Diana Melo Italiani

Resposta morfodinâmica à alimentação artificial da Ponta da Praia, Santos, SP.

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Geológica.

Orientador: Prof. Dr. Michel Michaelovitch de Mahiques

São Paulo

2014

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

Resposta morfodinâmica à alimentação artificial da Ponta da Praia, Santos, SP.

Diana Melo Italiani

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Geológica.

Julgada em ____ / ____ / ____

Prof. Dr. Michel Michaelovitch de Mahiques

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Mudanças morfológicas	3
1.2 Processos de transformação das ondas na região costeira.....	6
1.3 Alimentação artificial de praias.....	6
2. OBJETIVOS	8
3. ÁREA DE ESTUDO.....	9
3.1 Características geológico-geomorfológicas	13
3.2 Transporte de sedimentos	14
3.3 Características climáticas	15
3.4 Características oceanográficas	17
4. MÉTODOS	19
4.1 Levantamento de campo.....	20
4.1.1 Perfil Praiaal	21
4.1.2 Sedimentos.....	22
4.2 Processamento dos dados.....	23
4.2.1 Dados topográficos	23
4.2.2. Volume de sedimentos	25
4.2.3 Granulometria e porcentagem de CaCO ₃	26
4.3 Dados meteorológicos e oceanográficos	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1 Condições meteorológicas	28
5.1.1 Frentes frias.....	28

5.2 Perfil praial	35
5.2.1 Dias 13 de Junho e 20 de Julho de 2012.....	36
5.2.2 Coleta de dados durante as alimentações artificiais (Setembro, Outubro e Novembro de 2012)	38
5.2.3 Coleta de dados no ano de 2013 (Abril e Maio).....	57
5.3. Sedimentos	67
5.3.1 CaCO_3	68
5.3.2 Distribuição do diâmetro médio.....	70
6. CONCLUSÕES	73
7. LIMITAÇÕES.....	75
8. REFERÊNCIAS.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Enseada e Estuário de Santos e São Vicente. Os canais de Santos (1 a 7) estão evidenciados em cor marrom e as praias amostradas em cor amarela (aquelas pertencentes aos respectivos municípios estão separadas pelo emissário submarino), e local de estudo(cor vermelha). [adaptada de Manzano (2009)].	11
Figura 2. Malha amostral e pontos de coleta de sedimento em vermelho. (Foto: Instituto Florestal de São Paulo)	20
Figura 3. Aparelho DGPS utilizado em campo. Receptor fixo (esquerda) e receptor móvel (direita).	22
Figura 4. Obtenção da altura ortométrica. H: altura ortométrica; h: altura elipsoidal; N:altura geoidal. (IBGE).	24
Figura 5. Ocorrências de frentes frias no mês de junho de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.	29
Figura 6. Ocorrências de frentes frias no mês de Julho de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.	30
Figura 7. Ocorrências de frentes frias no mês de Setembro de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.	31
Figura 8. Ocorrências de frentes frias no mês de Outubro de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.	32
Figura 9. Ocorrências de frentes frias no mês de Novembro de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.	33
Figura 10. Ocorrências de frentes frias no mês de Abril de 2013 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.	34
Figura 11. Ocorrências de frentes frias no mês de Maio de 2013 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.	35
Figura 12. Caminhamento e topografia do dia 13 de Junho. (Foto: Instituto Florestal de São Paulo)	36
Figura 13. Caminhamento e topografia do dia 20 de Julho. (Foto: Instituto Florestal de São Paulo)	37
Figura 14. Variação da altura da praia entre os dias 13 de Junho e 20 de Julho de 2012.	37

Figura 15. Topografia dos dias 18(preto) e 21(vermelho) de Setembro.	40
Figura 16. Diferença de altura entre os dias 18 e 21 de Setembro.	41
Figura 17. Topografia dos dias 21(preto) e 25(vermelho) de Setembro.	43
Figura 18. Diferença de altura entre os dias 21 e 25 de Setembro.	44
Figura 19. Topografia dos dias 25 de Setembro(preto) e 2 de Outubro(vermelho).	45
Figura 20. Diferença de altura entre os dias 25 de Setembro e 2 de Outubro.	46
Figura 21. Topografia dos dias 02(preto) e 10(vermelho) de Outubro.	48
Figura 22. Diferença de altura entre os 2 e 11 de Outubro.	49
Figura 23. Topografia dos dias 11(preto) e 15(vermelho) de Outubro.	50
Figura 24. Diferença de altura entre os dias 11 e 15 de Outubro.	51
Figura 25. Topografia dos dias 15(preto) e 31(vermelho) de Outubro.	53
Figura 26. Diferença de altura entre os dias 15 e 31 de Outubro.	54
Figura 27. Topografia nos dias 31 de Outubro(preto) e 09 de Novembro(vermelho).	55
Figura 28. Diferença de altura entre os dias 31 de Outubro e 09 de Novembro.	56
Figura 29. Topografia nos dias 24 de Abril(preto) e 2 de Maio(vermelho).	58
Figura 30. Diferença de altura entre os dias 24 de Abril e 2 de Maio.	59
Figura 31. Topografia dos dias 2(preto) e 8(vermelho) de Maio.	60
Figura 32. Diferença de altura entre os dias 2 de Maio e 8 de Maio.	61
Figura 33. Topografia dos dias 08(preto) e 14(vermelho) de Maio.	62
Figura 34. Diferença de altura entre os dias 8(preto) e 14(vermelho) de Maio.	63
Figura 35. Topografia dos dias 14(preto) e 21(vermelho) de Maio.	64
Figura 36. Diferença de altura entre os dias 14 e 21 de Maio.	65
Figura 37. Topografia dos dias 21(preto) e 28(vermelho) de Maio.	66
Figura 38. Diferença de altura entre os dias 21 e 28 de Maio.	67

Figura 39. Distribuição da porcentagem de carbonato nos dias 18 (esquerda) e 21 (direita) de Setembro de 2012.....	69
Figura 40. Distribuição da porcentagem de carbonato nos dias 11 (esquerda) e 15(direita) de Outubro de 2012.	70
Figura 41. Distribuição do diâmetro médio nos dias 18 (esquerda) e 21(direita) de Setembro de 2012.....	71
Figura 42. Distribuição do diâmetro médio nos dias 11(esquerda) e 15(direita) de Outubro de 2012.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Datas e condições de levantamento..... 21

Tabela 2. Dados sobre realimentação da Ponta da Praia na etapa de 2012,
fornecidos pela Secretaria de Obras do Município de Santos..... 39

Tabela 3. Dados de realimentação da Ponta da Praia na etapa de 2013,
fornecidos pela Secretaria de Obras do Município de Santos..... 57

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Guacira e Roberto, e à minha querida avó Gracilda pelo apoio incomensurável em todas as etapas dessa jornada e da minha vida.

Ao Prof. Dr. Michel Michaelovitch de Mahiques pelo apoio, entusiasmo e, sobretudo, por mais uma vez confiar no meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Eduardo Siegle por disponibilizar seu laboratório e ferramentas necessárias para a realização do projeto.

À Samara Goya por seu apoio profissional e emocional.

Ao Edilson Oliveira por todo o apoio nas análises laboratoriais.

A todos aqueles que madrugaram e desceram a serra comigo para dar apoio nos trabalhos de campo (Filipe, Tito, Paulo, Guilherme, Tete, Dani, Mirella, Ju, Mateus, Pedro, Jana, Samara, Giba, Lebre, Renata, Jasão, Clodô, Débora e Bruna)... um muito obrigada, pois sem vocês, teria sido muito mais difícil e menos divertido!!

Aos motoristas do IO e ao Roberto, pela disponibilidade e por todo o apoio em campo.

Ao Paulo Alves, pelo seu enorme apoio e paciência, sempre disposto a ajudar quando necessário.

Ao Filipe, por sua credibilidade, paciência e humor infalíveis!!

Ao Tito, por seu entusiasmo e seu apoio tanto em campo quanto no laboratório. Aprendi muito com você!

À Lara Conti que, assim como outros amigos especiais, me ajudou com o que podia e não podia me ensinando e aprendendo junto comigo.

À Núria, por todas as tardes compartilhadas no laboratório, pelo carinho e pelo exemplo!

À Cris, por todo seu carinho e energias positivas.

E por fim, à todos aqueles que me proporcionaram alegria e força durante esses anos compartilhando as dificuldades e as conquistas, contribuindo direta ou indiretamente para que a realização desse trabalho fosse possível.

Muito obrigada!

RESUMO

Entender os processos morfodinâmicos de uma determinada região costeira frente a ações naturais e antrópicas é de grande importância para o uso, manutenção e conservação destes ambientes. A Ponta da Praia (Santos, SP) vem sofrendo modificações significativas após a urbanização da Baixada Santista e a construção do Porto de Santos, e vem apresentando aceleração no processo de erosão, sendo necessária a sua manutenção. Para isso, o monitoramento e compreensão dos processos responsáveis pelo comportamento morfodinâmico da praia são de fundamental importância. Neste trabalho buscou-se a melhor compreensão dos processos erosivos da região e, para alcançar os objetivos foram feitos estudos, de forma contínua, da variabilidade da topografia praial em conjunto com a caracterização dos sedimentos superficiais no setor emerso, combinados com o monitoramento meteorológico e do regime de frentes frias da região. Os resultados fornecem informações sobre o comportamento morfo-sedimentar da praia, sua taxa de erosão e suas relações com as forças e manutenções realizadas durante o período de estudo, mostrando que mesmo em curto prazo a alimentação artificial não é eficaz.

