

COMPARAÇÃO ENTRE AS ASSINATURAS TAFONÔMICAS DE ASSOCIAÇÕES DE FORAMINÍFEROS SUBFÓSSEIS DAS ENSEADAS DO FLAMENGO E DA FORTALEZA, SÃO PAULO, BRASIL

JULIANA BRAGA SILVA

Instituto de Geociências, USP, Rua do Lago, 562, 05508-080, São Paulo, SP, Brasil.
juliana_bs2002@yahoo.com.br

WÂNIA DULEBA

Escola de Artes, Ciências e Humanidades, USP, Av. Arlindo Bettio, 1000, 03828-000, São Paulo, SP, Brasil. *wduleba@usp.br*

ABSTRACT – COMPARISON BETWEEN THE TAPHONOMIC SIGNATURES OF SUB-FOSSIL FORAMINIFERA ASSEMBLAGES OF FLAMENGO AND FORTALEZA BAYS, SÃO PAULO, BRAZIL. Taphonomic (color alteration, grade and type of fragmentation) and morphometric signatures were analyzed in sub-fossil benthic foraminiferal assemblages along two shallow sedimentary marine cores, UB1 (Saco da Ribeira) and UB3 (Praia do Lázaro), collected at Flamengo and Fortaleza bays, in the Ubatuba municipality, at the northern coast of São Paulo State. The results indicated that these assemblages were not completely changed during their permanence in the geologic record and are therefore able to indicate the paleoenvironmental changes of these shallow marine regions since 7,700 cal years BP. The comparison between the taphonomic aspects of benthic foraminiferal assemblages present along both cores still allowed the assessment of similarities and differences between the depositional sites, thus complementing the paleoenvironmental information already gathered by the characteristics of both assemblages.

Key words: foraminifera, taphonomy, Ubatuba, paleoenvironmental reconstruction.

RESUMO – Aspectos tafonômicos (alteração de cor, grau e tipos de fragmentação) e morfométricos foram analisados em associações subfósseis de foraminíferos bentônicos ao longo de dois testemunhos de sedimentos marinhos rasos, UB1 (Saco da Ribeira) e UB3 (Praia do Lázaro), coletados nas enseadas do Flamengo e da Fortaleza, em Ubatuba, no litoral norte do Estado de São Paulo. Os resultados indicaram que essas associações não foram completamente alteradas durante sua permanência no registro geológico e que, portanto, são aptas a indicar as modificações paleoambientais dessas regiões marinhas costeiras desde há 7.700 anos cal AP. A comparação entre os aspectos tafonômicos das associações de foraminíferos bentônicos presentes nos dois testemunhos permitiu ainda inferir similaridades e diferenças entre seus sítios deposicionais, complementando dessa forma as informações paleoambientais já obtidas pelas características de ambas associações.

Palavras-chave: foraminíferos, tafonomia, Ubatuba, reconstituição paleoambiental.

INTRODUÇÃO

A tafonomia adquiriu importância cada vez maior nas últimas décadas, à medida que cientistas compreenderam que os processos *post mortem* que afetam associações fósseis e subfósseis podem fornecer dados importantes sobre as condições paleoambientais que somente a análise das associações pretéritas não é capaz de oferecer (Behrensmeyer & Kidwell, 1985; Donovan, 1991; Martin, 1999; Allison & Bottjer, 2011).

As características de preservação de fósseis e subfósseis podem, por exemplo, indicar a interação dos organismos com os sedimentos, os tipos e características de ambientes deposicionais, as propriedades de suas taxas de sedimentação, e dos processos físicos, químicos e/ou biológicos neles atuantes (Behrensmeyer & Kidwell, 1985; Parsons & Brett, 1991; Behrensmeyer *et al.*, 2000); determinar tafofácies (Speyer & Brett, 1986; Parsons & Brett, 1991; Allison &

Bottjer, 2011); e comparar ambientes deposicionais sob a ótica da preservação dessas associações (Brett & Baird, 1986).

Além disso, a análise tafonômica de associações subfósseis se torna essencial para que se saiba até que ponto os processos *post mortem* afetaram as associações primevas, desde sua deposição até sua coleta para análise, modificando a qualidade do registro fóssilífero e, dessa forma, seu significado paleoambiental (*e.g.* Kidwell & Flessa, 1995; Berkeley, 2009).

A análise tafonômica de foraminíferos vem ganhando importância crescente nos últimos anos. Autores têm se dedicado a elucidar sobre os processos de transformação das testas e de suas assinaturas tafonômicas finais (Peebles & Lewis, 1991; Berkeley *et al.*, 2009); à comparação de diferentes ambientes deposicionais (*e.g.* Cardoso & Senra, 2007); e à análise do significado das assinaturas tafonômicas desses microrganismos para interpretações ambientais e paleoambientais (*e.g.* Duleba, 1994; Vilela, 2003; Távora & Coelho, 2006).

Neste trabalho foram analisadas as assinaturas tafonômicas de associações de foraminíferos subfósseis de dois testemunhos marinhos rasos coletados nas enseadas do Flamengo e da Fortaleza, respectivamente no Saco da Ribeira e na Praia do Lázaro, Município de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. Trabalhos anteriores nessa região (Duleba *et al.*, 1999, 2003) indicaram que as enseadas do Flamengo e da Fortaleza estiveram conectadas até ~5.000 anos cal AP, quando essa conexão foi rompida pelo surgimento do Tômbolo do Saco da Ribeira. O aparecimento deste tómbolo foi uma resposta ao comportamento marinho durante a Transgressão Santos (Suguio *et al.*, 2005; Angulo *et al.*, 2006), o que alterou os padrões de circulação dessas enseadas (Duleba *et al.*, 1999).

