



**Análise Biofaciológica do Litoral de Cabo Frio,
Rio de Janeiro, com Base em Foraminíferos Bentônicos**

Biofacies Analysis of the Cabo Frio Coast, Rio de Janeiro, Based in Benthic Foraminifera

Daniel Coré Guedes¹; Claudia Gutterres Vilela¹; José Antonio Baptista Neto²;
Mariana Cardoso Macedo¹; Neyva de Lima Santiago¹ & Regina Lucia Machado Bruno

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

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

²Instituto de Geociências, Lagemar/Universidade Federal Fluminense, Av. Litorânea s/n, Gragoatá, 24210-340 Niterói, RJ

E-mails: danielcoreguedes@yahoo.com.br; vilela@geologia.ufrj.br;

jabneto@id.uff.br; santiagoNEYVA@yahoo.com.br; regi_luci4@yahoo.com.br

Recebido em: 15/09/2014 Aprovado em: 25/03/2015

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2015_1_157_169

Resumo

Em julho de 2009, foram coletadas amostras de fundo na plataforma continental interna de Cabo Frio – RJ, em frente à Praia do Perú, com o objetivo de caracterizar ambientalmente tal área através do estudo de foraminíferos bentônicos. A área estudada está compreendida entre as latitudes 22°S e 23°S e longitudes 41°W e 42°W e apresenta profundidade da lâmina d'água variando de 10 a 30 m. No laboratório as amostras foram lavadas, secas em estufa, quarteadas, triadas e classificadas taxonomicamente. Foram analisadas 37 amostras, sendo quase todos os espécimes triados, identificados em espécies. As amostras com maiores abundância, riqueza e diversidade foram encontradas em regiões mais profundas ou afastadas da costa, contendo mais do que 5.000 indivíduos. Três amostras abundantes foram encontradas na entrada sul, próximas à Ponta do Perú. Observou-se a presença de grande quantidade de espécimes quebrados, indicando a dinâmica das correntes na região. Em geral as espécies *Poroeponides lateralis* e *Eponides repandus*, típicas de plataforma, e a espécie *Bulimina marginata*, típica de ambientes proximais, apareceram como dominantes (presentes com percentual igual ou maior do que 10%). As espécies *Quinqueloculina agglutinans* e *Textularia agglutinans* foram principais em sete amostras (presentes com percentual igual ou maior do que 5%). A presença de *Buccella peruviana* caracteriza a influência das correntes do sul do Brasil na plataforma de Cabo Frio. Foram encontradas 10 amostras estéreis, em geral localizadas em regiões mais rasas. Apesar das amostras localizarem-se na plataforma interna e portando em baixa profundidade, 30% das amostras apresentaram diversidade e abundância elevadas, provavelmente como efeito da ressurgência que ocorre na região. Foram identificadas três biofácies. Duas delas se caracterizaram pela variação de um ambiente proximal para um ambiente de plataforma, sendo que em uma dessas duas foi identificada a abundância da espécie *Buccella peruviana*. A outra biofácies apresentou abundância de espécimes quebrados.

Palavras-chave: foraminíferos bentônicos; plataforma continental; ressurgência; Cabo Frio

Abstract

In July 2009, samples from the sediment-water interface were collected on the Cabo Frio - RJ inner shelf, in front of the Perú Beach, in order to characterize environmentally this area through the study of benthic foraminifera. The study area lies between the latitudes 22°S and 23°S, and the longitudes 41°W and 42°W and presents water depths ranging from 10m to 30 m. In the laboratory the samples were washed, dried in an oven, splitted and taxonomically classified. Thirty-seven samples were analyzed and almost all specimens were identified in species. The samples with higher abundance, richness and diversity were found in deeper regions far away from the coast, containing more than 5000 individuals. Three abundant samples were found in the south entrance, near the Ponta do Perú. The presence of abundant broken specimens was observed, indicating the current dynamics in the region. Overall the species *Poroeponides lateralis* and *Eponides repandus*, typical from the shelf, and *Bulimina marginata*, typical species of proximal environments, appeared as dominant (present with a percentage of 10% or more). *Quinqueloculina agglutinans* and *Textularia agglutinans* were considered principal species in seven samples (present with a percentage of 5% or more). The presence of *Buccella peruviana* characterizes the influence of the currents from the south of Brazil in the Cabo Frio shelf. Ten barren samples were found, most of them located in shallower regions. Although the samples are located in the inner shelf and at low depth, 30% of the samples had high abundance and diversity, probably by the upwelling effects which occur in the region. Three biofacies were identified. Two of them were characterized by changes from a proximal environment to a shelf environment and, in one of these two, the abundance of *Buccella peruviana* was observed. The other biofacies presented broken specimens in abundance.

Keywords: benthic foraminifera; continental shelf; upwelling; Cabo Frio

1 Introdução

Foraminíferos são microorganismos pertencentes ao Reino Protoctista, Filo Granuloreticulosa, Classe Foraminifera, possuem 16 ordens e vivem sobretudo em ambientes marinhos (Sen Gupta, 1999). Possuem hábito bentônico (surgiram no Cambriano) ou planctônico (surgiram no Jurássico). Possuem carapaça ou teca de formas variadas, de constituição calcária (composta por carbonato de cálcio), aglutinante (aglutinada por partículas do sedimento em que vivem) ou, mais raramente, orgânica ou silicosa (Vilela, 2011). Com a morte do organismo, sua carapaça fica preservada no sedimento.

A determinação de paleoambientes pode ser bem detalhada com o estudo desses microfósseis (Boltovskoy, 1965; Murray, 2006). Tais organismos e suas tecas encontradas nos sedimentos indicam com precisão características como profundidade, salinidade, temperatura, níveis de oxigênio, características do substrato e energia do meio em que viveram, o que permite a reconstituição ambiental e paleoambiental da área estudada.

A caracterização de biofácies através de foraminíferos auxilia e complementa a interpretação paleoecológica. A biofácies é definida como uma associação de organismos, encontrados em rochas sedimentares, representando um ambiente deposicional particular. Não leva em conta o caráter litológico dos sedimentos fossilíferos e seu uso pode ou não ser restrito a uma unidade litoestratigráfica (Emery & Myers, 1996).

2 Objetivos

Caracterizar ambientalmente a área da plataforma continental interna de Cabo Frio através do estudo de foraminíferos bentônicos, verificando padrões ecológicos de distribuição tais como índices de abundância, dominância, diversidade, riqueza e equitatividade.

O objetivo final do trabalho é integrar técnicas de geoprocessamento aos resultados da microfauna de foraminíferos a fim de caracterizar biofácies e interpretar a dinâmica de deposição das tecas de foraminíferos na área estudada.

3 Área de Estudo

3.1. Localização

A área estudada é a da plataforma continental interna de Cabo Frio – RJ, em frente à Praia do Però, que está compreendida entre as latitudes 22°S e 23°S e longitudes 41°W e 42°W e apresenta profundidade da lâmina d'água variando de 10 a 30 m (Figura 1).

