



**Foraminíferos Bentônicos Durante a Transição
Pleistoceno/Holoceno da Plataforma Externa da Baía de Guanabara – RJ**

Benthic Foraminifera During Pleistocene / Holocene Transition Offshore the Guanabara Bay – RJ

Fábio Esteves Rangel¹; Claudia Gutterres Vilela¹; Antônio Tadeu dos Reis²;
Taísa Camila Silveira de Souza³ & Raiane Gomes Tardin Cavalcanti do Poço³

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências – Laboratório MicroCentro, Departamento de Geologia,
Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21941-916 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Faculdade de Oceanografia

R. São Francisco Xavier, 524 - Sala 1006 A - Maracanã, 20550-900 Rio de Janeiro - RJ, Brasil

³Departamento de Geologia, LAGEMAR, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha,.

Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/nº - Gragoatá, 24210-346 Niterói, Brasil

Emails: fabioegeo@yahoo.com.br; vilela@geologia.ufrj.br; tadeu.reis@gmail.com; taísa_84@hotmail.com; raytardin@gmail.com

Recebido em: 10/10/2018 Aprovado: 18/11/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_20_31

Resumo

Este trabalho analisou assembleias de foraminíferos bentônicos em amostras de testemunho em área da plataforma externa em frente à baía de Guanabara no Rio de Janeiro, para observar mudanças paleoambientais e processos de deposição sedimentar. As coletas foram realizadas através de amostrador a pistão em isóbata de 155 m. Foram estudadas 42 amostras distribuídas, ao longo do testemunho PRIMA 4 de 3,30 m que foram tratadas em laboratório com metodologia específica para foraminíferos. As variáveis e os descritores faunísticos utilizados no presente trabalho foram a diversidade, a dominância e a equitatividade para a caracterização paleoambiental. Através de análises de agrupamento foi possível identificar três biofácies de foraminíferos bentônicos AE/QQ, QQ/QC e CU/QQ. Resultados de datação radiométrica (¹⁴C AMS) do testemunho Prima 4 revelaram que o testemunho possui sedimentos depositados durante o início da transgressão marinha que acompanhou a última deglaciação iniciada, globalmente, após o Último Máximo Glacial (LGM). Os padrões de distribuição vertical das espécies de foraminíferos no testemunho mostraram-se bastante variáveis, como resultado da resposta dos organismos às condições de deposição durante os últimos 28 mil anos A.P.

Palavras-chave: paleoambiente; deposição sedimentar; datação; biofácies

Abstract

This work analyzed benthic foraminifera assemblages in well core samples in the outer shelf in front of Guanabara Bay in the Rio de Janeiro, to observe paleoenvironmental change and sedimentary deposition processes. Collects were done using a piston core sampler in an isobath of 155 m and it was recovered 3.30 m of sediments. A total of 42 samples along the core PRIMA 4 were studied, and were treated in the laboratory with specific methodology for foraminifera. The faunistic variables and descriptors used in the present work were: diversity, dominance and equitability to paleoenvironmental characterization. The cluster analysis showed three benthic foraminifera biofacies AE/QQ, QQ/QC and CU/QQ. The radiocarbon dating results (¹⁴C AMS) of the Prima 4 revealed the presence of sediments deposited during the beginning of the marine transgression that occurred in the last global deglaciation, after the Last Glacial Maximum (LGM). The benthic foraminifera vertical distribution pattern in the well core was quite variable, due to the response of the foraminifera to the deposition conditions during the last 28.000 years B.P.

Keywords: paleoenvironment; sedimentary deposition; dating, biofacies

1 Introdução

A distribuição de assembleias e a abundância de espécies de foraminíferos bentônicos estão sujeitas a diversos fatores ecológicos, intimamente relacionados aos aspectos físicos, químicos e de deposição dos sedimentos. No Brasil, os estudos dos foraminíferos em testemunhos apresentam em geral um caráter local, havendo a necessidade de estudos regionais sobre a distribuição desses organismos, a fim de contribuir para a compreensão dos eventos deposicionais e paleoceanográficos. O presente trabalho aborda a análise de um testemunho situado na plataforma externa em frente à Baía de Guanabara.

Os foraminíferos são muito usados em diversas aplicações em paleoecologia, pois ocupam todos os ambientes marinhos desde as partes mais rasas até as mais profundas do oceano. Além disso, são abundantes, ocorrem em relativa diversidade de espécies em uma pequena amostra e possuem uma carapaça rígida que se preserva no sedimento. Uma grande motivação para o desenvolvimento do referido trabalho é que os foraminíferos bentônicos têm sido amplamente utilizados nos estudos das construções paleoclimáticas e paleoceanográficas (Gooday, 2002). A análise da fauna fóssil e das variações de frequência relativas de determinadas espécies de foraminíferos fornece de forma rápida e simples uma estimativa confiável de mudanças ambientais do passado. O setor oeste do Atlântico Sul carece de estudos nesse domínio, dessa forma o presente trabalho procurou contribuir com dados de variações paleoambientais ocorridas nos últimos 28 mil anos A.P.

O objetivo deste trabalho foi observar em diferentes períodos no Pleistoceno Final/Holoceno, mudanças paleoambientais na região da plataforma externa em frente à baía de Guanabara, através de análises de assembleias de foraminíferos bentônicos em um testemunho (Figura 1).

2 Área de Estudo

A região estudada engloba a plataforma continental externa (PCE) da Bacia de Santos na margem continental sudeste do Brasil, entre as coordenadas 23° e 24° S e 42° e 43° W (Figura 1). Compreen-

de a área de plataforma desde as isóbatas de ~70 m (plataforma continental média) até a isóbata de 160 m (região da plataforma externa). Nessa área, a linha de costa possui orientação NE-SW. De acordo com Catanzaro (2004) *apud* JICA (1994), as maiores velocidades das correntes se encontram próximas à barra de entrada da Baía de Guanabara. As correntes na plataforma continental externa fluem predominantemente para SW, devido à influência de ventos e da corrente do Brasil que de acordo com Duarte & Viana (2007), é feição dominante na Bacia de Santos durante o ano inteiro.

A oceanografia superficial da área de estudo é dominada pela Corrente do Brasil (CB) que é formada pelo empilhamento de três massas d'água de origem e composição físico-química bem diferenciada: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Costeira (AC). A CB é a corrente de contorno oeste associada ao Giro Subtropical do Atlântico Sul (Silveira *et al.*, 2000). Origina-se a 10° S na bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE), cujo ramo norte origina a Corrente Norte do Brasil (CNB). Em seguida, flui para sul, bordejando o continente sul-americano até a região da Convergência Subtropical, em torno de 33° S -38° S, onde conflui com a Corrente das Malvinas e se separa da costa (Stramma, 1991; Silveira *et al.*, 1994).