As associações de foraminíferos subfósseis, dos testemunhos coletados no Saco da Ribeira e na Praia do Lázaro, indicaram evolução paleoambiental condizente com os trabalhos anteriores realizados nessas áreas (*e.g.* Duleba *et al.*, 1999, 2003). Entretanto, essas associações sofreram processos eodiagenéticos ao longo dos últimos 7.700 anos cal AP que podem ter alterado sua assinatura paleoambiental. Portanto, o objetivo do presente estudo é o de comparar os aspectos tafonômicos dessas duas associações de foraminíferos bentônicos, verificando se os mesmos contribuem para a avaliação da evolução paleoambiental da região costeira de Ubatuba.

ÁREA DE ESTUDO

As enseadas do Flamengo e da Fortaleza se localizam na região de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo, inseridas nas coordenadas geográficas 23°30,078'S/23°30,260'S e 45°07,014'O/45°08,163'O (Figura 1). A região onde foram coletados os testemunhos é banhada pela Água Costeira (AC), massa de água quente (~20°C) e salina (~33,5‰) constituída pela mistura de águas oceânicas e continentais (Mahiques, 1992; Silveira *et al.*, 2000).

A circulação hídrica ocorre em sentido horário nas enseadas do Flamengo e da Fortaleza (Mahiques, 1992). As temperaturas e as salinidades das colunas de água são fortemente estratificadas no verão e levemente estratificadas no inverno (Mahiques, 1992). Atualmente, as enseadas do Flamengo e da Fortaleza encontram-se separadas pelo tómbolo denominado Tómbolo do Saco da Ribeira (Figura 1).

A Enseada do Flamengo possui superfície de aproximadamente 18 km², largura média de 2,5 km² e profundidade máxima de 14 m, com desembocadura de 2,3 km de extensão, voltada para o Sul (Figura 1). Seus sedimentos variam desde silte, depositado preferencialmente em suas regiões mais abrigadas, à areia fina, depositada predominantemente em suas áreas menos abrigadas e, particularmente, junto à costa ocidental. Esses sedimentos são litoclásticos, com exceção daqueles depositados no costão rochoso da Ponta Grande, na desembocadura da enseada e a leste, onde são litobioclásticos, e em área próxima ao Boqueirão, onde são bioclásticos (Mahiques, 1992).

As isóbatas se apresentam paralelas entre si e em conformidade com a linha de costa, possuindo perfil

assimétrico, com as maiores profundidades na extremidade oeste dessa enseada (Mahiques, 1992), que possui extensa praia a nordeste, denominada Praia da Enseada, e duas pequenas baías: o Saco do Perequê Mirim, ao norte, e o Saco da Ribeira, a nordeste. A rede de drenagem local se compõe de pequenos cursos de água e pelo rio Perequê-Mirim, que deságua no Saco homônimo (Figura 1).

A Enseada da Fortaleza possui área de 12 km² e desembocadura com cerca de 5 km de largura voltada para SSE (Figura 1). Seus sedimentos apresentam certa homogeneidade, com predomínio de areias muito finas. Há apenas dois pontos de deposição de siltes grossos: um que se prolonga da Praia Vermelha para leste, e outro nas imediações da Ponta Grande. Esses sedimentos são litoclásticos, com exceção de uma área abrigada na Ponta do Sununga e outra na desembocadura, onde os sedimentos são litobioclásticos (Mahiques, 1992).

As isóbatas assumem a conformação geral da linha de costa, apresentando perfil simétrico de declividade suave, com as maiores profundidades (11 m) em sua desembocadura (Mahiques, 1992).

Essa enseada apresenta 12 pequenas praias de bolso, delimitadas por pontões do embasamento, e recebe a descarga da bacia do Rio Escuro, que é uma das mais volumosas da região de Ubatuba (Figura 1).

MATERIAL E MÉTODOS

Dois testemunhos foram coletados às profundidades de 3,10 m (UB1) e 3,80 m (UB3), com testemunhador a vibração, respectivamente no Saco da Ribeira e na Praia do Lázaro (Figura 1). Posteriormente eles foram abertos, fotografados, medidos e descritos no laboratório de Oceanografia Geológica, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP). Níveis de matéria orgânica, fragmentos vegetais e conchas de moluscos bivalves em posição de vida foram coletados e datados pelo método de ¹⁴C no laboratório Beta Analytic, Flórida (EUA). As idades radiocarbônicas obtidas foram aqui convertidas em idades calendário por meio do software Calib 6.0, com utilização da correção 14CHRONO Marine Reservoir Database e curva MARINE09 (Reimer *et al.*, 2009) (Tabela 1). Os respectivos modelos de idade foram elaborados por meio de regressão linear.

Seções de dois centímetros foram amostradas a cada 10 cm em ambos os testemunhos, e cada amostra foi dividida em três partes: duas destinadas às análises abióticas do sedimento (*i.e.* sedimentológicas e geoquímicas) e uma destinada à sua análise microfaunística (*i.e.* associações de foraminíferos bentônicos).

