

4.3. ATIVIDADE 430: SUBPROGRAMA DO MONITORAMENTO DO PERFIL PRAIAL

4.3.1. Introdução e Objetivos

O objetivo geral do Programa de Monitoramento Praial é a avaliação dos possíveis impactos das atividades de dragagem ao longo das praias do Itararé, em São Vicente, todas as praias de Santos e na praia do Góes, no Município do Guarujá.

O Programa de Monitoramento Praial que tem como objetivos específicos:

- Caracterizar morfológicamente e texturalmente 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 de 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 e,
- Propor medidas mitigadoras e/ou compensatórias quando comprovado algum impacto das obras na dinâmica sedimentar dessas praias.

4.3.2. Área Amostral

A Figura 195 indica a localização da área de estudo do Programa de Monitoramento do Perfil Praial.

As informações necessárias as análises que permitem atingir os objetivos propostos são obtidas a partir do levantamento de 33 perfis praias fixos, dentre os quais 5 estão localizados

 AUTORIDADE PORTUÁRIA <small>CCESOP Companhia Docas do Estado de São Paulo Santos - SP - Brasil</small>	Programa de Monitoramento Ambiental das Áreas Dragadas, do Perfil Praial, do Ecossistema de Manguezal e do Polígono de Disposição Oceânica-PDO de Materiais Dragados na Região do Porto de Santos Relatório Consolidado – Novembro/2014 a Abril/2015	Pág. 401/ 544
---	--	-------------------------

no segmento Praia do Itararé – Emissário, 23 no segmento Emissário – Ponta da Praia e 5 no segmento Praia do Góes.

Em virtude da implantação de metodologia de levantamento de perfil praial de maior precisão baseada na utilização de equipamentos descritos na metodologia (4.3.4), alguns pequenos ajustes no posicionamento dos perfis pré-estabelecidos necessitaram ser executados. Esse reposicionamento em planta objetivou apenas livrar o equipamento de impedimentos a recepção do sinal de satélite, como deslocar o perfil lateralmente a copas de árvores. Porém, como os perfis representam um segmento praial e não apenas uma linha, estes deslocamentos que permitem um aprimoramento da precisão do levantamento não implicam em alterações na possibilidade de comparação com levantamentos prévios, bem como aumentam a replicabilidade dos levantamentos futuros.

 TETRA TECH	 _____ Técnico Responsável	Tt 15-010	Revisão 02 11/2015
---	---	------------------	------------------------------

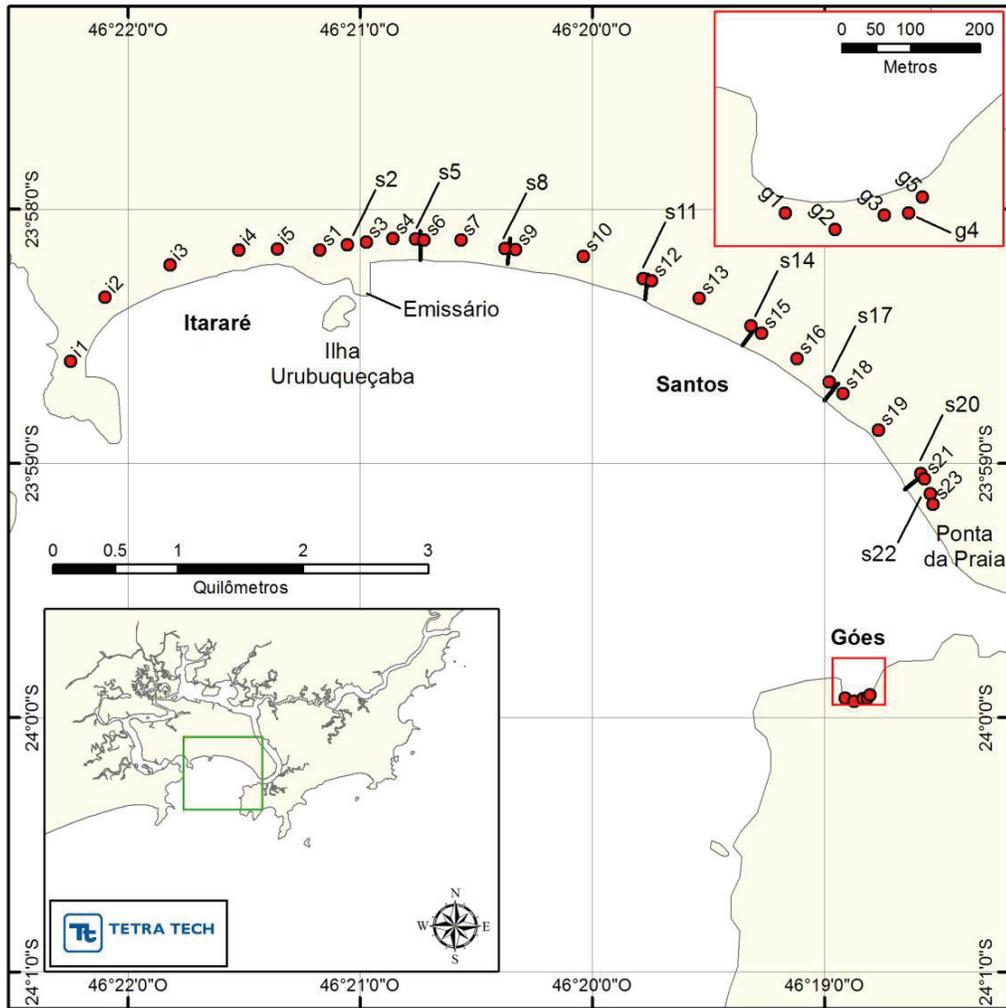


Figura 195 – Representação da área de estudo com a localização dos perfis de praia.

4.3.3. Atividades Realizadas

Foi realizado o levantamento do perfil praial, coleta de amostras simples de sedimento na face da praia para análise granulométrica e identificação de indicadores de erosão em cada localização (Figura 195). As atividades de campo foram realizadas entre novembro de 2014 e abril de 2015, totalizando 6 campanhas mensais do perfil de praia (Tabela 84).

Tabela 84 – Data de realização das campanhas do perfil de praia com as condições meteorológicas e oceanográficas¹. Hs – altura significa de onda, T – período de onda, Dir – direção de onda (Norte geográfico)

	Início	Fim	Hs (m)	T (s)	Dir (°)	Condição Meteorológica
Campanha 1	23/abr/14	25/abr/14	1,22	13,8	171,9	Frente Fria
Campanha 2	20/mai/14	22/mai/14	1,06	10,5	174,7	Bom Tempo
Campanha 3	25/jun/14	27/jun/14	0,63	14,0	155,3	Bom Tempo
Campanha 4	22/jul/14	24/jul/14	1,04	10,0	157,9	Bom Tempo
Campanha 5	26/ago/14	28/ago/14	1,00	10,5	184,2	Ressaca
Campanha 6	09/set/14	11/set/14	0,64	12,0	152,7	Bom Tempo
Campanha 7	04/nov/14	05/nov/14	0,76	9,1	157,1	Frente Fria
Campanha 8	10/dez/14	11/dez/14	0,48	7,2	139,2	Bom Tempo
Campanha 9	06/jan/15	07/jan/15	1,04	10,5	164,8	Bom Tempo
Campanha 10	24/fev/15	25/fev/15	0,57	6,9	149,4	Bom Tempo
Campanha 11	17/mar/15	18/mar/15	0,68	8,5	170,8	Bom Tempo
Campanha 12	07/abr/15	08/abr/15	1,51	8,8	174,3	Ressaca

4.3.4. Metodologia

A seguir são descritas as metodologias utilizadas no monitoramento do perfil de praia.

De acordo com a definição do zoneamento praial, a Figura 196 enumera a distribuição e nomenclatura adotada para este relatório em consonância com os relatórios pretéritos.

¹ Condições oceanográficas dentro da Baía de Santos extraídas do modelo SWAN operacional da TETRA TECH.

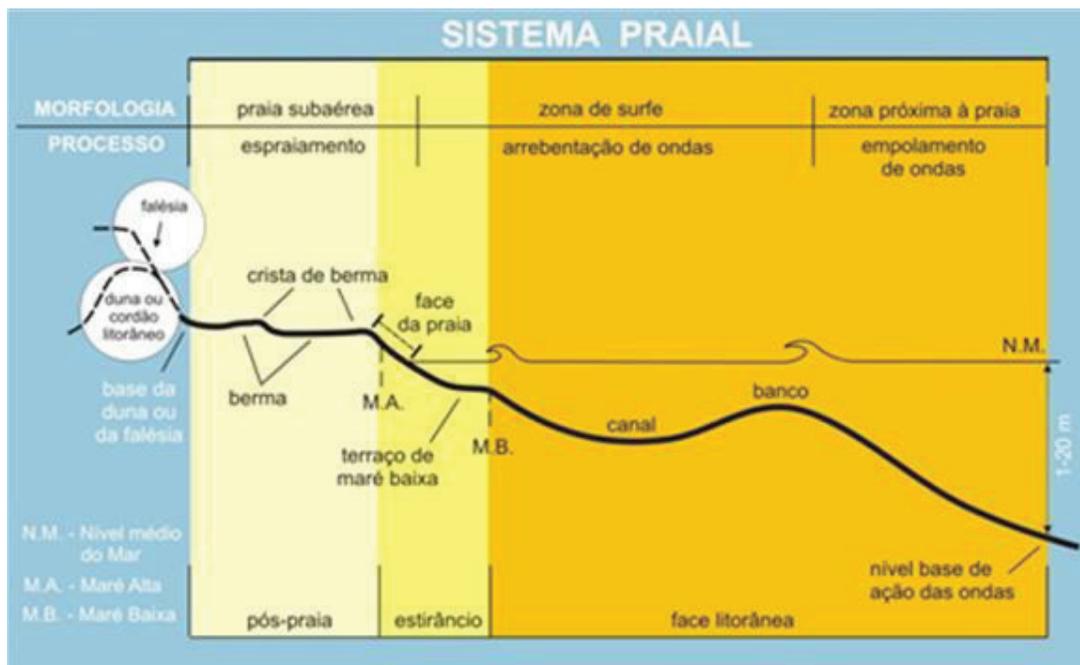


Figura 196 – Zoneamento do perfil praiial. (Souza et. al., 2005)

4.3.4.1. Perfis de Praia

Previamente ao levantamento executado em abril de 2014 foram implantados marcos topográficos georreferenciados, objetivando fixar ao longo dos prismas praiiais a exata localização dos 33 perfis com relação as suas coordenadas geográficas (latitude e longitude), bem como da cota altimétrica do ponto inicial do perfil. O Datum WGS84 foi utilizado para as coordenadas planas (*i.e.* latitude e longitude), enquanto a altitude foi determinada em relação ao datum vertical de Imbituba obtido e transferido a partir de um marco ortométrico do IBGE instalado na região (estação 2141-P). O zero do Datum de Imbituba corresponde ao nível médio do mar.

Para a implantação dos marcos de referência utilizados como base para as medidas do perfil de praia foi utilizado um receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) RTK L1 Ashtech ProMark 120 através da solução *flying RTK (Real Time Kinematic)* que permite posicionamento com precisão decimétrica em tempo real. A técnica empregada recebe correção diferencial via GSM (*Global System for Mobile*) / GPSR (*Greedy Perimeter Stateless Routing*) dispensando a utilização de base fixa. O equipamento se conecta via GSM/GPSR a um servidor de bases com correções RTK que provem dados de estações GNSS dentro de

um raio de até 500 km. A Figura 197, abaixo, mostra a equipe de campo fazendo a demarcação de um marco base de um dos perfis enquanto a Figura 198 mostra a posição de todos os marcos implantados na área de estudo.



Figura 197 – Georreferenciamento de marco de referência na base do perfil de praia e equipamento utilizado, em detalhe.



Figura 198 – Localização dos marcos base implantados na área de estudo.

As coordenadas da base de cada perfil constam na Tabela 85.

Tabela 85 - Coordenadas planas dos marcos implantados - UTM Z23 WGS84 e altimetria correspondente ao Datum de Imbituba para cada perfil.

MARCO	X(M)	Y(M)	Z(M)
ITAR 01	360541,683	7347681,514	2,036
ITAR 02	360787,125	7348149,455	2,271
ITAR 03	361261,208	7348387,936	2,586
ITAR 04	361764,169	7348502,534	2,451
ITAR 05	362043,330	7348512,538	2,648
STOS 01	362353,889	7348507,953	2,551
STOS 02	362553,549	7348546,546	2,886
STOS 03	362691,831	7348569,242	2,695
STOS 04	362888,099	7348596,610	2,237
STOS 05	363053,436	7348593,010	1,911
STOS 06	363115,411	7348587,766	1,820
STOS 07	363383,380	7348590,624	2,437
STOS 08	363707,240	7348533,451	1,713
STOS 09	363782,740	7348525,222	1,584
STOS 10	364277,835	7348479,369	2,017
STOS 11	364717,157	7348323,850	1,551
STOS 12	364779,743	7348306,926	1,686
STOS 13	365128,078	7348182,746	2,017
STOS 14	365508,887	7347985,760	2,009
STOS 15	365585,919	7347934,269	2,053
STOS 16	365845,964	7347752,682	2,190
STOS 17	366084,545	7347586,306	2,193
STOS 18	366186,735	7347502,777	2,176
STOS 19	366448,297	7347239,819	2,151
STOS 20	366758,093	7346928,193	2,169
STOS 21	366787,921	7346889,548	2,329
STOS 22	366829,543	7346780,569	2,279
STOS 23	366849,649	7346706,589	2,312

Ressalta-se que os perfis na Praia do Góes não possuem marcos topográficos. As medições no Góes tem como base a Ponta da Praia, sem prejuízo algum a qualidade dos dados devido às características do equipamento utilizado no levantamento dos perfis praias (*i.e.* estação total – descrita a seguir) que permite medições de até 2 km de distância.

A coleta dos perfis topográficos foi realizada com a utilização de uma estação total modelo Focus 6 ou Ruide (Figura 199) com precisão linear, para medições com prisma, de 2 mm + 2 ppm e resolução angular de 2" a 5", que se estendeu do início da faixa de areia da praia até a profundidade aproximada de 1,5 m no momento da realização das medições. Todas as locações foram levantadas com posicionamento conhecido de latitude (Y), longitude (X) e altitude (Z) para o georreferenciamento de todos os pontos e perfis medidos. Adotou-se o

datum horizontal WGS84 e o datum vertical de Imbituba para as elevações. O datum de Imbituba foi escolhido por possuir o seu zero correspondente ao nível médio do mar.



Figura 199 – Estação Total Focus 6 utilizada nas medições de perfil praia.

Esta metodologia de levantamento permite a localização absoluta dos perfis com georreferenciamento de suas coordenadas horizontais e verticais baseada nas coordenadas do marco de nível de referência do IBGE 2141P que torna a medição independente da condição de maré, visto que, preteritamente a posição instantânea do nível d'água era adotada como cota zero para a correção de todas as elevações. Com o aprimoramento da metodologia é possível realizar as medidas dos perfis ao longo do programa exatamente no mesmo local, com as mesmas referências espaciais, permitindo o cálculo da largura de praia até a cota zero, relativa ao nível médio do mar, e do volume do pacote sedimentar depositado, até esta mesma cota em todas as campanhas de forma precisa e exata devido à exclusão de erro gerado pela imprecisão da correção de maré tanto na quantificação da largura quanto para o cálculo de volume de praia. Desta forma, pode-se observar a perda ou ganho de sedimento em cada

perfil ao longo do monitoramento permitindo a inferência da direção preferencial da deriva litorânea na área amostrada.

Durante o levantamento foram identificados em cada perfil a linha de incursão máxima da maré (*i.e.* linha de deixa) e a posição instantânea do nível do mar. Essa discriminação permite a quantificação da extensão do pós praia, face praial (estirâncio) e largura da praia em relação à maré instantânea, bem como a largura absoluta em relação ao nível médio do mar e a quantificação do volume emerso de praia, conforme demonstrado na Figura 200.

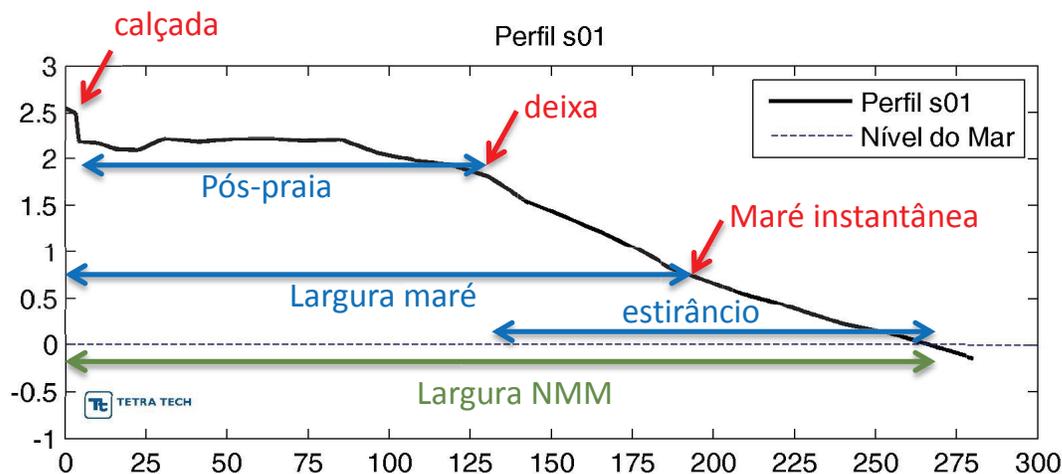
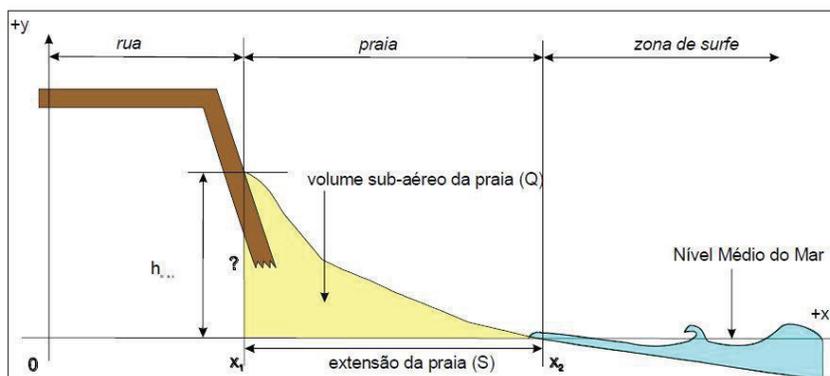


Figura 200 – Exemplo da localização e demarcação das diferentes zonas praias aferidas.

A largura é obtida a partir da distância entre x_1 e x_2 (Figura 201) e o volume da integral definida representada pela Equação 1, compreendendo o volume em uma secção de um metro. Desta forma, o cálculo do volume do prisma praial é definido pelo volume contido entre o limite da porção de areia em direção a terra (*i.e.* até a posição do marco ou estrutura fixa) e o limite do nível médio do mar (*e.g.* cota zero vertical) em uma faixa de 1 metro de largura de praia. Esta é uma medida padrão utilizada na literatura para medição do volume de praia (SHORT, 1999).



$$Q = \int_{x_1}^{x_2} x(dx)$$

Equação 1

Figura 201 - Esquema do perfil de praia para cálculo de volume e largura (TEMME et al., 1997)

4.3.4.2. Amostragem e análise de sedimentos.

Em cada perfil levantado foi coletada uma amostra de sedimento na face da praia para a realização de análise granulométrica com o objetivo de subsidiar possíveis conclusões acerca da dinâmica energética, transporte de sedimentos e alterações na fonte de sedimentos ao longo das praias monitoradas (Figura 202).

A amostragem de sedimento executada em cada perfil monitorado é feita no terço inferior do estirâncio, na porção limite entre as áreas emersa e submersa do segmento praial, entre zero e dois metros de profundidade conforme sugerido no método de Souza (1997).



