

8. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO PERFIL PRAIAL.....	1
8.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	2
8.2. METODOLOGIA.....	4
8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
8.4. CONCLUSÕES	89
8.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
8.6. EQUIPE TÉCNICA.....	93

8. Programa de Monitoramento do Perfil Praial

Este relatório apresenta a síntese dos resultados obtidos pelo Programa de Monitoramento do Perfil Praial realizado entre janeiro e junho de 2013, correspondente à etapa de monitoramento após as obras de dragagem de aprofundamento do Canal de Navegação do Porto de Santos e etapas de dragagem de manutenção do canal de navegação.

Os monitoramentos realizados antes e durante as obras de dragagem de aprofundamento se deram no período entre janeiro de 2010 a dezembro de 2011, cujos resultados foram integrados no 4º Relatório Técnico Semestral de Atividades do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos (RTS –030912) de setembro de 2012.

Como no ano de 2012 não houve monitoramento das praias deste estudo, não foi possível determinar os processos de dinâmica costeira que ali se desenvolveram durante esse período, sejam os naturais ou os induzidos por possíveis intervenções antrópicas que tenham ocorrido na costa. Entretanto, sabe-se que em 2012 os eventos de alta energia de ondas foram pouco frequentes (poucas ressacas e todas de fraca intensidade). Isto sugere que não devem ter ocorrido grandes modificações físicas nessas praias (pelo menos causadas por mecanismos naturais) e, em especial, a evolução dos fenômenos que em 2011 estavam em curso nas áreas críticas - Ponta da Praia (erosão acelerada) e Praia do Góes (rotação praial) não deve ter se acelerado.

No entanto, para o primeiro semestre de 2013, chama a atenção o número de eventos anômalos que ocorreram na região SE do Brasil. Segundo dados obtidos no site do INPE-CPTEC, foram 125 ciclones extratropicais, distribuídos mensalmente da seguinte forma: 17 em janeiro, 15 em fevereiro, 25 em março, 18 em abril, 25 em maio e 25 em junho. Nesse período se formaram 42 frentes frias, sendo que apenas 11 influenciaram o tempo atmosférico no estado de São Paulo.

Assim, a compreensão dos resultados apresentados neste relatório deve ser balizada por essa anomalia meteoceanográfica, que certamente afeta as praias e em especial as áreas críticas, assim como o fez durante todo o ano de

2010, que também teve grande número de eventos de alta magnitude e em alguns meses de 2011, em especial maio.

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, podendo resultar em 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 atividades de dragagem 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 (Souza *et al.*, 2012).

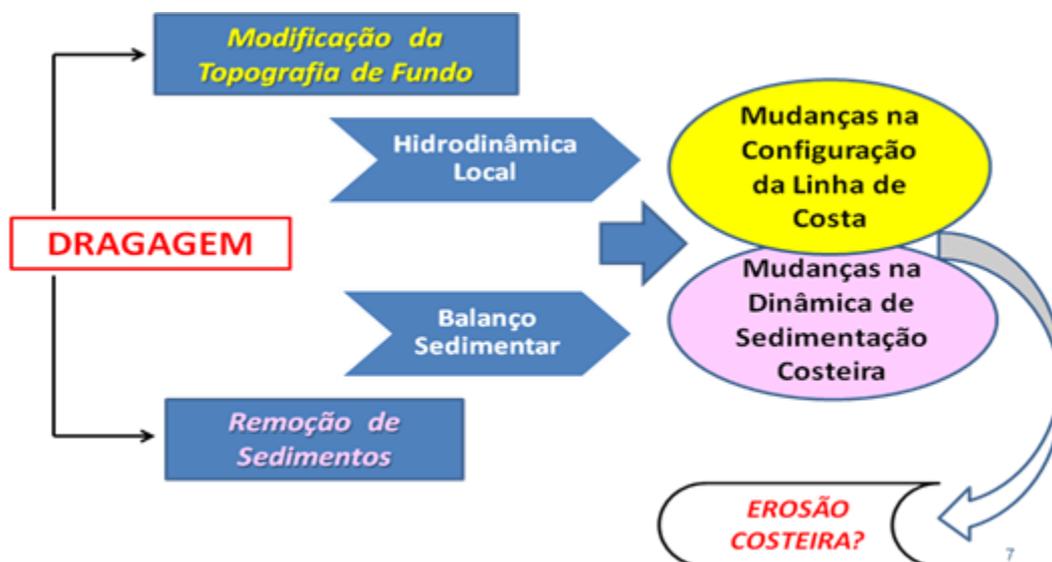


Figura 8.1-1. Possíveis impactos físicos da dragagem de um canal portuário (Souza *et al.*, 2012).

A erosão é um processo natural da dinâmica sedimentar de toda praia, mas se revela 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.

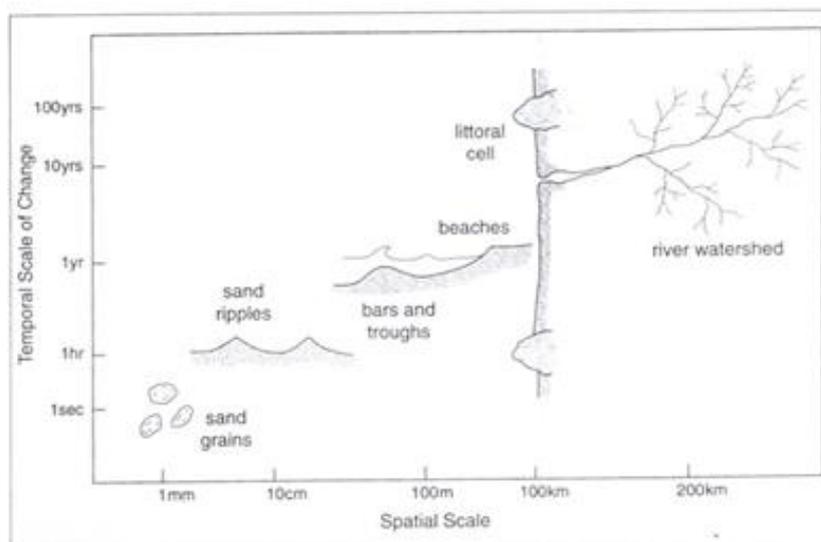


Figura 8.1-2. Escalas temporais e espaciais dos processos costeiros (fonte: Komar, 2000).

Com base nestes conceitos, o Programa de Monitoramento do Perfil 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 impactaram fisicamente essas praias, modificando essa dinâmica.

Para tanto, este programa compreendeu 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 quando comprovado algum impacto das obras na dinâmica sedimentar dessas praias.

8.2. Metodologia

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

8.2.1. Trabalhos de Campo: Perfilagem Praial

Toda a extensão das praias é monitorada por meio de perfis praiais perpendiculares à linha de costa. O espaçamento adotado entre estes perfis praiais 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).

As coletas se desenvolvem em 33 perfis praiais fixos, 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; Figura 8.2.1-1).

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

Segmento Praia	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)	José Menino
	STOS-04	
	STOS-05 (Canal 1)	Pompéia
	STOS-06 (Canal 1)	
	STOS-07	Pompéia
	STOS-08 (Canal 2)	
	STOS-09 (Canal 2)	Gonzaga
	STOS-10	
	STOS-11 (Canal 3)	Gonzaga
	STOS-12 (Canal 3)	
	STOS-13	Boqueirão
	STOS-14 (Canal 4)	
	STOS-15 (Canal 4)	Embaré
	STOS-16	
	STOS-17 (Canal 5)	Embaré
	STOS-18 (Canal 5)	
	STOS-19	Aparecida
	STOS-20 (Canal 6)	
	STOS-21 (Canal 6)	Ponta da Praia
	STOS-22	
	STOS-23	

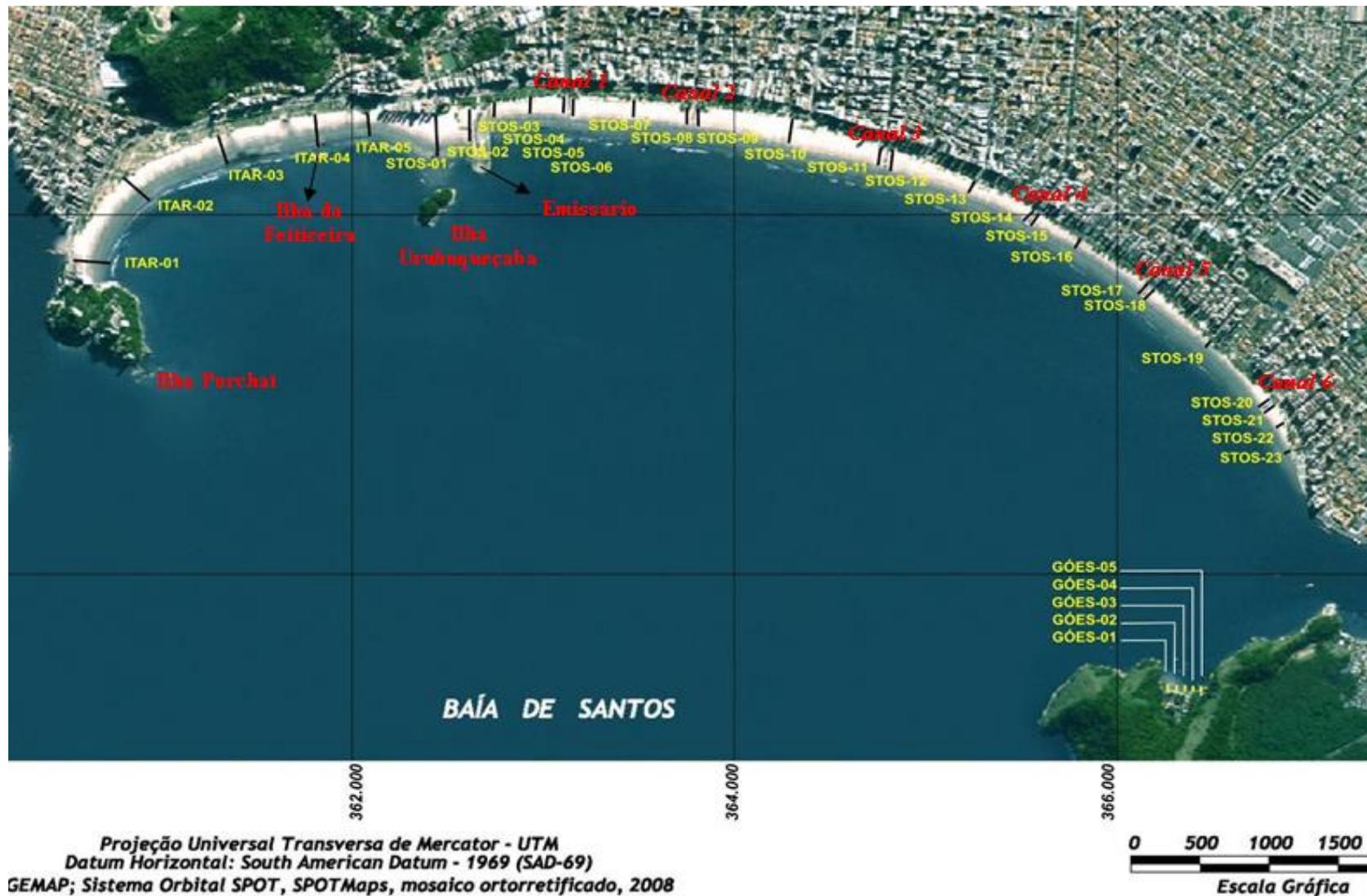


Figura 8.2.1-1. Localização dos perfis de monitoramento nas praias estudadas.

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) destes pontos iniciais são atualizadas a cada monitoramento por meio de um aparelho GPS de mapeamento (modelo *Mobile Mapper* marca Magellan). 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). Assim, todo perfil praial monitorado é reposicionado espacialmente a cada perfilagem mensal.



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



Figura 8.2.1-3. Posicionamento do perfil praial (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 praial 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 e 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 maré de quadratura diminuem os erros de largura e as variações de declividade medidos.

Os resultados de largura não puderam ser normalizados quanto às variações de maré porque não há disponibilidade de dados de marés reais. Para minimizar ainda mais os possíveis erros, os perfis são levantados sempre na mesma sequência, de forma que os horários são próximos em cada mês (exceto nos meses de horário de verão).

Ao final dos monitoramentos todos os perfis são 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).

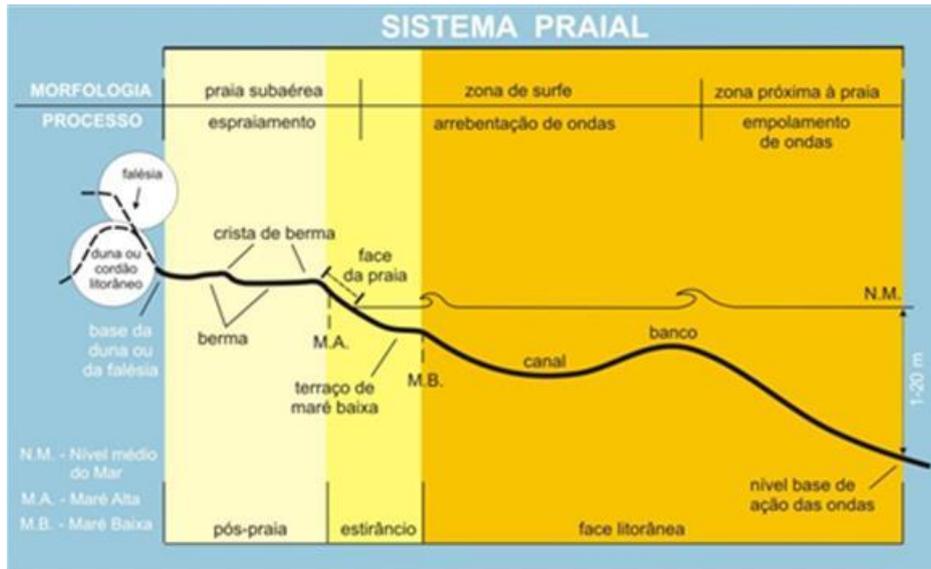


Figura 8.2.2.1-1. Sistema praial (Souza *et al.*, 2005).

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 trena eletrônica, e a altura da praia em cada ponto, com auxílio de um nível topográfico e baliza de Emery (Figura 8.2.2.1-4). O horário de início de cada perfil também é anotado.

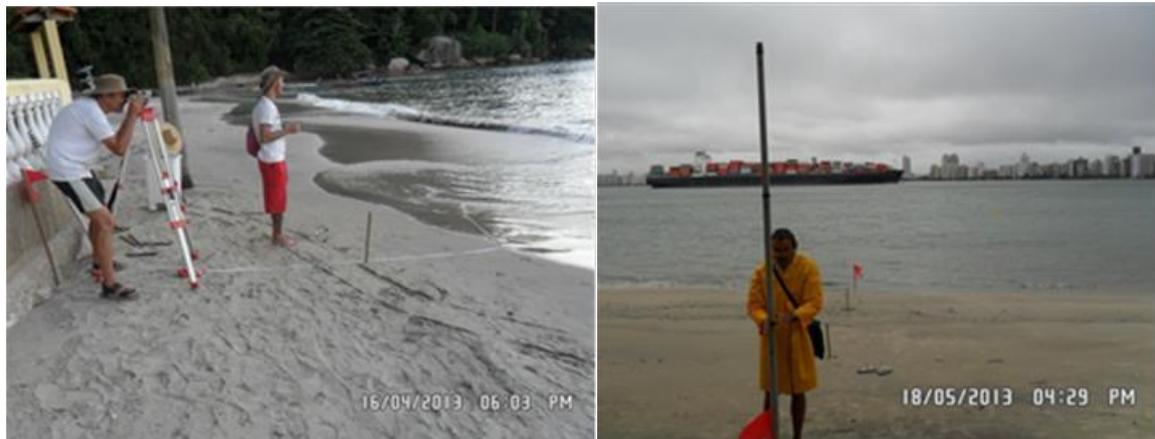


Figura 8.2.2.1-4. Leitura da altura da praia com auxílio de nível topográfico e baliza de Emery.

8.2.2.2. Dados oceanográficos e meteorológicos

Em cada perfil são realizadas também 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 por meio do intervalo de tempo, medido em segundos, decorrido entre duas quebras consecutivas no início da zona de arrebatção (limite externo), sendo contabilizadas 10 medidas. O resultado final é a média aritmética dos valores.

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



Figura8.2.2.2-1. Medição da ortogonal de ondas com bússola geológica.

As condições meteorológicas observadas no campo são descritas como: condições normais (CN), caracterizada por tempo bom, quente, estável, ensolarado, ventos fracos, ondas menores e associada a sistemas atmosféricos de alta pressão (anticiclone); condições frontais ou de atuação de frente fria (CF), caracterizadas por tempo instável, nublado, frio, chuvoso, ventos moderados a fortes, ondas médias a maiores e associadas a sistemas atmosféricos (depressões/cavados, tempestades, ciclones extratropicais etc.) de baixa pressão formados no oceano; e condições intermediárias (CI), que podem caracterizar uma situação atmosférica entre as condições de alta e baixa pressão ou uma condição de transição entre as mesmas, portanto incluindo as situações pré e pós-frontais e as 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 caracterizada (R). As ressacas, neste monitoramento, são interpretadas como ondulações costeiras de alturas elevadas para o padrão da praia, geralmente resultantes da atuação de ciclones extratropicais e outras tempestades oceânicas, posicionadas no Atlântico Sul. Essas ondas geralmente chegam à linha de costa acompanhadas de massas de ar frio (condição frontal) ou até 1 ou 2 dias após a passagem da frente fria.

A seguir, são apresentadas brevemente algumas informações sobre as marés meteorológicas e ressacas, visto a sua importância no desenvolvimento dos processos costeiros.

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 do Nível do Mar (NM) em torno de 1 cm a cada 1 hPa (p.ex., 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 consequente 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 consequência 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*): sobre-elevação 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 acompanham algumas marés meteorológicas positivas e podem dar origem a dois tipos de eventos: onda de tempestade (*storm surge*) – elevação anômala do NM gerada por uma tempestade; maré de tempestade (*stormtide*) – elevação do NM gerada pela combinação entre a *storm surge* e uma preamar de sizígia.

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 sobre-elevação 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 de maré meteorológica e ressacas entre os anos de 1951 e 1990 e a ressaca de junho de

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. Estes autores concluíram também que para esta 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 estes 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 sugerido no método de Souza (1997 e 2007) para a caracterização das células de deriva litorânea. Neste 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 erosão costeira

A presença de indicadores de erosão costeira (Tabela 8.2.2.4-1) é monitorada mensalmente em cada perfil. Estes indicadores são a base para a classificação do risco à erosão costeira.

Tabela 8.2.2.4-1. Indicadores de erosão costeira em São Paulo (Souza, 1997; Souza e 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	Freqüente 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 barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em local(s) mais ou menos fixo(s) da linha de costa.

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).

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

A Figura 8.2.3-1 apresenta 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	Itar - 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 aqui apresentados em gráficos de variabilidade espaço-temporal e têmporo-espacial de cada 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 embaiamentos) 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.

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 e Ward (1957), tradicionalmente utilizados na bibliografia geológica. Estes 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 e 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 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; Jacobsene 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 uma das principais causas de afogamentos nas praias.

Neste estudo a caracterização do transporte longitudinal de sedimentos ou das células de deriva litorânea nas praias foi feita com base no método morfotextural de Souza (1997 e 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 parâmetros de cada perfil praias 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 ocorram 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).

Células de Deriva Litorânea/Praial e Método de Souza

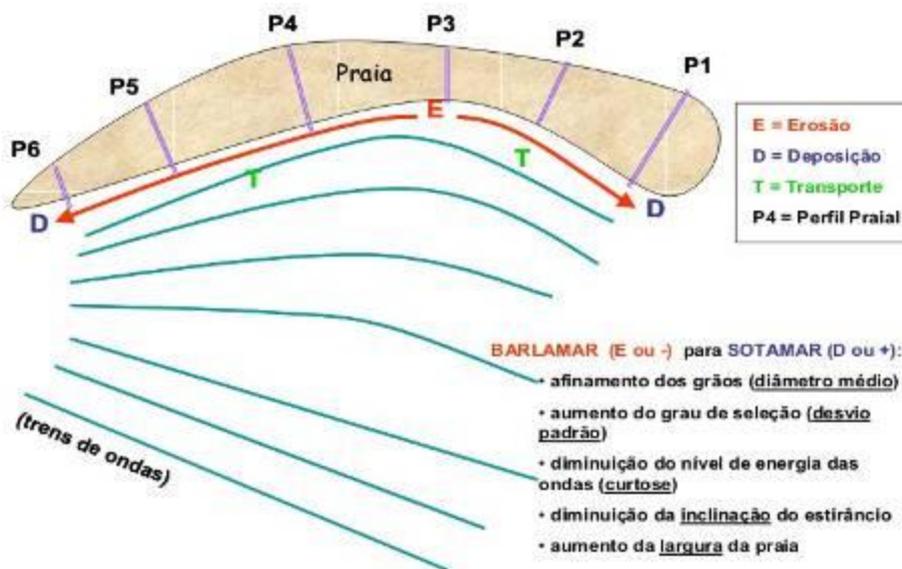


Figura 8.2.4.3-1. Variações das características morfotexturais da praia em função da atuação de uma célula de deriva litorânea, de E para D (Souza, 2007).

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 às mesmas condições e, assim, estabelecer modelos de previsão. Da mesma forma, servem para dimensionar possíveis influências externas.

Os resultados obtidos para cada perfilagem são especializados em base digital (imagem de satélite).

A deriva litorânea resultante corresponde à somatória das células obtidas em cada arco ou segmento praiial.

É importante ressaltar que existe uma defasagem espaço-temporal entre os resultados das células de deriva litorânea e os dados obtidos por meio do uso de indicadores morfológicos de transporte costeiro longitudinal observados no campo, sendo que comparações diretas devem ser feitas com cautela.

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

Os indicadores de erosão costeira (Tabela 8.2.4.4-1) 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 e 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 EROSIÃO 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.

- a) 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 praiial, tendo como conseqüência 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.

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

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

- 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 praiais.

<i>NOTA MÉDIA PONDERADA DA PRAIA</i>	<i>CLASSIFICAÇÃO DE RISCO TOTAL DA PRAIA</i>
1	MUITO BAIXO
1,1-3,0	BAIXO
3,1-6,0	MÉDIO
6,1-12,0	ALTO
12,1-15,0	MUITO ALTO

8.2.4.5. Balanço sedimentar das praias

O balanço sedimentar de uma praia pode ser medido por meio da sua variação volumétrica de areia ao longo do tempo.

Para o cálculo do balanço sedimentar são utilizados os volumes correspondentes a cada perfil monitorado, cujos valores são obtidos a partir dos

dados morfométricos medidos em cada campanha. O balanço sedimentar final é obtido pela diferença entre os volumes obtidos.

Em geral, não é adequado estabelecer o balanço sedimentar de um praia ou de perfis praias para períodos curtos de monitoramento, e principalmente seu intervalo amostral reflete uma sazonalidade, como é o caso em análise.

Mesmo assim, na tentativa de estabelecer algumas comparações com os dados obtidos nos monitoramentos anteriores, de 2010 a 2011, e averiguar possíveis tendências nas áreas críticas (Ponta da Praia de Santos e Praia do Góes), optou-se por apresentar aqui o balanço sedimentar dos perfis praias em relação a três campanhas, a saber: fevereiro de 2010, que corresponde à fase “pré-dragagem” e ao *datum* de referência do Programa de Monitoramento do Perfil Praia; dezembro de 2011, que foi o último mês de monitoramento realizado na fase “durante as obras de dragagem”, e é a última referência antes do atual monitoramento; e fevereiro de 2013, escolhido porque é o mesmo mês do *datum* de referência e se encontra na mesma situação de sazonalidade (verão) e em condições meteorológicas-oceanográficas(tempo bom) semelhantes aos dois anteriores. É importante destacar que a campanha de fevereiro de 2010 foi precedida de uma ressaca de fraca intensidade.

Note-se bem que os valores obtidos se referem ao volume de sedimentos contido num retângulo correspondente a cada perfil praias, cujo lado menor (largura) é fixo e tem apenas 1 m. Sendo assim, a somatória dos valores obtidos não representará o volume total da praia. Além disso, esses valores devem ser utilizados apenas para se estabelecer comparações e tendências temporais e não podem ser utilizados como absolutos.

8.2.4.6. Análises estatísticas multivariadas

Para as análises de séries de dados e sua variabilidade ao longo do tempo, são efetuados alguns tratamentos estatísticos texturais de Folk & Ward (1957), diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose, por meio do *software* ANASED 1.0.

8.2.4.7. Banco de dados

O desenvolvimento de um banco de dados alfanumérico e espacial, permanentemente atualizado, destina-se a armazenar 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 monitoramento, 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 função dos três segmentos praias estudados: Praia do Góes, Emissário-Ponta da Praia, Itararé-Emissário (vide Figura 8.2.1-1).

As análises de variabilidade temporal e espacial são apresentadas de acordo com os estudos efetuados nessas praias:

- a) Dados meteorológicos-oceanográficos coletados nas campanhas;
- b) Morfometria praial;
- c) Granulometria dos sedimentos do estirâncio;
- d) Células de deriva litorânea;
- e) Erosão costeira;
- f) Balanço sedimentar da praia.

8.3.1. Praia do Góes

8.3.1.1. Condições meteorológico-oceanográficas

A síntese das condições meteorológico-oceanográficas medidas no campo é apresentada na Tabela 8.3.1.1-1.

