

8. PROGRAMA DE MONITORAMENTO PRAIAL	1
8.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
8.2. METODOLOGIA.....	4
8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
8.3.1. <i>Resumo das Atividades Desenvolvidas no 1º e 2º semestres de 2010: Janeiro a Dezembro</i>	<i>29</i>
8.3.2. <i>Atividades Desenvolvidas no 1º Semestre de 2011: Janeiro a Maio</i>	<i>68</i>
8.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
8.5. CRONOGRAMA	120
8.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
8.7. EQUIPE TÉCNICA.....	124

8. Programa de Monitoramento Praial

Este relatório apresenta uma síntese das atividades realizadas e dos principais resultados obtidos por este programa no período de janeiro/2010 a maio/2011, incluindo os seguintes tópicos:

1. Síntese das condições meteorológico-oceanográficas nas campanhas de janeiro/2010 a maio/2011;
2. Caracterização morfométrica das praias no período de janeiro/2010 a maio/2011;
3. Caracterização textural dos sedimentos do estirâncio coletados nos meses de janeiro/2010 a maio/2011;
4. Caracterização das células de deriva litorânea correspondente aos monitoramentos praias de janeiro/2010 a maio/2011;
5. Caracterização dos indicadores de transporte costeiro observados durante os monitoramentos janeiro/2010 a maio/2011;
6. Avaliação da erosão costeira referente ao monitoramento no período de janeiro/2010 a maio/2011.

8.1. Introdução e Objetivos

A dragagem de um canal portuário implica na retirada de sedimentos do sistema costeiro e na modificação da topografia de fundo, cujas consequências são alterações no balanço sedimentar costeiro e na hidrodinâmica local (Figura 8.1-1).

Assim, dependendo das características morfodinâmicas das praias locais, da hidrodinâmica costeira e estuarina, dos estoques sedimentares disponíveis e, obviamente, da nova configuração do canal e do volume de material dragado (desde que o mesmo seja descartado em local onde não retorne), as dragagens em um canal portuário podem provocar modificações na configuração da linha de costa e mudanças na dinâmica de sedimentação costeira, dentre outros impactos físicos, biológicos e químicos.

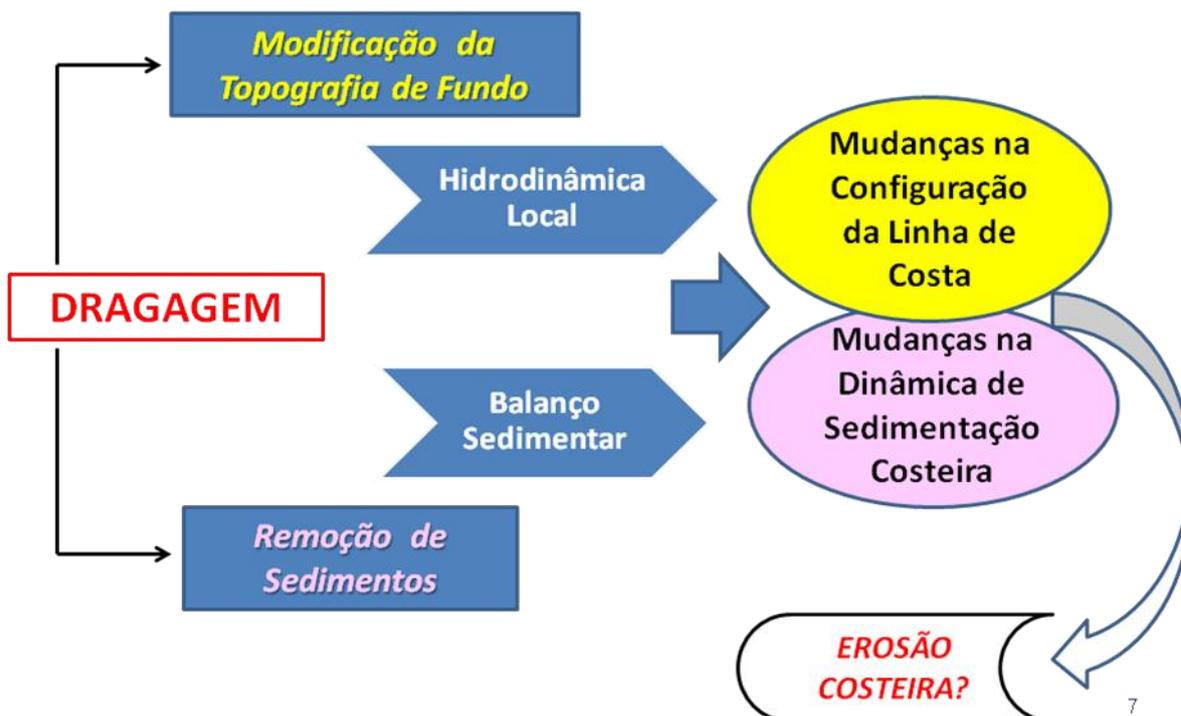


Figura 8.1-1. Possíveis impactos físicos da dragagem de um canal portuário.

A erosão é um processo natural da dinâmica sedimentar de toda praia, mas se revela como um problema (erosão costeira e praial) quando se torna o processo predominante, associado a um balanço sedimentar negativo da praia (Souza *et al.*, 2005; Souza, 2009). Neste sentido, sua avaliação deve estar sempre acompanhada da determinação das principais causas do processo, cujas escalas de tempo podem ser de meses até séculos.

Para compreender a erosão costeira e as modificações que a linha de costa sofre ao longo do tempo, bem como os possíveis impactos de obras de dragagem em praias, são necessárias investigações que envolvam as diferentes escalas espaciais e temporais dos processos costeiros (Figura 8.1-2). Isto remete a uma gama de fenômenos e processos, que se iniciam no movimento instantâneo dos grãos de areia sob a ação das ondas e ventos, e vão até o comportamento anual a decadal da praia no contexto das células costeiras (porção da costa com um ciclo completo de balanço sedimentar, envolvendo fontes/créditos, transporte e perdas/débitos de sedimentos), incluindo também as diferentes intervenções antrópicas no âmbito da zona costeira que possam afetar o balanço sedimentar das praias.

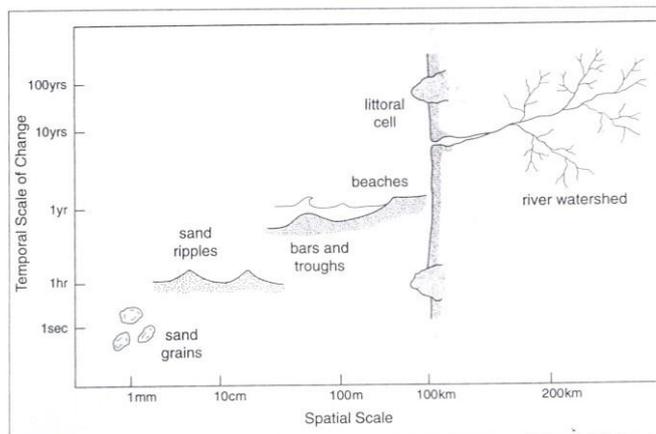


Figura 8.1-2. Escalas temporais e espaciais dos processos costeiros (fonte: Komar, 2000).

Tendo em vista esses conceitos, o Programa de Monitoramento Praial foi concebido com o objetivo de entender a dinâmica sedimentar das praias ao fundo da Baía de Santos e averiguar se e como as obras de dragagem de aprofundamento e alargamento do canal de navegação do Porto de Santos impactarão fisicamente essas praias, modificando essa dinâmica.

Para tanto, o presente programa compreende o monitoramento geológico-geomorfológico das praias de Santos (José Menino, Pompéia, Gonzaga, Boqueirão, Embaré, Aparecida e Ponta da Praia), Itararé (São Vicente) e Góes (Guarujá), tendo os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar morfológica e texturalmente (granulometria) as praias estudadas em três fases: antes, durante e após a execução da dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos;
- Caracterizar a circulação costeira associada ao transporte longitudinal nas praias (correntes de deriva litorânea) antes, durante e após a execução da dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos;
- Identificar os principais indicadores de erosão costeira e estabelecer a classificação de risco em cada praia, antes, durante e após a execução das obras;

- Caracterizar a dinâmica de sedimentação das praias de estudo ao longo do tempo (variabilidades espaço-temporais);
- Analisar possíveis modificações na dinâmica sedimentar dessas praias em função das obras em curso;
- Propor medidas mitigadoras e/ou compensatórias se for comprovado algum impacto das obras na dinâmica sedimentar dessas praias.

8.2. Metodologia

Os estudos realizados aqui são desenvolvidos por meio de trabalhos de campo, de laboratório e de escritório.

8.2.1. Trabalhos de Campo: Perfilagem Praia

O monitoramento mensal das praias de estudo se desenvolve por meio da execução de 33 perfis praias, dentre os quais 5 estão localizados no segmento Praia do Itararé-Emissário, 23 no segmento Emissário-Ponta da Praia e 5 no segmento Praia do Góes (Tabela 8.2.1-1 e Figura 8.2.1-1).

Toda a extensão da praia é monitorada por meio de perfis praias perpendiculares à linha de costa. O espaçamento adotado entre esse perfis praias não segue uma sistemática linear, mas depende da praia estudada, sendo função de suas variações morfológicas e da presença de acidentes naturais (ex. ilhas, canais naturais de drenagem) e de intervenções antrópicas (ex. espigões em pedra, canais artificiais de drenagem, construções sobre a praia).

Tabela 8.2.1-1. Relação de segmentos praiais, perfis monitorados e praias correspondentes.

Segmento Praial	Perfil	Praia
PRAIA DO GÓES	GÓES-01	Góes
	GÓES-02	
	GÓES-03	
	GÓES-04	
	GÓES-05	
PRAIA DO ITARARÉ - EMISSÁRIO	ITAR-01	Itararé
	ITAR-02	
	ITAR-03	
	ITAR-04	
	ITAR-05	
EMISSÁRIO - PONTA DA PRAIA	STOS-01	José Menino
	STOS-02 (Emissário)	
	STOS-03 (Emissário)	Pompéia
	STOS-04	
	STOS-05 (Canal 1)	Gonzaga
	STOS-06 (Canal 1)	
	STOS-07	Boqueirão
	STOS-08 (Canal 2)	
	STOS-09 (Canal 2)	Embaré
	STOS-10	
	STOS-11 (Canal 3)	Aparecida
	STOS-12 (Canal 3)	
	STOS-13	Ponta da Praia
	STOS-14 (Canal 4)	
	STOS-15 (Canal 4)	Ponta da Praia
	STOS-16	
	STOS-17 (Canal 5)	Ponta da Praia
	STOS-18 (Canal 5)	
	STOS-19	Ponta da Praia
	STOS-20 (Canal 6)	
	STOS-21 (Canal 6)	Ponta da Praia
	STOS-22	
	STOS-23	Ponta da Praia

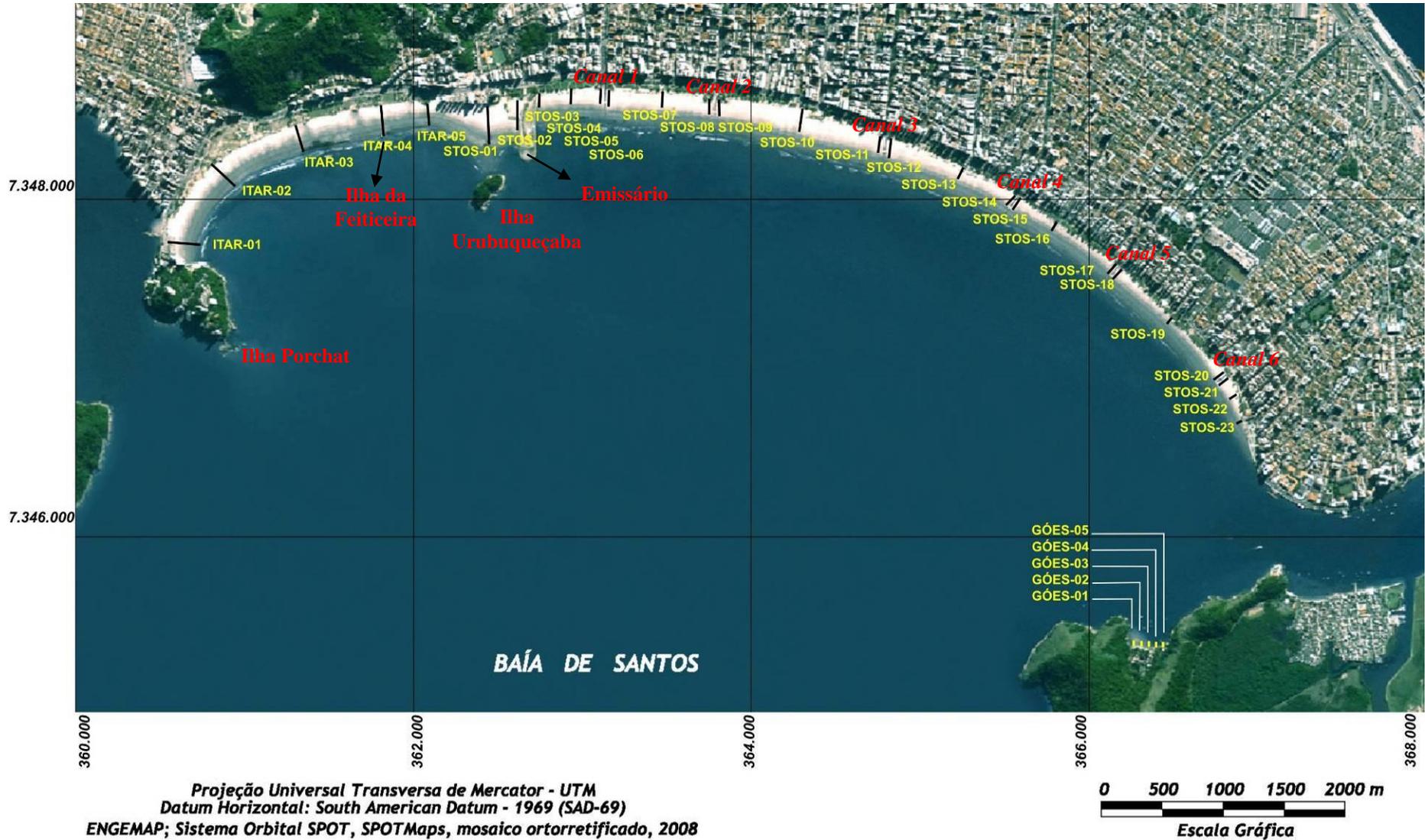


Figura 8.2.1-1. Localização dos perfis de monitoramento nas praias estudadas.

O único ponto fixo de cada perfil é o seu ponto inicial (Figura 8.2.1-2), demarcado fisicamente junto à calçada/mureta de praia e por pontos de referência como bancos, árvores, postes e canais artificiais de drenagem. As coordenadas (UTM) desse ponto inicial são atualizadas a cada monitoramento, por meio de um aparelho GPS de mapeamento (modelo *Mobile Mapper* marca Magellan, pertencente ao Instituto Geológico). O ponto final de cada perfil e seu rumo são determinados em função da direção da linha de costa medida no momento do monitoramento (perpendicular), com o auxílio de uma bússola geológica tipo Brunton (Figura 8.2.1-3), pertencente ao Instituto Geológico. Assim, todo perfil praiar monitorado é reposicionado espacialmente a cada perfilagem mensal. Conseqüentemente, os demais pontos estudados ao longo do perfil podem mudar mensalmente em função do novo reposicionamento mensal.



Figura 8.2.1-2. Ponto inicial fixo de um perfil praiar (Stos-13).



Figura 8.2.1-3. Posicionamento do perfil praiar (perpendicular à linha de costa) utilizando a visada da bússola geológica do tipo Brunton e tendo como mira o ponto inicial fixo do perfil.

8.2.2. Coleta de Dados e Amostragem

A perfilagem praiar contempla medições sistemáticas de parâmetros morfológicos do perfil emerso da praia (entre o limite superior da praia e a linha d'água no momento da coleta) e a amostragem de sedimentos, conforme metodologia descrita em Souza (1997, 2007).

Os trabalhos são realizados durante as marés de quadratura, prioritariamente durante as fases de lua minguante, independente das condições meteorológicas. A menor variação de amplitude de maré que ocorre entre a preamar e a baixamar em períodos de quadratura diminui os erros de largura e as variações de declividade a serem medidos. Ao final dos monitoramentos todos os perfis terão sido monitorados sob diversas condições meteorológicas e oceanográficas.

8.2.2.1. Dados morfométricos

Os parâmetros morfométricos medidos em cada perfil compreendem a largura e a declividade de vários pontos nas zonas de pós-praia e estirâncio (Figura 8.2.2.1-1). Entretanto, sempre que são observadas variações morfológicas

ao longo do perfil praiar ou fora dele são efetuadas medições e, eventualmente, coleta de sedimentos para análise morfométrica.

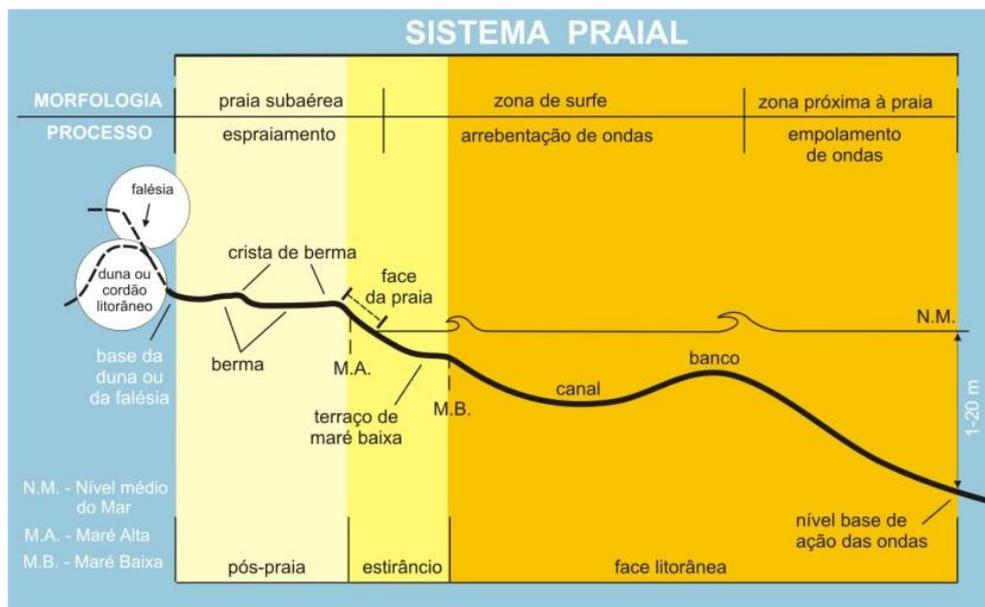


Figura 8.2.2.1-1. Sistema praiar (Souza *et al.*, 2005).

Para a coleta dos parâmetros morfométricos, primeiramente são identificadas e medidas as larguras totais da pós-praia e do estirâncio. Com o auxílio de uma corda-guia/trena, ambos são alinhados e seccionados em três partes de mesma largura cada (Figura 8.2.2.1-2), cujos limites são demarcados com coordenadas UTM (medidas com aparelho GPS – *Global Position System*) (Figura 8.2.2.1-3).



Figura 8.2.2.1-2. Alinhamento, segmentação (balizas) e medição da largura dos terços da pós-praia (Góes-04).



Figura 8.2.2.1-3. Leitura do posicionamento de um dos pontos (coleta) do perfil com uso de aparelho GPS (Itar-03).

Além das larguras, em cada secção é medida a declividade da praia com o auxílio de bússola geológica (Figura 8.2.2.1-4).

O horário de início de cada perfil também é anotado.



Figura 8.2.2.1-4. Leitura da declividade da praia na linha d'água (limite inferior do estirâncio) com auxílio de bússola geológica do tipo Brunton.

8.2.2.2. Dados oceanográficos e meteorológicos

Em cada perfil são efetuadas medidas do clima de ondas, que incluem a direção da ortogonal de ondas em relação ao perfil (Figura 8.2.2.2-1), o número de quebras, a altura média da maior onda e o período de ondas. O período é obtido através de dois métodos: (a) intervalo de tempo, medido em segundos, decorrido entre a 1ª quebra de onda observada no limite externo da zona de

arrebentação e as 10 quebras consecutivas, sendo o resultado obtido pela média aritmética dos valores; (b) contagem de tempo (em segundos) decorrido entre 11 quebras de ondas consecutivas observadas no limite externo da zona de arrebentação, sendo o valor final correspondente à divisão por 10 (são efetuadas 3 repetições).

Também são anotadas, em cada perfil, as características dos ventos predominantes (direção e intensidade segundo a escala de Beufort), as condições de mar (fase da maré e intensidade relativa de energia das ondas), e as condições meteorológicas vigentes durante o período de perfilagem.



Figura 8.2.2.2-1. Medição da ortogonal de ondas com bússola geológica.

As condições meteorológicas são descritas como: condições normais (CN); condições frontais ou de atuação de frente fria (CF); e condições de instabilidade (CI), que incluem situações pré e pós-frontais e variações meteorológicas de curto período como chuvas de verão.

A atuação de maré meteorológica positiva, causando nível do mar anormalmente elevado ou ressaca também é destacada (R).

A seguir é apresentada uma breve discussão sobre esse tema.

Marés Meteorológicas e Ressacas

A porção sul da costa sul-americana do Oceano Atlântico sofre frequentemente a influência de sistemas meteorológicos de escala sinótica e de mesoescala, os quais podem produzir perturbações significativas no oceano que se refletem como variações positivas e negativas no nível médio do mar (NM) e geração de ondas de superfície (Camargo *et al.*, 2000).

As flutuações positivas (ou negativas) do nível médio do mar estão relacionadas a dois processos: variação da pressão atmosférica e tensão do vento na superfície do oceano (Camargo *et al.*, 2000). O primeiro é chamado “efeito do barômetro invertido”, conhecido por resultar em variações em torno de 1 cm a cada 1 hPa (p.e. uma queda de pressão de 10 hPa resulta numa elevação de 10 cm do NM). O segundo fenômeno é explicado pela Teoria de Ekman, que aborda as tensões do vento paralelo à superfície do mar, cuja ação em profundidades abaixo dessa superfície depende do tempo de atuação dessa tensão e da estratificação da densidade da coluna d’água que controla a transferência do momento (Pugh, 1987).

A resultante do transporte de massa d’água e o conseqüente empilhamento em regiões de menor profundidade como a costa, ocorre à esquerda da direção do vento no Hemisfério Sul (Godin, 1972 *apud* Campos *et al.*, 2010). Assim, as oscilações positivas são causadas por ventos do quadrante Sul na direção da costa, enquanto as negativas são causadas por ventos do quadrante Norte na direção do oceano. De modo geral, os ventos do quadrante Sul estão associados à passagem de sistemas meteorológicos pela região (ciclones extratropicais, que ao se aproximarem da costa geram os sistemas frontais), enquanto que os ventos do quadrante Norte se referem a condições atmosféricas mais estáveis, com predomínio da circulação da Alta Subtropical do Atlântico Sul.

Em outras palavras, essas flutuações positivas (ou negativas) do nível médio do mar são conseqüência dos efeitos combinados de um centro de baixa (ou de alta) pressão sobre o oceano e um centro de alta (ou de baixa) pressão sobre o continente, configuração esta que tende a fortalecer o escoamento (transporte de Ekman) de sul (ou o de norte) e a aumentar a área oceânica sob a ação desses ventos, acumulando (ou retirando) água na linha de costa (Campos *et al.*, 2010).

Assim, os distúrbios descritos acima podem gerar:

- marés meteorológicas positivas (*surges*): sobrelevação do NM causada pela interação entre o oceano e eventos atmosféricos intensos (variações da pressão atmosférica e da troca de momentum entre o vento e a superfície do mar; em geral, os efeitos devidos unicamente à ação da pressão atmosférica são inferiores a 10% do efeito total observado, sendo o restante devido exclusivamente à tensão de cisalhamento do vento na superfície do oceano, gerando uma pista de vento de grande extensão); podem estar associados ou não à ocorrência de sistemas frontais, e ocorrer durante marés astronômicas tanto de sizígia (geralmente os de maior magnitude) quanto de quadratura.
- ressacas, que podem ser geradas por dois tipos de eventos: onda de tempestade (*storm surge*) – elevação anômala do NM gerada por uma tempestade, e *maré de tempestade (storm tide)* – elevação do NM gerada pela combinação entre a *storm surge* e uma preamar de sizígia (www.nhc.noaa.gov/surge); esses eventos são acompanhados de ondas de maior potência e energia.

Pugh (1987) definiu a maré meteorológica (*surge*) como sendo a diferença (maré residual) entre a maré observada e a maré astronômica; utilizou ainda o termo *storm surge* para se referir a um evento extremo acompanhado de tempestade, que causa maior sobrelevação do NM. Segundo ele, uma pista de vento de geração de onda de maré meteorológica depende da intensidade do vento (aproximadamente paralelo à linha de costa), da área de atuação, da permanência e da batimetria local.

Neste sentido, analisando uma série histórica de eventos entre 1951 e 1990 e a ressaca de junho/2005, Campos *et al.* (2010) reconheceram que para a área de Santos, as condições são de evolução e persistência de sistemas de baixa pressão no oceano juntamente com um anticiclone agindo sobre o continente, por um período da ordem de dias, com pistas de ventos com velocidades acima de 8m/s (ou 17 nós) sobre o oceano próximo à costa. Esses autores concluíram também que para essa região os fenômenos extremos que causam elevação do

NM e ressacas não tendem a ocorrer com forçantes locais próximas a Santos, mas dependem da evolução temporal e da persistência da pista de ventos de sudoeste ao longo de toda a costa sul-sudeste brasileira.

Segundo Magini *et al.* (2007) as frentes frias associadas a esses eventos, mais eficientes para a deposição/remobilização de areias na Baía de Santos, são aquelas que entram com ventos e ondas do quadrante SE-S, podendo ser acrescidas de ondas de marés na mesma direção.

8.2.2.3. Coleta de amostras de sedimentos

A amostragem de sedimentos é feita no terço inferior do estirâncio, entre 0-2,0 cm de profundidade (Figura 8.2.2.3-1), conforme determinado pelo método de Souza (1997, 2007) para a caracterização das células de deriva litorânea. Nesse local da praia atua a deriva praial, que é uma componente vetorial da deriva litorânea e apresenta o mesmo sentido desta.



Figura 8.2.2.3-1. Coleta de sedimento no terço inferior do estirâncio, a 0-2,0 cm de profundidade.

8.2.2.4. Indicadores de transporte costeiro

Em cada perfil também são feitas observações de indicadores que possam sugerir variações no balanço sedimentar das praias, destacando-se:

- a) Indicadores de retirada de areia da praia (limpeza pública e remoção mecânica de areia das praias);

- b) Indicadores de intervenções antrópicas físicas na praia (construções sobre a pós-praia e o estirâncio);
- c) Indicadores deposicionais (ex. presença de grande volume de areia na pós-praia e no interior dos canais, assoreamento);
- d) Indicadores de transporte costeiro.

Os indicadores de transporte costeiro são indícios variados presentes nas praias que fornecem evidências sobre o tipo e o rumo do transporte, se longitudinal (correntes de deriva litorânea) ou transversal à linha de costa (costa-adentro e costa-afora).

Podem ser de três tipos: físicos ou morfológicos, hidrológicos e biológicos. Uma característica importante sobre estes indicadores é que cada um deles representa uma escala temporal diferente: os morfológicos em geral retratam situações de longo e médio período de tempo (vários dias até semanas); os biológicos estão relacionados a escalas temporais curtas, como horas a poucos dias; e os hidrológicos, por estarem essencialmente ligados ao transporte de massa d'água (inclinação de ondas em relação à linha de costa e deriva litorânea) representam o momento das coletas.

Assim, os indicadores de transporte longitudinal monitorados são:

- Crescimento lateral e migração de barra de desembocadura em canal de drenagem natural ou artificial;
- Migração lateral do canal de drenagem natural e artificial (fluvial, pluvial, maré, cúspide praial);
- Assimetria da largura praial em relação a uma estrutura transversal à linha de costa (ex. canais de saneamento de Santos, espigão do emissário submarino);
- Assimetria do empilhamento sedimentar no estirâncio em relação a uma estrutura transversal à linha de costa (altura da areia na mureta lateral externa de canal de drenagem artificial);
- Presença de tómbolo (indica zona de convergência de células de deriva litorânea);

- Presença de embaiamento praiial acentuado (indica zona de divergência de células de deriva litorânea);
- Concentrações anômalas de detritos orgânicos (briozoários, algas, restos vegetais etc.) e inorgânicos (micas, pellets e outros resíduos plásticos, materiais diversos) na zona de deixa ou no estirâncio;
- Incidência de ondas oblíqua à linha de costa (o ângulo formado entre a onda e a praia indica o sentido de deslocamento da corrente de deriva litorânea no local);
- Assoreamento de canal de drenagem natural ou artificial por ação de transporte de sedimentos costa-adentro;
- Atuação de corrente de retorno (indica a convergência de duas células de deriva litorânea ou a zona de sotamar de uma célula na terminação da praia e fuga para o largo);
- Descalçamento ou remoção de sedimentos da base de estruturas artificiais por ação de transporte longitudinal.

Os indicadores de transporte transversal monitorados são:

- Assoreamento de canal de drenagem natural e artificial por ação de transporte de sedimentos costa-adentro (meio aquoso e eólico);
- Empilhamento sedimentar na pós-praia e soterramento de estruturas artificiais (migração do perfil praiial rumo ao continente por transporte líquido costa-adentro ou transporte por atividade eólica);
- Concentrações anômalas de detritos orgânicos (briozoários, algas, restos vegetais etc.) e inorgânicos (micas, pellets e outros resíduos plásticos, materiais diversos) na zona de deixa ou no estirâncio;
- Presença de estruturas sedimentares de origem eólica (ex. marcas onduladas geradas pelo vento);
- Presença de areia nas paredes dos canais de Santos, transportadas pelo vento;

- Atuação de corrente de retorno, que transporta os sedimentos costa-afora;
- Descalçamento ou remoção de sedimentos da base de estruturas artificiais, por ação de transporte costa-afora (principalmente durante as ressacas).

8.2.2.5. Indicadores de erosão costeira

Outro tipo de parâmetro monitorado é a presença de indicadores de erosão costeira (Tabela 8.2.2.5-1), verificada mensalmente em cada perfil.

Tabela 8.2.2.5-1. Indicadores de erosão costeira em São Paulo (Souza, 1997; Souza & Suguio, 2003).

I	Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não).
II	Retrogradação geral da linha de costa nas últimas décadas, com franca diminuição da largura da praia, em toda a sua extensão ou mais acentuadamente em determinados locais dela, migração da linha de costa sobre o continente (praias urbanizadas ou não).
III	Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias (praias urbanizadas ou não).
IV	Intensa erosão de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, provocando o desenvolvimento de falésias com alturas de até dezenas de metros (praias urbanizadas ou não).
V	Destruição de faixas frontais de vegetação de “restinga” ou de manguezal e/ou presença de raízes e troncos em posição de vida soterrados na praia, causados pela erosão acentuada ou o soterramento da vegetação devido à retrogradação/migração da linha de costa sobre o continente.
VI	Exumação e erosão de depósitos paleolagunares, turfeiras, arenitos de praia, depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos, ou embasamento sobre o estirâncio e/ou a face litorânea atuais, devido à remoção das areias praias por erosão costeira e déficit sedimentar extremamente negativo (praias urbanizadas ou não).
VII	Frequente exposição de “terraços ou falésias artificiais”, apresentando pacotes de espessura até métrica de camadas sucessivas de aterro erodido e soterrado por camadas de areias praias/eólicas, no contato entre a praia e a área urbanizada.
VIII	Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estirâncio, as faces praias e litorânea, a zona de surfe/arrebentação e/ou ao largo.
IX	Retomada erosiva de antigas plataformas de abrasão marinha, elevadas de +2 a +6 m, formadas sobre rochas do embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano a mesozóico, em épocas em que o nível do mar encontrava-se acima do atual, durante o Holoceno e o final do Pleistoceno (praias urbanizadas ou não).
X	Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outros indicadores erosivos (praias urbanizadas ou não).
XI	Desenvolvimento de embaixamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em local(s) mais ou menos fixo(s) da linha de costa.

8.2.2.6. Sistematização dos dados coletados

Todos os dados coletados no campo são inseridos em uma ficha de campo, conforme modelo apresentado na Figura 8.2.2.6-1.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO PRAIAL - PRAIAS DE SANTOS, ITARARÉ E GÓES								Lua (pico dia):
								Fase da Maré:
Data:	PERFIL:		Hora:	Intensidade:	Direção Ventos:			
Período-Celia: Período-Edu:	Ortogonal =	Nº quebras	Altura média	Meteorol. (antecedte; no dia: FF/instável, nublado/sol)			Condições de Mar	
ZONAS		PÓS-PRAIA			ESTIRÂNCIO			MAR
Limite das Sub-Zonas	P0	P1	P2	(zn. deixa) P3	P4	(amostra) P5	P6 L-A	
Referências do Perfil	Linha de costa =		Orientação =		Outros:			
SUB-ZONAS		A	B	C	D	E	F	G
Coordenadas (latit.)	/		/		/			
Coordenadas (longit.)	/		/		/			
Declividade-pontos (°)								
Largura das sub-zonas (m)								
INDICADORES <u>EROSÃO</u> COSTEIRA		() II () III () V () VII () VIII () IX () X () XI ()						
INDICADORES <u>TRANSPORTE</u> COSTEIRO (Longitudinal, Costa-afora e Costa-adentro) - Referências de FOTOS		MigrLateralCanal	MigrBarraDesemb	AssimLargPraial	AssimAltura LadoExtCanal	IncOblíqOndas	DerivaLitorânea	
		Empilh.PósPraia / Empilh.Estirâncio	Assoreamento	CanalCúspPraial	Tômb/ConvergCél.	CorrenteRetorno	DescaçamentoEstru	
Observações								
FOTOS E DESENHOS								

Figura 8.2.2.6-1. Modelo de ficha utilizada no campo.

8.2.3. Análises de Laboratório

As amostras de sedimentos são analisadas quanto à granulometria no Laboratório de Análises Sedimentológicas do Instituto Geológico-SMA/SP.