Figura 202 – Exemplo da amostra de sedimento coletada para análise granulométrica.

O conjunto de amostras obtido foi processado em laboratório por peneiramento (areias) e pipetagem (siltes e argilas), conforme preconizado por Suguio (1973) em alíquotas de cerca de 100 gramas de amostra previamente submetidas a ataque ácido (HCl 10%) para eliminação total da fração carbonática (carbonato biodetrítico).

4.3.4.3. Indicadores de erosão costeira.

A presença de indicadores de erosão costeira foi identificada em todos os períodos de levantamento segundo uma classificação estabelecida por Souza (1997) e Souza & Suguio (2003).

A classificação do grau de risco é atribuído de acordo com a Tabela 86.

Tabela 86 – Classificação do risco de erosão costeira.

Número de indicadores de erosão costeira	Classificação do risco do perfil praial	Nota
0 a 1	MUITO BAIXO (MB)	1
2 a 3	BAIXO (B)	2
4 a 5	MÉDIO (M)	6
6 a 8	ALTO (A)	12
9 a 11	MUITO ALTO (MA)	15

Esses valores obtidos são então somados e divididos pelo número de perfis para se obter a média aritmética das notas ponderadas para toda a praia. Desta forma, o valor mínimo é 1 e o máximo 15. Assim, o resultado final será apresentado conforme a Tabela 87.

Tabela 87 – Classificação ponderada do risco total de erosão costeira.

Nota média ponderada da praia	Classificação de risco total da praia
1	MUITO BAIXO
1,1 – 3,0	BAIXO
3,1 – 6,0	MÉDIO
6,1 – 12,0	ALTO
12,1 – 15,0	MUITO ALTO

4.3.4.4. Definição de células de deriva litorânea

Para avaliação do transporte de sedimentos foram comparados os dados de volume, largura e declividade da face da praia entre sucessivos levantamentos. A integração desses dados permite conclusões acerca do balanço sedimentar da praia ao longo do tempo e espaço contemplando os volumes transferidos tanto no sentido ao longo da praia (*i.e. alongshore*) quanto no sentido através da praia (*i.e. cross-shore*), bem como a identificação de possíveis fontes ou sumidouros de sedimentos (VAN RIJN, 2010; DEAN & DALRYMPLE, 2004). Essa

avaliação tem como base o balanço e conservação de massa em uma célula costeira, ilustrada esquematicamente na Figura 203.

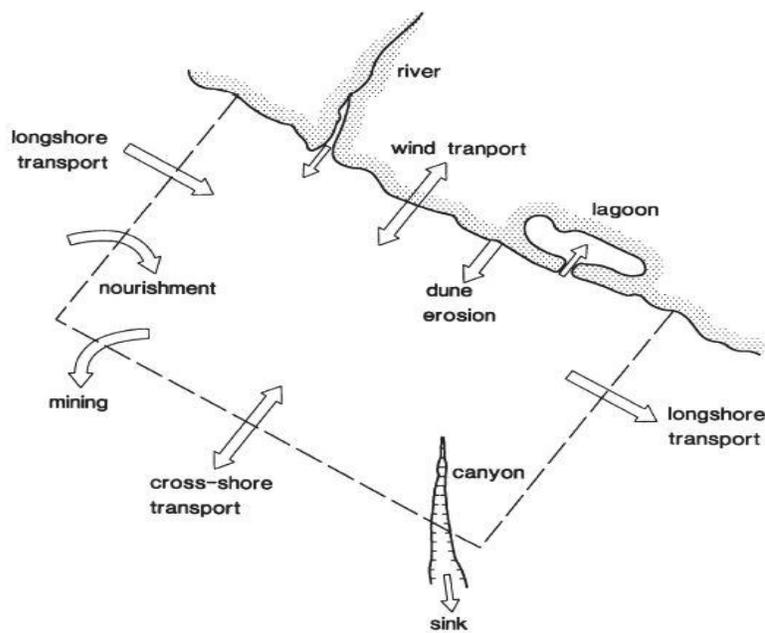


Figura 203 – Esquema de uma célula costeira com exemplos de entradas, saídas, fontes e sumidouros de sedimentos (VAN RIJN, 2010).

4.3.5. Resultados e Discussão

A seguir são apresentados os resultados do monitoramento do perfil de praia. Todos os parâmetros morfológicos e sedimentológicos avaliados constam no APENDICE T.

4.3.5.1. Morfologia e Sedimentologia

Devido à interação entre morfologia e sedimentologia no ambiente praial, estes serão apresentados de forma conjunta para uma melhor interpretação e descrição dos resultados. Serão ainda incorporados os últimos 6 meses de dados para melhor interpretar a morfodinâmica local.

Os gráficos correspondentes à configuração espacial do pós praia e da face praial, de cada um dos perfis, denotam serem as praias do arco Itararé-Santos representadas por declives

suaves, (baixa declividade), maior largura das feições de pós praia e da zona de espraiamento (largura > 100 metros), pequeno deslocamento espacial das ondas sobre a área emersa do perfil praial (50 metros), e arrebentação progressiva a mergulhante, como correspondentes a características morfodinâmicas de praias dissipativas a intermediárias (WRIGHT & SHORT, 1983). Os resultados obtidos para a Praia do Góes correspondem a segmentos praias mais curtos do que os observados no arco Itararé-Santos, de maior declividade e com processos de arrebentação mais intensos e de menor espraiamento lateral, correspondendo a um estágio morfodinâmico de praia intermediária a reflectiva (WRIGHT & SHORT, 1983). Os perfis levantados encontram-se no Apêndice T.

A Tabela 88 apresenta os resultados texturais obtidos do levantamento de campo. A análise destes resultados indica uma homogeneidade da variabilidade espacial dos diâmetros médios das areias ao longo de todo o arco praial Itararé-Santos. O arco praial do Góes apresenta uma variabilidade maior de texturas, sendo recoberto por sedimentos, em geral, mais grossos (*i.e.* areia fina), quando comparados aos sedimentos que recobrem as praias de Santos e São Vicente, *i.e.* areia muito fina (Figura 204).

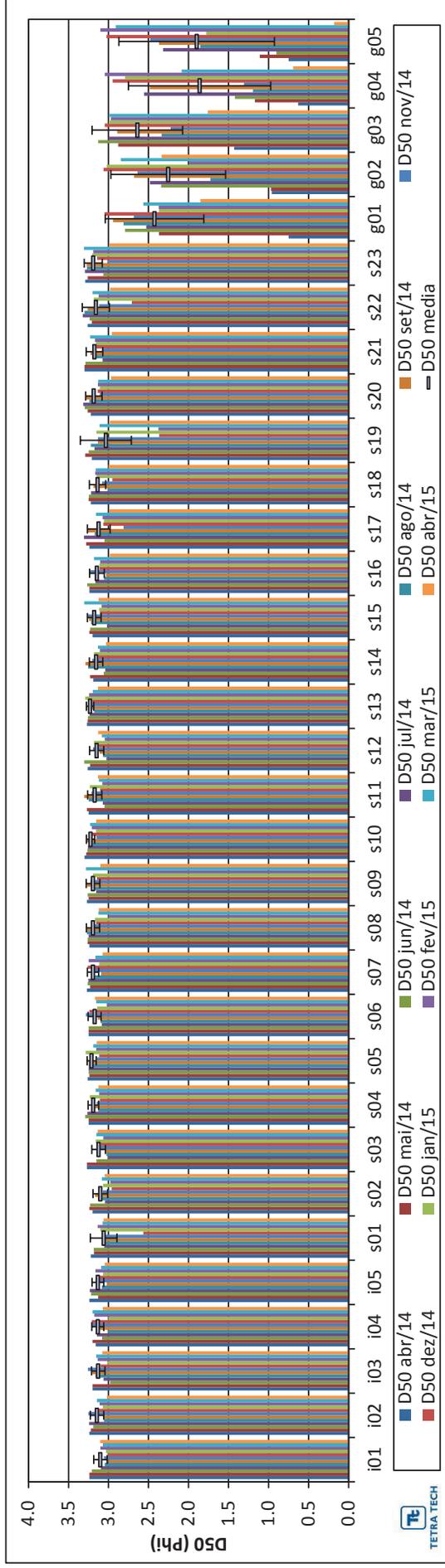


Figura 204 – Distribuição espacial e temporal do tamanho de grão (D_{50}) e desvio padrão das amostras de sedimento para cada perfil entre abril de 2014 e abril de 2015.

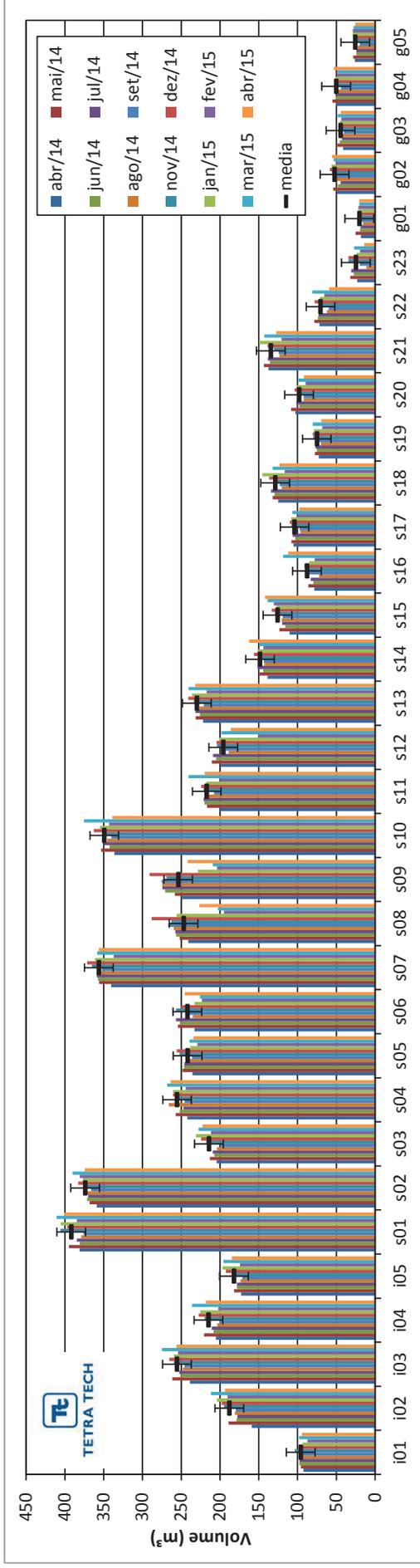


Figura 205 – Distribuição espacial e temporal do volume de praia e desvio padrão das campanhas de perfil de praia entre abril de 2014 e abril de 2015.

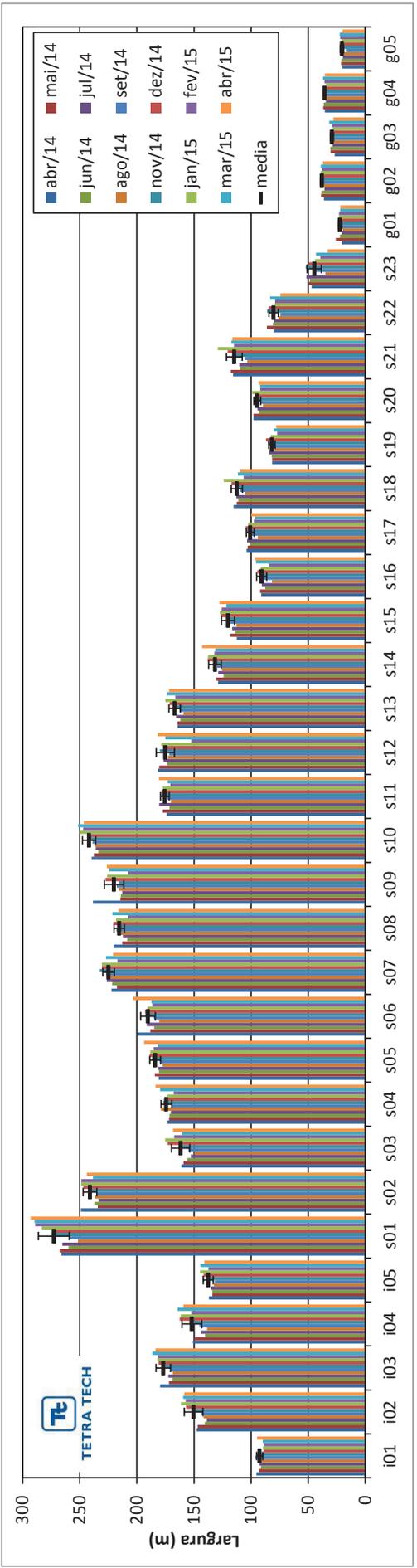


Figura 206 – Distribuição espacial e temporal da largura de praia e desvio padrão das campanhas de perfil de praia entre abril de 2014 e abril de 2015.

Tabela 88 – Resultados do tamanho de grão (D₅₀) obtidos no monitoramento do perfil de praia entre abril de 2014 e abril de 2015. A barra dupla indica a posição do emissário entre os pontos S-2 e S-3 e o início da Praia do Góes; as barras simples indicam a localização dos canais.

PHI	ABR/14	MAI/14	JUN/14	JUL/14	AGO/14	SET/14	NOV/14	DEZ/14	JAN/15	FEV/15	MAR/15	ABR/15	MÉDIA	DESVPAD
i01	3,24	3,24	3,21	3,10	3,05	3,01	3,06	3,01	3,03	3,10	3,07	3,11	3,10	0,08
i02	3,24	3,22	3,19	3,24	3,06	3,06	3,25	3,12	3,07	3,12	3,14	3,02	3,14	0,08
i03	3,20	3,20	2,98	3,06	3,16	3,20	3,26	3,10	3,02	3,13	3,16	3,08	3,13	0,08
i04	3,16	3,2	3,08	3,14	3,01	3,14	3,21	3,21	3,01	3,18	3,20	3,07	3,13	0,08
i05	3,24	3,13	3,22	3,23	3,08	3,02	3,16	3,14	3,07	3,16	3,09	3,05	3,13	0,07
s01	3,22	3,18	3,18	3,05	3,06	3,06	3,04	2,56	3,10	3,13	3,07	3,06	3,06	0,17
s02	3,20	3,24	3,23	3,04	3,13	3,17	3,07	2,96	3,07	2,98	3,08	3,05	3,10	0,09
s03	3,27	3,27	3,15	3,01	3,03	3,03	3,12	3,10	3,16	3,07	3,15	3,13	3,12	0,09
s04	3,25	3,25	3,29	3,26	3,13	3,19	3,15	3,11	3,23	3,12	3,16	3,13	3,19	0,06
s05	3,26	3,24	3,25	3,25	3,25	3,25	3,15	3,12	3,29	3,15	3,19	3,15	3,21	0,06
s06	3,25	3,25	3,25	3,08	3,10	3,14	3,28	3,24	3,14	3,02	3,15	3,17	3,17	0,08
s07	3,27	3,23	3,26	3,25	3,18	3,09	3,18	3,26	3,12	3,25	3,16	3,07	3,19	0,07
s08	3,24	3,26	3,26	3,25	3,27	3,27	3,20	3,15	3,17	3,00	3,13	3,12	3,19	0,08
s09	3,27	3,25	3,26	3,15	3,18	3,27	3,23	3,14	3,19	2,99	3,28	3,10	3,19	0,09
s10	3,30	3,28	3,26	3,26	3,20	3,27	3,15	3,21	3,16	3,21	3,23	3,16	3,22	0,05
s11	3,25	3,27	3,05	3,07	3,25	3,30	3,21	3,10	3,23	3,08	3,12	3,13	3,17	0,09
s12	3,26	3,23	3,30	3,03	3,07	3,11	3,19	3,14	3,18	3,05	3,08	3,13	3,15	0,09
s13	3,27	3,26	3,26	3,24	3,18	3,26	3,24	3,20	3,29	3,24	3,20	3,13	3,23	0,04
s14	3,19	3,23	3,06	3,04	3,26	3,29	3,20	3,13	3,18	3,11	3,13	3,03	3,15	0,08
s15	3,20	3,24	3,23	3,02	3,22	3,24	3,26	3,11	3,12	3,09	3,30	3,12	3,18	0,09
s16	3,24	3,24	3,27	3,16	3,06	3,03	3,24	3,11	3,12	3,10	3,18	2,98	3,14	0,09
s17	3,24	3,28	3,05	3,31	3,17	3,26	2,81	3,07	3,06	3,07	3,16	2,99	3,12	0,14
s18	3,22	3,25	3,25	3,22	3,01	3,19	3,08	2,95	3,15	3,17	3,16	3,00	3,14	0,10
s19	3,21	3,29	3,25	3,18	3,22	3,13	3,13	2,37	3,15	2,38	3,11	2,98	3,03	0,32
s20	3,22	3,26	3,30	3,32	3,24	3,29	3,11	3,13	3,11	3,13	3,13	2,97	3,18	0,10
s21	3,30	3,30	3,29	3,08	3,17	3,22	3,08	3,15	3,16	3,17	3,23	2,96	3,18	0,10
s22	3,26	3,21	3,24	3,32	3,30	3,26	3,12	2,71	3,19	3,12	3,20	2,98	3,16	0,17
s23	3,29	3,26	3,07	3,29	3,27	3,27	3,01	3,14	3,20	3,19	3,31	2,99	3,19	0,11
g01	0,75	2,37	2,79	2,53	2,81	2,94	2,68	3,05	2,37	2,37	2,56	1,85	2,42	0,62
g02	0,96	0,97	2,34	2,48	1,72	2,68	2,64	3,06	3,02	1,99	2,85	2,34	2,25	0,72
g03	1,43	2,88	3,13	3,00	2,33	2,89	2,22	3,05	3,00	2,97	2,99	1,76	2,64	0,57
g04	0,63	1,17	1,42	2,56	1,19	2,49	1,31	2,95	2,79	3,05	2,09	0,69	1,86	0,89
g05	0,75	1,11	0,90	2,32	1,85	2,37	2,48	3,02	1,78	3,10	2,91	0,18	1,90	0,97

Os resultados morfológicos são apresentados na Tabela 89 e Tabela 90.

Tabela 89 – Resultados morfológicos de volume do perfil de praia entre abril de 2014 e abril de 2015. A barra dupla indica a posição do emissário entre os pontos S-2 e S-3 e o início da Praia do Góes; as barras simples indicam a localização dos canais.