Em relação à geologia, a Bacia de Santos está subordinada a um sistema de montanhas subparalelas compostas pela Serra do Mar e Província Mantiqueira e representam uma das feições orográficas mais destacáveis da borda atlântica do continente sul-americano. Os modernos conhecimentos sobre a estratigrafia da Bacia de Santos (Pereira *et al.*, 1986; Pereira & Feijó, 1994), indicam que um relevo destacado existiu no Cretáceo Superior não longe de sua borda, relevo cuja erosão forneceu grande quantidade de sedimentos grossos que se acumularam na plataforma externa e na borda proximal da bacia. Seria uma proto-Serra do Mar.

3 Materiais e Métodos

Foram analisadas 42 amostras coletadas ao longo de um testemunho a pistão. O testemunho Prima 4, amostrado possui batimetria de 155 m e recu-

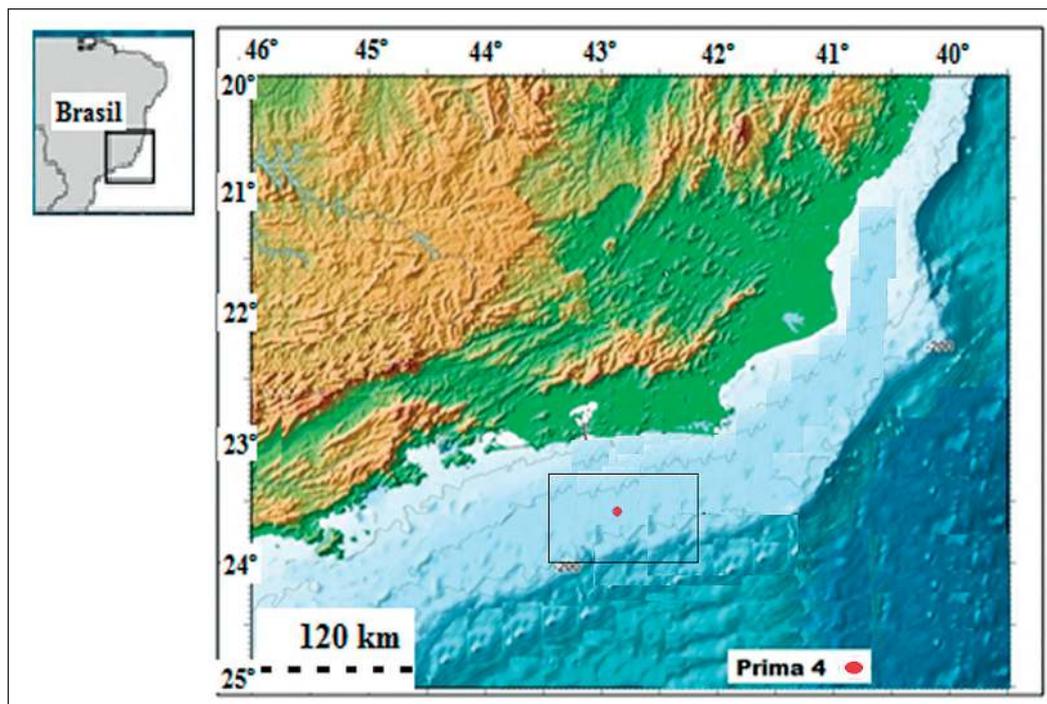


Figura 1 Localização da área de estudo (situada em frente à Baía de Guanabara - Brasil). Modificado de Tardin (2015).

peração de 3,30 m. Foi coletado durante a Missão Oceanográfica Rio Costa 3 (UFF-UERJ), a bordo do navio Ocean Stalwart (2012), no escopo de uma colaboração científica entre o projeto CAPES-Ciências do Mar “*Estudos oceanográficos e geológico-geofísicos integrados nos ambientes de baías e de plataforma continental ao largo do estado do Rio de Janeiro*” (processo 23038.051609/2009-1) e o Grupo de Geologia Marinha-CPRM (Companhia de Recursos Minerais).

3.1 Carbono Orgânico Total (COT) e Descrição das Características Sedimentológicas do Testemunho

Análises de COT e de sedimentologia foram realizadas na Universidade Federal Fluminense (Souza, 2017), e utilizados no presente trabalho para comparação com os dados micropaleontológicos. O teor de Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT) foram determinados por pirólise e oxidação a 2000° C, num forno de indução dentro de uma atmosfera de oxigênio, seguido de detecção de dióxido de carbono infravermelho (2400 CHNS/O Series II System | Perkin Elmer). A preparação para a análise foi iniciada com a retirada do carbono inor-

gânico (Carbonato de Cálcio) com ácido clorídrico (HCl – 10%), deixando somente a matriz orgânica para quantificação (Jablonski *et al.*, 2002). Para a correção do cálculo feito pelo equipamento foi utilizado um padrão de Acetanilida (C₈H₉NO), cujos teores de C e N são os que mais se assemelham aos normalmente encontrados em sedimentos (71% C e 10% N).

3.2 Tratamento das Amostras e Identificação das Espécies

No Laboratório de Preparação de Amostras, Depto. de Geologia /UFRJ, as amostras foram lavadas em peneiras de 63 e 500 µm de abertura de malha, e secas na estufa a 50°C. Os testemunhos foram subamostrados a cada 10 cm, com alíquota de 2 cm³ e 20 ml padrão. As amostras foram peneiradas em peneiras de 125 µm de abertura de malha, tendo sido triados 300 indivíduos ou fração de quarteamento, por amostra. Este procedimento foi realizado devido à abundância de espécimes, o que acarretaria grande quarteamento com perda de espécies relevantes na interpretação ecológica. Para as análises de identificação

taxonômicas por espécie, utilizaram-se trabalhos como Loeblich & Tappan (1988), Ellis & Messina (1940), Debenay (2012), Cushman (1939) e WoRMS (2017). As atividades de triagem e classificação das espécies foram realizadas no MicroCentro – Laboratório de Análise Micropaleontológica do Departamento de Geologia/UFRJ.

Para as análises ecológicas foi utilizado o programa PRIMER®, tendo sido identificados os principais índices como abundância, riqueza, diversidade e dominância, além de análises de agrupamento para a identificação da biofácies. Os descritores faunísticos utilizados no presente trabalho, tais como a diversidade, a dominância, a equitatividade contribuem para a caracterização da paleoecologia de maneira geral e para a identificação do ambiente de deposição dos depósitos analisados (Buzas-Stephens *et al.*, 2003). O índice de diversidade utilizado foi o de Shannon, H' (1948). A dominância é um índice que mostra a tendência de qualquer espécie a formar grande parte de uma assembleia, contrapondo-se à diversidade. No presente trabalho uma espécie foi considerada dominante quando o valor total de seus indivíduos ultrapassou 10% do total de indivíduos da amostra (Boltovskoy & Totah, 1985).

3.3 Datações

As datações por radiocarbono (^{14}C) foram realizadas em seis amostras no testemunho PRIMA 4 (Souza, 2017) no Laboratório LAC da Universidade Federal Fluminense.