O método principal de análise é a do peneiramento (Suguio, 1973), com eliminação prévia do calcário biodetrítico por ataque químico com ácido clorídrico a frio (Souza, 1997), a partir de uma alíquota de 50g (peso úmido inicial).

Amostras com presença de siltes na fração residual após o peneiramento são processadas também através do método de pipetagem (Suguio, 1973).

Muitas das amostras coletadas contêm resíduos plásticos, entre eles pellets de polipropileno, polietileno e estireno, que podem ser integrados à amostra analisada. Testes de laboratório têm demonstrado que esses resíduos são, em geral, eliminados após o ataque ácido.

A Figura 8.2.3-1 mostra um exemplo de ficha de análise granulométrica utilizada no laboratório.

IN ST.GE OL.	Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento	LAB. SED.
--------------	---	-----------

Projeto	Monitoramento Praial - Sp	Após a Separação	
Amostra	ltar - 01/2°	Partículas 4,000 - 0,062	38,00
Peso inic. Seco	40,93	Partículas menores 0,062	0,01
Peso total inicial	38,10	Peso Total Final	38,01
% Carbonato	6,91	Fator de Correção Pi/Pf	1,00
Outros			

PIPE TAGE M

Granulometria	Tempo	P.Total	P. Frasco	Pt - Pfr	P. Suspens.	Ps x 50
0,062 - 0,031	58"			0	0	0
0,031 - 0,016	3m 52"			0	0	0
0,016 - 0,008	7m 44"			0	0	0
0,008 - 0,004	31m			0	0	0
0,004	2h 3'			0	0	0

CÁLCULO DE DADOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA

Granulometria	Pesos	P. Corrigido	Porcentagem	% Acumulada	Classificação
4,000 - 2,830		0,00	0,00	0,00	grânulos
2,830 - 2,000	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,000 - 1,410	0,01	0,01	0,03	0,03	areia muito grossa
1,410 - 1,000	0,03	0,03	0,08	0,11	areia muito grossa
1,000 - 0,707	0,03	0,03	0,08	0,18	areia grossa
0,707 - 0,500	0,13	0,13	0,34	0,53	areia grossa
0,500 - 0,354	0,22	0,22	0,58	1,10	areia média
0,354 - 0,250	0,29	0,29	0,76	1,87	areia média
0,250 - 0,177	0,4	0,40	1,05	2,92	areia fina
0,177 - 0,125	5,69	5,70	14,97	17,89	areia fina
0,125 - 0,088	29,05	29,12	76,43	94,32	areia muito fina
0,088 - 0,062	2,15	2,16	5,66	99,97	areia muito fina
0,062					
0,062 - 0,031	0,01	0,01	0,03	100,00	silte/argila
0,031 - 0,016		0,00	0,00	100,00	silte/argila
0,016 - 0,008		0,00	0,00	100,00	silte/argila
0,008 - 0,004		0,00	0,00	100,00	silte/argila
0,004		0,00	0,00	100,00	silte/argila

Figura 8.2.3-1. Exemplo de ficha de análise granulométrica utilizada no Laboratório de Sedimentologia do Instituto Geológico.

8.2.4. Tratamento e Análise dos Dados

8.2.4.1. Caracterização da morfologia praial

Os dados morfométricos coletados em cada perfil são apresentados em gráficos de variabilidade espaço-temporal de cada segmento praial. Os dados de largura da praia deverão ser normalizados com os dados horários de maré real, se disponibilizados.

A morfologia praial e sua variabilidade ao longo da praia e no tempo são importantes instrumentos para determinar a dinâmica sedimentar dessa praia e a sua morfodinâmica, bem como seu balanço sedimentar. Mudanças bruscas nos padrões morfológicos podem estar associadas a intervenções antrópicas de curto e médio período, ou a eventos oceanográficos extremos.

8.2.4.2. Parâmetros estatísticos texturais dos sedimentos

Os resultados das análises granulométricas são inseridos no *software* ANASED de análise sedimentológica (Instituto Geológico), através do qual são calculados os parâmetros estatísticos texturais ou granulométricos de Folk & Ward (1957), tradicionalmente utilizados na bibliografia geológica. Esses parâmetros são: diâmetro médio, desvio padrão, curtose e assimetria. Os parâmetros texturais são utilizados para a descrição das características granulométricas dos sedimentos e dão indicações sobre os processos sedimentares atuantes, as fontes de sedimentos e as variações de energia no meio (Folk & Ward, 1957; Tanner, 1995).

O diâmetro médio reflete a média geral do tamanho dos sedimentos, sendo afetada pela fonte de suprimento do material, pelos processos de deposição e pela velocidade das correntes.

O desvio padrão representa o grau de seleção desse sedimento, que em geral aumenta em função do transporte do sedimento e do grau de retrabalhamento das partículas, devido ao decréscimo da granulometria para jusante da corrente. Assim, a seleção pode se processar pela ação de três tipos

de mecanismos diferentes: seleção local (durante a deposição); seleção progressiva (durante o transporte); ou ambas ao mesmo tempo.

A assimetria ou grau de assimetria de um sedimento é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana, ou seja, a posição da cauda da curva de distribuição de frequência modal. Se a assimetria for positiva a distribuição da moda do sedimento se achará desviada para o lado dos valores maiores ou para as partículas mais finas. Ao contrário, se as assimetrias forem negativas, a dispersão será para os valores menores ou partículas mais grossos.

A curtose retrata o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência modal. A maior parte das medidas de curtose comporta a razão entre as dispersões (espalhamento) na parte central das curvas de distribuição. Distribuições muito platicúrticas indicam sedimentos bimodais, com duas modas iguais e amplamente separadas. Distribuições extremamente leptocúrticas indicam curvas excessivamente agudas, o que indica um sedimento unimodal e relativamente bem selecionado na parte central da distribuição. A curtose também pode ser utilizada como indicador do nível relativo de energia das ondas (Tanner, 1995; Souza, 1997).

Além das descrições dos parâmetros estatísticos de cada sedimento, são efetuadas também representações gráficas mostrando as variações espaço-temporais ou têmporo-espaciais desses parâmetros, ao longo da praia e do tempo. Isto permite a visualização da variabilidade sedimentar da praia que, juntamente com a variabilidade morfológica, integram sua dinâmica sedimentar e morfodinâmica.

Variações texturais bruscas podem indicar mudanças nos padrões de sedimentação local e regional, causadas por intervenções antrópicas ou eventos oceanográficos extremos.

8.2.4.3. Caracterização da circulação de células de deriva litorânea

A incidência de ondas na linha de costa gera um sistema de circulação ou correntes costeiras, que pode ser dividido em quatro tipos: transporte de massa de água costa-adentro (*onshore transport*), correntes de deriva litorânea

(*longshore currents*), fluxos de retorno costa-afora que incluem as correntes de retorno (*rip currents*) e o transporte de massa de água costa-afora (*offshore transport*), e o movimento ao longo da costa das cabeças das correntes de retorno (CERC, 1977). As marés interagem permanentemente com esses transportes.

O ângulo de incidência das ondas na praia determinará o tipo de circulação costeira. A componente paralela à praia, denominada de corrente de deriva litorânea ou longitudinal, é a mais importante corrente costeira. Ela é o principal agente de movimentação, retrabalhamento e à distribuição dos sedimentos ao longo da costa.

A deriva litorânea é produto de duas componentes vetoriais: a deriva costeira, que atua na zona de surfe e tem sentido paralelo à praia; e a deriva praial, que atua no estirâncio e face da praia definindo um padrão de transporte em forma de dente-de-serra, mas com resultante no mesmo sentido da deriva costeira (Taggart & Schwartz, 1988; Komar, 1991).

A deriva litorânea resultante tem o sentido no qual a maioria dos sedimentos se move durante um longo período de tempo, a despeito da ocorrência de qualquer sentido oposto, menor ou sazonal de movimento. Cada setor de costa com um determinado sentido de deriva litorânea resultante forma uma “célula de circulação costeira” (Noda, 1971; Jacobsen & Schwartz, 1981; Taggart & Schwartz, 1988). Cada célula consiste de três zonas: (a) zona de erosão, onde se origina a corrente (barlamar) e há maior energia de ondas; (b) zona de transporte, através da qual os sedimentos são transferidos ao longo da costa; e (c) zona de deposição ou acumulação, onde a corrente termina (sotamar), havendo diminuição da energia das ondas.

Quando duas células estão presentes, lado a lado, duas situações podem ocorrer: (i) convergência de correntes (zona de sotamar de duas células), podendo ocorrer intensa acumulação; (ii) divergência de correntes (zona de barlamar de duas células), onde o processo erosivo será acentuado. Uma célula de circulação costeira pode começar e terminar ao longo de um pequeno trecho, de poucas dezenas de metros, ou pode se prolongar por quilômetros de distância (Taggart & Schwartz, 1988).

Quando duas células de deriva litorânea se encontram ou a terminação da célula se dá na extremidade da praia, há a geração de outra corrente, transversal à linha de costa e denominada corrente de retorno. Esta é responsável pelo transporte de sedimentos para fora da praia e também é a principal causa de afogamentos nas praias.

Neste estudo a caracterização do transporte longitudinal de sedimentos ou das células de deriva litorânea nas praias de estudo é feita com base no método morfotextural de Souza (1997, 2007). O método utiliza 3 parâmetros texturais dos sedimentos do estirâncio inferior (diâmetro médio, desvio padrão e curtose) e 2 dados morfométricos da praia (declividade da praia no baixo estirâncio/local da amostragem e largura total da praia). Os indicadores de cada perfil praiial são sistematicamente comparados com os seus vizinhos através de uma “Matriz de Comparação”, segundo uma base conceitual tal que, da zona de barlamar para a zona de sotamar de uma célula ocorrem as seguintes modificações na praia: os sedimentos tornam-se mais finos (diâmetro médio aumenta), o grau de seleção melhora (desvio padrão diminui), a energia diminui (curtose aumenta), a declividade da praia diminui e a largura da praia aumenta (Figura 8.2.4.3-1).

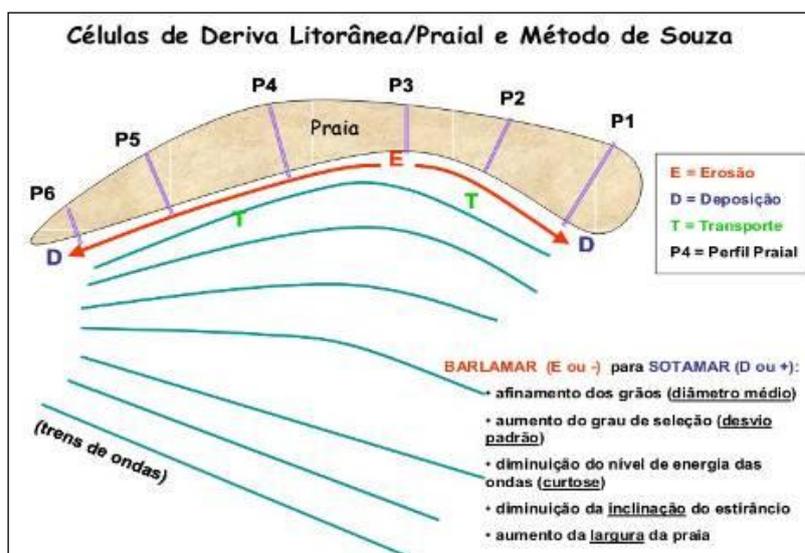


Figura 8.2.4.3-1. Variações das características morfo-texturais da praia em função da atuação de uma célula de deriva litorânea, de E para D (Souza, 2007).

Cada circulação obtida é associada às condições de contorno (meteorológicas e oceanográficas) vigentes na época da perfilagem e durante a semana que antecedeu a perfilagem.

A caracterização das variações da circulação costeira ao longo do tempo e o conhecimento das condições de contorno que as definiram permitem definir certos padrões de comportamento perante as mesmas condições e, assim, estabelecer modelos de previsão. Da mesma forma, servem para dimensionar possíveis influências externas.

Indicadores de transporte costeiro observados no campo durante as perfilagens são também importantes evidências do comportamento do transporte costeiro, servindo para aferir parcialmente os resultados obtidos.

Para a melhor observação das circulações de células definidas para cada perfilagem, os resultados são espacializados em base digital.

8.2.4.4. Análise dos indicadores de erosão costeira e classificação do grau de risco à erosão

Os indicadores de erosão costeira (Tabela 8.2.2.5-1) são analisados de acordo com sua distribuição temporal em cada perfil e espacial em cada praia.

A classificação do grau de risco à erosão costeira, conforme proposta de Souza & Suguio (2003) foi readequada, pois aqui se pretende estabelecer uma classificação não somente para cada praia, mas para cada perfil monitorado.

A nova proposta segue os critérios e o roteiro de análise descritos a seguir.

- Classificação do grau de risco em cada perfil

A classificação do grau de risco do perfil é função do número de indicadores de erosão observados em cada campanha, de acordo com a distribuição apresentada na Tabela 8.2.4.4-1.

Tabela 8.2.4.4-1. Classificação de risco à erosão costeira para os perfis de monitoramento praias.

NÚMERO DE INDICADORES DE EROÇÃO COSTEIRA	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DO PERFIL PRAIAL
0 a 1	MUITO BAIXO (MB)
2 a 3	BAIXO (B)
4 a 5	MÉDIO (M)
6 a 8	ALTO (A)
9 a 11	MUITO ALTO (MA)

- Classificação do grau de risco total da praia

Para a classificação do grau de risco total de cada segmento praias são adotados alguns procedimentos, como se segue.

- Cada perfil recebe uma “nota”, que é função da classificação de risco obtida, conforme o quadro acima. As notas para cada classe de risco são: MB = 1; B = 2; M = 3; A = 4; e MA = 5.

O risco individual de cada perfil impõe um grau diferente de ameaça ao restante da praia, de forma que quanto maior o grau de risco de um perfil, maior será a vulnerabilidade de seus vizinhos e, conseqüentemente, dos demais perfis, pois no futuro a praia toda tenderá a aumentar sua erosão e portanto piorar seu estado ou grau de risco. Isto tudo ocorre porque a erosão implica em balanço sedimentar negativo e a praia, numa tentativa de recuperar seu equilíbrio, tenderá a reorganizar seus estoques de sedimentos ao longo do arco praias, tendo como consequência a paulatina migração lateral da erosão.

Com base nessa conceituação optou-se pela adoção de pesos relativos para cada grau de risco, com a seguinte distribuição: os graus MB e B recebem peso 1, o grau M recebe peso 2, e os graus A e MA recebem peso 3.

- Então, aplicando os pesos às respectivas notas iniciais de cada grau de risco, as novas notas ponderadas são:

$$\mathbf{MB = 1,0; \quad B = 2,0; \quad M = 6,0; \quad A = 12,0; \quad MA = 15,0}$$

- c) O passo seguinte é calcular a média aritmética das notas ponderadas para a praia toda (somatória e divisão pelo número de perfis analisados).
- d) Como as notas médias ponderadas mínimas são 1 e as máximas são 15, então a nova classificação de risco à erosão para os segmentos praias passa a ser a apresentada na tabela abaixo (Tabela 8.2.4.4-2).

Tabela 8.2.4.4-2. Classificação de risco total à erosão costeira para os segmentos praias.

NOTA MÉDIA PONDERADA DA PRAIA	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO TOTAL DA PRAIA
1,0	MUITO BAIXO
1,1-2,0	BAIXO
2,1-6,0	MÉDIO
6,1-12,0	ALTO
12,1-15,0	MUITO ALTO

8.2.4.5. Balanço sedimentar das praias

O balanço sedimentar dos segmentos praias será calculado após o término do monitoramento, quando se terá um diagnóstico do comportamento sazonal dessas praias. Antes disto, é precipitada qualquer avaliação ou interpretação dos resultados.

O cálculo do volume de areia em cada perfil é efetuado a partir dos valores de área obtidos pela projeção espacial 2D dos perfis praias em gráficos (x,y), multiplicados por uma seção horizontal padrão de 1 m de largura.

O balanço sedimentar final é calculado pelas variações volumétricas ao longo do tempo.

8.2.4.6. Análises estatísticas multivariadas

Para as análises de séries de dados são necessários tratamentos estatísticos de multivariáveis, a serem estabelecidos ao final do monitoramento.

8.2.4.7. Banco de dados

O desenvolvimento de um banco de dados alfanumérico e espacial, permanentemente atualizado, se destina a armanezar os dados e resultados obtidos. Ele permite a visualização das variabilidades espaço-temporais das praias e análises dirigidas aos eventuais impactos das obras em curso.

8.2.4.8. Proposição de medidas mitigadoras ou compensatórias

Ao final do programa, os resultados deverão ser integrados e interpretados, para o estabelecimento de um modelo de evolução das praias estudadas, cálculos do seu balanço sedimentar (variação volumétrica no tempo), grau de risco à erosão, e identificação e avaliação de possíveis impactos causados pelas obras. Se forem caracterizados os impactos, em função dos resultados obtidos, serão propostas medidas mitigadoras e/ou compensatórias.

8.3. Resultados e Discussão

Os resultados apresentados neste Relatório estão organizados em duas partes:

- síntese dos resultados obtidos entre janeiro e dezembro de 2010;
- análise integrada dos resultados obtidos entre janeiro e maio de 2011.

8.3.1. Resumo das Atividades Desenvolvidas no 1º e 2º semestres de 2010: Janeiro a Dezembro

Neste capítulo é apresentada uma síntese dos principais resultados obtidos entre janeiro e dezembro de 2010, por segmento praial.

Como esperado, os monitoramentos foram realizados sob diferentes condições meteorológicas e oceanográficas.

De acordo com dados obtidos em campo, dados fornecidos pelo Programa de Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos (Programa 07) (filtrados e reinterpretados aqui em função de: condições frontais + ondas de altura máxima igual ou superior a 2,0 m + ventos com velocidade igual ou superior a 20 nós), e notícias veiculadas na mídia local, em 2010 ocorreram pelo menos 26 eventos de alta energia de ondas, caracterizados pela atuação de sistemas frontais com marés meteorológicas positivas/ressacas (Tabela 8.3.1-1), que tiveram diferentes intensidades e magnitudes. É interessante destacar que, ao contrário do que se acreditava em função da literatura (e.g. Souza *et al.*, 2005; Campos *et al.*, 2010), muitos desses eventos ocorreram também em fases de maré de quadratura.

Tabela 8.3.1-1. Eventos de alta energia de ondas (frentes frias com marés meteorológicas positivas/ressacas) em 2010. Os períodos sublinhados coincidiram com dias de monitoramento (marés de quadratura).

MÊS	Período	MÊS	Período
Fev/10	18-19; 25-28	Ago/10	<u>02-06</u> ; 11-18
Mar/10	01; 04-05; 16-19	Set/10	05-11; 18-21
Abr/10	<u>5-11</u> ; 24-25	Out/10	10-12; 18-21
Mai/10	9-11; 14; 21; 25-28	Nov/10	<u>11-13</u>
Jun/10	01-02; 05-06; 9-10; 12; <u>21-23</u>	Dez/10	07-08; <u>13-17</u>
Jul/10	13-20; 27-28		

Em 2010, 57 dias (17% do período entre fevereiro e dezembro) tiveram a atuação de ondas com altura significativa superior a 2,0 m (as quais podem ser consideradas como de alta energia), segundo os modelos do PBA-06 para a área de descarte. Entretanto, esse número não seguiu a sazonalidade esperada (maior nos meses de outono e inverno segundo Campos *et al.*, 2010), sendo distribuídos ao longo do ano todo, a saber: 3 dias em fevereiro (alturas máximas de 3,9 m); 3 em março (alturas máximas de 3,1 m); 7 em abril (alturas máximas de 5,1 m); 9

em maio (alturas máximas de 3,5 m); 9 em junho (alturas máximas de 4,0 m); 4 em julho (alturas máximas de 4,5 m); 7 em agosto (alturas máximas de 4,1 m); 1 em setembro (alturas máximas de 3,5 m); 7 em outubro (alturas máximas de 3,9 m); 2 em novembro (alturas máximas de 3,6 m); e 5 em dezembro (alturas máximas de 3,8 m).

O evento mais intenso foi o do início de abril, caracterizado pela passagem de uma frente fria com ventos máximos de até 27,8 nós, ondas com alturas máximas de até 5,1 m e alturas significativas de até 4,3 m.

8.3.1.1. Praia do Góes

Condições meteorológico-oceanográficas

Os monitoramentos realizados em 2010 ocorreram sob nas seguintes condições meteorológicas: CI-R (condições de instabilidade e ressaca) em janeiro; CN (condições normais) em fevereiro, março, maio, julho, setembro, outubro e dezembro; CF-R (condições frontais e ressaca) em abril; e CI (condições de instabilidade) em junho, agosto e novembro.

Em relação às condições oceanográficas, os monitoramentos também foram realizados em diferentes situações de entrada de ondulações no interior da Baía de Santos. Essas ondulações, de direções de propagação E, ESE, SE, SSE, S e SSW, após sofrerem muitas interferências com o fundo da baía e as inúmeras irregularidades da linha de costa (principalmente refrações e difrações), chegaram à praia apresentando características bem distintas daquelas de origem fora da baía, conforme mostra a Tabela 8.3.1.1-1.

Tabela 8.3.1.1-1. Síntese do clima de ondas obtida a partir de dados da modelagem do PBA-07 e dos dados coletados nos dias de monitoramento do perfil praiial.

Dados do PBA 07			Dados do PBA 08		
Direção de propagação	Data	Hs (m)	Direção de propagação	Altura Máxima (m)	Período (s)
E	6/jul (CN)	0,6	20° NW a 40° NE	0,1 a 0,3	2,0 a 5,5
	1/ago (CI)	0,8	46° NW a 35° NE	0,1 a 0,3	3,2 a 4,2
	14/set (CN)	1,3	5° NE a 28° NE	0,05 a 0,2	3,0 a 4,6
ESE	12/dez (CN)	1	5° NE a 35° NE	0,1 a 0,3	4,6 a 5,9
SE	7/mar (CN)	1,2	44° NW a 45° NE	0,1 a 0,2	3,0 a 5,5
	14/out (CN)	2	2° NE a 75° NE	0,1 a 0,3	3,5 a 6,5
SSE	20/fev (CN)	1,6	15° NW a 15° NE	0,1 a 0,3	3,0 a 9,0
	8/abr (CF-R)	3,6	30° NW a 13° NE	0,1 a 0,2	10,2 a 11,4
S	21/jun (CI)	2,4	10° NE a 44° NE	0,1 a 0,2	6,5 a 8,4
SSW	6/mai (CN)	0,8	5° NW a 13° NE	0,1 a 0,2	2,6 a 6,2
	14/nov (CI)	1,6	8° NE a 80° NE	0,15 a 0,3	6,1 a 8,3

Morfometria

Ao contrário dos outros segmentos praiiais, a Praia do Góes apresentou grande variação espacial e temporal nos dados morfométricos de largura e declividade (Figura 8.3.1.1-1). De maneira geral, as larguras de Góes-01 e Góes-02 vão decrescendo enquanto as larguras de Góes-04 e Góes-05 aumentando com o tempo; em outubro Góes-02 passa a ser o setor mais estreito da praia, onde se forma um embaçamento; Góes-03 praticamente conserva sua largura todo o período. As declividades apresentaram variabilidade correspondente, destacando-se o aumento progressivo em todo o perfil do setor leste da praia, em decorrência do intenso e rápido empilhamento sedimentar ocorrido ali.

Tudo isso ocorreu porque essa praia sofreu um fenômeno conhecido como “rotação praiial”, caracterizado pelo realinhamento da praia em resposta a fortes modificações no transporte litorâneo longitudinal, como decorrência de súbita mudança na direção e altura dos trens de ondas incidentes (Souza, 2011).

Ao que tudo indica, as areias anteriormente estocadas no setor oeste da Enseada do Góes foram sendo remobilizadas para leste, ora rapidamente após a passagem de sistemas frontais com ressacas, ora mais lentamente, de forma que, ao mesmo tempo em que ocorria a inversão da deriva litorânea resultante

prevalente (passou a ser para leste), também acontecia importante transporte costa-adentro capitaneado pela migração vertical de todo o perfil praial associada às ressacas (Souza, 2011).

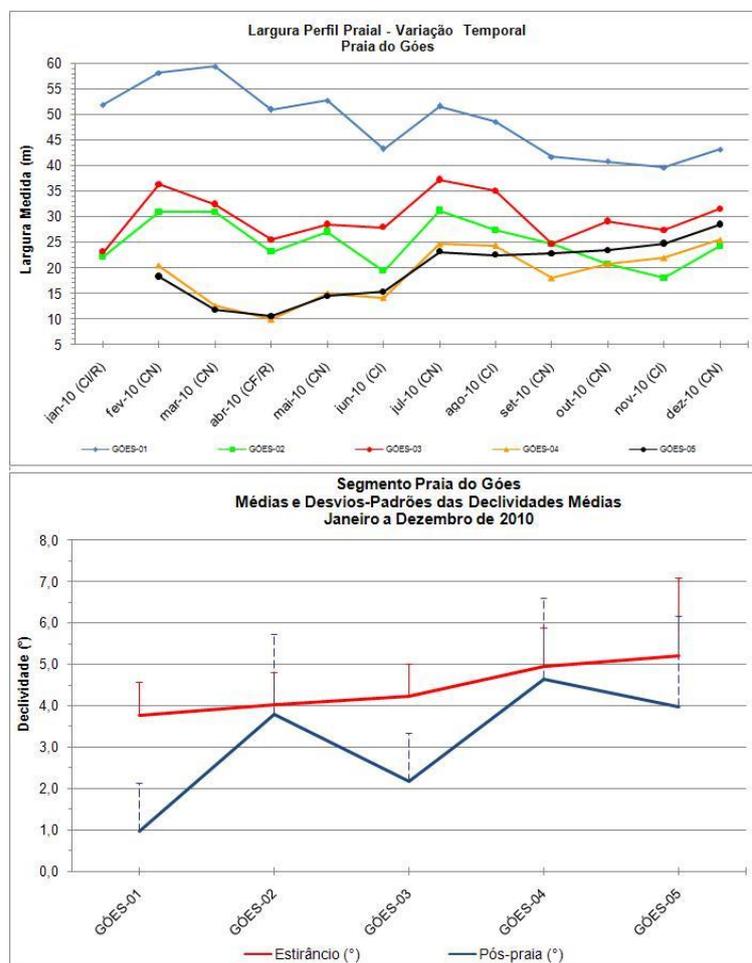


Figura 8.3.1.1-1. Variação temporal da largura e variação espacial das médias/desvios-padrões das declividades (pós-praia e estrâncio) da Praia do Góes, no período de janeiro-dezembro de 2010.

O início do processo de rotação praial foi constatado nos monitoramentos de fevereiro (dia 20) (Figura 8.3.1.1-2a, b, c, d) e março (dia 07) de 2010. Em ambas as datas verificou-se que havia na praia registros de atuação de maré meteorológica positiva ou ressaca de fraca intensidade (Figura 8.3.1.1-2b).



Figura 8.3.1.1-2. Trecho leste da Praia do Góes (perfis Góes-04 e Góes-05) durante marés de quadratura em 2010: (a) 08/janeiro – praticamente sem praia; (b) 20/fevereiro – início do empilhamento sedimentar (notar registros de ressacas); (c) 06/maio – forte empilhamento sedimentar; (d) 01/agosto – empilhamento sedimentar evoluiu, resultando em recobrimento de toda a ponte de acesso ao píer.

Diversos autores sugerem que a rotação praiar é desencadeada por eventos responsáveis por modificações bruscas na incidência habitual de ondas, como a atuação de sistemas atmosféricos sazonais e anômalos com marés meteorológicas (Short & Masselink, 1999; Klein *et al.*, 2002; Ranassinghe *et al.*, 2004; Martins, 2006).

Assim, uma data provável para o início do processo seria a frente fria que ocorreu entre 17 e 19 de fevereiro de 2010, acompanhada de ventos máximos de 15,8 nós, ondulações máximas de até 2,7 m e ondas significativas de até 2,0 m (Tabela 8.3.1.1-1) (vide também Tabela 8.3.1-1). Na Figura 8.3.1.1-3 é apresentada a carta sinótica do dia 17 mostrando a posição da frente fria e dos centros de baixa e alta pressão.

Tabela 8.3.1.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos do mês de fevereiro/2010 segundo a modelagem efetuada pelo Programa Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos para a área de descarte da dragagem.

FEVEREIRO																	
Dia	Cond. Tempo	Vento Médio		Vento Máximo		Onda - Hs		Onda - Hmax		Corrente Média		Corrente Máxima		vento e onda	corrente		
		intens. (nós)	direção	intens. (nós)	direção	altura (m)	direção	altura (m)	direção	intens. (nós)	direção	intens. (m/s)	direção				
1	CN	2.4	↙	11.9	←	0.8	↙	1.1	↙	0.04	←	0.14	↙	N	↓		
2	CN	4.3	↙	12.7	↙	0.7	↙	1.1	↙	0.04	↙	0.15	↙	NNE	↙		
3	CN	6.5	↙	15.1	↙	0.7	↙	1.0	↙	0.04	←	0.13	←	NE	↙		
4	CN	4.5	↙	13.7	↙	0.8	↙	1.0	↙	0.02	↙	0.11	↙	ENE	↙		
5	CN	1.2	↙	9.9	↙	0.7	←	1.0	←	0.01	↙	0.10	↙	E	←		
6	CN	3.4	↙	18.4	↙	0.7	←	1.1	←	0.03	↙	0.11	↙	ESE	↙		
7	CN	2.1	↙	13.2	↙	0.7	←	1.0	←	0.02	↙	0.10	↙	SE	↙		
8	CN	4.7	↓	21.3	↓	0.5	↙	0.8	↙	0.02	↙	0.12	↙	SSE	↙		
9	CN	5.9	↙	20.6	↙	0.5	↙	1.0	↙	0.02	↙	0.13	↙	S	↓		
10	CN	6.7	↙	20.3	←	0.5	↙	0.8	↙	0.04	↙	0.12	↙	SSW	↙		
11	CN	9.5	↙	28.3	←	0.8	↙	1.2	↙	0.05	←	0.11	↙	SW	↙		
12	CN	0.2	↙	9.2	↙	0.9	↙	1.2	↙	0.04	↙	0.12	↙	WSW	↙		
13	CN	0.7	↙	10.3	←	0.9	↙	1.2	↙	0.05	←	0.14	↙	W	←		
14	CN	7.8	↙	15.9	←	0.8	↙	1.2	↙	0.07	←	0.13	↙	WNW	↙		
15	CN	3.2	↓	17.5	↙	0.8	↙	1.5	↙	0.05	↙	0.12	↙	NW	↙		
16	CN	4.0	↙	16.0	←	0.7	↙	0.9	↙	0.02	↙	0.13	↙	NNW	↙		
17	CF	1.1	↙	13.3	↙	1.1	↙	1.7	↙	0.04	↙	0.16	↙				
18	CF	4.3	↙	15.8	↙	1.8	↙	2.3	↙	0.03	↙	0.10	↙				
19	CF	4.5	←	14.6	←	2.0	↙	2.4	↙	0.06	←	0.14	↙	vento	corrente		
20	CN	6.1	↙	16.9	←	1.6	↙	2.7	↙	0.05	↙	0.15	←	< 10 m/s	< 0,2 m/s		
21	CN	5.2	↙	12.2	↙	1.1	↙	1.6	↙	0.04	↙	0.14	←	= 10 m/s e < 20 m	= 0,2 m/s e < 0,4 m		
22	CN	4.4	↙	15.4	↙	0.9	↙	1.6	↙	0.02	←	0.09	↙	>= 20 m/s	>= 0,4 m/s		
23	CN	6.6	↙	25.8	←	0.8	↙	1.1	↙	0.03	↙	0.12	↙				
24	CN	3.4	↙	11.1	↙	0.9	↙	1.1	↙	0.02	↙	0.16	↙	onda			
25	CF	19.1	↙	23.4	↙	1.8	↙	3.9	↙	0.18	↙	0.26	↙	< 1 m			
26	CF	15.6	↙	17.7	↙	2.5	↙	3.1	↙	0.12	↙	0.23	↙	>= 1 m e < 2 m			
27	CF	14.4	←	18.9	←	2.0	↙	2.6	↙	0.12	←	0.21	↙	>= 2 m			
28	CF	16.2	←	24.1	↙	1.6	↙	3.0	↙	0.16	←	0.29	↙				

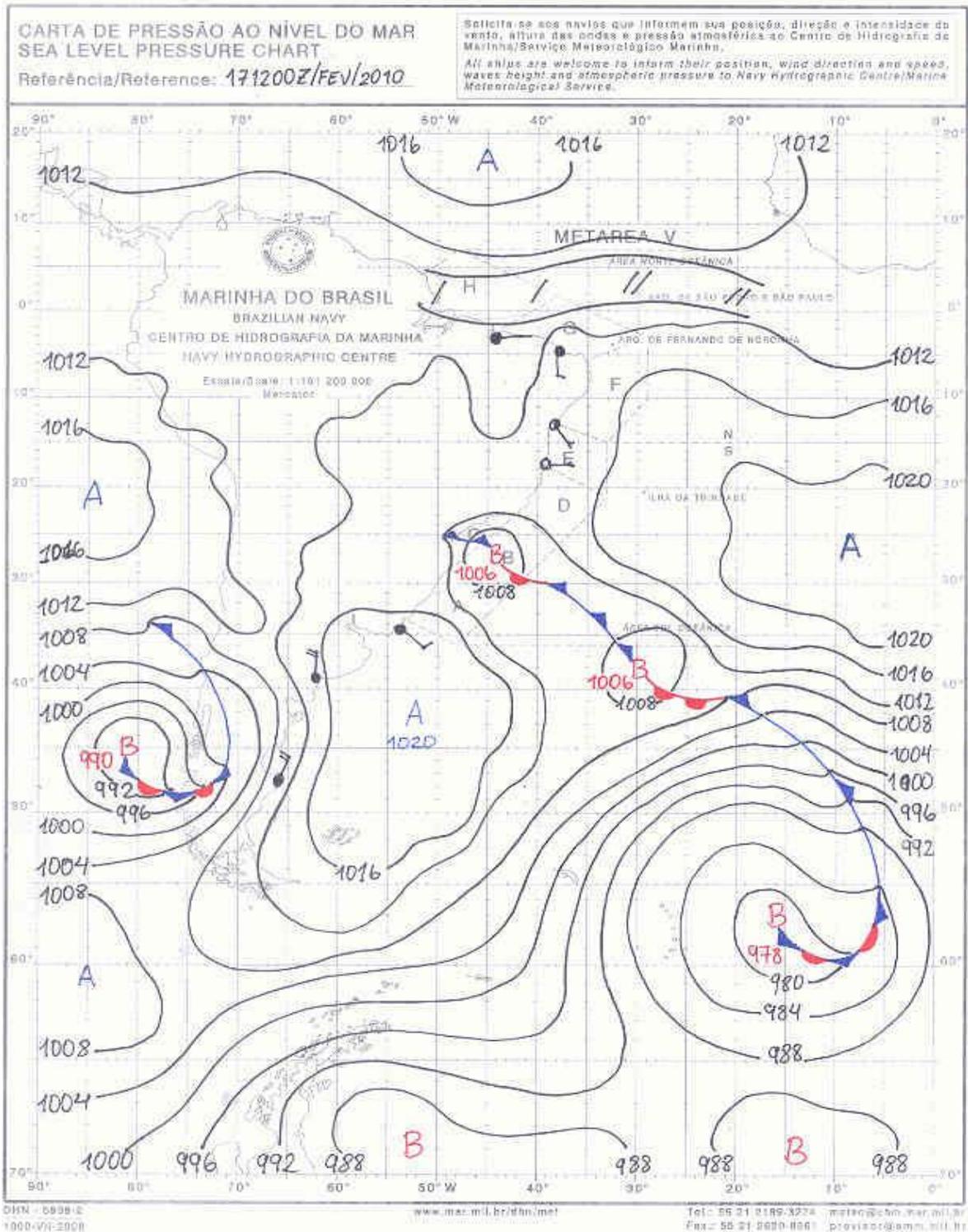


Figura 8.3.1.1-3. Carta sinótica do dia 17 de fevereiro de 2010 mostrando a posição da frente fria na costa de São Paulo/Rio de Janeiro e dos sistemas de baixa (ciclone extratropical) e alta pressão ao sul (fonte: DHN, cedida para o Instituto Geológico).

