

Dinâmica sedimentar atual nas enseadas da região de Ubatuba, Estado de São Paulo*

Michel Michaelovitch de MAHIQUES

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo
(Caixa Postal 66149, 05389-970, São Paulo, SP, Brasil)

- **Abstract:** The present study investigates the modern sedimentation pattern in Ubatuba coastal region, State of São Paulo, through the identification of the main mechanisms of input and remobilization of sediments and through the definition of their temporal variations. The study area covers five bays: Ubatuba Bay, Toninhas Bay, Flamengo Bay, Fortaleza Bay and Mar Virado Bay. Results show the existence of dynamic conditions for remobilization of fine sandy sediments previously and during the passage of cold fronts over the area, and for the transport of suspended material during the entire period of the study. Sedimentation patterns unique to each bay, occurring as function of the physiographic and hydrodynamic characteristics of each bay are also identified. Besides sediment remobilization, input of terrigenous materials from the continental area is also evaluated.
- **Resumo:** Este trabalho tem, como objetivo, o estabelecimento de um modelo de sedimentação para as enseadas semi-confinadas da região costeira de Ubatuba, Estado de São Paulo, a partir da identificação dos principais mecanismos de aporte e remobilização de sedimentos e da definição de sua variabilidade. A área de estudo compreende cinco enseadas: Ubatuba, Toninhas, Flamengo, Fortaleza e Mar Virado. A metodologia de trabalho consistiu de cinco séries de estações fixas de correntometria e termossalinometria e seis séries de perfis de termossalinometria, executadas a intervalos aproximados de 3 meses, além da coleta de 115 amostras de sedimentos superficiais. Os sedimentos foram analisados quanto a granulometria, teores de carbono e nitrogênio orgânicos e carbonato biodetrítico e quanto aos constituintes da fração grossa. Os resultados demonstraram a existência de condições dinâmicas para a remobilização de sedimentos arenosos finos, durante a passagem de sistemas frontais sobre a área, e para o transporte de material em suspensão durante todo o período investigado. Indicam, também, a existência de padrões de sedimentação próprios para cada enseada, levando a uma variabilidade espacial dos tipos sedimentológicos, como função das características fisiográficas e hidrodinâmicas de cada unidade. É feita, também uma avaliação da importância das áreas continentais no aporte de sedimentos terrígenos e, particularmente, da matéria orgânica, para a área.
- **Descriptors:** Sedimentation, Sedimentary dynamics, São Paulo - Ubatuba, Coastal region.
- **Descritores:** Sedimentação, Dinâmica sedimentar, São Paulo - Ubatuba, Região costeira.

Introdução

O litoral norte do Estado de São Paulo caracteriza-se pela presença de uma linha de costa bastante recortada,

encerrando várias enseadas que, por sua configuração, apresentam características de semi-confinamento. Esta primeira observação sugere que os processos de troca de água e material sedimentar entre a região costeira e a plataforma adjacente sejam bastante restritos.

Esta porção do litoral também caracteriza-se, fisiograficamente, pela presença marcante da Serra do Mar, que se projeta diretamente sobre o Oceano Atlântico,

Contr. n° 786 do Inst. oceanogr. da Usp.

(*) Trabalho desenvolvido com o auxílio da FAPESP, processo n° 88/0109-9.

encerrando planícies costeiras bastante restritas, quando comparadas com as do litoral sul paulista e pelo desenvolvimento de um padrão de drenagem bastante incipiente. Esta configuração da fisiografia levou Magliocca & Kutner (1965) a considerar como inexpressivo o aporte de sedimentos terrígenos em direção à plataforma continental. Por outro lado, informações sobre o regime pluviométrico da região (Silva, 1984) e a observação direta das descargas de material em suspensão das pequenas bacias de drenagem após a ocorrência de chuvas torrenciais na área, sugerem um aporte de material terrígeno, principalmente de partículas em suspensão, para as áreas submersas, não negligível.

A necessidade do conhecimento sobre os processos de troca de partículas sedimentares entre a área costeira e a plataforma continental e sobre a importância do aporte de matéria orgânica de natureza continental na manutenção do ecossistema bêntico da plataforma norte de São Paulo tem levado alguns autores (Paiva, 1990, Mahiques, 1992) a procurar entender e estabelecer modelos para o transporte de material sedimentar em direção às áreas marinhas mais externas. Desta forma, a compreensão dos mecanismos de dinâmica costeira e suas variações temporais passa a ter importância fundamental, na medida em que esta área consiste na zona potencial de aporte de sedimentos e matéria orgânica continentais para a plataforma continental.

Considerando tais fatos, o presente trabalho tem, como objetivo, compreender a distribuição atual de sedimentos e os processos hidrodinâmicos que regem a sedimentação

em cinco enseadas da região costeira de Ubatuba, Estado de São Paulo, procurando determinar a real importância da área continental deste trecho do litoral como fonte potencial de sedimentos para a plataforma continental, bem como identificar os mecanismos hidrodinâmicos, responsáveis pelo transporte de sedimentos.

Área de estudo

A área de estudo consiste de cinco enseadas, denominadas, de sul para norte, Enseada do Mar Virado, Enseada da Fortaleza, Enseada do Flamengo, Enseada das Toninhas e Enseada de Ubatuba. A área é limitada pelas coordenadas: 23°00'S - 23°36'S e 45°01'W - 45°13'W. A área de estudo limita-se da Ponta Lisa do Mar Virado, ao sul, até a Ponta do Respingador, ao norte, estendendo-se, para mar aberto, até a isóbata de 20 m (Fig. 1).

