

# *Pesquisas em Geociências*

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

---

## **Foraminíferos Recentes do Canal de São Sebastião SP, e suas Relações com os Padrões de Sedimentação**

*B. B. Eichler, W. Duleba, S. H. M. Sousa, V. V. Furtado, M. M. Mahiques, T. M. Sanches*

*Pesquisas em Geociências*, 22 (1/2): 12-20, set./dez., 1995.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21230>

---

Publicado por

## **Instituto de Geociências**

---



## **Portal de Periódicos UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

---

### **Informações Adicionais**

**Email:** [pesquisas@ufrgs.br](mailto:pesquisas@ufrgs.br)

**Políticas:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

**Submissão:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

**Diretrizes:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

---

Data de publicação - set./dez., 1995.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

## Foraminíferos Recentes do Canal de São Sebastião SP, e suas Relações com os Padrões de Sedimentação

B.B. EICHLER<sup>1</sup>; W. DULEBA<sup>1</sup>; S.H.M. SOUSA<sup>1</sup>; V.V. FURTADO<sup>1</sup>; M.M. MAHIQUES<sup>1</sup>; E.T.M. SANCHES<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Micropaleontologia - IOUSP - <sup>2</sup> Laboratório de Sedimentologia - IOUSP  
Instituto Oceanográfico/USP, Caixa Postal 66149 - CEP: 05389-970 - São Paulo, Brasil.

(Recebido em 27/02/95. Aceito para publicação em 05/10/95.)

**Abstract** - Foraminifera assemblages from bottom sediments in the São Sebastião channel, São Paulo, were described in order to establish the microfauna distribution and their relationships with the environment before the construction of a effluent discharge system. The microfaunal assemblages and sedimentological data show that there is higher energy in the east side rather than in the west side of the channel. The western side is characterized by the presence of micaceous minerals, fine sediments with high carbon and nitrogen content, low foraminifera diversity, small species of forams and the dominance of species typical of an environment rich in organic matter (*Buliminella elegantissima* and *Fursenkoina pontoni*). By the other hand, in the eastern side were observed a decrease of micaceous minerals, an increase of sand and marine biodebris, a high diversity and appearance of epifauna species. The foraminifera assemblages also show a greater oceanic influence in the southern side of the channel. The central and northern sides are characterized by nearshore foraminifera assemblages. It was also possible to distinguish *Cassidulina crassa*, which is probably associated with South Atlantic Central Water (SACW).

**Resumo** - O presente estudo é parte integrante da primeira fase do projeto de monitoramento do sistema de tratamento de efluentes do Canal de São Sebastião. Este estudo objetivou caracterizar as comunidades de foraminíferos e os sedimentos de fundo do canal, procurando estabelecer a distribuição das associações microfaunísticas e suas relações com o meio, antes da construção desses efluentes no canal. As associações microfaunísticas e os dados sedimentológicos revelaram uma diferenciação entre o ambiente deposicional oeste e leste do canal. O lado oeste caracterizou-se pela presença marcante de minerais micáceos, sedimentos pelíticos com altos teores de carbono e nitrogênio, diversidade baixa de foraminíferos, aparecimento de espécies de tamanho reduzido e dominância de espécies típicas de ambiente rico em matéria orgânica (*Buliminella elegantissima* e *Fursenkoina pontoni*). Tais resultados permitiram inferir domínio de baixa energia nesta região. Já no lado leste do canal, observou-se uma diminuição dos minerais micáceos, abundância de areia e biodebritos marinhos, diversidade relativamente alta e aparecimento da epifauna. Tais dados demonstram que o hidrodinamismo aumentou sensivelmente, sugerindo ambiente de maior energia e oxidação. Além disso, através das associações foi possível detectar uma influência oceânica maior no lado meridional do canal. Quanto ao lado setentrional e central, estes caracterizaram-se por possuir associações típicas de água costeira. Foi observada também a presença de *Cassidulina crassa*, associada possivelmente à ACAS (Água Central do Atlântico Sul).

### INTRODUÇÃO

A existência de espécies estenobióticas e a abundância de indivíduos em pequenas quantidades de sedimento, tornam os foraminíferos bons indicadores ambientais (Boltovskoy, 1959; Boltovskoy *et al.*, 1991). Assim, dependendo da composição faunística e suas características morfométricas, é possível tecer considerações sobre as condições ambientais que prevalecem no meio (Steineck & Casey, 1990).

Partindo desta premissa, pretende-se caracterizar as associações de foraminíferos e os sedimentos de fundo do Canal de São Sebastião, visando compreender suas relações com o meio, antes da construção de um sistema de efluentes associados ao Terminal Petrolífero Almirante Barroso (TEBAR). Através da análise das espécies e dos sedimentos procura-se estabelecer padrões de distribuição microfaunísticos e sedimentológicos na região, permitindo detectar eventuais alterações no meio, introduzidas pela construção do sistema de efluentes.

### ÁREA DE ESTUDO

O Canal de São Sebastião, situado no litoral norte do Estado de São Paulo, entre 23° 40" de latitude sul e 45° 30" de longitude oeste, constitui uma feição alongada de cerca de 25 km de comprimento, que separa o continente da Ilha de São Sebastião. Apresenta larguras variáveis entre 2 km, em sua porção central, e 7 km, em sua entrada meridional (Fig.1).

Seu eixo, onde estão as maiores profundidades (30 a 50 m), está deslocado para o lado insular, devido à erosão ou condicionamento estrutural das rochas na época da sua formação.



Figura 1- Localização da área de estudo e dos pontos de amostragem.

A Ilha de São Sebastião tem sua gênese ligada à atividade vulcânica alcalina, e à reativação de falhas pré-existentes, ocorridas no sudeste brasileiro no final do Cretáceo, e representadas pelo soerguimento da Serra do Mar e pela subsidência da Bacia de Santos. A Ilha de São Sebastião, oriunda desses eventos magmáticos, seria remanescente do retrocesso erosivo sofrido pela Serra do Mar (Almeida, 1976).