As análises abióticas foram realizadas no IOUSP, por Sonvesso (2007), e foram aqui reinterpretadas de acordo com Shepard (1954), Folk & Ward (1957), Bordwosky (1965 *apud* Sampei & Massumoto, 2001), Larssonneur (1997, modificado por Dias, 1996) e Borrego *et al.* (1998). Essas análises serviram como parâmetros para auxiliar na interpretação paleoambiental fornecida pelas associações de foraminíferos bentônicos subfósseis.

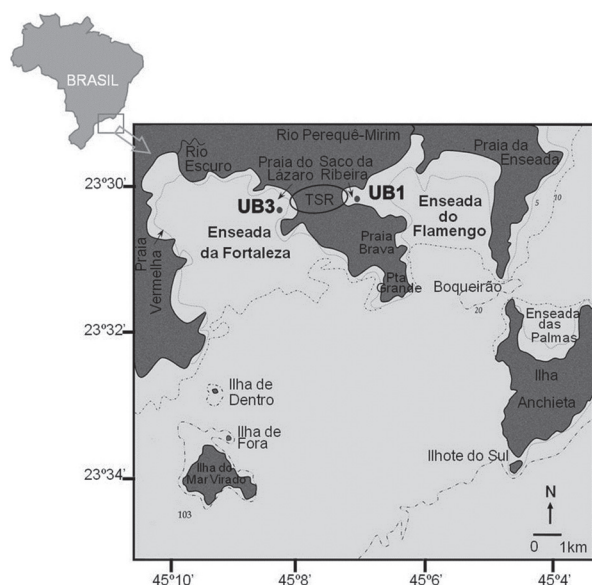


Figura 1. Área de estudo com localização dos dois testemunhos analisados, UB1 e UB3. **Abreviatura:** TSR, Têmpolo do Saco da Ribeira.

Figure 1. Studied site with the location of the two cores analyzed, UB1 and UB3. **Abbreviation:** TSR, Têmpolo do Saco da Ribeira.

Tabela 1. Idades radiocarbônicas e idades calendário dos testemunhos UB1 e UB3.

Table 1. Radiocarbon ages and calendar ages from UB1 and UB3 cores.

Amostras (profundidade em cm)	Idades convencionais (¹⁴ C anos AP)	Idades calculadas (anos cal AP)
UB1		
13	110	70
63	4470	4685
139	5040	5700
221	7290	7715
UB3		
1	111	119
87	4840	5160
303	7310	7780
343	8774	8480

As análises microfaunísticas foram realizadas no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP) e compreenderam o peneiramento a úmido de alíquotas de 10 cm³ de cada amostra em peneiras de 500 µm e 62 µm (Schröder *et al.*, 1987), secagem em estufa a 60°C, flotação em tricloroetileno (Scott *et al.*, 2001), triagem e contagem de aproximadamente 300 espécimes por amostra, sendo que as amostras com mais de 300 testas de foraminíferos foram subamostradas por meio de microquarteador.

As testas triadas foram identificadas de acordo com trabalhos de Loeblich & Tappan (1964, 1988), Boltovskoy *et al.* (1980) e por comparação com os exemplares da coleção micropaleontológica do Laboratório de Micropaleontologia/IGc-USP. As associações identificadas foram analisadas

quanto à sua densidade, riqueza, índices de diversidade e de equitabilidade, bem como quanto às suas indicações paleoambientais (*e.g. proxies* de massas de água, do grau de oxigenação do meio e do conteúdo de matéria orgânica no sedimento), conforme indicado nas Tabelas 2 e 3.

A análise tafonômica constou do estudo do estado das testas triadas por meio de observações à lupa binocular modelo Zeiss Stemi SV11, sob aumento de 60 x, e de fotomicrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), e levou em consideração adaptações dos aspectos considerados nos trabalhos de Brett & Baird (1986), Martin & Lidell (1991), Leão & Machado (1989), Peebles & Lewis, (1991) e de Duleba (1994). Ou seja: (i) a coloração das testas: como não foram realizadas análises geoquímicas nos compostos que impregnavam as testas, optou-se por denominá-los genericamente de sulfeto de ferro (FeS) e monossulfeto de ferro (FeS₂). Esta análise as separou em brancas (sem alteração da cor), douradas (impregnadas por sulfeto de ferro), preto-iridescentes (impregnadas por monossulfeto de ferro), e/ou com M.O. (contendo matéria orgânica em sua estrutura); (ii) o grau de fragmentação das testas, agrupando-as em inteiras (sem desgaste físico aparente na estrutura externa das testas), parcialmente fragmentadas (com presença de desgaste físico em até 50% da testa, permitindo a classificação taxonômica do espécime pelo menos até o nível genérico), ou totalmente fragmentadas (com desgaste físico que impossibilite sua classificação taxonômica); e (iii) identificação dos processos de desgaste das testas (corrosão, abrasão e/ou bioerosão). A Tabela 4 resume os aspectos tafonômicos considerados, o estado de dano que eles representam visualmente nas testas, e seu significado paleoambiental e tafonômico.

