

Caracterização do Transporte Sedimentar no Setor Nordeste da Baía de Santos

Monitoramento dos Sedimentos de Superfície de Fundo e Caracterização do Transporte Sedimentar Residual no Setor Nordeste da Baía de Santos..... 1

1. Introdução	1
2. Objetivos	3
3. Materiais e Métodos.....	3
4. Resultados e Discussão.....	13
<i>Modelo GSTA</i>	47
<i>Modelo TRANSVEC</i>	49
5. Considerações Finais.....	52
6. Referências Bibliográficas.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1-1. Parâmetros granulométricos e químicos (matéria orgânica e carbonato biodetrítico) das amostras do Setor Ponta da Praia.	16
Tabela 4.1-2. Parâmetros granulométricos e químicos (matéria orgânica e carbonato biodetrítico) das amostras do Setor Góes.	17
Tabela 4.1-3. Dados texturais dos sedimentos da Praia do Góes coletados no mesmo dia das coletas de superfície de fundo (diâmetro médio e desvio padrão são em escala phi; assimetria e curtose são adimensionais).....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Possíveis impactos físicos da dragagem de um canal portuário (Souza <i>et al.</i> , 2012).	1
Figura 3.1-1. Malha amostral de sedimentos de superfície de fundo.	4
Figura 3.1-2. Coleta de sedimentos de superfície de fundo realizada a bordo de um barco do tipo catraia, com auxílio de um pegador de fundo do tipo Van Veen. 6	
Figura 3.1-3. Coleta de sedimento de superfície em profundidade de 1m (à esquerda), realizada com mergulho livre e balizamentos do perfil a partir da praia (à direita).	6
Figura 3.3.1-1. Histograma de distâncias do vizinho mais próximo.....	11
Figura 4.1-1. Mapa Batimétrico da área de estudo e localização dos transectos e pontos amostrais.	14
Figura 4.1-2. Mapa de Distribuição do Diâmetro Médio.	18
Figura 4.1-3. Mapa de Distribuição do Grau de Seleção (desvio padrão).....	21
Figura 4.1-4. Mapa de Distribuição da Assimetria.....	22
Figura 4.1-5. Mapa de Distribuição da Curtose.....	23
Figura 4.1- 6. Mapa de Distribuição do Teor de Matéria Orgânica nos sedimentos.	24
Figura 4.1-7. Mapa de Distribuição de Teor de Carbonato de Cálcio (Calcário Biodetrítico) nos sedimentos.	26
Figura 4.2.1.1-1. Variação dos parâmetros texturais no Setor Ponta da Praia (diâmetro médio e desvio padrão em escala phi; curtose e assimetria são adimensionais).	28

Figura 4.2.1.1-2. Distribuição dos teores de matéria orgânica e carbonato biodetrítico nos sedimentos de fundo do setor Ponta da Praia.	31
Figura 4.2.1.2-1. Variação do diâmetro médio dos sedimentos em função da profundidade no setor Ponta da Praia.	33
Figura 4.2.1.2-2. Variação do grau de seleção dos sedimentos em função da profundidade no setor Ponta da Praia.	34
Figura 4.2.1.2-3. Variação da curtose dos sedimentos em função da profundidade no setor Ponta da Praia.	34
Figura 4.2.1.2-4. Variação da assimetria dos sedimentos em função da profundidade no setor Ponta da Praia.	35
Figura 4.2.1.2-5. Variação do teor de matéria orgânica em função da profundidade no setor Ponta da Praia.	36
Figura 4.2.1.2-6. Variação do teor de carbonato biodetrítico em função da profundidade no Setor Ponta da Praia.	37
Figura 4.2.2.1-1. Variação dos parâmetros texturais no Setor Góes (diâmetro médio e desvio padrão em escala phi; curtose e assimetria são adimensionais).	38
Figura 4.2.2.1-2. Distribuição dos teores de matéria orgânica e carbonato biodetrítico nos sedimentos de superfície de fundo do setor Góes.	40
Figura 4.2.2.2-1. Variação do diâmetro médio dos sedimentos em função da profundidade no setor Góes.	42
Figura 4.2.2.2-2. Variação do grau de seleção dos sedimentos em função da profundidade no setor Góes.	43
Figura 4.2.2.2-3. Variação da curtose dos sedimentos em função da profundidade no setor Góes.	43
Figura 4.2.2.2-4. Variação da assimetria dos sedimentos em função da profundidade no setor Góes.	44
Figura 4.2.2.2-5. Variação do teor de matéria orgânica em função da profundidade no setor Góes.	45
Figura 4.2.2.2-6. Variação do teor de Carbonato Biodetrítico em função da profundidade no setor Góes.	46
Figura 4.3-1. Resultado do modelo GSTA para distintas D_{cr}	48
Figura 4.3-2. Resultado do modelo TRANSVEC para todas as tendências.	50
Figura 4.3-3. Histograma de frequência das tendências parciais sobre a tendência final, de acordo com o modelo TRANSVEC.	51

Monitoramento dos Sedimentos de Superfície de Fundo e Caracterização do Transporte Sedimentar Residual no Setor Nordeste da Baía de Santos

1. Introdução

O maior impacto que obras de dragagem podem impor ao meio físico do ambiente costeiro é a modificação da linha de costa local e regional, oceânica e estuarina, provocada por alterações no nível de base regional, na hidrodinâmica associada a marés e ondas e, conseqüentemente, nos processos sedimentares e no balanço sedimentar costeiro. Isto porque a dragagem implica na retirada de sedimentos do sistema costeiro e na modificação da topografia de fundo, cujas conseqüências são alterações no balanço sedimentar costeiro e na hidrodinâmica local (Souza *et al.*, 2012) (Figura 1-1).

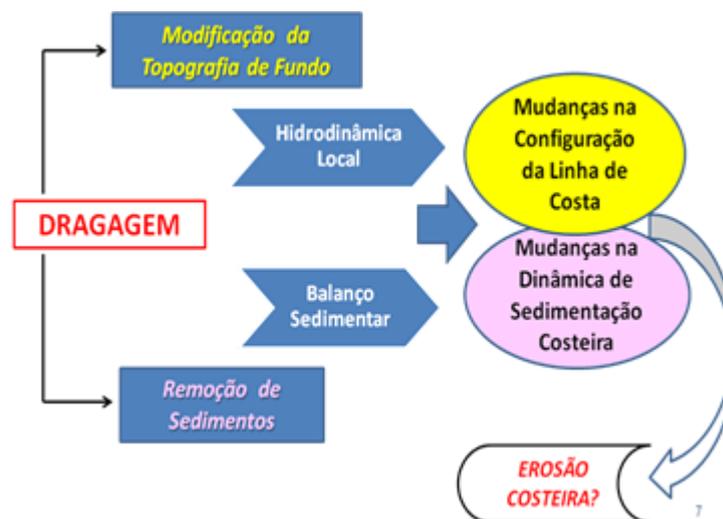


Figura 1-1. Possíveis impactos físicos da dragagem de um canal portuário (Souza *et al.*, 2012).

A intensidade e a velocidade dessa cadeia de processos/impactos podem variar em função de uma multiplicidade de fatores, que incluem: o aporte de sedimentos e o balanço/equilíbrio sedimentar prévio da área, a presença de sistemas fluviais, a hidrodinâmica costeira (marés e ondas), a influência de fatores meteorológicos, a herança geológica/geomorfológica da região e a intensidade e

evolução das intervenções antrópicas na área. As respostas a esses impactos também podem variar espacial e temporalmente.

Nos anos de 2010 e 2011, durante as obras de dragagem de aprofundamento do Canal do Porto de Santos, ocorreram vários eventos meteo-oceanográficos que resultaram em diversas ressacas fortes (pelo menos 14 eventos em 2010 e 5 eventos em 2011, segundo dados do estudo “*Análise Histórica dos Registros de Ressacas ocorridas na região da Baía e Estuário de Santos*”).

As consequências diretas desses eventos foram: aumento da erosão praial entre o Canal 6 e a extremidade leste da praia de Santos (Ponta da Praia); aumento da erosão e colapso de estruturas urbanas entre o Canal 6 e o *Ferry-boat*, construídas na linha de costa e, na maioria dos casos, adentrando o canal estuarino original; carreamento e deposição de grande concentração de material orgânico principalmente na Ponta da Praia; assoreamento intenso nos canais 1, 2 e 3 e forte deposição no arco praial das praias de Pompéia e Boqueirão; processo deposicional intenso no perfil emerso e submerso da Praia do Góes, em especial no setor leste da praia, acarretando problemas na atracação de embarcações e até o “isolamento” parcial e temporário da comunidade.

Tudo isso gerou muita discussão e conflitos sobre os impactos e até a continuidade das obras, pois houve a disseminação da hipótese de que a dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos seria a responsável direta por todos esses processos. As hipóteses que surgiram na época eram as mais controvertidas, desde a possível remobilização de sedimentos do canal e transporte para a Praia do Góes e porção central da Praia de Santos, até possíveis modificações nas ondas em decorrência do aprofundamento do canal, que seriam responsáveis pelo incremento de energia de ondas na Ponta da Praia e conseqüente aumento da erosão, e também pela reflexão de ondas da Ponta da Praia para a Praia do Góes, o que acarretaria a maior deposição de sedimentos na parte leste dessa praia.

O presente estudo surgiu neste contexto, com o objetivo de averiguar se os processos visíveis no perfil emerso da praia estão sendo causados por

mecanismos naturais ou se são reflexos de modificações impostas pela dragagem.

2. Objetivos

O objetivo deste estudo é caracterizar a distribuição textural e química e o transporte residual dos sedimentos de superfície de fundo da área de estudo, de maneira a avaliar se as obras de dragagem de aprofundamento influenciaram ou estão influenciando nos processos costeiros recentes na Praia do Góes e na Ponta da Praia.

3. Materiais e Métodos

3.1. Malha de Amostragem

A malha de amostragem é composta por 17 transectos e 128 pontos de coleta de amostras, sendo 8 transectos com um total de 52 amostras no Setor Góes, e 9 transectos com um total de 76 amostras no Setor Ponta da Praia (Figura 3.1-1).

A distribuição espacial dos transectos se deu em função da necessidade de se compreender mais amplamente os processos erosivos da Ponta da Praia (segundo o Programa de Monitoramento do Perfil Praial, realizado pelo Porto de Santos em atendimento à Licença de Instalação nº 666/2009 emitida pelo IBAMA, que autoriza a dragagem de aprofundamento do Canal de Navegação do Porto de Santos, a erosão em Santos começa a partir do Canal 4) e a rotação praial ocorrida na Praia do Góes (Souza, 2011). Também contou com o apoio de imagens do sonar de varredura lateral (*Side Scan*) executadas em parte da área de estudo, e dos resultados dos levantamentos batimétricos e do monitoramento das estruturas urbanas entre a Ponta da Praia e o *Ferry-Boat* (estudo “*Avaliação dos Processos Erosivos nas Estruturas Urbanas Localizadas entre o Canal 6 e o Ferry-boat*”).

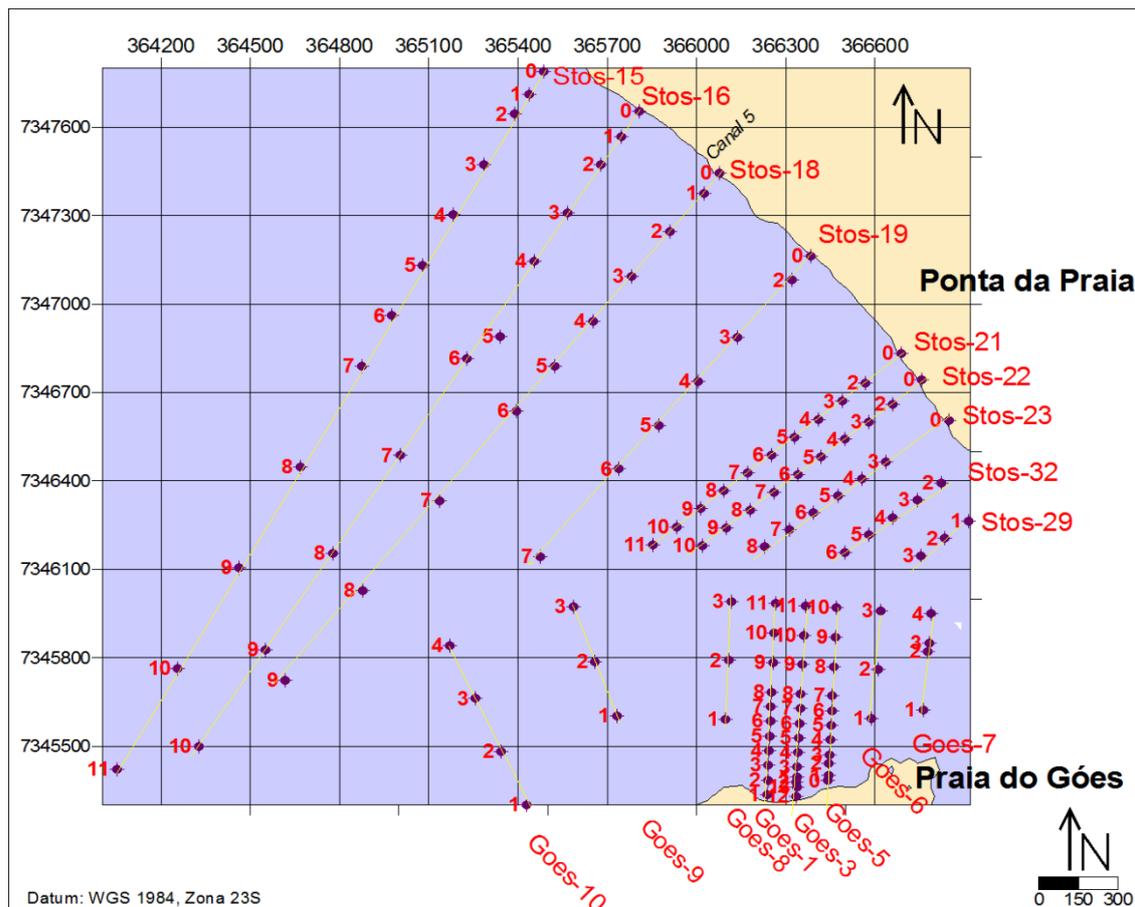


Figura 3.1-1. Malha amostral de sedimentos de superfície de fundo.

Assim, a malha amostral apresenta a seguinte distribuição:

- 4 transectos entre o Canal 4 e o Canal 6 (Transectos 15, 16, 18 e 19), totalizando 40 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 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 pontos equidistantes em 100 m;
- 3 transectos entre a Ponta dos Limões e a entrada NW da Enseada do Góes (Transectos 8, 9 e 10), totalizando 10 pontos de coleta equidistantes em 200 m;

- 2 transectos localizados entre a entrada NE da Enseada do Góes e a Fortaleza da Barra, de totalizando 7 pontos equidistantes em 200 m (Transecto 6) e em 100 m (Transecto 7);
- 3 transectos no interior da Enseada do Góes (Transectos 1, 3 e 5), totalizando 35 pontos equidistantes em 50 m (entre a linha de costa e a isóbata de 5-6 m) e em 100 m (a partir dessa profundidade até o centro do canal de navegação).

A identificação dos transectos segue a mesma numeração dos pontos de monitoramento do Programa de Monitoramento do Perfil Praial, realizados mensalmente nas praias (Transectos 1, 3, 5, 15, 16, 18, 19, 21, 22 e 23). Os Transectos 29 e 32 estão associados a pontos de monitoramento alocados na mureta da praia no âmbito do estudo “*Avaliação dos Processos Erosivos nas Estruturas Urbanas Localizadas entre o Canal 6 e o Ferry-boat*”. Os demais transectos foram numerados sequencialmente a partir dos transectos do Setor Góes.

Os trabalhos de coleta de sedimento de superfície de fundo foram realizados à bordo da embarcação Fortaleza I, do tipo catraia. As amostragens foram realizadas com auxílio de um pegador de fundo do tipo *Van Veen* (Figura 3.1-2), de um GPS para averiguar o posicionamento espacial de cada ponto previamente estabelecido, e de uma ecossonda de bordo para a obtenção da profundidade relativa nos pontos de coleta e controle do perfil batimétrico de fundo ao longo de cada transecto.



Figura 3.1-2. Coleta de sedimentos de superfície de fundo realizada a bordo de um barco do tipo catraia, com auxílio de um pegador de fundo do tipo Van Veen.

Nas profundidades inferiores a 2 m, onde, por questões de segurança a embarcação não podia navegar, os trabalhos foram realizados por meio de mergulho livre, orientados por balizamento a partir do perfil praiado emerso correspondente, cuja orientação é a mesma do transecto (Figura 3.1-3), e localização do ponto pré-estabelecido por meio de GPS.



Figura 3.1-3. Coleta de sedimento de superfície em profundidade de 1m (à esquerda), realizada com mergulho livre e balizamentos do perfil a partir da praia (à direita).

Os trabalhos ocorreram nos dias 19 e 20 de outubro de 2011, em fase de maré de quadratura e condições de tempo bom, e em concomitância com o monitoramento do perfil praiado mensal. As coletas foram realizadas entre as 8:30h e as 16:30h de cada dia. Não foram efetuadas as correções em relação aos

dados de maré real, dada a inoperância dos marégrafos locais, sendo considerado um erro médio nos valores de profundidade da ordem de $\pm 0,30$ m.

Os sedimentos foram mantidos sob refrigeração (caixa térmica com gelo) até a chegada aos laboratórios de análise granulométrica e química.

3.2. Análises Textural e Química dos Sedimentos

As amostras foram analisadas conforme descrito em Suguio (1973), e com eliminação prévia do carbonato biodetrítico.

As análises químicas compreenderam a obtenção dos teores de Carbonato de Cálcio (calcário biodetrítico) e Matéria Orgânica (Suguio, 1973).

A partir dos resultados das análises texturais foram obtidos os parâmetros estatísticos texturais de Folk & Ward (1957), diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose, por meio do *software* ANASED 1.0.

A representação da distribuição espacial desses componentes foi efetuada por meio do *software* Golden Software Surfer®, com auxílio do *software* ArcGis®, tendo como base cartográfica um mapa batimétrico obtido a partir de levantamentos recentes efetuados para a área de estudo (estudo “*Avaliação da Estabilidade do Talude do Canal de Navegação e Modelagem Morfodinâmica na Baía de Santos*”). As operações estatísticas necessárias à elaboração desses mapas são as mesmas para a representação dos mapas de transporte residual, detalhadas a seguir.

3.3. Transporte Residual de Sedimentos no Fundo

3.3.1. Revisão Bibliográfica

Em um ambiente de sedimentação, a distribuição granulométrica dependerá da forma como cada agente de transporte seleciona (erode), transporta e posteriormente deposita os grãos. Em ambientes sujeitos à ação de ondas e marés, como as praias e a plataforma continental interna, esses processos sedimentares envolvem muitas variáveis, entre elas as características da fonte de

sedimentos e do sítio deposicional, o padrão de ondas e das correntes geradas por elas, as correntes de maré, o clima e as intervenções antrópicas.

O uso de parâmetros texturais nas análises de transporte ou tendências de transporte de sedimentos (STA – *Sediment Trend Analysis*) vem sendo utilizado desde a década de 30. Os trabalhos pioneiros foram Petitjohn e Ridge (1938), Krumbein (1938) e Plumley (1948).

Na década de 1980 tornou-se clássico o trabalho de McLaren (1981), que utilizou o diâmetro médio, a assimetria e a curtose para tal análise, numa mistura de modelo empírico e conceitual (Poizot *et al.*, 2007).

Desde então, McLaren e Bowles (1985), Gao e Collins (1991, 1992, 1994a, 1994b) e Le Roux (1994a, 1994b) vem trabalhando e implementando mudanças em modelos clássicos baseados nesses três parâmetros, que têm sido amplamente utilizados na academia (Poizot *et al.*, 2007).

O modelo de McLaren (1981) passou a ser considerado como 1D (STA), o de Gao e Collins (1991) como 2D ponto-a-ponto, e o de Le Roux (1994a) como 2D. De maneira geral, os 3 modelos são baseados em 4 etapas de trabalho:

- Coleta de dados;
- Escolha do tipo de transporte envolvido;
- Definição dos vetores de transporte;
- Testes de significância

Tais modelos já foram testados em diversos ambientes, como rios, praias, portos, estuários, plataforma continental, mais ou menos complexas, e cânions submarinos (Poizot *et al.*, 2007).

Para os mecanismos sedimentares que envolvem fontes de sedimentos (erosão-transporte) e seus depósitos (transporte-deposição), quando são considerados os três parâmetros (diâmetro médio, desvio padrão e assimetria), podem ocorrer 4 tipos de processos na relação “fonte-depósito”, a saber:

- i. FM-: mais fino, melhor selecionado, assimetria mais negativa.
- ii. GM+: mais grosso, melhor selecionado, assimetria mais positiva.
- iii. FM+: mais fino, melhor selecionado, assimetria mais positiva.

iv. GM-: mais grosso, melhor selecionado, assimetria mais negativa.

