

Pesquisas em Geociências

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

Utilização de foraminíferos como indicadores da influência marinha na Baía de Guanabara, RJ, Brasil

*Beatriz Beck Eichler, Patrícia Beck Eichler, Luiz Bruner de Miranda,
Alessandro Luvizon Bérgamo, Marcos Eduardo Cordeiro Bernardes,
Evelyn da Rocha Mendes Pereira, Patrícia Kfouri, Felipe Mendonça Pimenta*

Pesquisas em Geociências, 28 (2): 251-262, maio/ago., 2002.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20300>

Publicado por

Instituto de Geociências



**Portal de Periódicos
UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: 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 - maio/ago., 2002.

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

Utilização de foraminíferos como indicadores da influência marinha na Baía de Guanabara, RJ, Brasil

BEATRIZ BECK EICHLER, PATRÍCIA BECK EICHLER, LUIZ BRUNER DE MIRANDA, ALESSANDRO LUVIZON BÉRGAMO,
MARCOS EDUARDO CORDEIRO BERNARDES, EVELYN DA ROCHA MENDES PEREIRA,
PATRÍCIA B. P. KFOURI & FELIPE MENDONÇA PIMENTA

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – IOUSP – bbeichle@usp.br
Endereço: Praça do Oceanográfico, 191 – CEP 05508-900 – São Paulo-Brasil

(Recebido em 10/01. Aceito para publicação em 05/02)

Abstract - This paper deals with the characterization of Guanabara Bay region using benthic foraminifera assemblages as an attempt to establish marine sensitive indicator species. Four fixed hydrographic stations were performed in winter during neap tide to obtain stratification-circulation water parameters besides the twenty six surface sediment samples used to evaluate absolute and relative frequency of foraminiferal species. It was possible to correlate the foraminiferal species to physical parameters as salinity, temperature, intensity and direction of currents from different water masses and defined *Cassidulina subglobosa* and *Discorbis* spp as marine indicator species in the bay region.

Keywords - foraminifers, Guanabara Bay, physical parameters, biological parameters.

INTRODUÇÃO

Os problemas decorrentes da poluição das águas de zonas costeiras próximas aos centros urbanos e industriais no Brasil, assim como em diversos países litorâneos, vem se agravando rapidamente. Tal fato tem levado um número cada vez maior de entidades governamentais e não governamentais de proteção ao meio ambiente, órgãos de saúde pública e universidades a se envolverem em planos de detecção, avaliação e monitoramento de poluentes nestas áreas. Este é um tema que deve ser abordado multidisciplinarmente, levando-se em consideração as estreitas inter-relações existentes entre os aspectos geológicos, físicos, químicos e biológicos inerentes ao meio marinho.

Apenas a partir de um esforço cooperativo entre as diversas áreas do saber, é possível se obter um amplo espectro de informações, imprescindível ao efetivo conhecimento e gerenciamento ambiental (Tommasi & Griesinger, 1983; Pires Filho & Cycon, 1987; Weber, 1992). Convém, portanto, considerar a utilização de um marcador biológico de manejo simples e barato, capaz de sintetizar as características gerais do ambiente, ressaltando as variações ambientais de curtos períodos. Este marcador deve ser suficientemente sensível para reagir muito rapidamente às variações do ambiente e aos efeitos da poluição. Neste sentido, os foraminíferos são amplamente utilizados, pois respondem a estes critérios. A grande vantagem no uso destes organismos reside no fato deles serem abundantes e de fácil coleta. Algumas características como o número de espécimes, a composição específica das associações, sua diversidade e dominância e o número de formas planctônicas presentes são úteis para o reconhecimento de diferentes subambientes.

Além disto, a composição da carapaça (totalmente orgânica, com material aglutinado selecionado ou não, calcária porcelanosa, hialina ou silicosa) fornecem informações sobre o ambiente (Boltovskoy & Wright, 1976). Características da carapaça como espessura das câmaras, tamanho e deformações podem ainda, fornecer informações sobre as condições predominantes de temperatura e salinidade; sendo assim, diferentes espécies de foraminíferos podem indicar a penetração de massas de água de origem oceânica em zonas costeiras (Eichler *et al.*, 1995; Cardoso, 2000).

De uma maneira geral, a diversidade de espécies geralmente é mais alta em ambientes francamente marinhos e mais baixa, em áreas com fortes oscilações de salinidade (baías, estuários, lagunas costeiras e áreas de manguezais). O estudo das associações de foraminíferos é comumente utilizado nas áreas de oceanografia e monitoramento ambiental (Sellier de Civrieux, 1968; Suguio *et al.*, 1975; Murray, 1987) com o objetivo de caracterizar ambientes através do acompanhamento contínuo das populações destes organismos (Alve, 1991a e 1991b).

Em respeito ao meio ambiente, este número foi impresso em papel branqueado por processo parcialmente isento de cloro (ECF).

As pesquisas na área de indicadores ambientais necessitam de maior atenção visto que, o estudo da dinâmica populacional e ecologia desses microorganismos, pertencentes à base da cadeia trófica dos animais, são ferramentas indispensáveis para monitorar a qualidade ambiental.

Nosso grupo de trabalho vem atuando recentemente nos ambientes litôraneos de transição com a finalidade de obter um indicador biológico preciso para o monitoramento de águas com diferentes características ambientais. As características ambientais que temos por finalidade estabelecer em diferentes ambientes são: variações de salinidade de acordo com marés (Canal da Bertioga, SP), aporte de água doce (Lagoa de Araruama, RJ) (Eichler *et al.*, 1998, Debenay *et al.*, 1997a), diferenças nas associações de foraminíferos em padrões obtidos no verão e inverno (Canal de São Sebastião) (Cardoso, 2000), contaminação por esgotos domésticos e comparação de microfauna entre ambientes costeiros perturbados: (Baía de Santos, SP; Baía de Guanabara, RJ) (Bonetti, 2000) pouco perturbados (lagoa da Conceição, SC, Canal da Bertioga, SP) (Debenay *et al.*, 1997b) e não perturbados ecologicamente (Cananéia-Iguape, SP, Juréia, SP) (Eichler-Coelho *et al.*, 1996, Eichler *et al.*, 1999, Duleba *et al.*, 1998).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Guanabara é uma área costeira, altamente urbanizada, onde uma população de 7,3 milhões de habitantes vive em torno da região e despeja em suas águas poluentes orgânicos e inorgânicos. Mais de 6000 indústrias, 2 portos comerciais, 16 terminais marinhos, duas bases navais, um estaleiro e um grande número de balsas, barcos pesqueiros e iates, além da maior refinaria de petróleo do Brasil, a refinaria Duque de Caxias (REDUC) encontram-se instalados nesta região.

Existem 45 rios que desembocam na Baía de Guanabara e funcionam como canais de drenagem. Os maiores rios nascem na Serra do Mar ou no maciço litorâneo e, ao chegarem à Baixada, passam a meandrar. Entre os rios que desaguam na região, destacam-se rio Iguáçu e o rio Estrela (região noroeste da baía, próximos à REDUC) e os rios Guapimirim (Área de Preservação Ambiental-APA), rio Guaraí, rio Macacu e rio Guaxindiba. Os locais mais profundos são encontrados no canal de navegação. A profundidade média atual da Baía da Guanabara é de 7,6 m, sendo de 3 m na região do fundo da Baía e 16,9 m na porção externa da Baía (Amador, 1997).

A circulação e salinidade das águas da Baía estão condicionadas aos movimentos das marés, ao vento e às descargas fluviais. As águas menos salinas ocorrem próximo às desembocaduras dos rios e manguezais na porção norte da Baía, atingindo valores de salinidade inferiores a 8 UPS. Na porção intermediária e sul da Baía a salinidade oscila entre 30 UPS e 34 UPS. As temperaturas médias variam entre 22°C e 26°C.