Palavras-chave: praia; alimentação artificial; erosão, Santos - São Paulo

ABSTRACT

To understand the morphodynamic processes in a given coastal region facing natural and human actions have great importance for the use, maintenance and conservation of these environments. The Ponta da Praia (Santos, SP) has undergone significant changes after urbanization of Santos and the construction of the Port of Santos, and has shown acceleration in the erosion process, so their maintenance is required. For this, the monitoring and understanding of the processes responsible for the behavior of morphodynamic beach are of fundamental importance. In this study we sought to better understand the erosion processes in the region and to achieve the objective studies were made continuously, of the variability of praias topography together with the characterization of surface sediments in the emerged sector, combined with meteorological monitoring and the system of cold fronts in the region. The results provide information about the morpho-sedimentary behavior of the beach, its rate of erosion and its relations with the forcings and maintenance performed during the study period, showing that even in a short term perspective, the artificial load isn't effective.

Keywords: beach; artificial feeding; erosion, Santos - São Paulo

1. INTRODUÇÃO

Os processos litorâneos ligados às modificações da morfologia costeira resultam da combinação de causas naturais, tais como, ação das ondas, correntes, ventos e movimentos tectônicos, ou causas antrópicas, ligadas à ação humana principalmente através de obras de engenharia costeira. (Alfredini, 2005).

As praias que são formadas por material arenoso respondem a esses processos, em uma pequena escala de tempo, por meio do fenômeno de transporte dos sedimentos, que atua na erosão ou sedimentação na linha de costa. King (1972) definiu ambiente praias como sendo um ambiente sedimentar costeiro, formado em geral por areias de constituição variada, estendendo-se desde onde se inicia a interferência da velocidade orbital das ondas sobre o fundo marinho, até o limite mais continental da ação das ondas de tempestades ou mudanças fisiográficas bruscas. As praias são erodidas, engordam ou permanecem estáveis dependendo do balanço entre volume de sedimentos suprido e disponível e o volume de sedimentos retirado pelo transporte, resultante principalmente da ação de ondas e correntes nas direções longitudinais e transversais à costa.

Sendo assim, a combinação entre os processos naturais e antropogênicos acaba causando, também, a alteração na linha de costa dessas praias, com a presença de trechos erosivos e de deposição, como o que acabou ocorrendo nas praias oceânicas dos municípios de São Vicente e Santos, no Litoral Sul do Estado de São Paulo (Farinnacio et al., 2009).

Segundo Souza (2009), as interferências antrópicas nos ecossistemas costeiros acabam modificando os fatores naturais, que estão relacionados a fatores oceanográficos e hidrológicos, como correntes, ondas e marés. Sendo assim, o homem pode ser causador direto dos processos sedimentares de uma região, que influenciam no balanço sedimentar de uma praia, por meio de engordamento artificial ou retirada de areia das praias.

A linha de costa sofre modificações através de vários mecanismos que fornecem energia para os processos costeiros atuantes na morfodinâmica local, os quais podem ser divididos em forçantes de longo período e de curto período. Tal divisão é relacionada à escala de tempo atuante, sendo as forçantes de longo período relacionadas a eventos de escala temporal da ordem de dezenas a milhares de anos, enquanto que as forçantes de curto período estão relacionadas com eventos de escala temporal da ordem de horas a meses (Dean & Dalrymple, 2002 apud Silva, 2012). Os processos de longo período são representados basicamente pelo conceito de perfil de equilíbrio e variação relativa do nível do mar, enquanto que os processos de curto período são representados pela dinâmica atual local, na qual a principal variável indutora dos processos costeiros é o clima de ondas, responsável pelo transporte longitudinal e transversal à linha de costa (Muehe, 1998). São a energia das ondas, a intensidade e a recorrência das tempestades que comandam a dinâmica dos processos de erosão e acúmulo na interface entre continente e oceano (Tessler & Goya, 2005).

Definições dos padrões de dispersão de sedimentos e distribuição de energia das ondas ao longo da costa contribuem para a avaliação e previsão de mudanças na configuração da linha de costa, minimizando perdas físicas e

econômicas (Silva et al, 2001). Deste modo, avaliações do comportamento morfodinâmico de praias tem aplicação importante para se realizar um gerenciamento costeiro adequado, em situações, por exemplo, de praias urbanizadas que estão sofrendo ou estão sujeitas a processos erosivos (Muehe, 2001 apud Elliff et al, 2013).

A Ponta da Praia vem sofrendo modificações significativas após a urbanização da Baixada Santista e da construção do Porto de Santos; resultando em um presente processo de aceleração da erosão tornando-se necessária sua manutenção. Neste contexto, o presente estudo apresenta uma avaliação do comportamento morfodinâmico do sistema, de modo a auxiliar no entendimento destas modificações.

1.1 Mudanças morfológicas

A ação de agentes oceanográficos sobre a costa provoca transporte, erosão e deposição de sedimentos, acarretando constantes mudanças na configuração do litoral (Muehe, 1995).

A morfodinâmica envolve a interação entre processos físicos, como ondas, correntes e marés, com a topografia local. Nessa interação, os processos de ondas modificam a topografia que, por sua vez, modifica as ondas (Cassiano, 2008). Essas interações mútuas ocorrem de maneira que as alterações, tanto nos processos quanto na morfologia do ambiente praial, mantenham um equilíbrio dinâmico, minimizando com o tempo a necessidade de mais mudanças (Short & Jackson, 2013).

Considerando-se uma praia sem interferências antrópicas, seu estado morfológico é uma resposta direta aos processos atuantes. A classificação mais utilizada do estágio morfodinâmico de praias foi proposta por Wright & Short (1984), onde são reconhecidos dois estágios extremos (refletiva e dissipativa), e entre esses quatro estágios intermediários, sendo cada um dos seis padrões associados a diferentes regimes de ondas e marés. O estado dissipativo é caracterizado por uma extensa zona de surfe e baixo gradiente topográfico, enquanto que o estado refletivo tem como característica o oposto, com uma estreita zona de surfe e alto gradiente topográfico.

O vento é um elemento de fundamental importância no processo de modelação da costa, uma vez que transporta material sedimentar da praia e das dunas, e é o principal responsável pela geração de correntes e ondas superficiais de intensidades e direções variáveis (Coelho, 2005)

As ondas, por sua vez têm um papel fundamental no processo de erosão costeira e, portanto, precisam ser analisadas quanto à geração, características próprias, deslocamento do trem de ondas e tipo de arrebentação na costa. Elas acabam sendo responsáveis pela geração de correntes costeiras que erodem, transportam e depositam sedimentos na praia (Komar, 1983), afetando o balanço sedimentar, podendo causar erosão ou acresção desses ambientes e feições. Por isso, a análise de ação de ondas para a compreensão da morfodinâmica costeira é bastante relevante.

Mudanças espaciais dependem principalmente das variações nas modificações das ondas à medida que estas se propagam para águas mais rasas e vão sendo influenciadas pela geologia e configuração da costa. (Calliari et al., 2003). O perfil topográfico transversal de uma praia e sua variabilidade

resultam, principalmente, de sua granulometria e do clima de ondas. No geral, as praias de granulometria grossa, tendem a apresentar um perfil refletivo, com uma face de praia íngreme e berma elevada. Já em praias de areia fina, ocorre o contrário, sendo essas representadas por um perfil dissipativo (Muehe, 1998).

Em geral, o transporte de sedimentos longitudinais, representado pelo processo de deriva litorânea e, em particular, os gradientes nesse transporte, são responsáveis por mudanças a médio e longo prazos na morfologia de costa, enquanto o transporte transversal é responsável pelas variações em curto prazo (Cabarrão, 2003).

Em ambientes costeiros que apresentam intensa urbanização, os processos que atuam na variação da morfologia local dificilmente geram essas respostas naturais do perfil topográfico, uma vez que a origem dos sedimentos e seu transporte podem ser modificados por obras costeiras, assim como a morfologia de fundo, que acaba interferindo e modificando as características das ondas que atingem o local. Dentre as intervenções mais frequentes no litoral brasileiro estão as relacionadas ao uso e ocupação do solo ou, mais diretamente, à construção de infraestrutura urbana, como ruas calçadas e mesmo residências em regiões situadas ainda sob a ação do mar em períodos de tempestades (Tessler & Goya, 2005). Há também construções de obras rígidas de engenharia como, por exemplo, canais de drenagem, molhes, dentre outros, que alteram e até retêm o transporte longitudinal dos sedimentos ao longo da costa.

1.2 Processos de transformação das ondas na região costeira

Mudanças espaciais no ambiente praias dependem principalmente das variações na modificação das ondas à medida que as mesmas se propagam para águas rasas. Estas modificações são controladas pela geologia e configuração da costa (Calliari et al, 2003). As ondas responsáveis por essas mudanças espaciais são normalmente as chamadas ondas de gravidade, nas quais o mecanismo reparador do movimento é a força gravitacional.

