

DINÂMICA DE SEDIMENTAÇÃO ATUAL NA PONTA DO CAMAROEIRO, PORÇÃO NORTE DA ENSEADA DE CARAGUATATUBA, SP

Alessandro FARINACCIO & Moysés Gonzalez TESSLER

Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. Praça do Oceanográfico, 191 – Cidade Universitária, Butantã.
CEP 05508-900. São Paulo, SP. Endereços eletrônicos: alfageo@usp.br; mgtsle@usp.br.

Introdução
A Planície de Caraguatubá
Materiais e Métodos da Pesquisa
 Fotointerpretação
 Levantamento Topográfico
Resultados
 Fotointerpretação
 Levantamento Topográfico
 Área Emersa
 Área Submersa
 Observações Oceanográficas
Discussão dos Resultados
Considerações Finais
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – Entre os meses de junho de 1998 a julho de 1999, a evolução de bancos arenosos localizados na porção norte da Enseada de Caraguatubá foi acompanhada por meio de um monitoramento mensal. Diversos bancos de areia se desenvolvem dispostos paralelamente à linha de costa e o mais próximo da face praial está sempre emerso, enquanto outros são visíveis apenas em fases de maré muito baixa, ou nunca o são. O monitoramento do banco emerso evidenciou crescimento progressivo da feição arenosa, a partir do espigão rochoso (Ponta do Camaroeiro) que se projeta sobre a enseada (Ponta do Camaroeiro), no sentido da desembocadura do Rio Ipiranga, a sudoeste do pontão rochoso. Areias finas a muito finas foram paulatinamente depositadas na frente de avanço da feição, ao longo de seu eixo principal. Este resultado de monitoramento foi comparado aos de um trabalho semelhante realizado entre 1978 e 1981. Durante o monitoramento foi possível acompanhar alongamento e alargamento da feição arenosa, que causaram coalescência ao continente e ao molhe do Rio Ipiranga. Este fato já fora observado em trabalho prévio, que descreveu os processos de rompimento e desmonte da feição, conforme inferidos no monitoramento realizado entre 1978 e 1981.

Palavras-chave: Dinâmica costeira, perfis praias, sedimentação atual.

ABSTRACT – A. Farinaccio & M.G. Tessler – *Processes of the current sedimentation dynamics in the Camaroeiro Headland, northern Caraguatubá bay, São Paulo State, Brazil.* During 1998 June to 1999 July the evolution of sand banks located in the northern portion of the Caraguatubá Bay, was followed by monthly monitoring. Several banks develop parallel to the shoreline, the next to the beach face being always emerged, while others are visible during very low tides, or they never emerge. The emergent bank monitoring evidenced a gradual growth of sandy features from the rocky headland (Camaroeiro Headland) toward the Ipiranga River mouth located at southwest of the rocky point. Fine to very fine sands have been gradually deposited in the advance front of the beach face throughout its main axis. These monitoring results were compared to similar surveys carried out between 1978 and 1981. In the monitoring the lengthening and widening of the sandy feature to observed, which caused coalescence to the continent and to the Ipiranga River pier, like s in previous works, but without disruption and dismounting processes, as inferred from the monitoring carried out between 1978 and 1981.

Keywords: Coastal dynamics, beach profiles, present sedimentation.

INTRODUÇÃO

Estudos de dinâmica sedimentar em região costeiras têm se revestido de importância em áreas litorâneas utilizadas para atividades portuárias, pesqueiras e turísticas.

Na Enseada de Caraguatubá, junto à Ponta do Camaroeiro, pequenas embarcações pesqueiras encontram abrigo para ancoramento. Sobre a face praial, próxima à área de atracação, existe um mercado de pescado de subsistência da comunidade local, que

atende não apenas a população local, mas também aos setores hoteleiro e turístico.

Este trabalho de monitoramento foi realizado entre junho de 1998 a julho de 1999 na porção norte da Baía de Caraguatubá, com o objetivo de caracterizar a evolução de bancos arenosos existentes na Ponta do Camaroeiro, onde atracam barcos pesqueiros junto a estruturas rígidas (molhes) construídos no fim da década de 1970.

A PLANÍCIE DE CARAGUATATUBA

A área costeira norte-nordeste do Estado de São Paulo caracteriza-se pela presença de relevos escarpado da Serra do Mar, composto por rochas metamórficas pré-cambrianas com intrusões de granitos e diques de diabásio. Com altitudes variáveis de 800 a 1.200 m, apresentam-se festonada em anfiteatros e alvéolos que separam o Planalto Atlântico das pequenas planícies costeiras, separadas entre si por espigões que mergulham no oceano, exibindo formas de abrasão marinha que, por vezes, exibem controles estruturais.

A Planície de Caraguatatuba é limitada a sul e sudeste pelas serras de São Sebastião ou Juqueriquerê, com 700 a 800 m de altitude, e pela Ilha de São Sebastião, cujos topos alcançam 1.300 a 1.400 m,

separada do continente por um canal com até 50 m de profundidade. A oeste, norte e nordeste é delimitada pelas escarpas da Serra de Caraguatatuba e por morros baixos isolados (Cruz et al., 1985). Segundo Teissedre et al. (1981) a Planície de Caraguatatuba estende-se por aproximadamente 12 km, e a largura máxima alcança 7 km (Figura 1). Restos de terraços marinhos com 7 a 8 m de altitude, ligados à transgressão Cananéia (Suguio & Martin, 1978), muito dissecados pela erosão, encontram-se sobretudo na parte norte da planície. Por detrás dos cordões mais antigos relacionados à Transgressão Santos encontra-se uma extensa zona baixa de paleolaguna formada por argilas orgânicas.

