

INFLUÊNCIA DOS LANÇAMENTOS DO TEBAR (PETROBRÁS) NA QUALIDADE DO CANAL DE SÃO SEBASTIÃO ATRAVÉS DOS FORAMINÍFEROS

Beatriz Beck Eichler¹; Patrícia P. B. Eichler²; Patrícia B. P. Kfoury¹; Renato Olindo Ghiselli Jr¹.

¹Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP)

Praça do Oceanográfico, 191, Cep: 05508-900, Cid Universitária, São Paulo, SP, Brasil

Phone: +55 11 3091-6567 e-mail: bbeichle@usp.br

²Laboratório de Ciências Marinhas, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)

Rua: Colombo Sales Machado, 84, CEP: 88790-100 Laguna, SC, Brasil

Phone: +55 48 644 2324 e-mail: eichler@unisul.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar o comportamento das associações de foraminíferos relacionado ao monitoramento do Canal de São Sebastião, considerando-se que esse local está sujeito a variações oceanográficas e a efeitos antrópicos. Pretende-se determinar a influência dos lançamentos do TEBAR (Terminal Marítimo Almirante Barroso, emissário submarino do terminal da PETROBRAS) na qualidade de água do canal de São Sebastião em função das mudanças do meio e definir, através das espécies de foraminíferos indicadoras os sub ambientes mais vulneráveis dessa região costeira.

ABSTRACT

This work presents foraminiferal assemblages related to the monitoring of São Sebastião channel, considering that this site is subjected to oceanographic variations and to anthropic effects. We intend to determine TEBAR (Almirante Barroso maritime terminal, PETROBRAS submarine effluent disposal) in the water quality of São Sebastião channel related to environmental changes and to define foraminiferal species indicator of vulnerable environments.

Palavras-Chave: foraminíferos, canal de São Sebastião, emissário submarino, qualidade ambiental.

1. 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.

Muitos trabalhos desenvolvidos atualmente em regiões costeiras brasileiras possibilitam conhecer suas características hidrodinâmicas, químicas e biológicas. A despeito da existência de numerosos parâmetros hidrológicos e geoquímicos utilizáveis no controle das variações ambientais, a reprodutibilidade de sua análise e conseqüente interpretação é difícil de ser efetuada. Além disso, a maioria destas análises, principalmente as da coluna de água, não fornece mais do que uma imagem instantânea do parâmetro ambiental. O valor desta imagem pode ser colocado em dúvida se for levada em consideração sua extrema variabilidade, mesmo numa escala temporal equivalente a um ciclo de maré.

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 de manejo simples e barato, capaz de sintetizar as características gerais do ambiente, ressaltando as variações ambientais de curtos períodos.

Este marcador necessita ser suficientemente sensível para reagir rapidamente às variações do ambiente. Neste sentido os foraminíferos reagem muito eficazmente.

A utilização destes organismos, em áreas costeiras brasileiras, iniciou-se com Closs (1962), que realizou trabalho quantitativo na Lagoa dos Patos (RS) sobre foraminíferos e tecamebas e suas relações com diferentes fatores ecológicos, elaborando uma subdivisão da área em diferentes zonas ecológicas, baseadas na distribuição das associações faunísticas. Zaninetti et al (1977) fizeram estudos qualitativos dos foraminíferos de manguezais da região de Guaratiba e Baía de Sepetiba (RJ). Destacam-se, ainda, os trabalhos de Brönniman (1979), Brönniman & Whitaker (1988) e Brönniman & Zaninetti (1984), que ressaltam a importância dos foraminíferos nos estudos ecológicos de regiões costeiras. Mais recentemente, Eichler et al (1995), Eichler-Coelho (1996), Rodrigues et al. (2001), Cardoso (2000), Bonetti (2000), Eichler (2001) e Pereira et al (2001), continuando estudos com foraminíferos, em diferentes regiões costeiras do Brasil, têm verificado a potencialidade destes organismos em estudos de análise e diagnóstico ambiental.

O presente trabalho avalia o impacto ocasionado pelo emissário submarino da PETROBRÁS (Fig. 1), nas associações de foraminíferos e tem como objetivo avaliar a qualidade do sedimento do canal de São Sebastião apontando as áreas mais vulneráveis do ambiente.