3.2 Aspectos Geológicos, Geomorfológicos e Sedimentológicos

A região de Cabo Frio está situada no Domínio Tectônico de Cabo Frio – DTCF, o qual faz parte do Segmento Central da Faixa Ribeira. Esta região é constituída por duas principais unidades litoestratigráficas, a Unidade Inferior (ou Unidade Região dos Lagos) que corresponde ao embasamento paleoproterozoico e a Unidade Superior (ou as Sucessões Búzios e Palmital) referente às sequências supracrustais neoproterozoicas. Ambas as unidades litoestratigráficas sofreram deformações dúcteis por fases progressivas de dobramentos acompanhadas por fases de metamorfismos regionais, assim geradas durante a formação do supercontinente Gondwana, entre o final do pré-Cambriano e início do Ordoviciano (Schmitt, 2001). As rochas pré-cambrianas da região de Cabo Frio apresentam estruturas que possuem uma tendência à direção noroeste-sudeste e estão representadas em pequenos trechos perpendiculares às estruturas de orientação de leste-nordeste a oeste-sudoeste que predominam no estado do Rio de Janeiro (Ruellan, 1944; Fonseca *et al.*, 1984).

Além das rochas metamórficas pré-cambrianas, a região de Cabo Frio também é constituída por rochas alcalinas cenozoicas, por depósitos de sedimentos fluviais terciários (Formação Barreiras) e por depósitos de sedimentos marinho-costeiros quaternários distribuídos nas praias, dunas e plataforma continental (Heilbron *et al.*, 1982; Turcq *et al.*, 1999; Schmitt *et al.*, 2005; Rossetti & Góes, 2009). De acordo com Francisconi *et al.* (1974), a região da plataforma de Cabo Frio está compreendida numa área em que as rochas cristalinas limitam e condicionam uma alternância entre material paleógeno e neógeno.

As feições geomorfológicas recentes, como as praias, lagunas, cordões arenosos e dunas litorâneas

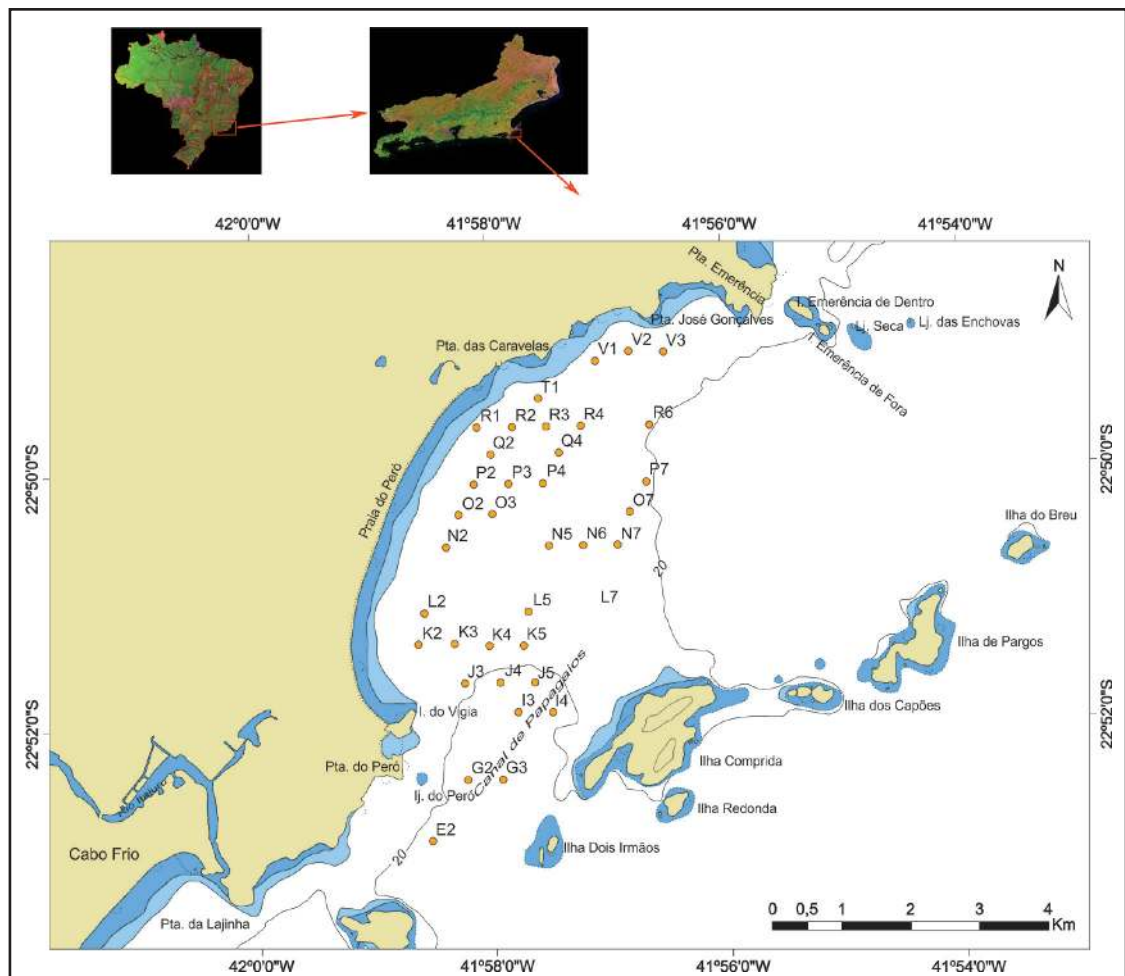


Figura 1
Localização das amostras em Cabo Frio - RJ.

no estado do Rio de Janeiro, são constituídas por areias quartzosas, esbranquiçadas ou amareladas, razoavelmente selecionadas e variam de finas a grossas, e de subangulosas a arredondadas. Podem apresentar uma granulometria de silte a argila, como verificado na região de Macaé a Cabo Búzios, sob a influência dos sedimentos dos rios São João e Paraíba do Sul (Reis & Mansur, 1995; Dias & Kjerfve, 2009).

3.3 Aspectos Oceanográficos e Meteorológicos da Área de Estudo

O clima na região de Cabo Frio caracteriza-se por semiárido quente. Apresenta médias de temperatura máxima do ar de 24,5° C no inverno e 29°C no verão, e médias de temperatura mínima de 19°C no inverno e de 22°C no verão. A umidade relativa do ar anual é de 80% e os sistemas de ventos indicam um amplo domínio dos quadrantes leste e

norte-nordeste com velocidade média de 5 a 7m/s (Barbière, 1984).

A temperatura e a salinidade média da água em Cabo Frio variam entre 21,9°C e 35,91‰ no inverno e 17,9°C e 35,55‰ no verão, durante os períodos de ressurgência (Tinoco, 1955; Ribas, 1973). Para Murray (1973) e Boltovskoy (1963) os valores de salinidade na região de Cabo Frio indicam condições de ambiente marinho normal, que pode variar de 33‰ a 37‰ e pode ser classificado como euhalino.