Segundo Harari *et al.* (2010), durante os dias 17 e 18 de fevereiro os ventos associados ao sistema frontal tiveram velocidades de 6,2 m/s. No dia 17 a sobrelevação do nível do mar foi de +0,20 m (marégrafo de Cananéia).

Entre 25 de fevereiro e 06 de março, uma nova e mais intensa frente fria trouxe ondulações ainda maiores, que deram continuidade e maior impulso ao processo. Os ventos atingiram 8,4 m/s na frente fria dos dias 25-27 e o NM sobrelevou-se de +0,9 m, com correntes de maré de 0,2 m/s (Harari *et al.*, 2010).

Durante o mês de janeiro (após o dia de monitoramento), não ocorreram eventos de alta energia que pudessem desencadear o processo de rotação praial (para esse mês não foi efetuada modelagem do Programa de Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos; foram consultados os sítios da internet do CPTEC/INPE do IAG-USP).

A persistência e o maior vigor do fenômeno certamente estiveram relacionados aos sucessivos eventos meteorológicos acompanhados de ressacas (associações entre anticiclones/ciclones extratropicais/frontogêneses), que se sucederam, como a mais intensa ressaca de 2010 ocorrida no início de abril (Figura 8.3.1.1-2c), e aos outros que se estenderam por todo o ano de 2010, até dezembro (vide Tabela 8.3.1-1).

A cada evento mais areia era empilhada no setor leste da praia. Em agosto, por exemplo, a ponte de acesso ao píer já se encontrava totalmente encoberta por areia (Figura 8.3.1.1-2d). A porção central da praia deve ser o ponto de inflexão da rotação praial, uma vez que durante 2010 a maior estabilidade morfométrica da praia esteve sempre no perfil Góes-03.

Ainda em relação aos fatores determinantes do fenômeno, não se pode descartar a possibilidade de influência de fenômenos de mesoescala, como o ENOS (*El Niño* e Oscilação Sul). Entre 2009 e meados de 2010 atuou o *El Niño*, sucedido pela *La Niña* desde junho/2010 até o presente momento (início do decaimento em maio de 2011, segundo dados do INPE).

Mas esta não foi a primeira vez que o fenômeno de rotação praial atuou na Praia do Góes, como mostram fotografias aéreas de 1987 (Figura 8.3.1.1-4). Uma possível origem desse processo poderia estar em 1985, quando fortes ressacas

ocorridas nos dias 08 e 09 de junho e 27 de dezembro foram noticiadas pelo Jornal A Tribuna (Figura 8.3.1.1-5) (em 1986 e 1987 não foram encontradas notícias de ressacas na região).



Figura 8.3.1.1-4. Fotografia aérea da Praia do Góes em 1987 (escala original 1:35.000; preamar de sizígia), mostrando que o trecho leste da praia se encontrava bem mais largo do que o restante, caracterizando assim o pico do fenômeno de rotação praial. Notar também o grande volume de sedimentos submersos assoreando toda a porção ocidental da Enseada do Góes. (acervo do Instituto Geológico).

Alguns moradores antigos também confirmam as mudanças que a praia sofre de tempos em tempos, quando inverte a deposição de um lado para o outro. Alguns comentam sobre ciclos de 12 anos, outros de 20 anos. Um exemplo é o Sr. Odair, dono da propriedade em frente ao local denominado durante este monitoramento de perfil Góes-04, que recorda que: *“o que se vê hoje também ocorreu em 1977, com o mar aterrando muito todo este trecho da praia; mas entre 1991-1992 ele já foi totalmente desassoreado; ambos os casos aconteceram depois de ressacas”*.

Neste sentido, a presença de um antigo píer (hoje destruído), provavelmente construído no final da década de 1980 e início dos anos 1990 sobre os costões rochosos no extremo oeste da enseada, comprova que tempos atrás não havia

condições de utilização do lado leste da praia para atracação, com certeza devido à rotação praial observada em 1987. Anos depois, com o retorno da areia para o canto oeste, novo píer foi implantado no local atual. Aliás, sob o píer mais recente há restos de uma estrutura mais antiga. Um outro morador local (o Sr. Manoel) se reportou à existência de mais dois píers soterrados abaixo desses.



Figura 8.3.1.1-5. Matérias do Jornal a Tribuna noticiando ressacas e inundações costeiras na Baixada Santista, em junho e dezembro de 1985, sendo estes eventos datas possíveis de início/manutenção da rotação praial observada em 1987.

Entretanto, outros moradores dizem nunca terem visto tamanho volume e altura de areia se acumulando nesse lado da praia.

Esse empilhamento sedimentar anômalo, fazendo com que nos perfis Góes-04 e Góes-05 as declividades atinjam valores muito altos (e os maiores desvios-padrões das mesmas) (Figura 8.3.1.1-1), tem uma explicação simples: as intervenções antrópicas sobre a praia. Entre elas, destacam-se: presença de obras de engenharia na pós-praia, como as duas casas e os muros de pedra presentes no extremo leste da praia (Figura 8.3.1.1-6a), o alto e extenso muro construído sobre parte da pós-praia em todo o setor leste da praia (perfis Góes-05, Góes-04), e as casas construídas no setor centro-leste da praia (Figura 8.3.1.1-6b). Desta forma, o enorme volume de areia transportada para esse setor (transportes costa-adentro e longitudinal para leste), durante todo o ano de 2010, tem tido grande dificuldade para se ajustar morfológicamente num perfil mais largo e de menor declividade, pois essas estruturas inibem a acomodação natural dos sedimentos no sentido do continente, como acontece nos trechos livres de construções dos perfis Góes-01 e Góes-03, onde as declividades da pós-praia são menores (Figura 8.3.1.1-7).

De acordo com o mesmo Sr. Odair, o primeiro muro construído ali, em 1984, era baixo e tinha alicerces rasos. O muro foi sendo erodido e parcialmente destruído por várias ressacas, até que em 2005 foi totalmente destruído pela forte ressaca que afetou essa praia e também a Ponta da Praia de Santos. Após esse evento o muro foi refeito, desta vez com 4 m de altura e mais 1,5 m encravado na areia (alicerce).



Figura 8.3.1.1-6. Setores leste (a) e central (b) da Praia do Góes, exibindo as várias construções sobre a pós-praia (fotos obtidas em 12/12/2010).



Figura 8.3.1.1-7. Locais dos perfis Góes-03 (esquerda) e Góes-01 (direita) mostrando o recuo da urbanização e, portanto, maior área de pós-praia preservada (fotos obtidas em 12/12/2010).

Granulometria dos Sedimentos do Estirâncio

Em função da rotação praial, também ocorreu forte variação textural dos sedimentos praias. Por exemplo, no início de 2010 as areias eram grossas e pobremente selecionadas, depois passaram a médias e moderadamente selecionadas, para darem lugar a areias finas e moderadamente selecionadas (Figuras 8.3.1.1-8 e 8.3.1.1-9). Na verdade, o processo de empilhamento praial resultou no recobrimento paulatino das areias mais grossas por areias mais finas, antes estocadas no perfil submerso da praia.

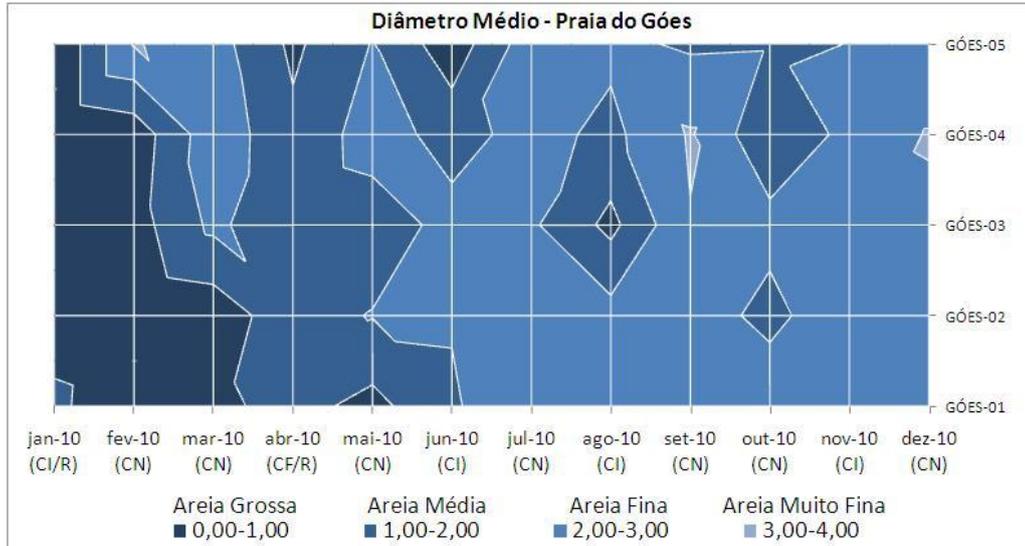


Figura 8.3.1.1-8. Variação do diâmetro médio na Praia do Góes, entre janeiro e dezembro de 2010.



Figura 8.3.1.1-9. Variação dos parâmetros texturais dos sedimentos (estirâncio) da Praia do Góes, entre janeiro e dezembro de 2010.

As características texturais dessa praia e a grande variabilidade temporal, com sedimentos muito imaturos, sugerem que a fonte dos mesmos é local, ou seja, não são provenientes de áreas externas à Enseada do Góes. Por isso, os volumes de areia são relativamente finitos (retrabalham sedimentos pré-

existentes, muito provavelmente de idade holocênica), o que significa que essa praia se ajusta por forças modernas, como ondas e marés.

Essas condições, aliadas ao fato de ser uma praia de enseada e praticamente sem planície costeira, sugerem que ela seja semi-controlada geologicamente pelo embasamento ígneo-metamórfico circundante (segundo o modelo de Jackson & Cooper, 2009). Também por esse motivo ela não se encaixa nos tipos morfodinâmicos clássicos de Short (2000).

Células de Deriva Litorânea

A Figura 8.3.1.1-10 mostra a variabilidade das células de deriva litorânea nessa praia ao longo de 2010.

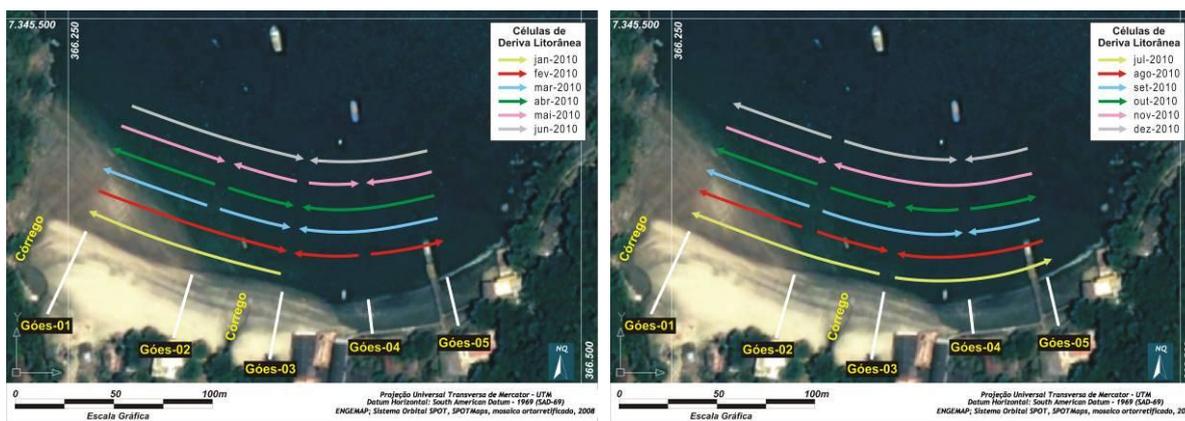


Figura 8.3.1.1-10. Variação do comportamento das células de deriva litorânea na Praia do Góes, entre janeiro e dezembro de 2010.

O comportamento lento do processo de rotação praial e a ausência de realinhamento total (inversão do transporte) da praia é refletido nesses resultados, uma vez que há tendências, mas não homogeneidade nos perfis.

O perfil aparentemente mais estável é Góes-03, caracterizado por ser zona de convergência de duas células (deposição) em 6 dos 12 meses monitorados. Góes-02, por outro lado, foi zona de divergência de células em 6 meses, corroborando o forte embaçamento observado no local pelo menos desde março/2010. Os extremos da praia, perfis Góes-01 e Góes-05, apresentaram

comportamentos inversos, a saber: em Góes-01 ocorreram 8 casos de zona de sotamar (deposição) e 4 de zona de barlamar (erosão); em Góes-05 foram 8 vezes como zona de erosão e 3 como de deposição. Em Góes-04 predominou o transporte.

Em termos de transporte resultante, foram observadas as seguintes ocorrências:

- Para E – em fevereiro de 2010;
- Para W – em janeiro, março, abril, agosto, novembro de 2010;
- Ausência de sentido resultante – em maio, junho, julho, setembro, outubro, dezembro de 2010.

Indicadores de Transporte Costeiro

Os indicadores de transporte costeiro longitudinal observados durante 2010 sugeriram os seguintes rumos preferenciais ou resultantes de transporte:

- Para W - em janeiro, fevereiro, julho, agosto e setembro de 2010.
- Para E – em junho, outubro, novembro e dezembro de 2010.
- Nenhum – em março, abril e maio de 2010.

Os transportes transversais do tipo costa-adentro foram muito intensos desde fevereiro em toda a praia, mas especialmente nos seus setores leste e central.

Risco à Erosão

Devido ao fenômeno de rotação praial, os indicadores de erosão costeira que haviam sido registrados e monitorados no início do ano praticamente desapareceram (Figura 8.3.1.1-2), restando apenas indícios erosivos nas estruturas construídas sobre o embasamento cristalino (embate de ondas), na extremidade leste da praia, e na base do píer de acesso à praia (erosão pelas

sucessivas ressacas). Os restos do antigo píer que existiam no outro extremo da enseada foram completamente destruídos.

Portanto, para o período amostral, o grau de risco dos perfis Góes-04 e Góes-05, inicialmente classificados como de Risco Alto, e da praia toda, inicialmente classificada como de Risco Alto e Muito Alto, sofreram reclassificação para Risco Baixo.

Todos os resultados apresentados para esta praia corroboram o processo de rotação praial e mostram que, quando as obras de dragagem se iniciaram, em 21 de fevereiro de 2010, o fenômeno já estava em curso. Além disso, esse fenômeno não pode ser associado a obras de dragagem do Porto de Santos, uma vez que foi constatado também em 1987.

8.3.1.2. Segmento Itararé-Emissário

Condições meteorológico-oceanográficas

As perfilagens praias neste segmento, foram realizadas sob diversas condições meteorológico-oceanográficas: CI-R em janeiro; CN em fevereiro, março, maio, julho, agosto, outubro e dezembro; CF-R em abril, junho e novembro; e CF em setembro de 2010.

Em relação às condições oceanográficas, os monitoramentos também foram realizados em diferentes situações de entrada de ondulações no interior da Baía de Santos com direções de propagação E, ESE, SE, S e SSW. Essas ondulações, após sofrerem muitas interferências com o fundo da baía e as inúmeras irregularidades da linha de costa (principalmente refrações e difrações), chegaram à praia apresentando características bem distintas daquelas de origem fora da baía, conforme mostra a Tabela 8.3.1.2-1.

Tabela 8.3.1.2-1. Síntese do clima de ondas obtida a partir de dados da modelagem do Programa de Modelagem Operacional de Pluma de Sedimentos e dos dados coletados nos dias de monitoramento praiar.

Dados do PBA 07			Dados do PBA 08		
Direção de propagação	Data	Hs (m)	Direção de propagação	Altura Máxima (m)	Período (s)
E	31/jul (CN)	0,8	65° SE a S e 40° SW	0,1 a 1,7	10,9 a 13,1
ESE	6/mar (CN)	1,3	5°-55° SE e 5°-40° SW	0,2 a 3,0	11,0 a 13,0
	15/set (CF)	1,2	42° SE a S e 23° SW	0,2 a 0,7	7,0 a 10,7
SE	21/fev (CN)	1,1	5°-63° SE e 5°-35° SW	0,2 a 1,0	7,5 a 14,5
	4/mai (CN)	0,6	10°-65° SE e 33° SW	0,2 a 1,0	11,5 a 15,4
	13/out (CN)	1,9	5°-75° SE e 40° SW	0,2 a 1,0	9,2 a 12,2
S	3/jul (CN)	0,9	5°-60° SE e 40° SW	0,2 a 1,0	1,6 a 2,3
SSW	6/abr (CF-R)	2,8	7°-55° SE e 5°-37° SW	0,5 a 3,0	11,0 a 12,0
	23/jun (CF-R)	1,7	10°-55° SE e 5°-20° SW	0,5 a 1,5	9,6 a 11,5
	11/nov (CF-R)	2,5	60° SE a S e 45° SW	1,0 a 3,0	5,8 a 10,9
	11/dez (CN)	1,3	5°-60° SE e 10°-20° SW	0,2 a 0,5	8,2 a 10,7

Morfometria

As curvas de variação de largura e declividade média da pós-praia e do estirâncio (Figura 8.3.1.2-1) deste segmento praiar são sintônicas e mostram padrões homogêneos de comportamento em relação a:

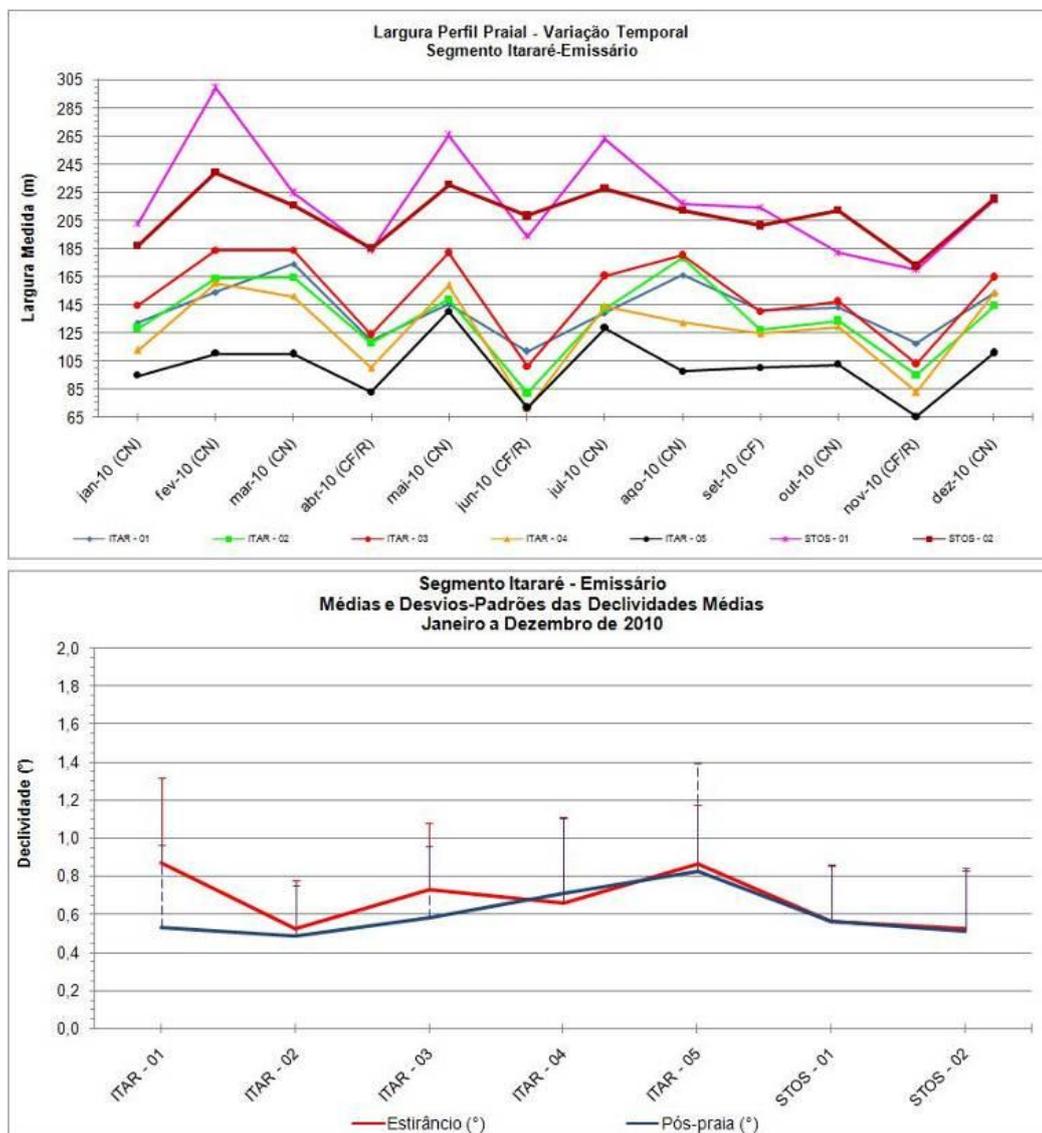


Figura 8.3.1.2-1. Variação temporal da largura e variação espacial das médias/desvios-padrões das declividades (pós-praia e estrâncio) do segmento Praia do Itararé-Emissário, no período de janeiro-dezembro de 2010.

- a) Variações de largura e de declividade entre os perfis associadas à presença de feições morfológicas ou de intervenções antrópicas permanentes que se destacam na linha de costa (Figura 8.3.1.2-2) – por exemplo, por causa do tômbolo natural formado atrás da Ilha de Urubuqueçaba, Stos-01 é sempre o perfil mais largo (só não é mais largo ainda porque os prédios à sua retaguarda foram construídos sobre a pós-praia, roubando cerca de 25 m de faixa de areia (medidos em relação ao alinhamento da calçada/jardins em Stos-01), e o menos declivoso dentre

todos; Itar-05 é o perfil mais estreito e o de maior declividade relativa em decorrência do embaçamento costeiro resultante da presença das ilhas de Urubuqueçaba e da Feiticeira; o setor entre os perfis Stos-01 e Stos-02 é bem mais largo e relativamente menos inclinado que o restante do segmento praial, sendo resultado da conjugação de fatores como a presença da Ilha de Urubuqueçaba e do tómbolo (perfil Stos-01) e de intervenções antrópicas como a implantação e a manutenção do espigão do emissário submarino, localizado a poucos metros da Ilha, bem como a constante reposição artificial de areia em toda a pós-praia de Stos-02;

- b) Variação do comportamento da praia em relação à ocorrência de eventos atmosféricos-oceanográficos anômalos (ressacas) – em condições frontais com ressaca a praia se apresenta sempre mais estreita e íngreme quando comparadas às condições normais, quando ela é mais larga e menos declivosa.

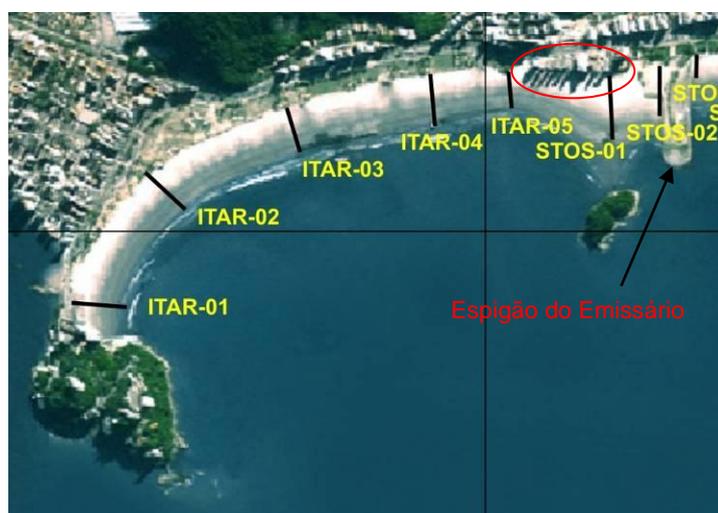


Figura 8.3.1.2-2. Detalhe do segmento Itararé-Emissário, mostrando as irregularidades de largura da praia, com destaque para o embaçamento em Itar-05, o tómbolo em Stos-01 e a extensa faixa de areia em Stos-02 resultante do acúmulo de sedimentos devido à interação entre a Ilha de Urubuqueçaba/tómbolo e o espigão do Emissário. Notar o conjunto de prédios (círculo vermelho e sombra na praia) que foram construídos sobre a pós-praia entre Itar-05 e Stos-01.

É importante ressaltar que quando uma praia é atingida por sucessivas ressacas, como ocorreu em 2010, é normal haver redução paulatina de sua

largura. Entretanto, isto não parece ter ocorrido nesse segmento praial, demonstrando que a praia está em equilíbrio relativo.

Granulometria dos Sedimentos do Estirâncio

Os sedimentos também se apresentaram muito homogêneos durante todo o ano de 2010, com valores bastante próximos entre si ao longo do arco praial e ao longo do tempo, para os quatro parâmetros texturais (Figura 8.3.1.2-3).

A variabilidade dos parâmetros foi muito pequena (desvios-padrões muito pequenos), sendo as areias muito finas e muito bem selecionadas, com predomínio das mesocúrticas com assimetrias negativas.

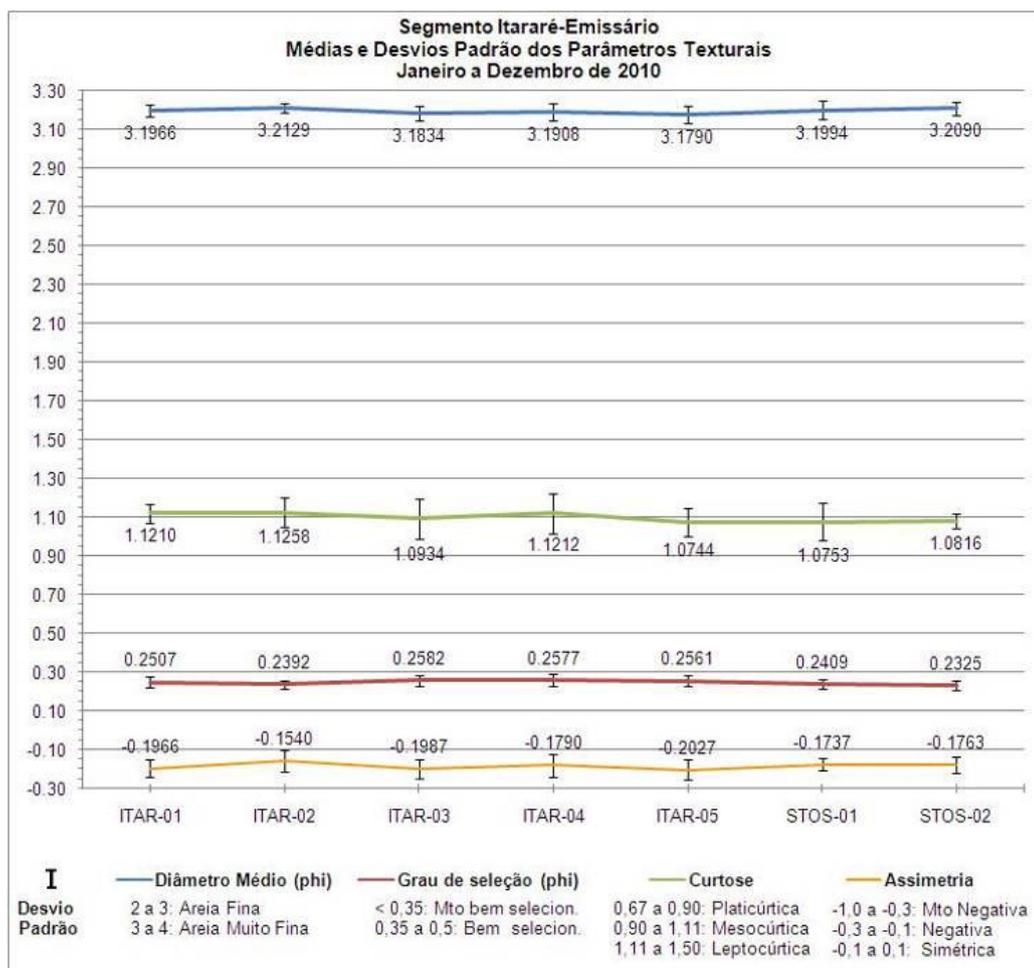


Figura 8.3.1.2-3. Médias e respectivos desvios-padrões dos valores dos parâmetros texturais dos sedimentos (estirâncio) do segmento Praia do Itararé-Emissário, no período de janeiro-dezembro de 2010.

Células de Deriva Litorânea

O comportamento das células de deriva litorânea (Figura 8.3.1.2-4) mostra, como esperado, certa variabilidade em microescala, mas com algumas tendências de sentido de transporte resultante:

- Para E – em janeiro, fevereiro, agosto de 2010;
- Para W – em março, abril, junho, julho em 2010;
- Ausência de sentido resultante – em maio, setembro, outubro, novembro, dezembro de 2010.

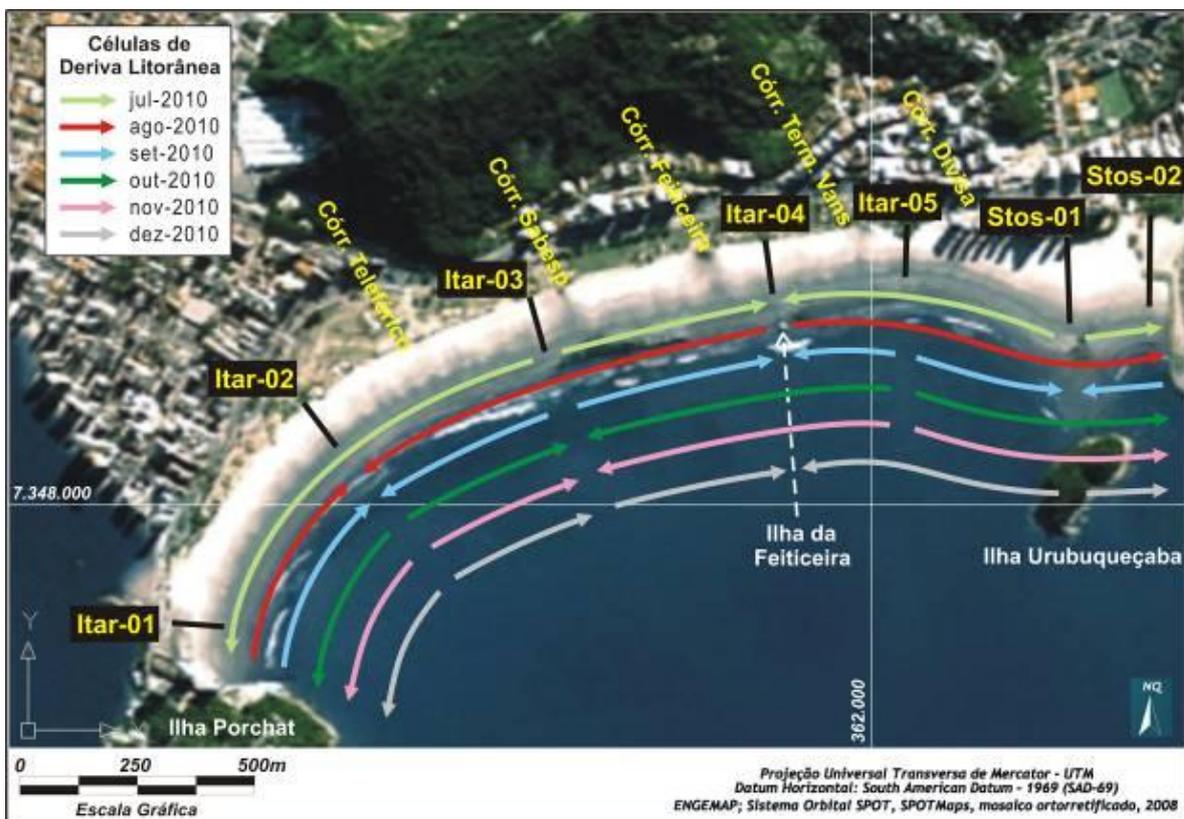
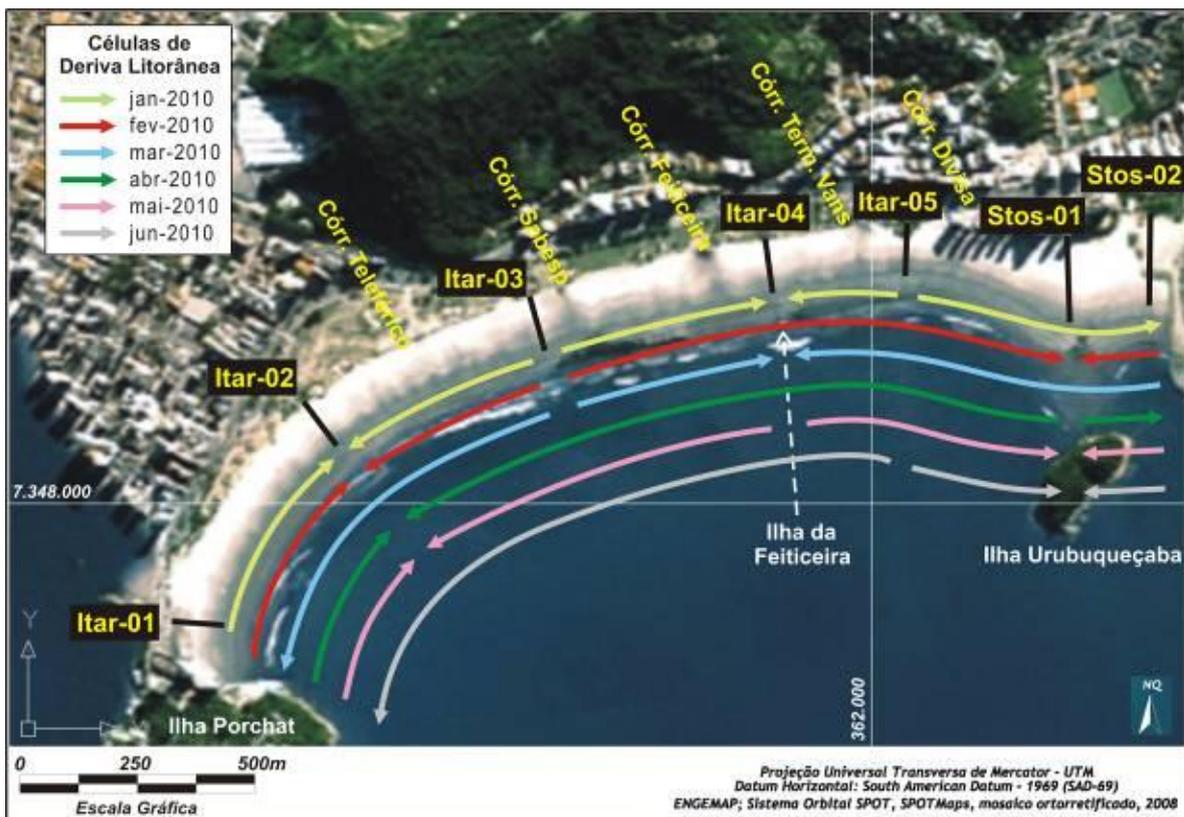


Figura 8.3.1.2-4. Variação do comportamento das células de deriva litorânea no segmento Praia do Itararé-Emissário, entre janeiro e dezembro de 2010.

