

DINÂMICA DE SEDIMENTAÇÃO DAS FEIÇÕES DE ASSOREAMENTO DA REGIÃO LAGUNAR CANANÊIA-IGUAPE, ESTADO DE SÃO PAULO

Moysés Gonzalez TESSLER & Valdenir Veronese FURTADO

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

Synopsis

The Cananêia-Iguape lagoonal complex is characterized by a continuous siltation, which is shown by sedimentary islands and sand spits frequently found within the lagoonal area. Two sets of aerial photos, one of 1962 and another of 1973, and a nautical chart of the Brazilian Navy have been used to evaluate the morphological changes of those sedimentary features through the time. A close relationship between their orientation and local hydrodynamic processes has been observed in the "mar de Cubatão", "mar de Cananêia" and "mar Pequeno" areas.

Descriptors: Sedimentation, Cananêia-Iguape, Valo Grande, State of São Paulo, Quaternary period, Canais, Sediment transport, Sedimentary features, Sediment-water interface, Sediment deposition.

Descritores: Sedimentação, Cananêia-Iguape, Valo Grande, Estado de São Paulo, Período quaternário, Canais, Transporte de sedimento, Feições sedimentares, Interface sedimento-água, Assoreamento.

Introdução

O complexo lagunar de Cananêia-Iguape localiza-se no litoral sul do Estado de São Paulo, limitado pelas latitudes de 24°40'S e 25°05'S e pelas longitudes de 47°25'W e 48°00'W. Possui duas saídas para o mar a SW e NE das regiões denominadas, respectivamente, barra de Cananêia e barra de Icapara. A região lagunar é separada do oceano adjacente por uma ilha barreira (ilha Comprida) com, aproximadamente, 70 km de extensão. A partir da porção intermediária da ilha-barreira, estendendo-se para SW, situa-se a ilha de Cananêia, separada do continente e da ilha Comprida por dois canais lagunares, respectivamente, mar de Cubatão e mar de Cananêia. Esses canais interligam-se através da Baía de Trapandê, na porção sul da região, e confluem, a partir da porção média, em um único canal (mar Pequeno) até a barra de Icapara.

Como característica típica de regiões semi-confinadas, esses canais apresentam tendência a assoreamento, evidenciado pela presença de feições sedimentares de deposição (Besnard, 1950). Estas feições foram avaliadas através de fotografias aéreas e carta batimétrica, além de observações de campo. A análise mostrou, em alguns pontos, a formação de esporões ("spits") ou acrescimentos sedimentares com um sentido predominante de desenvolvimento que permite, além de verificar a tendência ao assoreamento dos canais,

Publ. n. 594 do Inst. Oceanogr. da USP.

obter informações sobre o sentido preferencial de transporte local (Allen, 1965).

Gênese dos canais lagunares

A gênese dos canais lagunares encontra-se, segundo Suguio & Martin (1978), associada ao mecanismo de evolução da região no Quaternário e, portanto, vinculada às flutuações do nível do mar neste período. Esses autores propõem um modelo evolutivo caracterizado por cinco estádios marcados por duas transgressões marinhas, a transgressão Cananêia (± 120 mil anos A.C.) e a transgressão Santos (últimos 5 mil anos), e épocas de regressão marinha. Durante a primeira fase regressiva (pós-transgressão Cananêia), foram escavados vales que, posteriormente, foram invadidos pelo mar durante a transgressão Santos, originando lagunas. Portanto, os canais lagunares atuais correspondem a feições herdadas da última transgressão marinha.

Morfologia dos canais lagunares

A Figura 1 tem como base a carta náutica 1702 da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), que representa cartograficamente o mar de Cananêia (Fig. 1a-b) e o mar Pequeno (Fig. 1c-e).

O mar de Cananêia apresenta-se meandrante, possuindo um canal de circulação mais profundo, com profundidades maiores que 5 m. Fora deste canal, encontram-se regiões mais rasas com ilhas sedimenta-

res recobertas por manguezais (ilhas Pai Matos, Boqueirão, Garça, Furadinho etc). A região mais profunda do mar de Cananãia (13 m) coincide com a sua porção mais estreita, junto à ponta do Frade, que é uma feição de crescimento da ilha Comprida.