Cada uma das enseadas estudadas apresenta características fisiográficas distintas, em termos de forma e de orientação de suas desembocaduras. As enseadas do Mar Virado e da Fortaleza têm suas desembocaduras largas, voltadas para SSE. A desembocadura da Enseada do Flamengo é mais estreita que sua porção interna e voltada para sul. Devido à presença da Ilha Anchieta e da Ilha do Mar Virado, a Enseada do Flamengo coloca-se como a mais abrigada da penetração de ondas de S, SW e E. A Enseada das Toninhas constitui, isoladamente, a maior unidade fisiográfica da área; consiste num

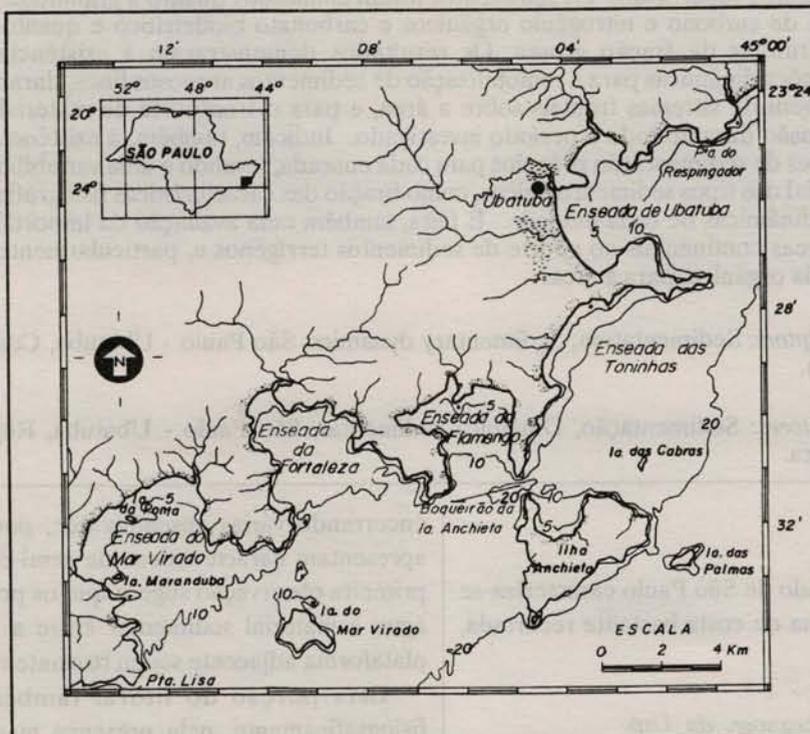


Fig. 1. Localização da área de estudo.

recurvamento da linha de costa, em forma de "C", com abertura voltada francamente para leste. A Enseada de Ubatuba, também com desembocadura voltada para leste, apresenta um grande estrangulamento, formado por projeções do embasamento cristalino, que a dividem, em uma parte mais externa, com profundidades superiores a 10 m, e uma mais interna, marcadamente mais rasa.

Com relação à batimetria (Fig. 1), observa-se, como feição mais importante da área, a presença do Boqueirão da Ilha Anchieta, depressão alongada na direção WSW-ENE, localizada no estreito que separa a Ilha Anchieta do continente. O Boqueirão apresenta profundidade máxima de 35 m sendo que o relevo adjacente à feição não ultrapassa os 18 m de profundidade, e com inclinações de 10° freqüentes. A origem desta feição é relacionada à ação de correntes atuantes em período transgressivo (Mahiques *et al.*, 1989).

A configuração da isóbata de 10 m, que marca a desembocadura das enseadas, apresenta um padrão serrilhado nas enseadas do Mar Virado e da Fortaleza. Este padrão, segundo (Figueiredo Jr, comun. pess.*), é característico de regiões sujeitas à ação de correntes de tempestade, sendo possível a determinação do sentido do fluxo. Nas demais desembocaduras, este padrão não é observável e o perfil batimétrico apresenta-se assimétrico, sendo que as maiores profundidades ocorrem nos extremos meridionais de cada desembocadura.

Material e métodos

Cinco séries de estações fixas de correntometria e termossalinometria, localizadas nas desembocaduras das enseadas, com duração de 25 horas cada, foram executadas a intervalos aproximados de três meses, entre julho de 1988 e agosto de 1989. As medidas de correntometria foram obtidas com um correntômetro Braystoke BFM008-MK3 e os valores de temperatura e salinidade foram obtidos com um termossalinômetro indutivo Beckman RS5-3. As medições foram feitas em três níveis: a um metro da superfície, a meia água e a um metro do fundo.

Nove perfis de termossalinometria, dispostos ao longo das desembocaduras e dos eixos longitudinais das enseadas, foram executados logo após o término de cada estação fixa. As medições também foram feitas nos três níveis citados acima.

Foram coletadas 115 amostras de sedimentos superficiais, utilizando-se um pegador de mandíbulas do tipo Petersen.

A localização das estações fixas, de termossalinometria e de coleta de sedimentos é apresentada na Figura 2.

A granulometria dos sedimentos superficiais foi determinada através das técnicas de peneiramento e pipetagem, descritas em Suguio (1973), obtendo-se, a partir daí, as freqüências de classes granulométricas e os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957). A partir das freqüências de classes granulométricas foi calculada a razão entre o teor de argila e o teor de silte (razão argila/silte). Este parâmetro consiste numa modificação do proposto por Shideler (1978), e constitui uma medida auxiliar na determinação do centro deposicional e do sentido de transporte de sedimentos finos.

O conteúdo em carbonato biodetrítico dos sedimentos superficiais foi obtido a partir da eliminação do CaCO₃ com ácido clorídrico a 10% e posterior pesagem do resíduo insolúvel. Determinou-se o conteúdo em carbono orgânico, utilizando-se a técnica de oxidação com dicromato de potássio e titulação do dicromato em excesso com sulfato ferroso amoniacal, conforme descrito em Gaudette *et al.* (1974). O conteúdo em nitrogênio aminóide, foi medido através de destilação em meio alcalino e titulação com ácido clorídrico, segundo a técnica de Micro-Kjeldahl, descrita em Kabat & Mayer (1948). Os valores de conteúdo em carbono e nitrogênio orgânicos permitem o cálculo da razão carbono/nitrogênio (Razão C/N), bastante utilizada na determinação da origem da matéria orgânica.