Segundo Boltovskoy (1965; 1966), as correntes são portadoras de partículas de alimentos para os foraminíferos e também transportam as tecas para longas distâncias de seus lugares de origem. Segundo o autor, a Corrente do Brasil (águas subtropicais) movimenta-se da zona subequatorial para sul, ao longo da costa do Brasil, e caracteriza-se por uma temperatura morna e com elevada salinidade. A corrente das Malvinas

(águas subantárticas da Corrente sub-superficial do Atlântico Sul) caracteriza-se por uma temperatura fria e com baixa salinidade, e migra do sul da costa da Argentina para direção norte, se aproximando da costa brasileira somente na região de Cabo Frio. A zona de convergência destas correntes e de outras águas localiza-se entre a Argentina e a costa sul do Brasil, podendo se propagar até o cabo de São Tomé (RJ). Os fenômenos de ressurgência que ocorrem na região de Cabo Frio são causados pelo encontro das massas d'água, e serão mais detalhados adiante.

4 Materiais e Métodos

4.1 Coleta e Tratamento das Amostras

As amostras de fundo foram coletadas pelo Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha – LAGEMAR, da Universidade Federal Fluminense – UFF, em julho de 2009, na plataforma interna em frente à Praia do Perú, em Cabo Frio, com profundidade da lâmina d'água variando de 10 a 30 m. O amostrador de fundo utilizado foi do tipo Van Veen, sendo retirada a camada mais superficial para as análises.

Para o estudo foram utilizadas 37 amostras (Tabela 1). No Laboratório de Preparação de Microfósseis do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, as amostras foram padronizadas em béqueres, utilizando-se o volume bruto de 50 ml. Em seguida foram lavadas em peneiras com abertura de malha de 500 µm e 63 µm e colocadas para secar em estufa a 50°C, para posteriormente serem acondicionadas em frascos individuais.

Algumas amostras foram submetidas ao processo de flotação pelo líquido denso, com o uso do cloreto de zinco (ZnCl₂, densidade: 1,68 g/cm³). Foram adicionados 100 ml de água destilada em 153,86 g de ZnCl₂. Após a decantação do material em 30 segundos, os sobrenadantes foram transferidos para papel de filtro em funil com o uso de bomba a vácuo. Em seguida, os materiais separados foram lavados com água destilada, secos em estufa a 50°C, e reservados em recipiente para triagem, conforme a metodologia descrita em Semensatto Jr. & Dias-Britto (2007).

Amostras	Latitude (S)	Longitude(W)
E2	22°52'54,02"	41°58'31,33"
G2	22°52'25,62"	41°58'12,59"
G3	22°52'25,62"	41°57'54,98"
I3	22°51'54,20"	41°57'46,41"
I4	22°51'54,20"	41°57'28,88"
J3	22°51'40,05"	41°58'13,24"
J4	22°51'40,06"	41°57'55,33"
J5	22°51'40,07"	41°57'37,69"
K2	22°51'21,29"	41°58'36,92"
K3	22°51'21,28"	41°58'18,30"
K4	22°51'22,58"	41°58'00,59"
K5	22°51'22,62"	41°57'42,99"
L2	22°51'06,63"	41°58'33,41"
L5	22°51'06,87"	41°57'40,44"
L7	22°51'06,85"	41°57'05,32"
N2	22°50'35,85"	41°58'21,80"
N5	22°50'35,86"	41°57'29,40"
N6	22°50'35,82"	41°57'11,90"
N7	22°50'35,83"	41°56'54,34"
O2	22°50'20,58"	41°58'15,13"
O3	22°50'20,51"	41°57'57,74"
O7	22°50'20,55"	41°56'47,77"
P2	22°50'06,34"	41°58'06,93"
P3	22°50'06,41"	41°57'49,26"
P4	22°50'06,50"	41°57'31,88"
P7	22°50'06,51"	41°56'39,20"
Q2	22°49'52,30"	41°57'58,18"
Q4	22°49'52,24"	41°57'23,33"
R1	22°49'39,61"	41°58'04,81"
R2	22°49'39,75"	41°57'46,76"
R3	22°49'39,71"	41°57'29,48"
R4	22°49'39,71"	41°57'11,85"
R6	22°49'39,65"	41°56'36,72"
T1	22°49'26,45"	41°57'33,43"
V1	22°49'09,26"	41°57'03,79"
V2	22°49'04,86"	41°56'46,88"
V3	22°49'05,54"	41°56'29,30"

Tabela 1 Coordenadas dos pontos de amostragem.

4.2 Triagem e Classificação

No MicroCentro, Laboratório de Análise Micropaleontológica, do Departamento de Geologia

da Universidade Federal do Rio de Janeiro, o conteúdo das amostras foi triado utilizando lupa binocular. Foi observada a contagem mínima de 300 espécimes de foraminíferos bentônicos por amostra. Quando necessário, as amostras foram fracionadas através do uso de um quarteador manual.

A contagem de no mínimo de 300 indivíduos foi um número estabelecido estatisticamente, para que todas as espécies representativas na área de plataforma continental sejam triadas (Murray, 1973; Bignot, 1985). Quase todos os espécimes triados foram identificados em espécies utilizando trabalhos como Loeblich & Tappan (1988), Cushman (1931), Boltovskoy *et al.* (1980) e o catálogo Ellis & Messina (1940 *et seq.*), além de artigos específicos. Espécies significativas foram fotomicrografadas através do sistema AxioVision/Axioplan acoplado à lupa estereoscópica Zeiss Discovery V12, no MicroCentro, Laboratório de Análise Micropaleontológica, Depto. de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

4.3 Análises Quantitativas Ecológicas

Utilizou-se o Programa Divers somente em amostras com mais de 40 indivíduos, para o cálculo dos índices ecológicos, para a confiabilidade dos resultados. Os índices calculados foram: abundância absoluta, abundância relativa, diversidade de Shannon (H') e equitatividade (J').

Abundância absoluta é a contagem do número total de indivíduos relacionados a um volume de amostra (Murray, 1973). A abundância relativa de uma determinada espécie é a percentagem de tal espécie na amostra em análise. Espécies dominantes e principais são termos utilizados para expressar a influência de determinada espécie sobre um ambiente ou uma comunidade. Espécies com abundância relativa igual ou maior do que 10% foram consideradas como dominantes (Boltovskoy & Totah, 1985). Espécies com abundância relativa entre 5 e 10% foram consideradas como principais (Dajoz, 1983).

O índice de diversidade de Shannon (H') avalia o número de espécies em determinada amostra e a distribuição individual entre elas, dando a estimativa da diversidade específica para cada

amostra (Shannon, 1949), sendo calculado através da seguinte fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i (\ln P_i)$$

onde P_i = proporção de espécies na amostra.

A equitatividade (J') mede o equilíbrio ou uniformidade das espécies distribuídas em determinada amostra e é calculada pela fórmula abaixo. Varia de 0 a 1 e assumirá este último valor quando todas as espécies estiverem presentes em igual proporção (Magurran, 2003).

$$j' = \frac{H}{H_{max}'} = \frac{H'}{\ln S}$$

onde S = riqueza de espécies ou número de espécies, H' = valor de diversidade de Shannon.

O Programa ArqGis 9.3 foi utilizado para a plotagem das amostras e confecção de gráficos de contorno com base na abundância de foraminíferos por amostra e variação quantitativa das espécies.