Todos os tipos de desgaste (*i.e.* corrosão, abrasão e bioerosão) presentes foram considerados separadamente em cada testa. Dessa forma, testas que continham dois ou mais processos de desgaste tiveram cada um deles analisados. Entretanto, como é possível que tenha havido superposição de desgastes (ocorrência de gerações diferentes de um mesmo tipo de desgaste ou ocultação de um processo pela incidência posterior de outro) em uma mesma testa de foraminífero, optou-se por não quantificá-los em números absolutos de ocorrência. Em vez disso, eles foram estudados qualitativamente e, sempre que possível, interligados às modificações ambientais (granulometria, circulação hídrica, e/ou aumento ou diminuição das concentrações de oxigênio e matéria orgânica do meio) circundantes.

Ainda, para complementar os estudos tafonômicos, levando-se em conta o desgaste das testas e a modificação das associações no registro geológico causados por possível transporte e remobilização das mesmas, foi realizada análise morfométrica. As testas foram separadas em pequenas (<125 µm), médias (125-250 µm), grandes (250-500 µm) e macro (>500 µm), de acordo com a tabela de classificação de grãos de Wentworth (1922).

Por fim, as características tafonômicas encontradas no testemunho UB1 foram comparadas àquelas obtidas no testemunho UB3, em idades equivalentes. Para tanto, foram confeccionados gráficos dos parâmetros tafonômicos por idade

(Figuras 2, 4) e realizada análise de correlação canônica (ACC) (Figura 6), utilizando-se teste de permutação de Monte Carlo com 999 permutações (Ter Braak & Smilauer, 2002). Para a ACC, três matrizes foram consideradas: (i) características de coloração das testas *versus* dados abióticos dos sedimentos; (ii) fragmentação das testas *versus* dados abióticos dos sedimentos; e (iii) tamanho das testas *versus* dados abióticos dos sedimentos. Os dados abióticos considerados para a ACC foram as porcentagens de carbonato de cálcio (%CaCO₃), enxofre total (%S), carbono orgânico (%C), de areia (% areia) e de argila (% argila), e a razão C/N (C/N). Ambas as matrizes foram construídas com a junção das amostras dos testemunhos UB1 e UB3. Para o testemunho UB3 foram desconsideradas as amostras de profundidades 60 a 110 cm (entre 3.610 e 5.440 anos cal AP) e de profundidades 180 a 170 cm (entre 6.288 e 6.170 anos cal AP), por não possuírem análises abióticas geoquímicas ou sedimentares.

RESULTADOS

Testemunho UB1

Foram identificadas 56 espécies pertencentes a 31 gêneros ao longo do testemunho UB1, dentre as quais as mais abundantes foram as hialinas de tamanho médio, *proxies* de alto acúmulo de matéria orgânica e baixa oxigenação intersticial nos sedimentos, de ambiente marinho raso com circulação de fundo mais fraca, restrita (Tabela 2).

Os *proxies* microfaunísticos (Tabela 2), geoquímicos e sedimentológicos (Sonvesso, 2007) indicaram que, ao longo dos últimos 7.740 anos cal AP, o Saco da Ribeira se tornou um ambiente cada vez mais confinado.

As testas analisadas ao longo do testemunho UB1, majoritariamente, não sofreram alteração de cor, mas houve presença de testas levemente douradas (FeS₂), preto iridescentes (FeS) e/ou com matéria orgânica (M.O.) (Figura 2A). Nos três casos de alteração de cor, os elementos que preencheram as testas se concentraram principalmente em suturas, costelas e estrias, além de aparecerem na região umbilical ou em seu interior, quando estas se encontravam fraturadas. A substituição ou impregnação da testa por sulfeto de ferro (FeS₂) ou por M.O. de forma mais intensa, foi fenômeno raro no testemunho UB1. A ocorrência da impregnação das testas não apresentou padrões distintos em relação às espécies e/ou gêneros existentes ao longo do testemunho.

Dentre as testas de coloração anormal, as douradas se encontraram em maior porcentagem (7,9% a 23,4% da amostra) da base do testemunho até 6.216 anos cal AP. A partir de 5.970 anos cal AP, rumo ao topo de UB1, testas douradas e preto-iridescentes diminuíram sensivelmente (Figura 2A). As testas com M.O. ocorreram em baixas quantidades nos intervalos de idade de 7.740 a 7.199 anos cal AP, 6.216 a 5.045 anos cal AP e 4.408 a 1.639 anos cal AP (Figura 2A).

Tabela 2. Gêneros e espécies de foraminíferos do testemunho UB1. *Ammonia* spp. = *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *Ammonia* sp. *Bolivina* spp. = *B. compacta*, *B. doniezi*, *B. ordinaria*, *B. pulchella*, *B. translucens*, *Bolivina* sp. *Bulimina* spp. = *B. elongata*, *B. marginata*. *Cassidulina* spp. = *C. crassa* fm. media, *C. minuta*, *Cassidulina* sp. *Cibicides* spp. = *C. dispers*, *C. variabilis*. *Elphidium* spp. = *E. discoidale*, *E. excavatum*, *E. poyeanum*, *Elphidium* sp. *Fissurina* spp. = *F. laevigata*, *F. lucida*. *Lagena* spp. = *L. laevis*, *L. striata*. *Pseudononion* spp. = *P. atlanticum*, *P. grateloupi*. *Pyrgo* spp. = *P. nasuta*, *Pyrgo* sp. *Quinqueloculina* spp. = *Q. atlantica*, *Q. gregaria*, *Q. intricata*, *Q. lamarckiana*, *Q. milleti*, *Q. patagonica*, *Quinqueloculina* sp. **Abreviações:** AC, águas costeiras; AP/T, águas plataformais ou de talude; M.O., matéria orgânica; O₂, ambiente oxigenado.