McLaren (1981) considerou para a aplicação de seu modelo apenas as situações i e ii. Para tanto, ressalta que o depósito deva ser proveniente da mesma área-fonte, que a probabilidade dos grãos mais finos (portanto, mais leves) serem transportados é maior do que a de grãos mais grossos, e a probabilidade dos grãos mais grossos serem depositados em transporte é maior do que a de sedimentos mais finos.

Tanto o caso i quanto ii indicam diminuição de energia no sentido de transporte, sendo o primeiro caso baixa transferência de energia e o segundo, alta transferência. Dependendo da granulometria, o caso i pode indicar aumento de energia, dado a maior coesão entre partículas sedimentares finas (McLaren, 1981).

Gao e Collins (1991), no modelo 2D-ponto-a-ponto introduziram o conceito de D_{cr} , ou “distância característica”, representando a escala de amostragem, para a qual o vetor de tendência será definido. Gao e Collins (1992) consideraram os 3 parâmetros granulométricos e chegaram então às tendências i, ii e iii. Em Gao (1996) o autor publicou um programa em linguagem Fortran para análise sedimentar, chamado GSTA (Grain-Size Trend Analysis), cujo input consiste no D_{cr} , número de amostras, razão X/Y (nos eixos cartesianos), além dos três parâmetros texturais.

Asselman (1999) e Poizot *et al.* (2006) aplicaram métodos geoestatísticos para interpolação dos parâmetros texturais para a construção de uma malha regular de amostragem a ser aplicada com o GSTA e cuja metodologia será explicitada mais adiante.

Outra modificação do modelo de transporte foi proposta por Chang *et al.* (2001), que aplicaram o teste de significância no modelo de Gao e Collins (1992) (GSTA), denominado o novo modelo de GSTAST (*Grain-Size Trend Analysis with Significance Test*), em que aplicaram um teste de significância para os vetores.

Por fim, Le Roux (1994a, b) criticou o uso do D_{cr} e aplicou os parâmetros texturais para uma estação central com 4 estações vizinhas. Lançou então um

modelo em plataforma VBA com os mesmos inputs do GSTA, denominando-o de TRANSVEC.

No Brasil, algumas aplicações de modelos STA foram feitas por Veiga *et al.* (2005a,b) e Lamour (2007) no estuário de Paranaguá (PR), Dadalto e Albino (2009) na Praia da Curva da Jurema, em Vitória (ES).

Rocha (2003) aplicou o GSTA para uma malha de amostragem contendo 67 amostras, distribuídas entre a Baía de Santos. Entretanto, levando em consideração a escala do trabalho e a malha de amostragem, seus resultados não podem ser comparados com os obtidos no presente estudo.

Para a plotagem dos resultados foram utilizados dois métodos distintos de interpolação: Triangulação com Interpolação Linear e Krigagem.

O método de Triangulação usa os triângulos de Delaunay (uma malha de triângulos inscritos no polígono) a partir de linhas desenhadas entre os pontos (Lee e Schachter, 1980). É chamado de interpolador exato, por ser um método linear, interpolando apenas a área dentro do polígono.

Por sua vez, a Krigagem é considerada um método geoestatístico muito eficiente, sendo amplamente utilizado pela comunidade científica para malhas de dados irregularmente espaçados, posto que considera tendências espaciais nos dados amostrados. É bastante flexível, sendo que seus parâmetros podem ser modificados pelo usuário (Yang *et al.*, 2004; Asselman, 2009).

Para o método de Krigagem foram aplicadas análises estatísticas de variância, levando em consideração o efeito de anisotropia, ou seja, a variação espacial dos dados numa determinada direção. Um conjunto de dados pode ter os mesmos parâmetros estatísticos texturais, porém sua distribuição ser de certa maneira, tendenciosa espacialmente. Foram construídos e analisados variogramas em diferentes ângulos e tolerâncias para todos os parâmetros, para a análise da isotropia (variação espacial uniforme em todas as direções) ou anisotropia (variação espacial dependente da angulação), ou seja, da continuidade ou irregularidade espacial dos dados brutos. No caso de existir anisotropia, esta foi considerada durante a Krigagem.

Também foram levadas em consideração as assimetrias da malha amostral. A Figura 3.3.1-1 indica o histograma de frequências das distâncias para o vizinho mais próximo.

Hill e McLaren (2001) concluíram que não há diferença na análise estatística dos dados, podendo ser calculados geometricamente, aritmeticamente ou em escala logarítmica.

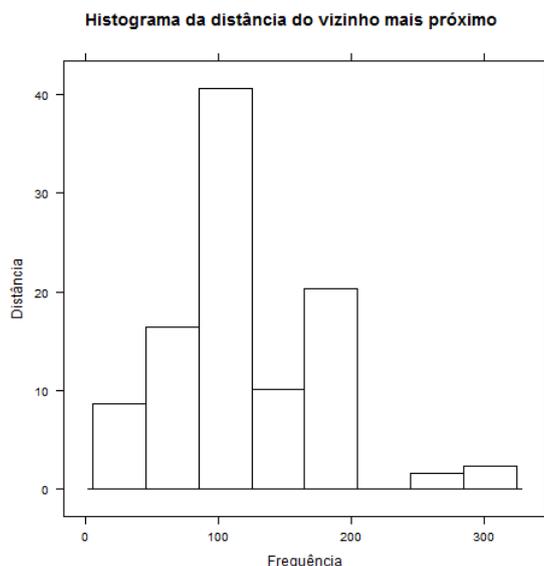


Figura 3.3.1-1. Histograma de distâncias do vizinho mais próximo.

Esses procedimentos foram os mesmos aplicados para os mapas batimétrico, de distribuição dos parâmetros texturais e químicos e de apresentação do transporte de fundo.

Após essa etapa, os dados foram plotados utilizando o *software* Golden Software Surfer® com auxílio do *software* ArcGis®.

3.3.2. Modelos de Tendência de Transporte Sedimentar (Modelos STA)

No presente estudo foram testados os métodos de: GSTA (Gao e Collins, 1991, 1992; Gao, 1996), a modificação do GSTA implementada por Asselman (1999) e Poizot *et al.* (2006), GSTAST (Chang *et al.*, 2001) e TRANSVEC (Le

Roux, 1994a, 1994b). Alguns desses autores foram consultados para o esclarecimento de dúvidas metodológicas e procedimentos analíticos.

Neste estudo, foram realizados diversos testes empíricos e ajustes para a seleção dos modelos mais aplicáveis. Estes foram então comparados com os modelos desenvolvidos no âmbito do estudo “*Avaliação da Estabilidade do Talude do Canal de Navegação e Modelagem Morfodinâmica na Baía de Santos*”.

O primeiro modelo testado foi o GSTA (Gao, 1996), usando distintas distâncias características (D_{cr}). O melhor resultado foi atingido separando-se as áreas da Praia do Góes, do Canal e da Ponta da Praia, não sendo consideradas todas simultaneamente.

O GSTAST é o mesmo modelo do GSTA, diferenciando-se pela aplicação de um teste de significância. O número de estações empíricas aplicadas foi o máximo possível, 10.000, e o intervalo de confiança, 95%, correspondente a um *t-Student* de 1,695, como recomendado por Veiga *et al.* (2005). Juntamente com o GSTA foi aplicada também a metodologia proposta por Poizot *et al.* (2006), que consiste em análises geoestatísticas, segundo os seguintes passos:

- a) Construção de um mapa de variograma para observar-se a anisotropia;
- b) Construção do variograma na direção em que a anisotropia for observada;
- c) Observação do variograma para a determinação da D_g – distância geoestatística, ao invés da D_{cr} - distância característica. Essa distância é observada quando se atinge um patamar (*sill*) no variograma de diâmetro médio, construído no passo 2;
- d) Interpolação dos dados para toda a área levando em conta a anisotropia;
- e) Extração dos dados de média, assimetria e desvio padrão em uma malha regular com espaçamento igual ao D_g ;
- f) Uso do GSTA sem filtragem dos dados para o STA.

O método de Poizot *et al.* (*op. cit.*) é uma adaptação da metodologia proposta por Asselman (1999), que usa de interpolação dos 3 parâmetros texturais para obtenção de uma melhor e mais regular malha amostral. O autor ressalta as vantagens do método, que consiste em maior objetividade, a visualização em 2D, e a menor sensibilidade às possíveis irregularidades causadas por erros

amostrais. O método deve ser usado apenas quando existe uma correlação espacial entre os dados, o que pode ser analisado através de variogramas (ou semi-variogramas).

Por fim, o modelo TRANSVEC (Le Roux, 1994) foi aplicado observando as 4 tendências, e posteriormente integrando-as, a partir da observação dos vetores de maior significância.

Em todos os modelos, os dados de entrada foram os 3 parâmetros estatísticos: diâmetro médio, desvio padrão e assimetria.

4. Resultados e Discussão

4.1. Caracterização Textural e Química Geral da Área

O Mapa Batimétrico (Figura 4.1-1) foi interpolado com o método de Triangulação, já que não houve um sentido claro de anisotropia (a praia está alinhada aproximadamente 135° e o canal a 0° , o que pode confundir os dados de anisotropia).

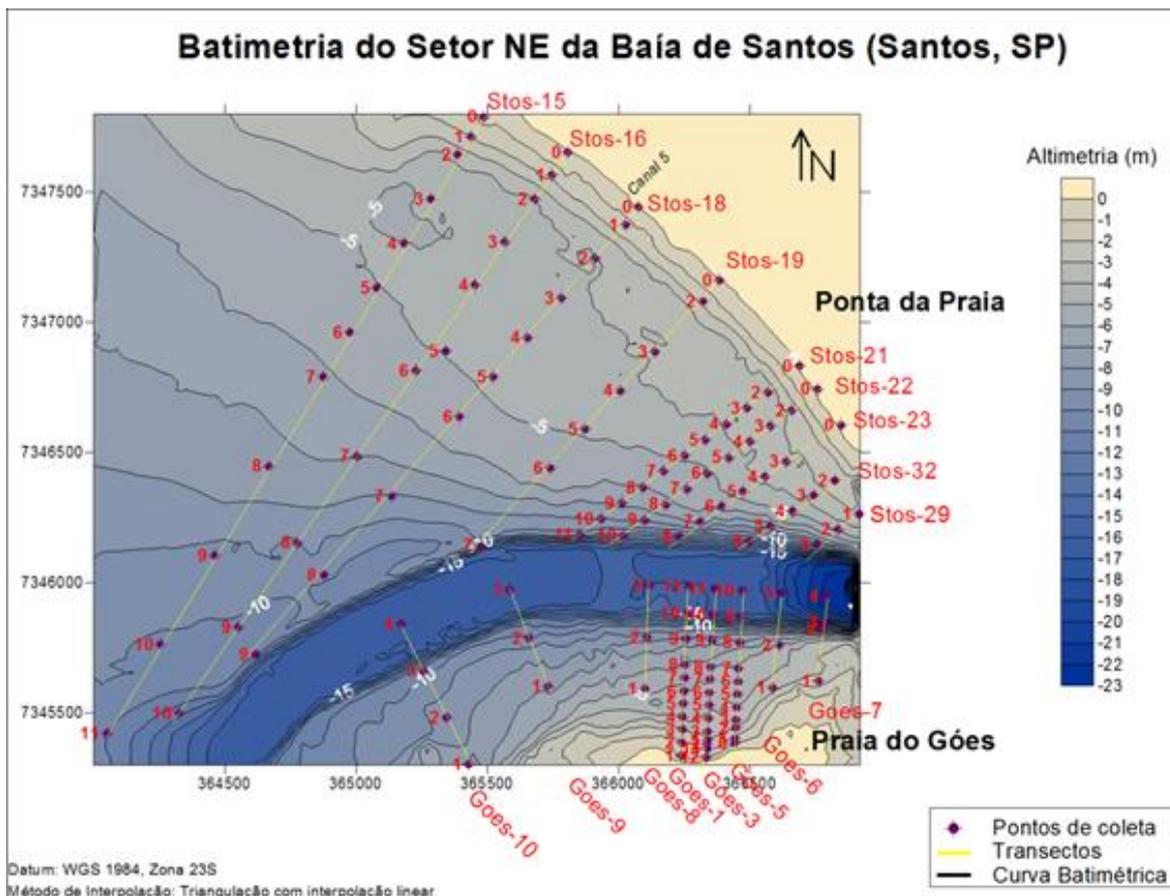


Figura 4.1-1. Mapa Batimétrico da área de estudo e localização dos transectos e pontos amostrais.

Os mapas de distribuição dos parâmetros texturais apresentados aqui foram elaborados com o método de interpolação da Krigagem. Por isso, algumas amostras foram “re-interpretadas” em função das suas vizinhas mais próximas, como, por exemplo, os siltes médios presentes nos pontos Stos 16-8, Góes 1-7 e Góes 3-11.

As Tabelas 4.1-1 e 4.1-2 mostram os resultados das análises granulométricas e químicas obtidos para as amostras coletadas.

No Mapa de Distribuição do Diâmetro Médio (Figura 4.1-2) nota-se, como esperado, uma granodecrescência da linha de costa em direção às maiores profundidades: no setor Ponta da Praia as areias muito finas são relativamente mais grossas junto à linha de costa, depois vão afinando até se tornarem siltes grossos, os quais também afinam no rumo e dentro do canal de navegação; no

setor Praia do Góes ocorrem as mesmas tendências, porém partindo de areias finas em alguns setores próximos à linha de costa.

No setor Ponta da Praia observa-se a presença de um campo com areias muito finas e com tendências mais finas na linha de costa em frente ao Canal 5. Esse campo pode significar uma contribuição local do canal (menos provável), ou mesmo uma zona de convergência de células de deriva litorânea. Neste caso, de acordo com resultados do monitoramento praiado realizado nas Praias de Santos entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011, em cerca de 61% dos meses essa área se comportou como zona de convergência de células de deriva litorânea, portanto seria esperado tal comportamento granulométrico.

Em relação à Enseada do Góes, o fato das areias serem muito finas e com tendências mais finas, implica em pouca influência atual das rochas do embasamento na contribuição sedimentar (seriam esperadas areias mais grossas e cascalhos), baixa energia de ondas e sedimentação atual muito mais controlada pela herança geológica (sedimentos relictos retrabalhados) do que pelo transporte atual de sedimentos alóctones para o interior da Enseada, como as areias relativamente mais grossas (areias finas e muito finas com tendências mais grossas) existentes nas áreas a oeste (transectos Góes 8/Góes 9/Góes 10 - Ponta dos Limões) e a leste da Enseada (transecto Góes-7 – Fortaleza da Barra). Aliás, essas características demonstram que os processos de sedimentação das duas áreas adjacentes à Enseada do Góes são controlados por forças diferentes da enseada, como a atuação de maior energia de ondas, por exemplo. Ambas as áreas também demonstram pouca influência atual do embasamento circunjacente.

Tabela 4.1-1. Parâmetros granulométricos e químicos (matéria orgânica e carbonato biodetrítico) das amostras do Setor Ponta da Praia.

Dados Texturais e Químicos - Amostras de Superfície de Fundo - SETOR PONTA DA PRAIA											
Data da Amostragem	Amostra	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Diâmetro Médio (phi)	Desvio Padrão	Curto-se	Assimetria	Matéria Orgânica (%)	CaCO3 (%)	Descrição Textural
19/10/2011	Stos 15-0	365486.86	7347789.90	1.00	3.33	0.27	1.08	0.24	0	3.1	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos 15-1	365349.00	7347713.00	2.00	3.36	0.28	1.06	0.25	0	5.73	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos-15-2	365387.90	7347644.19	3.00	3.47	0.23	1.00	-0.02	1.94	7.52	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, simétrica
	Stos-15-3	365285.11	7347473.23	3.90	3.60	0.31	1.12	-0.03	2.07	4.14	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Stos-15-4	365182.31	7347302.28	4.40	3.58	0.32	1.10	-0.01	2.03	3.19	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, simétrica
	Stos-15-5	365079.52	7347131.32	4.90	4.30	1.22	1.19	0.52	19.97	6.69	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Stos-15-6	364976.72	7346960.37	5.40	4.32	1.41	1.19	0.57	10.45	7.19	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Stos-15-7	364873.96	7346789.41	6.00	3.54	0.47	1.18	0.07	5.21	5.82	Areia muito fina, bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Stos-15-8	364668.32	7346447.45	7.40	4.35	2.09	1.10	0.23	19.92	7.97	Silte grosso, muito pobremente selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos-15-9	364462.73	7346105.54	8.20	4.24	1.36	1.17	0.35	11.71	7.53	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Stos-15-10	364257.14	7345763.61	8.80	4.16	0.58	0.98	0.38	1.56	5.3	Silte grosso, moderadamente selecionada, mesocúrtica, positiva
Stos-15-11	364051.54	7345421.70	9.80	4.12	1.08	1.24	0.57	5.96	7.93	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva	
19/10/2011	Stos 16-0	365806.89	7347654.64	1.00	3.33	0.28	1.09	0.23	0	3.56	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos 16-1	365647.00	7347567.00	2.00	3.33	0.27	1.08	0.24	0	3.72	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos 16-2	365679.36	7347474.34	3.00	3.46	0.25	1.02	0.07	1.68	6.07	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, simétrica
	Stos 16-3	365566.66	7347309.68	3.70	3.54	0.29	1.02	0.00	1.71	3.17	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, simétrica
	Stos 16-4	365453.97	7347145.03	4.00	3.51	0.35	1.07	0.17	1.9	4.46	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos 16-5	365341.26	7346890.36	5.00	3.79	1.04	3.03	0.67	3.49	4.82	Areia muito fina, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Stos 16-6	365228.55	7346815.71	5.20	3.93	1.89	1.52	0.32	14.21	21.74	Areia muito fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, positiva
	Stos 16-7	365003.18	7346486.39	6.70	4.56	1.63	1.04	0.59	11.89	17.03	Silte grosso, pobremente selecionada, mesocúrtica, muito positiva
	Stos 16-8	364777.77	7346154.06	8.20	5.35	1.68	0.95	0.25	15.68	8.22	Silte médio, pobremente selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos 16-10	364326.93	7345498.44	9.80	3.77	0.94	3.84	0.57	2.72	6.07	Areia muito fina, moderadamente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Stos 16-9	364552.34	7345827.78	9.90	4.31	1.53	1.74	0.63	1.35	16.76	Silte grosso, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
19/10/2011	Stos 18-0	365067.25	7347443.37	1.00	3.83	0.34	1.65	0.30	0	3.97	Areia muito fina, muito bem selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Stos 18-1	365927.00	7347376.00	2.00	3.33	0.26	1.09	0.23	0	3.59	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos-18-2	365910.45	7347246.30	3.00	3.47	0.28	1.06	0.18	1.37	8.11	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos-18-3	365781.31	7347094.10	3.50	3.50	0.26	1.01	0.10	1.3	14.37	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos-18-4	365652.20	7346941.88	4.10	3.95	1.03	2.44	0.71	5.22	4.04	Areia muito fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Stos-18-5	365523.11	7346789.65	4.60	4.31	1.50	1.35	0.64	7.57	7.02	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Stos-18-6	365393.92	7346637.41	5.30	4.33	1.48	1.05	0.42	11.82	12.73	Silte grosso, pobremente selecionada, mesocúrtica, muito positiva
	Stos-18-7	365135.65	7346332.91	7.50	4.76	1.65	0.98	0.29	11.17	9.83	Silte grosso, pobremente selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos-18-8	364877.44	7346028.50	8.70	4.20	1.26	1.43	0.59	7.41	7.72	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Stos-18-9	364618.54	7345723.30	10.00	4.24	1.32	1.31	0.55	8.11	8.85	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
19/10/2011	Stos 19-0	366383.99	7347163.18	1.00	3.23	0.28	1.37	-0.05	0	5.47	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Stos 19-2	366288.00	7347081.00	2.00	3.34	0.27	1.09	0.24	0	3.51	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos-19-3	366137.95	7346887.23	3.10	3.40	0.26	1.08	0.09	1.56	16.98	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, simétrica
	Stos-19-4	366005.03	7346738.20	3.40	3.36	0.23	1.27	0.15	2.93	4	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, positiva
	Stos-19-5	365872.12	7346589.19	4.20	3.29	0.23	1.30	0.04	2.65	5.39	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Stos-19-6	365739.18	7346440.18	5.40	3.92	1.24	2.78	0.73	6.61	5.32	Areia muito fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Stos 19-7	365473.35	7346142.14	9.40	4.39	1.69	1.07	0.28	3.35	19.15	Silte grosso, pobremente selecionada, mesocúrtica, positiva
19/10/2011	Stos 21-0	366687.73	7346831.38	1.00	3.26	0.30	1.46	-0.03	0	6.69	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Stos 21-2	366568.29	7346730.93	2.00	3.36	0.29	1.06	0.25	0	3.53	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, positiva
	Stos 21-3	366488.95	7346670.12	2.60	3.30	0.30	1.35	0.09	0	4.9	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Stos-21-4	366409.62	7346609.27	3.10	3.33	0.22	1.16	0.09	2.96	2.41	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Stos-21-5	366330.21	7346548.51	3.50	3.29	0.24	1.32	0.06	3.45	2.55	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Stos-21-6	366250.86	7346487.70	4.00	3.51	1.10	4.99	0.64	5.06	3.81	Areia muito fina, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Stos-21-7	366171.50	7346426.91	4.50	4.04	1.39	1.30	0.73	9.3	5.15	Silte grosso/Areia muito fina, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Stos-21-8	366092.16	7346366.12	5.30	3.89	1.42	2.82	0.74	6.07	5.63	Areia muito fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Stos-21-9	366012.81	7346305.33	5.80	3.89	1.39	2.55	0.73	7.27	5.51	Areia muito fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Stos-21-10	365933.48	7346244.53	7.10	4.84	1.69	1.18	0.29	17.45	8.51	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, positiva
	Stos-21-11	365854.12	7346183.75	8.70	4.93	1.73	0.91	0.28	20.29	7.05	Silte grosso, pobremente selecionada, mesocúrtica, positiva
19/10/2011	Stos 22-0	366757.49	7346744.40	1.00	3.26	0.30	1.53	-0.04	0	9.75	Areia muito fina, muito bem selecionada, muito leptocúrtica, simétrica
	Stos 22-2	366659.52	7346661.02	1.70	3.34	0.30	1.17	0.18	0	3.99	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, positiva
	Stos 22-3	366579.26	7346600.76	2.30	3.31	0.29	1.28	0.12	0	4.29	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, positiva
	Stos-22-4	366499.34	7346540.74	2.90	3.45	0.36	1.55	0.41	3.88	3.18	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Stos-22-5	366419.31	7346480.67	3.40	3.26	0.24	1.30	0.04	1.39	2.94	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Stos-22-6	366339.42	7346420.66	4.10	3.46	0.48	1.34	0.34	3.86	8.6	Areia muito fina, bem selecionada, leptocúrtica, positiva
	Stos-22-7	366259.49	7346360.68	4.60	3.42	1.09	5.58	0.58	4.27	7.35	Areia muito fina, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Stos-22-8	366179.59	7346300.67	5.30	3.93	1.30	2.59	0.72	4.44	8.66	Areia muito fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Stos-22-9	366099.71	7346240.67	6.70	3.94	1.31	1.58	0.68	5.84	15.1	Areia muito fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Stos-22-10	366019.81	7346180.70	9.40	4.77	1.84	1.26	0.16	12.2	11.48	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, positiva
	20/10/2011	Stos 23-0	366847.42	7346605.87	1.00	3.26	0.27	1.35	0.01	0	4.93
Stos 23-3		366637.49	7346465.63	2.30	3.10	0.45	1.59	-0.33	0	8.84	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica, muito negativa
Stos-23-4		366555.87	7346407.89	2.80	3.32	0.36	1.76	0.21	2.85	14.13	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica, positiva
Stos-23-5		366474.29	7346350.13	4.60	3.40	0.47	1.87	0.27	4.51	15.5	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica, positiva
Stos-23-6		366392.69	7346292.36	4.60	3.42	0.44	1.69	0.32	3.24	17.07	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica, positiva
Stos-23-7		366311.21	7346234.73	6.00	3.43	0.52	1.45	0.30	3.9	26.73	Areia muito fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica, positiva
Stos-23-8		366229.59	7346177.00	9.30	4.73	1.77	1.12	0.23	8.91	12.55	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, positiva
20/10/2011		Stos 29-1	366915.58	7346263.94	2.00	3.10	0.40	1.22	-0.23	0	11.67
	Stos-29-2	366834.81	7346204.78	3.40	3.41	0.36	1.41	0.23	4.29	7.21	Areia muito fina, bem selecionada, leptocúrtica, positiva
	Stos-29-3	366754.12	7346145.63	8.00	3.65	1.12	3.10	0.69	5.26	4.41	Areia muito fina, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
20/10/2011	Stos 32-2	366822.21	7346393.06	1.40	3.16	0.35	1.29	-0.11	0	12.19	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, negativa
	Stos 32-3	366741.27	7346334.36	2.60	3.41	1.05	4.46	0.53	2.35	8.9	Areia muito fina, moderadamente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Stos-32-4	366660.28	7346275.76	3.50	3.41	0.41	1.78	0.32	3.6	16.51	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Stos-32-5	366579.16	7346217.05	6.10	3.28	0.38	1.61	0.11	4.51	13.24	Areia muito fina, bem selecionada, muito leptocúrtica, positiva
	Stos-32-6	366498.19	7346158.37	10.00	4.40	1.64	1.18	0.46	9.19	9.51	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva

Tabela 4.1-2. Parâmetros granulométricos e químicos (matéria orgânica e carbonato biodetrítico) das amostras do Setor Góes.

Dados Texturais e Químicos - Amostras de Superfície de Fundo - SETOR GÓES											
Data da Amostragem	Amostra	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Diâmetro Médio (phi)	Desvio Padrão	Curtose	Assimetria	Matéria Orgânica (%)	CaCO3 (%)	Descrição Textural
20/10/2011	Goes 1-1	366360.49	7345378.44	0.50	3.44	0.45	1.07	-0.22	0	6.82	Areia muito fina, bem selecionada, mesocúrtica, negativa
	Goes 1-2	366239.20	7345385.36	1.00	2.77	1.29	1.56	-0.41	14.33	4.49	Areia fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, mto negativa
	Goes 1-3	366241.48	7345435.20	2.00	4.22	1.70	3.35	0.72	12.04	2.67	Silte grosso, pobremente selecionado, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Goes 1-4	366243.69	7345484.99	3.40	3.86	1.31	3.40	0.69	4.02	7.23	Areia muito fina, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Goes 1-5	366245.94	7345534.85	3.60	3.27	0.66	2.87	0.36	2.85	22.37	Areia muito fina, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Goes 1-6	366248.15	7345584.19	3.90	3.93	1.27	2.09	0.53	8.16	8.47	Areia muito fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Goes 1-7	366250.39	7345634.35	4.40	5.10	1.85	1.27	0.14	20.19	6.07	Silte médio, pobremente selecionado, leptocúrtica, positiva
	Goes 1-8	366252.61	7345684.22	4.90	4.26	1.61	1.02	0.66	7.14	16.99	Silte grosso, pobremente selecionado, muito leptocúrtica, muito positiva
	Goes 1-9	366257.07	7345783.84	6.60	5.20	1.79	1.20	0.16	13.1	7.3	Silte médio, pobremente selecionada, leptocúrtica, positiva
	Goes 1-10	366261.55	7345883.35	14.00	4.99	1.64	0.99	0.22	12.47	6.37	Silte grosso, pobremente selecionado, mesocúrtica, positiva
	Goes 1-11	366266.06	7345983.62	15.00	4.07	1.03	1.92	0.60	6.97	5.47	Silte grosso, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
20/10/2011	Goes 3-12	366344.46	7345366.02	0.50	3.18	0.33	1.47	-0.17	0	0.04	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, negativa
	Goes 3-13	366260.00	7345537.71	1.00	2.75	1.22	1.43	-0.62	0	0.09	Areia fina, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito negativa
	Goes 3-2	366336.46	7345378.85	1.70	4.05	1.40	3.41	0.64	5.31	6.69	Silte grosso, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Goes 3-1	366334.07	7345329.07	2.00	4.38	1.90	3.24	0.68	11.38	14.12	Silte grosso, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Goes 3-3	366338.82	7345428.62	2.20	4.34	1.80	3.35	0.76	8.3	13.12	Silte grosso, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Goes 3-4	366341.23	7345478.34	3.10	3.45	0.89	3.21	0.42	3.27	14.94	Areia muito fina, moderadamente selecionada, extrem. leptocúrtica, simétrica
	Goes 3-5	366343.64	7345528.13	3.20	3.84	0.95	1.58	0.48	6.18	4.11	Areia muito fina, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica, muito positiva
	Goes 3-6	366346.04	7345577.82	3.60	3.34	0.30	1.24	-0.01	0.8	8.54	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Goes 3-7	366348.40	7345627.57	4.10	4.14	1.39	1.11	0.67	6.17	8.53	Silte grosso, pobremente selecionada, meso-leptocúrtica, muito positiva
	Goes 3-8	366350.80	7345677.29	4.30	4.21	1.52	1.19	0.62	5.25	7.04	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Goes 3-9	366355.61	7345776.77	6.20	4.39	1.58	1.39	0.56	13.09	2.75	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
Goes 3-10	366360.38	7345876.18	15.00	4.90	1.91	1.05	0.16	11.88	9.44	Silte grosso, pobremente selecionada, mesocúrtica, positiva	
Goes 3-11	366365.18	7345976.27	15.00	5.05	1.82	1.31	0.17	12.25	9.22	Silte médio, pobremente selecionada, leptocúrtica, positiva	
20/10/2011	Goes 5-0	366427.52	7345382.79	0.50	3.18	0.32	1.38	-0.15	0	3.88	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, negativa
	Goes 5-1	366419.95	7345400.63	1.00	3.27	0.30	1.38	0.01	0	3.11	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Goes 5-2	366365.00	7345379.00	2.00	4.09	1.47	3.44	0.68	0	7.92	Silte grosso, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Goes 5-3	366447.33	7345471.45	2.40	3.34	0.36	1.37	0.06	0	16.19	Areia muito fina, bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Goes 5-4	366449.60	7345521.19	3.00	3.37	0.29	1.17	0.08	2.08	4.52	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Goes 5-5	366451.86	7345570.21	3.30	3.37	0.25	1.07	0.03	1.25	1.94	Areia muito fina, muito bem selecionada, mesocúrtica, simétrica
	Goes 5-6	366454.18	7345620.68	3.50	4.42	1.56	1.19	0.46	5.86	8.88	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Goes 5-7	366456.47	7345670.41	3.80	3.98	1.16	1.48	0.65	8.72	4.27	Areia muito fina/silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Goes 5-8	366461.03	7345769.89	5.60	4.34	2.18	1.29	0.15	13.98	7.85	Silte grosso, muito pobremente selecionada, leptocúrtica, positiva
	Goes 5-9	366465.63	7345869.30	14.00	4.53	1.92	1.13	0.39	10.51	9.74	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Goes 5-10	366470.19	7345969.39	16.00	4.00	1.34	3.00	0.58	7.27	5.06	Silte grosso-Areia muito fina, pobremente selecionada, lepto-muito leptocúrtica, muito positiva
20/10/2011	Goes 6-1	366588.00	7345595.00	2.30	3.28	0.32	1.49	0.00	0	10.22	Areia muito fina, muito bem selecionada, leptocúrtica, simétrica
	Goes 6-2	366609.60	7345760.13	3.60	4.29	1.66	1.46	0.50	12.43	4.89	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
	Goes 6-3	366618.75	7345959.63	16.00	4.18	1.25	1.48	0.55	7.89	6.17	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, muito positiva
20/10/2011	Goes 7-1	366761.00	7345623.00	2.00	3.43	1.04	5.01	0.59	11.35	2.88	Areia muito fina, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Goes 7-3	366782.61	7345849.52	2.40	3.40	1.11	4.39	0.52	7.33	5.68	Areia muito fina, pobremente selecionada, extrem. leptocúrtica, muito positiva
	Goes 7-2	366711.00	7345822.00	6.00	4.56	1.79	1.10	0.37	11.67	7.59	Silte grosso, pobremente selecionada, mesocúrtica, muito positiva
	Goes 7-4	366787.17	7345949.00	21.00	4.36	1.86	1.31	0.30	11.93	8.09	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, positiva
20/10/2011	Goes 8-1	366098.27	7345592.00	4.40	3.90	1.95	1.64	0.24	8.45	11.57	Areia muito fina, pobremente selecionada, muito leptocúrtica, positiva
	Goes 8-2	366107.14	7345791.03	7.00	4.50	1.96	1.14	0.15	5.72	12.55	Silte grosso, pobremente selecionada, leptocúrtica, positiva
	Goes 8-3	366115.94	7345989.97	15.00	4.84	2.27	1.50	-0.02	4	17.77	Silte grosso, muito pobremente selecionada, leptocúrtica, simétrica
20/10/2011	Goes 9-1	365731.74	7345601.70	6.20	3.05	0.92	2.32	-0.32	4.7	22.91	Areia muito fina/Areia fina, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica, muito negativa
	Goes 9-2	365658.75	7345787.24	9.30	3.02	0.62	1.50	-0.12	4.28	10.13	Areia muito fina/Areia fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica, negativa
	Goes 9-3	365585.83	7345972.75	16.00	4.54	1.62	1.05	0.65	10.25	7.64	Silte grosso, pobremente selecionada, mesocúrtica, muito positiva
20/10/2011	Goes 10-1	365429.94	7345301.91	7.00	3.05	0.85	1.95	-0.37	1.09	32.51	Areia muito fina, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica, muito negativa
	Goes 10-2	365343.89	7345481.73	7.70	3.26	0.74	1.63	-0.16	3.53	14.26	Areia muito fina, moderadamente selecionada, muito leptocúrtica, negativa
	Goes 10-3	365257.92	7345661.56	9.50	3.13	2.24	2.56	-0.09	0.8	22.26	Areia muito fina, muito pobremente selecionada, muito leptocúrtica, simétrica
	Goes 10-4	365171.63	7345841.41	15.00	4.10	2.05	1.42	0.29	5.35	24.1	Silte grosso, muito pobremente selecionada, leptocúrtica, positiva

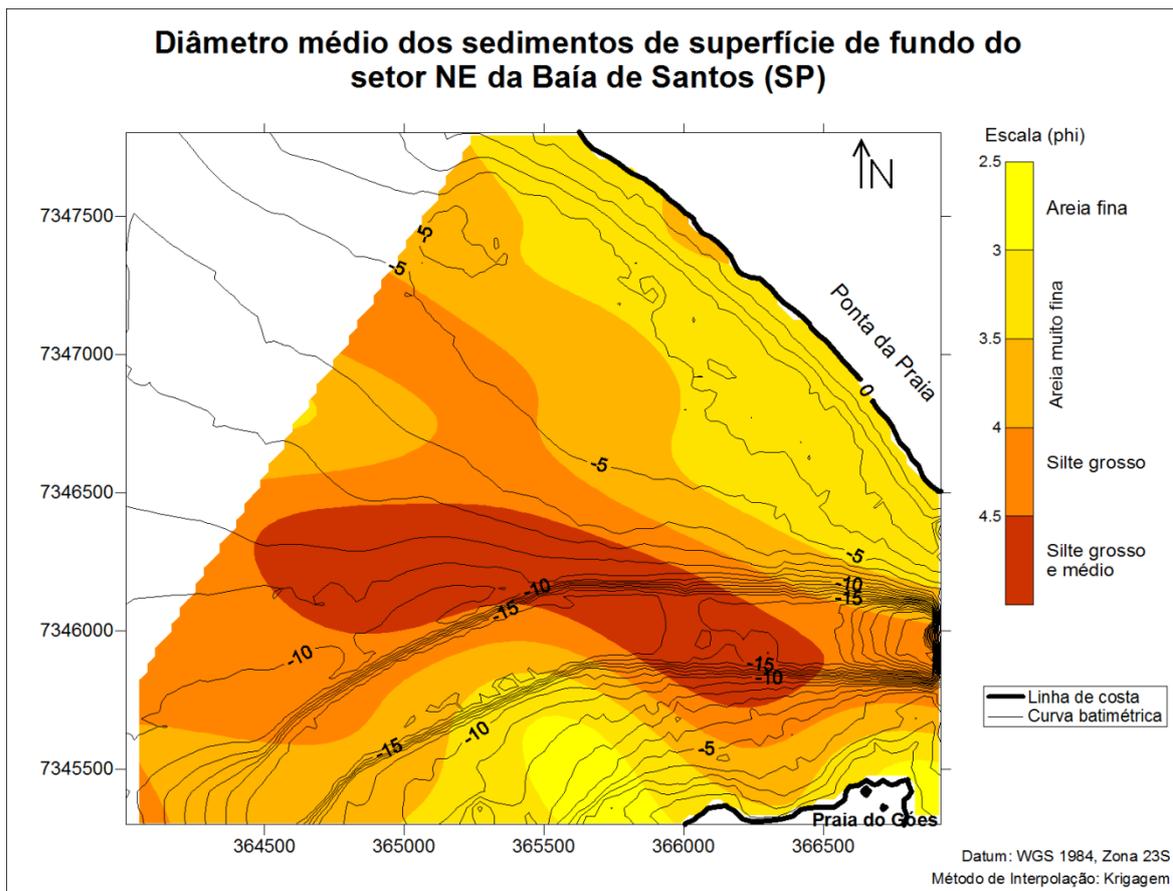


Figura 4.1-2. Mapa de Distribuição do Diâmetro Médio.

No dia em que foram feitas as coletas na área, os sedimentos do prisma praiado emerso da Praia do Góes apresentavam-se predominantemente como areias finas moderadamente selecionadas (Tabela 4.1-3), assim como nos meses anteriores. A presença dessas areias mais grossas no perfil emerso, ausentes no perfil praiado submerso da praia (Enseada e porção contígua mais profunda) revelam que elas foram trazidas de áreas externas à Enseada (provavelmente da área externa a oeste - Ponta dos Limões), ou seja, são alóctones. O único mecanismo possível para esse tipo de transporte seria em eventos de alta energia de ondas, como as ressacas. Este seria, então, um dos processos prévios (gatilhos) para o desencadeamento do mecanismo da rotação praiado postulado por Souza (2011) para essa praia. Note-se bem que no início dos monitoramentos, em 2010, os sedimentos da praia eram grossos (predominantemente areias grossas em janeiro e fevereiro), e foram se tornando cada vez mais finos (predominantemente areias finas em março, médias em abril e finas a partir de

junho até o final de 2011) na medida em que as ressacas consecutivas se sucediam e invertiam a deriva litorânea resultante para leste.

Diversos trabalhos sobre rotação praial concluem que os fenômenos climatológicos, meteorológicos, oceanográficos e morfodinâmicos que regem a ocorrência de rotação praial são multi-fatoriais e muito complexos.

Ojeda *et al.* (2010) observaram que a rotação praial em praias do sul da Espanha ocorre quando da chegada de ondas oblíquas à linha de costa. Entretanto, concluíram também que a resposta de uma praia embaiada a eventos de tempestade depende não somente das características das ondas, mas muito mais da configuração morfodinâmica (disponibilidade de sedimentos, morfologia de barras submersas e orientação da linha de costa) antecedente dessa praia, sendo que uma mesma tempestade pode causar processos diferentes em praias embaiadas vizinhas.

Ranasinghe *et al.* (2004) idealizaram um modelo para praias da costa E-SE da Austrália baseado na combinação de processos hidrodinâmicos e transportes de sedimentos costa-adentro e longitudinal (deriva litorânea), como resultado da atuação de rotação praial no sentido horário e anti-horário durante fases de *El Niño* e *La Niña*, respectivamente. Short e Trembanis (2004) e Short *et al.* (2000) também já haviam verificado a influência do ENSO ou SOI (*Southern Oscillation Index*) em praias australianas.

Thomas *et al.* (2011) concluíram que o fenômeno de rotação praial em praias a SW da Inglaterra está associado aos regimes de ondas e ventos relacionados com variações climáticas impostas pela Oscilação do Atlântico Norte.

No Brasil, Klein *et al.* (2008) monitoraram durante 2 anos várias praias embaiadas de Santa Catarina e concluíram que a rotação praial ocorreu em curto período de tempo na Praia de Taquaras/Taquarinhas (reflexiva, sem barras submersas e correntes de retorno), havendo uma zona pivotante de troca de sedimentos na parte central da praia. As variações entre períodos de acreção e erosão nas duas extremidades da praia se deram fora de fase, motivo pelo qual o

fenômeno de rotação praias foi definido. O evento foi relacionado a inversões na direção de incidência de ondas.

Em São Paulo, Martins (2006) registrou a ocorrência de rotação praias na Praia da Sununga (Ubatuba), relacionando o fenômeno de curtíssimo período (diário) a ressacas causadas por ciclones extra-tropicais, que produziram grande variação na direção de incidência de ondas na linha de costa.

Tabela 4.1-3. Dados texturais dos sedimentos da Praia do Góes coletados no mesmo dia das coletas de superfície de fundo (diâmetro médio e desvio padrão são em escala phi; assimetria e curtose são adimensionais).