A análise dos constituintes da fração grossa, foi realizada nas frações retidas nos intervalos 0,707-0,500 mm e 0,375-0,250 mm, conforme proposta de Shepard & Moore (1954), modificada por Mahiques (1987).

Resultados

Características oceanográficas

A estrutura oceanográfica das enseadas, revelada através dos perfis de termossalinometria e dos dados das estações fixas, revela uma notável variabilidade dentro do período analisado. De todos os períodos analisados, o único que apresentou características de uma estratificação termohalina marcada em todas as enseadas foi a campanha de janeiro de 1989, com a ocorrência de um gradiente de cerca de 10°C, muito embora em outubro de 1988 tenha sido possível observar uma pequena estratificação. Nos meses de inverno, julho de 1988 e agosto de 1989, ocorreu uma completa homogeneização da coluna d'água. A Tabela 1 apresenta os valores máximos e mínimos de temperatura e salinidade medidos em cada enseada, por período de medição.

(*) Figueiredo Jr, A. G. - Universidade Federal Fluminense.

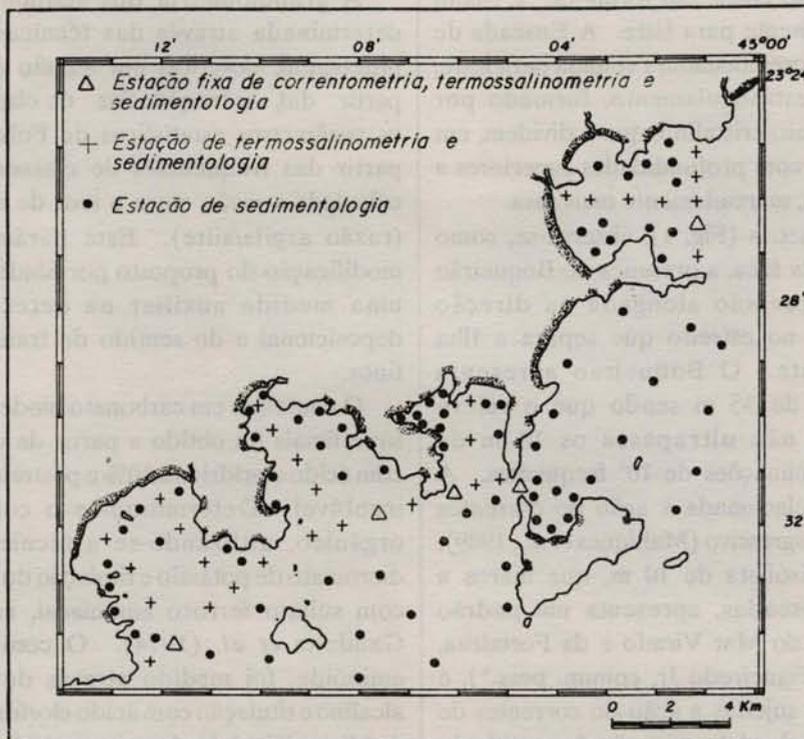


Fig. 2. Localização das estações de coleta e tipo de trabalho desenvolvido.

Tabela 1. Valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade, medidos durante a execução das estações fixas

Data	Local	> Temperatura superfície °C	< Temperatura fundo °C	< Salinidade superfície ‰	> Salinidade fundo ‰
02-03/07/88	Boqueirão	20,0	16,1	31,7	34,2
03-04/07/88	Flamengo	18,8	15,8	31,7	34,4
05-06/07/88	Ubatuba	19,2	17,1	32,2	33,5
06-07/10/88	Ubatuba	22,8	21,9	32,4	34,8
08-09/10/88	Flamengo	23,4	20,6	33,4	34,5
10-11/10/88	Mar Virado	23,0	20,7	33,1	34,4
04-05/01/89	Ubatuba	24,7	12,5	31,6	36,0
06-07/01/89	Fortaleza	24,7	14,4	31,0	33,4
08-09/01/89	Mar Virado	25,1	12,0	31,9	35,9
10-11/01/89	Flamengo	24,9	14,6	32,1	33,4
12-13/01/89	Boqueirão	25,5	14,5	32,2	33,3
21-22/04/89	Flamengo	27,9	25,9	34,2	35,8
23-24/04/89	Ubatuba	26,6	25,3	34,6	36,1
25-26/04/89	Mar Virado	27,8	24,5	33,3	35,8
27-28/04/89	Fortaleza	27,4	25,2	34,4	35,4
15-16/08/89	Flamengo	22,5	20,7	33,9	34,4
17-18/08/89	Ubatuba	22,2	20,9	33,8	34,6
19-20/08/89	Mar Virado	23,8	21,2	33,6	34,2
21-22/08/89	Fortaleza	23,7	21,4	33,4	34,9
23-24/08/89	Boqueirão	24,7	21,4	33,8	34,7

Com relação aos valores de velocidades de correntes, a Tabela 2 apresenta, para cada estação fixa, os intervalos de tempo em que as velocidades medidas foram superiores a 24 cm/s (junto ao fundo), e a 14 cm/s (em superfície, meia-água e fundo). De uma forma geral, pode-se observar que, em todos os períodos ocorreram, em todas as enseadas, valores de velocidades de correntes superiores a 14 cm/s, ao menos em uma das profundidades consideradas. Por outro lado, valores de velocidades de correntes superiores a 24 cm/s, junto ao fundo, foram medidos apenas no Boqueirão da Ilha Anchieta em julho de 1988, na Enseada de Ubatuba em outubro de 1988 e janeiro de 1989, e na Enseada do Mar Virado em abril de 1989.

Características dos sedimentos superficiais

Os sedimentos superficiais da área de estudo revelam grande variabilidade, tanto textural, quanto composicional.