Para Almeida (*op.cit.*), o Canal de São Sebastião teria sido escavado subaereamente durante as últimas fases glaciais do Pleistoceno. Mahiques *et al.* (1989), por sua vez, relacionam as depressões alongadas e profundas, presentes no interior do canal, também a processos de escavação por marés, ocorridos durante o evento transgressivo holocênico, cujo máximo ocorreu há cerca de 5.100 anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de sedimentos de superfície de fundo foi realizada segundo três radiais (A, B, C) perpendiculares ao canal, e localizadas nas proximidades do Terminal Petrolífero Almirante Barroso (Fig. 1). Em cada radial foram coletadas cinco amostras, perfazendo um total de 15 estações, cujas profundidades são observadas na Tabela 1. A amostragem, ocorrida em outubro de 1991, utilizou amostrador do tipo Petersen.

De cada amostra coletada foram retiradas três subamostras, uma para análise granulométrica e análise da fração grossa, outra para análises químicas e uma terceira para análise de foraminíferos.

As análises granulométricas foram realizadas segundo os métodos tradicionais de peneiramento e pipetagem descritos em Suguio (1973). A análise da fração grossa, compreendida entre as classes 0,250mm e 0,125mm, seguiu a metodologia apresentada por Shepard & Moore (1954). As análises químicas, para determinação dos teores de carbonato, foram realizadas através da dissolução ácida e diferença de peso. Os teores de carbono orgânico foram determinados segundo o método descrito por Gross (1971). Para a obtenção dos teores de nitrogênio, empregou-se o método de micro Kjeldahl, descrito em Kabat & Mayer (1948).

Para determinação dos foraminíferos contidos no sedimento, o material foi inicialmente corado com Rosa de Bengala (Walton, 1952) e fixado com formol a 4% no momento da coleta. Retirou-se uma alíquota de 10cc deste material, que foi lavado em duas peneiras: 0,500mm e 0,062mm. As frações retidas foram secas e flotadas em tetracloreto de carbono, visando separar os foraminíferos do sedimento (Boltovskoy, 1965).

Uma vez separadas, as carapaças de foraminíferos foram quarteadas, identificadas e contadas. A classificação dos foraminíferos baseou-se em Boltovskoy *et al.* (1980) e Loeblich & Tappan (1964; 1988). Após a identificação e contagem dos espécimens, submeteu-se os dados de frequência de foraminíferos às análises de diversidade de Shannon, dominância de Simpson e equitatividade, cujas fórmulas estão descritas em Magurran (1983). Posteriormente os dados de frequência foram submetidos à análise de agrupamento modo Q (agrupamento entre estações) e modo R (agrupamento entre gêneros), segundo programa desenvolvido por George Shepard da Universidade de Campinas. O índice de similaridade utilizado foi o de Bray Curtis (Clarke & Green, 1988) e o método de agrupamento foi o de variância mínima

ou Ward. O resultado destes cálculos estão arranjados em uma estrutura hierárquica, demonstrada através de dendrogramas.

O coeficiente de correlação Bray Curtis é definido pelas diferenças absolutas entre as espécies de duas amostras, adicionados sobre todas as espécies, e dividido pela contagem total para ambas as amostras e todas as espécies (Clarke & Green, 1988). É representado, assim, pela seguinte fórmula:

$$[(\sum_i (X_{ij} - X_{ik}) / (\sum_i (X_{ij} + X_{ik}))],$$

onde "i" corresponde a atributos ou espécies; "j" e "k" a estações.

Com a finalidade de detectar influência dos parâmetros abióticos sobre as associações de foraminíferos, dados abióticos e bióticos foram correlacionados através de análises de regressão múltipla e simples.

## RESULTADOS

### Dados sedimentológicos

Os resultados das análises granulométricas são apresentados na Tabela 1. Há uma grande diferenciação entre as amostras a oeste e leste nas três radiais investigadas. As amostras coletadas na porção oeste do canal apresentam, segundo classificação de Folk & Ward (1957), diâmetro médio variável de silte médio a silte muito fino, com seleção pobre a muito pobre, revelando importante contribuição de argilas neste setor. Segundo classificação de Shepard & Moore (1954), predominam, no setor oeste do canal, os siltes argilosos, sendo subordinada a ocorrência de siltes arenosos (Fig. 2).

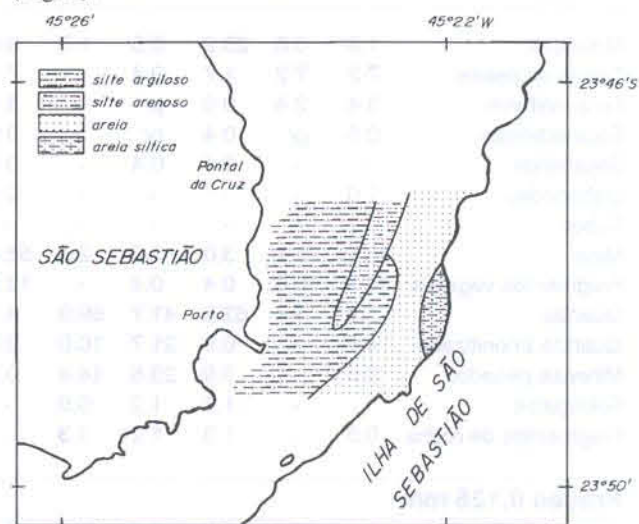


Figura 2 - Distribuição textural segundo Shepard & Moore (1954).

Na área leste do canal ocorrem areias que, a nordeste do setor estudado, apresentam diâmetro médio de areia média/grossa e selecionamento pobre. Nas radiais central e meridional (radiais B e C, respectivamente) ocorrem areias médias a muito finas, pobremente selecionadas (Fig.2).

Os dados de conteúdo carbonático encontram-se na Tabela 1. Os sedimentos da área podem ser enquadrados, segundo classificação de Larssonneur *et al.* (1982), como litoclásticos, à exceção de três amostras, localizadas na porção central do canal, que apresentam teores de carbonato biodetrítico superior a 30%, sendo classificadas como litobioclásticas (Tab. 1).

