



Registro da Influência Marinha Através da Distribuição de Foraminíferos Bentônicos na Baía de Guanabara, Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Marine Influence Record by the Distribution of Benthic Foraminifera in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro State, Brazil

Mariana Cardoso Macedo ¹; Claudia Gutterres Vilela ¹ & José Antonio Baptista Neto ²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Microcentro.

Rua Athos da Silveira Ramos 274, 21941-916, Rio de Janeiro, RJ

²Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, LAGEMAR,

Rua Gal. Milton Tavares de Souza s/n, 24210-346, Niterói, RJ

E-mails: ncardosomariana@yahoo.com.br; vilela@geologia.ufrj.br; jabneto@id.uff.br

Rebido em: 04/09/2013 Aprovado em: 09/10/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2013_2_117_128

Resumo

Com o objetivo de caracterizar a influência marinha no interior da baía de Guanabara foram analisadas amostras de sedimentos de fundo coletadas no interior da baía e na região costeira adjacente. Ao todo foram estudadas 29 amostras, sendo 15 do interior da baía de Guanabara na região noroeste e central, duas em frente à baía, e 12 na região costeira em frente às praias de Copacabana, no Rio de Janeiro, e Piratininga e Itaipu, em Niterói. As coletas foram realizadas através do amostrador de fundo Van Veen e as amostras foram tratadas em laboratório com metodologia específica para foraminíferos. A abundância de foraminíferos bentônicos no interior da baía foi maior do que na região costeira, no entanto, os valores de diversidade e riqueza foram menores. O presente estudo registrou a distribuição de espécies marinhas como *Buccella peruviana* e *Eponides repandus*, indicando a influência das ACAS no interior da baía, além das espécies oportunistas e características de ambiente com alto teor de COT, tais como *Ammonia tepida* e *Buliminella elegantissima*. A presença de *Pararotalia cananeaensis* e *Globocassidulina subglobosa* foi expressiva na região costeira e no interior da baía. Desta forma, foi possível caracterizar o ambiente considerando os níveis de influência antropogênica e influência marinha de plataforma. Estes resultados podem ser um importante registro para ações de conservação, preservação e recuperação deste ambiente altamente degradado.

Palavras-chave: baía de Guanabara; espécies marinhas e oportunistas; foraminíferos; COT

Abstract

Sediment samples in the Guanabara Bay and the adjacent coastal area were analyzed to characterize the marine influence level inside the Bay. Twenty nine samples were studied, as follows: 15 inside the Bay, including the Norwest and central area, two in front of the Bay, and 12 in the coastal region, in front of the Copacabana beach, in the Rio de Janeiro City, and Piratininga and Itaipu beaches, in the Niterói City. Collection at the sediment-water interface was performed with the Van Veen sampler, and the samples were treated by foraminifera specific treatment at the laboratory. Benthic foraminifera abundance inside the bay was higher than in the coastal region, however, diversity and richness values were lower. The present study recorded the marine species distributions like *Buccella peruviana* and *Eponides repandus*, indicating the ACAS influence in the bay area, as well as opportunist species and TOC high levels characteristic species like *Ammonia tepida* and *Buliminella elegantissima*. The presence of *Pararotalia cananeaensis* and *Globocassidulina subglobosa* was distinct in the coastal region and inside the bay. Therefore, it was possible to characterize the environment considering levels of the anthropogenic influence and the marine shelf influence. Those results can be of a great importance record to conservation, preservation and management policies of that highly degraded environment.

Keywords: Guanabara Bay; marine and opportunistic species; foraminifera; TOC

1 Introdução

O objetivo deste trabalho foi registrar a influência marinha na baía de Guanabara e caracterizar o ambiente através da distribuição de foraminíferos bentônicos, considerando níveis de influência antropogênica. A microfauna estudada no interior da baía e na região costeira foi correlacionada com dados abióticos, granulometria e Carbono Orgânico Total, observando suas influências na distribuição dos foraminíferos na baía e as espécies marinhas alóctones.

A baía de Guanabara, situada ao sul do estado do Rio de Janeiro, nas últimas décadas tem sido foco de estudo de muitos trabalhos devido a sua grande importância socioeconômica e sua alta degradação. Trata-se da mais proeminente baía costeira do Brasil, banhando cidades como o Rio de Janeiro, Duque de Caxias, São Gonçalo, Niterói, e seus distritos e adjacências. Em 2008 a população estimada somente na cidade do Rio de Janeiro foi em torno de 11,8 milhões de pessoas (IBGE, 2009). Segundo Kjerfve *et al.* (1997), mais de 11 milhões de habitantes vivem na grande área metropolitana do Rio de Janeiro e no mínimo 7,81 milhões de pessoas descarregavam esgoto doméstico, grande parte não tratado, diretamente na Baía. Mayr (1998) estabeleceu um mapa de sensibilidade natural da baía quanto à circulação e à renovação de águas, definindo quatro classes hierárquicas de níveis, de baixo até crítico.

A baía de Guanabara tem sido um foco de preocupação ambiental para o qual se justifica o conhecimento detalhado de suas características e modificações. Estudos com foraminíferos bentônicos têm contribuído para a caracterização ambiental da baía, determinando-se padrões para a sua evolução durante o Holoceno final e período histórico e para modificações naturais e antropogênicas (Vilela, 2010; Santos, 2008; Figueira *et al.*, 2007; Vilela *et al.*, 2007; Cardoso, 2005; Vilela *et al.*, 2004; Pereira, 2004; Vilela *et al.*, 2003).

Os foraminíferos bentônicos são considerados ótimos bioindicadores ambientais (Yanko *et al.*, 1994), pois suas associações são controladas por características do meio (Murray, 2006), gêneros distintos caracterizam diferentes ambientes (Brasier, 1980).

2 Metodologia

Em 2008, foram coletadas amostras de sedimento de fundo distribuídas na região noroeste e

central da baía de Guanabara, em frente à entrada da baía, e na região costeira próxima as praias de Copacabana (Rio de Janeiro), e Itaipu e Piratininga (Niterói) (Tabela 1; Figura 1).

Estação no mapa	Latitude	Longitude	Estação no mapa	Latitude	Longitude
1	22°46'30"S	43°14'7"W	16	22°53'39"S	43°12'29"W
2	22°45'17"S	43°12'48"W	17	22°53'21"S	43°10'27"W
3	22°46'35"S	43°12'48"W	18	22°58'4"S	43°10'17"W
4	22°46'35"S	43°11'25"W	19	22°58'18"S	43°10'39"W
5	22°44'54"S	43°9'12"W	20	22°58'49"S	43°11'3"W
6	22°48'43"S	43°9'5"W	21	22°58'12"S	43°3'6"W
7	22°50'31"S	43°7'54"W	22	22°57'54"S	43°3'20"W
8	22°51'3"S	43°6'41"W	23	22°57'42"S	43°3'59"W
9	22°51'11"S	43°8'48"W	24	22°57'28"S	43°4'32"W
10	22°51'4"S	43°10'27"W	25	22°57'25"S	43°5'3"W
11	22°50'20"S	43°11'17"W	26	22°57'23"S	43°5'40"W
12	22°49'33"S	43°12'11"W	27	22°57'17"S	43°6'42"W
13	22°50'15"S	43°12'52"W	28	22°56'38"S	43°7'39"W
14	22°51'16"S	43°12'35"W	29	22°56'43"S	43°8'16"W
15	22°52'11"S	43°11'52"W			

Tabela 1 Coordenadas dos pontos de coleta.