Sob o ponto de vista da granulometria, os sedimentos apresentam-se como um verdadeiro mosaico, no qual ocorrem, tanto sedimentos unimodais, com moda definida nas frações areia muito fina e silte, como também sedimentos bimodais, com modas secundárias, tanto na fração argila quanto nas frações arenosas mais grossas. Ocorrem, também, sedimentos grossos, areias médias e grossas, quase sempre localizados junto a costões rochosos. Entretanto, pode-se observar, como um padrão geral da área, o predomínio da sedimentação siltosa e arenosa muito fina.

O mapa de distribuição de sedimentos segundo o diâmetro médio (Fig. 3), revela heterogeneidade na distribuição granulométrica. Neste aspecto, as enseadas de Ubatuba e do Flamengo apresentam, dentro de si, uma maior variabilidade sedimentológica, com valores variáveis entre $0,50 \phi$ e mais de $6,00 \phi$. Por outro lado, as enseadas do Mar Virado e da Fortaleza e a Enseada das Toninhas apresentam maior homogeneidade em sua distribuição, com valores entre $4,00 \phi$ e $5,50 \phi$ na primeira, $4,00 \phi$ na segunda e $2,00$ e $4,00 \phi$ na Enseada das Toninhas.

Tabela 2. Duração da ocorrência de velocidades superiores a 24 cm/s (junto ao fundo), e a 14 cm/s (superfície, meia-água e fundo) e condição meteorológica de ocorrência das estações fixas (modificado de Tessler & Mahiques, 1994)

Data	Local	Vel > 14 cm/s			Condição meteorológica	
		Vel > 24 cm/s fundo	superfície	meia-água fundo		
02-03/07/88	Boqueirão	3:30	2:10	6:25	5:00	Tempo bom
03-04/07/88	Flamengo	0:00	0:00	1:00	1:00	Tempo bom
05-06/07/88	Ubatuba	0:00	4:30	1:00	1:00	Frente fria em aproximação
06-07/10/88	Ubatuba	4:00	22:30	15:54	17:30	Imediatamente após frente fria
08-09/10/88	Flamengo	0:00	11:30	12:10	6:00	Tempo bom
10-11/10/88	Mar Virado	0:00	12:00	14:00	8:30	Frente fria em aproximação
04-05/01/89	Ubatuba	0:30	21:00	24:00	24:00	Frente em aproximação
06-07/01/89	Fortaleza	0:00	7:00	2:45	8:00	Frente em aproximação (tempo instável)
08-09/01/89	Mar Virado	0:00	6:00	0:00	2:45	Frente entre Itajaí e Ubatuba
10-11/01/89	Flamengo	0:00	10:30	0:00	0:00	Frente ao norte do Rio de Janeiro
12-13/01/89	Boqueirão	0:00	22:40	9:50	6:30	Segunda frente em direção à área
21-22/04/89	Flamengo	0:00	11:15	6:00	7:45	Frente na Argentina
23-24/04/89	Ubatuba	0:00	16:25	16:00	16:25	Frente em aproximação
25-26/04/89	Mar Virado	8:15	24:00	24:00	24:00	Frente desloca-se a partir de Torres
27-28/04/89	Fortaleza	0:00	12:00	0:00	4:15	Frente atinge a área
15-16/08/89	Flamengo	0:00	2:00	0:00	0:00	Tempo bom
17-18/08/89	Ubatuba	0:00	8:15	3:10	3:30	Frente em aproximação
19-20/08/89	Mar Virado	0:00	9:50	7:20	18:40	Frente fria entre Rio Grande e Tramandaí
21-22/08/89	Fortaleza	0:00	3:05	0:00	0:25	Frente em deslocamento para a área
23-24/08/89	Boqueirão	0:00	6:00	3:05	2:10	Frente entre Santos e Rio de Janeiro

O mapa de distribuição da razão argila/silte (Fig. 4), revela uma notável diferença entre as enseadas do Mar Virado e Fortaleza do restante da área. Nessas enseadas observa-se uma homogeneidade quase total no padrão de

sedimentação com relação a este parâmetro. Os valores da razão argila/silte acham-se totalmente abaixo de 0,40. Esta mesma característica é observável, também, na porção norte da Baía das Toninhas.

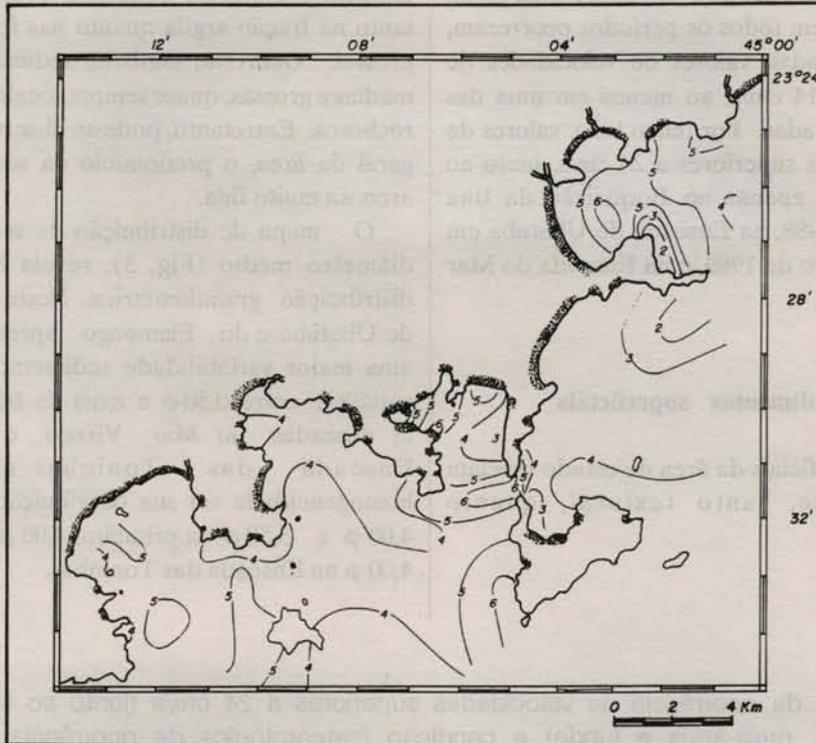


Fig. 3. Distribuição dos sedimentos superficiais segundo o diâmetro médio (ϕ) (Folk & Ward, 1957), na área de estudo.

