INTERPRETAÇÃO ECOLÓGICA DOS FORAMINÍFEROS DE SEDIMENTOS MODERNOS DA BAÍA DE SEPETIBA E ADJACÊNCIAS, RIO DE JANEIRO

Kenitiro Suguio

Instituto de Geociências — Univ. de São Paulo (USP)

Eläene M. Vieira

Pontifícia Univ. Católica de Campinas, SP (PUC)

José H. Barcelos

Inst. de Biologia — Univ. Est. de Campinas (UNICAMP)

Marietta S. Silva

Pós-Graduada do Instituto Oceanográfico (USP)

ABSTRACT

In Sepetiba bay (State of Rio de Janeiro), a semi-confined, 305 km² salt-water body, the present sedimentation is essentially clastic. From these sedimentary deposits, 92 samples have been collected and analysed which have allowed us to investigate the following parameters: benthonic foraminifera / planktonic foraminifera ratios, physical conditions of the foraminifera (size, wall thickness and

abrasion degree), and the diatom content of the samples.

Six dominant species of foraminifera have been identified in the studied area: Ammonia beccarii Liné in thirty-eight samples, Buliminella elegantissima Orbigny in seventeen samples, Textularia sp. in fourteen samples, Bulimina marginata Orbigny in two samples, Reophax sp. and Arenoparrella mexicana Kornfeld in one sample. Thus, three principal

biofacies and three less important biofacies are characterized by foraminiferal content of the sediments.

These results confirm the importance of foraminiferal synecological studies in understanding water circulation dynamics and sedimentary dispersion on a regional level. Moreover, it has been verified that the water-oxygen content of the ecosystem is reflected by the foraminiferal content of the sediments.

RESUMO

Na baía de Sepetiba, corpo de água salgada semiconfinado com cerca de 305 km², a sedimentação atual é de natureza essencialmente clástica. Destes sedimentos, foram coletadas 92 amostras, cujas análises permitiram conhecer a relação entre os foraminíferos bentônicos e foraminíferos planctônicos, suas condições físicas (tamanho, espessura e desgaste) e o estado de conservação das diatomáceas.

Foram determinadas seis espécies

dominantes de foraminíferos, na área estudada: *Ammonia beccarii* Liné em trinta e oito amostras, *Buliminella elegantissima* Orbigny em dezessete amostras, *Textularia* sp. em catorze amostras, *Bulimina marginata* Orbigny em duas amostras, *Reophax* sp. e *Arenoparrella mexicana* Kornfeld em uma amostra. Deste modo, três grandes biofácies e outras três menos importantes foram caracterizadas pelo

conteúdo em foraminíferos dos sedimentos.

Os resultados obtidos confirmam a importância de estudos sinecológicos de foraminíferos na compreensão da dinâmica das águas, especialmente quando avaliados ao nível de informações regionais. Além disso, os reflexos das variações do teor de oxigênio das águas no arcabouço do ecossistema e no seu conteúdo em foraminíferos foram verificados.

INTRODUÇÃO

A baía de Sepetiba é limitada ao norte e leste pelo contingente, ao sul pela restinga de Marambaia, e a oeste por um cordão de ilhas que se estende desde as proximidades da ponta de Pombeba até a ilha da Madeira (Fig. 1).

A sua configuração atual foi definida durante o Quaternário, quando flutuações do nível marinho foram verificadas ao longo da costa sul-brasileira. Segundo Suguio et al, (1977), a última transgressão (Transgressão Santos), com níveis máximos há 5 000 e 3 300 anos B.P., separados por um mínimo há 3 800 anos B.P., elevou o nível marinho de alguns metros em relação ao atual, propiciando o desenvolvimento das atuais planícies costeiras, estabelecendo a linha da costa sul paulista caracterizada por

uma contínua progradação. Excluem-se deste quadro o setor norte do litoral paulista e sul fluminense, que simulam costas de submersão, com desenvolvimento de costões e praias do bolso.