Indicadores de Transporte Costeiro

Os indicadores de transporte costeiro longitudinal sugeriram os seguintes rumos preferenciais ou resultantes de transporte:

- Para W – em fevereiro, março, agosto, setembro e dezembro de 2010.
- Para E – em janeiro, abril, junho e julho de 2010.
- Nenhum – em março, outubro e novembro de 2010.

Os transportes transversais do tipo costa-adentro (entre eles o eólico) foram importantes nos meses de janeiro, maio, julho a outubro e dezembro. Em novembro predominou o transporte costa-afora.

Outra modalidade de transporte transversal do tipo costa-adentro observado nessa praia é o transporte eólico, cuja direção preferencial nesse segmento praiial é de ESE para WNW. O vento remobiliza as areias na superfície da pós-praia, levando-as para as calçadas e os jardins, e também para dentro dos córregos, provocando assoreamento nos leitos e a redução dos estoque de areia da praia.

Risco à Erosão

A classificação de risco à erosão costeira não se alterou durante todo o ano em todos os perfis e no segmento praiial.

Entretanto, no extremo oeste da Praia de Itararé, junto ao Ilha Porchat Clube, foi observado incremento sutil da erosão, perceptível em relação ao aumento da exposição da base das estruturas urbanas como as pilastras da passarela do Clube da Ilha Porchat e a calçada lateral do mesmo (Figura 8.3.1.2-5), aparentemente por causas naturais, devido à atuação de ressacas e à dinâmica de circulação costeira. Note-se que essas estruturas foram construídas sobre a praia. Mesmo assim, as classificações de risco do perfil Itar-01 e do segmento praiial não se alteraram, sendo de Risco Baixo.



Março/2010



Junho/2010



Setembro/2010



Dezembro/2010

Figura 8.3.1.2-5. Erosão no extremo oeste da Praia do Itararé, ao longo do ano de 2010. Nota-se que em todas as fotos as preamares ordinárias de sizígia atingem o topo da pós-praia, o que é constatado pela presença de zona de deixa e marcas onduladas geradas por ondas se estendendo até próximo da calçada.

8.3.1.3. Segmento Emissário-Ponta da Praia

Condições meteorológico-oceanográficas

Neste segmento praiar o contexto meteorológico-oceanográfico variou desde CI-R em janeiro, CN em fevereiro, março, maio, julho, setembro e outubro (16/10); e CF-R em abril, junho, agosto, novembro e dezembro; e CF em outubro (15/10).

Em relação às condições oceanográficas, os monitoramentos também foram realizados em diferentes situações de entrada de ondulações no interior da Baía de Santos, a saber: E, ESE, SE, S e SSW. Essas ondulações, após sofrerem muitas interferências com o fundo da baía e as inúmeras irregularidades da linha de costa (principalmente refrações e difrações), chegaram à praia apresentando

características bem distintas daquelas de origem fora da baía, conforme mostra a Tabela 8.3.1.3-1.

Tabela 8.3.1.3-1. Síntese do clima de ondas obtida a partir de dados da modelagem do Programa de Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos e dos dados coletados nos dias de monitoramento praias.

Dados do PBA 07			Dados do PBA 08		
Direção de propagação	Data	Hs (m)	Direção de propagação	Altura Máxima (m)	Período (s)
E	13/set (CN)	0,9	67°-10° SW	0,1 a 0,3	6,6 a 12,0
ESE	23/fev (CN)	0,8	53°-13° SW	0,1 a 0,3	3,0 a 8,0
	9/mar (CN)	2,5	14° SW a 17° SE	0,1 a 0,3	9,8 a 12,0
	10/mar (CN)	1,7	57° SW a 10° SE	0,1 a 0,3	7,0 a 9,9
	5/jul (CN)	0,7	60°-10° SW	0,1 a 0,3	6,2 a 12,0
	12/set (CN)	1,2	10° SW a 13° SE	0,3 a 1,0	9,1 a 11,0
	13/dez (CI/CF-R)	0,7	20° SW a 17° SE	0,1 a 0,5	6,5 a 11,6
SE	22/fev (CN)	0,9	40° SW a 30° SE	0,1 a 0,3	6,0 a 16,5
	5/mai (CN)	0,6	33° SW a 7° SE	0,2 a 0,7	4,4 a 15,7
	15/out (CF)	1,7	20° SW a 12° SE	0,2 a 0,7	9,0 a 13,4
	16/out (CN)	1,3	65° SW a 13° SW	0,2 a 1,0	9,2 a 12,2
S	21/jun (CF-R)	1,6	50° SW a 25° SE	0,5 a 1,5	4,4 a 15,8
SSW	6/mai (CN)	0,8	50° SW a 23° SE	0,1 a 0,3	5,8 a 12,3
	22/jun (CF-R)	1,9	30° SW a 70° SE	0,5 a 1,5	9,4 a 13,1
	4/jul (CN)	0,7	7° SW a 19° SE	0,3 a 1,0	12,5 a 15,6
	2/ago (CF-R)	1,8	15° SW a 10° SE	1,3 a 2,0	6,4 a 9,2
	3/ago (CF-R)	2,4	65° SW a 2° SE	0,5 a 1,5	7,8 a 11,0
	12/nov (CF-R)	2	5° SW a 20° SE	1,0 a 3,0	9,6 a 11,3
	13/nov (CF-R)	1,7	60° SW a S	0,15 a 1,0	9,2 a 11,3
	14/dez (CF-R)	2,6	50° SW a S	0,5 a 1,0	7,0 a 10,8

Morfometria

Este segmento praias também apresentou baixa variabilidade espacial e temporal das componentes morfométricas (largura e declividade). As curvas morfométricas se mostram sintônicas na maior parte do tempo, estando as maiores variações associadas a mudanças nas condições meteorológico-oceanográficas. Esse condicionamento é evidenciado por padrões como: larguras maiores e declividades menores associadas a condições de tempo bom, e

larguras menores e declividades mais elevadas ocorreram durante as passagens de frentes frias com ressacas (Figura 8.3.1.3-1).

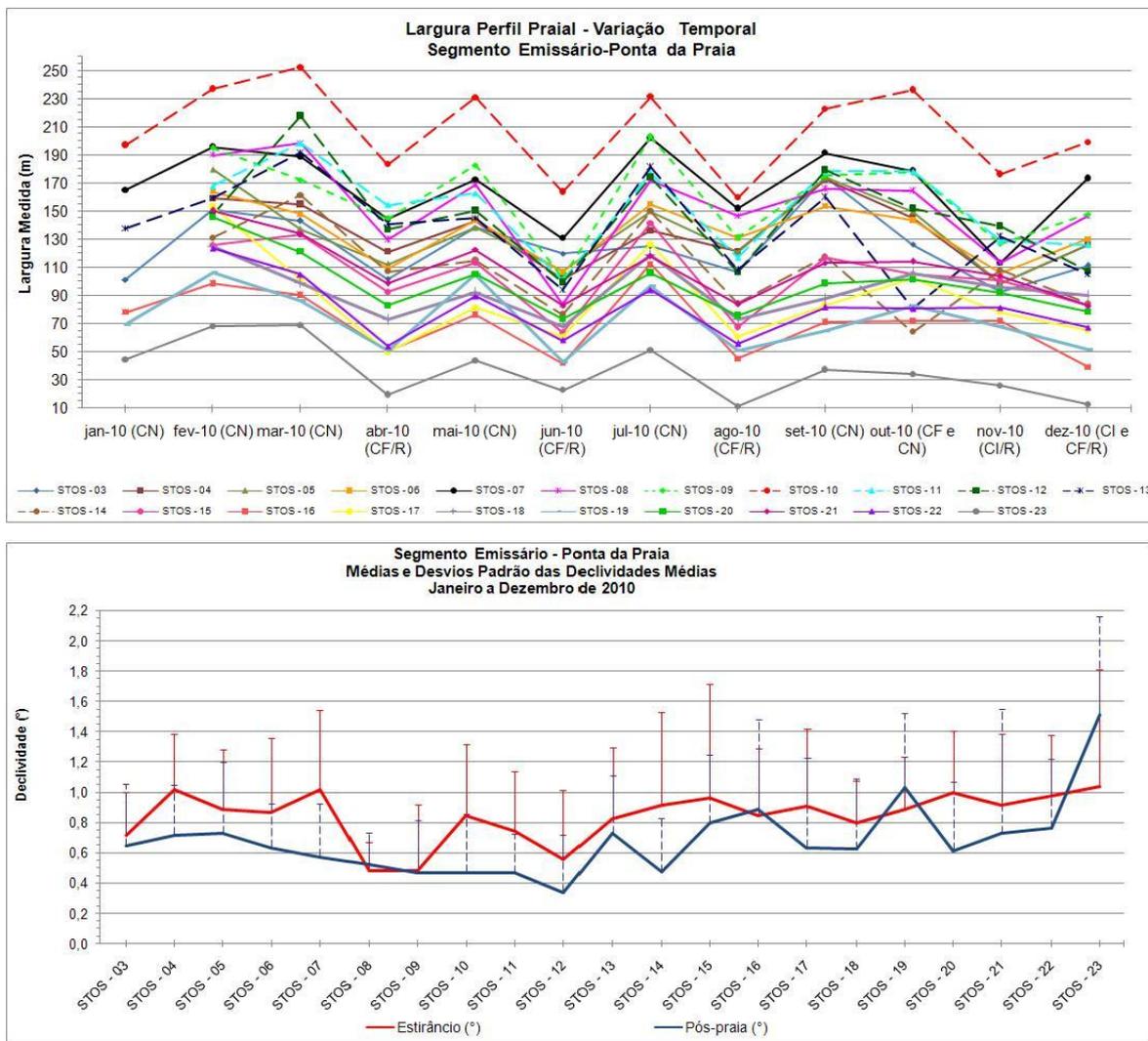


Figura 8.3.1.3-1. Variação temporal da largura e variação espacial das médias/desvios-padrões das declividades da pós-praia e do estrâncio do segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro-dezembro/2010.

Os padrões de largura indicam que o trecho entre os Canais 2 e 3 é sempre o mais largo e o entre os perfis 16 e 23 o mais estreito de toda a praia. Em relação aos perfis, Stos-10 mostrou-se sempre o perfil mais largo, seguido de Stos-07, enquanto Stos-23 foi sempre o mais estreito, seguido de Stos-16.

As declividades médias mostram valores sempre muito baixos para a pós-praia e o estirâncio, embora os desvios-padrões sugiram alta variabilidade dentro dos intervalos desses valores.

É importante ressaltar que quando uma praia é atingida por sucessivas ressacas, como ocorreu em 2010, é normal haver redução paulatina de sua largura. A exceção do perfil Stos-23, isto não parece ter ocorrido no restante desse segmento praial, demonstrando que a praia está em equilíbrio relativo.

O comportamento isolado desse perfil deve ser analisado num contexto mais amplo. Observa-se que em janeiro de 2010 o perfil Stos-23 apresentava largura em torno de 45 m, que entre fevereiro e março aumentaram para até 70 m; com a ressaca forte de abril, o perfil reduziu sua largura para cerca de 20 m, mas, mesmo com a ocorrência de várias ressacas nos meses seguintes, teve aumento de largura para até 50 m em julho; após a ressaca de agosto, cujas águas atingiram a base da mureta da praia, e devido a outras sucessivas ressacas que se seguiram até dezembro, a largura desse trecho da Praia de Santos foi sendo paulatinamente reduzida.

O trecho entre o Canal 6 e a extremidade leste da Ponta da Praia foi monitorado durante o ano de 2009 por Munarin & Freitas (2010). Os resultados obtidos por eles, em relação à largura praial, foram filtrados para os dias de monitoramento em fase de maré de quadratura e sob as mesmas condições de tempo monitoradas pelo presente programa, e comparados com os resultados obtidos por este programa para os mesmos meses de 2010 e 2011 (março, abril e maio) (Figura 8.3.1.3-2).

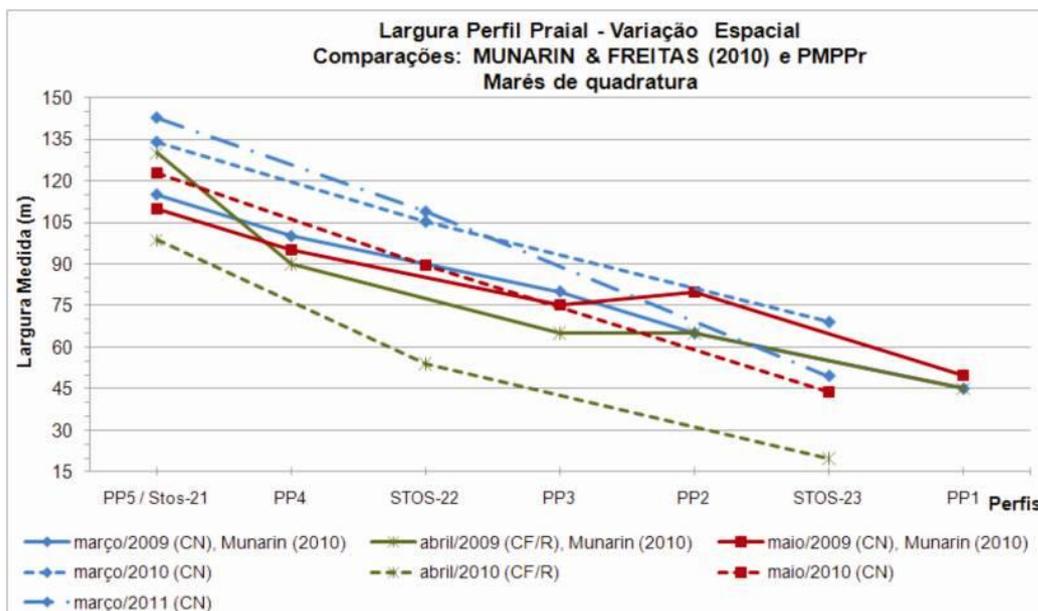


Figura 8.3.1.3-2. Comparação entre os dados de largura praial do trecho entre o Canal 6 e a Ponta da Praia obtidos por Munarin & Freitas (2010) em 2009 (linhas cheias), e por este programa em 2010 e 2011 (linhas interrompidas) e localização dos referidos perfis (PP1, Stos-23 e PP2 estão localizados entre a rampa de acesso à praia e o anteparo de blocos rochosos).

Embora não haja sobreposição dos pontos (exceto de Stos-21), é possível observar algumas tendências interessantes para o local do perfil Stos-23, como se seguem:

- a) O local apresenta sempre larguras inferiores aos perfis a oeste.
- b) A maior largura do local foi atingida em março de 2011 (aproximadamente 70 m), sobrepujando inclusive os valores de 2009.
- c) No ano de 2009, as larguras de março e abril (apesar da ressaca) foram iguais, e a de março foi maior.
- d) Em 2010, o mês de março apresentou a maior largura dos três meses, que se reduziu bruscamente em abril, devido a uma forte ressaca; em maio o valor foi intermediário aos meses anteriores.
- e) Em março/2010 o local apresentava-se mais largo do que no ano anterior (março/2009), e em março/2011 pouco mais estreito que em 2009.
- f) A ressaca de abril/2010 parece ter sido bem mais intensa do que a de abril/2009, dada as diferenças importantes quando se comparam as larguras dos dois anos e entre cada ano e o mês antecedente (março).
- g) Provavelmente em decorrência disso, a variação entre as larguras nos meses de maio seja grande.

Em relação ao trecho entre os perfis Stos-21/PP5 e Stos-22, observa-se que a praia atingiu suas maiores larguras em março/2011. Entre os perfis PP3 e Stos-23 as maiores larguras foram encontradas em março/2010. Embora PP1 não tenha correspondência com perfis do presente programa, a projeção da curva de março/2010 até esse perfil também sugere maior largura nesse mês.

Esses resultados demonstram que a Ponta da Praia já sofria erosão acelerada em 2009, comprovando que, em curto período de tempo, ela responde morfodinamicamente de acordo com os eventos meteorológicos-oceanográficos. Em outras palavras, o perfil reduz drasticamente sua largura quando sob efeito de ressacas/marés meteorológicas positivas, mas se recompõe relativamente bem durante as fases de tempo bom. Neste sentido, apesar da ocorrência anômala de 26 desses eventos distribuídos ao longo de todo o ano de 2010 (até dezembro), em março/2011 o perfil parecia recuperado.

Por outro lado, nesse contexto não se pode esquecer das contribuições antrópicas à melhoria do balanço sedimentar local, com a reposição artificial de

areia especialmente no trecho entre a rampa de acesso à praia e o anteparo de blocos rochosos).

Entretanto, é importante salientar que toda a Ponta da Praia tem sido fortemente castigada pela erosão costeira há décadas (longo período), cujas causas parecem estar principalmente associadas a irreversíveis intervenções antrópicas na linha de costa, e não exclusivamente aos processos de dragagem que antecederam as obras atuais. Neste sentido, reporta-se às obras de urbanização da orla sobre a praia desde a década de 1940, à construção das diversas estruturas de lazer, pesca e apoio náutico, à implantação de estruturas de “proteção” costeira, como o extenso anteparo de blocos rochosos implantado após a forte ressaca de abril de 2005, bem como às dragagens que se antecederam a esta, entre outros fatores.

Fotos do século passado revelam a existência de uma extensa faixa de areia em toda a Ponta da Praia e que adentrava, inclusive, o Canal do Porto (Figura 8.3.1.3-3).

Uma retroanálise feita a partir de fotografias aéreas de 1962, 1972, 1987, 1994 e 2001 revela que nas últimas 5 décadas a Ponta da Praia sofreu, simultaneamente, progressivos recuos frontal e lateral da linha de costa, caracterizando erosão acelerada (Figura 8.3.1.3-4).

Nesta figura chama a atenção o fato de que em 1962 a linha de costa entre o Canais 5 e 6 se encontrava recuada, numa posição bastante próxima à de 2001, embora nas décadas intermediárias tenha ocorrido progradação paulatina até 1994. Uma explicação para isso pode estar associada, dentre outras causas, aos destroços do Navio Recreio, encalhado em 1971 entre os Canal 6 e a extremidade leste da praia, que parecem ter provocado alguns fenômenos nesta linha de costa: (a) em curto período (poucos anos) funcionaram como anteparo de proteção à ação direta das ondas nesse trecho, e armadilha de sedimentos no local, o que provocou erosão nas praias a oeste (Canais 6 e 5), também devido à modificações na incidência das ondas; (b) numa escala de tempo maior (décadas), parece ter sido responsável pela redução da taxa de erosão na Ponta da Praia, tanto devido à disponibilidade de sedimentos ali estocados, quanto ao reajuste da linha de costa. Nesse contexto todo, o Canal 6 também exerce um

importante papel como anteparo e armadilha de sedimentos, contribuindo para que parte dos mesmos fiquem por mais tempo retidos nesse trecho da costa.

Um navio passa pelo estreito acesso ao porto, entre a Fortaleza da Barra Grande e a Ponta da Praia, observado pelos turistas, em foto-postal de José Marques Pereira, feita no primeiros anos do século XX:

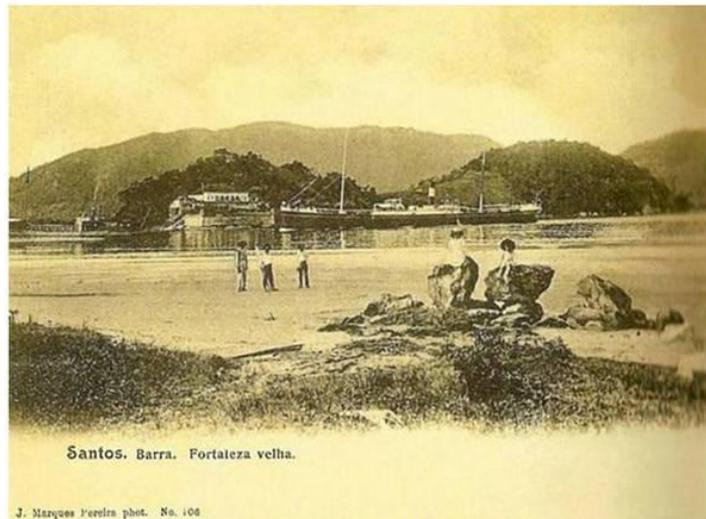
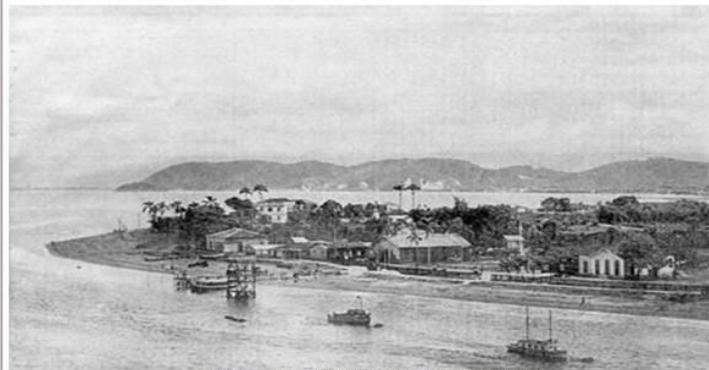


Imagem enviada a *Novo Milênio* por [Ary O. Celio](#), de Santos/SP

A fotografia mostra a Ponta da Praia, onde hoje funcionam os clubes, fotografada do transatlântico francês *L'Atlantique*, em 1932. Antes do início dos chamados "anos dourados", a praia ainda não era amurada e tinha um pontão de atracação e um trampolim de madeira. Na imagem, pode-se notar a *Escola de Marinheiros*, logo transformada em *Escola de Pesca* e *Instituto de Pesca Marítima*, onde hoje é o *Museu de Pesca*:



Reprodução: jornal *A Tribuna* de Santos, 29/8/2003
Foto: acervo do despachante aduaneiro [Lair José Giraud](#)

Figura 8.3.1.3-3. Fotos da Ponta da Praia entre o início e meados do século XX. Notar a faixa de praia existente em toda a Ponta da Praia e entrada do Canal do Porto. Apesar de haver aparente confusão em relação às datas da década de 1940, é possível observar o início do processo erosivo na Ponta da Praia, principalmente após a construção da mureta ("balaustrada") sobre a pós-praia (fonte: www.novomilenio.inf.br/santos)

Anos depois, cerca de 1940, a faixa da praia estava mais aberta, surgindo os clubes náuticos e aumentando o interesse dos turistas:



Foto enviada a *Novo Milênio* por [Ary O. Célilo](#), de Santos/SP



Em 1944, a revista santista *Flama* destacava (na edição de janeiro de 1944), entre os melhoramentos da cidade na gestão do [prefeito Antonio Gomide Ribeiro dos Santos](#), a realização da balaustrada no paredão em frente ao mar, e o meio-fio assente na Avenida Bartolomeu de Gusmão, "que dentro em breve será pavimentada":

Registra o jornalista e cartofilista José Carlos Silveiras: "Há muitos detalhes mostrados neste cartão postal editado pela Wessel no início dos anos 40. Em primeiro plano já aparece a sede atual do [Clube de Regatas Saldanha da Gama](#), tendo ao lado um barracão do [Vasco da Gama](#) e terrenos vazios aonde seriam construídos os outros clubes. Mais à esquerda aparece a antiga Escola de Aprendizes Marinheiros (atual [Museu de Pesca](#)). Acima, à direita, entre os canais 6 e 5, um círculo mostra o que era o [Jockey Club](#), onde se realizavam corridas de cavalos com apostas e tudo. É curioso notar que havia um longo trecho de praias com barcos pesqueiros e casinhas de pescadores, onde hoje há a avenida e as muretas":



Foto: [Acervo José Carlos Silveiras/Santos Ontem](#)

Figura 8.3.1.3-3. (continuação) Fotos da Ponta da Praia entre o início e meados do século XX. Notar a faixa de praia existente em toda a Ponta da Praia e entrada do Canal do Porto. Apesar de haver aparente confusão em relação às datas da década de 1940, é possível observar o início do processo erosivo na Ponta da Praia, principalmente após a construção da mureta ("balaustrada") sobre a pós-praia (fonte: www.novomilenio.inf.br/santos)

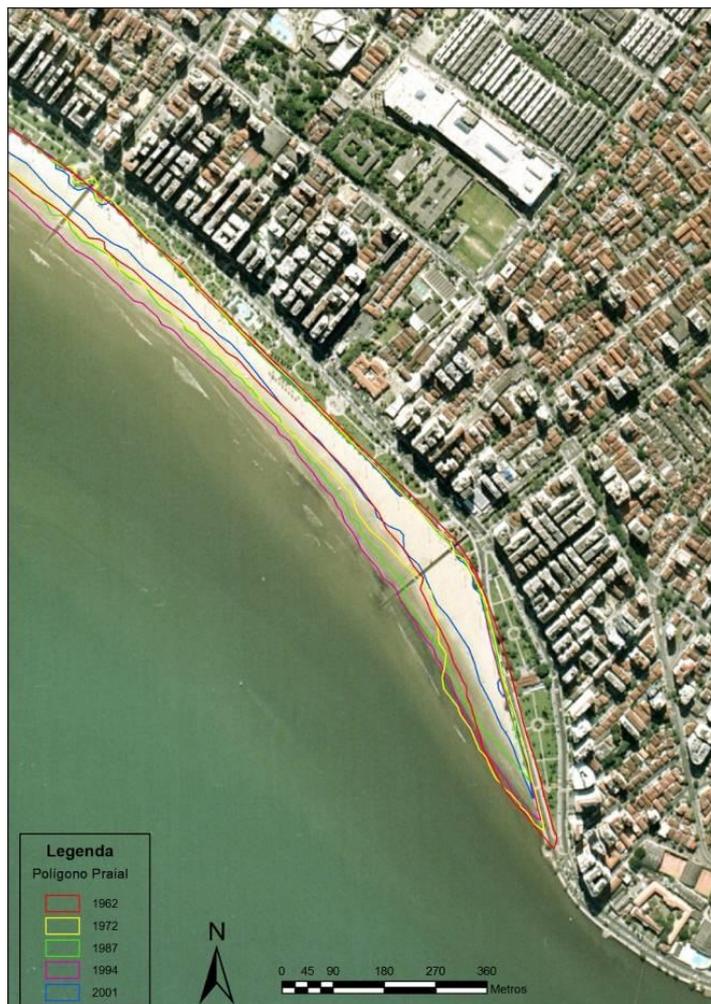


Figura 8.3.1.3-4. Detalhe do trecho entre o Canal 5 e a Ponta da Praia mostrando a variação dos polígonos praiais nos anos de 1962, 1972, 1987, 1994 e 2001, evidenciando o recuo frontal e lateral da linha de costa.

Outro aspecto a ser destacado nessas fotografias é a variação do limite superior dos polígonos praiais, em que fica clara a invasão paulatina da urbanização sobre os terrenos da pós-praia, podendo esta ser considerada uma outra causa da erosão na Ponta da Praia.

Granulometria dos Sedimentos do Estirâncio

Os sedimentos também se apresentaram muito homogêneos durante todo o ano de 2010, com valores bastante próximos entre si ao longo do arco praiial e ao longo do tempo, para os quatro parâmetros texturais (Figura 8.3.1.3-5). Salvo algumas poucas exceções, os valores se enquadraram em intervalos de muito

pequena amplitude de variação (pequenos desvios-padrões). As areias são invariavelmente muito finas e muito bem selecionadas, predominantemente as leptocúrticas e simétricas.

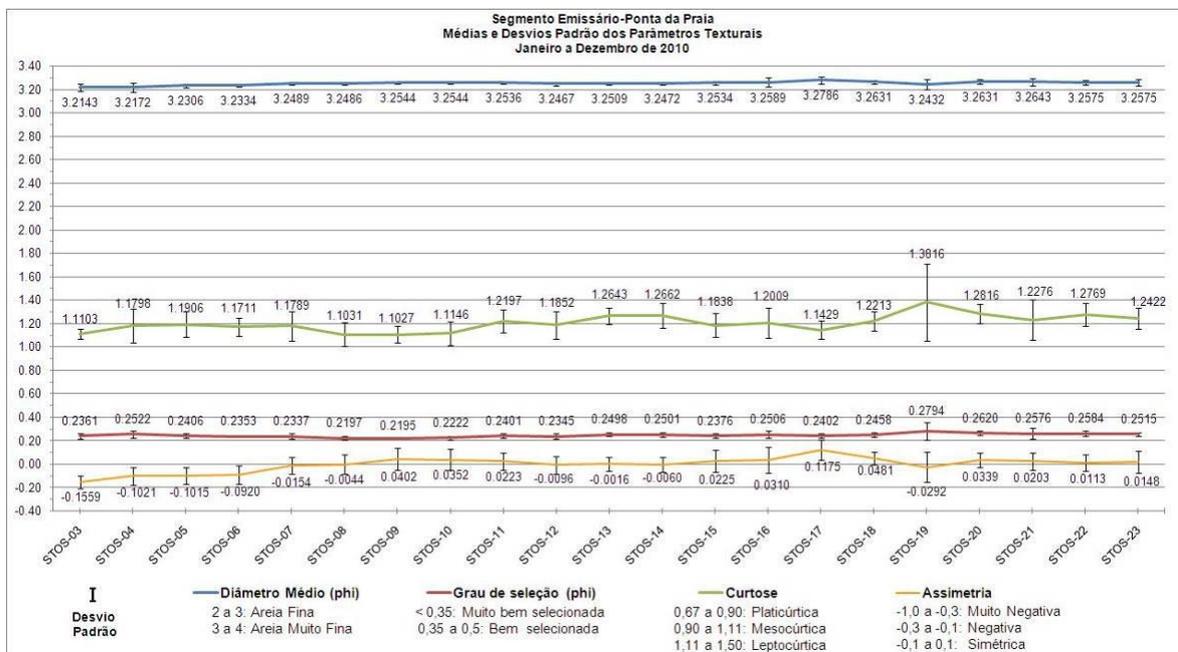


Figura 8.3.1.3-5. Médias e respectivos desvios-padrões dos valores dos parâmetros texturais dos sedimentos (estirâncio) do segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro-dezembro/2010.

Células de Deriva Litorânea

O transporte resultante obtido a partir das células de deriva litorânea (Figura 8.3.1.3-6) apresentou a seguinte distribuição:

- Para E: em janeiro, março, maio, julho, agosto, setembro e novembro de 2010;
- Para W: em fevereiro, junho, outubro e dezembro de 2010;
- Sem transporte resultante: em abril de 2010.

O perfil Stos-10 se comportou com zona de convergência de células 9 vezes (83%). O perfil Stos-23 foi zona de barlar de célula 50% das vezes e de sotamar nas demais, razão pela qual a erosão não foi maior. O perfil Stos-16, localizado entre os canais 4 e 5, e onde as larguras praias são bem menores do

que as dos seus vizinhos, se comportou como zona de divergência de células 83% das vezes. Já o perfil Stos-19 (entre os canais 5 e 6), que também exibe essa característica, se apresentou 58,3% (7 vezes) das vezes como zona de divergência de células. Valores pouco maiores foram obtidos para Stos-03, que se comportou na maioria das vezes (66,7%) como zona de barlamar de células.

