

GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA REGIÃO DE CANANÉIA, SP

Por

ARNALDO SÉRGIO KUTNER

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

ABSTRACT

The results of 95 granulometric analyses of bottom sediments collected in the region of Cananéia (State of São Paulo, Brazil) are discussed in this paper, having in view the understanding of the nature and intensity of the different factors intervening in the present deposition. Methods and physiographic characters of the region are described.

Through the discussion of some of the sediment parameters and of the calcareous composition in the fraction $> 44\mu$ and $< 44\mu$, it was possible to show that:

- 1) these sediments, as a whole, are mostly composed of "fine" and "very fine" sands (Wentworth Size Classification).
- 2) some of the sediments have special characteristics due to particular topographic features of the bottom such as flats, shallows, shoals or small local basins.
- 3) flood-currents are predominant over ebb-currents in the deposition mechanism.
- 4) a zonal influence was observed on sedimentation, caused by sea and land originated waters.

INTRODUÇÃO

As características físicas e químicas de sedimentos em deposição retratam o conjunto das condições reinantes num determinado ambiente, definindo, por outro lado, o estado de equilíbrio final resultante da atuação dos vários elementos interferentes.

Procuraremos, neste trabalho, reconhecer e avaliar os diferentes agentes e fatores atuantes na sedimentação que ora se processa na Região de Cananéia (litoral sul do Estado de São Paulo), con-

tribuindo, além disso, com dados que permitam melhor definir esta região quanto a sua natureza lagunar. Baseamo-nos, para tanto, nas determinações dos conteúdos em calcário das frações $> 44\mu$ e $< 44\mu$ dos sedimentos e nas análises granulométricas de 95 amostras de fundo, coletadas ao longo do canal que circunda a ilha de Cananéia.

Esbôço Fisiográfico Regional

A ilha de Cananéia possui uma extensão aproximada de 27 km e uma largura que varia de 1 a 5 km. É circundada por um canal de 1-3 km de largura e cujas profundidades alcançam o máximo de 20 metros, sendo entretanto mais comuns as de 6-7 metros. Este canal recebe águas marinhas através da Barra de Cananéia (sul da ilha Comprida) além de águas continentais e insulares através dos inúmeros rios que nêle desembocam.

A planície costeira, cuja largura varia em torno de 5 km, é constituída por uma estreita faixa de aluviões logo ao sopé das serras que a limitam a W; todo o restante da área apresenta predominantemente sedimentos arenosos dispostos segundo uma série de linhas de restinga. Os mesmos sedimentos arenosos em idêntica disposição constituem as ilhas de Cananéia, Comprida e pequena faixa sedimentar da ilha do Cardoso.

Os vários autores que estudaram esta região dão-lhe idade quaternária sendo todos unânimes em responsabilizar o rio Ribeira de Iguape como seu principal agente litogenético (Oliveira e Leonardos, 1943; Besnard, 1950; Silveira, 1952 etc.). Atualmente, porém, o recôncavo em redor de Cananéia não sofre a influência física, pelo menos direta, deste rio. Seu leito é paralelo à costa, mas corre por trás das serras limítrofes da planície costeira, indo desaguar em Iguape. Percorrendo áreas em que predominam os xistos e filitos da série Açunguí (Oliveira e Leonardos, op. cit.), o rio tem a possibilidade, devido à sua grande competência, de carrear grandes quantidades do material facilmente erodível depositando-o nas proximidades de sua foz, junto à barra de Icapara (ao norte da ilha Comprida).

Tanto a planície costeira como as ilhas de Cananéia e Comprida soerguem-se cêrca de 2-4 metros em relação ao nível do mar,

fato êste observado através de inúmeras falésias. O desnível não é entretanto generalizado, pois numerosos são os trechos de zonas baixas invadidas pelas marés. Aqui desenvolvem-se condições propícias para o estabelecimento dos manguesais, pois êste tipo de vegetação adapta-se às duas condições predominantes nessas zonas baixas: conteúdo de sal condicionado às preamares e deficiência na oxigenação (Rawitscher, 1944).