Uma das feições geomorfológicas típicas da área de Sepetiba é a presença de restinga de Marambaia, situada entre afloramentos cristalinos, delimitando uma zona lagunar em fase de colmatção.

PONÇANO (1976) estabeleceu o padrão de circulação das águas e a dinâmica sedimentar, bem como a história de formação desta baía, no seu estudo de avaliação de viabilidade de implantação de instalações portuárias.

Objetivando ampliar os conhecimentos sobre a área, foi aqui estudada a

estrutura das assembléias de foraminíferos, acrescidas de dados sobre diatomáceas. Foram analisadas 92 amostras, sendo 73 cedidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas S/A e 19 coletadas pelos autores, com a finalidade de conhecer as variações da relação entre foraminíferos bentônicos e foraminíferos planctônicos, estado físico (tamanho, espessura e desgaste) das testas de foraminíferos e o grau de conservação das diatomáceas.

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas S/A e a Portobrás pelas amostras cedidas para este estudo. Agradecem também à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão de bolsa de iniciação científica à Srta. Marieta S. Silva.

CIRCULAÇÃO DE ÁGUAS E DINÂMICAS SEDIMENTAR

De acordo com PONÇANO (op. cit.), as águas da baía de Sepetiba ligam-se ao oceano por duas zonas: por entre o cordão de ilhas que formam o seu limite oeste e pelos canais que desaguam na barra de Guaratiba. Em termos batimétricos, ocorre um canal com profundidade de duas a três dezenas de metros, que vem da baía de Ilha Grande e o continente e, penetra dentro da baía de Sepetiba por um canal principal que passa entre as ilhas de Itacuruçá e Jaguanum, e por canais secundários entre o continente e a ilha de Itacuruçá, e ainda, entre a ilha do Jaguanum e a ponta da Pombeba. Todos os canais correspondem aos entalhes fluviais ligados à fase de regressão marinha contemporânea à última fase glacial.

No interior da baía, as profundidades diminuem gradativamente de oeste para leste e do centro para as bordas, e, próximo à barra de Guaratiba, estão em torno de 1 a 2 m. Entre ilha Grande e morro de Marambaia configura-se um alto topográfico; conseqüentemente, as lâminas de água são aí mais rasas que as do canal de ligação entre as baías de Ilha Grande e de Sepetiba.

PONÇANO (op. cit.) admite três fontes oceânicas principais para os sedimentos que entram na baía de Sepetiba. A mais importante está relacionada à baía de Ilha Grande. A segunda provém da região entre a ilha Grande e o morro da Marambaia. Os sedimentos provenientes dessas áreas-fontes juntam-se ao entrar na barra, circulando entre o morro da Marambaia e a ilha de Jaguanum, e entre as ilhas do Batuque e Itacuruçá, seguindo pelo canal Itá, desembocando no saco da Coroa Grande. A terceira fonte, menos expressiva, é originária dos canais da barra de Guaratiba, que possibilitam maior aeração e movimentação na face interna da restinga da Marambaia, juntando-se, em seguida, à área de agitação entre o morro da Marambaia e ilha do Jaguanum.

Conseqüentemente, as características da baía de Sepetiba são francamente marinhas, sendo a contribuição de detritos continentais, de origem fluvial, limitada e restrita à faixa nordeste da baía, nas proximidades das desembocaduras de canais e rios.

TIPOS DE SEDIMENTOS

A coluna sedimentar sotoposta aos sedimentos atuais da baía de Sepetiba, interpretada por PONÇANO (op. cit.), mostra basicamente três tipos básicos: fluviais, de canais de maré e de mangue. Os sedimentos fluviais dispõem-se em corpos lenticulares, que

devem representar seções de canais, com gradação de sedimentos mais grosseiros (seixos), na base, para mais finos (areias) em direção ao topo. O ambiente fluvial é representado também por corpos de sedimentos mais silticos e argilosos típicos de planície inundada. Os depósitos de mangue são representados pelos sedimentos argilosos e arenosos com freqüentes inclusões de restos vegetais e lentes arenosas incluídas nesses sedimentos, são interpretadas como depósitos de preenchimento de canais de maré. Além disso, segundo o mesmo autor, essa seqüência transgressiva foi profundamente erodida, tendo serviço de substrato à esculturação de uma drenagem hoje submersa em virtude da elevação do nível marinho contemporânea ao estágio interglacial Riss-Würm.