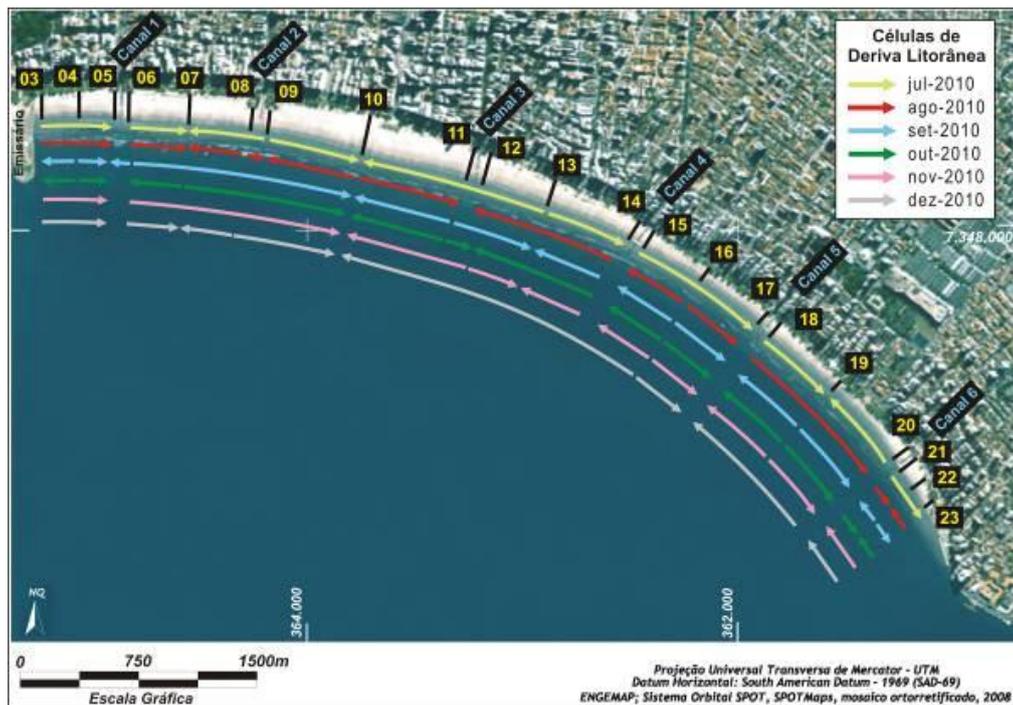
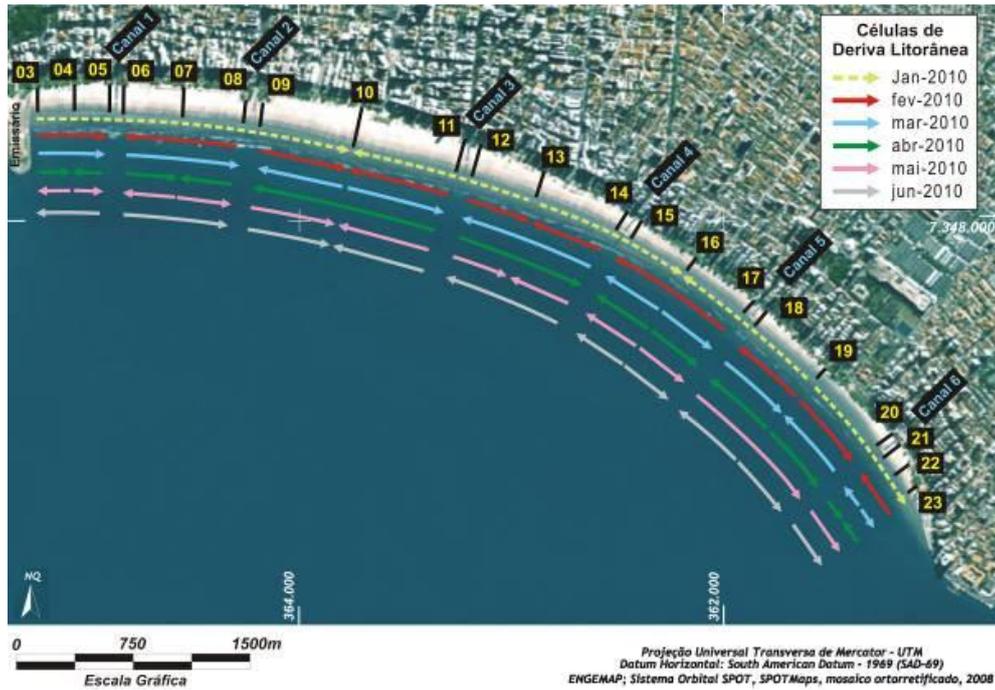


Figura 8.3.1.3-6. Variação do comportamento das células de deriva litorânea no segmento Emissário-Ponta da Praia, entre janeiro e dezembro de 2010.

Indicadores de Transporte Costeiro

Os indicadores de transporte costeiro longitudinal sugeriram os seguintes rumos preferenciais ou resultantes de transporte:

- Para W - em todos os meses de 2010.
- Para E – inversão praticamente permanente no Canal 4.

Em relação aos transportes transversais, os do tipo costa-adentro predominaram na maior parte do tempo e principalmente no trecho entre os canais 1 e 3 (perfis Stos-05 a Stos-12). No restante da praia os transportes costa-afora foram mais importantes o tempo todo. Nos meses de março, maio, junho e agosto estes foram mais importantes em todo o segmento praial.

Outra modalidade de transporte transversal do tipo costa-adentro observado nessa praia é o transporte eólico, cuja direção preferencial nesse segmento praial é de ESE para WNW. O vento remobiliza as areias na superfície da pós-praia, levando-as para os parquinhos, as calçadas e os jardins, e também para dentro dos canais de saneamento, onde as muretas localizadas na margem direita ou voltada para leste dos canais bloqueiam as areias, que se empilham ali e acabam solapando e escorregando pelas suas paredes internas. Portanto, esse processo contribui para o assoreamento dos canais e também para a diminuição dos estoques de areia da praia, sendo também mais uma importante causa da erosão na Ponta da Praia.

Risco à Erosão

De maneira geral o grau de risco à erosão não mudou na praia toda, que apresentou Risco Baixo à erosão.

O perfil Stos-23, que apresentava classificação de Risco Alto, teve sua erosão aumentada em função da atuação de ressacas sucessivas, passando a apresentar Risco Muito Alto.

A Figura 8.3.2.3-7 mostra a evolução do processo em 2010.

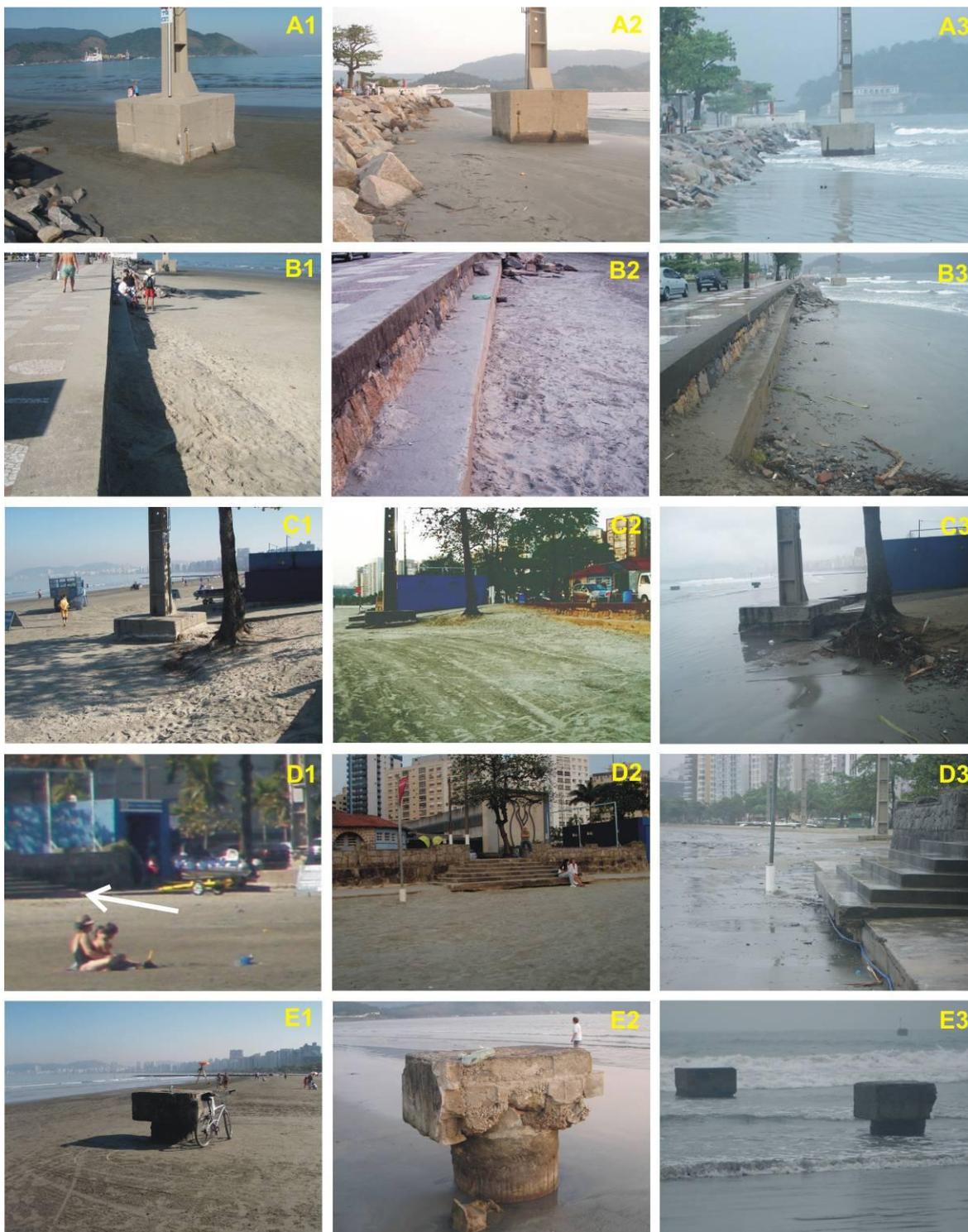


Figura 8.4.2.3-7. Evolução da erosão em Stos-23 e arredores em 2010. (A): Poste de iluminação próximo ao início do anteparo de pedras. (B): Local do perfil Stos-23. (C): Poste de iluminação e árvore próximos ao lado do perfil. (D): Área entre os perfis Stos-22 e Stos-23 (em frente à última bandeira da Cetesb). (E): Remanescente de estrutura hidráulica do Aquário. (1): fotos obtidas em 06/07/2010. (2): fotos obtidas em 13/09/2010. (3): fotos obtidas em 14/12/2010.

8.3.2. Atividades Desenvolvidas no 1º Semestre de 2011: Janeiro a Maio

Neste item são apresentados os principais resultados obtidos no período de janeiro a maio de 2011.

Esses resultados, organizados por segmento praias, incluem:

1. Síntese das condições meteorológicas-oceanográficas nas campanhas de janeiro a maio;
2. Caracterização morfométrica das praias no período de janeiro a maio;
3. Caracterização textural dos sedimentos do estirâncio coletados nos meses de janeiro a maio;
4. Caracterização das células de deriva litorânea correspondente aos monitoramentos praias de janeiro a maio;
5. Caracterização dos indicadores de transporte costeiro observados durante os monitoramentos de janeiro a maio;
6. Avaliação da erosão costeira referente ao monitoramento no período de janeiro a maio.

Este período foi caracterizado pela ocorrência de vários eventos com ondas de alta energia (ressacas) nos meses de março e principalmente maio, destacando-se o evento extremo anômalo da tarde do dia 03 de maio que foi caracterizado pela entrada de enormes ondas na Baía de Santos.

Campos *et al.* (2010), analisando eventos de sobrelevação do NM na região de Santos, para o período de 1951-1990, e também a ressaca de abril de 2005, concluíram que: as frentes frias associadas às ressacas se propagam pelo Sul do Brasil para nordeste e atingem o Paraná e São Paulo dois dias antes do evento de NM máximo, depois, passam pelo Rio de Janeiro no dia anterior ao evento e atingem o norte do Espírito Santo no dia de máxima elevação. Portanto, no instante em que ocorre o extremo de maré meteorológica a frente já passou por Santos entre um e dois dias.

O evento de 03 de maio de 2011 parece ter se comportado de maneira semelhante. De acordo com a síntese apresentada no sítio do CPTEC/INPE: uma frente fria atuou na região entre Montevideu e o Espírito Santo (Vitória) entre os

dias 01 e 04 de maio, provocando chuvas fortes, descargas elétricas, agitação marítima e ventos fortes; ao se deslocar para o norte provocou nebulosidade e chuvas no SE brasileiro. O evento esteve associado à formação de um vórtice ciclônico (áreas de alta pressão no continente e baixa pressão no mar) e uma ciclogênese. Segundo dados da modelagem do Programa de Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos, as condições frontais teriam ocorrido nos dias 02 e 03 (embora neste dia o tempo já estivesse ensolarado), os ventos teriam chegado a 22,4 nós no dia 02 e a 17 nós no dia 03, quando a altura máxima de ondas no local de descarte terá sido de 3,4 m e a altura significativa de 1,8 m. A Figura 8.3.2-1 mostra a Carta Sinótica elaborada para o dia 03/05/2011.

Mas não se pode esquecer que tudo isso ocorreu em simultaneidade com um pico de preamar de sizígia muito elevada, de 1,6 m por volta das 15:21h do dia 03 (Tábua de Maré previsional da DHN), horário em que as ondas começaram a ser observadas.

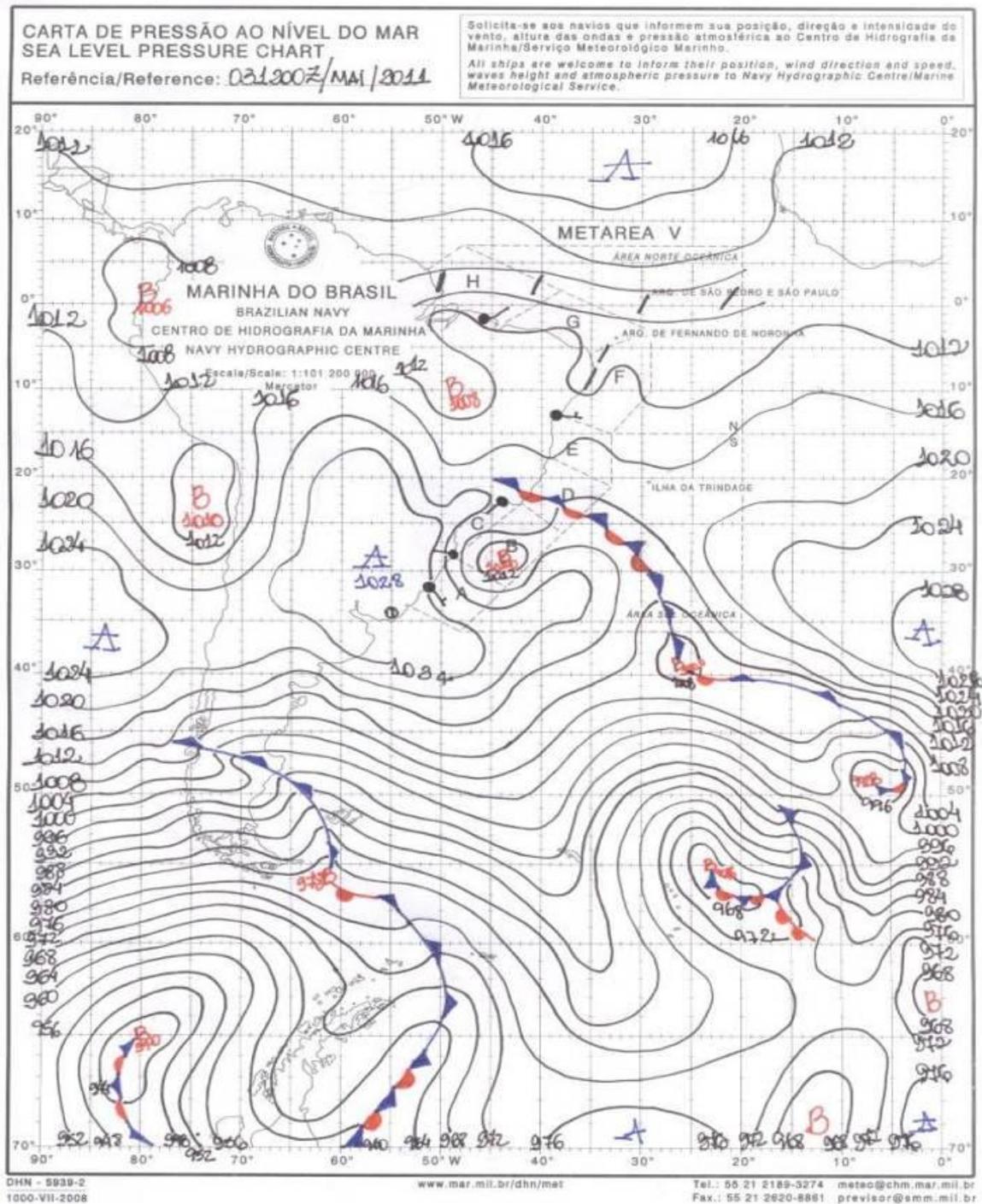


Figura 8.3.2-1. Carta sinótica do dia 03/05 mostrando os centros de alta e baixa pressão (ciclone extratropical) agindo muito próximos à costa de São Paulo/Rio de Janeiro, e a frente fria se deslocando para o norte do Espírito Santo. (fonte: DHN, gentilmente cedida para o Instituto Geológico).

Estas condições geraram ondas de até 4 m de altura se quebrando na região entre a Ponta da Praia e a boca da Enseada do Góes, além de forte inundação costeira (Figura 8.3.2-2). Aceleraram a erosão na Ponta da Praia, destruíram a terminação do píer e reativaram os processos de empilhamento sedimentar e rotação praial na Praia do Góes, bem como de empilhamento sedimentar e assoreamento dos canais de Santos, principalmente no setor centro-oeste (canais 1 a 3) (Figura 8.3.2-3).



Figura 8.3.2-2. Evento extremo de 03/mayo/2011: ondas anômalas atingindo a Ponta da Praia e a Enseada do Góes (fotos de ampla divulgação em vários sítios da internet).



Figura 8.3.2-3. Consequências da ressaca de 03/05/2011 (fotos obtidas no dia 04/05). Acima, na Praia do Góes: (a) terminação do píer bastante erodida, e (b) forte empilhamento sedimentar, com as areias recobrendo toda a ponte de acesso ao píer. Abaixo em Santos: (c) Ponta da Praia, em frente ao perfil Stos-23 (alinhamento com a marca amarela “19” na parte superior da foto), nas obras de recuperação do muro e da calçada, que solaparam com a ressaca; (d) assoreamento intenso no Canal 1.

Magini *et al.* (2007), analisando os efeitos da forte ressaca de abril de 2005, concluíram que o volume total de sedimentos acumulados no interior dos seis canais de Santos foi de 6.819 m³, sendo a zona de maior sedimentação o trecho entre os canais 1, 2 e 3. De acordo com esses autores a maior deposição nessa área está associada à interação entre a corrente residual de fundo de sentido W (partindo do Canal do Porto) e uma célula ou vórtice de correntes de maré com sentido inverso (E e S) que ocorre no setor oeste da Baía de Santos próxima ao espigão do Emissário (Harari *et al.*, 2002), que criam uma área de pouca energia em frente aos canais 2 e 3. Souza (1997) obteve resultados semelhantes ao estabelecer a circulação de células de deriva litorânea nas praias de Santos, observando um transporte longitudinal resultante para W, com inversões para E localizadas na altura do Canal 4.

No final de maio (25-31) outra frente fria associada a um ciclone extratropical intenso causou ressacas no litoral de São Paulo e do Rio de Janeiro. As praias da Baía de Guanabara também foram castigadas por ondas anômalas que atingiram até mesmo praias mais interiorizadas (Figura 8.3.2-4).



Figura 8.3.2-4. Forte ressaca na Praia das Flexas, em Icaraí, Niterói-RJ ocorrida no final de maio/2011 (foto cedida por Gleide Lacerda).

Levando em consideração os mesmos critérios utilizados em 2010 para identificar eventos com possibilidade de ocorrência de marés meteorológicas positivas na área de estudo, obteve-se os resultados exibidos na Tabela 8.3.2-1, para o período entre janeiro e maio de 2011.

Durante o mês de maio, 8 dias tiveram ondas com alturas significativas superiores a 2,0 m associadas a alturas máximas de 4,8 m, que podem ser consideradas como ondas de alta energia. Cerca de 50% delas foram provenientes de S, 25% de SSW e 25% de SSE. Em março, foram 5 dias com ondas com alturas significativas superiores a 2,0 m (alturas máximas de 3,4 m), sendo 60% delas provenientes de S, 20% de ESE e 20% de SE. Nos outros meses não ocorreram ondas com alturas significativas superiores a 2,0 m. Portanto, entre janeiro e maio de 2011, foram 13 dias de ondas com alturas significativas superiores a 2,0, perfazendo 8,6% do período.

Tabela 8.3.2-1. Prováveis eventos (condições frontais ou não) com marés meteorológicas positivas, a partir da reinterpretação de dados do Programa de Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos, de dados de campo, de registros do CPTEC/INPE e de notícias veiculadas na mídia.

Mês	Dias	Vento max. (nós)	Hmax (até m)	Hs (até m)	Mês	Dias	Vento max. (nós)	Hmax (até m)	Hs (até m)
Jan/11	11	21,0	2,1	0,9	Fev/11	14-16 24-25	19,1 21,5	2,3 2,6	1,3 1,3
Mar/11	01-03	20,0	2,9	1,9	Mai/10	02-03 07-11 15-18 28-31	22,4 20,9 19,2 16,9	3,4 3,1 2,8 4,8	1,8 2,7 2,1 3,6
	10-11	21,9	2,8	2,2					
	14-16	18,2	3,0	2,2					
	19-22	23,7	3,4	2,1					
	29-31	12,8	2,6	2,8					

8.3.2.1. Praia do Góes

Condições Meteorológicas e Oceanográficas entre janeiro e maio de 2011

A Tabela 8.3.2.1-1 relaciona os dados de ondas da entrada da Baía de Santos com os dados obtidos na praia, durante os dias de monitoramento.

As condições meteorológicas reinantes durante as perfilagens praias foram normais, isto é, de tempo bom, ensolarado e parcialmente nublado.

As entradas de ondas foram diversas, em relação à direção de propagação e alturas significativas: em janeiro, E e 1,0m; em fevereiro, SSW, 0,8m; em março ESE e 1,8m; em abril, S e 0,8m; e em maio SSE e 1,3m.

Tabela 8.3.2.1-1. Relação entre os dados de onda modelados na área de descarte (PBA-07) e os dados de onda obtidos na praia, ambos durante os dias de monitoramento. (CN = Condições de tempo bom).

Dados do PBA-07			Dados do presente Programa		
Direção de propagação	Data	Hs (m)	Direção de propagação	Altura máxima (m)	Período (seg)
E	25/jan(CN)	1	3°NE a 25°NE	0,1 a 0,3	2,7 a 5,7
ESSE	13/mar (CN)	1,8	15° NW	0,05 a 0,4	5,2 a 6,4
SSE	22/mai (CN)	1,3	25° NW a 17° NE	0,1 a 0,3	4,6 a 6,0
SSE	13/abr (CN)	0,8	5° NW a 45° NE	0,1 a 0,15	4,8 a 10,2
SSW	23/fev (CN)	0,8	30° NW a 43° NE	0,2 a 0,4	7,8 a 8,5

Na campanha de janeiro (dia 25), a situação meteorológico-oceanográfica foi de condição normal com tempo ensolarado e com muito calor. A altura máxima das ondas variou de 0,1 a 0,3m, o período de 2,7 a 5,7s, os rumos de 03° - 25° NE e o nº de quebras igual a 1. Os ventos variaram de aragem a brisa suave, com orientações 57° NW a N. Na semana antecedente, ocorreram condições meteorológicas normais (dias 05, 08 e 09), seguida de frontais (dias 06, 07, 10 e 11), as ondulações significativas foram de 0,6 a 2,1m com rumos preferenciais SSW, S e E.

Em fevereiro, a condição meteorológica foi de tempo bom, ensolarado a parcialmente nublado. O regime de ondas apresentou alturas entre 0,2 e 0,4m, com períodos variando entre 7,8 a 8,5s, direção de propagação entre 05° - 43° NE e 30° NW, e o nº de quebras foi igual a 1. A intensidade dos ventos oscilou entre aragem e brisa suave, com direções provenientes de 82° SE, 55° NE e 55° SE. Na semana antecedente, houve uma alternância de condição frontal (dias 16, 17 e 22) e normal (dias 18 a 21), com altura significativa de ondas entre 0,6 e 1,3m e direções de propagação SSW, E, SE e ESE.

Na perfilagem de março (dia 13), a condição atmosférica foi normal com tempo ensolarado. As ondas não ultrapassaram 0,4m, o período variou de 5,2 a 6,4s, e nº de quebras não saiu de 1. O contexto de ventos variou de calmaria a aragem e sem direções definidas. Na semana antecedente, as condições atmosféricas variaram entre frontal (dias 06, 07, 10 e 11) e normal (dias 08, 09 e 12), as ondas apresentaram alturas significativas de até 2,2m com orientações preferenciais SE e ESE.

Na campanha de abril (dia 13) a condição meteorológica foi normal com tempo ensolarado a nublado. As ondas apresentaram alturas máximas variando de 0,1 a 0,15m, períodos de 4,8 a 10,2s, nº de quebras igual a 1 e rumos de propagação variando entre 07° - 45° NE e 05° NW. Os ventos, praticamente ausentes, variaram de calmarias a aragens, com orientação 23° NE. Na semana antecedente, as condições atmosféricas variaram de normais (dias 06 a 08 e 11) a frontais (dias 09, 10 e 12), com altura significativa das ondas oscilando entre 0,9 e 1,3m, com rumos preferenciais de SSW, S e SE.

Em maio (dia 22), durante a perfilagem praial predominou a condição meteorológica normal de tempo ensolarado. As ondas apresentaram alturas máximas de 0,1 a 0,3m, períodos de 4,6 a 6,0s, nº de quebras igual a 1, com rumo de propagação das ondas entre 15º-17º NE e 25º NW. Os ventos variaram de aragem a brisa suave, apresentando orientações, de 80º NW e 30º NE. Na semana antecedente, o contexto meteorológico foi condição frontal (dias 15 a 17 e 19) e normal (dias 18, 20 e 21), com altura significativa das ondas oscilando entre 1,0 e 2,1m, com rumos de SSE e S.

Caracterização Morfométrica da praia entre Janeiro e Maio de 2011

Os gráficos apresentados na Figura 8.3.2.1-1 mostram representações das variações espaciais da largura ao longo do tempo e como cada perfil variou nesse período, cada qual destacando aspectos diferentes do comportamento deste segmento praial. O gráfico com ênfase na variação espacial ressalta a morfologia da praia em planta, permitindo visualizar anomalias morfológicas ao longo da praia (como tómbolos e embaíamentos) e a variabilidade ou não da praia ao longo do tempo (curvas sintônicas ou assintóticas). O gráfico com ênfase na variação temporal, por sua vez, detalha a variação individual de cada perfil no tempo, também permitindo a identificação de anomalias em determinado tempo.

Neste período amostral a Praia do Góes apresentou curvas de variação espacial sintônicas entre si, ou seja, com mesma forma variando muito pouco entre os meses.

A extremidade oeste da praia (perfil Góes-01) continua sendo a mais larga da praia (largura máxima em maio, com quase 52 m). Góes-02 continua exibindo brusca redução de largura quando comparado aos seus vizinhos, em decorrência do embaíamento já observado em 2010, mas agora já se destacando em todo o período por ser o trecho mais estreito da praia (desde outubro de 2010). A extremidade leste da praia (perfis Góes-05 e Góes-04), por sua vez, passou a exibir largura próxima ao setor central (perfil Góes-03) em janeiro. Nos meses seguintes Góes-05 mantém larguras semelhantes às de Góes-03, mas ocorre redução de largura em Góes-04. Esta redução em Góes-04 pode estar associada

à morfologia em cuspide observada nesses meses, formando pequenos embaixamentos locais. Não obstante, devido à intensa acumulação de sedimentos na área do píer, este acabou por se consolidar à praia e agora atua como um anteparo que contribui para a progradação da linha de costa em Góes-05.

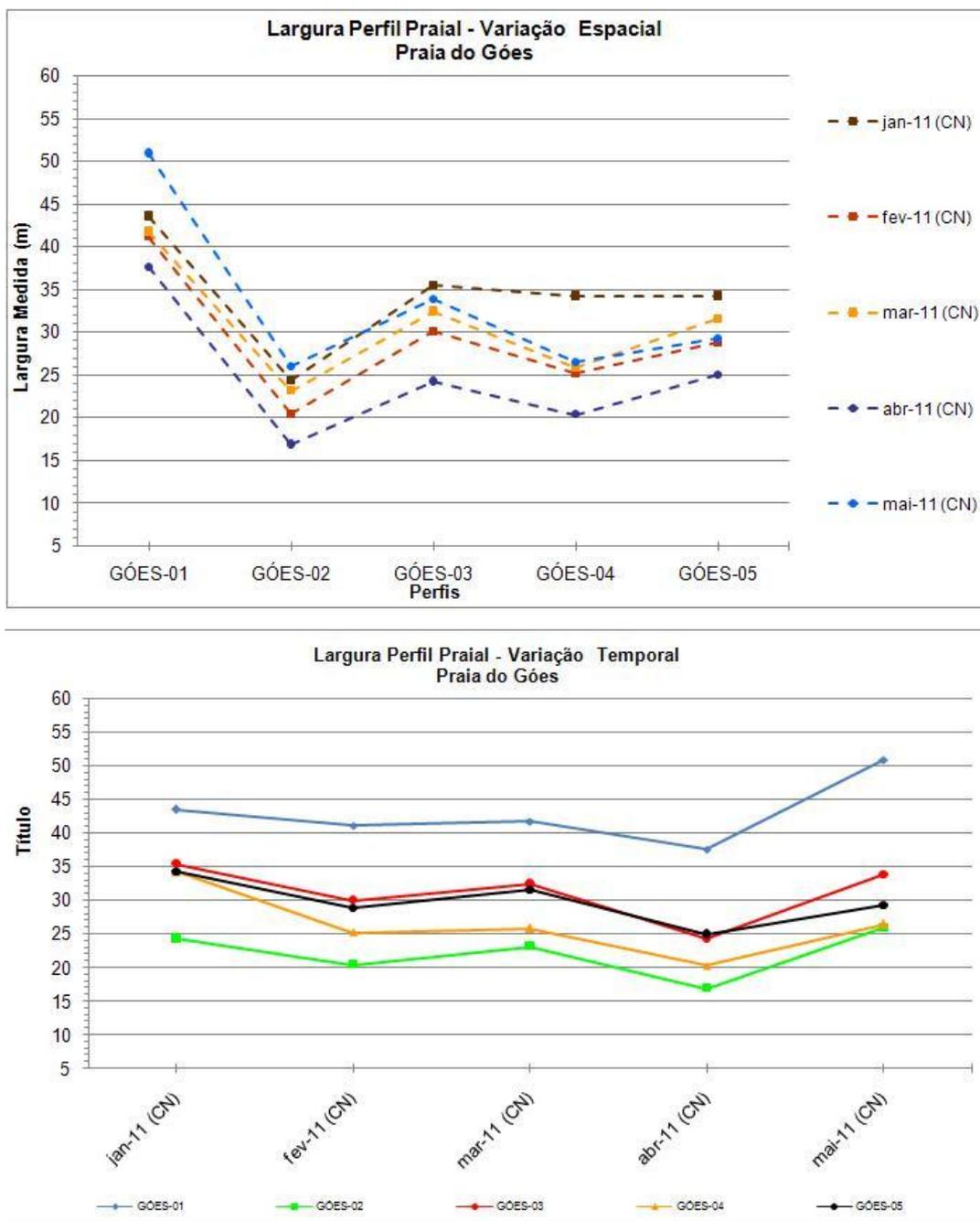


Figura 8.3.2.1-1. Variação espacial (acima) e temporal (abaixo) da largura da Praia do Góes no período de janeiro a maio de 2011.

Os valores de declividade média do estirâncio e da pós-praia (Figura 8.3.2.1-2) apresentam boa relação com as larguras, de forma que em geral e como esperado para o estirâncio: o perfil Góes-05 apresentou as maiores declividades mensais, enquanto o perfil Góes-01 as menores, ambas variando apenas no mês de abril, quando atingiram o mesmo valor; na sequência decrescente se seguiram Góes-04 e Góes-03/Góes-02 (ambos sempre próximos e com as menores variações temporais). As declividades da pós-praia, além de refletirem possíveis intervenções antrópicas, também podem ser relacionadas às variações morfodinâmicas do perfil, incluindo a presença de berma, de morfologia cuspidata (presença de cúspides praias) e de embaímentos. A maior variação de declividade na pós-praia foi observada em Góes-01, o que pode ser devido à presença e migração vertical da berma praias (bem desenvolvida e bastante variável nesse trecho da praia) em função da atuação de ressacas e da migração lateral do córrego presente na extremidade oeste da praia (Figura 8.3.2.1-3). Góes-02 foi o perfil mais estável também para as declividades da pós-praia, o que provavelmente se deve à presença e estabilidade do embaímento (já apresentado em outros relatórios). Os altos ângulos na pós-praia e as variações inversas de declividade dessa zona e do estirâncio em Góes-04, parecem ser reflexo da morfologia de cúspides praias (presença e migrações lateral e vertical), comuns e melhor desenvolvidas nesse trecho da praia (Figura 8.3.2.1-4). A aparente falta de correlação entre as declividades do estirâncio e da pós-praia em Góes-05 está relacionada ao desajuste morfológico provocado pelo intenso empilhamento sedimentar do último ano em associação com diversas construções sobre a praia (casas, muros e o píer) e remoções constantes de areia (Figura 8.3.2.1-5).

Em maio as declividades dos perfis tiveram seus valores reduzidos e com baixas variabilidades entre si, o que deve ser consequência da sucessão de eventos de alta energia de ondas que ocorreram desde o início desse mês.