A cronologia do testemunho foi baseada nas idades obtidas pela técnica AMS (accelerated mass spectrometry), datação radiocarbônica das amostras de matéria orgânica contida nos sedimentos. As idades radiocarbônicas foram convertidas em idades A.P., pelo programa CALIB 7.1. (Stuiver *et al.*, 2017). Foram adotados os valores reservatórios MARINE 13 (Reimer *et al.*, 2013) com curva de erro de 2sigma para todas as amostras. Um modelo geocronológico foi construído com base nas datações radiocarbônicas calibradas (probabilidade média) com ajustes de profundidade e mudanças nas taxas de sedimentação ao longo do testemunho. As idades foram interpoladas e extrapoladas pelo programa TILIA 2.0.41 (Grimm, 1992).

3.4 Análises Estatísticas Multivariadas e Biofácies de Foraminíferos Bentônicos

Inicialmente, foi analisada a similaridade entre as amostras de cada testemunho, calculada pelo Índice de Similaridade de Bray-Curtis. Através desta análise foi gerada uma matriz de similaridade que foi avaliada numa Análise Hierárquica de Agrupamento (AHC) em modo Q no programa PRIMER 6®. Os agrupamentos resultaram em biofácies distintas. A nomenclatura das biofácies deu-se através de siglas que abreviam os nomes dos gêneros e/ou espécies mais abundantes. Ao analisar os gráficos de abundância relativa das espécies e as análises de agrupamento, observou-se que estes valores variavam de acordo com a profundidade das amostras no testemunho. Deste modo, a AHC agrupou as amostras mais próximas entre si que apresentavam uma composição de espécies similares observando-se o padrão base, meio e topo nos testemunhos.

4 Resultados

A descrição sedimentológica registrada no testemunho Prima 4 consiste basicamente de intervalos de fácies descritos da seguinte forma: entre 0-10 cm há presença de areias médias de cor marrom amarelada; entre 11-50 cm há presença de concreção formada por algas calcárias entre areias médias (cascalho); entre 51-75 cm existe areia média (marrom amarelado); entre 76-95 cm areia média com níveis de lama, presença de rodolitos; entre 96-130 cm intercalação de areia média e lama, presença de conchas; entre 131-149 cm areias médias com conchas; entre 150-235 cm intercalação entre areia média e lama com presença de conchas. Na base desta seção foram encontradas bioturbações; entre 235-250 cm areia grossa com conchas; entre 251-255 areia fina e no intervalo de 256-330 intercalação entre areia fina e lama (Figura 2).

4.1 Carbono Orgânico Total (COT) e Características Sedimentológicas do Testemunho

Os resultados de Carbono Orgânico Total e Nitrogênio do testemunho Prima 4 encontram-se na Tabela 1 abaixo.

Amostra Prima 4 (cm)	COT (%)	Nitrogênio (%)	Razão C/N
0	2,2	0,2	11,00
7	1,8	0,1	18,00
46	2,8	0,3	9,33
63	1,9	0,2	9,50
135	1	0,1	10,00
153	0,2	0,03	6,67
211	0,4	0,01	40,00
263	0,3	0,03	10,00
302	0,3	0,04	7,50
314	0,3	0,01	30,00
média	1,12	0,10	10,98

Tabela 1 Porcentagem e Razão de Carbono Orgânico e Nitrogênio presentes no Testemunho Prima 4

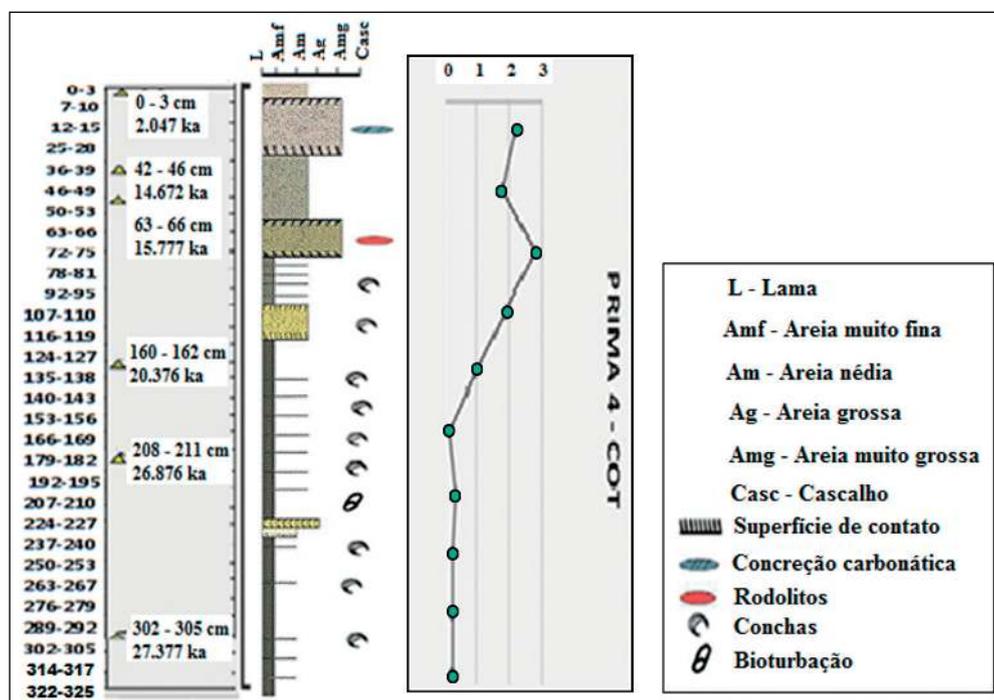


Figura 2 Dados de COT, Sedimentologia e datação do Testemunho Prima 4 (Fonte: Souza, 2017)

4.2 Datações

Os resultados de datação radiométrica (^{14}C AMS) do testemunho Prima 4 encontram-se na tabela 2 abaixo:

Testemunho - PRIMA 4		
Prof. (cm)	Idade LAC/UFF	Idade CALIB
3	2991±53	2847
7	4675±82	5034
46	13243±170	14672
63	13628±165	15777
153	18507±117	20376
211	24737±249	26876
302	25268±182	27377

Tabela 2 Resultados da Datação Radiométrica por ^{14}C no Testemunho Prima 4. Idades em anos A.P.

4.3 Resultados de Foraminíferos

Analisando-se individualmente as espécies dominantes, isto é, com maior abundância relativa (percentual igual ou superior a 10% no testemunho), observa-se que as espécies apresentaram comportamento oposto ao longo da coluna sedimentar, alternando estágios de representatividade (Figura 3). Algumas espécies dominantes no testemunho Prima 4 foram *Ammonia tepida*, *Bulimina marginata*, *Cassidulina laevigata*, *Elphidium excavatum*, *Globocassidulina subglobosa*, e *Pyrgo elongata*.