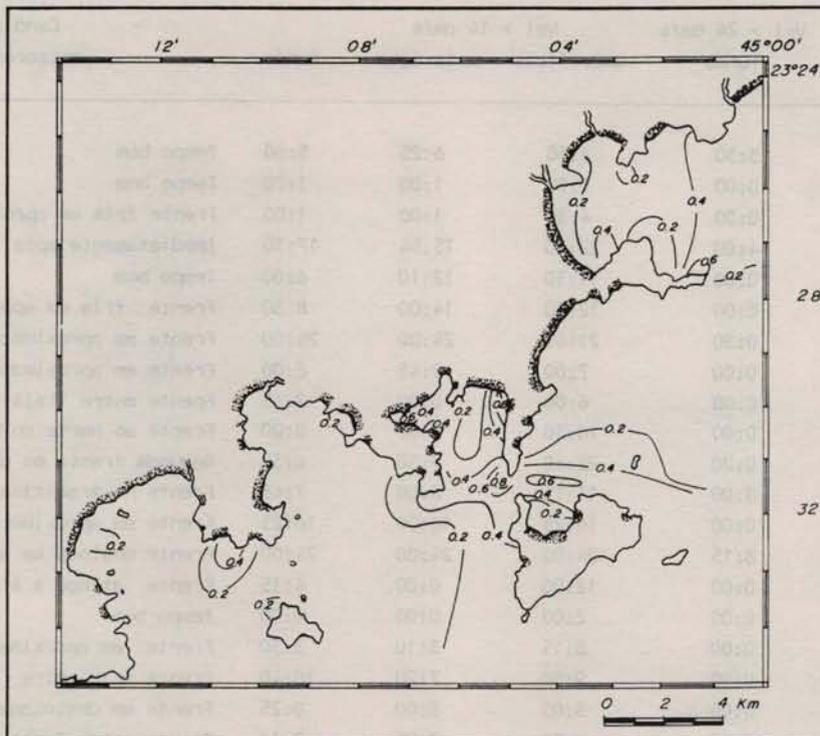


Fig. 4. Distribuição dos sedimentos superficiais segundo a razão teor de argila/teor de silte, na área de estudo.

Nas enseadas do Flamengo, Ubatuba e ao sul da Baía das Toninhas, observa-se um padrão mais complexo, com valores da razão argila/silte frequentemente superiores a 0,40. Os maiores valores observados encontram-se na porção interna da Enseada do Flamengo e junto ao Boqueirão da Ilha Anchieta.

A distribuição de sedimentos segundo o conteúdo em carbonato biodetrítico revela uma notável homogeneidade por quase toda a área de estudo, ocorrendo sedimentos litoclásticos ($< 30\% \text{ CaCO}_3$), segundo a classificação de Larsonneur *et al.*, 1982. Áreas com maiores valores de carbonatos ocorreram apenas junto aos costões rochosos expostos diretamente à ação de ondas, como no costão leste da Enseada do Flamengo e sul da Enseada de Ubatuba.

O mapa de distribuição de sedimentos segundo o conteúdo em carbono orgânico (Fig. 5), demonstra, mais uma vez, a heterogeneidade existente entre as enseadas. O conteúdo em carbono orgânico encontra relação direta com o conteúdo em argila e, neste aspecto, as áreas mais abrigadas, como a porção interna da Enseada de Ubatuba e a reentrância a noroeste da Enseada do Flamengo, conhecida como Saco da Ribeira, apresentam altos valores, que podem chegar a mais de 3,0% C_{org} , na primeira. Os menores valores de carbono encontram-se na Enseada das Toninhas e na Enseada da Fortaleza.

O mapa de distribuição de sedimentos segundo o conteúdo em nitrogênio amoníaco (Fig. 6), apresenta alguns núcleos com valores mais elevados ($> 0,20 \text{ N}_{\text{org}}$), como ao norte da Enseada de Ubatuba, no Boqueirão da Ilha Anchieta e na desembocadura da Enseada do Mar Virado.

A relação C/N (Fig. 7), usada como indicadora da origem da matéria orgânica, indica uma notável heterogeneidade nos sedimentos superficiais da área. Em todas as enseadas estudadas ocorrem sedimentos com altos valores (12), ao lado de outros, com valores da razão menores que 8, indicando grande variabilidade na natureza da matéria orgânica. Além disto, o fato de que 50% das amostras encontram-se no intervalo de 8 a 12 de razão C/N, indica mistura nas fontes do material.

Altos valores da razão C/N foram observados nas porções orientais das enseadas do Mar Virado e Fortaleza, na plataforma adjacente a essas enseadas, no extremo noroeste da Enseada do Flamengo (Saco da Ribeira), na parte externa da Baía das Toninhas e, finalmente, na porção centro norte da Enseada de Ubatuba.

Valores baixos da razão C/N, formando núcleos, foram observados ao norte da Baía das Toninhas, na porção nordeste da Enseada do Flamengo, e no extremo sudeste da Enseada de Fortaleza.



Fig. 5. Distribuição dos sedimentos superficiais segundo o conteúdo em carbono orgânico (%), na área de estudo.