Tabela 8.3.1.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos coletados nos dias de monitoramento praias na Praia do Góes.

SEGMENTO PRAIAL PRAIA DO GÓES					
PERFILAGEM PRAIAL					CONDIÇÕES ANTECEDENTES À PERFILAGEM PRAIAL
Data da Perfilagem	Condição Meteorológica e Tempo Atmosférico	Ondas Naturais			Sistemas Meteorológicos
		Altura média (m)	Período (seg)	Ortogonal (rumo)	
05/01/2013	CN (pósCF/R) Ensolarado	0,2 a 0,5	7 a 12	25°NW a 20°NE	29 a 31/12: ZCAS 01 e 02/01: SBPO (CE) 03 e 04/01: SF-CE
03/02/2013	CN Nublado	0,2	5,4 a 6,9	15°NW a 30°NE	26/01: Anticiclone 27 e 28/01: Sistema Frontal 29 a 31/01: ZCAS 01 e 02/02: Anticiclone
06/03/2013	CI/R (pósCF/R) Nublado	0,2 a 0,7	8,7 a 10,4	32° NW a 40° NE	27/02: SF 28 a 04/03: Anticiclone 05/03: Anticiclone/SF/R (noite)
16/04/2013	CN (pósCF/R) Ensolarado	0,1 a 0,6	7,6 a 12,2	30° NW a 20° NE	09 a 11: ZCAS 12 a 13: SF-CE 14 a 15: Anticiclone pós-SF
18/05/2013	CI (pósCF/R) Nublado com chuva fina intermitente	0,1 a 0,4	8,7 a 11,6	37° NW a 42° NE	11: Anticiclone pós-SF 12 a 15: ASAS e SBPO 16: ASAS/Sistema Frontal 17: Sistema Frontal
15/06/2013	CN Nublado	0,1 a 0,2	9,2 a 11,5	28°NW a 30° NE	08 a 10: Anticiclone 11 e 12: SBPO 13 e 14: Anticiclone

CN: Condição Normal (sistema de alta pressão, tempo estável); CF: Condição Frontal (sistema de baixa pressão, tempo instável-frente fria); CI: Condição Intermediária; R: atuação de Ressaca. Anticiclone: sistema de alta pressão (tempo bom); SAP: Sistema de alta pressão; SBP: Sistema de baixa pressão; SBPO: Sistema de baixa pressão no oceano; SF: Sistema frontal; CE: ciclone extratropical; ZCAS: Zona de Convergência do Atlântico Sul; ASAS: Alta Subtropical do Atlântico Sul.

No período entre janeiro e junho de 2013, as perfilagens praias foram realizadas nas seguintes condições meteorológicas: CN em fevereiro e junho; CN pós-CF/R em janeiro e abril; CI/R pós-CF/R em março e maio.

As ondulações medidas nessa praia apresentaram alturas entre 0,1 (abril, maio e junho) e 0,7 m (março – Góes-05), e direções entre 37° NW (canto E) e 42° NE (canto W) (Figura 8.3.1.1-1). A altura máxima média foi de 0,3 m.

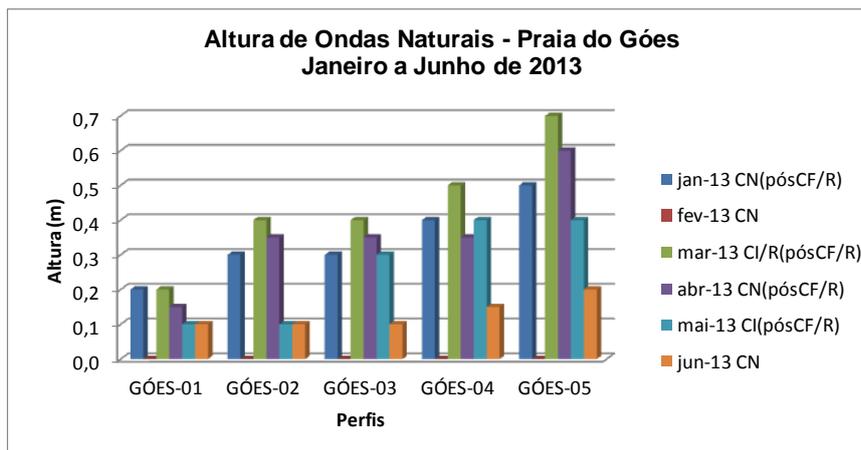


Figura 8.3.1.1-1. Variação têmporo-espaical da altura de ondas medidas durante o monitoramento praial de janeiro a junho de 2013.

Em termos de distribuição espacial, em geral o setor E (Góes-04 e Góes-05) da praia apresentou as ondas de maior altura e o extremo W (Góes-01) as de menor altura. Na parte centro-W da praia (Góes-02 e Góes-03) as alturas foram semelhantes e intermediárias em relação aos extremos. Há, portanto, uma diminuição gradativa da energia de ondas (diretamente proporcional à altura) de E para W, que seria um padrão esperado para uma praia com essa fisiografia costeira, ou seja, encaixada ao fundo de uma enseada cujo extremo E recebe maior influência das ondulações provenientes da abertura da Baía de Santos, e o extremo W, mais abrigado, se comporta como zona de sombra.

O gráfico mostra também que, como esperado, as maiores ondulações da praia estiveram associadas a ressacas ocorridas durante o monitoramento (março), ou de 1 a 2 dias antes do dia de monitoramento (janeiro, abril e maio).

As ondas anômalas de março foram causadas pela atuação de tempestades no oceano (não houve atuação de frente fria no continente), devido à formação de um forte ciclone extratropical (sistema de baixa pressão) no oceano Atlântico (a 42°S/50°W) no dia 3 de março, que atuou até o dia 5 (INPE-CPTEC).

8.3.1.1.1. Comparação com o monitoramento de 2010-2011

O conjunto de dados coletados no monitoramento de 2010-2011 é apresentado na Figura 8.3.1.1.1-1.

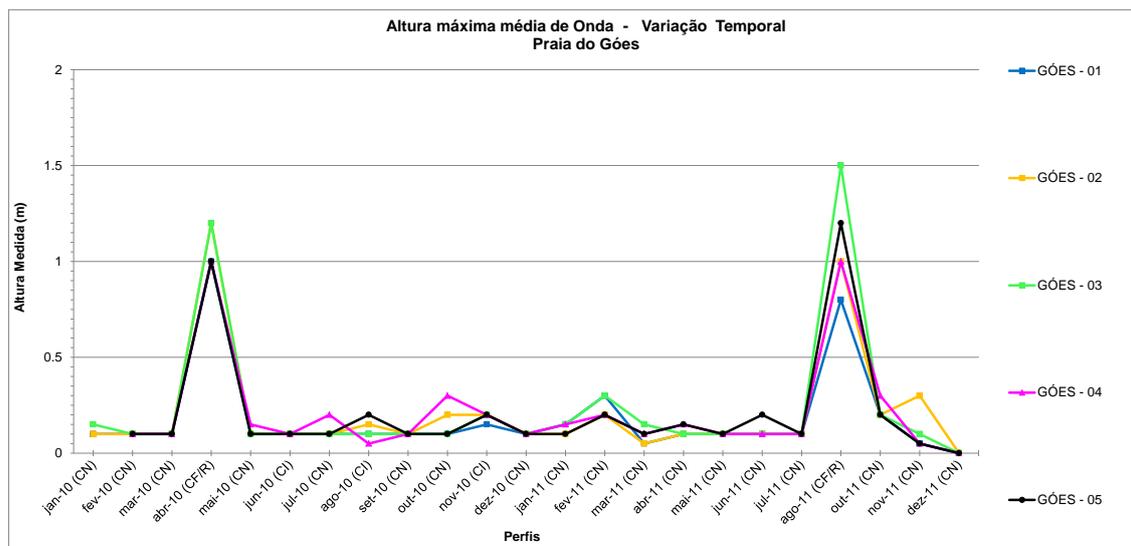


Figura 8.3.1.1.1-1. Variação têmpero-espaial da altura de ondas medidas durante o monitoramento praiado de 2010-2011.

Como esperado, durante 2010-2011 a altura das ondas foi maior durante as condições de ressaca, quando todos os perfis apresentaram alturas muito elevadas para essa praia, variando de 1,0 (Góes-01) a 1,2 m (Góes-03) em 2010 (fase final do evento) e de 0,8 (Góes-01) a 1,5 m (Góes-03) em 2011 (fase final do pico do evento). Portanto, sob CF/R o perfil Góes-03 foi o local de maior energia de ondas, seguido de Góes-05, e Góes-01 o de menor energia. Em situações de CN e CI a variação da altura das ondas foi bastante baixa, entre 0,0 e 0,30 m, sendo que não foram notados padrões de energia para qualquer perfil. As médias das alturas máximas forma de 0,20 para 2010 e de 0,14 para 2011.

Comparando as médias das alturas máximas obtidas para os 3 períodos de monitoramento, observa-se que em 2013 foi maior (0,30 m), seguida de 2010 (0,20 m) e 2011 (0,14 m). Esses dados devem ser analisados com cautela, pois refletem muito o número de eventos de ressaca coincidentes com os dias de monitoramento, bem maior em 2013 do que em 2010 e 2011.

Comparando as alturas das ondas máximas medidas sob condições de ressacas em 2010, 2011 e 2013 em todos os perfis da praia, conclui-se que, até o momento, não houve aumento da altura e, conseqüentemente da energia das ondas, em nenhum setor da praia. O mesmo é válido para as ondas em CN/CI.

Por outro lado, o que se pode dizer em termos de variabilidade é que houve um deslocamento aparente do local de maior energia em condições de ressaca, que passou de Góes-03 para Góes-05 e Góes-04.

Outro processo importante a ser destacado para o período atual de monitoramento, diz respeito ao desenvolvimento de uma estreita zona de surfe no setor E dessa praia, entre os perfis Góes-05 e Góes-04, que em 2010-2011 era observada apenas em condições de alta energia de ondas (ressacas) (Figura 8.3.1.1.1-2). Essa modificação morfológica no perfil praiial submerso pode ser, inclusive, o motivo do aumento aparente da altura de ondas medidas nesse setor da praia.



Figura 8.3.1.1.1-2. Zona de surfe no setor E da Praia do Góes em situações de ressaca à esquerda (acima: agosto de 2011; abaixo: março de 2013) e de tempo bom à direita (acima: novembro de 2011; abaixo: junho de 2013).

Há, aparentemente, duas explicações possíveis para o estabelecimento dessa zona de surfe:

- a) Escala de amostragem de curto período: como os monitoramentos de 2013, ao contrário de 2010/2011, foram realizados seguidamente em condições de ressaca ou pós-ressaca (dia seguinte ao pico), então é possível que o processo observado seja consequência direta da ressaca em si. Sendo assim, o que se espera é que, passada a fase desses eventos, a praia retome a condição anterior, sem essa zona de surfe.
- b) As ressacas pararam de “empilhar” sedimento no perfil emerso da praia (processo anômalo em se tratando da resposta morfológica de uma ressaca), como faziam em 2010-2011 (Figura 8.3.1.1.1-3), durante a fase mais aguda da evolução do fenômeno de rotação praiial (Fundespa, 2012). O que se observa agora é que as ressacas começam a retirar

sedimentos do perfil emerso da praia, removendo-os para o perfil submerso (processo normal esperado para as ressacas), na forma de bancos arenosos, responsáveis pela formação dessa estreita zona de surfe. Esse mecanismo pode ser visualizado na Figura 8.3.1.1.1-4, onde se observa uma marcante redução no nível da areia na base do antigo píer de atracação (perfil Góes-5) quando se comparam as situações de dezembro de 2011 e junho de 2013. Essa redução tem sido observada desde janeiro de 2013, o que sugere que essa nova resposta do perfil praiial às ressacas deve estar em curso desde 2012.

Em outras palavras, tanto num caso como no outro, o processo de rotação praiial parece estar atualmente em sua fase de enfraquecimento, com diminuição considerável dos pulsos de empilhamento causados pelas ressacas. Como esperado, já começou o reajuste morfológico e reacomodação dos sedimentos no prisma praiial, no sentido costa-afora, dando início à retransferência dos sedimentos do setor E para o setor W da praia. Mas isto deverá ocorrer de forma lenta, a princípio com a remoção dos sedimentos do perfil emerso para o perfil submerso da praia do setor E, durante as ressacas, e posterior transporte dos sedimentos para o canto W da praia por correntes de deriva litorânea de muito baixa velocidade.



Figura 8.3.1.1.1-3. Perfil Góes-05 (setor E da praia), durante fase de maior evolução do fenômeno de rotação praial, em junho de 2010 (acima), e após uma forte ressaca, em agosto de 2010 (abaixo). Nota-se forte empilhamento de sedimentos devido à ressaca de agosto, parte dos quais remobilizados antropicamente para a desobstrução da passarela de acesso à via.



Figura 8.3.1.1.1-4. Redução do nível de areia na base do píer da Praia do Góes entre dezembro de 2011 (acima) e junho de 2013 (abaixo). Ambas as imagens foram obtidas em situação de maré de quadratura, em fase de subida da maré e tempo bom.

Os reflexos desta nova fase de evolução da rotação praial são encontrados na variação morfológica e textural que a praia sofreu, conforme será discutido adiante.

8.3.1.2. Morfometria e morfologia praial

A variação temporal de largura da Praia do Góes é exibida na Figura 8.3.1.2-1. As curvas se mostram sintônicas, revelando tendências semelhantes de comportamento da praia sob as diferentes condições meteorológicas-oceanográficas.

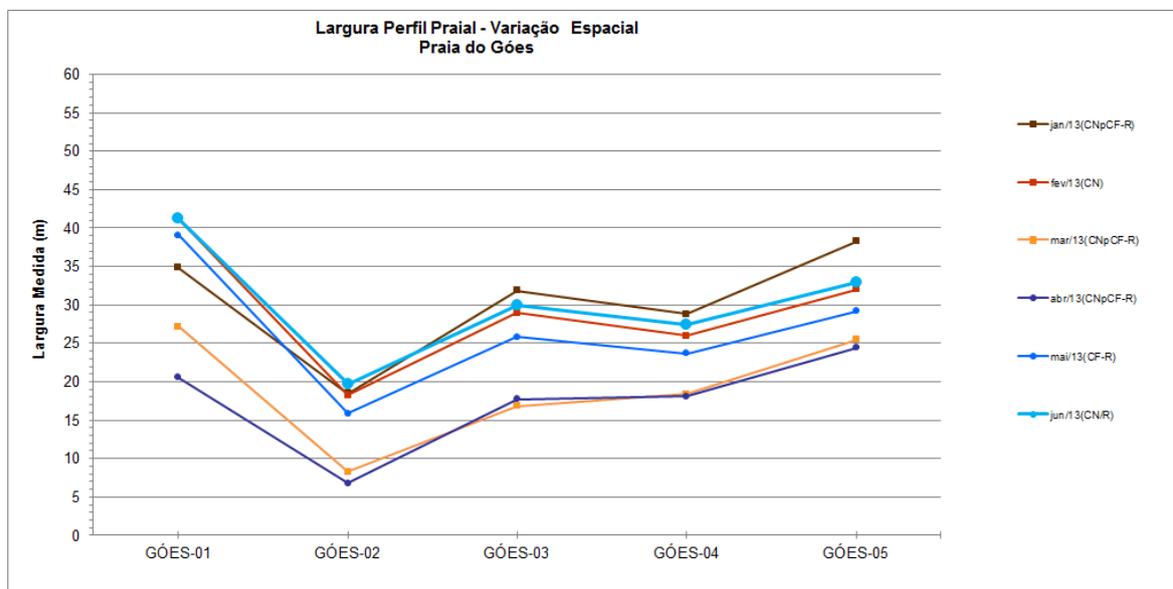


Figura 8.3.1.2-1. Variação espaço-temporal da largura da Praia do Góes entre janeiro e junho de 2013.

No período de monitoramento, a Praia do Góes apresentou larguras que variaram de 41,33 m (Góes-1 em junho) a 6,78 m (Góes-02 em abril).

Góes-01 foi o perfil a apresentar as maiores variações mensais de largura. Foi, via-de-regra, o perfil mais largo da praia, exceto em janeiro e abril, quando foi ultrapassado por Góes-05. Este, por sua vez, atingiu larguras próximas a Góes-01 durante todo o período, variando de 38,28 (janeiro) a 24,45 m (abril). Góes-02 se manteve como o perfil de menor largura (19,76 a 6,78), enquanto Góes-03 (31,9 a

16,8 m) e Góes-04 (28,8 a 18,09 m) apresentaram larguras e variações similares e intermediárias entre os demais.

Nas ressacas de março e abril, todos os setores da praia atingiram as menores larguras de todo o período de monitoramento, especialmente no setor central (Góes-02, Góes-03 e Góes-04). Entretanto, nas ressacas de janeiro e maio esse padrão esperado não foi mantido, pois a maioria dos perfis apresentou larguras comparáveis às medidas em meses sob CN. Isso se deu por causa da variação das amplitudes de maré nesses dias.

Comprando o início e o final do monitoramento realizado no primeiro semestre de 2013 (janeiro e junho), observa-se que em geral não ocorreram grandes variações, em especial nos perfis Góes-02, Góes-03 e Góes-04. Nas extremidades da praia as variações foram maiores, principalmente em Góes-01, como se segue:

- Góes-01: 34,86 m em janeiro de 2013, 41,33 m em junho de 2013;
- Góes-02: 18,48 m em janeiro de 2013, 19,76 m em junho de 2013;
- Góes-03: 31,9 m em janeiro de 2013, 30,0 m em dezembro de 2011;
- Góes-04: 28,8 m em janeiro de 2013, 27,46 m em dezembro de 2013;
- Góes-05: 38,28 m em janeiro de 2013, 32,86 m em junho de 2013.

8.3.1.2.1. Comparação com o monitoramento 2010-2011

A variação temporal da largura dessa praia no período de 2010-2011 é exibida na Figura 8.3.1.2.1-1.

De maneira geral, nesse período, as larguras de Góes-01 e Góes-02 foram decrescendo paulatinamente, enquanto que as de Góes-04 e Góes-05 (passou de 0,0 m em 2010 até 34,2 m em 2011) aumentaram; Góes-03 se manteve relativamente estável. Góes-01 foi invariavelmente o perfil mais largo (máximo de 59,4 m em 2010 e mínimo de 30,15 m em 2011) e Góes-02 (máximo de 31,2 m em 2010 e mínimo de 9,09 m em 2011) passou à condição de perfil mais estreito a partir de novembro de 2010, permanecendo assim até o final de 2011.

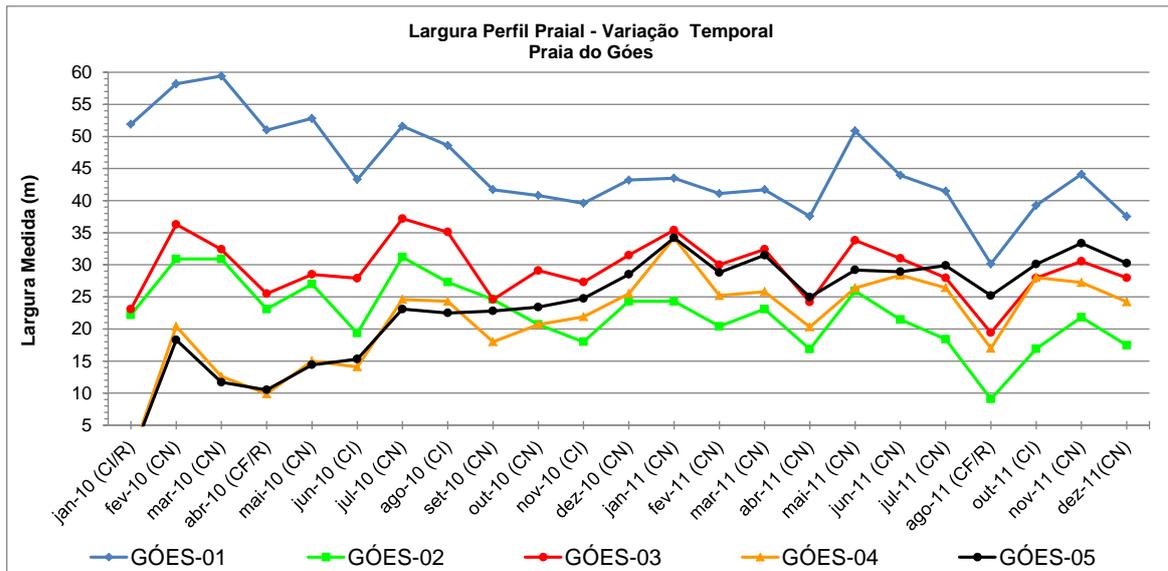


Figura 8.3.1.2.1-1. Variação têmporo-espacial da largura da Praia do Góes entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011 (fonte: Fundespa, 2012).

Comparando-se esses dados com os de 2013, o que mais chama a atenção é o fato de que as larguras dos dois extremos da praia (Góes-01 e Góes-05), que sempre foram bem diferentes, se assemelharam pela primeira vez em 2013, com Góes-05 até ultrapassando Góes-01 em janeiro e abril. Isto caracteriza uma tendência esperada na evolução do processo de rotação praial, conforme definida para esta praia em 2010-2011 (Souza, 2011), como resposta à continuidade do realinhamento do arco praial. Em outras palavras, parece que a praia está sofrendo a última fase dessa evolução, comprovadamente, sem relação com as obras de dragagem.

Esses dados também indicam que as variações temporais de largura observadas durante os seis primeiros meses de 2013 não são somente anomalias causadas pela sucessão de eventos meteorológicos-oceanográficos, mas também fazem parte da acomodação morfológica dos perfis nesta fase da rotação praial.

8.3.1.3. Granulometria dos sedimentos do estirâncio

A Figura 8.3.1.3-1 apresenta a variação temporal da distribuição do diâmetro, em escala phi (ϕ), nessa praia. Observou-se grande variação granulométrica em todos os meses. Em janeiro houve um predomínio de areias finas (ϕ entre 2 e 3) em todos os perfis, exceto em Góes-04 (areia média). Em fevereiro as areias finas prevaleceram apenas no setor W da praia (Góes-01 e Góes-02), enquanto nos demais perfis (setores central e E) predominaram as areias muito finas (ϕ entre 3 e 4). Em março e abril nota-se o aumento do tamanho dos grãos de W para E. Em março as areias finas entre Góes-01 e Góes-03 passaram a areias médias em Góes-04 e Góes-05. Em abril, as areias finas estavam em Góes-01 e Góes-02, as médias em Góes-03 e Góes-04 e em Góes-05 apareceram pela primeira vez areias muito grossas (ϕ entre -1 e 0). No mês de maio observou-se areias médias em Góes-01, Góes-04 e Góes-05, e areias finas em Góes-02 e Góes-03. Em junho, todos os perfis voltaram a apresentar areias finas.

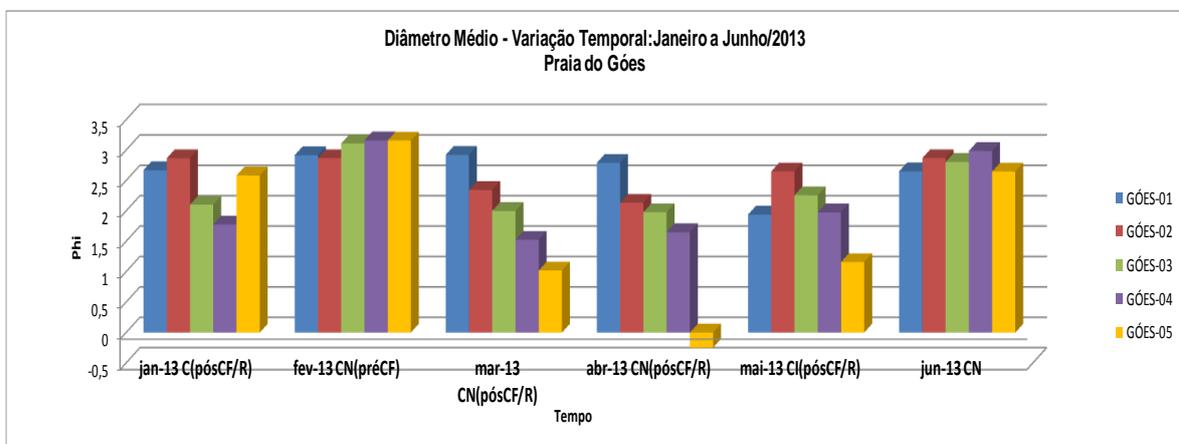


Figura 8.3.1.3-1. Variação temporal do diâmetro médio dos sedimentos da Praia do Góes no período de janeiro a junho de 2013.

Em relação ao grau de seleção dos sedimentos (Figura 8.3.1.3-2), em janeiro, todos os perfis apresentaram moderada seleção, exceto Góes-03, que se mostrou pobremente selecionado. Em fevereiro, o grau de seleção aumentou na praia toda, sendo muito bem selecionado no setor E da praia (Góes-04 e

Góes-05), bem selecionado em Góes-01 e Góes-03, e moderadamente selecionado em Góes-02. Em março e abril a seleção diminuiu gradativamente de W para E, sendo que os sedimentos se mostraram bem selecionados em Góes-01, moderadamente selecionados em Góes-02 e Góes-03, e pobremente selecionados em Góes-04 e Góes-05. Em maio houve uma inversão no padrão, com Góes-01 se apresentando anormalmente pobremente selecionado, e os demais perfis moderadamente selecionados. Em junho, o setor W da praia apresentou sedimentos bem selecionados e o restante pobremente selecionados.