M ² M	ABR/14	MAI/14	JUN/14	JUL/14	AGO/14	SET/14	NOV/14	DEZ/14	JAN/15	FEV/15	MAR/15	ABR/15	MÉDIA	DESVPAD
i01	92,3	95,6	97,8	97,3	96,9	95,5	103,8	99,1	94,0	87,4	97,9	94,6	96,0	4,0
i02	159,1	188,9	178,6	177,6	180,8	179,5	194,8	197,9	203,8	190,3	211,5	193,8	188,1	14,0
i03	238,8	261,5	250,7	252,5	248,0	245,8	259,5	265,3	259,5	254,2	274,9	256,0	255,6	9,6
i04	205,2	220,7	208,2	210,7	203,5	200,9	220,0	227,5	225,3	202,2	236,1	218,1	214,9	11,4
i05	172,9	181,8	178,2	178,0	173,6	171,4	185,2	192,4	196,7	174,4	195,5	184,6	182,1	8,9
s01	381,2	394,8	380,8	384,8	378,9	376,1	405,8	397,3	405,2	384,7	410,8	401,1	391,8	12,1
s02	359,1	368,1	371,4	370,1	375,0	366,0	373,2	382,8	376,8	380,7	390,0	374,4	374,0	8,2
s03	204,3	213,0	207,2	209,3	203,7	199,6	217,5	224,5	231,1	211,7	227,8	222,6	214,4	10,3
s04	242,0	256,9	252,0	247,2	265,9	245,7	258,0	260,7	260,7	244,1	268,0	263,6	255,4	9,0
s05	235,6	248,5	246,2	245,9	240,8	240,6	252,3	255,7	238,5	229,1	239,3	234,2	241,8	7,9
s06	232,9	254,3	251,8	256,6	234,9	239,4	256,6	250,4	232,8	223,3	226,1	245,4	242,0	12,0
s07	340,5	356,1	357,5	359,1	359,0	352,3	365,3	371,2	361,2	337,2	358,4	356,4	356,2	9,4
s08	240,8	251,9	256,6	257,6	259,6	266,5	262,7	288,2	255,7	194,9	202,7	226,6	247,0	26,8
s09	250,0	258,1	270,7	274,4	274,6	275,4	269,1	290,9	228,2	203,9	209,2	241,8	253,9	27,8
s10	336,2	353,2	342,4	349,2	345,6	340,2	349,7	362,7	354,8	343,2	375,5	338,8	349,3	11,2
s11	200,3	216,7	220,1	221,1	216,7	207,6	221,2	224,2	217,5	200,4	240,6	219,6	217,2	10,9
s12	198,9	210,4	205,0	208,8	188,8	192,9	203,8	204,5	201,1	150,6	198,2	186,3	195,8	16,1
s13	221,9	231,4	226,0	231,5	226,4	220,8	233,7	240,9	236,1	217,2	240,7	232,0	229,9	7,6
s14	138,7	149,2	144,4	151,4	143,0	143,4	148,5	156,3	151,2	144,0	149,1	162,2	148,5	6,4
s15	110,4	123,4	116,0	119,9	120,4	119,1	129,2	133,3	127,3	130,7	138,8	142,0	125,9	9,4
s16	78,3	86,0	79,4	83,1	72,3	86,6	84,9	91,1	85,2	78,0	118,6	112,2	88,0	13,8
s17	105,1	108,0	103,2	106,4	96,3	97,3	107,8	110,0	108,1	100,0	106,6	97,8	103,9	4,8
s18	125,0	132,2	129,7	134,3	120,6	123,1	128,5	136,5	145,4	116,6	132,0	123,0	128,9	7,9
s19	72,6	77,6	74,9	76,8	70,0	72,9	79,8	80,4	79,0	68,3	80,4	69,2	75,2	4,5
s20	102,8	108,2	97,7	101,6	92,2	92,0	96,3	103,8	101,0	89,6	99,0	91,7	98,0	5,8
s21	137,6	143,4	135,7	138,5	123,4	124,4	130,4	138,8	149,7	120,7	142,8	127,7	134,4	9,1
s22	71,6	78,3	73,8	73,0	62,1	59,8	71,7	78,1	71,2	65,4	81,0	59,2	70,4	7,3
s23	22,9	31,9	27,6	30,8	11,1	19,7	34,4	34,5	23,9	19,4	26,9	14,2	24,8	7,7
g01	18,3	25,0	19,3	18,6	15,6	19,7	21,7	21,5	22,1	21,5	20,2	20,3	20,3	2,3
g02	49,6	54,2	48,2	44,6	52,5	49,3	55,6	58,4	56,1	50,5	53,5	55,6	52,3	4,0
g03	41,4	48,7	45,7	42,6	42,7	40,2	45,1	47,0	45,5	43,6	48,1	44,1	44,6	2,6
g04	50,6	55,0	50,7	48,8	48,0	44,0	50,5	52,9	51,2	49,6	48,4	53,2	50,2	2,9
g05	25,9	28,0	24,2	24,2	22,4	19,6	25,7	25,2	29,1	28,8	27,9	25,8	25,6	2,8

Tabela 90 – Resultados morfológicos de largura do perfil de praia entre abril de 2014 e abril de 2015. A barra dupla indica a posição do emissário entre os pontos S-2 e S-3 e o início da Praia do Góes; as barras simples indicam a localização dos canais.

M	ABR/14	MAI/14	JUN/14	JUL/14	AGO/14	SET/14	NOV/14	DEZ/14	JAN/15	FEV/15	MAR/15	ABR/15	MÉDIA	DESVPAD
i01	95,4	93,3	91,4	92,5	94,3	96,4	94,9	89,1	89,5	88,9	89,7	94,7	92,5	2,7
i02	147,5	146,8	140,6	138,7	141,6	143,6	151,6	157,0	161,6	157,3	159,6	158,6	150,4	8,2
i03	179,8	172,0	168,9	172,5	168,6	170,6	175,2	181,2	182,2	181,8	186,6	183,7	176,9	6,3
i04	150,9	149,5	140,4	143,9	138,6	145,2	153,9	162,5	161,7	152,4	164,3	159,1	151,9	8,8
i05	137,0	134,0	133,9	135,4	132,6	131,9	137,2	141,5	144,7	137,3	144,3	140,9	137,6	4,4
s01	266,1	267,7	259,8	265,3	251,7	259,1	274,5	273,3	283,2	289,0	289,6	293,1	272,7	13,5
s02	249,0	234,3	237,3	233,7	236,6	235,7	240,4	246,8	248,9	248,7	238,4	243,8	241,1	6,0
s03	160,9	159,2	156,0	152,7	150,0	155,0	162,2	173,2	175,4	167,4	160,5	168,3	161,7	8,0
s04	173,3	172,0	171,6	170,3	178,9	169,9	177,0	173,3	173,3	167,8	179,7	183,8	174,2	4,7
s05	180,9	184,3	180,7	181,3	177,5	179,0	187,0	188,9	188,3	185,4	181,5	193,7	184,0	4,8
s06	199,4	188,3	184,9	191,3	180,6	185,2	192,7	192,9	190,8	186,5	187,4	203,3	190,3	6,3
s07	222,2	217,4	221,7	226,4	226,6	226,7	232,5	230,6	230,6	217,0	227,1	220,9	224,9	5,1
s08	220,4	212,8	208,5	212,2	213,9	217,8	216,9	220,7	218,3	207,7	221,4	216,3	215,6	4,6
s09	238,4	214,5	214,1	212,9	216,0	217,6	215,6	227,4	226,0	207,5	224,1	226,2	220,0	8,5
s10	239,7	237,7	233,9	236,1	237,0	238,8	241,5	242,0	250,5	247,1	251,5	246,5	241,9	5,8
s11	174,0	177,4	171,5	180,5	170,3	173,5	178,4	178,4	177,4	170,8	173,2	180,8	175,5	3,7
s12	181,5	180,5	173,5	176,7	172,8	171,7	180,0	177,0	178,8	152,3	175,1	181,8	175,1	8,0
s13	164,4	164,5	161,9	165,8	159,1	162,8	166,5	171,3	175,2	166,4	173,5	171,9	166,9	5,0
s14	129,0	130,5	124,2	128,7	125,3	129,5	130,3	137,9	137,7	132,2	131,3	143,0	131,6	5,4
s15	112,6	118,1	113,7	116,6	112,7	118,1	121,7	126,8	127,4	125,8	121,6	127,7	120,2	5,8
s16	91,2	92,2	87,6	90,6	81,7	92,7	89,4	94,6	91,6	84,5	95,7	96,7	90,7	4,4
s17	104,0	102,9	100,9	103,6	94,2	99,2	103,5	104,8	102,6	97,5	96,3	99,9	100,8	3,4
s18	115,3	112,6	111,1	113,0	105,4	109,4	113,6	117,2	124,0	106,5	111,5	109,9	112,5	4,9
s19	81,5	81,5	82,0	83,9	79,4	82,1	85,2	86,9	82,8	77,2	80,2	78,0	81,7	2,8
s20	97,9	97,9	93,3	94,3	89,6	91,6	96,6	96,9	99,0	92,0	92,1	93,5	94,6	3,0
s21	115,8	117,8	109,6	110,3	103,3	105,4	116,0	120,6	129,1	114,9	117,2	116,4	114,7	6,9
s22	80,4	86,2	81,0	79,7	76,1	74,4	85,9	84,6	79,2	79,0	83,3	74,3	80,3	4,1
s23	46,9	49,8	48,6	51,6	35,1	42,8	52,1	49,5	43,9	39,4	43,2	33,1	44,7	6,3
g01	20,7	25,8	22,2	20,6	19,9	22,4	22,3	22,4	23,1	23,0	22,1	21,9	22,2	1,5
g02	36,3	38,8	38,5	35,8	39,1	36,7	38,9	39,7	39,1	38,0	39,0	37,1	38,1	1,3
g03	26,8	30,5	30,6	28,7	28,7	27,5	29,6	29,7	28,5	29,1	31,6	28,0	29,1	1,4
g04	35,5	36,9	36,5	34,7	34,6	34,1	36,2	36,0	34,6	35,9	37,1	35,5	35,6	1,0
g05	20,2	21,2	20,8	19,6	18,8	17,1	21,3	20,3	20,8	22,1	22,5	20,0	20,4	1,5

Em geral as maiores larguras e volume encontram-se no arco praial Itararé-Santos. A Praia do Góes apresenta a menor extensão de praia, juntamente com os perfis localizados na Ponta da Praia (Figura 205, Figura 206 e Figura 207). A maior largura média obtida em relação ao nível médio do mar encontra-se atrás da Ilha Urubuqueçaba (S-01) com 272 metros de extensão, seguido pelo perfil S-10 e S-2 com 242 e 241 metros, respectivamente. No arco praial de Santos-Itararé o perfil mais curto encontra-se na Ponta da Praia (S-23) com 45 metros de extensão em média. Na Praia do Góes a largura média da faixa de areia varia entre 20 e 39 metros.

Os volumes calculados para cada um dos perfis monitorados é um indicativo direto da quantidade de material (*i.e.* areia) presente em cada perfil, bem como é um indicativo do padrão de transportes de sedimentos transversais e longitudinais ao arco praial. No arco praial Itararé-Santos os volumes médios, considerando 12 meses de medições, variaram entre 392 m³/m no ponto S-1 (Ilha Urubuqueçaba) e 25 m³/m no S-23 (Ponta da Praia). Na Praia do Góes os volumes médios variaram entre 20 e 53 m³/m. As variações de volume quantificadas estatisticamente pelo desvio padrão indicam flutuações entre 2 e 28 m³/m para o período estudado. Para praias dissipativas, variações de até 15 m³/m caracterizam pequena variabilidade, que ocorrem de forma natural nos tipos de praia estudados, sendo chamado de equilíbrio dinâmico (Short, 1999). Os valores mais elevados de mobilidade praial ocorreram no entorno do canal 2 (S-08 e S-09) que sofre intensos processos de assoreamento e posterior remoção de areia para a sua desobstrução (Figura 213). Desta forma, esses valores mais elevados estão associados às atividades antrópicas.

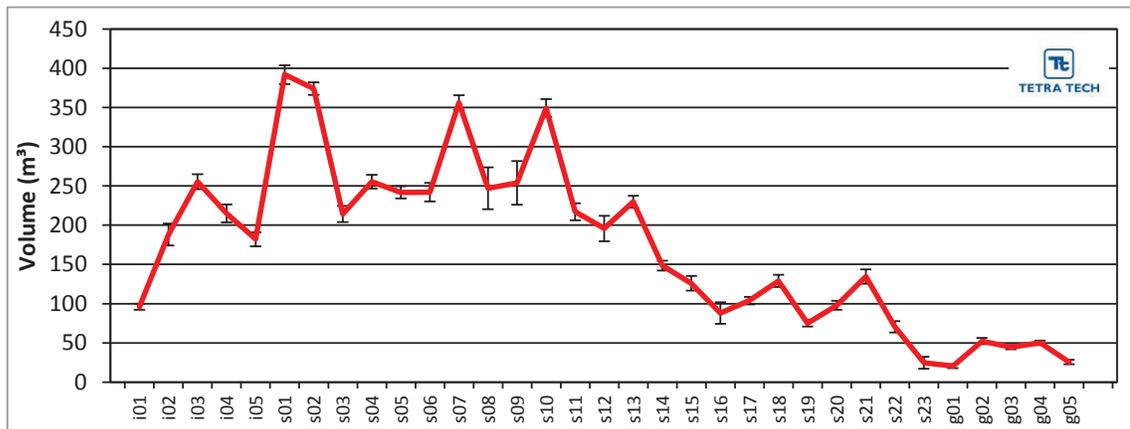


Figura 207 – Distribuição espacial do volume médio de praia para cada perfil com os seu respectivo desvio padrão.

Analisando a tendência anual do volume dos perfil observa-se o predomínio de estabilidade volumétrica em todo o arco praial de Santos-Itararé e também na Praia do Góes com taxas de ganho e perda de sedimento muito próximas de zero. Observa-se na Figura 208 que dentro do quadro de estabilidade, as porções de Santos-Itararé apresentam pequenas tendências de acresção, especialmente nas proximidades do Emissário (S-3 e S-4), e na porção central da praia (S-13 ao S-16). Esse padrão excetua-se no canal 2 (S-5 e S-6), canal 3 (S-8 e S-9) e em uma escala ainda menor na Ponta da Praia (S-20 ao S-23) com uma estabilidade tendendo a perda de sedimentos.

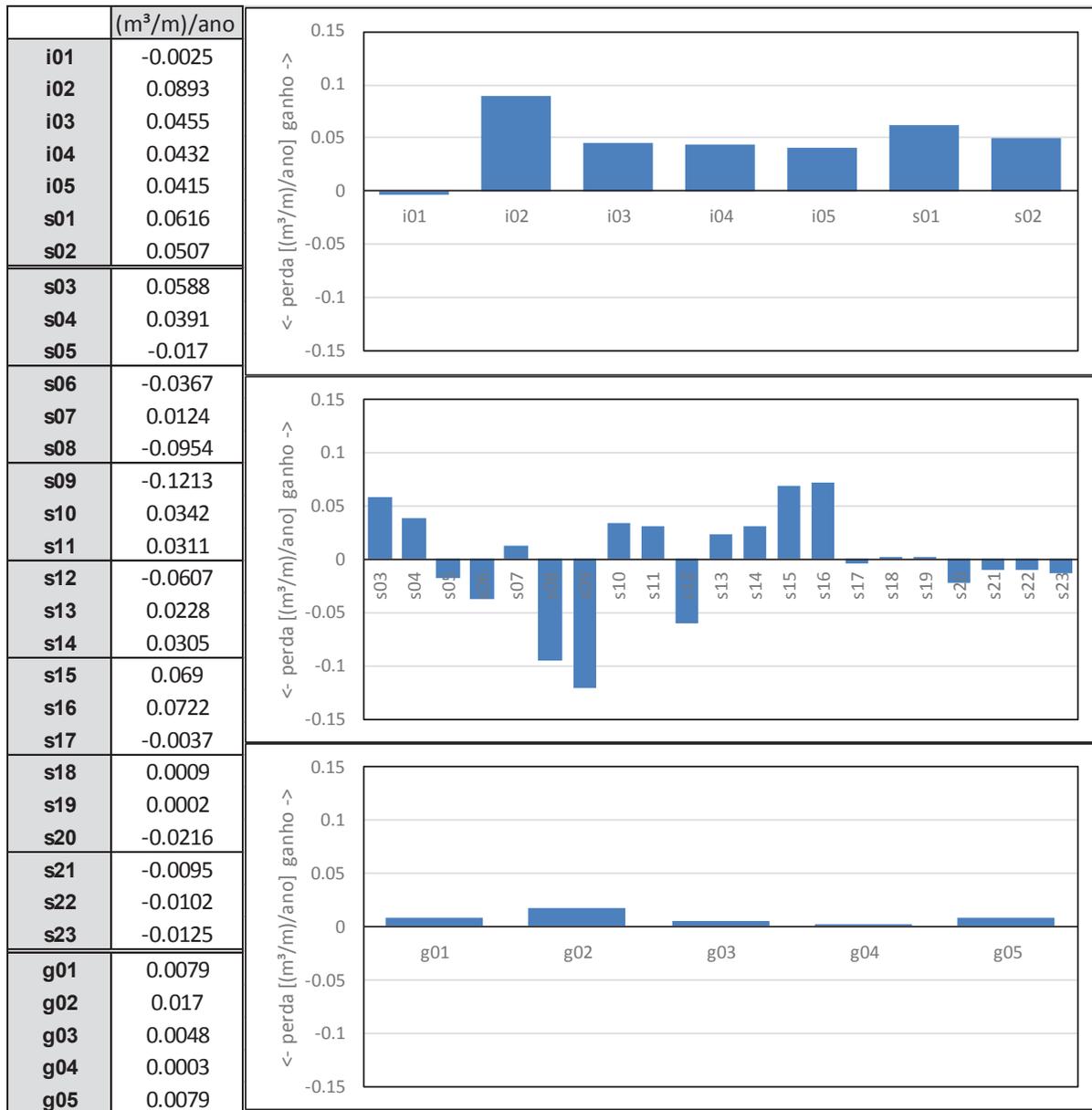


Figura 208 – Tabela e gráfico da distribuição espacial da taxa anual de evolução volumétrica ao longo de todos os perfis monitorados entre abril de 2014 e abril de 2015.

Desta forma, a análise do volume do prisma praial ao longo do período monitorado evidencia uma estabilidade geral de volume da porção emersa dos perfis. As flutuações mensuradas configuram uma variabilidade comumente observada das características morfodinâmicas dos segmentos praias monitorados nas praias de São Vicente (Itararé), Santos e Praia do Góes.

4.3.5.2. Indicadores de erosão costeira

A presença ou ausência de indicadores de erosão costeira foi identificada em todos os períodos de levantamento segundo uma classificação estabelecida por Souza (1997) e Souza & Suguio (2003).

Os resultados da identificação dos indicadores de erosão costeira em cada um dos perfis monitorados são apresentados na Tabela 91.

Do conjunto de indicadores preconizados para identificação de processos de erosão costeira, apenas um foi observado ao longo de todos os perfis monitorados.

Desta forma, é possível afirmar que para o período do monitoramento, os prismas praias da Baía de Santos e da Praia do Góes apresentam classificação “ *muito baixo* ” de risco total da praia.

Tabela 91 – Indicadores de erosão costeira identificados entre novembro de 2014 e abril de 2015.

	i1	i2	i3	i4	i5	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14	s15	s16	
1	Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não).																					
2	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).																					
3	Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias (praias urbanizadas ou não).																					
4	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).																					
5	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.																					
6	Exumação e erosão de depósitos paleolagunares, turfeiras, arenitos de praia, depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos, ou embasamento sobre o estrâncio e/ou a face litorânea atuais, devido à remoção das areias praias por erosão costeira e déficit sedimentar extremamente negativo (praias urbanizadas ou não).																					
7	Frequente exposição de "terraços ou falésias artificiais", apresentando pacotes de espessura até métrica de camadas sucessivas de aterro erodido e soterrado por camadas de areias praias/eólicas, no contato entre a praia e a área urbanizada.																					
8	Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estrâncio, as faces praial e litorânea, a zona de surfe/arrebentação e/ou ao largo.																					
9	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).																					
10	Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outros indicadores erosivos (praias urbanizadas ou não).																					
11	Desenvolvimento de embalsamentos 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.																					

	s16	s17	s18	s19	s20	s21	s22	s23	g1	g2	g3	g4	g5
1	Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não).												
2	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).												
3	Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias (praias urbanizadas ou não).												
4	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).												
5	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.												
6	Exumação e erosão de depósitos paleolagunares, turfeiras, arenitos de praia, depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos, ou embasamento sobre o estrâncio e/ou a face litorânea atuais, devido à remoção das areias praias por erosão costeira e déficit sedimentar extremamente negativo (praias urbanizadas ou não).												
7	Frequente exposição de "terraços ou falésias artificiais", apresentando pacotes de espessura até métrica de camadas sucessivas de aterro erodido e soterrado por camadas de areias praias/eólicas, no contato entre a praia e a área urbanizada.												
8	Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estrâncio, as faces praial e litorânea, a zona de surfe/arrebentação e/ou ao largo.												
9	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).												
10	Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outros indicadores erosivos (praias urbanizadas ou não).												
11	Desenvolvimento de embaiamentos 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.												