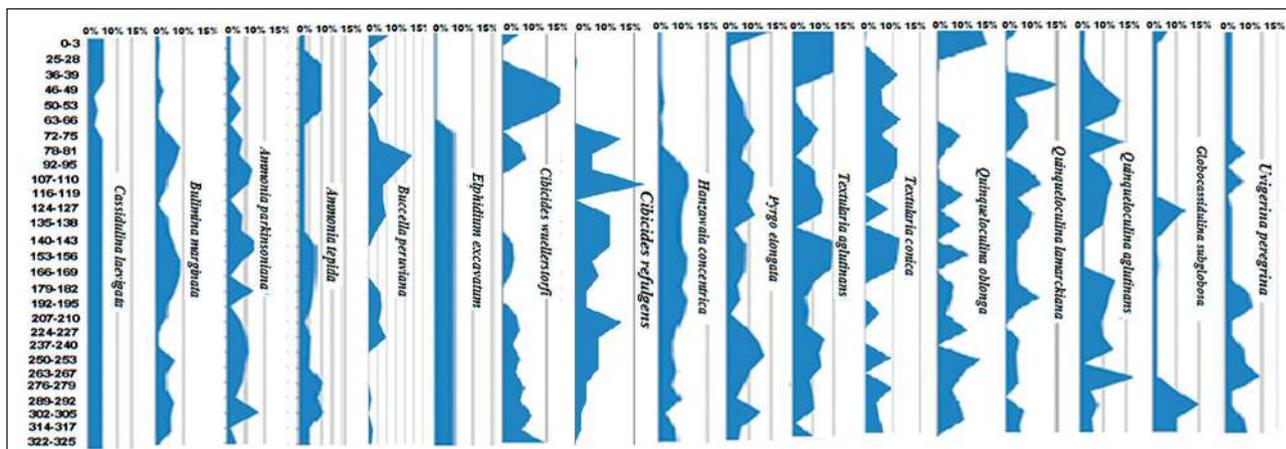


Figura 3 Variação da Abundância relativa das espécies dominantes do Testemunho Prima 4

Além da abundância relativa e dominância, outros descritores faunísticos utilizados no presente trabalho, tais como a riqueza, a diversidade e a equitatividade (Figura 4) a contribuem para a caracterização paleoambiental e identificação do ambiente de deposição dos depósitos analisados (Buzas-Stephens *et al.*, 2003).

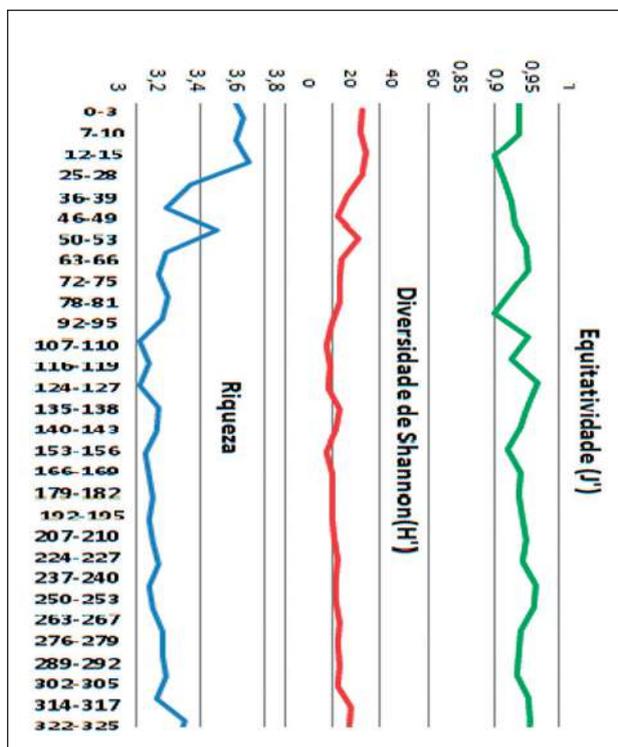


Figura 4 Índices de Diversidade de Shannon, Riqueza e Equitatividade do Testemunho Prima 4 (> 0,125 mm)

4.4 Resultados das Análises Estatísticas Multivariadas e Biofácies de Foraminíferos Bentônicos

Ao analisar os gráficos de abundância relativa das espécies e as análises de agrupamento, observou-se que estes valores variavam de acordo com a profundidade das amostras no testemunho. Deste modo, a AHC agrupou as amostras mais próximas entre si que apresentavam uma composição de espécies similares observando-se o padrão base, meio e topo nos testemunhos.

Analisando-se o dendrograma de agrupamento das amostras do testemunho Prima 4 (Figura 5), nota-se a separação das amostras em cinco grupos.

De acordo com os dados apresentados, verifica-se que as biofácies ocorrem da seguinte maneira para o testemunho Prima 4:

Grupo amarelo (**Biofácies CU/QQ**) - *Cassidulina laevigata*, *Uvigerina peregrina*, *Quinqueloculina oblonga* e *Q. agglutinans*;

Grupos roxo e azul (**Biofácies QQ/CC**) - *Quinqueloculina agglutinans*, *Q. lamarckiana*, *Cibicides wuellerstorfi* e *C. laevigata*;

Grupos verde e vermelho (**Biofácies AE/QQ**) - *Ammonia tepida*, *Elphidium excavatum*, *Q. agglutinans* e *Q. lamarckiana*.