Os dados de conteúdo em carbono orgânico seguem,

	Posição		Prof (m)		Descrição macroscópica	Diâmetro Médio	Diâmetro Padrão	Assimetria	Curto-se	Classificação textural (Shepard, 1954)	Carbonato cálcio	Carbono orgânico	Nitrogênio	C/N
	Latitude(S)	Longitude(W)	Gr.	Min.										
1	23	47.5	45	23.0	6	6,54	1,75	-0,06	0,77	Silte argiloso	16,3	1,83	0,11	16,63
2	23	47,5	45	22,9	10	5,73	2,05	0,19	0,60	Silte arenoso	14,8	1,73	0,17	10,20
3	23	47,5	45	22,4	30	1,41	2,31	0,32	1,11	Areia	38,7	0,56	0,29	1,90
4	23	47,6	45	22,0	10	0,01	1,51	0,69	1,04	Areia	22,0	0,06	0,01	6,00
5	23	47,6	45	21,9	6	0,09	1,31	0,44	0,81	Areia	10,5	0,26	0,03	8,70
6	23	48,2	45	23,5	7	5,92	2,03	-0,06	0,75	Silte argiloso	16,9	1,93	0,15	12,90
7	23	48,2	45	23,2	15	5,74	2,08	0,18	0,57	Silte arenoso	22,2	1,22	0,14	8,70
8	23	48,3	45	22,9	36	5,61	2,61	-0,25	1,29	Silte argiloso	20,8	0,86	0,10	8,60
9	23	48,6	45	22,6	15	1,34	1,92	0,16	1,44	Areia	37,9	0,43	0,06	7,20
10	23	48,6	45	22,4	6	3,89	1,76	0,53	1,31	Areia Siltica	17,9	0,90	0,31	2,90
11	23	48,8	45	23,8	6	7,14	1,44	-0,13	0,89	Silte argiloso	21,0	1,74	0,21	8,30
12	23	48,9	45	23,6	20	6,16	2,01	-0,07	0,62	Silte argiloso	14,9	1,93	0,18	10,7
13	23	49,0	45	23,4	44	6,16	2,16	-0,16	9,75	Silte argiloso	17,5	1,85	0,18	10,3
14	23	49,1	45	23,0	20	2,53	2,68	0,27	1,52	Areia	37,3	0,82	0,10	8,20
15	23	49,2	45	22,9	6	3,08	1,44	0,20	2,16	Areia	28,7	0,69	0,08	8,00

Tabela 1 - Distribuição das amostras e caracterização sedimentológica e geoquímica dos sedimentos de fundo.

aparentemente, a distribuição granulométrica das amostras (Tab. 1). As amostras com teores mais elevados em carbono orgânico pertencem ao setor oeste do canal. Na região nordeste da área de estudo, as amostras exibem baixos teores em carbono orgânico e estão associadas a sedimentos arenosos (Tab. 1).

Com relação ao conteúdo em nitrogênio orgânico, observa-se uma variabilidade em escala compatível à verificada para os teores de carbono orgânico. De uma forma geral, os menores valores ocorrem no setor nordeste da área (Tab. 1).

Os valores da razão C/N, indicativos da origem da matéria orgânica, estão, em sua maioria, entre 8 e 12. Valores altos da razão C/N (superiores a 12) foram encontrados no setor noroeste da área (Tab. 1).

A análise dos constituintes das frações 0,250 mm e 0,125

mm indica o predomínio de termos terrígenos sobre os biogênicos marinhos (Tab. 2). Dentre os termos terrígenos, há nítida dicotomia entre amostras ricas em mica e fragmentos vegetais (termos neotéricos, na classificação de McManus, 1975), e amostras predominantemente quartzosas. As primeiras foram observadas na região oeste do canal, enquanto as outras encontram-se no setor leste da área de estudo.

#### Dados da microfauna

Foram determinadas 104 espécies de foraminíferos, que se encontram relacionadas na Tabela 3. Na Tabela 4 estão expressas a frequência absoluta dos gêneros encontrados e relação de gêneros vivos/gêneros mortos.

Os foraminíferos identificados apresentaram, em geral, carapaças bem calcificadas, paredes espessas, enrolamento e disposição das câmaras normais.

<b>Fração 0,250 mm</b>															
<b>Estações</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Moluscos	1.9	3.8	23.2	5.5	1.3	8.6	6.3	7.6	7.2	0.9	0.9	5.5	14.9	17.1	31.9
Ossos de peixes	7.2	7.2	1.7	0.4	-	7.7	6.8	0.4	0.4	pr	-	16.1	6.4	1.4	pr
Foraminíferos	3.4	2.4	0.9	pr	-	3.0	4.2	-	pr	0.5	0.9	5.1	2.6	0.9	0.9
Equinodermos	0.5	pr	0.4	pr	-	0.9	2.5	0.4	-	-	-	4.1	1.3	pr	pr
Briozoários	-	-	0.4	0.4	-	0.4	-	0.4	-	-	-	0.9	2.1	0.5	-
Ostracodes	1.0	-	-	-	-	0.4	pr	-	-	-	-	-	-	-	-
Tubos	-	-	-	-	-	-	-	pr	-	-	-	-	-	-	-
Mica	38.2	75.1	3.0	3.9	2.2	58.8	32.9	0.4	8.5	78.4	16.6	46.1	6.0	6.9	30.1
Fragmentos vegetais	34.8	10.0	0.4	0.4	-	12.0	28.3	pr	-	5.0	2.4	20.3	5.5	0.9	pr
Quartzo	7.2	1.4	62.2	41.7	69.9	4.7	18.6	57.1	61.0	13.8	67.3	1.8	56.2	54.6	24.1
Quartzo limonitizado	4.8	-	0.9	21.7	10.0	2.6	pr	27.2	16.9	1.4	6.6	-	0.4	12.5	12.5
Minerais pesados	0.5	-	3.9	23.6	14.4	0.9	0.4	6.3	5.5	-	2.8	-	2.6	1.9	-
Feldspatos	-	-	1.7	1.2	0.9	-	-	-	-	-	1.9	-	0.9	0.5	-
Fragmentos de rocha	0.5	-	1.3	1.2	1.3	-	-	pr	0.4	-	0.5	-	1.3	2.8	0.5