Importante ressaltar a exposição da calçada e pequena largura e volume de praia observados na Ponta da Praia, especialmente no perfil S-23. A Figura 209 ilustra as condições observadas no local.



Figura 209 – Condições observadas no perfil S-23. Foto da esquerda – agosto 2014 ; foto da direita – setembro 2014.

No período entre novembro e dezembro de 2014 observou-se o prolongamento da mureta da ponta da praia. A estrutura foi estendida para além do perfil S-23 (Figura 210), juntamente com a instalação de enrocamento na sua base.

Como estabelecido em relatório da FUNDESPA a colocação de anteparos de pedras pode vir a acarretar um aumento do poder erosivo das ondas ocasionando maior remobilização de sedimentos deste trecho praiial.



Figura 210 – Extensão da mureta da calçada no período de novembro/2014 na Ponta da Praia.

Entretanto, outras alterações não enumeradas na Tabela 91 foram observadas nas campanhas. Na Praia do Góes foram observados canais de escoamento de água através da praia, próximo ao antigo píer (pontos G-4) e no canto leste (perfil G-2), ilustrados na Figura 211 e Figura 212, respectivamente. O escoamento de água através da faixa de areia pode remover grandes quantidades de sedimento da porção emersa da praia em eventos de alta pluviosidade.



Figura 211 – Canal escavado para escoamento de água através da faixa de areia da Praia do Góes (G-4).



Figura 212 – Escoamento de água através da faixa de areia da Praia do Góes (G-2).

Observou-se também a remoção de sedimentos para o desassoreamento dos canais (Figura 213) e também para limpeza de praia no arco Emissário – Ponta da Praia. Estes mecanismos são responsáveis pela remoção de sedimentos que em parte caracteriza a perda local de sedimentos. Entretanto, a prática posterior de deposição dos sedimentos retirados na limpeza descaracteriza a remoção permanente dos sedimentos visto que estes são repostos na Ponta da Praia (ITALIANI, 2014).



Figura 213 – Trator remobilizando areia da praia para desassoreamento do canal 2.

Entre os perfis S-20 e S-23 foi observada a disposição de sedimentos oriundos da limpeza de praia. Esse volume foi distribuído ao longo de toda a extensão entre estes perfis mencionados (Figura 214), por meio de escavadeiras e tratores (Figura 215). Essa adição de sedimentos não representa um impacto direto na sedimentologia da praia, pois o material (*i.e.* areia) foi retirado dos perfis adjacentes que possuem as mesmas características sedimentológicas.

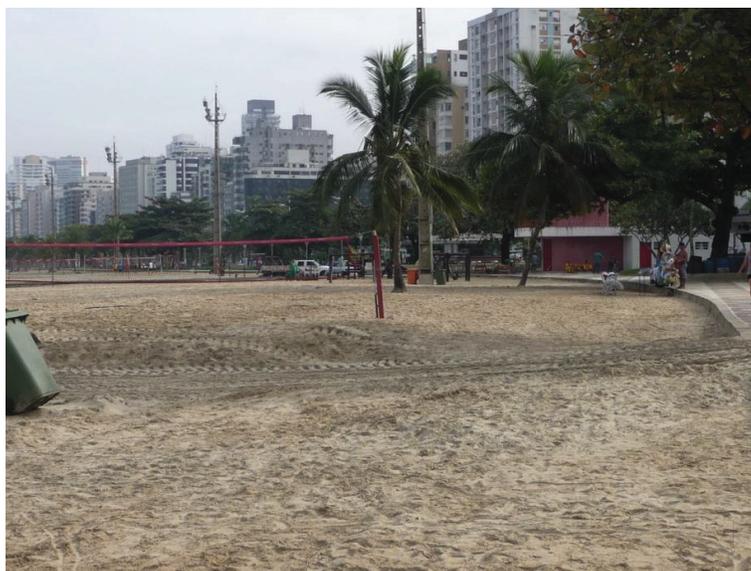


Figura 214 – Disposição de sedimentos entre os perfis S-20 e S-23.

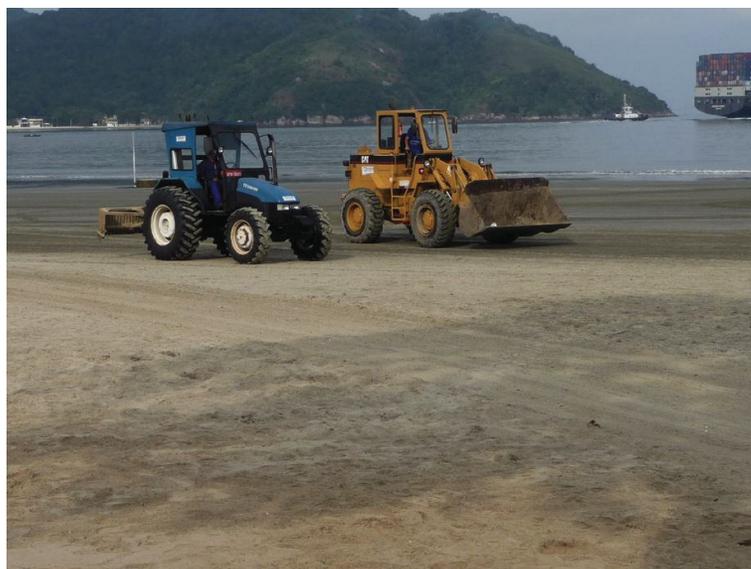


Figura 215 – Trator e escavadeira remobilizando areia depositada entre os perfis S-20 e S-23.

Essa compensação de sedimentos na Ponta da Praia permitiu uma relativa estabilização do perfil entre o período avaliado. O trecho entre os pontos S-21 e S-23, depois do Canal 6, apresentou um tendência de estabilidade, demonstrada na Figura 216 com valores em torno de $0,01 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$ de perda. Porém, as flutuações naturais de volume, principalmente em função dos eventos de tempestade, apresentam maiores impactos devido a presença de estruturas antrópicas como o calçadão e avenida beira-

mar e a ausência de restinga e pós praia que possui a função natural de proteção e também fornece como fonte de sedimento nesses casos extremos minimizando o efeito da ressaca nas porções de terra em direção à terra. Desta forma, para as praias de Santos aconselha-se a continuar a transferência dos sedimentos das áreas dos canais de volta para a Ponta da Praia.

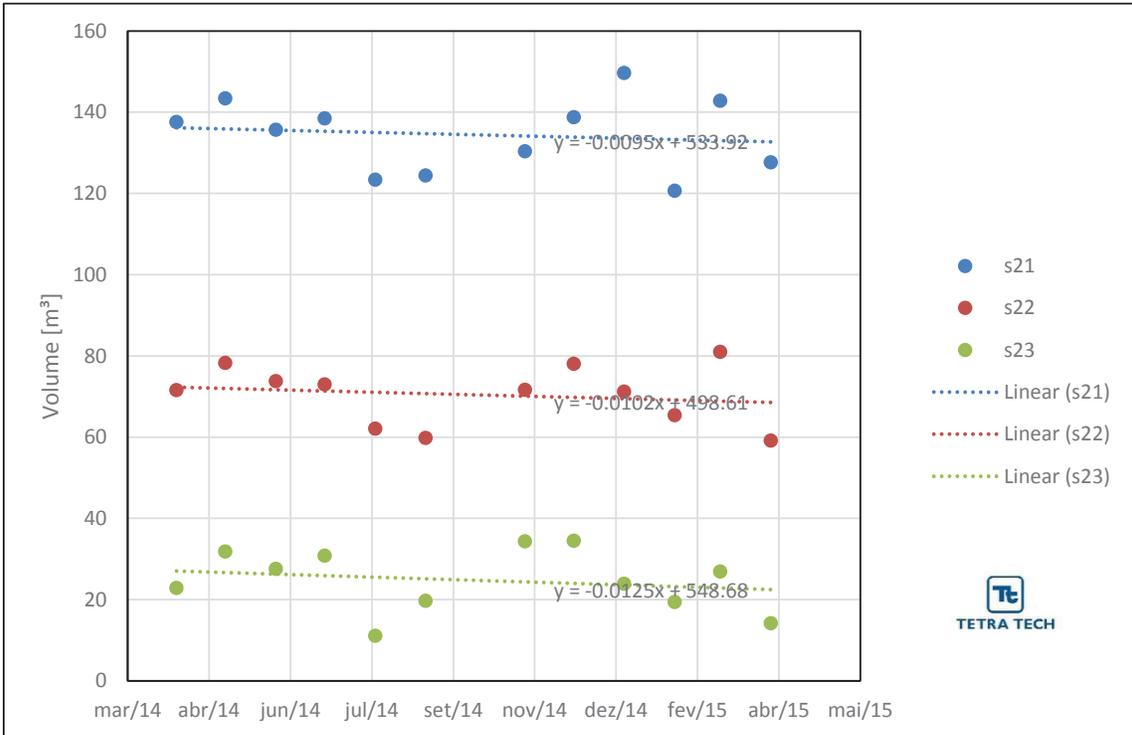


Figura 216 – Variação temporal do volume de praia na Ponta da Praia. As retas no gráfico apresentam o ajuste linear com as respectivas taxas de evolução na equação da reta.

A Praia do Góes para esse período apresentou uma tendência de estabilização com pequena tendência de acresção com taxas variando entre 0,0003 e 0,017 m³/m/ano (Figura 217). Assim, para o Góes aconselha-se aguardar indicativos mais seguros da configuração de estabilidade dinâmica da praia.

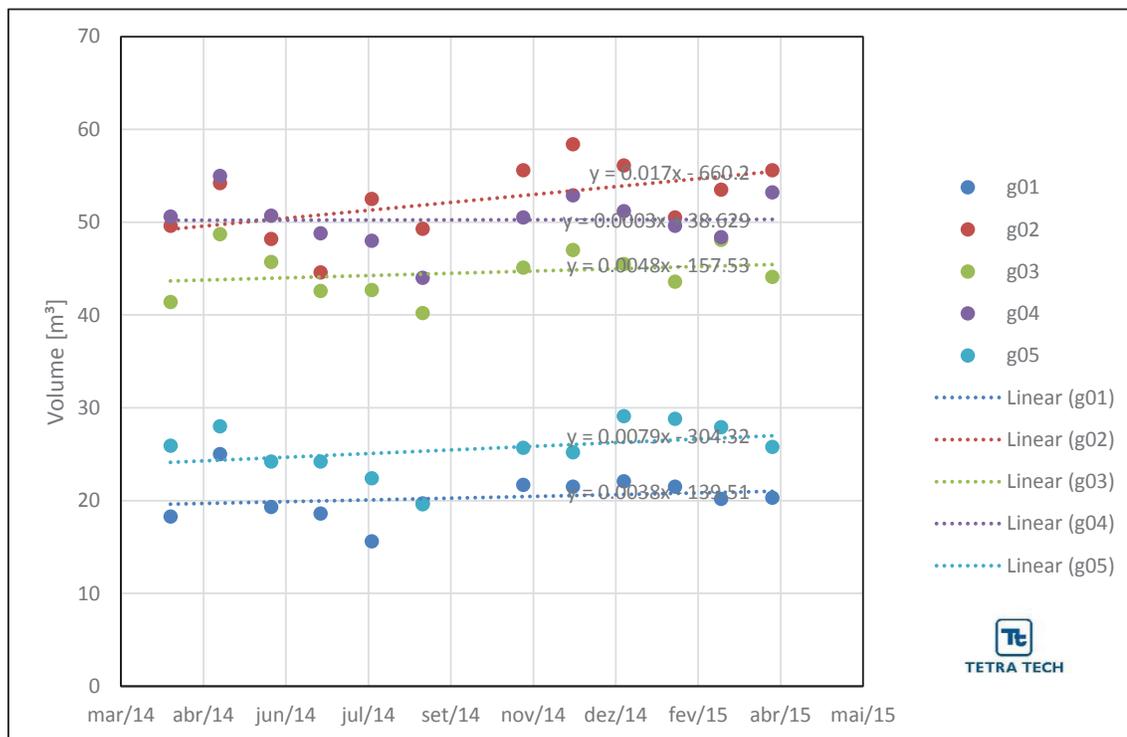


Figura 217 – Variação temporal do volume na Praia do Góes. As retas no gráfico apresentam o ajuste linear com as respectivas taxas de evolução na equação da reta.

4.3.5.3. Definição de células de deriva litorânea

Conforme preconizado no Termo de Referência, os resultado obtidos através do método de Souza (1997) são apresentados na Tabela 92 , Figura 218, Figura 219 e Figura 220.

Tabela 92 – Resultados do método de Souza (1997) para as células de deriva. O símbolo (D) sugere ganho, (E) perda e (T) transporte. A barra dupla indica a posição do emissário entre os pontos S-2 e S-3 e o início da Praia do Góes; as barras simples indicam a localização dos canais.

	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15
i01	E	D	D	E	E	D
i02	T	D	T	T	T	T
i03	D	E	D	T	D	T
i04	T	T	T	D	T	T
i05	T	D	E	D	E	T
s01	E	E	D	E	D	T
s02	D	D	D	E	D	E
s03	D	E	E	D	E	D
s04	D	T	T	T	T	T
s05	E	T	D	D	T	E
s06	T	T	T	E	T	T
s07	E	D	E	D	E	E
s08	T	T	D	T	D	D
s09	D	T	T	E	T	E
s10	E	D	D	D	E	T
s11	D	T	D	T	D	D
s12	E	T	E	E	E	E
s13	D	D	T	D	T	D
s14	E	T	D	T	D	E
s15	T	E	T	E	T	D
s16	T	D	E	D	E	E
s17	E	T	D	E	D	T
s18	T	T	E	D	E	D
s19	D	E	E	D	E	E
s20	T	T	D	T	D	T
s21	E	D	E	D	E	E
s22	D	D	D	E	D	D
s23	D	D	D	D	D	D
g01	D	D	D	D	D	D
g02	T	D	E	E	E	T
g03	T	D	D	D	D	D
g04	E	E	E	E	E	E
g05	D	D	D	D	D	D

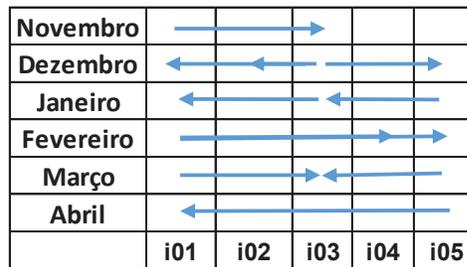


Figura 218 – Diagrama espaço-temporal da deriva litorânea no arco Itararé – Emissário.

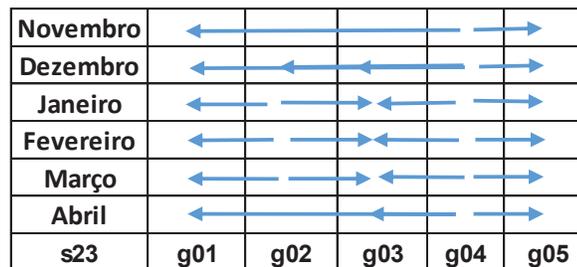


Figura 219 – Diagrama espaço-temporal da deriva litorânea no arco praial do Góes.

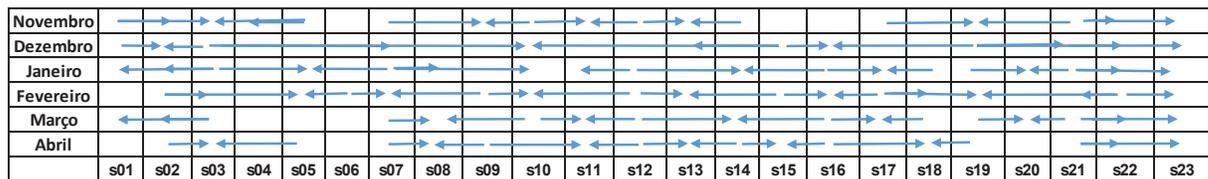


Figura 220 – Diagrama espaço-temporal da deriva litorânea no arco praial de Santos.

A análise dos padrões de deriva litorânea por esse método sugerem um padrão espaço-temporal errático de transporte ao longo da costa no eixo praial de Santos (Emissário-Ponta da Praia) e no Itararé-Emissário. Na Praia do Góes o método indica uma convergência de transporte das pontas em direção ao centro da praia, mas também em direção às extremidades. Ressalta-se que devido às restrições de método indireto de avaliação de transporte e suas limitações, este não se mostrou eficiente para a caracterização da deriva litorânea predominante na Baía de Santos. Os sedimentos na região foram selecionados e retrabalhados em eventos pretéritos, sendo texturalmente homogêneos ao longo de toda extensão do arco praial monitorado. Desta forma as diferenças granulométricas do tamanho de grão, selecionamento e curtose não possibilitaram de forma eficiente, caracterizar uma predominância do sentido preferencial de deslocamento dos sedimentos ao longo do arco praial. As diferenças observadas nos

parâmetros texturais calculados, indicam um range de variação da mesma ordem de grandeza dos erros inerentes aos métodos de análise utilizados, gerando em boa parte das situações erros que são maiores que as diferenças granulométricas observadas. Não obstante, as respostas de volume e largura observadas sugerem que esses dados respondem primordialmente ao transporte através da praia (transversal ao arco praial), mascarando os resultados do transporte longitudinal, conforme preconizado no método de análise.

Desta forma, adicionalmente ao método proposto para a identificação do transporte litorâneo, foram analisados os resultados de volume de praia entre campanhas sucessivas entre abril de 2014 e abril de 2015 (Tabela 93). A perda ou ganho de volume ao longo de quase toda extensão monitorada no mesmo intervalo de tempo sugere que o mecanismo de transporte predominante no período deu-se no sentido transversal da praia (*i.e.* transporte *cross-shore* ou através da praia) em detrimento ao transporte ao longo da praia. O transporte através da praia ocorre na escala de horas (erosão) a meses (deposição) sendo controlado principalmente pela ação de ondas, que durante tempestades são responsáveis por remover dezenas a centenas de metros cúbicos por metro de praia (m^3/m) de sedimentos da parte emersa da praia, depositando-os na parte submersa, geralmente na forma de bancos de areia. O transporte no sentido oposto, em direção à praia, ocorre em períodos de calmaria também pela ação de ondas. O efeito do transporte através da praia também altera a declividade praial quando após eventos de tempestade a inclinação da face de praia tende a diminuir, enquanto o retrabalhamento dos sedimentos em direção à praia gera um aumento na inclinação da face praial.

Em geral, uma análise pontual acerca do transporte através da praia não configura, necessariamente, cenários de erosão ou acresção de longo prazo. Estas respostas morfodinâmicas, de pequena escala temporal, podem significar apenas flutuações temporais, de curto período, englobados e filtrados por modificações na morfologia resultantes da somatória de eventos ocorrentes em períodos de tempo mais longos (e.g. anuais). Não obstante, essas flutuações são importantes, pois em casos extremos podem resultar em riscos às estruturas urbanas como calçadas, casas e enrocamentos.

A Figura 221 apresenta a variação de volume em todos os perfis entre abril de 2014 e março 2015 e abril 2015. A diferença do primeiro período ilustra um ganho geral de sedimento em todos os perfil ao longo de 11 meses. Entre março e abril de 2015 ocorreu

uma forte ressaca na região que foi responsável por perdas de até 37 m³ (Tabela 93) em um curto espaço de tempo, conforme descrito anteriormente. Esse volume tende a ser recuperado ao longo do tempo em períodos de calmaria, conforme ocorreu entre abril/14 e março/15.