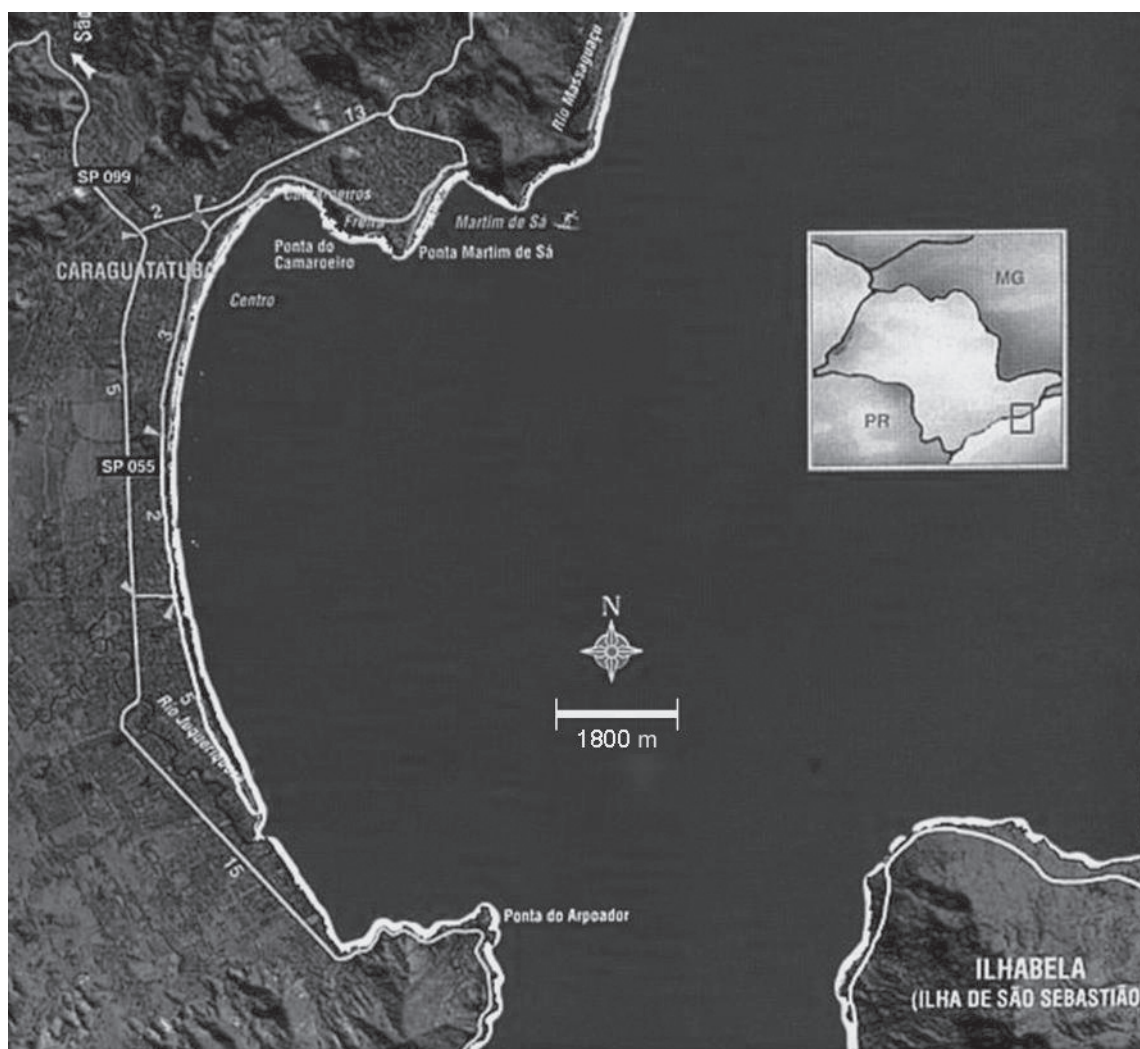


FIGURA 1. Localização da porção norte da Enseada de Caraguatatuba.

Na área de estudo são observados dois tipos principais de circulação atmosférica: os anticiclones migratórios do sul do continente, que sucedem as frentes

frias (centros de baixa pressão), e os anticiclones associados ao ar tropical, formados pelo deslocamento quase permanente do ar oceânico para o continente

(centros de alta pressão), através da costa leste, durante todo o ano.

As principais perturbações atmosféricas transitórias que atingem a costa sudeste são as frentes frias e as perturbações, como frentes estacionárias e oclussões, que atingem o país seguindo uma trajetória quase retilínea de direção SW-NE.

A Serra do Mar constitui um obstáculo para as frentes de baixo declive, que ocorrem normalmente durante a primavera e o verão, contribuindo para ocorrência mais freqüente de frentes estacionárias. Nesse período predominam ventos de leste, gerados pelo predomínio das brisas marinhas na circulação geral. No inverno, os ventos, associados às frentes frias, sopram predominantemente de oeste.

A precipitação pluviométrica está associada à velocidade e intensidade de propagação das frentes, à quantidade de vapor d'água, à estabilidade estática das massas de ar, assim como à intensidade das correntes de convecção térmica e à distribuição vertical de temperaturas. Em geral, períodos de alta freqüência pluviométrica estão associados à maior instabilidade do ar e à presença de perturbações atmosféricas, que se concentram nos meses de primavera e verão (Occhipinti, 1963).

Este padrão meteorológico submete a Enseada de Caraguatatuba, na maior parte do ano, à influência de trens de ondas gerados pelos ventos do centro de alta pressão do Anticiclone Tropical do Atlântico Sul

(ATAS), pois os trens de onda gerados pelos ventos dos quadrantes sul, associados às passagens de frentes frias, são parcialmente interceptados pela Ilha de São Sebastião.

A situação geográfica, de enseada abrigada dos sistemas de ondas de sul, implica em predomínio de correntes de deriva litorânea dirigidas para sudoeste. Este direcionamento se deve não apenas aos trens de ondas associados ao ATAS, como também aos trens de ondas provenientes dos quadrantes a leste e nordeste da enseada, relacionados ao deslocamento de frentes frias em situações de pós-frontal e frontal sobre o litoral norte paulista.

A dinâmica atual, responsável pela movimentação de sedimentos arenosos junto à costa do litoral paulista está intimamente relacionada à circulação atmosférica do continente sul-americano.

De acordo com Souza (1990), a enseada é circundada por ilhas como a de São Sebastião e projeções rochosas da Serra do Mar e portanto, encontra-se semi-abrigada da incidência direta das ondas provenientes dos quadrantes sul e sudoeste. Ainda, segundo esta autora, a planície costeira ao fundo da Enseada de Caraguatatuba apresenta vários indícios morfológicos e sedimentológicos sugestivos da atuação de correntes de deriva litorânea (*longshore currents*). Elas rumam de norte para sul na costa de Caraguatatuba, e de sul para norte na costa de Massaguaçu.

MATERIAIS E MÉTODOS DE PESQUISA

FOTOINTERPRETAÇÃO

A caracterização da dinâmica de sedimentação atual foi baseada principalmente na análise de fotografias aéreas de levantamentos executados nos anos de 1962, 1966, 1973, 1977 e 1994.

Na fotointerpretação verificam-se mudanças na morfologia da praia (variação de largura ao longo das praias, presença de barras, ocorrência de cúspides praias, desembocadura de canais, direção de crescimento de barras de desembocaduras fluviais e de deriva dos canais).

Ainda a partir da fotointerpretação foi possível medir o rumo de propagação das ondas incidentes e, quando possível, o número de quebras prováveis (parâmetros oceanográficos); caracterizar a assimetria de largura praial em relação às extremidades e ao seu arco ou nas faces de estruturas rígidas perpendiculares à linha de costa (espigões, enrocamentos etc.); identificar a presença ou ausência de plumas de sedimentos em suspensão, bem como a presença ou ausência de feições indicativas de erosão e a evolução temporal da ocupação urbana.

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

A área emersa da planície costeira foi caracterizada por meio de um levantamento da topografia de segmentos da praia, procurando-se identificar as variações geomorfológicas no período entre julho de 1998 e julho de 1999. Este levantamento objetivou caracterizar a associação destas variações com a presença de estruturas construídas pelo homem, que podem influenciar na deposição e erosão da areia que compõe a face praial.

Foram executadas 13 etapas de campo, levantados 52 perfis praias e coletadas 78 amostras de sedimento. Fotos obtidas em cada etapa de campo em pontos pré-estabelecidos permitiram o monitoramento da evolução das feições geomorfológicas locais, como também das variações na forma da face praial.

Os perfis foram levantados com a utilização de nível e estádia, e o nivelamento foi obtido a partir da medição da diferença de altura entre o nível pré-determinado e a superfície de terreno ao longo do perfil.

As medidas de distância, ao longo do perfil, foram obtidas pelo método de estadimetria, que segue o

princípio de semelhança de triângulos (Muehe, 1996). As cotas foram em geral obtidas a cada 10 m, a partir do início da face exposta da praia, no contato do embasamento cristalino com o início da face praial, ou a partir da intersecção da faixa arenosa com o muro da avenida da praia. Os perfis adentraram a porção imersa até onde a altura da maré e a profundidade da água não comprometessem a fixação e a leitura da estádia.