O mar Pequeno é, em geral, pouco meandrante e, devido às suas características, foi dividido por Tessler (1982) em dois. A primeira parte, que se estende da confluência NE dos mares de Cananãia e de Cubatão até a pedra do Tombo (Fig. 1c-d), denominada mar Pequeno. Esta região apresenta um canal mais profundo de circulação, ligeiramente meandrante, com diversas ilhas sedimentares. A segunda, que se estende da pedra do Tombo até a Barra de Icapara, foi denominada mar de Iguape. Nesta região, o canal mais profundo de circulação tem configuração mais retilínea e as ilhas sedimentares escasseiam.

O mar de Cubatão e a baía de Trapandê não possuem base batimétrica e cartográfica em cartas náuticas da DHN. Tessler (*op. cit.*) mapeou e descreveu essas áreas. O mar de Cubatão é a porção mais estreita do complexo lagunar. Possui profundidades acima de 5 m nas confluências com o mar Pequeno e mar de Cananãia e na confluência com a baía de Trapandê, próximo ao rio Itapitangui. Apresenta-se ligeiramente meandrante sem a característica associação com ilhas sedimentares, com exceção de alguns poucos locais.

A baía de Trapandê pode ter até 3 km de largura e apresenta um canal mais profundo de circulação com profundidades maiores que 5 m, ligando a barra de Cananãia ao mar de Cubatão.

Tessler (*op. cit.*) traçou perfis batimétricos transversais à baía de Trapandê (Fig. 2) e aos canais lagunares (Figs 3-4).

Os perfis transversais aos eixos dos canais lagunares mostram variações na sua geometria, exibindo, no entanto, sempre um canal mais profundo de circulação. Neste, um dos flancos é pouco inclinado e mais raso, sugerindo áreas de deposição mais intensa. O outro flanco, mais inclinado e mais profundo, sugere deposição mais lenta. Tal configuração não é nítida para toda a extensão do mar de Iguape, sendo mais proeminente para o mar de Cananãia e mar Pequeno.

Para o mar de Cubatão, foi inviável traçar perfis, em virtude da escassez de dados batimétricos.

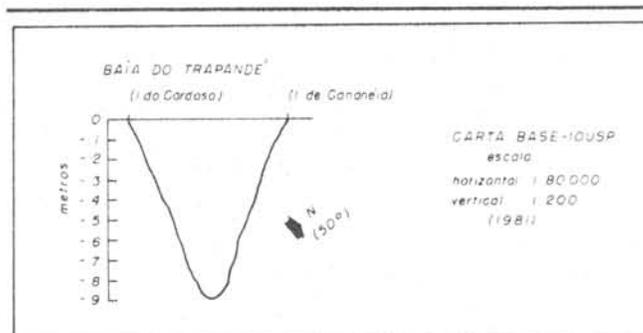


Fig. 2. Seção-tipo: perfil batimétrico da baía de Trapandê.

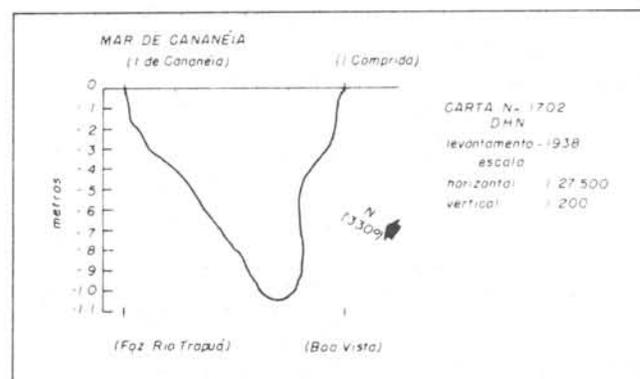


Fig. 3. Seção-tipo: perfil batimétrico do mar de Cananãia.