<b>Fração 0,125 mm</b>															
<b>Estações</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Moluscos	1.4	1.4	3.1	6.7	3.7	2.4	1.4	5.4	1.3	0.5	1.4	9.0	5.3	7.0	pr
Ossos de peixes	0.5	4.2	1.3	1.0	pr	2.4	-	0.5	0.4	0.9	0.5	13.9	4.0	2.5	1.4
Foraminíferos	1.4	4.6	0.9	0.5	pr	0.8	8.2	0.5	0.9	pr	0.9	4.1	1.8	-	2.3
Equinodermos	pr	1.4	pr	0.5	pr	1.6	4.5	pr	pr	-	pr	3.3	0.9	0.4	pr
Briozoários	pr	-	pr	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	0.4	pr	pr
Ostracodes	-	0.5	-	pr	-	-	pr	pr	-	pr	-	0.4	-	pr	0.5
Tubos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mica	23.1	20.8	1.3	14.4	15.9	11.0	11.4	1.4	1.7	31.9	19.5	34.4	2.7	5.3	14.4
Fragmentos vegetais	6.8	4.6	-	-	0.9	3.3	3.2	0.9	0.4	3.2	1.9	6.1	4.4	1.2	0.9
Quartzo	63.3	61.6	81.8	55.3	33.2	71.5	67.3	68.0	75.1	56.9	71.6	26.2	77.0	65.0	58.6
Quartzo limonitizado	0.9	pr	1.3	4.8	5.1	0.8	1.4	5.0	8.7	2.8	3.7	0.4	0.9	11.5	19.1
Minerais pesados	2.7	0.9	9.8	16.3	41.1	5.7	2.7	18.0	10.9	3.2	0.5	1.2	2.7	7.0	2.8
Feldspatos	-	-	0.4	0.5	-	0.4	-	0.5	0.4	0.5	-	-	pr	-	-
Fragmentos de rocha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 2 - Frequência dos constituintes das frações 0,250mm e 0,125mm



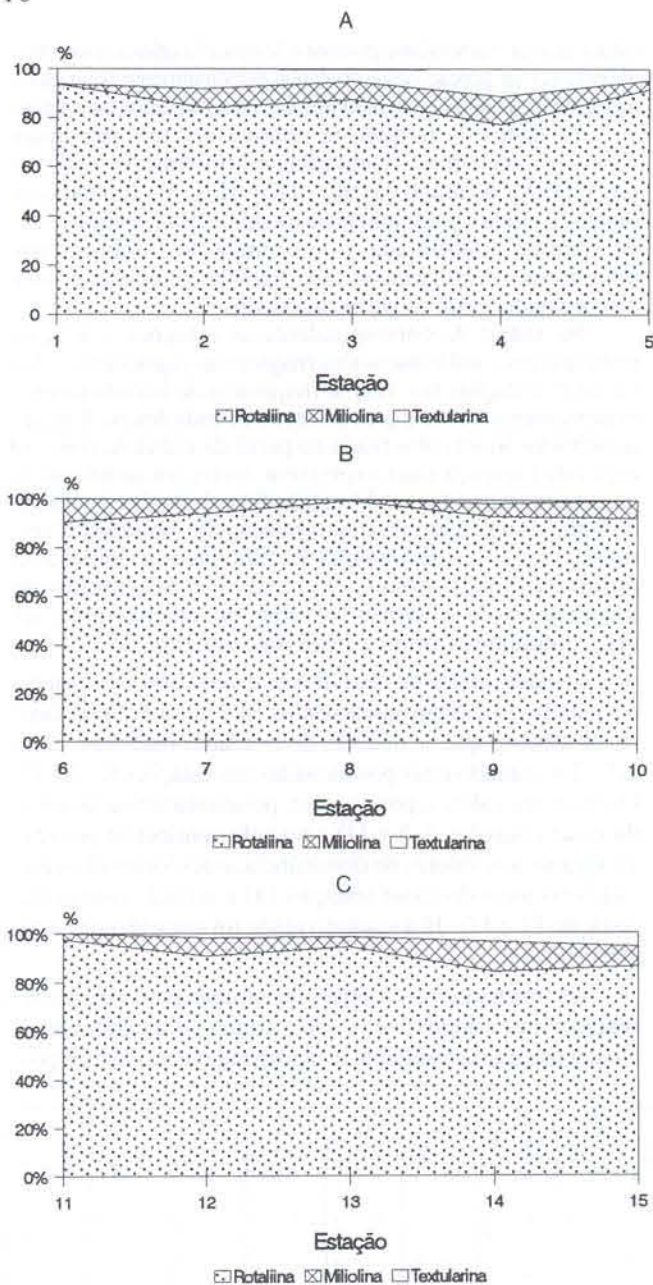


Figura 3 - Distribuição das principais Subordens de foraminíferos ao longo das radiais.

sível observar dois grandes grupos de estações de amostragem (Fig. 5). Um dos grupos consiste das estações 11 a 14, enquanto o outro grupo é formado pelas estações 1 a 10 e 15. Neste segundo grupo, as estações 1 a 3, 8 e 10 estão fortemente relacionadas, chegando até mesmo a constituir um terceiro grupo. Ainda neste grupo, alguns pequenos sub-grupos podem ser individualizados, como por exemplo, as estações 4 e 5, 6 e 7, 9 e 15.

O dendrograma da Figura 6, resultante da análise de agrupamento modo R, exibe a exemplo do dendrograma apresentado na Figura 5, dois grandes grupos distintos de gêneros de foraminíferos. Um deles constitui-se de gêneros representativos de ambientes onde predominam condições oceânicas, enquanto o outro grupo é formado de gêneros indicadores de ambiente costeiro. Comparando-se os dendrogramas das análises de agrupamento modo Q e modo R, observa-se que o grupo de gêneros indicativos de ambiente marinho aberto corresponde ao agrupamento das amostras

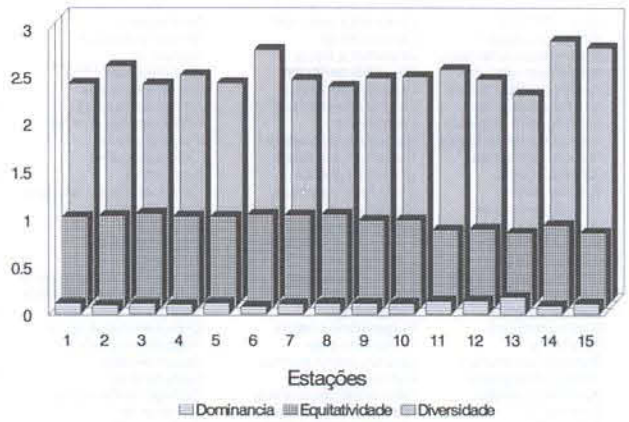


Figura 4 - Dominância, equitatividade e diversidade de foraminíferos.