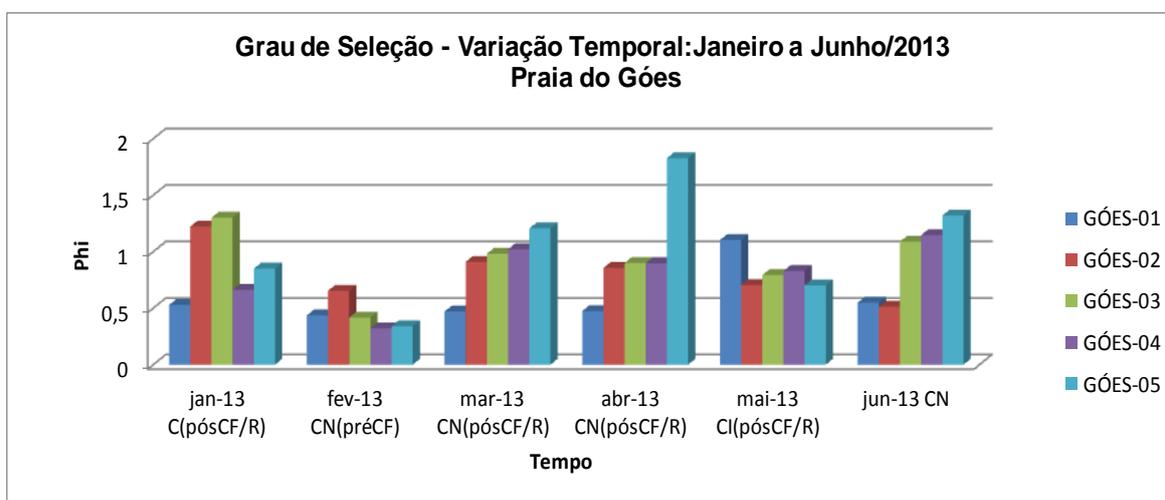


Figura 8.3.1.3-2. Variação temporal do grau de seleção dos sedimentos da Praia do Góes no período de janeiro a junho de 2013.

A Figura 8.3.1.3-3 apresenta o comportamento da curtose ao longo das campanhas de perfilagem. Em janeiro os sedimentos mesocúrticos ocorreram nos perfis Góes-01 e Góes-02, platicúrticos em Góes-03 e leptocúrticos em Góes-04 e Góes-05. Em fevereiro, os mesocúrticos, continuaram no setor W (Góes-01 e Góes-02), enquanto os leptocúrticos predominaram no restante da praia. Em março, os sedimentos mesocúrticos ocuparam as extremidades da praia e o perfil Góes-04, e os platicúrticos a porção central (Góes-02 e Góes-03). Em abril os valores mesocúrticos ocorreram nos perfis Góes-01 e Góes-03, os platicúrticos nos perfis Góes-02 e Góes-04 e os muito leptocúrticos no perfil Góes-05. Em maio, houve o predomínio de sedimentos platicúrticos em toda a praia. Já em junho, nos perfis Góes-01 a Góes-03 ocorreram os mesocúrticos e nos perfis Góes-04 e Góes-05 (setor E), leptocúrticos.

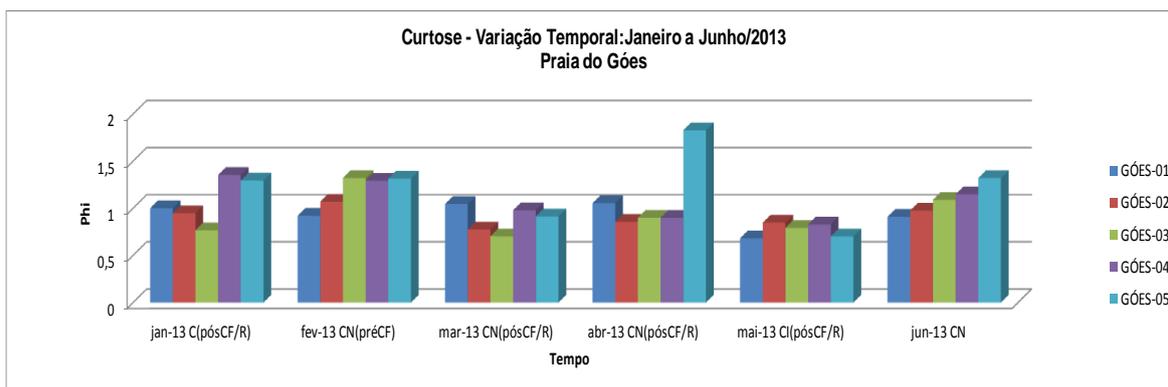


Figura 8.3.1.3-3. Variação temporal da curtose dos sedimentos da Praia do Góes no período de janeiro a junho de 2013.

Em relação ao parâmetro assimetria, a Figura 8.3.1.3-4 mostra o comportamento da mesma ao longo do tempo. Na campanha de janeiro o grau de assimetria apresentou valores simétricos nos perfis Góes-01 e Góes-02 e muito negativo nos demais perfis. Em fevereiro, o grau foi muito negativo no perfil Góes-02 e restante da praia foi negativo. Já em março, os sedimentos apresentaram valores de assimetria negativa em Góes-01 e Góes-02, simétrica em Góes-03 e Góes-05 e positiva em Góes-04. Em abril, os perfis Góes-01 e Góes-02 mostraram valores simétricos, Góes-03 assimetria negativa e os perfis Góes-04 e Góes-05, assimetria positiva. Em maio, os perfis Góes-01 e Góes-05 apresentaram grau de assimetria simétrico, os perfis Góes-03 e Góes-04, negativos e o perfil Góes-02, muito negativo. Já em junho, apenas o perfil Góes-01 mostrou-se simétrico, enquanto os demais, muito negativos.

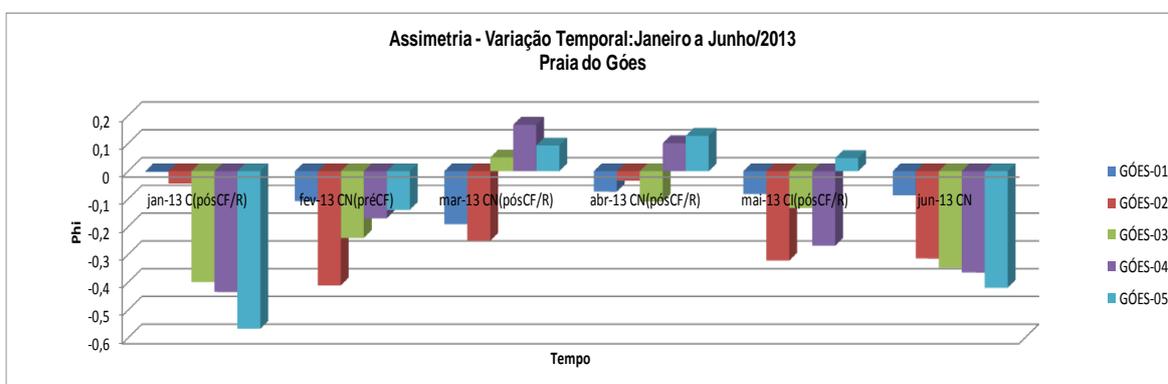


Figura 8.3.1.3-4. Variação temporal da assimetria dos sedimentos da Praia do Góes no período de janeiro a junho de 2013.

8.3.1.3.1 Comparação com o monitoramento 2010-2011

A Figura 8.3.1.3.1-1 exibe a variabilidade do diâmetro médio dos perfis dessa ao longo de todos os meses monitorados, de janeiro de 2010 a junho de 2013.

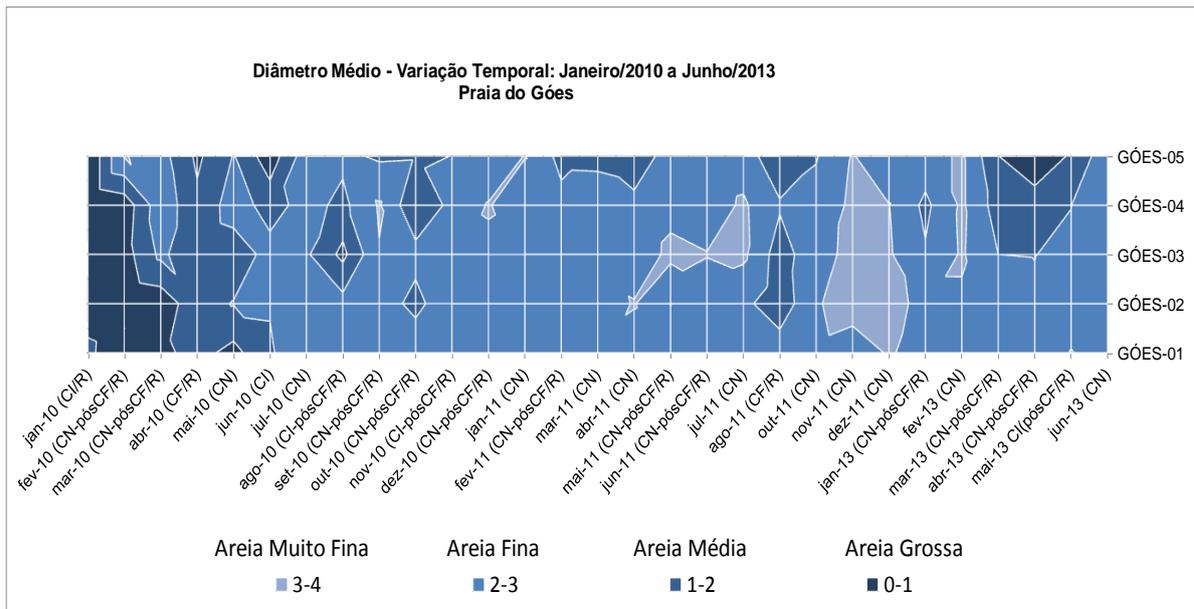


Figura 8.3.1.3.1-1. Comparação do diâmetro médio dos sedimentos da Praia do Góes no período de janeiro de 2010 a junho de 2013. Fonte dos dados de 2010 e 2011: Fundespa (2012).

Esse gráfico é bastante elucidativo em relação à evolução do próprio fenômeno da rotação praial.

De 2010 até 2011, a medida que o fenômeno evoluía, as areias foram se tornando paulatinamente mais finas, passando de predominantemente grossas entre janeiro e março de 2010, para predominantemente médias entre abril e junho de 2010, para predominantemente finas entre julho de 2010 e julho de 2011 e predominantemente muito finas entre novembro e dezembro de 2011.

Em janeiro 2013, as areias já se apresentavam predominantemente finas; em fevereiro eram finas (Góes-01 e Góes-02) e muito finas (Góes-03 a Góes-05); entre março e maio, Góes-01 e Góes-02 ainda conservavam as areias finas, porém pela primeira vez desde 2010, começam a reaparecer areias médias

(Góes-03 e Góes-04) e grossas (Góes-05) na praia; e em junho as areias finas retornam a todos os perfis.

O aparente reaparecimento de areias mais grossas entre março e maio de 2013, meses que se encontravam em situações de pós-ressacas, parece reforçar as conclusões apresentadas anteriormente sobre o novo comportamento das ressacas nessa praia, agora causando erosão de sedimentos da pós-praia (perfil emerso) e levando-os para a face litorânea (porção submersa da praia). Vale lembrar que a pós-praia dos perfis do setor centro-leste da praia é formada por areias médias a grossas ricas em cascalhos biodetríticos (Figura 8.3.1.3.1-2).

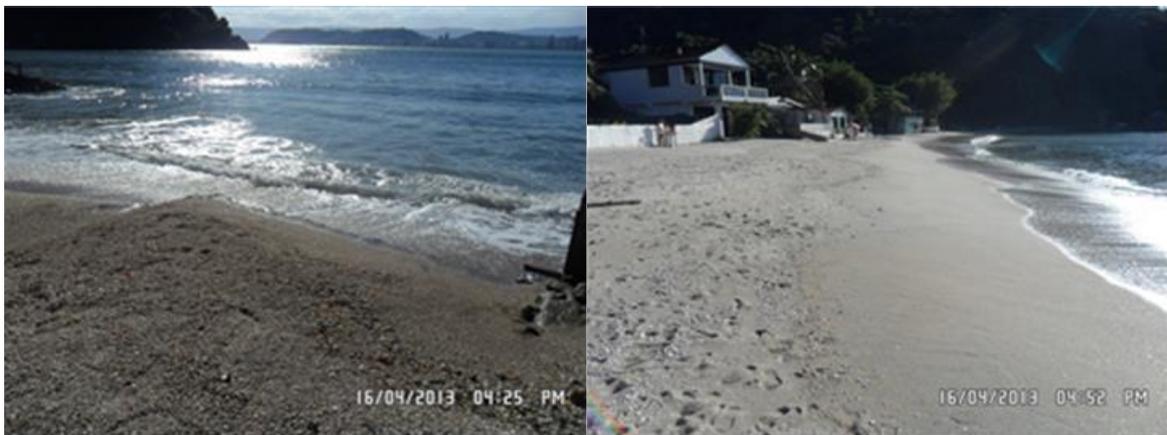


Figura 8.3.1.3.1-2. Sedimentos grossos na pós-praia dos perfis Góes-05 (esquerda) e Góes-04/Góes-03, retrabalhados durante as ressacas e levados para a porção submersa da praia.

8.3.1.4. Células de deriva litorânea

O comportamento das células de deriva litorânea, ao longo do 1º semestre de 2013, é mostrado na Figura 8.3.1.4-1.

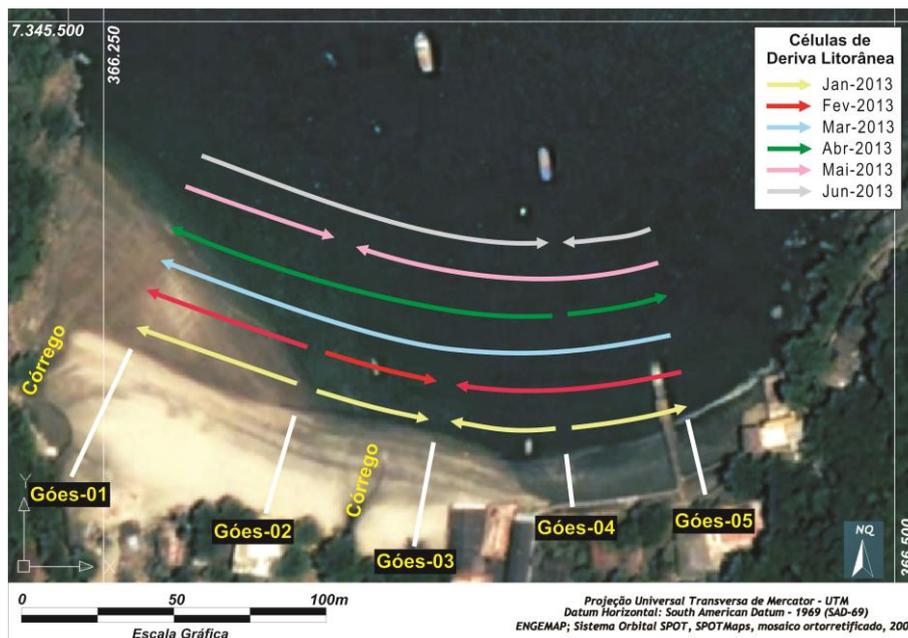


Figura 8.3.1.4-1. Variação do comportamento das células de deriva litorânea na Praia do Góes, entre janeiro e junho de 2013.

Em janeiro, a disposição das células indicava uma zona de convergência (deposição) no perfil Góes-03 e duas zonas de divergência (erosão), nos perfis Góes-02 e Góes-04. Assim, o transporte costeiro longitudinal para E foi equivalente ao para W.

No mês seguinte, a praia apresentou uma distribuição semelhante, mas com transporte resultante para W. Em março, foi identificada apenas uma única célula, indicando transporte resultante para W.

Em abril, constatou-se a ocorrência de uma zona de divergência em Góes-04, formada por duas células de tamanhos diferentes e sentido opostos. O transporte longitudinal resultante foi também para W. Apenas uma zona de convergência (Góes-02) foi mapeada, na campanha de maio e o transporte principal foi para W.

Na perfilagem de junho, ocorreram duas células formando uma zona de convergência em Góes-04, com indicação de transporte resultante para E.

8.3.1.5. Risco à erosão costeira

A Tabela 8.3.1.5-1 mostra uma síntese da classificação de risco à erosão costeira obtida para essa praia durante o período de monitoramento.

Tabela 8.3.1.5-1. Classificação de risco à erosão costeira (para legenda dos Indicadores de Erosão Costeira I a XI consultar a Tabela 8.2.2.4-1).

Perfil	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Risco Perfil	Nota (ponderada)	RISCO TOTAL (média ponderada)
GOES - 01		X	X						X	X		BAIXO	2,0	BAIXO (2,8)
GOES - 02		X								X	X	MÉDIO	6,0	
GOES - 03		X										BAIXO	2,0	
GOES - 04		X										BAIXO	2,0	
GOES - 05		X						X	X			BAIXO	2,0	

O Risco total da praia foi classificado como Baixo. Em relação a 2011, o risco não se alterou. O perfil Góes-02 continua sendo o mais erosivo da praia, principalmente nas situações de ressaca, quando as águas atingem as construções (Figura 8.3.1.5-1).



Figura 8.3.1.5-1. Góes-02 durante a ressaca de 06 de março de 2013.

A erosão no Fortim não se alterou desde fevereiro de 2010 (Figura 8.3.1.5-2). Isto indica também que a energia das ondas no canto E da praia não sofreu incremento desde então, caso contrário a erosão certamente

teria aumentado, já que esse setor é o mais aberto da praia e o de maior embate de ondas.



Figura 8.3.1.5-2. Fortim do Góes nos dias: (a) 20 de fevereiro de 2010; (b) 20 de dezembro de 2011; (c) 15 de junho de 2013.

8.3.1.6. Balanço sedimentar

A Figura 8.3.1.6-1 apresenta os conjuntos de curvas morfológicas de cada perfil obtidas no monitoramento de 2013 e as duas curvas de referência, de fevereiro de 2010 e dezembro de 2011, que foram utilizadas para os cálculos do balanço sedimentar.

Os cálculos do balanço sedimentar de cada perfil, relativos às curvas de fevereiro de 2010, dezembro de 2011 e fevereiro de 2013, são apresentados na Tabela 8.3.1.6-1. Note-se bem que esses valores se referem ao volume de um retângulo correspondente a cada perfil, cujo lado menor (largura) é fixo e tem

apenas 1 m. Sendo assim, a somatória dos valores obtidos não representa o volume total da praia. Os valores apresentados devem ser utilizados apenas para se estabelecer comparações e tendências temporais e não podem ser utilizados como absolutos.

Tabela 8.3.1.6-1. Balanço sedimentar de cada perfil monitorado na Praia do Góes, relativo a fevereiro de 2010, dezembro de 2011 e fevereiro de 2013.

Volumes dos Perfis (m ³)				Balanço Sedimentar					
Perfil	fev/10	dez/11	fev/13	(fev/10 - dez/11) (m ³)	(%)	(dez/11 - fev/13) (m ³)	(%)	(fev/10 - fev/13) (m ³)	(%)
GOES-01	57,38	33,54	41,56	-23,84	-41,54	8,01	23,89	-15,82	-27,57
GOES-02	24,53	11,47	14,01	-13,06	-53,24	2,54	22,19	-10,51	-42,86
GOES-03	28,17	30,78	35,22	2,62	9,29	4,44	14,43	7,06	25,06
GOES-04	10,99	27,14	33,61	16,15	147,01	6,48	23,87	22,63	205,97
GOES-05	8,07	41,97	48,91	33,9	419,94	6,94	16,54	40,84	505,92
Total	129,13	144,91	173,32	15,78	12,22	28,42	19,61	44,19	34,23

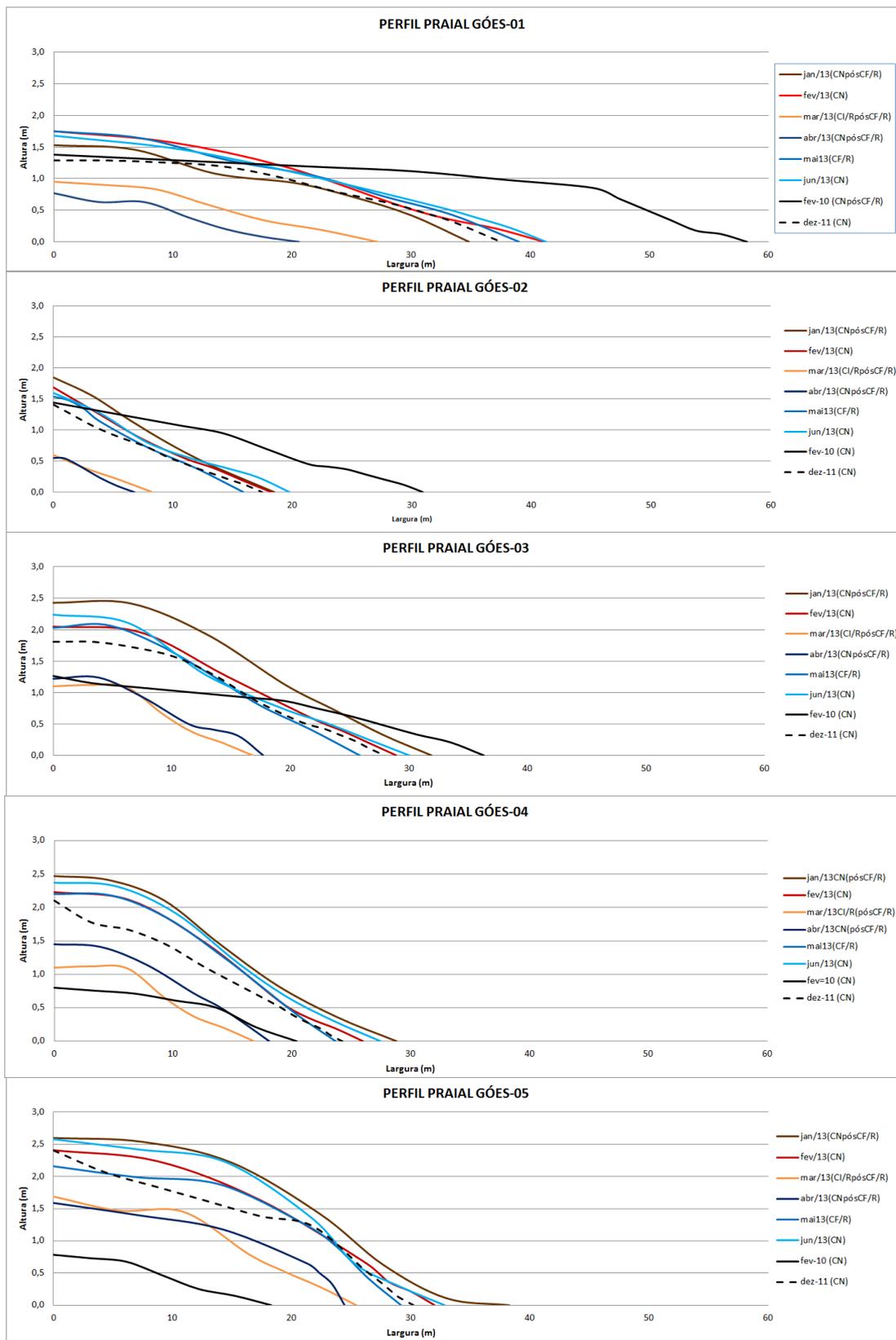


Figura 8.3.1.6-1. Representação morfológica dos perfis da Praia do Góes entre janeiro e junho de 2013, fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

Analisando esses resultados pode-se constatar que no trecho W da praia (Góes-01 e Góes-02), nos períodos de fevereiro de 2010 a dezembro de 2011 e fevereiro de 2010 e fevereiro de 2013, o balanço sedimentar foi negativo, com reduções no volume de até 53% em Góes-02 e até 41,5% em Góes-01 no primeiro intervalo. Já no período dezembro de 2011 a fevereiro de 2013 o balanço sedimentar, mesmo que pouco significativo, foi positivo nesse setor.

No trecho central da praia (Góes-03) o balanço teve somente tendências positivas, porém de pequena magnitude, revelando relativo equilíbrio.

No setor E da praia (Góes-04 e Góes-05), o balanço sedimentar foi positivo em todos os períodos analisados, sendo extremamente elevado de fevereiro de 2010 a dezembro de 2011 (atingindo cerca de 420% de incremento em Góes-05), mas de menor magnitude entre dezembro de 2011-fevereiro de 2013.

Esse comportamento indica, mais uma vez, que a maior evolução da rotação praial se deu entre 2010 e 2011. Em 2012 fenômeno desacelerou e está caminhando para a sua fase final, ou mesmo para um retorno à situação de normalidade.

8.3.2. Segmento Emissário-Ponta da Praia

8.3.2.1. Condições meteorológico-oceanográficas

A Tabela 8.3.2.1-1 mostra a síntese dos dados meteoceanográficos coletados no período de monitoramento.

Tabela 8.3.2.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos coletados nos dias de monitoramento.