As falésias são constituídas por areias revestidas por uma camada de limonita, a qual lhes confere uma coloração característica. O material arenoso pertence a antigas praias internas (Ab'Saber, 1955) ou a baixios internos, os quais teriam servido de suporte a vegetações pioneiras que reteriam, nas proximidades das desembocaduras de rios, o material limoso por êles carreado. Estaria assim preparado, de acôrdo com Silveira (op. cit.), o substrato para o estabelecimento dos manguesais. Ab'Saber (op. cit.) interpreta as barrancas como conseqüentes de um ligeiro soerguimento com posterior entalhamento do canal e dos pequenos mananciais; a limonita, responsável por sua coloração escura, é de origem supergênica e resultante da oxidação de minerais ferrosos por decomposição dos antigos manguesais.

Dentro desta paisagem sedimentar sobressai uma elevação denominada morro de São João de aproximadamente 120 metros de altura, junto à cidade de Cananéia, constituída por rochas eruptivas alcalinas (Freitas, 1947). Do outro lado do canal, na ilha Comprida, em frente a êsse morro, localiza-se uma outra elevação de características petrográficas semelhantes. Um acidente submerso, a uma profundidade de cêrca de 6 metros, denominado Lage do Argolão, parece ser a ponte de ligação dêsses dois afloramentos alcalinos.

Os cursos d'água que desembocam no canal são de duas categorias: os rios pròpriamente ditos, que se localizam no continente e na ilha do Cardoso e certos riachos de água salobra existentes nas ilhas de Cananéia, Comprida e do Cardoso e mesmo no continente. Os rios provêm das serras circunvizinhas apresentando cursos bem delineados devido ao maior fluxo de água; por outro lado os riachos constituem pequenas rêdes de drenagem pluvial com um percurso bem mais sinuoso em virtude de suas menores vasões e da orientação forçada pelo relêvo de restingas predominante na região.

Alguns autores têm chamado êsses riachos de ‘marigots’, correspondente africano de “gamboas” que são definidas literalmente como pequenos cursos d’água cuja alimentação depende das marés. Estas porém não são as únicas responsáveis pela manutenção dêsses cursos, pois, considerando o elevado índice pluviométrico médio anual da região (2200 mm), transformam-se, na época chuvosa, em eficientes drenos pluviais resultando num terreno circundante relativamente sêco apesar da irregularidade do mesmo e da densa vegetação que o recobre. Quer seja o refluxo das marés, quer sejam as águas pluviais, é grande a influência dêstes pequenos rios na sedimentação do canal principal. O termo “gamboa” é usado aqui sem querer discutir o mérito da denominação.

Não podemos deixar de reconhecer a dedicação e empenho manifestados nos trabalhos de campo e de laboratório pelos srs. José N. Serra e Cláudio C. Sarti, da Secção de Química e Sedimentologia do Instituto Oceanográfico. Agradecemos também ao sr. I. Marcundes, do mesmo Instituto, pela confecção dos gráficos.

COLETA DO MATERIAL E MÉTODOS DE LABORATÓRIO

Os pontos de amostragem condicionaram-se aos raros acidentes geográficos existentes na região, tais como desembocaduras de rios, pequenas enseadas, ilhas ou pontas, a fim de permitir sua localização precisa. Êstes locais foram escolhidos a meio caminho entre as duas margens ou próximos às mesmas em frente àqueles acidentes. As amostragens feitas no meio do canal, possivelmente, nem sempre correspondem às maiores profundidades, isto é, ao canal pròpriamente dito, devido à escassez das sondagens e falhas no mapeamento atualmente disponível.

Para a coleta do material de fundo foi utilizado um amostrador (“snapper”) do tipo Marukawa, com capacidade para 300 cc e pesando aproximadamente 9 kg.

Após secagem em estufa a 60-70°C foram pesadas 50 g de cada amostra coletada e lavadas as suas frações silte-argilosas através de uma peneira Mesh Tyler n.º 325 (44 μ).

O material retido nesta peneira (> 44 μ) foi a seguir submetido à análise mecânica por peneiramento a sêco. Após os peneiramentos, baseando-nos nas propriedades de massa dêsses sedimen-

tos, foram construídas as curvas cumulativas em papel semi-logarítmico que nos forneceram os valores da mediana, 1.º e 3.º quartis. A partir destas medidas calculamos o chamado Coeficiente S_0 ou de Seleção de Trask.