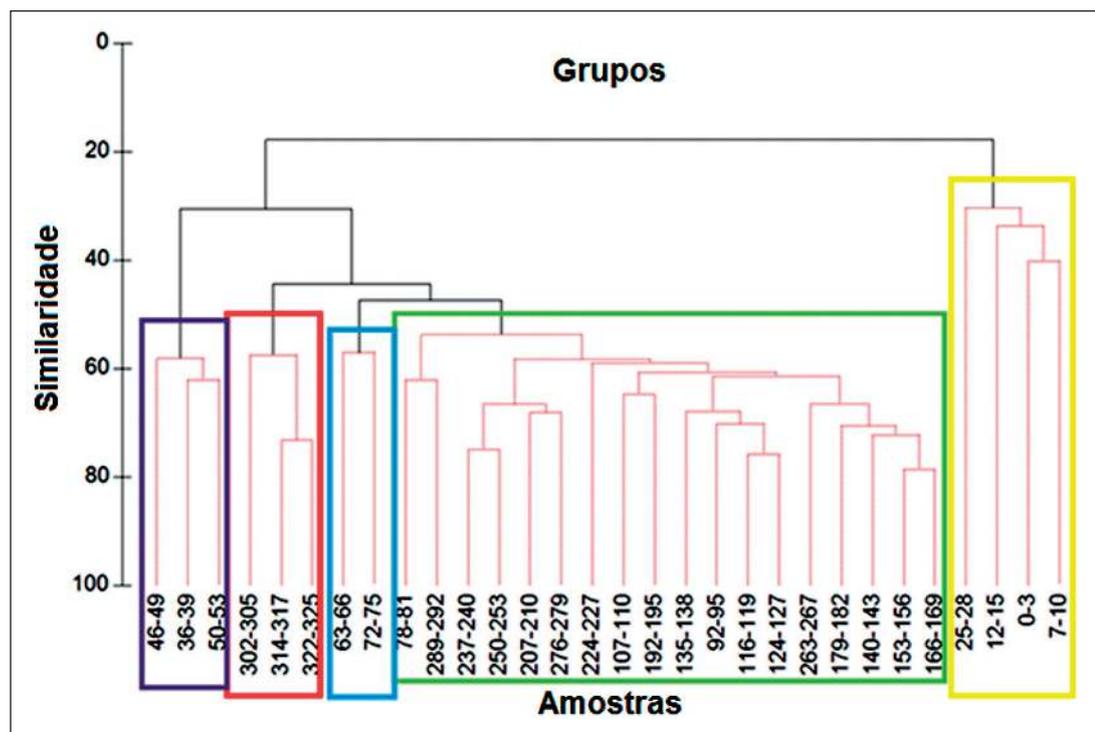


Figura 5
Dendrograma
do testemunho
Prima 4 (125
µm) Modo - Q

5 Discussão

Kowsmann & Costa (1978) verificou a presença de areias na região analisada. A descrição sedimentológica registrada no testemunho Prima 4 (Souza, 2017) demonstra a presença de areias médias de cor marrom amarelada, areia média (cascalho); areia média (marrom amarelado); areia média com níveis de lama, Intercalação de areia média e lama; areias médias com conchas; intercalação entre areia média e lama. Na base desta seção foram encontradas areias grossas com conchas; areia fina e intercalação entre areia fina e lama. A textura predominantemente arenosa com grande concentração de conchas caracteriza um ambiente de alta energia, característico de borda de plataforma, e ainda indicaria um ambiente em evolução, precedido por uma estabilização do nível do mar. Em estudos realizados por Disaró *et al.* (2009) em área da plataforma externa da Bacia de Campos, foram encontrados dados semelhantes com a área de estudo da Bacia de Santos em questão, no que se refere aos teores mais altos de carbonatos (conchas), carbono orgânico e assembleias de foraminíferos bentônicos. Os testemunhos analisados encontravam-se numa área mais oligotrófica, com granulometria mais grossa.

A abundância, a diversidade e a riqueza de espécies nos intervalos do testemunho Prima 4 foram consideradas altas confirmando um ambiente plataformal externo. A equitatividade nas amostras registrou valores sempre acima de 0,90, indicando equilíbrio na proporção das espécies (e.g. Figura 4).

A abundância de foraminíferos nos intervalos do testemunho Prima 4 foi alta, porém é possível observar que em direção ao topo algumas espécies como: *Bulimina marginata*, *Hanzawaia concentrica*, *Cibicides refulgens* e *Ammonia parkinsoniana*, diminuem ou deixam de aparecer enquanto há aumento nos níveis de COT (e.g. Figura 3).

O testemunho Prima 4 apresentou a espécie *Hanzawaia concentrica* que é preferencialmente epifaunal ocupando principalmente sedimentos lamosos, mas também arenosos com baixo teor de carbonato (Zerfass & Andrade, 2008). Provavelmente devido a granulometria mais grossa apresentada nas amostras próximas ao topo do testemunho essa espécie diminuiu sua abundância.

A assembleia de miliólídeos plataformais encontrada no testemunho Prima 4 é caracterizada por

valores altos de abundância, podendo inferir um ambiente plataformar com salinidade normal.

As espécies mais frequentes no testemunho Prima 4 são epifaunais como por exemplo: *Cibicides refulgens*, *Hanzawaia concentrica*, *Pyrgo elongata*, *Quinqueloculina aglutinans* e *Textularia aglutinans*, o que pode ser uma resposta aos valores baixos de COT.

Com o resultado das datações foi possível observar que a 302 cm de profundidade no testemunho, datado em 27.377 anos AP, portanto na fase regressiva, houve a presença abundante das espécies *Hanzawaia concentrica*, *Quinqueloculina aglutinans*, *Pyrgo elongata*, *Cibicides refulgens* e *Textularia conica*. Os valores baixos de COT e conteúdo relativamente menor de carbono orgânico e nitrogênio sugere um regime hidrodinâmico mais intenso (Burone & Pires-Vanin, 2006), compatível com fase regressiva.

Segundo Rathburn & Corliss (1994), algumas espécies são epifaunais, habitando a superfície dos sedimentos, em posições elevadas ou ligadas a objetos (como conchas e vegetais). No Prima 4, as espécies epifaunais de *Quinqueloculina aglutinans*, *Q. lamarckiana*, *Q. oblonga*, *Textularia conica*, *T. aglutinans*, *Pyrgo elongata* e *Cibicides wuellerstorfi*, foram predominantes nas amostras que apresentaram grande conteúdo de conchas. Outras espécies são infaunais e podem habitar níveis relativamente profundos dos sedimentos, por exemplo, a profundidades maiores que 4 cm abaixo da superfície, de acordo com Rathburn & Corliss (1994). Foram verificadas espécies infaunais de *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana* e *Bulimina marginata* no testemunho Prima 4. *Ammonia tepida* é uma espécie cosmopolita muito abundante em vários tipos de ambiente.

Disaró *et al.* (2009) já demonstrava a influência do aporte sedimentar e a quantidade de carbono orgânico na comunidade de foraminíferos bentônicos na plataforma da Bacia de Campos. Eventos de regressão marinha podem liberar carbono orgânico resultando em uma diminuição do pH oceânico, levando assim, a uma maior dissolução de CaCO_3 durante os períodos glaciais (Crowley, 1983; Baumann *et al.*, 2004). Desta maneira, é esperado que maiores

teores de carbonato nos sedimentos marinhos ocorreram em períodos de maior aquecimento, como no início da deglaciação. No testemunho Prima 4, observa-se uma elevação no aporte de carbono orgânico, entre os intervalos de 163 cm, de idade 20.376 anos A.P., e de 63 cm, datado em 15.777 anos A.P., (e.g. Figura 3), durante a fase do Último Máximo Glacial (LGM), que ocorreu aproximadamente em 20.000 anos AP. O Último Máximo Glacial tem seu pico máximo de sedimentação assinalado no Prima 4 (Souza, 2017). Wang & Huang (2016) menciona que durante esse período no Atlântico Sul o maior aporte de material terrígeno ocorreu devido aos eventos de regressão marinha proporcionando também a entrada de matéria orgânica havendo ao mesmo tempo a dissolução do carbonato marinho presente na coluna d'água (Gonçalves & Leonhardt, 2016).

Durante a fase regressiva, observou-se um aumento das espécies oportunistas, como *Ammonia* spp., coincidindo com a provável diminuição da lâmina d'água, ao passo que na fase transgressiva, em direção ao topo, há um pico de abundância de espécies típicas de maior profundidade como *Cibicides wuellerstorfi*, juntamente com o aumento da espécie *C. refulgens*. Confirma-se então um aumento da profundidade e uma tendência à estabilidade.