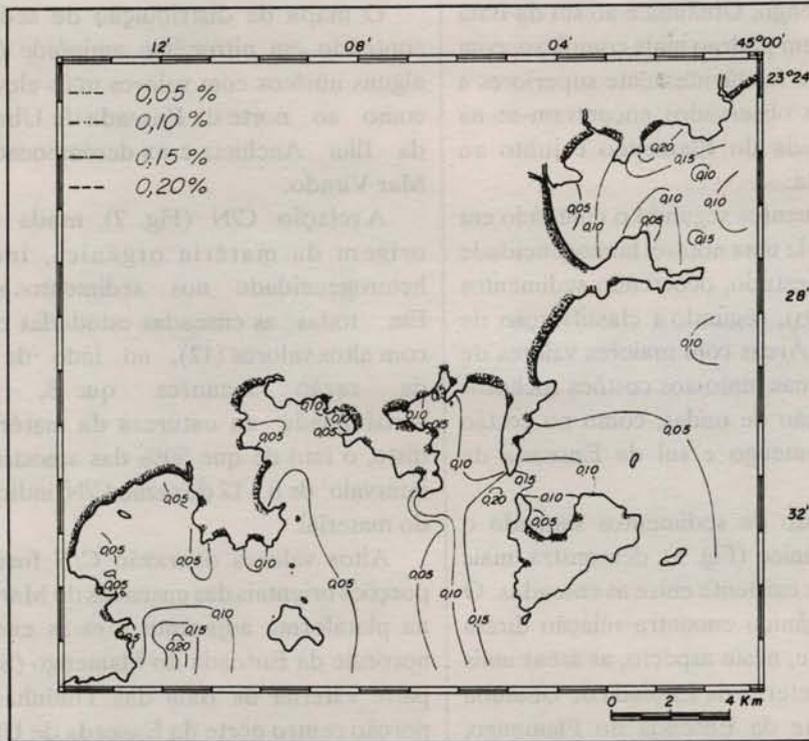


Fig. 6. Distribuição dos sedimentos superficiais segundo o conteúdo em nitrogênio orgânico (%), na área de estudo.



Fig. 7. Distribuição dos sedimentos superficiais segundo a razão carbono orgânico/nitrogênio (C/N), na área de estudo.

Com relação aos constituintes da fração arenosa, há que se destacar a importante contribuição de fragmentos vegetais e mica, principalmente, na sedimentação da área, mormente nas porções mais confinadas. Neste aspecto, o mapa de distribuição do conteúdo de constituintes biogênicos retidos na peneira de 0,500 mm (Fig. 8), e que se contrapõem aos constituintes terrígenos, é bastante elucidativa da diferenciação entre áreas com maior contribuição marinha das de maior contribuição continental.

Discussão

A nível de circulação observou-se, como regra, que a penetração de água com maior salinidade dava-se, nas porções mais meridionais da desembocadura ao passo que os menores valores de salinidade eram observados, via de regra, nos setores mais setentrionais. Esta observação permite supor a existência de um fluxo com sentido horário, permanente em todas as enseadas estudadas. No litoral norte do Estado de São Paulo, a conformação da

linha de costa e a presença de um grande número de ilhas, induz à difração dos trens de onda e à atenuação de sua energia incidente sobre a costa. No entanto, a observação das condições do mar, quando da incidência de frentes frias, mais freqüentes no período de abril a novembro, refletindo-se, tanto na modificação do padrão de ondas incidentes, quanto num aumento da turbidez da água, permite correlacionar a transferência de energia da atmosfera para o oceano e os reflexos desta junto ao fundo, através da remobilização de partículas sedimentares.

Este fato reflete-se nos valores de velocidades de correntes, onde observa-se haver uma forte relação entre a condição meteorológica nos dias imediatamente anteriores à realização das medições e a intensidade de fluxo medida nos três níveis. Exemplo deste fato são os altos valores de velocidade medidos na Enseada de Ubatuba, em 06 e 07 de outubro de 1988, quando a área está sob o domínio de um sistema frontal e na Enseada do Mar Virado, em 25 e 26 de abril de 1989, quando ocorre o deslocamento de uma frente fria, de Torres, passando pela área no dia 27.

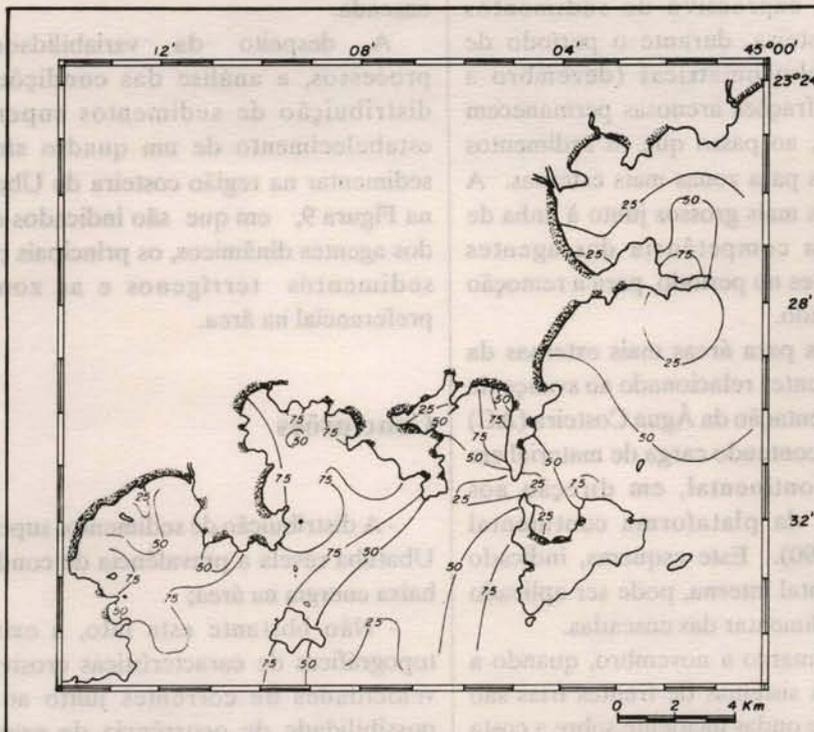


Fig. 8. Distribuição dos sedimentos superficiais segundo o conteúdo (%) de constituintes biogênicos marinhos retidos na fração de 0,500 mm, na área de estudo.