5 Resultados

Foram encontradas ao todo 180 espécies de foraminíferos bentônicos e a listagem completa encontra-se no Apêndice A.

Apesar das amostras localizarem-se na plataforma interna e portanto em baixa profundidade, 30% das amostras apresentaram abundância elevada. Os valores de diversidade das amostras foram elevados e típicos de ambientes de plataforma marinha (Sen Gupta & Kilbourne, 1974) com pouca influência costeira. A equitatividade nas amostras mostrou valores sempre acima de 0,70, implicando em equilíbrio na proporção das espécies (Tabela 2). Este resultado é característico de ambientes marinhos normais, de plataforma média a externa.

As amostras mais abundantes contendo mais do que 5.000 indivíduos apresentaram os maiores índices de riqueza e diversidade, e geralmente estavam localizadas em regiões mais afastadas da costa (L7, N6, N7, O7, P7, R6). Ao mesmo tempo, foram encontradas amostras abundantes próximas à Ponta do Perú (E2, G2, G3) (Tabela 2 e Figura 2A).

Amostras	AB	H'	J'
E2	101	2,212	0,751
G2	1536	2,689	0,763
G3	320	2,642	0,703
L7	7456	3,437	0,862
N5	2208	3,252	0,849
N6	8384	3,235	0,840
N7	9952	3,614	0,866
O7	5008	2,754	0,728
P3	1040	3,315	0,839
P7	6048	2,878	0,736
Q2	394	3,432	0,873
Q4	2792	3,462	0,832
R6	7872	3,228	0,858

Tabela 2 Índices ecológicos da microfauna de foraminíferos bentônicos em amostras com mais do que 40 indivíduos. AB - Abundância absoluta; H' - diversidade; J' - equitatividade

Muitas amostras apresentaram abundância de espécimes quebrados e desgastados, o que pode ser resultado da dinâmica de correntes na região (Figura 2B). Em 10 das 37 amostras analisadas não foram encontrados espécimes de foraminíferos bentônicos (I4, J5, K3, K4, L5, N2, O3, P4, R1, V1) e foram consideradas estéreis (Figura 2A). Algumas amostras estéreis localizaram-se próximas à costa enquanto outras, localizadas entre a Ilha Comprida e a Praia do Perú, podem estar relacionadas à dinâmica das correntes. A velocidade das correntes pode determinar o transporte, o desgaste e a quebra, bem como a não deposição de tecas.

Considerando-se a ocorrência das espécies, *Poroepionides lateralis*, típica de plataforma (Boltovskoy *et al.*, 1980), e *Bulimina marginata*, típica de ambientes proximais (Seiglie, 1968) foram dominantes (valores iguais ou maiores que 10%). Também *Eponides repandus*, típica de plataforma, foi dominante em algumas amostras, bem como *Buccella peruviana*, típica de águas frias. Segundo Boltovskoy (1959a; b), essa espécie é típica da corrente das Malvinas, caracterizando, portanto, a influência dessa corrente na plataforma de Cabo Frio (Figuras 2C, D, E, F; Figura 3). As espécies *Quinqueloculina agglutinans* e *Textularia agglutinans* foram principais (entre 5 e 10%) em sete amostras (Figuras 2G, H; Figura 3).

Pode-se caracterizar um ambiente proximal com a dominância da *Bulimina marginata*, porém a dominância de *Poroepionides lateralis* e *Eponides repandus* caracteriza um ambiente de

plataforma normal (mais marinha). A ocorrência de *Buccella peruviana* assinala a presença de águas frias vindas do sul do Brasil.

6 Ressurgência, Energia de Ondas e Caracterização das Biofácies

Os valores dos índices de diversidade foram considerados elevados, considerando-se a proximidade da costa (Sen Gupta & Kilbourne, 1974). Os valores de abundância e riqueza das amostras foram em geral diretamente proporcionais. Estes resultados correspondem a um ambiente marinho normal de plataforma em mar aberto, apesar das profundidades serem de plataforma interna. No entanto, como a região encontra-se sob o efeito de fenômenos de ressurgência, a quantidade de nutrientes favorece o enriquecimento da microfauna.

A zona de ressurgência em Cabo Frio deve-se a um conjunto de fatores oceanográficos e meteorológicos que incluem o encontro da corrente marinha do norte, Corrente do Brasil, que transporta águas tropicais superficiais, com a Corrente Central do Atlântico Sul (SACW), sub-superficial, formada na zona de confluência Brasil-Malvinas (Stramma & England, 1999). Esta corrente de águas frias vinda do sul, também chamada de corrente das Malvinas, foi descrita por Boltovskoy (1959a; b). O encontro das duas massas d'água ocorre na região de Cabo Frio sob a influência de aspectos fisiográficos da costa que sofre uma mudança de orientação (Campos *et al.*, 2000). A ressurgência ocorre ainda sob a influência dos ventos do nordeste (Valentin *et al.*, 1987). O conjunto dos fatores que atuam na dinâmica costeira e causam a ressurgência promove uma rotação das águas frias ressurgentes, que vêm do sul, da região de quebra da plataforma para a plataforma continental propriamente dita e até à região costeira (Campos *et al.*, 2000; Mahiques *et al.*, 2005). Os fatores oceanográficos que promovem a ressurgência causam um enriquecimento da assembleia bentônica de foraminíferos na plataforma interna.

Alguns trabalhos na costa brasileira determinaram biofácies recentes com base na variação espacial dos parâmetros bióticos e abióticos encontrados na área de estudo, como na Baía de Sepetiba, RJ (Beurlen & Hiltermann, 1983; Dias-Brito *et al.*, 1988).

Análise Biofisiológica do Litoral de Cabo Frio, Rio de Janeiro, com Base em Foraminíferos Bentônicos

Daniel Coré Guedes; Claudia Guterres Vilela; José Antonio Baptista Neto;
Mariana Cardoso Macedo; Neyva de Lima Santiago & Regina Lucia Machado Bruno