As características das ondas em sua zona de formação dependem da intensidade do vento, tempo de duração e a extensão da superfície aquosa sobre a qual o vento atua.

A zona de arrebentação depende do regime de ondas provenientes de águas profundas no local e pelo grau de modificações que as mesmas sofrem (diminuição ou aumento) antes de atingir o ponto de quebra (Calliari et al, 2003). As ondas que se aproximam da costa transportam energia e, ao interagirem com o fundo, conforme a profundidade local diminui, são submetidas a processos de dissipação dessa energia. Além disso, quando são influenciadas pelo fundo e por várias estruturas naturais e antrópicas, mudanças na direção de propagação podem ser reconhecidas, dentre as quais a difração, refração e a reflexão.

1.3 Alimentação artificial de praias

Em muitos casos a alimentação artificial da praia é utilizada como uma solução temporária, que permite estabilizar ou ampliar praias sujeitas à erosão

quando não se conhecem suficientemente suas causas, ou criar uma nova praia com morfologia adequada para absorver a energia das ondas. Além disso, não necessita de obras fixas que podem causar efeitos colaterais nas áreas adjacentes.

A viabilidade do engordamento artificial depende da granulometria da areia alimentada, material de empréstimo, em comparação à granulometria da areia nativa. No caso do material de empréstimo ser mais grosso do que o nativo haverá a tendência do perfil praial tornar-se mais íngreme do que o natural, sendo também mais estável em relação às perdas para o transporte de sedimento litorâneo. (Alfredini, 2005). Nos casos de alimentação com areias mais finas que as nativas, ocorre a tendência de uma rápida transferência para profundidades maiores.

Em áreas com déficits sedimentares de longo prazo a alimentação é feita na face da costa, que consiste no suprimento de areia da porção mais externa do perfil da costa, tipicamente na face ao largo da barra de arrebentação. Nesse caso, a medida acaba servindo como reforço da base do perfil costeiro e passa a adicionar sedimento ao balanço sedimentar.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal entender o comportamento morfodinâmico da Ponta da Praia em resposta à alimentação artificial frente às forçantes da região que atuam na remobilização de seus sedimentos.

Para isso têm-se como objetivos específicos:

- estimar a taxa de erosão e/ou deposição dos sedimentos utilizando dados morfológicos (topografia da área emersa);
- comparar as características sedimentológicas antes e após os processos de realimentação e entrada de frentes frias.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na região metropolitana da Baixada Santista entre as latitudes de 23,95°S e 24,05°S e as longitudes de 046,25°W e 046,35°W (Figura 1). A região é constituída por nove cidades onde a conexão entre o continente e o mar possibilitou o desenvolvimento das atividades antrópicas nessa parte do território paulista, na qual se encontra uma intensa atividade industrial, portuária e turística, causando modificações ambientais nessa área.

A principal bacia hidrográfica que se desenvolve na Baixada Santista é a do Rio Cubatão, que recebe águas da Bacia do Alto Rio Tietê, situada no planalto, através das descargas provenientes da Usina Hidroelétrica Henry Borden, abastecida pela Represa Billings. A Baía de Santos possui largura de 7 km na parte central, e 11 km em sua entrada (Gregório, 2009). Seu limite a oeste é a Ponta de Itaipu, enquanto que na porção leste seu limite é a Ponta da Manduba (CETESB, 2005 apud Gregório, 2009). A Baía de Santos recebe águas estuarinas provenientes de dois canais, a saber, o Canal de São Vicente, a noroeste, e o Canal do Porto, a nordeste. Há também o Canal de Bertioga que faz parte do complexo estuarino situado entre a Ilha de Santo Amaro (Guarujá) e o continente (Gregório, 2009), mas cuja influência se dá, indiretamente, através do Canal do Porto.

A Baía de Santos apresenta orientação para sul e é exposta à ação de ondas originadas pelos sistemas frontais, oriundos do quadrante sul. Em seu interior se encontra, como obstáculo, a ilha de Urubuqueçaba, onde ocorre a difração de ondas e a presença de um tómbolo natural, como resultado da área

de sombra de deposição da ilha (Rocha, 2003). Além de sua exposição aos sistemas frontais, oriundos do quadrante sul, ficando sujeito aos processos naturais de erosão ligados a fatores geológicos, oceanográficos e meteorológicos, o município de Santos também sofre impactos causados pelo homem. Estes são gerados pela dragagem de aprofundamento e manutenção, derrocagem e remoção de rochas e tubulações, e estruturas fixas na linha de costa como canais de drenagem e o emissário submarino (Elliff et al, 2013).

A linha de costa é composta por um arco praial, com direção aproximada E-W, mais largo na porção central e estreitando-se em direção ao Canal do Porto. Este arco praial foi subdividido regionalmente compreendendo as praias de Itararé (no município de São Vicente), de José Menino, Gonzaga, Boqueirão, Embaré, Aparecida e Ponta da Praia, sendo cada uma dessas praias separadas por canais de drenagem pluvial. Estes canais são uma particularidade da cidade de Santos, construídos perpendicularmente à linha de costa, a uma distância de aproximadamente 1 km um do outro, com o objetivo de conectar o mar ao ambiente estuarino para circulação da maré e do sistema de drenagem da cidade (Manzano, 2009).

Figura 1. Enseada e Estuário de Santos e São Vicente. Os canais de Santos (1 a 7) estão evidenciados em cor marrom e as praias amostradas em cor amarela (aquelas pertencentes aos respectivos municípios estão separadas pelo emissário submarino), e local de estudo (cor vermelha). [adaptada de Manzano (2009)].

Em 2005 foi realizado um estudo demonstrando que há um maior volume de areia nas áreas dos canais 1, 2 e 3, confirmando que ocorre maior deposição na porção central da baía, região que sofre grande influência das correntes do canal do Porto de Santos e das ondas e correntes de direção sul (Magini et al., 2007 apud Manzano, 2009).

Na década de 70 foi construído o píer do Emissário Submarino, próximo ao Canal 1, afetando o aporte de sedimentos para as praias a oeste do mesmo, como a praia de Itararé, pertencente ao município de São Vicente.

A orla que compreende as praias de Santos apresenta características de impermeabilização do solo a partir do pós-praia, devido à presença do calçadão e de seu jardim frontal de praia, considerado o maior em extensão do mundo (Elliff et al, 2013).

A Ponta da Praia está localizada próxima à entrada do Canal do Porto, no extremo leste da Baía de Santos, sendo um segmento praial estreito (diminui em direção ao Canal do Porto), apresentando granulometria de areia fina e sujeito à ação de ondas diretas por ocasião da entrada de frentes frias. (Farinnacio et al., 2009). A praia é bloqueada por muros paralelos à linha de costa, instalados na pós-praia, com a existência também de píeres de atracação transversais à linha de costa.

Segundo o estudo feito por Farinnacio et al. (2009), referente à variação da linha de costa na Baía de Santos e São Vicente, esta apresentou, neste segmento praial, um avanço de aproximadamente 50 metros entre 1962 e 1977, quando a estrutura do emissário ainda não existia e não barrava os sedimentos da deriva litorânea, uma vez que o Canal do Porto servia como molhe hidráulico, favorecendo a deposição de sedimentos naquele ponto da praia. Ainda neste estudo, foi observado que, após 1977, o segmento passou a apresentar um recuo constante e, em 2000 a linha de costa já se encontrava situada praticamente na mesma posição encontrada em 1962, acreditando-se que a causa mais plausível para esse recuo seja a ausência do aporte de sedimentos, retidos no emissário submarino.

3.1 Características geológico-geomorfológicas

A área de estudo do presente projeto apresenta um complexo de terrenos sedimentares quaternários e rochas pré-cambrianas, estas últimas sob a forma de morros, circundados pelos sedimentos da planície costeira. (Rocha, 2003).

Trata-se de uma região limitada por duas amplas unidades morfotectônicas, a Bacia de Santos e a Serra do Mar (Ab' Saber, 1969; Ponçano, 1985).

Ao sul da Ilha de São Vicente encontra-se a Baía de Santos, que engloba todas as praias da cidade de Santos e São Vicente. Nessas praias são lançados excessos dos efluentes coletados pelos sete canais que drenam toda a cidade de Santos. Os estuários de Santos e São Vicente, por sua vez, são alimentados por um conjunto de mananciais provenientes da Serra do Mar ou de origem local.

Segundo o estudo feito por Rocha (2003), a porção oeste da Baía de Santos é um pouco mais rasa que a porção leste e apresenta uma feição em forma de canal, que propicia o transporte de sedimentos baía adentro. Além disso, foi observado o predomínio da fração de areia em toda a baía. Presenças maiores de sedimentos siltsos são encontradas na porção centro-oeste, sudeste e na desembocadura do Canal do Porto.

3.2 Transporte de sedimentos

O mapa de transporte residual de sedimentos, elaborado no estudo de Rocha (2003), indicou transporte de sedimento paralelo à Ilha de São Vicente, na direção Leste-Oeste, a partir do Canal do Porto em direção à Ilha Porchat. Indicou também transporte na direção Oeste-Leste proveniente do Canal de São Vicente, ocorrendo a confluência dos dois transportes ao sul da Ilha Porchat, condicionando uma zona de deposição. Além disso, foi observada uma área de deposição de sedimentos ao sul da Ilha de Santo Amaro e transporte Norte-Sul na porção leste da baía.