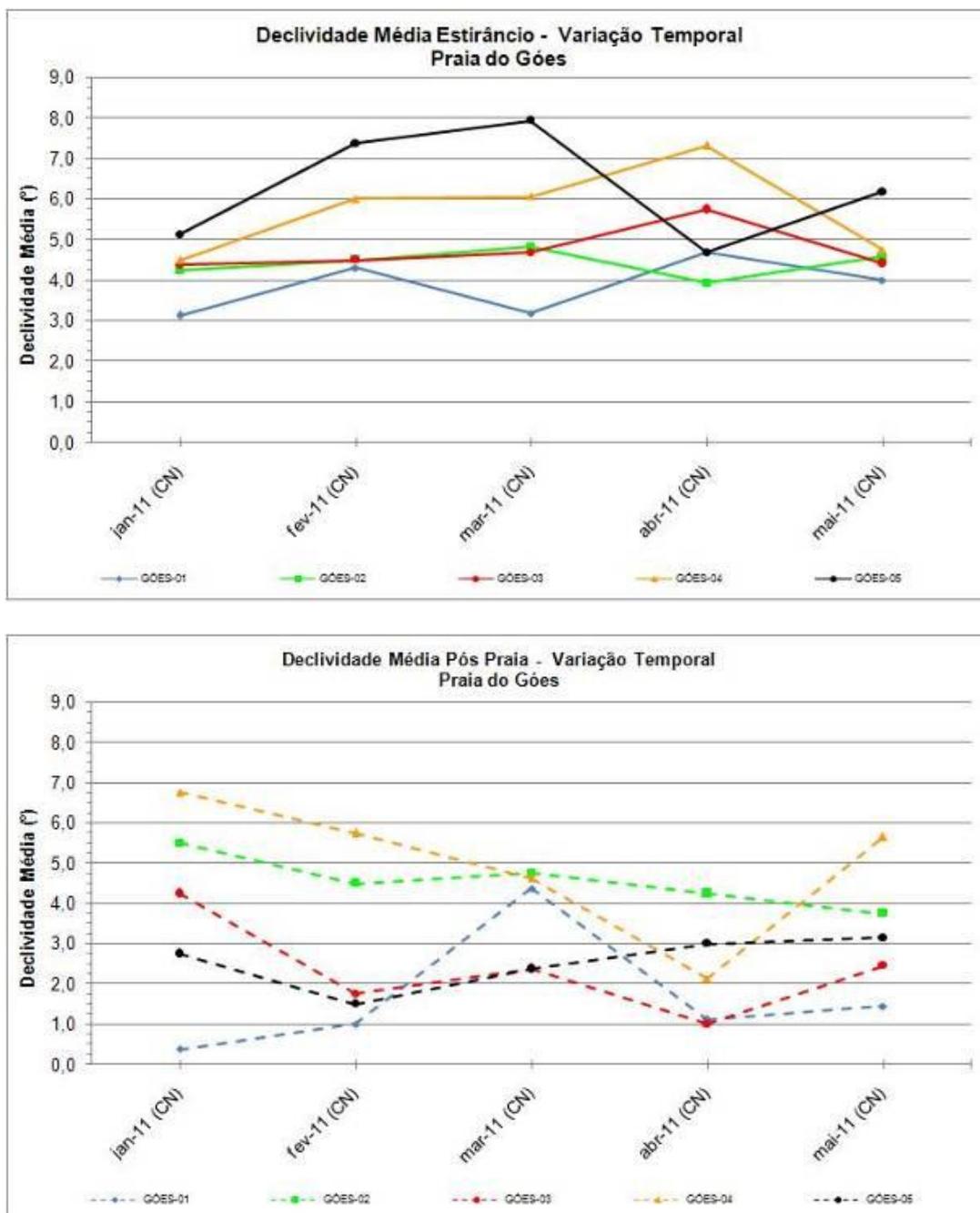


Figura 8.3.2.1-2. Variação temporal da declividade média total e da declividade média na pós-praia na Praia do Góes, no período de janeiro a maio de 2011.



Figura 8.3.2.1-3. Perfil Góes-01: variação da morfologia da berma praial associada à atuação de ressacas e da migração lateral do córrego localizado na extremidade oeste da praia, respectivamente em março e abril de 2011.



Figura 8.3.2.1-4. Morfologia de cúspides praias em Góes-04 (foto de 10/abril/2011).



Figura 8.3.2.1-5. Perfil Góes-05 (foto de 12/janeiro/2011), caracterizado pelo desajuste morfológico do estirâncio e da pós-praia devido ao empilhamento sedimentar intenso e contínuo do último ano em função das construções sobre a praia.

Caracterização Textural dos Sedimentos do Estirâncio entre Janeiro e Maio de 2011

No período amostral os sedimentos da Praia do Góes exibiram certa heterogeneidade (Figura 8.3.2.1-6), destacando-se o perfil Góes-05, que passou de areia muito fina moderadamente selecionada em janeiro, para areia média pobremente selecionada em fevereiro, areia média bem selecionada em março e abril, e areia fina moderadamente selecionada em maio. Os demais perfis se mantiveram com classes muito próximas de areias finas (exceto Góes-03 com areia muito fina em abril) moderada a pobremente selecionadas entre janeiro e abril. Entretanto, essa homogeneidade foi interrompida em maio, quando se observa alterações significativas nas classes granulométricas e piora relativa no grau de seleção: Góes-02 passou para areia média moderadamente selecionada, Góes-03 passou a areia muito fina muito bem selecionada, embora Góes-01 e Góes-04 tenham se mantido com areias finas moderadamente selecionadas, Góes-04 ficou relativamente mais fino porém pior selecionado que Góes-01.

Esta relativa variação textural observada em maio está associada ao evento extremo de entrada de grandes ondas na Baía de Santos, no dia 03 de maio (como apresentado anteriormente - Figura 8.3.2.1-1). Estas ondas erodiram e revolveram o fundo da Enseada do Góes, remobilizando e transportando para a praia sedimentos mais grossos e mais imaturos, que se juntaram às areias mais finas que estavam na praia.

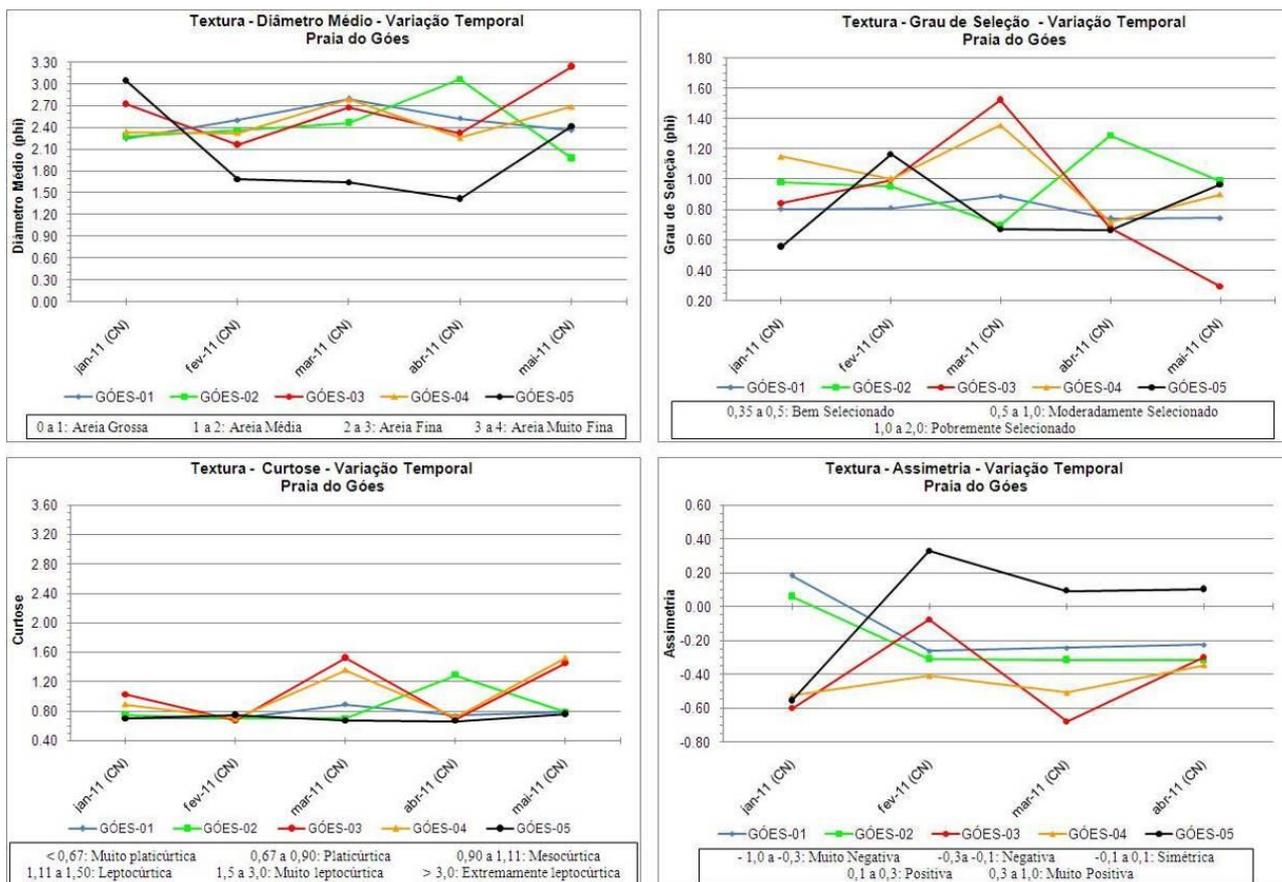


Figura 8.3.2.1-6. Variação temporal dos parâmetros estatísticos texturais dos sedimentos do estirâncio da Praia do Góes, no período de janeiro a maio de 2011.

Caracterização das Células de Deriva Litorânea entre Janeiro e Maio de 2011

A Figura 8.3.1.1-7 apresenta o comportamento variável das células de deriva litorânea nessa praia ao longo de 2011.

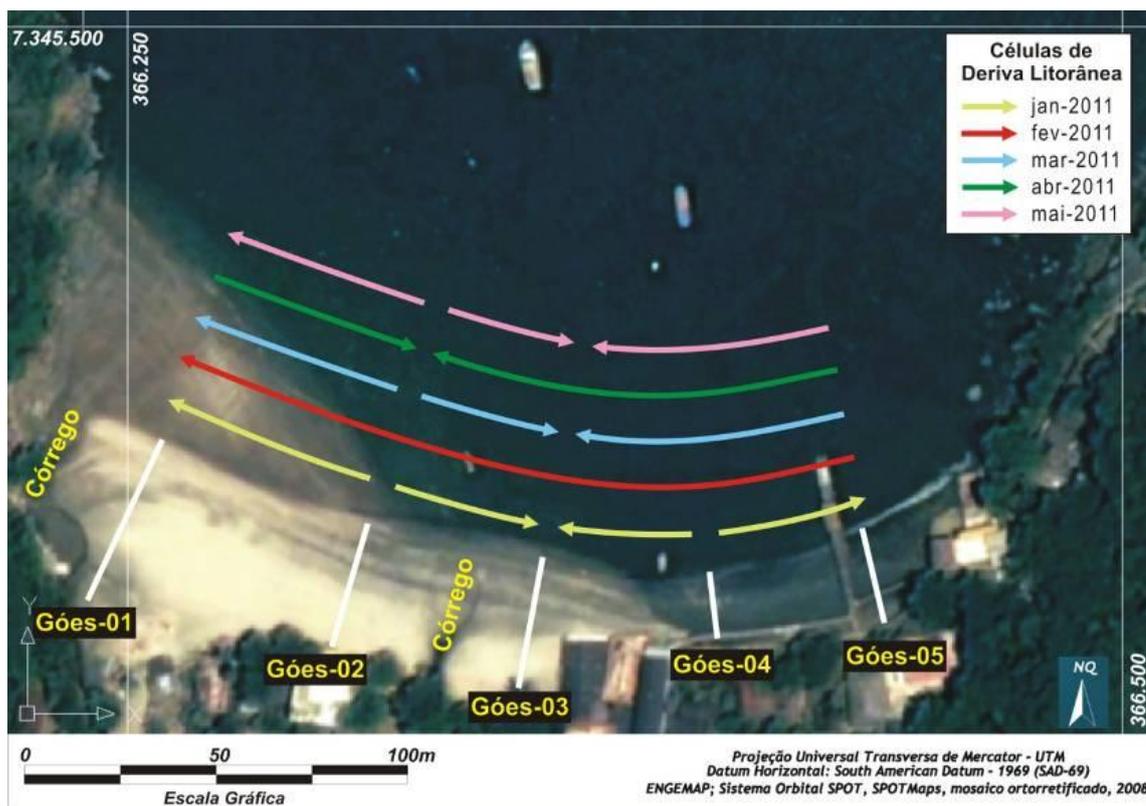


Figura 8.3.2.1-7. Representação espacial de células de deriva litorânea na Praia do Góes para o período de janeiro a maio de 2011.

Em janeiro, foram mapeadas quatro células de deriva formando dois centros de divergência (zonas de erosão) em Góes-02 e Góes-04, e um centro de convergência (zona de deposição), em Góes-03. Nessa época, praticamente não houve um sentido resultante de transporte longitudinal.

Durante fevereiro, houve a formação de uma extensa célula com sentido resultante para W.

Em março, foram interpretadas três células estruturadas em uma zona de divergência, em Góes-02, e uma zona de convergência, em Góes-03. O transporte longitudinal resultante foi também para W.

Em abril, as correntes de deriva formaram duas células com sentidos contrários e uma zona de convergência (deposicional), em Góes-02. Esse padrão resultou no predomínio de um transporte longitudinal com sentido W.

Já em maio, uma nova circulação costeira é formada por três células gerando uma zona de divergência, em Góes-02, e uma zona de convergência, em Góes-03. O resultado dessa interação foi um transporte predominante para W.

Os diversos comportamentos das células, ao longo desses cinco meses, demonstram a tendência deposicional do perfil Góes-01 (setor oeste) e erosiva do Góes-05 (setor leste). No perfil Góes-02 continuam predominando as zonas erosivas atestadas pelo forte embaçamento existente naquele local. Em Góes-04, predominou o transporte longitudinal, nitidamente para W.

Em síntese, foram observadas os transportes resultantes:

- Para W – em fevereiro, março, abril e maio de 2011;
- Ausência de sentido resultante - janeiro.

Caracterização de Indicadores Morfológicos de Transporte Costeiro entre Janeiro e Maio de 2011

O principal indicador foi incidência de ondas oblíqua à linha de costa, ocorrendo em praticamente todos os perfis, nas cinco campanhas e com predomínio do sentido W.

Os indicadores de migração lateral de canal de drenagem e a migração de barra de desembocadura de canal, também indicaram a tendência do sentido de transporte para W.

Os indicadores de transporte transversal mais importante foram o empilhamento sedimentar na pós-praia, o empilhamento sedimentar no estirâncio e o assoreamento de canal de drenagem, também ocorrendo quase todos os perfis e córregos, nas cinco campanhas, demonstrando a tendência de empilhamento sedimentar nesta praia.

Em janeiro, predominou o transporte costeiro longitudinal para W e o transversal costa-adentro. Em fevereiro, essa deriva longitudinal continua, com duas inversões para E (Góes-02 e Góes-05). Nesse mesmo período, o transporte costa-adentro esteve presente em toda a praia.

Em março, no setor oeste da praia, foram observadas três zonas de divergência de correntes enquanto no setor oeste predominou o sentido de transporte longitudinal para E. Os transportes transversais também estiveram presentes em toda a praia.

Em abril, apesar das zonas de divergência e convergência instaladas, o transporte longitudinal resultante foi W. Já em relação ao transporte transversal o comportamento da praia foi semelhante ao mês anterior.

Em maio, o sentido W foi evidenciado pelos indicadores morfológicos apenas nos setores central e leste da praia. No setor leste, o sentido do transporte foi para E (Góes-01 e Góes-02).

Vale ainda ressaltar, a contínua ocorrência de zona de divergência no perfil Góes-02 e o predomínio do transporte para W no perfil Góes-01. No perfil Góes-05, as inversões nos sentidos do transporte longitudinal são mais freqüentes.

Os principais rumos de transportes obtidos a partir dos indicadores de transporte costeiro nesta praia são apresentados na Figura 8.3.2.1-8.

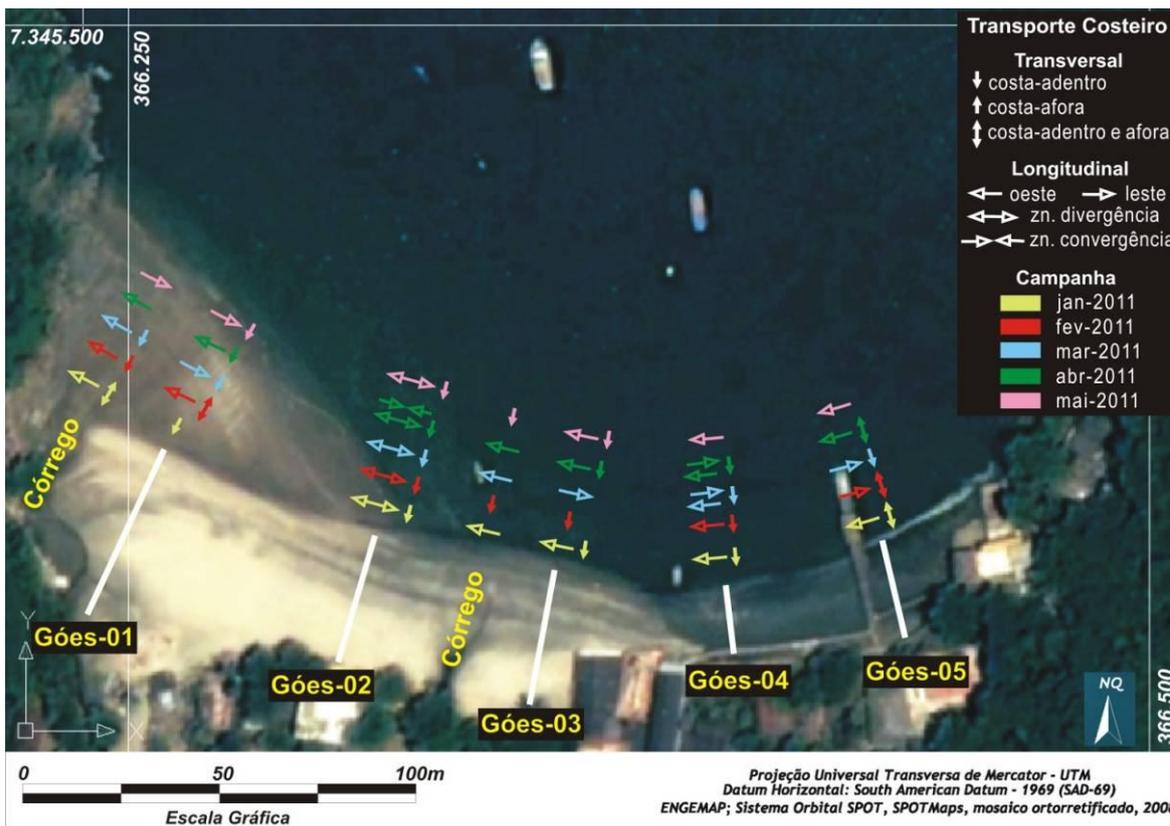


Figura 8.3.2.1-8. Representação espacial dos principais direções e sentidos do transporte costeiro observado no campo a partir de indicadores morfológicos.

Caracterização da Erosão Costeira entre Janeiro e Maio de 2011

Nesse período não houve mudanças significativas em relação ao final de 2010, permanecendo a praia com classificação de Risco Baixo.

Apenas no extremo leste da Enseada e nos costões rochosos da Ponta dos Limões tem sido constatado aumento progressivo da erosão devido ao embate das ondas durante as ressacas e pela erosão pluvial (Figura 8.3.2.1-9).



Figura 8.3.2.1-9. Erosão intensa na vertente da Ponta dos Limões, a leste da Praia do Góes: à esquerda, trilha que liga essa praia à da Pouca Farinha seriamente comprometida e casa em risco de desabamento; à direita, erosão intensa nas paredes do antigo Fortim (sítio histórico). Notar a grande acumulação de areia e conchas na estrutura em pedra sobre a praia, resultado da ressaca de 03/maio. (fotos de 22/05/2011).

8.3.2.2. Segmento Itararé-Emissário

Condições Meteorológicas e Oceanográficas entre Janeiro e Maio de 2011

A Tabela 8.3.2.2-1 mostra uma relação entre as condições oceanográficas, meteorológicas e os dados das perfilagens praias realizadas no período.

Tabela 8.3.2.2-1. Relação entre os dados de onda modelados na área de descarte (Programa de Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos) e os dados de onda obtidos na praia, ambos durante os dias de monitoramento. (CN= condições de tempo bom).

Dados do PBA-07			Dados do presente Programa		
Direção de propagação	Data	Hs (m)	Direção de propagação	Altura máxima (m)	Período (seg)
E	24/jan (CN)	0,8	65°-10° SE e 17°-5° SW	0,2 a 0,4	8,1 a 10,8
ESSE	10/mar (CN)	1,8	60°-15° SE e 25°-10° SW	0,3 a 0,6	9,5 a 11,1
SE	22/fev (CN)	0,6	70°-10° SE e 28°-3° SW	0,2 a 0,4	10,1 a 12,5
SSE	21/mai (CN)	1,5	57°-7° SE e 30°-5° SW	0,5 a 0,7	9,0 a 12,0
SSW	10/abr (CN)	0,9	70°-3° SE e 40° SW	0,3 a 1,0	9,4 a 13,2

As direções de propagação e as alturas significativas que adentraram à Baía de Santos variaram da seguinte forma: em janeiro, E e 0,8m; em fevereiro, SE e 0,6m; em março, ESE, 1,8m; em abril, SSW e 0,9m; e em maio, SSE e 1,5m.

Em janeiro (dia 24), as condições meteorológico-oceanográficas foram normais e o tempo atmosférico ensolarado a parcialmente nublado. Na área de descarte, as ondas vinham de E com altura significativa de 0,8m. Na praia as ondas não ultrapassaram 0,4m de altura, o período variou de 8,1 a 10,8s, a orientação do trem de ondas foi de 10°-65° SE e 05°-17° SW e nº de quebras variou de 2 a 5. Predominaram aragem a brisa suave provenientes e direcionadas de 47° SE a S e 80° NE. Na semana antecedente, o tempo manifestou-se em condições frontais (dias 17, 18, 20 e 21) e normais (dias 19, 22 e 23), apresentando ondulações com altura significativa de 0,5 a 1,0m e direções de propagação E, ESE, e SSE.

Na 14ª campanha (dia 22 de fevereiro), as condições meteorológicas também foram normais e com tempo ensolarado e chuva rápida à tarde. As ondas apresentaram alturas variando de 0,2 a 0,4m, com períodos de 10,1 a 12,5s,

orientações de 10^o-70^o SE a 03^o-28^o SW e n^o de quebras de 2 a 6. Os ventos variaram de aragem a brisa suave com orientações preferenciais, 15^o-70^o SE. Na semana antecedente, o tempo iniciou numa condição frontal (dias 15, 16 e 17) e passando à condição frontal (dias 18 a 21). As alturas significativas das ondas foram de 0,8 a 1,3m com rumos SSW, E, SE e ESE.

Em março (dia 10), a condição meteorológica era normal com tempo parcialmente nublado. As ondas apresentaram alturas variando de 0,3 a 0,6m, período de 9,5 a 11,1s, orientação de 15^o-60^o SE e 10^o-25^o SW e de 3 a 7 quebras. O regime de ventos foi de brisa leve a vento com orientações variando de 50^o-87^o SE e 80^o NE. Nos dias anteriores, o tempo foi instável variando de condição frontal (dias 3 a 7) a normal (dias 8 e 9), as ondas apresentaram alturas significativas entre 1,0 e 1,5m com rumos SSW, E, SE e ESE.

Em abril (dia 10), as condições meteorológicas foram normais, com o tempo ensolarado a nublado com chuva forte à tarde. O regime de ondas foi caracterizado com alturas de 0,3 a 1,0m, períodos de 9,4 a 13,2s, rumos de 03^o-70^o SE e 40^o SW, e n^o de quebras de 3 a 5. O regime de ventos variou de calma a vento forte provenientes de 40^o SW a S e 63^o NE. Na semana antecedente, as condições variaram de frontal (dias 3 a 5 e 9) e normal (6 a 8), com altura significativa das ondas oscilando entre 0,9 e 1,2m, com rumos de SSW, S, SE e SSE.

Na perfilagem praial de maio (dia 21), o tempo foi de condição normal, com muito sol. As ondas variaram de 0,5 a 0,7m de altura máxima, com períodos de 9,0 a 12,0s, orientações 07^o-57^o SE e 05^o-30^o SW e n^o de quebras de 3 a 7. O regime de ventos variou de aragem a vento fresco orientados de 15^o-60^o SE. Na semana antecedente, o tempo se alternou entre condição frontal (dias 14 a 17 e 19) e normal (18 e 20), com a altura significativa das ondas atingindo 2,1m, com rumos de SSE e S.

Caracterização Morfométrica da Praia entre Janeiro e Maio de 2011

Em continuidade ao observado em 2010, também nos primeiros meses de 2011 as curvas de variação espacial de largura deste segmento praial se mostram

sintônicas (Figura 8.3.2.2-1), com alguma variabilidade restrita ao trecho oeste da Praia do Itararé (Itar-01 e Itar-02). No restante do segmento praial as larguras seguem os padrões já vistos anteriormente, com Itar-05 apresentando sempre as menores larguras devido a um embaçamento associado à presença das ilhas da Feiticeira e de Urubuqueçaba, e Stos-01 com larguras muito maiores, em decorrência do tómbolo atrás da Ilha de Urubuqueçaba (Figura 8.3.2.2-2). Stos-02 é o segundo trecho mais largo desse segmento praial, em resposta à presença do espigão do emissário submarino de Santos-São Vicente.

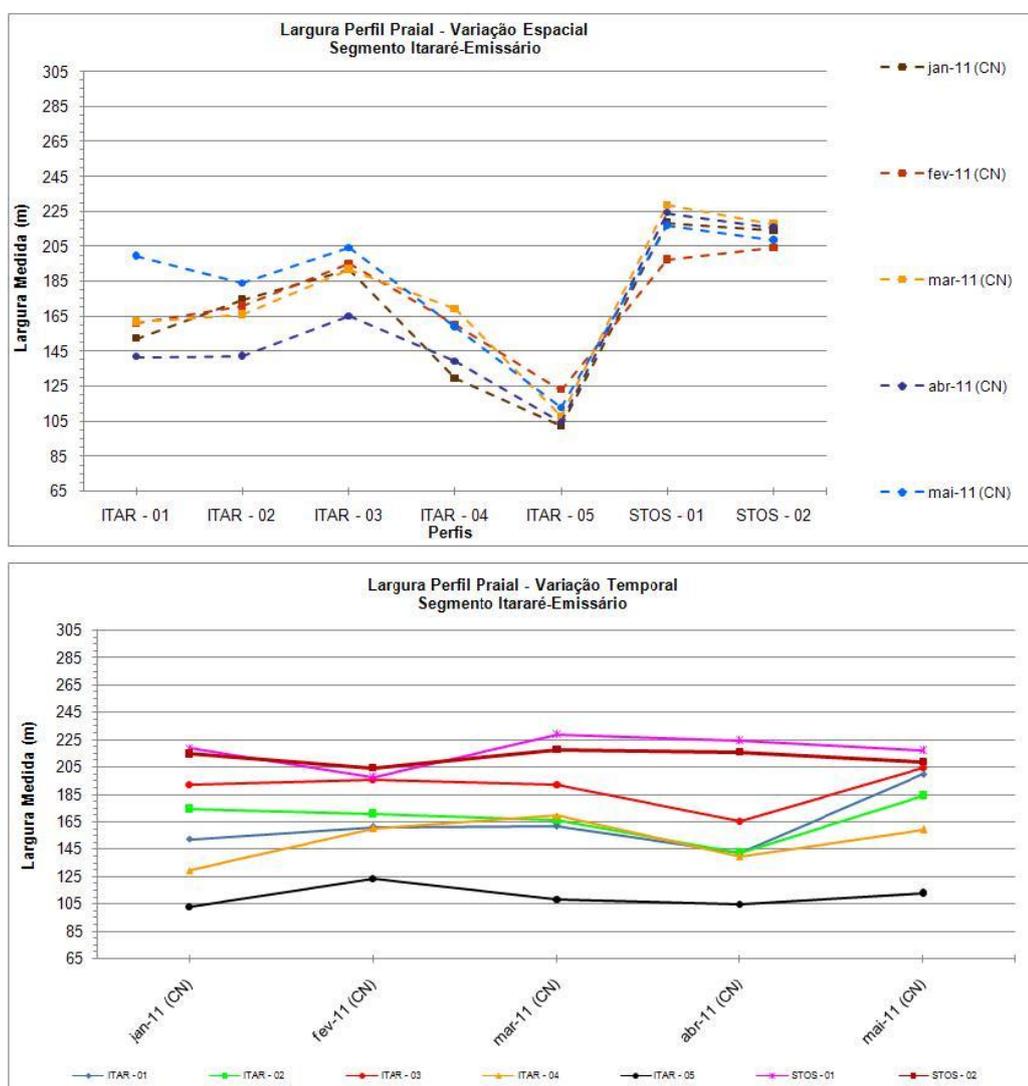


Figura 8.3.2.2-1. Variação espacial (acima) e temporal (abaixo) da largura do segmento praial Itararé-Emissário no período de janeiro e maio de 2011.



Figura 8.3.2.2-2. Tômbolo (perfil Stos-01) da Ilha de Urubuqueçaba e embaçamento no trecho do perfil Itar-05 (à direita e ao fundo até a Ilha da Feiticeira) (foto de 21/05/2011).

As curvas de variação das declividades do estirâncio e da pós-praia (valores pouco menores que no estirâncio) apresentaram padrões muito semelhantes neste período (Figura 8.3.2.2-3), demonstrando que a praia se encontra em relativa estabilidade.

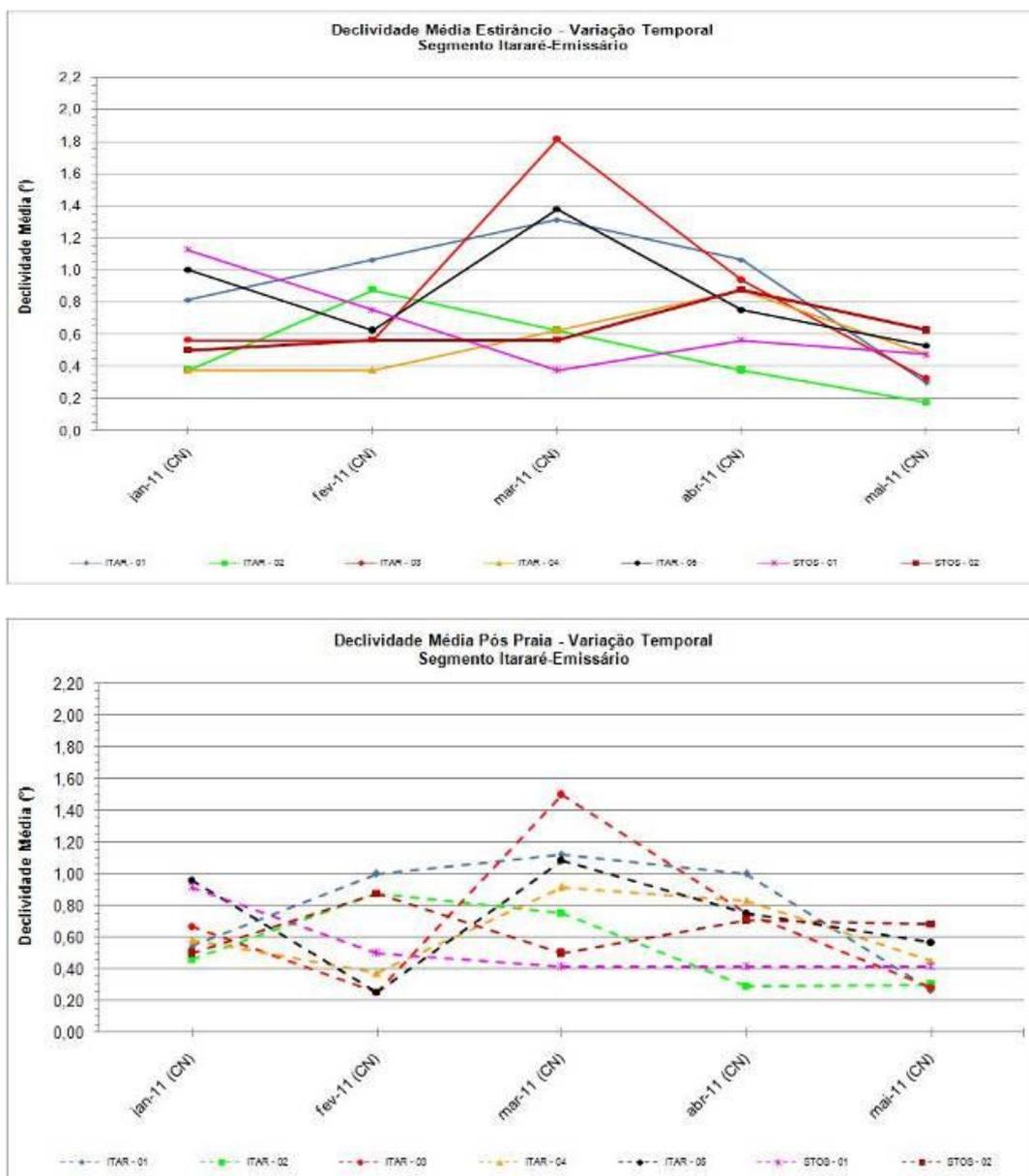


Figura 8.3.2.2-3. Variação temporal da declividade média no estirâncio e na pós-praia no segmento praiial Itararé-Emissário, para o período de janeiro a maio de 2011.

Chamou atenção e ao contrário do esperado foi o perfil Stos-02 ter apresentado, no mês de março, valores de declividades anômalos, tanto no estirâncio como na pós-praia, os quais também foram os mais elevados de todo o segmento praiial no período (Figura 8.3.2.2-4). Esses resultados combinam com a maior largura atingida pelo perfil no período. Então, uma explicação para tais contradições está na possibilidade de ter ocorrido alguma intervenção antrópica

na praia, como por exemplo movimentação de areia e reposição artificial de areia na base do espigão do Emissário, já constatado em outras ocasiões.