Até o ano de 1500 os manguezais da Baía de Guanabara ocupavam uma grande superfície da orla da Baía, desde a foz do rio Berquó, em Botafogo, até a Lagoa de Itaipu, em Niterói. Atualmente, os manguezais estão restritos à Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, e porções dispersas no litoral de Duque de Caxias, Ilha do Governador, Canal da Maré e Ilha do Fundão.

As lagunas em torno da baía eram cerca de 39 na época do descobrimento. Existiam em Itaipu, Botafogo, Flamengo, Enseada de Inhaúma, Saco de São Diogo, Saco de São Francisco e Copacabana. Atualmente, existem apenas as lagunas de Itaipu e Piratininga, que se encontram bastante alteradas como ecossistemas naturais. As praias da Baía de Guanabara, apresentando também degradação ambiental, são em número de 118, sendo as mais extensas Copacabana, Piratininga e Itaipu.

OBJETIVOS

- Caracterizar a Baía de Guanabara (RJ), através das associações de foraminíferos bentônicos ocorrentes nesta região,
- Estabelecer um bioindicador de influência marinha, que permitirá avaliar a influência da salinidade nas associações de foraminíferos,
- Observar as espécies de foraminíferos durante o inverno na maré de quadratura, determinando os parâmetros físicos reguladores deste ambiente e sua influência na microfauna.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de sedimento e de parâmetros hidrográficos, foi realizada no período de 6 a 17 de julho de 2000 pelos pesquisadores da área de oceanografia física e biológica da Universidade de São Paulo e da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foram feitas coletas de sedimento de fundo e levantamento de dados hidrográficos e correntográficos. Os parâmetros físicos medidos foram: salinidade, temperatura, velocidade e

A figura 1 apresenta as estações de coleta plotadas no mapa da região. A coleta das amostras biológicas iniciou-se na entrada da baía, seguindo-se com as coletas nas partes medianas e por fim no fundo da baía. Tal metodologia de amostragem visa evidenciar os gradientes relacionados aos diferentes parâmetros oceanográficos estudados na região da baía.

Parâmetros físicos:

Como a baía é forçada por maré semidiurna, a coleta dos dados hidrográficos (salinidade e temperatura) e correntográficos (intensidade e direção de correntes) constou de 4 estações fixas de 13 horas (Fig. 1), durante a maré de quadratura. Foram realizadas medidas com intervalos de tempo de uma hora na coluna de água em intervalos de 1 m, desde a superfície até cerca de 1 m do fundo. Para a obtenção desses parâmetros foi utilizado um aparelho chamado CTD (Conductivity Temperature Depth) acoplado ao correntímetro ambos, marca Falmouth, modelo: 2ACM n° de série 1401. Foram feitas medições contínuas de salinidade e temperatura ao longo da coluna d'água nas 22 estações de coleta.

Os perfilamentos de propriedades hidrográficas e de corrente foram extrapoladas até o fundo. Para a velocidade foi levado em conta o “princípio da aderência”, assumido-se como condição de contorno de fundo o valor zero.

Os dados de maré foram obtidos do registro analógico contínuo das estações maregráficas localizadas na Ilha Fiscal e na Ponta da Armação, mantidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

Os valores horários da altura da maré foram utilizados para o cálculo da profundidade local em função do tempo $h(t)$, e as previsões foram extraídas das tábuas das marés publicadas pela DHN (2000), para o controle do início da coleta de dados em campo.

Com base em princípios físicos o transporte advectivo total de massa de sal, por unidade da secção transversal perpendicular ao movimento longitudinal, foi calculado por integração numérica da seguinte equação:

$$Ts = \frac{1}{T} \int_0^T \rho M_s dt = < \overline{\rho US} h >,$$

onde a barra sobre as propriedades e $<>$ denotam médias na coluna de água e no tempo. Nessa equação T indica o intervalo de tempo de um período de maré ($\approx 13h$). Para analisar os diversos componentes responsáveis pelo transporte advectivo total de sal, foi utilizado um procedimento análogo ao empregado na pesquisa estuarina desenvolvido por vários pesquisadores (Boeden, 1963; Dyer, 1978; Fischer, 1976; Fischer *et al.*, 1979; Hunkins, 1981).

Os termos do segundo membro da equação foram relacionados, respectivamente, aos seguintes processos e mecanismos físicos: descarga de água doce, aprisionamento topográfico ou transporte de Stokes, bombeamento da maré, circulação gravitacional, efeitos estacionário e não estacionário do vento, e dispersão da maré, via correlação tríplice. O último termo, de acordo com Kjerfve (1986), corresponde à advecção resultante da correlação da maré e da salinidade. Detalhes sobre esse procedimento são descritos por Miranda *et al.* (no prelo). O cálculo dessas parcelas exige a determinação de médias espaciais e temporais da salinidade e da velocidade através de integração numérica ao longo da coluna de água e do ciclo completo da maré.

As baías podem exibir variavelmente em escalas espaciais e temporais, processos típicos de estuários de planície costeira. Por outro lado, são ambientes geralmente muito extensos, suficientemente complexos para serem simplesmente classificados como estuários. De qualquer forma, tendo a região da barra sido recentemente classificada por Kjerfve *et al.* (1997) com o Diagrama Estratificação-circulação, proposto por Hansen & Rattray (1966), adotou-se o mesmo procedimento. Sendo assim, os dados hidrográficos e correntográficos medidos nas quatro estações fixas foram utilizados para classificar diferentes regiões da baía.

O diagrama Estratificação-circulação pode também ser utilizado com uma família paramétrica de isolinhas do parâmetro n , o qual representa a fração de sal advectado estuário abaixo pela descarga fluvial e que está em balanço com o sal transportado estuário acima por difusão turbulenta gerada pela maré. A parcela restante é o transporte advectivo de sal estuário acima devido à circulação gravitacional. Quando $n=1$ não há circulação gravitacional e o transporte de sal estuário acima é inteiramente por difusão turbulenta; quando $n=0$, a difusão turbulenta torna-se menos importante e o transporte de sal estuário acima é totalmente por advecção (Hansen & Rattray, 1966; Hamilton & Rattray, 1978).