Através das análises de circulação, foi observada a presença de um vórtice próximo à desembocadura do Canal do Porto, que possui giro anti-horário, possivelmente por influência de uma maior profundidade devido à dragagem do canal de navegação.

Três setores principais de sedimentos com maior deposição de finos e matéria orgânica sedimentar foram identificados por Fukumoto (2003):

1 » Desembocadura do Canal do Porto: sedimentação possivelmente relacionada à quebra de energia do fluxo no encontro das águas do canal com a baía.

2 » Ponta da Munduba: sedimentação relacionada com fatores hidrodinâmicos e possível influência do descarte de dragagens de décadas anteriores

3 » Centro-Oeste da Baía de Santos: controle exercido pela hidrodinâmica da área e influência do Emissário Submarino José Menino, onde o fluxo pode ter agido como barreira hidráulica (Rocha, 2003).

3.3 Características climáticas

A análise dinâmica do tempo é fundamental para definição e compreensão dos processos erosivos e deposicionais em uma região costeira, e os dados climáticos têm um papel importante por responder diretamente pelos fenômenos de deslocamento do nível do mar, de circulação das águas costeiras e pelas ondas geradas pelas condições meteorológicas reinantes (Martins, 2006). Sendo assim, as perturbações frontais que ocorrem no litoral paulista e condicionam a circulação atmosférica são a base para compreender a origem das modificações de pequena escala de tempo da morfologia costeira.

A ação das perturbações frontais está relacionada com a alternância de duas massas de ar, uma de origem tropical marítima e outra polar marítima. Esse processo é controlado em escala regional pela interação dos Anticiclones Migratórios do Sul ou Anticiclones Polares Móveis (APM), antecidos pelas frentes frias, e o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA), ou ainda, o Anticiclone semipermanente do Atlântico, que é responsável pela geração de vento do oceano para o continente durante todo o ano. (Martins, 2006). Cabe ressaltar que frentes frias são zonas de contato entre duas massas de ar com características térmicas distintas e que ciclones são regiões de baixa pressão com circulação horária no Hemisfério Sul e que também são sistemas

transientes, isto é, sistemas que nascem, deslocam-se de uma região para outra, e então, dissipam-se (Reboita et al, 2012).

Na costa sul e sudeste brasileira, entre Chuí (RS) e Cabo Frio (RJ) as ondas que atingem a costa são forçadas pelos ventos alísios em boa parte do ano (ondas de NE). Porém, para este setor do litoral, as ondas incidentes com maior capacidade de transporte sedimentar costeiro são as associadas aos sistemas frontais. Estas apresentam, em média, períodos de 10 a 16 segundos e alturas de 1 a 4 metros.

O Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) está relacionado aos ventos alísios, predominando direções NE e NW, com sentido anti-horário na latitude sul entre 10°S e 40°S, o que favorece a propagação de correntes de deriva litorânea de direção SW, em relação à costa paulista, a qual tem orientação na direção geral SW-NE. Os Anticiclones Polares Móveis acarretam a mudança na direção do vento, que passa a soprar do quadrante S, e é responsável por sistemas de ondas de S e SE, geradoras de deriva litorânea que percorrem a costa rumo geral nordeste (Martins, 2006). Cabe ressaltar que os sentidos das correntes de deriva litorânea estão ligados também à orientação da costa.

Ocorre variação de frequência na distribuição das perturbações em relação às estações do ano, sendo a maior frequência marcada pelo período de transição entre o domínio das massas de ar predominantes (ATA e APM), compreendido entre os meses Março-Abril e Outubro-Novembro (Martins, 2006).

3.4 Características oceanográficas

O litoral sul paulista localiza-se numa área caracterizada pelo regime de micro maré semi-diurna, ou seja, com amplitude menor que 2 metros, e seus picos ocorrem duas vezes ao dia (Gagliardi, 2013).

Segundo Harari & Camargo (1998) as principais forçantes que influenciam a circulação na Baía de Santos são os gradientes baroclínicos de pressão causados pelas descargas fluviais dos dois tipos principais canais existentes, Canal do Porto e Canal de São Vicente, as marés e os ventos sinóticos. “Esses mesmos autores afirmam que a geomorfologia de fundo também apresenta papel fundamental na circulação da baía.” Em situação de maré alta, há correntes em direção ao mar aberto na porção mediana da baía. Porém, em situações de baixamar, há evidências de movimentos anti-horários, decorrentes principalmente da geomorfologia de fundo e do efeito dinâmico do fluxo do Canal do Porto (Fúlfaro & Ponçano, 1976 apud Marques, 2006).

O nível do mar pode se elevar extraordinariamente causando inundações na costa, quando tempestades severas atingem o litoral durante períodos de máxima maré astronômica (sizígia) (Campos et al, 2010). Nesse caso, a diferença entre a maré observada e a maré astronômica prevista para determinado local, quantifica a influência desse tipo de fenômeno sobre a orla continental, sendo definida como maré meteorológica (Pugh, 1987 apud Campos et al, 2010). No estudo de Campos et al (2009) foi obtida a porcentagem de eventos de sobre-elevação do nível do mar em cada estação do ano, para a região de Santos entre os anos de 1951 e 1990. A ocorrência média, segundo o estudo, foi de 14,5% na primavera, 13,4% no verão, 40,2%

no outono e 30,8% no inverno. Considerando todo o período analisado, chegou-se à média anual de 12 eventos de maré meteorológica acima de +0,38 metros, e 7 eventos de maré meteorológica abaixo de -0,38 metros. Em relação à intensidade, foi observado em média, que os extremos positivos estão associados a pistas com ventos acima de 8 m/s sobre o oceano próximo à costa. Campos et. al. (2009) concluíram que fenômenos extremos, envolvendo o nível do mar, não tendem a ocorrer com forçantes locais próximas a Santos, mas dependem da evolução temporal e persistência da pista de vento de sudoeste ao longo de toda a costa sul-sudeste brasileira.

4. MÉTODOS

Foram feitos doze trabalhos de campo na área de estudo ao longo de 2012 e mais seis ao longo de 2013, sendo os dois primeiros com a finalidade de determinar as características topográficas da Ponta da Praia e de testar a metodologia de estudo proposta; os restantes foram efetuados com a finalidade de observar a resposta morfodinâmica do ambiente frente aos processos de realimentação artificial em diferentes condições de tempo.

A metodologia proposta para este estudo consistiu em levantamentos topográficos e sedimentológicos em situações distintas de tempo e, de modificações antrópicas na área adjacente.

Os caminhamentos para o levantamento topográfico foram realizados seguindo o padrão da malha apresentada na figura 2 e foram coletadas três amostras de sedimentos a cada dois perfis perpendiculares à costa. O tamanho da malha amostral variou conforme as condições de maré em cada trabalho de campo.

Figura 2. Malha amostral e pontos de coleta de sedimento em vermelho. (Foto: Instituto Florestal de São Paulo)

4.1 Levantamento de campo

A área emersa referente à área de estudo está localizada no extremo leste da Baía de Santos, apresentando forma triangular, como pode ser observado na figura 3, de aproximadamente 20.000 m². A tabela 1 apresenta as datas em que foram realizados os levantamentos e as condições de maré durante as coletas.

Tabela 1. Datas e condições de levantamento.

Dia	Horário de Coleta	Maré	Lua
13/06/2012	14:15	Vazante (~0.5 m)	Minguante
20/07/2012	12:05	Enchente (~1 m)	Nova
18/09/2012	11:40	Enchente (~0.5 m)	Nova
21/09/2012	12:40	Enchente (~0.7m)	Nova
25/09/2012	09:50	Enchente (~0.7m)	Crescente
02/10/2012	11:35	Enchente (~0.4m)	Cheia
09/10/2012	09:10	Enchente (~0.9m)	Minguante
10/10/2012	09:00	Enchente (~0.8m)	Minguante
11/10/2012	08:40	Enchente (~0.5m)	Minguante
15/10/2012	09:05	Enchente (~0.2m)	Nova
31/10/2012	09:30	Enchente (~0.3m)	Cheia
09/11/2012	10:40	Enchente (~0.8m)	Minguante
24/04/2013	10:40	Enchente (~0.4m)	Crescente
02/05/2013	09:10	Enchente e Vazante (0.8-0.9)	Minguante
08/05/2013	09:40	Enchente (~0.6m)	Minguante
14/05/2013	09:50	Enchente (~0.2m)	Nova
21/05/2013	09:40	Enchente (~0.9m)	Crescente
28/05/2013	10:10	Enchente (~0.5m)	Cheia

4.1.1 Perfil Praia

Foram feitos levantamentos topográficos do setor emerso da praia, utilizando um sistema de posicionamento global diferencial (DGPS) para caracterização da praia e acompanhamento da sua evolução durante os períodos de realimentação.

Aquisição de dados DGPS podem ser do tipo estático ou cinemático, sendo este último utilizado para obter dados de forma contínua. No trabalho

foram obtidos os dados do tipo pós-processado cinemático, no qual os dados de um receptor fixo e de um receptor móvel são coletados de forma independente e são processados posteriormente, com um erro horizontal máximo admitido de 1 cm. Para isso, foram utilizados os aparelhos do modelo *Trimble 5700* como receptor fixo e, *Trimble R3* como receptor móvel.