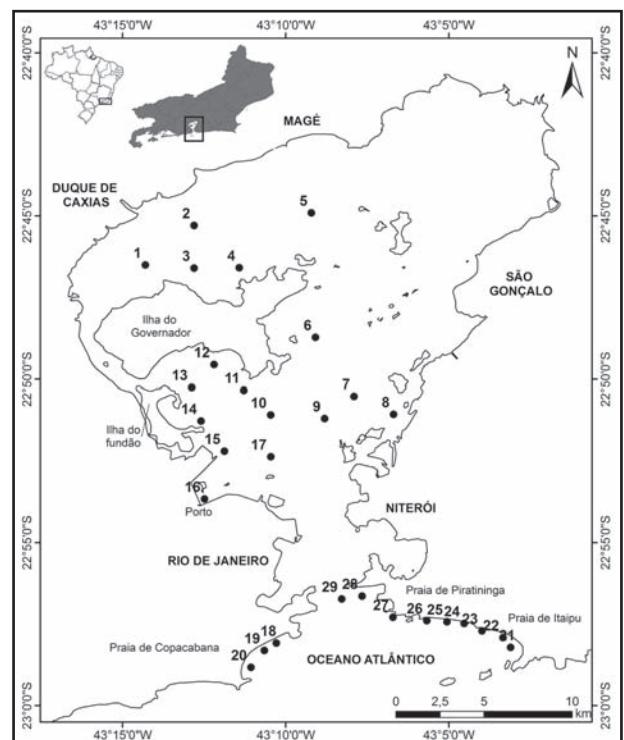


Figura 1 Mapa da baía de Guanabara, com os pontos de coleta.

As amostras foram coletadas através de amostrador de fundo Van Veen. No laboratório as mesmas foram padronizadas em um volume de 30 cm³ e, em seguida, lavadas utilizando-se peneiras com aberturas de malha de 0,500 e de 0,063 mm e secas em estufa a 50° C. As amostras da área costeira com granulometria arenosa foram colocadas no líquido denso (ZnCl₂) para flotação das tecas e facilitação

das triagens de acordo com o método descrito por Semensatto-Jr & Dias-Brito (2007).

A metodologia de contagem de espécimes por amostra utilizada no presente estudo foi baseada em Fatela & Taborda (2002). Estes autores consideram a contagem de 100 espécimes de foraminíferos suficiente para uma caracterização ambiental eficaz, enquanto que em estudos onde as espécies raras são relevantes, como no estudo da influência marinha, a contagem deve ser no mínimo de 300 espécimes. Desta forma, para amostras do interior da baía, o resíduo das amostras foi triado à lupa binocular, observando, quando possível, a contagem mínima de 100 espécimes de foraminíferos bentônicos por amostra. Para se analisar a influência marinha na Baía de Guanabara, as amostras da região costeira e algumas amostras do interior da baía (03, 05, 07, 08, 10, 12, 14 e 15), tiveram 300 espécimes triados a fim de se observar com maior precisão as espécies raras. Quando necessário, as amostras foram previamente submetidas à quarteamento, conforme metodologia descrita por Boltovskoy & Wright (1976). Todos os espécimes triados foram contados e classificados taxonomicamente utilizando-se o trabalho de Loeblich & Tappan (1988) e Ellis & Messina (1940-et sequences), além de bibliografia específica (Cushman, 1922, 1929, 1930; Cushman & Parker, 1947; Loeblich & Tappan, 1992).

2.1 Análises Quantitativas

Estudos ecológicos envolveram análises quantitativas tais como: abundância absoluta, abundância relativa, frequência de ocorrência, diversidade, equitatividade, riqueza de espécies e dominância (Boltovskoy & Totah, 1985).

A frequência de ocorrência (FO) é calculada pela razão entre o número de amostras onde a espécie foi encontrada e o total de amostras analisadas, calculada através da fórmula:

$$FO = (p \times 100) \div P \quad \text{onde;}$$

p = número de amostras nas quais a espécie foi encontrada e

P = total amostras analisadas.

De acordo com Dajoz (1983), as espécies foram classificadas baseadas na porcentagem da frequência de ocorrência como: Constante (C) - espécies presentes em mais de 50% das amostras analisadas; Acessórias (A) - espécies que ocorreram entre

49 e 25% das amostras analisadas; Acidentais ou raras (R) - espécies presentes em menos de 25% das amostras analisadas.

Para cálculo da diversidade foi utilizado o índice de Shannon H' (Shannon, 1949):

$$H' = -\sum_i p_i \ln(p_i) \quad \text{onde,}$$

p_i = proporção de espécies na amostra.

O índice de equitatividade J' foi calculado a fim de se observar a homogeneidade na distribuição das abundâncias. A fórmula utilizada foi:

$$J' = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H'}{\ln S} \quad \text{onde,}$$

S = riqueza de espécies,

H' = valor de diversidade de Shannon

Os índices de diversidade e equitatividade foram calculados através do programa Biological TollBox versão 0.10.

3 Resultados

Os resultados de COT encontrados nas amostras estudadas no interior da baía de Guanabara (Figura 2) apresentaram valores próximos aos observados por Catanzaro *et al.* (2004). Na região noroeste estão os maiores valores de COT, associados provavelmente à granulometria mais lamosa na região como observado em trabalhos anteriores de Kjerfve *et al.* (1997), Amador (1997) e Quaresma (1997). Os menores valores de COT estão relacionados à granulometria mais arenosa encontrada na entrada da baía (Figura 3), sendo que em todas as amostras coletadas na entrada da baía de Guanabara os teores de COT foram muito baixos, sempre menores que 1%. Assim, de acordo com Catanzaro *et al.* (2004) o COT no interior da baía de Guanabara apresenta valores inversamente proporcionais à granulometria.