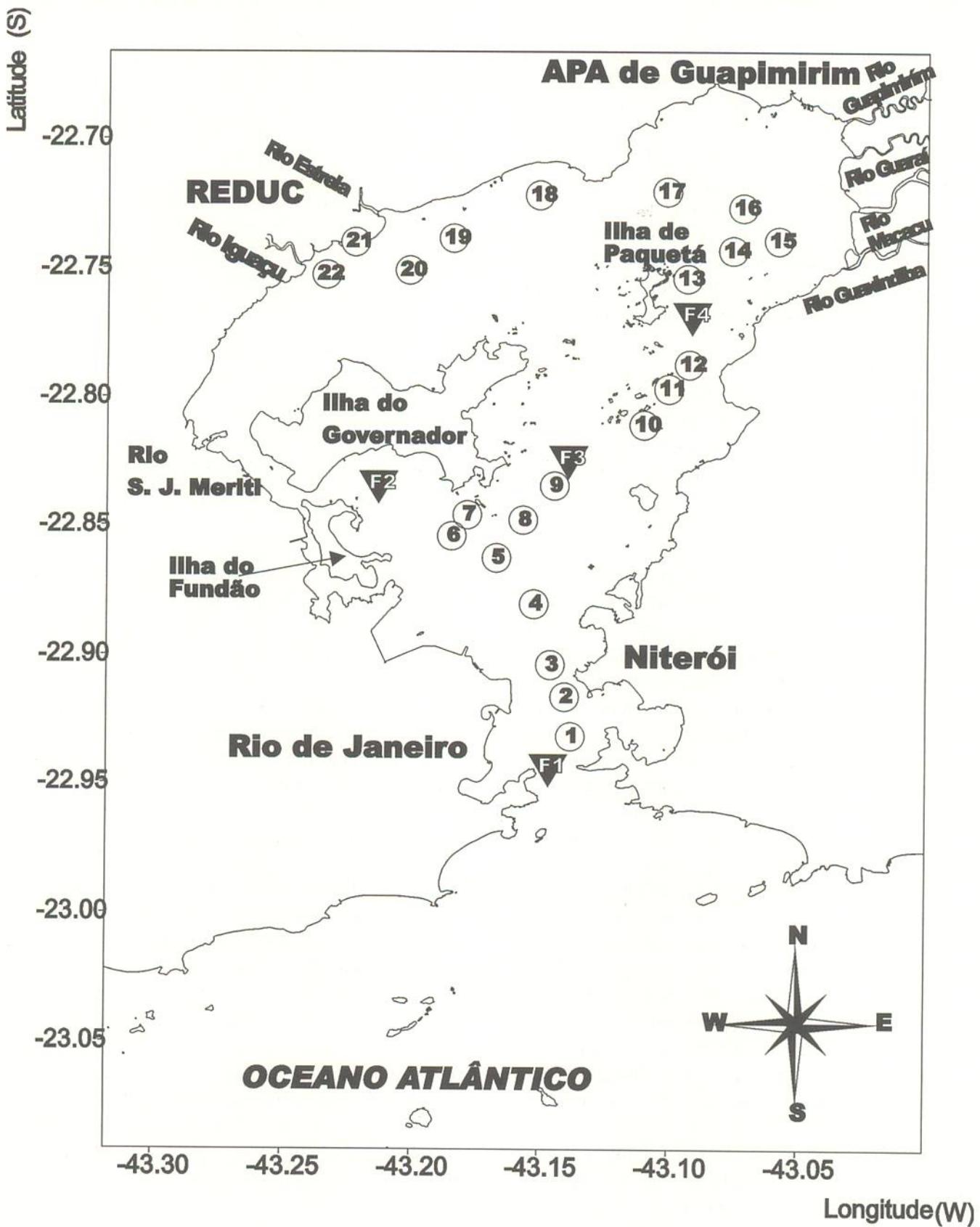


Figura 1- Mapa da região e localização das estações oceanográficas: fixas (▼) e biológica (○).

Em algumas estações o cálculo da velocidade residual resultou em valores para o interior da baía ($v > 0$), não representando efetivamente a velocidade gerada pela descarga fluvial, impossibilitando a classificação através do diagrama estratificação-circulação. Para essas estações foi usado para a classificação de Officer (1977), que se baseia simplesmente na estratificação vertical de salinidade.

Parâmetros biológicos:

A coleta do material biológico foi realizada nas estações fixas e nas estações de coleta pontuais, com amostra de sedimento para análise de foraminíferos. Na ocasião das coletas foram medidos também os parâmetros hidrográficos da coluna de água.

A caracterização da microfauna constou de 22 amostras pontuais de sedimento superficial distribuídas ao longo da Baía de Guanabara e 4 amostras nas estações fixas de hidrografia, totalizando 26 amostras. A amostragem de sedimento para análise da microfauna de foraminíferos foi feita com pegador de fundo tipo Petersen. Do sedimento coletado, foi retirada apenas a camada superior (primeiros centímetros), e colocada em frascos com Rosa de Bengala (1g/1000ml de álcool), para análises da microfauna. A função do Rosa de Bengala é corar o protoplasma dos organismos que estiverem vivos no momento da coleta, e a função do álcool é impedir o ataque bacteriano. O sedimento para determinação das análises da microfauna de foraminíferos (50cc), foi separado usando-se duas peneiras sucessivas de 0,500mm e 0,062mm e após secagem em estufa, as amostras foram separadas por flotação em tetracloreto de carbono. Após a separação, os foraminíferos foram transferidos, com pincel, para lâminas especiais de fundo preto visando posterior análise e identificação das espécies. A determinação das espécies foi feita utilizando-se lupa binocular.

A partir da identificação das espécies de foraminíferos encontradas na região da Baía de Guanabara, os indivíduos foram somados e obteve-se a freqüência absoluta de indivíduos por estação amostrada. A partir da freqüência absoluta, foi calculada a freqüência relativa das espécies. Com base nestes dados, foram gerados os mapas de contorno que facilitam a observação e discussão dos dados obtidos. Os mapas de contorno foram confeccionados no programa Surfer a partir da digitalização da carta náutica nº 1501. Tal metodologia deve ser adotada com cautela, pois o programa calcula os valores mais aproxima-

dos e interpola os resultados. Estes dados devem ser sempre interpretados com base na tabela de freqüência absoluta. Tal metodologia foi aplicada também aos parâmetros hidrográficos medidos no momento das coletas e aos índices utilizados neste estudo.

RESULTADOS

Processos hidrodinâmicos

A geometria da Baía de Guanabara propicia um comportamento hidrodinâmico complexo, cujos movimentos de enchente através da barra, os quais são gerados pelos componentes barotrópico e baroclínico da força de gradiente de pressão, bifurcam-se em torno das ilhas do Fundão, do Governador e de Paquetá. Por sua vez, os movimentos opostos de vazante, dominados pelas forças barotrópica e descarga fluvial, convergem dos canais mencionados para a barra.

A análise comparativa da configuração das isopletas das propriedades hidrográficas temperatura e salinidade nas 4 estações fixas guardam entre si algumas semelhanças, embora com valores diferentes. As variações de temperatura ocorreram em estreitos intervalos Fixa 1 (20,9 - 21,5 °C), Fixa 2 (20 - 24 °C), Fixa 3 (21 - 24 °C) e Fixa 4 (20 - 24 °C). A variabilidade temporal na estação Fixa 1, localizada na entrada da Baía é apresentada na figura 2.

As isohalinas em UPS, na estação Fixa 1 variaram no intervalo 34,8-35,8 (Fig. 2.b), e nas estações 2, 3 e 4 entre 30-35, 33,5-35,5 e 32-35, respectivamente. O menor intervalo de variação na estação 1, seguido pela estação 3 (ambas orientadas ao longo do eixo central da baía), sugere a maior eficiência da mistura vertical. Os máximos e mínimos de salinidade ocorreram sempre na forma de núcleos no fundo e na superfície, respectivamente, ligeiramente defasados dos instantes de ocorrência das marés alta (H) e baixa (L). Essa propriedade também indicou moderada estratificação vertical nas estações 2 e 4 e uma pequena estratificação nas estações 1 e 3.

A variabilidade das isolinhas do componente longitudinal de velocidade na entrada da baía (Fig. 2.c) indica fraca circulação gravitacional e a ação predominantemente da influência barotrópica da maré. Essa característica também foi observada nas demais estações.