Segundo os resultados de datação radiométrica (^{14}C AMS) do testemunho Prima 4, no intervalo de 63 cm os depósitos foram datados em 15.777 anos A.P., mostrando que acima desta profundidade a sedimentação é, predominantemente, transgressiva (Tardin, 2015), acompanhando a última deglaciação, iniciada globalmente há aproximadamente 20.000 anos A.P., espécies como *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *B. marginata* e *H. concentrica* diminuiram quantitativamente em direção ao topo, a partir do LGM, portanto na fase transgressiva. Estes resultados correlacionam-se inversamente aos valores de COT (e.g. Figura 3).

As espécies *Uvigerina peregrina*, *Pyrgo elongata*, *Bulimina marginata* e *Hanzawaia concentrica* foram abundantes nas porções inferiores do testemunho Prima 4 que apresentaram valores mais baixos de carbono orgânico (e.g. Figura 3) e que correspondem à fase regressiva.

De acordo com os dados obtidos no testemunho Prima 4, a razão C/N possui média de (10,98) indicando que a área do testemunho Prima 4 possui influência mista, o que de certa maneira pode-se afirmar pela ação das correntes que adentram a plataforma, principalmente na maré de sizígia e quando há presença de correntes como a Central do Atlântico Sul (ACAS), na costa (Lamparelli *et al.*, 2001). Essa faixa de valores da razão C/N, indicou um material tipicamente marinho, sugerindo uma mistura de fontes de matéria orgânica depositada nos sedimentos ou uma perda mais rápida de nitrogênio em relação ao carbono (Meyers & Arnaboldi, 2005; Twichell *et al.*, 2002). Deste modo explica-se picos de abundância de determinadas espécies marinhas durante a fase regressiva, como *Buccella peruviana*.

A espécie aglutinante *Textularia aglutinans*, também dominante no testemunho, é cosmopolita e ocorre em ambientes neríticos e batiais. A dominância da espécie aumentou à medida que a fração areia também aumentou em direção ao topo do testemunho. Araújo (2009) registrou a ocorrência dominante de *Textularia aglutinans* na plataforma no norte da costa da Bahia e Disaró *et al.* (2009) constaram a presença de *T. aglutinans* na plataforma da Bacia de Campos. De acordo com Murray (2006) as espécies do gênero *Textularia* distribuem-se preferencialmente na plataforma e talude, em substratos duros ou sedimentos arenosos. De acordo com autores citados pode-se comparar os dados apresentados (Figura 2) onde é possível observar picos de abundância das espécies *Textularia aglutinans* e *T. conica* nas amostras entre os intervalos de 195 cm ao topo do testemunho Prima 4, onde há predominância de sedimentação arenosa.

No testemunho Prima 4 as espécies *Cassidulina laevigata* e *Quinqueloculina aglutinans* estão presentes praticamente em toda a extensão do testemunho. Através de estudos em áreas de plataforma na Nova Zelândia, foi possível observar que estas espécies estão associadas a fatores ambientais que podem influenciar fortemente a sua distribuição como: teor de oxigênio dissolvido em águas de fundo, as taxas de COT, sazonalidade da oferta de alimentos, advecção lateral das massas de água, a composição granulométrica do substrato, a salinidade e

a temperatura das águas de fundo (Hayward *et al.*, 2002). Segundo Murray (2006), a espécie *Cassidulina laevigata* está bem relacionada principalmente aos sedimentos grossos, ricos em oxigênio e matéria orgânica. A presença de espécies marinhas como *C. laevigata*, *Cibicides wuellerstorfi* e *C. refulgens* confirmam o ambiente de plataforma externa. O pico de abundância de *C. wuellerstorfi* no topo do testemunho responde ao aumento de profundidade na fase transgressiva.

O gênero *Bulimina* possui uma larga distribuição geográfica, é heterobatial, com uma larga distribuição batimétrica, encontrando-se distribuída desde a zona nerítica externa à zona batial média (Martins & Gomes, 2004).

Segundo Hayward *et al.* (1996), a espécie *Elphidium excavatum* distribui-se preferencialmente em ambientes de enseadas e estuários na Nova Zelândia, onde ocorreram condições de alta salinidade, nitrogênio e fosfato.

6 Correlação entre as Biofácies

Da base para o topo, a biofácies AE/QQ, mais profunda, estende-se de 27.377 anos A.P. a 14.624 anos A.P. (302 a 81 cm). Esta biofácies, correspondente à fase regressiva, caracteriza ambiente plataformal com influência de foraminíferos de ambiente proximal (Figura 6).

Em seguida, na sucessão estratigráfica foi caracterizada a biofácies QQ/CC, que se estende até 5.034 anos A.P. (75 a 39 cm), composta por espécies de miliolídeos como *Q. aglutinans* e *Q. lamarckiana*, além das hialinas *Cibicides wuellerstorfi* e *Cassidulina laevigata*. Estas espécies são típicas de ambientes marinhos abertos, e de plataformas externas e carbonáticas (Figura 6). Pode-se interpretar um aumento do nível do mar Martin *et al.* (2003), ocorrendo mudança de ambiente proximal para plataformal ou de talude, representado pela biofácies QQ/CC, já que *Cibicides wuellerstorfi* e *Cassidulina laevigata* são típicos de ambientes mais profundos. Observa-se ainda na biofácies QQ/CC uma associação com alta riqueza específica. De acordo com diversos autores (e.g., Corliss & Fois, 1991; Barash *et al.*, 2008;

Ovsepyan & Ivanova, 2009), a expressiva presença de *Cibicides* indica um ambiente bem oxigenado com considerável influxo de matéria orgânica para o fundo, o que também é reforçado por massas d'água aparentemente mais quentes (Figura 6).

A partir da amostra 25-28 cm, encontra-se a biofácies CU/QQ, caracterizada pelas espécies *Cassidulina laevigata*, *Uvigerina peregrina*, *Quinqueloculina oblonga* e *Q. aglutinans*. Esta biofácies distribui-se entre 5.034 anos A.P. e 2.847 anos A.P. Observando-se a presença de *Cassidulina laevigata* e *Uvigerina peregrina*, típicas de plataforma externa e talude, as biofácies deste testemunho apontam para um período de mar alto a partir de 14.624 anos A.P. até 2.847 anos A.P. (Figura 6).

7 Conclusões

A microfauna de foraminíferos encontrada no testemunho Prima 4 é constituída por espécies cosmopolitas de ambientes de plataformas tropicais, com alguns representantes do talude e de massas d'água mais frias. Em geral, a microfauna de foraminíferos distribuída nos intervalos da base e do topo do testemunho foram diretamente proporcionais a textura, a composição sedimentológica e os valo-

res de COT. Os valores de diversidade foram altos e, nos gráficos de abundância é possível observar uma diminuição de algumas espécies como *Ammonia parkinsoniana*, *Bulimina marginata*, *Hanzawaia concentrica*, *Uvigerina peregrina*, *Quinqueloculina lamarckiana* e *Q. aglutinans* em direção ao topo, com um pico de abundância no último intervalo sedimento/água (topo do testemunho).