3.1 Foraminíferos e Dados Ecológicos

Foi observada uma alta abundância de foraminíferos bentônicos para quase todas as amostras do interior da baía (Figura 3). Na região noroeste a riqueza de espécies variou de 10 a 18 espécies por amostra, enquanto na região central de 7 a 26 espécies por amostra, sendo a menor riqueza encontrada

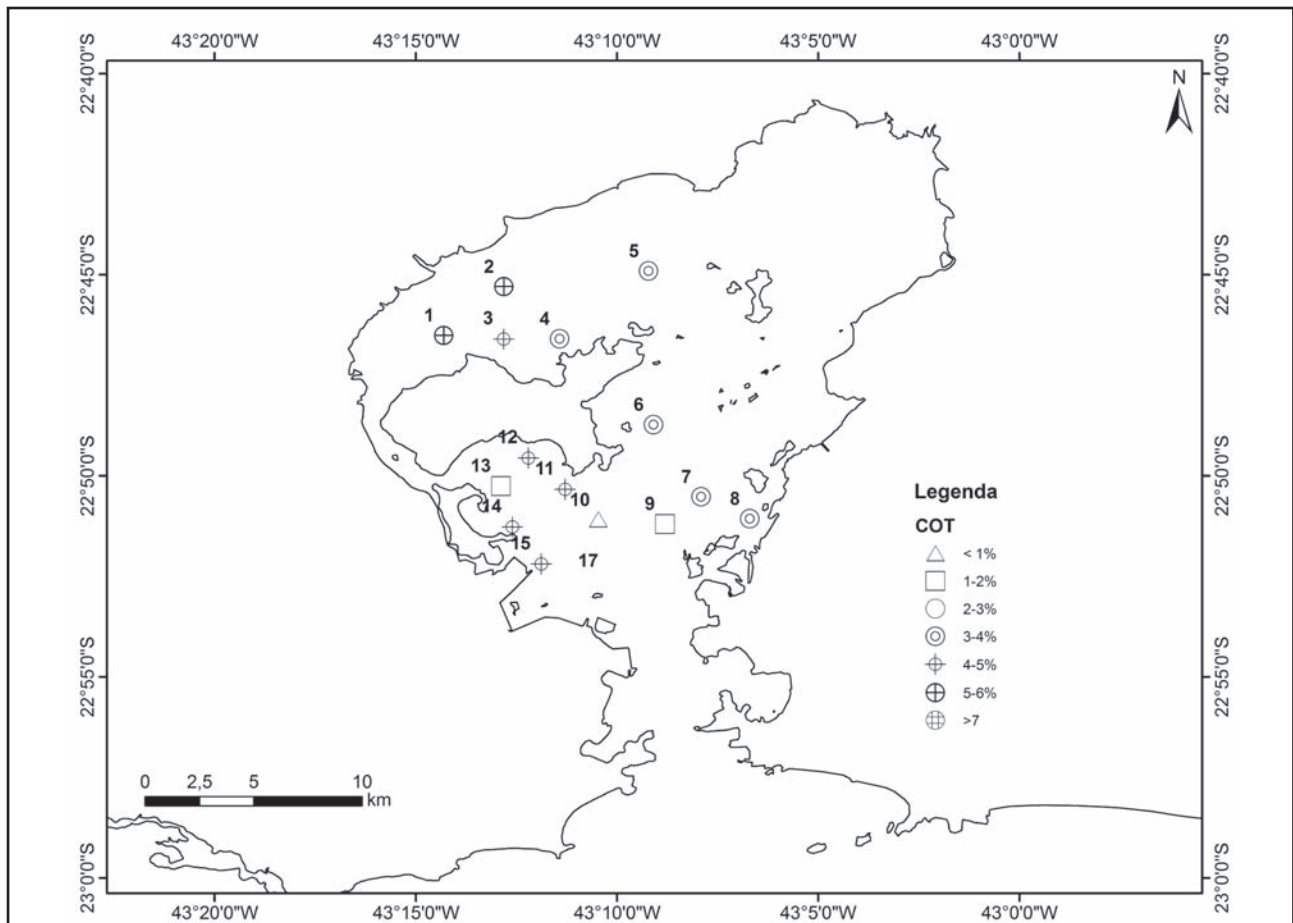


Figura 2 Mapa de distribuição do COT (%) das estações amostradas.

na amostra situada na região portuária do Rio de Janeiro e a maior na região do canal central. De modo geral foi observada uma riqueza de espécies mais baixa na região noroeste (Figura 3).

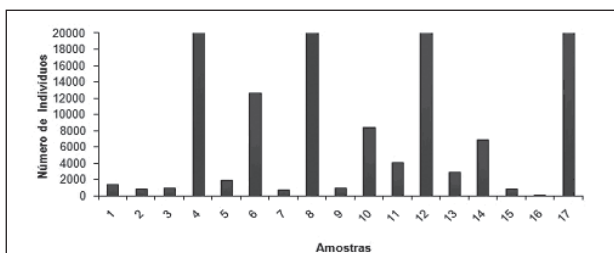


Figura 3 Abundância absoluta de foraminíferos nas amostras do interior da baía de Guanabara.

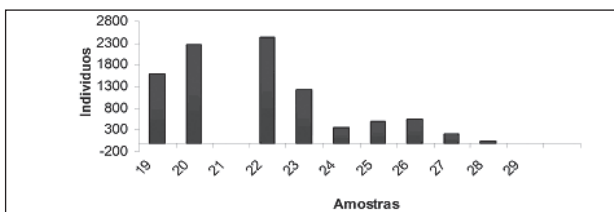


Figura 4 Abundância absoluta de foraminíferos nas amostras da entrada da baía.

Na região adjacente à baía, apesar da abundância menor do que no interior, na maioria das amostras foi significativa com exceção das amostras 21 em Copacabana, 28 e 29 na entrada, e 27 em Piratininga (Figura 4).

No interior da baía, na região noroeste foram encontrados 24 gêneros, sendo dois calcários porcelanosos (*Quinqueloculina*, *Triloculina*), três aglutinantes (*Trochammina*, *Reophax* e *Textularia*) e o restante calcário-lamelar (*Ammonia*, *Bolivina*, *Bulimina*, *Bulimina*, *Elphidium*, entre outras), totalizando 38 espécies. Na região central foi observado um total de 28 gêneros sendo quatro espécies calcárias porcelanosas pertencentes aos gêneros *Quinqueloculina*, *Triloculina* e *Miliolinella* e o restante calcário-lamelar, dos gêneros *Ammonia*, *Bolivina*, *Bulimina*, *Elphidium*, entre outros, totalizando 57 espécies nesta região.

As amostras localizadas na entrada da baía de Guanabara apresentaram um total de 62 espécies de foraminíferos incluídas em 32 gêneros entre os aglutinantes, calcários porcelanosos e calcários la-

melares. Todas as amostras que apresentaram abundância significativa apresentaram riqueza de espécies expressiva.

Ammonia tepida foi dominante em praticamente todas as amostras e *A. parkinsoniana* apresentou dominância na região central em quatro amostras e em duas na região noroeste, sendo encontrada em quase todas as amostras, exceto na 16, no Cais do Porto. *Buliminella elegantissima* foi observada em todas as amostras sendo dominante nas amostras 3, 5, 7 e 11. *Bulimina marginata* foi dominante na região noroeste nas amostras 1 e 2 e em uma amostra situada no canal central, amostra 9. *Bolivina lowmani* foi dominante apenas na região central, nas amostras 7 e 15. A espécie *Quinqueloculina seminulum* foi dominante na região central.

A diversidade de Shannon (H') apresentou valores mais altos nas amostras da região costeira, com valores entre 2,5 e 3, do que no interior da baía, com valores entre 1 e 2,5 (Figuras 5 e 6).