Como marcos de referência para o levantamento dos perfis praias, foram escolhidos pontos fixos existentes nas imediações, como árvores e postes de iluminação de rua.

Quatro perfis foram levantados na área, três sobre o banco arenoso emerso, junto à Ponta do Camaroeiro (P1, P2 e P3) e um deles junto à margem do Rio Ipiranga (P4) (Figura 2, Foto 1).

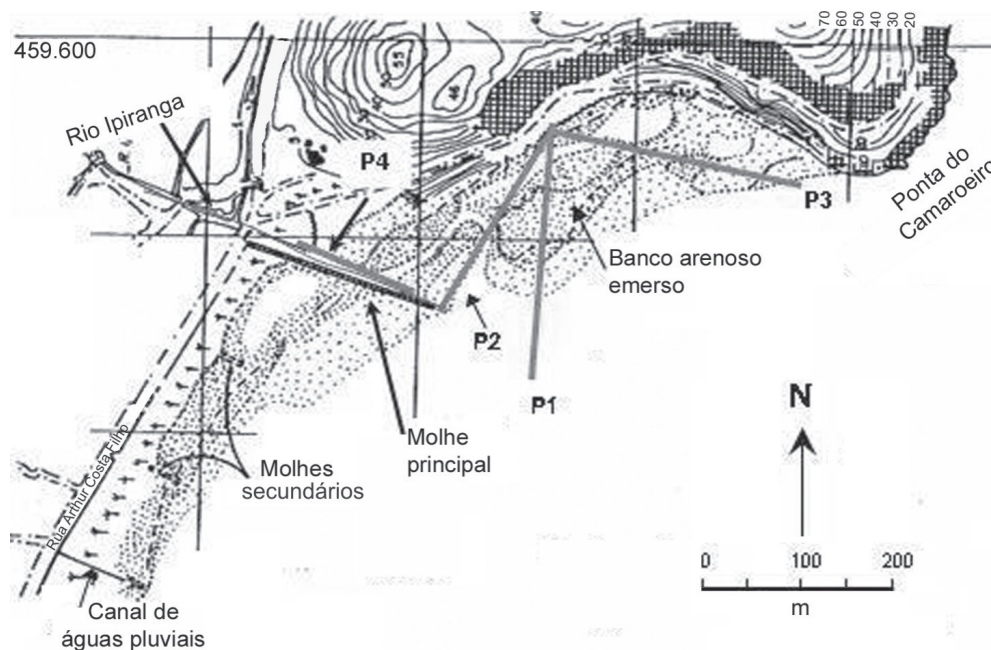


FIGURA 2. Localização e posicionamento de 4 perfis praias levantados.



FOTO 1. Vista panorâmica da área da Ponta do Camaroeiro na porção norte da Enseada de Caraguatatuba. Notar estruturas rígidas perpendiculares à linha de costa e a sua interferência no transporte e distribuição de sedimentos.

Na caracterização morfológica do fundo marinho contíguo foi utilizado um sonar de varredura lateral Sea Scan PC de 300 kHz da Marine Sonic Technology Ltd., que fornece imagens digitais das configurações de fundo em áreas compreendidas entre 2,5 e 10 m de profundidade. Porções mais rasas não puderam ser mapeadas, devido à impossibilidade de navegação do barco nestas profundidades.

A caracterização sedimentológica da plataforma continental interna foi obtida por amostragem, em uma única etapa de campo, a bordo do B Pq Veliger II do IO-USP, em novembro de 1999. Foram coletadas amostras na região da Ponta do Camaroeiro com pegador de mandíbulas tipo Petersen (modificado). A

malha de amostragem foi estabelecida em função da profundidade da plataforma interna. Foram coletadas amostras em dois alinhamentos paralelos à linha de costa, localizados na porção imersa adjacente à face exposta da praia entre o trecho que compreende a Ponta do Camaroeiro (Rio Ipiranga) e a desembocadura do Rio Santo Antônio. As posições das estações de coleta foram obtidas com o auxílio de um GPS (Global Positioning System).

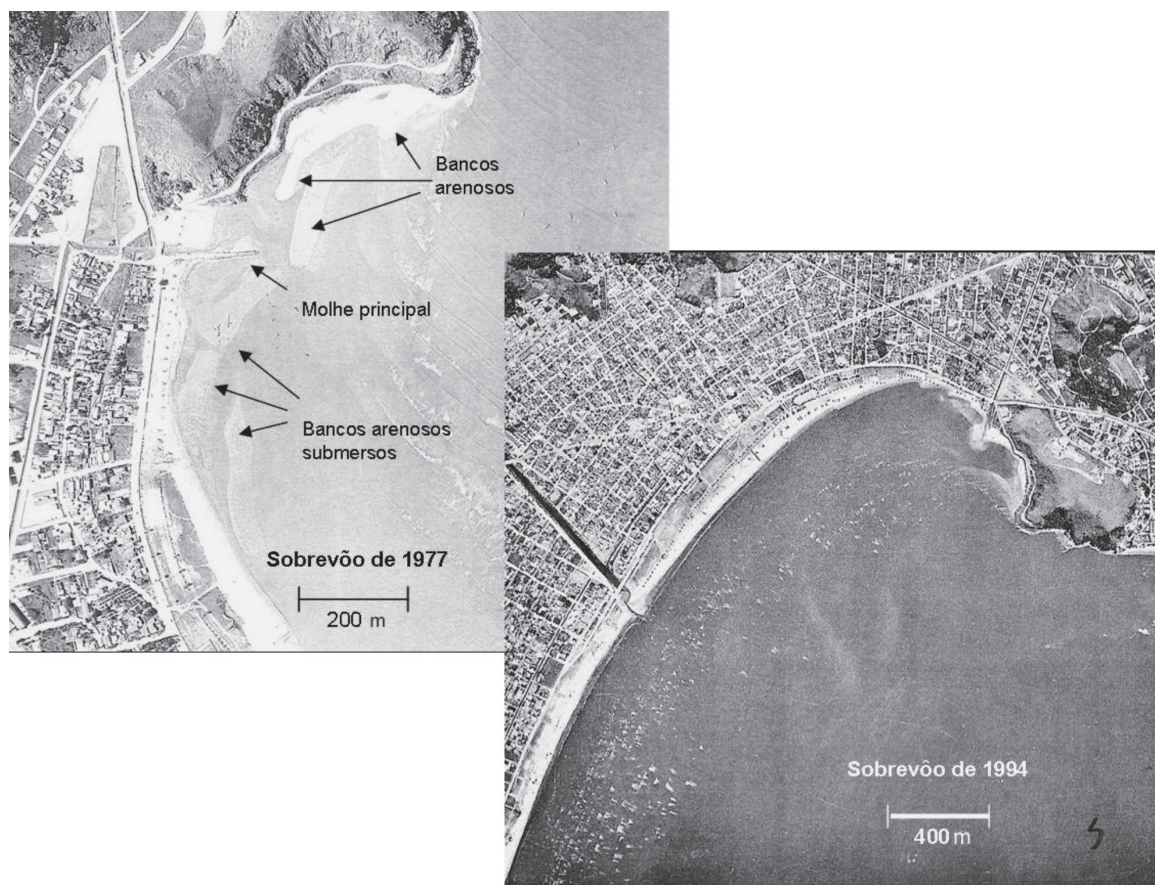
Durante o período de monitoramento (julho de 1998 a julho de 1999) foram obtidas fotos panorâmicas a partir do alto do Morro do Camaroeiro, com visada rumo ao molhe do Rio Ipiranga, procurando monitorar a evolução do banco arenoso durante um ano.