Perfil	Diâmetro Médio	Desvio Padrão	Curtose	Assimetria	Descrição
GÓES-01 / 21 ^a	2.795	0.5582	1.0381	-0.1388	Areia fina, moderadamente selecionada, mesocúrtica, negativa
GÓES-02 / 21 ^a	2.9211	0.5917	1.1829	-0.5074	Areia fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica, muito negativa
GÓES-03 / 21 ^a	2.7127	0.7406	1.3269	-0.514	Areia fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica, muito negativa
GÓES-04 / 21 ^a	2.3679	0.948	0.7385	-0.3983	Areia fina, moderadamente selecionada, platicúrtica, muito negativa
GÓES-05 / 21 ^a	1.9284	1.1175	0.7526	-0.0655	Areia média, pobremente selecionada, platicúrtica, simétrica

O grau de seleção dos sedimentos (desvio padrão) (Figura 4.1-3) também se comportou como esperado.

No setor Ponta da Praia as areias são muito bem selecionadas e bem selecionadas nas áreas mais próximas à linha de costa (maior retrabalhamento por ondas), e vão se tornando cada vez pior selecionadas na medida em que os sedimentos ficam mais finos e a profundidade aumenta, apresentando todas as classes de seleção. Isso significa que essa área é sujeita a retrabalhamento contínuo por ação de ondas. Na Ponta da Praia (transectos Stos 23, Stos 32 e Stos 29) os sedimentos se mostram pouco menos selecionados que no restante da praia, mostrando menor nível de energia e grau de retrabalhamento, e influência de sedimentos provenientes do estuário.

No setor Praia do Góes predominam areias moderada a pobremente selecionadas nas áreas com mais baixa energia de ondas (Enseada do Góes e maiores profundidades), e muito bem a bem selecionadas nas áreas onde o retrabalhamento por ondas é mais efetivo, como ao redor da Fortaleza da Barra. Entretanto, o grau de seleção também pode refletir possíveis “misturas” entre

sedimentos alóctones e autóctones, como é o caso da Enseada do Góes e da área a oeste dela (área da Ponta dos Limões).

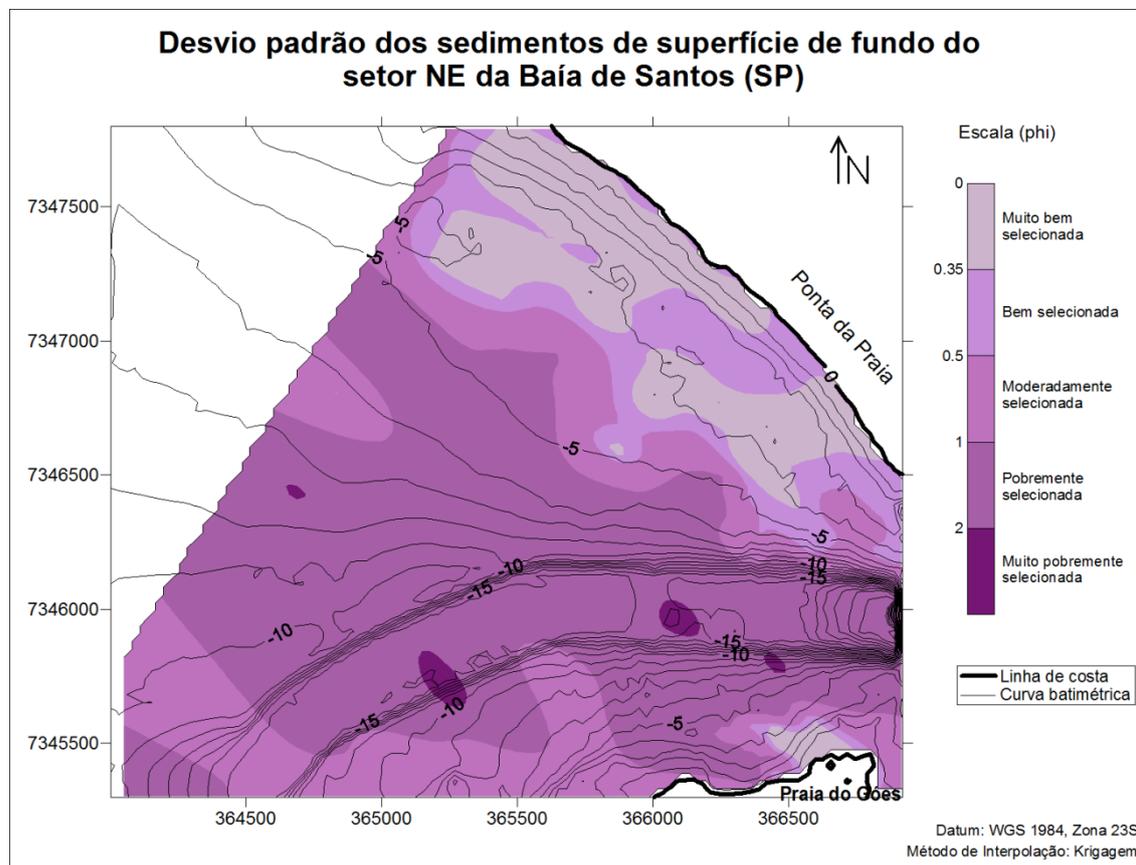


Figura 4.1-3. Mapa de Distribuição do Grau de Seleção (desvio padrão).

A assimetria é um parâmetro que representa informações do status dinâmico do regime sedimentar, na medida em que reflete as anisotropias da moda, ou seja, se a moda possui frações mais finas as assimetrias serão positivas, se possui frações mais grossas tenderá para as assimetrias negativas. De acordo com Duane (1964) sedimentos com assimetrias positivas predominam em ambientes de baixa energia. No entanto, quando um sedimento sofre misturas de outras fontes, essa tendência pode ser mascarada.

No Mapa de Distribuição da Assimetria (Figura 4.1-4) observa-se o predomínio das tendências positivas e simétricas, havendo uma gradação geral

de distribuição das aproximadamente simétricas nas áreas mais próximas à linha de costa e das positivas na direção das águas mais profundas.

Três áreas fogem desse padrão: a Ponta da Praia e a Praia do Góes, onde as assimetrias próximas à linha de costa são negativas, e a área a oeste da Enseada do Góes (Ponta dos Limões), onde são negativas a muito negativas. Essas discrepâncias provavelmente se devem à mistura de sedimentos, pela associação com fontes externas que trazem frações mais grossas. No caso da área externa a oeste da Enseada do Góes, também pode estar associada à maior energia relativa de ondas no fundo.

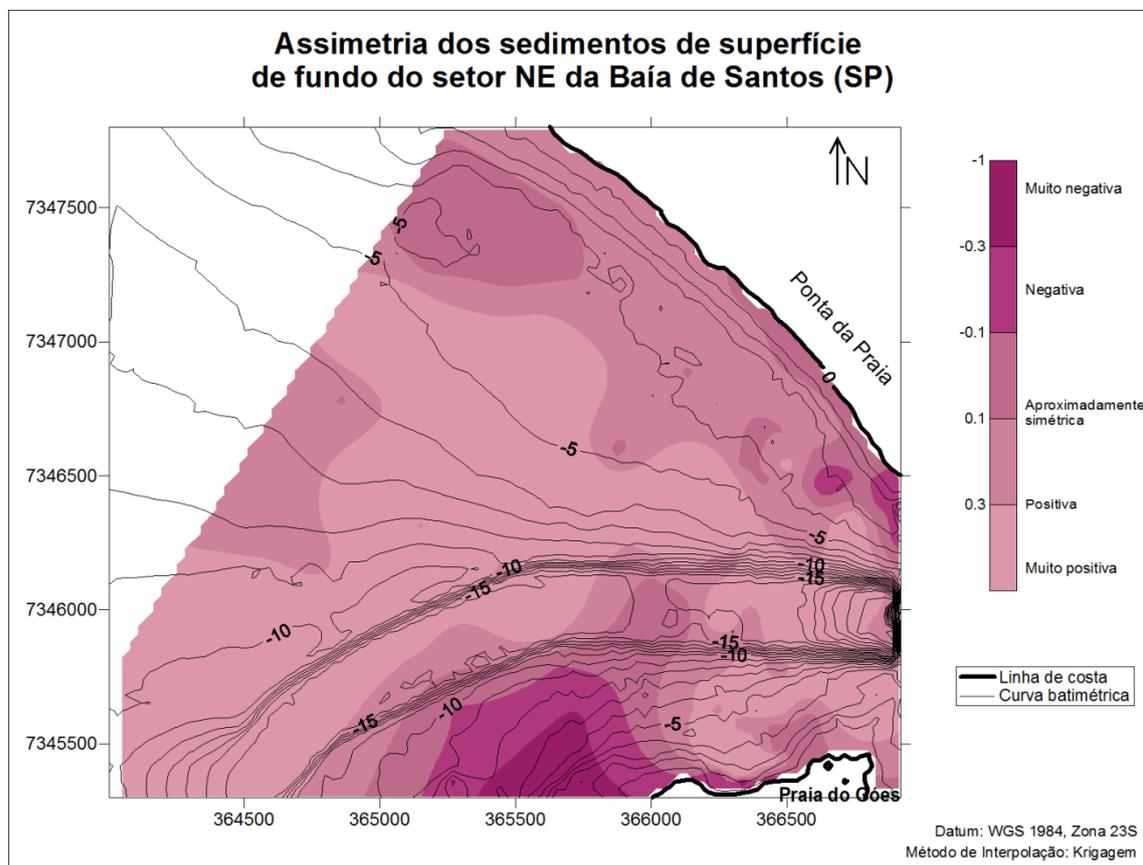


Figura 4.1-4. Mapa de Distribuição da Assimetria.

Para a distribuição da curtose, o variograma não mostrou tendências, o que se refletiu também no mapa, pelo menos em relação às classes individuais (Figura 4.1-5). Para ambientes praias, a curtose tem sido relacionada ao nível de energia de ondas, ambos sendo inversamente proporcionais (Tanner, 1995).

Assim, valores leptocúrticos indicam baixa energia relativa de ondas, enquanto valores platicúrticos sugerem alta energia relativa. Para ambientes de plataforma essa relação pode não funcionar tão bem, principalmente quando há interferência de outras fontes de sedimentos.

Na área de estudo é possível observar a dominância das tendências leptocúrticas e ausência de classes platicúrticas, indicando predomínio de baixa energia de ondas de maneira geral. Comparativamente, o setor oeste da Praia de Santos estaria sujeito a maior energia relativa de ondas do que o resto de área.

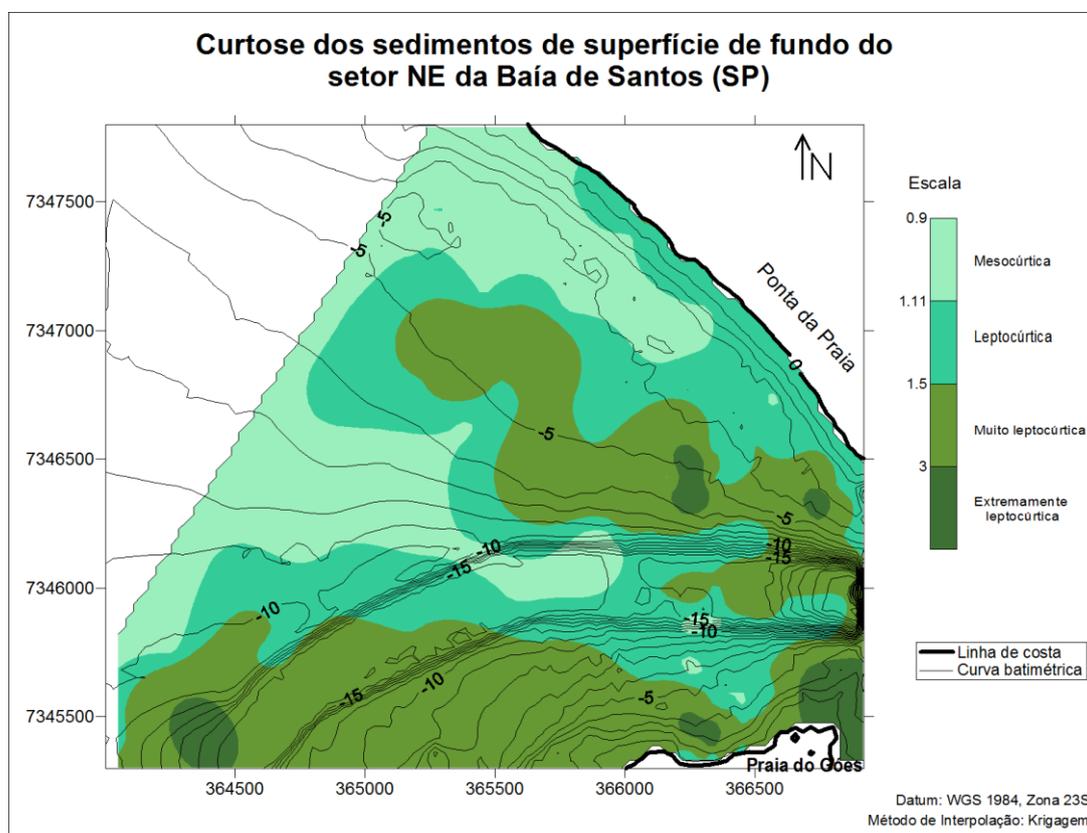


Figura 4.1-5. Mapa de Distribuição da Curtose.

A matéria orgânica (MO) ocorre em maiores porcentagens nas áreas onde predominam os sedimentos finos, principalmente siltes grossos e médios, portanto em áreas de muito baixa energia (Figura 4.1-6), como esperado. Comparativamente, nas áreas com maior energia relativa de ondas os teores são nulos ou próximos de zero, a exemplo da linha de costa e do perfil submerso da

Praia de Santos, e da área mais externa a oeste da Enseada do Góes (Ponta dos Limões). Nos setores mais abrigados o teor de MO aumenta.

As manchas de MO observadas na porção ocidental do mapa entre as isóbatas de 5 e 10 m, indicam diminuição de energia nesses pontos e/ou fontes próximas do MO, como o Emissário Submarino localizado a oeste da borda esquerda do mapa. Os teores de MO na desembocadura do Canal Estuarino são praticamente nulos, o que pode significar lavagem pelos fluxos de maré e despejo no interior da Baía de Santos, como observado na borda do canal, na parte central do mapa.

O Mapa de MO apresenta uma distribuição bastante semelhante à da assimetria, sendo correlacionável também com o diâmetro médio.

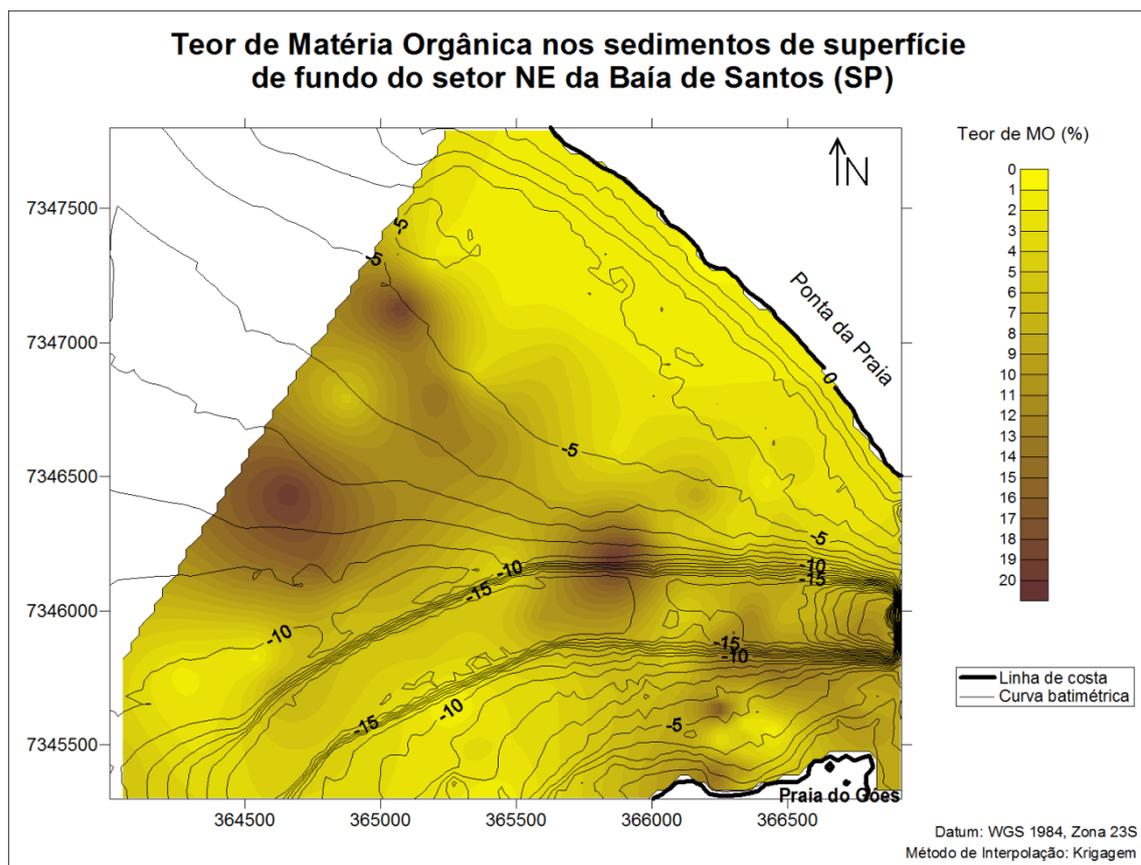


Figura 4.1-6. Mapa de Distribuição do Teor de Matéria Orgânica nos sedimentos.

Aparentemente, parece difícil correlacionar o teor de carbonato de cálcio ou calcário biodetrítico (CB) (Figura 4.1-7) com os mapas dos parâmetros texturais ou de MO. Isto porque a distribuição do CB é controlada em geral por fatores locais, já que o biodetrito é quebrado e depois incorporado ao sedimento da praia ou do fundo por outros processos e em escala temporal maior, pois os mecanismos de transporte desses materiais são diferentes daqueles que regem os sedimentos terrígenos, tanto para as praias como no fundo marinho, local de maior fonte dos mesmos.

No perfil praiado emerso da Praia de Santos o CB, quando é encontrado, aparece na zona de deixa da Ponta da Praia, após as ressacas, sendo constituído em geral por pequenos fragmentos de conchas e outras carapaças calcárias.

No perfil praiado emerso da Praia do Góes o CB aparece em grande concentração tanto no perfil emerso (zona de deixa das marés de ressacas e normais), quanto na zona de arrebentação; grandes volumes de material de vários tamanhos e densidades são trazidos para essa praia durante as ressacas. Neste sentido, como a área a oeste da Enseada do Góes (Ponta dos Limões) apresenta a maior concentração de CB da área de estudo, então se supõe que ali esteja também a fonte desses materiais (assim como das areias finas que são transportadas para a praia), transportados para a Praia do Góes durante as ressacas. Esse transporte, como visto anteriormente, encontra respaldo também em outros dados texturais (diâmetro médio, grau de seleção e assimetria).

Rocha (2003) também apontou a presença de uma grande concentração de calcário biodetrítico nessa mesma área (ao redor da Ponta dos Limões).

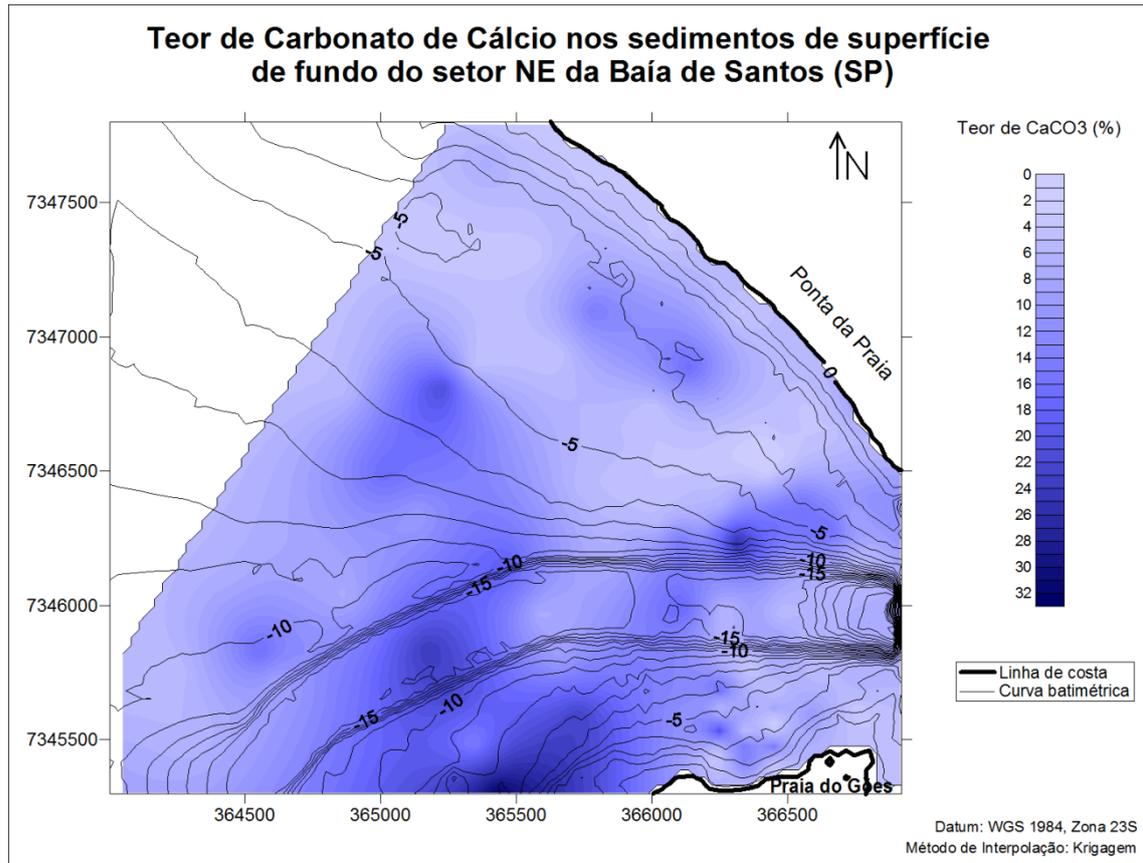


Figura 4.1-7. Mapa de Distribuição de Teor de Carbonato de Cálcio (Calcário Biodetrítico) nos sedimentos.