SEGMENTO PRAIAL EMISSÁRIO-PONTA DA PRAIA					
PERFILAGEM PRAIAL					CONDIÇÕES ANTECEDENTES À PERFILAGEM PRAIAL
Data da Perfilagem	Condição Meteorológica e Tempo Atmosférico	Ondas Naturais			Sistemas Meteorológicos
		Altura média (m)	Período (seg)	Ortogonal (rumo)	
03/01/2013 (Stos-15 a 23)	CF/R Nublado e chuvoso	1 a 2	9,3 a 10,6	45°-07° SW	27 e 28/12: Anticiclone 29 a 31/12: ZCAS 01 e 02/01: SF; alagamentos na Baixada Santista
04/01/2013 (Stos-03 a 10)	CF/R Nublado e chuvoso	2,0 a 3,0	10,3 a 12,6	05° SW a 27° SE	28/12: Anticiclone 29 a 31/12: ZCAS 01 a 03/01: SF
05/01/2013 (Stos-11 a 14)	CN (pósCF/R) Ensolarado	1 a 1,5	10,5 a 11,2	50°-05° SW	29 a 31/12: ZCAS 01 a 04/01: SF
04/02/2013 (Stos-03 a 11)	CI Nublado	0,5 a 0,7	10 a 12,5		28/01: Anticiclone (ASAS) 29 a 31/01: ZCAS 01 a 03/02: Anticiclone
05/02/2013 (Stos-12 a 23)	CN Nublado	0,2 a 0,5	6,7 a 12,1	50°-10° SW	29 a 31/01: ZCAS 01 a 03/02: Anticiclone 04/02: ZCAS
04/03/2013 (Stos-03 a 11)	CN Ensolarado	0,3	9,4 a 11,2	10° SW a 15° SE	25 a 03/03: Anticiclone (ASAS)
05/03/2013 (Stos-12 a 23)	CN Ensolarado a nublado e chuvoso	0,4 a 0,7	8,3 a 11,4	40° SW a 05° SW	26 a 04/03: Anticiclone (ASAS)
17/04/2013 (Stos-12 a 23)	CNR Ensolarado	0,7 a 1,2	5,8 a 13,2	53°-25° SW	10 : ZCAS 11 a 14: SF-CE 15 e 16: Anticiclone pós-SF
18/04/2013 (Stos-03 a 11)	CNR ensolarado a parcialmente nublado	0,5 a 1,5	7 a 16,6	10° SW a 10° SE	11 a 14: SF-CE 15 a 17: Anticiclone pós-SF
16/05/2013 (Stos-03 a 11)	CN Parcialmente nublado a chuvoso	0,3 a 1,2	7,4 a 12,6	10° SW a 30° SE	09 a 11: Anticiclone pós-SF 12 a 15: Anticiclone (ASAS)
17/05/2013 (Stos-12 a 23)	CF-CNR Nublado com chuva fina	0,5 a 1,2	7,6 a 12,5	44° SW a S	10 a 11: Anticiclone pós-SF 12 a 15: Anticiclone (ASAS) 16: Anticiclone (ASAS)/SF
17/06/2013 (Stos-03 a 11)	CNR Parcialmente encoberto	0,8 a 1,8	9,2 a 14,9	10° SW a 13° SE	10 e 11: SBPO 13 a 14: Anticiclone 15: SBPO-CE 16: Sistema de Baixa Pressão
18/06/2013 (Stos-12 a 23)	CN (pósR) Ensolarado	0,15 a 0,5	9,1 a 12,7	60° SW a 05° SW	11 e 12: SBPO 13 a 14: Anticiclone (ASAS) 15: SBPO 16 a 17: Anticiclone (ASAS)

CN: Condição Normal (sistema de alta pressão, tempo estável); CF: Condição Frontal (sistema de baixa pressão, tempo instável-frente fria); CI: Condição Intermediária; R: atuação de Ressaca. Anticiclone: sistema de alta pressão (tempo bom); SAP: Sistema de alta pressão; SBP: Sistema de baixa pressão; SBPO: Sistema de baixa pressão no oceano; SF: Sistema frontal; CE: ciclone extratropical; ZCAS: Zona de Convergência do Atlântico Sul; ASAS: Alta Subtropical do Atlântico Sul.

No segmento Emissário-Ponta da Praia, o monitoramento foi realizado nas seguintes condições meteoceanográficas:

- a) Janeiro: condições frontais com ressaca (dias 03 e 04) e condições normais (05);
- b) Fevereiro: condições intermediárias (dia 04) e condições normais (dia 05);
- c) Março: condições normais (dias 04 e 05);
- d) Abril: condições normais com ressaca (dias 17-pico - e 18);
- e) Maio: condição normal (dia 16), condição frontal a normal com ressaca (dia 17);
- f) Junho: condição normal com ressaca (dia 17) passando a condição normais pós ressaca (dia 18).

Portanto, foram 4 dias sob atuação de ressacas (janeiro, maio e junho), 3 dias em CF, 8 em CN e 1 em CI. As ondas chegaram à praia com direções variando entre 05° SW e 27° SE, no trecho Emissário-Canal 3, e 40° SW e 05° SW, no trecho Canal 3-Ponta da Praia.

Os gráficos da Figura 8.3.2.1-1 mostram uma tendência de diminuição geral das alturas de ondas do setor W (Stos-03) para o setor E (Stos-23), independente da condição meteoceanográfica.

Como esperado, as maiores alturas de ondas ocorreram durante a atuação de ressacas em janeiro (forte intensidade), maio (fraca intensidade) e junho (fraca intensidade).

A ressaca de janeiro (dias 3 e 4/01/2013) resultou da formação de vários ciclones desenvolvidos no Atlântico Sul (30/12/2012) ou ainda pela presença de um sistema de baixa pressão que desenvolveu uma frente fria nos dias 1 e 2 de janeiro de 2013. Na campanha deste mês, os perfis Stos-12, Stos-13 e Stos-14 apresentaram as menores ondas, porque foram executados no dia 05, quando o pico do evento já havia passado (CN).

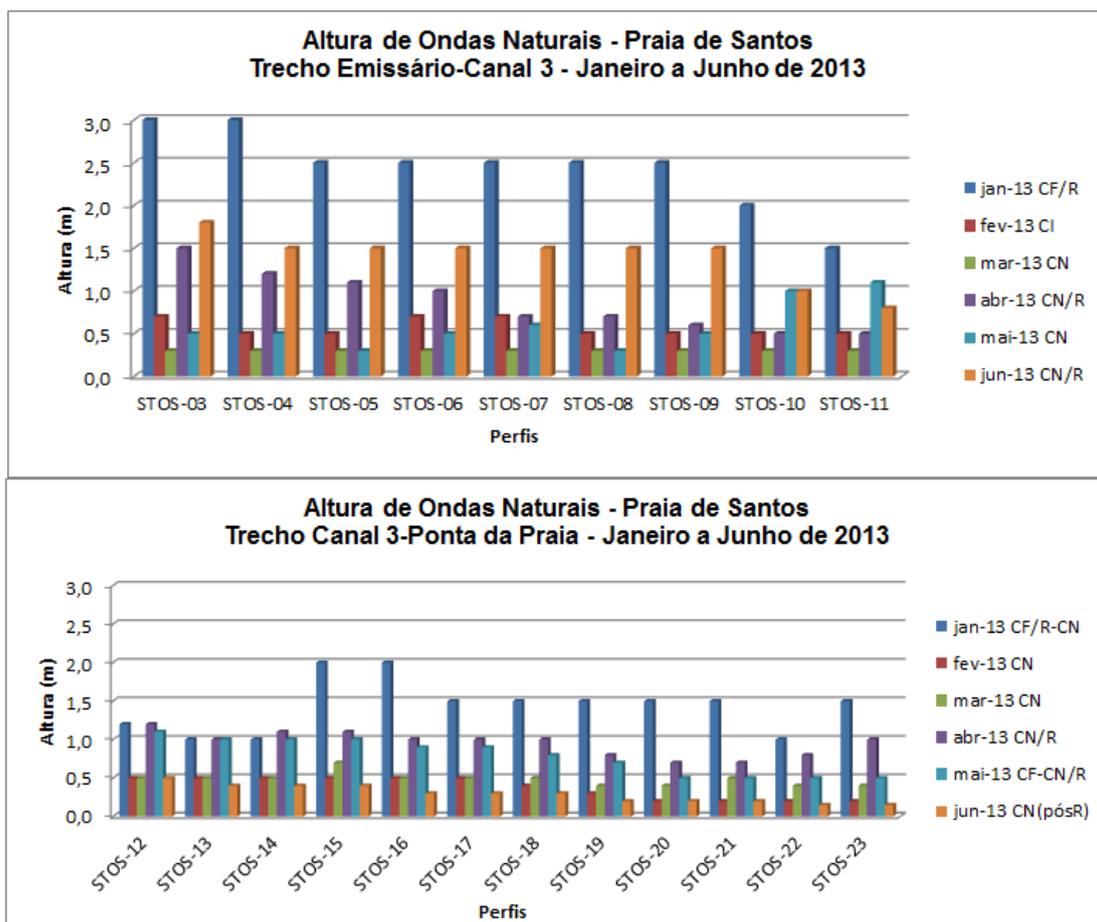


Figura 8.3.2.1-1. Variação têmporo-espacial da altura de ondas máximas médias medidas entre janeiro e junho de 2013.

Durante a ressaca de abril, mesmo estando em CN e sem indicações sobre a ocorrência de CF nos dias anteriores ao monitoramento, as ondas apresentavam alturas elevadas em relação ao padrão dessa praia, até semelhantes às medidas em junho (ressaca de fraca intensidade). Isto se deu provavelmente como um efeito retardado do ciclone extratropical desenvolvido nos dias 13 e 14 de abril no Atlântico Sul.

Em maio, as ondulações com alturas maiores (de 1,0 a 0,5 m) no trecho entre os perfis Stos-10 e Stos-23, observadas no final do dia 17 e no dia 18, foram devidas à passagem de tempestades oceânicas (sistemas de baixa pressão) ao longo da costa sudeste brasileira, gerando então uma ressaca de fraca intensidade.

Em junho (dia 17) foi observada condição de ressaca de fraca intensidade com ondulação de altura moderada a alta nos perfis Stos-03 a Stos-09, cuja explicação pode estar na formação antecedente de ciclone extratropical no dia 15 de junho.

As alturas máximas medidas foram de 3,0 m no setor W (Stos-03 e Stos-04) em janeiro, e as mínimas de 0,15 m na Ponta da Praia (Stos-22 e Stos-23) em fevereiro. A altura máxima média desse período foi de 0,85 m.

8.3.2.1.1. Comparação com o Monitoramento de 2010-2011

A Figura 8.3.2.1.1-1 mostra as alturas máximas de ondas medidas para o monitoramento 2010-2011. Em 2010 as alturas dessas ondas oscilaram entre 0,1 e 3,0 m, com média de 0,67 m. Em condições de CN, a altura das ondas variou entre 0,2 a 1,0 m; em CI, foi de 0,2 m; em CI/R, oscilou de 0,2 a 3,0 m; e em CF/R, variou de 0,2 a 3,2 m.

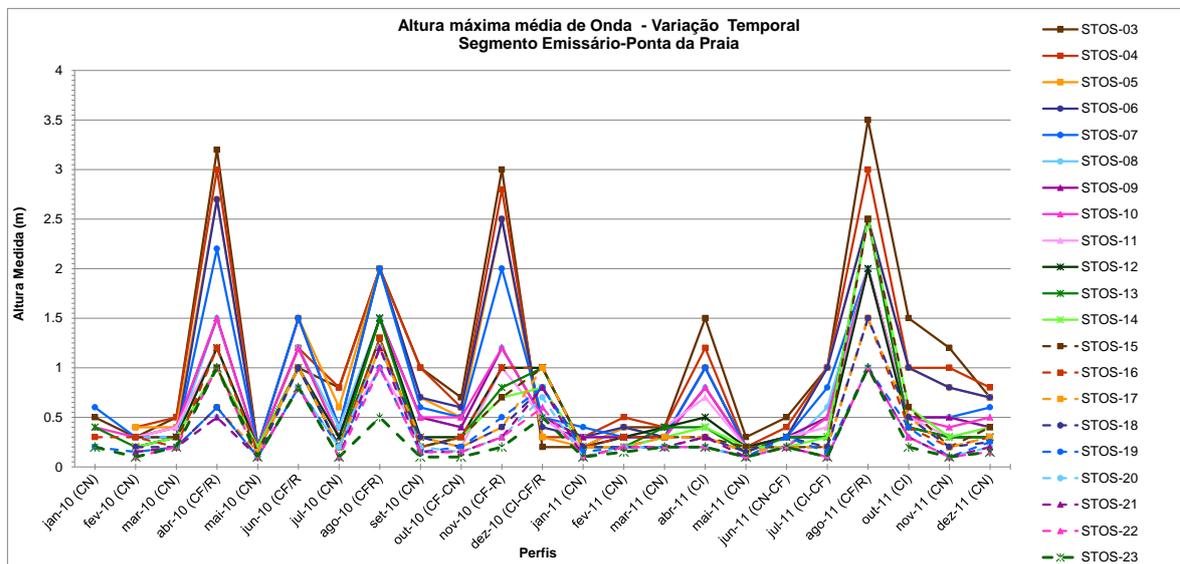


Figura 8.3.2.1.1-1. Variação têmporo-espacial da altura de ondas (máximas médias) medidas durante o monitoramento praial, em 2010 e 2011.

Em 2011, as alturas máximas das ondas variaram de 0,1 a 3,5 m, com média de 0,50 m. Durante as condições de CN, as alturas variaram de 0,1 a

1,2 m; em CI, oscilaram entre 0,1 e 1,5 m; em CF, variaram de 0,2 a 1,0 m; e durante as CF/R, as alturas estiveram entre 1,0 a 3,5 m.

Comparando esses dados com os de 2013, observa-se que as alturas máximas e mínimas das ondas variaram muito pouco.

Em relação às médias das alturas máximas de 2010, 2011 e 2013 (Tabela 8.3.2.1.1-1), verifica-se que ela foi superior em 2013 (0,85 m), seguida de 2010 (0,71 m) e 2011 (0,66 m).

Comparando as médias dos perfis nos anos de maior número de ocorrência de ressacas, 2010 e 2013, observa-se que:

- a) Entre os perfis Stos-03 e Stos-07 os valores são muito próximos e a diferença entre as alturas não excede 0,08 m;
- b) Entre os perfis Stos-08 e Stos-18 as diferenças entre os valores excedem 0,20 m, exceto em entre Stos-12 e Stos-14;
- c) Entre os perfis Stos-19 e Stos-22 as diferenças ficaram em torno de 0,13-0,15 m;
- d) No perfil Stos-23 houve um aumento de 0,38 m, que corresponde a um aumento de 152% na altura máxima média.

Esses resultados devem ser interpretados com cautela, pois refletem muito o número de eventos de ressaca coincidentes com os dias de monitoramento, proporcionalmente maior em 2013 (apesar do intervalo amostral ser de 6 meses) do que em 2010 e 2011.

Neste sentido, será de suma importância observar, na continuidade do presente monitoramento, se está havendo de fato aumento da altura de ondas no perfil Stos-23 (Ponta da Praia) e quais as possíveis causas para isso.

Tabela 8.3.2.1.1-1. Médias das alturas máximas médias das ondas medidas nos perfis do segmento Emissário-Ponta da Praia, durante os monitoramentos de 2010 (janeiro a dezembro), 2011 (janeiro a dezembro) e 2013 (janeiro a junho).

PERFIS	MÉDIAS DAS ALTURAS MÁXIMAS (m)		
	2010	2011	2013
STOS-03	1,28	1,40	1,30
STOS-04	1,25	1,20	1,17
STOS-05	1,10	1,05	1,03
STOS-06	1,10	1,05	1,08
STOS-07	1,00	0,78	1,05
STOS-08	0,75	0,70	0,97
STOS-09	0,73	0,70	0,98
STOS-10	0,75	0,68	0,88
STOS-11	0,55	0,65	0,78
STOS-12	0,73	0,60	0,83
STOS-13	0,67	0,68	0,73
STOS-14	0,58	0,72	0,75
STOS-15	0,62	0,68	0,95
STOS-16	0,67	0,47	0,87
STOS-17	0,55	0,48	0,78
STOS-18	0,52	0,49	0,75
STOS-19	0,48	0,37	0,65
STOS-20	0,46	0,32	0,58
STOS-21	0,45	0,32	0,60
STOS-22	0,38	0,31	0,51
STOS-23	0,25	0,29	0,63
MÉDIAS	0,71	0,66	0,85

8.3.2.2. Morfometria e morfologia praial

De maneira geral, os perfis deste segmento praial apresentaram baixa variabilidade temporal de largura praial (Figura 8.3.2.2-1).

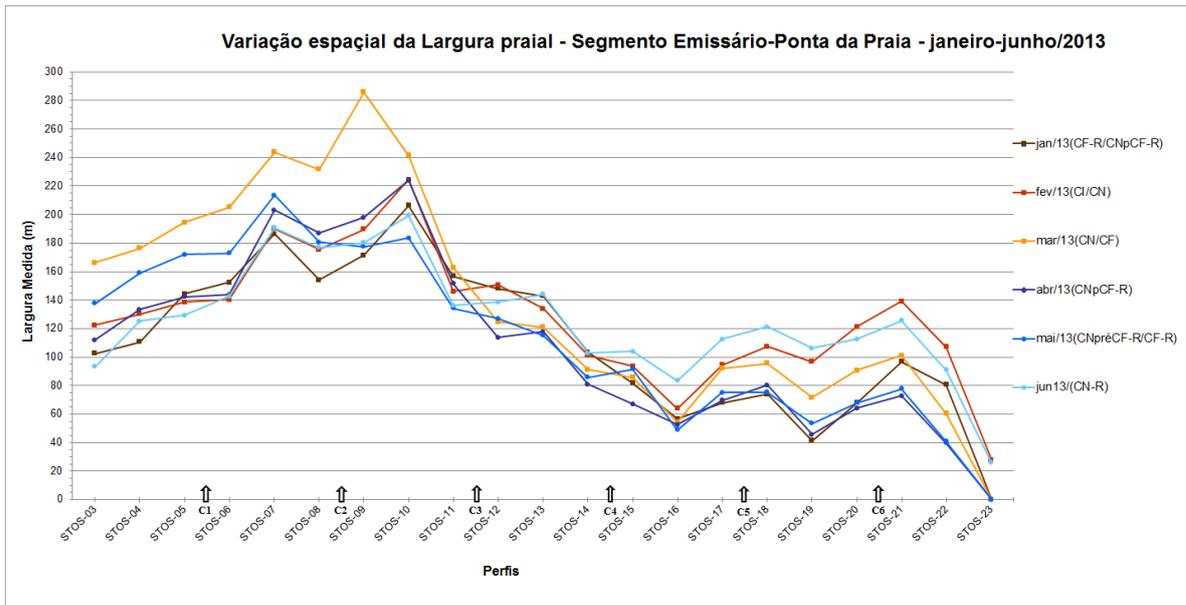


Figura 8.3.2.2-1. Variação espaço-temporal da largura praial total no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro a junho de 2013.

As curvas se mostram sintônicas na maior parte do tempo, estando as maiores variações associadas, principalmente, a mudanças nas condições meteorológico-oceanográficas. Esse condicionamento é evidenciado por padrões gerais de: larguras menores ocorrendo durante a atuação de ressacas (como esperado), a exemplo dos meses de janeiro, abril e maio para Stos-10 a Stos-23 e junho para Stos-03 a Stos-08; larguras maiores associadas a condições de tempo bom.

Entretanto, ao longo do segmento praial, observa-se grande variabilidade no comportamento das larguras, sendo o trecho entre os perfis Stos-06 a Stos-10 sempre o mais largo e o setor entre os perfis 16 e 23 o mais estreito de toda a praia.

Dentre todos os perfis, Stos-10 mostrou-se o mais largo (241,59 a 199,45 m; média de 218,74 m), exceto em março, quando foi superado por Stos-09 (285,93 m – largura máxima de todo o período; média de 201,76 m), e por Stos-07 (média de 201,7 m) em março e em maio.

Stos-23 (27,69 a 0,0 m; média de 21,09 m) foi destacadamente o perfil mais estreito durante todo primeiro semestre de 2013, seguido de Stos-16 (83,5 a

48,93 m; média de 67,96 m), Stos-19 (111,9 a 41,4 m; média de 79,13 m) e Stos-22 (123,6 a 39,75 m; média de 82,02 m).

É interessante notar ainda que, entre o extremo oeste da praia (Emissário) e o Canal 4, os trechos de praia localizados entre os canais de saneamento são invariavelmente mais largos que os juntos aos canais. Porém, entre os canais 4 e 6 a situação se inverte. Esses comportamentos parecem indicar impactos da presença dos canais no padrão de sedimentação da praia e, portanto, do transporte longitudinal celular.

8.3.2.2.1. Comparação com o monitoramento 2010-2011

A variação temporal de largura no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 é exibida na Figura 8.3.2.2.1-1.

Durante esses dois anos de monitoramento Stos-10 foi o perfil via de regra mais largo (252,3 a 159,6 m; média de 213,38 m), sendo ultrapassado apenas por Stos-07 em raras ocasiões. Stos-07 (média de 182,0 m) e Stos-09 (média de 171,26 m) foram os mais largos depois de Stos-10.

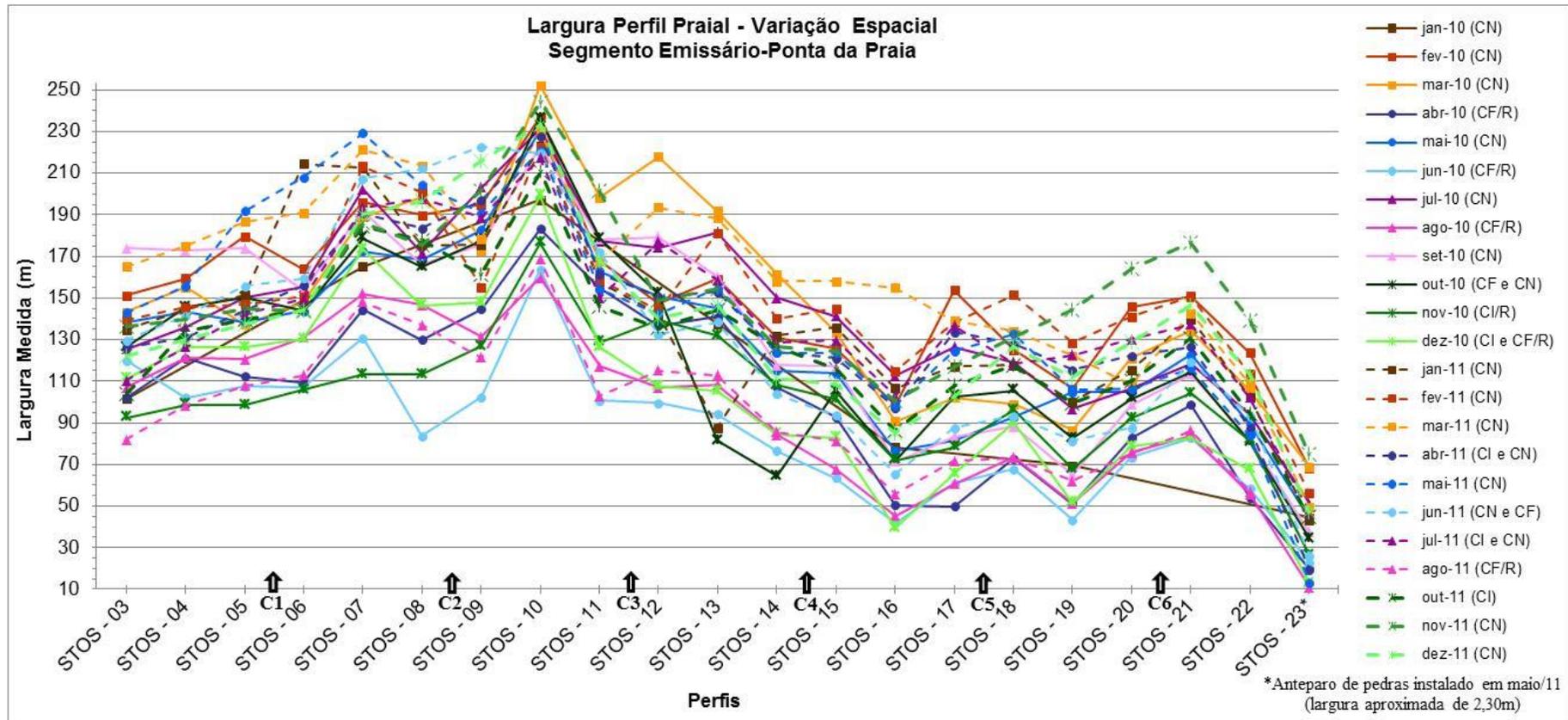


Figura 8.3.2.2.1-1. Variação espaço-temporal da largura da largura praial no segmento Emissário-Ponta da Praia, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.

Stos-23, por outro lado, sempre se comportou como o mais estreito da praia (74,97 a 0,0 m; média de 37,48 m). Os perfis Stos-16 (154,8 a 39,3 m; média de 83,37 m), Stos-19 (144,39 a 43,2 m; média de 89,95 m) e Stos-22 (138,9 a 54,0 m; média de 90,3 m) se apresentaram como os mais estreitos depois de Stos-23.

Comparando esses dados com os do monitoramento de 2013, em especial as médias das larguras, nota-se que:

- a) As médias de Stos-10 pouco se alteraram;
- b) As médias de Stos-09 aumentaram em 17,81%;
- c) As médias de Stos-07 sofreram incremento de 10,82%;
- d) As médias de Stos-23 diminuíram em 43,7%;
- e) As médias de Stos-16 sofreram redução de 18,48%;
- f) As médias de Stos-19 diminuíram em 12,03%;
- g) As médias de Stos-22 sofreram redução de 9,16%.