Convém lembrar que as curvas representam o *sedimento total sêco* conquanto a análise tenha sido realizada apenas até a fração $53-44\mu$. O restante da curva foi traçado por extrapolação e baseado em sua tendência geral, sem analisar as frações menores do que 44μ . No decorrer de nossos trabalhos temos feito diversas tentativas infrutíferas a fim de analisar mecânicamente o sedimento em suas menores frações pelo menos até o limite das argilas (2μ , seg. Wentworth). Observamos que a secagem do material resulta num agregado sólido constituído pelas partículas de silte-argila fortemente soldadas. A desagregação perfeita dessa massa torna-se praticamente impossível. A tudo isto ainda se soma o problema criado pela floculação provocada pelo NaCl presente, uma vez que se trata de sedimentos sob influência marinha. Se bem que não impossível, a sua lavagem completa para fins práticos é um processo muito difícil e moroso.

Levando todos êsses fatores em conta acreditamos que o método escolhido, isto é, a extrapolação dos pontos da curva, seja uma fonte de erros menor do que o emprêgo de um dos métodos comumente utilizados, como o da pipetagem, ainda mais que essa extrapolação só é feita até a ordenada dos 75% (Q_3).

Foram retirados das próprias curvas granulométricas os valores percentuais das duas frações principais que compõem o sedimento: arenosa ($> 62\mu$) e silte-argilosa ($< 62\mu$).

Para uma melhor caracterização de cada amostra, determinamos também os conteúdos calcários relativos a fragmentos de conchas dos sedimentos. Para a fração $> 44\mu$ calculamos as porcentagens através das diferenças de pêso da amostra antes e após o ataque pelo HCl. Para a fração $< 44\mu$ empregamos o Calcímetro de Bernard calculando as porcentagens a partir do deslocamento sofrido pela coluna de líquido sob a pressão do CO_2 desprendido do calcário pela ação do ácido.

Algumas amostras foram novamente submetidas ao peneiramento depois de eliminado o calcário, com a finalidade de dedu-

zir-se a distribuição das porções solúveis em HCl (calcário) e insolúveis (quartzo etc.), dentro dos sedimentos.

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS

O mapa (Fig. 1) apresenta os pontos de amostragem realizados; as Figs. 2 e 3 correspondem às linhas indicadas no mapa e mostram as variações que sofrem os sedimentos ao longo do canal, em relação à profundidade, à porcentagem da fração silte-argilosa ($< 62\mu$), à mediana, ao Coeficiente de Seleção e à porcentagem de calcário para as frações $> 44\mu$ e $< 44\mu$. Estas linhas foram subdivididas em trechos que serão discutidos mais adiante.

O diagrama triangular da Fig. 4 engloba tôdas as estações da região estudada. Representa êle, para cada amostra, as três classes (Tabela de Classificação de Wentworth) mais adaptáveis aos sedimentos em estudo: Classe $< 62\mu$ (silte e argila); Classe 250-62 μ (areia fina e muito fina) e Classe $> 250\mu$ (areia média, grossa, muito grossa e incluindo em alguns casos a fração granular). Êste gráfico permite, com apenas os resultados das análises granulométricas, não só uma rápida visualização da tendência geral da distribuição dos sedimentos como também estabelece uma classificação geral dos mesmos. Escolhemos, no gráfico, 5 pontos julgados representativos de tôdas as amostras coletadas; suas curvas de distribuição granulométrica figuram na mesma ilustração.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As Figs. 2 e 3 mostram que predominam certos valores percentuais de frações silte-argilosas, de medianas, de coeficientes de seleção e de teores em calcário, podendo-se mesmo classificar a amostragem, dentro de certos limites, como relativamente homogênea. Assim é que, de um modo geral, as frações silte-argilosas ($< 62\mu$) apresentam-se perfazendo 0-25% dos sedimentos, na grande maioria das amostras; as dimensões dos grãos médios (medianas) desses sedimentos estão geralmente compreendidas entre 100-150 μ ; os coeficientes de seleção são predominantemente inferiores a 2,5 o que classifica êsses sedimentos de "muito bem selecionados" (Trask,