Table 2. Foraminifera genera and species from core UB1. **Abbreviations:** AC, coastal waters; AP/T, continental shelf waters or slope water; M.O., organic matter; O₂, oxygenated environment.

UB1 Idade (anos cal. AP)	0	54	716	1.639	2.562	3.485	4.408	4.779	4.912	5.046	5.179	5.313	5.446	5.580	5.713	5.970	6.216	6.462	6.707	6.953	7.199	7.445	7.740	
Densidade (n°espécies/10cm³sed.)	155	1780	347	209	3008	6512	7200	1236	1878	2070	2672	2124	1902	2472	3630	1998	2560	6656	3632	4312	732	902	411	Indicações Pale ambientais
Equitatividade (J')	0,67	0,66	0,70	0,74	0,69	0,71	0,74	0,64	0,70	0,76	0,76	0,81	0,77	0,72	0,75	0,79	0,74	0,78	0,81	0,78	0,80	0,79	0,80	
Riqueza	18	25	25	19	20	22	19	19	17	25	26	20	19	27	28	24	29	25	28	33	26	27	31	
Diversidade (H')	1,94	2,11	2,26	2,19	2,07	2,21	2,19	1,88	1,97	2,43	2,46	2,43	2,27	2,37	2,49	2,51	2,48	2,50	2,71	2,74	2,60	2,61	2,76	
<i>Ammonia</i> spp.	51,6	56,4	24,8	28,2	29,8	10,3	6,7	2,6	2,2	2,9	5,2	3,7	3,2	2,4	3,3	3,9	7,5	15,9	9,5	13,5	9,3	11,8	11,2	AC
<i>Bolivina</i> spp.	3,2	2,2	8,1	12,0	8,5	14,0	12,7	11,3	10,2	22,9	13,4	12,4	14,5	28,2	20,3	25,2	30,9	11,8	7,9	11,3	8,2	18,0	10,7	M.O.
<i>Brizalina striatula</i>	1,3	2,7	7,8	4,3	2,1	4,2	6,4	1,3	4,5	5,5	3,6	4,5	3,2	5,8	7,9	7,8	3,4	16,6	12,3	9,1	12,8	14,9	13,1	M.O.
<i>Bucella peruviana</i> fm. <i>frigida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	0,2	AP/T
<i>Bulimina</i> spp.	.	1,8	0,6	.	1,9	0,2	0,2	.	.	0,6	0,9	.	.	0,2	0,2	0,3	2,2	1,2	1,8	0,6	1,6	0,7	0,2	M.O.
<i>Buliminella elegantissima</i>	11,6	13,9	25,6	23,9	33,0	24,1	32,7	4,5	4,5	1,4	8,2	5,9	7,6	5,1	7,9	6,9	3,1	20,4	17,8	15,0	19,4	7,3	7,1	M.O.
<i>Cassidulina</i> spp.	0,6	1,3	0,6	0,5	0,5	0,2	0,4	0,6	.	1,2	0,6	1,4	0,6	2,4	3,1	4,5	1,3	4,3	5,9	3,0	2,7	3,5	2,2	AP/T

Tabela/Table 2. Cont.

