	463,5 ± 19 (450 – 477)	348 ± 147 (93,7 – 516)	197,7 ± 85 (33,2 – 290)
Nitrogênio Total (mg/kg)	622 ± 73 (570 – 674)	430 ± 300 (1,24 – 896)	390 ± 142 (45 – 567)
COT (%)	5,27 ± 1,5 (4,2 – 6,3)	3,09 ± 3,6 (0,26 – 10,7)	1,25 ± 0,77 (0,03 – 2,32)

¹ CEPEMAR, 2007b. Avaliação da Concentração de Metais Pesados em Sedimentos Marinhos 4ª Campanha/Ciclo 2006-2007 (GERENCIAL)

² Equilibrium, 2006; CST.

³ CEPEMAR, 2006c. Caracterização dos sedimentos nas áreas de dragagem da CVRD.

⁴ CEPEMAR, 2007c. Caracterização dos sedimentos na área de descarte licenciada para dragagem no complexo portuário de Tubarão.

⁵ Gaia, 2005 Análise química de sedimento marinho – Companhia Docas do Espírito Santo, 33p.

⁶ Environlink, 2006. Monitoramento Ambiental da Dragagem da Baía e Canal Portuário de Vitória – 4º Relatório Técnico Parcial – Condicionante Nº 1, 37p.

⁷ Habitec, 2003. Dragagem de Manutenção da Baía e Canal Portuário de Vitória. 69p.

Tabela 3.1.3.3.1-2: Valores de Pesticidas Organoclorados, Bifenilas Policloradas e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos encontrados em sedimentos da área de influência. Valores em µg/kg.

PARÂMETROS	¹ BAÍA DO ESPÍRITO SANTO (PRAIA DE CAMBURI)	² BAÍA DO ESPÍRITO SANTO (PORTO DE TUBARÃO)	¹ REGIÃO COSTEIRA	^{1,2} REGIÃO OCEÂNICA	³ BAÍA DE VITÓRIA
Pesticidas Organoclorados					
BHC (Alfa – BHC)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,1
BHC (Beta– BHC)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,1
BHC (Delta– BHC)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,1
BHC (Gama– BHC/Lindano)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,1
Clordano (Alfa)	1	1	1	1	< 0,1
Clordano (Gama)	1	1	1	1	< 0,1
DDD	1	1	1	1	< 0,1
DDE	1	1	1	1	< 0,1
DDT	1	1	1	1	< 0,1
Dieldrin	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,1
Endrin	1	1	1	1	< 0,1
PCBs					
Bifenilas Policloradas - Totais					
Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPAs)					
Benzo(a)antraceno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 0,07 – 28,97
Benzo(a)pireno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	9,4 ± 4,7 (6,8 – 16,4)	< 0,07
Criseno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	17,2 ± 9 (9,25 – 30,3)	< 0,07 – 43,08
Dibenzo(a,b)antraceno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 0,07
Acenaleno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 0,07
Acenaftleno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 0,07
Antraceno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 0,07 – 2,05
Fenantreno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 0,07 – 3,75
Fluoranteno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	13,8 ± 6,8 (9,5 – 24)	1,2 – 4,96
Fluoreno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 0,07
2-Metilnaftaleno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 0,07
Naftaleno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	9,45 ± 1,5 (7,34 – 11,5)	< 0,07
Pireno	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	2,1 – 6,32
Soma de PAHs	< 5,0	< 5,0	< 5,0	51,34 ± 41,3 (13,7 – 122)	3,3 – 160,6

¹: CEPEMAR, 2006c. Caracterização dos sedimentos nas áreas de dragagem da CVRD.

²: CEPEMAR, 2007c. Caracterização dos sedimentos na área de descarte licenciada para dragagem no complexo portuário de Tubarão.

³: Environlink, 2006. Monitoramento Ambiental da Dragagem da Baía e Canal Portuário de Vitória – 4º Relatório Técnico Parcial – Condicionante Nº 1, 37p.

Tabela 3.1.3.3.1-3: Valores médios obtidos em outros estudos para a concentração de metais pesados em sedimentos marinhos.

ESTUDOS	METAIS PESADOS									
	Fe (%)	Mn (µg/g)	As (µg/g)	Cd (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Pb (µg/g)	Cr (µg/g)	Ni (µg/g)	Hg (µg/g)
CEPEMAR, 2006 ^b (Plataforma do ES)	4,2	838	-	<0,3	15,0	46,0	11,0	45,0	18,0	<0,04
CEPEMAR, 2006 ^c (Talude do ES)	5,3	4459	-	<0,4	16,0	49,0	12,0	52,0	25,0	<0,02
CEPEMAR, 2006 ^d (PORTOCEL)	-	-	41,3	<0,4	29,6	45,1	15,0	51,8	13,6	0,15
Hortellani et al., 2007 (Porto de Santos)	1,83	-	-	0,52	-	58,75	28,6	21,47	13,2	0,17
Lacerda, 2006 (Baía de Campos)	0,64	81	-	-	4,9	26,7	6,1	14,5	7,0	0,09
Rangel, et al. 2007 (Estuário Rio Paraíba do Sul)	4,5	-	-	1,0	29,5	95	-	62,5	-	-

A Resolução CONAMA Nº. 344/04, tendo como referência os critérios canadenses supracitados, estabeleceu níveis de classificação para os sedimentos sob as águas jurisdicionais brasileiras, a saber:

Nível 01 (equivalente do ERL): limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.

Nível 02 (equivalente do ERM): limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota.

Nesse aspecto, os resultados provenientes das análises geoquímicas, demonstrados nas Figuras 3.1.3.3.1-1 e 3.1.3.3.1-2, foram comparados aos valores orientadores preconizados pela Resolução CONAMA Nº. 344/04, sendo possível assim determinar a qualidade do sedimento na área de interesse (Tabela 3.1.3.3.1-4).

A análise geoquímica dos sedimentos mostrou que as áreas estudadas não apresentam níveis alarmantes de contaminação por metais pesados. Nenhuma amostra foi classificada como de Nível 02 (provável efeito adverso à biota). Entretanto algumas regiões apresentaram valores intermediários para os seguintes metais:

- Mercúrio (Hg): Baía do Espírito Santo, Regiões Costeira e Oceânica.
- Cádmio (Cd): Região Oceânica e Baía de Vitória.
- Arsênio (As): Baía do Espírito Santo, Regiões Costeira, Oceânica e Portuária.

Segundo estudo realizado por Long et al. (1998), a probabilidade de ocorrerem reações tóxicas quando um ou mais “Nível 1” são excedidos e nenhum “Nível 2” é excedido, é de 16 a 18% em testes de toxicidade com anfípodos e de 60 a 64% em outros testes. Esses percentuais aumentam com o aumento de valores excedidos.

O sedimento da baía de Vitória abriga as maiores concentrações médias de zinco, chumbo, cromo, níquel e mercúrio (Figuras 3.1.3.3.1-1 e 3.1.3.3.1-2). A caracterização geoquímica permite afirmar que, mesmo mantendo-se de acordo com as normas da resolução CONAMA 344/04, o Canal da Baía de Vitória encontra-se sob forte pressão antrópica, com valores próximos ou acima daqueles registrados nas demais regiões estudadas, com exceção do elemento arsênio (Tabela 3.1.3.3.1-1).

Segundo Jesus, et al. (2004) a área de mangue do rio Aribiri, o qual deságua na Baía de Vitória, é uma área marcada pela ocupação urbana desordenada, pela intensa atividade portuária e também pela disposição de sucata metálica na região conhecida como “Ferrinho”, contribuindo de maneira significativa para as concentrações de ferro, zinco e principalmente manganês na baía, a qual apresenta níveis de sedimentos acima de outros estudos realizados em regiões estuarinas. As condições redutoras dos sedimentos da baía de Vitória podem favorecer a formação de compostos insolúveis de manganês, a exemplo de MnO_2 e $Mn(OH)_4$, que podem coprecipitar diversos outros metais.

3.1.4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3.1.4.1 Aspectos Gerais e Localização

A região costeira da Grande Vitória pode ser geomorfologicamente caracterizada por um sistema estuarino integrado a uma região de plataforma continental interna, formando duas baías: a baía de Vitória, que é composta por uma porção insular granítica circundada pelo estuário da baía de Vitória, e a baía do Espírito Santo, correspondendo à enseada e à zona submersa adjacente da praia de Camburi, localizada na porção continental de planície marinha/fluvial holocênica/pleistocênica (ALBINO *et al.*, 2001).

A baía do Espírito Santo tem cerca de 5 km de largura por 6 km de comprimento, e pode ser descrita como sendo a plataforma interna adjacente à praia de Camburi. A baía é voltada para SE. Possui como limites sul os afloramentos graníticos que compõem o Morro do Macaco em Vila Velha, e, como limites norte, uma saliência dos Tabuleiros da Formação Barreiras e o Porto de Tubarão (Figura 3.1.4.1-1).

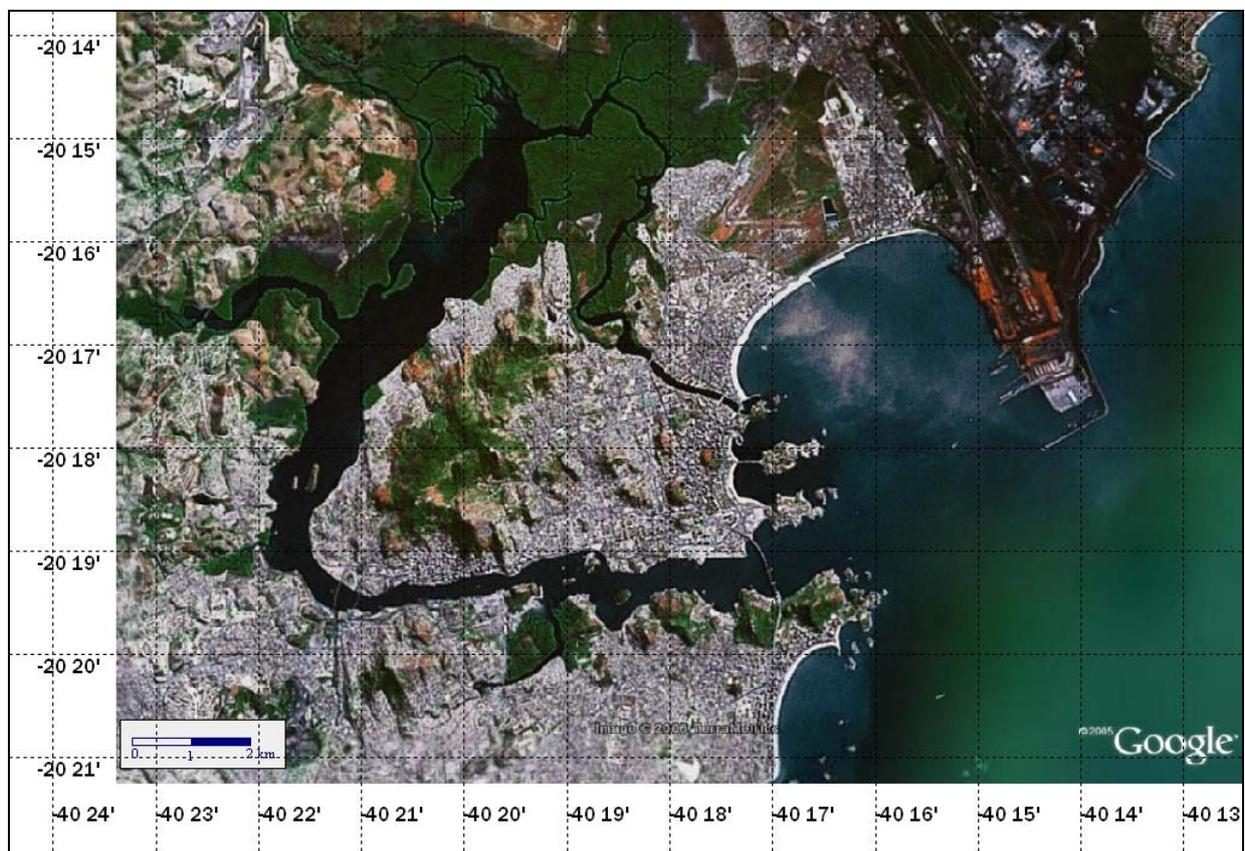


Figura 3.1.4.1-1: Localização geográfica da Baía do Espírito Santo.
Fonte: adaptado de Google Earth (2005).

A baía do Espírito Santo está situada no macrocompartimento Embaiamento de Tubarão, proposto por Silveira (1964, apud MUEHE, 1998), que compreende o limite que vai do rio Doce ao rio Itabapoana. Segundo Muehe (1998), esse macrocompartimento é caracterizado pela presença do relevo associado aos depósitos da Formação Barreiras, que se apresentam de forma descontínua, por vezes substituídos por afloramentos cristalinos.

Martin *et al.* (1997), baseando-se na distribuição espacial dos afloramentos rochosos cristalinos pré-cambrianos, dos depósitos sedimentares terciários da Formação Barreiras e dos depósitos arenosos das planícies fluviomarinhas quaternárias, enquadra esta porção do litoral no compartimento entre a baía de Vitória e a foz do rio Itapemirim, correspondendo ao litoral de afloramentos de rochas cristalinas pré-cambrianas, que entram em contato direto com depósitos quaternários. Afloramentos da Formação Barreiras também são encontrados em forma de falésias e terraços de abrasão.

3.1.4.2 Aspectos Tectônicos e Estruturais

Os eventos tectônicos denominados Ciclos Transamazônico e Brasileiro foram fundamentais para que a atual linha de costa adquirisse a direção predominantemente nordeste-sudoeste e também pelos principais domínios morfogenéticos reconhecidos na região. O arcabouço estrutural da área é condicionado por estruturas herdadas de unidades geotectônicas do embasamento pré-cambriano, que compreendem uma complexa associação de rochas ígneas e metamórficas da Província Mantiqueira (Vieira *et al.* 1994).

O último evento tectônico de maior significado está ligado ao processo de extensão crustal ligado à ruptura continental do Gondwana. O tectonismo durante esse evento atuou sobre as antigas linhas de fraqueza do embasamento pré-cambriano, ao longo da faixa correspondente à atual costa do Brasil. Como consequência, foram produzidos falhamentos normais e escalonados de grande extensão e sistemas de grabens e hemigrabens (ASMUS *et al.*, 1971).

Asmus *et al.* (1971) afirmam que os efeitos posteriores desse tectonismo, representados pelas reativações dos falhamentos principais, perduraram com intensidades decrescentes até o Neocretáceo/Eoterciário. A acomodação e deslocamento por pequenas falhas dos sedimentos depositados durante o Terciário (Formação Barreiras) e a configuração da rede de drenagem suportam esta afirmação (MENDES *et al.*, 1987).

King (1956) sugere a formação de uma estrutura monoclinial íngreme na faixa costeira, que ocasionou o soerguimento da superfície terciária em relação ao nível do mar durante o Terciário médio. Este arqueamento da superfície seria responsável pela exposição dos terraços de abrasão e a formação das falésias da Formação Barreiras.

Atividade magmática acompanhou o desenvolvimento tectônico da região, manifestando-se através de intrusões e/ou extrusões de rochas balsáticas em duas fases principais. A primeira, ocorrida durante o pré-aptiano, é registrada na forma de intrusões de 5 a 55 m de espessura na bacia sedimentar do Espírito Santo (ASMUS *et al.*, 1971). A segunda, provavelmente ligada à zona de fratura do assoalho oceânico, produziu efeitos consideráveis na plataforma continental adjacente ao litoral capixaba, modificando sua extensão com a acreção de uma área com cerca de 25.000 km², o banco de Abrolhos. Segundo Cordani (1970, *apud* CORDANI, 1973), as idades destas atividades magmáticas podem ser estendidas desde o Cretáceo superior até o Eoceno inferior a médio.

Durante o Quaternário, a evolução do litoral teve início no limiar do Pleistoceno, com a ocorrência da flexura continental que provocou o arqueamento da superfície pós-Barreiras, fato sugerido anteriormente por King (1956). Posteriormente, Barbosa *et al.* (1975, *apud* MENDES *et al.*, 1987) comprovaram esse fato, porém demonstraram que a direção dessa flexura varia de local a local, não apresentando homogeneidade nem paralelismo admitidos anteriormente por King (1956).

3.1.4.3 Geomorfologia Costeira do Espírito Santo

3.1.4.3.1 Colinas, Escarpas e Promontórios Cristalinos

Compondo as unidades de colinas, escarpas e promontórios rochosos que compõem a região da baía do Espírito Santo, são identificadas duas grandes unidades de rochas pré-cambrianas, a primeira constituída por gnaisses migmatíticos e rochas graníticas e a segunda composta por gnaisses kinzigíticos e núcleos de charnoquitos (COUTINHO, 1974).

O caráter polimetamórfico apresentado por essas rochas sugere a ação de eventos metamórficos relacionados a vários ciclos orogênicos, entre os quais o Transamazônico e o Brasileiro, bem como fenômenos anorogênicos, associados a importante tectonismo de fratura (CORDANI, 1973).

Machado Filho *et al.* (1983) dividiram o Complexo Paraíba do Sul em cinco subunidades e assinalaram que a de Gnaisses Kinzigíticos é a que ocorre na região de estudo, composta por metatexitos de composição relativamente homogênea com paleossoma escuro, representado por gnaisses kinzigíticos e neossoma branco quartzo-feldspático de composição variada, mais comumente granítica a granodiorítica.

Os gnaisses migmatíticos da porção ocidental do Espírito Santo apresentam-se bem orientados, com gnaissificação uniforme e por vezes bandamento nítido, caracterizando gnaisses fitados e/ou migmatitos. Machado Filho *et al.* (1983) apontam esse complexo como o embasamento regional de rochas cristalinas mais antigas que foram geradas em ciclos orogênicos sucessivos e superimpostos, iniciando-se provavelmente no Arqueano, permanecendo ao longo do Proterozoico.

As rochas mais antigas da região de estudo são os gnaisses do Complexo Paraíba do Sul que, segundo Tuller (1993) e Wiedemann *et al.* (1993), foram formados por metamorfismo regional em zona de choque de placas, que aconteceu há cerca de 600 milhões de anos, ao final do Proterozoico.

Em estágio seguinte, no início da Era Paleozoica, entre 520 e 480 milhões de anos, foi formado o maciço granítico de Aracruz.

Na era Mesozoica, no período Cretáceo, com o início da separação das placas tectônicas Africana e Sul Americana, foi formado o *rift* que deu origem ao Oceano Atlântico. A partir do movimento compensatório houve o soergimento da Região Serrana. A continuidade desse processo foi responsável pela deposição parcial da coluna sedimentar da bacia do Espírito Santo, cuja cobertura final foi dada pela deposição da Formação Barreiras no final do Terciário e início do Quaternário e pelos sedimentos da planície litorânea no Quaternário, predominantemente no Holoceno.

3.1.4.3.2 Tabuleiros, falésias e terraços de abrasão da Formação Barreiras

Costumam ser designados como Formação Barreiras os sedimentos de origem continental, pouco consolidados, que estão dispostos em estreita faixa ao longo da área costeira, desde o Estado do Rio de Janeiro até o Pará, invadindo ainda o vale do Amazonas (BIGARELLA; ANDRADE, 1964).

No modelo de evolução paleogeográfica e paleoclimática proposto por Martin *et al.* (1997) para o litoral do Estado do Espírito Santo, a sedimentação Barreiras ocorreu provavelmente durante o Plioceno, quando o clima era semiárido, sujeito a chuvas esporádicas torrenciais. Dessa forma, ter-se-iam formado amplas faixas de leques aluviais no sopé das encostas constituídas pelas rochas do embasamento. Nessa época, o nível do mar era mais baixo que o atual e os sedimentos da Formação Barreiras recobriram a plataforma continental (BIGARELLA; ANDRADE, 1964). A sedimentação Barreiras foi interrompida quando o clima passou a ser mais úmido (VILAS-BOAS *et al.*, 1979), e, no Pleistoceno, a transgressão ocorrida 120 mil anos AP (antes do presente) iniciou o solapamento dos sedimentos da porção mais externa do Barreiras, formando as falésias.

A subida do nível do mar erodiu também os sedimentos inconsolidados expondo o material da Formação Barreiras laterizado internamente pelo lençol freático - os terraços ferruginosos de abrasão marinha, que se encontram sobre a antepraia e plataforma continental interna.

No Estado do Espírito Santo, os depósitos da Formação Barreiras estão presentes ao longo de toda a faixa litorânea, conforme mapeado por Amador (1982) (Figura 3.1.4.3.2-1), com largura decrescendo rumo ao sul. No extremo norte, próximo à divisa com a Bahia, a largura atinge aproximadamente 80 km, e, nas proximidades de Vitória, cerca de 13 km.

Na porção ao sul, entre Vitória e Itapemirim, os depósitos se alternam com os costões rochosos em forma de falésias inativas e vivas, isto é, com erosão atual pelas ondas incidentes e terraços de abrasão marinha laterizados. Nas proximidades da Baía do Espírito Santo essa alternância pode ser verificada. Os depósitos da Formação Barreiras são representados pela Ponta de Tubarão e pelos terraços de abrasão presentes na praia, antepraia e baía do Espírito Santo, sendo responsáveis pelo limite nordeste do embaiamento que tem como limite sul o afloramento rochoso e a desembocadura do canal da Passagem.

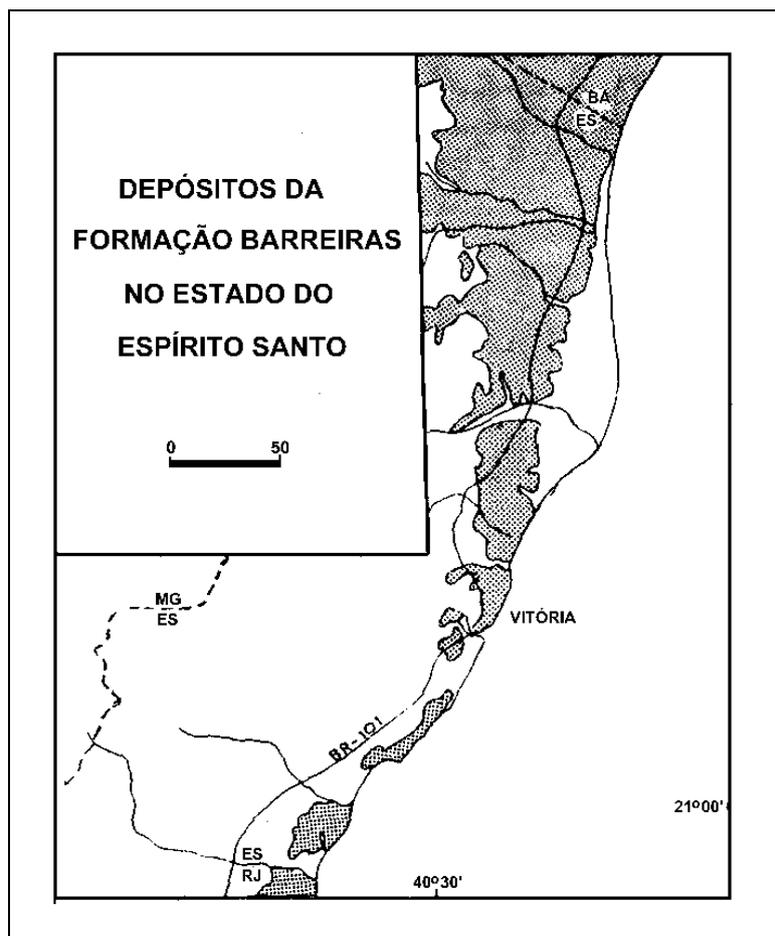


Figura 3.1.4.3.2-1: Distribuição dos depósitos da Formação Barreiras no litoral do Espírito Santo e norte do Rio de Janeiro (Modificado de Amador, 1982).

3.1.4.3.3 Planície Costeira Quaternária

A fisiografia da costa do Espírito Santo e a distribuição dos depósitos arenosos marinhos, além de estarem condicionadas à fonte e ao suprimento de sedimentos, dependem das variações do nível do mar, das ondas e correntes e da existência de armadilhas para reter sedimentos, conforme sintetizado por Suguio e Tessler (1984). Apresentam-se ainda condicionadas ao lineamento estrutural, à distribuição das unidades pré-cambrianas e terciárias, às características da plataforma, à amplitude de marés, entre outros.

A evolução das planícies costeiras quaternárias na costa leste do Brasil está relacionada às variações eustáticas ocorridas no período. Dominguez *et al.* (1981) elaboraram um esquema evolutivo das planícies litorâneas em função das variações eustáticas do Quaternário (Figura 3.1.4.3.3-1).

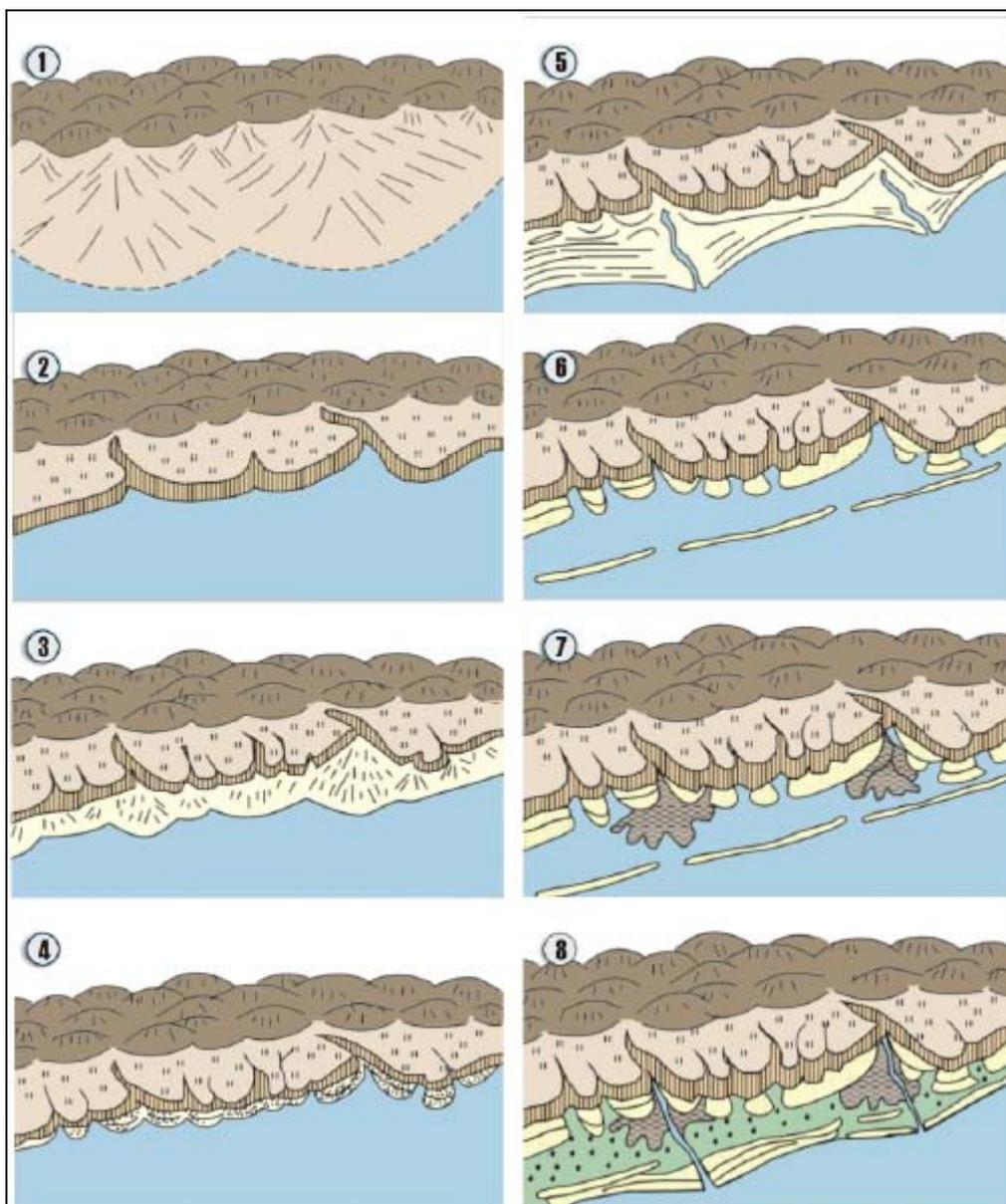


Figura 3.1.4.3.3-1: Estágios evolutivos de sedimentação litorânea, por mecanismos eustáticos e paleoclimáticos, desde o fim do Terciário até hoje. Fonte: Dominguez *et al.* (1981).