Figura 8.3.2.2-4. Perfil Stos-01 em 10 de março de 2011, exibindo as maiores declividades do estirâncio e da pós-praia desse segmento praial no período amostral, provavelmente em decorrência de movimentação/reposição de areia na base do espigão do Emissário.

Outro resultado interessante é a queda brusca e muito baixa variabilidade entre os valores das declividades do estirâncio e da pós-praia observados para todos os perfis no mês de maio. Essas características devem estar relacionados ao evento extremo de alta energia de ondas ocorrido no início desse mês (dia 03) e aos eventos com marés meteorológicas/ressacas, embora menos intensas, que se sucederam (dias 07-11, 15-18) (vide Tabela 8.3.2-1 apresentada anteriormente) antes do dia do monitoramento (21). A suavização de todo o perfil praial desse segmento sugere que esse evento foi mais erosivo do que construtivo.

Caracterização Textural dos Sedimentos do Estirâncio entre Janeiro e Maio de 2011

Durante o período amostral todos os perfis desse segmento praial apresentaram areias muito finas e muito bem selecionadas.

Apesar desta aparente homogeneidade, é possível observar alguma variabilidade tanto entre os perfis como entre os meses de monitoramento (Figura 8.3.2.2-5), conforme a descrição que se segue.

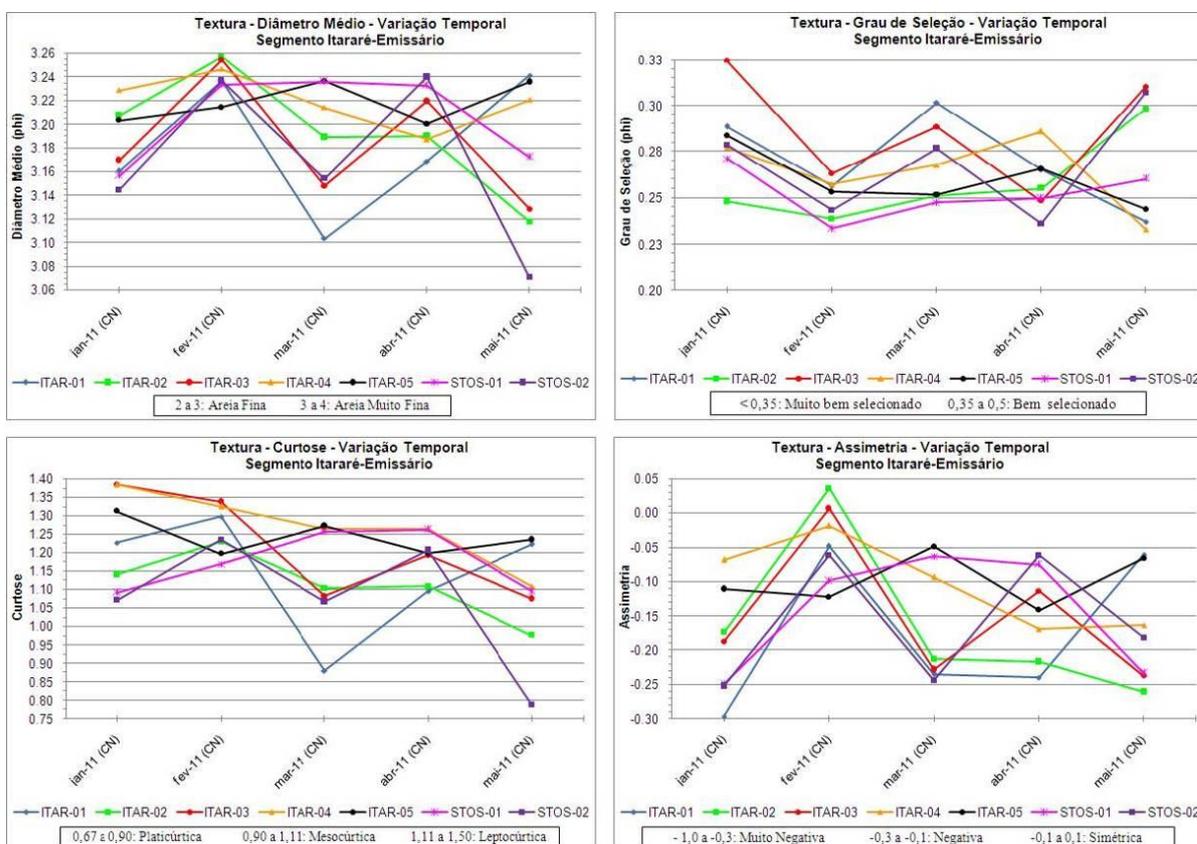


Figura 8.3.2.2-5. Variação temporal dos parâmetros estatísticos texturais dos sedimentos do estirâncio do segmento Praia do Itararé-Emissário, no período de janeiro a abril de 2011.

- a) Nos meses de fevereiro e abril os sedimentos da praia toda se apresentaram relativamente mais finos e melhor selecionados, maior presença de finos nas modas (assimetrias mais positivas) e indicações de menor energia de ondas (curtoses maiores), e com distribuições de

valores bastante homogêneas, quando comparados aos outros três meses.

- b) A maior variabilidade textural entre todos os perfis ocorreu no mês de maio, a ponto de não ser possível estabelecer gradações sequer entre perfis vizinhos (variação textural). Neste mês, os sedimentos de Itar-02, Itar-03, Stos-01 e Stos-02 se tornaram relativamente mais grossos e pior selecionados, com mais partículas grossas nas modas (assimetrias mais negativas) e indicação de maior energia de ondas (curtoses mais baixas). Essas condições devem ser reflexo dos vários eventos de alta energia que ocorreram desde o dia 03/maio (vide Tabela 8.3.2-1) até alguns dias antes do monitoramento.
- c) O mês de março também foi caracterizado por relativa variação textural entre os perfis, de forma que Itar-01, Itar-02, Itar-03, Itar-04 e Stos-02 se apresentaram mais grossos e pior selecionados, com partículas mais grossas na moda (assimetrias mais negativas) e indicação de aumento de energia (menores curtoses). Essas condições também devem ser reflexo do evento de alta energia que ocorreu dias antes do monitoramento (vide Tabela 8.3.2-1).

Caracterização das Células de Deriva Litorânea entre Janeiro e Maio de 2011

A Figura 8.3.2.2-6, exibe os diferentes padrões e sentidos das células de deriva, durante os meses de janeiro a maio de 2011.

Em janeiro, no perfil Itar-04, formou-se uma zona de convergência (zona deposicional) de duas células de sentidos contrários.

Em fevereiro, três células estavam organizadas em uma zona de convergência, em Itar-03, e uma zona de divergência (erosiva) em Itar-05.

Em março, três células formaram uma zona de convergência, em Itar-02, e uma divergente, em Itar-03.

Em abril, três novas células estão distribuídas em uma zona convergente, em Itar-03, e divergente, em Itar-05.

Em maio, tem-se uma zona de divergência, em Itar-02, e uma zona de convergência, em Itar-04, também agrupadas em três células de deriva litorânea.

Apesar da variabilidade no comportamento das células de deriva litorânea, pode-se perceber algumas tendências de sentido de transporte resultante:

- Para E – em janeiro de 2011;
- Para W – em fevereiro, março, abril de 2011;
- Ausência de sentido – em maio de 2011.

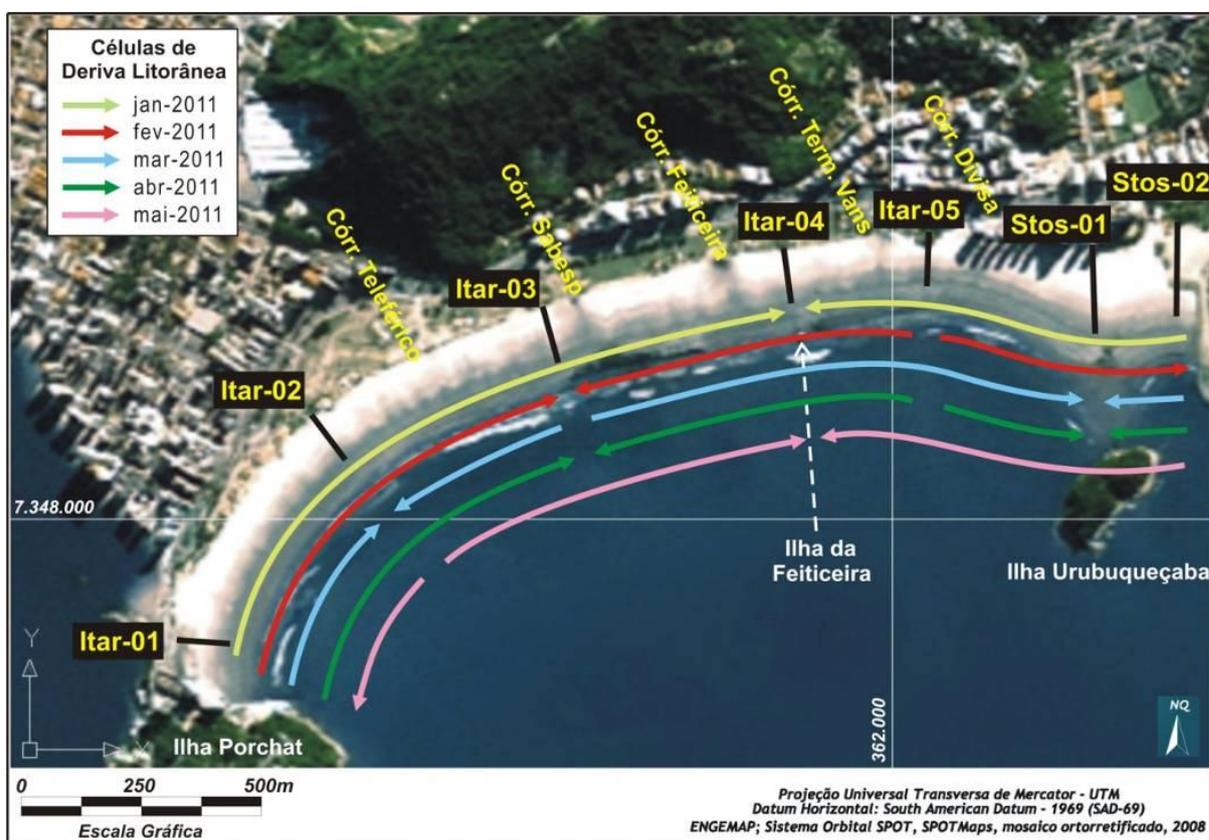


Figura 8.3.2.2-6. Representação espacial da circulação de células de deriva litorânea no segmento Praia do Itararé-Emissário, para o período de janeiro e maio de 2011.

Caracterização de Indicadores Morfológicos de Transporte Costeiro entre Janeiro e Maio de 2011

A Figura 8.3.2.2-7 mostra uma síntese dos principais rumos de transporte obtidos a partir desses indicadores.

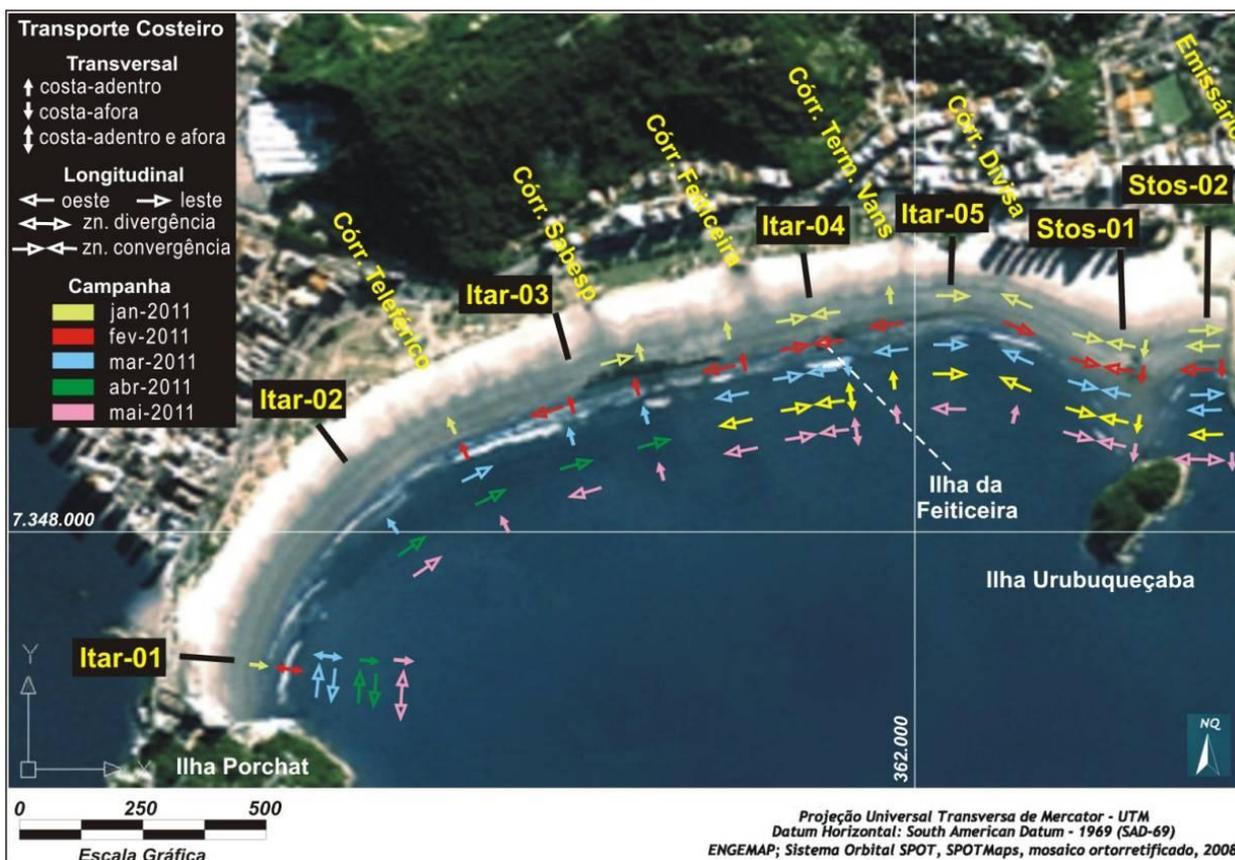


Figura 8.3.2.2-7. Representação espacial das principais direções e sentidos dos transportes costeiros observados no campo a partir de indicadores morfológicos no segmento Praia de Itararé-Emissário.

Em janeiro, os indicadores evidenciaram três zonas de convergência de transporte costeiro longitudinal (Itar-04, Itar-05 e Stos-01), sentido costa-adentro e costa-afora, de transporte transversal, nos setores central e leste da praia.

Em fevereiro, apesar da continuidade de duas zonas de convergência (Itar-04 e Stos-01), predominou, o sentido de transporte longitudinal para W, no setor central da praia. Evidências de transporte costa-adentro também foram encontradas nesse mesmo setor.

Em março, permanece a instalação das zonas de convergência em Itar-04 e Stos-01, enquanto no setor E, o transporte longitudinal inverte para E e o sentido costa-adentro também se faz presente.

Em abril, os perfis Itar-01, Itar-02 e Itar-03, apresentam sentido longitudinal marcante para E. Nos setores central e leste, os sentidos, quase sempre opostos, estão estruturados em torno de três zonas de convergência (Itar-04, Itat-05 e Stos-01).

Em maio, a situação se inverte no setor oeste da praia, com evidências de transporte costeiro longitudinal resultante para W. Indicadores morfológicos de transporte transversal costa-adentro estão presentes em toda a praia.

Por último, cabe ressaltar a baixa variação, ao longo do tempo, dos sentidos do transporte costeiro longitudinal e transversal, no setor oeste da praia, região do tombolo Urubuqueçaba.

Caracterização da Erosão Costeira entre Janeiro e Maio de 2011

Neste segmento praial não foram observadas mudanças em relação aos indicadores de erosão costeira e às classificações de risco apresentadas nos Relatórios Consolidados anteriores.

Portanto, a praia continua com a classificação de Risco Baixo de erosão costeira.

No entanto, como já apresentado no resumo dos resultados relativos a 2010, observou-se aumento sutil da erosão no extremo oeste da Praia do Itararé, caracterizado pelo descalçamento progressivo da base das estruturas do Ilha Porchat Clube, todas originalmente construídas sobre a pós-praia (Figura 8.3.2.2-8). Comparar também com a Figura 8.3.1.2-5.



Figura 8.3.2.2-8. Erosão na base das estruturas do Ilha Porchat Clube, nos meses de janeiro, fevereiro, abril e maio/2011. Notar que no mês de abril houve um pouco de acumulação na base da calçada, em relação a fevereiro, o que provavelmente se deve à ausência de eventos de alta energia nesse mês.

8.3.2.3. Segmento Emissário-Ponta da Praia

Condições Meteorológicas e Oceanográficas entre Janeiro e Maio de 2011

A Tabela 8.3.2.3-1 mostra uma síntese das condições meteorológicas e oceanográficas durante os monitoramentos realizados no período e da semana antecedente.

Tabela 8.3.2.3-1 Relação entre os dados de onda modelados na área de descarte (Programa de Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos) e os dados de onda obtidos na praia, ambos durante os dias de monitoramento. (CN = Condições de tempo bom; CI = Condições de tempo instável).

Dados do PBA-07			Dados do presente Programa		
Direção de propagação	Data	Hs (m)	Direção de propagação	Altura máxima (m)	Período (seg)
E	27/jan (CN)	0,9	65°-10° SW	0,1 a 0,2	6,7 a 10,0
ESSE	26/jan (CN)	0,9	53° SW a 45° SE	0,2 a 0,4	6,0 a 10,1
	12/mar (CN)	2,2	55°-8° SW	0,1 a 0,3	9,8 a 12,0
SE	11/mar (CN)	2,1	10° SW a 25° SE	0,3 a 0,4	9,0 a 11,1
SSE	25/fev (CN)	1,1	65°-10° SW	0,2 a 0,3	7,7 a 11,4
	23/mai (CN)	1,1	10° SW a 10° SE	0,2 a 0,3	9,5 a 12,3
	24/mai (CN)	0,6	55°-10° SW	0,05 a 0,2	4,4 a 9,4
S	24/fev (CN)	0,9	27° SW a 20° SE	0,2 a 0,5	9,5 a 12,2
	11/abr (CI)	1,3	7° SW a 10° SE	0,7 a 1,5	9,7 a 12,4
SSW	12/abr (CI)	1,2	60°-5° SW	0,2 a 0,5	7,3 a 10,4

Na campanha de janeiro (dias 26 e 27) a condição meteorológico-oceanográfica foi de condição normal com tempo ensolarado a parcialmente nublado. No dia 26, a altura máxima das ondas variou de 0,2 a 0,4m, o período de 6,0 a 10,1s, as direções de propagação de 35° SW a S e 02°-45° SE, e o nº de quebras de 3 a 7. No dia seguinte, a altura das ondas variou entre 0,1 e 0,2m, o período de 6,7 a 10,1s, e as quebras de 0 a 4. Os rumos variaram de 10°-65° SW. Os ventos oscilaram de aragem a brisa leve, com orientações 10°-50° SE (dia 26) e 05°-27° SE, 05°-45° SW e 44° NE (dia 27). Na semana antecedente, ocorreram condições meteorológicas normais, seguida de frontais; as alturas significativas de ondas foram de 0,5 a 1,0m (entre os dias 19 e 25) e 0,8 a 1,0m (entre os dias 20 e 26), com rumos preferenciais E, ESE, e SSE.

Em fevereiro, a situação meteorológica foi de condição normal com tempo ensolarado a parcialmente nublado. O regime de ondas apresentou alturas entre 0,2 e 0,5m, com períodos variando entre 9,5 a 12,2s, rumos entre 27° SW e 20° SE e quebras variou de 4 a 6 (dia 24). No dia seguinte, as ondas oscilaram entre 0,2 e 0,3m, com períodos variando de 7,7 a 11,4s, rumos entre 10°-65 SW e nº de quebras variou de 2 a 5. Os ventos oscilaram entre aragem a vento fraco, com direções de proveniente de 03°-27° SW e 20° SE (dia 24) e 07°-70° SW e 77° SE

(dia 25). Na semana antecedente, ocorreu uma alternância de condição frontal, normal e frontal, com altura significativa de ondas variando de 0,6 a 1,3m e rumos preferenciais para SSW, E, SE e ESE.

Durante a perfilagem praial de março (dias 11 e 12), a condição atmosférica foi normal com tempo variando de parcialmente nublado a nublado. As ondas não ultrapassaram 0,4m, o período variou de 9,0 a 12,1s, e nº de quebras de 2 a 5. No dia 11, as ondas tinham rumos de 10° SW a 25° SE, e no dia 12 de 08°-55° SE. Os ventos variaram de aragem a brisa leve e apresentaram rumos de 15°-60° SE (dia 11) e 35°-65° SE e 05°-15° SW (dia 12). Na semana antecedente, o contexto meteorológico foi de alternância de condição frontal e normal; as ondas apresentaram alturas significativas entre 1,0 e 2,1m e orientação preferencial SE, SSE, S e ESE.

O contexto meteorológico-oceanográfico da campanha de abril (11 e 12) foi de condição instável, com tempo variando de ensolarado a nublado e chuvoso. No dia 11 as ondas apresentaram alturas máximas variando de 0,7 a 1,5m, períodos de 9,7 a 12,4s, e nº de quebras de 4 a 6, com rumos variando entre 07° SW a 10° SE. Os ventos variaram de calmarias a brisas leves com orientações de 15°-23° SE e 07°-40° SW. No dia 12, a altura das ondas diminuiu para 0,2 a 0,5m e o período foi de 7,3 a 10,4s, o nº de quebras variou de 2 a 5 e os rumos de 05°-60° SW. Os ventos foram de calma a brisa suave com rumos 40° SE a S, 15°-65° SW e 55° NE. Na semana antecedente, as condições atmosféricas foram de características frontais passando a normais, com altura máxima das ondas oscilando entre 0,9 a 1,3m, com rumos de SSW, SE e SSE.

Em maio (dias 23 e 24), a perfilagem praial foi realizada sob regime de condição normal com tempo ensolarado. No dia 23, as ondas apresentaram alturas de 0,2 a 0,3m, períodos de 9,5 a 12,3s e nº de quebras de 2 a 4, com rumo de propagação das ondas de 10° SE a 10° SW. Nesse mesmo dia, os ventos variaram de calma a brisa leve, apresentando diversas orientações, de 10°-57° SE e 30° SW. No dia 24, as ondulações reduziram para 0,05 a 0,2m, com períodos de 4,4 a 9,4s, nº de quebras de 2 a 5 e rumos de 10°-55° SW. Os ventos oscilaram entre calma e vento fresco, com orientações preferenciais 10°-55° SE. Na semana antecedente, o contexto meteorológico foi condição frontal e

normal, com altura significativa das ondas oscilando entre 1,1 a 2,1m, com rumos de SSE, S (dia 23) e SE (dia 24).

Caracterização Morfométrica da Praia entre Janeiro e Maio de 2011

A Figura 8.3.2.3-1 mostra que o comportamento das larguras neste segmento praial, observado em todo o ano de 2010, continua exibindo uma variabilidade padrão, com três setores principais:

- Stos-03 a Stos-10 (Gonzaga): neste setor há tendência generalizada de aumento progressivo das larguras entre o extremo oeste do segmento até o perfil Stos-10, que é sempre o trecho mais largo de todo o segmento praial;
- Stos-11 (Canal 3) a Stos-16: caracteriza-se pela queda acentuada e diminuição progressiva da largura praial entre o Canal 3 e o perfil Stos-16 (entre os canais 4 e 5), que em geral é o segundo trecho mais estreito de todo segmento praial;
- Stos-17 a Stos-23: neste setor as larguras sofrem pequeno incremento generalizado, mas com comportamento em *zig-zag*, até o Canal 6 (Stos-21), para novamente sofrerem uma redução brusca no perfil Stos-22 até Stos-23, este último sempre o local trecho mais estreito de todo o segmento da praia.

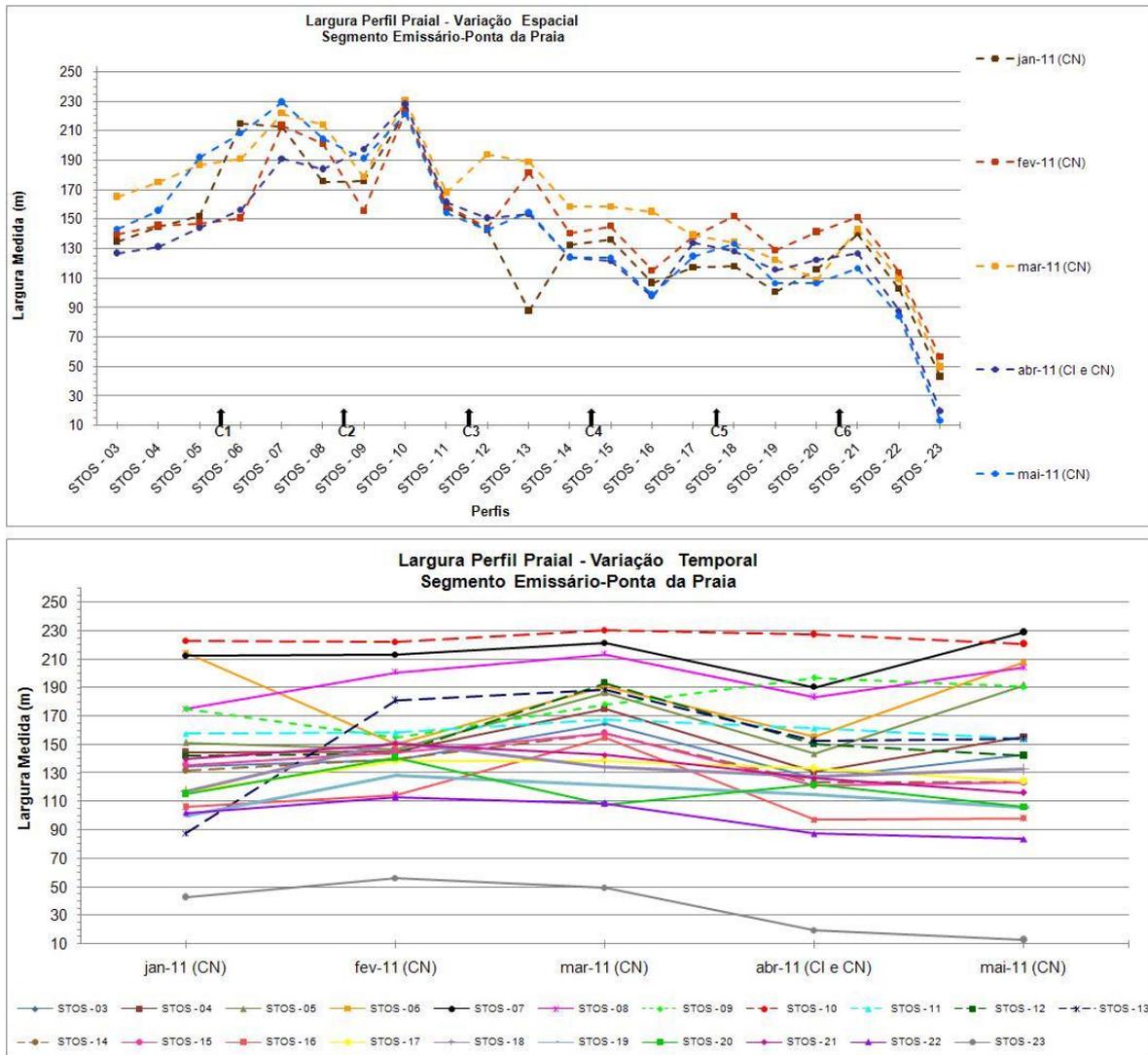


Figura 8.3.2.3-1. Variação espacial e temporal da largura praial no segmento Emissário-Ponta da Praia, para o período de janeiro a maio de 2011.

A curva de variação temporal da largura mostra também que os valores pouco variaram em cada perfil, à exceção de Stos-06 e Stos-13.

Um aspecto interessante a destacar é que no trecho entre Stos-10 e Stos-23 as larguras praias dos meses de abril e maio foram menores em praticamente todos os perfis, sugerindo que esse trecho da praia foi bastante afetado pelos eventos de alta energia que ocorreram durante todo o mês de março e, posteriormente, no mês de maio (já que em abril não ocorreram eventos). No setor a oeste de Stos-10 não são verificadas tendências.

Outro fato que merece atenção é o processo de redução métrica acelerada de largura que o perfil Stos-23 começou a sofrer a partir de março, chegando quase a desaparecer em maio. Esse fenômeno também está associado aos efeitos dos vários eventos de alta energia que ocorreram em março e com maior intensidade em maio (Tabela 8.3.2-1), sobre um perfil praiial já bastante castigado por diversos eventos de alta energia de ondas (frentes frias com ressacas) que atuaram de fevereiro até meados de dezembro de 2010. Por isso, não houve tempo de recuperação da praia, cuja erosão de longo período (Figura 8.3.1.3-4) acabou se acelerando ainda mais em 2010-2011. Esse processo só não foi mais rápido porque após os principais eventos houve recolocação de areia no local.

A ressaca de 03 de maio de 2011 comprometeu, entre outras, a estrutura do muro da Ponta da Praia no local do perfil Stos-23 e derrubou o uma castanheira (chapéu-de-sol) que havia próximo. Por causa disso, a Prefeitura resolveu prolongar o anteparo de pedras por toda a extensão do muro, até a base da rampa de acesso de embarcações (onde estava a árvore) (Figura 8.3.2.3-2).



Figura 8.3.2.3-2. Intensificação da erosão praial e comprometimento de estruturas urbanas devido à ressaca de 03/maio/2011 nas áreas do perfil Stos-23 e arredores (acima e abaixo à esquerda) e do perfil Stos-22 (abaixo à direita), onde houve exposição do antigo aterro na pós-praia.

Ainda como resultado desses eventos, no outro extremo da praia, os impactos foram opostos, ou seja, de incremento deposicional principalmente no trecho entre os Canais 1 e 2 (perfis Stos-06 a Stos-08), que passou a apresentar larguras maiores do que as observadas em 2010, e até comparáveis às do perfil Stos-10, além de intenso assoreamento dos canais e empilhamento sedimentar (Figura 8.3.2.3-3). Note-se bem que esse setor da praia já apresentava morfologia construtiva, também acelerada pelos eventos de alta energia em 2010.



Figura 8.3.2.3-3. Canais 1 (esquerda) e 2 (direita) exibindo intenso processo deposicional após eventos de alta energia de ondas e ressacas ocorridas em março e maio de 2011 (fotos de 23/05/2011).

Em relação às declividades médias do estirâncio e da pós-praia (Figura 8.3.2.3-4) observa-se a mesma anomalia identificada no segmento Itararé-Emissário para o mês de maio, caracterizada pela redução brusca dos valores e baixa variabilidade entre todos os perfis. Aqui também essa tendência deve estar relacionada ao evento extremo de alta energia de ondas ocorrido no início desse mês (dia 03) e aos eventos com marés meteorológicas/ressacas, embora menos intensas, que se sucederam (dias 07-11, 15-18) até antes dos dias do monitoramento (22-23) (vide Tabela 8.3.2.1-1). A suavização de todo o perfil praiar deste segmento, observada no mês de maio, sugere que esse evento foi mais erosivo do que construtivo.

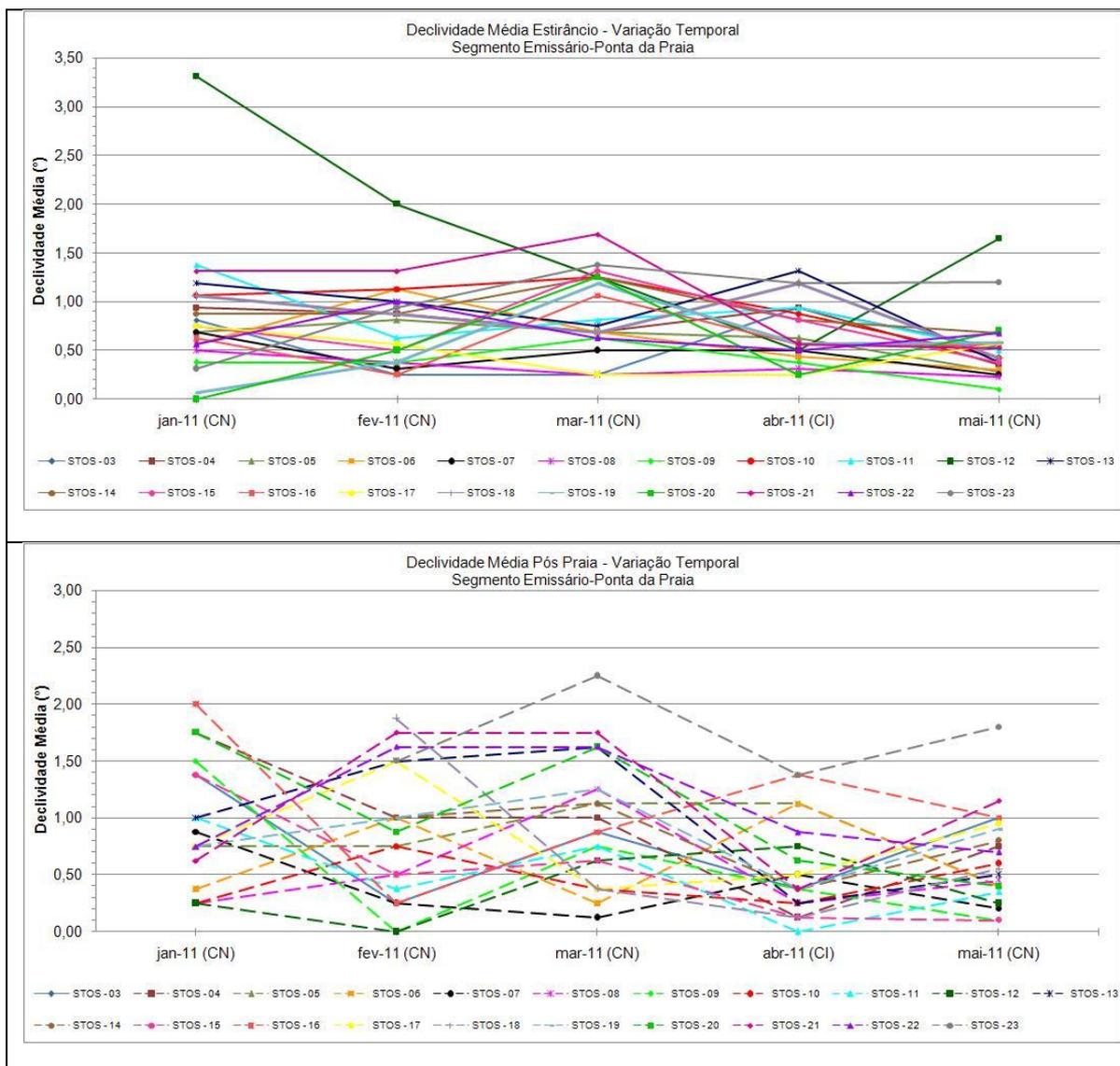


Figura 8.3.2.3-4. Variação temporal das declividades médias da pós-praia e do estirâncio nos três setores do segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro a maio de 2011.