RESULTADOS

FOTOINTERPRETAÇÃO

A análise das seqüências de fotos aéreas da área de estudo mostrou situações diferenciadas ao longo dos anos, como exemplificado na Prancha 1.

A variação espacial e temporal da área emersa mostrou a Enseada de Caraguatatuba com uma significativa ocupação urbana ao longo de todo período analisado. Boa parte da planície encontrava-se loteada,



PRANCHA 1. Exemplos de duas fotos aéreas, a primeira do sobrevôo de 1977 em escala original de 1:8000, e a segunda do sobrevôo de 1994 em escala original de 1:25.000. Observar na de 1977 o arranjo espacial de três bancos arenosos emersos e outros três submersos. Ressaltam-se nestas fotos aéreas as diferentes situações do banco arenoso emerso junto à Ponta do Camaroeiro: em 1977 ele apresentava-se mais estreito e não unido ao molhe do Rio Ipiranga, e em 1994 o banco mostrava-se unido ao molhe e ao continente.

sendo que a região central, localizada na porção norte da enseada, a que apresentava maior quantidade no número de edificações. A linha de costa da região centro ao norte da enseada apresentava uma diminuição significativa da largura da faixa de praia a partir da desembocadura do Rio Santo Antônio rumo ao sul, passando de aproximadamente 250 m para cerca de 20 m. A desembocadura do rio apresentava uma barra arenosa que provocava mudanças na direção de sua foz. Na parte superior da enseada, na Ponta do Camaroeiro, pode ser observada a formação de um pequeno banco arenoso emerso com direção geral N-S e dispondo-se em ângulo de cerca 30° com a linha de costa. A planície é cercada de morros de rochas cristalinas pré-cambrianas, cuja alteração intempérica gera detritos que são conduzidos para o sistema marinho por gravidade e ação fluvial. Por ocasião do sobrevôo de 1962, não haviam sido construídos os molhes e enrocamentos na porção norte da enseada. O trem de ondas incidentes observado é originário de nordeste que, ao circundar o Morro do Camaroeiro, torna-se paralelo à linha de costa. Pode ser observado um encontro de trens de ondas, com ondas vindas de sudeste.

A análise das fotos aéreas de 1966 na escala 1:60.000 e as obtidas em 1973 na escala 1:25.000 indicou que o crescimento dos bancos arenosos foi ininterrupto, caracterizado pela alta taxa de assoreamento. A incidência das ondas manteve o padrão com trens originários de nordeste, com reflexão em torno da Ponta do Camaroeiro. Mostrou ainda um processo da ocupação urbana crescente. A foz do Rio Santo Antonio apresentou-se perpendicular à linha de costa, não sendo mais observada a barra arenosa em sua desembocadura.

Nas fotos aéreas obtidas em 1977 em escala 1:8.000 estão presentes três bancos arenosos emersos e outros três submersos.

A partir das proximidades do Rio Ipiranga rumo ao sul, os bancos estão ausentes, permitindo que a linha de arrebatção se desloque para uma posição mais próxima à praia. A avenida da praia (Avenida Dr. Arthur Costa Filho) foi construída, inicialmente, a uma distância maior que a observada nas fotos aéreas mais recentes. A largura desta avenida foi aumentada, sendo associada à implantação de aterros sobre a areia para a construção de quiosques e plantio de diversas árvores. A largura da faixa de areia da praia foi reduzida de 160 m para cerca de 70 m.

As fotos aéreas de 1994, obtidas em data mais próxima da época do levantamento dos perfis praias, confirma a tendência de intensificação da ocupação antrópica da área pelo aumento do número de arruamentos, loteamento e da construção de casas e edifícios

recobrimdo quase toda a planície costeira emersa (Prancha 1). A morfologia da linha de costa foi modificada pela ação antrópica de forma marcante, fato decorrente da construção dos molhes e do aterro da avenida da praia, que favoreceu um escalonamento e recorte mais acentuado da linha de costa. O acúmulo de sedimentos no lado norte do molhe principal (enrocamento do Rio Ipiranga) gerou um alargamento da praia até que ocorresse coalescência entre o continente e o molhe. Observa-se, no entanto, que os sedimentos já não são barrados e contornam a ponta externa do molhe. Os molhes menores estão associados à erosão que se observa rumo ao sul da linha de costa, e à deficiência de areia no sistema de deriva litorânea entre o segundo e terceiro molhes devido ao barramento na porção norte dos molhes rumo ao sul; em condições de maré alta, não há faixa de areia e as águas do mar entram em contato direto com os muros de proteção da avenida litorânea (Av. Dr. Arthur Costa Filho).

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Área Emersa

O perfil P-1 passa transversalmente pelo banco arenoso emerso e se prolonga para a área submersa. Podem ser distinguidos três compartimentos distintos ao longo do perfil (Figura 2). Ao longo da superfície do perfil, junto à porção mais próxima do continente (0 m), foi observado um rebaixamento topográfico caracterizado pela seção transversal de um canal interno formado pela entrada da maré em situações de maré alta, a qual contorna o banco arenoso emerso. Em seguida, ao longo do perfil se desenvolve um segundo compartimento caracterizado por uma elevação na topografia do perfil, correspondendo à porção mediana do banco que permanece sempre emerso.

A partir do meio do segmento que compõe o perfil ocorre um novo rebaixamento caracterizado por um segundo canal gerado pela ação da maré. Esta feição é uma extensão do canal interno, porém submerso no lado externo do banco, sendo aqui tratado como um terceiro compartimento.

Entre julho e dezembro de 1998, observou-se que o topo do banco, antes na porção mediana, migrou para início do perfil (0 m) de maneira gradual; no entanto, os canais interno e externo mantiveram-se a uma distância constante. Entre os meses de janeiro e julho de 1999 a tendência se manteve, ou seja, houve uma aproximação gradual do topo do banco em relação ao ponto de referência do perfil (0 m).

A distância entre o canal interno e o início do perfil apresentou dois períodos estáveis, um de maior distanciamento (20 m) entre julho de 1998 a dezembro

de 1998, e outro com maior proximidade (10 m) entre janeiro de 1999 a julho de 1999. De uma forma geral, o canal externo manteve-se fixado a distância aproximada de 10 m, em relação à posição inicial do perfil ao longo dos 13 meses monitorados (Tabela 1).

TABELA 1. Características das variações no perfil P1, ao longo dos 13 meses de monitoramento.

Mês	PERFIL P1		
	Compartmento 1: Canal interno (distância)	Compartmento 2: Topo do banco (distância do seu eixo)	Compartmento 3: Canal externo (distância)
Julho (98)	20 m	60 m	100 m
Agosto (98)	20 m	60 m	100 m
Setembro (98)	20 m	60 m	100 m
Outubro (98)	20 m	50 m	130 m
Novembro (98)	20 m	50 m	100 m
Dezembro (98)	20 m	50 m	100 m
Janeiro (99)	10 m	40 m	100 m
Fevereiro (99)	10 m	40 m	100 m
Março (99)	10 m	30 m	100 m
Abril (99)	10 m	30 m	60 m
Maio (99)	10 m	20 m	100 m
Junho (99)	10 m	40 m	100 m
Julho (99)	10 m	30 m	110 m

O perfil P-2 passa pelo banco arenoso emerso em diagonal, em ângulo de 28° à direita do perfil P1, estendendo-se até a extremidade externa do molhe principal da desembocadura do Rio Ipiranga.