Esses resultados, embora não reflitam os mesmos intervalos de tempo (apenas 6 meses em 2013), demonstram matematicamente as observações de campo, evidenciando aumento dos processos deposicionais na parte centro-W da praia (perfis Stos-10 a Stos-07) e aumento dos processos erosivos no setor E, em especial nos perfis Stos-16, Stos-19 e Stos-22.

Esse comportamento pode ser, a princípio, atribuído ao grande número de eventos de ressacas ocorridos entre janeiro e junho de 2013, uma vez que, de maneira geral, a geometria das curvas do gráfico da Figura 8.3.2.2.1-1, nos três períodos de monitoramento, é sintônica e responde clara e diretamente às condições meteoceanográficas.

Entretanto, fica o alerta para a erosão na região da Ponta da Praia, que como será discutido adiante, tem apresentado aumento de retrogradação da linha de costa e expansão acelerada da erosão em direção ao perfil Stos-22, ou seja, o Canal 6.

8.3.2.3. Granulometria dos sedimentos do estirâncio

Os gráficos das Figuras 8.3.2.3-1 e 8.3.2.3-2 mostram a variação do diâmetro médio e do grau de seleção no período de janeiro a junho de 2013.

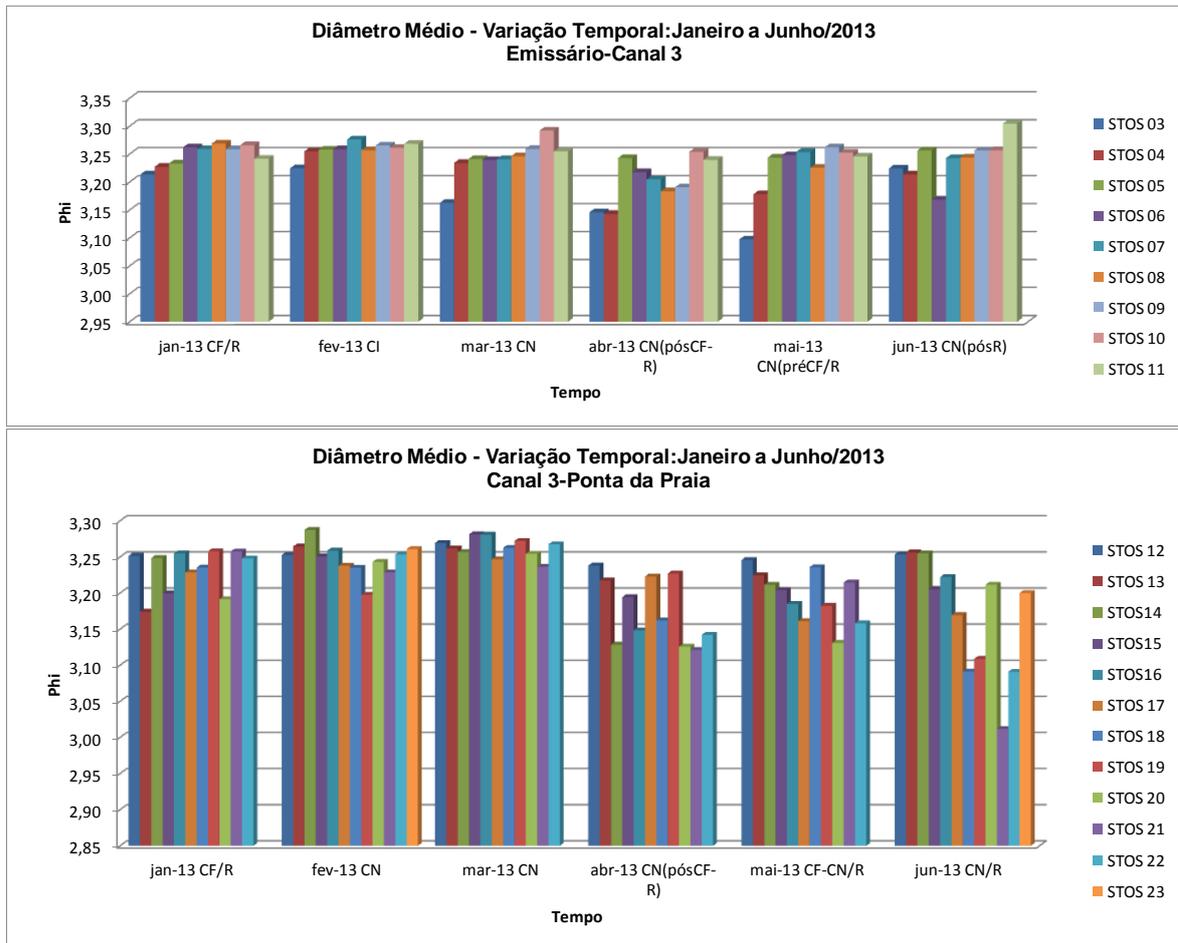


Figura 8.3.2.3-1. Variação temporal do diâmetro médio dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de janeiro a junho de 2013.

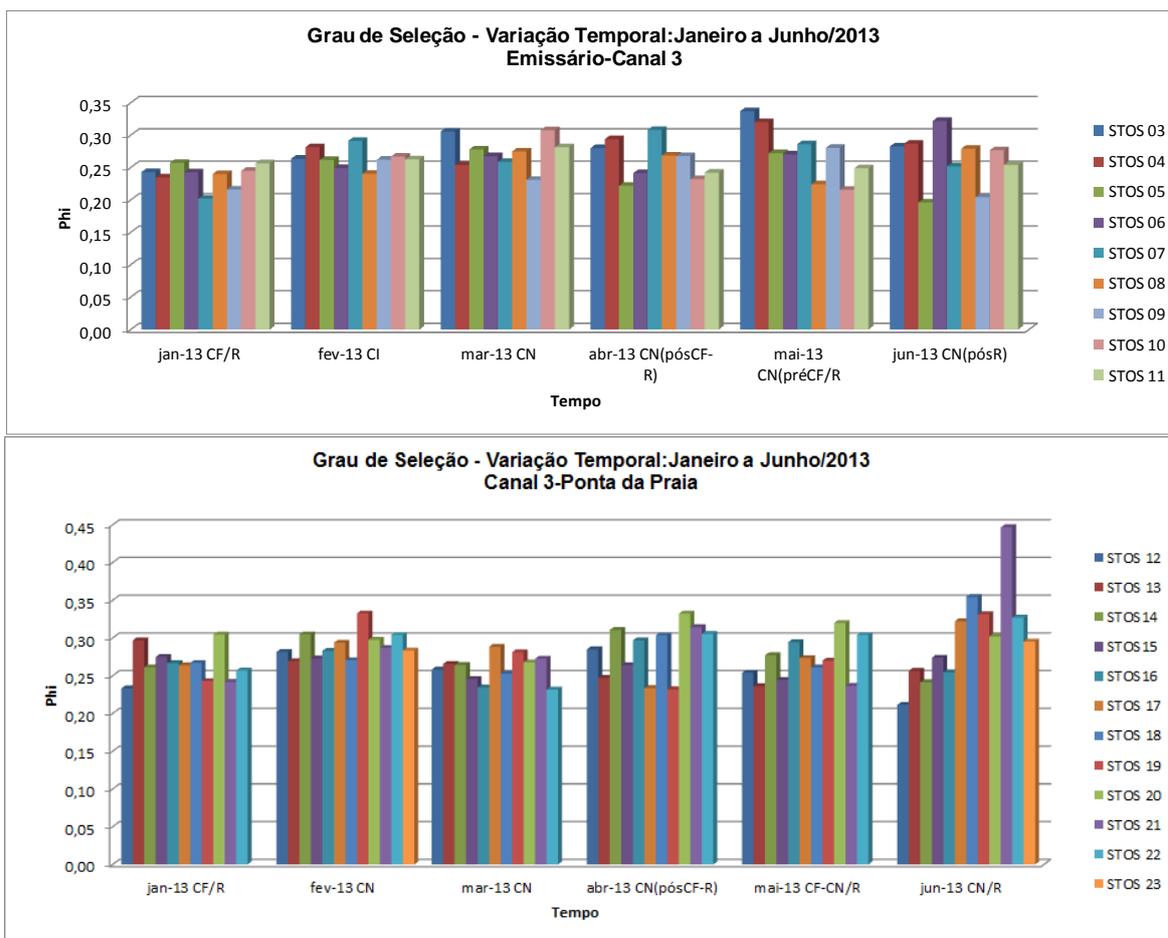


Figura 8.3.2.3-2. Variação temporal do grau de seleção dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de janeiro a junho de 2013.

Em praticamente toda a praia e nas 6 campanhas de 2013, os sedimentos foram classificados como areias muito finas (ϕ entre 3 e 4) e muito bem selecionadas (ϕ entre 0 e 0,35), com exceção de Stos-21, cujas areias, em junho, estavam bem selecionadas (ϕ entre 0,35 e 0,50).

Em relação ao parâmetro textural curtose, a Figura 8.3.2.3-3 exhibe a variação temporal no período entre janeiro e junho de 2013.

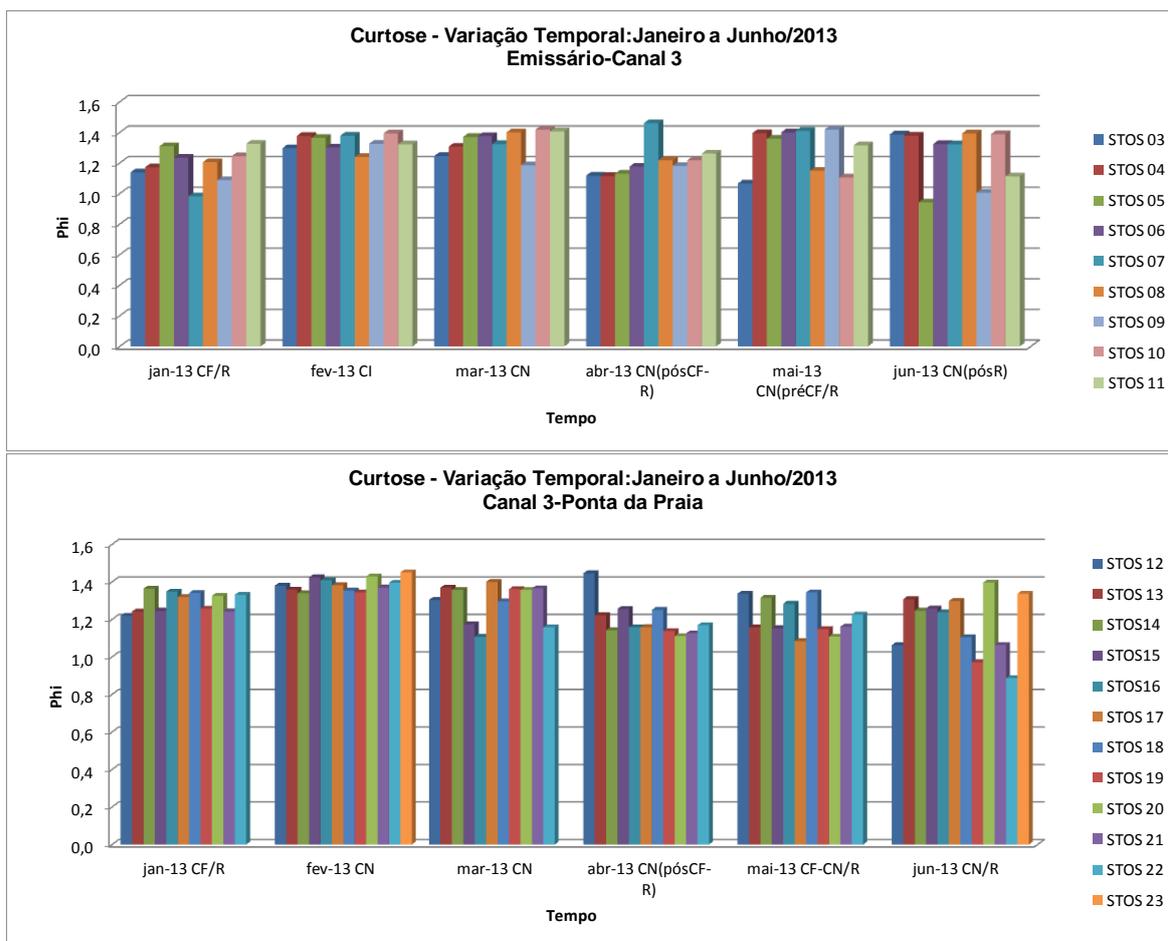


Figura 8.3.2.3-3. Variação temporal da curtose dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de janeiro a junho de 2013.

Os valores da curtose, tanto ao longo do tempo como ao longo da praia, apresentaram pouca variação, sendo a maioria dos sedimentos classificados como leptocúrticos (ϕ entre 0,67 e 0,90). As exceções foram os perfis Stos-07 e Stos-09 em janeiro, Stos-16 em março, Stos-03, Stos-10, Stos-17 e Stos-20 em maio, Stos-05, Stos-09, Stos-12, Stos-18, Stos-19 e Stos-21 em junho, que foram classificados como mesocúrticos (ϕ entre 0,90 e 1,11), e o perfil Stos-22 em junho, cujos sedimentos foram classificados como platicúrticos (ϕ entre 1,11 e 1,50).

Em relação ao grau de assimetria (Figura 8.3.2.3-4), apesar do predomínio de sedimentos classificados como simétrico, ocorreram pequenas variações ao longo do tempo e da praia. Em janeiro, o perfil Stos-03 mostrou assimetria negativa. Em março, a classificação dos sedimentos desse perfil também foi

negativa e a dos perfis Stos-15, Stos-18 e Stos-22, positiva. No mês de abril, no perfil Stos-19, o grau de assimetria foi negativo. Já em maio, tivemos uma ocorrência expressiva de sedimentos com assimetria negativa, no setor E da praia (Stos-13 a Stos-22). Em junho, o grau de assimetria foi mais variado entre os perfis, com assimetria positiva nos perfis Stos-05 e Stos-11, negativa em Stos-04, Stos-06, Stos-15 a Stos-17, Stos-19 a Stos-23 e muito negativa em Stos-18.

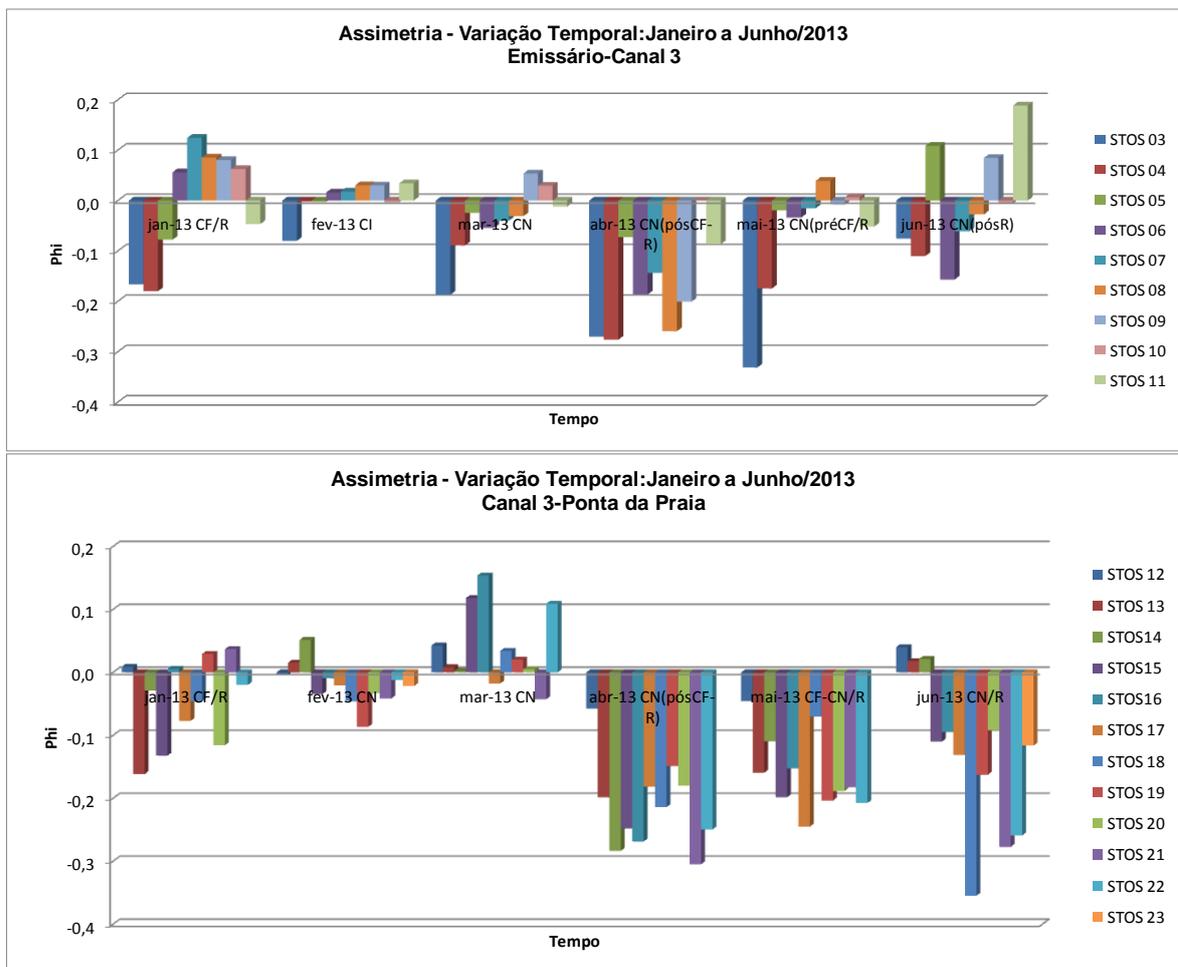


Figura 8.3.2.3-4. Variação temporal da assimetria dos sedimentos do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de janeiro a junho de 2013.

8.3.2.3.1 Comparação com o Monitoramento de 2010 e 2011

A comparação das médias e desvios-padrão dos 4 parâmetros texturais obtidos para 2010 (Figura 8.3.2.3-1), 2011 (Figura 8.3.2.3-2) e 2013 (Figura 8.3.2.3.1-3), indica que em relação ao diâmetro médio e ao grau de

seleção não houve alteração de caráter sedimentológico, uma vez que os sedimentos apresentaram sempre a mesma classificação de areias muito finas e muito bem selecionadas. Da mesma forma, os valores da curtose também não acusaram nenhuma alteração expressiva, estando os mesmos entre as classes mesocúrtica a leptocúrtica, mas com predomínio desta última. O grau de assimetria negativa a simétrica foi homogêneo em todos os períodos.

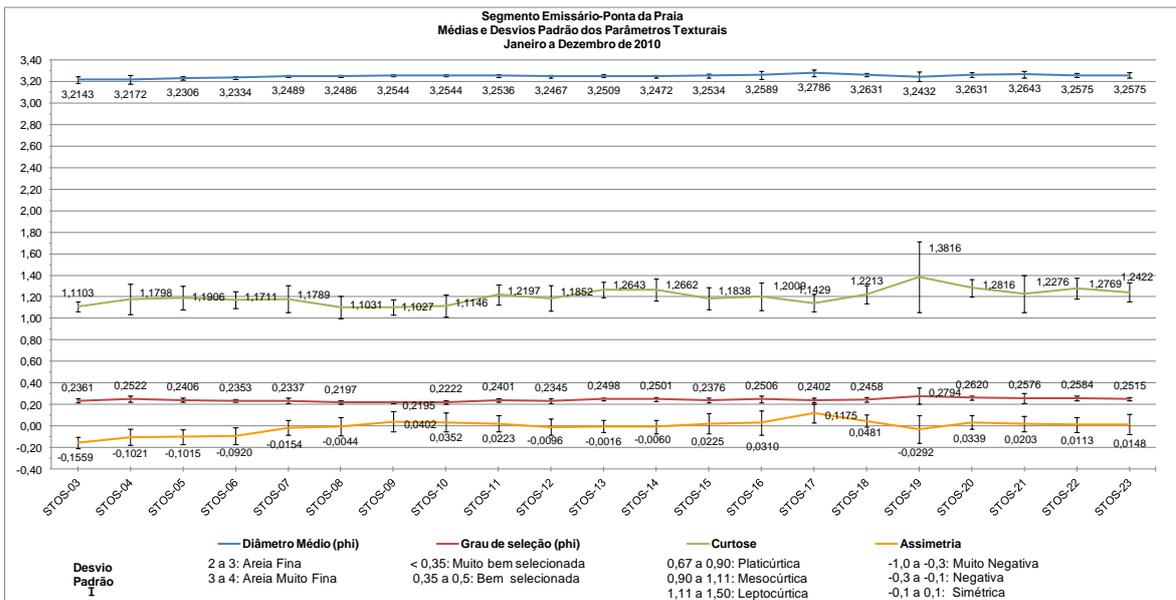


Figura 8.3.2.3.1-1. Distribuição das médias e desvios-padrão dos parâmetros texturais do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de janeiro a dezembro de 2010.

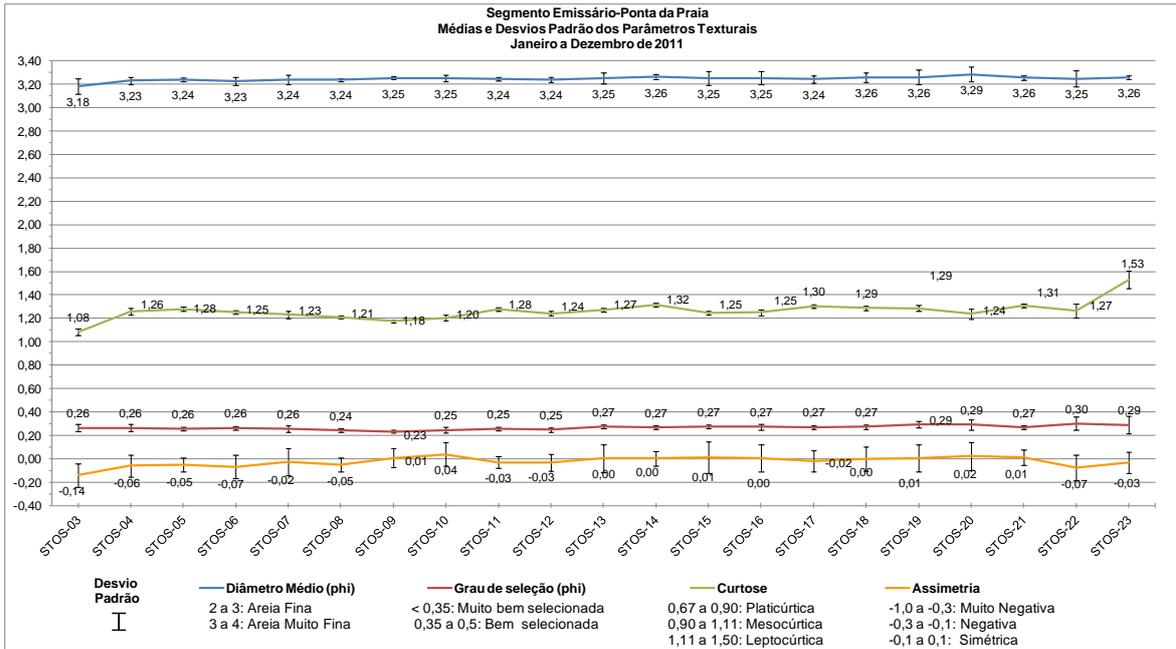


Figura 8.3.2.3.1-2. Distribuição das médias e desvios-padrão dos parâmetros texturais do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de janeiro a dezembro de 2011.

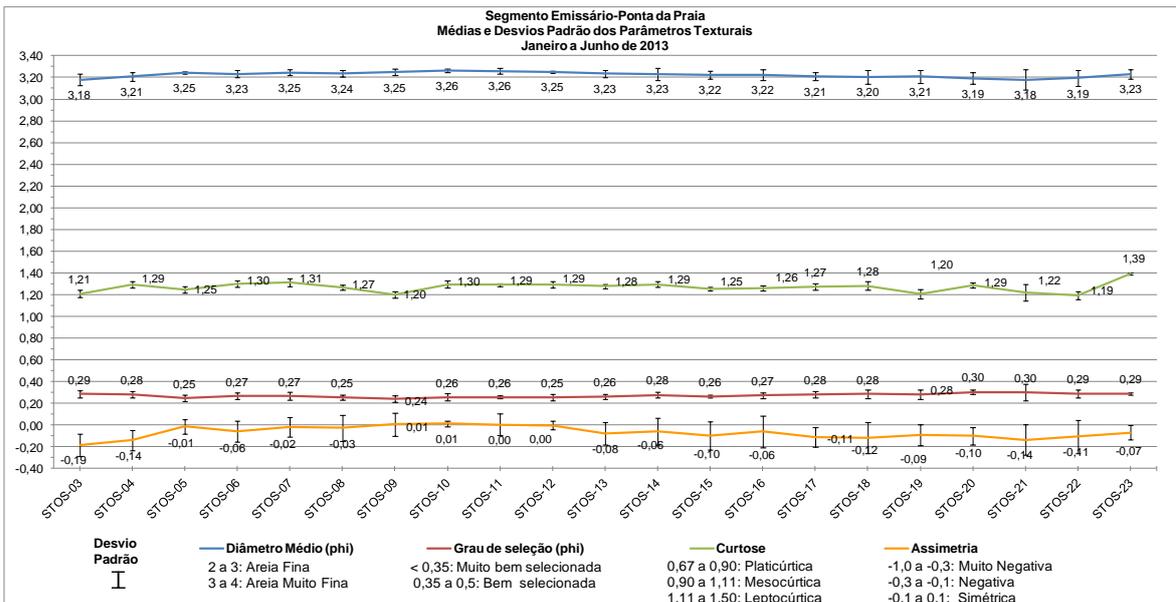


Figura 8.3.2.3.1-3. Distribuição das médias e desvios-padrão dos parâmetros texturais do segmento Emissário-Ponta da Praia no período de janeiro a junho de 2013.