Durante as campanhas, o receptor fixo foi instalado no Emissário Submarino José Menino, em um ponto georreferenciado, para coleta das informações referentes aos “erros de posicionamento” (variações temporais das coordenadas em um ponto fixo), sendo possível assim, posterior correção no processamento dos dados levantados pelo receptor móvel.

Figura 3. Aparelho DGPS utilizado em campo. Receptor fixo (esquerda) e receptor móvel (direita).

4.1.2 Sedimentos

A coleta de sedimentos foi feita seguindo uma ordem de 3 amostras a cada duas secções, diminuindo conforme a geometria da praia na porção

sudeste, como mostrado na figura 3 onde estão indicadas com os pontos vermelhos. Para posterior análise no laboratório as amostras foram coletadas nos primeiros dois centímetros da camada de sedimentos da superfície e armazenadas em potes transparentes de prolipropileno com capacidade de 80 ml. Em cada campo, foram obtidas quantidades variadas de amostras devido à variação da área espacial de acordo com a maré. Portanto, a quantidade de pontos amostrais variou entre 20 e 30 amostras durante os levantamentos.

4.2 Processamento dos dados

4.2.1 Dados topográficos

O processamento dos dados de topografia foi realizado no software Trimble Business Center® (TBC) após cada trabalho de campo. Para a correção, foi estabelecida uma coordenada fixa no emissário José Menino ($23^{\circ}58'14.4''S$ e $46^{\circ}21'01.1''W$), com os dados obtidos pela base durante 8 horas seguidas e os dados obtidos no site do IBGE de um ponto conhecido na Escola Politécnica da USP e outro situado em Cachoeira Paulista. Após a triangulação, o ponto criado com coordenada conhecida foi utilizado nos demais campos.

Após o processamento dos dados no TBC, foi possível extrair uma planilha com as informações de posicionamento (latitude, longitude e altura) de cada ponto obtido no levantamento. Foi utilizado o programa MAPGEO2010 do IBGE para referenciar as elevações obtidas ao modelo de geoide adotado no

Brasil (SIRGAS2000). Para converter a altitude elipsoidal (h), obtida através de GPS, em altitude ortométrica (H), utiliza-se a Equação 1:

$$H = h - N \quad (1)$$

em que N é a altura (ou ondulação) geoidal fornecida pelo programa, dentro da convenção que considera o geóide acima do elipsóide se a altura geoidal tiver valor positivo e abaixo em caso contrário (IBGE). A figura 4 ilustra a correção ortométrica.

Figura 4. Obtenção da altura ortométrica. H : altura ortométrica; h : altura elipsoidal; N : altura geoidal. (IBGE).

Posteriormente esses dados corrigidos foram tratados e analisados com o auxílio do software Surfer 9.0, onde foram elaboradas malhas espaciais pelo

método de interpolação Vizinho Natural, que não extrapola valores, resolvendo a interpolação somente para a área de domínio dos dados.

Os mapas de diferenças altimétricas foram construídos através da subtração entre duas malhas de dados interpolados, de dois em dois campos, com a ferramenta “Math” do Surfer.

Também foram feitos perfis topográficos, perpendiculares à linha de costa, em três setores da praia (A, B e C) para cada campo, com a finalidade de obter mais uma visualização da variação espacial da altura, sendo possível observar qual dos três setores apresentaram maior ou menor sensibilidade aos agentes erosivos.

4.2.2. Volume de sedimentos

O volume de sedimentos foi calculado a partir da integração entre uma superfície $f(x,y)$, parametrizada a partir da malha interpolada, e uma superfície plana Z , com valor inferior ao menor valor altimétrico encontrado em todos os levantamentos que, para o presente estudo foi igual a -1 metro. O software Surfer calcula o volume utilizando três métodos distintos: Regra trapezoidal; Regra de Simpson e Regra de Simpson 3/8. A diferença entre os volumes calculados pelas três regras fornece uma medida da acurácia dos cálculos de volume e consequentemente a qualidade da malha calculada. Caso os valores encontrados pelos três métodos sejam próximos, considera-se a malha satisfatória e o volume líquido utilizado torna-se a média entre os três métodos (Silva, 2012). Para comparação de volume entre um campo e outro foram criadas máscaras padrão para cada dois campos comparados, de mesma

dimensão espacial, que limitam horizontalmente as duas malhas interpoladas para que tenham a mesma área.

4.2.3 Granulometria e porcentagem de CaCO₃

A análise granulométrica permite a identificação de variações da energia deposicional, quando não há interferências antrópicas no processo de deposição.

Para caracterização do sedimento da área foram executadas análises granulométricas no Laboratório de Sedimentologia do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. As amostras foram tratadas, sendo retirado todo o CaCO₃ por meio de adição de solução de HCl diluído a 10% sendo, após secagem, introduzidas no analisador a laser Malvern 2000 para reconhecimento das frações granulométricas. Também foi realizada a pesagem de cada amostra, antes e depois da adição do HCl, com a finalidade de obter a porcentagem de CaCO₃ em cada amostra, para buscar identificar as zonas nas quais a ação marinha é mais intensa.

4.3 Dados meteorológicos e oceanográficos

Para avaliar os perfis em relação às forçantes oceanográficas atuantes durante o período de estudo, foi feito um levantamento do número de sistemas frontais que atingiram o litoral de Santos nos meses em que os levantamentos foram efetuados, a partir de dados disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE). Estes dados são disponibilizados no site da instituição, por

meio de cartas de síntese sinóticas mensais. Tais cartas fornecem o acompanhamento dos principais sistemas meteorológicos que atuaram na América do Sul a norte do paralelo 40°S, além de uma análise de anomalias de precipitação e temperatura atmosférica durante o período (Silva, 2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Condições meteorológicas

5.1.1 Frentes frias

A passagem de frentes frias foi obtida através da análise das sínteses sinóticas emitidas pelo CPTEC. As figuras de números 5 a 11 ilustram a passagem de frentes frias pelo litoral brasileiro nos meses de Junho, Julho, Setembro, Outubro e Novembro do ano de 2012 e dos meses de Abril e Maio do ano de 2013.

A Figura 5 apresenta as frentes frias que ocorreram no litoral brasileiro no mês de Junho de 2012, período em que foi feito o primeiro campo. Apesar de terem sido registradas 10 frentes frias no total, somente três influenciaram a área de estudo, sendo estas as representadas pelos números 1, 6 e 7.

Figura 5. Ocorrências de frentes frias no mês de junho de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.

No mês de Julho de 2012, o litoral paulista foi atingido por cinco das onze frentes frias registradas durante este período, sendo essas as ocorrências de números, 3, 5, 6, 9 e 11, apresentadas na figura 6.

Figura 6. Ocorrências de frentes frias no mês de Julho de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.

No mês de Setembro de 2012, período em que recomeçou o processo de realimentação da praia, a área de estudo foi atingida por 3 das 8 frentes frias, sendo essas as de número 6, 7 e 8, como é mostrado na figura 7. A partir do dia 20, a sexta frente fria atingiu São Paulo se deslocando para o oceano até as proximidades do litoral do Rio de Janeiro. No fim do dia 21 a sétima frente se formou em São Paulo contribuindo para condições de instabilidade. A frente fria de número 8 trouxe à retaguarda uma forte massa de ar polar.

Figura 7. Ocorrências de frentes frias no mês de Setembro de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.

No mês de Outubro de 2012, somente 2 frentes das 12 que se formaram, atingiram o litoral paulista, sendo estas as de número 7 e 9. A sétima frente foi a mais extensa do mês adentrando pelo litoral até o Espírito Santo no dia 13, mas com a presença de uma área de baixa pressão nas proximidades do litoral do Sudeste. Esta frente foi significativa nos processos de remoção de areia na Ponta da Praia durante o final de semana do feriado do dia 12 de Outubro. O nono sistema frontal atuou sobre o litoral de São Paulo no dia 24 de Outubro.

Figura 8. Ocorrências de frentes frias no mês de Outubro de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.

Durante o mês de Novembro de 2012, somente uma das sete frentes atingiu o litoral paulista, sendo esta a de número 3 mostrada na figura 9, que atuou no litoral sudeste ao longo do dia 13.

Figura 9. Ocorrências de frentes frias no mês de Novembro de 2012 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.

Em Abril de 2013, uma frente fria atingiu o litoral de São Paulo, sendo esta a de número 2, visualizada na figura 10. Sua ocorrência no litoral paulista foi registrada durante o dia 13.

Figura 10. Ocorrências de frentes frias no mês de Abril de 2013 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.

No mês de Maio de 2013, 4 das 8 frentes frias atingiram o litoral paulista, sendo estas as de número 2, 3, 5 e 8, como mostra a figura 11. A segunda frente fria atingiu o litoral sudeste no dia 6 passando por São Paulo entre os dias 5 e seis provocando ventania que causou transtornos a barcos na baixada santista. A terceira onda frontal avançou no litoral sudeste no dia 8 sem provocar chuvas, somente reforçando o ar frio. A quinta frente fria atingiu o litoral sudeste por volta do dia 18, porém já bem enfraquecida. Já a oitava e última onda frontal passou pelo litoral paulista durante o dia 30.