4.2. Caracterização Textural e Química dos Transectos de Amostragem

4.2.1. Setor Ponta da Praia

4.2.1.1. Caracterização textural e química nos sedimentos dos transectos

Neste setor o predomínio foi de areias muito finas (72,36%), seguido dos siltes grossos (26,32%); siltes médios (1,32%) ocorreram somente em Stos 16-8 (profundidade de 8,20 m), sendo este o menor tamanho granulométrico. O maior tamanho, com 3,10 phi (areia muito fina), estava em Stos 23-3 (profundidade de 2,30 m) e em Stos-29-1 (profundidade de 2,0 m). As maiores amplitudes e variações granulométricas são observadas nos Transectos 16, 18 e 21.

A Figura 4.2.1.1-1 apresenta a distribuição das variações dos parâmetros texturais deste setor.

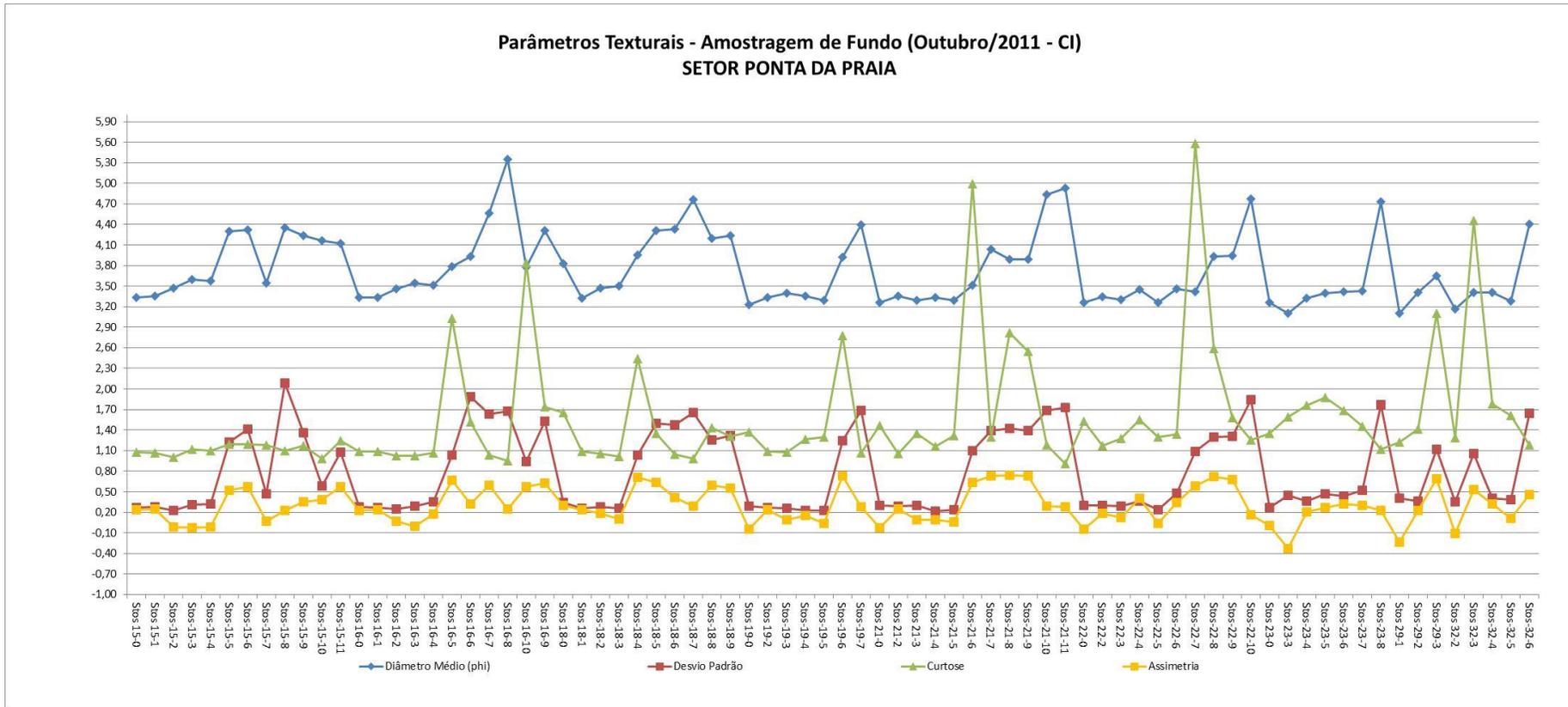


Figura 4.2.1.1-1. Variação dos parâmetros texturais no Setor Ponta da Praia (diâmetro médio e desvio padrão em escala phi; curtose e assimetria são adimensionais).

No setor Ponta da Praia houve predomínio de sedimentos pobremente selecionados (40,79%), seguidos de perto pelos muito bem selecionados (38,84%). Os moderadamente selecionados perfizeram 17,11%, e muito pobremente selecionados 1,32%. O sedimento melhor selecionado, classificado como muito bem selecionado (0,22 phi) foi encontrado em Stos 21-4 (profundidade de 3,10 m); e o pior grau de seleção em Stos 32-6 (profundidade de 10,00 m), classificado como pobremente selecionado (1,64 phi).

A curtose apresentou valores entre mesocúrticos até extremamente leptocúrticos, portanto não foram encontradas tendências platicúrticas, o que denota a unimodalidade textural de todos os sedimentos e a baixa energia de ondas para toda a área, como comentado anteriormente. Predominaram as curvas leptocúrticas (39,47%), seguidas pelas mesocúrticas e muito leptocúrticas (30,26 e 22,37%, respectivamente) e pelas extremamente leptocúrticas (7,89%). Os valores extremos variaram de 0,91 (mesocúrtica) em Stos 21-11 (profundidade de 8,70 m) até 5,58 (extremamente leptocúrtica) em Stos 22-7 (profundidade de 4,60 m). No gráfico, apresentado na Figura 4.2.1.1-1, chama a atenção a grande homogeneidade e os menores valores de curtose no extremo oeste da área, em todo o Transecto 15 e parte do Transecto 16. Neste sentido, conclui-se então que o trecho oeste da área apresenta maior energia de ondas que o restante, como já comentado anteriormente.

Em relação à assimetria, também ocorreram todas as classes, embora as tendências positivas tenham predominado, demonstrando a forte dominância de partículas relativamente mais grossas nas modas dos sedimentos e a baixa energia de ondas para toda a área, como comentado anteriormente. Assim, ocorreram: 42,97% de assimetrias muito positivas, seguidas das assimetrias positivas (28,13%), simétricas (20,31%), negativas (4,69%) e muito negativas (3,90%). As assimetrias negativas estão associadas, principalmente, aos transectos Stos 23, 29 e 32 (Ponta da Praia).

Neste setor os teores de matéria orgânica variaram desde zero em todas as amostras abaixo de 2,30 m de profundidade (18 amostras) a 20,29 % na amostra Stos-21-11 a 8,70 m de profundidade (Figura 4.2.1.1-2).

Em relação ao calcário biodetrítico, os teores variaram de 2,41% em Stos 21-4 (3,10 m) até 26,73% em Stos 23-7 (6,00 m). As altas concentrações estão associadas à maioria das amostras dos transectos 16, 18, 19, 22, 23 e 32; os transectos 15, 21 e 29 apresentaram baixas concentrações em todos os pontos (Figura 4.2.1.1-2).

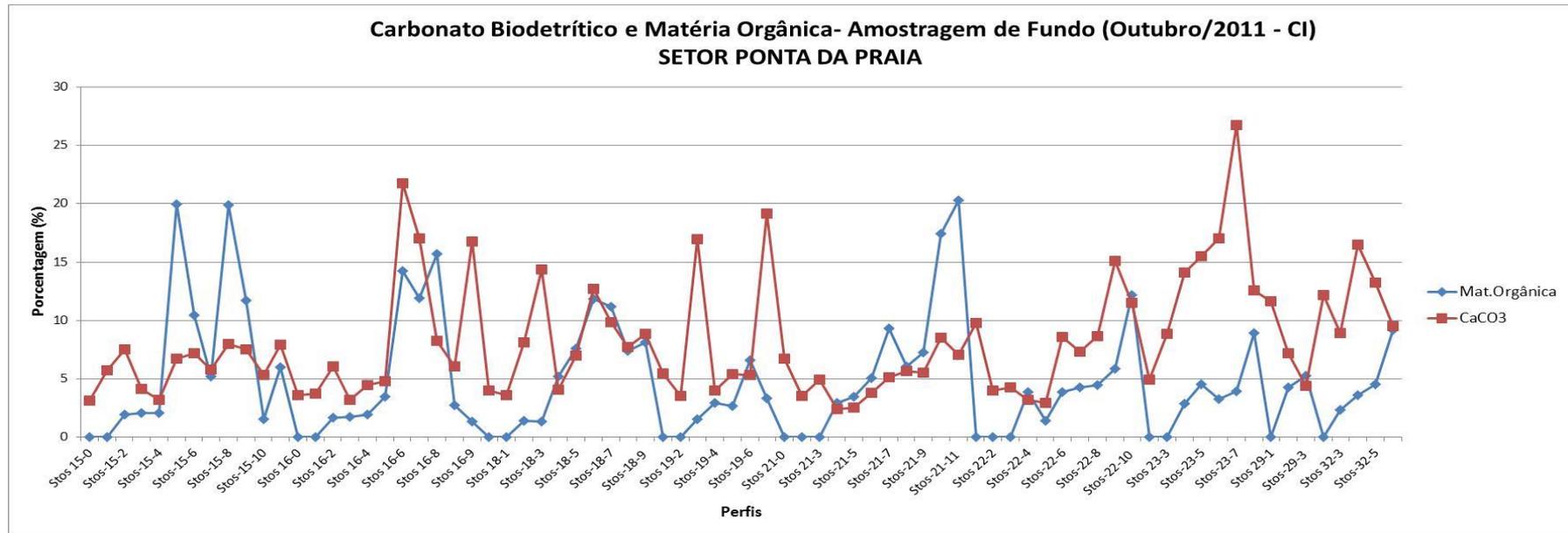


Figura 4.2.1.1-2. Distribuição dos teores de matéria orgânica e carbonato biodetrítico nos sedimentos de fundo do setor Ponta da Praia.

4.2.1.2. Variabilidade textural e química em função da profundidade (dados de campo e levantamentos batimétricos efetuados na área)

No Setor Ponta da Praia observou-se o seguinte padrão: ocorrência de areias muito finas até profundidades em média de 6,00 m, com grande concentração de amostras de areias muito finas de tamanho muito próximo (3,10 a 3,60 phi), exceto nos transectos 15 e 18, onde entre 4,60 e 5,40 m ocorrem siltes grossos; a partir daí até 10,00 m de profundidade predominância de siltes grossos, com algumas ocorrências de areias muito finas (Stos 22-9 / 6,70 m; Stos 29-3 / 8,00 m; Stos 16-10 / 9,80 m) e de silte médio em Stos 16-8 (8,20 m).

Esses resultados sugerem que entre o Canal 4 e a Ponta da Praia (transectos Stos 15 a Stos 23) o perfil de fechamento da Praia de Santos deve estar entre 5,00 e 7,00 m de profundidade.

Outra observação interessante é o provável transporte de areias muito finas da Praia de Santos para o interior do Canal Estuarino, dada a presença dessa granulometria nos transectos Stos 29 e 32, até profundidades de 8,00 m. A borda do Canal de Navegação variou entre 8,70-10,00 m nos transectos entre o Canal 4 e a Ponta da Praia, e de 8,00 a 10,00 m nos transectos mais internos.

Na Figura 4.2.1.2-1 observa-se que, em geral, todos os perfis apresentaram uma tendência de afinamento dos grãos (redução do tamanho) em função do aumento da profundidade. Em alguns perfis o afinamento foi pequeno, como no Stos-29, em outros foi maior como no Stos-21.

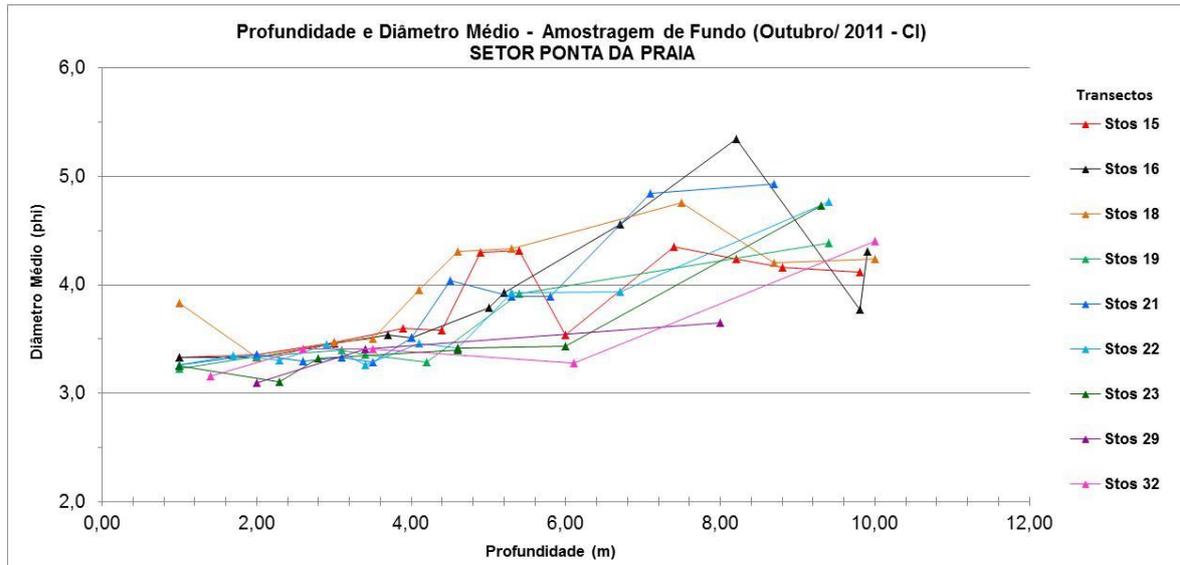


Figura 4.2.1.2-1. Variação do diâmetro médio dos sedimentos em função da profundidade no setor Ponta da Praia.

A Figura 4.2.1.2-2 mostra que até a profundidade de 4,0 m, os sedimentos são melhor selecionados do que em profundidades maiores. Abrangem duas populações de sedimentos, uma nas profundidades menores, onde há marcada homogeneidade com sedimentos muito bem e bem selecionados, e outra em direção às maiores profundidades, onde se destaca a heterogeneidade de classes e o empobrecimento do grau de seleção à medida que se caminha para o Canal de Navegação.

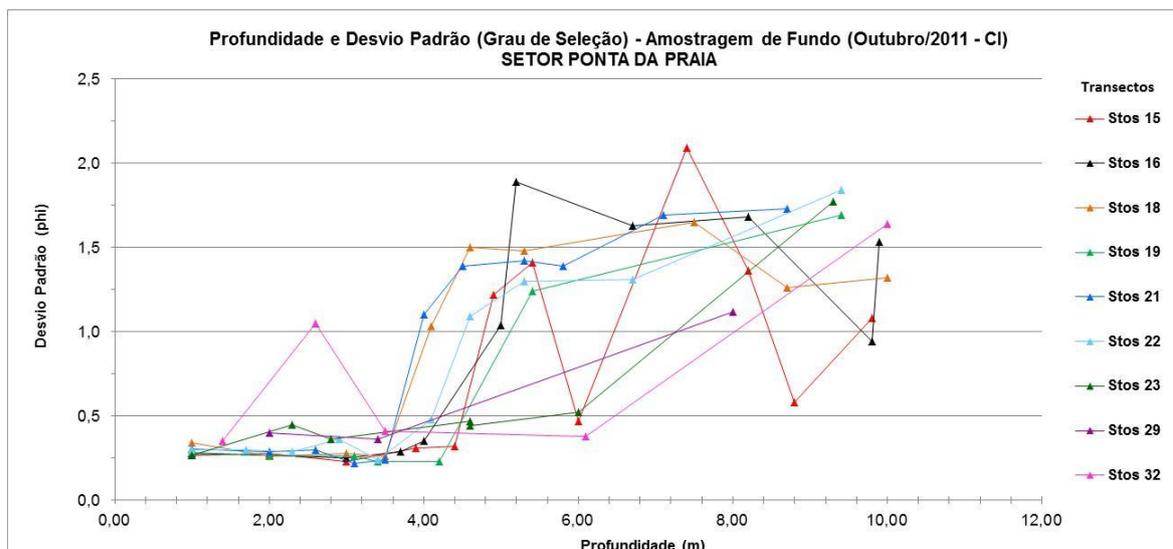


Figura 4.2.1.2-2. Variação do grau de seleção dos sedimentos em função da profundidade no setor Ponta da Praia.

Em relação à curtose, observa-se uma grande população de pontos com valores entre 0,9 e 2,0 (mesocúrticos a leptocúrticos) amplamente distribuídos desde a linha de costa até 10,00 m de profundidade. Outra população, embora bem pequena, ocorre entre 2,60 e 5,80 m de profundidade e apresenta os valores mais elevados do setor (entre 2,44 e 5,58), de muito a extremamente leptocúrticos (Figura 4.2.1.2-3).

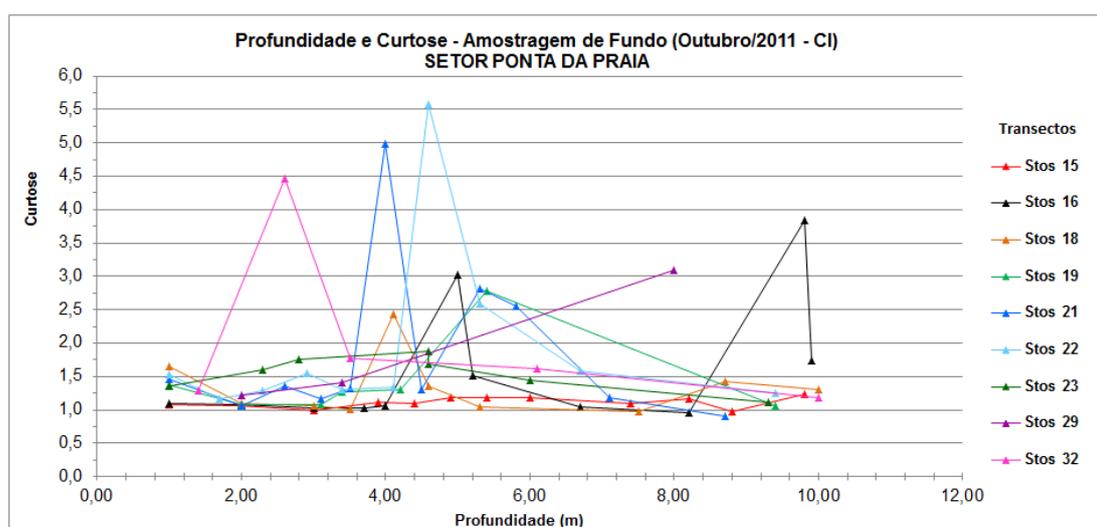


Figura 4.2.1.2-3. Variação da curtose dos sedimentos em função da profundidade no setor Ponta da Praia.

A relação da assimetria com a profundidade é mais direta (Figura 4.2.1.2-4). Fica evidente que todas as assimetrias negativas ocorrem associadas às profundidades menores do que 5,00 m e as positivas para as maiores profundidades. Isto é até certo ponto esperado, uma vez que os valores negativos implicam na maior presença de frações grossas na moda e os positivos de frações mais finas. Também é coerente com a sua relação com o nível de energia de ondas, menor nos locais onde a assimetria é mais positiva e vice-versa.