Caracterização Textural dos Sedimentos do Estirâncio entre Janeiro e Maio de 2011

A Figura 8.3.2.3-5 mostra os gráficos de variação espacial dos parâmetros texturais ao longo dos meses.

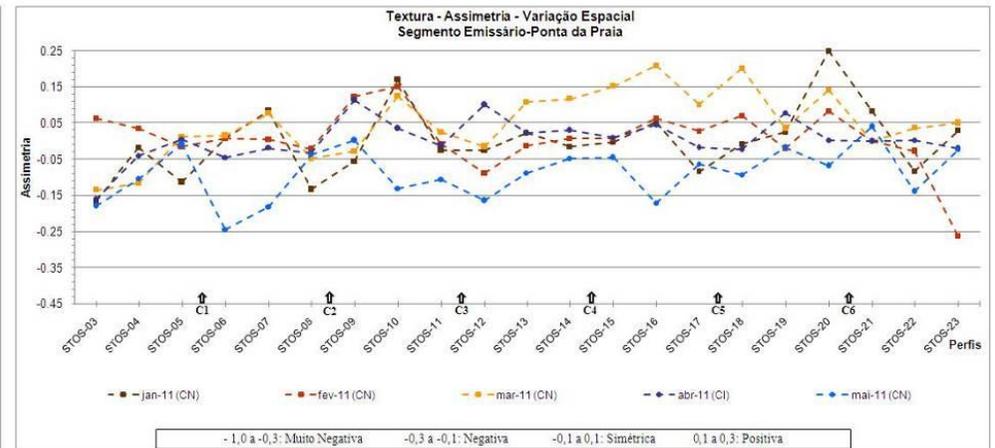
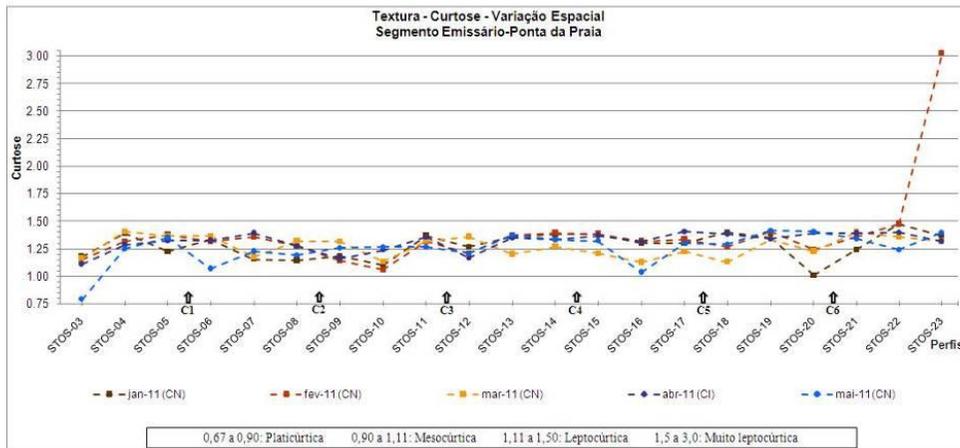
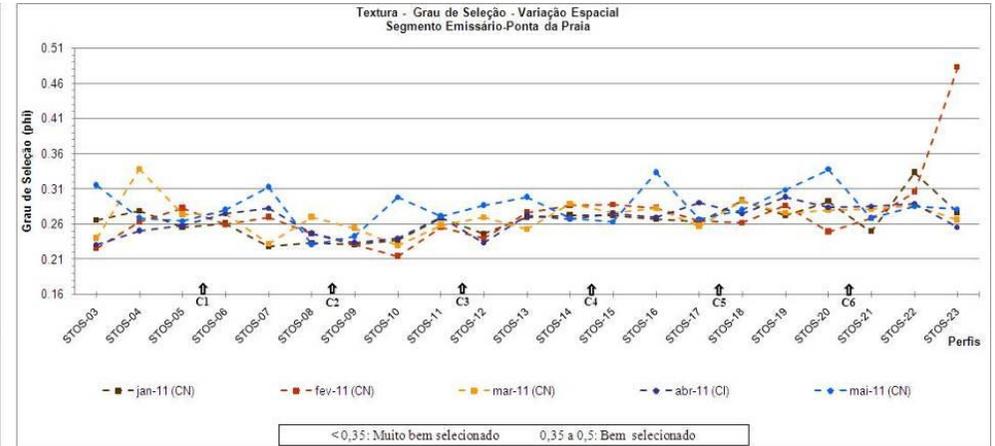
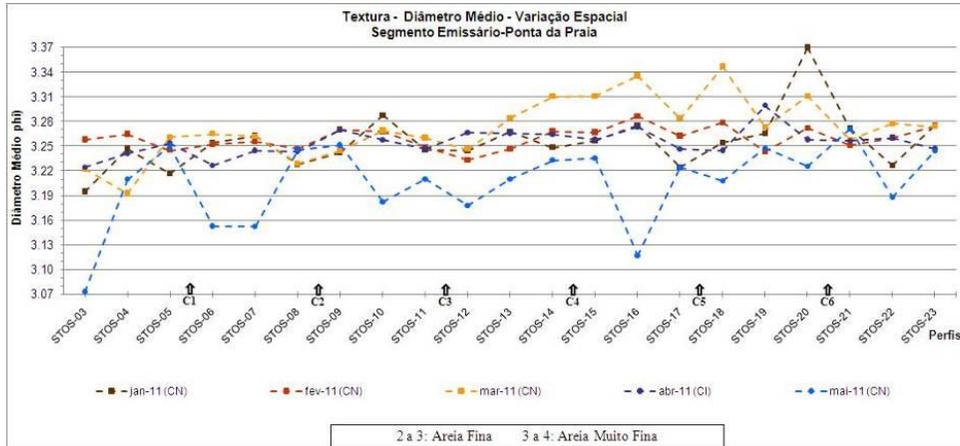


Figura 8.3.2.3-5. Variação espacial dos parâmetros texturais dos sedimentos do estrêncio no segmento Emissário-Ponta da Praia, para o período de janeiro e maio de 2011.

Os resultados mostram situações diversas de distribuição textural, conforme descrito a seguir.

- Os meses de janeiro, fevereiro e abril foram caracterizados por grande homogeneidade textural (valores muito próximos) de todo o segmento praiial, apresentando areias muito finas, muito bem selecionadas, mesocúrticas e com assimetrias variando de simétricas (predominância) a negativas, e praticamente sem variações com relação aos padrões do ano de 2010.
- No mês de março observou-se uma expressiva variabilidade em praticamente toda a praia (embora mais acentuadamente entre o Canal 3 e a Ponta da Praia), pois as areias se tornaram relativamente mais finas, melhor selecionadas, com assimetrias mais positivas (mais finos na moda) e curtoses mais baixas sugerindo maior energia de ondas.
- No mês de maio foi constatada a primeira mudança significativa e generalizada dos sedimentos desse arco praiial, levando em consideração os 17 meses de monitoramento. Embora os sedimentos ainda conservassem sua classificação como areias finas e muito bem selecionadas, a variação constatada indicou considerável mudança para areias relativamente mais grossas e menos selecionadas, com curtoses mais baixas indicando maior energia, e assimetrias mais negativas (mais partículas grossas na moda).

Levando em consideração esses resultados e as condições meteorológicas-oceanográficas reinantes em cada mês, fica claro que as mudanças nos padrões texturais estiveram relacionadas aos eventos de alta energia de ondas que atingiram essa praia por várias vezes nos meses de março e maio. Entretanto, as diferentes respostas texturais devem estar relacionadas também a diferentes situações e padrões de ondulações. Neste sentido, conforme apresentado anteriormente (Tabela 8.3.2-1), verifica-se que:

- o perfil praiial de março (monitoramento entre os dias 11 e 12) seria resultado de apenas 1 evento de alta energia ocorrido no período de

01-03 (monitoramento entre os dias 23 e 24), com ondas de $H_{max}= 2,9$ m e $H_s= 1,9$ m e ventos de 20 nós;

- em maio, o perfil seria resultado de pelo menos 3 eventos intensos, sendo um deles o evento extremo do dia 03, com ondas de $H_{max}= 3,4$ m e $H_s= 1,8$ m e ventos de 22,4 nós, que se somaram a uma preamar de sizígia de 1,6 m, gerando as maiores ondas já vistas no interior da Baía de Santos.

Reforça-se aqui que os resultados sugerem que evento de março foi mais construtivo e o de maio mais destrutivo.

Caracterização das Células de Deriva Litorânea entre Janeiro e Maio de 2011

A distribuição espacial das células de deriva litorânea no período de análise é exibida na Figura 8.3.2.3-6.

Em janeiro, foram verificadas onze células de deriva agrupadas em quatro zonas de divergência (Stos-08, canal 3, canal 4 e Stos-22), e quatro zonas de convergência (canal 1, Stos-09, Stos-13 e Stos-19).

Em fevereiro, nove células agruparam-se em torno de quatro zonas divergentes (erosivas) (Stos-12, Stos-16, Stos-19 e Stos-21) e de quatro zonas convergentes (deposicionais) (Stos-07, Stos-13, Stos-18 e Stos-20).

Em março, formaram-se doze células estruturadas em cinco zonas de divergência (Stos-04, Stos-09, Stos-11, Stos-14 e Stos-16) e cinco zonas de convergência (Stos-05, Stos-10, Stos-13, Stos-15 e Stos-17).

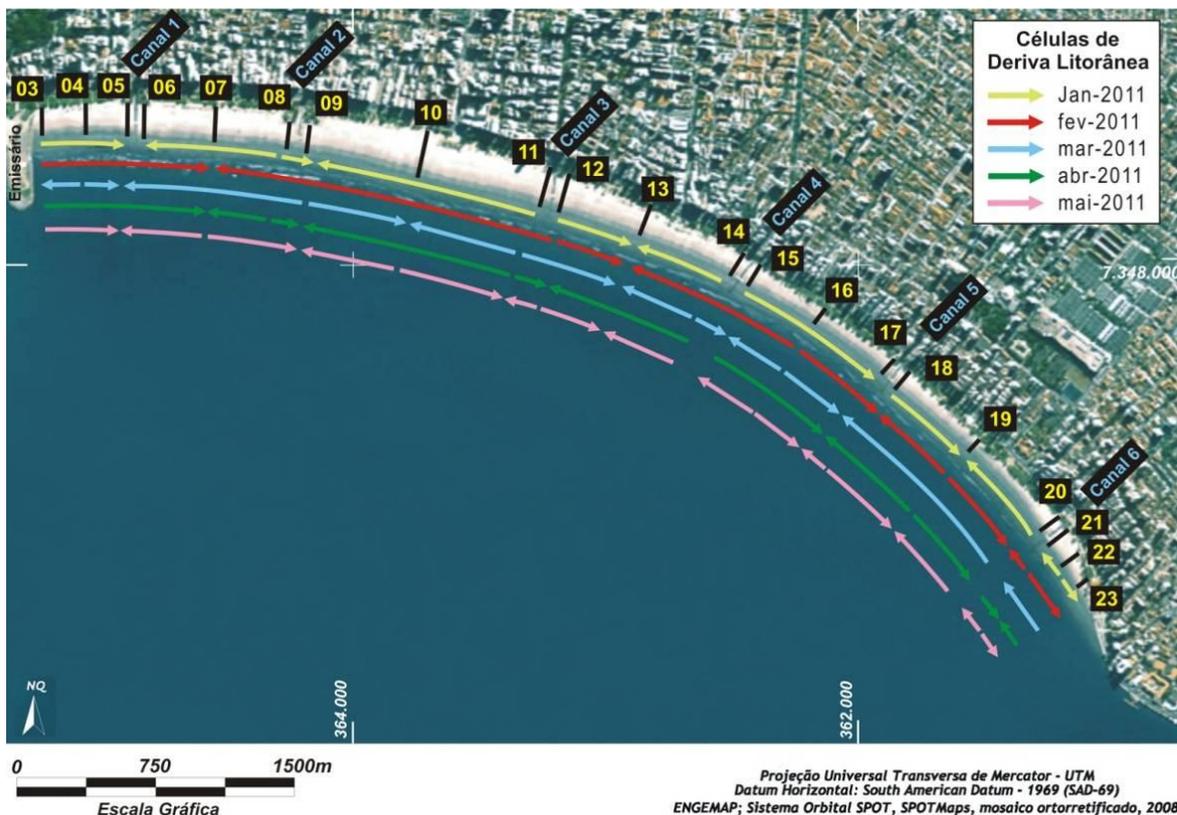


Figura 8.3.1.3-6. Variação do comportamento das células de deriva litorânea no segmento Emissário-Ponta da Praia, entre janeiro e maio de 2011.

Em abril, onze células distribuíram-se em quatro zonas erosivas (Stos-08, Stos-11, canal 4 e Stos-19) e em cinco zonas deposicionais (Stos-07, Stos-09, Stos-12, Stos-17 e Stos-22).

No mês de maio, foram mapeadas quinze células de deriva litorânea dispostas em seis zonas de divergência (Stos-07, Stos-10, Stos-12, Stos-16, Stos-18 e Stos-22), e em seis zonas de convergência (Stos-05, Stos-09, Stos-11, Stos-13, Stos-17 e Stos-19).

O transporte resultante obtido a partir das células de deriva litorânea apresentou a seguinte distribuição:

- Para E: em fevereiro e abril de 2011,
- Para W: em janeiro, março e maio de 2011.

Em todo o período os perfis mais deposicionais foram o Stos-09 (canal 2), Stos-13 (Boqueirão) e o Stos-17 (canal 5). Já os locais mais erosivos foram os perfis próximos ao canal 3 (Stos-11 e Stos-12) e ao canal 4 (Stos-14 e Stos-15).

Caracterização de Indicadores Morfológicos de Transporte Costeiro entre Janeiro e Maio de 2011

A Figura 8.3.2.3-7 mostra uma síntese dos rumos de transporte obtidos a partir dos indicadores de transporte costeiro.

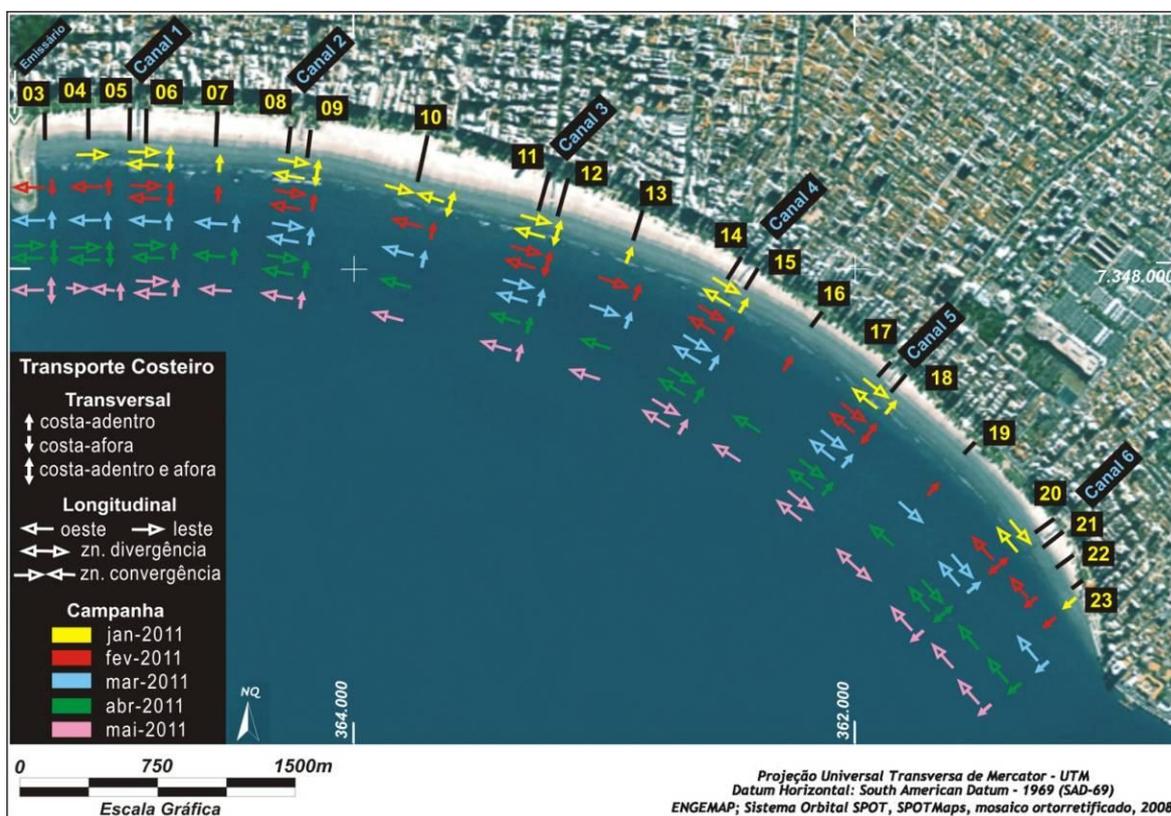


Figura 8.3.2.3-7 Representação espacial dos principais transportes costeiros observados no campo a partir de indicadores morfológicos no segmento praial Emissário-Ponta da Praia, para o período de janeiro a maio de 2011.

Em janeiro, os indicadores morfológicos de transporte longitudinal evidenciaram uma convergência (zona deposicional) no perfil Stos-10. No geral, predominou um transporte resultante para W, com algumas inversões localizadas

para E (canais 3, 4 e 6). O transporte transversal costa-adentro esteve presente, principalmente, no setor oeste desse segmento praial.

Em fevereiro, em relação ao transporte costeiro longitudinal, no setor oeste, houve um predomínio do sentido para E, enquanto no setor oeste, o sentido do transporte resultante inverteu para W. Vários indicadores de transporte transversal costa-adentro também foram mapeados no setor leste da praia.

Em março, no setor oeste, predominou transporte para W, associado a indicadores morfológicos de transporte transversal costa-adentro. Na porção central, entre os canais 2 e 3, foram observadas uma zona de convergência entre os perfis Stos-09 e Stos-10, e uma outra divergente, entre os perfis Stos-10 e Stos-11. No setor leste da praia, várias inversões no sentido das correntes longitudinais foram observadas.

Em abril, aumentam as inversões de sentido para E, mas o sentido resultante do transporte longitudinal ainda é para W. Vários transportes transversais costa-adentro também são observados, no setor leste da praia.

Em maio, os indicadores de transporte longitudinal permitem a identificação de zonas de divergência (Stos-04) e convergência (Stos-19). O sentido principal das correntes longitudinais é para W. Evidências de transporte transversal costa-adentro e costa-afora também são comuns no setor oeste e leste da praia.

Caracterização da Erosão Costeira entre Janeiro e Maio de 2011

No período amostral nada mudou com relação aos indicadores e às classificações de risco à erosão costeira nos perfis e no segmento praial, em relação ao apresentado nos Relatórios Consolidados anteriores.

No entanto a situação da praia no perfil Stos-23 piorou muito, principalmente após a ressaca de 03 de maio (vide Figura 8.3.2.3-2).

É necessário alertar que embora o anteparo de pedras seja uma estrutura de aparente “proteção” paliativa para o muro de contenção da rua/calçada, sua presença e ainda mais o seu prolongamento para todo o trecho de praia do perfil Stos-23 poderão piorar a condição de erosão dessa faixa de areia. Esta tenderá a

desaparecer também, a exemplo do que já foi observado a montante, e a erosão progredirá ainda mais para oeste, rumo ao perfil Stos-22 e ao Canal 6. Essas estruturas modificam a incidência de ondas na linha de costa, não deixam a areia se fixar e transferem a energia das ondas para trechos a jusante da corrente de deriva litorânea.

Vale lembrar que o anteparo foi implantado após a forte ressaca de 26-27/abril/2005 e sua construção não tem sido capaz de conter a erosão ou proteger a área.

8.4. Considerações Finais

O período de amostragem (janeiro a maio de 2011) foi caracterizado pela ocorrência de vários eventos com ondas de alta energia (ressacas) que se concentraram especialmente nos meses de março e maio, destacando-se o evento extremo e anômalo da tarde do dia 03 de maio quando enormes ondas adentraram a Baía de Santos.

Em março, foram 5 dias (5 eventos) com ondas de alturas superiores a 2,0 m associadas a alturas máximas de até 3,4 m, sendo 60% delas provenientes de S, 20% de ESE e 20% de SE.

Durante o mês de maio, 8 dias (4 eventos) tiveram ondas com alturas superiores a 2,0 m associadas a alturas máximas de até 4,8 m, que podem ser consideradas como ondas de alta energia. Cerca de 50% delas foram provenientes de S, 25% de SSW e 25% de SSE. Nos outros meses não ocorreram ondas com alturas superiores a 2,0 m. Portanto, entre janeiro e maio de 2011, foram 13 dias de ondas com alturas significativas superiores a 2,0 m, perfazendo 8,6% do período.

Os efeitos desses eventos ficaram bem marcados em algumas características das praias, a saber:

- a) Nas declividades dos perfis praias, que sofreram marcante suavização generalizada em todos os segmentos praias;

- b) Nas características texturais dos sedimentos do estirâncio de todos os segmentos praias, que em maio apresentaram marcante variabilidade textural caracterizada por um sedimento heterogêneo;
- c) Nas classes granulométricas, com piora relativa no grau de seleção nos sedimentos da Praia do Góes, onde a areia mudou de classe textural - Góes-02 passou para areia média moderadamente selecionada, Góes-03 passou a areia muito fina muito bem selecionada, Góes-05 passou a areia fina moderadamente selecionada, e Góes-01 e Góes-04 se mantiveram como areias finas moderadamente selecionadas, embora Góes-04 tenha se tornado relativamente mais fino e pior selecionado do que Góes-01;
- d) Nas características texturais do segmento Itararé-Emissário, que em março e maio se tornaram relativamente mais grossos, pior selecionados, com assimetrias mais negativas (entrada de partículas mais grossa nas modas) e com curtoses mais baixas indicando maior energia de ondas, em relação aos demais meses e até a 2010;
- e) Nas características texturais dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no mês de maio, quando a areia se tornou relativamente mais grossa, pior selecionada, com assimetrias mais negativas (entrada de partículas mais grossa nas modas) e com curtoses mais baixas indicando maior energia de ondas em relação aos demais meses e até a 2010;
- f) Nas características texturais dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no mês de março que, ao contrário de maio, apresentou variabilidade foi menos acentuada e areias que se tornaram relativamente mais finas, melhor selecionadas, com assimetrias mais positivas e menores curtoses indicando maior energia de ondas, em relação aos demais meses.

Nos meses de janeiro, fevereiro e abril, em que eventos de alta energia de ondas foram de menor energia, raros, ou não ocorreram, as características das praias se assemelharam aos padrões observados em 2010. Nos segmentos

Itararé-Emissário e Emissário-Ponta da Praia os sedimentos se mostraram mais finos, melhor selecionados e com maior presença de finos nas modas, em associação com menores níveis de energia.

A relativa variação textural e a forte suavização dos perfis praias ocorridas no mês de maio são efeitos nunca antes observados nessas praias. Por outro lado, as variabilidades constatadas em março para o segmento Emissário-Ponta da Praia já haviam sido identificadas em 2010, principalmente associadas a monitoramentos durante a atuação de ressacas ou pós-ressacas recentes.

Curiosamente, ao contrário de 2010, neste período as largas praias não apresentaram tendências, à exceção do perfil Stos-23, onde houve redução acentuada das mesmas após fevereiro.

Os resultados morfológicos e texturais obtidos para 2011 indicam que o evento do mês de maio foi muito mais erosivo do que construtivo. Por outro lado, os eventos de março de 2011 e a maioria dos eventos de 2010 foram mais construtivos do que erosivos.

Comparando os resultados das relações entre os padrões texturais e os eventos meteorológico-oceanográficos obtidos em 2010 e 2011, nota-se uma diferença fundamental: os padrões são inversos.

Em 2010 as condições de frontogênese com ressaca (durante os monitoramentos ou poucos dias antes) foram caracterizadas pelo relativo afinamento e aumento do grau de seleção dos sedimentos, acompanhado de diminuição da curtose (aumento de energia) e aumento das partículas finas na moda, nos segmentos Itararé-Emissário e Emissário-Ponta da Praia. Sob condições de tempo bom a situação se invertia, havendo aumento relativo do tamanho e diminuição do grau de seleção dos sedimentos e diminuição da energia (maiores curtoses). No entanto, como ressaltado, essas características seriam detectadas durante as ressacas devido ao deslocamento do perfil para o continente, transgredindo a pós-praia, onde os sedimentos são normalmente mais finos e melhor selecionados devido ao retrabalhamento eólico. Nas condições de tempo bom as características se invertiam. Note-se que em 2010 ocorreram eventos de alta energia de ondas em todos os meses, entre fevereiro e dezembro,

sendo caracterizado apenas 1 evento muito forte (início de abril). De maneira geral, os transportes transversais do tipo costa-adentro e os empilhamentos sedimentares foram muito intensos durante todo o ano de 2010, como resposta aos sucessivos eventos de frentes frias com ressacas. Exceções foram os perfis localizados na Ponta da Praia.

Em 2011, como visto, os sedimentos se tornaram relativamente mais grossos e pior selecionados, com maior presença de partículas grossas na moda e menores curtoses (maior energia). Estas são as características esperadas como efeitos da ressacas, devido aos processos de erosão inerentes a esses eventos. As campanhas foram todas realizadas em condições de tempo bom, porém em março e maio ocorreram poucos dias após eventos intensos, especialmente em maio.

O que se conclui, a partir dos resultados obtidos nestes 17 meses de monitoramento, é que as variações texturais e morfológicas encontradas nas praias de estudo, até o momento, correspondem a respostas aos eventos meteorológico-oceanográficos de maneira bastante específica, mas sempre dependente do tempo decorrido entre o evento e a amostragem, além da intensidade do evento e do número de eventos ocorridos antes do monitoramento.

Portanto, após o término das obras de dragagem, a continuidade dos monitoramentos deverá considerar as seguintes condições para sua realização:

- a) durante eventos de alta energia;
- b) poucos dias após um evento de alta energia (mesmo ciclo de maré);
- c) vários dias após um evento de alta energia (outro ciclo de maré);
- d) após sucessivos eventos de alta energia;
- e) após semanas sem eventos de alta energia.

Pelas considerações anteriores, conclui-se que todos os processos morfodinâmicos observados nas praias de estudo foram compatíveis com as condições meteorológicas e oceanográficas reinantes no período de análise. Não é possível atribuir tais processos, ou mesmo associá-los, a possíveis

modificações ou impactos causados pelas obras de dragagem de aprofundamento.

8.5. Cronograma

A Tabela 8.5-1 apresenta o cronograma das atividades desenvolvidas por este programa ao longo dos 18 meses de monitoramento.

Tabela 8.5-1. Cronograma de atividades..

ATIVIDADES	MÊS																	
	2010												2011					
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Programa 8																		
Pesquisa Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Perfilagem Praial	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Indicadores de Erosão	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análises de Laboratório	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estruturação de Banco de Dados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tratamento Estatístico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Transporte Costeiro	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Risco à Erosão Costeira	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análise de Dados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Integração de Resultados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Síntese																		
Relatório Mensal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Relatório Consolidado					■						■							
Relatório Final																		■

8.6. Referências Bibliográficas

Camargo, R. de; Harari, J.; Dias, P.L.S. 2000. A storm surge modeling and forecast for the South-Western Atlantic Ocean. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 72(2):

Campos, R.M; Camargo, R. de & Harari, J. 2010. Caracterização de eventos extremos do nível do mar em Santos e sua correspondência com as re-análises do modelo do NCEP no Sudoeste do Atlântico Sul. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, p. 175-184.

- CERC - Coastal Engineering Research Center – U.S. ARMY. 1977. Shore Protection Manual. 3rd Edition. Department of the Army Corps of Engineers. Washington, D.C. 3 vol.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, p. 3-26.
- Godin, G. 1972. *The analysis of tides*. University of Toronto Press: Toronto. ISBN 0-8020-1747-9. xxi, 264 pp.
- Harari, J.; Camargo, R.; Miranda, L.B. 2002. Modelagem numérica hidrodinâmica tridimensional da região costeira e estuarina de São Vicente e Santos (SP) – Pesquisa Naval. *Revista Marítima Brasileira. Suplemento Especial*, n° 15, p. 79-97.
- Harari, J.; Kato, V.M.; Uehara, S.A; Nonnato, L.V.; Vicentini Neto, F.L. & Szajnbok, C. 2010. Measurements and modeling of sea level and currents in Santos coastal area (São Paulo State, Brazil). *Afro-America Gloss, News*, 13(2): 1-15.
- Jackson, D.W.T. & Cooper, J.A.G. 1984. Geological control on beach form: accommodation space and contemporary dynamics. *Journal of Coastal Research*, SI 56: 69-72.
- Jacobsen, E.E. & Schwartz, M.L. 1981. The use of geomorphic indicators to determine the direction of net shore-drift. *Shore & Beach*, 49: 38-43.
- Klein, A.H.F.; Benedet Filho, L.; Schumacher, D.H. 2002. Short-term beach rotation process in distinct headland bay beach system. *Journal of Coastal Research*, 18(3): 442-458.
- Komar, P.D. 1991. *Handbook of Coastal Processes and Erosion* (4th edition). CRC Press. 297 p.
- Komar, P.D. 2000. Coastal erosion – Underlying factors and human impacts. *Shore & Beach*, 68, p.3-16.
- Magini, C.; Harari, J. & Abessa, D.M.S. 2007. Circulação recente de sedimentos costeiros nas praias de Santos durante eventos de tempestades: dados para

a gestão de impactos físicos costeiros. *Geociências* (São Paulo), v. 26, p. 349-355.

Martins, C.C. 2004. Morfodinâmica de Praia Refletiva: Estudo de Caso a Praia da Sununga, Litoral Norte do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico-USP. 209p.

Munarin, P.C. & Freitas, F.P. 2010. Variação dos Perfis Praiais da Ponta da Praia, Santos-SP em Relação os Agentes Oceanográficos e Meteorológicos Locais. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Monte Serrat-UNIMONTE. 62p.

Noda, E.K. 1971. State-of-the-art of littoral drift measurements. *Shore & Beach*, 39: 35-41.

Pugh, D.T. 1987. *Tides, Surges and Mean Sea Level*. John Wiley & Sons. Chichester, U.K. 472 p.

Ranasinghe, R.; Mcloughlin, R.; Short, A.; Symonds, G. 2004. The Southern Oscillation Index, wave climate, and beach rotation. *Marine Geology*, 204, p. 273 – 287.

Short, A.D. 2000. Australian beach systems – the morphodynamics of wave through tide-dominated beach-dune systems. *Journal of Coastal Research*, SI 35: 7-20.

Short, A.D & Masselink, G. 1999. Embayed and structurally controlled beaches. In: Short, A.D. (ed.) *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*, p. 230-249. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA (ISBN 978-0-471-96570-1).

Souza, C.R. de G. 1997. As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências-USP. Volume I – Texto (184p.) e Volume II – Anexos (174p.).

Souza, C.R. de G. 2007. Determination of net shore-drift cells based on textural and morphological gradations along foreshore of sandy beaches. *Journal of Coastal Research*, SI 50, p. 620-625.

Souza, C.R. de G. 2009. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, Conseqüências, Indicadores de Monitoramento e Risco. In: *Memórias do*

Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de um Ano de Conhecimento Acumulado. Vera L. R. Bononi; Nelson A. Santos Júnior (Org.). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Instituto de Botânica /SMA. p. 48-69 (ISBN 978-85-7523-025-1).

Souza, C.R. de G. 2011. Rotação praias na Praia do Góes (Guarujá, SP/Brasil). In: XIV Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar – COLACMAR, Balneário Camboriú (SC). Resumos Expandidos, CD-ROM.

Souza, C.R. de G. & Luna, G.C. 2010. Variação da linha de costa e balance sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (Litoral Norte de São Paulo). Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management, 10(2): 179-199.

Souza, C.R. de G. & Suguio, K. 2003. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo State Plan for Coastal Management. Journal of Coastal Research, SI 35, p. 530-592.

Souza, C.R. de G.; Souza Filho, P.W.M.; Esteves, S.L.; Vital, H.; Dillenburg, S.R.; Patchineelam, S.M. & Addad, J.E. 2005. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: C.R. de G. Souza et al. (eds.). Quaternário do Brasil. Holos, Editora, Ribeirão Preto (SP). p. 130-152.

Suguio, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. Ed. Edgard Blucher/EDUSP. 317p.

Taggart, B.E. & Schwartz, M.L. 1988. Net shore-drift direction determination: a systematic approach. Journal of Shoreline Management, 3 (4): 285-309.

Tanner, W.F. 1995. Environmental Clastic Granulometry. Department of Environmental Protection, Florida Geological Survey. Special Public. n° 40, 142p.

8.7. Equipe Técnica

Dra. Celia Regina de Gouveia Souza – Geóloga-Oceanógrafa

MSc. Agenor Pereira Souza - Geólogo

Eduardo Garcia Rosa - Oceanógrafo

Ivete Costa - Química

José Alves de Andrade - Químico

Paulo Cesar Munarim - Oceanógrafo

Reinaldo Silveira Ferreira – Geógrafo