O estágio A corresponde à fase de deposição da Formação Barreiras durante o Plioceno, quando o clima era mais seco e o nível do mar mais baixo que o atual. O estágio B representa a interrupção da deposição dos sedimentos da Formação Barreiras, ocasionada possivelmente pelas características mais úmidas do clima.

A seguir ocorre a transgressão marinha mais antiga (anterior à Transgressão Cananeia) e a formação das falésias em sedimentos terciários. Após o máximo alcançado por essa transgressão e durante a regressão que se seguiu, o clima voltou a readquirir características semiáridas, ocasionando a formação de novos depósitos continentais de leques aluviais (estágio C). O estágio D corresponde ao nível máximo alcançado pela penúltima transgressão (120.000 A.P. = Transgressão Cananeia). Essa transgressão erodiu parte dos sedimentos continentais e formou falésias e estuários. O estágio E corresponde ao evento regressivo subsequente à transgressão anterior (DOMINGUEZ *et al.*, 1981). Nessa época foram construídos os terraços marinhos pleistocênicos.

No estágio F, a última transgressão, Transgressão Santos, erodiu e afogou as planícies costeiras. Junto às desembocaduras fluviais, a rede de drenagem que se havia instalado nos terraços pleistocênicos, favorecida pela descida acentuada do nível de base que caracterizou o evento anterior, foi invadida pelo mar da mesma forma que foram escavados alguns vales na Formação Barreiras, dando origem a estuários e ilhas barreira. Atrás dessas ilhas barreira instalaram-se sistemas lagunares nos quais as desembocaduras fluviais formaram deltas intralagunares (estágio G). O abaixamento de nível relativo do mar, que seguiu ao máximo transgressivo de 5.100 anos A.P., traduziu-se na formação de terraços marinhos a partir da ilha barreira original, com a progradação da linha de costa (estágio H).

A evolução geológica durante o Quaternário, com a variação do nível do mar ao longo da costa do Brasil, foi responsável pela alternância entre os processos continentais (deposicionais) e os processos marinhos (erosivos e deposicionais). Essas inversões deixaram marcas sobre a geomorfologia quaternária da região da Grande Vitória, como o desenvolvimento de planícies de cordões litorâneos, planícies de maré e estuários (Figura 3.1.4.3.3-1).

A baía de Vitória e o estuário ali implantado, assim como os demais estuários atuais da costa leste do Brasil, têm sua formação a partir de transgressões do nível do mar ocorridas durante o Quaternário, que provocaram o afogamento e alargamento dos rios próximos à sua desembocadura (MENDES, 1984; DOMINGUEZ *et al.*, 1983). No estuário em questão, o afogamento da baía e do rio propiciou o desenvolvimento de uma larga desembocadura e um extenso manguezal.

O resultado da interação entre os elementos atuantes na configuração geomorfológica e a distribuição espacial dos afloramentos cristalinos dos depósitos da Formação Barreiras e dos depósitos fluviomarinhos é um litoral diversificado. A Figura 3.1.4.3.3-2 apresenta o mapa geológico quaternário da região que reflete essa interação.

A geologia e geomorfologia da baía do Espírito Santo e praia de Camburi é caracterizada pela alternância entre os depósitos da Formação Barreiras e os afloramentos rochosos cristalinos desse compartimento do litoral. O limite a nordeste corresponde à ponta de Tubarão e aos tabuleiros da Formação Barreiras. Rumo ao norte, os tabuleiros e falésias se mantêm junto à linha de costa. Terraços de abrasão expostos pelas transgressões marinhas são verificados nessa porção do litoral. O sul corresponde aos afloramentos das unidades de rochas pré-cambrianas associadas aos eventos orogenéticos. À retaguarda da praia observa-se a planície de maré com sedimentos fluviomarinhos associados às transgressões marinhas. Essa planície é limitada pela planície de cordões litorâneos desenvolvidos por ocasião da regressão marinha.

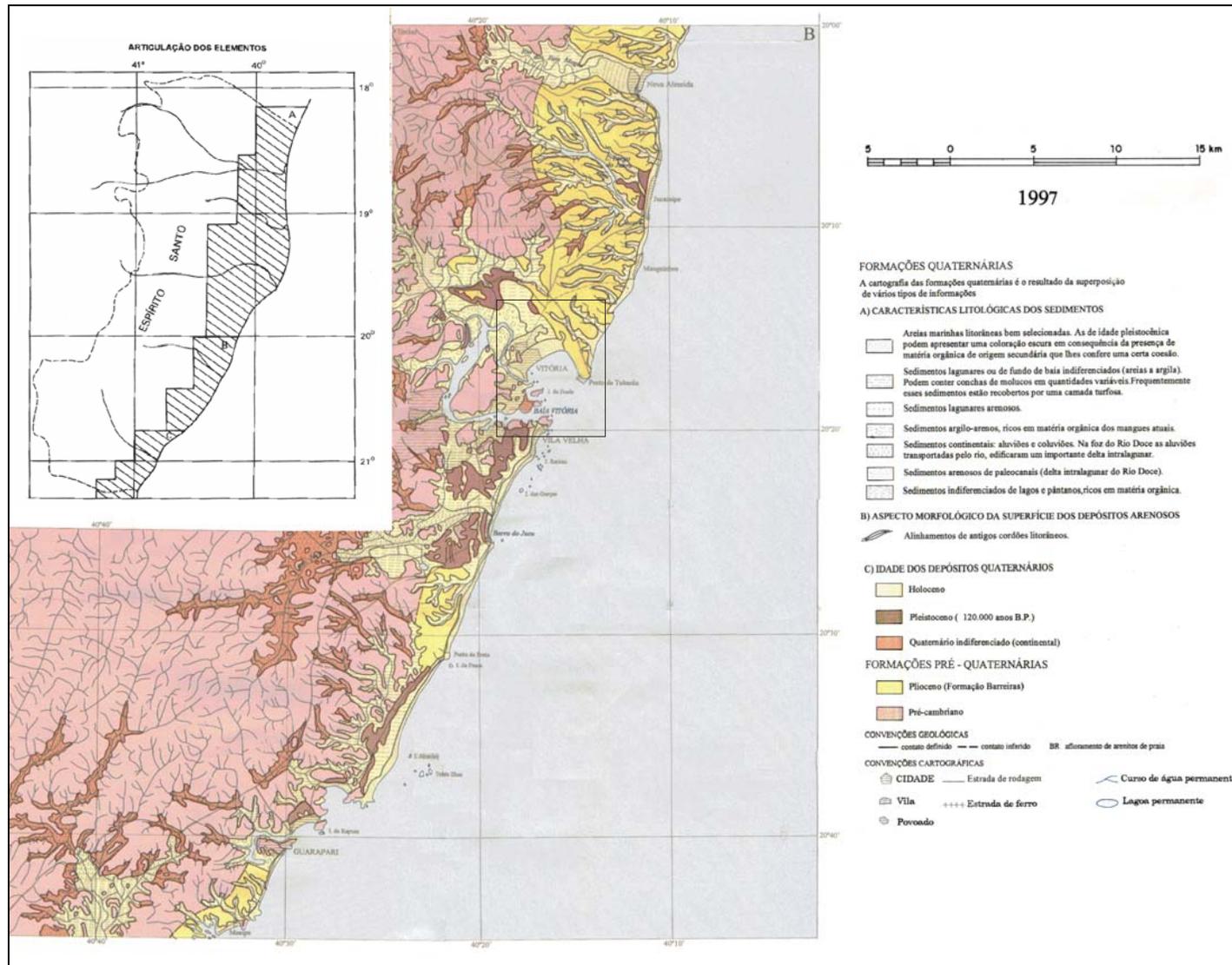


Figura 3.1.4.3.3-2: Mapa geológico costeiro do litoral do Espírito Santo. Em destaque a região da Baía do Espírito Santo (Adaptado de MARTIN *et al.* 1997).

3.1.4.3.4 Plataforma Continental Interna

Em relação à plataforma continental do Estado do Espírito Santo, França (1979) apresenta dois compartimentos fisiográficos, sendo eles: o Bahia Sul – Espírito Santo (compreendendo de Belmonte, na Bahia, até Regência, no Espírito Santo), que possui uma largura média de 230 km resultante de atividades vulcânicas, e o Embaiamento de Tubarão, onde se percebe um expressivo estreitamento alcançando em média 50 km, possuindo uma cobertura sedimentar carbonática, composta predominantemente por algas coralinas, briozoários e moluscos (ALBINO, 1999). De acordo com Albino (2003), esses sedimentos provêm de organismos carbonáticos que se fixam nos terraços de abrasão resultantes da laterização dos sedimentos terciários na plataforma continental interna.

Muehe (1998) descreve que a plataforma interna apresenta um desenho em forma de arco de suave curvatura, no sentido norte – sul, acompanhando a configuração da linha de costa, sendo que ocorre um estreitamento suave, alcançando uma largura de 27 km até a isóbata de 50 m, à medida que se aproxima do largo de Vitória (Figura 3.1.4.3.4-1), de maneira que desse ponto para o sul, a isóbata de 50 m vai alargando-se em direção à bacia de Campos. A isóbata de 20 m, que apresentava até então uma disposição com uma tendência homogênea entre 3 e 5 km em relação ao desenho de linha de costa, começa a afastar-se de maneira bastante expressiva entre 30 e 40 km à medida que se aproxima da localidade de Ubu, apresentando fortes inflexões devido à ocorrência de paleo – vales e bancos isolados, sendo que essas particularidades não são evidenciadas na isóbata de 50 m.

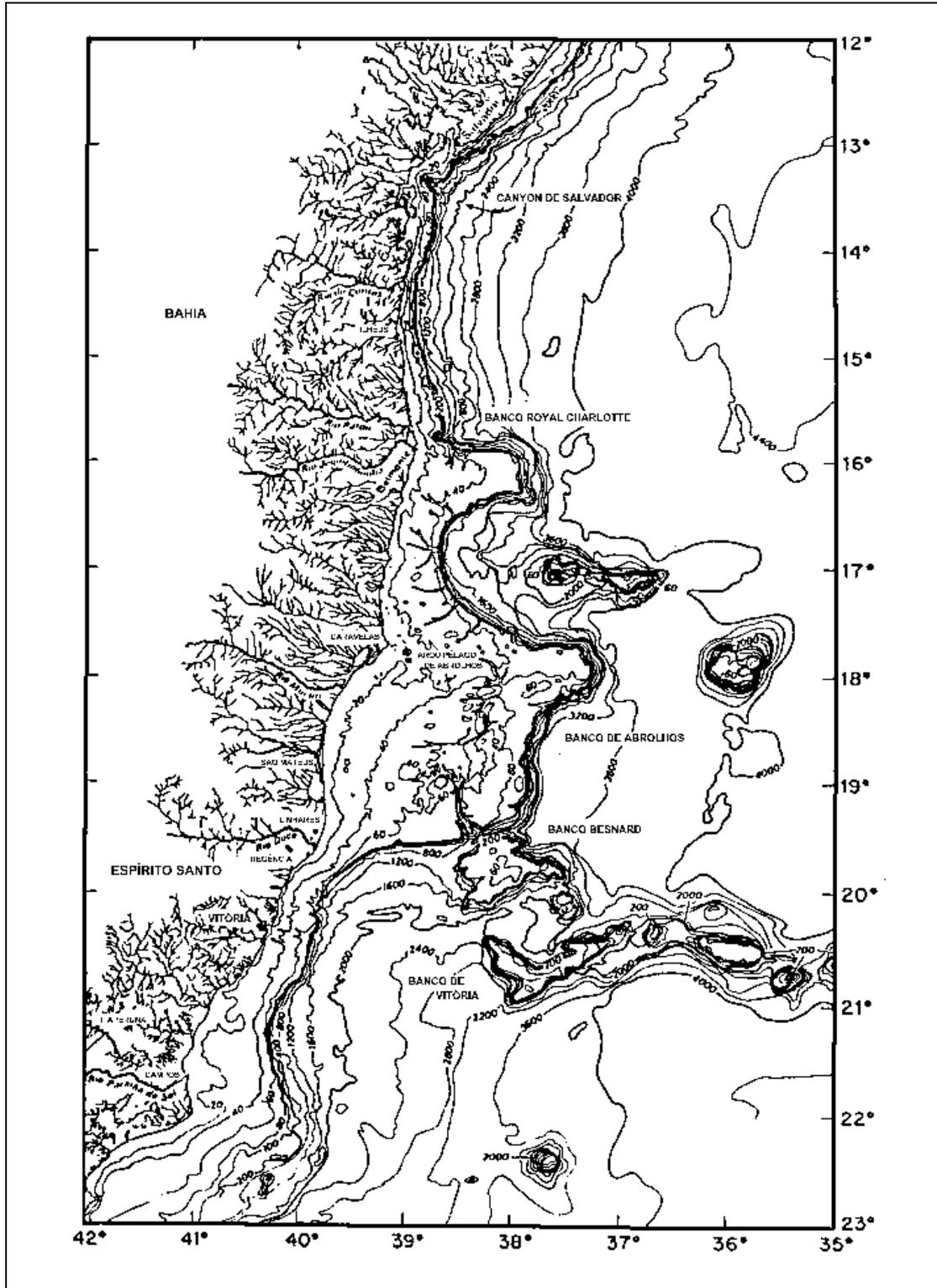


Figura 3.1.4.3.4-1: Mapa batimétrico da plataforma continental de Salvador a Vitória. Melo et al. (1975).

Vale ressaltar ainda a presença da cadeia vulcânica Vitória-Trindade que se orienta a leste-oeste em direção à bacia do Espírito Santo, sendo formada por um conjunto de montes submarinos, *guyots*, além de seu extremo oriental situar-se nas ilhas de Trindade e Martim Vaz, formadas a partir de produtos vulcânicos alcalinos.

▪ **Faciologia dos Sedimentos da Plataforma Continental Interna**

Quanto à composição mineralógica dos sedimentos, segundo Kowsmann e Costa (1979), a plataforma continental é recoberta principalmente por sedimentos carbonáticos, com teores de CaCO_3 superiores a 75%. Recobrendo a plataforma continental de Salvador a Vitória, foram identificadas por Melo *et al.* (1975) dez assembleias de bioclastos, com predomínio de algas coralinas, briozoários, moluscos e foraminíferos bentônicos.

Os bioclastos apresentam granulação grossa, variando entre areias e cascalhos. Estes últimos predominam, sobretudo, na plataforma externa. Os sedimentos terrígenos, compostos por areias e lamas, aparecem nas adjacências da foz dos rios São Mateus, Doce e Itaúnas (KOWSMANN; COSTA, 1979).

Diversos estudos identificaram a composição desses bioclastos, sendo compostos principalmente por fragmentos de algas coralíneas, briozoários, moluscos e foraminíferos bentônicos (MELO *et al.* 1975; ALBINO, 1999; 2003; ALBINO *et al.*, 2001).

No levantamento faciológico realizado por Albino (2003) para a região centro-norte do litoral, é destacada a contribuição do aporte do rio Doce, depositando sedimentos siliciclásticos além da isóbata de 30m. Nas proximidades de Vitória e da baía do Espírito Santo há o predomínio de material bioclástico na plataforma continental interna. A grande concentração do sedimento bioclástico é observada devido ao significativo aporte marinho, onde ocorre a presença de terraços de abrasão resultantes da laterização dos sedimentos terciários, o que favorece a fixação e produção de organismos carbonáticos, que após a morte representam uma importante fonte de sedimentos costeiros (ALBINO, 2003). Rumo à linha de costa aumenta a contribuição terrígena litoclástica e ainda há a fragmentação e a destruição do material bioclástico pelas ondas e correntes (ALBINO, 1999), sendo os sedimentos classificados como biossiliciclásticos, silicibioclásticos e siliciclásticos ($\text{CaCO}_3 < 15\%$), (Figura 3.1.4.3.4-2).

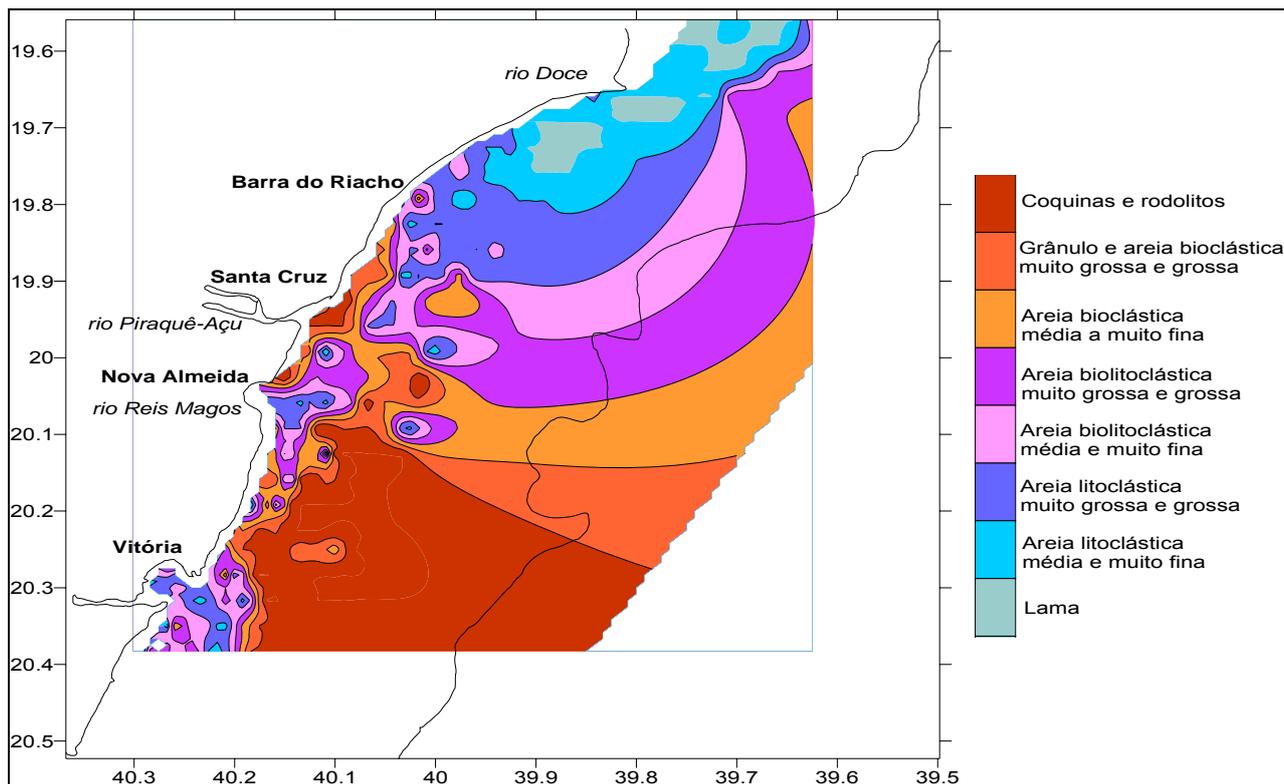


Figura 3.1.4.3.4-2: Mapa faciológico da plataforma continental interna entre Vila Velha e Linhares, Espírito Santo (ALBINO, 2003).

3.1.4.4 Geomorfologia Costeira da Baía do Espírito Santo

◆ ASPECTOS GEOLÓGICOS

A geologia da região metropolitana de Vitória é caracterizada pela ocorrência de afloramentos de rochas cristalinas pré-cambrianas em contato direto com depósitos sedimentares de planície fluvial e costeira, além da ocorrência de afloramentos da Formação Barreiras (Martin et al., 1997). Geomorfologicamente, a região é caracterizada por um litoral recortado, formado por embaiamentos e ilhas que refletem a ocorrência dos vários promontórios rochosos. As baías de Vitória e Espírito Santo formam a paisagem litorânea da região: a baía de Vitória é composta por uma porção insular granítica circundada pelo estuário da baía de Vitória; a baía do Espírito Santo corresponde à enseada e à zona submersa adjacente da praia de Camburi (Albino et al., 2001).

A geologia da cidade de Vitória é constituída por rochas graníticas e gnáissicas (altamente granitizadas) que formam um maciço insular, dando o aspecto de litoral recortado à região. Essas rochas também afloram no fundo marinho adjacente, além de formarem ilhas continentais na plataforma interna. Em direção norte ao município de Serra, a paisagem já passa a ser dominada por tabuleiros associados à Formação Barreiras, depositados durante o Plioceno (Período Neógeno – 4 milhões de anos).

Esta formação geológica é caracterizada por sedimentos argilosos e arenosos, de coloração avermelhada e esbranquiçada. Ao longo do litoral, formam as conhecidas falésias. Popularmente, os sedimentos que constituem essa formação são conhecidos como “tabatinga” - termo que se refere aos sedimentos argilosos esbranquiçados ou avermelhados, de alta consistência e baixa plasticidade; e “canga laterítica” – formado pela laterização (precipitação de óxido de ferro, cimentando depósitos sedimentares) dos sedimentos dessa formação. A laterita é caracterizada por uma rocha relativamente resistente, de coloração escura (tons avermelhados) e bastante irregular. Geralmente está associada a níveis de arenitos e arenitos conglomeráticos, formando terraços de abrasão marinha em função da ação das ondas.

Esses terraços são responsáveis na plataforma pela rugosidade da morfologia do fundo, servindo de substrato para a fixação de construções carbonáticas, compostas principalmente por algas coralinas, moluscos e briozoários, que constituem o principal material para as areias das praias adjacentes.

◆ MORFOLOGIA SUBMARINA

Do ponto de vista morfológico, a baía pode ser descrita como uma região de transição entre a antepraia e a plataforma continental interna. O relevo submarino é marcado pela presença de altos associados a afloramentos rochosos e pelos canais de acesso aos portos de Tubarão e de Vitória (Figura 3.1.4.4-1). Em termos da morfologia do fundo, a baía do Espírito Santo apresenta moderada a baixa declividade, cujas principais feições seriam o canal de acesso ao porto de Tubarão, com profundidades de até 22m, e a região de altos morfológicos associados a afloramentos do embasamento cristalino, disposta transversalmente aproximadamente no meio da baía, com profundidade de cerca de 6m.

A região marinha é caracterizada por uma plataforma interna com uma declividade de moderada a alta, que é resultado do pequeno aporte terrígeno, tendo em vista a ausência de contribuição fluvial de relevância e também dos processos hidrodinâmicos que ali ocorrem.

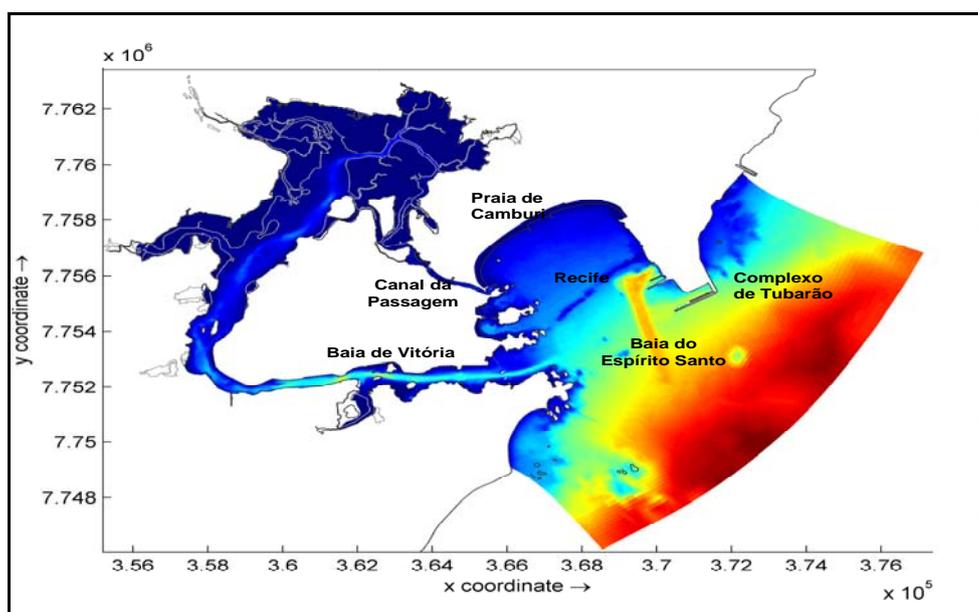


Figura 3.1.4.4-1: Mapa batimétrico da região da baía do Espírito Santo. Fonte: CEPEMAR.

O imageamento do fundo marinho na região da Baía do Espírito Santo revelou a ocorrência de feições sedimentares distintas que estão associadas ao padrão hidrodinâmico e a geologia local. A ocorrência de um afloramento rochoso atravessando transversalmente a baía ilustra a influência da geologia na morfologia do fundo. Feições sedimentares indicam a presença de manchas arenosas típicas de eventos de tempestade, bem como a ocorrência de *sandwaves* assimétricas na parte central da baía. Regiões de menor hidrodinâmica apresentam um fundo homogêneo sem feições aparentes nos sonogramas (Figura 3.1.4.4-2) (Carmo e Bastos, 2008; Lima et al., 2008, Bastos et al., 2008).