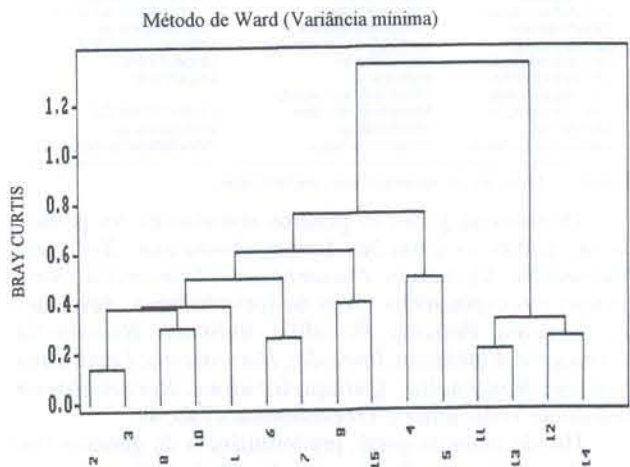


Figura 5 - Análise de agrupamento entre as estações de amostragem.

11 a 14, localizadas no setor meridional do canal. Por outro lado, o grupo representativo de ambiente costeiro é predominante nas amostras 1 a 10, posicionadas nas radiais central e setentrional da área de estudo.

### DISCUSSÃO

O lado continental da área caracterizou-se pela presença marcante de minerais micáceos e pelitos com altos teores de carbono e nitrogênio orgânico, o que sugere baixo hidrodinamismo local. Tais resultados reforçam as idéias apresentadas por Furtado (1978), que atribuiu a deposição da faixa de pelitos na porção oeste do canal a um fluxo de baixa energia com sentido SW, que margearia o lado continental do canal, transportando e depositando sedimentos finos.

Estas condições de baixa energia observadas nessa porção do canal propiciariam uma melhor preservação da matéria orgânica, fato este comprovado pelos elevados teores de carbono e nitrogênio nos sedimentos e pela abundância de fragmentos vegetais. Esses fragmentos, em sua maioria, eram de plantas vasculares, indicando portanto, forte influência continental. Tal hipótese é também reforçada pelos altos valores da razão C/N encontrados no setor noroeste da área de estudo, tais como, 16,63 na estação 1 e 12,90 na estação 6. Segundo Glemarec (1964) e Intés & Le Loeuff (1986), razões superiores a 12 implicam em origem predominantemente continental da matéria orgânica.

Além de condicionar os padrões sedimentológicos, o

## Método de Ward (Variância mínima)

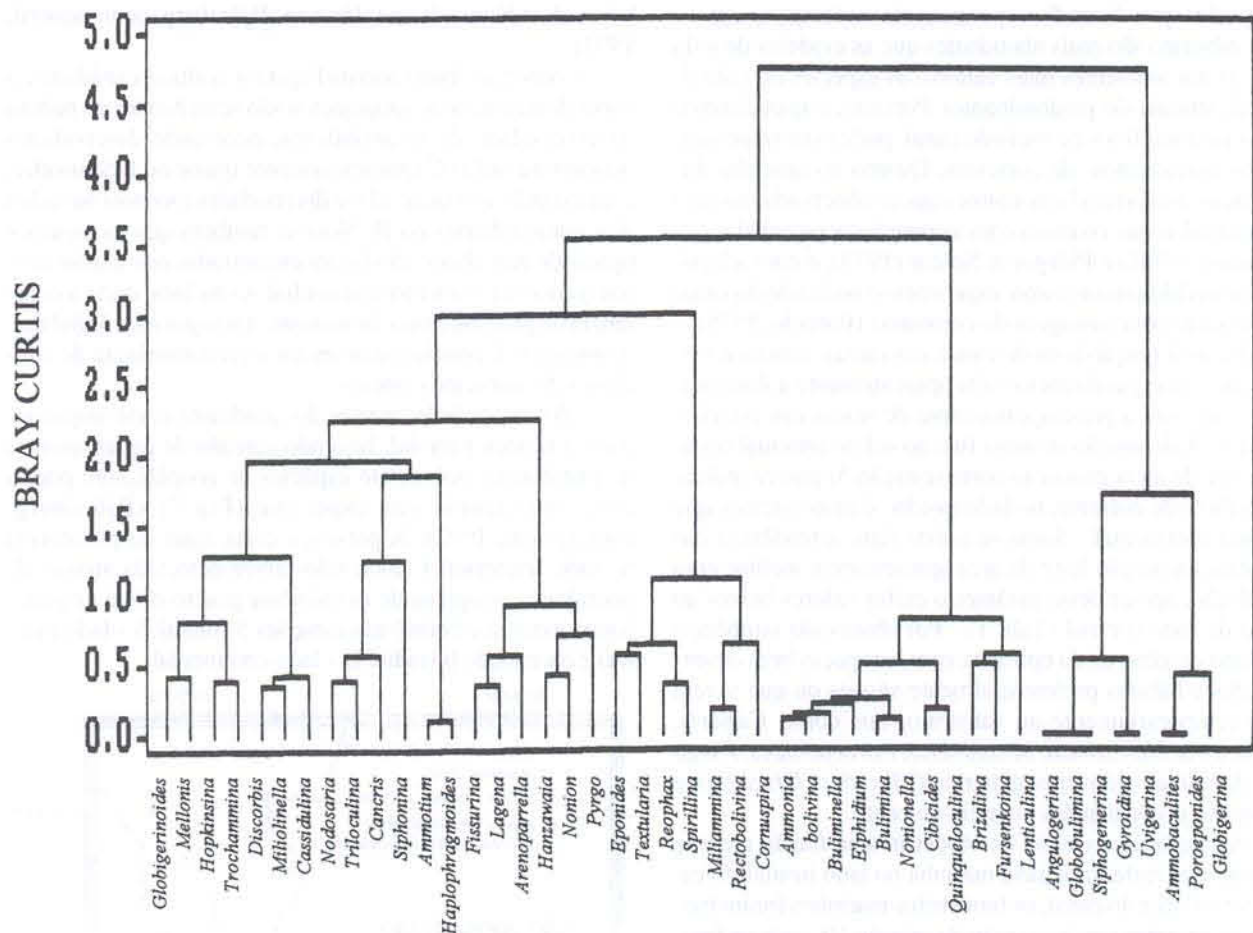


Figura 6 - Análise de agrupamento entre os gêneros de foraminíferos.

baixo hidrodinamismo local também influenciou na diversidade, dominância e composição faunística das associações de foraminíferos. Nesta região, conforme pode-se constatar nas estações 1, 2, 7, e 11, a diversidade é relativamente mais baixa que a das estações posicionadas no lado insular (Fig. 4). Quanto à dominância, esta é ligeiramente maior que a observada no lado insular, destacando-se *Buliminella elegantissima*, *Fursenkoina pontoni*, *Ammonia beccarii* e *Nonionella atlantica*. Excetuando *Ammonia beccarii*, que é uma espécie euribionte e oportunista (Walton & Sloan, 1990), as outras espécies são típicas de ambientes ricos em matéria orgânica (Seiglie, 1968; Setty & Nigam, 1982).