A equitatividade de espécies acompanhou a diversidade tendo menores valores para as amostras

com maior dominância de espécies como pode ser observado principalmente na amostra 2, na região noroeste, e 12, na região central próxima à Ilha do Governador. A diversidade quando correlacionada com o COT apresentou uma tendência inversamente proporcional. A amostra com maior dominância a 23 e mais homogênea a 25, ambas em Piratininga. A amostra 16, situada no Cais do Porto devido ao baixo número de indivíduos não teve os índices calculados.

Nas amostras selecionadas para avaliação de espécies típicas de plataforma, em que foram triados 300 espécimes, foi observada a presença das seguintes espécies típicas (Tabela 2 e Figuras 7 e 8): *Buccella peruviana*, *Cassidulina crassa*, *Globocassidulina subglobosa*, *Cibicides refulgens*, *Eponides repandus*, *Fissurina laevigata*, *Lagena laevis*, *Hanzawaia boueana*, *Nonionella opima*, *Pararotalia cananeaensis*, *Pseudononion cuevasensis*, *Triloculina laevigata*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Q. costata*, *Q. patagonica*, *Q. seminulum*, *Rosalina floridana*, *Triloculina trigonula*, *T. oblonga* e espécies do gênero *Bolivina*. As espécies *Fissurina laevigata*, *Lagena laevis*, *Hanzawaia boueana* e

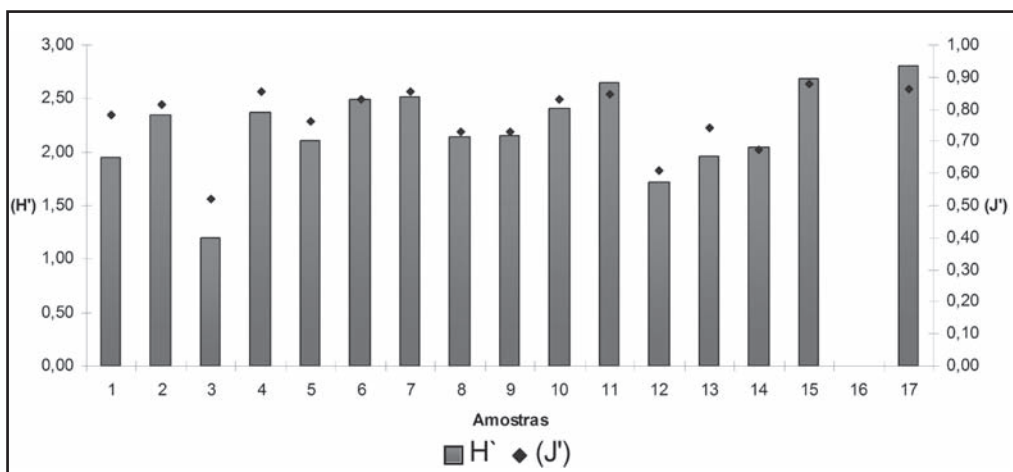


Figura 5 Diversidade (H') e equitatividade (J') nas amostras do interior da baía.

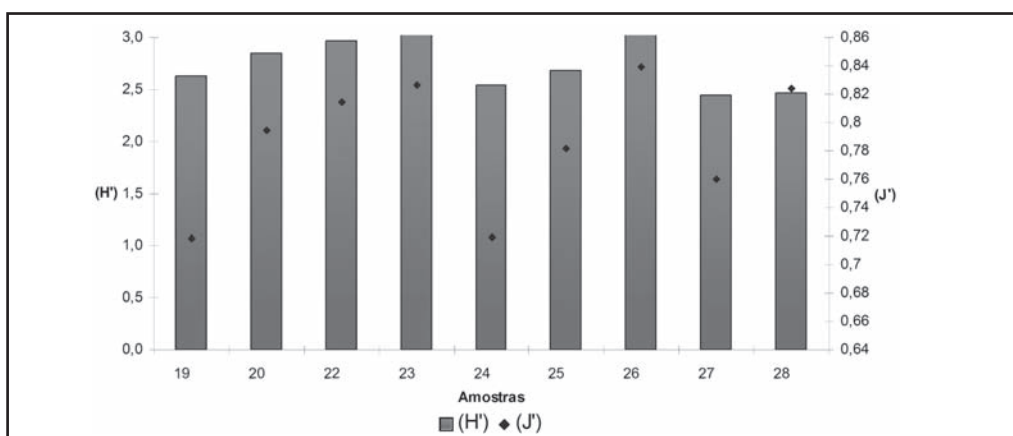


Figura 6 Diversidade (H') e equitatividade (J') nas amostras da região costeira.

Nonionella opima não foram observadas na região costeira, apenas no interior da baía. Com exceção de *Quinqueloculina seminulum*, todas as outras espé-

cies foram encontradas em uma baixa porcentagem, sendo na maioria dos casos, espécies raras e com sinais de fragmentação e desgaste.

Amostras/Espécies	3	5	7	8	10	12	14	15
<i>Bolivina donieze</i>	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02
<i>Bolivina lowmani</i>	0,00	0,07	0,12	0,01	0,05	0,06	0,00	0,12
<i>Bolivina minima</i>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bolivina ordinaria</i>	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
<i>Bolivina pulchella</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Bolivina sphaulata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Bolivina striatula</i>	0,02	0,00	0,03	0,04	0,03	0,01	0,00	0,02
<i>Bolivina translucens</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
<i>Buccella peruviana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<i>Bulimina marginata</i>	0,00	0,01	0,03	0,02	0,02	0,06	0,00	0,01
<i>Bulimina costata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
<i>Bulimina elongata</i>	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,04	0,00	0,03
<i>Bulimina patagonica</i>	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
<i>Cancris sagra</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0,00	0,03
<i>Cassidulina crassa</i>	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,01
<i>Cibicides refulgens</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Discorbis bertheloti floridensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Discorbis williansoni</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cibicides akerianus</i>	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Eponides repandus</i>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
<i>Fissurina marginata</i>	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
<i>Fursekoina pontoni</i>	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,00
<i>Fursenkoina sp.indet.</i>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lagena laevis</i>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lagena sp.1</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Miliollinella subrotunda</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nodosaria subscalaris</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nonion depressulum</i>	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02
<i>Nonionella atlantica</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nonionella opima</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
<i>Pseudononion cf. japonicum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudononion grateloupi</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudononion cuevasensis</i>	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudononion atlanticum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
<i>Triloculina laevigata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
<i>Quinqueloculina candeiana</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Quinqueloculina costata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
<i>Quinqueloculina patagonica</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00
<i>Rosalina floridana</i>	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	0,04	0,01	0,05
<i>Textularia earlandi</i>	0,06	0,02	0,01	0,09	0,05	0,00	0,02	0,04
<i>Triloculina trigonula</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Triloculina oblonga</i>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
COT(%)	4,90	3,90	3,40	3,30	1,20	4,20	4,60	4,40

Tabela 2 Porcentagem de gêneros e espécies marinhas, e valores de COT observados no interior da baía de Guanabara (amostras 3, 5, 7, 8, 10, 12, 14 e 15).