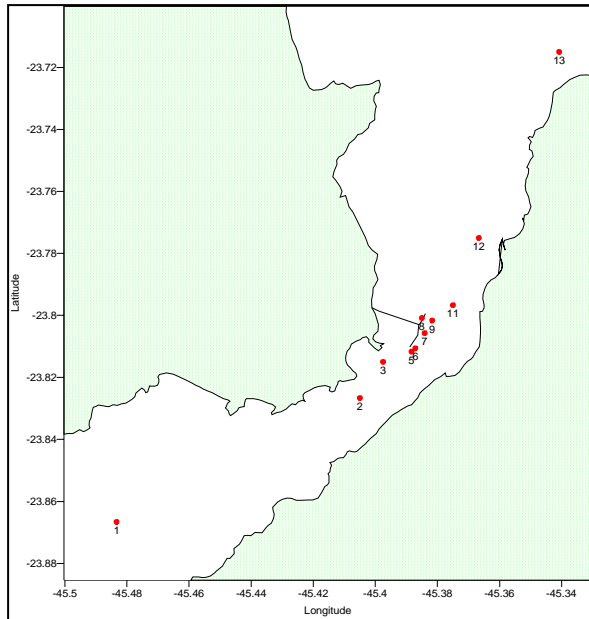


Figura 1: Posicionamento das estações amostradas no Canal de São Sebastião e localização do Terminal Marítimo.

2. METODOLOGIA

A coleta de sedimentos para a análise da fauna de foraminíferos do canal de São Sebastião foi realizada nos monitoramentos (1998-1999, 2000-2001 e 2002), totalizando 9 campanhas distribuídas em 9 estações de coleta. Dentre as estações apontadas no mapa, apenas as estações 1, 2, 3, 4, 5, 7, 11, 12 e 13 foram amostradas. Para cada amostra, uma alíquota de 10 cm³ de sedimento foi retirada, separada em peneiras 0,500 e 0,062 mm, lavada para retirar o silte e argila, e seco em estufa a 60°C. As frações foram, então, flotadas em tetracloreto de carbono (CCl₄). As carapaças dos foraminíferos sendo mais leves que o CCl₄ flotaram para a superfície e as frações mais pesadas depositaram-se no fundo. As carapaças dos foraminíferos foram, então, separadas do CCl₄ por decantação em papel de filtro.

Após a separação, foi realizado o quarteamento das amostras e a triagem do material biológico. A seguir, as espécies de foraminíferos foram transferidas com auxílio de pincel para lâminas especiais de fundo preto para posterior identificação. A determinação das espécies foi feita utilizando-se lupa binocular Stemi SV11, da Zeiss.

3. RESULTADOS

A distribuição dos foraminíferos, no canal de São Sebastião, é caracterizada pela ocorrência de cerca de 8 a 35 espécies. Essa variação e o baixo número de espécies ocorrentes nessa área de plataforma interna não é o normal esperado para essa região.

Tabela 1: Número de espécies nas estações monitoradas.

	out/98	jan/99	mai/99	ago/99	mai/00	nov/00	mai/01	nov/01	jul/02
1	7	13	22	21	14	14	30	20	34
2	19	17	22	16	11	11	35	21	34
3	29	20	19	23	8	10	31	28	30
4	21	10	20	12	8	9	27	27	35
5	25	14	21	23	10	13	35	30	32
7	27	16	19	27	9	8	34	32	33
11	22	19	14	25	9	9	34	33	33
12	19	24	18	24	12	11	33	32	32
13	21	12	19	22	11	10	35	34	29

De acordo com os dados de frequência absoluta de espécies de foraminíferos, observa-se que na área de estudo encontram-se indivíduos de *Ammonia beccarii*, *Bolivina spp*, *Bulimina marginata*, *Buliminella elegantissima*, *Hanzawaia boueana*, *Fursenkoina pontoni*, *Pseudonion atlanticum*, *Discorbis williamsoni*, *Discorbis floridana*, *Hanzawaia spp*, *Quinqueloculina spp*, *Pararotalia cananeaensis*, *Cassidulina minuta*, *Cassidulina subglobosa*, *Elphidium spp*, *Poroepionides lateralis*, e *Pyrgo sp*.

Indivíduos de *Ammonia beccarii*, *Bolivina spp*, *Buliminella elegantissima*, *Bulimina marginata*, *Fursenkoina pontoni* e *Pseudonion atlanticum* característicos de ambientes anaeróbicos foram encontrados nas regiões centrais do canal. Além da ocorrência de espécies anaeróbicas, ao longo do canal, são encontradas também *Discorbis williamsoni*, *Discorbis floridana*, *Hanzawaia spp*, *Pyrgo sp*, *Cassidulina minuta*, *Cassidulina subglobosa* e *Quinqueloculina spp* são espécies indicativas de ambientes bem oxigenados, refletindo a atuação de correntes intensas na região. A ocorrência expressiva de *Pararotalia cananeaensis*, também pode ser atribuída à penetração de correntes marinhas no canal.