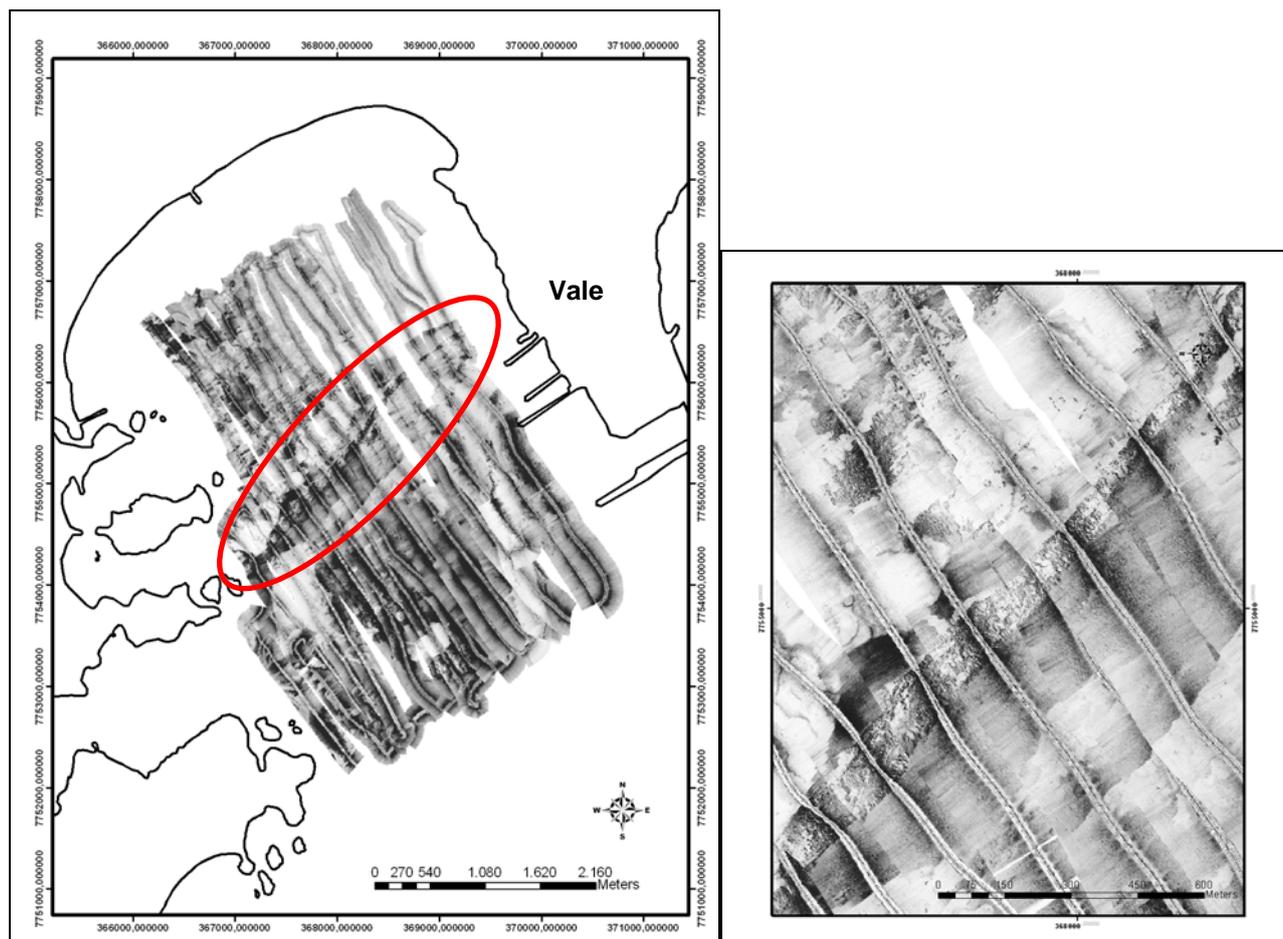


Figura 3.1.4.4-2: Imagem sonográfica do afloramento rochoso que marca um alto topográfico alinhado na baía do Espírito Santo (Carmo e Bastos, 2008).

◆ **SEDIMENTOLOGIA**

Em termos sedimentares, Bastos et al. (2007) apresentam o mapa de distribuição sedimentar do sistema costeiro da Grande Vitória, englobando as baías de Vitória e Espírito Santo (Figura 3.1.4.4-3).

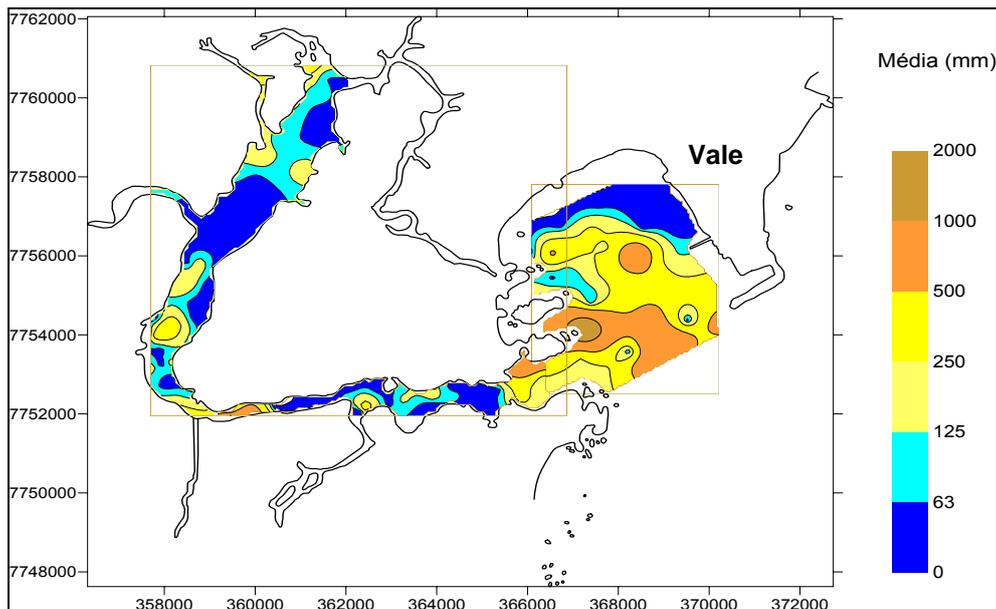


Figura 3.1.4.4-3: Mapa com a distribuição granulométrica da área costeira da Grande Vitória, mostrando a distribuição granulométrica na baía (Bastos et al., 2007).

Carmo (2006) apresenta um mapa da distribuição de sedimento de fundo da baía do Espírito Santo (Figura 3.1.4.4-4). Na área de baía observou-se granulometrias variando de lama a areia muito grossa (6Φ a -1Φ), com a existência de sedimentos mais finos na parte mais próxima à região do complexo da Vale e na região do canal de acesso do porto de Tubarão, além de uma granulometria mais grossa na região central e mais próxima da Ilha do Boi.

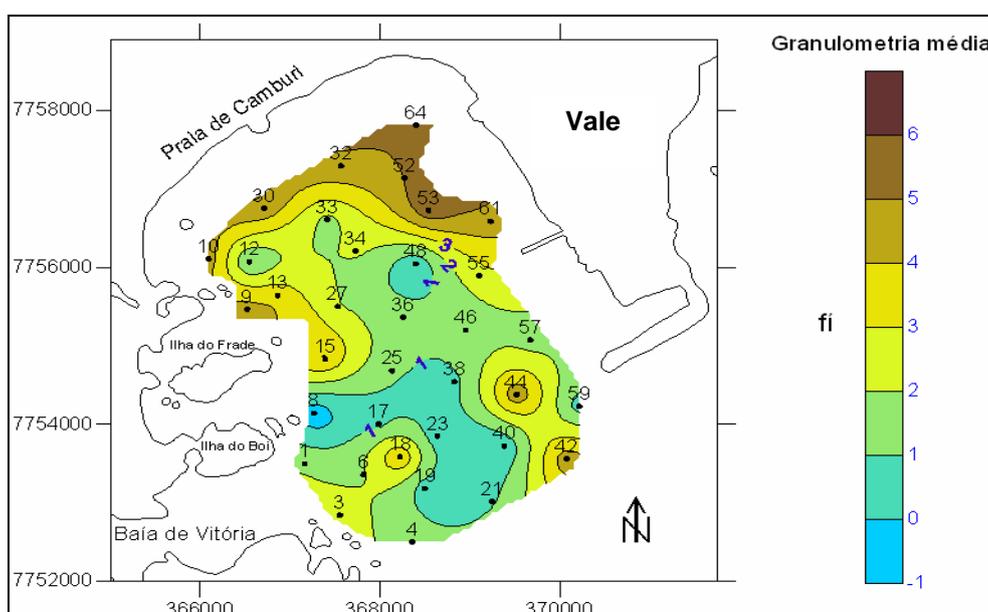


Figura 3.1.4.4-4: Mapa de distribuição sedimentar ilustrado pela média em ϕ (Carmo, 2006).

Considerando a classificação textural proposta por Folk e Ward, Carmo e Bastos (2008) apresentam um mapa dos tipos de sedimento de fundo (Figura 3.1.4.4-5). O mapa aponta um domínio de areias, principalmente areias siliciclásticas, com variação de teores de lama e cascalho. As áreas lamo-arenosas dominam o setor este da baía, onde se encontra o canal de acesso ao Porto de Tubarão e onde a ação das ondas é menor (Albino et al., 2001 e Bastos et al., 2008). As areias podem ser classificadas como areias siliciclásticas, uma vez que o teor de carbonato de cálcio foi inferior a 30% na maior parte da área (Carmo, 2006).

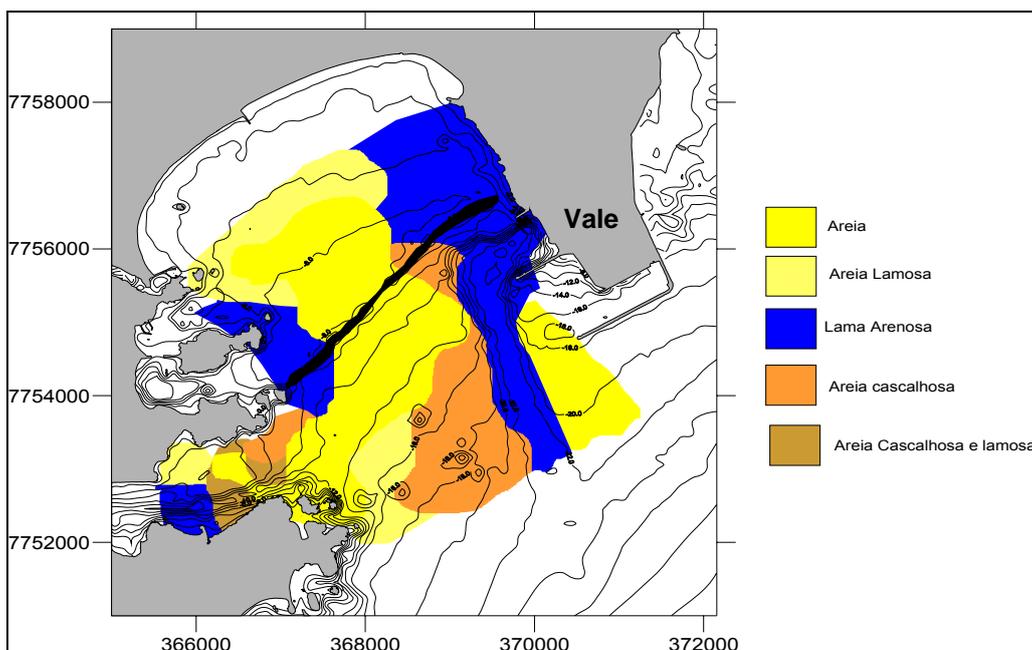


Figura 3.1.4.4-5: Mapa da distribuição textural da Baía do Espírito Santo (Carmo e Bastos, 2008).

Albino et al. (2001) descrevem a distribuição de sedimento de fundo tanto no interior da baía quanto na plataforma continental adjacente. Segundo os autores, o sedimento de fundo predominante ao longo da plataforma adjacente ao complexo de Tubarão é de areias litoclásticas grossas (em tons de azul, Figura 3.1.4.4-6).

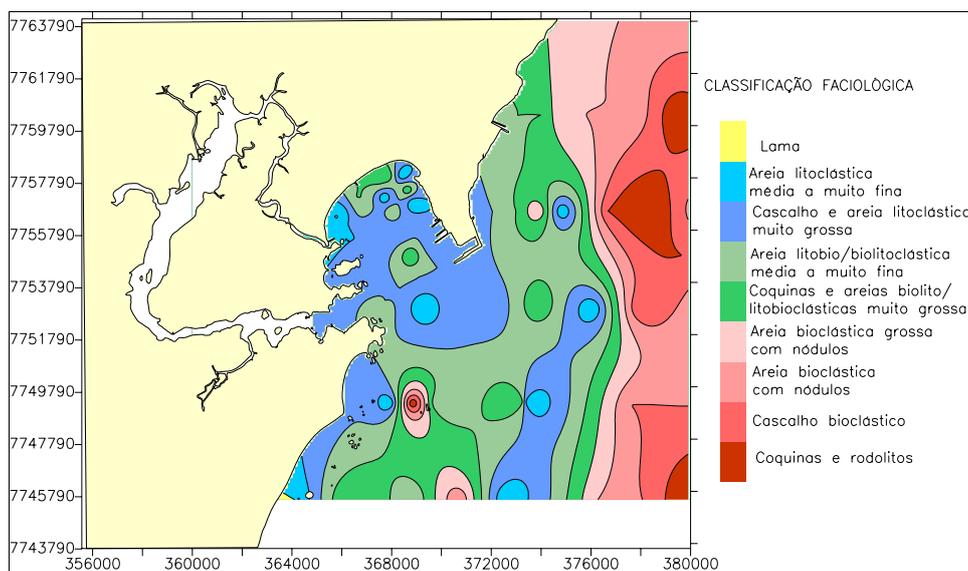


Figura 3.1.4.4-6: Mapa faciológico da Baía do Espírito Santo e plataforma continental adjacente. Albino et al. (2001).

Levantamentos topobatimétricos com levantamento textural de perfis transversais à praia de Camburi confirmam a transição de sedimentos siliciclásticos para bioclásticos rumo costa afora (PEDRUZZI, 2005). Na praia e nas barras de antepraia, os sedimentos apresentam-se siliciclásticos a silicibioclásticos de granulometria média a fina e, na plataforma, biolitoclásticos grossos.

Teores altos de carbonato associados a fácies de coquinas, rodolitos e cascalhos bioclásticos na porção adjacente da região metropolitana de Vitória indicam a proximidade dos recifes de algas e briozoários. Rumo à linha de costa, são substituídos por grânulos e areias bioclásticas muito grossas a grossas, que por sua vez são substituídas por areias bioclásticas médias a muito finas, padrão que explica a origem desse tipo de sedimento e o processo de fragmentação do material carbonático quando se aproxima de águas mais rasas, estando sujeito a ação de ondas e correntes (ALBINO *et al.*, 2001; ALBINO, 2003).

Estudos granulométricos sistemáticos realizados no Monitoramento Marinho da Baía do Espírito Santo, programa este que compreende a área dessa Baía e Região de Praia Mole entre 2000 e 2005, revelam que a região nordeste da baía apresenta de maneira geral um sedimento de fração arenosa fina a muito fina (lamo-arenoso, areno-lamoso e lamoso), caracterizando um ambiente de baixa hidrodinâmica e conseqüentemente de deposição de sedimentos provenientes principalmente da deriva litorânea (corrente longitudinal), de sentido sudoeste – nordeste, além do aprisionamento ocasionado pelos terraços de abrasão presentes nessa região da baía.

Levantamentos realizados nas proximidades do Complexo Siderúrgico de Tubarão pela Equilibrium (2006) confirmam a deposição de sedimentos lamo-arenosos e areno-lamosos com baixos teores de carbonato, sugerindo aporte terrígeno.

Outro elemento pertencente à composição faciológica dos sedimentos dessa baía, levantado no Monitoramento Marinho da Vale, é a fração dos minerais pesados. Coelho (2006), analisando a distribuição espacial e temporal desses teores, mostrou que na porção nordeste da baía são encontradas as maiores concentrações desses elementos. Esse padrão é justificado pela baixa hidrodinâmica local, sendo a deriva litorânea e as armadilhas os principais responsáveis por represar sedimentos como nos terraços de abrasão.

Coelho (2006), comparando os teores médios de minerais pesados ao longo das décadas, indica o incremento destes como conseqüência de prováveis aportes industriais (Figura 3.1.4.4-7).

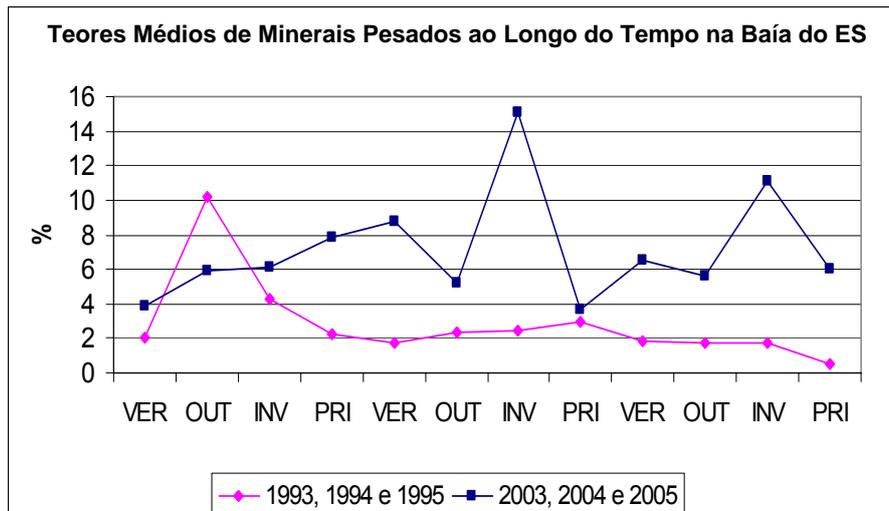


Figura 3.1.4.4-7: Comparação entre os teores médios de minerais pesados na baía do ES durante os anos de 1993, 1994 e 1995 e os anos de 2003, 2004 e 2005 (COELHO, 2006).

A faciologia da baía do Espírito Santo e da plataforma adjacente pode ser caracterizada por domínios carbonáticos e siliciclásticos. A plataforma externa à baía é dominada por uma transição litoclástica-bioclástica destacando-se os fragmentos de organismos biogênicos que se fixam sobre os terraços de abrasão marinhos. O aporte terrígeno na área é caracterizado pelo material siliciclástico, sendo os depósitos da Formação Barreiras, o canal da Passagem e os afloramentos cristalinos a principal fonte. É importante destacar que o sedimento siliciclástico da baía do Espírito Santo pode ser um sedimento palimpsético, ou seja, um sedimento depositado em condições de nível de mar diferente do atual, porém já mobilizado pela hidrodinâmica atual, conforme observado por Carmo e Bastos (2008) e Bastos et al. (2008) nas imagens sonográficas.

O padrão de distribuição dos sedimentos também pode estar sendo influenciado pelo uso e ocupação do espaço urbano. A região próxima às estruturas portuárias de Tubarão, caracterizada pela baixa hidrodinâmica, é propícia à sedimentação de material lamoso e minerais pesados. Já a distribuição da fração arenosa nas regiões mais rasas pode estar associada à adaptação morfodinâmica da praia de Camburi e da baía do Espírito Santo às inúmeras intervenções antrópicas, como o engordamento artificial.

Em termos de dinâmica sedimentar, alguns trabalhos apontam para a importância da ação das ondas na baía. Lima (2007) e Bastos et al. (2008) mostram a importância da ação de ondas de tempestade, que ressuspendem os sedimentos arenosos finos e mobilizam as areias grossas formando marcas de ondulação no fundo (Figuras Figura 3.1.4.4-8 e Figura 3.1.4.4-9).

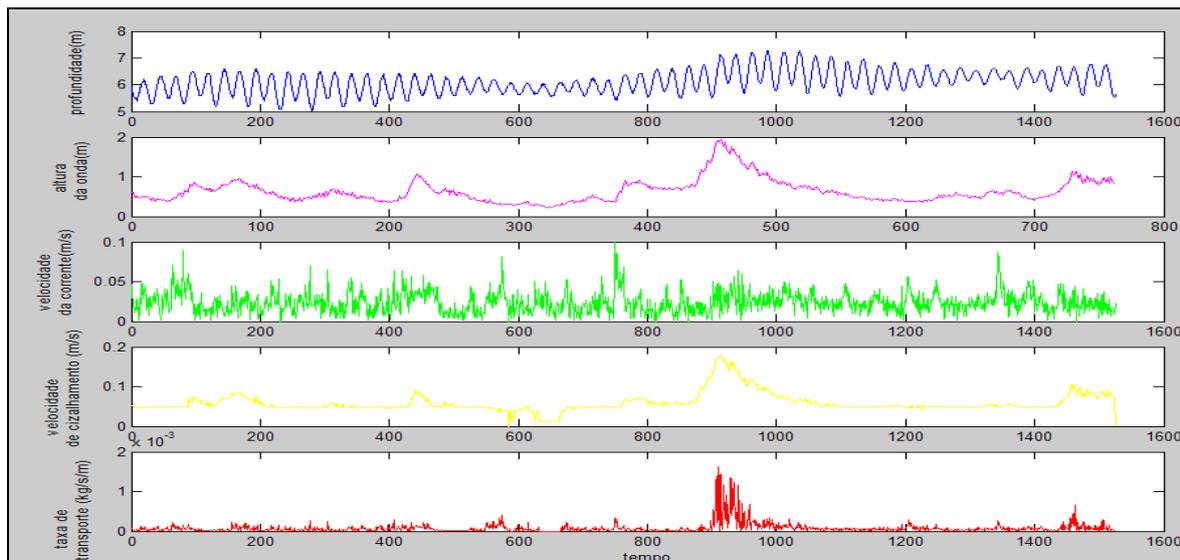


Figura 3.1.4.4-8: Gráfico integrado das forçantes oceanográficas e da taxa de transporte sedimentar. Dados coletados a uma profundidade de 5m na baía do Espírito Santo (Lima, 2007).

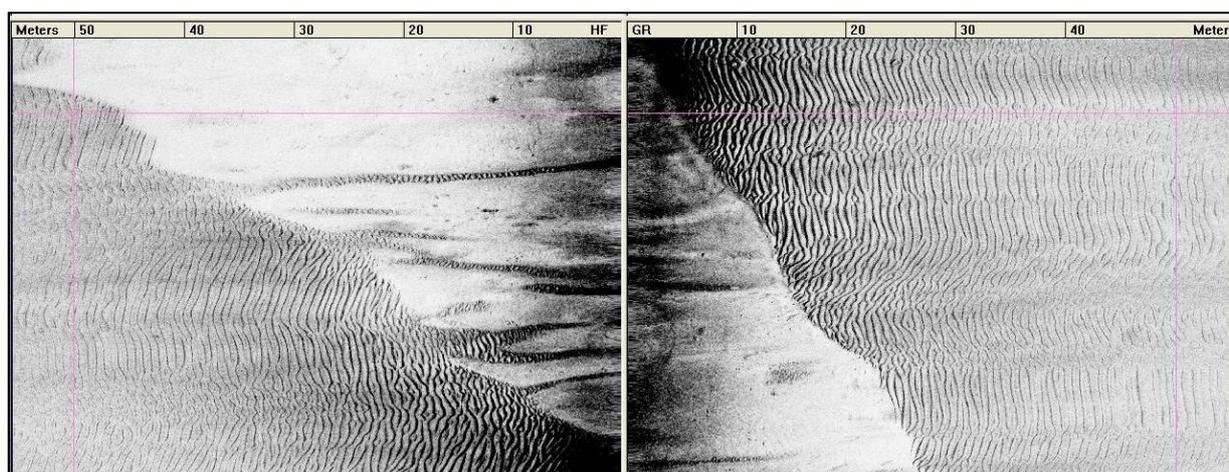


Figura 3.1.4.4-9: Imagem sonográfica mostrando marcas onduladas em areias grossas intercaladas com depósitos de lamias. Estas feições foram interpretadas como manchas arenosas, típicas de tempestade. Ocorrem apenas no setor NE da baía (Bastos et al., 2008).

Bastos et al. (2008) apontam para a formação de depósitos típicos de tempestade e a formação de depósitos de tempestitos. Segundo os autores, estas feições ocorrem apenas no setor NE na baía, onde as ondas de E, SE e até mesmo NE são mais intensas, provocando uma maior remobilização do fundo.

Carmos (2006) usa um modelo de análise de tendência granulométrica para investigar o padrão de dispersão de sedimentos na baía. O autor mostra que existe uma tendência de transporte longitudinal de oeste para este ao longo da Praia de Camburi, bem como um aporte de sedimento da plataforma em direção às baías do Espírito Santo e de Vitória (Figura 3.1.4.4-10).

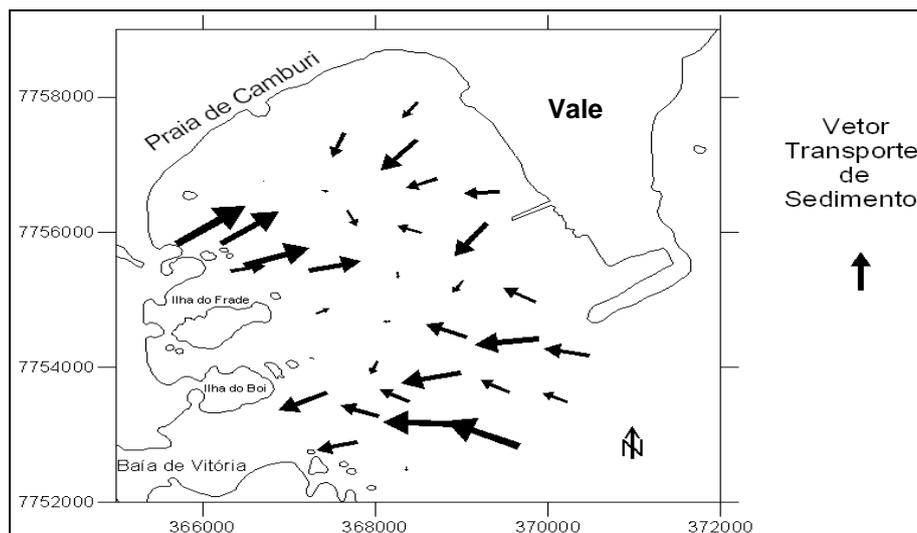


Figura 3.1.4.4-10: Vetores do padrão de transporte de sedimento a partir do programa GSTA (Grain Size Trends Analysis) na área de estudo (baía do Espírito Santo) (Carmo, 2006).

Em termos gerais, a baía do Espírito Santo pode ser hidrodinamicamente descrita como uma plataforma interna dominada por onda. Sua morfologia de fundo é controlada pela geologia local que forma altos-fundos que atuam de forma significativa no processo de refração e empinamento das ondas. A distribuição sedimentar é bastante complexa tendo em vista as várias fontes e fatores que a controlam. De forma geral, os sedimentos arenosos litoclásticos médios a grossos que predominam em boa parte da baía parecem ser sedimentos palimpstéticos. Em direção à praia de Camburi, a granulometria das areias vai diminuindo e o teor de lama aumenta. No setor mais a norte-nordeste da baía, o predomínio é de sedimentos mais finos, lamas arenosas, que possivelmente se depositam em um ambiente de menor energia e mais protegido da ação das ondas.