Outra característica peculiar observada nas associações da porção oeste do canal foi o tamanho reduzido das carapaças de foraminíferos. Vários trabalhos têm demonstrado que o tamanho das carapaças está diretamente relacionado com os teores de oxigênio disponível no meio (Bernhard, 1986; Perez-Cruz & Machain-Castillo, 1990; Duleba, 1993). Em ambientes pouco oxigenados, os foraminíferos tendem a exibir dimensões menores, tendo em vista que o oxigênio disponível no meio só é capaz de prover a atividade metabólica dos organismos (Bradshaw, 1961; Phleger & Soutar, 1973). Portanto, tamanho reduzido das carapaças dessa porção do canal, talvez se deva à baixa quantidade de oxigênio disponível nos sedimentos, devido à circulação local reduzida.

Rumo ao centro do canal, a energia do meio torna-se maior, tendo em vista a frequência nitidamente menor de minerais micáceos nas estações 3, 4, 8, 9, 13 e 14 (Tab. 2).

Todavia, a presença incipiente, mas constante desses minerais sugere a ocorrência de quebras de energia, o que propiciaria a deposição de minerais micáceos e pelitos no centro do canal (Tabs. 1 e 2). Segundo Furtado (1978) e Castro Filho (1990), essas quebras de energia poderiam ser ocasionadas por alternância de fluxo na região central do canal. Para esses autores, o sentido preferencial de transporte na área seria para NE, com aceleração no fluxo a partir do porto de São Sebastião. A deposição de sedimentos mais grossos nas radiais central e meridional corrobora essa hipótese.

Na porção central do canal, a diversidade é ligeiramente maior nas estações posicionadas em profundidades intermediárias (10, 15 e 20 m) que nas de profundidades maiores (30, 36 e 44 m). Nestas três últimas, a dominância é um pouco mais acentuada, sobretudo na estação 13, onde *Ammonia beccarii* destaca-se em abundância das outras espécies (Fig. 4). Com relação à composição faunística desta porção do canal, as espécies típicas de ambiente rico em matéria orgânica (*Buliminella elegantissima* e *Nonionella atlantica*) diminuíram sensivelmente, sendo que nas estações 3 e 13 não foi observada a presença de *Fursenkoina pontoni* (Tab. 4). Justamente nestas estações, observou-se também uma diminuição dos teores de carbono orgânico. No lugar dessas espécies, passam a ocorrer representantes da epifauna, tais como *Eponides*, *Cibicides*, e *Discorbis*, os quais, geralmente vivem incrustados ou fixos temporariamente ao substrato (Murray, 1991).

De acordo com Sturrock & Murray (1981), o modo de

vida dos foraminíferos pode ser condicionado pelas condições hidrodinâmicas locais. Em ambientes com alta energia as espécies que vivem fixas permanente ou temporariamente ao substrato são mais abundantes que as espécies de vida livre. Já em ambientes mais calmos, as espécies de vida livre e da infauna são predominantes. Portanto, o aparecimento destes foraminíferos no meio do canal pode estar relacionado aos movimentos de correntes. Quanto ao tamanho das carapaças, estas eram bem maiores que as observadas no lado continental, o que coaduna com as premissas postuladas por Bradshaw (1961) e Phleger & Soutar (1973), e com a hipótese de um hidrodinamismo mais intenso no fundo do canal (ocasionado pela passagem de correntes) (Furtado, 1978).

Rumo à porção leste do canal, nas radiais central e meridional, a energia do meio volta aparentemente a diminuir, tendo em vista a presença marcante de micas nas estações 10 e 15. A deposição de areia fina ao sul do terminal (estação 15) e de areia grossa ao norte (estação 5) parece indicar que o fluxo de corrente, no lado insular, é mais intenso, que no lado continental. Soma-se a este fato, a tendência das amostras da porção leste da área apresentarem melhor grau de seleção, apesar deste parâmetro exibir valores baixos ao longo de todo o canal (Tab. 1). Foi observado também o aumento de gêneros da epifauna com carapaças bem desenvolvidas e hábitos preferencialmente sésseis ou que vivem fixos temporariamente ao substrato, tais como *Cancris*, *Cornuspira*, *Hanzawaia*, *Miliolinella*, *Poroeponides*, *Pyrgo* e *Triloculina*, além dos gêneros *Cibicides*, *Discorbis* e *Eponides*, já constatadas no meio do canal.

A frequência relativa de biodetritos na fração arenosa revelou uma forte influência marinha no lado insular do canal. Neste setor do canal, os biodetritos marinhos foram bastante representativos, à exceção da estação 10, onde os fragmentos vegetais são também frequentes (Tab. 2). Essa influência oceânica é também demonstrada pelos valores altos de diversidade, particularmente na estação 15, onde foi observado o maior número de espécies, e pela ocorrência de espécies planctônicas.

Além desta diferenciação entre o lado continental, meio do canal e lado insular, foi possível também detectar diferenças importantes nas porções meridional e setentrional do canal. Reconheceu-se, através da análise de agrupamento modo R, um grupo bastante distinto dos demais (Fig. 6), que se caracterizou pela presença de *Globigerina*, *Uvigerina*, *Globobulimina*, *Angulogerina* e *Lenticulina*, típicos de ambiente marinho aberto. Exceto a *Lenticulina* que também ocorreu nas estações 5 e 6, todos estes gêneros ocorreram somente nas estações 12, 13, 14 e 15 da radial C (Tab. 4). Assim sendo, a presença desses gêneros somente nesta radial, sugere uma influência oceânica maior nesta porção do canal. Outro agrupamento, que também se restringiu principalmente à radial C (nas estações 11, 12, 13, 14 e 15), corrobora esta hipótese. Tal agrupamento compõe-se de *Globigerinoides*, *Melonis*, *Hopkinsina*, e *Cassidulina* (sendo que este último também ocorreu na estação 8), os quais são também típicos de plataforma ou região batial (Murray, 1991).