Os depósitos e os eventos acima descritos, juntamente com as condições dinâmicas atuais, determinam o padrão de distribuição dos sedimentos recentes na baía de Sepetiba (Fig. 1).

ANÁLISE DE MICROORGANISMOS

As 92 amostras coletadas foram analisadas conforme métodos comumente empregados em estudos desta natureza. Inicialmente, foram retirados 10 c.c. de sedimento de cada amostra, para o estudo dos foraminíferos e análise do estado de conservação das diatomáceas. O sedimento ligeiramente endurecido por ressecção foi desagregado e separado em peneiras de malhas 0,062 — 0,150 e 0,250 mm. As frações obtidas foram fluídas em tetracloreto de carbono e, após filtradas, os foraminíferos e as diatomáceas foram contados, após triagem e montagem em lâminas especiais.

Em seguida foram calculadas as freqüências de cada taxa, e o total de testas por assembleia seguido de identificação sistemática das espécies, com base em LOEBLICH e TAPPAN (1964). Para as análises ecológicas, todos os resultados dos cálculos realizados foram recalculados e expressos em 1 c.c. de sedimento úmido.

Os caracteres de preservação do material, tamanho dos espécimes e espessura das paredes foram quantificados.

As bases teóricas dos critérios ecológicos empregados foram segundo PETRI e VIEIRA (1975), segundo os parâmetros: (a) abundância relativa de espécimes (ARE), (b) índice de dominância (ID), (c) diversidade específica (DE) (d) relação foraminíferos aglutinados/foraminíferos hialinos / foraminíferos calcários porcelânicos, (e) distribuição de foraminíferos

planctônicos, (f) tamanho dos espécimes, (g) amplitude das áreas de dominância (AAD) e (h) distribuição de diatomáceas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abundância relativa de espécimes (A.R.E.)

Os valores de ARE, expressos em 1 c.c. de sedimento úmido, variaram entre 7 e 2 058 espécimes, permitindo agrupar as amostras em dois conjuntos: (a) inferior a 500 espécimes e (b) superior a 500 espécimes (Fig. 2). Apenas quatro amostras apresentaram valor de A.R.E. superior a 1 000.

De forma inesperada, em seu conjunto, a ARE não revelou relação direta com o tipo de sedimento de fundo (Fig. 1) e, por conseguinte, não é explicável pela taxa de sedimentação. Sua explicação prende-se ao padrão de produtividade primária de foraminíferos (PETRI e VIEIRA, op. cit.). Esta produtividade é basicamente dependente do teor de nutrientes disponíveis.

PONÇANO (op. cit.) salientou a reduzida influência fluvial nesta baía, fornecendo o argumento básico que explica os baixos valores de ARE, isto é, baixa produtividade de espécimes por deficiência de nutrientes. Nas áreas sem ressurgência, o continente é a fonte básica de alimentos, fornecidos através de rios, para o desenvolvimento de vida nos oceanos. Sendo esta baía eminentemente de caráter marinho, os resultados encontrados seriam os esperados como padrão normal de comportamento ecológico.

Índice de dominância (I.D.)

Os valores deste parâmetro definiram os biótopos: A (inferior a 29,9%), B (entre 30 e 49,9%) e C (superior a 50%) (Fig. 3).

O ID, que indica o status evolutivo de uma comunidade, tende a ser elevado em biótopos com instabilidade ambiental (física ou química), porque ela não atinge o clímax em tais ambientes.