Os compartimentos atravessados são os mesmos que do perfil anterior, ou seja, o canal interno, a porção mediana emersa do banco e o canal externo. Nas proximidades do molhe principal o perfil atravessa uma pequena baía aqui denominada compartimento 4 (Figura 2).

No primeiro período monitorado, o perfil P2 mostrou o estreitamento do banco arenoso emerso, e entre setembro e dezembro de 1998 a distância do topo do banco, em relação ao início do perfil, ficou reduzida a metade. Da mesma forma, o canal externo apresentou uma maior proximidade em relação ao início do perfil.

A partir do mês de janeiro, nota-se que a porção mais alta do banco passa a distanciar-se do início do perfil, dobrando sua distância em fevereiro. De uma forma geral, entre janeiro e março o banco sofreu um alargamento, e todos os compartimentos foram deslocados cerca de 50 m do marco inicial em direção ao mar.

Entre abril e julho nota-se um novo estreitamento do banco em relação ao canal interno e ao seu eixo, mas o canal externo manteve seu limite a 150 m do marco inicial do perfil. As fotografias obtidas no mês de julho de 1998 revelaram um banco com a mesma

largura. No entanto, o comprimento do banco estava com aproximadamente a metade do tamanho que foi observado nas fotos obtidas em julho de 1999.

A Tabela 2 apresenta os dados de evolução do perfil P2.

No perfil P3, locado em ângulo de 77° à esquerda do perfil P1, rumo ao costão rochoso do Morro do Camaroeiro, também são identificados os três compartimentos observados ao longo do perfil P1. O perfil cruza a porção da praia localizada entre o canal externo e o costão rochoso, sendo que este trecho do perfil foi denominado de compartimento 5.

Entre julho e dezembro de 1998, o perfil P3 mostrou que a porção inicial do banco arenoso emerso apresentou um alargamento. Entre janeiro e março foi observado um acúmulo de sedimentos no topo do banco, em sua porção unida ao continente. Entre abril e julho de 1999 este acúmulo de areia foi erodido.

De um modo geral, pode-se observar que entre janeiro e abril ocorreu um estreitamento da largura da porção inicial do banco ligada ao continente, e um aumento em sua altura decorrente da deposição de areias sobre o topo do banco.

A distância do canal interno com o início do perfil manteve-se constante entre julho de 1998 a janeiro de 1999. Após este período até o mês de julho de 1999, a distância do canal interno exibiu uma redução gradual, passando a cerca de um quarto de sua distância inicial. Da mesma forma, a posição topográfica relativa ao topo do banco apresentava-se com uma distância maior da posição inicial do perfil, entre os meses de setembro e janeiro passando para cerca da metade desta distância, entre os meses de fevereiro a julho de 1999 (Tabela 3).

Analisando-se conjuntamente os resultados obtidos, observa-se que o banco arenoso apresentou a seguinte evolução de sua configuração (Prancha 2). Entre julho e setembro de 1998, o banco arenoso teve sua largura reduzida ao longo do perfil P1. A porção inicial do banco posicionado junto ao Morro do Camaroeiro e cortada pelo perfil P3, apresentou no período um aumento da sua largura, que se manteve estável até o mês de dezembro. A partir de dezembro de 1998 até março de 1999, o banco exibiu um alargamento significativo, associado ao desenvolvimento de um segundo banco arenoso. Entre abril e julho o banco volta a apresentar um estreitamento, mas a distância do canal à posição inicial do perfil manteve-se praticamente estável em torno de 150 m.

Especificamente com relação à porção do banco, entre os meses de janeiro e março, observou-se um processo de estreitamento da porção emersa e, paralelamente, um maior acúmulo de sedimentos sobre o topo emerso do banco. Entre abril e julho de 1999 esta porção sofreu um processo de erosão.

TABELA 2. Características das variações no perfil P2, ao longo dos 13 meses de monitoramento.

Mês	Perfil P2			
	Compartimento 1: Canal interno (distância)	Compartimento 2: Topo do banco (distância eixo)	Compartimento 3: Canal externo (distância)	Compartimento 4: Pequena baía adjacente (extensão no perfil)
Julho (98)	20 m	80 m	100 m	100-230 m, topografia retilínea
Agosto (98)	20 m	70 m, seguido de uma queda acentuada de 2 m na topografia	90 m, o centro do canal encontra-se a -3,5 m em relação ao nível de base inicial	100-220 m, topografia retilínea a -2,5 m abaixo do nível inicial de referência
Setembro (98)	20 m	40 m	80 m	90-230 m, topografia plana com um pequeno rebaixamento de 0,5 m (-2,5 p/ -3,0) entre 130 e 230 m
Outubro (98)	20 m	40 m	80 m	90-230 m, topografia irregular. Em 120 m uma pequena elevação abrupta seguido de rebaixamento de 0,5 m, em 230 rebaixamento de 0,5 m
Novembro (98)	20 m	40 m	80 m	90-230 m, retorno do caráter retilíneo da baía, com variação suave de 0,5 m ao longo de 130 m
Dezembro (98)	20 m	40 m	70 m, estreitamento do banco arenoso emerso.	90-230 m
Janeiro (99)	10 m	50 m	70 m	70-200, sobrelevação no perfil entre 90 e 130 m, com variação de 0,4 m
Fevereiro (99)	50 m	100 m	130 m	140-230 m, sobrelevação no perfil de 0,5 m ao longo deste compartimento
Março (99)	20 m	90 m	140 m	150-260 m, sobrelevação no perfil de 0,6 m ao longo deste compartimento
Abril (99)	10 m	50 m	150 m	160-230 m, sobrelevação no perfil de 0,4 m ao longo deste compartimento
Maio(99)	10 m	50 m	150 m	160-250, sobrelevação no perfil de 0,4 m ao longo deste compartimento
Junho (99)	10 m	50 m	140 m	150-250, sobrelevação no perfil de 0,3 m ao longo deste compartimento
Julho (99)	10 m	60 m	130 m	140-400 m, duas sobrelevações ao longo deste compartimento entre 160 e 250 m com variação de 0,34 m e entre 320 e 360 m com variação de 0,2 m

Durante este período, sedimentos foram paulatinamente depositados na frente de avanço do banco, ao longo de seu eixo principal. Este fato foi evidenciado a partir do mês de setembro provocando um alargamento de seu eixo em direção ao molhe principal na desembocadura do Rio Ipiranga, mantendo esta tendência até o último mês de monitoramento (julho de 1999).

Ao longo do período de monitoramento, o perfil P4 apresentou uma tendência erosiva generalizada, representando pelo menor acúmulo de material junto à porção esquerda do molhe principal junto à desembocadura do Rio Ipiranga.