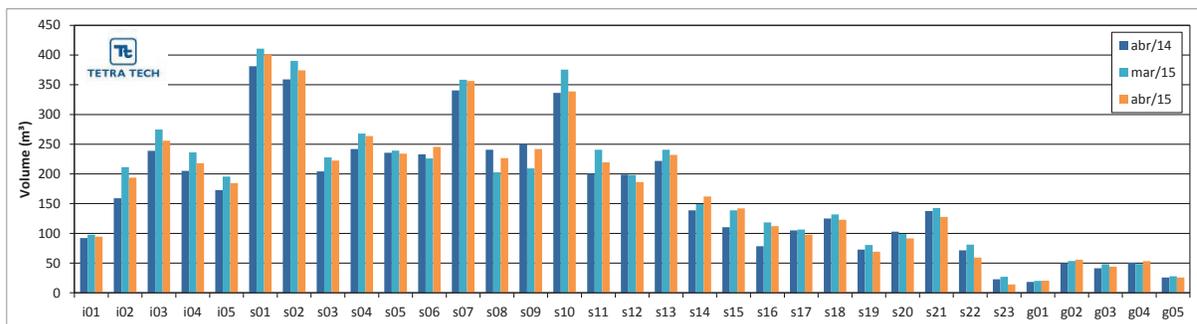


Figura 221 – Distribuição espacial do volume em três períodos: abril de 2014, março e abril de 2015.

Tabela 93 – Diferença de volume de praia para cada perfil entre os levantamentos, evidenciando os aumentos (+), diminuições (-) ou estabilidade (0) do volume do prisma praia. A barra dupla indica a posição do emissário entre os pontos S-2 e S-3 e o início da Praia do Góes; as barras simples indicam a localização dos canais.

Δ [M ³]	MAI/14	JUN/14	JUL/14	AGO/14	SET/14	NOV/14	DEZ/14	JAN/15	FEV/15	MAR/15	ABR/15
i01	3,3	2,2	-0,5	0	-1,4	8,3	-4,7	-5,1	-6,6	10,5	-3,3
i02	29,8	-10,3	-1,0	0	-1,3	15,3	3,1	5,9	-13,5	21,2	-17,7
i03	22,7	-10,8	1,8	0	-2,2	13,7	5,8	-5,8	-5,3	20,7	-18,9
i04	15,5	-12,5	2,5	0	-2,6	19,1	7,5	-2,2	-23,1	33,9	-18,0
i05	8,9	-3,6	-0,2	0	-2,2	13,8	7,2	4,3	-22,3	21,1	-10,9
s01	13,6	-14,0	4,0	0	-2,8	29,7	-8,5	7,9	-20,5	26,1	-9,7
s02	9,0	3,3	-1,3	0	-9,0	7,2	9,6	-6,0	3,9	9,3	-15,6
s03	8,7	-5,8	2,1	0	-4,1	17,9	7,0	6,6	-19,4	16,1	-5,2
s04	14,9	-4,9	-4,8	0	-20,2	12,3	2,7	0,0	-16,6	23,9	-4,4
s05	12,9	-2,3	-0,3	0	-4,8	16,3	3,4	-17,2	-9,4	10,2	-5,1
s06	21,4	-2,5	4,8	0	4,5	17,2	-6,2	-17,6	-9,5	2,8	19,3
s07	15,6	1,4	1,6	0	-6,7	13,0	5,9	-10,0	-24,0	21,2	-2,0
s08	11,1	4,7	1,0	0	6,9	-3,8	25,5	-32,5	-60,8	7,8	23,9
s09	8,1	12,6	3,7	0	0,8	-6,3	21,8	-62,7	-24,3	5,3	32,6
s10	17,0	-10,8	6,8	0	-5,4	9,5	13,0	-7,9	-11,6	32,3	-36,7
s11	16,4	3,4	1,0	0	-9,1	13,6	3,0	-6,7	-17,1	40,2	-21,0
s12	11,5	-5,4	3,8	0	4,1	10,9	0,7	-3,4	-50,5	47,6	-11,9
s13	9,5	-5,4	5,5	0	-5,6	12,9	7,2	-4,8	-18,9	23,5	-8,7
s14	10,5	-4,8	7,0	0	0,4	5,1	7,8	-5,1	-7,2	5,1	13,1
s15	13,0	-7,4	3,9	0	-1,3	10,1	4,1	-6,0	3,4	8,1	3,2
s16	7,7	-6,6	3,7	0	-14,3	-1,7	6,2	-5,9	-7,2	40,6	-6,4
s17	2,9	-4,8	3,2	0	1,0	10,5	2,2	-1,9	-8,1	6,6	-8,8
s18	7,2	-2,5	4,6	0	2,5	5,4	8,0	8,9	-28,8	15,4	-9,0
s19	5,0	-2,7	1,9	0	2,9	6,9	0,6	-1,4	-10,7	12,1	-11,2
s20	5,4	-10,5	3,9	0	-0,2	4,3	7,5	-2,8	-11,4	9,4	-7,3
s21	5,8	-7,7	2,8	0	1,0	6,0	8,4	10,9	-29,0	22,1	-15,1
s22	6,7	-4,5	-0,8	0	-2,3	11,9	6,4	-6,9	-5,8	15,6	-21,8
s23	9,0	-4,3	3,2	0	8,6	14,7	0,1	-10,6	-4,5	7,5	-12,7
g01	6,7	-5,7	-0,7	0	4,1	2,0	-0,2	0,6	-0,6	-1,3	0,1
g02	4,6	-6,0	-3,6	0	-3,2	6,3	2,8	-2,3	-5,6	3,0	2,1
g03	7,3	-3,0	-3,1	0	-2,5	4,9	1,9	-1,5	-1,9	4,5	-4,0
g04	4,4	-4,3	-1,9	0	-4,0	6,5	2,4	-1,7	-1,6	-1,2	4,8
g05	2,1	-3,8	0,0	0	-2,8	6,1	-0,5	3,9	-0,3	-0,9	-2,1

Fazendo inferência ao transporte ao longo da costa, a variabilidade de volume entre os perfis, já discutido anteriormente, sugere que o barramento do livre transporte ao longo da praia gera acumulações de sedimento que são importantes indicativos do sentido de transporte residual de sedimentos ao longo da costa, sendo estes causados diretamente pela presença dos canais de Santos e do Emissário e indiretamente pela zona de sombra da Ilha de Uburuqueçaba em relação às ondas incidentes. Observa-se que o perfil com maior quantidade de material encontram-se atrás da Ilha de Urubuqueçaba (S-1), em formação de tombolo (Figura 222), sendo o trecho do Itararé-Emissário estável quanto a forma em planta. Outros perfis de destaque são o S-7, S-10, S-13 que indicam um barramento do transporte ao longo da costa (*i.e. alongshore*) no sentido oeste-leste gerado pela presença dos canais na faixa de praia. Em situação oposta, os perfis S-18 e S-21 indicam o barramento do transporte de leste para oeste neste setor da praia. Corroborando com essa divergência no transporte residual de sedimentos, o perfil S-10 apresenta o maior volume ao longo do trecho Emissário - Ponta da Praia, enquanto a Ponta da Praia apresenta reduzida quantidade de sedimentos.

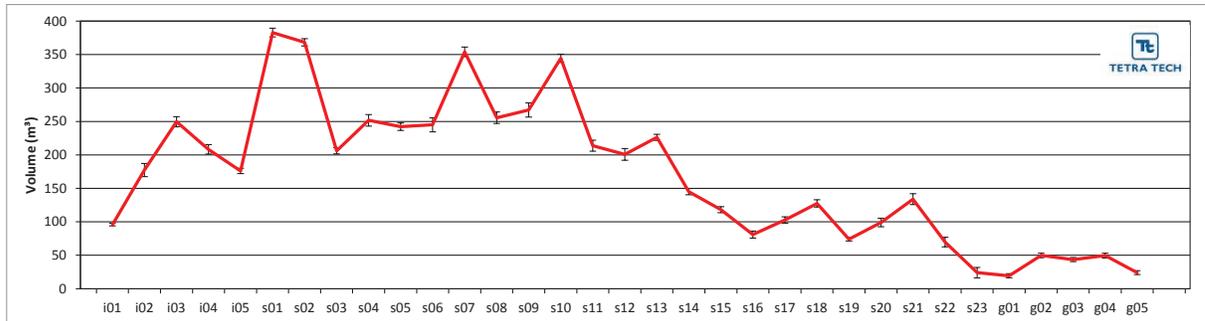


Figura 222 – Distribuição espacial do volume médio de praia para cada perfil com os seu respectivo desvio padrão.

A Praia do Góes no período entre abril de 2014 e abril de 2015 apresentou uma estabilidade de forma em planta e no volume de praia. Esse comportamento demonstra que a praia apresentou nesse período um estado de equilíbrio dinâmico em relação ao às forçantes energéticas locais.

Adicionalmente aos levantamentos de campo, no sentido de determinar as características morfológicas da face praial, executados no período de abril de 2014 a abril de 2015 na Praia do Góes, a observação das 7 (sete) imagens remotas, correspondentes

ao período compreendido entre abril de 2004 e janeiro de 2014, evidenciam uma alteração na configuração da linha de costa da praia.

Entre abril de 2004 e julho de 2009 na região mais a SE do arco praial, junto ao costão rochoso, onde se localiza o atracadouro, uma área deposicional rasa, aproximadamente de forma triangular, conferia ao arco praial uma assimetria entre os volumes de sedimentos depositados a SE e a NE da praia (Figura 223, Figura 224 e Figura 225). Junto ao costão rochoso as isóbatas mais rasas encontravam-se deslocadas no sentido da entrada da Baía do Góes, enquanto no setor oposto, as maiores isóbatas se deslocavam no sentido da face praial emersa.

Esta configuração indicava uma diminuição de competência no transporte de sedimentos pelas correntes de maré enchente, no deslocamento entre a Baía de Santos e a enseada do Góes. Consequentemente, esta perda de capacidade de transporte era a responsável pela construção da feição deposicional observada.



Figura 223 – Imagem de satélite da Praia do Góes em abril de 2004. A linha vermelha representa a posição da maré alta e a linha laranja a posição da maré mais baixa.



Figura 224 – Imagem de satélite da Praia do Góes em junho de 2009. A linha vermelha representa a posição da maré alta e a linha laranja a posição da maré mais baixa.

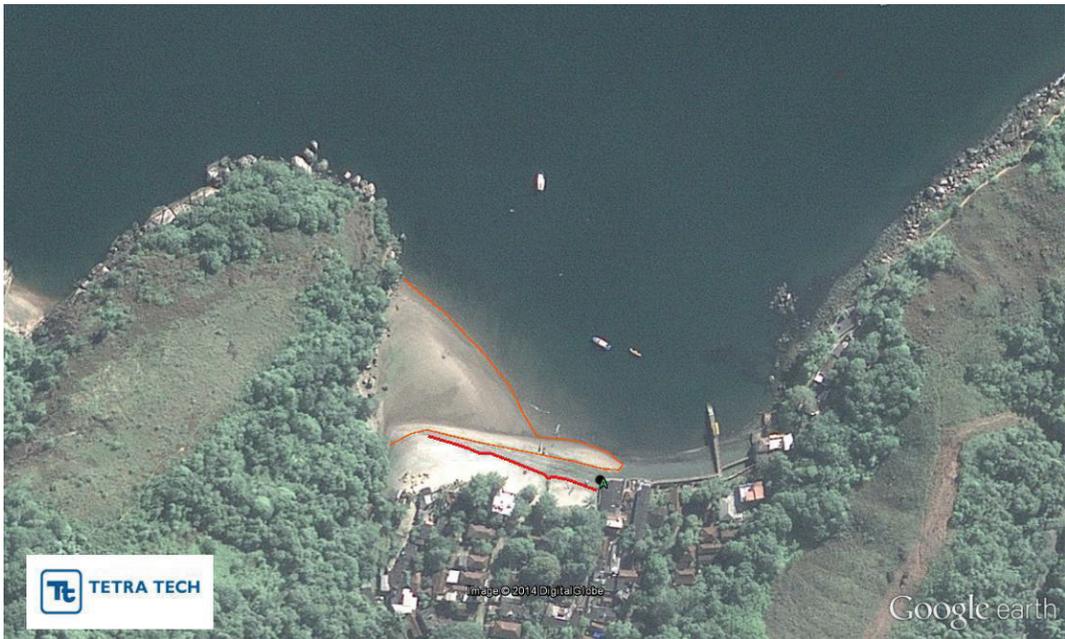


Figura 225 – Imagem de satélite da Praia do Góes em julho de 2009. A linha vermelha representa a posição da maré alta e a linha laranja a posição da maré mais baixa.

Como evidenciado pela modelagem numérica dos sistemas de ondas incidentes sobre o Góes (TETRA TECH, 2012), um aumento na capacidade do transporte de fundo após a época de obtenção da imagem aérea de 2009, particularmente no sentido a SE do arco praial (costão rochoso), para as áreas mais a NE (estuário), e das áreas mais profundas da enseada no sentido da face praial emersa, pode ser um dos mecanismos que contribuem para as alterações de forma da atual linha de costa da Praia do Góes.

Entre julho de 2010 e janeiro de 2014 a feição deposicional triangular localizada junto ao costão rochoso se dissipa progressivamente, e a face arenosa emersa da praia, correspondente a faixa das areias depositadas acima das marés mais altas (pós praia – cor vermelha), se desloca no sentido NE configurando ao arco praial uma distribuição mais assimétrica entre os extremos da praia (Figura 226 a Figura 229). Esta configuração mais em arco é melhor evidenciada pelo paralelismo que passa a existir entre os limites de maré mais alta (faixa vermelha das imagens), e as linhas de maré mais baixa (cor laranja).



Figura 226 – Imagem de satélite da Praia do Góes em julho de 2010. A linha vermelha representa a posição da maré alta e a linha laranja a posição da maré mais baixa.



Figura 227 – Imagem de satélite da Praia do Góes em julho de 2011. A linha vermelha representa a posição da maré alta e a linha laranja a posição da maré mais baixa.



Figura 228 – Imagem de satélite da Praia do Góes em outubro de 2013. A linha vermelha representa a posição da maré alta e a linha laranja a posição da maré mais baixa.



Figura 229 – Imagem de satélite da Praia do Góes em janeiro de 2014. A linha vermelha representa a posição da maré alta e a linha laranja a posição da maré mais baixa.

Considerando as observações obtidas do monitoramento em campo, no período de abril de 2014 a abril de 2015, conjuntamente as análises das imagens de satélite, não é possível afirmar com segurança que a atual configuração mais simétrica do arco praial represente o estágio morfodinâmico de equilíbrio do arco praial, sob a ação dos atuais parâmetros hidrodinâmicos que condicionam a dinâmica sedimentar da praia.

Considerando apenas o período de monitoramento realizado entre abril de 2014 e abril de 2015, observa-se uma tendência a um maior equilíbrio morfológico do arco praial, com uma pequena variabilidade temporal dos volumes medidos ao longo dos perfis monitorados.

Porém, não é possível assegurar que novos ciclos de condições meteorológicas mais intensas, ou a ausência destas condições por períodos prolongados, não resulte em uma nova configuração da linha de costa assimétrica com uma perda sedimentar severa nos extremos do arco, ou mesmo na sua porção mais central.

Desta forma, as alterações verificadas no período 2014 e 2015, particularmente as variações volumétricas do arco praial da praia do Góes, não possibilitam inferir que as modificações morfológicas observadas correspondam diretamente a efeitos gerados a partir dos processos de dragagem do canal do Porto de Santos.

4.4. ATIVIDADE 440: CAMPANHA ADICIONAL DE CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS

4.4.1. Introdução e Objetivos

O objetivo das *campanhas de caracterização dos sedimentos* é caracterizar a distribuição textural e o transporte residual dos sedimentos de superfície de fundo das praias do setor nordeste da Baía de Santos, que inclui a porção leste da linha de costa de Santos, entre o Canal 4 e o Ferry Boat, e da região da Praia do Góes, de maneira a avaliar se as obras de dragagem influenciaram ou estão influenciando os processos costeiros recentes nas áreas.

4.4.2. Área Amostral

A malha de amostragem é composta por 17 (dezessete) transectos e 128 (cento e vinte e oito) pontos de coleta de amostras, sendo 8 (oito) transectos com um total de 52 (cinquenta e duas) amostras no Setor Góes, e 9 (nove) transectos com um total de 76 (setenta e seis) amostras no Setor Ponta da Praia, apresentando a seguinte distribuição:

- 4 (quatro) transectos entre o Canal 4 e o Canal 6 (Transectos 15, 16, 18 e 19), totalizando 40 (quarenta) pontos (amostras), equidistantes em 200 m, entre a linha de costa e a isóbata de 5 m, e em 400 m, entre a isóbata de 5 m e o canal de navegação/isóbata de 10 m;
- 5 (cinco) transectos entre o Canal 6 e a área próxima ao Píer do Pescador/Instituto de Pesca (Transectos 21, 22, 23, 29 e 32), totalizando 36 (trinta e seis) pontos equidistantes em 100 m;
- 8 (oito) transectos entre a Ponta dos Limões e a entrada NW da Enseada do Góes (Transectos 1 a 10), totalizando 52 (cinquenta e dois) pontos de coleta equidistantes em 200 m.

A Figura 230 apresenta o mapa com a distribuição dos pontos, seguindo as coordenadas do termo de referência.

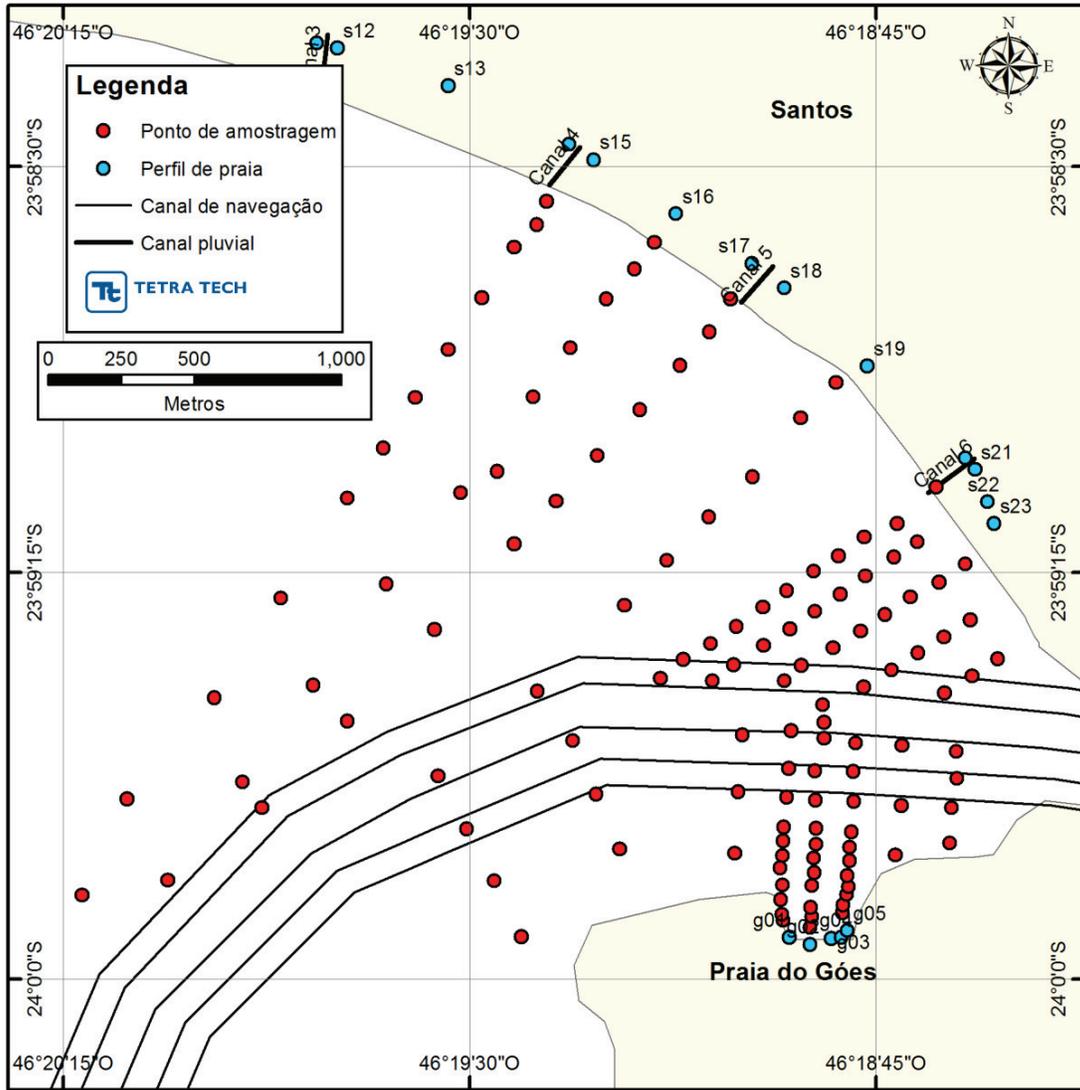


Figura 230 – Mapa com a distribuição espacial dos pontos de coleta de sedimento. Campanhas de Julho de 2014 e janeiro 2015.