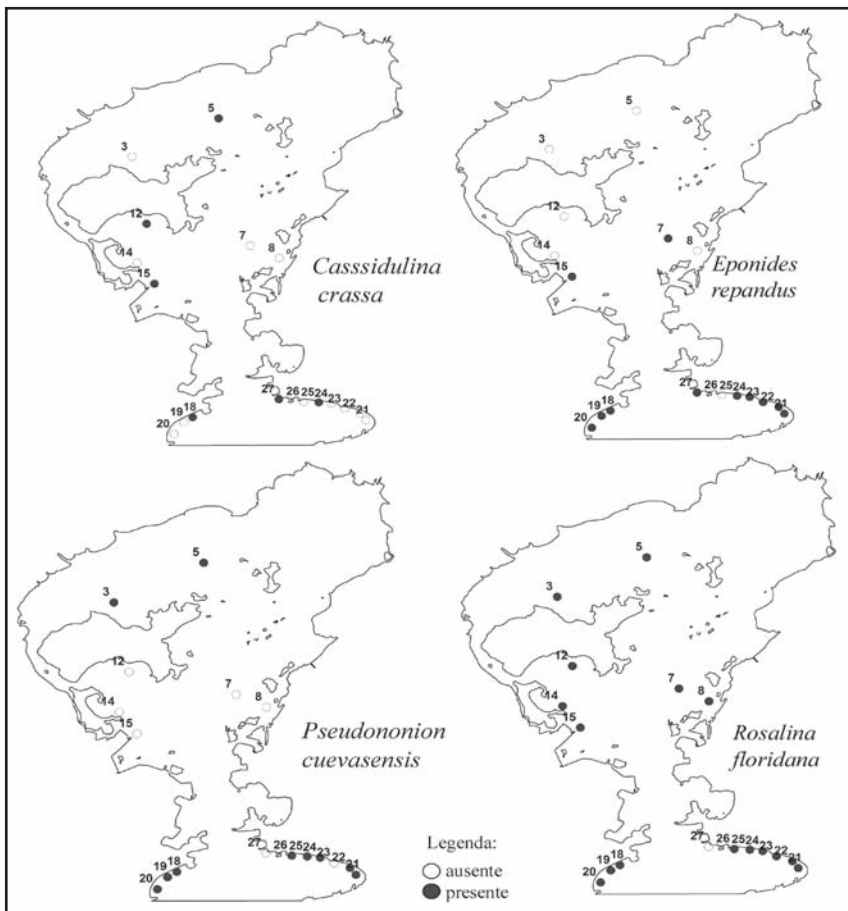


Figura 7 Distribuição *Cassidulina crassa*, *Eponides repandus*, *Pseudononion atlanticum* e *Rosalina floridana*, típicas de plataforma nas amostras da região costeira e do interior da baía.



Figura 8 Distribuição de *Cibicides refulgens*, *Pararotalia cananeiaensis*, *Quinqueloculina lamarckiana* e *Globocassidulina subglobosa*, típicas de plataforma nas amostras da região costeira e do interior da baía.

4 Discussão

De acordo com Saliot (1994) os percentuais de matéria orgânica variam de 0,7 a 5% em ambientes estuarinos, enquanto Tissot (1979, *apud* Figueira, 2006), apresenta que o valor médio de matéria orgânica para sedimentos estuarinos em condições naturais é de 2,2%. Deste modo, praticamente todas as amostras apresentaram teores de COT considerados altos mesmo para ambientes estuarinos. Santos (2008), observou em testemunhos coletados na baía de Guanabara valores de *background* (naturais do ambiente) elevados, porém ressaltou que, de 4000 anos AP até 2001, os teores foram intensificados. Esse aumento dos teores do COT também foi observado por Figueira (2006) e, em ambos os trabalhos, o aumento foi associado a maior ação antrópica na baía, principalmente nos últimos séculos, devido ao aumento populacional aliado ao maior uso do solo na agricultura, e à proliferação de indústrias no século XX que causaram um enorme volume de esgoto doméstico e industrial, e lixo *in natura* lançados nas águas da baía.

Na região noroeste as condições de degradação se intensificam, comprovadas por estudos de Pereira (2004), que observou condições de pH ácido, altos teores de matéria orgânica e anoxia. Essa região também foi considerada contaminada por coliformes fecais (Carreira & Wagner, 2003), e hidrocarbonetos e seus derivados (Oliveira, 2008). Segundo Baptista-Neto *et al.*, (2006) a região noroeste apresentou altas concentrações de zinco, cobre e chumbo.

A abundância de foraminíferos nas amostras da região costeira foi alta, porém menor do que nas amostras do interior da baía provavelmente devido aos baixos teores de matéria orgânica e à dinâmica de ondas e correntes. Segundo Boltovskoy (1965), a maior quantidade de foraminíferos ocorre em sedimentos de granulometria fina, pelo fato deste ambiente estar associado ao acúmulo de nutrientes.

A diversidade de espécies de foraminíferos, quando correlacionada com o COT, no interior da baía apresentou tendência inversamente proporcional, o que já havia sido constatado em trabalhos anteriores na baía de Guanabara desenvolvidos por Vilela *et al.*, (2003, 2004), Figueira *et al.* (2007), Santos *et al.* (2007). Corroborando esses resultados, Yanko *et al.* (1994) e Culver & Buzas (1995), verificaram respostas semelhantes em outras regiões e latitudes do globo terrestre.

A diversidade e riqueza de espécies nas amostras da entrada da baía foram consideradas altas,

sendo um pouco maiores do que as encontradas no interior, apesar da hidrodinâmica dessa área, pois de acordo com Catanzaro (2002), citando relatório de JICA (1994), as maiores velocidades das correntes foram observadas próximas à barra de entrada.

O gênero *Bulimina* é constituído por espécies heterobataias com uma larga distribuição geográfica. A espécie *Bulimina marginata*, apresenta baixa abundância em todas as amostras da entrada da baía, possivelmente devido aos baixos valores de COT observados nessa região. Segundo com Alavi (1988) e Seigle (1968) esta espécie é assinalada em sedimentos ricos em matéria orgânica. Possui ocorrência significativa no interior da baía, na região noroeste, juntamente com *B.elegantissima* e *T. earlandi*, também indicativas de matéria orgânica.

Em relação à dominância de espécies pode-se observar que todas as espécies dominantes foram marinhas, além de *Ammonia tepida* que é uma espécie cosmopolita. Na região noroeste e central as principais espécies dominantes foram *A. tepida* e *A. parkinsoniana*, sendo na região noroeste observada também a presença de *B. elegantissima*, *B. marginata*, *Reophax nana* e *Trochammina inflata*, porém as últimas em menor frequência.