Esta observação foi corroborada por CEPEMAR (2008) onde foi realizado um levantamento sonográfico mostrando um padrão de baixa reflexão, indicando sedimentos mais finos. Nesse mesmo levantamento observou-se a ocorrência de canga laterítica, indicando o afloramento de sequência da Formação Barreiras. Vale ressaltar ainda que com o engordamento artificial da praia, sedimentos de várias granulometrias foram inseridos no sistema. O canal da Passagem, sendo uma área de extrema pressão antrópica, também pode aportar sedimento mais fino nas regiões mais próximas à sua desembocadura.

Do ponto de vista da dinâmica sedimentar, o fundo da baía é remobilizado em eventos onde a energia das ondas é capaz de suspender e transportar sedimentos arenosos. Depósitos de tempestades podem ser observados na baía, principalmente no setor NW, em profundidades inferiores a 10m.

◆ MORFODINÂMICA

A descrição da morfodinâmica atual da baía do Espírito Santo e da praia de Camburi deve incluir as variáveis associadas ao elemento antropogênico, já que o Município de Vitória é um arquipélago onde inúmeros aterros foram realizados ao longo dos anos, assim como a ampliação das áreas portuárias.

A instalação do Porto de Tubarão ocorreu na década de 60 e envolveu inúmeras obras de engenharia, das quais se destaca a construção de quebra-mares, molhes, além da dragagem de um canal de 17,50m de profundidade com a intenção de proteger e facilitar o acesso das embarcações, tendo suas atividades iniciadas em 1966.

Na década de 70 ocorreu a construção de um novo molhe e outra dragagem com a intenção de aprofundar o canal de acesso das embarcações para 22,5 m. Em meados dos anos 80, outro porto foi instalado nas adjacências da baía do Espírito Santo, nomeado Porto de Praia Mole (MELO; GONZALEZ, 1995).

Com essas instalações portuárias no limite norte da baía, o padrão de chegada das ondas foi alterado, modificando a hidrodinâmica da baía que desencadeou um processo com tendência erosiva no centro da praia de Camburi (ALBINO *et al.*, 2001). Como consequência tem-se a intensificação das alturas das ondas na porção central da praia e um decréscimo na porção norte, ocasionado pela difração e refração resultante do enrocamento do canal de acesso das embarcações (MELO; GONZALEZ, 1995).

Em função do rápido processo de urbanização, a orla da praia de Camburi sofreu algumas alterações no início da década de 70; entre elas, a duplicação da avenida Dante Michelline e o alargamento artificial da praia, valendo ressaltar que o último foi desenvolvido através do projeto realizado pelo Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH). A partir de então, inúmeras outras alterações se seguiram com a intenção de viabilizar o crescimento e/ou solucionar o processo erosivo contribuindo para agravar e manter a situação erosiva ao longo dos anos (ALBINO *et al.*, 2001).

Na década de 90, o processo erosivo se agravou, sendo necessária a realização de aterros na faixa litorânea com simultânea construção de espigões transversais à praia com a finalidade de conter a indesejável perda de sedimentos. O material utilizado para os aterros era o mesmo dragado do canal da Ponta de Tubarão que era assoreado justamente pelo sedimento perdido da praia pelo processo de erosão, sendo então levado para aquela região (ALBINO *et al.*, 2001). Entretanto, essas alternativas foram inválidas, a erosão se intensificou ameaçando o calçadão da orla, exigindo das autoridades locais providências no sentido de conter a desenfreada erosão.

Em 1999 foi construído o terceiro espigão com 180m e prolongou-se o segundo em 70 m. Em setembro do mesmo ano foram finalizadas as obras de engordamento artificial da praia, despejando 730 mil m³ de areia entre os espigões 1 e 2 (até 2.800m a partir do canal da Passagem) e 240 mil m³ de areia entre os espigões 2 e 3 (até 3.500m), sendo esse material retirado de jazidas da baía do Espírito Santo (ALBINO *et al.*, 2001).

◆ **MORFODINÂMICA ATUAL DA BAÍA DO ESPÍRITO SANTO E PRAIA DE CAMBURI**

Albino e Oliveira (2000), Albino *et al.* (2001a e 2001b), Passos (2004) entre outros realizaram levantamentos morfodinâmicos após a última intervenção de 1999. Nos primeiros 6 meses houve o recuo da porção praial engordada de ordem de 30% do volume e retirada predominante da fração fina (ALBINO; OLIVEIRA, 2000). Essa fração fina de sedimento composta de material litobioclástico foi transportada para zona submersa adjacente que margeia toda a extensão da praia de Camburi.

Após três anos a praia manteve, de maneira geral, a extensão obtida após os primeiros meses de adaptação morfotextural, sendo os trechos mais estreitos submetidos à maior exposição das ondas, como a porção sudoeste da praia, (PASSOS, 2004). Trechos mais extensos são encontrados na porção sombreada da Ilha do Socó, a barlamar dos espigões e na porção nordeste.

A praia de Camburi apresenta-se caracterizada por areias médias, tendo sido os grânulos e areias grossas também transportados com as areias finas (PRATA, 2005).

Segundo Albino *et al.* (2001) e Albino e Maia (2002), a distribuição dos sedimentos indica o predomínio de transporte transversal. Esse transporte é estimulado pela entrada de ondas do quadrante E-SE e S-SE, que mesmo com alturas bastante relevantes mantêm o ângulo de chegada das cristas das ondas perpendicular (90°) à linha de costa, contribuindo para troca morfossedimentar entre a praia e a antepraia/plataforma.

Levantamentos topobatimétricos de perfis transversais à praia de Camburi realizados por Pedruzzi (2005) confirmam o transporte transversal de sedimentos a partir da presença de barras na antepraia, com textura similar à praia e antepraia próxima.

A deriva longitudinal está presente sob influência das ondas de NE, menos intensas que as do quadrante E-SE. Devido à direção da linha de costa, o transporte longitudinal ruma para a porção nordeste de praia, sendo que parte dos sedimentos fica retida pelos espigões a barlamar da corrente litorânea, sendo a praia mais extensa. A sotamar, o perfil praial apresenta-se mais estreito.

Os diferentes graus de exposição às ondas, as resultantes morfológicas e texturais da ação dos diferentes transportes de sedimentos, a presença de espigões e a diversidade textural são responsáveis por trechos morfodinâmicos distintos ao longo da praia (ALBINO *et al.*, 2005).

Albino *et al.* (2005), Leão e Albino (2005) e Leão (2005) reconheceram três compartimentos morfodinâmicos ao longo da praia de Camburi (Figura 3.1.4.4-11).

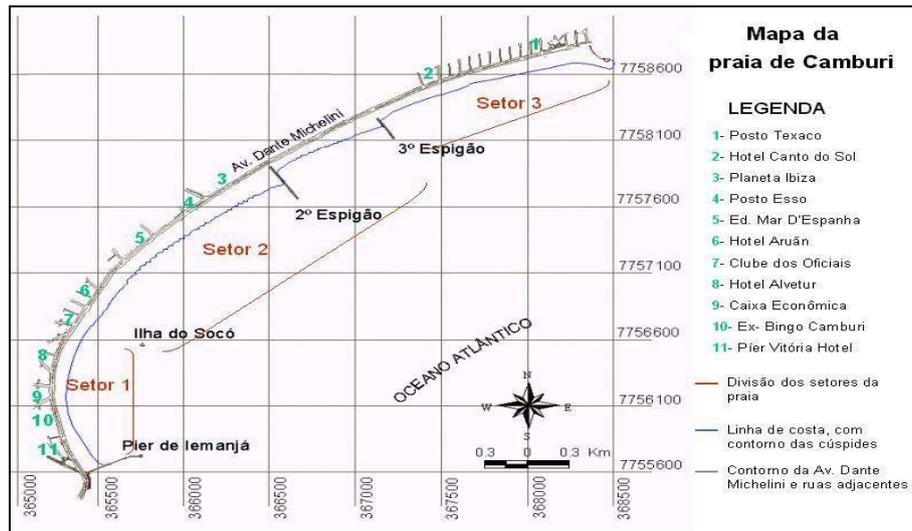


Figura 3.1.4.4-11: Compartimentação da praia de Camburi quanto à tipologia e morfologia da praia. Leão (2005).

O Setor 1 ou Setor “A” (SABAINI, 2005), localizado entre o píer de Iemanjá até 1000m de extensão ao longo da praia (em frente ao Clube dos Oficiais), é caracterizado por alto grau de exposição de ondas de E-SE e NE, influenciada ainda pela difração das ondas ao redor da Ilha de Socó. Apresenta tipologia praial essencialmente refletiva, ocasionalmente intermediária, com declividade alta a moderada da antepraia, sedimentos de granulometria grossa, ondas do tipo mergulhante e atuação da deriva litorânea (Figura 3.1.4.4-12).

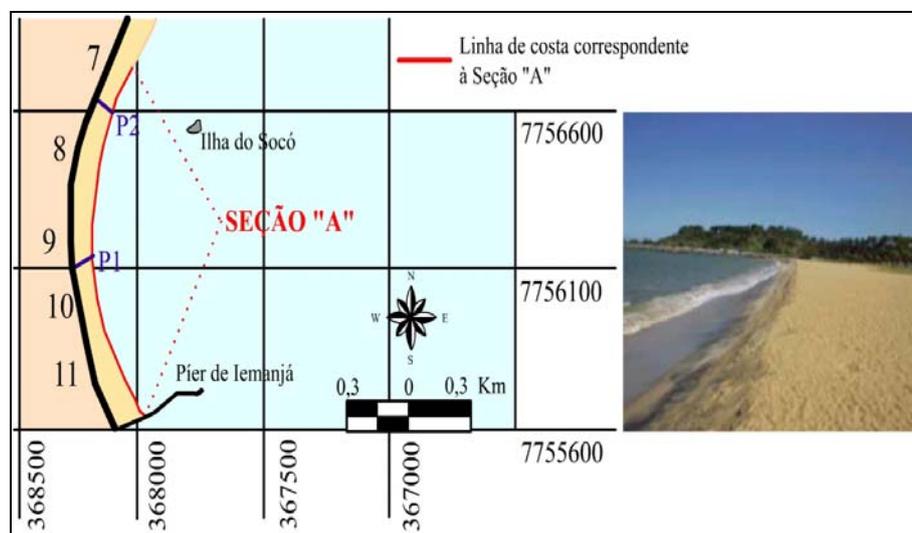


Figura 3.1.4.4-12: Compartimento A da praia de Camburi, segundo Sabaini (2005). Praia refletiva.

O Setor 2, localizado entre o Clube dos Oficiais até barlamar do 3º espigão, possui uma tipologia de praia intermediária, com declividade alta a moderada da antepraia, sedimentos com granulometria média, ondas do tipo ascendente e mergulhante. Caracterizado por apresentar cúspides e desenvolvimento de correntes de retorno, Sabaini e Albino (2006) subdividem este setor em dois subsetores.

O primeiro subsetor ou Setor “B” (SABAINI, 2005) apresenta-se refletivo e intermediário, de bancos e praia rítmica, como indica a presença das cúspides praias. Apresenta ainda alta declividade entre as cavas indicando intensas correntes de retorno (Figura 3.1.4.4-13).

O segundo subsetor ou Setor “C” (SABAINI, 2005) apresenta tipologia refletiva nos meses de verão, quando as condições são de tempo bom; e intermediária, com praia no estado de bancos transversais, no inverno, quando as condições são de frente fria. As ondas mais intensas de SE e de maior energia retiram o sedimento da face praial e os transporta para bancos submersos no período de inverno, deixando a face inclinada e com sedimentos grossos. O inverso ocorre no verão, quando o banco é reincorporado à praia (Figura 3.1.4.4-14).

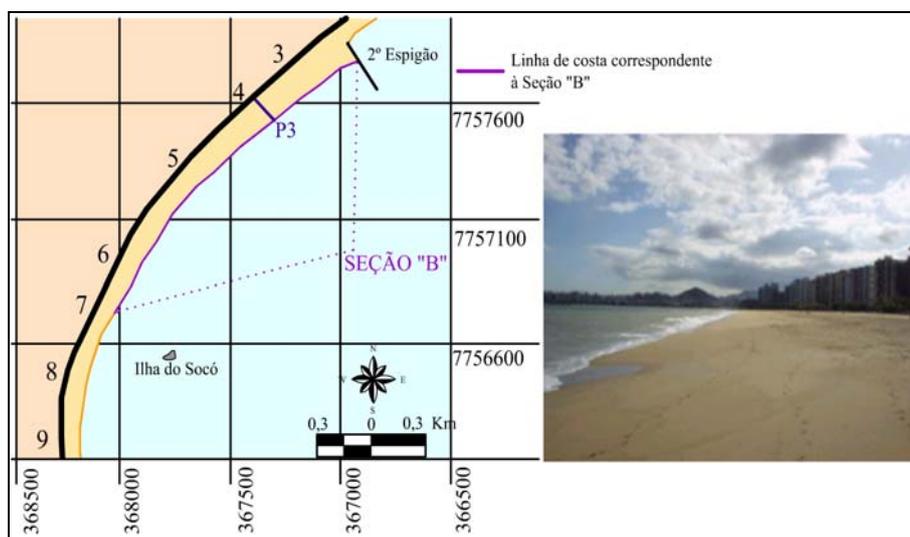


Figura 3.1.4.4-13: Compartimento B da praia de Camburi, segundo Sabaini (2005). Praia intermediária com cúspides.

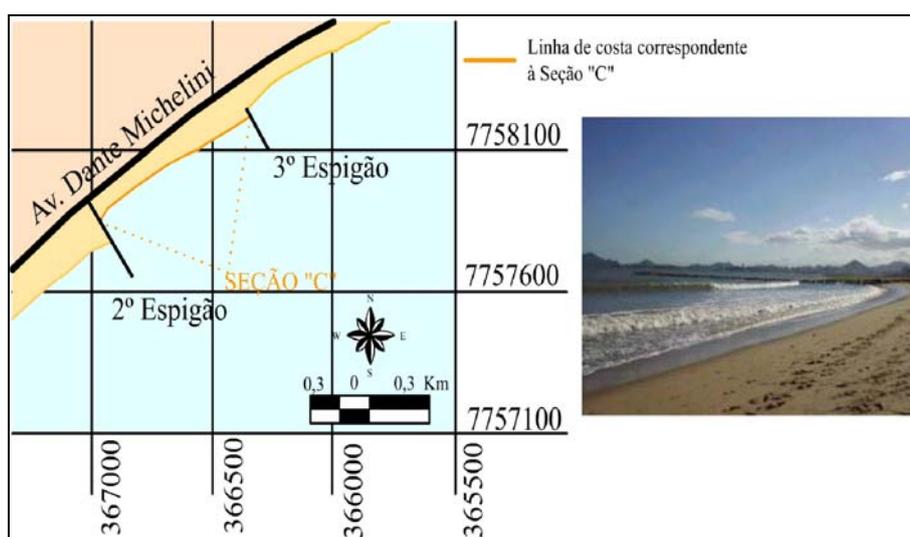


Figura 3.1.4.4-14: Compartimento C da praia de Camburi, segundo Sabaini (2005). Praia intermediária com variação de tipologia sazonal.

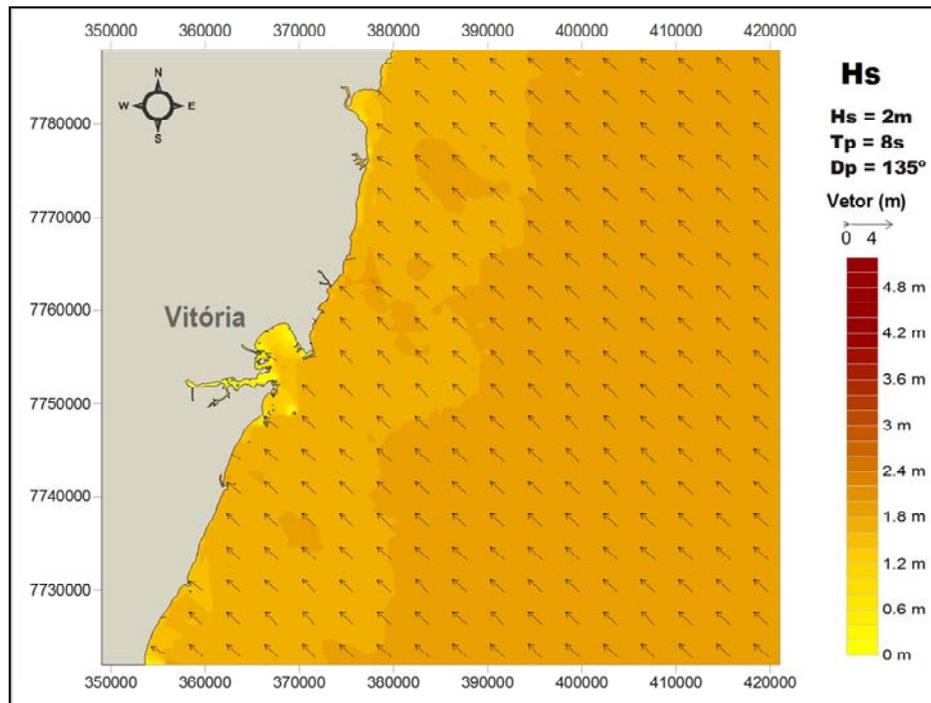
O setor 3, localizado entre o sotamar do 3º espigão até o final da praia próximo a Tubarão, possui uma tipologia de praia dissipativa, caracterizado por apresentar moderada a baixa declividade da antepraia, sedimentos com granulometria fina, arrebatção com ondas do tipo deslizantes, sendo um trecho da praia estável (ALBINO *et al.*, 2005).

O último estudo realizado na praia de Camburi (CEPEMAR, 2009) identificou, a partir de modelagens numéricas, levantamentos de campo e análise de fotografias aéreas, processos erosivos no setor SW da praia de Camburi e conclui que as origens desse processo são:

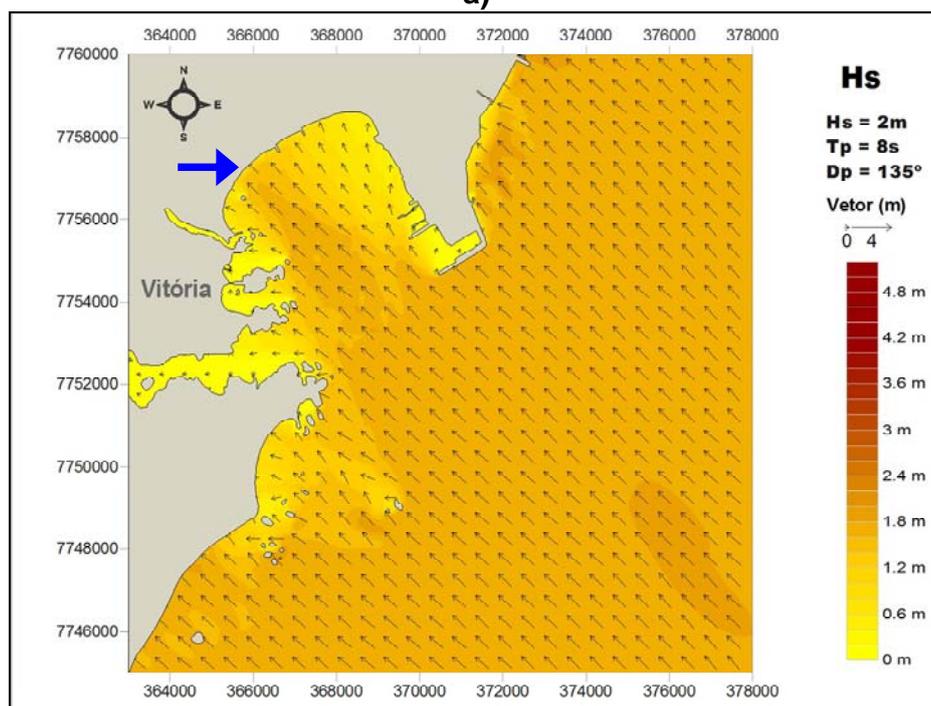
- Acomodação natural da linha de costa ao engordamento praial realizado na década de 90.
- Exposição da linha de costa às ondas de SE-S, tipicamente de maior energia e conseqüentemente de maior poder erosivo (Figura 3.1.4.4-15).
- Presença de um vórtice nas proximidades do canal da Passagem (Figura 3.1.4.4-16), responsável pela “retirada” de material do sistema.

A atuação conjunta dos fatores acima vem permitindo o desenvolvimento de um processo erosivo que se tem manifestado de forma contínua desde o ano de 1998, logo após a última obra de engordamento que recuperou a praia de Camburi. Desde então a praia sofreu um recuo da ordem de 60 metros, cabendo destacar que nos primeiros 6 meses a taxa de erosão foi muito acelerada, chegando a um recuo de 30 metros. Assim, estima-se que na atualidade a taxa de erosão no setor SW da Praia de Camburi é da ordem de 3 metros/ano, valor este considerado de moderada a alta magnitude.

A busca pelo equilíbrio praial após uma obra de engordamento é um processo natural e promove perdas sedimentares devido ao processo de adaptação da linha de costa, ou seja, o material depositado é carregado pelos agentes hidrodinâmicos em um processo de adaptação entre a morfologia e a dinâmica atuante. Estimativas apresentadas por Verhagen (1996) mostram que nos primeiros anos que seguem uma obra de engordamento a tendência é a ocorrência de perdas entre 1% e 25% do volume de sedimentos.



a)



b)

Figura 3.1.4.4-15: Resultado da propagação das ondas desde a região offshore até a baía do Espírito Santo pelo modelo SWAN. (a) grade regional e (b) grade local. Notar que há uma concentração de ondas de maior altura no setor SW da praia de Camburi (seta azul).

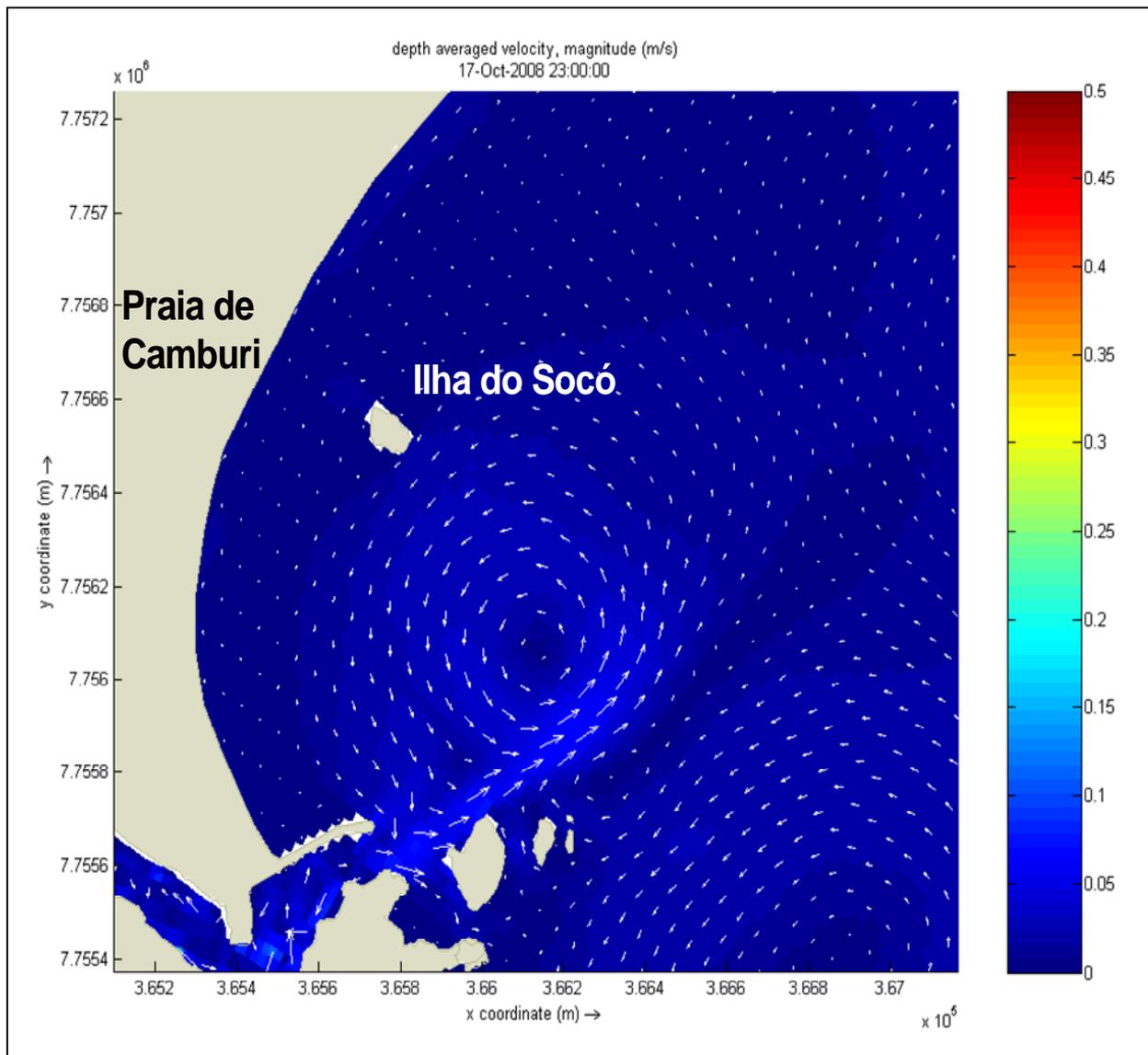


Figura 3.1.4.4-16: Resultado de simulação da circulação costeira na desembocadura do Canal da Passagem em situação de vazante. Nota a presença de um vórtice entre a desembocadura e a ilha do Socó.

CEPEMAR (2009) também fez uma análise evolutiva da praia de Camburi a partir da comparação de linhas de costa de 1970 e 2005/2007 (Figura 3.1.4.4-17), pré e pós-engordamento. Foi identificada uma expressiva progradação da linha de costa decorrente da construção dos espigões e do engordamento de praia. Observou-se que ocorreu erosão do prisma praial ao sul próximo ao guia corrente na entrada do canal da Passagem. Imediatamente mais ao norte do segundo espigão, aqui referido como o de número 2, a linha de costa se manteve mais ou menos na mesma posição experimentando um pequeno engordamento (máximo de 20m) mais ao norte, cuja magnitude situa-se aproximadamente dentro da faixa de erro do estudo (Cepemar, 2009).

Aparentemente, após a construção dos dois espigões, associados com engordamento, a linha de costa experimentou uma rotação em direção à orientação de transporte zero, de tal modo que hoje essa linha de costa se orienta aproximadamente paralela às cristas das ondas de *swell* (Figura 3.1.4.4-18). Um pequeno saliente se formou em frente à ilha do

Socó resultando em uma progradação um pouco mais pronunciada da linha de costa. A pequena erosão da linha de costa entre esse saliente e o guia corrente mais ao sul ocorreu como resposta da linha de costa de modo que ela ficasse paralela às cristas do sistema de ondas dominante.