A partir do mês de agosto, observou-se uma perda de areia ao longo do perfil, representada por um incremento do desnível de 3 m de altura, entre a base de observação (0 m) e a extremidade do perfil. Entre janeiro e março foi observado um maior acúmulo de sedimentos junto à desembocadura do Rio Ipiranga, na porção esquerda do molhe. No entanto, em abril, após um evento de ressaca, o perfil foi totalmente erodido. A partir de maio de 1999 observou-se uma

lenta e progressiva reconstrução do perfil, representado sempre por uma topografia suavizada. Em julho pode-se observar o assoreamento da foz do Ipiranga, devido ao barramento provocado pelo molhe. A desembocadura do rio mostrou-se totalmente assoreada. Em condições de maré baixa as profundidades da desembocadura não chegavam a 5 cm e o pequeno volume de água proveniente do Rio Ipiranga dividia-se em pequenos cursos meandantes em direção ao mar (Tabela 4).

Área Submersa

Na área submersa contígua à porção norte da Enseada de Caraguatatuba e do banco arenoso monitorado, o levantamento com sonar de varredura indicou a presença de marcas onduladas com duas orientações principais, uma de maior expressão com orientação NE, com comprimento de onda de até 15 m, e uma segunda que se sobrepõe à primeira, com comprimento de onda médio de cerca de 8 m.

As marcas onduladas observadas são reflexos da atuação dos dois principais sistemas de ondas que

TABELA 3. Características das variações no perfil P3, ao longo dos 13 meses de monitoramento.

Mês	PERFIL P3			
	Compartimento 1: Canal interno (distância)	Compartimento 2: Topo do banco (distância do seu eixo)	Compartimento 3: Canal externo (distância)	Compartimento 5: Praia entre o topo do banco e o costão rochoso (extensão no perfil)
Julho (98)	50 m	50-55 m, degrau construído pelo canal interno, representando o topo do banco em 55 m	Entre 90 e 150 m ocorre uma queda acentuada na topografia; é neste baixio que se desenvolve o canal externo (em 90 m)	150-250 m; topografia se eleva em relação ao compartimento anterior em uma topografia retilínea
Agosto (98)	50 m	55 m, o degrau se mantém	105 m	120-260 m; planície com topografia irregular. Em 160 m elevação (0,2 m) em relação ao canal externo e, em 190 m, rebaixamento de 0,8 m em relação ao canal
Setembro (98)	50 m	80 m	130 m, desnível de -2,5 m do topo do banco emerso até o fundo do canal.	130-235 m; topografia plana com um elevação suave de 0,5 m ao longo de sua extensão
Outubro (98)	50 m	80 m	130 m	130-235 m; o perfil assemelha-se ao anterior, porém os compartimentos encontravam-se mais marcantes (mais escavados)
Novembro (98)	50 m	80 m	130 m	Perfil semelhante ao do mês anterior
Dezembro (98)	50 m	80 m	130 m.	Perfil semelhante ao do mês anterior
Janeiro (99)	50 m	90 m	150 m	160-240; observa-se uma sobrelevação no perfil de 0,5 m ao longo deste compartimento
Fevereiro (99)	20 m	40 m	70 m	80-210 m; entre 80 e 130 m observa-se a formação de um banco emerso neste compartimento com altura de 0,5 m; após este trecho ocorre um leve decaimento até 210 m
Março (99)	10 m	40 m	50 m	60-220 m; entre 60 e 120 m observa-se a formação de um banco emerso neste compartimento com altura de 0,5 m; após este trecho ocorre um leve decaimento até 220 m
Abril (99)	10 m	40 m	50 m	60-230; entre 60 e 120 m ocorre um decaimento acentuado na topografia de 1,1 m; após este trecho o perfil se suaviza, com decaimento menor até 230 m
Maió(99)	10 m	50 m	100 m	110-250; entre 110 e 220 m ocorre um decaimento suave na topografia de 0,3 m; após este trecho o perfil se apresenta um ligeira sobrelevação de 0,3 m em 30 m
Junho (99)	10 m	40 m	100 m	110-220; entre 110 e 220 m ocorre um decaimento suave na topografia de 0,2 m
Julho (99)	10 m	40 m	90 m	100-220; entre 110 e 220 m ocorre um decaimento suave na topografia de 0,3 m

atuam na área. O primeiro, de atuação mais constante ao longo do ano, apresenta orientação NE; o segundo ocorre por um período mais limitado de tempo com passagens de sistemas frontais com geração de trens de ondas de sul e sudeste de maior energia.

OBSERVAÇÕES OCEANOGRÁFICAS

Durante os 13 meses de monitoramento foram obtidos, visualmente, dados que compõem o regime de ondas incidentes. Neste levantamento foram considerados a altura das ondas, o período, direção dos trens e as condições climáticas das 24 h que antecederam o momento de observação.

As ondas que atingem a área de estudo, situada em uma região abrigada do litoral norte paulista, sofrem

reflexão em diversas barreiras naturais (ilhas e promontórios), com destaque a própria Ponta do Camaroeiro e a Ilha de São Sebastião.

Durante o monitoramento foi observado que as ondas já chegam refratadas e, desta forma, as direções observadas representam uma orientação sobre a direção de incidência e não a direção das ondas em mar aberto. Os trens de onda que ali incidem muitas vezes se cruzam, fato constatado no campo, na fotointerpretação e nas fotografias obtidas no monitoramento.

As ondas que atingem a região geralmente são de baixa altura (<0,5 m), devido principalmente à própria configuração da Enseada de Caraguatatuba e à presença de inúmeros bancos arenosos, que promovem uma arrebentação dos trens de onda distante da linha de



PRANCHA 2. Conjunto de fotografias obtidas a partir do monitoramento mensal da evolução do banco arenoso entre os meses de julho de 1998 a julho de 1999. Observa-se a evolução de crescimento do banco arenoso em direção à desembocadura do Rio Ipiranga, e do molhe que a orienta.

TABELA 4. Características das variações no perfil P4, ao longo dos 13 meses de monitoramento.

Mês	Extensão do Perfil	Declividade	Linha d'água	PERFIL P4
				Descrição geral (acresção/erosão)
Julho (98)	105 m	0,009	56 m	Perfil inicial de referência; entre 20 e 60 m pode se observar um acumulo de material
Agosto (98)	95 m	Variada	55 m	Topografia irregular, com um rebaixamento de 0,5 m em 10 m e nova elevação do perfil em 20m, seguida de um decaimento constante na topografia até 95 m. Em 70 m calha erosiva
Setembro (98)	200 m	0,010	150 m	Erosão, topografia irregular, com alguns pontos (80 m). Perfil com tendência retilínea
Outubro (98)	160 m	Variada	140 m	O perfil apresenta uma tendência erosiva, com contrastes em sua topografia. Ocorrem vários picos de sedimentação e erosão ao longo do perfil. Neste perfil pode ser observado o leito do rio Ipiranga mais delimitado e escavado mostrando um menor assoreamento da desembocadura do rio
Novembro (98)	100 m	0,017	65 m	Este perfil também exibe uma tendência erosiva, caracterizado pela maior inclinação do perfil, em relação aos perfis anteriores. Apresenta uma topografia irregular com picos de sedimentação e erosão, porém mais suaves que os do perfil anterior
Dezembro (98)	40 m	0,035	40 m	O perfil atingiu apenas 40 m, não adentrando a linha d'água. Pela tendência geral pode se observar que a inclinação apresentada é grande, mostrando o caráter erosivo do perfil
Janeiro (99)	100 m	0,015	100 m	Acresção, perfil irregular; entre 10 e 40 m pode ser observado um acumulo de sedimentos, caracterizando um domo
Fevereiro (99)	50 m	0,028	50 m	Acresção, perfil irregular, semelhante ao anterior, entre 10 e 30 m pode ser observado um acumulo de sedimentos, caracterizando um domo
Março (99)	55 m	0,018	55 m	Ligeira acresção de sedimentos sobre o perfil anterior. Perfil regular, com topografia suave
Abril (99)	-----	-----	-----	O perfil foi erodido por completo neste mês
Maió (99)	45 m	0,038	40 m	Erosão, perfil regular, com forte inclinação ao longo de quase todo perfil, com um topografia mais suavizada entre 10 e 20 m
Junho (99)	60 m	0,026	60 m	Perfil semelhante ao mês anterior, porém com topografia menos inclinada e maior deposição entre 30 e 60 m
Julho (99)	90 m	0,019	90 m	Perfil semelhante ao mês de Junho, com extensão maior e maior inclinação até 30 m, onde a topografia se suaviza até 90 m

maré baixa (Foto 2). Este fato ocasiona a formação de uma larga área de surfe, resultando na perda da capacidade de atuação destes trens sobre o prisma praial emerso.