4.4.3. Atividades Realizadas

Nas campanhas executadas entre os dias 02 e 03 de julho de 2014 e entre os dias 26 e 28 de janeiro de 2015 foram realizadas as coletas de sedimentos em 128 pontos, sob

condições ideais de mar com ondas menores que 0,5 metros e brisa fraca. Em ambas as campanhas de coletas foram coletados no primeiro dia os transectos Stos-15 a Stos-29; e no segundo dia os pontos entre Goes-1 e Goes-10.

4.4.4. Metodologia

Os trabalhos de coleta de sedimento de superfície de fundo foram realizados a bordo de uma embarcação de pequeno porte com o auxílio de um pegador de fundo do tipo Van Veen e de um GPS Garmin CS60 para averiguar o posicionamento espacial de cada ponto previamente estabelecido. A profundidade de cada ponto amostrado foi obtida através de um cabo graduado em intervalos de 0,5 metros de resolução.

Os sedimentos coletados foram mantidos sob-refrigeração (caixa térmica com gelo) até a chegada ao laboratório de análise granulométrica, teor de carbonato e matéria orgânica.

As análises granulométricas, de carbonato e matéria orgânica foram analisadas conforme descrito em Suguio (1973). A partir dos resultados das análises texturais foram obtidos os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957), diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose. Todos os dados sedimentológicos constam no APENDICE U.

4.4.5. Resultados e Discussão

Os resultados das análises dos sedimentos de fundo coletados na Baía de Santos, nas proximidades das Praias de Santos, na entrada do canal do Porto de Santos, e nas proximidades da Praia do Góes, nas campanhas realizadas em julho de 2014 e janeiro de 2015 indicaram o predomínio de texturas arenosas, secundadas por sedimentos de composição siltico arenosa.

Os termos mais finos estão associados às maiores profundidades, correspondendo ao canal de navegação e seus entornos, com profundidades superiores a isóbata de 10 metros (Figura 231).

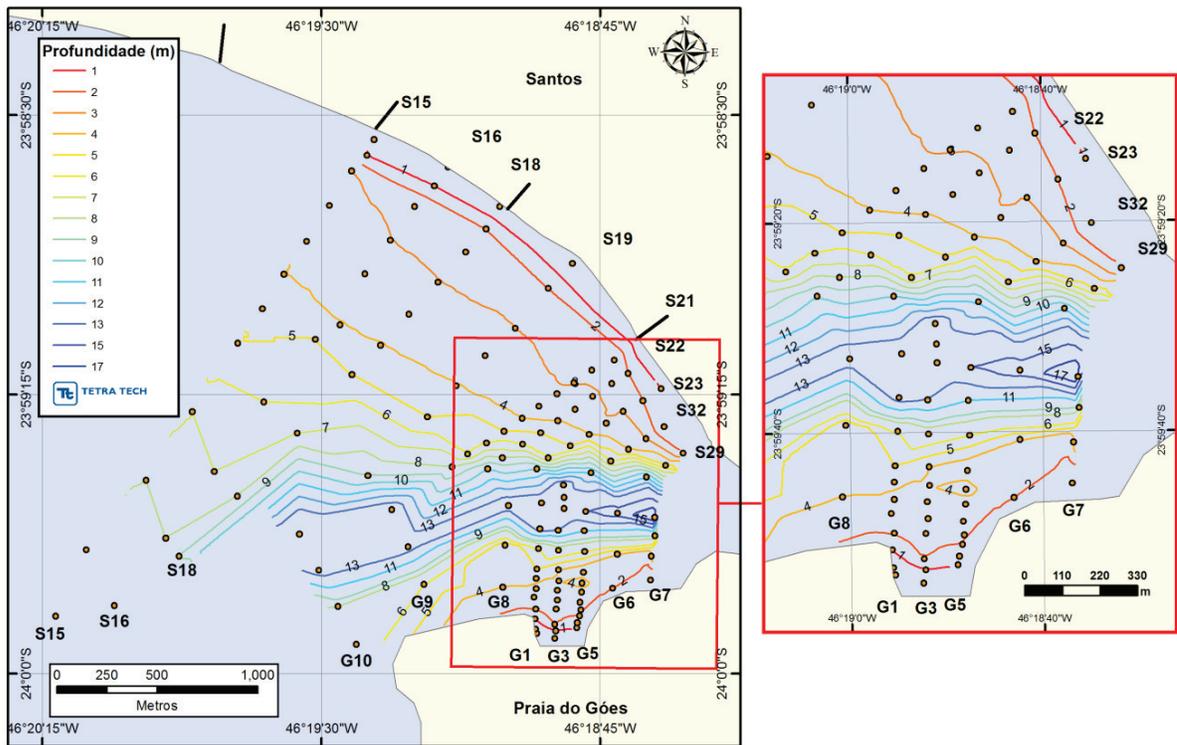


Figura 231 - Mapa de profundidades geradas a partir das medições executadas na etapa de coleta de julho de 2014.

A análise da distribuição espacial dos resultados do Diagrama Triangular de Shepard (1954), da campanha de campo de julho de 2014, evidencia o predomínio dos termos arenosos pela quase totalidade da área estudada (Figura 232). Nas áreas de influência do canal de navegação do Porto de Santos este predomínio de termos arenosos apresenta-se secundada por misturas de sedimentos areno siltosos, ou siltes (Figura 233).

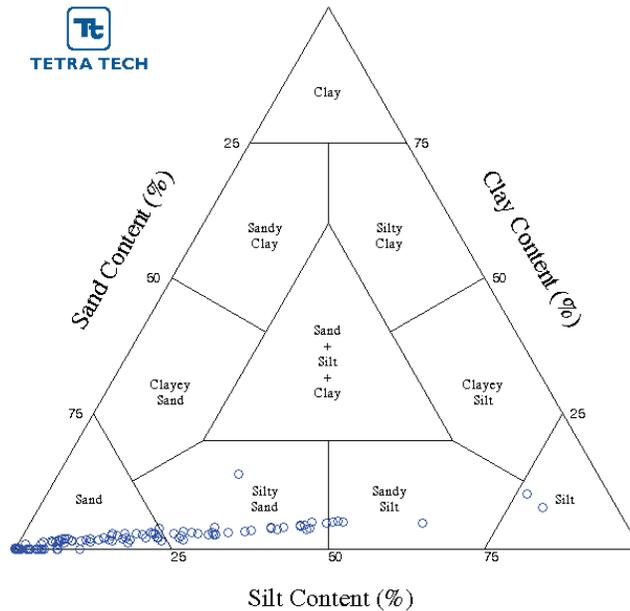


Figura 232 - Diagrama Triangular de Shepard contendo o resultado das amostras coletadas. Julho de 2014.

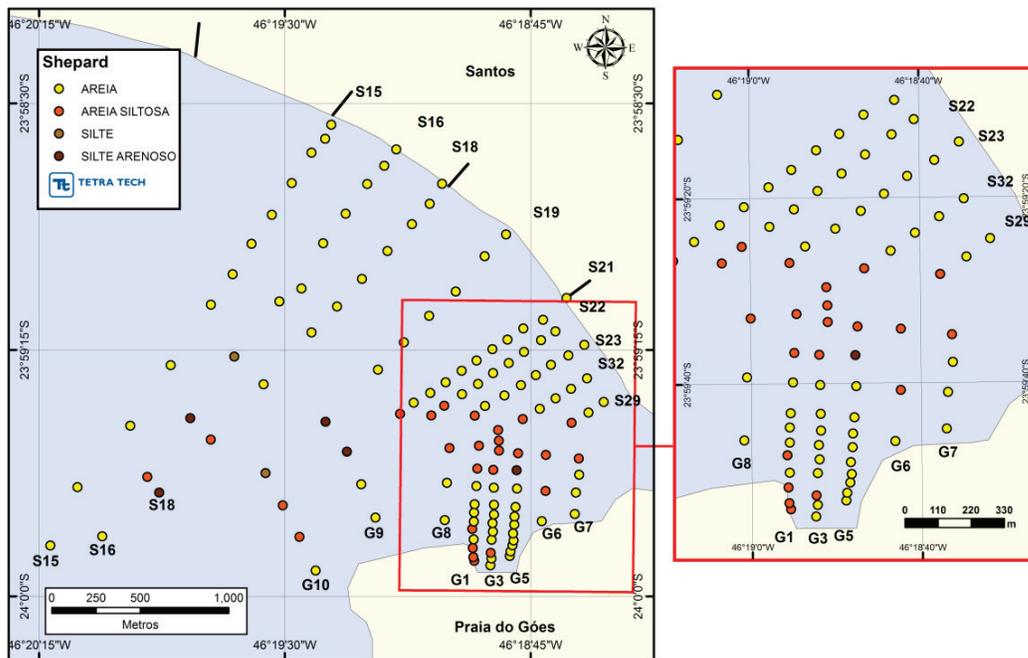


Figura 233 - Distribuição espacial das texturas baseada em Shepard (1954). Julho de 2014.

A partir dos resultados das análises texturais (granulometria), e composicionais (teores de matéria orgânica e carbonato de cálcio contido), obtidos na campanha de

campo de janeiro de 2015 (Apêndice U), observa-se que os resultados do Diagrama Triangular de Shepard (1954), indica a continuidade do predomínio dos termos arenosos pela quase totalidade da área estudada (Figura 234).

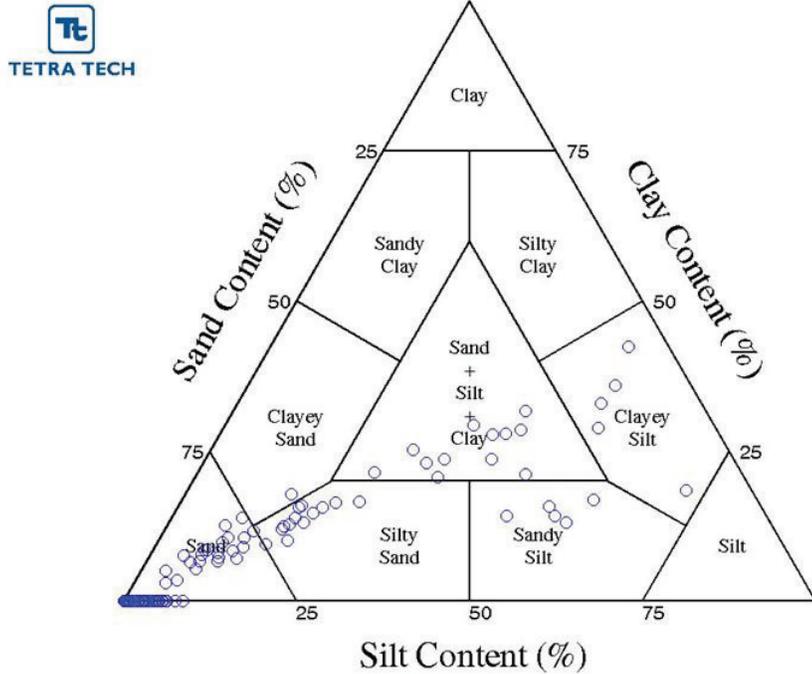


Figura 234 - Diagrama Triangular de Shepard contendo o resultado das amostras coletadas Fevereiro de 2015.

Para a campanha de janeiro de 2015 a distribuição espacial dos sedimentos de fundo apresenta para as áreas de influência do canal de navegação do porto, um maior predomínio de termos sílticos, ou silto-arenosos, quando comparados com a distribuição observada no mapeamento executado em julho de 2014.

Este aumento de predomínio de sedimentos de textura mais fina não significa necessariamente uma alteração no padrão de dinâmica sedimentar da área, mas um ajuste as alterações dos mecanismos hidrodinâmicos atuantes posteriormente a finalização dos procedimentos de dragagem de aprofundamento do canal do porto. Este padrão de predomínio de termos mais finos, localizados nas áreas de influência do canal de navegação, também está associado a exposição na superfície de fundo de camadas

texturalmente mais finas, depositadas em fases anteriores e recobertas pelos sedimentos retirados nos procedimentos de dragagem (Figura 235).

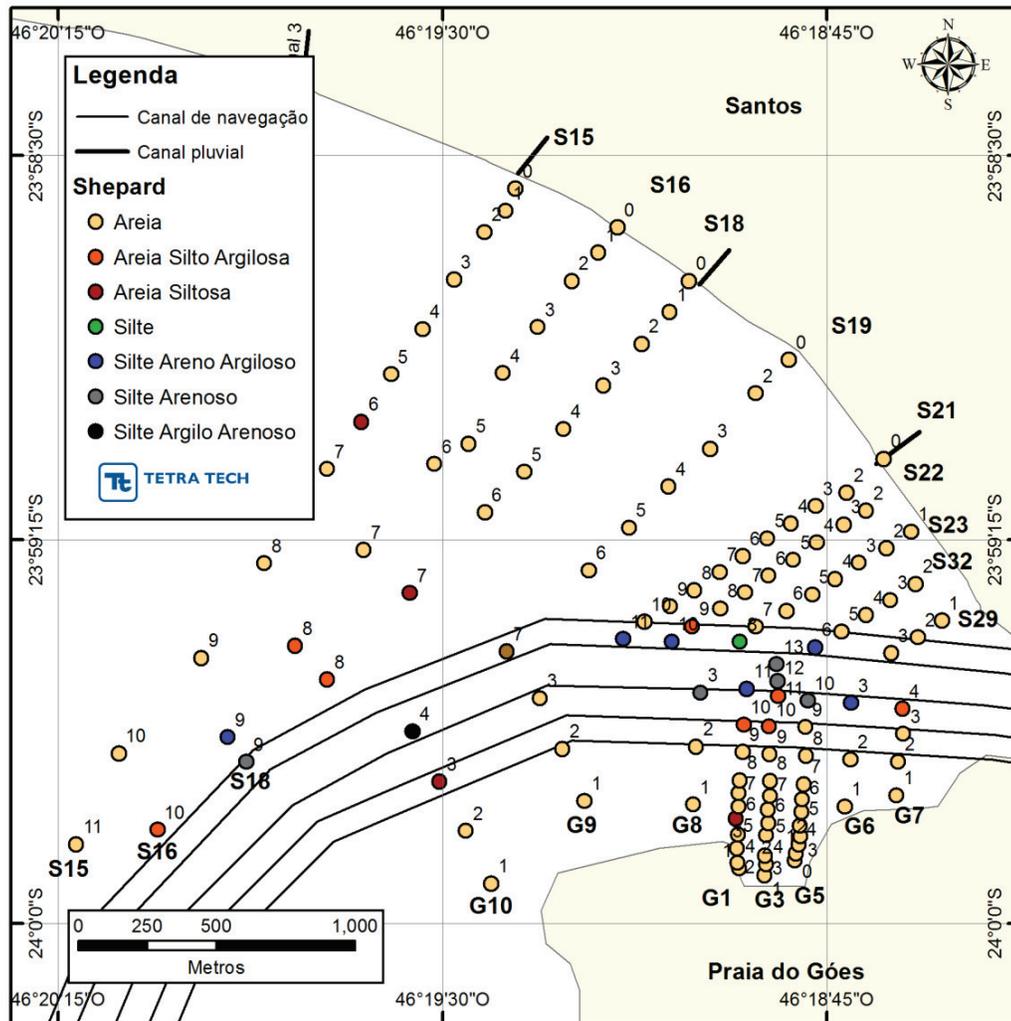


Figura 235 - Distribuição espacial das texturas baseada em Shepard (1954). Fevereiro de 2015

Quando analisados os resultados das coletas realizadas na área de influência da Praia do Góes, Guarujá, observa-se o mesmo padrão de distribuição espacial para os sedimentos de fundo. Esta distribuição espacial reforça que para as áreas de influência do canal de navegação do porto, observa-se um maior predomínio de termos sílticos, ou silto-arenosos, quando comparados com a distribuição observada no mapeamento executado em julho de 2014.

Desta forma, a partir da comparação das distribuições espaciais de sedimentos de fundo, obtidas nas campanhas de julho de 2014 e janeiro de 2015, verifica-se que a ocorrência dos maiores teores de areia (termos arenosos finos a muito finos), indica que na face das praias do Município de Santos, entre o canal 5 a Ponta da Praia, predominam sedimentos essencialmente arenosos. Os teores de areia na face das praias de Santos correspondem a valores superiores a 90%.

A dinâmica sedimentar deste segmento da Baía de Santos, dominada pelas correntes geradas pelos sistemas de ondas incidentes, de direções S, SW e SE, é responsável pela dinâmica sedimentar intensa que impossibilita a deposição de sedimentos muito finos (lamas).

Este predomínio de termos arenosos também é observado na margem oposta às praias de Santos, onde entre o canal de navegação do porto e a Praia do Góes, junto aos costões rochosos do Forte e na margem nordeste da Baía de Santos, as porcentagens de termos arenosos variam entre 70% e 100%.

Ao longo do eixo do canal de navegação, submetido a processos recorrentes de dragagem, o predomínio de termos arenosos é substituído pela presença de sedimentos texturalmente mais finos, com a ocorrência de teores máximos inferiores a 40%.

A Figura 236 apresenta o mapa de tendência de transporte baseado nas características granulométricas do sedimento, conforme Gao & Collins (1991,1992) e Veiga *et. al.* (2005).

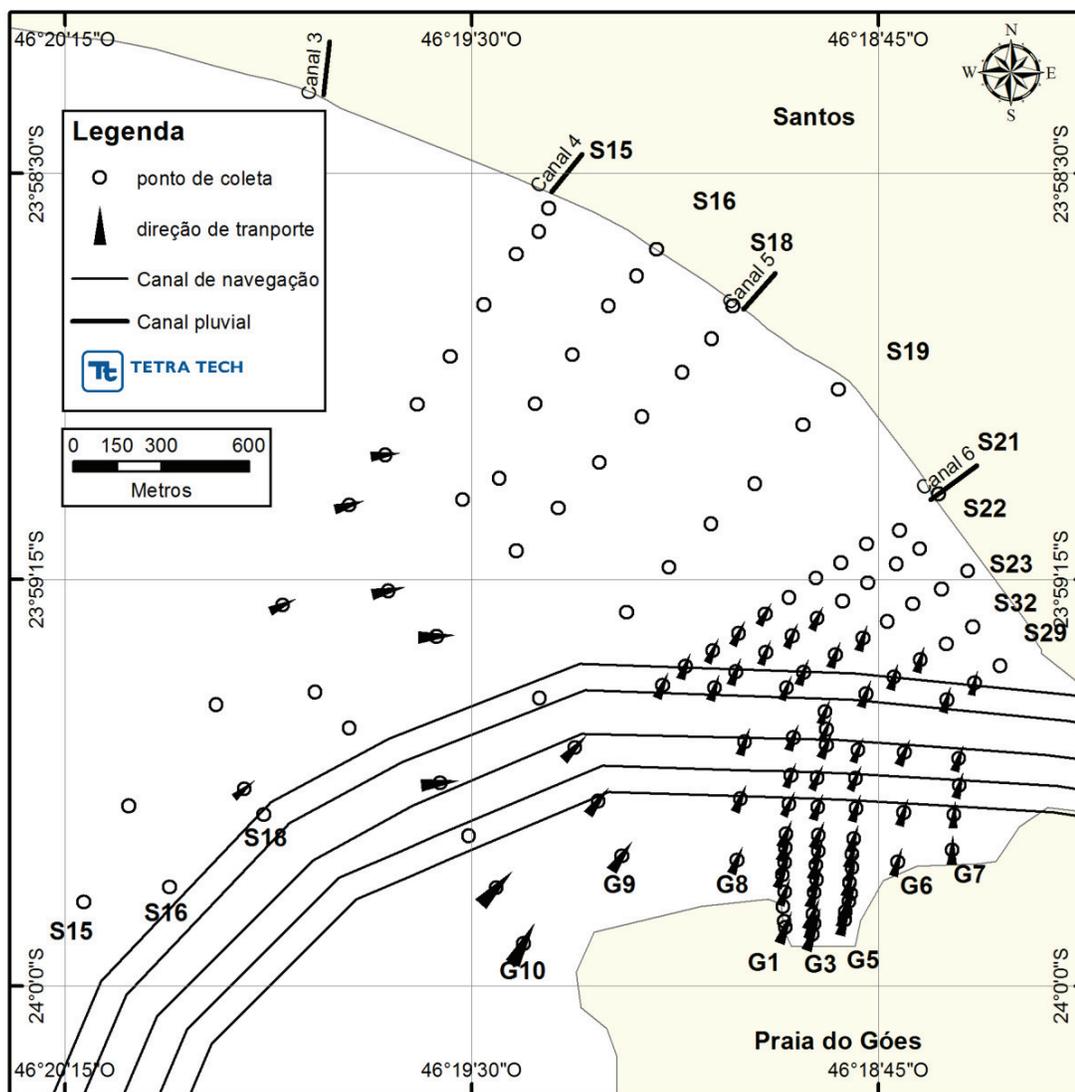


Figura 236 –Mapa da tendência de transporte baseado nas características granulométricas do sedimento.