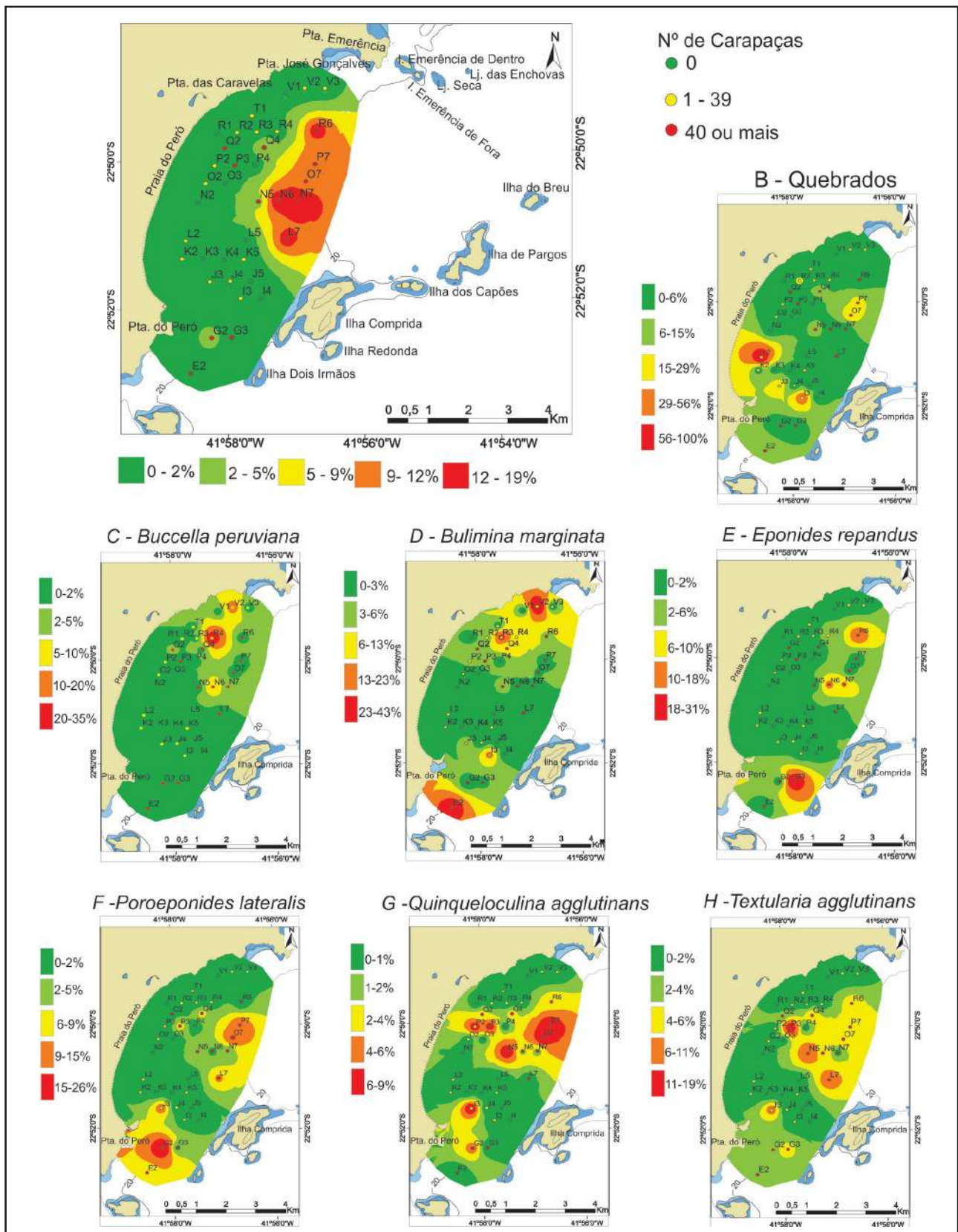


Figura 2 Gráficos de contorno com a distribuição percentual de carapaças usando IDW com potência dois e Natural Breaks (Jenks) (ArcGIS 9.3). A. Valores de abundância absoluta e relativa; B. Abundância relativa de espécimes quebrados. C, D, E, F. Abundância relativa das espécies dominantes. G, H. Abundância relativa das espécies principais.



Figura 3 Espécies dominantes e principais: *Poroepionides lateralis* (1), *Bulimina marginata* (2), *Eponides repandus* (3), *Quinqueloculina agglutinans* (4), *Textularia agglutinans* (5) e *Buccella peruviana* (6). Fotomicrografias através do microscópio Zeiss, mod. Discovery V12 acoplado a câmara Axioplan e sistema de imagens Axiovision.

A presença de espécies indicadoras de correntes do sul e da plataforma continental bem como desgastes nas tecas caracterizam a assembleia contribuindo para a determinação de biofácies. Esses resultados podem ser uma resposta à energia de ondas atuantes na Praia do Peró. Segundo Bulhões *et al.* (2014), ondas de tempestades periódicas direcionam maior energia para as porções centrais e norte da região, enquanto a parte sul fica mais protegida.

De acordo com a distribuição das espécies dominantes e principais na plataforma continental interna de Cabo Frio – RJ, em frente à Praia do Peró, podem-se caracterizar três biofácies posicionadas de norte para sul (Figura 4).

Biofácies 1: Caracterizada pela espécie *Buccella peruviana*, típica da corrente do Atlântico Sul, indicando a influência desta corrente na região. A localização desta biofácies mais ao norte sugere condições de deposição provocadas pela dinâmica das correntes e ondas na zona de ressurgência. Nota-se ainda uma variação de ambiente proximal (mais

raso), com a dominância de *Bulimina marginata*, para um ambiente de plataforma (mais marinho), com a dominância de *Poroeponides lateralis* e *Eponides repandus*.

Biofácies 2: Localizada na região mais central, caracteriza-se pela abundância de espécimes quebrados e amostras estéreis, o que pode ser resultado da atuação das correntes e ondas de tempestade concentrando estas carapaças, e podendo indicar pontos de maior sedimentação e retrabalhamento do fundo marinho.

Biofácies 3: Dominância de *Bulimina marginata*, *Poroeponides lateralis* e *Eponides repandus*, caracterizando ambiente proximal com influência marinha, em região mais protegida, ao sul da Praia do Peró.

7 Conclusões

De acordo com a ocorrência das espécies de foraminíferos e a avaliação dos índices ecológicos