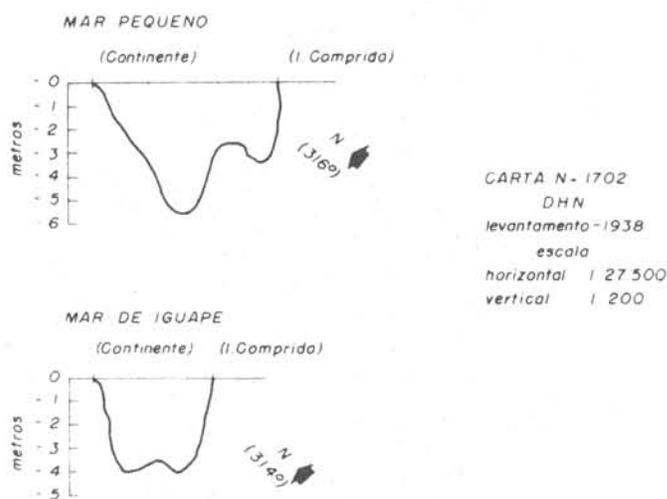


Fig. 4. Seção-tipo: perfis batimétricos dos mares Pequeno e de Iguape.

Comportamento e análise de ilhas sedimentares e esporões nos canais lagunares

Feições sedimentares de deposição como pequenas ilhas, esporões e bancos submersos são freqüentes no mar Pequeno e mar de Cananéia e são perfeitamente evidenciadas na carta náutica n. 1702 (DHN, 1969). O mar de Cubatão caracteriza-se pela quase ausência de tais feições.

Para a análise das feições sedimentares, foram utilizadas, além da carta náutica n. 1702 (DHN, 1969), dois conjuntos de fotografias aéreas. O primeiro, obtido pela empresa de aerofotogrametria Cruzeiro do Sul S.A. em 1962, pertence ao acervo do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (USP). O segundo, foi obtido pela VASP Aerofotogrametria em 1973 e pertence ao acervo do Instituto Oceanográfico (USP). Descrevem-se, no trabalho, algumas áreas,

em especial, como a ponta do Fra-de e ilha do Boqueirão (Fig. 1b), no mar de Cananéia, a ilha do Aceiro Grande, no mar de Cubatão (Fig. 7), e o conjunto de ilhas presentes no mar Pequeno (Fig. 1c) e mar de Iguape (Fig. 1d-e).

As feições presentes no mar de Cananéia, pela comparação das fotos aéreas, mostram uma tendência ao crescimento ligado a um fluxo unidirecional, apresentando um sentido preferencial de crescimento. Tais feições são semelhantes às formas descritas por King (1959) e Zenkovitch (1967). As feições descritas por esses autores, no entanto, originam-se a partir de correntes geradas por refração de ondas ("longshore currents") ao passo que as formas presentes no mar de Cananéia originam-se a partir de correntes de maré.

As Figuras 5-6 mostram esquematicamente a evolução das feições sedimentares presentes no mar de Cananéia.