Ammonia tepida é uma espécie oportunista, podendo tolerar mudanças em que outras espécies não resistem (Yanko *et al.*, 1994; Alve, 1995; Culver & Buzas, 1995; Sen Gupta *et al.*, 1996), como elevadas concentrações de metais pesados, esgotos e lixo domésticos (Vilela *et al.*, 2003, 2004; Figueira, 2006; Santos, 2008). Segundo Sen Gupta (1996), também a *Ammonia parkinsoniana* tolera baixos teores de oxigênio. Em trabalhos realizados em testemunhos na baía de Guanabara (Vilela *et al.*, 2007; Figueira *et al.*, 2007; Santos, 2008), foi observado que desde o período pré-colonial até os anos mais recentes o aumento da poluição antrópica influenciou diretamente nas estruturas das assembleias de foraminíferos, sendo a dominância da espécie *A. tepida* relacionada com os anos mais recentes, os mais impactados.

Buliminella elegantissima é uma espécie característica de ambientes com baixas taxas de oxigênio e rica em matéria orgânica de origem natural ou antropogênica (Culver & Buzas, 1995). *Textularia earlandi*, assim como a *Buliminella elegantissima*, é uma espécie que pode ser correlacionada com altos valores de matéria orgânica. Alve (1995) constatou que essa espécie foi dominante em áreas contaminadas com matéria orgânica, tendo a sua abundância aumentada em áreas com despejos do-

mésticos devido à diminuição da salinidade. Neste estudo, a presença expressiva de *B. elegantissima* em amostras da região noroeste e do porto foi uma resposta ao alto teor de COT e a um ambiente rico em matéria orgânica.

4.1 Influência Marinha no Interior da Baía de Guanabara

Pararotalia cananeaensis foi dominante na região costeira adjacente à baía possuindo significativa frequência de ocorrência nessa área. Segundo Debenay *et al.* (2001), essa espécie pode ser correlacionada com altas salinidades, temperaturas e velocidades de correntes sendo descrita como indicadora de influência marinha em ambientes costeiros e parálicos brasileiros. No presente estudo, *P. cananeaensis* foi observada na entrada da baía de Guanabara como também no interior da baía, na região central e na região noroeste. Pereira (2004) observou essa espécie na baía de Guanabara no Canal de Bertiooga, inferindo a influência marinha na entrada dessas regiões.

Eponides repandus é encontrada nas regiões de plataforma brasileiras em distintas latitudes, como na plataforma média amazônica e interna de Cabo Frio (Vilela *et al.*, 2003; Santiago, 2012), tendo sido observada tanto na região costeira como no interior da baía de Guanabara.

Globocassidulina subglobosa foi a espécie presente na entrada da baía com maior frequência de ocorrência no interior da baía de Guanabara. Essa espécie, de acordo com Schmiel *et al.* (1997, *apud* Martins & Gomes, 2004) parece estar adaptada ao baixo fluxo de matéria orgânica e aumento da velocidade das correntes de fundo, como ocorreu no presente estudo. Neste caso, sua ocorrência nas amostras da região noroeste pode ter sido devido ao seu transporte pelas correntes.

Buccella peruviana também teve dominância na entrada, porém com menor frequência de ocorrência no interior da baía. Essa espécie de acordo com Boltovskoy (1959a, b), é característica da Corrente das Malvinas caracterizando, portanto, a influência indireta de correntes do sul na entrada da baía. Pode ter havido o transporte para o interior da baía, já que há baixa ocorrência e abundância nesta região. O mesmo provavelmente ocorreu com a espécie *Cassidulina crassa*, pois o mesmo autor cita essa espécie também como característica da corrente de águas frias, porém essa espécie teve baixa abundância e ocorrência na região costeira. Boltovskoy (1959a)

considerou que a Corrente das Malvinas tem seu limite de influência no Brasil na latitude limite de Cabo-Frio. Segundo Stevenson *et al.* (1998) componentes derivados da Corrente das Malvinas carregam a fauna que inclui espécies de foraminíferos bentônicos e planctônicos, ostracodes e microbivalves. O autor encontrou espécimes da *Buccella peruviana* indicando a intensa influência marinha no interior da baía de Sepetiba e na região costeira da mesma.

Textularia agglutinans e *T. conica* são características de ambiente de baía, de acordo com (Murray, 1991), assim como *Pseudononion cf. japonicum*, porém não foram observadas no interior da baía, apesar de terem aparecido com significativa frequência de ocorrência na região costeira.

O gênero *Quinqueloculina* apareceu com bastante frequência dentro da baía, apesar de não ter sido dominante em nenhuma amostra da entrada. *Q. seminulum*, encontrada com significativa frequência de ocorrência e abundância no interior da baía, é uma espécie cosmopolita, não sendo afetada, significativamente por mudanças de temperatura (Boltovskoy, 1980). Trata-se de uma espécie oportunista em ambientes sob estresse sujeitos a poluição antrópica (Alve, 1995; Culver & Buzas, 1995; Collins *et al.*, 1995; Yanko *et al.*, 1999). De acordo com Pereira (2004), a alta abundância dessa espécie nas porções mais internas da baía de Guanabara evidencia um transporte dessa espécie para tais locais da mesma forma que a colonização, evidencia a adaptação desses organismos a baixos valores de oxigênio. No entanto, Vilela *et al.* (2003) encontrou dominância de *Q. seminulum* em regiões mais confinadas e poluídas da baía, sendo uma das três espécies mais abundantes em coletas realizadas em 1999.

As famílias Cibicidae, Discorbidae, Rosalinidae, Galvenellidae, indicam regiões costeiras e ricas em matéria orgânica possuindo hidrodinâmica de média a alta (Boltovskoy 1959b). A espécie *Rosalina floridana*, e espécies do gênero *Discorbis*, encontradas no presente estudo na região central da baía em maior frequência do que na região noroeste, comprovam tais características nesta área.

Espécies de *Lagena*, *Fissurina* e *Pseudononion*, que são gêneros característicos de ambiente marinho segundo Debenay (1990), foram observadas em baixa abundância e ocorrência no interior da baía, ocorrendo principalmente na região central. A baixa abundância e frequência dessas espécies acima, bem como a má preservação de suas tecas no interior da baía são indicativas de transporte das tecas para o interior da baía sendo, portanto, alóctones.

Na região central também foram observados gêneros que, segundo Murray (1991), são tipicamente marinhos como *Lagena*, *Rosalina*, *Nonionella*, *Discorbis*, *Cibicides*, *Pararotalia* entre outros. A influência marinha também foi registrada por Wanderley *et al.* (2011) que observou a presença de nanofósseis no interior da baía de Guanabara pela primeira vez, como a espécie *Discophaera tubifer*, sugerindo como causa os padrões de correntes de marés da baía. Deste modo, pode-se comprovar a influência marinha na microfauna desta região em comparação com o interior da baía que possui uma microfauna dominante oportunista, além de alguns representantes marinhos provavelmente transportados pelas correntes. A Água Central do Atlântico Sul (ACAS) contribui com a formação da massa de água do interior da baía (Bérgamo, 2006), sendo sua influência provavelmente a responsável pela entrada das espécies de plataforma no interior da baía.