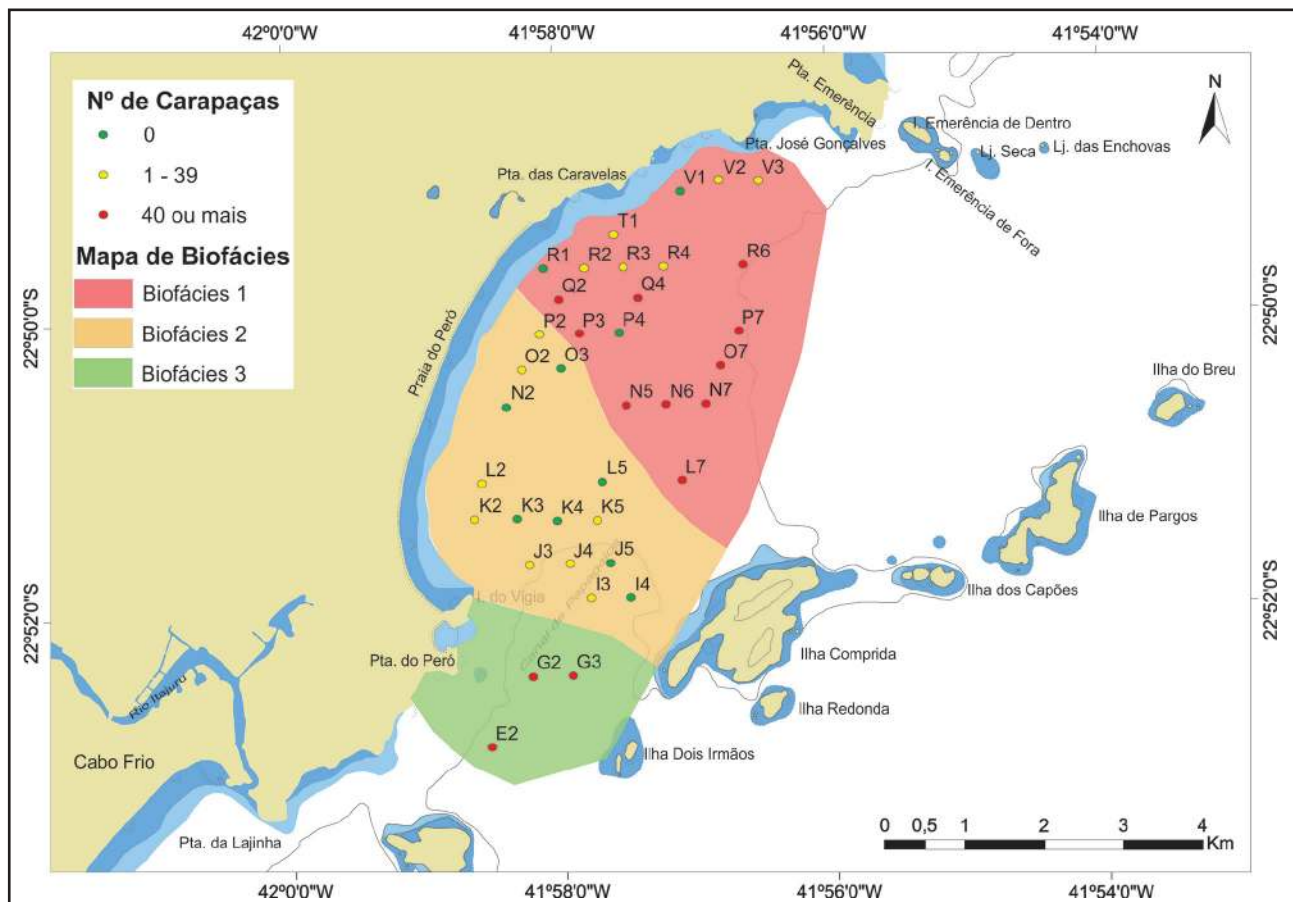


Figura 4 Mapa de biofácies determinadas de acordo com a distribuição das espécies dominantes e principais na plataforma continental interna de Cabo Frio – RJ, em frente à Praia do Peró (ArcGIS 9.3).

nas amostras estudadas, foi possível caracterizar três biofácies. As amostras de maiores profundidades e da região próxima à Ponta do Perú são mais abundantes, diversas e ricas em foraminíferos bentônicos enquanto que regiões mais próximas à costa são menos abundantes, apresentando amostras estéreis. No entanto, deve-se ressaltar a alta abundância de espécimes e diversidade de espécies, apesar das amostras estarem situadas em profundidades rasas, provavelmente como resposta às condições oceanográficas e ao fenômeno da ressurgência. A região é afetada por dinâmica de correntes, e o grande conteúdo de tecas quebradas da biofácies 2 pode indicar maior sedimentação e retrabalhamento nesta área. Foi detectada a influência da Corrente sub-superficial do Atlântico Sul, trazendo águas frias, pela presença de *Buccella peruviana*, na biofácies 1. A biofácies 3 representa um ambiente proximal mas com influência marinha, pela presença dominante de espécies típicas.

8 Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no MicroCentro, Laboratório de Análise Micropaleontológica, do Depto. de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Os autores agradecem à equipe do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha, do Lagamar, Universidade Federal Fluminense e ao Prof. Dr. Guilherme Borges Fernandez, Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, pela cessão das amostras para o estudo. Uma bolsa de Iniciação Científica foi concedida pelo CNPq ao primeiro autor durante o desenvolvimento do trabalho. Um agradecimento especial ao Prof. Dr. José Carlos Sicoli Seoane pela orientação nas análises de geoprocessamento. Aos geólogos: Allan Silva Gomes, Patrícia Helena Martha da Silveira; às futuras geólogas: Danielle D' Siqueira e Taísa Santana dos Santos; e à administradora Emanuelle Neves de Almeida, um agradecimento pelo auxílio prestado no MicroCentro.

9 Referências

Barbière, E.B. 1984. Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CEQUEIRA, R. & TURCQ, B. (eds.). *Restingas: origem, estrutura, processos*. Niterói, CEUFF, p. 3-12.

Beurlen, G. & Hiltermann, H. 1983. As biocenoses de foraminíferos do mangue de Guaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Boletim Técnico da PETROBRAS, Rio de*

Janeiro, 26(4): 259-267.

Bignot, G. 1985. *Elements of micropalaeontology: microfossils, their geological and palaeobiological applications*. London, Graham & Trotman. 284 p.

Boltovskoy, E. 1959a. *Foraminíferos recientes del sur de Brasil y sus relaciones con los de Argentina e India del Oeste*. Buenos Aires, Secretaria de Marina, Servicio de Hidrografia Naval. H. 1005, 124 p., XX pls.

Boltovskoy, E. 1959b. *La corriente de Malvinas; un estudio en base a la investigación de foraminíferos*. Buenos Aires, Secretaria de Marina, Servicio de Hidrografia Naval. H. 1015, 97 p., III pls.

Boltovskoy, E. 1963. Foraminíferos y sus relaciones con el medio. *Revista del museo de ciencias naturales "Bernadino Rivadavia" e Instituto nacional de investigación de las ciencias naturales*. Tomo 1, n. 2, 110 p.

Boltovskoy, E. 1965. *Los Foraminíferos Recientes: biología, métodos de estudio, aplicación oceanográfica*. Buenos Aires, EUDEBA, 510 p.

Boltovskoy, E. 1966. *La zona de convergencia subtropical/subantártica en el Océano Atlántico (parte occidental); un estudio en base a la investigación de foraminíferos-indicadores*. Buenos Aires, Secretaria de Marina, Servicio de Hidrografia Naval. H. 640, 69 p.

Boltovskoy, E.; Giussani, G.; Watanabe, S. & Wright, R. 1980. *Atlas of benthic shelf foraminifera of the Southwest Atlantic*. Dr. W. Junk Publishers, 147 p.

Boltovskoy, E. & Totah, V. 1985. Diversity, similarity and dominance in benthic foraminiferal fauna along one transect of the Argentine shelf. *Revue de Micropaleontologie*, 28(1): 23 - 31.

Bulhões, E.M.R.; Fernandez, G.B.; Oliveira Filho, S.R.; Pereira, T.G. & Rocha, T.B. 2014. Impactos costeiros induzidos por ondas de tempestade entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 5(2):155-165

Campos, E.J.D.; Velhote, D. & Silveira, I.C.A. 2000. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. *Geophysical Research Letters*, 27: 751-754.

Cushman, J. 1918-1931. *The foraminifera of the Atlantic Ocean*. Parts 1-8. Bulletin 104, Smithsonian Institution, US National Museum.

Dajoz, R. 1983. *Ecologia Geral*. Petrópolis, Vozes, 4ª edição. 472 p.