Figura 11. Ocorrências de frentes frias no mês de Maio de 2013 no litoral brasileiro. Extraído da Síntese Sinótica Mensal do CPTEC.

5.2 Perfil praial

Com o intuito de avaliar as modificações morfológicas foram gerados mapas topográficos e, para verificar o fluxo de areia, alguns mapas de diferença de alturas entre um campo e outro. Além disso, foram feitos gráficos mostrando a variação da altura em três diferentes setores da praia, dando uma ideia da variação da taxa de erosão ao longo da praia e mostrando qual o setor mais sensível às condições oceanográficas.

5.2.1 Dias 13 de Junho e 20 de Julho de 2012

Os dados dos dias 13 de Junho e 20 de Julho foram requeridos no intuito de observar as características da área, num período sem muita interferência antrópica, antes do início do processo de realimentação da praia.

Figura 12. Caminhamento e topografia do dia 13 de Junho. (Foto: Instituto Florestal de São Paulo)

Figura 13. Caminhamento e topografia do dia 20 de Julho. (Foto: Instituto Florestal de São Paulo)

Figura 14. Variação da altura da praia entre os dias 13 de Junho e 20 de Julho de 2012.

No período entre os dias 13 de Junho e 20 de Julho, a praia apresentou estabilidade nos setores mais externos e apresentou uma pequena diminuição da altura no setor mais interno da praia.

5.2.2 Coleta de dados durante as alimentações artificiais (Setembro, Outubro e Novembro de 2012)

Após os trabalhos de caracterização da praia, realizados nos meses de Junho e Julho, foi feito um levantamento antes da primeira alimentação artificial e outro imediatamente após a mesma. O processo de alimentação continuou durante os meses de Setembro e Outubro, e as informações sobre o volume de areia transferido para a Ponta da Praia foram fornecidas pela Secretaria de Obras do município de Santos. Com isso foi possível correlacionar as informações com a análise de cada perfil praiial levantado durante esse período. A tabela 2, abaixo, mostra as informações obtidas sobre os dados de alimentação da praia durante a etapa de 2012.

Tabela 2. Dados sobre realimentação da Ponta da Praia na etapa de 2012, fornecidos pela Secretaria de Obras do Município de Santos.

Dia	Qtd. Caminhões	Volume de sedimentos (m³)
19/set	6	72
20/set	7	84
21/set	1	12
02/out	10	120
03/out	8	96
04/out	6	72
08/out	10	120
09/out	11	132
10/out	6	72
11/out	9	108

Depois do dia 11 de Outubro, não houve mais informações sobre os processos de alimentação artificial da Ponta da Praia.

5.2.2.1 18 e 21 de Setembro

Figura 15. Topografia dos dias 18(preto) e 21(vermelho) de Setembro.

Logo após o campo do dia 18 de Setembro, houve a alimentação da praia com 13 caminhões de areia, adicionando um total de 156 m^3 , durante os dias 19 e 20 de Setembro.

Apesar de não ser visível na escala dos gráficos da figura 15, após o acréscimo do volume de areia, a altura da praia aumentou em todo o seu perfil. A figura 16 mostra a diferença entre as alturas dos dois campos, sendo que a cor verde representa acréscimo entre os dias 18 e 21. As partes representadas com a cor amarela mostram a área da praia na qual não houve alteração significativa em sua altura. A variação no volume de sedimentos entre esses dois dias, foi positiva em 476.4 m^3 .

Figura 16. Diferença de altura entre os dias 18 e 21 de Setembro.

Segundo as análises temporais do CPTEC, o litoral santista foi atingido por uma frente fria no dia 20 de Setembro, o que pode explicar a homogeneidade na distribuição de altura entre essas duas datas, apesar da variação do volume ter mantido um valor positivo. Uma vez que a concentração da alimentação da praia esteve situada no setor sudoeste, se não houvesse a entrada de uma frente entre essas duas datas, muito provavelmente seria observado um aumento significativo da altura da praia no setor C.

Logo após o levantamento do dia 21 de Setembro, houve o despejo de mais um caminhão de areia, contendo 12m^3 .

5.2.2.2 21 e 25 de Setembro

Figura 17. Topografia dos dias 21(preto) e 25(vermelho) de Setembro.

Entre os dias 21 e 25 de Setembro não houve alimentação da praia, sendo possível notar, na figura 17, uma pequena variação negativa da altura nos três setores da praia. Pode-se notar também essa diminuição no mapa que representa a variação da altura no setor entre essas duas datas (figura 18).

Figura 18. Diferença de altura entre os dias 21 e 25 de Setembro.

Foi calculada entre essas duas datas, uma variação negativa de aproximadamente 823.5 m³ de sedimentos, fenômeno que ocorreu em todo o setor praial emerso. Sabe-se que, nesse período, o litoral paulista sofreu a influência da entrada de uma frente fria que teve início no dia 21 de Setembro.

5.2.2.3 25 de Setembro e 2 de Outubro

Figura 19. Topografia dos dias 25 de Setembro(preto) e 2 de Outubro(vermelho).

Apesar do perfil do dia 2 de Outubro apresentar uma malha maior, devido à maré baixa, pode-se notar homogeneidade no perfil praial e o recuo das isolinhas de maior altura. Pela comparação das secções também é possível perceber a diminuição da altura somente nos setores B e C, mantendo-se praticamente a mesma altura no setor A.

Figura 20. Diferença de altura entre os dias 25 de Setembro e 2 de Outubro.

Na figura 20 pode-se notar também a variação negativa concentrada perto do setor C da praia sendo a região menos erodida, a do setor A. A

variação do volume de sedimentos entre estas duas datas foi negativa no valor de 3184.4 m³. Essa perda no volume de sedimentos durante este período pode ser explicada pela entrada da oitava frente fria do mês de Setembro, que foi a mais forte neste período, e atingiu o litoral paulista logo após o dia 25. Também, não ocorreu realimentação artificial nesse período.

5.2.2.4 02 e 11 de Outubro

Figura 21. Topografia dos dias 02(preto) e 10(vermelho) de Outubro.

Após o campo do dia 2 houve mais algumas realimentações, com um total de 612 m³ entre os dias 2 e 10 de Outubro.

Pode-se notar na figura 21 um pequeno aumento na altura no setor C que correspondeu ao setor onde ocorreu a realimentação da praia. Os caminhões concentraram os volumes de areia nesse setor por tratar-se da parte mais vulnerável da praia.

Figura 22. Diferença de altura entre os 2 e 11 de Outubro.

A figura 22 mostra variação positiva da altura da praia em quase todos os setores com os maiores valores positivos em uma parte do setor C. A variação do volume de sedimentos calculada foi positiva de 372 m³. Não há registro da entrada de frentes frias durante esse período.

5.2.2.5 11 e 15 de Outubro

Figura 23. Topografia dos dias 11(preto) e 15(vermelho) de Outubro.

No término do levantamento do dia 11 de Outubro, foram colocados mais nove caminhões de areia na praia, totalizando um volume de 108 m³.

Logo após esse dia, houve a entrada de uma frente fria durante o final de semana do dia 12. A remoção dos sedimentos devido a esse evento pode ser observada no perfil do dia 15 de Outubro, com maior intensidade no setor C. O perfil também mostra que a altura na parte mais ao norte do perfil praiial manteve-se constante entre essas duas datas.

A figura 24 mostra a variação da altura da praia entre os dias 11 e 15 de Outubro, onde se percebe maior erosão na parte mais estreita.

Figura 24. Diferença de altura entre os dias 11 e 15 de Outubro.

A variação do volume da praia calculado entre essas duas datas foi negativa no valor de 420.4 m³

5.2.2.6 15 de 31 de Outubro

Sabe-se que entre os dias 12 e 22 de Outubro não houve mais realimentações na Ponta da Praia. Porém, logo após esse período não há informações sobre a manutenção da praia.

Figura 25. Topografia dos dias 15(preto) e 31(vermelho) de Outubro.

Figura 26. Diferença de altura entre os dias 15 e 31 de Outubro.

Entre os dias 15 e 31 de Outubro não há informações de realimentação. Porém houve a entrada de uma frente fria no litoral de São Paulo no dia 24, mesmo o perfil praiar tendo mostrado estabilidade da altura da praia durante esses dias. A variação do volume de sedimento entre essas duas datas foi positiva de 202.5 m³.

5.2.2.7 31 de Outubro e 9 de Novembro

Figura 27. Topografia nos dias 31 de Outubro(preto) e 09 de Novembro(vermelho).

Figura 28. Diferença de altura entre os dias 31 de Outubro e 09 de Novembro.

Na figura 27, pode-se notar o acréscimo pouco significativo no perfil praial, principalmente na parte estreita da praia. Ainda não se sabe se a deposição de sedimentos entre esses dias ocorreu de forma natural ou em função de alimentação artificial. Sabe-se também que não houve entrada de frentes no litoral paulista durante esse período. A variação do volume na praia foi positiva em 756.8 m³.