8.3.2.4. Células de deriva litorânea

As diversas configurações das células de deriva litorânea, ao longo do 1º semestre de 2013, são apresentadas na Figura 8.3.2.4-1.

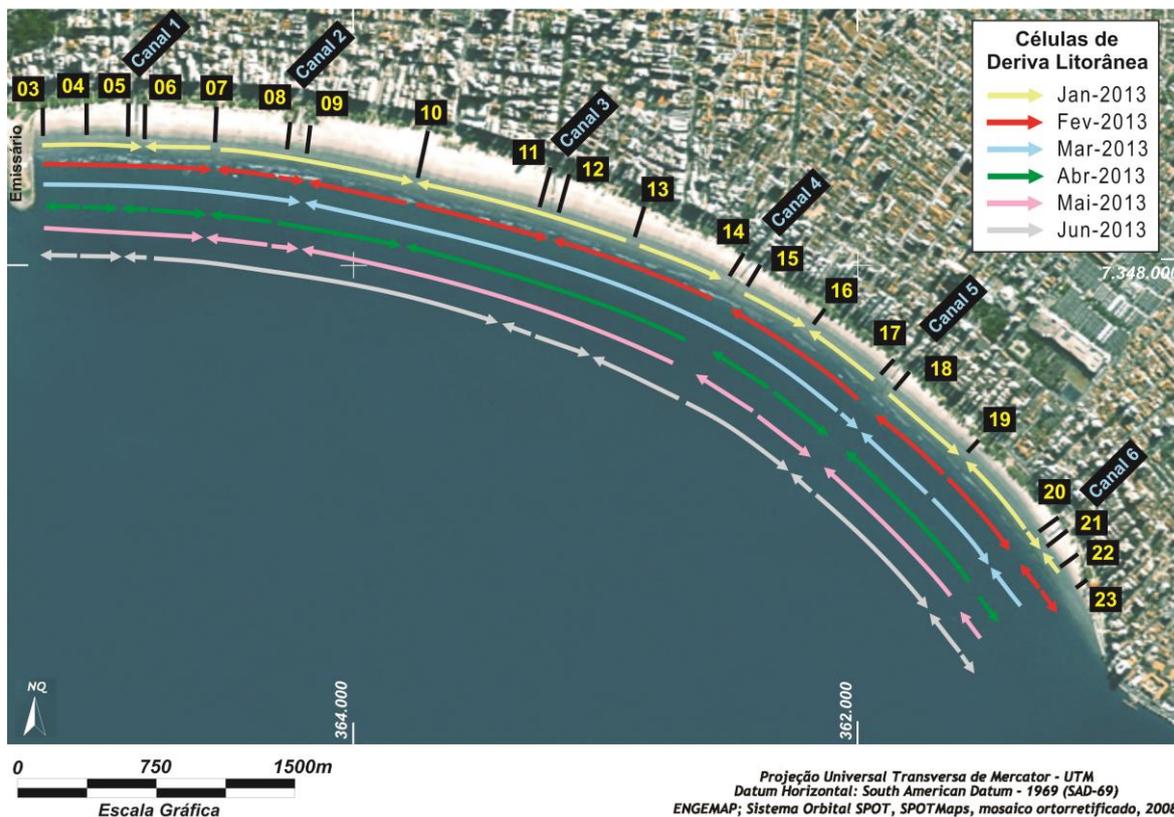


Figura 8.3.2.4-1. Variação do comportamento das células de deriva litorânea no segmento Emissário-Ponta da Praia, entre janeiro e junho de 2013.

Durante a perfilagem de janeiro de 2013, as células de deriva litorânea apresentaram a seguinte distribuição:

- Entre o Emissário e o Canal 4 (praias José Menino, Pompéia, Gonzaga e Boqueirão): cinco células dispostas em dois centros de convergência (deposição), em Stos-06 e Stos-10, e dois centros de divergência, em Stos-07 e Stos-13;
- Entre os canais 4 e 5 (Embaré): duas pequenas células formando uma zona de convergência em Stos-16;
- Entre os Canais 5 e o perfil Stos-23: quatro pequenas células formando duas zonas de deposição, uma em Stos-19 e a outra em Stos-21, e uma zona de erosão em Stos-20;
- O perfil Stos-23 estava submerso;
- O transporte costeiro resultante foi tanto para E como para W.

No mês de fevereiro, as células estavam dispostas da seguinte forma:

- a) Entre o Emissário e o canal 4: dois centros de divergência, em Stos-08 e Stos-10, e três centros de convergência, em Stos-07, Stos-09 e Stos-12;
- b) Entre os canais 4 e 5: uma célula única com transporte do canal 5 para o canal 4;
- c) Entre os canais 5 e 6: uma zona de divergência (erosão) em Stos-19, com transporte para W e E;
- d) Entre o canal 6 e o perfil Stos-23: duas células pequenas de sentidos opostos, formando uma zona de divergência em Stos-22;
- e) O transporte costeiro resultante foi para E.

Em março de 2013, foi identificado o seguinte padrão de células:

- a) Uma zona de convergência em Stos-09 (Praia do Gonzaga) formada por duas células maiores com sentidos opostos, uma partindo do perfil Stos-03 (sentido E) e a outra do Stos-17 (sentido W);
- b) Duas zonas de divergência (erosão) de transporte longitudinal resultante nos perfis Stos-17 e Stos-19;
- c) O perfil Stos-23 se encontrava submerso, devido à ocorrência de ressaca de fraca intensidade;
- d) Não se observou um sentido de transporte longitudinal resultante.

Na Campanha de abril, foi mapeada a seguinte distribuição:

- a) Entre o Emissário e o canal 4: 3 centros de convergência, em Stos-05, Stos-07 e Stos-10, e 3 centros de divergência, em Stos-04, Stos-06 e Stos-08;
- b) Entre os canais 4 e 5: uma zona de divergência com células em sentidos W (Stos-15) e E (Stos-17);

- c) Entre os canais 5 e 6: uma célula extensa partindo de Stos-20 em direção à Stos-18 (sentido W);
- d) Entre o canal 6 (Stos-21) e a extremidade da praia (Stos-22): uma pequena célula com sentido E;
- e) O perfil Stos-23 estava submerso;
- f) Transporte longitudinal resultante de todo o arco praiial foi para W.

Durante a perfilagem de maio foi observada a seguinte configuração de células:

- a) Entre o Emissário e o Canal 4: uma célula de deriva litorânea, partindo de Stos-03 em direção a Stos-07 (sentido E); uma célula maior, partindo de Stos-14 (sentido W) em direção à Stos-09; e a zona de convergência de células comum em Stos-10 migrou para Stos-09, além de uma zona de convergência em Stos-07;
- b) Entre os canais 4 e 5: uma zona de divergência de células (erosão), com duas pequenas células de sentidos opostos a partir de Stos-16;
- c) Entre os canais 5 e 6: uma célula com sentido W, partindo de Stos-20 (zona de erosão) em direção à Stos-18 (zona de deposição);
- d) Ponta da Praia: o perfil Stos-22 apresentou uma zona de erosão, com transporte para W, rumo a Stos-21 e o perfil Stos-23 encontrava-se submerso;
- e) O transporte resultante foi para W, embora o transporte para E tenha predominado entre o Emissário e o Canal 2.

A Campanha de junho de 2013 apresentou a seguinte distribuição de células:

- a) Entre os perfis Stos-03 e Stos-06: uma zona de convergência (Stos-05) e uma zona de divergência (Stos-04), formada por pequenas células, com sentidos opostos;

- b) Entre os perfis Stos-06 e Stos-15: duas zonas de convergência em Stos-11 e Stos-13 e duas zonas de divergência em Stos-12 e Stos-15;
- c) Entre os perfis Stos-15 e Stos-23: duas zonas de convergência em Stos-17 e Stos-20 e duas zonas de divergência em Stos-18 e Stos-22;
- d) O transporte costeiro resultante foi para E.

8.3.2.5. Risco à erosão costeira

A Tabela 8.3.2.5-1 mostra uma síntese da classificação de risco à erosão costeira obtida para essa praia durante o período de monitoramento no ano de 2013 até o presente.

O risco total à erosão dessa praia obteve classificação de Risco Baixo. Essa classificação não mudou em relação a 2010 e 2011. Entretanto, a erosão na Ponta da Praia vem piorando cada vez mais e migrando rumo ao perfil Stos-22. Essa tendência é a mesma que se observa na evolução histórica desse processo na região da Ponta da Praia.

O perfil Stos-22 teve sua classificação de risco elevada para Risco Médio, em decorrência do aumento da erosão que está se expandindo da área de Stos-23 para a área de Stos-22 a uma velocidade notável (Figura 8.3.2.5-1).

Tabela 8.3.2.5-1. Classificação de risco à erosão costeira (para legenda dos Indicadores de Erosão Costeira I a XI consultar a Tabela 8.2.2.4-1).

Perfil	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Risco Perfil	Nota (ponderada)	RISCO TOTAL (média ponderada)
STOS - 03		X						X				BAIXO	2,0	BAIXO (2,6)
STOS - 04		X										BAIXO	2,0	
STOS - 05		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 06		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 07		X										MUITO BAIXO	1,0	
STOS - 08		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 09		X						X				BAIXO	1,0	
STOS - 10		X										MUITO BAIXO	1,0	
STOS - 11		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 12		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 13		X			X			X				BAIXO	2,0	
STOS - 14		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 15		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 16		X										MUITO BAIXO	1,0	
STOS - 17		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 18		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 19		X			X			X				BAIXO	2,0	
STOS - 20		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 21		X						X				BAIXO	2,0	
STOS - 22		X						X	X	X	X	MÉDIO	6,0	
STOS - 23	X	X			X		X	X	X	X	X	MUITO ALTO	15,0	

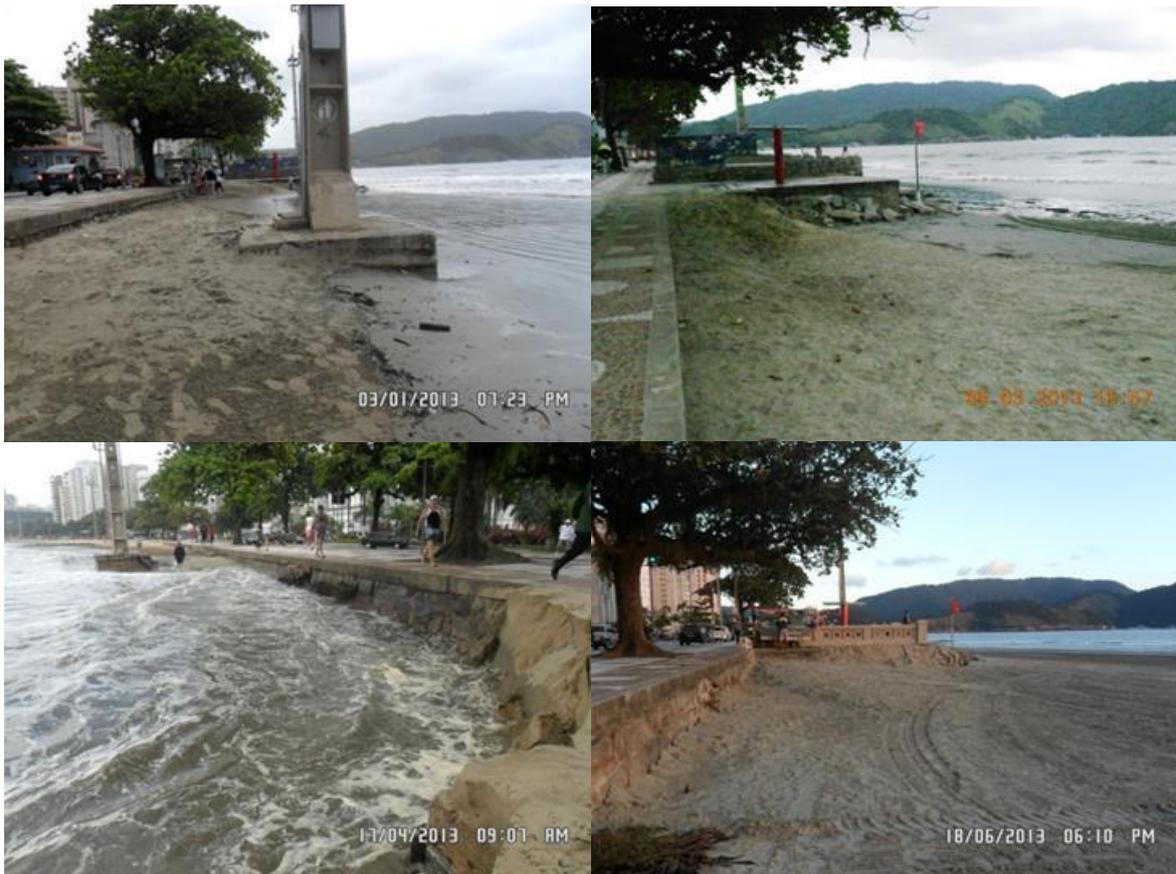


Figura 8.3.2.5-1. Trecho crítico da área do perfil Stos-22 em janeiro (ressaca), março (pós-ressaca), abril (ressaca) e junho (tempo bom) de 2013.

Na área do perfil Stos-23, a erosão aumentou ainda mais com relação a dados de anos anteriores deste monitoramento (Figura 8.3.2.5-2). No período de monitoramento no ano de 2013 só foi possível realizar as medições no local apenas nos meses em que as condições eram de tempo bom (CN) e sem ressaca no dia ou nos dias anteriores, o que aconteceu apenas em fevereiro e junho de 2013.

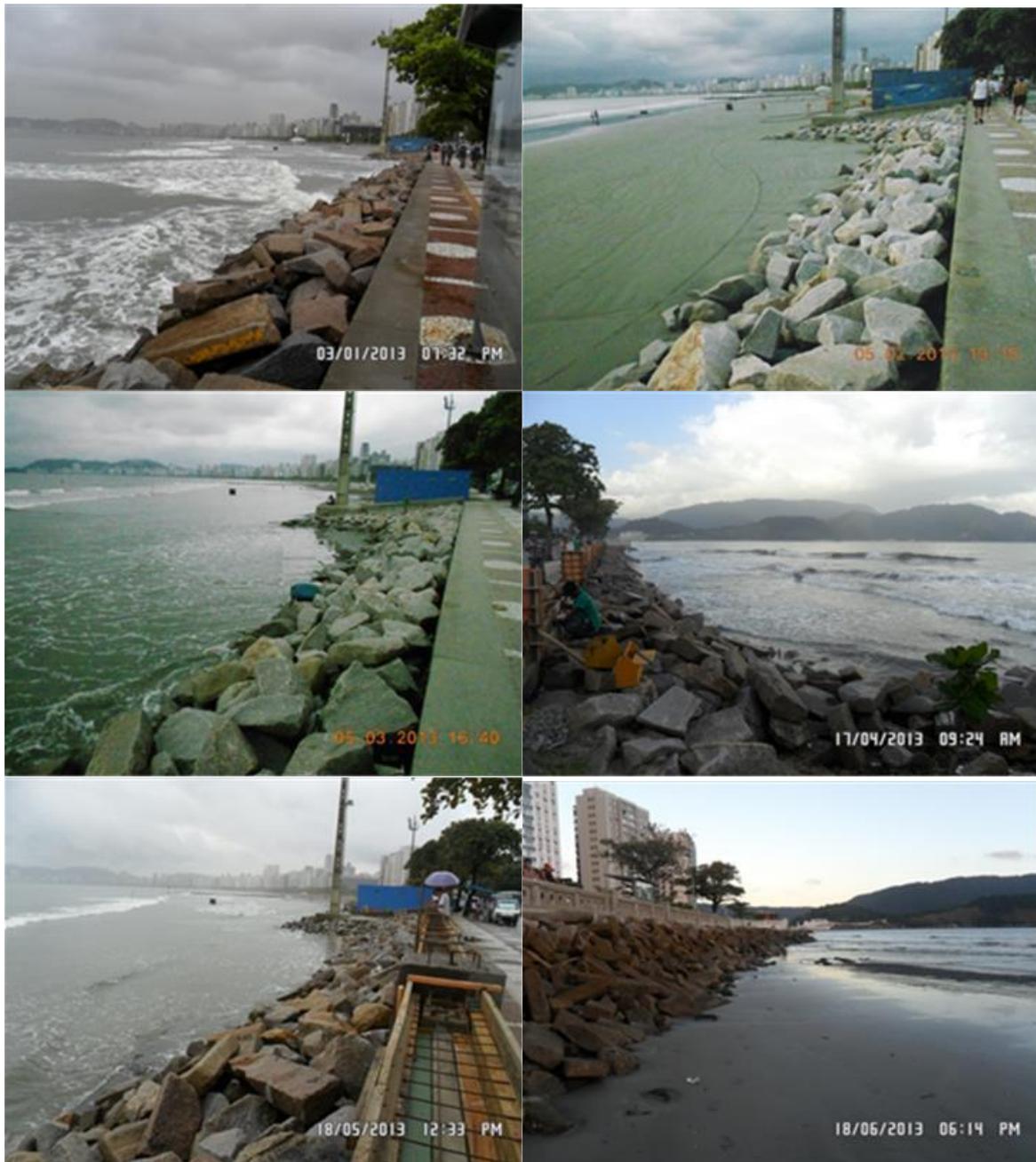


Figura 8.3.2.5-2. Área do perfil Stos-23 nos meses de amostragem de 2013.

O aumento da erosão em Stos-23 e o deslocamento para Stos-22 já era esperado. A expansão do anteparo de blocos rochosos na base das estruturas urbanas exatamente no trecho onde a erosão se expandiu a uma taxa muito acelerada, sem dúvida, é uma das causas. Obviamente, a recorrência de vários eventos de ressaca consecutivas neste primeiro semestre de 2013 contribuiu para a paisagem que se observa neste trecho da praia.

Por outro lado, durante o ano de 2010, quando a praia também foi assolada por muitos eventos de ressaca, a área do perfil Stos-22 era afetada, mas não tão gravemente como neste ano.

8.3.2.6. Balanço sedimentar

Levando em consideração os resultados obtidos em função de todos os dados apresentados para esta praia (em especial sobre a morfometria, a deriva litorânea e o risco de erosão costeira) e, também, devido ao pequeno intervalo amostral, de apenas 6 meses, são apresentados aqui apenas os resultados relativos à área mais crítica em relação à erosão costeira do segmento praiial Emissário-Ponta da Praia, que são os perfis Stos-16, Stos-22 e Stos-23. Para tanto, foram selecionados os meses: fevereiro de 2010 (CN), dezembro de 2011 (CN) e fevereiro de 2013 (CN).

A Figura 8.3.2.6-1 mostra os perfis morfológicos do segmento Emissário-Ponta da Praia para período de janeiro a junho de 2013, fevereiro de 2010 e dezembro de 2011. Os cálculos do balanço sedimentar de cada perfil, relativos às curvas de fevereiro de 2010, dezembro de 2011 e fevereiro de 2013, são apresentados na Tabela 8.3.2.6-1. Ressalta-se que esses valores se referem ao volume de um retângulo correspondente a cada perfil, cujo lado menor (largura) é fixo e tem apenas 1 m. Sendo assim, a somatória dos valores obtidos não representa o volume total da praia. Os valores apresentados devem ser utilizados apenas para se estabelecer comparações e tendências temporais e não podem ser utilizados como absolutos.

Os resultados mostram que a taxa de erosão nos perfis Stos-23 e Stos-16 é elevada, sendo que entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2013 atingiu 82,6% em Stos-23 e 40,2% em Stos-16. Também sugerem que a taxa se acelerou em 64,85%, em 22 meses (entre 2010-2011), e em 50% em 14 meses (entre 2011 e 2013).

No perfil Stos-22, por outro lado, houve erosão entre 2010-2011 (21,3%), mas ocorreu deposição entre 2011 e 2013 (59%), o que resultou num balanço positivo de 25%.

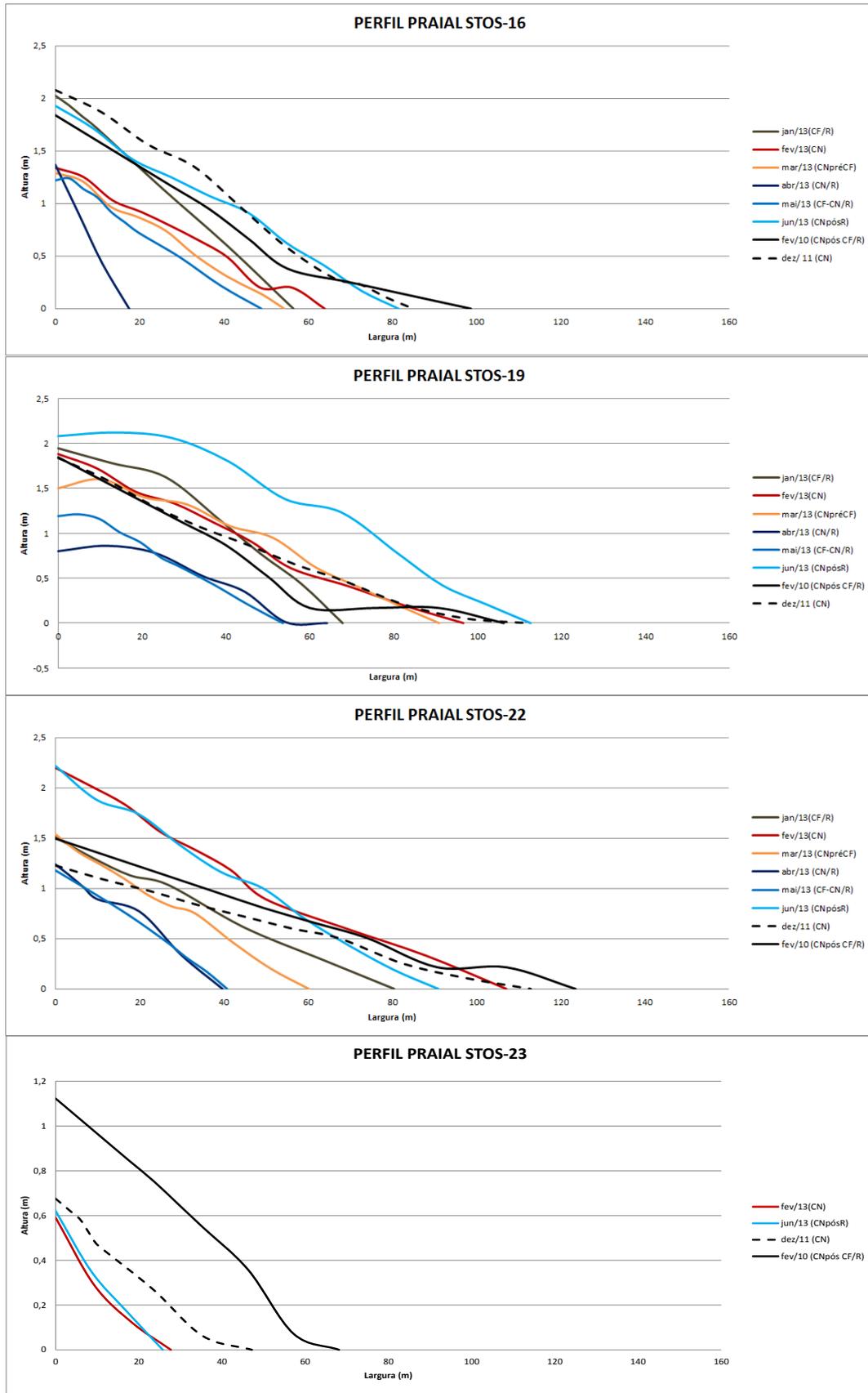


Figura 8.3.2.6-1. Representação morfológica dos perfis da área crítica da Praia de Santos entre janeiro e junho de 2013, fevereiro de 2010 e dezembro de 2011.

Tabela 8.3.2.6-1. Balanço sedimentar dos perfis críticos no setor leste da Praia de Santos.

Volume dos Perfis (m³)				Balanço Sedimentar					
Perfil	fev/10	dez/11	fev/13	(fev/10 - dez/11) (m³)	(%)	(dez/11 - fev/13) (m³)	(%)	(fev/10 - fev/13) (m³)	(%)
STOS-16	71,60	85,75	42,84	14,15	19,76	-42,92	-50,05	-28,77	-40,17
STOS-22	84,37	66,43	105,63	-17,95	-21,27	39,21	59,02	21,26	25,20
STOS-23	37,43	13,16	6,51	-24,28	-64,85	-6,65	-50,55	-30,93	-82,62

As causas dessa erosão, como relatado no 4º Relatório Consolidado deste programa (Fundespa, 2012), são inúmeras e incluem fatores históricos e contemporâneos, naturais e principalmente antrópicos.

Uma possível causa ainda não aventada, mas observada em campo, diz respeito ao nível de energia das ondas e sua potência destrutiva, que são diretamente proporcionais à sua altura na zona de arrebentação.