Os períodos das ondas apresentaram valores entre 7-8 s, sendo registrados dois valores extremos correspondentes às observações dos meses de agosto (4,5 s) e abril (13,5s) (Tabela 5).



FOTO 2. Bancos arenosos paralelos à linha de costa, emersos em situação de baixa-mar.

TABELA 5. Parâmetros oceanográficos obtidos visualmente durante as etapas de monitoramento.

Mês	Altura da onda	Período (s)	Direção
Julho	<< 0,5 m	8,0	E/NE
Agosto	0,5 m	4,5	S
Setembro	0,5 m	7,0	E/NE
Outubro	<< 0,5 m	7,0	NE
Novembro	<< 0,5 mm	9,0	SE
Dezembro	< 0,5 m	8,0	L
Janeiro (99)	< 0,5 m	7,0	S/SE
Fevereiro (99)	< 0,5 m	8,1	NE
Março (99)	< 0,5 m	7,3	E/SE
Abril (99)	<< 0,5 m	13,5	E/NE
Mai (99)	< 0,5 m	10,5	NE
Junho (99)	< 0,5 m	8,6	S/SE
Julho (99)	0,0 – 0,5 m	9,5	SE

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Enseada de Caraguatatuba encontra-se numa região abrigada e protegida do embate direto das ondas, com a linha de costa em sua porção norte apresentando-se não retilínea, mas recortada em decorrência da presença de molhes, e limitada pela Ponta do Camaroeiro, que lhe confere condições de dinâmica costeira muito particular.

As fotos aéreas evidenciaram a presença de dois sistemas de trens de ondas, um mais expressivo proveniente de nordeste e outro padrão secundário, proveniente de sudeste (Figura 3).

A deriva litorânea predominante é de norte para sul, caracterizada pela formação dos bancos arenosos de diferentes configurações e arranjo espacial, sendo

que estes bancos já se desenvolviam mesmo antes da existência dos molhes. Com as construções destas estruturas rígidas, essa dinâmica de formação e dissipação dos bancos ficou mais evidente em decorrência do barramento de sedimentos transportadas pela deriva nas porções norte dos molhes (Foto 2). Os trabalhos de campo, envolvendo os perfis e as fotografias tiradas do local ao longo de todos os meses, bem como a própria observação local, confirmaram o mecanismo de dinâmica propício à formação de bancos arenosos (Prancha 2).

O principal banco arenoso emerso apresentou um crescimento ao longo de seu eixo em direção ao molhe do Rio Ipiranga entre os meses de julho a dezembro.

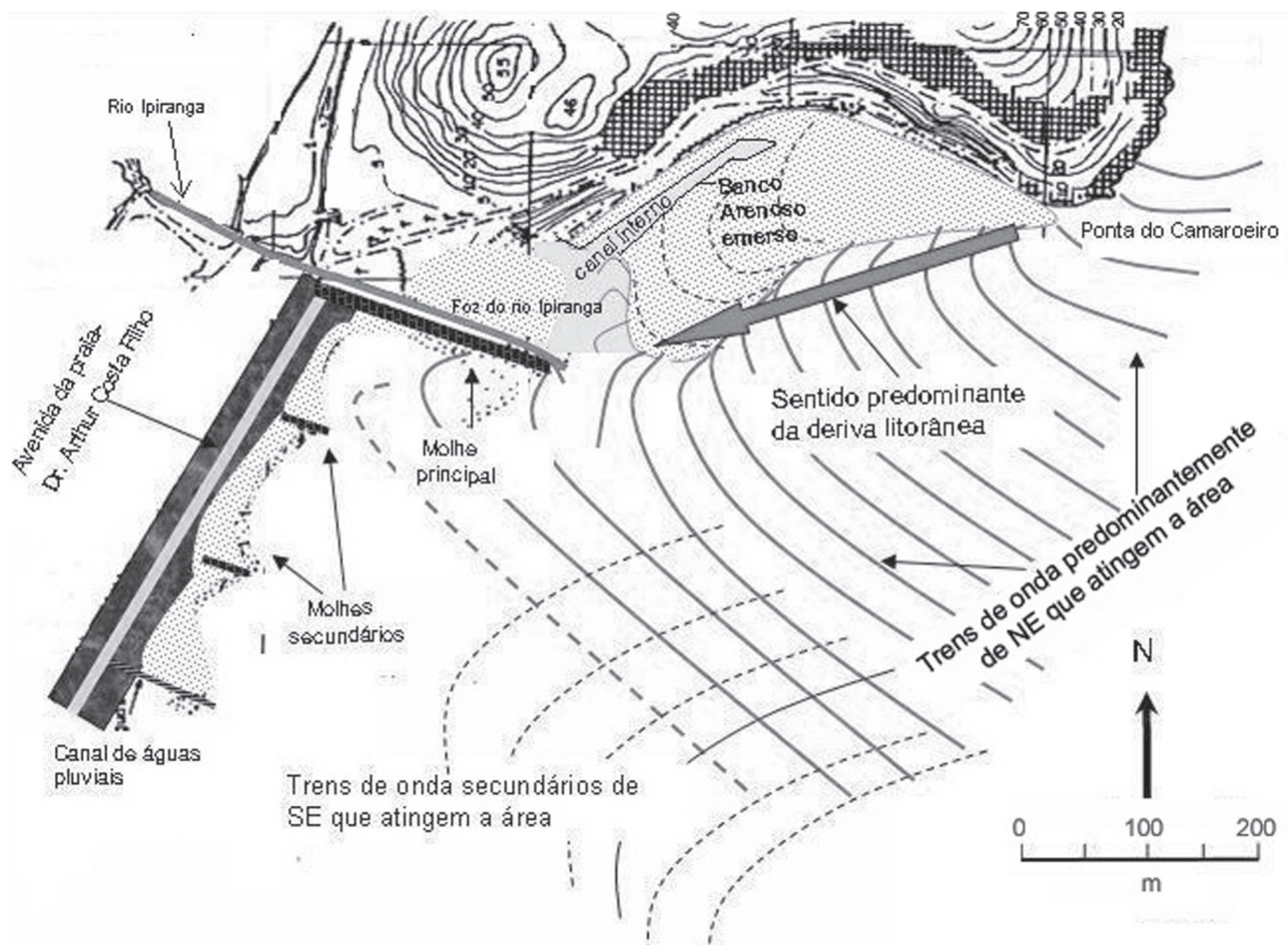


FIGURA 3. Ação dos dois principais trens de onda que incidem sobre a área de estudo. Observa-se a atuação preferencial de sistemas de nordeste durante a maioria dos meses monitorados. Durante a passagem de sistemas frontais, registra-se a incidência concomitante de trens de onda de sudeste, resultando num cruzamento destes trens.