5.2.3 Coleta de dados no ano de 2013 (Abril e Maio)

A campanha de 2013 começou no dia 24 de Abril, com o objetivo de acompanhar as frentes frias que atingiriam o litoral paulista entre o final de Abril e o final de Maio. As informações sobre a manutenção artificial da praia foram escassas, não tendo sido registradas as quantidades de areia que foram transferidas na maioria das semanas. A tabela 3 mostra as informações que foram disponibilizadas durante o período de levantamento pela Secretaria de Obras do Município de Santos.

Tabela 3. Dados de realimentação da Ponta da Praia na etapa de 2013, fornecidos pela Secretaria de Obras do Município de Santos.

Dia	Qtd. Caminhões	Volume de sedimentos (m ³)
15 e 16/mai	32	384
20/mai	36	432

5.2.3.1 24 de Abril e 2 de Maio

Figura 29. Topografia nos dias 24 de Abril(preto) e 2 de Maio(vermelho).

Figura 30. Diferença de altura entre os dias 24 de Abril e 2 de Maio.

Entre os dias 24 de Abril e 02 de Maio a praia apresentou comportamento com variação positiva da altura em mais de 50% da área, principalmente na parte mais estreita. Não se sabe se houve reposição de areia durante este período e também não houve a entrada de frentes frias. A variação do volume de sedimentos entre um levantamento e outro foi positiva no valor de 913.8 m³.

5.2.3.2 2 e 8 de Maio

Figura 31. Topografia dos dias 2(preto) e 8(vermelho) de Maio.

Figura 32. Diferença de altura entre os dias 2 de Maio e 8 de Maio.

Entre os dias 02 e 08 de Maio, não houve diferença significativa de altura em nenhum dos setores. Só é possível perceber uma leve erosão no setor C. Sabe-se que durante esse período, ocorreu a entrada de duas frentes frias, o que poderia ter causado o processo de erosão da praia. Porém, segundo informações da Secretaria de Obras do município de Santos, não foi registrado o volume de sedimentos transferido para a Ponta da Praia durante esse período. A variação do volume de sedimentos calculada entre esses dois levantamentos foi negativa com valor de 371.4 m³.

5.2.3.3 8 e 14 de Maio

Figura 33. Topografia dos dias 08(preto) e 14(vermelho) de Maio.

Figura 34. Diferença de altura entre os dias 8(preto) e 14(vermelho) de Maio.

Entre os dias 8 e 14 de Maio pode-se observar uma pequena diminuição da altura da praia em todos os setores. Essa pequena erosão na praia se deu mesmo sem a ocorrência de frentes frias durante o período.

A variação do volume de sedimentos calculada entre os dois levantamentos foi negativa com valor de 581.7 m³. Durante este período também não foram registrados os processos de alimentação da praia.

5.2.3.4 14 e 21 de Maio

Figura 35. Topografia dos dias 14(preto) e 21(vermelho) de Maio.

Figura 36. Diferença de altura entre os dias 14 e 21 de Maio.

Mesmo com a entrada uma frente fria entre os dias 14 e 21 de Maio, o perfil praial apresentou pouco decréscimo na altura, devido às duas realimentações que foram registradas durante esse período, em todos os setores da praia, exceto no setor sudeste, o qual recebeu maior volume de areia no processo de manutenção da praia. Logo após o dia 14 de Maio, foram transferidos para a Ponta da Praia 32 caminhões de areia (384 m³) nos dias 15 e 16, segundo informações obtidas na Secretaria de Obras do município de Santos, um pouco antes da entrada de uma frente que atingiu o litoral santista no dia 16. No dia 20 de maio, foram transferidos mais 36 caminhões de areia (432 m³) e no dia 21 foi feito mais um levantamento topográfico. A variação do volume de sedimentos calculada entre esses dois levantamentos foi negativa

de aproximadamente 195 m³. Esse balanço final negativo soma uma perda de 1011m³, o equivalente a 84 caminhões de areia em sete dias.

5.2.3.5 21 e 28 de Maio

Figura 37. Topografia dos dias 21(preto) e 28(vermelho) de Maio.

Figura 38. Diferença de altura entre os dias 21 e 28 de Maio.

Entre os dias 21 e 28 não houve entrada de frentes, e o perfil praial apresentou quase nenhuma variação com mais valores positivos do que negativos. Não há informações sobre realimentação da praia entre essas duas datas. A variação do volume de sedimentos calculada entre os dois levantamentos é positiva, de valor de 107.7 m³.

5.3. Sedimentos

Para entender melhor o efeito das intervenções antrópicas e naturais nos sedimentos da Ponta da Praia, foram utilizados os dados de CaCO₃ e diâmetro médio dos grãos das amostras obtidos em levantamentos realizados

antes e imediatamente após a ocorrência de evento de realimentação e a outro evento de entrada de frente fria. Para tais comparações, foram escolhidos os dados entre os dias 18 e 21 de Setembro (antes e após um processo de realimentação) e, 11 e 15 de Outubro (antes e após a entrada de uma frente fria).

O método de interpolação escolhido para análise das distribuições de carbonato e do diâmetro médio foi o da Krigagem, no qual o erro quadrático da linha de tendência criada a partir da comparação entre os dados de interpolação e os pontuais foi menor.

5.3.1 CaCO₃

A porcentagem de carbonato nas amostras do dia 18 de Setembro de 2012 foi bem maior do que nas outras datas. Logo após essa data, a porcentagem de carbonato nas amostras diminuiu significativamente, como mostra a figura 39. Essa queda no teor de carbonato ocorreu com a alimentação da praia, mostrando que o novo volume de sedimentos apresentava porcentagens pequenas de carbonato.

Figura 39. Distribuição da porcentagem de carbonato nos dias 18 (esquerda) e 21 (direita) de Setembro de 2012.

Nos dias 11 e 15 de outubro, as porcentagens de carbonato nas amostras continuam sendo baixas, devido ao contínuo processo de realimentação da praia.

Figura 40. Distribuição da porcentagem de carbonato nos dias 11 (esquerda) e 15(direita) de Outubro de 2012.

Porém, pode-se notar na figura 40 que a distribuição espacial muda bastante entre esses dias, o que pode ser explicado pela entrada de frente fria que, como observado nos mapas de diferença de altura entre essas datas, acarreta numa taxa de erosão maior na porção sudeste da área, carregando os sedimentos para o setor noroeste, favorecendo assim o processo de homogeneização da distribuição dos sedimentos ao longo da praia.

5.3.2 Distribuição do diâmetro médio

Em relação à distribuição do diâmetro médio, a Ponta da Praia é composta de areia fina em toda a sua superfície, não apresentando diferenças significativas no tamanho do diâmetro médio, entre os processos de alimentação e de aumento de energia com a entrada de frentes frias. Isso

indica que a fonte dos sedimentos utilizados na alimentação da praia tem composição granulométrica similar aos sedimentos encontrados na superfície da Ponta da Praia, sendo esses sedimentos suscetíveis aos mesmos processos de transporte perante as mesmas condições hidrodinâmicas.

Figura 41. Distribuição do diâmetro médio nos dias 18 (esquerda) e 21(direita) de Setembro de 2012.

Figura 42. Distribuição do diâmetro médio nos dias 11(esquerda) e 15(direita) de Outubro de 2012.

Neste sentido, ainda que o processo de alimentação artificial da Ponta da Praia tenha sido importante, como medida mitigadora do processo de erosão acelerada pela qual a área está passando, verifica-se que as características granulométricas do sedimento não são favoráveis para a reversão do quadro de tendência de erosão no arco praial.

6. CONCLUSÕES

A abordagem de estudos morfodinâmicos utilizando levantamentos topográficos em ambientes costeiros vem proporcionando grandes avanços em estudos de respostas morfológicas a diferentes processos atuantes, tanto naturais quanto antrópicos, nestes ambientes.

Neste trabalho, 18 levantamentos topográficos foram feitos nos anos de 2012 e 2013 e seus dados foram utilizados para analisar os processos de alimentação e de erosão na Ponta da Praia, quantificando e determinando a distribuição espacial destes processos. Estes foram acompanhados com informações de alimentação da praia obtidas através da Secretaria de Obras do município de Santos e as informações meteorológicas obtidas no site do CPTEC. Nos períodos em que essas informações mantiveram-se disponíveis, foi possível observar correlações destas com os mapas de distribuição de altura.

Através dos dados de topografia também foi possível calcular o volume de sedimentos que a praia perde ou ganha, tanto nesses eventos de alimentação e entrada de sistemas frontais quanto em condições normais.

Os mapas de variação de altura entre datas nas quais ocorreu um processo de alimentação da praia registraram variações positivas concentradas no setor sudeste, onde eram concentrados os volumes de sedimentos trazidos pelos caminhões da prefeitura, como pode ser observado entre as datas do dia 18 e o dia 21 de Setembro de 2012. Entre os dias 25 de Setembro e 02 de Outubro, foi possível observar a influência de uma frente no perfil topográfico que já se apresentava mais homogêneo devido à ausência de alimentação da

praia nos dias anteriores, sendo o foco da erosão o setor sudeste da praia. Foi durante este intervalo de tempo de 7 dias, no qual sabemos que não houve alimentação, que a praia sofreu a maior perda no volume de seus sedimentos, o equivalente a 265 caminhões de areia, devido a entrada de uma frente fria. Os mapas de variação de altura entre os dias 11 e 15 de Outubro de 2012 mostram claramente a diminuição da altura da praia concentrada neste mesmo setor devido a sequencia de alimentações que ocorreram até o dia 11 e devido à entrada de uma frente fria logo após o mesmo dia. As campanhas do ano de 2013 não mostraram boas correlações entre os mapas de variação de altura e o registro da entrada de frentes frias, o que pode ser explicado pela ausência de informações sobre o processo de alimentação da praia. Porém, entre os dias 14 e 21 de Maio foram feitos registros de dois processos de alimentação da praia antes e após a entrada de uma frente fria no dia 16, e mesmo assim o mapa de variação da altura mostrou valores negativos na maior parte da extensão da praia e o cálculo da variação do volume também foi negativo, totalizando uma perda de 1.011m^3 , o equivalente a 84 caminhões de areia.