A ocorrência e distribuição de gêneros típicos de ambiente oceânico são coerentes com o padrão de hidrodinâmica e com os dados de zooplâncton apresentados para área. De acordo com Castro Filho (1990), o comportamento hidrodinâmico da área é bastante complexo, sendo regido principalmente pela ação de ventos. Ventos que vêm do sul

propiciam a entrada de correntes superficiais para o norte (Castro Filho, *op.cit.*), caracterizadas por alta diversidade e baixa abundância de zooplâncton (Björnberg, com. pessoal, 1992).

Conforme observado na Figura 4, a alta diversidade e a baixa dominância de zooplâncton são semelhantes ao padrão de diversidade de foraminíferos, ocorrendo diversidades maiores na radial C (particularmente maior no lado insular, com exceção à estação 13), e diversidades menores na radial A e intermediárias na B. Nota-se também que as espécies típicas de mar aberto não foram encontradas nos setores central (radial B) e setentrional (radial A) da área, onde a ocorrência de gêneros como *Ammotium*, *Arenoparella*, *Spirillina*, *Ammonia* e *Elphidium* demonstra a predominância de condições de ambiente costeiro.

Por outro lado, ventos do quadrante norte impulsionam correntes para sul, havendo entrada de águas quentes de plataforma, pobres em espécies de zooplâncton, porém com abundância em espécimes (Fig. 7) (Björnberg, com. pessoal, 1992). A presença desta água de plataforma no lado setentrional tenha sido talvez detectada através da ocorrência conspícua de *Lenticulina* gênero típico de plataforma externa e batial) nas estações 5 (radial A - lado insular) e na estação 6 (radial B - lado continental).



Figura 7 - Ação dos ventos sul, leste e/ou nordeste no canal de São Sebastião. Entrada da ACAS no Canal de São Sebastião (Castro Filho & Miranda, 1995).

Ventos do leste e nordeste empurram tanto as águas superficiais quanto as águas mais profundas. No verão ou na primavera, quando a taxa de evaporação da água é grande, e havendo constância de ventos do quadrante norte, há entrada da ACAS (Água Central do Atlântico Sul- originária das Correntes Malvinas) no canal, ocasionando estratificação de águas quentes e frias (Fig.7) (Castro Filho *et al.* 1988; Castro Filho & Miranda, 1995; Björnberg, com. pessoal, 1992). No inverno, a coluna d'água do canal torna-se quase homogênea, pois a ACAS permanece afastada da região costeira. A presença de *Cassidulina crassa* e *Angulogerina angulosa* pode estar associada a esta massa d'água fria, pois, segundo Boltovskoy (1959), tais espécies



são típicas da Corrente das Malvinas.

A presença da Água Costeira na região setentrional do canal é confirmada pela ocorrência de um grupo formado por *Ammonia*, *Bolivina*, *Buliminella*, *Elphidium*, *Bulimina*, *Nonionella*, *Cibicides*, *Quinqueloculina*, *Brizalina* e *Fursenkoina*. Os gêneros constituintes desse agrupamento são em geral abundantes, e apresentam distribuição freqüente ao longo da plataforma interna do Estado de São Paulo (Sanches, 1992; Duleba, 1993). Outro fato a ser salientado, é a ocorrência conspícua, rumo ao norte do canal, de espécimens vivos de gêneros euribiontes, tais como, *Ammonia*, *Bolivina*, *Bulimina*, *Elphidium*, *Nonion*, *Nonionella*, *Quinqueloculina*, *Spirillina* e *Triloculina*, o que refletiria a constante mudança nas condições ambientais (Murray, 1973 e 1991). A ocorrência desses foraminíferos reforça a hipótese do sentido preferencial de corrente para NE do canal e sobre a alternância de fluxo de corrente na área, apresentadas por Furtado (1978) e Castro Filho (1990).

Apesar da regressão múltipla demonstrar que nenhum dos parâmetros abióticos, tais como, teores de carbono, nitrogênio e carbonato, razão C/N, diâmetro médio e desvio padrão, apresenta correlação significativa com a freqüência das subordens Textulariina, Miliolina e Rotaliina, foi possível verificar que o aumento nas espécies de epifauna rumo ao lado insular do canal é coincidente com o aumento de granulometria dos sedimentos, e com a diminuição nos teores de carbono e nitrogênio. Este fato, aliado ao aumento no tamanho das carapaças de foraminíferos, só vem confirmar a presença de fluxos de corrente mais intensos e ambientes mais oxidados na porção leste do canal.

Outro parâmetro abiótico que se mostrou relacionado à freqüência de foraminíferos foi a profundidade. Através da análise de regressão linear, verificou-se que a freqüência de textulariíneos exibe correlação negativa com a profundidade (Tab. 4), ou seja, nos locais de maior profundidade, constatados no meio do canal, houve um decréscimo na quantidade de foraminíferos aglutinantes (Fig. 3).

### CONCLUSÕES

Pela primeira vez, foi possível através do estudo de foraminíferos, tecer considerações sobre o padrão de sedimentação no Canal de São Sebastião. Até o momento, apenas estudos sedimentológicos (Furtado, 1978) e oceanográficos (Castro Filho, 1990) tinham sido realizados nesta área.

De maneira geral, as associações de foraminíferos identificadas corroboraram as hipóteses levantadas por Furtado (1978) e Castro Filho (1990) sobre a sedimentação e circulação no canal.

O agrupamento dos foraminíferos demonstra nitidamente a influência oceânica no setor meridional do canal, o que reforça a idéia do sentido preferencial de corrente de SW para NE. Por outro lado, nas áreas central e setentrional passam a predominar as condições de ambiente costeiro. A ocorrência conspícua de espécimens vivos de gêneros euribiontes nessas áreas seria fator indicativo da intensa mudança das condições ambientais, e comprovaria a alternância de fluxo no canal.

A presença de espécies como *Cassidulina crassa* e *Angulogerina angulosa* indica a penetração da ACAS na porção meridional do canal.