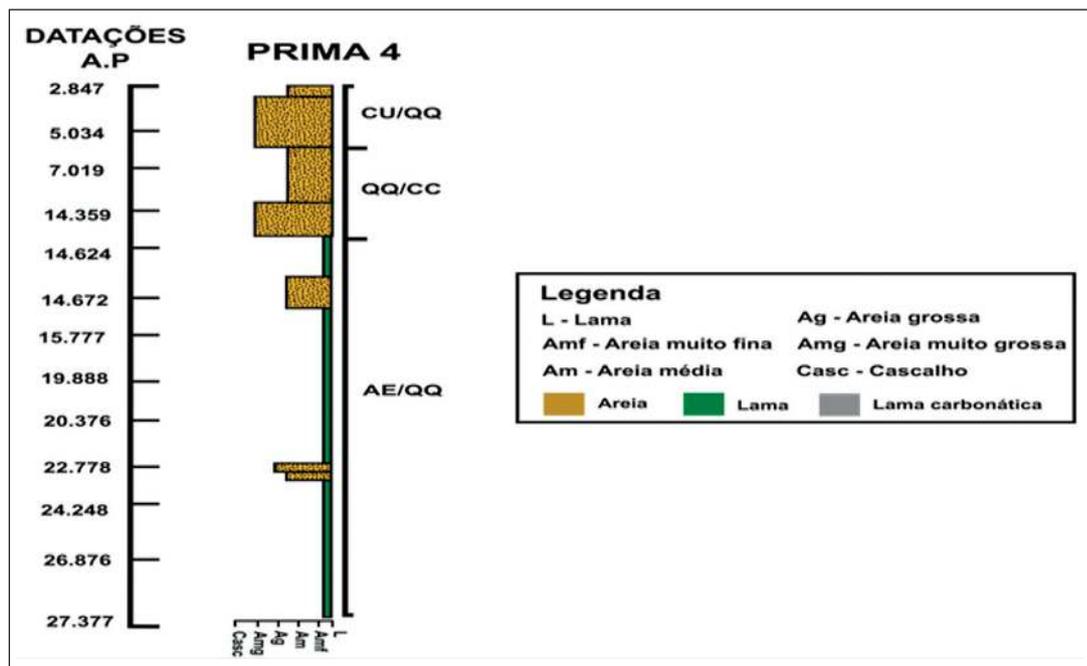
Espécies do gênero *Quinqueloculina* distribuem-se em todo o testemunho. Trata-se de uma assembleia de ambiente com salinidade normal, característica de ambientes plataformais.

O padrão de distribuição das assembleias de foraminíferos bentônicos e respectivas biofácies observados entre a base e o topo do testemunho Prima 4, estariam relacionados com as transformações sofridas pelo ambiente sedimentar em função das regressões e transgressões marinhas, indicando assim a evolução do ambiente marinho na área de plataforma externa em frente à Baía de Guanabara.

8 Agradecimentos

Ao projeto CAPES CAPES-Ciências do Mar “Estudos oceanográficos e geológico-geofísicos integrados nos ambientes de baías e de plataforma

Figura 6 Perfil esquemático do testemunho Prima 4 coletado em frente a Baía de Guanabara com a idade dos intervalos datados com C¹⁴, e os limites das biofácies. A profundidade dos sedimentos não foi considerada



continental ao largo do estado do Rio de Janeiro” (processo 23038.051609/2009-1) e o Grupo de Geologia Marinha-CPRM (Companhia de Recursos Minerais), ao CNPq e FAPERJ pelo apoio e a CAPES pela Bolsa de Doutorado concedida.

9 Referências

- Araújo, H.C.B. 2009. *Assembleias de foraminíferos indicadoras de mudanças ambientais no complexo recifal de Abrolhos, Bahia*. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Tese de Doutorado, 235 p.
- Barash, M.S.; Khusid, T.A.; Matul, A.G.; Chekhovskaya, M.P.; Biebow, H. Nürnberg, D. & Tiedemann, R. 2008. Distribution of benthic foraminifera in upper Quaternary sediments of the Deryugin Basin (Sea of Okhotsk). *Marine Geology*, 48(1):113- 122.
- Baumann K.H.; Böeckel B. & Frenz M. 2004. Coccolith contribution to South Atlantic carbonate sedimentation. In: THIERSTEIN, H.R. & YOUNG, J.R. (eds.) *Coccolithophores from molecular processes to global impact*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, part.3, p. 367-401.
- 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.
- Burone, L. & Pires-Vanin, A.M.S. 2006. Foraminiferal assemblages in the Ubatuba Bay, south-eastern Brazilian Coast. *Scientia Marina*, 70: 203-217.
- Buzas-Stephens, P.; Pessagno, E.A. & Bowen, C.J. 2003. Foraminiferal response to habitat disruption: Arroyo Colorado, Texas. *Journal of Foraminiferal Research*, 33(4): 294-308.
- Catanzaro, 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 (7.0 kHz). *Revista Brasileira de Geofísica*, 22(1): 69-83.
- Corliss, B.H. & Fois, E. 1991. Morphotype analyses of deep-sea benthic Foraminifera from the Northwest Gulf of Mexico. *Palaios*. 5: 589-605.
- Crowley T.J. 1983. Calcium-carbonate preservation patterns in the Central North Atlantic during the last 150.000 years. *Marine Geology*, 51: 1-14.
- Cushman, J.A. 1939. A monograph of the foraminiferal family Nonionidae. *Geol.Surv. Prof. Paper US 191*, 100 p.
- Debenay, J.P. 2012. *A Guide to 1000 Foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia*. Paris, IRD. 382 p.
- Disaró, S.T.; Aluizio, R.; Ribas, E.R.; Pupo, D.V.; Tellez, I.R.; Watanabe, S.; Totah, V.; Figueiredo Jr., A.G. & Falcão, A.P.C. 2009. Foraminíferos bentônicos recentes da Plataforma Continental da Bacia de Campos e relações com as características sedimentares regionais. Armação dos Búzios. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 13 E ENCONTRO DO QUATERNÁRIO SULAMERICANO, 3, 2009; Armação dos Búzios, Brasil. São Paulo.
- Duarte, C.S.L. & Viana, A.R. 2007. Santos drift system: stratigraphic organization and implications for late Cenozoic palaeocirculation in the Santos Basin, SW Atlantic Ocean. In: VIANA, A.R. & REBESCO, M. (eds.). Economic and palaeoceanographic significance of contourite 965 deposits. *Geological Society of London Special Publications*. 276: 171-198.
- Ellis, B.F. & Messina, A.R. 1940-*et seq.*. *Catalogue on Foraminifera*, The Micropaleontology Project, Micropaleontology Press Inc., New York. Disponível em: <http://www.micropress.org>. Sob permissão.
- Gonçalves, J.D.F. & Leonhardt, A. 2016. Contribution of the coccolithophores to the input of calcium carbonate during the Last Glacial Maximum on the Southern Brazilian Continental Margin. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 7: 1-5.
- Gooday, A.J. 2002. *Encyclopedia of Ocean Sciences: Benthic Foraminifera*. Southampton, UK, Academic Press, p. 274-286.
- Grimm E.C. 1992. Tilia and Tiliagraph: PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA, Commission for the Study of the Holocene, Working Group on Data Handling Methods: 5-7 (*Newsletter 4*).
- Hayward, B.W.; Grenfell, H.R.; Reid, C.M. & Hayward, K.A. 2002. *Recent New Zealand shallow-water benthic foraminifera: taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment*. Institute of Geological & Nuclear Sciences, Lower Hutt, 264 p.
- Hayward, B.W.; Grenfell, H.R.; Cairns G. & Smith, A. 1996. Environmental controls on benthic foraminiferal and thecamoebian associations in a tidal New Zealand inlet. *Journal of Foraminiferal Research*, 26(2):150- 171.
- Jablonski, S.A.; Mecray, E.L.J.; Munson, M. & Blackwood, D.S. 2002. CHN preparation and analysis. In: *Geochemical Analysis Procedures: U.S. Geological Survey Open-File Report 02-371*.
- JICA, 1994. *The study of recuperation of the Guanabara bay* (vol. 8). Japan International Cooperation Agency. Kokusai Co. Ltda., Tokyo.
- Kowsmann, R.O. & Costa, M.P.A. 1978. Evidence of late quaternary sea level still stands on the upper brazilian continental margin: a synthesis. *International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary*. Proceedings, São Paulo, p. 170-192.
- Lamparelli, M.L.; Costa, M.P.; Prósperi, V.A.; Bevilacqua, J.E.; Araújo, R.P.A.; Eysink, G.G.L. & Pompeia, S. 2001. *Sistema Estuarino de Santos e São Vicente*. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 178 p.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold Ed., 970 p., 847 est.
- Martin, L.; Dominguez, J.M.L. & Bittencourt, A.C.S.P. 2003. Fluctuating Holocene sea-levels in eastern and southeastern Brazil: Evidence from multiple fossil and geometric indicators. *Journal of Coastal Research*, 19: 101-124.
- Martins, V. & Gomes, V. 2004. *Foraminíferos da Margem Continental NW Ibérica: sistemática e ecologia*. Portugal, Ed. Gomes, 377 p.
- Meyers, P.A. & Arnaboldi, M., 2005. Trans-Mediterranean comparison of geochemical paleoproductivity proxies in a Mid-Pleistocene interrupted sapropel. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 222: 313 – 328.
- Murray, J.W. 2006. *Ecology and applications of benthic forami-*