Os resultados mostraram ampla variação do índice de amostras analisadas, expressando a imaturidade das comunidades e o caráter instável da área. As particularidades de cada amostra salientaram-se, então, em detrimento do nível de semelhança do conjunto.

Em nível de detalhe maior, onde o índice deveria ser reduzido pela baixa energia das águas, em locais de fundo argiloso e siltico (Fig. 1) e biótopos A e B (Fig. 3), constatou-se uma situação inversa. Portanto, a maior estabilidade física do ambiente, expressa em energia ambiental, não coaduna com os elevados valores do índice de

dominância na área leste da baía. Tais biótopos situam-se onde PONÇANO (op. cit.) registrou os maiores valores do teor de matéria orgânica nos sedimentos, tendo afirmado: ... "mercê da intensa movimentação de que é sede, a baía de Sepetiba apresenta boa aeração, não se esboçando ambiente euxínico senão na sua metade leste".

A aeração deficiente em um corpo de água atua como fator limitante à proliferação da maioria das espécies, dando oportunidade a poucas espécies tolerantes dessas condições, que tendem a assumir caráter dominante. Em tais locais, o ID torna-se elevado, conferindo com os dados em interpretação. No restante da baía há boa aeração, então, a dominância é menor, constituindo o biótopo C que abrange maior área.

Diversidade específica (D.E.) de foraminíferos bentônicos

Os resultados de estudo da DE total de foraminíferos bentônicos permitiram reconhecer três intervalos: (a) inferior a 10 espécies, (b) 10 a 24 espécies e (c) 25 a 43 espécies. Eles determinaram os biótopos representados na fig. 4. A reduzida DE, no extremo leste da baía, confere com os resultados de ID nas mesmas amostras, podendo ser associada à causa já exposta, ou seja, condição euxínica. No restante da área, onde há boas condições de aeração, as variações de diversidade específica não atingiram os valores abaixo de 10 espécies, exceto em duas amostras. Os valores da área central da baía (biótopo C), sugerem ser esta a área de melhores condições de estabilidade e aeração.

O mapa de distribuição do diâmetro médio dos sedimentos clásticos (Fig. 1) indica que a maioria das amostras situadas nos biótopos C e E é constituída principalmente de silte, indicando menor energia do que do biótopo D, onde predominam areias grossas. A última situação, em particular, concorda com a afirmação de PONÇANO (op. cit.), segundo a qual, a baía seria sede de intensa movimentação, condição esta associável à baixa estabilidade ambiental e conseqüentemente menor DE.

Relação foraminíferos aglutinados (F.A.)/foraminíferos calcários hialinos (F.C.H.) / foraminíferos calcários porcelânicos (F.C.P.)

Os resultados deste parâmetro para a baía de Sepetiba estão representados nas Figs. 5 e 6.

GREINER (1969 e 1974) estudou esta relação em oito estuários do golfo do México e constatou que a distribuição destes três grupos está muito relacionada a variações de salinidade.

temperatura e teor de bicarbonato de cálcio. Acredita-se que as espécies aglutinadas possam construir suas testas em qualquer um dos ambientes marinhos ou de águas mixohalinas, e a sua dominância em águas pobres em bicarbonato de cálcio é devida à inabilidade das formas calcárias secretarem suas testas em tais lugares. As formas porcelânicas geralmente requerem supersaturação das águas em bicarbonato de cálcio e os hialinos formam-se em condições intermediárias.

A amplitude das áreas de distribuição de foraminíferos com testas calcárias hialinas e a área restrita de ocorrência das formas aglutinadas explicam-se pelas condições predominantemente marinhas da baía de Sepetiba, conforme já citado. A sedimentação essencialmente clástica na baía serve de argumento à reduzida presença de F C P nas amostras estudadas, considerando os postulados de GREINER (1974), que afirma serem eles dominantes em áreas de elevado teor de bicarbonato de cálcio.