A ponta do Fra-de é um esporão que cresce a partir da ilha Comprida, dis-

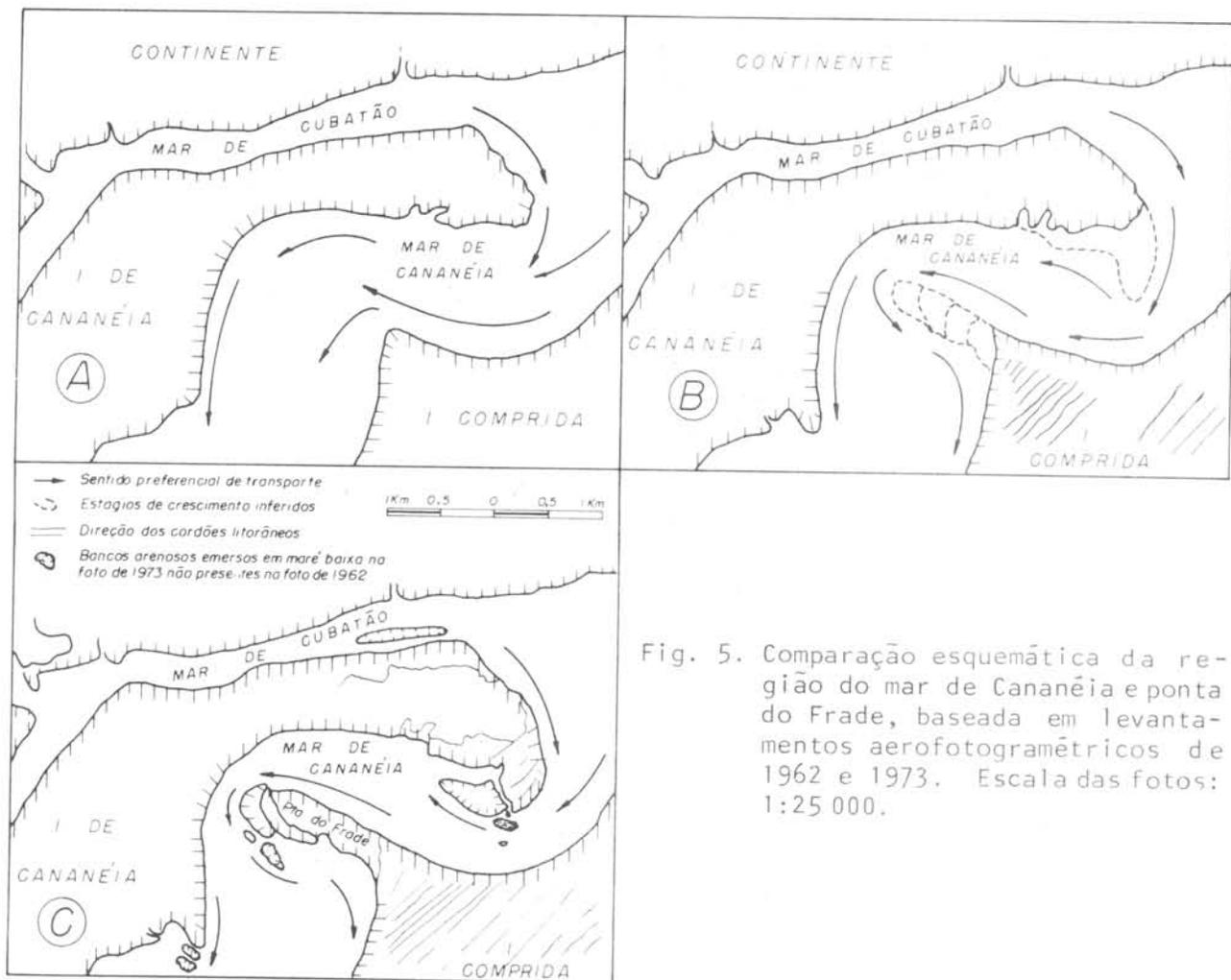


Fig. 5. Comparação esquemática da região do mar de Cananéia e ponta do Fra-de, baseada em levantamentos aerofotogramétricos de 1962 e 1973. Escala das fotos: 1:25 000.

pondo-se transversalmente ao canal lagunar. A análise das fotografias aéreas permite detectar diferentes fases de sua evolução e avaliar o crescimento progressivo a essa feição de novos bancos isolados, de configuração geométrica semelhante aos já incorporados e emersos na ponta do Frade.

A proximidade e disposição dos novos bancos arenosos são indicativos de um processo de crescimento do esporão no sentido da ilha de Cananêia. Os acréscimos causam um alargamento sucessivo da ponta do Frade e um estreitamento local no canal lagunar, com aumento de profundidade. O mecanismo de crescimento de material tem sua origem em fluxo unidirecional no sentido da barra de

Cananêia. A Figura 5 ilustra os estádios de evolução da feição, através de acúmulo de sedimentos em função dessas correntes. A Figura 5a corresponde a um estágio preliminar, com o esporão ainda incipiente. Na Figura 5b tem-se um estágio intermediário, onde se nota o mecanismo responsável pelo crescimento da feição. A Figura 5c corresponde à configuração atual da feição. Nota-se, ainda, na Figura 5, a ilustração do crescimento de feições adjacentes à ponta do Frade. Não havendo dados que confirmem uma evolução sinótica ou indiquem as velocidades de crescimento das feições, o esquema deve ser visto apenas como ilustrativo do mecanismo de crescimento, não se tendo idéia da velocidade com que