Outro fato marcante foi o avanço de uma frente fria em 07 de julho de 1988, de forte intensidade, e que atuou sobre a área durante cerca de 5 dias. Durante o período, as condições meteorológicas não permitiam a execução de trabalhos de medição, muito embora fosse possível observar um grande aumento da turbidez da água, causado pela ressuspensão de sedimentos.

Utilizando-se os valores de 14 cm/s e 24 cm/s, respectivamente, como velocidades críticas de transporte e erosão para areias finas e muito finas (Postma, 1967), e considerando-se que o diâmetro médio de 4ϕ é predominante na área, foi possível observar que, em todas as estações realizadas, houve condições dinâmicas para o transporte de partículas em suspensão, em, pelo menos, um dos três níveis amostrados. Verificou-se, também, que velocidades mínimas para a remoção de partículas foram obtidas, no período, na Enseada de Ubatuba em outubro de 1988 e janeiro de 1989, no Boqueirão de Ilha Anchieta em julho de 1988, na Enseada do Flamengo em outubro de 1988, e na Enseada do Mar Virado em abril de 1989. Foi possível, ainda, observar que as condições para a erosão de sedimentos estiveram sempre determinadas por períodos associados a grandes perturbações meteorológicas.

A dinâmica sedimentar da área exibe variações marcadamente circa e ultranuais, embora, em conjunto, não se apresentem caracterizadamente sazonais, expressas a partir de um aporte expressivo de sedimentos continentais à região costeira, durante o período de maiores precipitações pluviométricas (dezembro a março). Nesta época, as frações arenosas permanecem depositadas junto à costa, ao passo que os sedimentos pelíticos são transportados para zonas mais externas. A manutenção de sedimentos mais grossos junto à linha de costa é função da baixa competência dos agentes dinâmicos marinhos atuantes no período, para a remoção da carga sedimentar de fundo.

O transporte de pelitos para áreas mais externas da plataforma está, possivelmente, relacionado ao avanço da ACAS, que induz à movimentação da Água Costeira (AC) (Castro Filho *et al.*, 1987), contendo carga de material em suspensão, de origem continental, em direção aos domínios mais externos da plataforma continental (Furtado & Mahiques, 1990). Este esquema, indicado para a plataforma continental interna, pode ser aplicado ao modelo de dinâmica sedimentar das enseadas.

Durante o período de março a novembro, quando a frequência e a energia dos sistemas de frentes frias são incrementados, o padrão de ondas incidente sobre a costa é modificado, induzindo à ressuspensão do material depositado e ao transporte de sedimentos para profundidades superiores às que sofrem efeitos das ondas sobre o fundo.

A observação de variações circa e ultranuais bem marcadas leva, por outro lado, a supor a existência de variações infranuais de destaque, na medida em que a penetração da ACAS sobre a plataforma é variável em intensidade (Matsuura, 1986; Castro Filho *et al.*, 1987), bem como o são os índices anuais de precipitações pluviométricas e a frequência e intensidade da passagem dos sistemas de frentes frias nos meses de inverno.

O padrão de distribuição granulométrica dos sedimentos superficiais da área de estudo indica a baixa energia atuante no meio marinho. Da mesma forma, as características composicionais dos sedimentos superficiais indicam a variabilidade dos efeitos dos processos dinâmicos, atuantes sobre a região costeira, em cada enseada.

De fato, a despeito da relativa homogeneidade dos condicionantes litológicos e geomorfológicos, à retaguarda da região costeira, e dos processos climáticos e oceanográficos atuantes sobre a área, observa-se uma grande diversidade de tipos sedimentológicos, determinada pela forma da enseada e a presença de ilhas, que condicionam a intensidade da penetração da incidência do agente dinâmico sobre a costa e a possibilidade de trocas entre as enseadas e a plataforma adjacente, e pela área das bacias de drenagem voltadas para cada enseada, que condicionam a natureza e volume do material continental a ser depositado em cada enseada.

A despeito da variabilidade temporal dos processos, a análise das condições dinâmicas e da distribuição de sedimentos superficiais permite o estabelecimento de um quadro síntese da dinâmica sedimentar na região costeira de Ubatuba, representado na Figura 9, em que são indicados os sentidos de fluxo dos agentes dinâmicos, os principais pontos de aporte de sedimentos terrígenos e as zonas de deposição preferencial na área.

Conclusões

- A distribuição de sedimentos superficiais na região de Ubatuba revela a prevalência de condições dinâmicas de baixa energia na área;

- Não obstante este fato, a existência de feições topográficas de características erosivas e a medição de velocidades de correntes junto ao fundo indicam a possibilidade de ocorrência de erosão de sedimentos previamente depositados, em certas porções da área;

- Durante todo o período de levantamentos hidrodinâmicos, tendo-se em conta os valores de velocidades de correntes, houve condições potenciais para o transporte de sedimentos em suspensão, em