Dias-Brito, D.; Moura, J.A. & Würdig, N. 1988. Relationships between ecological models based on ostracods and foraminifers from Sepetiba Bay (Rio de Janeiro, Brazil). In: HANAI, T; IKEYA, N. & ISHIZAKI, K. (eds.). *Evolutionary Biology of Ostracoda*. Development in Palaeontology and Stratigraphy 11, Elsevier, p. 467-484.

Dias, G.T.M. & Kjerfve, B. 2009. Barrier and beach ridge systems of the Rio de Janeiro Coast. In: DILLENBURG, S.R.; HESP, P.A. (eds.). *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 225 - 252.

Ellis, S.J. & Messina, A.R. 1940 - *et sequences*. *Catalogue on foraminifera*. The Micropaleontology Project, Micropaleontology Press Inc., New York: http://micropress.org/e_m.html.

Emery, D. & Myers, K.J. 1996. *Sequence Stratigraphy*. Oxford, Blackwell Science, 297p.

Fonseca, M.J.G.; Heilbron, M. & Chrispim, S. 1984. Geologia estrutural da área de Cabo Frio e Armação dos Búzios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, *Anais*. Rio de Janeiro, v. 12, p. 5393-5424.

Análise Biofisiológica do Litoral de Cabo Frio, Rio de Janeiro, com Base em Foraminíferos Bentônicos

Daniel Coré Guedes; Claudia Gutterres Vilela; José Antonio Baptista Neto;
Mariana Cardoso Macedo; Neyva de Lima Santiago & Regina Lucia Machado Bruno

- Francisconi, O.; Costa, M.P.A.; Coutinho, M.G.N. & Vicalvi, M.A. 1974. Geologia costeira e sedimentos da plataforma continental brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 28, *Anais*. Porto Alegre, v. 3, p. 305-321.
- Heilbron, M.; Chrispim, S.J.; Alves, R.P. & Simões, L.S. 1982. Geologia do Cabo dos Búzios (Estado do Rio de Janeiro). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 54(3): 553-562.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H.N. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. New York, Van Nostrand Reinhold Co. 1728 p., 847 pl.
- Magurran, A.E. 2003. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing Limited, London, 260 p.
- Mahiques, M.M.; Bicego, M.C.; Silveira, I.C.A.; Sousa, S.H.M.; Lourenço, R.A. & Fukumoto, M.M. 2005. Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazilian shelf. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 77: 535-548.
- Murray, J.W. 1973. *Distribution and ecology of living benthic foraminiferids*. New York, Heinemann Educational Books. 276 p.
- Murray, J.W. 2006. *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press. 426 p.
- Reis, A.P. & Mansur, K.L. 1995. *Sinopse geológica do Estado do Rio de Janeiro - Mapa Geológico 1: 400.000*. Niterói, DRM. 111 p.
- Ribas, L.B. 1973. *Contribuição ao conhecimento dos foraminíferos de sedimentos recentes da plataforma continental do estado do Rio de Janeiro (Enxada dos Anjos e adjacências - Cabo Frio)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado em Geologia. 52 p.
- Rossetti, D.F. & Goes, A.M. 2009. Marine influence in the Barreiras Formation, State of Alagoas, northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 81(4): 741-755.
- Ruellan, F. 1944. A evolução geomorfológica da baía da Guanabara e das regiões vizinhas. *Revista Brasileira de Geografia*, 4: 445-508.
- Schmitt, R.S. 2001. *A Orogenia Búzios: Um evento tectono-metamórfico Cambro-Ordoviciano caracterizado no Domínio Tectônico de Cabo Frio, Faixa Ribeira - sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado em Geologia, 273 p.
- Schmitt, R.S.; Guerra, J.V.; Skrepnek, C.C.; Stanton, N.S.G.; Mohriak W.U. & Trouw, R. 2005. Tectonic evolution of the offshore islands of Cabo Frio Tectonic High, southeastern Brazilian continental margin - from Cambrian to Recent. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 10, *Anais*, Curitiba, p. 84-86.
- Seiglie, G.A. 1968. Foraminiferal assemblages as indicators of high organic carbon content in sediments and of polluted waters. *AAPG Bulletin*, 52: 2231-2241.
- Sen Gupta, B.K. 1999. Systematics of modern foraminifera. In: SEN GUPTA, B.K. (ed.). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 7-36.
- 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. & Kilbourne, R.T. 1974. Diversity of benthic foraminifera on the Georgia continental shelf. *Geological Society of America Bulletin*, 85: 969-972.
- Shannon, C.E. 1949. A mathematical theory of communication. Urbana, the University of Illinois Press.
- Stramma, L. & England, M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 104 (C9): 20863-20883.
- Tinoco, I.M. 1955. *Foraminíferos recentes de Cabo Frio, estado do Rio de Janeiro*. Boletim nº159, Rio de Janeiro: DGM, 51p.
- Turcq, B.; Martin, L.; Flexor, J-M.; Suguio, K. ; Pierre, C. & Tasayaco-Ortega, L. 1999. Origin and Evolution of the Quaternary Coastal Plain between Guaratiba and Cabo Frio, state of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS, B.; BIDONE, E.D. & ABRÃO, J.J. (eds.). *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems, Rio de Janeiro, Brazil*. Série Geoquímica Ambiental, 6, p. 25-46.
- Valentin, J.L.; André, D.L. & Jacob, S.A. 1987. Hydrobiology in Cabo Frio (Brazil) upwelling: two-dimensional structure and variability during a wind cycle. *Continental Shelf Research*, 7: 77-88.
- Vilela, C.G. 2011. Foraminíferos. In: CARVALHO, I. S. (ed.). *Paleontologia*. 3ª ed. Vol.II. Editora Interciência, Rio de Janeiro, p. 53-70.

Apêndice A Lista de Espécies de Foraminíferos Bentônicos da Plataforma Interna de Cabo Frio (RJ)

- Ammodiscus anguillae* Höeglund, 1947
Ammonia parkinsoniana d'Orbigny, 1839
Ammonia sp. indet.
Amphicoryna scalaris (Batsch), Boltovskoy, Giussani, Watanabe & Wright, 1980
Amphistegina lessonii d'Orbigny, 1826
Angulogerina angulosa Williamson, 1858
A. cibaoensis Galloway & Heminway, 1941
A. cooperensis Cushman, 1935
A. decorissima Galloway & Heminway, 1941
Angulogerina sp. indet.
Anomalina alazanensis Nuttal, 1932
A. globulosa Chapman & Parr, 1937
Anomalina sp. indet.
Biloculinella sp. indet.
Bolivina cf *globulosa* Cushman, 1933
B. inflata Heron-Allen & Earland, 1913
B. ordinaria Phleger & Parker, 1952
Bolivina sp. indet.
Bolivina sp. 1
B. striatula Cushman, 1922
B. translucens Phleger & Parker, 1951
Bolivina sp. indet.
Bolivinella sp. indet.
Buccella frigida (d'Orbigny), Boltovskoy &