Simulando condições estacionárias da salinidade e do componente longitudinal de velocidade nas estações fixas, com base nas médias no tempo durante

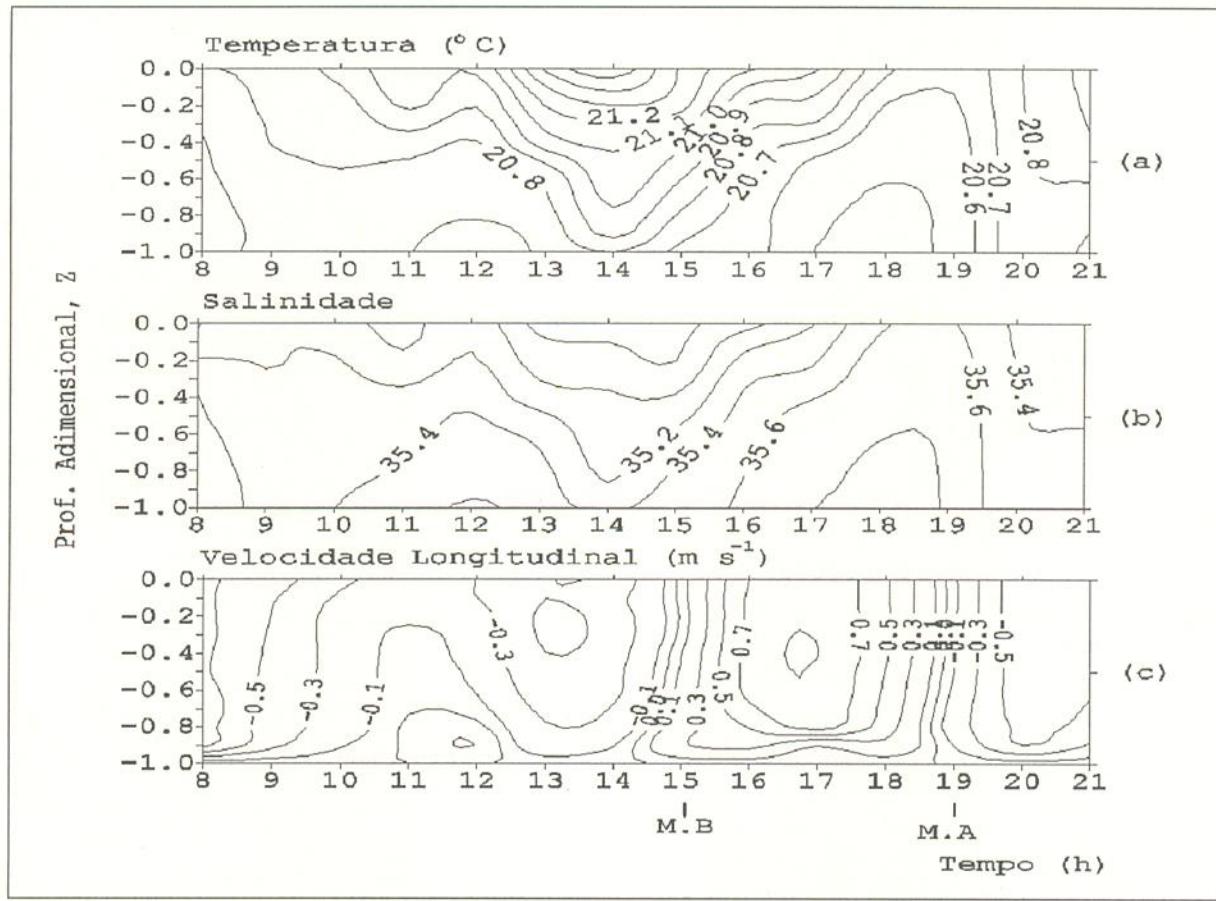


Figura 2 - Isopletas de (a) temperatura, (b) salinidade e (c) velocidade longitudinal em função da profundidade adimensional, Z, e do tempo (horas), para a estação 1 em 07/07/2000. As letras M.A e M.B indicam os instantes de preamar e baixa-mar, respectivamente, obtidos dos registros de maré.

um ciclo de maré, foi possível calcular os parâmetros estratificação e circulação, além de classificar as diferentes regiões da baía com o Diagrama Estratificação-circulação (Fig. 3).

Na tabela 1 apresenta-se a classificação, os valores extremos de temperatura, salinidade e velocidade longitudinal, e os principais componentes do transporte advectivo de sal.

Tabela 1 - Síntese dos resultados obtidos no inverno na maré de quadratura.

Condições de maré de quadratura	ESTAÇÃO 1	ESTAÇÃO 2	ESTAÇÃO 3	ESTAÇÃO 4
T (°C)	[20,9; 21,5]	[20; 24]	[21; 24]	[20; 24]
S (UPS)	[34,8 ; 35,8]	[31 ; 35]	[33 ; 35]	[32 ; 36]
<i>Componente dominante do transporte de sal</i>	• Descarga fluvial (-50,19 kg m ⁻¹ s ⁻¹)	• Descarga fluvial (0,81 kg m ⁻¹ s ⁻¹)	• Descarga fluvial (-7,70 kg m ⁻¹ s ⁻¹)	• Velocidade residual (5,63 kg m ⁻¹ s ⁻¹)
Classificação	•Tipo 2a • $v \leq 1$	•Tipo 2b • $v \leq 0,97$	•Tipo 2a • $v \leq 0,98$	Parcialmente misturado

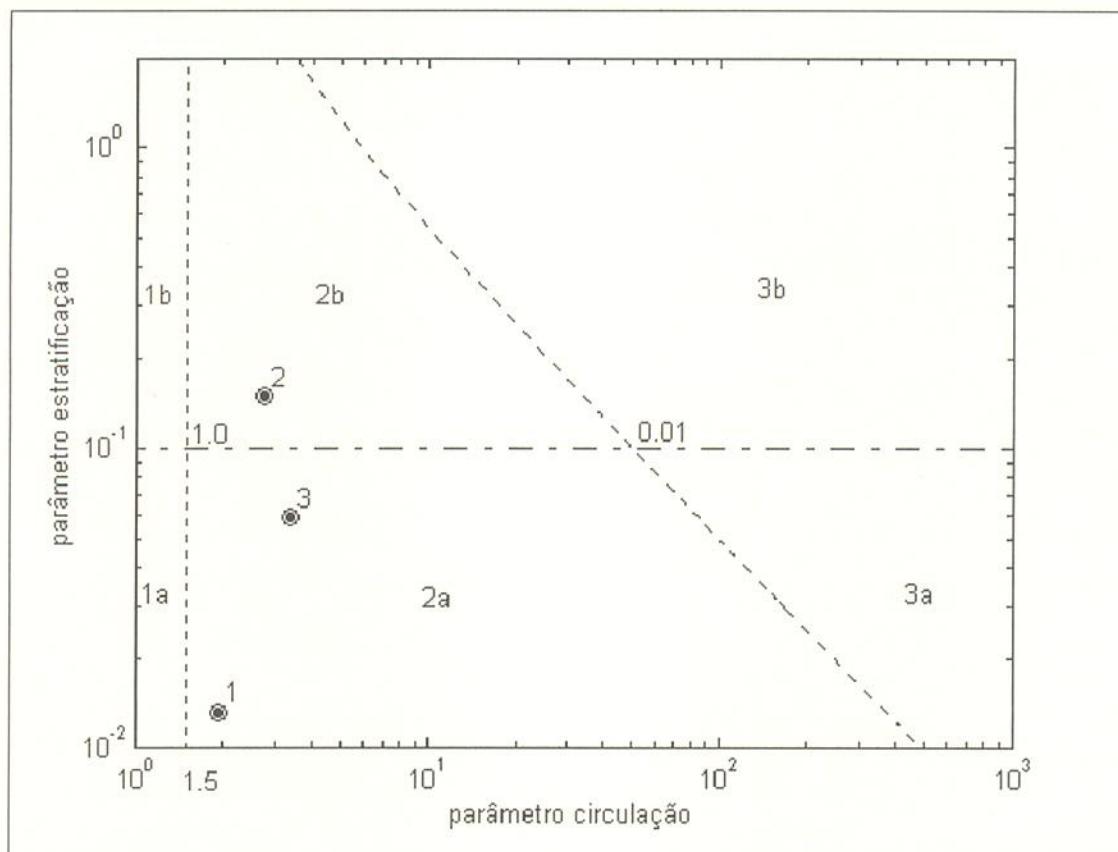


Figura 3 - Classificação das estações fixas através do diagrama estratificação-circulação, os pontos (1, 2 e 3) são as imagens dos parâmetros estratificação e circulação obtidos para as estações 1, 2 e 3 durante maré de quadratura em julho de 2000.