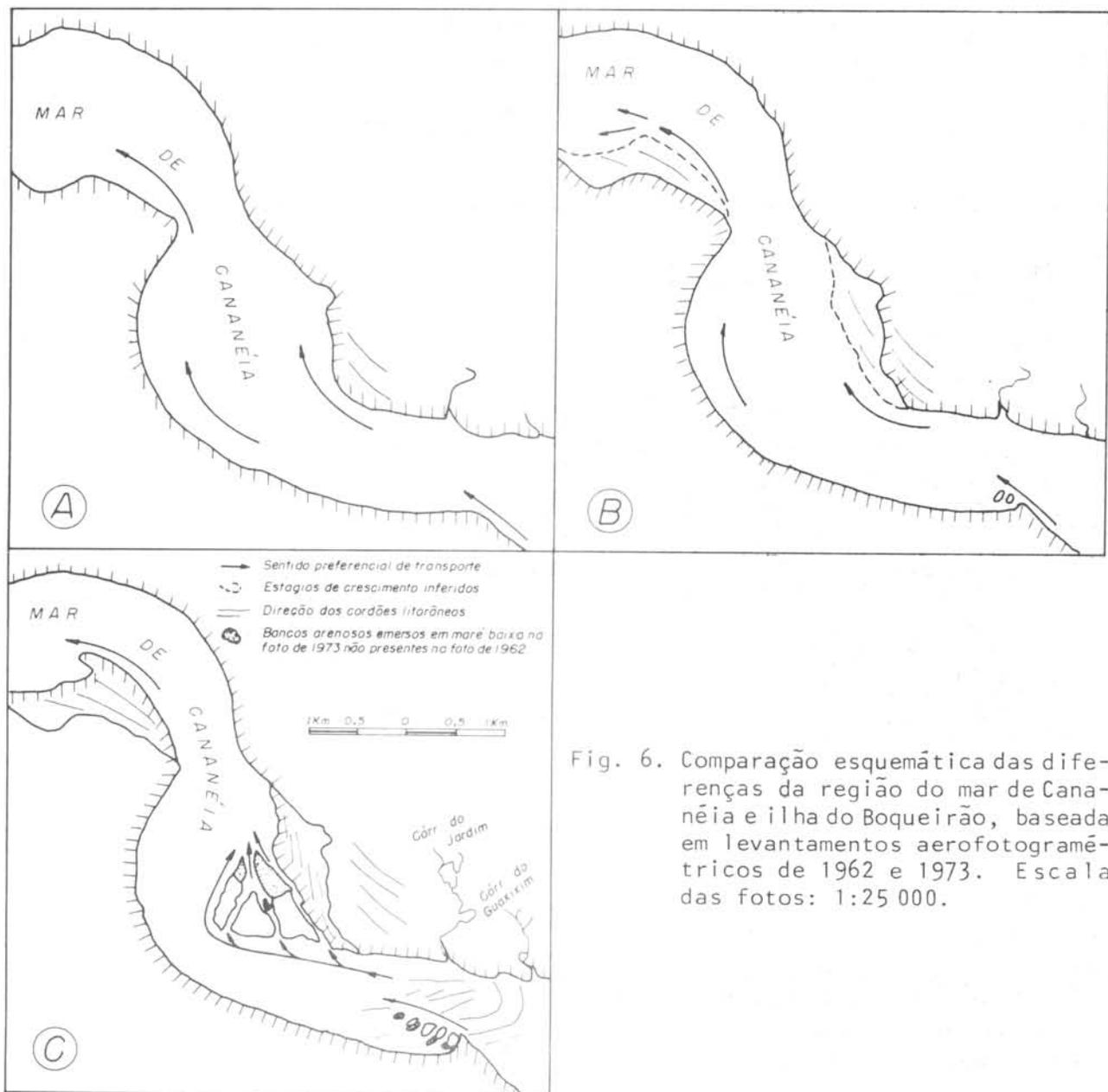


Fig. 6. Comparação esquemática das diferenças da região do mar de Cananêia e ilha do Boqueirão, baseada em levantamentos aerofotogramétricos de 1962 e 1973. Escala das fotos: 1:25 000.