- nifera*. Cambridge, Cambridge University Press. 426p.
- Ovsepyan, E. & Ivanova, E.V. 2009. Benthic foraminifera assemblages as indicator of the paleoceanographic conditions in the Eastern Equatorial Pacific. *Marine Geology*, 49(1):131-140.
- Pereira M.J. & Feijó F.J. 1994. Bacia de Santos. Estratigrafia das Bacias Sedimentares do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 8: 219-234.
- Pereira, M.J.; Barbosa, C.M.; Agra, J.; Gomes, J.B.; Aranha, L. G.F.; Saito, M.; Ramos, M.A.; Carvalho, M.D.; Stamato, M. & Bagni, O. 1986. Estratigrafia da Bacia de Santos: análise das seqüências, sistemas deposicionais e revisão litoestratigráfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiania, *Anais*, 1:65-79.
- Rathburn, R. & Corliss. H.B. 1994. The ecology of living (stained) deep-sea benthic foraminifera from the Sulu Sea. *Paleoceanography*, 9: 87-150.
- Reimer P.J.; Bard E.; Bayliss A.; Beck J.W.; Blackwell P.G.; Bronk Ramsey C.; Buck C.E.; Edwards R.L.; Friedrich M.; Grootes P.M.; Guilderson T.P.; Hafflidason H.; Hajdas I.; Hatté C.; Heaton T.J.; Hogg A.G.; Hughen K.A.; Kaiser K.F.; Kromer B.; Manning S.W.; Reimer R.W.; Richards D.A.; Scott E.M.; Southon J.R.; Turney C.S.M. & van der Plicht J. 2013. Selection and treatment of data for radiocarbon calibration: an update to the International Calibration (IntCal) criteria. *Radiocarbon* 55(4): vol. 55, no. 4, pp. 1869-1887. DOI: 10.2458/azu_js_rc.55.16947.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bolletim Systematical Technological Journal*, 27: 379-423.
- Silveira, I.C.A.; Schmidt, A.C.K.; Campos, E.J.D.; Godoi, S.S. & Ikeda, Y. 2000. A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48: 171-183.
- Silveira, R.C.A.; Miranda, L.B. & Brown, W.S. 1994. On the origins of the North Brazil Current. *J. Geophys.*, 99(C11): 22501- 22512.
- Souza, T.C.S. 2017. *A utilização das análises de palinofácies e cistos de dinoflagelados para o estudo de sedimentos quaternário da Plataforma Continental do Rio de Janeiro, região Nordeste da Bacia de Santos, Brasil*. Universidade Federal Fluminense. Tese de Doutorado. 310 p.
- Stramma, L. 1991. Geostrophic transport of the South Equatorial Current in the Atlantic, *J. Mar. Res.*, 49(2): 281-294.
- Stuiver, M.; Reimer, P.J. & Reimer, R.W. 2017. *CALIB 7.1*. Disponível em: <http://calib.org>, acessado em 11 de março de 2017.
- Tardin, R.G.C.P. 2015. *Estratigrafia sísmica e paleodrenagem de sistemas deposicionais Quaternários da plataforma sul fluminense, Bacia de Santos*. Universidade Federal Fluminense: Dinâmica dos Oceanos e da Terra; Área de Concentração: Geologia e Geofísica Marinha. Rio de Janeiro. Niterói. Dissertação de Mestrado, 278 p.
- Twichell, S.C.; Meyers, P.A & Diester-Hass, L. 2002. Significance of high C/N ratios in organic carbon-rich Neogene sediments under the Benguela Current upwelling system. *Organic Geochemistry*, 33: 715 – 722.
- Wang, N. & Huang, B.Q. 2016. Deep-water carbonate dissolution in the northern South China Sea during Marine Isotope Stage 3. *Journal of Palaeogeography*, p. 1-8.
- WoRMS Editorial Board. *World Register Marine Species*. Disponível em: <http://www.marinespecies.org>. VLIZ. <http://dx.doi.org/10.14284/170>.
- Zerfass, G.S.A. & Andrade, E.J. 2008. Foraminíferos e Bioestratigrafia: uma abordagem didática. *Terra Didática*, 3(1):18-35.