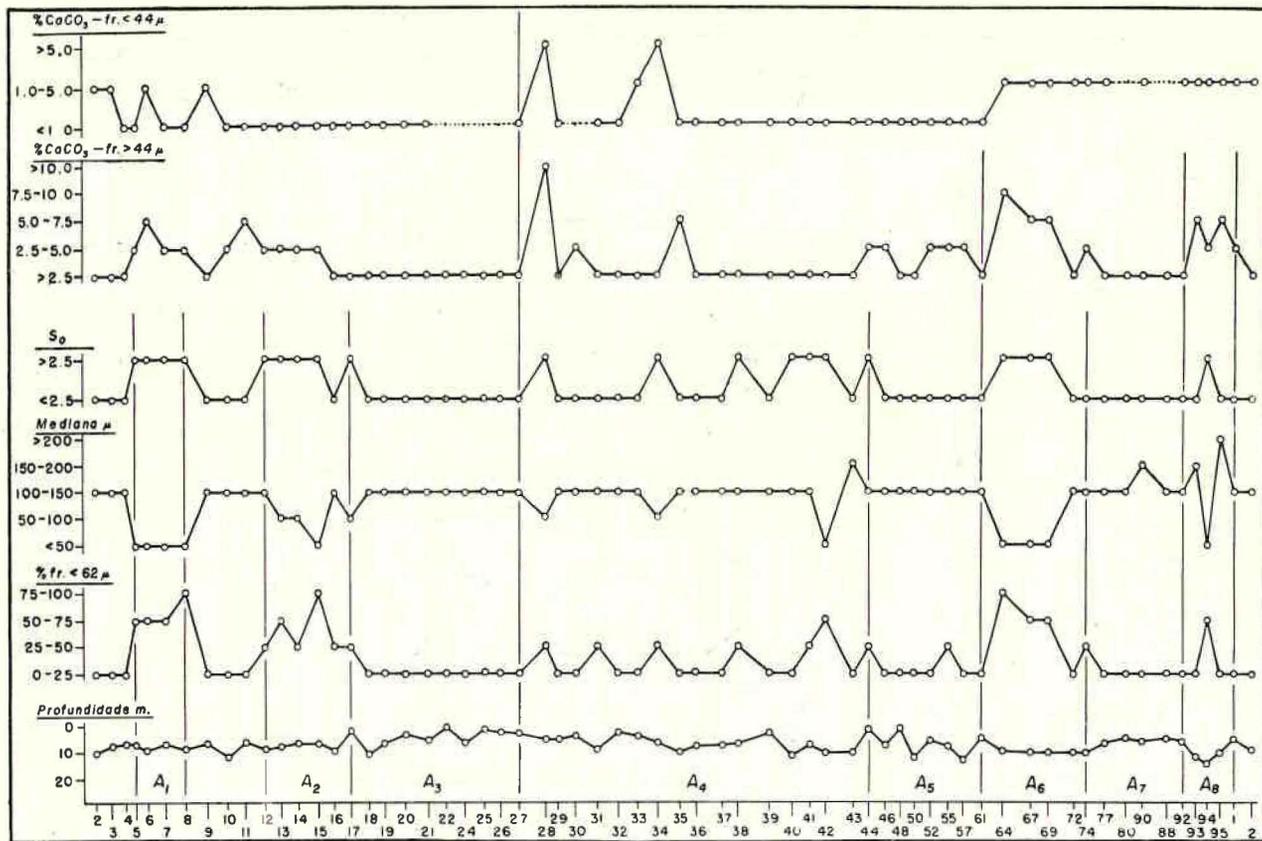


Fig. 2 — Gráfico das principais características das amostras ao longo da LINHA "A"

1932 in Krumbein & Pettijohn, 1938). Quanto ao conteúdo calcário notamos ser êle em geral baixo, pois na fração $> 44\mu$ é inferior a 2,5% e na fração $< 44\mu$ é inferior a 1%.