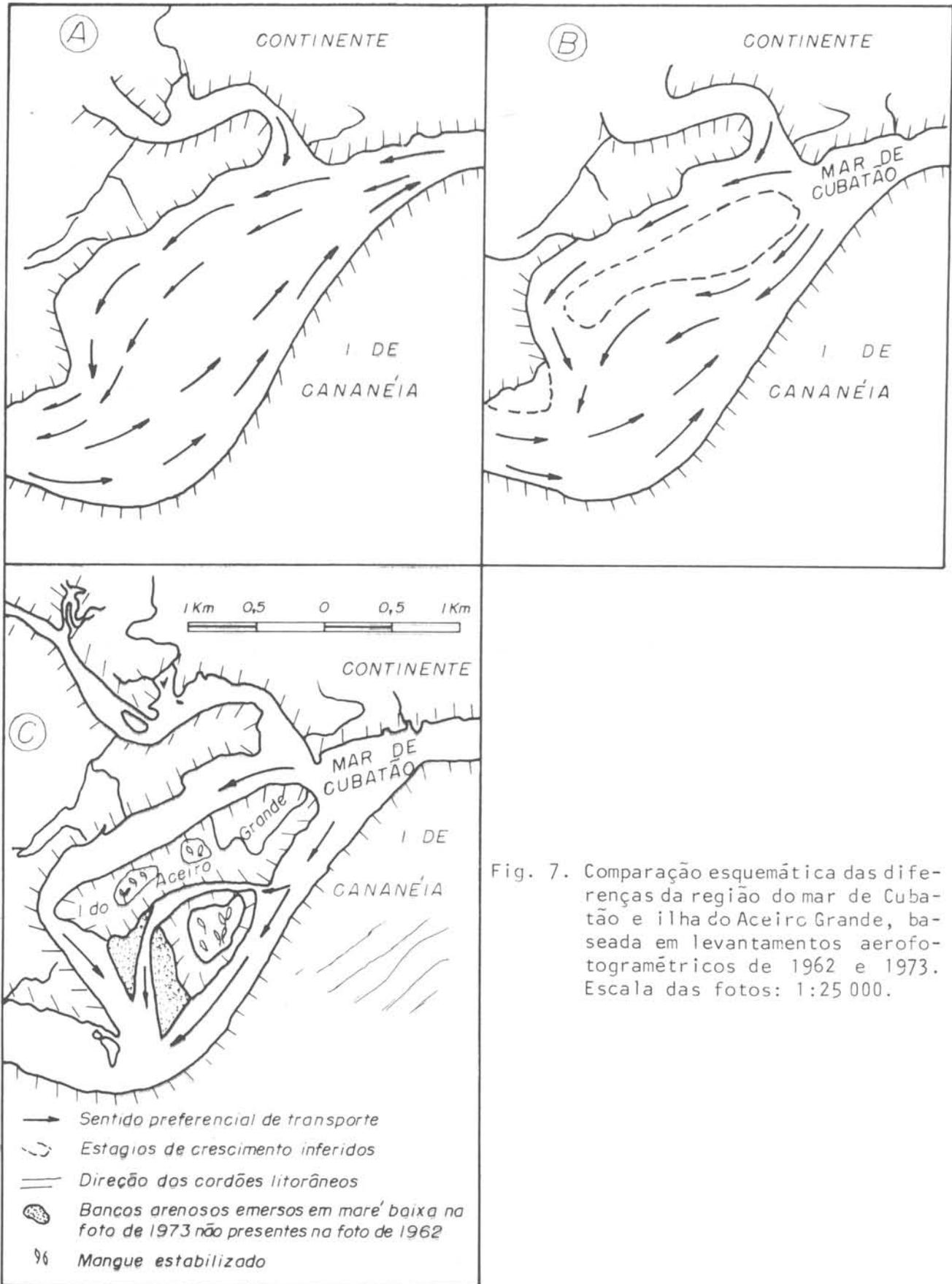


Fig. 7. Comparação esquemática das diferenças da região do mar de Cubatão e ilha do Aceiro Grande, baseada em levantamentos aerofotogramétricos de 1962 e 1973. Escala das fotos: 1:25 000.

ocorre o fenômeno.