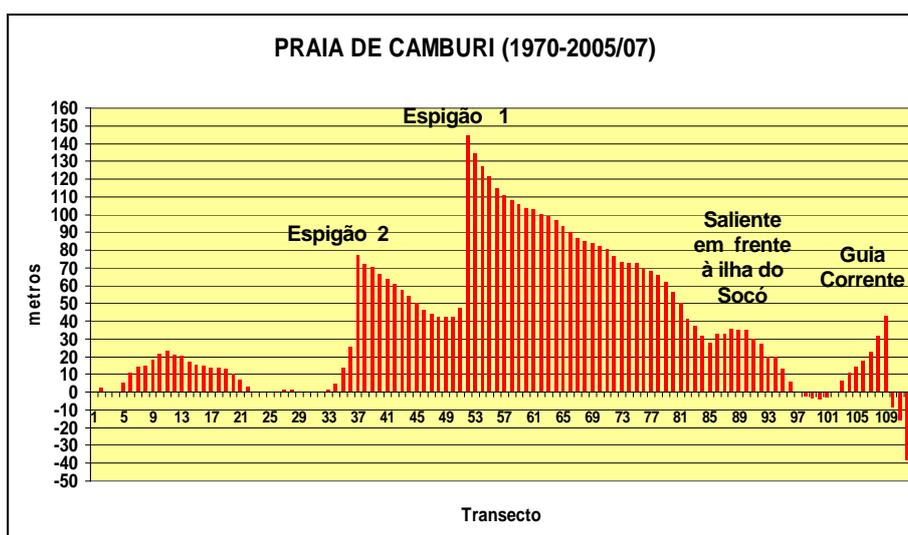
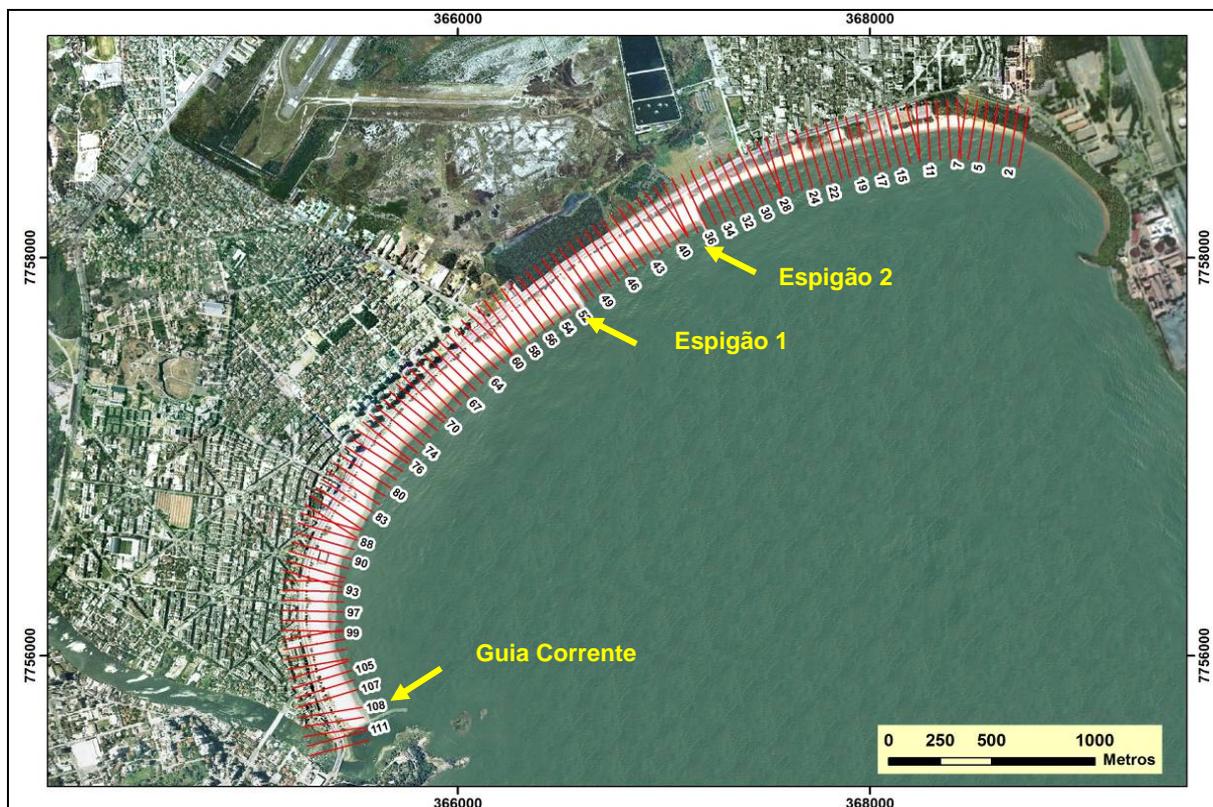


Figura 3.1.4.4-17: Praia de Camburi. Localização dos transectos utilizados na análise DSAS, plotados sobre o mosaico de 2003 e a Variação espacial do parâmetro NSM (*Net Shoreline Movement*) para a Praia de Camburi entre os anos de 1970 e 2005/2007.

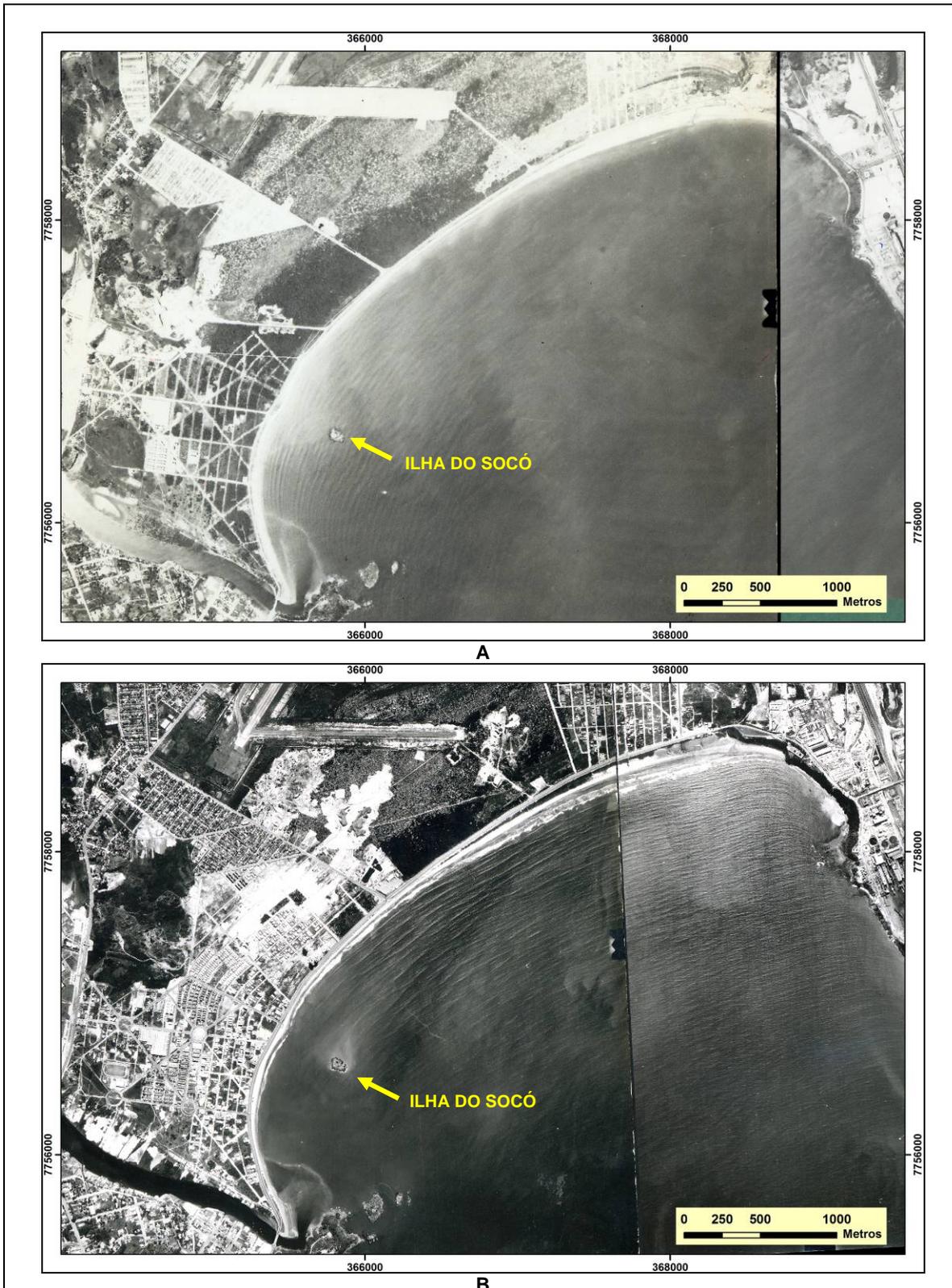


Figura 3.1.4.4-18: Praia de Camburi. A – ano de 1970. B – ano de 1978.

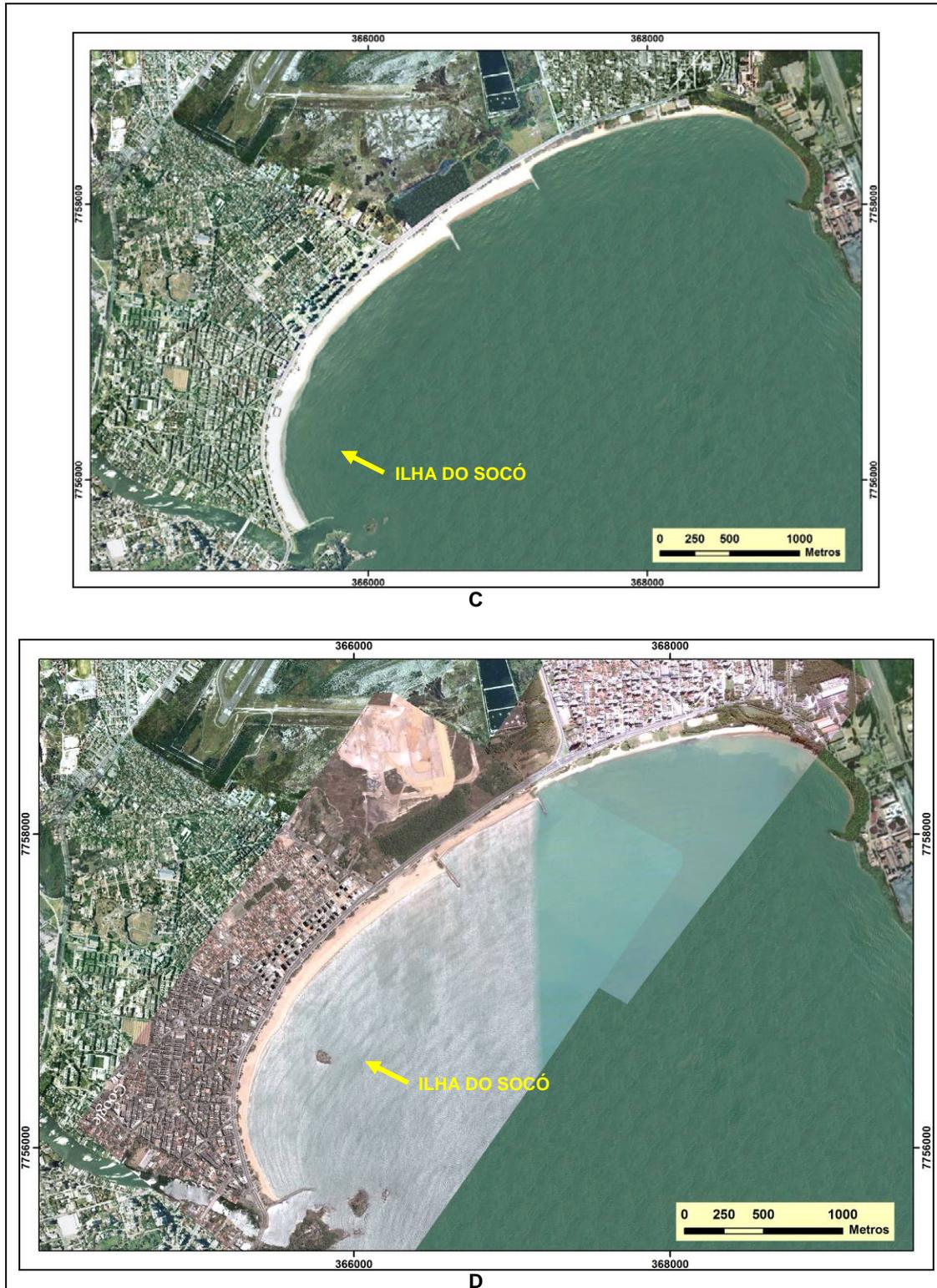


Figura 3.1.4.4-18: Praia de Camburi. C – ano de 2003. D – ano de 2005/2007. Observar que no documento de 2003 a ilha do Socó foi suprimida. Continuação.

As imagens abaixo (Figura 3.1.4.4-19) mostram as linhas de costa de diferentes anos, as quais dão uma indicação aproximada da posição da linha de costa (definida como a linha da água) para diferentes anos. A imagem utilizada para a sobreposição é de 2003.



Figura 3.1.4.4-19: Linhas de costa de diferentes anos.

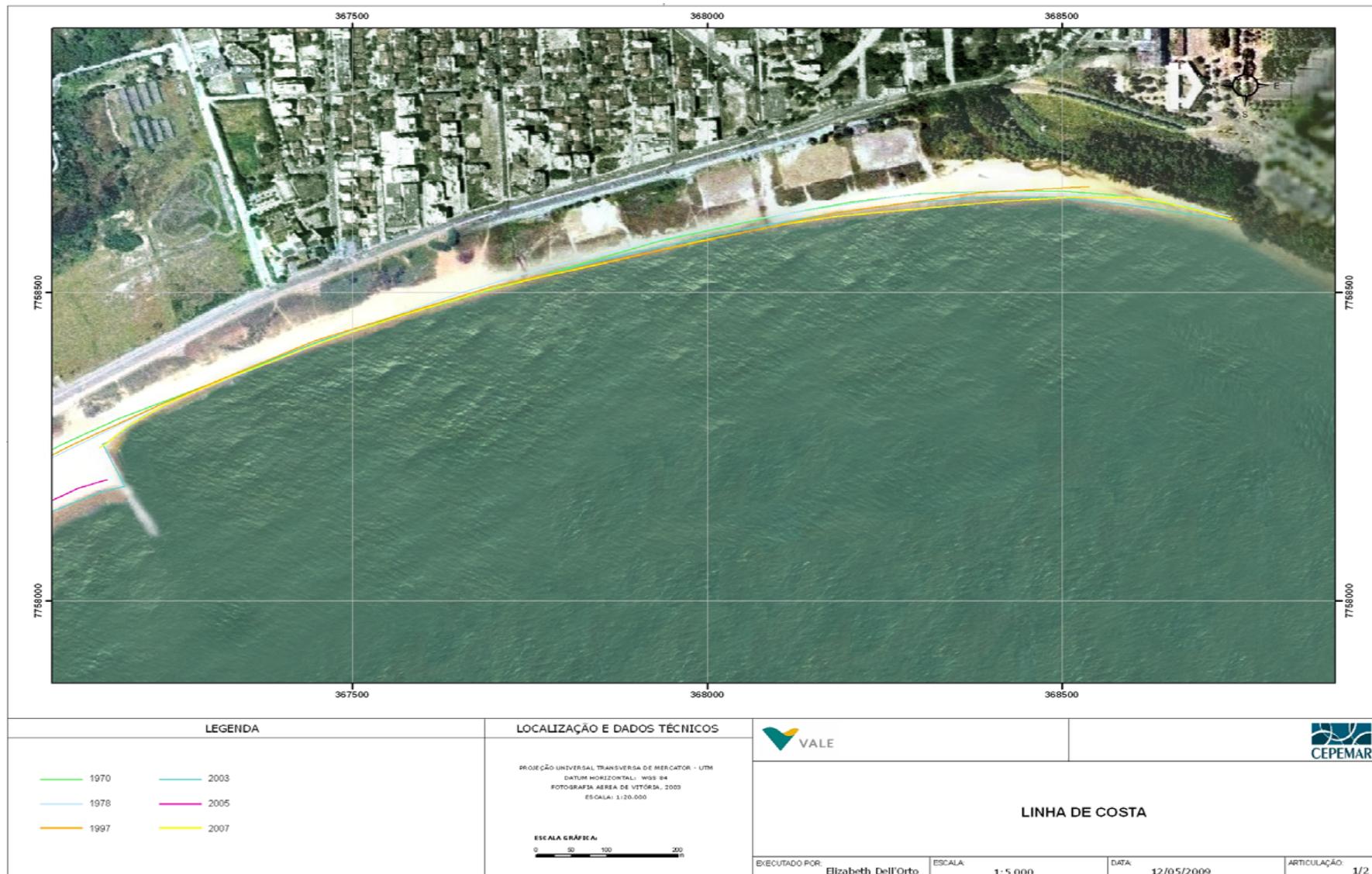


Figura 3.1.4.4-19: Linhas de costa de diferentes anos. Continuação

◆ **MORFOLOGIA DOS PERFIS PRAIAIS TRANSVERSAIS DA PRAIA DE CAMBURI**

Em 2009 a Cepemar realizou o monitoramento topográfico de perfis de praia e a coleta de sedimentos na praia de Camburi (CEPEMAR, 2009) foram executados a partir de atividades de campo realizadas durante as campanhas abaixo descritas:

- Abril/2008: 1ª Campanha – realizou-se a coleta de sedimentos.
- Maio/2008: 2ª Campanha.
- Junho/2008: 3ª Campanha.
- Julho/2008: 4ª Campanha – realizou-se a coleta de sedimentos.
- Agosto/2008: 5ª Campanha.
- Setembro/2008: 6ª Campanha.
- Outubro/2008: 7ª Campanha – realizou-se a coleta de sedimentos.
- Novembro/2008: 8ª Campanha.

A localização dos perfis monitorados na praia de Camburi é apresentada na Figura 3.1.4.4-20.

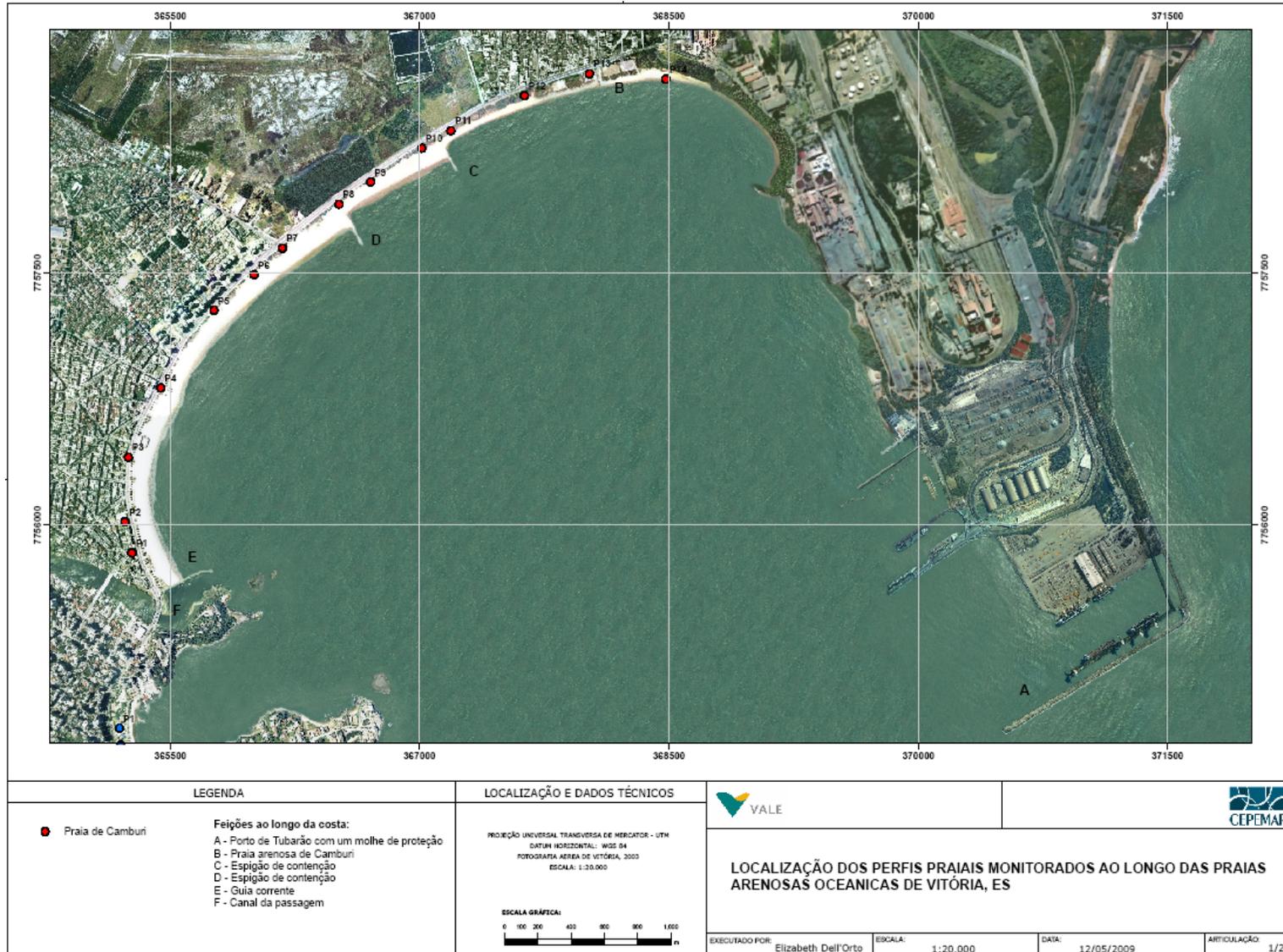


Figura 3.1.4.4-20: Perfis monitorados na praia de Camburi.

Nas Figuras 3.1.4.4-21 e 3.1.4.4-22, observa-se a variação topográfica dos perfis P1 a P4 da praia de Camburi, localizados na porção sudoeste do arco praial.

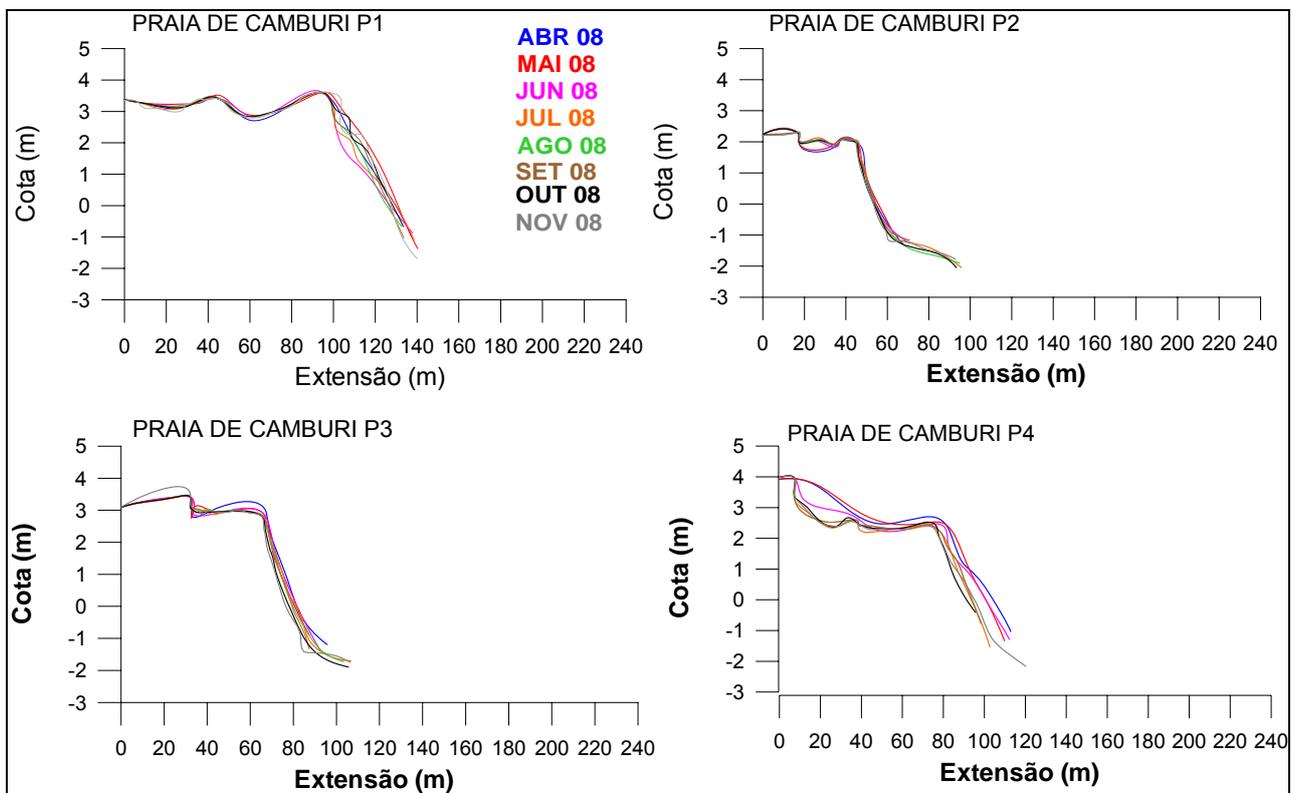


Figura 3.1.4.4-21: Variação topográfica dos perfis praias P1 a P4 durante o monitoramento entre Abril e Novembro de 2008.

O perfil P1, localizado próximo ao píer da lemanjá (guia corrente), tem seu início no asfalto. A praia propriamente dita inicia-se aos 21 metros. Desta forma, a praia arenosa, até o nível de redução (cota 0) apresenta aproximadamente 100 metros de extensão. O perfil apresenta-se volumoso com desenvolvimento e estabilidade do berma e alteração na morfologia da face praial, cuja alteração pode ocorrer em intervalos de horas e dias (Figura 3.1.4.4-21). A presença do guia corrente (Figura 3.1.4.4-23) representa uma armadilha e propicia a deposição de sedimentos. Apresenta tipologia refletiva.



Figura 3.1.4.4-22: Perfis P1 a P4. Observa-se alta declividade da face da praia nos 3 primeiros perfis e desenvolvimento de cúspides no P4. Data: Novembro de 2008.



Figura 3.1.4.4-23: Vista aérea setor SW da praia de Camburi.