Parâmetros abióticos obtidos no momento da coleta do material biológico

A tabela 2 apresenta posicionamento das estações, profundidade, valores de temperatura e salinidade de superfície e de fundo, obtidos no momento das coletas das amostras biológicas.

Comparando-se o posicionamento das estações (Fig. 1) com as profundidades de coleta, observamos que as maiores profundidades ocorrem na parte sul próximo à entrada da baía, enquanto as menores profundidades são encontradas na parte norte (fundo da baía).

A variação espacial dos parâmetros abióticos na superfície e no fundo, medidos simultaneamente à coleta de material de fundo, pode ser visualizada nos mapas de contorno apresentados nas figuras 4 e 5.

A figura 4 indica que os valores de temperatura máximos foram obtidos na superfície, enquanto que os valores mínimos foram obtidos no fundo. Na região norte da baía foi observado valores mais altos de temperatura de fundo devido à grande influência do aporte continental existente neste local e ao maior aquecimento da coluna d'água, que é muito rasa. Os valores de

temperatura de fundo mais baixos foram encontrados na entrada da baía, relacionados principalmente à penetração da água salina mais fria oriunda da plataforma continental adjacente.

A figura 5 apresenta a distribuição de salinidade superficial e de fundo. Os valores mais baixos são encontrados nas regiões do fundo da baía, enquanto que os valores mais altos podem ser observados na entrada da baía. Além da temperatura, os gradientes de salinidade de fundo a partir da entrada da baía até a parte mediana, evidenciam também a penetração da cunha salina através do fundo.

Parâmetros biológicos

A amostragem das 26 estações realizada na região da Baía de Guanabara apresenta 148482 indivíduos distribuídos entre 53 espécies de foraminíferos pertencentes principalmente aos gêneros *Ammonia*, *Bolivina*, *Bulimmina*, *Buliminella*, *Cassidulina*, *Elphidium* e *Quinqueloculina* (Tab. 3).

A partir da freqüência absoluta, foram confecionados mapas de contorno da distribuição da freqüência

Tabela 2 - Posicionamento das estações de coleta e parâmetros abióticos na superfície e no fundo.

JULHO/2000	Posição	Prof (m)	Temp. sup (oC)	Temp. fundo (oC)	Sal. Sup (UPS)	Sal. Fundo (UPS)
F1	22 56' 68" - 43 50' 88"	20	21,6	35,5	34,5	35,5
1	22 55' 90" - 43 08' 29"	26	20,68	20,07	35,18	35,49
2	22 54' 97" - 43 08' 43"	20	22,53	20,28	33,32	35,46
3	22 54' 23" - 43 08' 77"	35	21,96	19,63	34,24	35,8
4	22 52' 84" - 43 09' 16"	24,7	22,86	19,82	33,13	35,77
5	22 51' 77" - 43 10' 04"	10	23,5	20,39	33,07	35,58
6	22 51' 26" - 43 11' 09"	6,8	23,35	21,24	33,65	34,92
F2	22 50' 88" - 43 11' 77"	3,5	23,17	21,72	30,92	34,39
7	22 50' 76" - 43 10' 73"	6	23,52	21,38	31,98	34,77
8	22 50' 88" - 43 09' 42"	19	23,81	20,17	32,85	35,69
9	22 50' 07" - 43 08' 69"	13,1	23,87	20,82	33,48	35,36
F3	22 49'52" - 43 08' 37"	12	22,7	21,7	31	34
10	22 48' 65" - 43 06' 62"	6,7	23,72	21,37	32,85	34,66
11	22 47' 82" - 43 06' 05"	5,4	22,94	21,55	32,77	34,38
12	22 47' 26" - 43 05' 58"	5,4	23,24	21,43	32,65	31,8
F4	22 46' 96" - 43 05' 71"	7	22,98	21,73	32,27	34,09
13	22 45' 25" - 43 05' 63"	8	23,01	21,18	32,54	34,86
14	22 44' 59" - 43 04' 58"	-5	24,6	22,8	30	30
15	22 44' 36" - 43 03' 52"	-4	25,2	23,6	30	30
16	22 43' 59" - 43 04' 35"	-4	24,2	23,6	31	31
17	22 43' 22" - 43 06' 11"	-4	26,8	23,2	32	32
18	22 43' 30" - 43 09' 07"	-4	24,4	23,5	31	31
19	22 44' 31" - 43 11' 08"	-6	25,4	23,1	32	32
20	22 45' 05" - 43 12' 10"	3	21,2	21,2	30	31
21	22 44' 40" - 43 13' 37"	2	21,8	21,6	31	31
22	22 45' 15" - 43 14' 03"	1	21,7	21,7	31	31

relativa das espécies principais para melhor visualização dos dados obtidos. A espécie *Cassidulina subglobosa* apresenta maior abundância relativa nas estações localizadas na entrada da baía até a porção central. Esta espécie evidencia a penetração de águas salinas em direção à parte nordeste da baía. O gênero *Discorbis*, com espécies características de ambientes marinhos apresentam principalmente indivíduos na entrada e porção central da baía, entretanto com menor incidência de penetração se comparada à *C. subglobosa*. A carapaça característica do gênero *Discorbis* aparentemente é mais pesada e, portanto, o transporte das carapaças é menos eficiente (Fig. 6).

DISCUSSÃO

Os resultados hidrográficos obtidos na região da Baía de Guanabara para o inverno mostram que a entrada da Baía apresenta os mais altos valores de salinidades médio temporais de superfície e fundo (34,8 UPS e 35,8 UPS, respectivamente). Já nas regiões mais internas da baía os valores de salinidade de superfície e fundo variaram entre 30 UPS e 35,5 UPS.

Através dos perfis médios de salinidade, observamos que as estações fixas 2 e 4, recebem maior influência do aporte continental, fato este que pode ser observado através da moderada estratificação ocorrente nestas regiões. A estação fixa 2 está provavelmente sob influência dos rios da margem noroeste da região (rios Iguaçu e Estrela) e a estação fixa 4 recebe influência dos rios da região nordeste da baía (rios Guapimirim, Guaraí, Macacu e Guaxindiba).

As temperaturas da região indicam que as águas da entrada da baía são mais frias, se comparadas às regiões mais interiores. As fixas 2, 3 e 4 apresentam as maiores diferenças entre as salinidades de superfície e de fundo, e a estação fixa 4 revelou-se como o local mais quente, principalmente na superfície.

As pequenas diferenças entre os valores de salinidade e temperatura obtidas nas regiões estudadas indicam a penetração da maré como fator principal controlador ambiental da região, e em segundo plano a influência do aporte continental. Esta grande baía costeira apresenta bacia de drenagem com 45 rios e canais de marés que são responsáveis pela média

Tabela 3 - Distribuição da freqüência absoluta de espécies de foraminíferos na região da Baía de Guanabara.