Assim, observando em detalhe as alturas das ondas medidas no campo, nos perfis Stos-16, Stos-22 e Stos-23 (Figura 8.3.2.6-2), verifica-se que em 2011 e 2013 houve uma elevação generalizada nas alturas em todos os perfis, tanto nos dias sob atuação de ressacas (R), quanto nos dias de tempo bom (CN), quando se compara com 2010. Neste sentido, é importante lembrar que os eventos de ressacas que apresentam as maiores ondulações em todos os anos foram caracterizados como de forte intensidade.

As causas para essa aparente elevação na altura das ondas podem ser de origem natural ou antrópica. Desta forma, este assunto necessita ser melhor compreendido e monitorado.

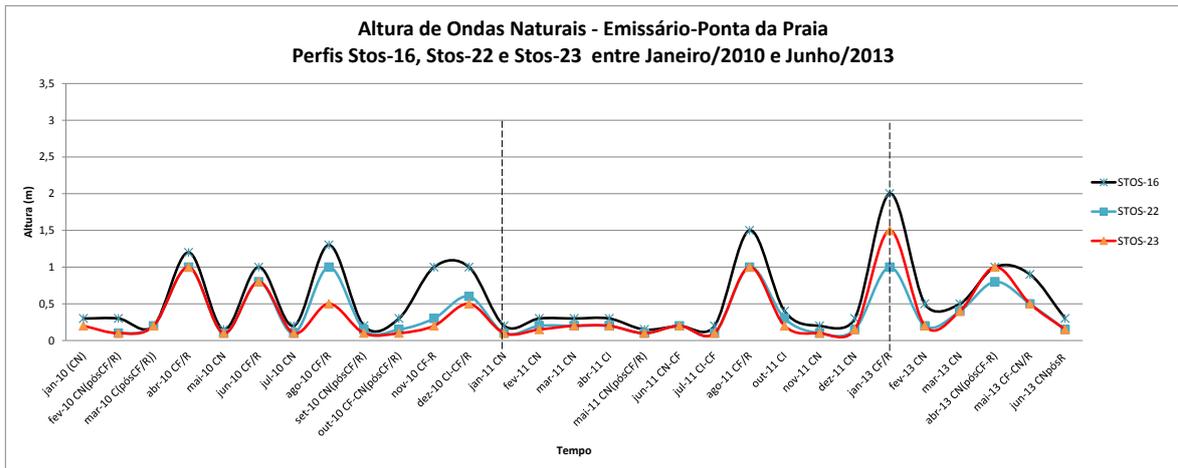


Figura 8.3.2.6-2. Variabilidade temporal da altura das ondas medidas em campo nos perfis Stos-16, Stos-22 e Stos-23, entre janeiro de 2010 e junho de 2013.

8.3.3. Segmento Itararé-Emissário

8.3.3.1. Condições meteorológico-oceanográficas

A Tabela 8.3.3.1-1 mostra a síntese dos dados meteoceanográficos coletados no período de monitoramento do ano de 2013. No segmento Itararé-Emissário as perfilagens praias ocorreram nas seguintes condições meteorológico-oceanográficas:

- a) Janeiro: condições normais (dia 06) após passagem de uma frente fria com ressaca (dias 03 e 04);
- b) Fevereiro: condições normais (dia 02);
- c) Março: condições normais (dia 03);
- d) Abril: condições normais (dia 19) após a passagem de uma frente fria com ressaca;
- e) Maio: condição normal (dia 19), após condição frontal a normal com ressaca (dia 17);
- f) Junho: condição intermediária com ressaca (dia 16).

Portanto, foram 1 dia de monitoramento sob atuação de ressacas (R) (junho), 4 dias em condições meteorológicas normais (CN) e 1 em condições meteorológicas intermediárias (CI).

Tabela 8.3.3.1-1. Síntese dos dados meteorológicos e oceanográficos coletados nos dias de monitoramento de 2013.

SEGMENTO PRAIAL ITARARÉ-EMISSÁRIO					
PERFILAGEM PRAIAL					CONDIÇÕES ANTECEDENTES À PERFILAGEM PRAIAL
Data da Perfilagem	Condição Meteorológica e Tempo Atmosférico	Ondas Naturais			Sistemas Meteorológicos
		Altura média (m)	Período (seg)	Ortogonal (rumo)	
06/01/2013	CN(pósCF/R) Ensolarado	0,2 a 1	9,7 a 11,9	55°-05°SE e 7°-35°SW	30 e 31/12: ZCAS 01 a 04/01: SF 05/01: Anticiclone (ASAS)
02/02/2013	CN Ensolarado	0,3 a 0,5	9,7 a 12,7	65°-10°SE e 35°SW	26 a 28/01: Anticiclone (ASAS) 29 a 31/01: ZCAS 01/02: Anticiclone (ASAS)
03/03/2013	CN Ensolarado	0,3 a 1	9,1 a 11,3	73°-05° SE e 30° SW	24 a 02/03: Anticiclone (ASAS)
19/04/2012	CN(pósCF/R) Parcialmente nublado	0,1 a 0,7	8,5 a 16,7	80°-05° SE e 45° SW	12 a 14/04: SF-CE 15 a 18/04: Anticiclone pós-SF
19/05/2013	CN(pósCF/R) Parcialmente nublado	0,2 a 0,8	7,7 a 11,2	65°-10° SE e 07°-35° SW	12 a 15: Anticiclone (ASAS) 16: Anticiclone/SF 17 : Sistema Frontal 18: Anticiclone pós-SF
16/06/2013	C/R Nublado	1,0 a 1,5	8,3 a 13,5	70°-07° SE e 47° SW	9 e 10: Anticiclone (ASAS) 11 e 12: SBPO 13 e 14: Anticiclone e SBPO-CE 15: SBPO-CE

CN: Condição Normal (sistema de alta pressão, tempo estável); CF: Condição Frontal (sistema de baixa pressão, tempo instável-frente fria); CI: Condição Intermediária; R: atuação de Ressaca. Anticiclone: sistema de alta pressão (tempo bom); SAP: Sistema de alta pressão; SBP: Sistema de baixa pressão; SBPO: Sistema de baixa pressão no oceano; SF: Sistema frontal; CE: ciclone extratropical; ZCAS: Zona de Convergência do Atlântico Sul; ASAS: Alta Subtropical do Atlântico Sul.

As ondas chegaram à praia com direções variando de 80° SE, no setor E (tômbolo Urubuqueçaba), a 47° SW, no setor W (Ilha Porchat).

A Figura 8.3.3.1-1 apresenta a distribuição espaço-temporal das alturas de ondas naturais observadas neste segmento.

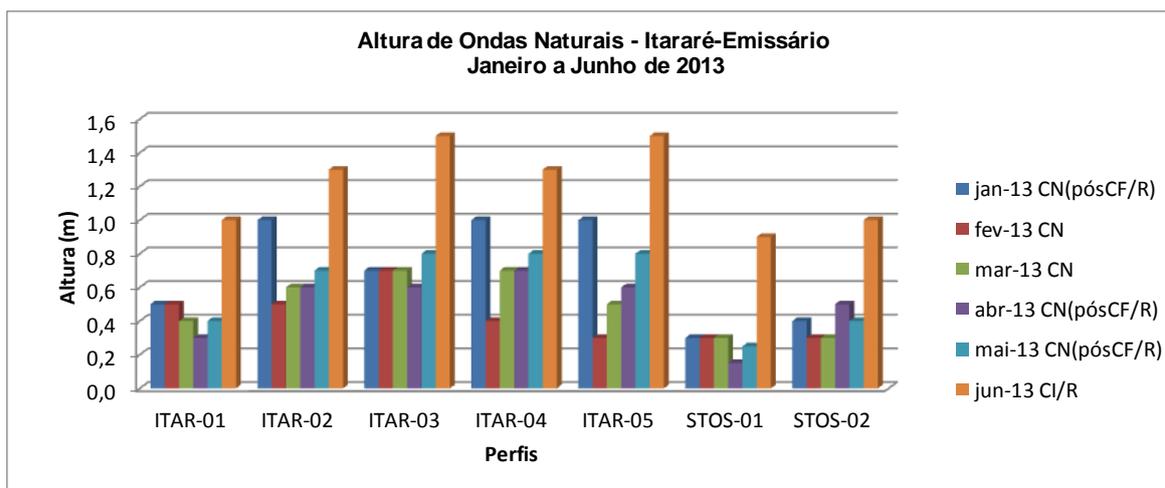


Figura 8.3.3.1-1. Variação têmporo-espacial da altura de ondas máximas médias medidas entre janeiro e junho de 2013.

Como esperado, observa-se a relação entre as maiores alturas de ondas e as condições de ressacas (junho). As ondas com alturas em torno de 1,0 m (alturas moderadas) ocorreram associadas às condições pós-frontal com ressacas, ocorridas nos meses de janeiro, abril e maio de 2013. Ainda é evidenciado nesta figura que as maiores alturas de ondas ocorrem no setor central do segmento (perfis Itar-03 a Itar-05), decrescendo tanto para W (perfis Itar-02 e Itar-01) como para E (Stos-01 e Stos-02), independente da condição meteoceanográfica.

As alturas máximas medidas foram de 1,0 m no setor W (Itar-04 e Itar-05), em janeiro, e as mínimas de 0,15 m e 0,25 m (Stos-01), respectivamente, nas campanhas de abril e maio. A altura máxima média do período semestral foi de 0,65 m.

8.3.3.1.1. Comparação com o Monitoramento de 2010-2011

A Figura 8.3.3.1.1-1 mostra as alturas máximas de ondas medidas para o monitoramento de 2010-2011.

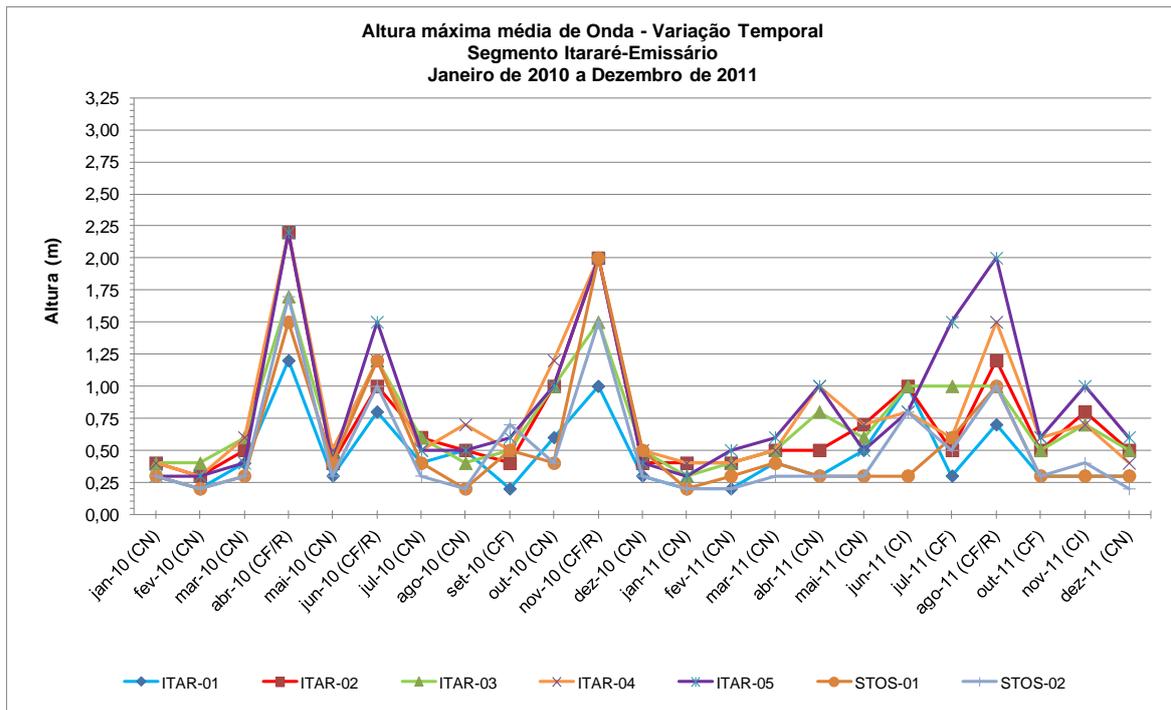


Figura 8.3.3.1.1-1. Variação têmporo-espaical da altura de ondas (máximas médias) medidas durante o monitoramento praial em 2010 e 2011.

Em 2010, as alturas das ondas oscilaram entre 0,2 m e 2,2 m, com média de 0,72 m. As alturas das ondas apresentaram a seguinte variação: em CN de 0,2 m a 1,5 m; em CF de 0,2 m a 0,7 m; e em CF/R de 0,8 m a 2,2 m.

Em 2011, as alturas das ondas medidas no campo variaram de acordo com as condições de tempo: em CN de 0,2 m a 1,0 m; em CF de 0,3 m a 1,5 m; em CI de 0,3 m a 1,0 m; e em CF/R de 0,7 m a 2,0 m. A altura máxima foi de 2,0 m, a mínima de 0,2 m e a média foi de 0,58 m.

Comparando esses dados com os de 2013, observa-se que houve uma diminuição das alturas máxima, de 2,2 m (2010) para 2,0 m (2011) e para 1,5 m (2013). As alturas mínimas pouco variaram nesse mesmo período, de 0,20 m para 0,15 m.

8.3.3.2. Morfometria e morfologia praial

De maneira geral, os perfis deste segmento praial apresentaram baixa variabilidade temporal de largura praial (Figura 8.3.3.2-1). As curvas se mostram

sintônicas na maior parte do tempo, estando as maiores variações associadas principalmente a mudanças nas condições meteoceanográficas.

Esse condicionamento é evidenciado por padrões gerais, como maiores larguras associadas a condições de tempo bom e menores larguras ocorrendo durante a atuação de ressacas ou logo após estas, como esperado e a exemplo dos meses de janeiro, abril e junho de 2013. As exceções foram Stos-01, que apresentou grande aumento na largura praial em janeiro e abril, e Stos-02, que teve crescimento na largura também em abril. Itar-02 apresentou recuo substancial em abril, distanciando-se da tendência dos perfis Itar-01 a Itar-05.

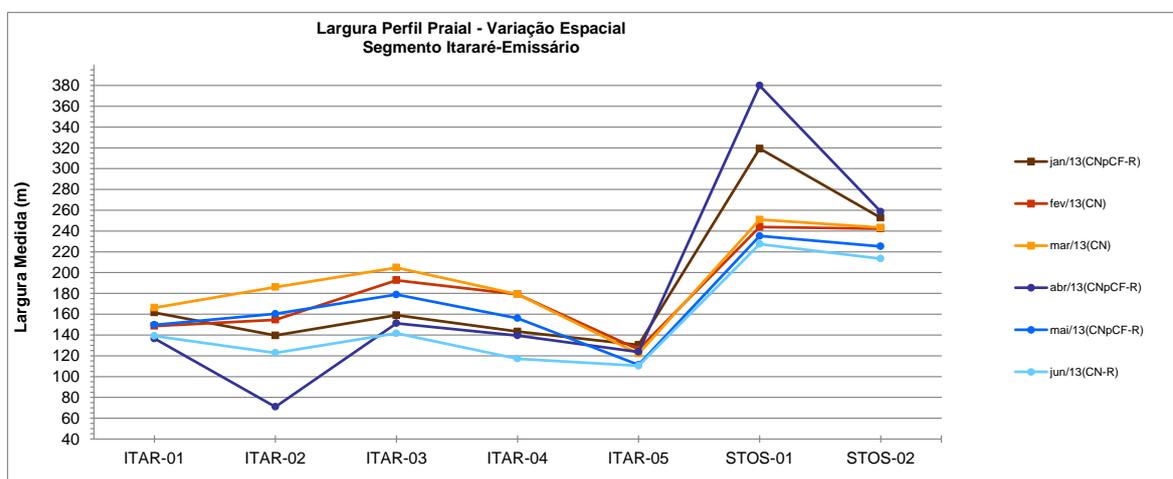


Figura 8.3.3.2-1. Variação espacial da largura praial no segmento Itararé-Emissário, no período de janeiro de 2013 a junho de 2013.

8.3.3.2.1. Comparação com o monitoramento 2010-2011

Na comparação com o monitoramento 2010-2011 (Figura 8.3.3.2.1-1) verifica-se um crescimento geral nas larguras dos perfis, exceto em Itar-01 e Itar-02, e justamente em condições de ressaca.

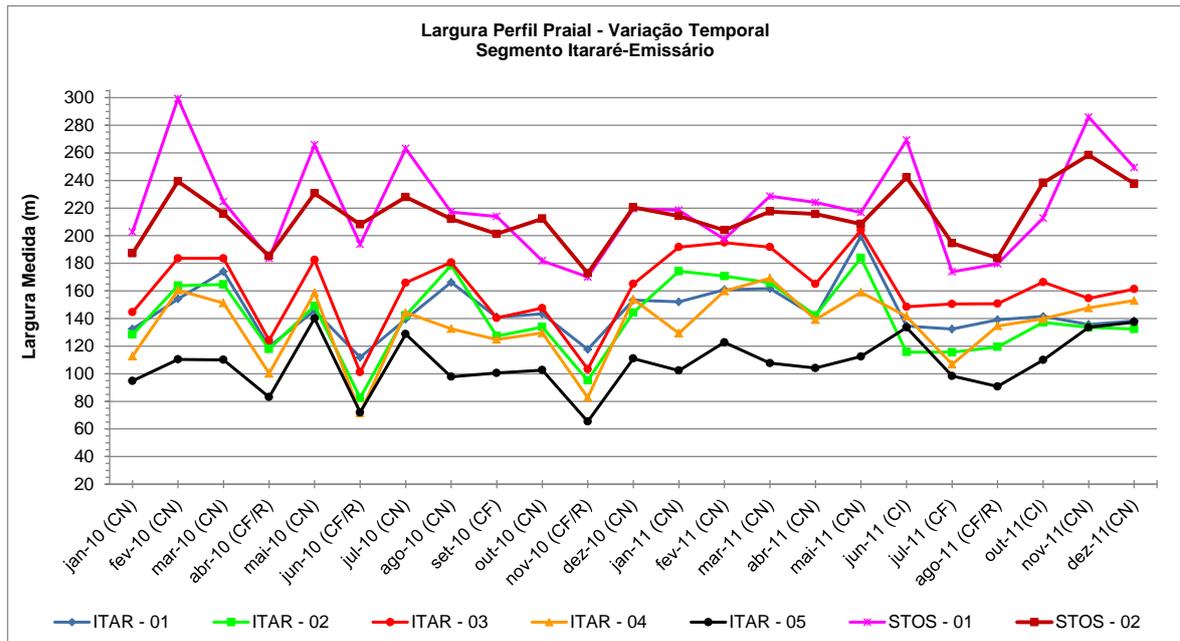


Figura 8.3.3.2.1-1. Variação têmporo-espacial da largura praial total nos perfis do segmento Praia do Itararé-Emissário, entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011.

O perfil Stos-01 apresentou aumento anômalo de largura, atingindo 320 m em janeiro de 2013 (ressaca) e 380 m em abril de 2013 (ressaca) (Figura 8.3.3.2-1), amplitudes jamais alcançadas durante todo o período de monitoramento desde janeiro de 2010 (Figura 8.3.3.2.1-1). Em ambos os casos, ocorria uma maré meteorológica negativa.

8.3.3.3. Granulometria dos sedimentos do estirâncio

Os dados granulométricos relativos ao diâmetro médio e ao grau de seleção obtidos, ao longo do 1º semestre de 2013, indicaram uma homogeneidade textural, uma vez que prevaleceu a ocorrência de areias muito fina e muito bem selecionada, conforme pode ser visto na Figura 8.3.3.3-1. Apenas, em maio, nos perfis Itar-02 e Itar-03, o grau de seleção variou para bem selecionado.

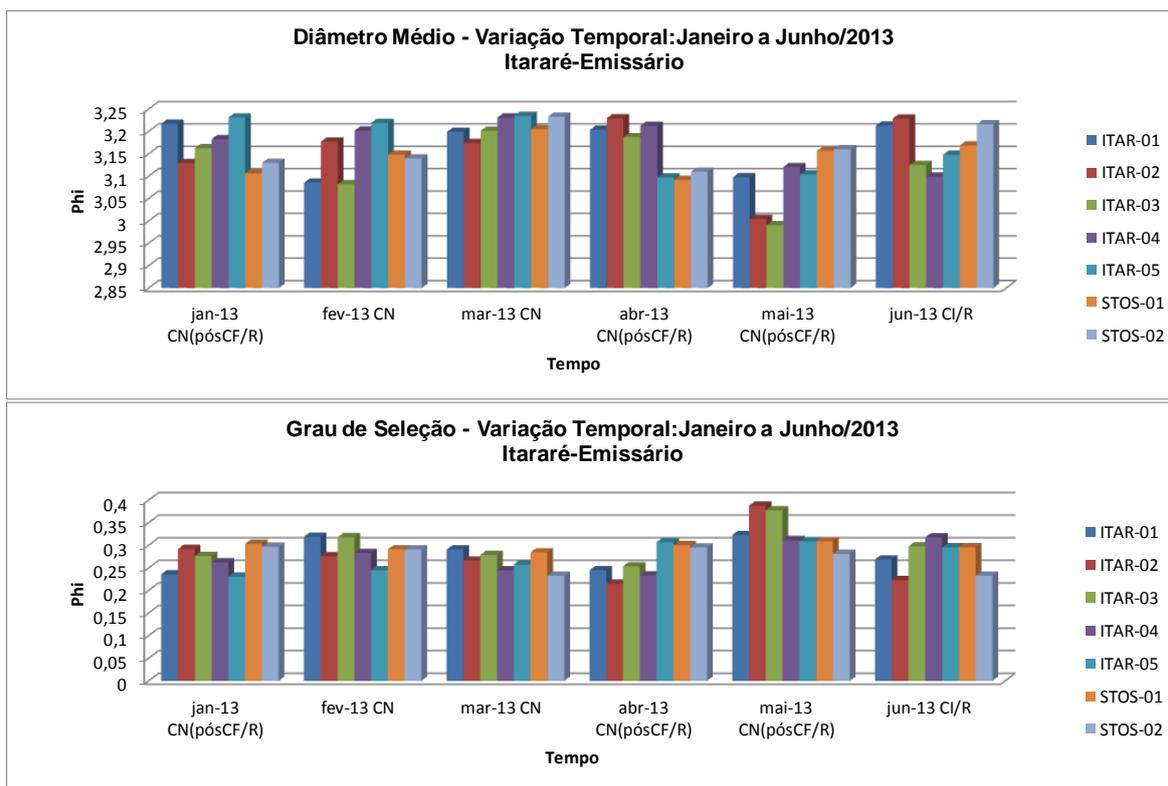


Figura 8.3.3.3-1. Variação textural do diâmetro médio e do grau de seleção dos sedimentos do segmento Itararé-Emissário no período de janeiro a junho de 2013.

Em relação aos valores de curtose (Figura 8.3.3.3-2), ocorreram variações espaciais e também temporais. Em janeiro, houve alternância entre valores mesocúrticos e leptocúrticos ao longo da praia. Em fevereiro, os sedimentos platicúrticos ocorreram nos perfis Itar-01 e Itar-03, os mesocúrticos no perfil Stos-02 e os leptocúrticos nos perfis restantes. Já em março, todos os perfis exibiram uma curtose leptocúrtica.

Em abril, novas variações da curtose ocorreram, com a seguinte distribuição: platicúrtica nos perfis Itar-05 e Stos-01, mesocúrtica nos perfis Itar-01 a Itar-03 e Stos-02 e leptocúrtica no perfil Itar-04. Na perfilagem de maio, os perfis Itar-02 e Itar-03 apresentaram valores platicúrticos, os perfis Itar-01, Itar-04 e Itar-05, mesocúrticos e os perfis Stos-01 e Stos-02, leptocúrticos. No mês de junho, valores mesocúrticos foram obtidos nos perfis Itar-02 a Itar-04 e valores leptocúrticos nos perfis Itar-01, Itar-05, Stos-01 e Stos-02.

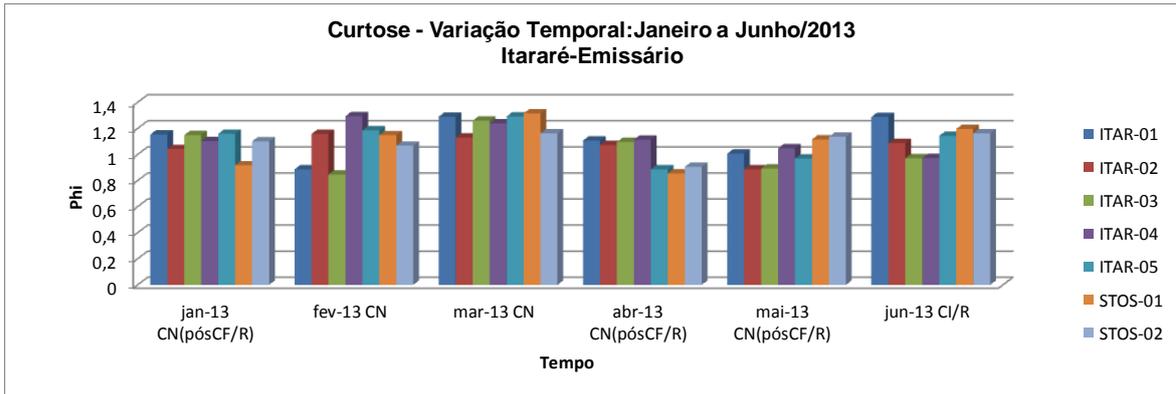


Figura 8.3.3.3-2. Variação textural da curtose dos sedimentos do segmento Itararé-Emissário no período de janeiro a junho de 2013.