3.1. Diversidade e dominância

A diversidade de espécies (tabela 2) é baixa e relativamente constante ao longo do canal, observando-se entretanto, um aumento significativo dessa variável nas estações de outono e inverno (maio/99, maio/00, maio/01, agosto/99 e julho/02).

Tabela 2: Diversidade relacionada ao monitoramento (1998, 1999, 2000, 2001, 2002).

	Primavera/Verão				Outono/Inverno				
	out/98	jan/99	nov/00	nov/01	mai/99	mai/00	mai/01	ago/99	jul/02
1	1,59773	1,894708	2,362852	2,400983	2,459408	2,373946	2,706327	2,318844	3,2592
2	2,534384	2,357113	1,895318	2,30236	2,307094	2,272865	2,643394	2,293989	3,311621
3	2,571741	2,243969	1,355209	1,972701	2,175337	1,888836	2,570962	2,778928	3,158224
4	2,451658	1,67442	1,364756	1,807167	2,586176	1,824383	2,364812	1,876316	3,322592
5	2,290918	1,933835	1,333953	2,20774	2,284082	2,066195	2,937404	2,798791	3,158416
7	2,699069	2,088786	1,65593	2,843054	2,440319	1,957822	2,599169	3,110337	3,11851
11	2,523205	2,416752	1,84244	2,774225	2,383169	1,949069	3,108509	2,644315	3,162191
12	2,765516	2,655377	1,790247	2,774988	2,147634	2,352408	2,953745	2,890447	3,229991
13	2,609423	2,13974	1,978073	2,868173	2,573077	2,224941	2,722847	2,646149	2,960242

De acordo com os dados de dominância verificamos que na primavera e no verão (outubro/98, janeiro/99, novembro/00, novembro/01) os valores de dominância foram mais baixos se comparados ao período de outono e inverno (tabela 3).

Tabela 3: Dominância relacionada ao monitoramento (1998, 1999, 2000, 2001, 2002).

	Primavera/Verão				Outono/Inverno				
	out/98	jan/99	nov/00	nov/01	mai/99	mai/00	mai/01	ago/99	jul/02
1	0,791667	0,795512	0,881511	0,837854	0,889779	0,887784	0,918747	0,887248	0,953686
2	0,904549	0,881421	0,845187	0,863752	0,886722	0,823906	0,906204	0,865607	0,956663
3	0,892167	0,845049	0,80461	0,916943	0,823271	0,686573	0,889248	0,754926	0,949098
4	0,848737	0,800167	0,862216	0,921955	0,805288	0,700305	0,855328	0,623648	0,958331
5	0,907107	0,919667	0,879496	0,949192	0,85113	0,625016	0,920163	0,792037	0,946292
7	0,887101	0,874933	0,890408	0,901957	0,841357	0,760892	0,858391	0,904995	0,939232
11	0,855748	0,865804	0,861695	0,940401	0,841782	0,80173	0,941944	0,860467	0,945972
12	0,945554	0,905153	0,807156	0,931095	0,895939	0,755934	0,933057	0,875365	0,956526
13	0,911628	0,878788	0,908763	0,904896	0,879189	0,830038	0,897934	0,88678	0,930757

As variações verificadas nos índices de diversidade e dominância ao longo do Canal de São Sebastião podem ser relacionadas principalmente a sazonalidade (outono/inverno e primavera/verão). De uma maneira geral, a diversidade de espécies geralmente é mais alta em ambientes francamente marinhos de plataforma interna e externa e;

mais baixa, em áreas com fortes oscilações de salinidade (baías, estuários, lagunas costeiras e áreas de manguezais).

No caso do canal de São Sebastião, uma vez que as condições de temperatura e salinidade não são limitantes, a baixa diversidade e o baixo número de espécies pode ser resultado da presença de poluentes no ambiente. É necessário, portanto, evidenciar que o baixo número de espécies registrado ao longo do canal de São Sebastião não é normal para regiões de plataforma interna. O número de espécies presentes é comparável a ambientes estuarinos onde a água doce limita a distribuição dos organismos. Isso pode ser reflexo de condições estressantes que culminam com o desaparecimento de espécies menos resistentes.

3.2. Análise de cluster

A análise de cluster (Modo Q) foi aplicada nos dados biológicos durante os meses de monitoramento e salvo algumas exceções, evidenciou principalmente a formação de 2 grupos contendo espécies distintas.