Espécies/Estações	TOTAL																								
	F1	1	2	3	4	5	6	F2	7	8	9	F3	10	11	12	F4	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<i>Ammobaculites sp.</i>	0	1	28	0	0	832	0	640	0	0	5	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Ammonia lepida</i>	7	30	0	32	80	3328	4096	9600	3200	992	27	52	2656	4256	464	648	712	2416	624	1008	7584	1360	928	992	
<i>Ammothium saisum</i>	0	2	0	0	0	64	128	64	0	96	9	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
<i>Amphistegina scalaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	515	
<i>Arenoparrella mexicana</i>	0	1	0	24	64	320	0	0	0	0	480	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
<i>Bolivina pulchella</i>	0	3	0	0	0	0	128	0	0	0	0	4	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	893	
<i>Bolivina sp.</i>	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	183	
<i>Bolivina striatula</i>	2	12	60	80	48	1408	1280	2880	2432	384	0	28	928	320	512	296	136	188	0	0	0	0	0	0	
<i>Buccella frigida</i>	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Buccella sp.</i>	0	3	0	24	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bulimina elongata</i>	0	6	0	0	0	832	2560	2496	2432	128	13	0	704	416	1808	280	160	68	40	416	32	32	0	0	
<i>Bulimina marginata</i>	1	4	0	24	96	128	0	704	320	448	9	28	96	160	112	208	160	108	0	0	48	0	0	0	
<i>Bulimina sp.</i>	2	0	0	0	0	0	0	256	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2654	
<i>Buliminella elegantissima</i>	1	2	12	24	128	3200	8064	5952	2688	960	0	56	1312	1536	688	360	280	132	144	344	60	1472	96	16	1
<i>Cassidulina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cassidulina subglobosa</i>	5	65	116	224	48	1664	128	0	576	1024	10	28	352	320	192	104	136	0	8	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicides sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cibicides variabilis</i>	0	1	0	0	0	128	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cornuspira involvens</i>	Discorbis sp.	8	127	12	128	0	512	64	64	96	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Discorbis williamsoni</i>	0	49	68	72	160	64	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Elphidium discoidale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Elphidium excavatum</i>	0	1	0	0	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Elphidium gunteri</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Elphidium poyearium</i>	0	0	4	0	0	832	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Elphidium sp.</i>	0	1	0	16	32	192	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Eponides ciborrandus</i>	0	3	0	8	0	0	192	128	128	1024	96	0	224	192	176	32	16	8	0	0	0	0	0		
<i>Fissurina laevigata</i>	0	0	0	0	0	0	128	128	960	128	96	1	0	64	0	48	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Furcicosta laevigata</i>	0	0	0	0	0	0	128	128	960	128	96	1	0	192	0	96	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Gaudryia exilis</i>	0	3	0	8	0	1344	384	256	320	640	12	0	736	32	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gaudryia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Globigerina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Haynesina germanica</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Hopkinsina pacifica</i>	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0	1	4	192	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>jovens</i>	0	8	0	56	32	0	0	0	0	0	256	0	0	0	0	0	64	128	0	24	0	0	0	0	
<i>Millioninella subrotunda</i>	0	5	0	0	32	16	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pararotalia sp.</i>	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pseudocyclularia curta</i>	0	3	0	0	32	2048	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pseudocyclularia engelensis</i>	0	7	16	24	32	256	640	192	256	128	2	0	0	0	0	0	64	128	0	24	0	0	0		
<i>Pseudonion atlanticum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Quinqueloculina milleti</i>	0	15	52	8	0	1024	1472	0	1472	0	5	0	1312	1664	496	32	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	0	0	4	0	0	64	0	384	0	0	12	0	0	0	64	0	64	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Siphonaria lobata</i>	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Textularia candelaria</i>	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tiphatra comprimata</i>	0	2	0	8	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Triloculina laevigata</i>	0	7	44	0	0	256	0	2366	192	96	1	0	8	224	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Triloculina oblonga</i>	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	256	0	0	0	0	
<i>Trochammina inflata</i>	0	25	96	40	48	0	192	0	0	0	256	8	36	0	0	0	112	8	0	4	0	0	0	0	
<i>Trochammina ochracea</i>	0	0	0	0	0	0	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Uvigerina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Total	24	420	536	840	960	19776	19648	27390	15552	6752	124	284	9312	9440	6752	2496	1824	1376	3448	1992	1464	10720	2288		

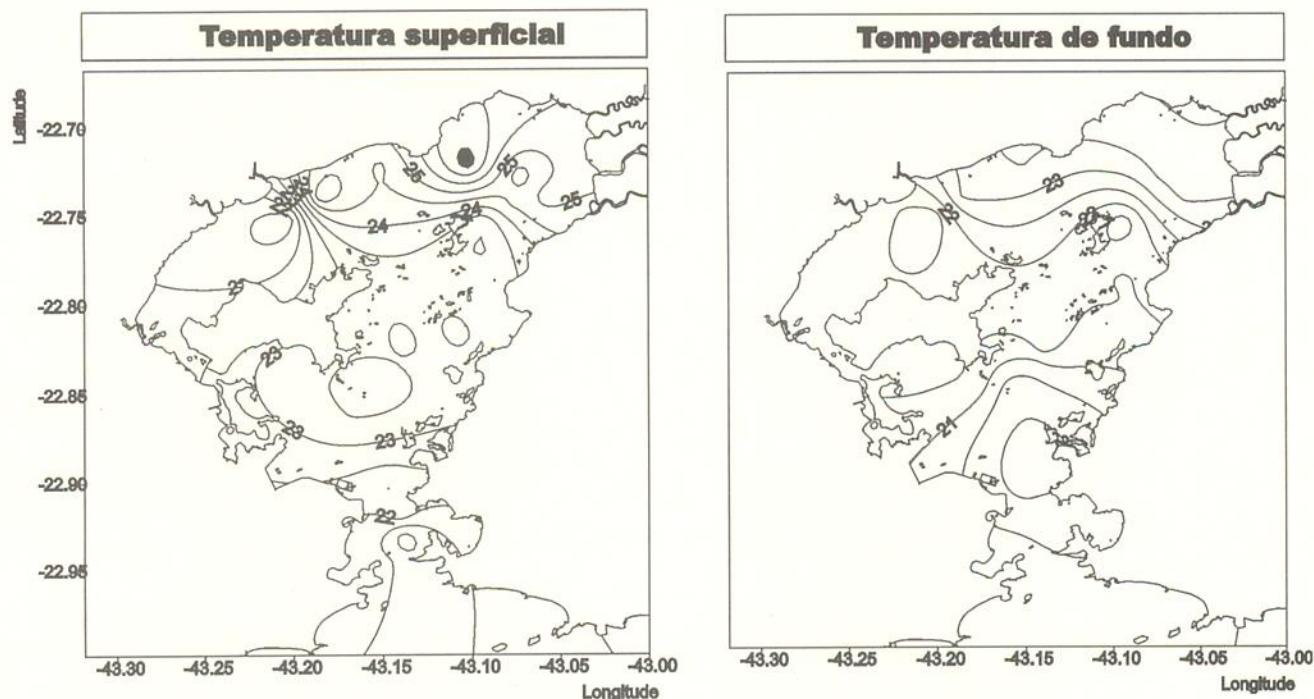


Figura 4 - Distribuição de temperatura superficial e de fundo obtida para as estações coletadas.