UB1 Idade (anos cal. AP)	0	54	716	1.639	2.562	3.485	4.408	4.779	4.912	5.046	5.179	5.313	5.446	5.580	5.713	5.970	6.216	6.462	6.707	6.953	7.199	7.445	7.740	
Densidade (n°espécies/ 10cm³sed.)	155	1780	347	209	3008	6512	7200	1236	1878	2070	2672	2124	1902	2472	3630	1998	2560	6656	3632	4312	732	902	411	Indicações Paleo ambientais
Equitatividade (J')	0,67	0,66	0,70	0,74	0,69	0,71	0,74	0,64	0,70	0,76	0,76	0,81	0,77	0,72	0,75	0,79	0,74	0,78	0,81	0,78	0,80	0,79	0,80	
Riqueza	18	25	25	19	20	22	19	19	17	25	26	20	19	27	28	24	29	25	28	33	26	27	31	
Diversidade (H')	1,94	2,11	2,26	2,19	2,07	2,21	2,19	1,88	1,97	2,43	2,46	2,43	2,27	2,37	2,49	2,51	2,48	2,50	2,71	2,74	2,60	2,61	2,76	
<i>Cibicides</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.	0,2	0,3	.	0,7	0,2	.	.	0,2	0,5	O2
<i>Cyclogira planorbis</i>	.	.	.	0,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.	
<i>Discorbis williamsoni</i>	.	0,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	.	0,2	.	.	.	.	.	O2
<i>Elphidium</i> spp.	3,9	9,0	14,1	16,3	13,8	35,4	27,1	70,9	64,9	40,6	47,4	38,4	47,9	27,7	23,1	16,8	23,4	8,7	15,2	20,0	18,3	13,5	18,2	AC
<i>Fissurina</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,2	0,3	2,0	.	0,2	0,3	.	0,3	.	0,2	0,6	.	.	.	O2
<i>Fursenkoina pontoni</i>	0,6	.	1,2	1,0	0,8	2,2	2,2	1,3	1,0	2,9	3,3	3,7	1,6	1,9	4,5	3,6	6,9	3,4	2,6	6,9	5,2	6,4	5,1	M.O.
<i>Globigerinoides ruber</i>	0,6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	AP/T
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	0,2	0,3	0,3	0,7	0,2	0,2	.	0,2	.	AP/T
<i>Hanzawaia boueana</i>	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	0,3	.	.	.	.	0,2	.	.	0,2	.	.	.	.	.	O2
<i>Haynesina depressula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Hopkinsina pacificica</i>	0,6	0,9	0,3	0,5	0,8	0,7	0,2	0,3	0,6	2,6	0,9	1,4	1,6	2,4	3,0	3,3	0,9	2,9	4,2	5,9	4,6	3,3	1,5	M.O.
<i>Lagena</i> spp.	0,6	.	.	.	.	.	.	.	.	0,9	.	0,8	0,3	.	0,2	.	.	.	.	0,4	.	.	.	O2
<i>Lenticulina</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	AP/T
<i>Neocornubina sp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,6	.	0,3	0,2	0,3	.	.	.	.	.	.	0,5	.	O2
<i>Nonionella opima</i>	.	.	.	.	0,2	.	.	.	0,3	0,3	0,3	.	0,2	.	0,3	0,3	0,2	.	.	0,3	0,4	.	.	M.O.
<i>Pararotalia cananeaensis</i>	.	.	0,3	.	0,3	.	0,2	.	.	.	0,6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,8	0,2	1,0	AC
<i>Polymorphina sp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	
<i>Pseudononion spp.</i>	0,6	0,9	0,9	1,4	1,1	2,2	2,0	1,3	6,7	6,7	4,6	15,0	8,5	10,9	10,6	7,8	13,8	3,8	4,0	7,6	5,7	6,2	4,4	M.O.
<i>Pyrgo</i> spp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	0,2	.	O2
<i>Quinqueloculina spp.</i>	.	1,8	0,6	.	0,3	0,5	.	.	0,6	.	0,6	.	.	0,2	.	0,3	0,3	0,2	2,6	0,6	0,8	2,0	2,9	O2
<i>Rolshausenina rolshauseni</i>	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	0,9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	AC
<i>Rosalina floridana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	0,2	0,2	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	O2
<i>Stainforthia concava</i>	.	.	0,3	.	.	.	0,2	.	.	0,3	.	.	.	0,2	0,2	.	0,3	0,2	0,9	.	.	0,2	.	M.O.
<i>Triloculina laevigata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	O2
<i>Uvigerina peregrina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	.	0,5	.	AP/T
Jovem <i>Criboelphidium</i>	2,6	0,7	0,3	0,5	0,5	0,5	3,1	1,3	0,6	3,5	2,1	1,1	3,2	1,7	2,6	3,3	0,3	0,7	1,8	1,1	1,9	1,1	0,5	
Jovem rotalíneo	6,5	3,6	1,4	1,4	2,7	0,5	2,7	.	0,6	4,3	1,2	2,8	1,6	3,9	6,1	5,1	2,8	4,6	3,3	1,9	1,1	2,0	6,8	
Fragmentos	15,5	3,8	12,7	9,6	4,0	4,4	3,1	3,6	3,5	2,0	4,9	6,5	5,4	5,3	5,5	9,3	1,6	3,4	9,0	1,9	6,6	7,5	12,7	

Se somadas, testas douradas, preto-iridescentes e com M.O. se mostraram muito mais numerosas da base até 5.579 anos cal AP, a partir de onde seus valores decresceram consideravelmente. Testas acastanhadas (óxido de ferro) foram bastante raras ao longo de UB1, com apenas dois exemplares em diferentes profundidades desse testemunho.

Com relação à fragmentação, testas parcialmente fragmentadas (entre 31,3% e 72,5% das amostras) e testas inteiras (entre 23,9,8% e 65,4% das amostras) estiveram presentes ao longo de todo o testemunho, demonstrando-se quantitativamente mais expressivas que as testas totalmente fragmentadas, as quais, apesar de presentes em todos os intervalos amostrados de UB1, possuíram percentagens bastante inferiores (entre 1,5 e 15,5% das amostras) (Figura 2B).

Testas inteiras predominaram sobre as parcialmente fragmentadas da base do testemunho até 5.579 anos cal AP. Entre 5.446 e 4.778 anos cal AP, houve alternância entre o predomínio de testas inteiras e parcialmente fragmentadas, e entre 4.408 anos cal AP e o Presente, testas inteiras tornaram a apresentar valores percentuais mais elevados (média de 50,5% das amostras) que aqueles das parcialmente fragmentadas (média de 42% das amostras) (Figura 2B). Testas totalmente fragmentadas apresentaram sua maior percentagem (15,5%) no Presente, onde testas inteiras e parcialmente fragmentadas apareceram em proporções semelhantes (Figura 2B).

A maior percentagem de testas inteiras ocorreu em 6.461 anos cal AP (65,4% da amostra), e a menor percentagem, em 4.778 anos cal AP (23,9% da amostra). A maior percentagem de testas fragmentadas ocorreu nessa mesma época (76,1%), e a menor (34,6%), no Presente (Figura 2B).