Rumo ao norte, com maior grau de exposição às ondas incidentes, os perfis P2 e P3 têm o início da praia aos 16m e 32m respectivamente, sendo que o último apresenta urbanização recente (Figura 3.1.4.4-24). Até o nível de redução, os perfis apresentam aproximadamente 40m de extensão. A alta declividade da face praial precedida por terraço de baixa-mar no perfil P2 sugere a classificação de terraço de baixa-mar, estágio imediatamente posterior ao refletivo, rumo à migração de sedimentos emersos para a porção submersa.



**Figura 3.1.4.4-24: Perfil P3. Observa-se recente urbanização da orla.
Data: Outubro de 2008.**

Os primeiros 100m da praia de Camburi, representados pelos perfis P1 a P3, são caracterizados pelo alto grau de exposição de ondas de E-SE e NE, influenciada ainda pela difração das ondas ao redor da Ilha de Socó (SABAINI, 2005).

O P4 mantém a classificação refletiva e volumosa do trecho, apresentando recuo da crista do berma de ordem de 8m durante os últimos 8 meses. O mesmo fora verificado no perfil P5 (Figuras 3.1.4.4-25 e 3.1.4.4-26).

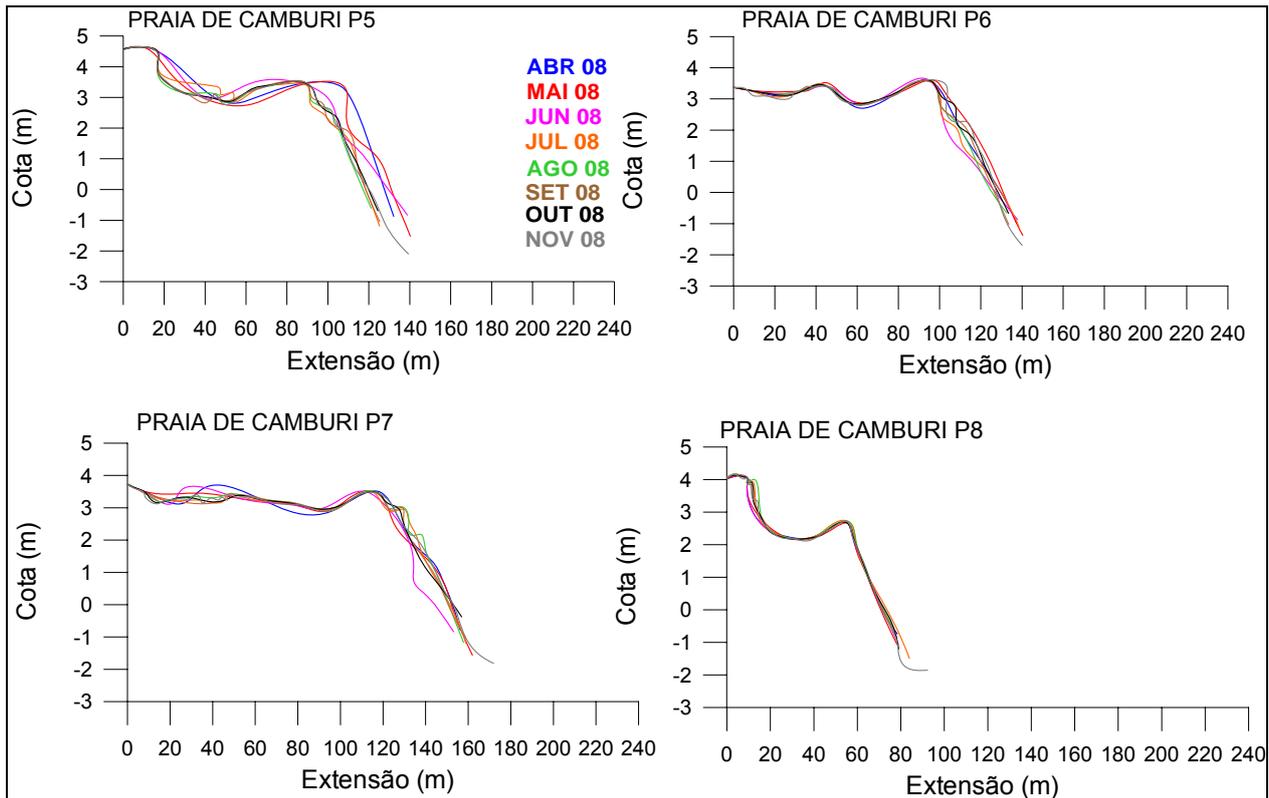


Figura 3.1.4.4-25: Variação topográfica dos perfis praias P5 a P8 durante o monitoramento entre Abril e Novembro de 2008.

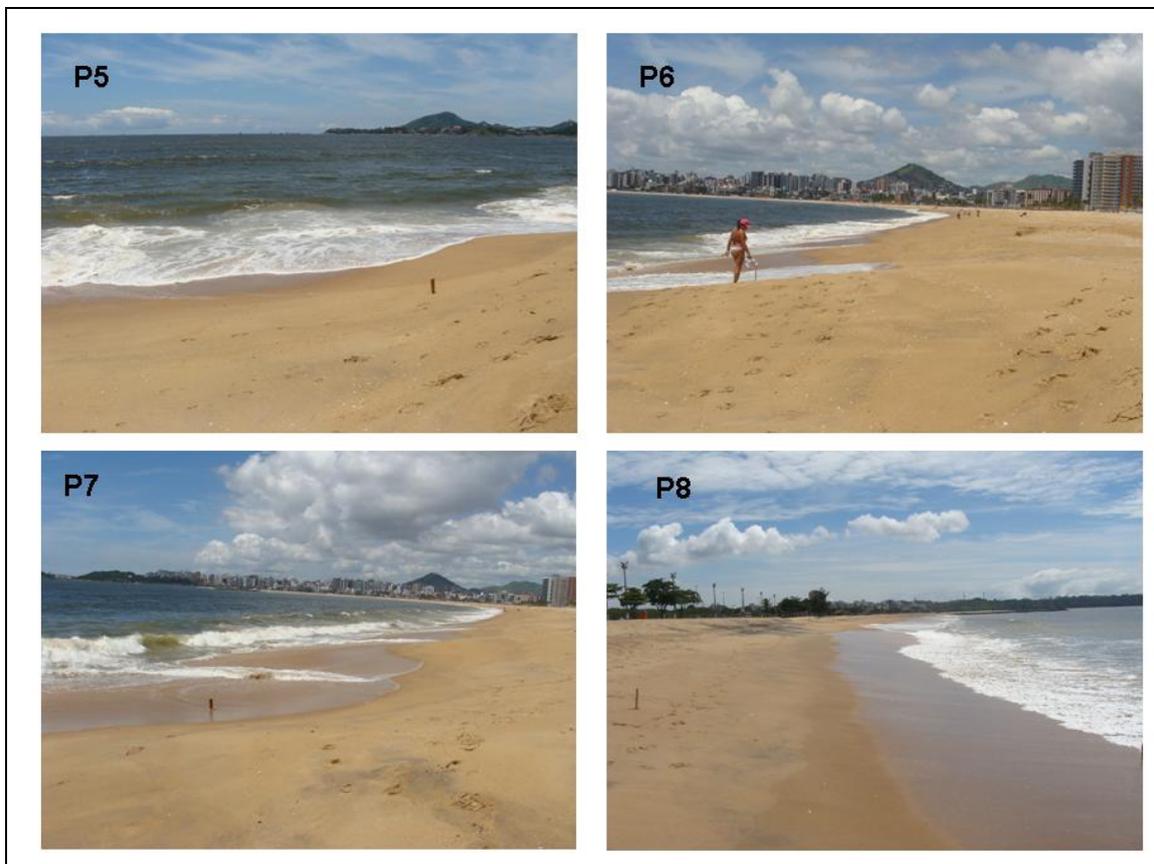


Figura 3.1.4.4-26: Perfis P5 a P8. Presença de correntes de retorno e cúspides praias. Novembro de 2008.

Outra grande variação topográfica dos perfis P3 a P7 está associada à migração de cúspides praias, sendo os perfis P6 e P7 mais estáveis em relação à migração da crista do berma, com maior extensão do perfil praial associado à proximidade do espigão (Figura 3.1.4.4-27) e à retenção de sedimentos provenientes da deriva litorânea de sudoeste.



Figura 3.1.4.4-27: Perfil P7. Notar presença do espigão ao fundo.
Data: Outubro de 2008.

O padrão morfológico atual da praia é semelhante ao já verificado nos três anos após o engordamento artificial, conforme verificado por Passos (2004), sendo os trechos mais estreitos submetidos à maior exposição das ondas, como a porção sudoeste da praia, e os trechos mais extensos são encontrados na porção sombreada da Ilha do Socó.

A praia de Camburi representa uma célula de balanço sedimentar. Sob condições de ondas de SE há predomínio de transporte transversal dos sedimentos, já que devido ao alinhamento do arco praial essas ondas incidem normalmente na praia. Já sob condições de nordeste, há maior exposição na porção sudoeste do arco (ALBINO *et al.*, 2001), desenvolvendo uma deriva rumo a nordeste, do P1 ao P7. O montante deste transporte fica retido a barlar do espigão, progradando os perfis P6 e P7 e causando retração do perfil P8 e perfil P9 (Figura 3.1.4.4-28).

A presença do espigão, além de reter sedimentos, propicia o maior empilhamento das ondas e o desenvolvimento de ondas infragravitacionais, como a onda de borda, frequentemente associada à formação das cúspides.

A praia do perfil P8, localizado imediatamente a sotamar do espigão, inicia-se aos 30m e, até o nível de redução, apresenta aproximadamente 40m de extensão. Quando comparado ao perfil P7, barlar, a diferença da extensão da faixa arenosa é de 100m.

O setor compreendido pelos perfis P4 a P7, segundo Sabaini (2005), possui uma tipologia de praia intermediária, com declividade alta a moderada da antepraia, sedimentos com granulometria média, ondas do tipo ascendente e mergulhante. É caracterizado por apresentar cúspides e desenvolvimento de correntes de retorno, conforme observado nas campanhas do atual monitoramento.

Nas Figuras 3.1.4.4-28 e 3.1.4.4-29 observam-se a variação e as ilustrações dos perfis P9 a P12. O perfil P9 apresenta extensão, desde a calçada até o nível de redução, de aproximadamente 70m, estando ainda sob influência da retenção de sedimentos a barlar do espigão. Já os perfis P10 a P12 apresentam-se mais extensos e precedidos por terraço arenoso, muito provavelmente desenvolvido pela deposição de sedimentos ao final do arco praial.

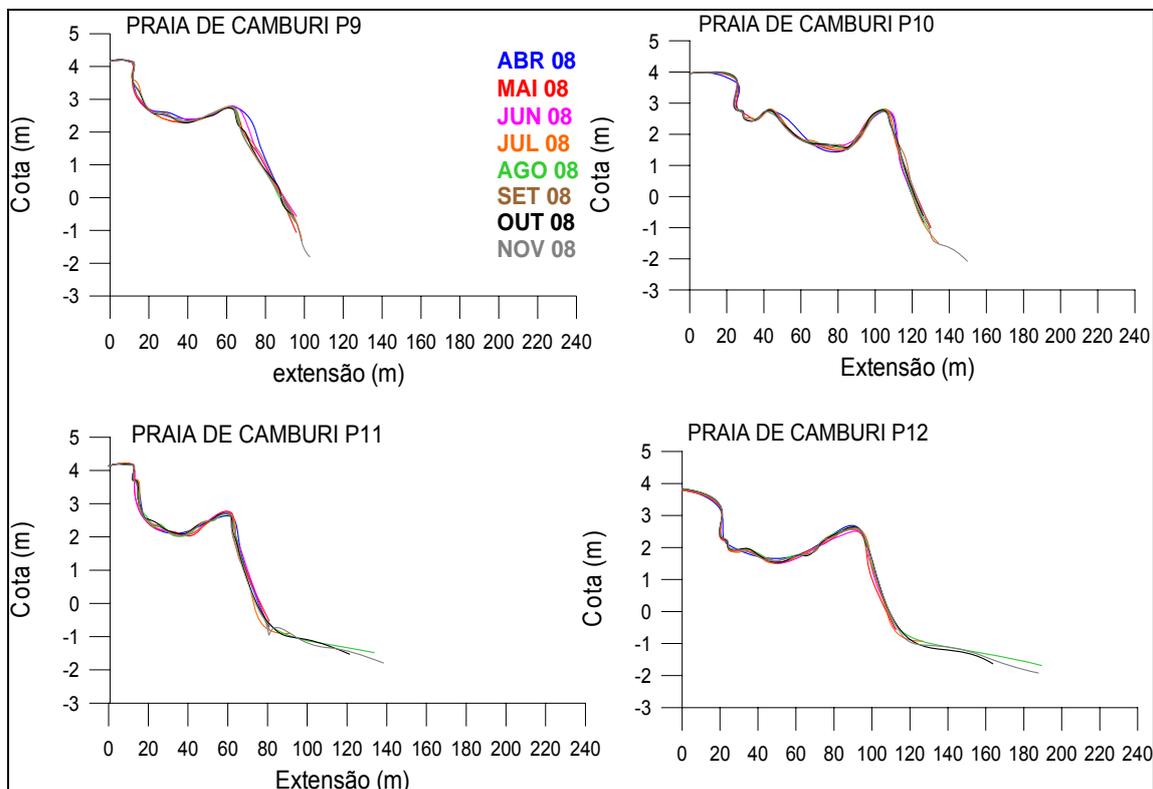


Figura 3.1.4.4-28: Variação topográfica dos perfis praias P9 a P12 durante o monitoramento entre Abril e Novembro de 2008.



Figura 3.1.4.4-29: Perfis praias P9 a P12. Cúspides presentes no P9. Novembro de 2008.

Registra-se pequena variação topográfica ao longo dos 8 meses de monitoramento, já que essa área se encontra protegida das ondas de nordeste e sudeste.

O mesmo é registrado nos perfis P13 e P14, com pequena variação topográfica. A alta dissipação ao final da praia representada pelo perfil P14 não possibilita a formação de berma (Figuras 3.1.4.4-30 e 3.1.4.4-31).

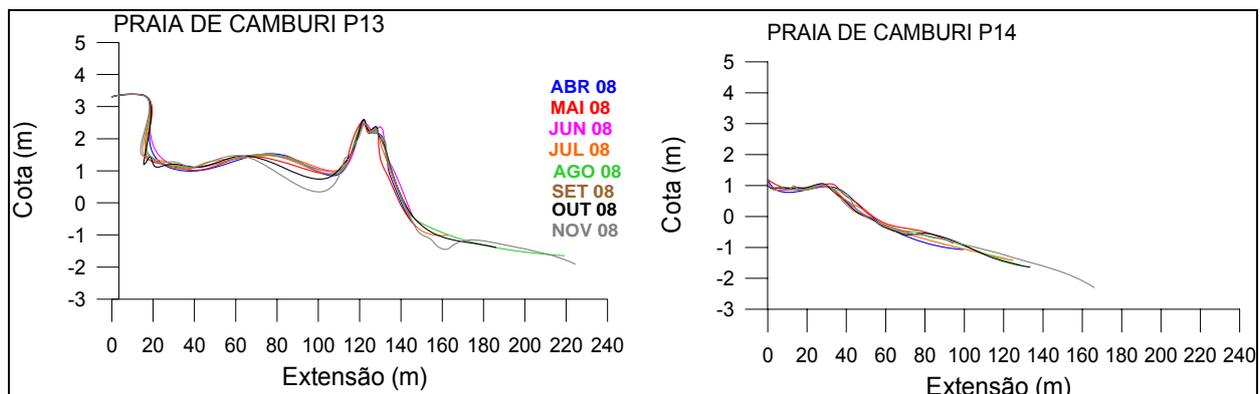


Figura 3.1.4.4-30: Variação topográfica dos perfis P13 e P14 entre Abril e Novembro de 2008. Perfis situados na porção nordeste da praia apresentaram pequena variação topográfica.



Figura 3.1.4.4-31: Perfis P13 e P14, com baixa declividade da face praial e antepraia. Novembro de 2008.

A seguir serão apresentadas as características texturais das areias da praia de Camburi com base em conhecimentos pretéritos e nos resultados obtidos durante o monitoramento realizado pela Cepemar (2009) com a finalidade de comparar os resultados.

No atual monitoramento foram analisadas as areias da face praial, praia média e antepraia de coletas realizadas em Abril, Julho e Outubro de 2008.

A Figura 3.1.4.4-32 e a Tabela 3.1.4.4-1 apresentam as variações texturais dos perfis P1 a P4 na porção sudoeste da praia.

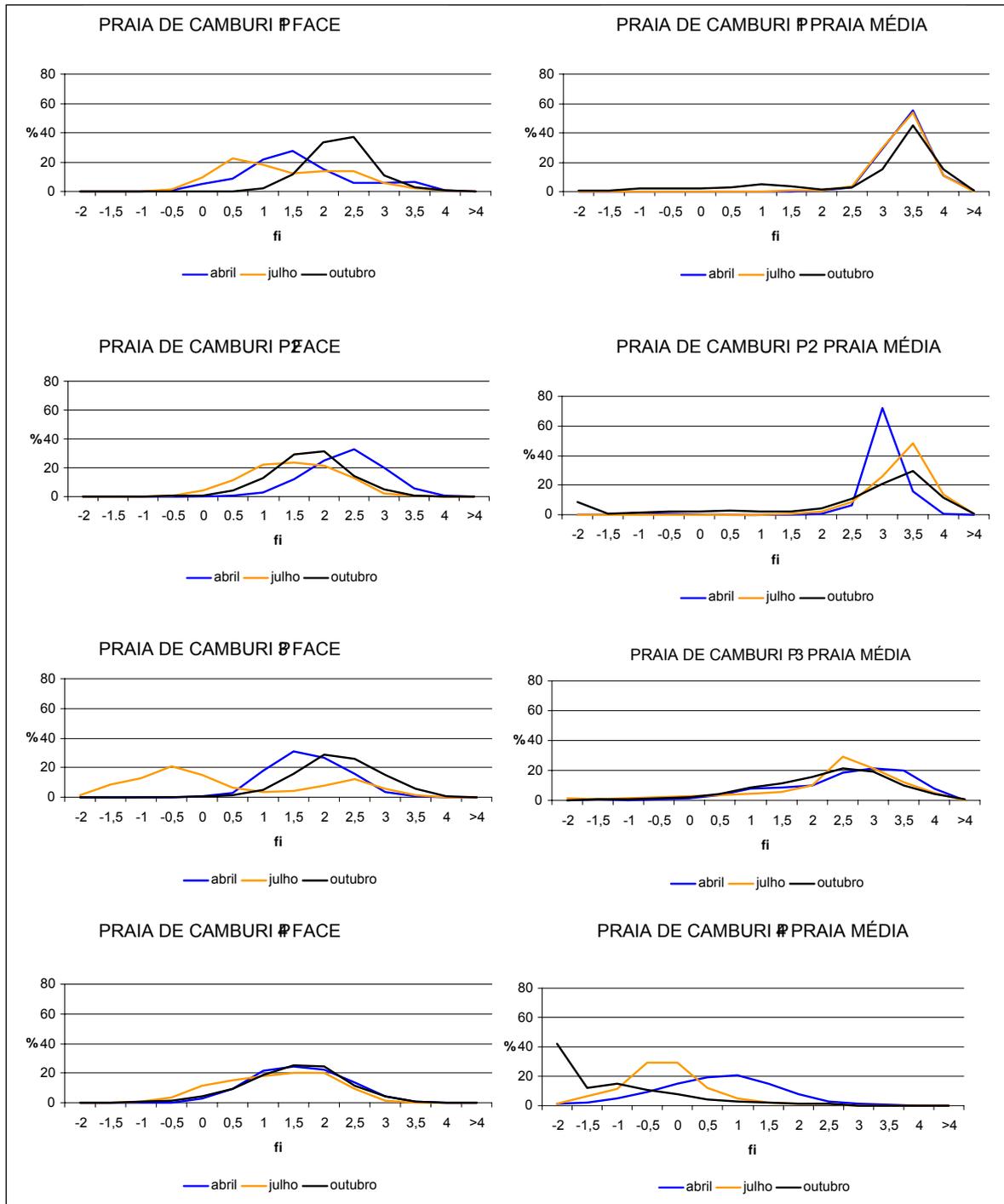


Figura 3.1.4.4-32: Variação granulométrica das areias da face da praia média dos perfis P1 a P4 em Abril, Julho e Outubro de 2008.

Tabela 3.1.4.4-1: Classificação textural das areias da face (F) e da praia média (PM) dos perfis P1 a P4 em Abril, Julho e Outubro de 2008.

ESTAÇÕES	MÉDIA (MZ) *	MEDIANA (MD) *	DESVIO PADRÃO GRAU DE SELEÇÃO (σ_1)*	ASSIMETRIA (SK ₁)*
ABRIL 2008				
P1F	1,34 Areia média	1,23 Areia média	0,95 Moderado	0,18 Positivo
P1PM	3,09 Areia muito fina	3,14 Areia muito fina	0,38 Bom	-0,13 Negativa
P2F	2,13 Areia fina	2,13 Areia fina	0,63 Moderado	-0,02 Simétrica
P2PM	2,77 Areia fina	2,76 Areia fina	0,33 Muito bom	-0,02 Simétrica
P3F	1,48 Areia média	1,45 Areia média	0,62 Moderado	0,06 Simétrica
P3PM	2,29 Areia fina	2,46 Areia fina	1,03 Pobre	-0,25 Negativa
P4F	1,34 Areia média	1,32 Areia média	0,75 Moderado	0,01 Simétrica
P4PM	0,44 Areia grossa	0,47 Areia grossa	0,98 Moderado	-0,05 Simétrica
JULHO 2008				
P1F	1,09 Areia média	0,94 Areia grossa	1,01 Pobre	0,19 Positiva
P1PM	3,09 Areia muito fina	3,14 Areia muito fina	0,39 Boa	-0,11 Negativa
P2F	1,23 Areia média	1,23 Areia média	0,77 Moderado	-0,03 Simétrica
P2PM	3,06 Areia muito fina	3,13 Areia muito fina	0,48 Boa	-0,21 Negativa
CAM 3F	0,19 Areia grossa	-0,29 Areia muito grossa	1,54 Pobre	0,37 Muito positiva
P3PM	2,13 Areia fina	2,32 Areia fina	1,13 Pobre	-0,34 Muito negativa
CAM 4F	0,96 Areia grossa	1,02 Areia média	0,89 Moderado	-0,08 Simétrica
P4PM	0,44 Areia grossa	0,47 Areia grossa	0,98 Moderado	-0,05 Simétrica
OUTUBRO 2008				
P1F	2,01 Areia fina	2,03 Areia fina	0,52 Bom	-0,04 Simétrica
P1PM	2,55 Areia fina	3,12 Areia muito fina	1,26 Pobre	-0,68 Muito negativa
P2F	1,52 Areia média	1,53 Areia média	0,65 Moderado	-0,01 Simétrica
P2PM	2,15 Areia fina	2,79 Areia fina	1,55 Pobre	-0,60 Muito negativa
P3F	1,98 Areia média	1,97 Areia média	0,71 Moderado	0,01 Simétrica
P3PM	1,99 Areia média	2,12 Areia fina	1,04 Pobre	-0,21 Negativa
P4F	1,28 Areia média	1,32 Areia média	0,78 Moderado	-0,08 Simétrica
P4PM	-0,89 Areia muito grossa	-1,68 Cascalho muito fino	0,31 Muito bom	0,95 Muito positiva

Os perfis mais estáveis P1 e P2 apresentam areias de textura fina a média, provavelmente associadas ao aporte fluvial do canal da Passagem e proteção exercida pelo Píer de Iemanjá.

Perfis com maior variação topográfica apresentaram também maior variação textural. Existe uma relação entre o diâmetro do grão e a declividade da face da praia, com menores declividades associadas a areias mais finas e vice versa. Com a formação do terraço de baixa-mar na antepraia (veja P3 face em Outubro de 2008, Figura 3.1.4.4-32 e Tabela 3.1.4.4-1) há o afinamento do diâmetro do grão.

No perfil P4, com alto grau de exposição e alta declividade, as areias da praia média se apresentam grossas. De maneira geral, areias da praia média apresentam-se mais grossas devido à intensa hidrodinâmica desse subambiente, com a ação de fluxo, refluxo e escoamento da percolação do espraiamento e lençol freático.

A Figura 3.1.4.4-33 e a Tabela 3.1.4.4-2 apresentam a variação granulométrica das areias dos perfis P5 a P8.

A porção central da praia representada por esses perfis é composta por areias grossas a muito grossas com moderado grau de seleção.

A relação entre perfis volumosos com alta declividade da face praial, ondas ascendentes e frontais (LEÃO, 2004; SABAINI, 2005) e areias grossas remete à classificação de praias refletivas.

Segundo a classificação de Wright e Thom (1977), esse estágio morfodinâmico representa praias construtivas no estágio máximo de construção. Esta classificação aplica-se a este setor na praia de Camburi, onde a deriva longitudinal e a presença dos espigões vem favorecendo a deposição de sedimentos ao longo do tempo de adaptação, gerando setor progradante da praia, tal como evidenciado anteriormente, quando apresentado o estudo de evolução da linha de costa.