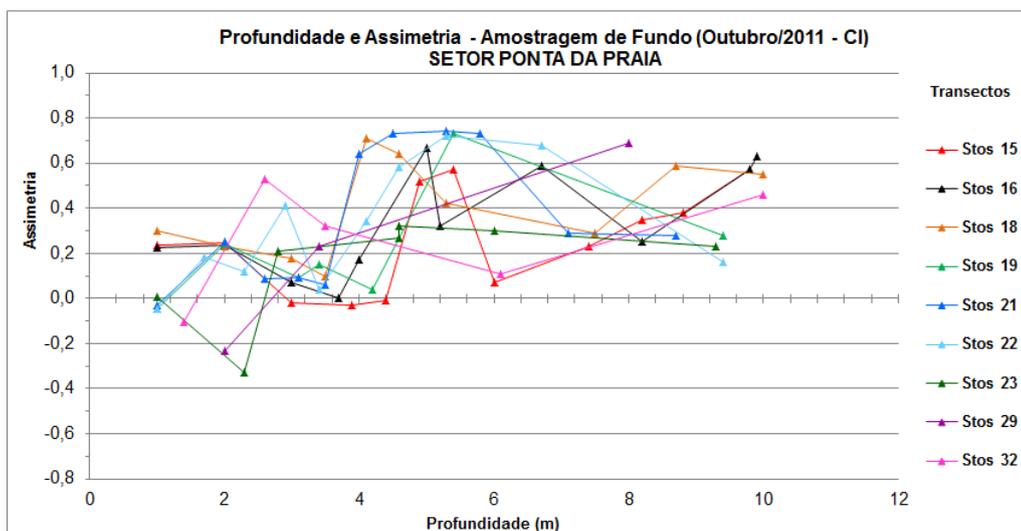


Figura 4.2.1.2-4. Variação da assimetria dos sedimentos em função da profundidade no setor Ponta da Praia.

A variação da matéria orgânica em função da profundidade mostra que até cerca de 6,00 m há um comportamento caótico das distribuições, com tendência de elevação generalizada dos teores nessa profundidade, mas a partir daí há uma queda nos mesmos com relativa estabilização no interior de cada transecto (Figura 4.2.1.2-5). Os teores variam nas mesmas proporções, mas com 18 pontos apresentando teores nulos, distribuídos em profundidades inferiores a 2,70 m. Entretanto, chama a atenção o comportamento padrão da curva de variação em cada transecto, com teores nulos ou muito baixos no início (menores profundidades) e crescimento paulatino até o final do transecto (maiores profundidades). Este, aliás, é o comportamento esperado para áreas costeiras rasas, com os teores de MO aumentando com a profundidade e em função da presença de desembocaduras estuarinas/lagunares.

A influência do Canal Estuarino parece ser mais evidente no transecto Stos 21 e menor nos demais. Por outro lado, observa-se a provável influência do Emissário Submarino, dadas as mais altas concentrações de MO nos transectos Stos 15 e 16.

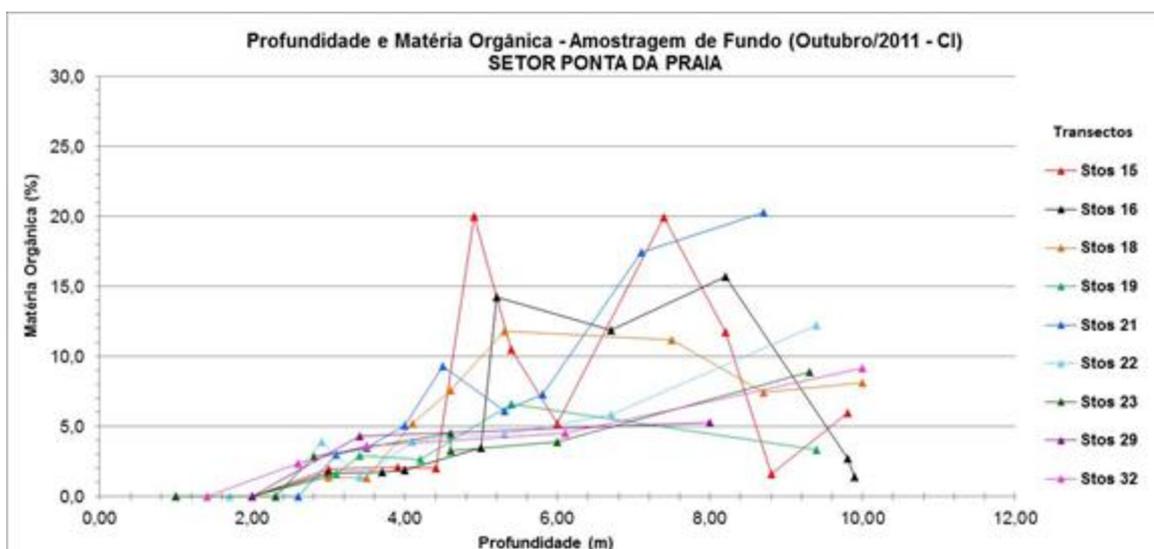


Figura 4.2.1.2-5. Variação do teor de matéria orgânica em função da profundidade no setor Ponta da Praia.

A distribuição do carbonato biodetrítico (CB) em função da profundidade (Figura 4.2.1.2-6) mostra que até a profundidade ao redor de 6,00 m há um comportamento caótico das distribuições, com tendência de elevação generalizada dos teores nessa profundidade, mas a partir daí há uma queda nos mesmos com relativa estabilização no interior de cada transecto.

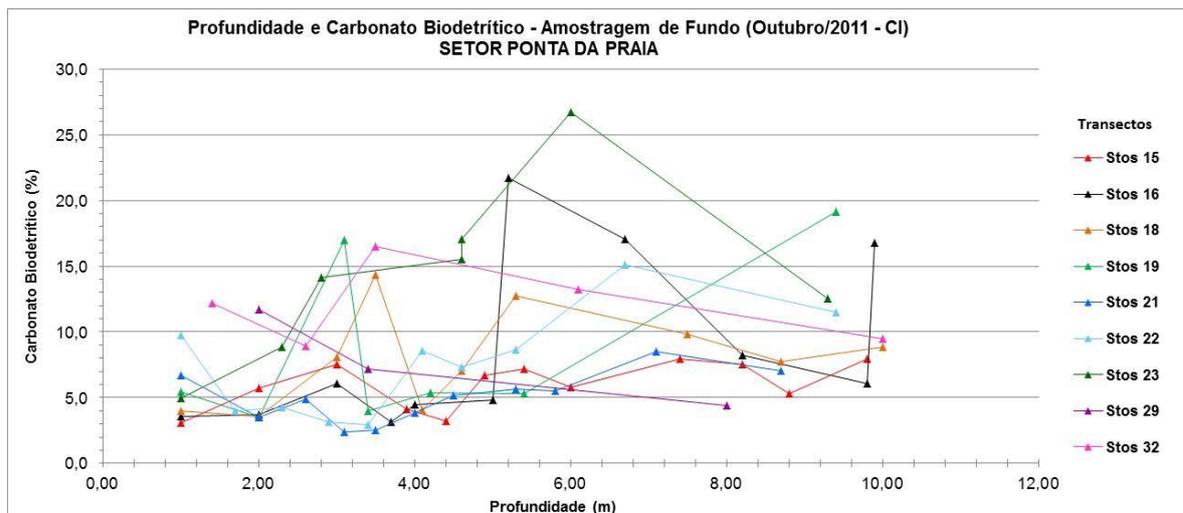


Figura 4.2.1.2-6. Variação do teor de carbonato biodetrítico em função da profundidade no Setor Ponta da Praia.

4.2.2. Setor Praia do Góes

4.2.2.1. Caracterização textural e química nos sedimentos dos transectos

No setor Góes, 46,15% das amostras são de siltes grossos, 44,23% de areias muito finas, 5,77% de siltes médios (Góes 1-7 / 4,40 m, Góes 3-11 / 6,60 m e Góes 1-9 / 15,00 m) e 3,85% de areias finas (Góes 1-2 e Góes 3-13, ambas na profundidade de 1,00 m). O menor tamanho granulométrico ocorreu em Góes 1-9 (profundidade de 6,60 m), com 5,20 phi (silte médio) e o maior tamanho em Góes 1-2, com 2,77 phi (areia fina). As maiores amplitudes e variações granulométricas são observadas nos Transectos 1 e 3 (Tabela 4.1-2).

É notável o predomínio de sedimentos pobremente selecionados (61,54%). Seguem-se os muito bem selecionados moderadamente selecionados (cada qual com 13,46%), os muito pobremente selecionados (7,69%) e os bem selecionados (3,85%). O melhor grau de seleção esteve em Góes 5-5 (profundidade de 3,30 m), classificado como muito bem selecionado (0,25 phi); o pior grau foi em Góes 8-3 (profundidade de 15,00 m) classificado como muito pobremente selecionado (2,27 phi). A (Figura 4.2.2.1-1) mostra a distribuição dos parâmetros texturais ao longo dos transectos.

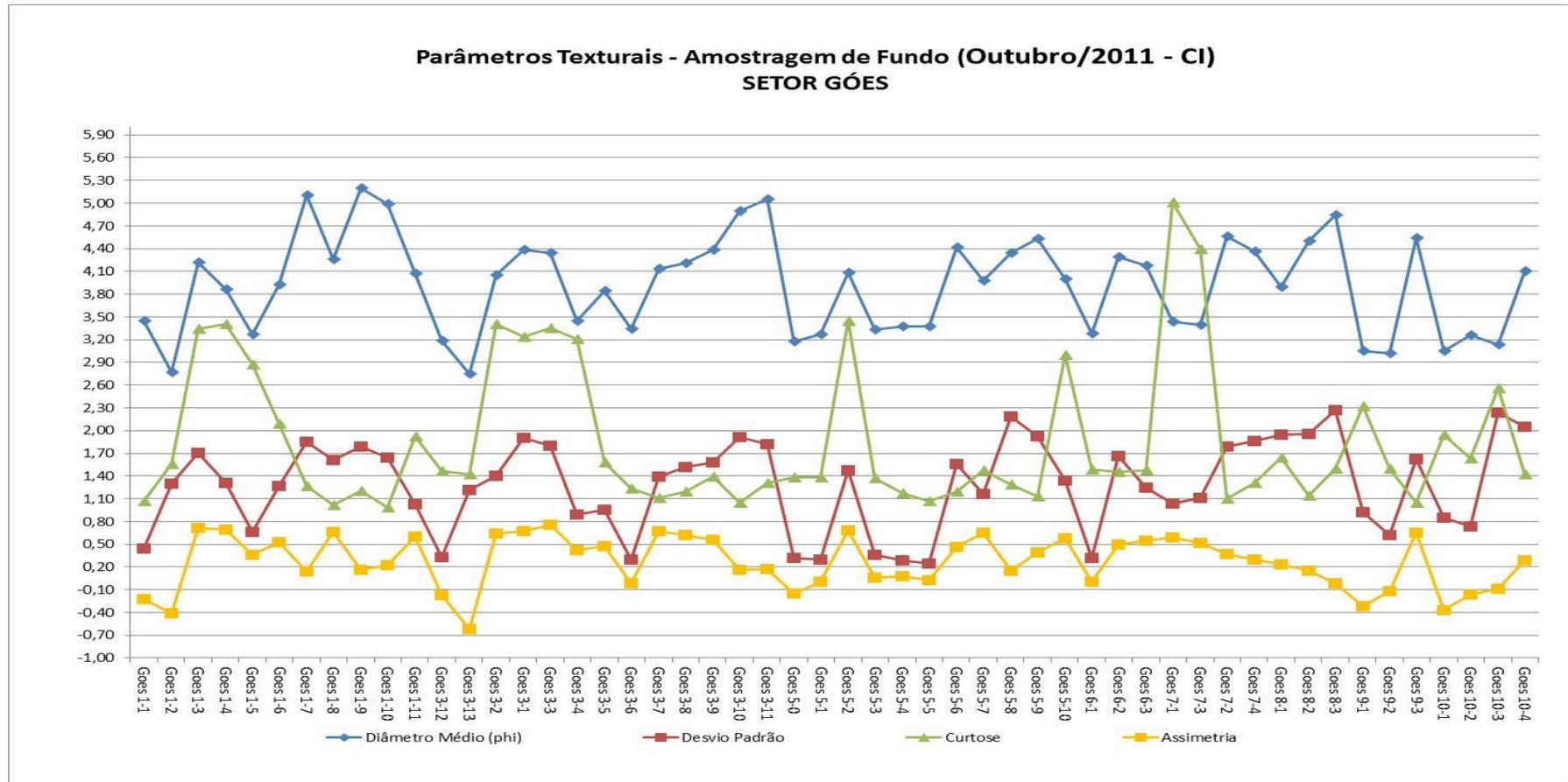


Figura 4.2.2.1-1. Variação dos parâmetros texturais no Setor Góes (diâmetro médio e desvio padrão em escala phi; curtose e assimetria são adimensionais).

Em relação à curtose predominaram as curvas leptocúrticas (46,15%), seguidas das muito leptocúrticas (21,15%), extremamente leptocúrticas (17,31%) e mesocúrticas (15,39%). Os valores extremos foram de 0,99 (mesocúrtica) em Góes 1-10 (prof. 14,00 m) a 5,01 (extremamente leptocúrtica) em Góes 7-1 (2,00 m). A variabilidade foi acentuada em todos os perfis.

A distribuição da assimetria foi: 46,10% de muito positivas, 19,23% de positivas, 15,39% de simétricas, 11,59% de negativas e 7,69% de muito negativas. Os extremos variaram de assimetria muito negativa (-0,62) em Góes 3-13 (profundidade de 1,00 m) a muito positiva (0,76) em Góes 3-3 (profundidade de 2,20 m).

Em relação à matéria orgânica é possível observar que, de maneira geral, está bem distribuída nos sedimentos, com teores que variam de 0% (apenas em 8 pontos com profundidades menores que 2,50 m) até 20,19% (Góes 1-7 / 4,40 m) (Figura 4.2.2.1-2). Várias amostras apresentaram ausência de matéria orgânica, como em Góes 1-1 (profundidade de 0,5 m), Góes 3-12 e 3-13 (profundidades de 0,5 e 1,0 m), Góes 5-0 a 5-4 (profundidades de 0,5, 1,0, 2,0 e 2,4 m) e Góes 6-1 (profundidade de 2,3 m).

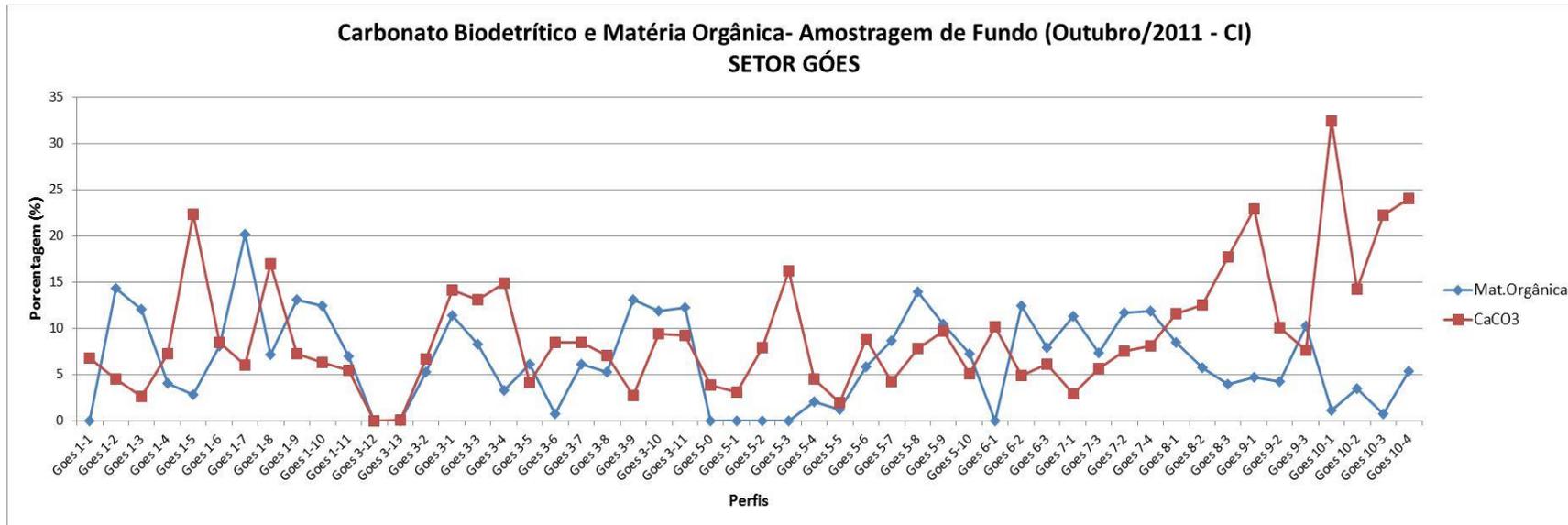


Figura 4.2.2.1-2. Distribuição dos teores de matéria orgânica e carbonato biodetrítico nos sedimentos de superfície de fundo do setor Góes.

Quanto ao conteúdo de calcário biodetrítico, todas as amostras apresentaram teores que variaram de 0,04% no ponto Góes 3-12 (profundidade de 0,50 m) até 32,55% em Góes 10-1 (profundidade de 7,00 m) (Figura 4.2.2.1-2).

Os teores de calcário biodetrítico estão amplamente distribuídos nos sedimentos, embora as concentrações aumentem e sejam as maiores na porção mais externa desse setor, a oeste (Ponta dos Limões) (transectos Góes 8, 9 e 10). Concentrações elevadas também estão presentes em alguns pontos no interior da Enseada do Góes (transectos 1, 3 e 5), com valores que atingem 22,37%.

4.2.2.2. Variabilidade textural e química em função da profundidade (dados de campo e levantamentos batimétricos efetuados na área)

Comparando os dois mapas batimétricos de 2006 (anterior às obras) e 2011 (após as obras) apesar das diferenças de mapeamento, é possível observar que em 2006 existia uma topografia de fundo que ia aumentando gradativa e suavemente até a borda do canal/talude (10 m). Mas em 2011, essa gradação tornou-se mais abrupta, o que caracteriza ter havido uma reacomodação morfológica.

Desta forma, no Setor Góes, atualmente, há um início da rampa, com declividade relativamente suave, entre 5,60-6,60 m de profundidade nos transectos associados à Enseada do Góes (1, 3 e 5). Esta rampa suave vai até cerca de 10,00 m de profundidade, a qual corresponde ao início talude do Canal de Navegação (marcada por uma grande ruptura de declive), para então atingir o fundo do mesmo a partir de 15,00 até 21,00 m. Nos transectos localizados a NW da Enseada do Góes, o início da declividade suave variou entre 7,00-9,50 m e esteve à cerca de 5,00 m nos transectos a NE da Enseada.

Nos transectos Góes 1, 3 e 5, houve grande heterogeneidade granulométrica desde a linha de costa até a profundidade de 16,00 m, com os sedimentos variando de: areias muito finas a 0,50 m; areias finas (transectos 1 e 3) e muito finas (transecto 5) a 1,00 m; siltes grossos entre 1,70 e 2,20 m (Góes 1-3, 3-1, 3-2, 3-3 e 5-2); novamente areias muito finas afinando lentamente

de 2,40 até 3,90 m, e silte grosso no ponto Góes 5-6 (profundidade de 3,50 m); e siltes grossos a médios (1-9 e 3-11) entre 4,10 e 16,00 m (Figura 4.2.2-1).

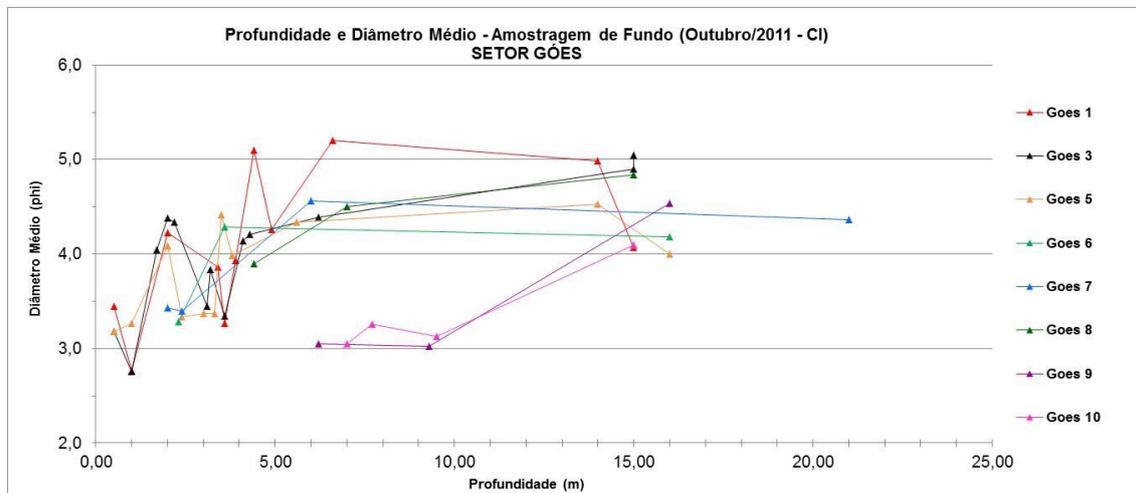


Figura 4.2.2-1. Variação do diâmetro médio dos sedimentos em função da profundidade no setor Góes.