Através das fotomicrografias obtidas por MEV, pode-se verificar que processos tafonômicos de dissolução (desgaste químico) e de bioerosão foram encontrados em testas de foraminíferos hialinos ao longo do testemunho (Figura 3). Nas testas de espécies porcelanosas, processos de dissolução ocorreram com frequência, ao passo que os processos bioerosivos, apesar de presentes, foram raros. Entretanto, estes resultados devem ser observados com cautela, devido à grande diferença de percentagem entre espécies hialinas (entre 100 e 97,1%) e porcelanosas (entre 0 e 2,9%) nas amostras analisadas ao longo de UB1 (Tabela 1). Processos de abrasão (desgaste mecânico) foram detectados em menor quantidade ao longo do testemunho tanto em espécies hialinas quanto em porcelanosas (Figura 3).

Testas médias (125-250 μm) predominaram ao longo do testemunho (entre 32,2% e 83,9% das amostras), ocorrendo em menor quantidade (entre 33,8% e 32,2% das amostras) que as grandes (250-500 μm) apenas entre 4.912 e 4.778 anos cal AP (Figura 2C). Foram mais abundantes em 6.461 anos cal AP, onde alcançaram 83,9% da amostra analisada.

Testas pequenas (<125 μm) diminuíram da base do testemunho até 3.485 anos cal AP, a partir de quando passaram a aumentar progressivamente até o Presente, quando atingiram seu percentual máximo (43,9% da amostra). Seu menor valor (1,0% da amostra) ocorreu em 4.778 anos cal AP (Figura 2C). Já testas grandes apresentaram leve decréscimo da base até 6.461 anos cal AP, aumentaram dessa época até 4.778 anos

cal AP, onde atingiram sua maior percentagem (58,6% da amostra) e, então, diminuíram rumo ao topo do testemunho. Seu menor valor (3,4% da amostra) ocorreu em 6.461 anos cal AP (Figura 2C). Testas macro (>500 μm) ocorreram em baixas percentagens (entre 0 e 11,2% das amostras) ao longo de UB1.

Testemunho UB3

Foram identificadas 72 espécies pertencentes a 38 gêneros ao longo do testemunho UB3, dentre as quais as mais abundantes foram espécies hialinas e porcelanosas, de tamanho médio, *proxies* de acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos, baixa oxigenação intersticial e de ambiente marinho raso com circulação de fundo moderada (Tabela 3).

Os *proxies* microfaunísticos (Tabela 3), geoquímicos e sedimentológicos (Sonvesso, 2007) indicaram que, ao longo dos últimos 8.480 anos cal AP, a Praia do Lázaro foi um ambiente confinado, com maiores hidrodinamismo de fundo e grau de oxigenação intersticial que aqueles encontrados no Saco da Ribeira.

O testemunho UB3 demonstrou maior percentagem de testas brancas, isto é, sem alteração da cor (entre 75,6% e 100% das amostras). Entretanto houve presença de testas douradas (entre 0 e 20,2% das amostras) e com M.O. (entre 0 e 4,6% da amostra). Em menor percentagem, ocorreram testas preto-iridescentes (entre 0 e 5,5% das amostras). Testas acastanhadas apareceram em percentagens muito baixas, tendo sido encontrados apenas 15 espécimes, em diferentes intervalos desse testemunho (entre 5.500 e 4.500 anos cal AP). Assim como no testemunho UB1, a ocorrência da impregnação das testas não apresentou padrões distintos em relação às espécies e/ou gêneros existentes ao longo do testemunho UB3.

Testas brancas apresentaram leve tendência crescente da base do testemunho até 7.137 anos cal AP, diminuíram até 5.439 anos cal AP e aumentaram nos 122 anos seguintes, onde atingiram sua maior percentagem (100%, embora apenas com sete testas). Voltaram a diminuir até 3.610 anos cal AP e, dessa época ao Presente, aumentaram (Figura 4A).

Dentre as testas com coloração anormal, as douradas foram as que ocorreram em maiores percentagens ao longo do testemunho. Elas tenderam a diminuir até 7.137 anos cal AP e então aumentaram em direção ao topo de UB3, até 3.610 anos cal AP, onde tiveram seu valor máximo (20,2%). A partir daí, decresceram até 1.238 anos cal AP. Para os vinte últimos centímetros, seus valores tornaram-se novamente crescentes (Figura 4A).

As curvas de testas preenchidas por matéria orgânica e monossulfeto de ferro apresentaram o mesmo padrão ao longo desse testemunho, possuindo baixa percentagem e sofrendo ligeiro aumento da base até 6.288 anos cal AP, entre 4.796 e 3.610 anos cal AP e entre 2.424 anos cal AP e o Presente (Figura 4A).

Se somadas, testas douradas (FeS_2), preto-iridescentes (FeS) e com M.O. mostraram valores levemente decrescentes da base até 7.137 anos cal AP, a partir de quando aumentaram até 3.610 anos cal AP. Diminuíram seus valores percentuais daí até 1.238 anos cal AP, quando voltaram a aumentar até o topo do testemunho (Figura 4A).