Foi observado ainda um estreitamento de sua largura e um empilhamento de sedimentos sobre seu eixo, evidenciado ao longo dos perfis. Quando analisadas as fotos que refletem a evolução do banco entre julho de 1998 e julho de 1999, observa-se que a feição arenosa emersa evoluiu numa seqüência gradativa de avanço em direção ao molhe. A influência de sistemas frontais regendo a configuração dos bancos arenosos foi indicada por Cruz et al. (1985). Informações adicionais obtidas junto a moradores locais indicam que, normalmente, o banco se une ao molhe no final da primavera e início do verão, e só retorna à sua configuração mais restrita no inverno subsequente, respeitando a uma ciclicidade natural, regida sazonalmente.

A atuação da deriva litorânea de norte para sul promoveu o acúmulo de sedimentos junto ao molhe do Rio Ipiranga em sua porção esquerda (norte) e uma área de sombra no lado direito (sul). O molhe vem atuando como um dissipador artificial de energia que barra os sedimentos transportados e resulta num problema de escassez de material nas áreas ao sul da enseada. O banco arenoso emerso tem seu processo

de evolução intensificado em consequência da presença dos molhes na porção norte da enseada, pois, embora já tivesse sido registrada sua presença anteriormente à construção dos molhes, não apresentava as dimensões observadas.

Durante o período do monitoramento, sedimentos arenosos finos a muito finos foram progressivamente depositados na frente de avanço da feição ao longo de seu eixo principal. Uma intensificação do processo de crescimento pode ser acompanhada principalmente a partir do mês de setembro, quando, associado ao alongamento do seu eixo principal, no sentido da desembocadura do Rio Ipiranga, pode ser verificado um alargamento do banco arenoso até o último mês do monitoramento (julho 1999).

O monitoramento desta feição arenosa realizado por Cruz et al. (1985) ocorreu de forma descontínua ao longo dos anos de 1978 a 1981, tendo sido verificado nas etapas de observação de campo apenas a disposição espacial da feição arenosa na porção norte da enseada. De acordo com os autores, em novembro de 1978, o banco estava unido ao molhe do Rio Ipiranga

assoreando parcialmente a sua foz. Em junho de 1979 esta feição apresentava seu eixo de alongamento mais curto, distante do molhe do Rio Ipiranga, mais estreita e unida ao continente. Em abril de 1980 foi observado um outro banco se desenvolvendo paralelamente ao principal, que se encontrava pouco desenvolvido e distante da foz do Rio Ipiranga. Finalmente, em agosto de 1981 pôde ser observada a existência de apenas uma feição arenosa, ampla, soldada ao continente e ocupando geograficamente a posição das duas feições arenosas identificadas no mês de abril de 1980.

Com o monitoramento executado em 1998/1999

foi possível acompanhar o alongamento e alargamento da feição arenosa e o processo de coalescência ao continente e ao molhe do Rio Ipiranga.

O processo de reflexão dos sistemas de ondas incidentes dos quadrantes a leste na Enseada de Caraguatatuba, em situação de ação frontal, é o principal mecanismo de translação dos bancos arenosos no sentido da face praial, associado ao sentido predominante da deriva litorânea (NE-SW) na porção norte. Ainda permanece em aberto o conhecimento do processo que desencadeia o desmonte dos bancos arenosos no interior da enseada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O banco arenoso emerso cresceu progressivamente ao longo dos meses monitorados, tendo sido possível acompanhar o alongamento e alargamento do banco arenoso, bem como o processo de coalescência ao continente e ao molhe do Rio Ipiranga. Não foi possível caracterizar o mecanismo de rompimento e desmonte da feição.

O processo de reflexão dos sistemas de ondas incidentes dos quadrantes a leste, na enseada de Caraguatatuba, em situação de ação frontal, é o principal mecanismo de translação dos bancos arenosos da enseada, no sentido da face praial, associado ao sentido predominante da deriva litorânea na porção norte da Enseada de Caraguatatuba.

O monitoramento apresentado no presente artigo, evidenciou que a presença de estruturas rígidas perpendiculares à linha de costa (molhes) são extremamente prejudiciais à dinâmica de transporte e sedimentação ao longo da praia, dado que estes foram capazes de modificar os processos naturais de sedimentação.

O reflexo destas obras sobre a dinâmica sedimentar é verificado ao longo de toda a Enseada de Caraguatatuba, uma vez que proporcionou déficit de sedimentos para a porção sul, resultando em uma alteração estética e ambiental na linha de costa, além

de promover uma acentuada erosão que implica problemas à própria ocupação da orla marítima.

Da mesma forma, os sedimentos barrados pelos molhes junto à desembocadura do Rio Ipiranga tornaram-se prejudiciais à dinâmica natural, uma vez que se portaram, principalmente em condições de maré baixa, como uma barreira ao fluxo do rio em direção ao oceano e à chegada das embarcações pesqueiras junto ao atracadouro.

A construção de outros dois molhes na tentativa de minimizar a questão da erosão teve um resultado oposto ao desejado, promovendo uma configuração escalonada da praia naquele local. As regiões de sombra dos molhes apresentaram fenômenos erosivos que estão afetando progressivamente o calçamento da avenida e, em condições de maré alta, as águas chegaram a atingir o muro de proteção da avenida. A situação se agrava por ocasião das passagens de sistemas frontais, onde um maior empilhamento de água na costa favorece a invasão das mesmas sobre a avenida da praia, comprometendo o investimento financeiro empregado na reurbanização da orla marítima.

Desta forma, conclui-se que estas estruturas rígidas mostraram-se capazes de alterar significativamente a configuração da linha de costa, o balanço sedimentar das praias e a dinâmica local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CRUZ, O.; SUGUIO, K.; EICHLER, B.B. Sedimentação acelerada de pontais e barras arenosas na Enseada de Caraguatatuba, SP: causas naturais e antrópicas. **Boletim IO-USP**, v. 33, n. 1, p. 39-53, 1985.
2. MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: CUNHA, S.B. da & GUERRA, A.J.T. (Eds.), **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, p. 191-238, 1996.

3. OCCHIPINTI, A.G. Climatologia dinâmica do litoral sul brasileiro. **Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico**, Série Oceanografia Física, v. 3, p. 1-86, 1963.
4. SOUZA, C.R.G. **Considerações sobre os processos sedimentares quaternários e atuais na região de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1990. 334 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Química e Geológica) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
5. SUGUIO, K. & MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul-fluminense. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL IN THE QUATERNARY, 1, 1978, São Paulo. São Paulo: International Union for Quaternary Research (INQUA), **Special Publication**, 1978, 55 p.
6. TEISSEDE, J.; LOPES, M.F.C.; SANCHES, J.L.; SILVA, W.F. **Contribuição da hidrogeologia ao conhecimento estrutural do litoral paulista**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB); Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), p. 369-380, 1981.

*Manuscrito Recebido em: 27 de abril de 2006
Revisado e Aceito em: 20 de outubro de 2006*