No tocante ao desvio padrão (grau de seleção) predominaram os sedimentos pobremente selecionados (61,54%), seguidos dos muito bem selecionados moderadamente selecionados (cada qual com 13,46%), dos muito pobremente selecionados (7,69%) e dos bem selecionados (3,85%). O melhor grau de seleção esteve em Góes 5-5 (3,30 m), classificado como muito bem selecionado (0,25 phi); o pior grau foi em Góes 8-3 (15,00 m) classificado como muito pobremente selecionado (2,27 phi).

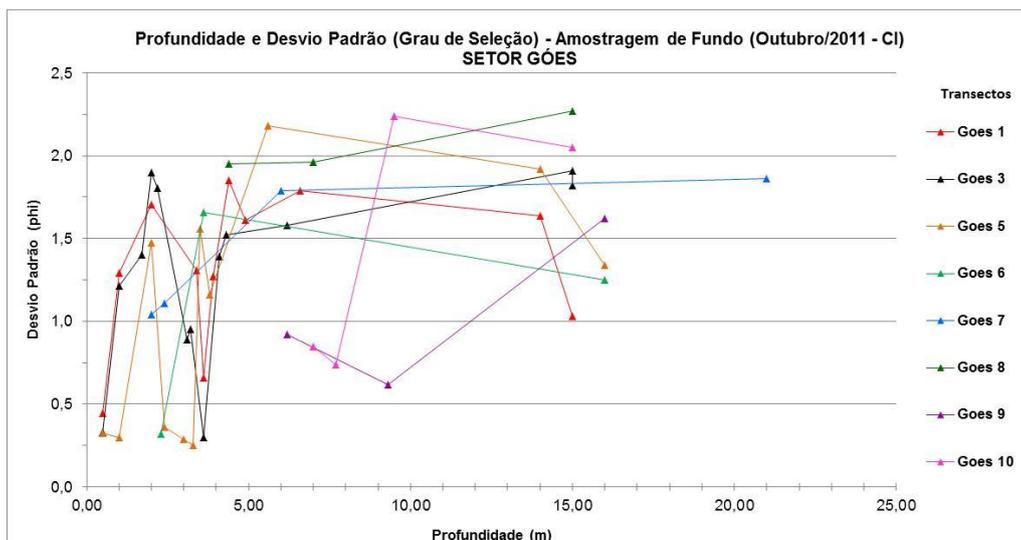


Figura 4.2.2.2. Variação do grau de seleção dos sedimentos em função da profundidade no setor Góes.

Em relação à curtose, na Figura 4.2.2.2-3 nota-se uma concentração de valores leptocúrticos (entre 1,0 e 1,5) desde a linha de costa até a profundidade ao redor de 7,00 m e outra entre 14,00 e 21,00 m. Entretanto, há outra população de 11 pontos dos transectos Góes 1, 3 5 e 7, dispostos em profundidades entre 1,70 e 3,90 m onde os valores de curtose sobem rapidamente, para muito leptocúrticos e extremamente leptocúrticos (entre 2,09 e 5,01).

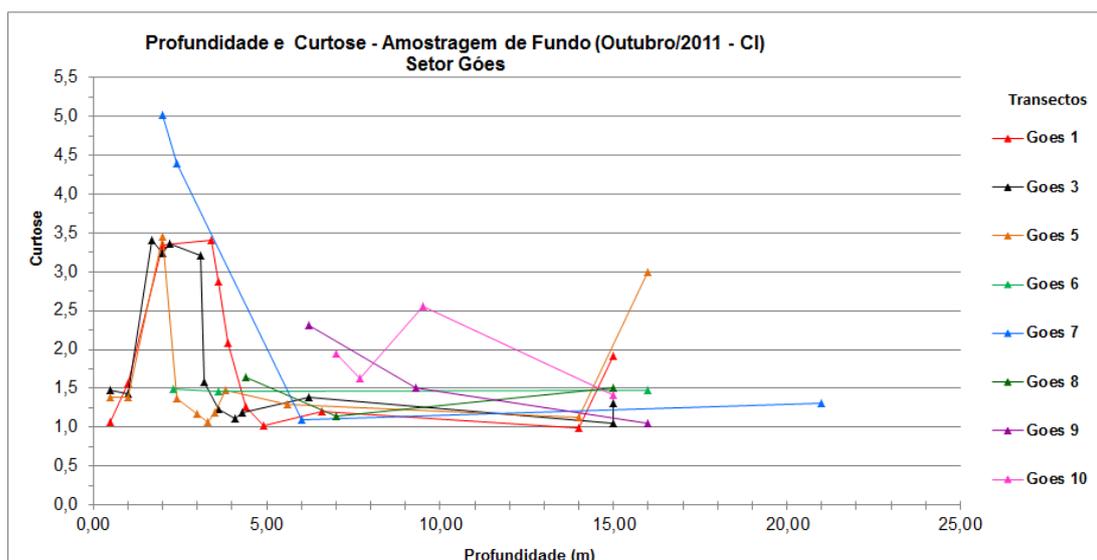


Figura 4.2.2.2-3. Variação da curtose dos sedimentos em função da profundidade no setor Góes.

Em relação à assimetria, os transectos Góes 9 e Góes 10 são exceções, pois apresentaram assimetrias negativas em profundidades entre 6,00 e 10,00 m. Como visto, tratam-se de areias muito finas (no limiar para finas), moderadamente selecionadas e com tendências leptocúrticas e assimetrias negativas e muito negativas (Figura 4.2.2.2-4).

Neste sentido, a geofísica (sonar de varredura lateral e perfilagem sísmica) também detectou sedimentos arenosos depositados nessa área do canal (estudo “Avaliação da Estabilidade do Talude do Canal de Navegação e Modelagem Morfodinâmica na Baía de Santos”).

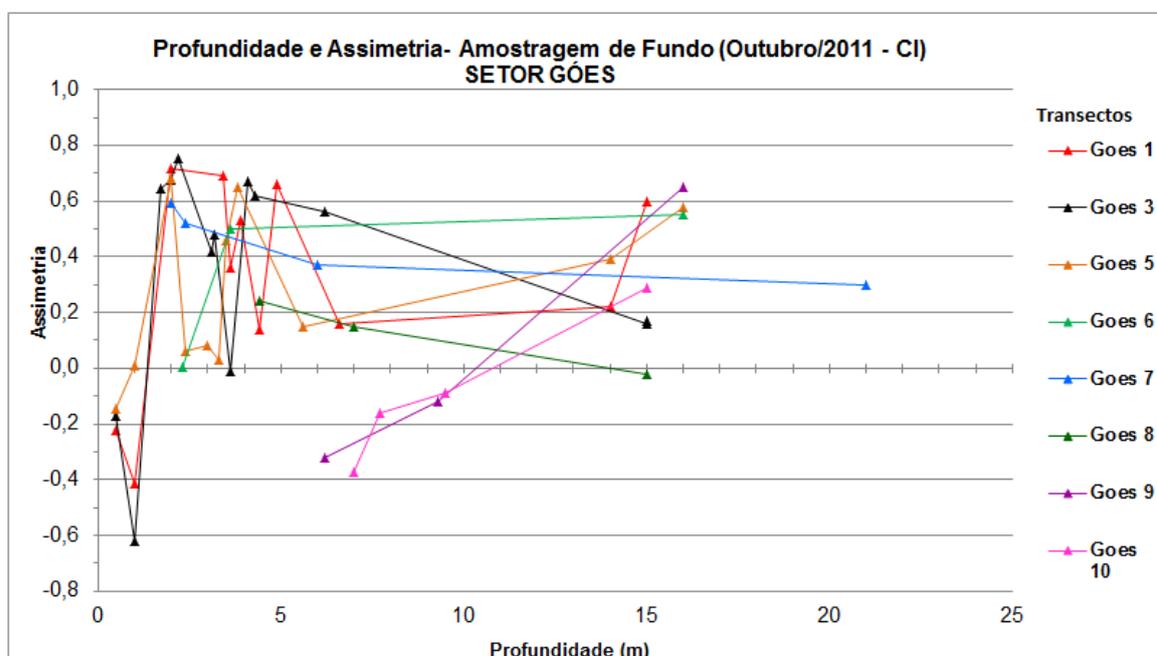


Figura 4.2.2.2-4. Variação da assimetria dos sedimentos em função da profundidade no setor Góes.

A variação dos teores de matéria orgânica com a profundidade, no Setor Góes, mostra que nos transectos associados à Enseada do Góes (1, 3 e 5), entre a linha de costa e a profundidade de 4,00 m, há uma grande variabilidade, com teores desde nulos até altos, chegando a 14,33%. A partir dessa profundidade os teores praticamente se estabilizam em valores muito próximos, entre 10-14%. Chama a atenção a presença de altas porcentagens de matéria orgânica (até 12,04%) entre as profundidades de 1,70 e 2,20 m da Enseada do Góes (pontos Góes 1-3, 3-1, 3-2, 3-3 e 5-2), inesperadas para essa profundidade. Nos

transectos externos à Enseada (6, 7, 8, 9 e 10) a variabilidade é baixa dentro de cada transecto, mas os teores variam muito entre eles (Figura 4.2.2.2-5).

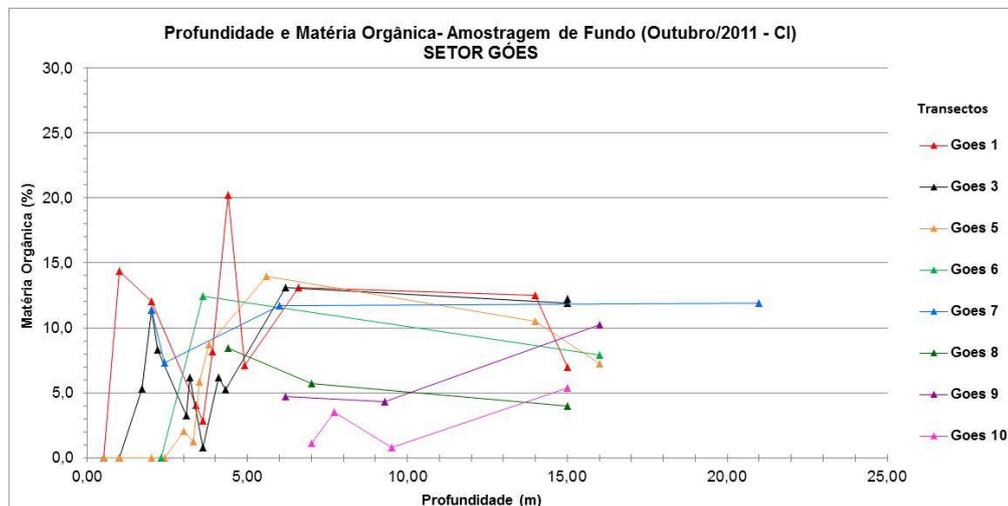


Figura 4.2.2.2-5. Variação do teor de matéria orgânica em função da profundidade no setor Góes.

Os maiores teores de calcário biodetrítico estão na área a oeste (Ponta dos Limões) da Enseada e, como dito, pode ser fonte do calcário biodetrítico que chega à Praia do Góes.

A distribuição dos teores de calcário biodetrítico em função da profundidade (Figura 4.2.2.2-6) mostra pouca correlação, embora seja possível observar que na Enseada do Góes, a distribuição é completamente caótica nas profundidades mais rasas, até cerca de 4,00 m, mas a partir daí se torna estável. Essa distribuição caótica deve estar associada aos distúrbios causados pelo processo de rotação praiar recentemente instalado nessa praia (Souza, 2011).

A grande variabilidade textural e química (CaCO_3) encontrada na Enseada do Góes reafirmou a ocorrência de um fenômeno anômalo nessa praia, com as características da rotação praiar, já previamente observada através dos dados de campo e da retroanálise feita em fotografias aéreas e imagens de satélite.

As tendências de transporte observadas não foram utilizadas para explicar o fenômeno da rotação, mesmo porque elas se referem a uma fase posterior ao seu

início, ou seja, a uma etapa de continuidade da evolução do mesmo, conforme observado na praia emersa.

Os resultados texturais, químicos e de transporte residual serviram para demonstrar a continuidade de um processo já em curso e em franca evolução.

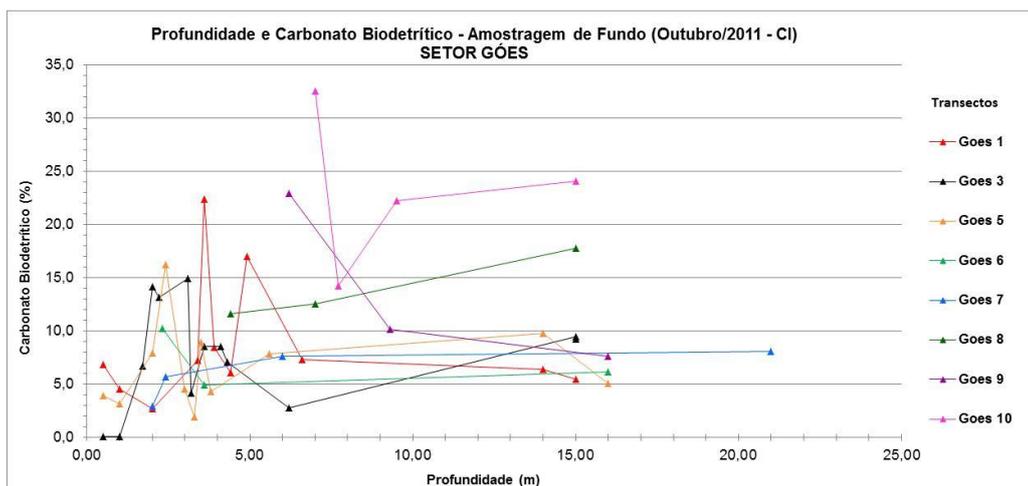


Figura 4.2.2.2-6. Variação do teor de Carbonato Biodetrítico em função da profundidade no setor Góes.

4.3. Transporte Sedimentar Residual (Modelos STA)

Os testes foram realizados com os modelos GSTA (Gao e Collins, 1991, 1992; Gao, 1996), com a modificação do GSTA implementada por Asselman (1999) e Poizot *et al.* (2006), GSTAST (Chang *et al.*, 2001) e TRANSVEC (Le Roux, 1994a, 1994b). Todos os testes com os modelos levaram em consideração a profundidade local e foram ajustados, a fim de considerar o canal de navegação como elemento morfológico importante.

Os modelos GSTA-modificado e GSTAST não apresentaram bons resultados, motivo pelo qual foram descartados.

As representações em mapa foram feitas tendo os mapas batimétrico e de diâmetro médio como bases.

Modelo GSTA

O modelo GSTA considera apenas duas hipóteses de transporte, os casos GM+ (mais grosso, melhor selecionado e assimetria mais positiva) e FM- (mais fino, melhor selecionado e assimetria mais negativa) descritos por McLaren e Bowles (1985).

Primeiramente foi testada uma aplicação do GSTA para toda a área (todas as amostras), e aplicada a distância $D_{cr} = 300$, escolhida em função do histograma de distâncias do vizinho mais próximo apresentado na metodologia (vide Figura 3.1-3). Mas o resultado gerado não foi satisfatório, apresentando incongruências. Isto ocorreu provavelmente por causa da malha com diferentes distâncias amostrais, o que torna irregular no geral, mas regular em áreas específicas.

Então, procedeu-se a novo teste, desta vez isolando os setores da área com malhas amostrais regulares, e se adotando D_{cr} diferentes para cada um, a saber:

- Stos 15,16,18 e19, com $D_{cr} = 400$ m;
- Stos 21, 22, 23, 29 e 32, com $D_{cr} = 230$ m;
- Góes (todas as amostras), com $D_{cr} = 50$ m;
- Transectos Stos 15 a 23, isolando as amostras localizadas apenas nas isóbatas entre 1 e 2 m, para tentar identificar transportes longitudinais (deriva litorânea) e transversais à linha de costa.

Neste sentido, Souza (1997) aplicou os conceitos de McLaren (1981) e McLaren e Bowles (1985) para tentar identificar a deriva litorânea em todas as principais praias de São Paulo, utilizando também os casos GM+ e FM-, e concluiu que o método não é muito bom para a identificação de células de deriva, mas se aplica para identificar fontes de praias vizinhas.

Os resultados integrados compondo as quatro áreas são apresentados na Figura 4.3-1.

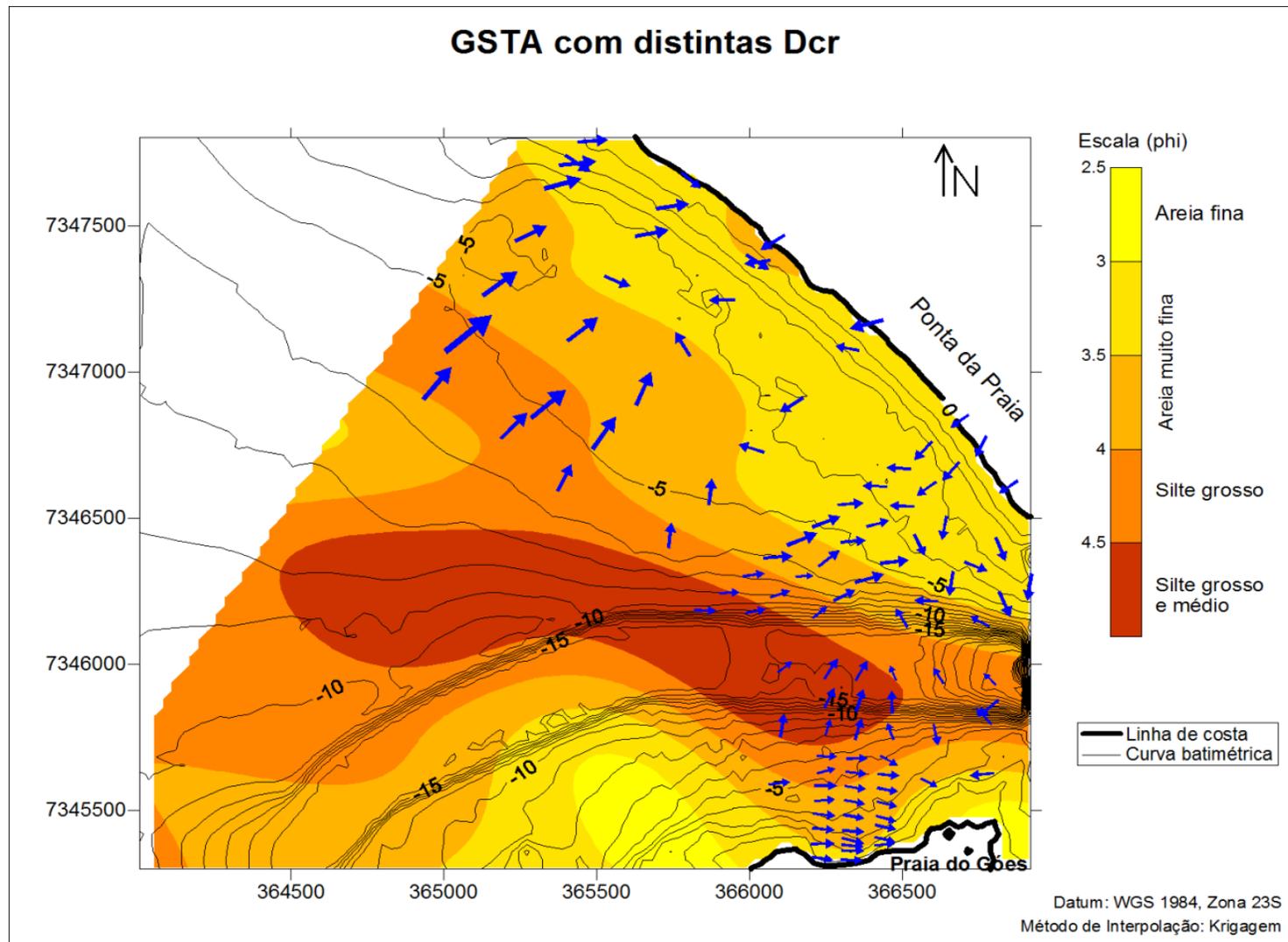


Figura 4.3-1. Resultado do modelo GSTA para distintas Dcr.