A Figura 236 sugere um transporte para dentro da Baía de Santos, em direção à Praia de Santos. Entretanto, é importante notar que essa estimativa é imprecisa, na medida em que os gradientes batimétricos não permitem a transposição de sedimentos de fundo através do canal.

Os teores de carbonato de cálcio (CaCO_3) contido nos sedimentos da atual superfície de fundo da Baía de Santos e da entrada do canal do porto, indicaram para a campanha

de julho de 2014, uma associação direta entre as áreas de domínio dos sedimentos finos, correspondentes ao predomínio de termos silto arenosos e areno siltosos (Figura 237).

As áreas de domínio dos sedimentos arenosos, em especial as áreas limítrofes as praias do município de Santos, apresentam baixa concentração de carbonato de cálcio contido (< 5%), na forma de pequenos fragmentos de concha finamente subdivididos caracterizando um sedimento de alto grau de retrabalhamento.

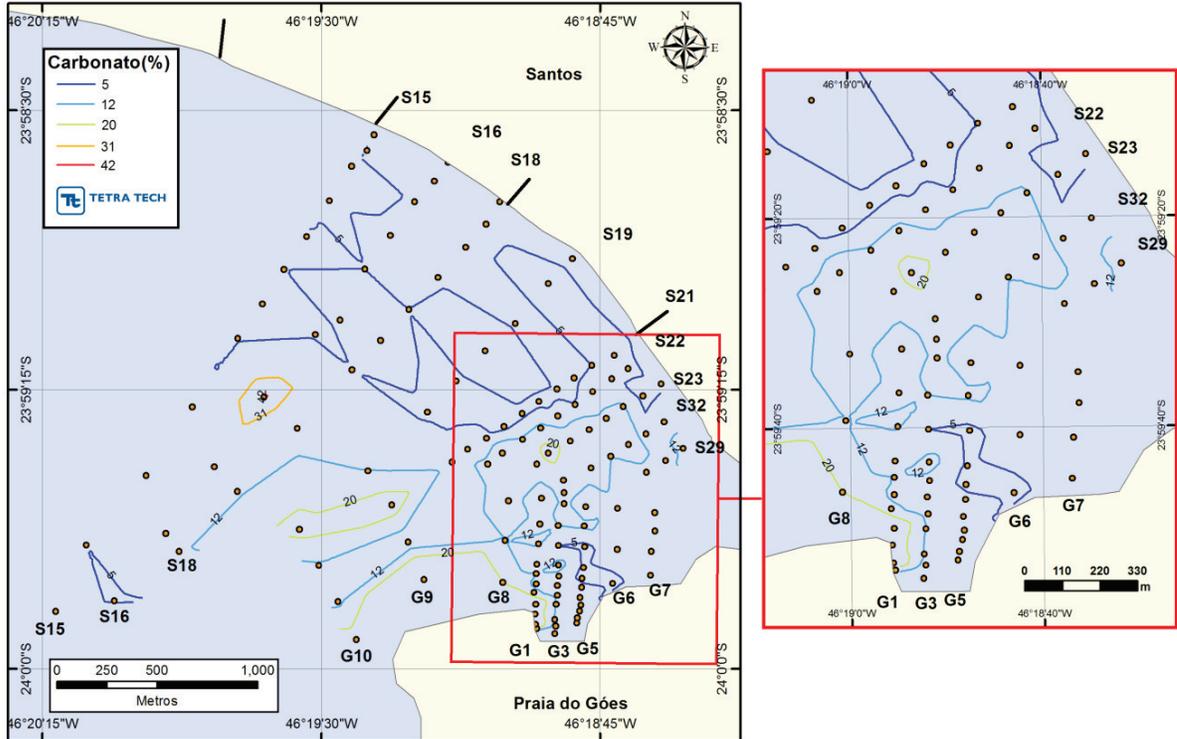


Figura 237 - Mapa dos isovalores dos teores de carbonato. Campanha de Julho de 2014.

Na campanha de amostragem realizada em janeiro de 2015, as concentrações mais elevadas (> 30%) são identificadas nos setores da baía de Santos mais a SW da área de estudo, na entrada do canal do porto, nas áreas da Baía de Santos próximas ao costão rochoso que delimita a enseada da Praia do Góes, e mais diretamente a enseada do Góes, que apresentam os teores mais elevados de carbonato de cálcio contido nos sedimentos.

Comparando-se os resultados dos teores de carbonato de cálcio contido nos sedimentos coletados nas duas campanhas de amostragem, verifica-se uma similaridade entre os valores absolutos e, principalmente, entre as áreas de ocorrência dos teores mais elevados.

A partir da aplicação da metodologia e da terminologia proposta por Larsouner (1977), as amostras das malhas amostrais de julho de 2014 e janeiro de 2015, correspondem a sedimentos designados como litoclásticos, que correspondem a concentrações de carbonato biodetrítico inferiores a 30%. Desta forma, pode-se considerar que sob o aspecto composicional, os sedimentos da área de estudo correspondem essencialmente a sedimentos siliciclásticos, com reduzida contribuição de sedimentos carbonáticos. Apenas um ponto da Baía de Santos, e outro na enseada do Góes apresentam sedimentos de teores mais elevados (>30%), caracterizados pela terminologia de Larsouner (1977) como litobioclásticos (>30% <50%).

Quando comparadas a distribuição espacial dos parâmetros analisados, observadas em julho de 2014 e janeiro de 2015, com o Modelo de Sedimentação da Baía de Santos, proposto por Fúlvaro e Ponçano (1976), verifica-se uma concordância entre o padrão de distribuição sedimentar identificado nos anos 1970, com a atual distribuição dos sedimentos de fundo da área próxima a entrada do canal do porto (Figura 238).

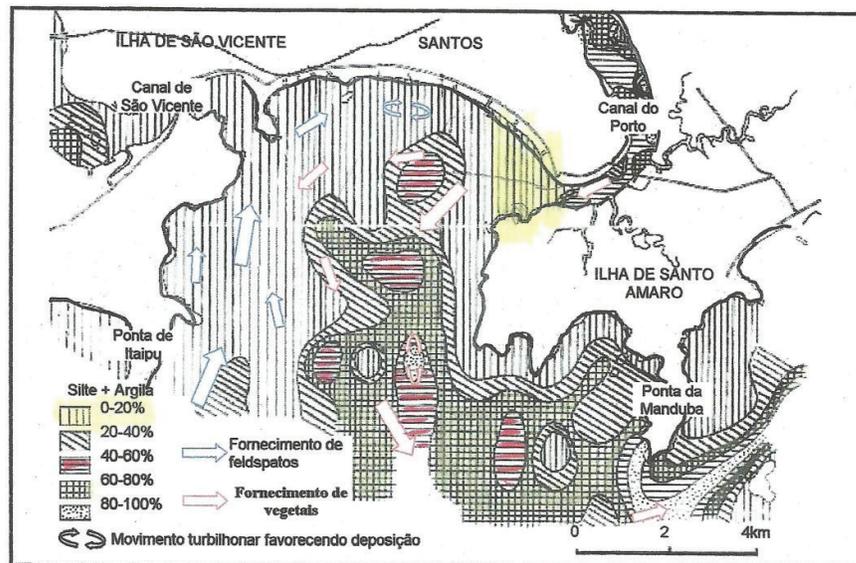


Figura 238 - Modelo de Sedimentação para a Baía de Santos. Fonte: Fúlvaro e Ponçano (1976, modificado por Fukumoto, 2003).

A contribuição de termos siltosos está associada as camadas mais profundas do pacote sedimentar que recobre a área, expostas nos processos de aprofundamento do

canal de navegação, e ou ao aporte de carga de suspensão proveniente da drenagem atual que deságua no alto estuário santista.

A variabilidade da distribuição espacial de sedimentos com valores dos diâmetros médios compreendidos entre 2 e 4 phi, caracterizam a área de estudo como recoberta de sedimentos finos nos termos correspondentes a presença de areias, e de sedimentos mais grossos nos termos correspondentes a presença de sedimentos siltosos.

Desta forma, a distribuição espacial de sedimentos mais finos (siltes arenosos e siltes), corresponde em área ao inverso do predomínio dos termos arenosos finos a muito finos, ou seja, o predomínio dos termos siltosos está associado as superfícies mais profundas relacionadas ao canal de navegação e as áreas de taludes com teores máximos ao redor de 65%

A presença de sedimentos argilosos está associada a porções localizadas na área de estudo, correspondendo a área mais central da Baía de Santos e o setor mais a NE do arco praial do Góes, principalmente nos setores influenciados pelo canal de navegação do Porto de Santos.

Nas áreas de predomínio de termos arenosos, finos a muito finos, as concentrações de argilas contidas são inferiores a 10%. Nestas áreas, uma média dos teores da presença de termos argilosos indica um valor médio ao redor de 3%.

Desta forma, pode-se considerar que a dinâmica sedimentar, e a distribuição sedimentar dos atuais fundos da Baía de Santos, na sua porção mais a leste, e a área da entrada do canal do porto, ao longo dos últimos 40 anos respondem ao mesmo conjunto de forçantes (*i.e.* ondas, correntes). Esta dinâmica retrabalha sedimentos arenosos finos, muito bem selecionados, depositados na área ao longo do Quaternário, em períodos de nível do mar inferiores ao atual.

Portanto, esta comparação indica uma similaridade entre as áreas de predomínios de sedimentos arenosos e finos (siltes e argilas). Esta similaridade reflete a persistência ao longo do tempo, dos processos de dinâmica sedimentar que condicionam os mecanismos deposicionais e erosivos da Baía de Santos e de seu entorno.

4.5. ATIVIDADE 450: LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

4.5.1. Introdução e Objetivos

O objetivo desta campanha é investigar possíveis modificações na topografia submersa costeira em decorrência da dragagem de aprofundamento. Para tal, foi realizado um levantamento batimétrico do setor nordeste da Baía de Santos, especificamente da porção leste da linha de costa de Santos e da região da Praia do Góes.

4.5.2. Área Amostral

Os trabalhos de coleta ocorreram entre 24 e 25 de fevereiro de 2015, concentraram-se na margem esquerda do canal, entre a linha de costa e a borda do Canal de Navegação, da Ponta dos Limões até a Fortaleza da Barra; além da margem direita do canal, entre a linha de costa e a borda do Canal de Navegação, das adjacências Canal 4 até a Ponte Edgar Perdighão, conforme indicado na Figura 239.

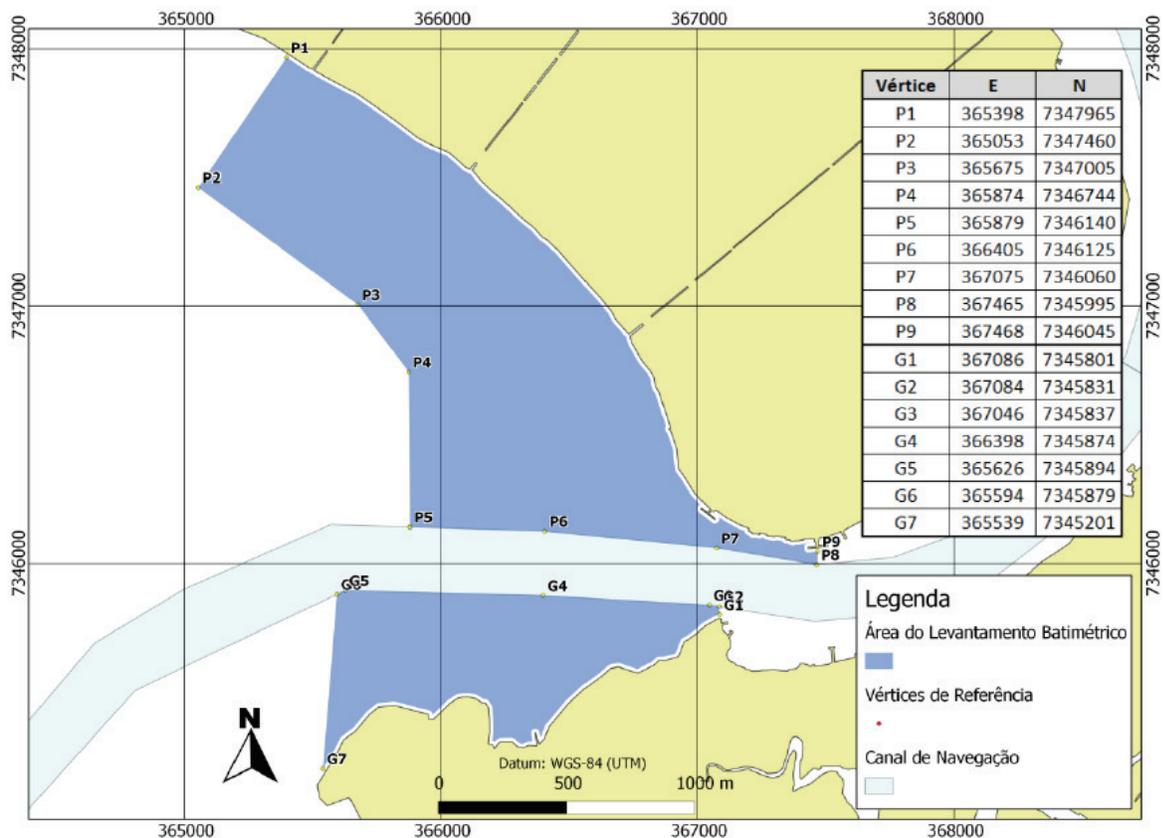


Figura 239 - Polígono georreferenciado indicando as áreas onde deverá ser realizado o levantamento batimétrico. Fonte: Termo de Referência CODESP.

4.5.3. Metodologia

O levantamento batimétrico foi realizado através da utilização de uma embarcação de pequeno porte equipada com eco-batímetro Hidrobox Syqwest (Figura 240) de dupla frequência (33/200KHz) e sistema de posicionamento diferencial (DGPS) Novatel Smart V1 com correção satelital Omnistar que oferece precisão submétrica (Figura 241). Essa combinação é ideal para levantamentos batimétricos detalhados, inclusive em águas rasas.

O levantamento foi realizado na forma de seções transversais com espaçamento de 30 metros entre as linhas com orientação perpendicular aos contornos isobatimétricos, permitindo a interpolação dos dados com grande confiabilidade. Adicionalmente, realizou-se a verificação dos dados através de linhas de sondagem paralelas à linha de costa.

Concomitantemente ao levantamento batimétrico foi realizada a medição do nível instantâneo de maré na régua de maré instalada no Píer da Praticagem para redução dos dados em relação ao datum vertical do DHN – utilizado em cartas náuticas.

O planejamento, execução e gerenciamento dos dados relativos ao levantamento batimétrico foram realizados no software HYPACK®.



Figura 240 – Ecobatímetro de dupla frequência Hidrobox Syqwest instalado na embarcação.



Figura 241 – DGPS Novatel Smart V1 montado na embarcação.

4.5.4. Resultados e Discussão

Ao todo foram varridos 77 km lineares durante o levantamento batimétrico. A Figura 242 ilustra as linhas percorridas.



Figura 242 – Mapa com as linhas batimétricas levantadas na Baía de Santos. Em destaque a localização do Pier da Praticagem onde foi realizada a leitura de maré.

Os dados brutos foram reduzidos da maré medida com base no zero da DHN (Figura 243) no software HYPACK® e então interpolados em uma malha detalhada de 5 metros. A Figura 244 e Figura 246 ilustram o resultado da interpolação.

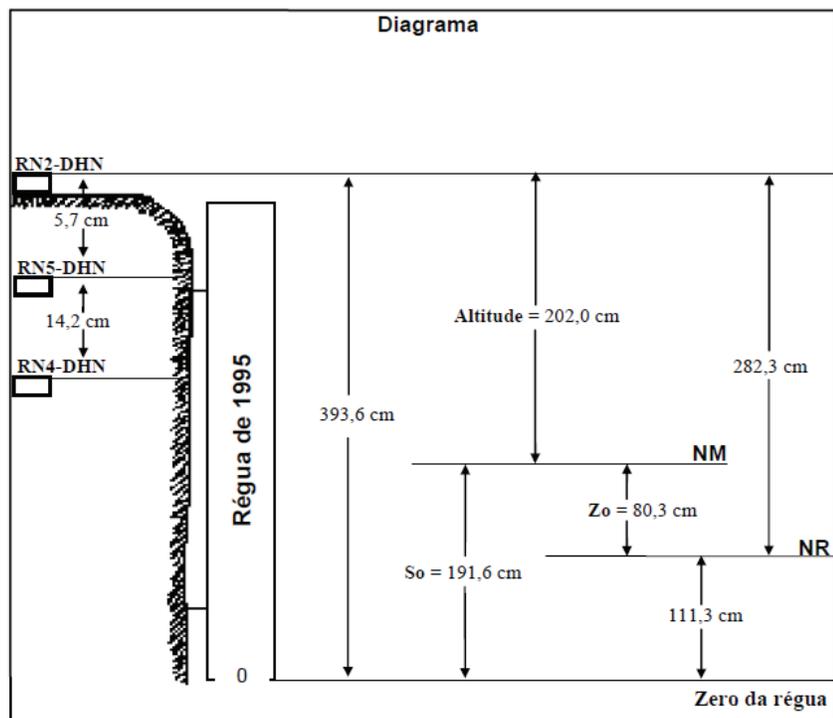


Figura 243 – Diagrama da régua de maré instalada no Pier da Praticagem de Santos.

Os resultados demonstram que a área da Praia de Santos, bem como da Praia do Góes possuem relevo homogêneo e apresentam declividade suave de até 2% até a profundidade de 6 metros. No talude do canal de navegação a declividade chega a 20%. A declividade média na Praia de Santos é de 0,85% e na Praia do Góes 1,27%. Como esperado, as maiores profundidades estão presentes em torno do canal de acesso ao Porto de Santos onde a declividade aumenta progressivamente até atingir o talvegue do canal (Figura 245). A localização dos perfis batimétricos são apresentados na Figura 244.