As diferenças entre os grupos residem principalmente na característica oportunista de suas espécies. O primeiro grupo engloba principalmente indivíduos de *Ammonia spp.*, *B. elegantissima*, *B. marginata*, *B. striatula* e *F. pontoni*, e o segundo grupo engloba *Quinqueloculina spp.*, *E. poeyanum*, *Hanzawaia spp.*, *Discorbis spp.*, *Cassidulina spp.* e *P. cananeiaensis*.

As espécies encontradas no primeiro grupo são oportunistas, resistentes a vários tipos de poluição, e proliferam em locais onde os teores de matéria orgânica são altos, indicando contribuição terrestre. Já no segundo grupo aparecem principalmente as espécies associadas a alta salinidade, cuja presença indica ambientes oxigenados.

3.4. Análise de MDS

Para outubro/98 e janeiro/99, a análise revelou a formação de 2 grupos principais. Estações situadas nas entradas sul e norte do canal (1, 12, 13) encontram-se agrupadas, enquanto que as estações situadas na parte central do canal (2 a 10) foram englobadas em um segundo grupo. As estações localizadas na desembocadura sul e região central do canal de São Sebastião apresentam semelhança relacionada à composição específica dos foraminíferos e parecem ser as mais atingidas pelos efluentes do TEBAR. Na desembocadura norte, as estações 12 e 13, apresentam características diferenciadas e parecem estar menos sujeitas aos lançamentos do TEBAR.

4. DISCUSSÃO

O canal de São Sebastião apresenta variações nos padrões de diversidade, dominância e equitatividade relacionada principalmente às variações sazonais. A variação primavera-verão e outono-inverno é característica de ambientes subtropicais estando também relacionada a oceanografia do canal. As águas no canal de São Sebastião são dominadas pela Água Costeira (AC). Além disso, na primavera e no verão, entra pelo fundo, através de sua entrada sul, a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), com alta salinidade e baixa temperatura. Portanto, o resultado da mistura entre AC, ACAS e Água Tropical (AT) que ocor-

rem em variadas proporções na plataforma continental da região (Castro Filho, 1995) forma as águas no canal.

A presença da AC e da ACAS cria microambientes ao longo da coluna de água, responsáveis pela alta diversidade fitoplanctônica observada no canal. Por outro lado, nos monitoramentos realizados desde 1998 até 2002 ao longo do canal, observa-se aumento da diversidade de espécies de foraminíferos nos períodos de outono e inverno, sugerindo que o aumento da diversidade fitoplânctônica seja incorporada ao bentos de 3 a 6 meses depois. Além disso, a última amostragem (julho/02) revelou aumento dos padrões de diversidade indicando a tendência de recuperação ambiental.

A distribuição dos foraminíferos na região central do canal de São Sebastião, próxima ao TEBAR, é caracterizada principalmente pela presença de espécies de *A. beccarii*, *Bolivina spp.*, *B. marginata*, *B. elegantissima*, *F. pontoni*, características de sedimentos com alto teor de matéria orgânica, principalmente ambientes anaeróbicos. De acordo com Culver & Buzas (1995), a ocorrência conspícua de *B. elegantissima* na grande maioria das estações é reflexo, de contaminação orgânica.

Por outro lado, a ocorrência de espécimes robustas características de ambientes oxigenados, como *H. boueana*, *P. atlanticum*, *D. williamsoni*, *D. floridana*, *Quinqueloculina spp.*, *P. cananeiaensis*, *C. minuta*, *C. subglobosa*, *Elphidium spp.*, *P. lateralis*, e *Pyrgo sp.* refletem a atuação de correntes de forte intensidade. De acordo com Debenay et al. (2001) a ocorrência expressiva de *P. cananeiaensis* (espécie marinha de região costeira), também pode ser atribuída à penetração de correntes marinhas no canal, indicando a elevada hidrodinâmica.

5. CONCLUSÃO

Podemos concluir a partir das associações de foraminíferos ocorrentes no canal, que as condições do mesmo, não são totalmente redutoras. Além disto, a grande quantidade de organismos vivos, jovens e adultos, revela que a circulação e dinâmica das águas favorecem o estabelecimento e desenvolvimento dos foraminíferos explicando a ausência de eutrofização provocada pelo TEBAR e pelos esgotos urbanos de São Sebastião e de Ilhabela.