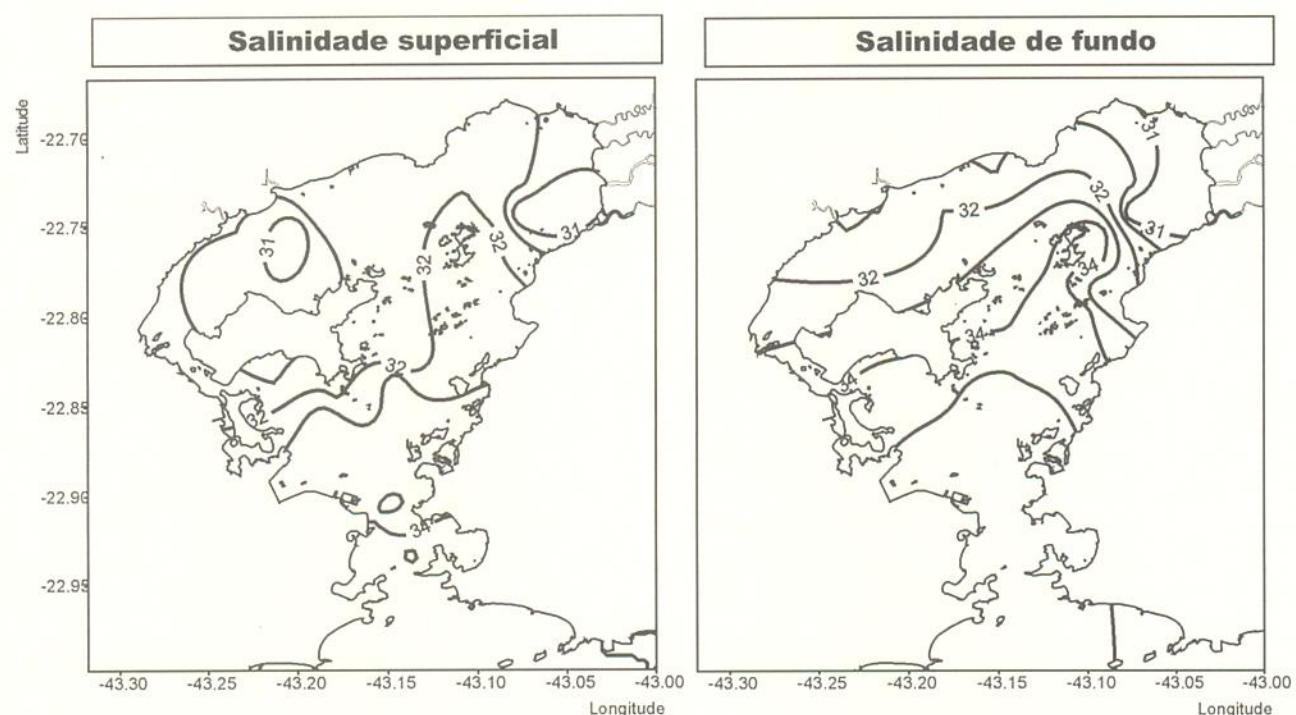


Figura 5 - Distribuição de salinidade superficial e de fundo obtida para as estações coletadas.

de descarga de $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de água doce anualmente no sistema (Kjerfve *et al.*, 1997).

No período da estação seca (julho), Denemet (1992) observou que da entrada da baía em direção ao interior, os valores de salinidade média são de 31,8 UPS a 21,3 UPS na superfície e de 34,5 UPS a 26,1

UPS no fundo; e de temperatura média de $24,6^\circ\text{C}$ a $26,5^\circ\text{C}$ na superfície e de $21,4^\circ\text{C}$ a $25,5^\circ\text{C}$ no fundo. No presente estudo, os gradientes de salinidade superficial e de fundo encontrados para a região não condizem com Denemet (1992), uma vez que os valores obtidos variam de 35 UPS a 30,5 UPS da entrada

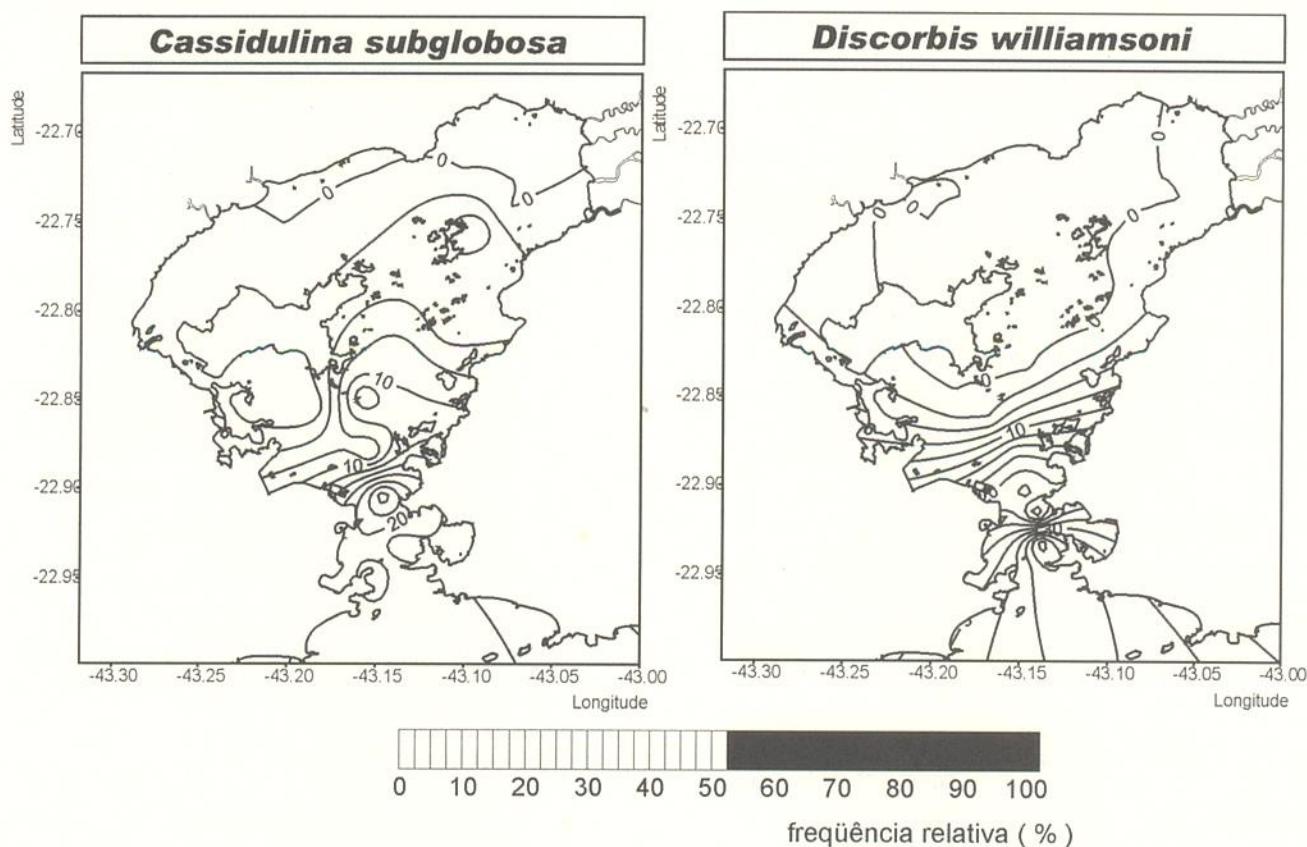


Figura 6 - Distribuição da freqüência relativa de *Cassidulina subglobosa* e *Discorbis* sp.

em direção ao fundo, não tendo sido observadas salinidades abaixo de 30. Uma das explicações pode ser a limitação da obtenção dos dados, pois os dados para a confecção dos mapas de gradiente foram obtidos através de amostras pontuais. Por outro lado, as estações fixas realizadas concordam com os mapas de gradiente de salinidade, apresentam salinidades variando entre 31 UPS e 35,8 UPS e temperatura entre 20,9°C e 24°C.

As espécies de foraminíferos bentônicos, altamente controladas pelos fatores abióticos relacionados ao ambiente, apresentam distribuição geográfica podendo se estabelecer em diferentes ambientes. Um dos fatores principais controladores do estabelecimento de espécies é a salinidade. Portanto, uma vez avaliada a variação de salinidade existente na região, permite-se identificar a zonação microfaunística “natural” dos diferentes habitats, monitorando outros fatores abióticos como velocidade de correntes, pH, teor de oxigênio dissolvido e tipo de sedimento, relacionando-os a padrões anormais de estabelecimento da microfauna que podem ser correlacionados provavelmente a fatores antropogênicos.

Alta salinidade (próxima a ambientes de plataforma continental) com pequena variação entre salinidade superficial e de fundo (se comparados às regiões estuarinas), permite-nos, portanto, monitorar o estabelecimento de diversas populações de foraminíferos. Eichler *et al.* (1995) e Cardoso (2000) estudando o canal de São Sebastião apresentam espécies indicadoras das correntes marinhas de alta densidade que penetram pelo fundo. Estas espécies são *Cassidulina subglobosa* e *Discorbis* spp, que ocorrem em ambientes menos confinados, principalmente na região da entrada da baía até regiões onde a salinidade é de 34UPS.