Distribuição de foraminíferos planctônicos Estes foraminíferos são extremamente raros e permitem apenas registrar a presença ou ausência nas amostras (Fig. 7). Este parâmetro confirma as informações geológicas de que a zona oeste teria caráter marinho mais acentuado. No entanto, tal caráter não exclui os demais fatores que limitam maiores concentrações de formas planctônicas, tais como proximidade da costa e profundidade da água na área (PETRI e VIEIRA, op. cit.).

Os núcleos de ausência de formas planctônicas, entre as ilhas da Marambaia e Grande, coincidem com pequenas elevações do substrato marinho, registradas pelas isóbatas.

Tamanho dos espécimes. Os termos pequeno, médio e grande correspondem às dimensões dos espécimes retidos nas peneiras com as seguintes malhas: 0,062 — 0,150 e 0,250 mm, respectivamente. O padrão de distribuição desses tamanhos está registrado na Fig. 8. Vê-se novamente, a baía dividida em dois biótopos: (a) zona leste, com testas pequenas e (b) zona oeste, com testas médias e grandes, exibindo maior variabilidade de tamanho.

Os autores lembram da necessidade de oxigênio no metabolismo biológico e associam o biótopo A às condições mais redutoras e o biótopo B às áreas de melhor aeração.

Espessura das paredes das testas. A Fig. 9 mostra como varia este parâmetro na área em estudo. Os padrões definidos praticamente se superpõem aos da fig. 8, sendo igualmente associados aos graus de aeração das águas.

Amplitude das áreas de dominância (AAD)

Seis diferentes espécies dominantes dividiram a área amostrada em compartimentos (Fig. 10). Excetuando-se as espécies *Reophax* sp. (Amostra 159), *Arenoparrella mexicana* Kornfeld (Amostra 217) e *Bulimina marginata* Orbigny (Amostra 166 e 168), nas demais amostras, dominaram as seguintes espécies: *Textularia* sp. (14 amostras), *Buliminella elegantissima* Orbigny (17 amostras) e *Ammonia beccarii* Line (38 amostras), que permitiram reconhecer três biofácies:

(a) Biofácies *Textularia* sp., contendo poucos espécimes e espécies (DE menor que 10) com ID entre 35 e 79%; abrangendo a faixa situada entre as ilhas da Madeira e do Bom Jardim, de maior influência fluvial. As condições locais tendem a ser redutoras e o fundo é constituído de sedimentos clásticos finos.

(B) Biofácies *Buliminella elegantissima* Orbigny caracterizada por sensível aumento do número de espécies e de espécimes (DE maior que 10) com ID menor que 50%, predominando testas pequenas e delgadas. Esta biofácies foi encontrada em áreas com 0 a 10 m de profundidade em substrato síltico, delimitada especialmente pelas amostras coletadas próximas à costa.

(c) Biofácies de *Ammonia beccarii* Liné caracterizada por grande aumento nas amplitudes dos parâmetros bióticos, às vezes, constituindo as populações mais ricas em espécimes e espécies (DE entre 4 a 40 espécies) com ID geralmente inferior a 30 até 57%. A espessura das testas é variável, predominando a espessura média. Esta biofácies ocorre em zona de maior aeração e maior energia, sendo o fundo caracterizado por substrato arenoso de diâmetros variáveis (Fig. 1).

Além destas, foi ainda reconhecida: (d) Biofácies *Bulimina marginata* Orbigny caracterizada por populações mais ricas em espécimes e espécies (DE entre 40 a 43 espécies) com ID reduzida (9,5 a 12,7%). Nesta biofácies ocorre o predomínio de testas grandes com paredes de espessura média. Ela está situada em uma pequena área entre as ilhas Grande e Cutiatá.