As principais tendências obtidas pelo GSTA foram:

- Deriva litorânea para leste entre os canais 4 e 5;
- Transporte costa-afora (fuga de sedimentos) ao longo de todos os pontos da Praia de Santos (transectos Stos 18, 19, 21, 22, 23) entre as isóbatas de 1 e 2 m;
- Transporte costa-afora (fuga de sedimentos) nos transectos da Ponta da Praia de Santos (transectos Stos 19, 21, 22 e 23), desde a linha de costa até a isóbata de 4 m;
- Nessa mesma área, transporte costa-adentro desde a borda do Canal de Navegação até a isóbata de 4 m, e depois inflexão do transporte rumo ao interior do Estuário, o qual se une com outros transportes longitudinais provenientes da Ponta da Praia (outra fuga de sedimentos);
- Transporte costa-adentro em todo no setor oeste da Baía de Santos (transectos Stos 15, 16, 18), a partir da isóbata de 6 m (perfil de fechamento da praia) aproximadamente até a linha de costa (2 m), com tendências a inflexões nessa para leste próximo à linha de costa;
- Transportes de rumo leste na Enseada do Góes (transectos Góes 1, 2 3) e área contígua, entre a Praia do Góes e a isóbata de 5 m, indicando uma proveniência da área externa a oeste (Ponta dos Limões);
- Fuga de sedimentos para dentro do Canal de Navegação nessa mesma área, a partir da isóbata de 6 m.

Modelo TRANSVEC

O modelo TRANSVEC gera os resultados para as tendências de transporte diferentes: FM-, GM+, GM- e FM+.

A Figura 4.3-2 mostra o agrupamento de todas as tendências. Para tanto, o programa junta todos os resultados, porém aceita apenas o vetor mais significativo em cada ponto.

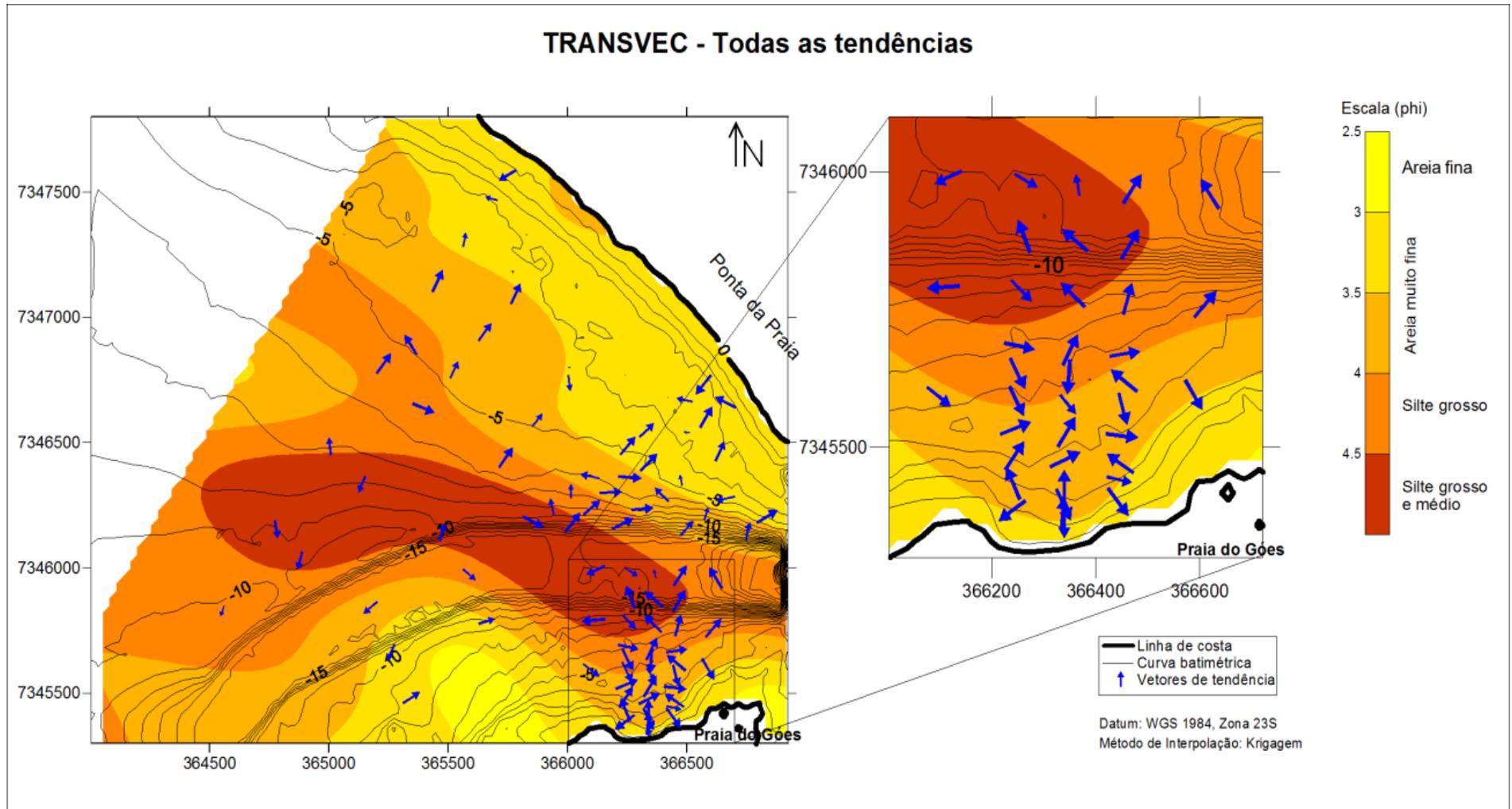


Figura 4.3-2. Resultado do modelo TRANSVEC para todas as tendências.

O modelo resultante é predominantemente composto pelos resultados da tendência 3 (GM- mais grosso, melhor selecionado, com assimetria mais negativa) e menos composto pela tendência 4 (FM+ mais fino, melhor selecionado, com assimetria mais positiva), conforme mostra o histograma da Figura 4.3-3.

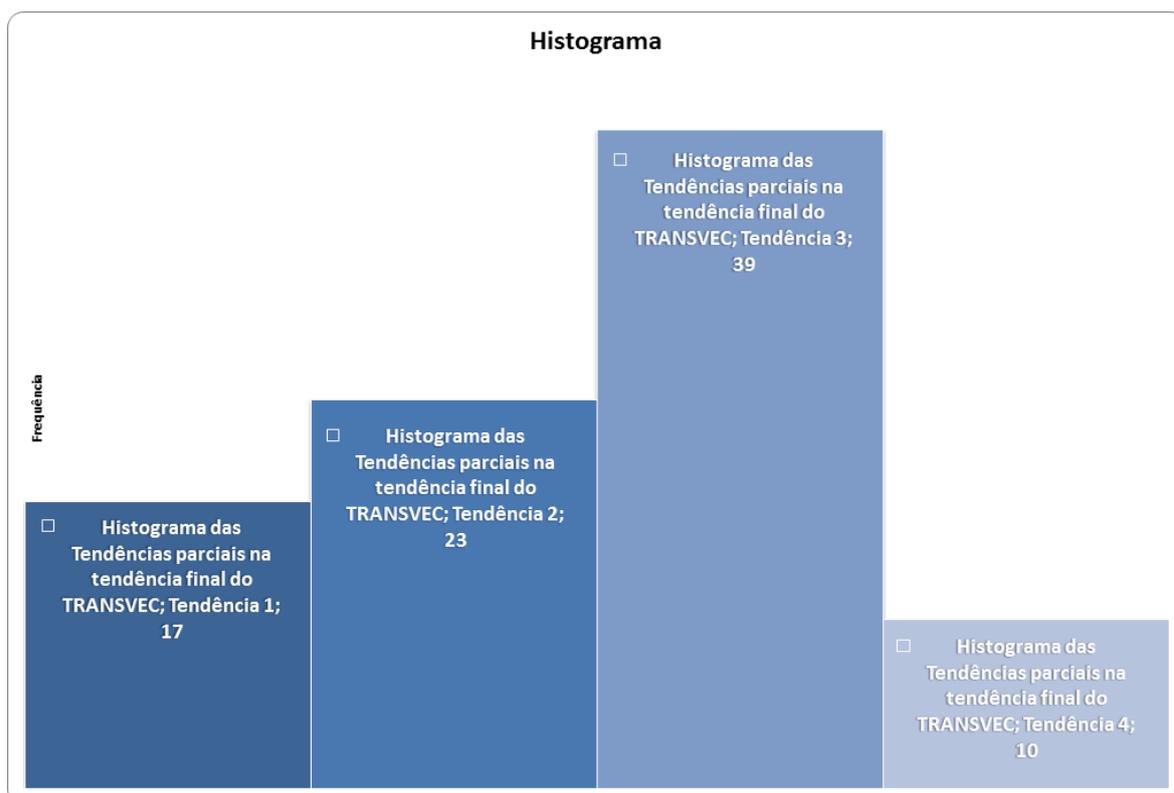


Figura 4.3-3. Histograma de frequência das tendências parciais sobre a tendência final, de acordo com o modelo TRANSVEC.

As principais tendências obtidas pelo modelo TRANSVEC foram:

- Transporte costa-afora (fuga de sedimentos) nos transectos Stos 16, 21 e 22, até a isóbata de 4 m;
- Transporte costa-adentro, nessa mesma área, desde a borda do Canal de Navegação até a isóbata de 4 m;
- Transporte costa-adentro desde a borda do canal até a isóbata de 4 m na porção ocidental do mapa (transectos Stos 16, 15);

- Transportes a partir da área externa a oeste da Enseada do Góes (transectos Góes 10, 9, 8 - Ponta dos Limões) se dirigindo para leste em direção à Enseada;
- Transportes costa-adentro adentrando a Enseada do Góes (transectos Góes 1, 2, 3) desde a isóbata de 5 m;
- Transportes para leste e para fora (fuga de sedimentos), na Enseada do Góes e área contígua até a isóbata de 4,5 m;
- Fuga de sedimentos da área contígua à Enseada do Góes, a partir da isóbata de 6 m, para dentro do Canal de Navegação.

De maneira geral, as tendências observadas nos dois modelos apresentaram muitas coincidências. A principal diferença entre os resultados reside no fato de que uma das tendências (GM-) que na área foi considerada predominante pelo TRANSVEC, não foi usada pelo GSTA, embora as duas outras usadas neste (FM-, GM+) tenham sido também importantes, daí as muitas coincidências encontradas. Como as diferenças básicas foram em relação à inclusão das assimetrias mais negativas para o caso GM, então houve principalmente a inclusão de novas setas nas áreas com sedimentos mais finos (assimetrias mais positivas).

É importante lembrar que esses resultados caracterizam tendências de transporte residual baseado nas características dos depósitos na época da coleta do sedimento, sendo uma resultante de todos os processos que levaram à deposição desse sedimento. Portanto, os modelos não incluem transportes de curto período, como aqueles que ocorrem durante eventos de alta energia, mas são capazes de identificar o quanto os sedimentos foram mudados por esses processos.

5. Considerações Finais

O estudo das características texturais e químicas dos sedimentos de fundo, bem como a aplicação de métodos de tendência de transporte sedimentar residual, baseados nas características texturais desses sedimentos, se mostraram

ferramentas úteis para a compreensão dos processos sedimentares atuantes no prisma emerso das praias, bem como puderam ajudar na avaliação dos possíveis impactos atuais e futuros das obras de dragagem de aprofundamento no fundo marinho e nas praias.

Algumas conclusões são destacadas a seguir.

- O perfil de fechamento da Praia do Góes se encontra entre 3,5 e 4,5 m de profundidade.
- Na área frontal à Enseada do Góes há o início de uma rampa de declividade suave entre 5,60-6,60 m de profundidade, o que fragiliza a Praia do Góes, deixando-a vulnerável caso haja erosão na borda do talude.
- No Setor Góes, a distribuição caótica dos valores dos parâmetros texturais observadas apenas no interior da Enseada do Góes (até 4,00 de profundidade) e as relativamente menores correlações dos mesmos com a profundidade, refletem instabilidade sedimentar atual e processos internos independentes das obras de dragagem, mas certamente relacionados com o fenômeno de rotação praial identificado no perfil emerso da praia (sendo que a granulometria dos sedimentos do perfil submerso mostrou-se diferente do emerso, evidenciando que essas areias são trazidas de fora durante os regimes de ondas mais intensos, como as ressacas).
- A presença de uma estreita faixa contínua de depósitos anômalos e idênticos entre si, localizada no centro da Enseada do Góes, entre as profundidades de 1,70 e 2,20 m, e sem associação a qualquer anomalia batimétrica, indica a presença de uma superfície provavelmente relictas, exposta pela erosão superficial associada à rotação praial.
- O perfil de fechamento da Praia de Santos, entre o Canal 4 e a Ponta da Praia (transectos Stos 15 a Stos 23), está entre 5,00 e 7,00 m de profundidade.

- A presença de areias muito finas nos transectos Stos 29 e 32, até profundidades de 8,00 m, indica o transporte dessas da Praia de Santos para o interior do Canal Estuarino.
- As características texturais em alguns pontos (transectos Góes 9, 10) da borda do canal sugerem impactos das obras de dragagem associados ao corte de depósitos antigos e escorregamentos no talude.

Em relação ao transporte residual, destacam-se três importantes mecanismos, comuns aos dois modelos utilizados:

- Na área entre o Canal 5 até a Ponta da Praia, a fuga de sedimentos da praia para as maiores profundidades e em direção ao Estuário, pode explicar a erosão acelerada que vem sendo observada nesse trecho da Praia de Santos.
- As direções de transporte (longitudinal para leste, costa adentro) identificadas na Praia/Enseada do Góes integram os fatores necessários para desencadear o mecanismo de rotação praiial, iniciado entre fevereiro e março de 2010, após um ano de muitas ressacas como foi 2009.
- Os transportes indicam fuga de sedimentos da área contígua à Enseada do Góes, a partir da isóbata de 6 m e para dentro do Canal de Navegação. Como o início da rampa de declividade suave, está entre 5,60-6,60 m de profundidade, essa fuga de sedimentos pode ser considerada um impacto da obra de dragagem de aprofundamento.

Os resultados desses modelos corroboram com aqueles apresentados pela modelagem feita no âmbito do estudo “*Avaliação da Estabilidade do Talude do Canal de Navegação e Modelagem Morfodinâmica na Baía de Santos*”, parte integrante do “*Estudo sobre a Hidrodinâmica e o Transporte de Sedimentos na Ponta da Praia de Santos e Praia do Góes*”.

O início da rampa de declividade suave, que se tornou mais íngreme após as obras de dragagem, encontra-se em profundidades em torno de apenas 1,50 a 2,00 m abaixo dos limites de profundidade de fechamento da praia do Góes. Portanto, fica o alerta que, em período futuro, os reajustes dos processos erosivos nessas áreas poderão se intensificar e interceptar a base do perfil praiial

(profundidade de fechamento) e, então, desencadear e/ou aumentar os processos erosivos nessas praias. Neste sentido, a Praia do Góes é mais vulnerável do que a Praia de Santos.

Outra situação crítica relacionada a esse fato está ligada às metas de continuidade do aprofundamento do Canal de Navegação, projetado para mais dois metros abaixo da profundidade atual, o que poderia levar as praias a uma situação ainda mais crítica.

6. Referências Bibliográficas

- Asselman, N.E.M. (1999). Grain-size trends used to assess the effective discharge for floodplain sedimentation, river Waal, the Netherlands. *Journal of Sedimentary Research*, 69 (1), 51–61.
- Chang, Y.H.; Scrimshaw, M.D. & Lester, J.N. (2001). A revised grain-size trend analysis program to define net sediment transport pathways. *Computers & Geosciences*, 27: 109-114.
- Dadalto, T.P. & Albino, J. (2009). Análise morfo-textural e aplicação de modelos de transporte de sedimentos na zona submersa adjacente a uma praia em processo erosivo. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 1(1): 16-24.
- Duane, D.B. (1964). Significance of skewness in recent sediments, western Pamlico Sound, North Carolina. *Journal Sedimentary Petrology*, Vol. 34, p. 864-874.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. (1957). Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26.
- Gao, S. (1996). A Fortran program for grain-size trend analysis to define net sediment transport pathways. *Computers & Geosciences*, 22 (4): 449-452.
- Gao, S. & Collins, M. (1991). A critique of the “McLaren method” for defining sediment transport path – Discussion. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61 (1): 143-146.

- Gao, S. & Collins, M. (1992). Sand sediment transport pattern inferred from grain-size trends, based upon definition of “transport vectors”. *Sedimentary Geology*, 80: 47-60.
- Gao, S. & Collins, M. (1994a). Analysis of grain size trends, for defining sediment transport pathways in marine environments. *Journal of Coastal Research*, 10 (1), 70–78.
- Gao, S. & Collins, M. (1994b). Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of “transport vectors”—reply. *Sedimentary Geology* 90, 157–159.
- Hill, S.H. & McLaren, P. (2001). A comparison between log-hyperbolic and model-independent grain size distributions in Sediment Trend Analysis (STA). *Journal of Coastal Research*, 17 (4), 931–935.
- Klein, A. H. F.; Ferreira, O.; Dias, J. M. A. & Tessler, M. G. (2008). Morphodynamics of headland-bay beaches: examples from Southern Brazil. *In: COPEDEC VII, 2008, Dubai, UAE. Paper nº 101, 29p.*
- Krumbein, W.C. (1938). Size frequency distributions of sediment and the normal phi curve. *Journal of Sedimentary Petrology*, 8, 84–90.
- Lamour, M.R. (2007). Morfodinâmica Sedimentar da Desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná. 161p.
- Lee, D. & Schachter, B. (1980). Two Algorithms for Constructing a Delaunay Triangulation, *International Journal of Computer and Information Sciences*, Vol. 9, No. 3, pp. 219-241.
- Le Roux, J.P. (1994a). Net sand sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of “transport vectors” – comment. *Sedimentary Geology*, 90: 153-156.
- Le Roux, J.P. (1994b). An alternative approach to the identification of net sediment transport paths base on grain-size trends. *Sedimentary Geology*, 94: 97-107.
- Le Roux, J.P. (1994c). A spreadsheet template for determining sediment transport vectors from grain-size parameters. *Comput. Geosci.* 20 (3), 433–440.

- Martins, C.C. (2006). Morfodinâmica de praia refletiva: estudo de caso na Praia da Sununga, Litoral Norte do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico-USP, 209 p.
- McLaren, P. (1981). An interpretation of trends in grain size measures. *J. of Sediment. Petrology*. v. 51, n. 2. p 611-624.
- McLaren, P. & Bowles, D. (1985). The effects of sediment transport on grain-size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55 (4): 457-470.
- Ojeda, E.; Guillén, J. & Ribas, F. (2010) The morphodynamic responses of artificial embayed beaches to storm events. *Adv. Geosci.*, 26: 99–103
- Petitjohn, F.G. & Ridge, J.D. (1938). A textural variation series of beach sands from Cedar point. *Ohio J. Sediment. Petrol.* 2 (2), 76–88.
- Poizot, E., Méar, Y., Thomas, M. & Garnaud, S. (2006). The application of geostatistics in defining the characteristic distance for grain size trend analysis. *Comput. Geosci.* 32 (3), 360–370.
- Poizot, E.; Méar, Y. & Biscara, L. (2007). Sediment Trend Analysis through the variation of granulometric parameters: A review of theories and applications. *Earth-Science Reviews* 86 (2008) 15–41.
- Plumley, W.J. (1948). Black Hills terrace gravels: a study in sediment transport. *J. Geol.* 56 (6), 526–577.
- Ranasinghe, R.; McLoughlin, R.; Short, A. & Symonds, G. (2004). The Southern Oscillation Index, wave climate, and beach rotation. *Marine Geology*, 204: 273-287
- Rocha, A.C. da. (2003). Aplicação de Método Diretos e Indiretos na Análise da Dispersão de Sedimentos na Baía de Santos. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico-USP. 90p.
- 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 (184 p.) e Volume II – Anexos (174 p.).
- 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), 30/10 - 04/11/2011. Boletim de Resumos Expandidos (CD-ROM).

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 Congresso Iberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales (GIAL), Cadiz, Espanha, 25-27/01/2012. Anais (pen-drive).

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

Tanner, W.F. (1995). Environmental Clastic Granulometry. Department of Environmental Protection, Florida Geological Survey. Special Public. nº 40, 142p.

Thomas, T.; Phillips, M. R.; Williams, A. T. & Jenkins, R.E. (2011). Short-term beach rotation, wave climate and the North Atlantic Oscillation - NAO. Progress in Physical Geography, 35(3): 333–352

Veiga, F.A.; Angulo, R.J.; Marone, E.; Brandini, F.P. & Soares, C.R. (2005). Padrões de transporte de sedimentos baseados em três programas geradores de vetores granulométricos na porção sul do delta de desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá – sul do Brasil. Boletim Paranaense de Geociências, 57: 75-87.

Yang C., Kao S., Lee F., Hung P. (2004). Twelve Different Interpolation methods: A Case Study of Surfer 8.0. Geo-Imagery Bridging Continents, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004 Istanbul, Turkey. <http://www.isprs.org/istanbul2004/comm2/papers/231.pdf>, acesso em 10/03/2012.