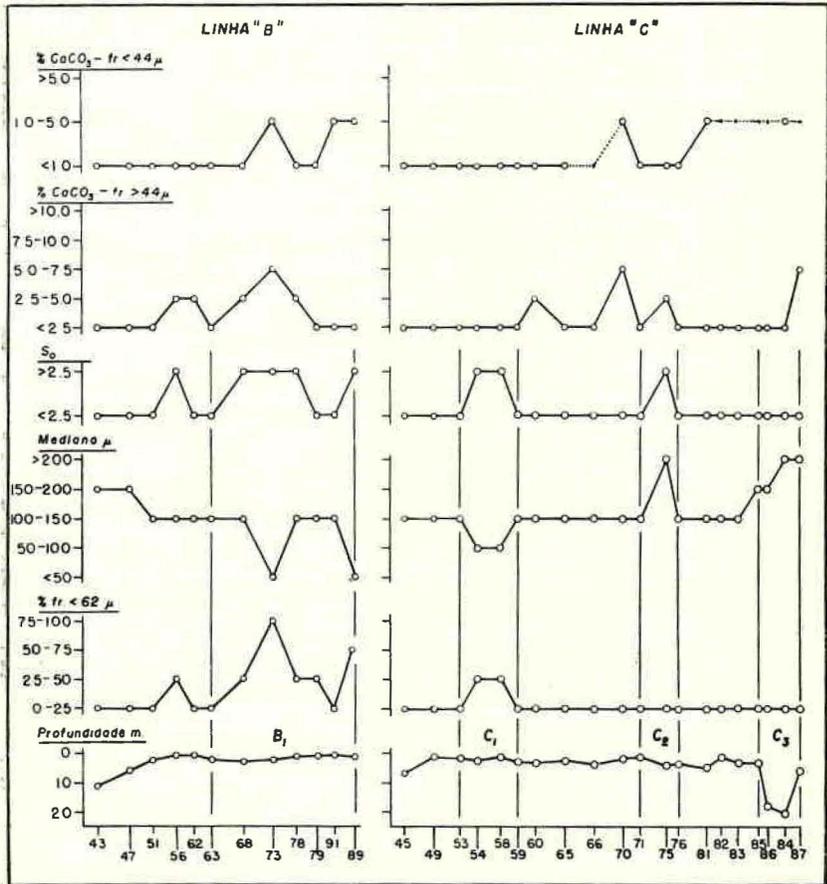


Fig. 3 — Gráfico das principais características das amostras ao longo da LINHA "B"

Em determinados trechos ou mesmo em pontos isolados porém, aqueles valores fogem à regra geral de distribuição e isto devido a diversos fatores e agentes locais. A fim de reconhecer êstes elementos, delimitamos nas linhas A, B e C, os trechos que englobam os pontos discrepantes.

te da ilha de Cananéia para seguirem juntos pelo Mar Pequeno em direção a Iguape. A inversão do fluxo devido à maré vazante tem início próximo à foz do rio Iririaia-Açu com bifurcação da direção das correntes: uma segue pelo Mar do Cubatão, Mar de Itapitanguí e Baía de Trapandé enquanto que a outra dirige-se inicialmente para o norte da lha de Cananéia juntando-se aí com a que desce pelo Mar Pequeno e Mar de Cananéia. Em meia-maré vazante o mecanismo se simplifica pois a disjunção da corrente que desce o Mar Pequeno se dá ao norte da ilha de Cananéia indo um ramo pelo canal oeste e outro pelo canal leste para se juntarem nas proximidades da barra.

Com base nos resultados das observações hidrográficas, aquê-le autor classifica o encontro das duas ondas de maré nas proximidades da foz do rio Iririaia-Açu, num "tombo secundário", pois êste encontro não apresenta tôdas as características necessárias para que seja classificado como "tombo de águas" típico. A principal causa da anomalia é a conformação fisiográfica regional. De qualquer forma foram verificadas neste local (trecho compreendido entre as estações 28 e 36) características granulométricas excepcionais tais como perda de seleção, diminuição do diâmetro médio das partículas e aumento anormal dos teores em calcário.

O mecanismo hidrodinâmico acima descrito confere ao canal que circunda a ilha de Cananéia o caráter de um "rio com fluxo nos dois sentidos". Assim sendo, as fôrças atuantes resultam num sistema bem mais complexo, fato êste que irá se refletir diretamente na natureza granulométrica do material em deposição. E' o caso do trecho A₃ que corresponde a um local onde as correntes de maré atuam intensamente, indo, como consequência, erodir as fa-lésias que constituem tôda a ponta da Aroeira.

Pelas características apresentadas por estações dos trechos A₄, A₅, A₆ e C₁ pudemos determinar, porém, que as preamares atuam de maneira mais efetiva sôbre a deposição do que as baixamares. A análise do sedimento da estação 43 revelou tratar-se de material muito homogêneo e característico de águas muito competentes (me-diana de 165 μ , 4% de material < 62 μ e S₀ de 1,0), oposto ao de-terminado para a estação 42 (mediana de 15 μ , 60% de material < 62 μ e S₀ de 3,2). Se a velocidade das correntes de baixamar fôs-