O arcabouço ecológico da baía de Sepetiba é do tipo primitivo, bastante simples, onde apenas três espécies dominam em uma área de cerca de 305 km². Considerando a amplitude da área, a variabilidade é bastante reduzida, sugerindo o mesmo para o comportamento ambiental. A *Textularia* sp. é uma espécie tolerante à baixa taxa de oxigênio, enquanto que *Ammonia beccarii* apresenta ampla tolerância a tipos de sedimentos e grau de energia das águas. A *Buliminella elegantissima* é condicionada pelo tipo

de fundo. Há diferenças marcantes nas biofácies das partes leste e oeste da baía, porém estas não são acentuadas, permitindo ainda enquadrar a área toda em um tipo de ambiente ecologicamente pouco variável.

Distribuição de diatomáceas de água doce. Os resultados deste parâmetro acham-se resumidos na Fig. 11, revelando que há maior concentração destas algas nas zonas de maior influência fluvial. Considerando-se a resistência de suas frústulas (silicosas) à destruição, a sua distribuição não modifica as deduções anteriores. Elas podem aportar em maior quantidade

nos períodos de enchentes e a amostragem poderia ter coincidido com um desses períodos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente trabalho confirmam o valor da sinecologia de foraminíferos no entendimento da dinâmica das águas costeiras, especialmente quando avaliados ao nível de informações regionais.

Salienta-se a importância do teor de oxigênio das águas na estrutura do ecossistema e no seu conteúdo em foraminíferos. PHLEGER e SOUTAR

(1973) estudaram foraminíferos bentônicos de três locais do Pacífico oeste, em áreas com teores baixos de oxigênio, tendo concluído que o oxigênio não é um fator limitante para todas as espécies, havendo formas tolerantes a este tipo de ambiente. Os autores caracterizaram as populações de foraminíferos pela sua alta dominância, baixa diversidade, espécimes relativamente pequenos e com testas finas. Essas mesmas feições foram encontradas nos espécimes de biofácies da área leste, onde ocorrem as condições mais redutoras da baía de Sepetiba.

BIBLIOGRAFIA

GREINER, G.O.G. (1969) — Recent benthonic foraminifer: environment factors controlling their distribution *Nature* 223 : 168-170.

GREINER, G.O.G. (1974) — Environmental factors controlling the distribution of recent benthonic foraminifera — *Breviora*, 420 : 35 p.

LOEBLICH, A.R. e H. TAPPAN (1964) *Protista* — In: *Treatise on the Invertebrate Paleontology* — Tomo C, Parte 2 : 1-900.

PETRI, S. e E.M. VIEIRA (1975) — Métodos

de estudos paleoecológicos e as assembleias cenozóicas de foraminíferos de Caravelas, Babol. IG, Inst. de Geociências/USP, v. 6 : 109-127.

PHLEGER, K.B. e A SOUTAR (1973) — Productions of the benthic foraminifera in three East Pacific oxygen minima — *Micropaleontology* 19 (1): 110-115.

PONÇANO, W.L. (1976) — Sedimentação ATUAL NA BAIÁ DE Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro — Um estudo para a ava-

liação de viabilidade geotécnica de implantação de um porto — Dissertação de Mestrado, Inst. de Geociências/USP, 2 vol. (Inédita)

SUGUIO, K.; L. MARTIN e J.M. FLEXOR (1977) — Sea-level fluctuations during the past 6,000 years along the coast of the São Paulo, Brazil — X Congresso Intern. do INQUA, Birmingham, Inglaterra, Preprint: 26 p.

Fig. 1 — Mapa de distribuição do diâmetro médio dos sedimentos. Rio de Janeiro.

Fig. 2— Mapa de distribuição da abundância relativa de espécimes de foraminíferos em 1 cm³ de sedimento.

Fig. 4 — Mapa de distribuição do índice de diversidade específica dos foraminíferos bentônicos

Fig. 5 — Mapa de distribuição da frequência de foraminíferos calcários hialinos

0 a 50,0% 50,1 a 100%

Fig. 6 – Mapa de distribuição de frequência de foraminíferos calcários porcelânicos

Fig. 7 – Mapa de distribuição de foraminíferos planctônicos.

Fig. II — Mapa de distribuição de ocorrência de diatomáceas em 1cm³ de sedimento