No presente trabalho foi possível observar principalmente a ocorrência de *Cassidulina subglobosa*, e *Discorbis* spp. na entrada da baía até a porção central. Essas espécies reconhecidamente marinhas, evidenciam ambientes característicos de alta influência marinha e de penetração da cunha salina, indicando, portanto, a característica de bioindicadores de ambientes de alta salinidade.

A visualização dos dados através dos mapas de contorno tornou possível a observação de padrões e tendências das populações de foraminíferos e sua

relação com o meio ambiente, indicando ainda que o desenvolvimento e aprimoramento desta ferramenta são muito importantes para a avaliação do ecossistema, permitindo um rápido diagnóstico ambiental.

OBSERVAÇÕES FINAIS

A coleta realizada no período de inverno revelou alguns padrões abióticos ocorrentes no ecossistema da Baía de Guanabara, permitindo a identificação das principais espécies de foraminíferos indicadoras da influência marinha através das marés. Este trabalho revelou a importância da utilização dos bioindicadores ambientais correlacionados aos padrões abióticos em planos de monitoramento de ambientes costeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alve, E. 1991a. Foraminifera, climatic change and pollution: a study of the late Holocene sediments in Drammensfjord, southeast Norway. *The Holocene*, 1(3): 243-261.
- Alve, E. 1991b. Benthic foraminifera in sediment cores reflecting heavy metal pollution in Sorfjord Western Norway. *Journal of Foraminiferal Research*, 21(1): 1-19.
- Amador, E.S. 1997. Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza. Reproarte Gráf. 539p.
- Boltovskoy, E. & Wright, R. 1976. *Recent Foraminifera*. Junk, The Hague. 515p.
- Bonetti, C. 2000. Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao sistema estuarino de Santos - São Vicente (SP, Brasil). 227p. Tese de Doutorado em Oceanografia, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- Bowden, K. F. 1963. The mixing processes in a tidal estuary. *International Journal of Air Pollution*, 7:343-356.
- Cardoso, P. B. P. K. 2000. Caracterização dos foraminíferos no canal de São Sebastião e sua utilização como indicadores de massas de água e algumas variações ambientais. 98p. Dissertação de mestrado em Oceanografia, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- Debenay, J.P.; Eichler, B. B.; Guillou, J.J.; Eichler-Coelho, P.; Coelho C. & Porto-Filho, E. 1997a. Comportement des peuplements de foraminifères et comparaison avec l'avifaune dans une lagune fortement stratifiée: la Lagoa da Conceição (S.C., Brésil). *Revue de Paléobiologie*, 16(1):55-75.
- Debenay, J.P.; Eichler, B.B.; Bonetti, C.; Duleba, W. & Eichler-Coelho, P. 1997b. Sensitivity of foraminifers to stratification of water masses in shallow coastal lagoon. *Proceedings... The first international conference «Application of Micropaleontology in Environmental Sciences»*, Tel-Aviv., p. 48-50.
- Denemet 1992. Normas Climatológicas (1961-1990). Estação Aterro do Flamengo. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- Duleba, W.; Debenay, J.P.; Eichler, P.B.; Geslin, E. & Eichler, B.B. 1998. Environmental controls on foraminiferal and thecamoebian assemblages of Juréia Ecological Reserve, Brazil. *Forams 98. Proceedings... Meeting of Foraminiferal Researchers*, Monterey, Mexico.
- Dyer, K.R. 1978. The balance of the suspended sediment in the Gironde and Thames Estuaries. In: Kjerfve, B. ed. *Estuarine Transport Processes*. Columbia, University of South Carolina Press, p. 135-145.
- Eichler, B.B.; Debenay, J.P.; Bonetti, C. & Duleba, W. 1995. Répartition des Foraminifères benthiques dans la zone Sud-Ouest du Système laguno-estuarien d'Iguape-Cananéia (Brésil). *Boletim Instituto Oceanográfico*, 43(1):1-17.
- Eichler-Coelho, P., Duleba, W. & Eichler, B. B. 1996. Alteração na fauna de foraminíferos e tecamebas decorrentes do rompimento da barreira do Valo Grande. In: REUNIÃO ESPECIAL DA SBPC, Ecossistemas costeiros: do conhecimento a gestão, 3., 1996, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis.
- Eichler, P.; Geslin, E.; Eichler, B. B. & Debenay, J.P. 1998. Resultados preliminares da fauna de foraminíferos (protozoa) da região estuarina de Bertioga, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 22., 1998, Recife. *Anais...* Recife, p.1-2.
- Eichler, P. P. B.; Bérgamo, A.L.; Bernardes, M.E.C.; Eichler, B.B. & Miranda, L.B. 1999. Comportamento hidrodinâmico do Canal de Bertioga: Uma análise comparativa preliminar. In: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 12., 1999, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro. p.24-25.
- Fischer, H.B. 1976. Mixing and dispersion in estuaries. *Annual Review of Fluid Mechanics*. *Annual Reviews*, 8:107-133.
- Fischer, H.B.; List, E. J.; Koh, R. C. Y.; Imberger, J. & Brooks, N. H., 1979. *Mixing in inland and coastal waters*. Academic Press, N.Y., 483p.
- Hamilton, P. & Rattray, M. 1978. Theoretical aspects of estuarine circulation. In: B. Kjerfve. (ed). *Estuarine Transport Processes*. Belle W. Baruch Library in Marine Science, n. 7, University of South Carolina Press, Columbia, South Carolina, p. 37-73.
- Hansen, D. V. & Rattray, M. 1966. New dimensions in estuarine classification. *Limnology Oceanography*, 11:319-326.
- Hunkins, K. 1981. Salt dispersion in the Hudson Estuary. *Journal of Physical Oceanography*, 11:729-738.
- Kjerfve, B. 1986. Circulation and salt flux in a well mixed estuary. In: J.van de Kreeke (ed). *Physics of Shallow Estuaries and Bays*, Springer Verlag, p. 22-29.
- Kjerfve, B.; Ribeiro, C. H. A.; Dias, G. T. M.; Filippo, A. M. & Quaresma, V. S. 1997. Oceanographic characteristics of na impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Research*, 17(3):1609-1643.
- Miranda, L.B. de; Castro, B.M. & Kjerfve, B. (no prelo). *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. Livro a ser publicado pela EDUSP.
- Murray, J. W. 1987- Micropaleontology of carbonate environments. *British Micropaleontology Society Series*. Ellis Horwood Limited,Hart, M.B.(eds.). 9-20.
- Officer, C. B. 1977. *Physical Oceanography of Estuaries (and associated coastal waters)*. John Wiley & Sons, Inc., N.Y., 465 p.
- Pires Filho, I.A. & Cycon, D.E. 1987. Planning and managing Brazil's coastal resources. *Coastal Management*, 15: 61-74.
- Sellier De Civrieux, J.M. 1968. Un metodo de observaciones y representaciones graficas del metabolismo (foraminíferos) com application al estudio de la ecología em biotopos de salinidad altamente variable. *Boletin del Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente*, 7 (2): 99-109.
- Suguiio, K.; Vieira, E.M & Barcelos, J.H. 1975. Ecological interpretation of the foraminifera from the Santos Estuary Zone , State of São Paulo, Brazil. *Anais...* Academia Brasileira de Ciências, p.277-286.
- Tábuia de Marés para 2000. *Diretoria de Hidrografia e navegação DHN - Brasil*, ed. 37.
- Tommasi, L.R. & Griesinger, B. 1983. Proposta para manejo correto de regiões costeiras. *Ciência e cultura*, 35(6):709-721.
- Weber, R. 1992. Sistemas costeiros e oceânicos. *Química Nova*, 15 (2): 137-143.