se maior que as de preamar, o sedimento da estação 43 não se apresentaria tão homogêneo mas misturado àquele ocorrente na estação 42. Pelas características granulométricas desta última, deduzimos tratar-se de um local relativamente calmo, o bastante para que aí se deposite o material fino lavado da estação 43 e talvez o proveniente do Mar de Itapitanguí, uma vez que o trecho A₅ é bastante homogêneo em relação aos valores granulométricos. Os rios são aí bem mais caudalosos e portadores de maiores quantidades de sedimentos conquanto a deposição não se faça nem no meio do canal e nem junto às desembocaduras (linha C). Isto porque a Baía de Trapandé, à maneira de um meandro fluvial, também apresenta uma margem convexa (menor erosão e maior deposição) e uma margem côncava (maior erosão e menor deposição), sendo aquela justamente a coincidente com a Linha B (heterogênea) e esta com a Linha C (homogênea). Como os citados rios desembocam numa margem muito mais sujeita à ação das correntes presentes é lógico haver lavagem e seleção do material por êles depositado.

A estação 64 (trecho A₆), por se situar na extremidade de uma fossa, é típica de local de brusca deposição, pois a profundidade passa de 11 metros a 6 metros. Também ela nos fornece argumentos favoráveis a dominância das preamares sôbre as baixamares, pois, em caso contrário, suas características granulométricas (85% de material silte-argiloso, média mediana de 10 μ , coeficiente de seleção de 3,8 e 8,5 < de calcário) seriam apresentadas pela estação 74, localizada na outra extremidade da fossa, e onde a conformação topográfica do fundo é idêntica a da estação 64.

As estações 54 e 58 (trecho C₁) também comprovam nossa hipótese pois tornam-se, por ação das preamares, locais de acumulação dos sedimentos finos erodidos das desembocaduras dos rios Ararapira e Taquari.

Um outro fator de grande influência é representado pelos rios, sejam verdadeiros ou não. Todos os trechos do canal que recebem águas insulares ou continentais são bem caracterizados quanto à natureza do fundo, pois ali passam a dominar porcentualmente as frações silte-argilosas, havendo, conseqüentemente, uma diminuição sensível do diâmetro médio das partículas e perda de seleção granulométrica. As águas salgadas ao penetrarem pelos rios adentro

floculam as argilas em suspensão, determinando um depósito de caráter argiloso nos leitos desses rios. Na baixamar ou em épocas chuvosas, a corrente fluvial tem sua competência aumentada o que causa erosão e transporte de maior quantidade de material fino para as desembocaduras. Os exemplos desse fenômeno nos são dados pelos trechos A₁ (influenciado pelas gamboas Maria Rodrigues e Baguassu), A₂, estações 38, 41, 42 e 44 do trecho A₄ e trecho C₂.

As variações da topografia do fundo também são responsáveis por muitas das anomalias observadas. O trecho A₆ refere-se a estações localizadas no fundo de uma fossa de profundidade média de 11 metros, assinalada no mapa da Fig. 1. Os sedimentos mais finos e os fragmentos grosseiros de conchas são aí depositados resultando numa menor seleção e menores medianas. As estações do trecho A₈ também têm suas características condicionadas à profundidade e à conformação do perfil topográfico do fundo. As estações 92 e 1, ambas com 6 metros de profundidade, margeiam um pequeno poço simétrico que atinge em seu centro a profundidade de 15 metros (est. 94), caracteristicamente heterogêneo. Já as estações localizadas nos declives desse poço (93 e 95) indicam uma deposição mais controlada, principalmente a n.º 95 que possui uma mediana bem mais elevada. As estações do trecho B₁, localizam-se num baixio de profundidade média de 1 metro e pelas características granulométricas dessas amostras notamos apenas na estação 91, uma certa competência das águas. Os sedimentos desse ponto são lavados de suas argilas por qualquer correnteza que por aí penetre. No restante, as amostras são típicas de local de deposição não controlada, como falta de seleção, medianas baixas e altas porcentagens de material silte-argiloso.

Temos por fim a assinalar a influência das águas marinhas em estações localizadas frente à entrada da barra de Cananéia. A maior energia destas águas age de modo a lavar e melhor selecionar os sedimentos de estações dos trechos A₇ e C₃, elevando bastante as suas medianas. A influência marinha no canal pode também ser delimitada indiretamente, através dos teores em calcário. Pelo exame das Figs. 2 e 3 concluímos que o fornecimento efetivo, a partir da barra, se dá no Mar de Cananéia até a est. n.º 9 e na Baía de Trapandé até a estação n.º 64, pois tôdas as análises do calcário

existente na fração $< 44\mu$ mostram valores compreendidos entre 1 e 5%, altos para a região. Também os fragmentos mais grosseiros mostram uma distribuição dominante na mesma área, se bem que mais heterogênea. Explica-se pelo fato destes fragmentos serem bem mais sensíveis ao carreamento mesmo quando sujeitos a pequenas variações da corrente.