A ilha do Boqueirão é constituída por uma sucessão de pequenas ilhas sedimentares e bancos arenosos separados por estreitos canais, não estando, portanto, totalmente unidos à ilha de Cananéia. A ilha do Boqueirão apresenta um crescimento pronunciado em direção a ilha Comprida e uma tendência ao alongamento das pequenas ilhas que a formam em direção à barra de Cananéia. O crescimento se dá, à semelhança da ponta do Frade, pelo acréscimo de material, o que, nas fotografias aéreas, pode ser evidenciado por um alinhamento de cordões arenosos. O processo é indicativo de um alargamento da ilha de Cananéia.

A Figura 6 esquematiza os estádios de evolução da ilha do Boqueirão. A Figura 6a corresponde ao crescimento inicial da ilha de Cananéia, com a presença de cordões litorâneos e as feições que dão a configuração atual à ilha do Boqueirão, ainda não implantadas. Na Figura 6b, tem-se a incorporação de um banco arenoso à ilha de Cananéia, iniciando-se, assim, a formação da ilha do Boqueirão. A Figura 6c corresponde à configuração atual da feição sedimentar.

A gênese e a forma dessas feições no mar de Cananéia leva a concluir haver o domínio de transporte de sedimentos, junto ao fundo, no sentido das correntes de maré vazante. O alongamento das feições em direção à barra de Cananéia fornece um bom indício deste fato, visto serem as correntes aí presentes devidas à ação de marés (Miyao, 1976).

O mar de Cubatão destaca-se pela quase ausência dessas feições sedimentares emersas, constituindo uma exceção a ilha do Aceiro Grande. A gênese dessa ilha e de bancos arenosos associados ocorre por um mecanismo de crescimento semelhante ao que deu origem às feições anteriores porém, no caso, tem-se a contribuição efetiva de material fornecido pelo rio Iririaia-Açu. O transporte fluvial, conjugado à ação das correntes de maré, dá origem à ilha do Aceiro Grande. O material fornecido pelo rio é represado e retrabalhado pela dinâmica do canal, sendo redistribuído, preferencialmente, no sentido das correntes de vazante, constatando-se um alongamento nítido neste sentido. Associam-se ao material fluvial, sedimentos retrabalhados de outras partes do canal lagunar e suas margens. A Figura 7 ilustra, esquematica-

mente, a evolução na foz do rio Iririaia-Açu. A Figura 7a mostra um estágio preliminar sem a ilha. Na Figura 7b, tem-se o estágio intermediário já com a presença da ilha e o crescimento de feições associadas. A Figura 7c ilustra a configuração atual da área.

Utilizando-se a divisão de Tessler (1982), observa-se, para o mar Pequeno, a manutenção do alongamento em direção à barra de Cananéia, ou seja, coincidente com a vazante, visto a pedra do Tombo corresponder à área de encontro de marés. Este fato pode ser observado na ilha de Rodrigues (Fig. 1c), com nítido alongamento em direção à barra de Cananéia.

No mar de Iguape, da pedra do Tombo até a região do Valo Grande, não há acréscimos característicos de fluxo unidirecional e sim formas mais compatíveis com a ação de alternância de fluxo, ou seja, fluxos bidirecionais, como é o caso das ilhas Grande e Sorocaba (Fig. 1d). Há, portanto, um equilíbrio na ação de distribuição do material, entre as correntes de enchente e vazante. Tal equilíbrio durante as inversões de fluxo torna esta região muito calma, com predominância de pelitos. Tal fato foi evidenciado pelo mapeamento dos sedimentos de fundo efetuado por Tessler (1982). A partir da região do Valo Grande rumo à barra de Icapara, novamente as feições sedimentares alongam-se em um sentido coincidente com a maré vazante, sendo características de fluxos unidirecionais. Como exemplo, tem-se a ilha da Enseada (Fig. 1d).