5 Conclusões

Uma alta dominância de foraminíferos adaptados a condições de elevado conteúdo em COT foi identificada no interior da baía de Guanabara, com a presença de espécies oportunistas, como *Ammonia tepida* e *Buliminella elegantissima*. São espécies adaptadas a baixos teores de oxigênio e alto conteúdo em matéria orgânica, encontradas principalmente na região noroeste como resposta às condições de estresse.

Foram registradas espécies marinhas provavelmente transportadas pelas correntes que contribuíram para se medir a influência das áreas costeiras e de plataforma dentro da baía. A presença de espécies características de águas frias, como *Buccella peruviana* e *Bulimina patagonica*, pode indicar a influência das correntes frias na entrada e na região central, como possível transporte pela ação da ACAS. *Pararotalia cananeaensis* infere condições marinhas no interior da baía, juntamente com *Eponides repndus* e *Globocassidulina subglobosa*, entre outras.

Desta forma, apesar do alto nível de estresse antropogênico, foi possível caracterizar uma influência bastante atuante das correntes marinhas, podendo ser um importante registro para ações de conservação, preservação e recuperação da baía.

6 Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no MicroCentro, Laboratório de Análise Micropaleontológica,

Departamento de Geologia UFRJ. Os autores agradecem à Universidade Corporativa PETROBRAS pela concessão de uma bolsa de mestrado durante o trabalho, a Denize Santos Costa (CENPES/ PETROBRAS) pela orientação durante o desenvolvimento da pesquisa, a Valquíria Porfírio Barbosa (CENPES/ PETROBRAS) pelo apoio nas interpretações e a Marize Muniz da Silva pela ajuda durante o desenvolvimento do trabalho.

7 Referências

- Alavi, S.N. 1988. Late Holocene deep-sea benthic foraminifera from sea of Marmara. *Marine Micropaleontology*, 13:213-237.
- Alve, E. 1995. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3): 190-203.
- Amador, E.S. 1997. *Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos - Homem e Natureza*. Rio de Janeiro, Reproarte Gráfica e Editora, 529 p.
- Baptista Neto, J.A.; Gingele, F.X.; Leipe, T. & Brehme, I. 2006. Espacial distribution of heavy metals in superficial sediments from Guanabara Bay: Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Geology*, 49: 1051-1063.
- Bérgamo, A.L.; Miranda, L.B.; Eichler, B. & Kjerfve, B. 2001. Tidal Variability of Hydrographic Properties and Circulation in the Guanabara Bay Mouth (RJ, Brazil). In: IAPSO - SYMPOSIUM REGIONAL ESTUARINE AND COASTAL SYSTEMS OF AMERICAS, 2001, Mar Del Plata.- IAPSO, CD-Rom.
- Boltovskoy, E. 1959a. *Foraminíferos recientes del Sur de Brasil y sus relaciones con los de Argentina e India Del Oeste*. Servicio de Hidrografía Naval, H. 1005, 124p, I-XX pls, Buenos Aires.
- Boltovskoy, E. 1959b. Foraminifera as biological indicators in the study of ocean currents. *Micropaleontology*, 5(4): 473-481.
- Boltovskoy, E. 1965. *Los foraminíferos recientes*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, 510p.
- Boltovskoy, E. & Wright, R. 1976. *Recent Foraminifera*. Dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague, 515p.
- Boltovskoy, E.; Giussiani, G.; Watanabe, S. & Wright, R. 1980. *Atlas of benthic shelf foraminifera of the southwest Atlantic*. Dr. W. Junk by publishers The Hague. 147p.
- Boltovskoy, E. & Totah, V. 1985. Diversity, similarity and dominance in benthic foraminiferal fauna along one transect of the Argentine shelf. *Revue Micropaleontologie*, 28(1): 23-31.
- Brasier, M.D. 1980. Phylum Sarcodina-Foraminifera In: *Microfossils*. Londres, Unwin Hyman, p. 90-121.
- Cantazaro L.F.; Baptista Neto, J.A.; Guimarães, M.S.D. & Silva, C.G. 2004. Distinctive processes in Guanabara Bay-SE/ Brazil based on the analysis of echo-character (7.0kHz). *Revista Brasileira de Geofísica*, 22(1): 69-83.
- Cardoso, P.B.P.K. 2005. *Análise tafonômica de testas de foraminíferos em sedimento de sub-superfície e superfície da baía de Guanabara (RJ-Brasil)*. Programa de Pós-graduação em Oceanografia. Universidade Estadual de São Paulo. Dissertação de Mestrado, 134p.
- Carreira, R. & Waggener, A.L.R. 2003. Caracterização da matéria orgânica sedimentar na Baía de Guanabara