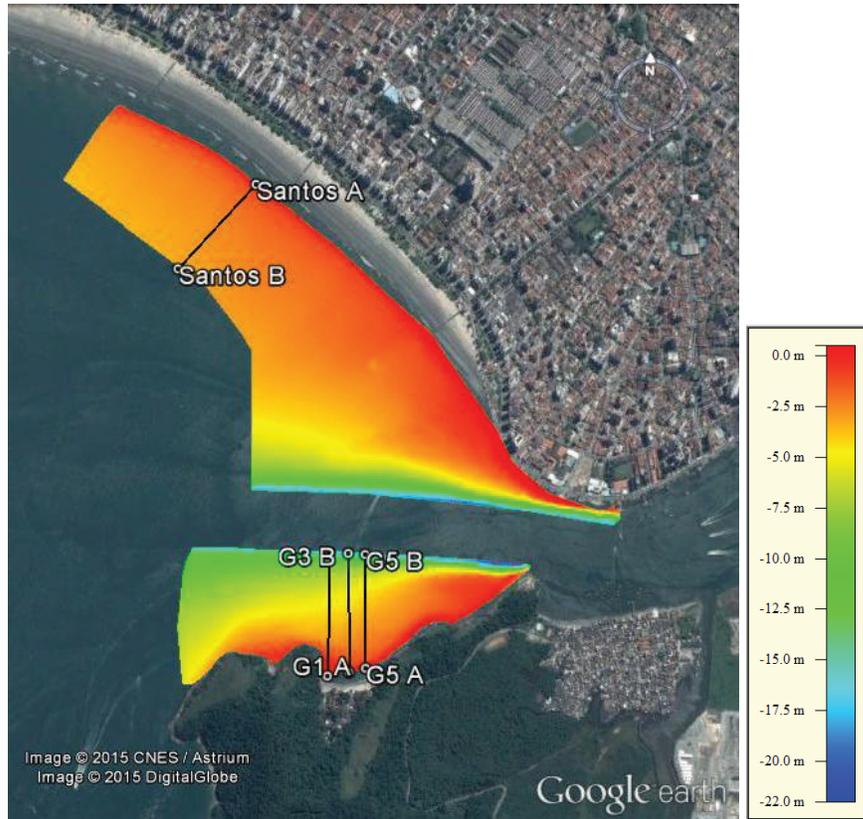


Figura 244 – Mapa interpolado de batimetria na Baía de Santos com destaque à localização dos perfis batimétricos.

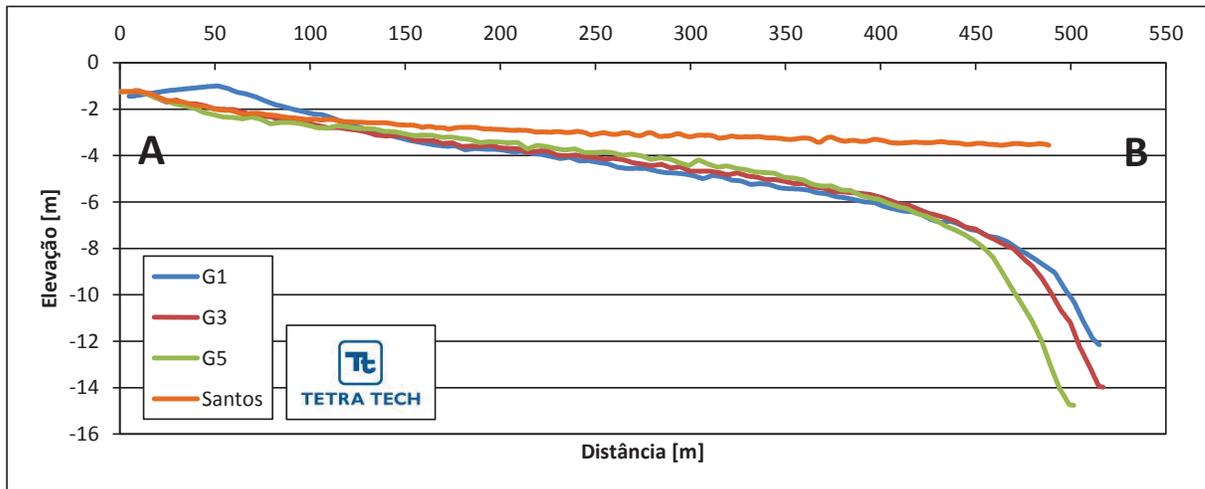


Figura 245 – Perfis de profundidade extraídos da batimetria. A localização em planta de cada corte consta na Figura 244.

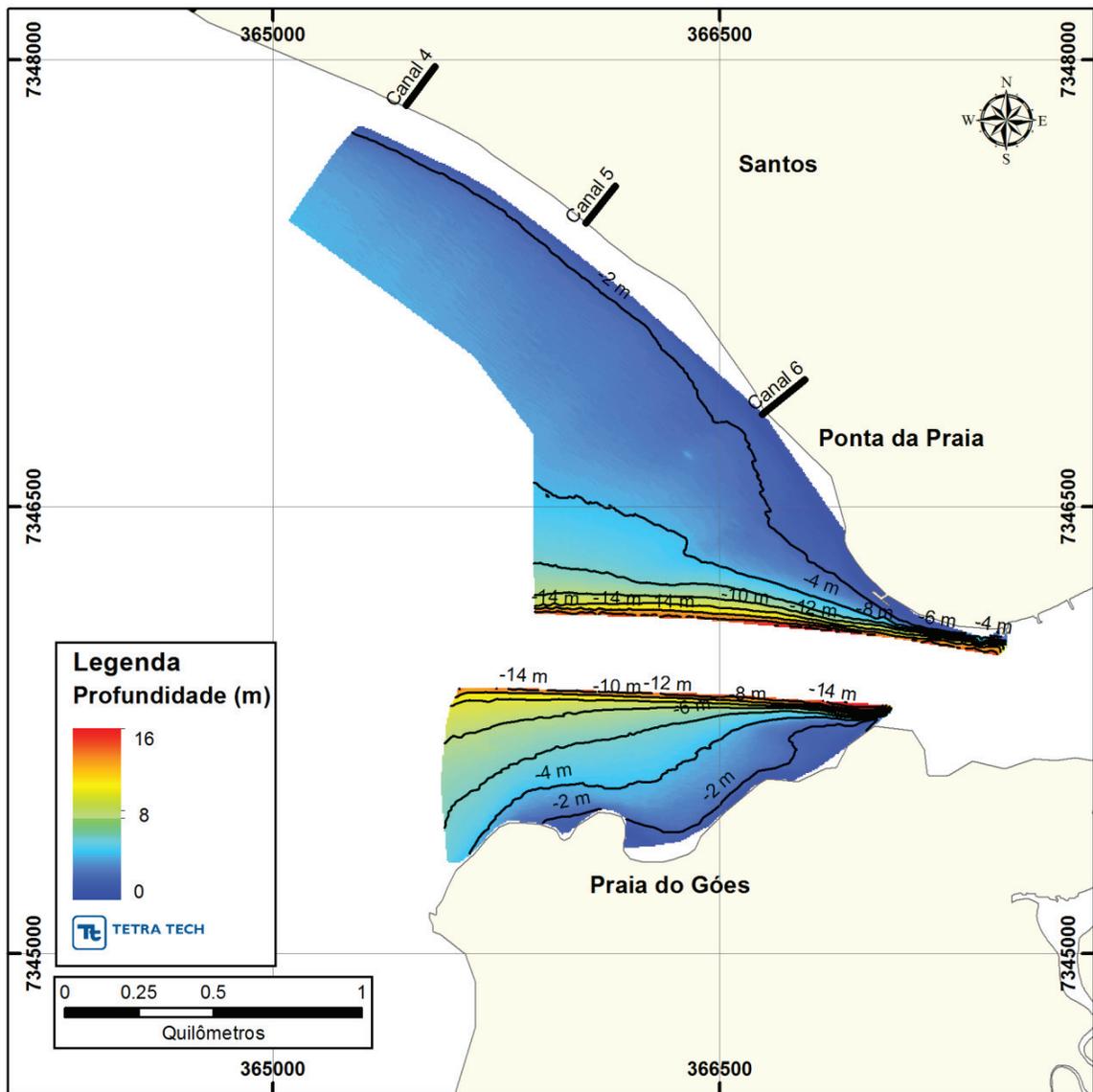


Figura 246 – Mapa interpolado de batimetria na Baía de Santos com destaque às isolinhas de contorno.

Para avaliar possíveis alterações no relevo submerso, as batimetrias sistemáticas de fevereiro de 2015 e agosto de 2014 foram subtraídas uma da outra. Nota-se na Figura 247 que a região de maior modificação do assoalho marinho encontra-se nas margens do canal de navegação. Esse padrão de erosão, observado principalmente no lado do Guarujá, é possivelmente associado ao ajuste de talude decorrente dos processos de dragagem e

também da passagem de navios que provocam escorregamento das margens mais instáveis.

Estas modificações do talude não afetam diretamente a dinâmica praial do arco Itararé-Santos e da Praia do Góes. Conforme evidente nos registros batimétricos, essas alterações restringiram-se à região do canal e talude, não expandindo em direção às praias adjacentes.

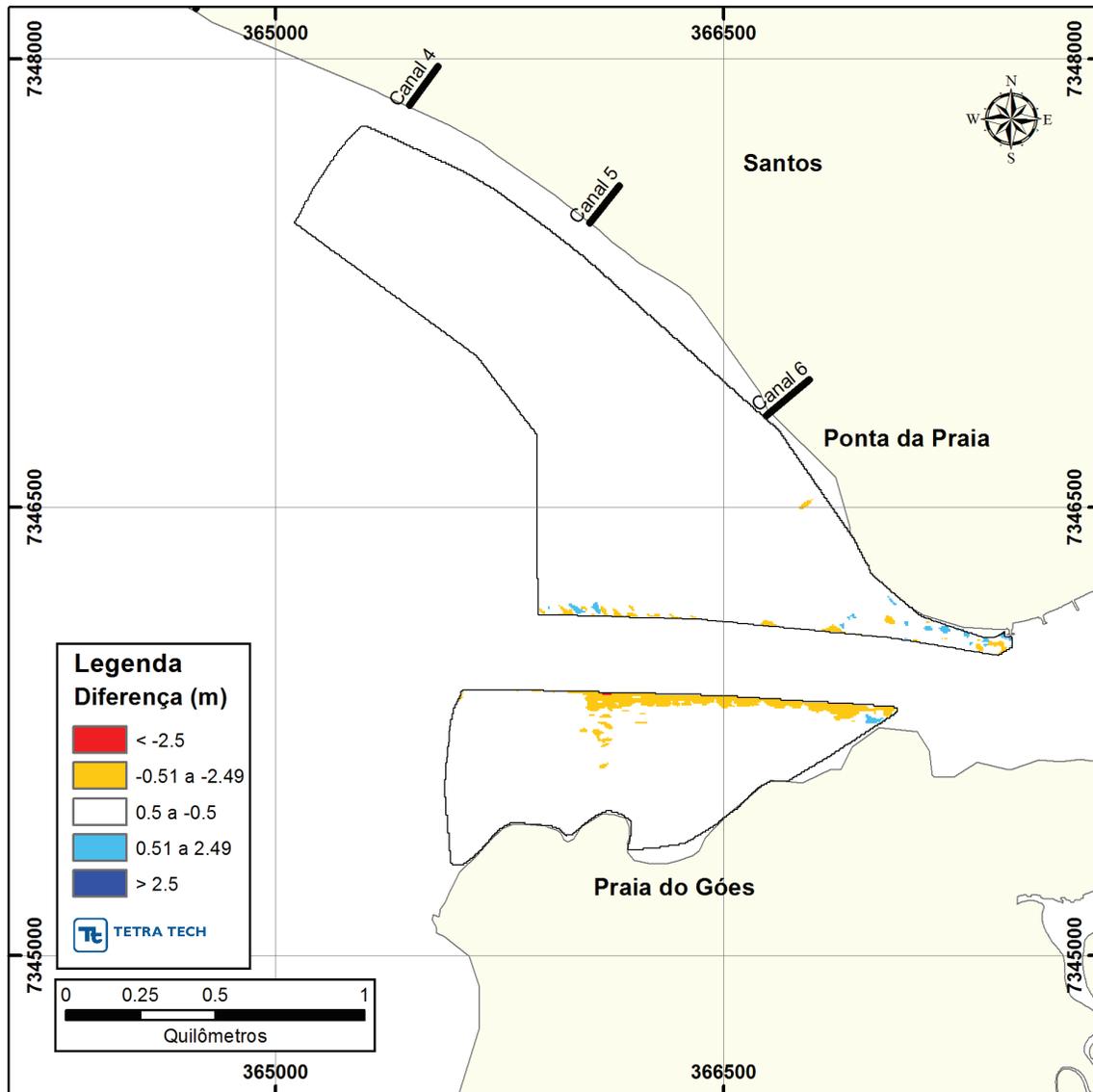


Figura 247 – Mapa da variação de batimetria na Baía de Santos entre agosto de 2014 e fevereiro de 2015. Valores negativos indicam erosão (aprofundamento) e os valores positivos indicam deposição.

4.6. Considerações Finais

A comparação com os resultados do Programa de Monitoramento Praial executados no período de abril de 2014 a abril de 2015, com os resultados obtidos ao longo dos períodos anteriores de monitoramento (FUNDESPA), indicam que ao longo de todo o período de análise as praias de São Vicente e Santos apresentam um comportamento de estabilidade dinâmica, característica de ambientes praias de baixa mobilidade sedimentar. Ou seja, no período monitorado, posterior a fase de execução das operações de dragagem, não se observaram modificações significativas do balanço sedimentar do arco praial de Santos, que possam ser vinculadas, de forma direta, as atividades de dragagem executadas no canal do Porto.

Esta estabilidade é também evidenciada pelos pequenos volumes de ganho e perda de sedimentos arenosos, bem como da similaridade espacial dos perfis monitorados em levantamentos subsequentes.

Associado a estas observações tem-se como indicativo desta estabilidade a prevalência de um arco praial com características de praia dissipativa, mesmo quando submetido a dinâmica de transporte mais intensa resultante da incidência de ondas geradas em eventos de passagem de sistemas frontais.

Os processos de recuperação dos perfis praias após as alterações resultantes dos eventos de tempestade, observados ao longo de todo o período de monitoramento, indicam a preservação dos sedimentos removidos da face emersa da praia entre a linha de maré baixa e o ponto de fechamento do perfil.

Este estoque de sedimentos da área submersa do perfil praial corresponde a principal fonte de sedimentos disponibilizados para a recomposição da área emersa, em um mecanismo de dinâmica de transporte associado a ondas de menor energia, características das condições climáticas denominadas genericamente de “tempo bom”.

Desta forma, embora as análises de dinâmica praial do arco Itararé/Ponta da Praia indiquem os sentidos dos transportes longitudinais presentes nestas praias, um transporte transversal ao arco praial (*i.e. cross shore*) é um componente significativo nas variações volumétricas observadas no período monitorado.

Estas conclusões não correspondem aos processos de dinâmica sedimentar observada ao longo do segmento praial compreendido entre o Canal 6 e a Ponta da Praia

(Santos), onde predominam mecanismos de transporte longitudinal que transferem sedimentos da Ponta da Praia no sentido da parte central do arco praial. Esta perda sedimentar é descaracterizada pela constante ação antrópica que deposita na região da Ponta da Praia material granular resultante de limpeza das praias ou de desassoreamento das áreas do entorno dos canais. Para todo o restante do arco praial da Baía de Santos a praia, no período monitorado, encontra-se em equilíbrio dinâmico, variando em torno de uma posição média bem definida.

A Praia do Góes embora apresente uma alteração na configuração do seu arco praial ao longo do tempo de monitoramento, e uma dinâmica de transporte longitudinal de sedimentos mais intensa em comparação com as praias de Santos e São Vicente, também correspondem a uma variabilidade volumétrica de pequena intensidade no período de monitoramento de abril de 2014 a abril de 2015. Neste período as perdas e ganhos volumétricos, de sedimentos ao longo dos perfis monitorados, correspondem apenas a variabilidades temporais de baixa intensidade, características de praias em equilíbrio dinâmico.

Os estudos da caracterização sedimentar dos fundos atuais da área submersa quando comparados a distribuição espacial das fácies sedimentares obtidas por Fúlfaro e Ponçano (1976 *in* Fukumoto 2003), indicam uma preservação do predomínio espacial das fácies arenosas nas regiões das praias de Santos, São Vicente e do Góes.

O domínio de fácies mais finas (siltes arenosos e siltes), continua diretamente associado as áreas mais profundas como as correspondentes ao canal de navegação do porto e seus entornos.

Estes sedimentos de textura fina correspondem a sedimentos depositados em fase de nível do mar mais elevado do que o atual, durante os últimos eventos de oscilação do nível marinho do Quaternário, presentes nas camadas subsuperficiais dos pacotes sedimentares que recobrem a planície da baixada santista. Adicionalmente estes sedimentos podem corresponder também a contribuição de materiais provenientes da drenagem continental, carregados do alto estuário para as áreas da baía de Santos, como carga de suspensão.

O conhecimento adquirido das análises dos resultados observados ao longo do período de monitoramento das praias de São Vicente e Santos, que indicam pequena variabilidade temporal, e variações mais intensas apenas associadas a eventos de ação

de sistemas frontais, possibilitam propor a alteração da periodicidade, ou a diminuição do número de perfis monitoramentos.

A alteração da periodicidade possibilitaria adensar os monitoramentos em fases de variabilidade praial mais intensa, associada aos períodos de maior incidência de sistemas frontais sobre a área (outono/inverno), em detrimento de períodos de maior estabilidade do arco praial (primavera/verão). Uma segunda alternativa seria a de redução do número de perfis monitorados, adensando a locação nas áreas de variabilidade volumétrica mais pronunciada.

Outro importante aperfeiçoamento seria a execução de perfis batimétricos acoplados aos levantamentos dos perfis topográficos de forma a incluir o levantamento até a profundidade de fechamento, bem como aferir o transporte através da praia e também definir o volume total contido em cada perfil.

A partir da configuração do arco praial da praia do Góes, que apresenta seu setor mais a NE com um maior preenchimento sedimentar arenoso quando comparados as fases de pré e pós períodos de dragagem do Trecho 1, o atual programa de monitoramento deve ser continuado objetivando acompanhar a evolução da praia que ao longo dos últimos seis meses de monitoramento apresentou uma baixa variabilidade volumétrica.

Um aprimoramento do monitoramento em execução deve associar ao acompanhamento da variabilidade temporal dos perfis, um estudo de previsão de posição de estabilidade da faixa de transição da face praial para o pós praia (berma).

A configuração de equilíbrio dinâmico, estabilidade da praia, resulta do ajuste que se processa entre as direções de incidência predominante em eventos extremos e das maiores energias das ondas ao longo destes eventos, induzindo a que a feição costeira se posicione perpendicularmente as ações dinâmicas mais efetivas.

Este estudo é possível de ser executado com emprego de programas de modelagem numérica que consideram a posição de estabilidade da praia frente as modificações das forças mais intensas (ondas), que passaram a incidir sobre o arco praial posteriormente aos procedimentos de dragagem do canal de navegação (trecho 1).

As alterações observadas nas modelagens numéricas executadas pré e pós aprofundamento do canal de dragagem não indicaram uma alteração na direção de incidência das ondas, mas apenas um incremento na altura de onda. Porém, mesmo na ausência de uma variação da direção de incidência a capacidade de remobilização

sedimentar foi induzida pelo aumento de energia ocasionado pelo incremento na altura significativa dos trens de onda.

A identificação dos principais indicadores de erosão costeira e, associadamente, a classificação de risco de cada praia, antes, durante e após a execução do aprofundamento do canal do Porto de Santos, indicou ao longo de todo o período de monitoramento a ausência de indicadores de risco em toda a área de estudo, a exceção da área da Ponta da Praia de Santos.

Desta forma, a continuada aplicação deste índice não mais se aplica, embora seja necessário preservar a continuidade de estudos que possam contribuir na melhor compreensão dos mecanismos que induzem, e controlam, os fenômenos erosivos deste segmento praial.