A análise descritiva de cada amostra em particular foi feita buscando a causa através do efeito observado. Falta, entretanto, uma caracterização geral dos sedimentos em seu conjunto, ou melhor, uma definição englobando a todos, por meio da qual se possa ter uma visão de toda a área lagunar e não mais de alguns de seus trechos.

No gráfico triangular da Fig. 4 estão plotados os resultados das análises granulométricas de todas as amostras. Predominam nestes sedimentos altos teores da fração $250-62\mu$, constituindo-se portanto a maior parte deles de areias finas e muito finas (seg. Wentworth). Um certo número de amostras possui metade dos grãos constituídos por essas areias e metade por silte-argila. Já num número bem mais reduzido predomina esta última fração. Apenas 15% das amostras coletadas são compostas por material maior do que 250μ em porcentagens superiores a 20%. Assim sendo, em sentido amplo, quando considerado dentro dos limites de granulometria empregados, o fundo da laguna é extremamente homogêneo. A mesma figura também apresenta 5 curvas cumulativas, cada uma representativa de um setor da área de distribuição geral do gráfico triangular.

CONCLUSÃO

Os sedimentos de fundo da Região de Cananéia são, de um modo geral, granulométricamente homogêneos. São constituídos principalmente de "areias finas" e "muito finas" (seg. Tab. de Classif. de Wentworth); as dimensões dos grãos médios (medianas) estão geralmente compreendidas entre $100-150\mu$; os coeficientes de seleção variam entre 1,0 e 4,0 sendo entretanto mais comuns os valores inferiores a 2,5, podendo-se assim classificá-los de "muito bem" a "bem selecionados". (Trask).

As análises destes sedimentos revelaram a influência marinha frente à barra bem como as influências fluviais nas desembocaduras

dos rios. Para que esta região fôsse considerada como Lagunar seria necessária uma gradação entre o ambiente de sedimentação marinho e o fluvial, pois todos os outros elementos constituintes de um tal sistema acham-se presentes (Krumbein & Sloss, 1959). Aquela gradação entre os dois ambientes entretanto falta e isto devido a vários fatores locais ou regionais que alteram as condições de desenvolvimento normal da laguna.

Dentre êles assinalamos: a ação conjunta da conformação fisiográfica e do mecanismo de propagação das ondas de maré; a influência exercida sobre a sedimentação por parte das correntes de maré enchente que se revelaram mais competentes do que as de maré vazante; a deposição no canal principal de grande quantidade de material silte-argiloso, por parte das inúmeras gamboas que aí desaguam e por fim, as anomalias locais conferidas por feições topográficas particulares do fundo (poços, baixios etc.).

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A. N. (1955) — *Contribuição à geomorfologia do litoral paulista*. Revista Brasileira de Geografia, N.º 1, Ano XVII.
- BESNARD, W. (1950) — *Considerações gerais em tôrno da Região Lagunar de Cananéia-Iguape, I*. Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia, vol. 1, n.º 1.
- FREITAS, R. O. (1947) — *Eruptivas alcalinas de Cananéia*. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, n.º CXI, Geologia n.º 4.
- KRUMBEIN, W. C. & PETTIJOHN, F. J. (1938) — *Manual of sedimentary petrography*. Appleton Century Crofts, Inc., New York, pág. 232.
- KRUMBEIN, W. C. & SLOSS (1959) — *Stratigraphy and Sedimentation*. W. H. Freeman and Co., S. Francisco, págs. 205 e 206.
- MINIUSSI, I. C. (1959) — *Propagação da onda de maré em tôrno da ilha de Cananéia*. Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Oceanografia Física, n.º 2.
- OLIVEIRA, A. I. & LEONARDOS, O. H. (1943) — *Geologia do Brasil*. Ministério da Agricultura, Serv. de Inf. Agric., 2a. ed.
- RAWITSCHER, F. K. (1944) — *Algumas noções sobre a vegetação do litoral paulista*. Bol. da Assoc. dos Geógr. Bras., n.º 5.
- SILVEIRA, J. D. (1952) — *Baixadas litorâneas quentes e úmidas*. Bol. da Fac. de Filos., Ciên. e Letr. da U.S.P., n.º 152, Geografia n.º 8.