- través de marcadores moleculares. *Anuário do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 26: 70-91.
- Collins, E.S.; Scott, D.B.; Gayes, P.T. & Medioli, F.S. 1995. Foraminifera in Winyah Bay and North inlet marshes, South Carolina: relationship to local pollution sources. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3):212-213.
- Culver, S.J. & Buzas, M.A. 1995. The effect of anthropogenic habitat disturbance, habitat destruction, and global warming on shallow marine benthic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3): 204-211.
- Cushman, J.A. 1922. Shallow water foraminifera of the Totugas region Publication of the Carnegie Institute of Washington, 311(17): 85p., 14est.
- Cushman, J.A. 1929. The foraminifera of the Atlantic Ocean. Part. 7-Nonionidae, Carmerinidae, Peneroplidae and Alveolinellidae. *United States Natural History Museum Bulletin*, 104: 79p.
- Cushman, J.A. 1930. The foraminifera of the Atlantic Ocean. Part. 6-Miliolidae, Ophalmidiidae and Fischerinidae. *Bulletin United States National Museum*, 104: 129p.
- Cushman, J.A. 1942. The Foraminifera of the tropical Pacific collections of the "Albross", 1919-1900. Smithsonian Institution Washington, D.C., Part. 3-Heterohelicidae and Buliminidae, *Bulletin* 161, 67p., 15pls.
- Cushman, J.A. & Parker, F.L. 1947. Bulimina and related foraminiferal genera. *Professional Papers U.S. Geological Survey*, 210: 55-156.
- Dajoz, R. 1993. *Ecologia Geral*. Ed. Vozes 4ªed. Petrópolis, 475p.
- Debenay, J.P. 1990. Recent foraminiferal assemblages and their distribution relative to environmental stress in the paralic environments of west Africa (capetimiris to Ebrie lagoon). *Journal of Foraminiferal Research*, 20(3): 267-282.
- Debenay, J.P.; Duleba, W.; Bonetti, C.; Melo e Souza, S.H. & Eichler, B.B. 2001. *Pararotalia cananeaensis* N. SP. Indicator of marine influence and water circulation in Brazilian coastal and paralic environmental. *Journal of Foraminiferal Research*, 31(2): 152-163.
- Ellis, B.F. & Messina, A.R. 1940-*et seq.* *Catalogue on Foraminifera, 2006 The Micropaleontology Project, Inc.*: http://www.micropress.org/e_m.html.
- Fatela, F. & Tabora, R. 2002. Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages. *Marine Micropaleontology*, 45: 169-174.
- Figueira, B.O. 2006. *Foraminíferos em sedimentos da Baía de Guanabara e lagoa de Itaipu, Rio de Janeiro: variações ecológicas e dos níveis de poluição durante o Holoceno final e período pré-histórico*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 160p.
- Figueira, B.O.; Vilela, G.G. & Baptista Neto J.A. 2007. Avaliação da poluição antrópica usando padrão de distribuição de espécies de foraminíferos provenientes de testemunhos da baía de Guanabara. *Anuário do Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 30(1): 141-153.
- IBGE. 2009. Instituto Brasileiro <http://www.ibge.gov.br/cidadesat> (acessado em 24 de maio de 2009).
- Kjerfve, B.; Ribeiro, C.H.A.; Dias, G.T.M.; Filippo, A.M. & Quaresma, V.S. 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Continental Shelf Research*, 17 (13): 1609-164.
- Larsonneur, C. 1977. La cartographie de's depots meubles sur le plateau continental français: method mise du points et utilisée em manche. *Journal Redi Oceanographic*, 2: 34-39.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold Ed., 970p., 847est.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1992. *Present status of Foraminiferal Classification*. BENTHOS, 90. Tokai University Press. 93-102.
- Martins V. & Gomes V. 2004. *Foraminíferos da Margem Continental NW Ibérica: sistemática e ecologia*. Portugal, Ed. Gomes, 377p.
- Mayr, L.M. 1998. *Avaliação ambiental da Baía de Guanabara com o suporte do Geoprocessamento*. Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 165p.
- Murray, J.W. 1991. *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. Longman scientific & Technical, Bath, 397p.
- Murray, J.W. 2006. *Ecology and applications of benthic foraminifera*. Cambridge University Press. 426p.
- Oliveira, E.A. 2008. *Distribuição dos componentes orgânicos particulados e moleculares na Baía de Guanabara: Avaliação da contaminação por petróleo e seus derivados*. Programa de Pós-graduação em Geologia/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de doutorado, 397p.
- Pereira, E.R.M. 2004. *Resposta dos Foraminíferos aos fatores estressantes em uma baía costeira impactada- Baía de Guanabara (RJ)*. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Estadual de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 165 p.
- Quaresma, V.S., 1997. *Caracterização da dinâmica sedimentar da baía de Guanabara, RJ*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 97p.
- Saliot, A. 1994. Biogéochimie Organique Marine: Notes de Cours à l'Université Pierre et Marie Curie, Paris. Série de Documents Océanographiques. Institut Oceanographique, Paris, 20 (1/2): 197.
- Santiago, N.L. 2012. *Distribuição de metais pesado e dos foraminíferos bentônicos da região costeira adjacente às ilhas de Cabo Frio e Búzios, RJ*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 255p.
- Santos, P.T.; Vilela, C.G. & Baptista Neto, J.A. 2007. Análise multivariada de dados ecológicos da baía de Guanabara-RJ, com base em foraminíferos bentônicos. *Anuário do Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro* 30(1): 101-108.
- Santos, P.T. 2008. *Histórico ambiental da baía de Guanabara no Holoceno, com base em foraminíferos bentônicos, análises geoquímicas e ecologia numérica*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 158p.
- Seigle, G.A. 1968. Foraminiferal as indicators of high organic carbon content in sediment and of polluted waters. *The American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 52: 2231-2241.
- Semensato-Jr, D.L. & Dias Brito, D. 2007. Alternative saline solutions to float foraminiferal tests *Journal of Foraminiferal Research*, 37(3): 265-267.
- Sen Gupta, B.K.; Turner, R.E. & Rabalis, N.N. 1996. Seasonal oxygen depletion in continental-shelf waters of Louisiana: Historical record of benthic foraminifers. *Geology*, 3: 227-230.

- Shannon, C. 1949. The mathematical theory of communication
Urbana, The University of Illinois Press.
- Stevenson, M.R.; Dias-Britto, D.; Stech, L. & Kampel, M. 1998.
How do cold water biota arrive in a tropical bay near
Rio de Janeiro, Brasil? *Continental Shelf Research*,
18:1595-1691.
- Vilela, C.G. 2003. Taphonomy of benthic foraminiferal tests of
the Amazon shelf. *Journal of Foraminiferal Research*,
33: 132-143.
- Vilela, C.G.; Sanjines, A.E.S.; Ghiselli Jr, R.O.; Mendonça
Filho, J.G.; Baptista Neto, J.A. & Barbosa, C.F. 2003.
Search for Bioindicators of pollution in the Guanabara
Bay: Integrations of ecology patterns. *Anuário do
Instituto de Geociências- Universidade Federal do Rio
de Janeiro*, 26: 25-35.
- Vilela, C.G.; Batista, D.S.; Baptista-Neto, J.A.; Crapez, M. &
McAllister, J.J. 2004. Benthic foraminifera distribution
in high polluted sediments from Niterói Harbor
(Guanabara Bay), Rio de Janeiro, Brazil. *Anais da
Academia Brasileira de Ciências*, 76(1): 161-171.
- Vilela, C.G.; Figueira, B.O. & Baptista-Neto, J.A. 2007.
Ecology and paleoecology in Guanabara Bay, Rio de
Janeiro, during the last 6000 years based in benthic
foraminifera assemblages variations. In: CARVALHO,
I. S. CASSAB, R. C.T.; SCHWANKE, C; CARVALHO,
M.A.; FERNANDES, A.C. S.; RODRIGUES, M. A.
C.; CARVALHO, M. S. S.; ARAI, M. & OLIVEIRA,
M.E.Q (Eds.). *Paleontologia: Cenários da Vida*, Editora
Interciências, 2:345-361.
- Vilela, C.G.; Macedo, M.C. & Baptista-Neto, J.A. 2010.
Monitoramento do impacto antrópico após o grande
derramamento de óleo em 2000 na Baía de Guanabara,
Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE
GEOLOGIA, 45, Belém, *Anais*, CD-Rom
- Wanderley, M.D.; Delfino, D.O. Cardoso, M.N. & Vilela,
C.G. 2011. Nanofósseis calcáreos na baía de
Guanabara. In: CARVALHO, I.S; SRIVASTAVA,
N. K.; STROHSCHOEN JR, O.; LANA, C.K.(Eds.).
Paleontologia: cenários da vida, Editora Interciência,v
3, p. 201-300.
- Yanko, V.; Kronfeld, J. & Flexer, A. 1994. Response of benthic
foraminifera to various pollution sources: implications
for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal
Research*, 4(1): 1-17.
- Yanko, V.; Arnold, A.J & Parker, W.C. 1999. Effects of marine
pollution on benthic foraminifera. In: SEN GUPTA,
B.K. (ed.). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic
Publishers, Dordrecht, the Netherlands, p. 217-235.