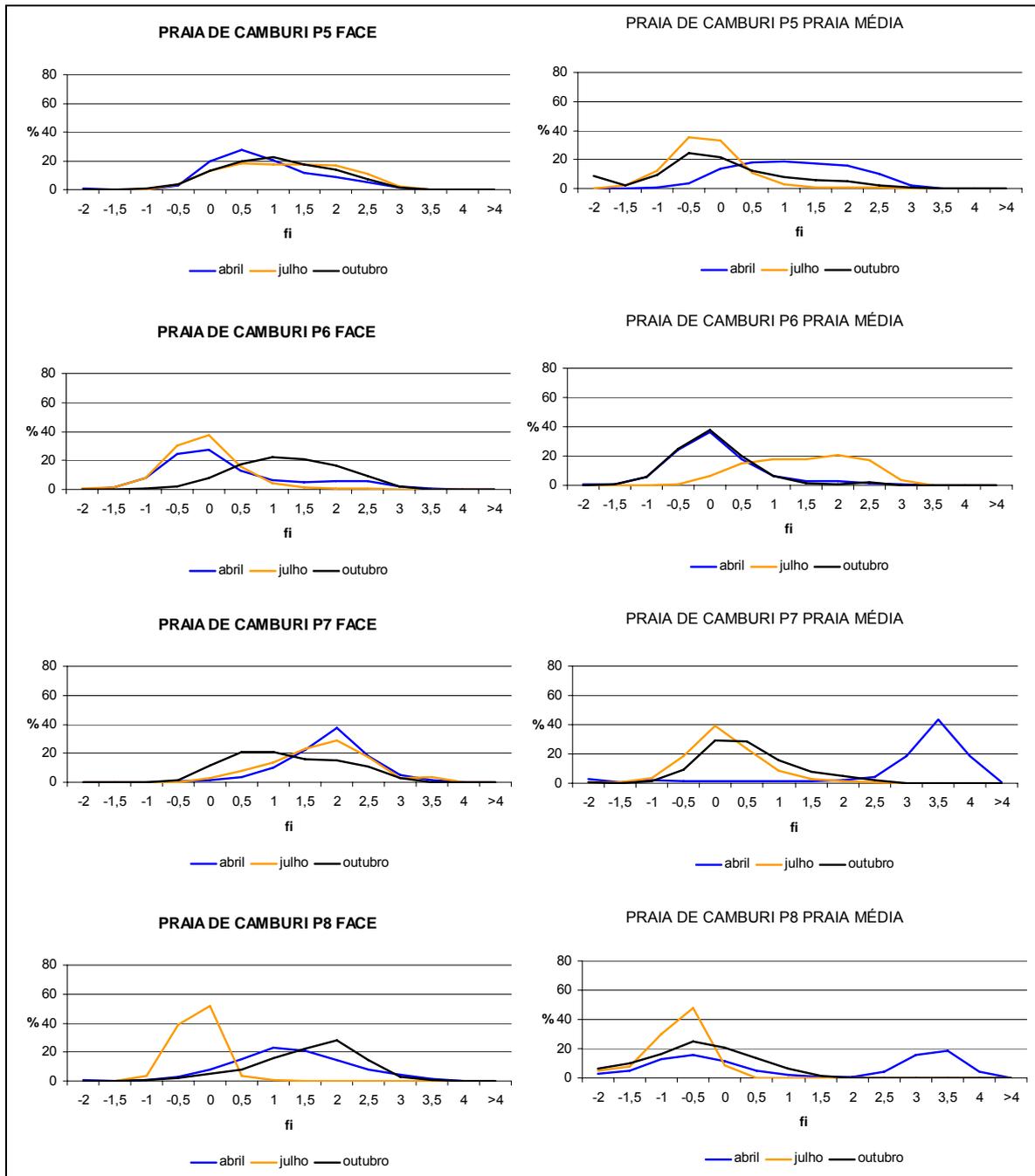


Figura 3.1.4.4-33: Variação granulométrica das areias da face e praia média dos perfis P5 a P8 em Abril, Julho e Outubro de 2008.

Tabela 3.1.4.4-2: Classificação textural das areias da face (F) e praia média (PM) dos perfis P5 a P8 em Abril, Julho e Outubro de 2008.

Estações	Média (Mz) *	Mediana (Md) *	Desvio Padrão Grau de seleção (σ_1)*	Assimetria (Sk_1)*
ABRIL 2008				
P5F	0,59 Areia grossa	0,46 Areia grossa	0,83 Moderado	0,26 Positiva
P5PM	0,89 Areia grossa	0,87 Areia grossa	0,92 Moderado	0,05 Simétrica
P6F	0,11 Areia grossa	-0,18 Areia muito grossa	1,09 Pobre	0,40 Muito positiva
P6PM	-0,20 Areia muito grossa	-0,24 Areia muito grossa	0,72 Moderado	0,19 Positiva
P7F	1,63 Areia média	1,66 Areia média	0,64 Moderado	-0,07 Simétrica
P7PM	2,93 Areia fina	3,13 Areia muito fina	1,09 Pobre	-0,56 Muito negativa
P8F	1,00 Areia grossa	0,98 Areia grossa	0,91 Moderado	0,03 Simétrica
P8PM	0,72 Areia grossa	0,15 Areia grossa	1,88 Pobre	0,33 Muito positiva
JULHO 2008				
P5F	0,95 Areia grossa	0,94 Areia grossa	0,92 Moderado	0,02 Simétrica
P5PM	-0,50 Areia muito grossa	-0,51 Areia muito grossa	0,54 Moderado	0,05 Simétrica
P6F	-0,34 Areia muito grossa	-0,36 Areia muito grossa	0,58 Moderado	0,06 Simétrica
P6PM	1,23 Areia média	1,26 Areia média	0,87 Moderado	-0,08 Simétrica
P7F	1,48 Areia média	1,54 Areia média	0,78 Moderado	-0,09 Simétrica
P7PM	-0,14 Areia muito grossa	-0,16 Areia muito grossa	0,59 Moderado	0,10 Simétrica
P8F	-0,46 Areia muito grossa	-0,43 Areia muito grossa	0,34 Muito boa	-0,11 Negativa
P8PM	-0,99 Areia muito grossa	-0,93 Areia muito grossa	0,47 Boa	-0,20 Negativa
OUTUBRO 2008				
P5F	0,83 Areia grossa	0,79 Areia grossa	0,86 Moderado	0,08 Simétrica
P5PM	-0,26 Areia muito grossa	-0,39 Areia muito grossa	0,97 Moderado	0,32 Muito positiva
P6F	1,02 Areia média	1,00 Areia média	0,84 Moderado	0,02 Simétrica
P6PM	-0,24 Areia muito grossa	-0,26 Areia muito grossa	0,62 Moderado	0,10 Positiva
P7F	0,96 Areia grossa	0,87 Areia grossa	0,89 Moderado	0,13 Positiva
P7PM	0,25 Areia grossa	0,17 Areia grossa	0,74 Moderado	0,20 Positiva
P8F	1,34 Areia média	1,42 Areia média	0,81 Moderado	-0,20 Negativa
P8PM	-0,65 Areia muito grossa	-0,66 Areia muito grossa	0,79 Moderado	0,10 Positiva

As Figuras 3.1.4.4-34 e 3.1.4.4-35 e as Tabelas 3.1.4.4-3 e 3.1.4.4-4 apresentam a classificação das areias dos perfis P9 a P14. Considerando a menor exposição às ondas incidentes da porção, as areias apresentam-se médias e finas, com moderado a pobre grau de seleção devido à menor competência das ondas em mobilizar e selecionar os grãos.

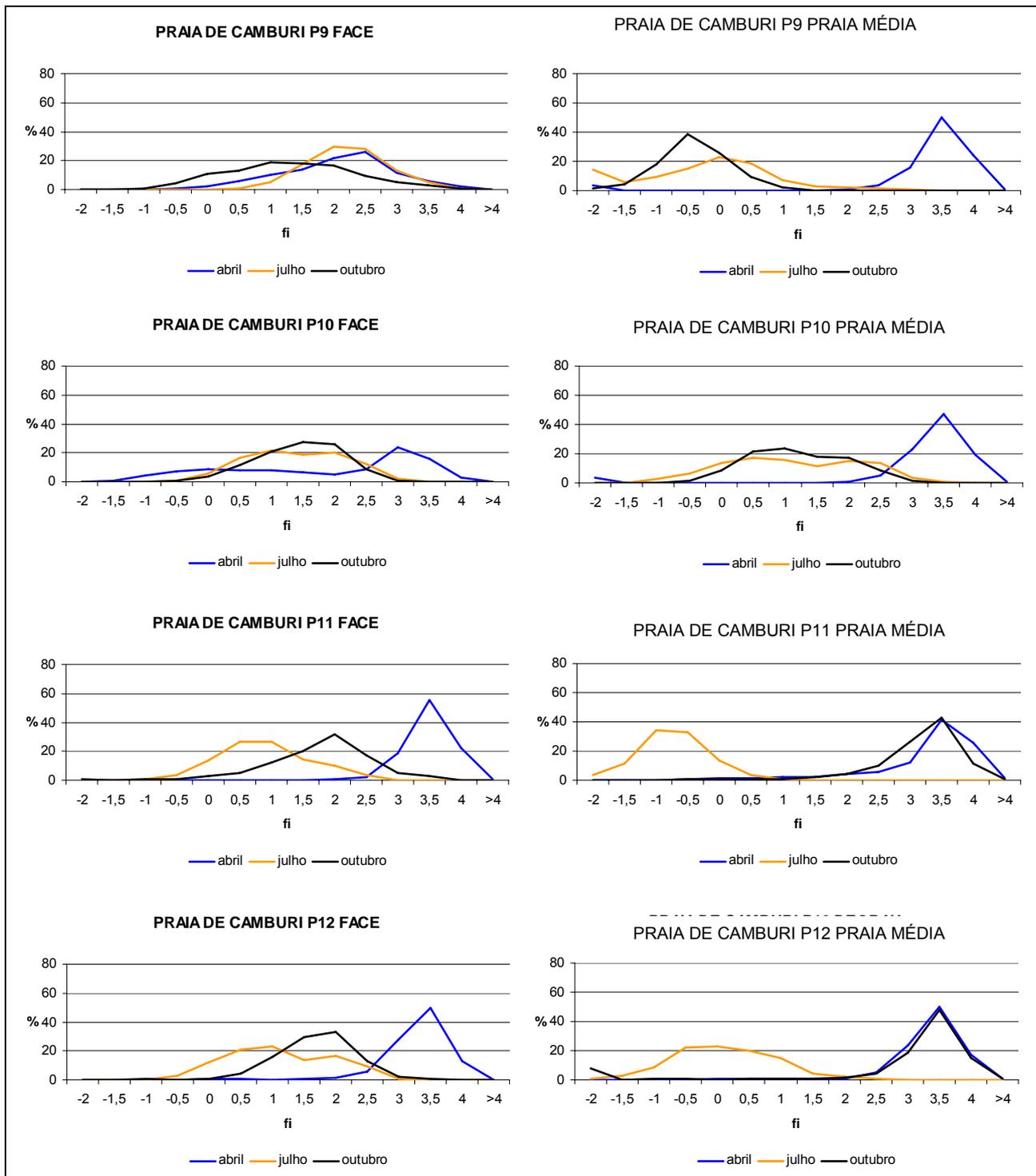


Figura 3.1.4.4-34: Variação granulométrica das areias da face e do degrau da praia dos perfis P9 a P12 em Abril, Julho e Outubro de 2008.

Tabela 3.1.4.4-3: Classificação textural das areias da face (F) e praia média (PM) dos perfis P9 a P12 em Abril, Julho e Outubro de 2008.

Estações	Média (Mz) *	Mediana (Md) *	Desvio Padrão Grau de seleção (σ_1)*	Assimetria (Sk_1)*
ABRIL 2008				
P9F	1,78 Areia média	1,88 Areia média	0,92 Moderado	-0,15 Negativa
P9PM	3,19 Areia muito fina	3,23 Areia muito fina	0,67 Moderado	-0,34 Muito negativa
P10F	1,62 Areia média	2,07 Areia fina	1,52 Pobre	-0,40 Muito negativa
P10PM	3,12 Areia muito fina	3,17 Areia muito fina	0,52 Moderado	-0,21 Negativa
P11F	3,23 Areia muito fina	3,24 Areia muito fina	0,40 Bom	-0,04 Simétrica
P11PM	3,02 Areia muito fina	3,20 Areia muito fina	0,87 Moderado	-0,47 Muito negativa
P12F	3,06 Areia muito fina	3,13 Areia muito fina	0,46 Bom	-0,21 Negativa
P12PM	3,10 Areia muito fina	3,16 Areia muito fina	0,48 Bom	-0,21 Negativa
JULHO 2008				
P9F	1,95 Areia média	1,95 Areia média	0,66 Moderado	0,02 Simétrica
P9PM	-0,60 Areia muito grossa	-0,37 Areia muito grossa	0,89 Moderado	0,20 Positiva
P10F	1,11 Areia média	1,11 Areia média	0,82 Moderado	0,00 Simétrica
P10PM	0,87 Areia grossa	0,82 Areia grossa	1,08 Pobre	0,04 Simétrica
P11F	0,66 Areia grossa	0,60 Areia grossa	0,74 Moderado	0,12 Positiva
P11PM	-0,97 Areia muito grossa	-0,99 Areia muito grossa	0,55 Moderado	0,03 Simétrica
P12F	0,86 Areia grossa	0,78 Areia grossa	0,87 Moderado	0,12 Positiva
P12PM	-0,11 Areia muito grossa	-0,16 Areia muito grossa	0,82 Moderado	0,08 Simétrica
OUTUBRO 2008				
P9F	1,06 Areia média	1,07 Areia média	1,02 Pobre	0,02 Simétrica
P9PM	-0,66 Areia muito grossa	-0,66 Areia muito grossa	0,58 Moderado	0,03 Simétrica
P10F	1,21 Areia média	1,25 Areia média	0,69 Moderado	-0,08 Simétrica
P10PM	0,95 Areia grossa	0,89 Areia grossa	0,82 Moderado	0,10 Positiva
P11F	1,54 Areia média	1,61 Areia média	0,80 Moderado	-0,16 Negativa
P11PM	2,94 Areia fina	3,05 Areia muito fina	0,63 Moderado	-0,33 Muito negativa
P12F	1,42 Areia média	1,47 Areia média	0,60 Moderado	-0,11 Negativa
P12PM	2,98 Areia fina	3,14 Areia muito fina	1,07 Pobre	-0,57 Muito negativa

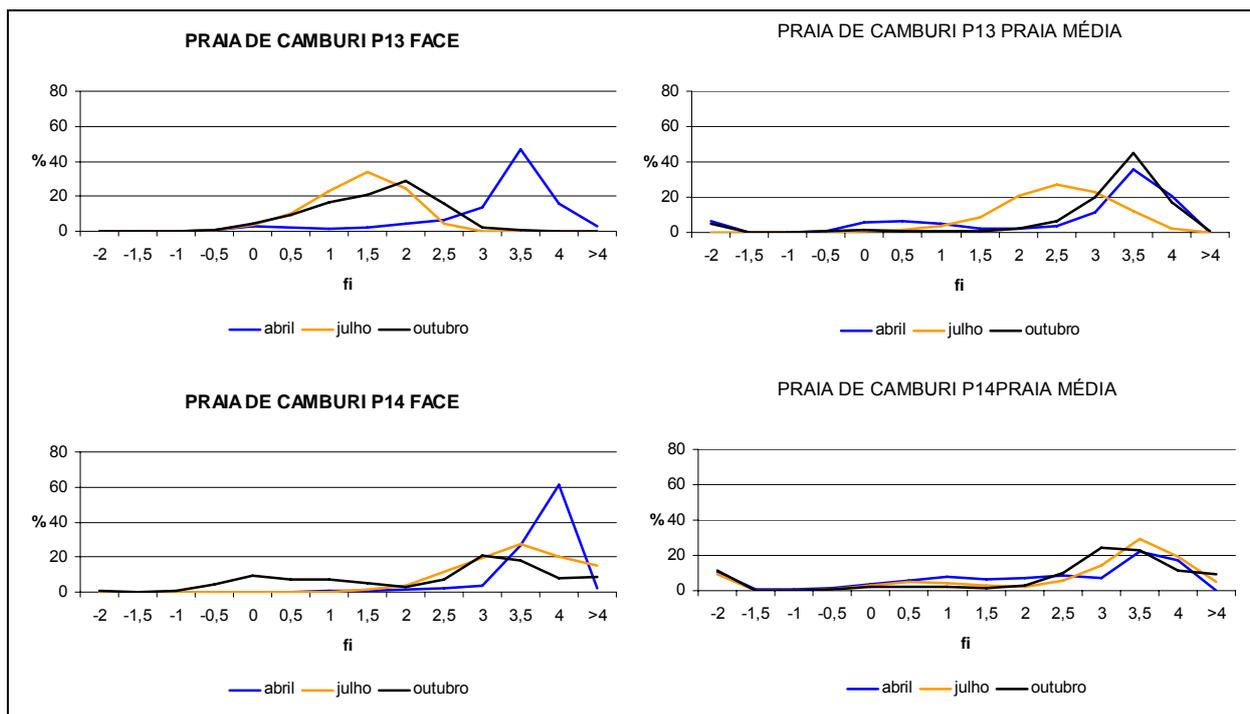


Figura 3.1.4.4-35: Variação granulométrica das areias da face e praia média dos perfis P13 e P14 em Abril, Julho e Outubro de 2008.

Tabela 3.1.4.4-4: Classificação textural das areias da face (F) da praia média (PM) dos perfis P13 e P14 em Abril, Julho e Outubro de 2008.

Estações	Média (Mz) *	Mediana (Md) *	Desvio Padrão Grau de seleção (σ_1)*	Assimetria (Sk_1)*
ABRIL 2008				
P13F	2,90 Areia fina	3,14 Areia fina	0,90 Moderado	-0,57 Muito negativa
P13PM	2,31 Areia fina	3,09 Areia muito fina	1,74 Pobre	-0,72 Muito negativa
P14F	3,51 Areia muito fina	3,58 Areia muito fina	0,43 Bom	-0,40 Muito negativa
P14 PM	1,89 Areia média	2,29 Areia fina	1,83 Pobre	-0,41 Muito negativa
JULHO 2008				
P13F	1,16 Areia média	1,19 Areia média	0,60 Moderado	-0,12 Negativa
P13PM	2,25 Areia fina	2,27 Areia fina	0,75 Moderado	-0,08 Simétrica
P14F	3,04 Areia muito fina	3,10 Areia muito fina	0,65 Moderado	-0,20 Negativa
P14 PM	2,29 Areia fina	3,01 Areia muito fina	1,58 Pobre	-0,65 Muito negativa
OUTUBRO 2008				
P13F	1,35 Areia média	1,44 Areia média	0,76 Moderado	-0,19 Negativa
P13PM	3,03 Areia muito fina	3,14 Areia muito fina	1,07 Pobre	-0,51 Muito negativa
P14F	1,94 Areia média	2,53 Areia fina	1,50 Pobre	-0,50 Muito negativa
P14 PM	2,11 Areia fina	2,77 Areia fina	1,52 Pobre	-0,57 Muito negativa

Nas campanhas de Abril e Outubro de 2008, os sedimentos da antepraia foram também coletados. A classificação textural destes pode ser observada na Tabela 3.1.4.4-5, e a distribuição granulométrica nos sedimentos da Campanha de Outubro na Figura 3.1.4.4-36.

De maneira geral os sedimentos da antepraia apresentam-se areno-lamosos, com percentual significativo retido na fração de >4 ϕ , somatório das classes de sedimentos finos (silte e argila). Amostras analisadas via pipetagem para a determinação textural da fração lamosa indicaram classificação em silte (Tabela 3.1.4.4-5).

A fração grossa dos sedimentos areno-lamosos apresenta-se classificada em areias finas e muito finas predominantemente, com bom grau de seleção (Tabela 3.1.4.4-5).

Ao longo dos perfis P5 e P6, a semelhança entre a textura das áreas da face e da antepraia sugere efetiva troca sedimentar da praia emersa e submersa na porção mais dinâmica da praia de Camburi.

Em contrapartida, sedimentos finos na antepraia são indicadores de áreas deposicionais, ora de barras arenosas ora de sedimentos finos transportados por correntes transversais em suspensão.

Tabela 3.1.4.4-5: Classificação textural das areias da antepraia (AP) ao longo da praia de Camburi em Abril e Outubro de 2008. 1AP e 14AP são classificadas pela distribuição total (grossos e finos).

ESTAÇÕES	MÉDIA (MZ) *	MEDIANA (MD) *	GRAU DE SELEÇÃO (σ_1)*	ASSIMETRIA (SK_1)*
ANTEPRAIA ABRIL 2008				
P1AP	262 Areia média	108 Areia muito fina	4,52 Muito pobre	0,77 Assimetria muito positiva
P2AP	Areia muito fina	Areia muito fina	1,24 Muito boa	0,15 Positiva
P3AP	Areia muito fina	Areia muito fina	1,30 Boa	0,22 Positiva
P4AP	Areia muito fina	Areia muito fina	1,29 Boa	0,37 Positiva
P5AP	Areia muito fina	Areia muito fina	1,19 Muito boa	0,23 Positiva
P6AP	Areia muito fina	Areia muito fina	1,22 Muito boa	0,27 Positiva
P7AP	Areia muito fina	Areia muito fina	1,20 Muito boa	0,26 Positiva
P8AP	Areia muito fina	Areia muito fina	1,20 Muito boa	0,26 Positiva
P9AP	Areia fina	Areia muito fina	2,10 Pobre	0,71 Muito positiva
P10AP	Areia fina	Areia fina	1,55 Moderado	0,21 Positiva
P11AP	Areia muito fina	Areia muito fina	1,85 Moderado	0,67 Muito positiva
P12AP	Areia muito Grossa	Areia grossa	2,05 Pobre	0,45 Muito positiva
P13AP	Areia muito fina	Areia muito fina	1,54 Moderado	0,42 Muito positiva
P14AP	Areia média	Areia fina	2,05 Pobre	0,36 Muito positiva
ANTEPRAIA OUTUBRO 2008				
P1AP	3,27 Areia muito fina	3,44 Areia muito fina	0,95 Moderado	-0,15 Negativa
P2AP	3,54 Areia muito fina	3,59 Areia muito fina	0,34 Muito bom	-0,27 Negativa
P3AP	3,43 Areia muito fina	3,44 Areia muito fina	0,49 Bom	-0,27 Negativa
P4AP	3,62 Areia muito fina	3,68 Areia muito fina	0,32 Muito bom	-0,38 Muito negativa
P5AP	0,66 Areia grossa	0,55 Areia grossa	1,01 Pobre	0,10 Positiva
P6AP	0,88 Areia grossa	0,33 Areia grossa	1,76 Pobre	0,36 Muito positiva
P7AP	0,48 Areia grossa	0,50 Areia grossa	0,70 Moderado	-0,01 Simétrica
P8AP	3,72 Areia muito fina	3,72 Areia muito fina	0,22 Muito bom	-0,21 Negativa
P9AP	3,73 Areia muito fina	3,73 Areia muito fina	0,20 Muito bom	-0,15 Negativa
P10AP	3,60 Areia muito fina	3,65 Areia muito fina	0,30 Muito bom	-0,30 Muito negativa
P11AP	3,42 Areia muito fina	3,45 Areia muito fina	1,05 Pobre	-0,48 Muito negativa
P12AP	3,49 Areia muito fina	3,51 Areia muito fina	0,35 Bom	-0,14 Negativa
P13AP	3,57 Areia muito fina	3,62 Areia muito fina	0,31 Muito bom	-0,26 Negativa
P14AP	4,98 Silte grosso	3,98 Areia muito fina	1,94 Pobre	0,71 Muito positiva

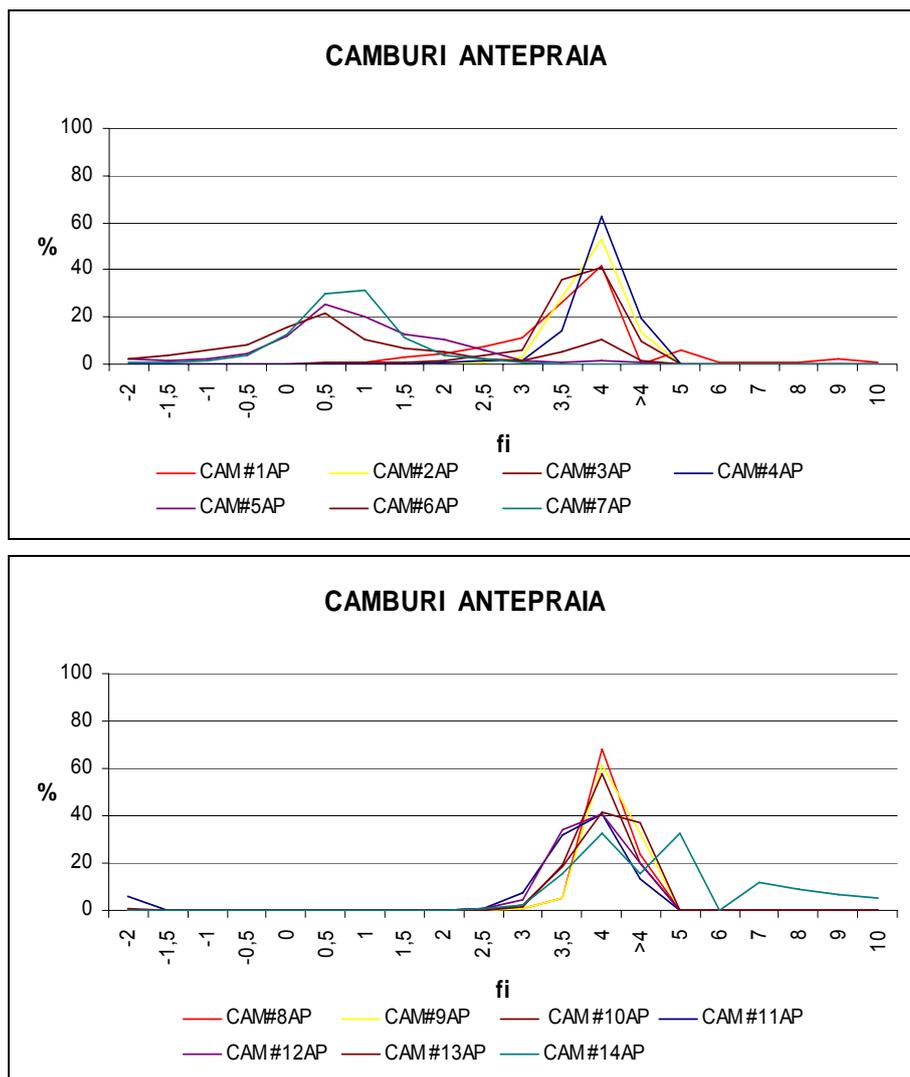


Figura 3.1.4.4-36: Histogramas da distribuição granulométrica dos sedimentos da antepraia ao longo da praia de Camburi em Outubro de 2008. Fração >4 fi corresponde ao somatório do percentual retido na fração lamosa. Nas Estações 1AP e 14AP foi analisada a fração fina (5 a 10f i). Antepraia com sedimentos grossos são verificados nas porções mais expostas da praia onde o transporte transversal é eficiente.

Em geral, o monitoramento realizado entre abril e novembro de 2008 evidenciou que a praia de Camburi apresenta-se estável com os perfis apresentando poucas variações topográficas e no estoque de sedimentos. Quanto à erosão costeira, os dados obtidos somados à análise de dados pretéritos permitem afirmar que apenas a porção sudoeste da praia de Camburi, nos primeiros 1000m, apresenta processo erosivo atuante.

Esse recuo é evidenciado desde 2000, logo após o término das obras de engordamento artificial da praia, quando a faixa arenosa apresentava 100m de extensão. Nos 6 primeiros meses após a obra, houve o rápido recuo de 30m (Albino *et al.*, 2001) devido ao alto grau de exposição dessa porção da praia às ondas de maior energia (oriundas do quadrante sudeste), somado à influência do canal da Passagem. Passados os primeiros 6 meses, o perfil continuou sendo erodido, mas em uma taxa de recuo bem menos acentuada, passando de 70m para 40m de extensão nos últimos 7 anos, ou seja, houve um recuo de 30m, o qual indica uma taxa de recuo de 4 metros/ano.

A busca pelo equilíbrio praiado logo após uma obra do tipo “engordamento” é um processo natural e, tal como ocorrido em Camburi, promove perdas sedimentares devido ao processo de adaptação da linha de costa. Estimativas apresentadas por Verhagen (1996) definem como sendo necessário o uso de 40% a mais de material por causa das perdas de areia em processos adaptativos, sendo que nos primeiros anos a tendência é a ocorrência de perdas entre 1 e 25% do volume depositado. Ou seja, as perdas ocorridas em Camburi seguem o padrão comum da maioria das obras de engordamento realizados em praias arenosas expostas aos agentes hidrodinâmicos.