- Boltovskoy, 1968
B. peruviana (d'Orbigny), Boltovskoy, Giussani, Watanabe & Wright, 1980
Bulimina gibba Fornasini, 1902
B. marginata d'Orbigny, 1826
B. patagonica d'Orbigny, 1839
B. pupoides d'Orbigny, 1846
Bulimina sp. indet.
Cassidulina laevigata d'Orbigny, 1826
Cassidulina sp. indet.
Cibicides bradyi Trauth, 1918
C. floridanus Cushman, 1918
Cibicides io Cushman, 1931
C. lobatulus Walker & Jacob, 1798
C. mexicanus Nuttall, 1932
C. pseudoungerianus Cushman, 1922
C. refulgens de Montfort, 1808
C. scalenus Galloway & Heminway, 1941
C. sinistralis Coryell and Rivero, 1940
Cibicides sp. indet.
Cibicidoides primus Duchassaing & Michelotti, 1864
C. pachyderma Rzehak, 1886
Cibicidoides sp. indet.
Discorbina sp. indet.
Discorbis australis Parr, 1932
D. floridana Cushman, 1922
D. floridensis Cushman, 1930
D. mira Cushman, 1926
D. peruvianus d'Orbigny, 1839
Discorbis sp. indet.
D. subaraucana Cushman, 1926
D. terquemi (Rzehak), Boltovskoy & Lena, 1966
D. williamsoni Chapman & Parr, 1932
Elphidium advenum (Cushman), Cushman, 1931
Elphidium cf. morenoi Bermúdez, 1935
E. discoidale (d'Orbigny), Cushman, 1930
E. excavatum Terquem, 1875
E. galvestonensis Kornfeld, 1931
E. poeyanum (d'Orbigny), Boltovskoy & Boltovskoy, 1968
Elphidium sp. indet.
Eponides repandus (Fichtel & Moll), Phleger & Parker, 1951
Eponides sp. indet.
E. turgidus (Phleger & Parker), Phleger & Parker, 1951
Fissurina earlandi Parr, 1950
F. laevigata Reuss, 1850
Fissurina sp. indet.
Gavelinopsis praegeri Heron-Allen & Earland, 1913
Globigerinoides ruber d'Orbigny, 1839
Globocassidulina subglobosa Brady, 1884
Guttulina problema d'Orbigny, 1826
Hanzawaia boueana d'Orbigny, 1846
Hanzawaia cf. concentrica Cushman, 1918
H. concentrica Cushman, 1939
Heronallenia sp. indet.
Hopkisina sp. indet.
Lagena laevis (Montagu) Boltovskoy, Giussani, Watanabe & Wright, 1980
Lagena sp. indet.
L. striata (d'Orbigny), Tinoco, 1958
Miliolinella fichteliana d'Orbigny, 1865
M. labiosa d'Orbigny, 1840
Miliolinella sp. indet.
M. subrotunda (Montagu), Loeblich & Tappan, 1988
Mississipina concentrica Parker & Jones, 1864
Neopateoris cumanaensis Bermúdez & Seiglie, 1963
Nodosaria sp. indet.
Nonion depressulus Walker & Jacob, 1798
N. grateloupi punctatum d'Orbigny, 1839
Nonion sp. indet.
Nonion sp. 1
Nonion sp. 2
N. tatumia Finlay, 1940
Nonionella atlantica Cushman, 1947
N. modesta Galloway & Heminway, 1941
N. opima Cushman, 1947
Oolina melo d'Orbigny, 1839
Patellina advena Cushman, 1933
Patellina sp. 1
Planorbulina mediterraneensis d'Orbigny, 1826
P. faveolata (H.B. Brady), Phleger & Parker, 1951
Planulina sp. indet.
Poroeponides lateralis (Terquem) Boltovskoy, Giussani, Watanabe & Wright, 1980
Pseudononion cuevasensis Bermúdez & Seiglie, 1963
P. grateloupi (d'Orbigny), Saunders & Müller-Mers, 1982
P. papillatum Galloway & Heminway, 1941
Pseudononion sp. indet.
Pyrgo bulloides (d'Orbigny) Bertels, 1989
P. elongata (d'Orbigny) Cushman, 1929
P. nasutus Cushman, 1935
P. patagonica (d'Orbigny), Boltovskoy & Boltovskoy, 1968
P. peruviana d'Orbigny, 1839
P. ringens (Lamarck) Boltovskoy, Giussani, Watanabe & Wright, 1980
Pyrgo sp. indet.
P. subsphaerica (d'Orbigny), Tinoco, 1958

- Quinqueloculina agglutinans* d'Orbigny, 1839
Q. angulata (Williamson) Boltovskoy, Giussani, Watanabe & Wright, 1980
Q. atlantica Boltovskoy, 1957
Q. bicarinata d'Orbigny, 1826
Q. bicornis Walker & Jacob, 1798
Q. bicostata d'Orbigny, 1839
Q. boschiana d'Orbigny, 1839
Q. candeiana d'Orbigny, 1839
Quinqueloculina cf. implexa Terquem & Terquem, 1886
Q. contorta d'Orbigny, 1839
Q. cuvierina d'Orbigny, 1839
Q. disparillis curta d'Orbigny, 1826
Q. elongata Natland, 1938
Q. frigida Parker, 1952
Q. horrida Cushman, 1947
Q. lamarckiana d'Orbigny, 1839
Q. moynensis Collins, 1896
Q. patagonica d'Orbigny, 1839
Q. philippinensis Cushman, 1921
Q. poeyana d'Orbigny, 1839
Q. polygona d'Orbigny, 1839
Q. ponceana Heminway & Galloway, 1941
Q. pricei Tinoco, 1958
Q. seminulum (Linneus), Cushman, 1929
Quinqueloculina sp. indet.
Quinqueloculina sp. 1
Quinqueloculina sp. 2
Q. subpoeyana Cushman, 1922
Q. venusta Karrer, 1868
Q. vulgaris d'Orbigny, 1826
Rosalina floridana Cushman, 1922
Rosalina sp. indet.
Sigmoilina sp. indet.
- Siphonina advena* Cushman, 1922
S. pulchra Cushman, 1919
S. tenuicarinata Cushman, 1927
Spiroloculina planulata Lamarck, 1804
S. subimpressa Parr, 1950
Textularia agglutinans d'Orbigny, 1839
T. candeiana d'Orbigny, 1839
T. conica d'Orbigny, 1839
T. corrugata Heron-Allen & Earland, 1915
T. earlandi Parker, 1952
T. gramen d'Orbigny, 1846
T. kerimbaensis Said, 1949
T. pseudogramen Chapman & Parr, 1937
Textularia sp. indet.
Triloculina baldai Bermúdez & Seiglie, 1963
T. brogniartiana d'Orbigny, 1826
T. laevigata d'Orbigny, 1839
T. lutea D'Orbigny, 1839
T. oblonga Montagu, 1803
T. planciana d'Orbigny, 1839
T. sommeri Tinoco, 1955
Triloculina sp. indet.
Triloculina sp. 1
Triloculina sp. 2
T. suborbicularis d'Orbigny, 1826
T. subrotunda (Montagu), Tinoco, 1958
T. tricarinata d'Orbigny, 1826
T. trigonula (Lamarck), d'Orbigny, 1826
Uvigerina elongata Brotzen, 1936
U. peregrina Cushman, 1923
Uvigerina sp. indet.
Valvulineria sp. indet.