É necessário, entretanto, evidenciar que o baixo número de espécies registrado ao longo do canal de São Sebastião não é normal para regiões de plataforma interna. O número de espécies presentes no canal é comparável a ambientes estuarinos onde a água doce limita a distribuição dos organismos. O baixo número de espécies encontrado nessa região pode ser atribuído a condição resultante dos efeitos das fontes de contaminação no canal, como emissários submarinos de esgotos municipais, porto, TEBAR, escoamento primário de superfície, derrames de hidrocarbonetos e outros.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Estudos e Pesquisa aquáticas (FUNDESPA) pela coleta dos dados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONETTI, C. V. H. 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). Unpublished Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, SP 229p.
- BRÖNNIMANN, P. 1979. Recent benthonic foraminifera from Brasil. Morphology and ecology. Part IV: Trochamminids from the Campos Shelf with description of *Paratrochammina* n. gen. *Paleontologicheskii. Zh.*, 53(1/2): 5-25
- BRÖNNIMANN, P. & WHITTAKER, J.E. 1988. The trochamminaceous test and the taxonomic criteria used in the classification of the superfamily Trochamminacea. *Abh. Geol. B. -A*, 41: 23-39.
- BRÖNNIMANN, P. & ZANINETTI, L. 1984. *Acupeina*, a new textulariine genus from mangrove swamp sediments (Protista: Foraminiferida). *Revue Paléobiol.*, 3(2): 219-222.
- CARDOSO, B.P.K. 2000. Caracterização dos foraminíferos no Canal de São Sebastião (SP) e, sua utilização como indicadores de massa d'água e de algumas variáveis ambientais. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.
- CASTRO FILHO, B.M. de. 1995. *Oceanografia Física*. São Paulo, s. ed., 58 p. (Relatório 2 do Projeto Oceanografia Física da Plataforma Interna de São Sebastião).
- CLARKE, K.R., 1993, Non parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18: 117-143.
- CLARKE, K.R., WARWICK, R.M., 1994, Changes in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation. *Natural Environment Research Council*, Plymouth.
- CLOSS, D. 1962. Foraminíferos e Tecamebas na Lagoa dos Patos (R.G.S.). *Bolm. Esc. Geol. Rio Grande do Sul*, 11: 1-130.
- CULVER, S.J. & BUZAS, M.A. 1995. The effects of anthropogenic habitat disturbance, habitat destruction and global warming on shallow marine benthic foraminifers. *Journal of Foraminifers Research*, 25(3):204-211.
- DEBENAY, J.P.; DULEBA, W.; BONETTI, C.; S.H. DE MELO E SOUZA & EICHLER, B.B. 2001. *Pararotalia cananeaensis* n.sp.: Indicator of marine influence and water circulation in Brazilian coastal and paralic environments. *Journal of Foraminiferal research*, 31 (2): 152-163.
- 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). *Bolm. Inst. Oceanogr.*, 43(1): 1-17.
- EICHLER-COELHO, P.B. 1996. Estudo das associações de foraminíferos e tecamebas da região estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP), e sua aplicação na determinação do impacto ecológico do Valo Grande. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 106p.
- EICHLER, P.P.B., 2001. Avaliação e diagnóstico do Canal de Bertioga (São Paulo, Brasil) através da utilização de foraminíferos como indicadores ambientais. São Paulo, Brazil: University of Sao Paulo, SP, Ph.D. thesis, 240p+CD.
- PEREIRA, E. R., EICHLER, P. P. B., EICHLER, B. B. 2001. Caracterização dos foraminíferos bentônicos na Baía de Guanabara, no inverno In: XIV Semana Nacional de Oceanografia, Rio Grande. Boletim de resumos-Oceano e sociedade, um desafio à teoria e a prática.
- PIRES FILHO, I.A. & CYCON, D.E. 1987. Planning and managing Brazil's coastal resources. *Coastal Management*, 15: 61-74.
- RODRIGUES, A.R., EICHLER, P. P. B., EICHLER, B. B. 2001 Utilização de foraminíferos no monitoramento do Canal de Bertioga In: XIV Semana Nacional de Oceanografia, Rio Grande. Boletim de resumos-Oceano e sociedade, um desafio à teoria e a prática.
- 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.
- ZANINETTI, L.; BRÖNNIMANN, P.; BEURLEN, G. & MOURA, J.A. 1977. La mangrove de Guaratiba et la Baía de Sepetiba, etat de Rio de Janeiro, Brésil: Foraminifères et écologie. Note préliminaire. *Compte rendu des séances, P.S. Histoire Naturelle, Gêneve*, vol. 11, n°-3, p 39-44.