Esses eventos observados na correlação dos mapas com as informações obtidas sobre os processos de alimentação e entrada de frentes mostraram que o processo de manutenção da praia com sedimentos trazidos dos canais centrais são necessários, porém não está sendo tão eficiente quanto o esperado para manter a estrutura da praia e evitar a erosão contínua. Isso pode ser explicado também com a análise feita da distribuição do diâmetro médio dos sedimentos antes e após a alimentação da praia, uma vez que os sedimentos trazidos de outra fonte apresentam granulometria similar ao

sedimento natural da área, e estarão suscetíveis aos mesmos processos de transporte diante das mesmas condições hidrodinâmicas.

7. LIMITAÇÕES

Durante a realização do estudo, foram identificadas algumas limitações ou lacunas nos métodos utilizados e nos dados obtidos. Definir estas limitações é importante para entender as conclusões obtidas no trabalho e dar suporte na evolução de estudos futuros de morfodinâmica costeira em ambientes com intervenção antrópica.

-Topografia: Os levantamentos foram realizados em diferentes condições de maré, não tendo sido possível realizá-los sempre na condição de máxima maré vazante, o que seria ideal para obter uma superfície maior de dados topográficos e evitar o descarte de dados na comparação espacial entre os campos. Por tratar-se, neste estudo, de uma praia praticamente plana, com pouca variação de altura e de formato triangular, a amplitude de maré acarreta numa diferença espacial muito grande na hora do levantamento.

- Dados de manutenção da praia: Foram feitas correlações entre a variação de altura da praia, os eventos de entrada de frentes frias no litoral paulista e os eventos de alimentação da praia para entender os resultados obtidos e a taxa de erosão. Porém, a falta de informações sobre a alimentação da praia em alguns períodos impediu a interpretação de alguns resultados, não

podendo concluir se o aumento ou a diminuição do volume de sedimentos era proveniente de um processo natural ou não.

-Dados de onda: A implementação de um modelo numérico de ondas na área de estudo teria grande colaboração para as conclusões do trabalho, uma vez que informações sobre altura e direção das ondas ao longo da praia durante os intervalos de levantamento ajudariam a interpretar as variações de altura, podendo até mesmo identificar períodos em que houve alimentação da praia, porém tais informações não foram registradas.

- Distribuição e transporte dos sedimentos: Por tratar-se de uma praia que recebe manutenção diária de limpeza com tratores, duas vezes ao dia, não foi possível fazer o cálculo de transporte dos sedimentos a partir dos dados de granulometria, uma vez que os sedimentos superficiais são transportados ao longo da praia pelas máquinas.

8. REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. 1969. Ritmo da epirogênese pós-cretácica e setores das superfícies neogênicas em São Paulo. Boletim do Instituto de Geografia, 13, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- ALFREDINI P. 2005. Processos litorâneos. In: Alfredini, P. Obras e Gestão de Portos e Costas. A técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental. São Paulo, Editora Edgard Blucher, 804p
- ALFREDINI P. 2005. Obras de defesa dos litorais. In: Alfredini, P. Obras e Gestão de Portos e Costas. A técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental. São Paulo, Editora Edgard Blucher, 804p.
- AMBROSIO, B. G. 2013. Ação de ondas nas margens da desembocadura lagunar de Cananéia, Litoral Sul do Estado de São Paulo. Monografia de Bacharelado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo.
- CABARRÃO, M. 2003. Urban Development in Vulnerable Coastal Lowlands. \The study of Aveiro Region Incorporated by Demmark Case Studies. Tese de Mestrado, Universidade do Porto.
- CALLIARI, L.; BOUKAREVA, I.; PIMENTA, F&SPERANSKI, N. 2003. Classification of the southern brazilian coast according to storm wave patterns and geomorphologic evidence of coastal erosion. Journal of Coastal Research, 35, 399-342.
- CAMPOS, R.M.; CAMARGO, R.D.E.; HARARI, E.J. 2010. Caracterização de eventos extremos do nível do mar em Santos e sua correspondência com as reanálises do modelo do NCEP no sudoeste do Atlântico Sul. Revista Brasileira de Meteorologia, 25, 175–184.

- CASSIANO, G.F. 2008. Migração lateral da desembocadura do Rio Itapocú, Santa Catarina – Brasil.: evolução morfológica e condicionantes físicas. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico
- COELHO, C. 2005. Riscos de exposições de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. Tese de Doutorado. Universidade de Aveiro.
- DEAN, R.G. & DALRYMPLE, R.A. 2002. Coastal Processes with Engineering Applications. Cambridge University Press. Cap. 3. p. 35-130.
- ELLIFF, C.I. ; MOTTA, N. S. ; SCRICCO, I. M. ; BARROS, M. O. 2013. Classificação Morfodinâmica da Praia do Gonzaga, Santos, São Paulo, Brasil. Cadernos de Geociências, 10, 133-138
- FARINNACCIO, A.; GOYA, S. C.; TESSLER, M. G.; 2009. Variação da linha de costa nas baías de Santos e São Vicente. Quaternary and Environmental Geosciences, 1, 42-48.
- FOLK, R.L.& W.C. WARD. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Research, 27, 3-26.
- FUKUMOTO, M.M. 2003. Caracterização da sedimentação atual e reconstituição da história deposicional recente na Baía de Santos, a partir das características composicionais isotópicas da matéria orgânica. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Federação das Indústrias do Estado do Paraná. 2000. Lama não volta para o litoral. Disponível em www.fierpr.com.br. Acessado em 16/08/02.

- GAGLIARDI, M.H. 2013. Análise de Riscos Costeiros a Eventos Atmosféricos Extremos no Litoral Sul do Estado de São Paulo – Estudo de Caso na Região da Desembocadura de Cananéia. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo.
- GAO, S.& M.B. COLLINS. 1991. A critique of the MacLaren method for defining sediment transport paths – discussion. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61, 143-146.
- GREGORIO, H. P. 2009. Modelagem Numérica da Dispersão da Pluma do Emissário Submarino de Santos . Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo .
- HARARI, J. & CAMARGO, R. 1998.. Modelagem numérica da região costeira de Santos (SP): Circulação de maré. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 46,. 135 - 156.
- KING, C. A. M. 1972. *Beaches and coasts*. 2nded. London, Edward Arnold, 570p
- KOMAR, P.D.1983. *Handbook of Coastal Processes and Erosion*. Florida, CRC Press. 305p
- MAGINI, C.; HARARI, J.; ABESSA, D. M. S. 2007. Circulação recente de sedimentos costeiros nas praias de Santos durante eventos de tempestades: dados para a gestão de impactos físicos costeiros. *Geociências*, 26, 349-355.
- MARTINS, C. C. 2006. Morfodinâmica de praia refletiva estudo de caso na praia da Sununga, litoral norte do Estado de São Paulo. 209 p. Tese de Doutorado - Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo.

- MANZANO, A.B. 2009. Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico.
- MUEHE, D. 1995. Geomorfologia Costeira. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S.B. (org). Geomorfologia: Atualização de Bases e Conceitos. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. p. 253-308.
- MUEHE, D. 1998. Estado morfodinâmico praias no instante de observação: uma alternativa identificação. São Paulo. Revista Brasileira de Oceanografia, 46, 157-169.
- MUEHE, D. 2001. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2, 35-44.
- PONÇANO, W. L. 1985. Sedimentação atual aplicada a portos do Brasil. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências.
- REBOITA, M.S.; KRUCHE, N.; AMBRIZZI, T. DA ROCHA, R.P. 2012. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. Terrae Didactica, 8, 34-50.
- ROCHA, A.C. 2003. Aplicação de métodos diretos e indiretos na análise da dispersão de sedimentos na baía de Santos – SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico.
- SILVA, F.G. 2012. Avaliação do clima de ondas e sua relação com aspectos morfo-sedimentares de um segmento da praia de Ilha Comprida – SP. Monografia de Bacharelado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico.

- SILVA I. R., BITTENCOURT, A. C. S. P., DOMINGUEZ, J. M. L., MARTIN, L. 2001. Principais padrões de Dispersão de Sedimentos ao Longo da Costa do Descobrimento – Sul do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 31, 335 – 340.
- SOUZA, C.R.G. 2009. A erosão nas praias do Estado São Paulo: causas, conseqüências, indicadores de monitoramento e risco. In: BONONI, V.L.R.; Santos Junior, N.A. (Org.), *Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Acumulado*, pp.48-69, Instituto de Botânica – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches, a synthesis. *Marine Geology*, 56, 93-118.