Conclusões

As formas assumidas pelas ilhas sedimentares nos canais lagunares e a sua evolução sugerem, nitidamente, que o transporte e a deposição dos sedimentos obedecem a uma direção preferencial coincidente com as correntes de maré geradas na vazante. Tal fato é especialmente evidente no mar de Cananéia.

No mar de Iguape, até a região do Valo Grande, as feições mostram um crescimento bidirecional nítido atestando uma redistribuição homogênea do material, relacionada às correntes geradas tanto na enchente como na vazante da maré. A partir do Valo Grande até a barra de Icapara, a ação das correntes geradas na vazante da maré é nítida.

A comparação das fotografias aéreas de 1962 e 1973 não permite estimar as

taxas de crescimento anual dessas feições, pois não há informações sobre a fase de maré em que foram obtidas as fotos de 1962. Porém, levando-se em conta que, segundo Mesquita (1983), o nível médio da maré na região tem se elevado à razão de 1,5 cm/ano, pode-se admitir um crescimento significativo destas feições no período analisado. É válido, portanto, supor-se que os canais lagunares estejam submetidos a um efetivo e pronunciado processo de assoreamento.

Essas feições sedimentares, bem como os cordões litorâneos, podem estar ligados a flutuações do nível do mar, além do processo hidrodinâmico atual. Porém, o curto período de análise dessas feições sedimentares não permite avaliar as suas relações com as mudanças de níveis marinhos em processo, preconizadas por Suguio & Martin (1978).

Resumo

O complexo lagunar de Cananéia e Iguape apresenta tendências ao assoreamento em seus canais lagunares (Kutner, 1962). Estas tendências podem ser visualizadas através de modificações nos canais ocasionadas pelo crescimento de feições sedimentares, como pequenas ilhas e esporões.

Para a avaliação das modificações sofridas por essas feições, com o tempo, foram usados dois conjuntos de fotografias aéreas, um obtido em 1962 e outro em 1973, além da carta náutica n. 1708 da DHN e observações de campo.

O trabalho procura evidenciar o crescimento dessas feições no mar de Cananéia, mar de Cubatão e mar Pequeno, esquematizando prováveis estágios de evolução e associando o sentido de crescimento das feições à dinâmica local.

Agradecimentos

Agradecemos à FINEP, pelo suporte financeiro do Subprojeto "Sedimentação em regiões costeiras e plataforma continental de São Paulo", do qual este trabalho faz parte.

Referências bibliográficas

- ALLEN, J. R. L. 1965. Sedimentation to the lee of small underwater sand waves: an experimental study. *J. Geol.*, 73(1):95-116.
- BESNARD, W. 1950. Considerações gerais em torno da região lagunar Cananéia - Iguape. *Bolm Inst. paul. Oceanogr.*, 1(1):3-28.
- CRUZEIRO DO SUL S/A. 1962. Levantamento aerofotogramétrico da região sul do Estado de São Paulo, Cananéia - Iguape. Fotos aéreas na escala 1:25.000.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). 1969. Carta nº 1702 - Escala 1:27.000 - Rio de Janeiro.
- KING, C. A. M. 1959. *Beaches and coasts*. London, Edward Arnold, 403 p.
- KUTNER, A. S. 1962. Granulometria dos sedimentos de fundo da região de Cananéia, S.P. *Bolm Soc. bras. Geol.*, 11(2):41-54.
- MIYAO, S. Y. 1976. Estudo de alguns aspectos da região estuarina de Cananéia. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 87p.
- MESQUITA, A. R. de 1983. Os "terrenos de marinha" e a Antártica. *Jorn. IOUSP, Bolm inf.*, 1(3):8-13.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1978. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e Sul fluminense. *International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary - Special Publication n. 1 - The Brazilian National Working Group for the IGCP, Project 61*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 550p.
- TESSLER, M. G. 1982. Sedimentação atual na região lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 2 v.
- VASP AEROFOTOGRAMETRIA S/A. 1973. Levantamento aerofotogramétrico - fotografias aéreas na escala 1:25.000.
- ZENKOVITCH, V. D. 1967. *Process of coastal development*. Edinburgh, Oliver and Boyd, 738 p.

(Recebido 22-jul-1983;
aceito 20-set-1983)