Embora, os dados sedimentológicos obtidos não tenham apresentado nenhuma relação evidente com os foraminíferos, verificou-se que as espécies de epifauna eram mais abundantes em sedimentos arenosos, predominantes na porção leste do canal, ocorrendo o inverso com os gêneros

*Buliminella*, *Nonionella* e *Fursenkoina*, freqüentes em sedimentos mais finos, com altos teores de carbono orgânico e nitrogênio, e razão C/N superiores a 12, observados no setor oeste da área. Isto comprovaria a influência continental na sedimentação no setor oeste da área, e a presença de fluxos mais intensos no lado insular do canal, onde predominariam ambientes mais agitados e oxidados.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.F.M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 48:15-26.
- Bernhard, J.M. 1986. Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal Foraminiferal Research*, 16:207-215.
- Boltovskoy, E. 1959. Foraminifera as biological indicators in the study of ocean currents. *Micropaleontology* 5:473-481.
- \_\_\_\_\_. 1965. *Los foraminíferos recientes*. Ed. EUDEBA, Buenos Aires, 510p.
- \_\_\_\_\_; Giussani, G.; Watanabe, S. & Wright, R. 1980. *Atlas of benthic shelf foraminifera of southwest Atlantic*. The Hague, Dr. W. Junk, Boston, 147p.
- \_\_\_\_\_; Scott, D. & Medioli, F. S. 1991. Morphological variations of some benthic foraminiferal test in response to changes in ecological parameters: a review. *Journal of Paleontology*, 65:175-185.
- Bradshaw, J. S. 1961. Laboratory experiments on the ecology of Foraminifera. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 12:87-106.
- Castro Filho, B.M. 1990. Wind driven currents in the Channel of São Sebastião: winter, 1979. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 38:111-132.
- \_\_\_\_\_; Miranda, L.B. & Myao, S.Y. 1988. Condições hidrográficas na Plataforma Continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 35:135-151.
- Castro Filho, B.M. & Miranda, L.B. 1995. Oceanografia Física. In: Relatório Projeto Oceanografia da Plataforma Interna de São Sebastião - OPIS. nº 3. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 66p.
- Clarke, K.R. & Green, R.H. 1988. Statistical design and analysis for a "biological effects study". *Marine Ecology Progress Series*, 46:213-226.
- Duleba, W. 1993. *Variações nas associações de foraminíferos ao longo da coluna sedimentar da Enseada do Flamengo, Ubatuba, SP*. Curso de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, SP. Dissertação de Mestrado. 210p.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentology Petrology*, 27:3-27.
- Furtado, V.V. 1978. *Contribuição ao estudo da sedimentação atual no canal de São Sebastião, Estado de São Paulo*. Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, SP. Tese de Doutorado. 2v.
- Glemarec, M. 1964. Bionomie benthique de la partie orientale du Golfe de Morbidan. *Cahier de Biologie Marine*, 5:33-96.
- Gross, M.G. 1971. Carbon determination. In: Carver, R.E. (ed.). *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley Interscience, New York. p.573-596.
- Intés, A. & LeLoeuff, P. 1986. Les annélides polychètes de Côte d'Ivoire. IV. Relations faune-sédiments. *Océanographie Tropicale, ORSTOM*, 21:53-88.
- Kabat, E.A. & Mayer, M.M. 1948. *Experimental immunochemistry*. Charles C. Thomas, Springfield, 905p.
- Larsonneur, C; Bouysse, P. & Auffret, J.P. 1982. The superficial sediments of the English Channel and its western approaches. *Sedimentology*, 29:851-864.
- Loeblich, A. R. & Tappan, H. 1964. Protista. In: Moore, R.C., ed. *Treatise on invertebrate paleontology*, Part C. The University Kansas Press, New York. 2v.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold, New York, 2v.
- Magurran, A. E. 1983. *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm, New York. 179 p.
- Mahiques, M.M. de ; 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. *Special pub. International Symposium on global changes in South America during the Quaternary: past-present-future*, São Paulo. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 1:285-288.
- McManus, D.A 1975. Modern versus relict sediment on the continental

shelf. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist*, **86**:1154-1160.

Murray, J.W. 1973. *Distribution and ecology of living benthic foraminiferids*. Heinemann, London. 274 p.

\_\_\_\_\_. 1991. *Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera*. Longman Scientific & Technical, London. 397 p.

Perez-Cruz, L. L. & Machain-Castillo, M. L. 1990. Benthic foraminifera of the oxygen minimum zone, continental shelf of the Tehuantepec, Mexico. *Journal Foraminiferal Research*, **20**:312-355.

Phleger, F.B. & Soutar, A. 1973. Production of benthic foraminifera in three east Pacific oxygen minima. *Micropaleontology*, **19**:110-115.

Sanches, T.M. 1992. *Distribuição dos foraminíferos recentes na região de Ubatuba, São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, SP, 110p.

Seiglie, G. A. 1968. Foraminiferal assemblage as indicator of high organic carbon content in sediments and of pollutes waters. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist*, **52**:2231-2241.

Setty, M. G. A. P. & Nigan, R. 1982. Foraminiferal assemblages & organic carbon relationship in benthic marine ecosystem of western Indian continental shelf. *Indian Journal of Marine Sciences*, **11**:225-232.

Shepard, F.P. & Moore, D.G. 1954. Sedimentary environments differentiated by coarse fraction analysis. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist*, **38**:1792-1802.

Steineck, P. L. & Casey, R. E. 1990. Foraminifera and Radiolaria. In: Capriulo, G. M., ed. 1990. *Marine Protozoa*. New York, University Press, p 46-138.

Sturrock, S. & Murray, J.M. 1981. Comparison of low energy and high energy marine middle shelf foraminiferal faunas; Celtic Sea and western English Channel. In: Neale, J.W. & Brasier, M.D. (eds.) 1981. *Microfossils from recent and fossil shelf sea*. Ellis Horwood Ltd., Chichester.

Suguio, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. Edgard Blücher/EDUSP, São Paulo. 317P.

Walton, W.R. 1952. Techniques for recognition of living foraminifera. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, **3**:56-60.

Walton, W.R. & Sloan, B.J. 1990. The genus *Ammonia* Brönnich, 1772: its geographic distribution and morphologic variability. *Journal of Foraminiferal Research*, **20**:128-156.