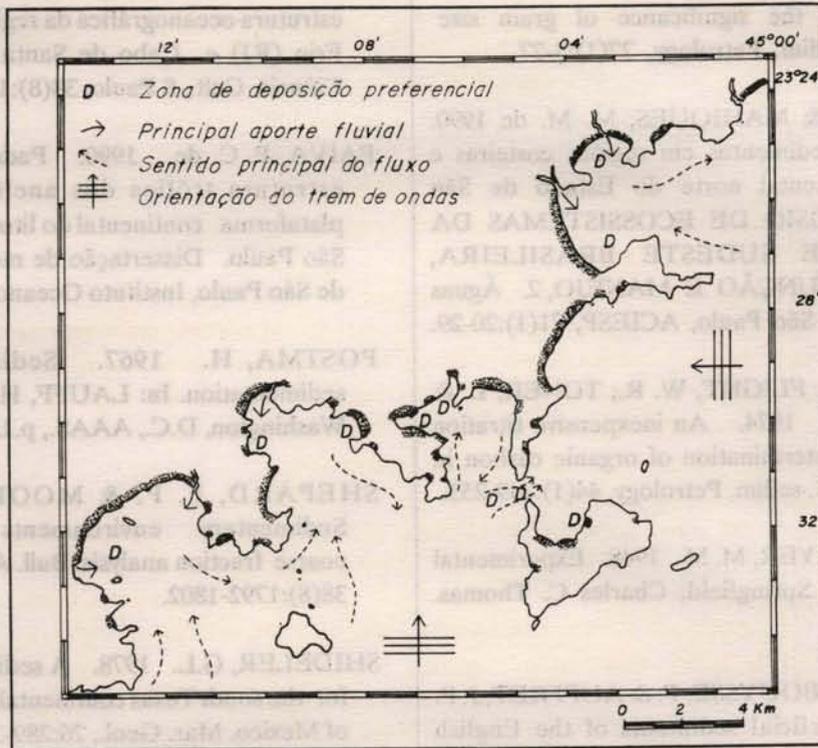


Fig. 9. Mapa síntese das zonas de deposição e de fluxos responsáveis pela dinâmica sedimentar na região costeira de Ubatuba.

direção à plataforma adjacente às enseadas. Velocidades críticas para a erosão de partículas foram obtidas quando da ocorrência de mudanças meteorológicas (passagem de sistemas frontais) e conseqüente modificação nos fenômenos oceanográficos;

- O transporte de material sedimentar, de natureza continental, para a plataforma adjacente é potencialmente aumentado durante o período de chuvas torrenciais, que ocorrem na área, normalmente, entre os meses de novembro e março, pois cerca de 70% do material sedimentar continental é carregado para o mar neste período (Uehara, comun. pess.*). As condições dinâmicas para o transporte "offshore" são facilitadas pela entrada, pelo fundo das enseadas, da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), em direção às áreas mais rasas, induzindo à saída da Água Costeira, com material em suspensão de natureza continental em direção à plataforma.

- A variabilidade de tipos sedimentológicos entre as enseadas é função de suas formas, que condicionam os processos de troca de material sedimentar com a

plataforma adjacente e em função da extensão das bacias de drenagem que desaguam sobre elas, que condicionam o aporte de sedimentos continentais.

Agradecimentos

Meus mais sinceros agradecimentos aos Professores Doutores Edmundo Ferraz Nonato, Valdenir Veronese Furtado e Moysés Gonzalez Tessler, por propiciarem todas as condições para a realização deste trabalho. Agradecimentos são devidos também aos colegas do Grupo de Oceanografia Geológica do Departamento de Oceanografia Física, à tripulação dos barcos Veliger II e Albacora, do Instituto Oceanográfico da USP, pelo auxílio nos trabalhos de campo, e às senhoras Marizilda Magro e Martha Stephan, pelas ilustrações.

Referencias bibliográficas

CASTRO FILHO, B. M. de; MIRANDA, L. B. de & MIYAO, S. Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 35(2):135-151.

(*) Uehara, K. - Escola P. liténica da Universidade de São Paulo.

- FOLK, R. L. & WARD, W. C. 1957. Brazas river bar: A study in the significance of grain size parameters. *J. sedim. Petrology*, 27(1):3-27.
- FURTADO, V. V. & MAHIQUES, M. M. de 1990. Distribuição de sedimentos em regiões costeiras e plataforma continental norte do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO, 2. Águas de Lindóia, 1990. São Paulo, ACIESP, 71(1):20-29.
- GAUDETTE, H. E.; FLIGHT, W. R.; TONER, L. & FOLGER, D. W. 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *J. sedim. Petrology*, 44(1):249-253.
- KABAT, E. A. & MAYER, M. M. 1948. Experimental immunochemistry. Springfield, Charles C. Thomas. 905p.
- LARSONNEUR, C.; BOUYASSE, P. & AUFFRET, J. P. 1982. The superficial sediments of the English Channel and its western approaches. *Sedimentology*, 29(6):851-864.
- MAGLIOCCA, A. & KUTNER, A. S. 1965. Sedimentos de fundo da Enseada do Flamengo. *Contrções Inst. oceanogr. Univ. S Paulo, sér. Oceanogr. fís.*, (8):1-15.
- MAHIQUES, M. M. de. 1987. Considerações sobre os sedimentos de superfície de fundo da Baía da Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 2v. 139p.
- _____. 1992. Variações temporais na sedimentação quaternária dos embaiamentos da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 2v. 352p.
- _____; FURTADO, V. V. & TESSLER, M. G. 1989. Origin and evolution of isolated depressions on the coastal region of São Paulo and Rio de Janeiro states. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY: PAST- PRESENT-FUTURE. São Paulo, 1989. Extended Abstracts. São Paulo, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. *Spec. Publ.*, (1):285-288.
- MATSUURA, Y. 1986. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Ciência Cult.*, S Paulo, 38(8):1439-1450.
- PAIVA, P. C. de. 1990. Padrões de distribuição e estrutura trófica dos anelídeos poliquetas da plataforma continental do litoral norte do Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 146p.
- POSTMA, H. 1967. Sediment transport and sedimentation. In: LAUFF, H. G. H. ed. *Estuaries*. Washington, D.C., AAAS., p.158-179.
- SHEPARD, F. P. & MOORE, D. G. 1954. Sedimentary environments differentiated by coarse fraction analysis. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, 38(8):1792-1802.
- SHIDELER, G.L. 1978. A sediment dispersal model for the south Texas continental shelf, Northwest Gulf of Mexico. *Mar. Geol.*, 26:289-313.
- SILVA, J. F. da 1984. Dados climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). *Bolm climatol. Inst. Oceanogr.*, S Paulo, (5):1-18.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo, Edgard Blücher/EDUSP. 317p.
- TESSLER, M. G. & MAHIQUES, M. M. de 1994. Transporte de sedimentos arenosos finos na plataforma interna do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. Boletim de Resumos Expandidos. Balneário Camboriu, Sociedade Brasileira de Geologia, 1:382-383.

(Manuscrito recebido 12 maio 1994; revisto 22 setembro 1995; aceito 11 outubro 1995)