Do ponto de vista morfodinâmico, os resultados obtidos ratificam o já observado anteriormente, com o setor SW e central da praia com características refletivas a intermediárias e o setor norte com características mais dissipativas em função da presença de areias mais finas em relação aos outros setores, associada a uma menor energia hidrodinâmica (atuação das ondas).

A zonação granulométrica do atual monitoramento apresentou algumas diferenças em relação aos monitoramentos realizados anteriormente, o que provavelmente se deve à busca por um estado de equilíbrio do arco praiado após as intervenções realizadas no passado (espigões e engordamento). Registraram-se zonações que sugerem a atuação efetiva de trocas transversais e não longitudinais, o que possibilitaria a zonação longitudinal dos diâmetros das areias, ou para o afinamento ou para um engrossamento, dependendo da intensidade das ondas e correntes (KOMAR, 1977; Mc CAVE. 1978; Mac LAREN 1981).

Este padrão, associado à estabilidade dos perfis topográficos sugerem uma praia em atual equilíbrio e adaptação morfodinâmica após as intervenções, com trechos morfodinâmicos distintos em função do grau de exposição às ondas incidentes e situação espacial quanto aos processos rotacionais, isto é, porções de saída e chegada dos sedimentos de deriva litorânea. Salienta-se que os sedimentos que completam o transporte rotacional da praia são de granulometria fina, não correspondendo à fração que provavelmente ficaria retida na porção emersa da praia em função da relação altura da onda, declividade da face e diâmetro do grão (BASCON, 1951; DEAN e DALRYMPLE (2004).

Em específico quanto à estabilidade da praia, apesar de ser um processo mais lento e em adaptação, deve-se considerar a perda de sedimentos ao longo do tempo para a plataforma adjacente, já que parte dos sedimentos transportados transversalmente provavelmente alcance maiores profundidades da baía do Espírito Santo, representando um tipo *output* dos sedimentos desta célula. Ainda quanto a *outputs*, menciona-se a fuga de sedimentos para além do pós-praia, conforme pode ser observado na Figura 3.1.4.4-37, em condições de intensos ventos, já que a porção representativa das dunas frontais do perfil transversal é hoje ocupada pela Avenida Dante Michelini.

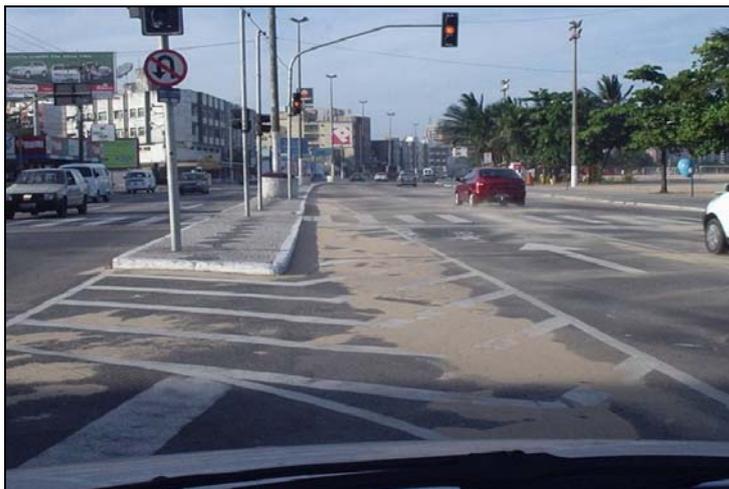


Figura 3.1.4.4-37: Transposição de areias do pós-praia para a faixa asfaltada da praia de Camburi sob condições de ventos intensos. Foto: Jacqueline Albino (2004).

3.1.5 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA ÁREA DE DRAGAGEM

A área de dragagem compreende o canal de acesso, a bacia de evolução e sobrelargura, área de atracação do píer II do Porto de Tubarão e berço II do terminal de carvão do Porto de Praia Mole. Estudos geológicos e geofísicos realizados ao longo dos anos na área do Porto de Tubarão podem ser usados para ilustrar a geologia da área de empreendimento (UMISAN, 2009). O estudo foi realizado integrando dados sonográficos, sísmicos, sedimentares (amostras de fundo) e estratigráficos (sondagens).

Em termos de distribuição dos tipos de fundo, os dados mostraram que o canal de acesso e a bacia de evolução são caracterizados por um fundo lamoso, localmente marcado pela ocorrência de afloramentos de arenitos com ou sem couraça laterítica e de argilas plásticas, muito consistentes que formam parte da sequência sedimentar da Formação Barreiras. As margens do canal apresentam sedimentos arenosos a lamo-arenosos (Figura 3.1.5-1)

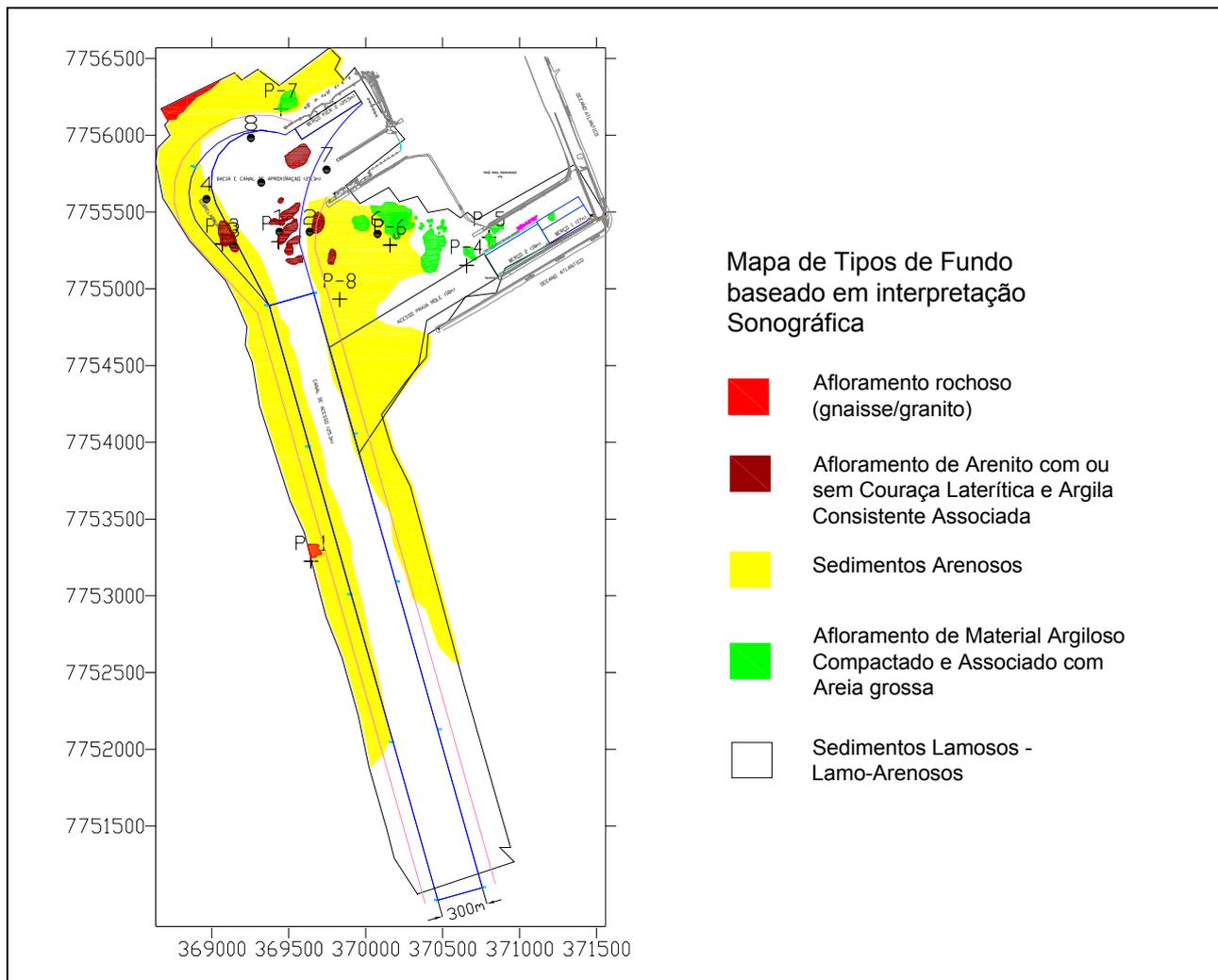


Figura 3.1.5-1: Mapa com os tipos de fundo observados na área do canal de acesso e bacia de evolução do Porto de Tubarão, com base em dados de sonar de varredura lateral e amostragens de fundo (Umisan, 2009).

A ocorrência dos depósitos típicos da Formação Barreiras aparece principalmente na bacia de evolução, como mostra o mapa da Figura 3.1.5-1. O afloramento dos arenitos com coureça laterítica é ilustrado na Figura 3.1.5-2. A passagem de sedimentos arenosos da margem do canal para sedimentos lamosos do fundo do canal é mostrada na Figura 3.1.5-3.

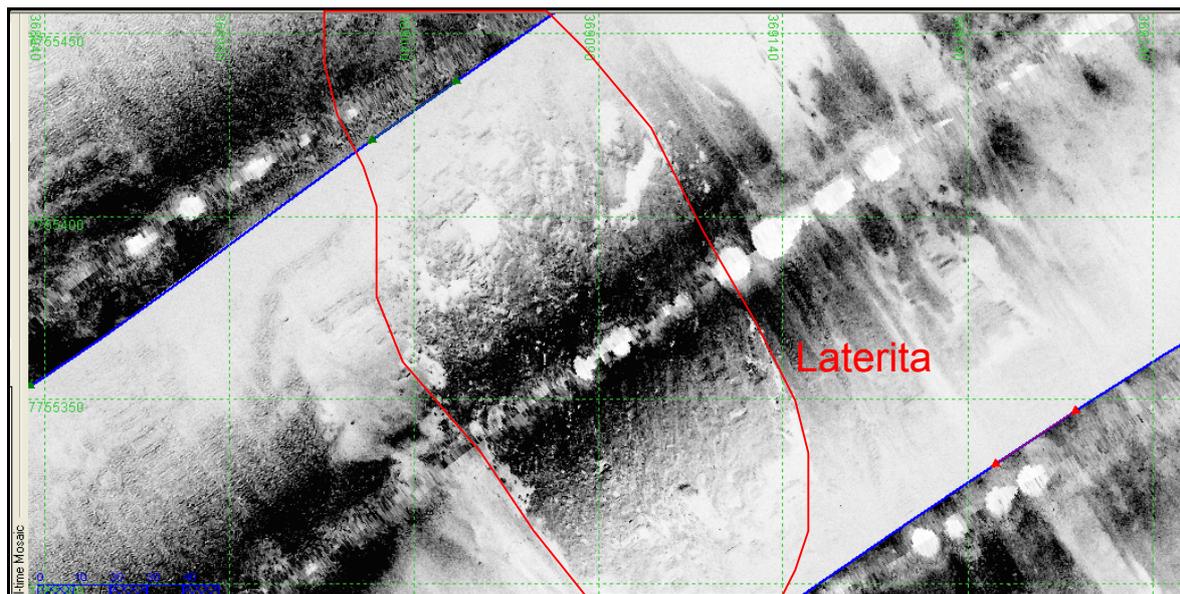


Figura 3.1.5-2: Sonograma mostrando em detalhe o padrão heterogêneo de alta reflexão associado a couraças lateríticas (Umisan, 2009).

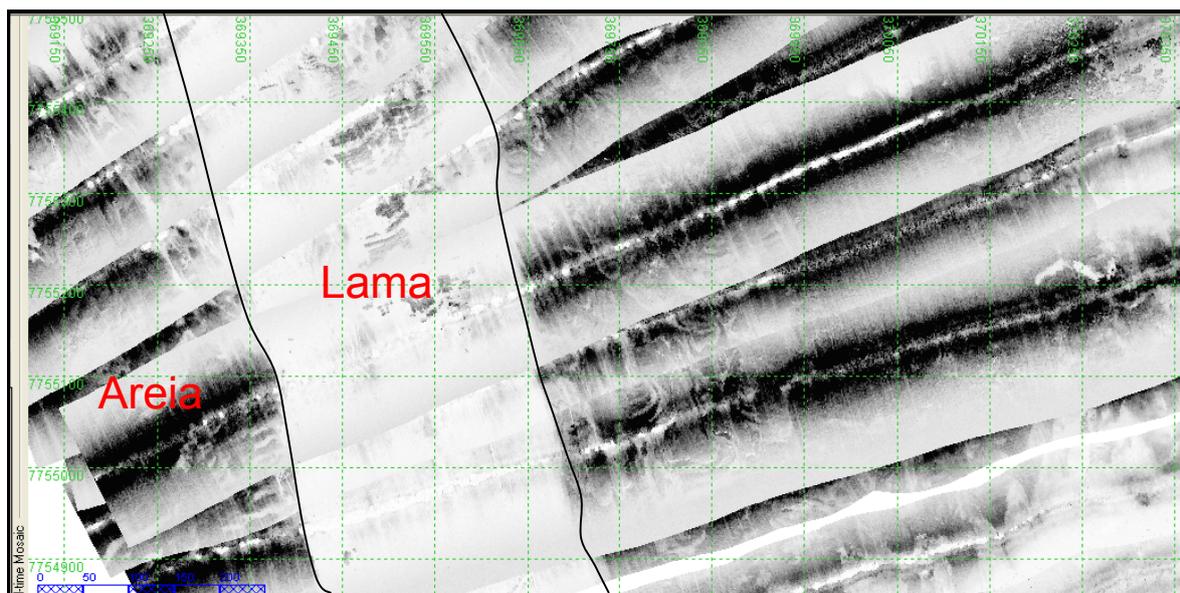


Figura 3.1.5-3: Sonograma mostrando o canal de acesso e os padrões de baixa reflexão (lama) e de formas de fundo (areia) (Umisan, 2009).

A estratigrafia da área do Porto de Tubarão pode ser investigada a partir da análise de dados de sondagens realizadas na década de 70 (Geotécnica e Tecnosolo, 1970), quando do início da construção do Porto. A análise dessas sondagens revelou a ocorrência de um arenito arcóseo, com grande quantidade de feldspato. O arenito apresenta uma matriz argilosa, bastante variável em teor. Segundo os relatórios, as camadas superiores desses horizontes areníticos possuíam cimentação carbonática, dando um caráter mais rígido ao material. A superfície desses arenitos é bastante irregular, estando eles mais próximos do fundo marinho (ou até mesmo aflorando) na região da bacia de evolução. Em direção offshore (mar adentro ou início do canal de acesso), esses arenitos se encontram em profundidades maiores, ou simplesmente não são observados. A espessura desses arenitos varia bastante, tendo em média 4m.

Sobrejacentes ao arenito ocorrem sedimentos lamo-arenosos, de coloração esbranquiçada e avermelhada, muitas vezes bastante consistentes (descritos nos relatórios como *stiff clay*). Este pacote de argilas com areias representa estratos da Formação Barreiras, podendo chegar a mais de 15m de espessura. Essa argila é popularmente conhecida como tabatinga. Por sobre esse pacote de argilas, observa-se a ocorrência de sedimentos modernos, que variam de lama a areia, e estão sendo retrabalhados pela ação de ondas e correntes. O pacote de sedimentos modernos possui espessura inferior a 3m.

Uma reinterpretação destas descrições leva a identificar esses arenitos como possíveis níveis de laterização de sedimentos arenosos e cascalhosos da Formação Barreiras. De uma forma geral, os horizontes lateríticos são irregulares e com espessuras bastante variáveis. As Figuras 3.1.5-4 e 3.1.5-5 mostram duas seções estratigráficas ao longo da bacia de evolução, orientadas paralelamente na direção NW-SE. Essas seções consideram os dados obtidos na sondagem de 1970, porém estão corrigidas para a profundidade atual. Observa-se que os depósitos da Formação Barreiras afloram em vários pontos da bacia, conforme já havia sido observado nas imagens sonográficas.

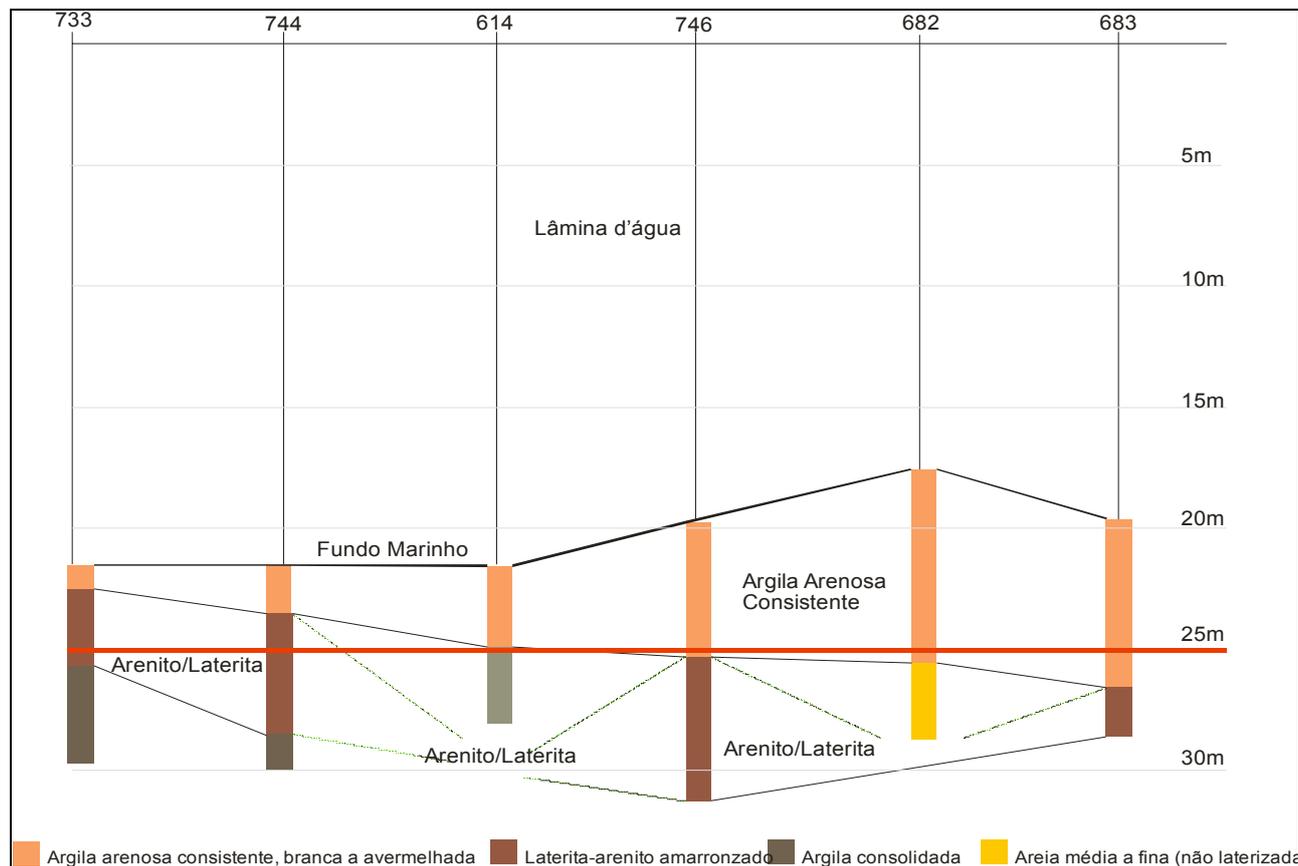


Figura 3.1.5-4: Seção geológica baseada nas sondagens realizadas em 1970 e corrigidas para a profundidade atual. Linha vermelha indica a profundidade do corte da dragagem (25.5m) (Umisan, 2009).

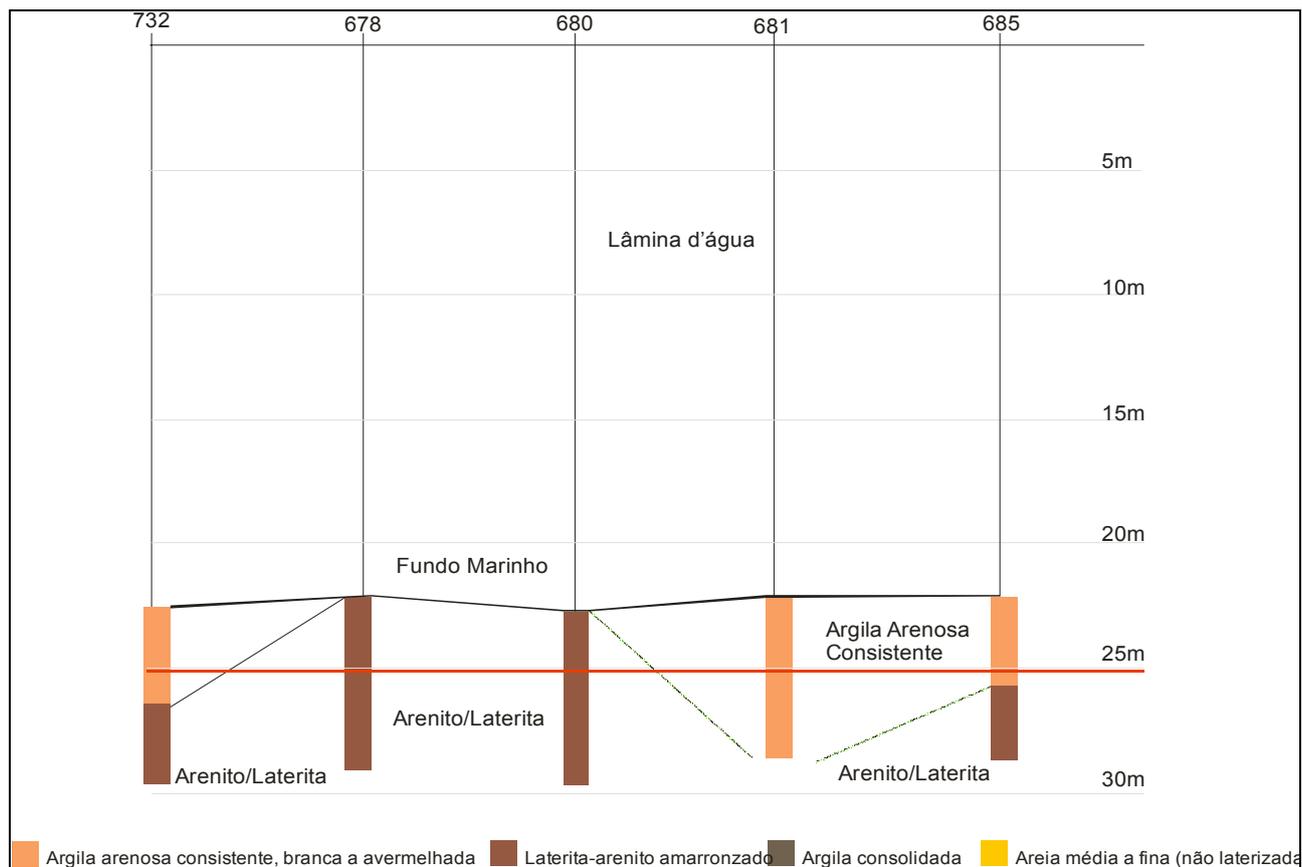


Figura 3.1.5-5: Seção geológica baseada nas sondagens realizadas em 1970 e corrigidas para a profundidade atual. Linha vermelha indica a profundidade do corte da dragagem (25.5m) (Umisan, 2009).

A estratigrafia da área pode ser ainda caracterizada a partir dos dados sísmicos adquiridos por Umisan (2009). A interpretação sísmica aponta para a ocorrência de rochas aflorando na área ou com espessura de sedimento sobrejacente inferior a 0,5m. A análise integrada destas seções com as sondagens disponibilizadas leva à interpretação da geologia de subsuperfície e do padrão de sedimentação atual na bacia e no canal. A Figura 3.1.5-6 mostra um perfil transversal ilustrando a ocorrência de um afloramento de laterita na margem sul da bacia e no centro da bacia. Observa-se ainda que as camadas que aparecem sísmicamente transparentes são interpretadas como depósitos lamosos atuais. Ao longo desses depósitos foram feitos ensaios de densimetria para classificação do estágio de compactação da lama, mostrando que as lamas seriam fluidas estacionárias (Umisan, 2009).

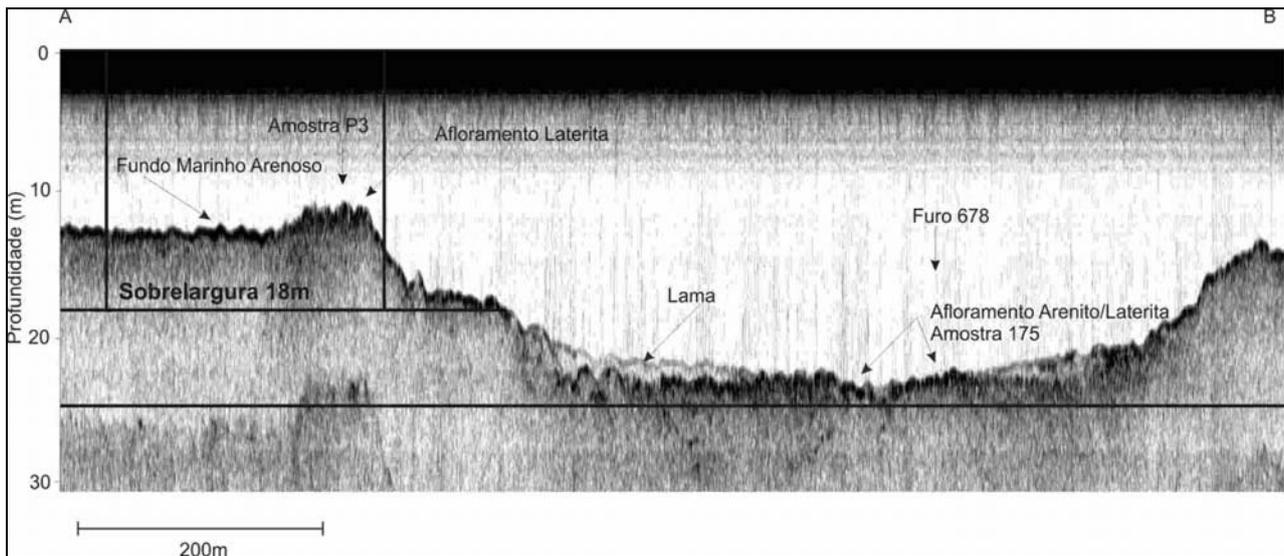


Figura 3.1.5-6 Seção sísmica transversal à bacia de evolução, no sentido W-E. Ao longo desta seção pode-se reconhecer o afloramento de laterita. As linhas em negrito representam o nível de corte da dragagem (25.5m) e da sobrelargura na bacia de evolução (Umisan, 2009).