Quanto aos dados granulométricos relativos ao grau de assimetria dos sedimentos, houve uma predominância de assimetrias negativas, tanto ao longo da praia, como ao longo do tempo (Figura 8.3.3.3-3). Apenas duas exceções foram encontradas: simétrica em Itar-05, em março; e muito negativa em Itar-01, em maio.

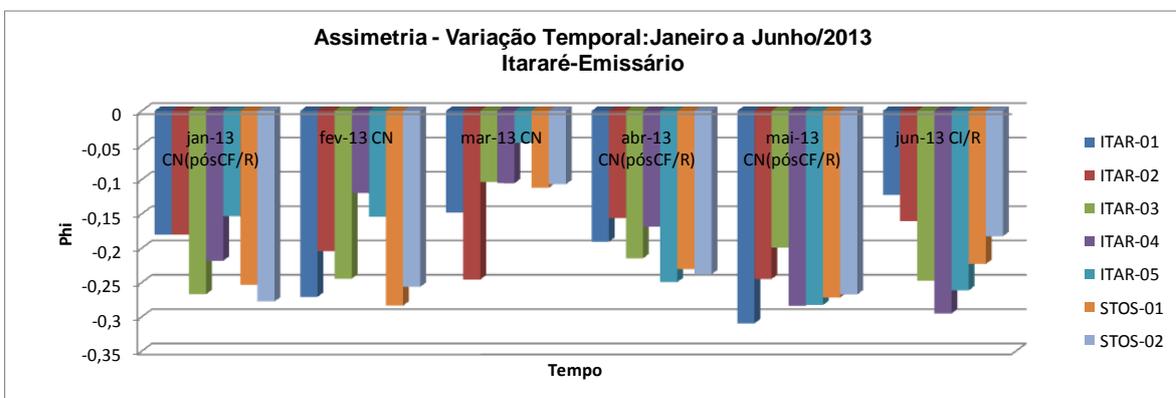


Figura 8.3.3.3-3. Variação textural do grau de assimetria dos sedimentos do segmento Itararé-Emissário no período de janeiro a junho de 2013.

8.3.3.3.1 Comparação com o Monitoramento de 2010 e 2011

Comparando-se os gráficos das médias/desvios-padrão dos parâmetros texturais de 2010, 2011 e 2013 (Figuras 8.3.3.3.1-1, 8.3.3.3.1-2 e 8.3.3.3.1-3, respectivamente), constata-se que praticamente não houve alteração nas propriedades texturais dos sedimentos. Em relação ao diâmetro médio, grau de

seleção, curtose e assimetria, a quase totalidade das amostras de sedimentos praias continuaram classificadas como areias muito fina, muito bem selecionadas, leptocúrticas e com assimetria negativa.

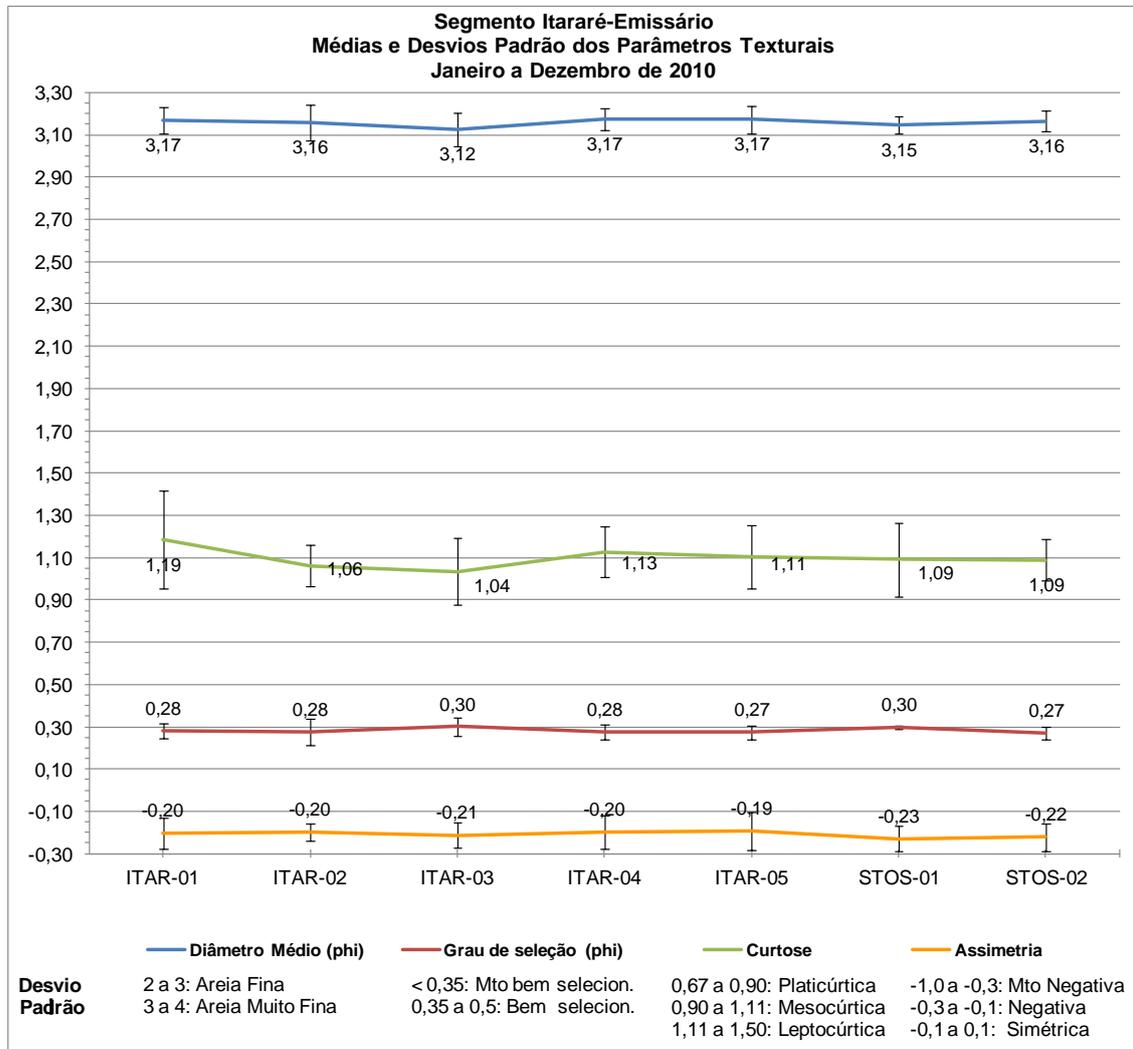


Figura 8.3.3.3.1-1. Distribuição das médias/desvios-padrão dos parâmetros texturais do segmento Itararé-Emissário no período de janeiro a dezembro de 2010.

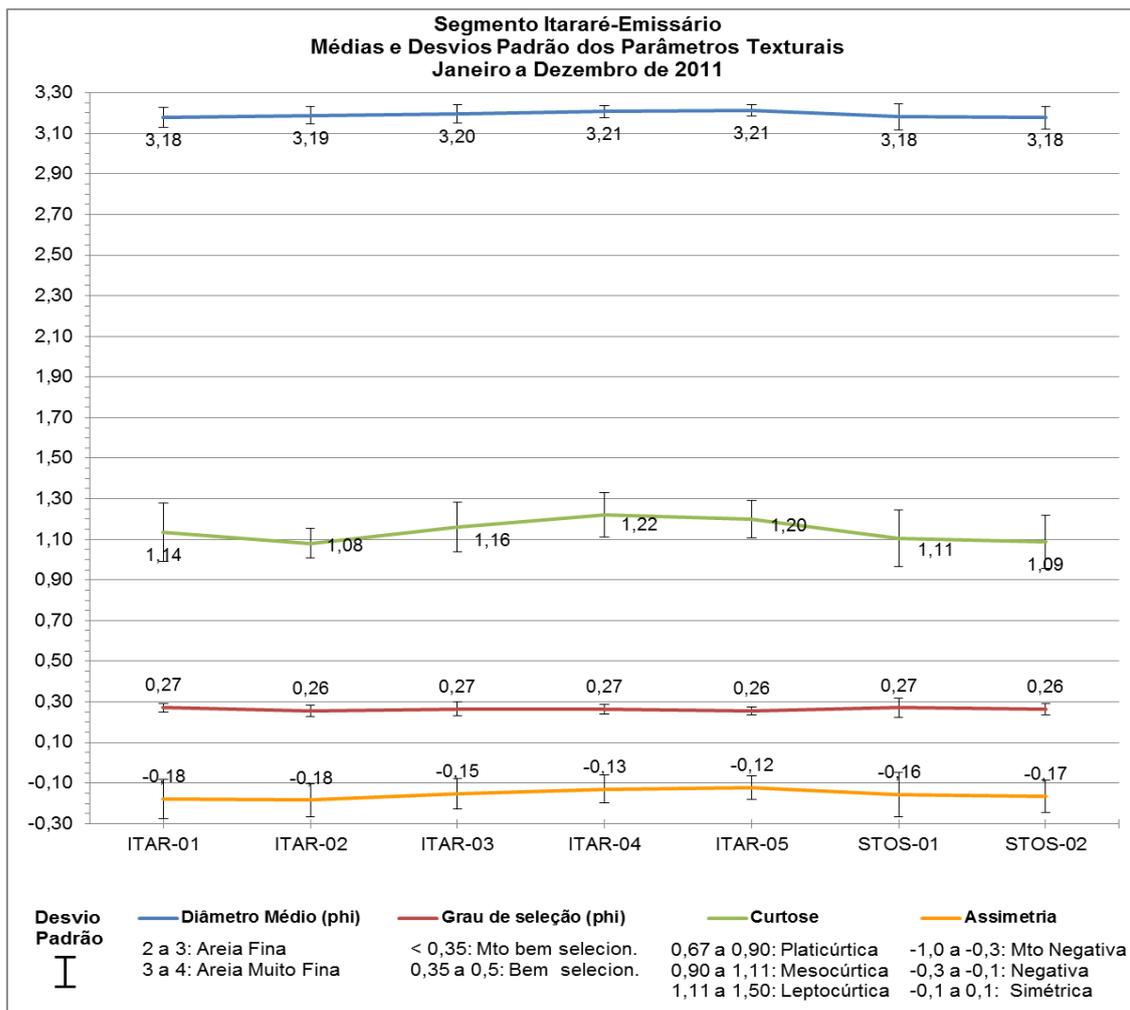


Figura 8.3.3.3.1-2. Distribuição das médias/desvios-padrão dos parâmetros texturais do segmento Itararé-Emissário no período de janeiro a dezembro de 2011.

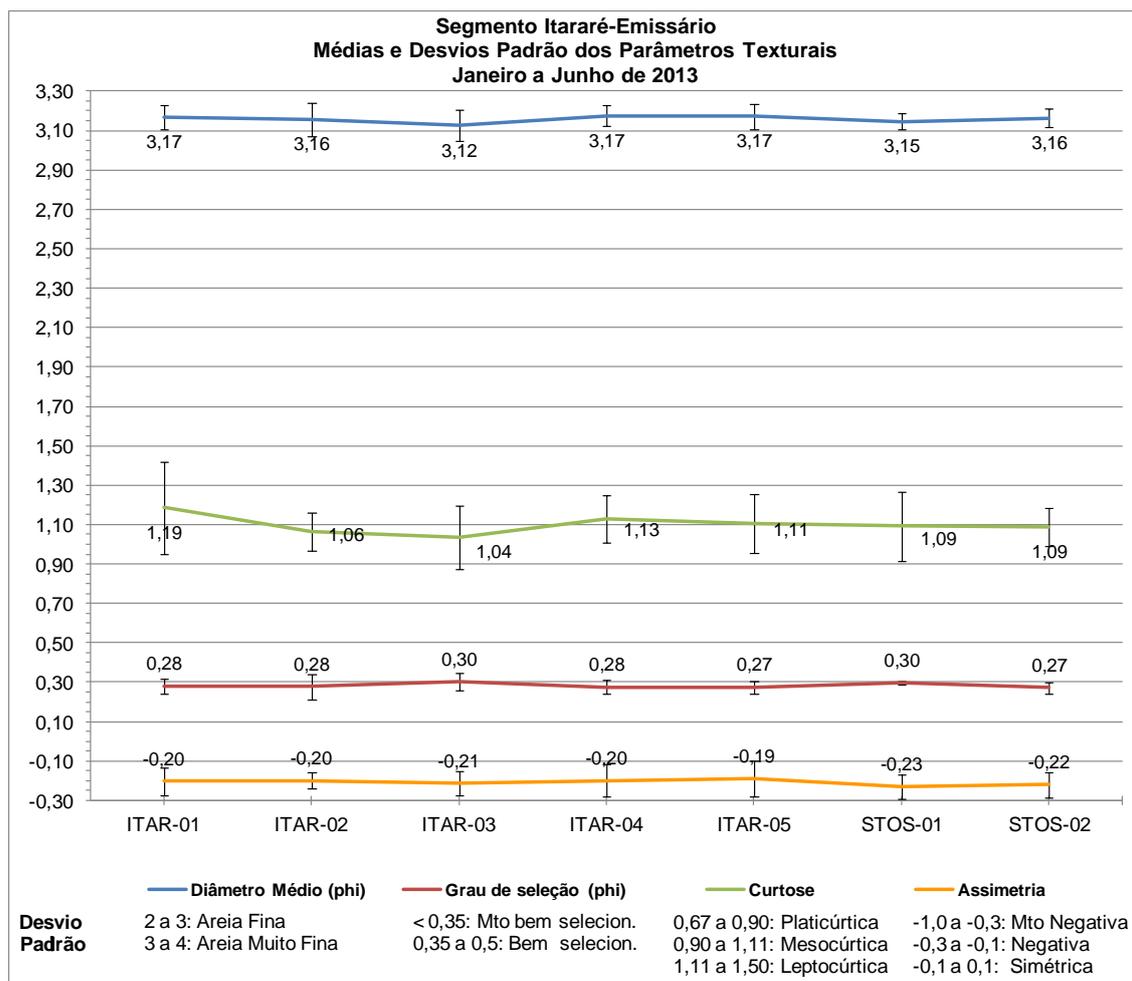


Figura 8.3.3.3.1-3. Distribuição das médias/desvios-padrão dos parâmetros texturais do segmento Itararé-Emissário no período de janeiro-junho de 2013.

8.3.3.4. Células de deriva litorânea

A Figura 8.3.3.4-1 mostra a distribuição das células de deriva litorânea identificadas no segmento Itararé-Emissário durante o 1º semestre de 2013.

Durante a perfilagem de janeiro foram identificados 2 centros de divergência (zona de erosão) e um centro de convergência (zona de deposição). As zonas de erosão estavam posicionadas nos perfis Itar-02, com células partindo para Itar-01 e Itar-05, e em Stos-01, com células saindo para Itar-05 e Stos-02. No perfil Itar-05 ficou situada a zona de deposição. Nesse contexto, o transporte longitudinal resultante foi para E.

Em fevereiro, foram mapeadas quatro células de sentidos opostos, cuja distribuição está associada a duas zonas deposicionais, em Itar-02 e em Itar-05, e

a uma zona erosiva, no perfil Itar-03. A disposição das células indica que o transporte resultante foi para tanto para E como para W.

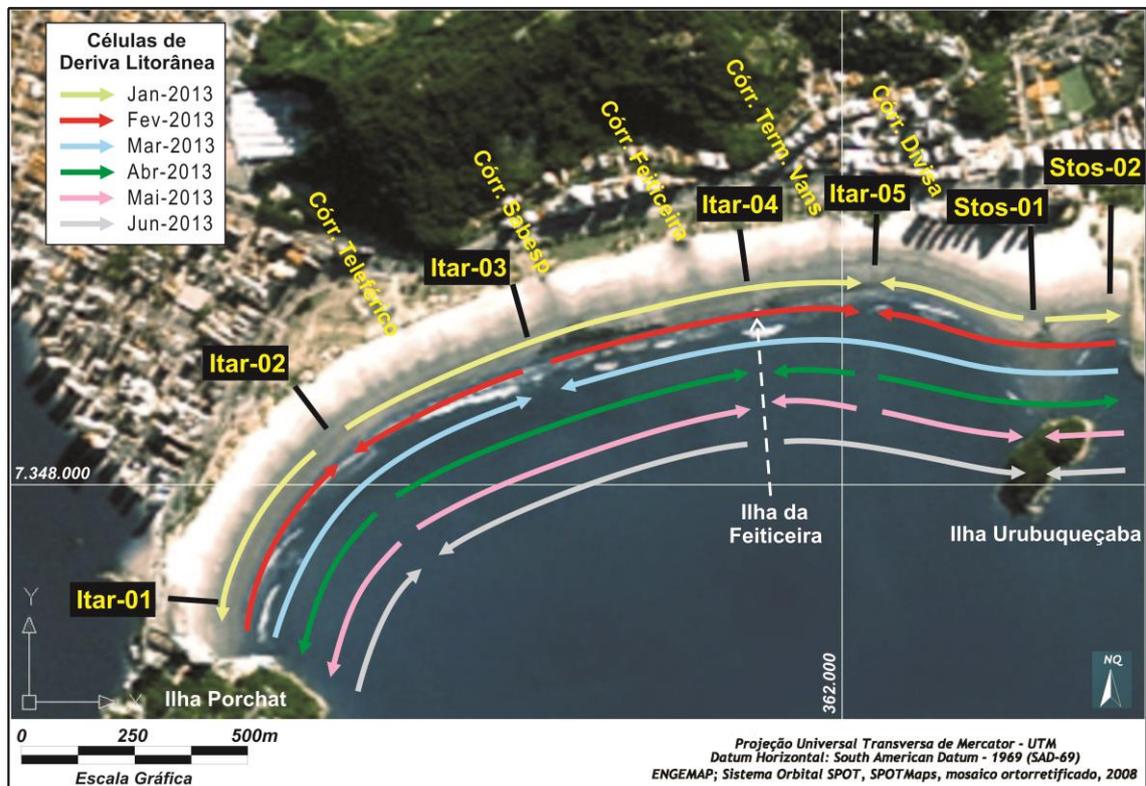


Figura 8.3.3.4-1. Variação do comportamento das células de deriva litorânea no segmento Itararé-Emissário, entre janeiro e junho de 2013.

Durante a campanha de março, foi identificada apenas uma zona de convergência no perfil Itar-03, formada por uma célula partindo de Itar-01 em direção a Itar-03 (sentido E), e por outra célula, de sentido oposto, saindo de Stos-02 em direção a Itar-03. Dessa forma, o transporte longitudinal resultante foi para W.

Em abril, foram reconhecidas duas zonas de maior erosão, uma em Itar-02, formada por células com sentidos opostos (em direção à Itar-01 e Itar-04) e a outra, em Itar-05, formada por células partindo de Itar-05 em direção a Itar-04 e a Stos-02. Essa configuração de células favoreceu um transporte resultante para E.

Na perfilagem de maio, foi mapeado um conjunto de células de deriva litorânea, com três zonas de erosão (Itar-02, Itar-05 e Stos-02) e três de

deposição (Itar-01, Itar-04 e Stos-01). Essa configuração de células de deriva litorânea indicou uma equivalência do transporte longitudinal resultante para E e para W.

Em junho, a distribuição das células favoreceu a ocorrência de três centros de erosão (Itar-01, Itar-04 e Stos-02) e dois centros deposicionais (Itar-02 e Stos-01). Nessa situação, o transporte longitudinal para E foi equivalente ao para W.

8.3.3.5. Risco à erosão costeira

A classificação de risco à erosão costeira deste segmento praial é de Risco Baixo (Tabela 8.3.3.5-1). Comparando com os anos anteriores (2010 e 2011), o risco não se alterou.

Tabela 8.3.3.5-1. Classificação de risco à erosão costeira (para legenda dos Indicadores de Erosão Costeira I a XI consultar a Tabela 8.2.2.4-1).

Perfil	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Risco Perfil	Nota (ponderada)	RISCO TOTAL (média ponderada)
ITAR - 01		X						X	X			BAIXO	2,0	BAIXO (1,6)
ITAR - 02		X										MUITO BAIXO	1,0	
ITAR - 03		X										MUITO BAIXO	1,0	
ITAR - 04		X							X			BAIXO	2,0	
ITAR - 05		X										MUITO BAIXO	1,0	
STOS - 01		X							X			BAIXO	2,0	
STOS - 02		X						X	X			BAIXO	2,0	

8.4. Conclusões

Os resultados obtidos nos seis meses de monitoramento, entre janeiro e junho de 2013, das praias ao fundo da Baía de Santos mostraram que os processos costeiros ocorrentes, bem como as anomalias morfológicas e texturais observadas, foram prioritariamente influenciadas pela variabilidade de eventos de alta energia de ondas, muito frequentes em todos os meses e bastante coincidentes com os períodos de monitoramento.

Em relação à Praia do Góes, os resultados obtidos indicam que, do ponto de vista de sua morfodinâmica (variabilidade morfológica, textural e de transporte resultante) e de seu balanço sedimentar (erosão costeira, transporte resultante e variação volumétrica de sedimentos), essa praia ainda está sob a influência do fenômeno de rotação iniciado em 2010. Entretanto, atualmente verifica-se uma desaceleração do processo, com redução brusca do transporte de sedimentos para o setor leste da praia (Góes-04/Góes-05) durante as ressacas, como esperado, já que o estoque disponível no setor oeste deve estar se extinguindo. O que se nota no momento é que as ressacas estão começando a remover e a retrabalhar os sedimentos do prisma praiado emerso no setor leste e a remobilizá-lo para o perfil submerso, desenvolvendo uma estreita zona de surfe.

O balanço sedimentar dos perfis dessa praia mostrou tendências positivas e de equilíbrio entre os meses de fevereiro de 2010, dezembro de 2011 e fevereiro de 2013. Em relação às alturas de ondas (e energia), não foi verificado qualquer aumento em qualquer setor da praia desde 2010, o que é também corroborado pela estabilidade no processo erosivo do Fortim. Em relação ao processo de rotação praiado, os resultados obtidos sugerem que a maior evolução do fenômeno se deu entre 2010 e 2011, mas em 2012 o processo provavelmente se desacelerou e agora parece estar caminhando para a sua fase final, ou mesmo para um retorno à situação de normalidade. Portanto, para a Praia do Góes, até o momento não foi constatada qualquer alteração ou processo que possa ser atribuído a algum impacto físico decorrente das obras de dragagem de aprofundamento do Porto de Santos ocorridas em 2010 e 2011.

Os resultados obtidos para o segmento Emissário-Ponta da Praia indicam que, do ponto de vista de sua morfodinâmica (variabilidade morfológica, textural e de transporte resultante) e de seu balanço sedimentar (erosão costeira e transporte resultante), a maior parte dessa praia permaneceu em equilíbrio dinâmico, essencialmente controlado pela variabilidade de intensidade, frequência e distribuição temporal dos eventos meteoceanográficos. Entretanto, na Ponta da Praia a erosão está aumentando e se expandindo de maneira acelerada na direção do Canal 6, já sendo bastante evidente na área do perfil Stos-22. O perfil Stos-23 está praticamente desaparecendo. O perfil Stos-16, localizado entre os

canais 4 e 5, também registrou balanço sedimentar muito negativo. A altura das ondas nesses três perfis parece ter sofrido um aumento relativo desde 2010, com os maiores valores em 2013, tanto para condições de ressaca (mesmo comparando ressacas de igual magnitude), quanto para condições de tempo bom. Assim, embora a maioria dos perfis desse segmento praiial não tenha sofrido mudanças significativas desde 2010, o setor leste dessa praia não apresenta a mesma tendência, com aumento da erosão e, aparentemente, da altura das ondas e, portanto, de sua energia e potência destrutivas. Tal fato pode ser caracterizado como um possível impacto das obras de dragagem de aprofundamento e por isso precisa continuar a ser monitorado para sua melhor avaliação.

Os resultados obtidos para o segmento Praia do Itararé-Emissário indicam que, do ponto de vista de sua morfodinâmica (variabilidade morfológica, textural e de transporte resultante) e de seu balanço sedimentar (erosão costeira, transporte resultante), essa praia permaneceu em equilíbrio dinâmico, essencialmente controlado pela variabilidade de intensidade, frequência e distribuição temporal dos eventos meteorológicos-oceanográficos. Portanto, até o momento, nesse segmento praiial também não foi constatada qualquer alteração que possa ser atribuída a algum impacto físico decorrente das obras de dragagem de aprofundamento.

8.5. 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.
- Fundespa – Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas 2012. Quarto Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos - RTS –030912. Fundespa, São Paulo, 1254p.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 praial 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. & 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, A.P. & Ferreira, R.S. 2012. Monitoramento praial antes e durante as obras de dragagem do Porto de Santos, São Paulo (Brasil). In: I Congresolberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales (GIAL), Cadiz, Espanha, 25-27/01/2012. Libro de Comunicaciones y de Pósters, 802-812.
- 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.

8.6. Equipe Técnica

Dra. Celia Regina de Gouveia Souza – Geóloga-Oceanógrafa (Coordenadora)

MSc. Agenor Pereira Souza - Geólogo

Manuel Luiz Gouveia – Engenheiro Civil

Eduardo Garcia Rosa – Oceanógrafo

Sérgio Asché – Biólogo

Camila Alves de Brito - Geógrafa

Ivete Costa - Química

José Alves de Andrade – Químico