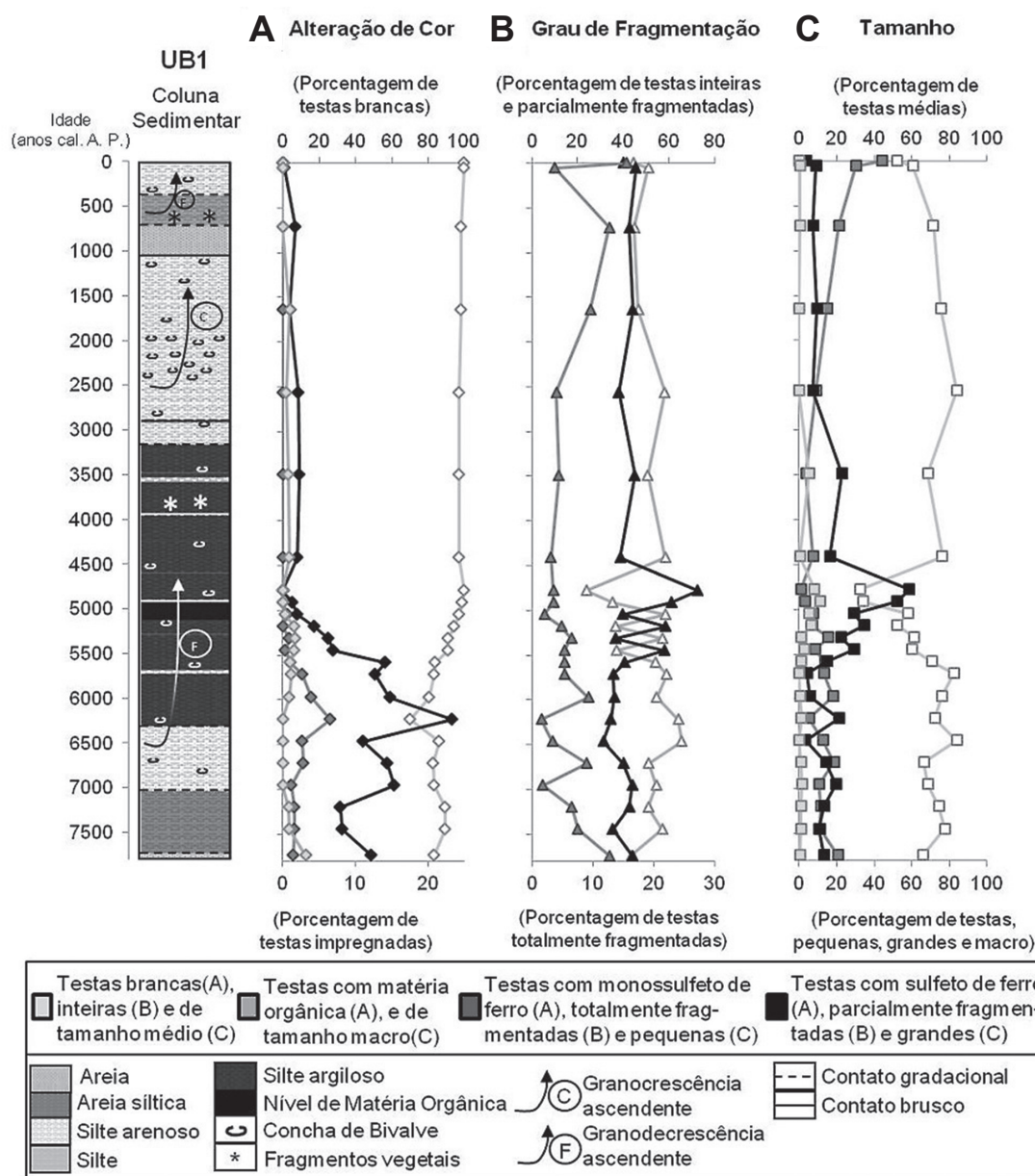


Figura 2. Parâmetros tafonômicos e morfométricos das testas de foraminíferos do testemunho UB1. **A**, alterações de cor; **B**, graus de fragmentação; **C**, morfometria (tamanhos).

Figure 2. Taphonomic and morphometric parameters of the foraminiferal tests from core UB1. **A**, color alterations; **B**, fragmentation grades; **C**, morphometry (sizes).

Com relação à fragmentação, testas inteiras e parcialmente fragmentadas apareceram em maior quantidade ao longo de todo o UB3 se comparadas às testas totalmente fragmentadas (Figura 4B), cujos valores percentuais foram bastante baixos, com exceção daquelas depositadas em 5.317 anos cal AP, onde seus valores somaram 57,1% da amostra.

Testas parcialmente fragmentadas diminuíram levemente entre aproximadamente 7.900 e 5.440 anos cal AP e passaram a aumentar rumo ao topo do testemunho (Figura 4B). Elas apareceram em maior quantidade nos intervalos de idade de 8.480 anos cal AP, 8.077 a 7.902 anos cal AP, 7.622 a 7.380 anos cal AP e em 645 anos cal AP. Nos demais intervalos

de idade, a predominância passou a ser daquelas que se apresentam inteiras. Testas totalmente fragmentadas, apesar de pouco abundantes, tenderam a diminuir levemente da base até 5.560 anos cal AP, a partir de onde aumentaram rumo ao topo do testemunho (Figura 4B).

Por meio de fotomicrografias do MEV, foram verificados processos tafonômicos de dissolução (desgaste químico) e de bioerosão (desgaste bioquímico) em testas de foraminíferos hialinos (Figura 5). Nas testas de espécies porcelanosas, processos de dissolução ocorreram com frequência, ao passo que os processos bioerosivos, apesar de presentes, foram raros. Entretanto, estes resultados devem ser observados

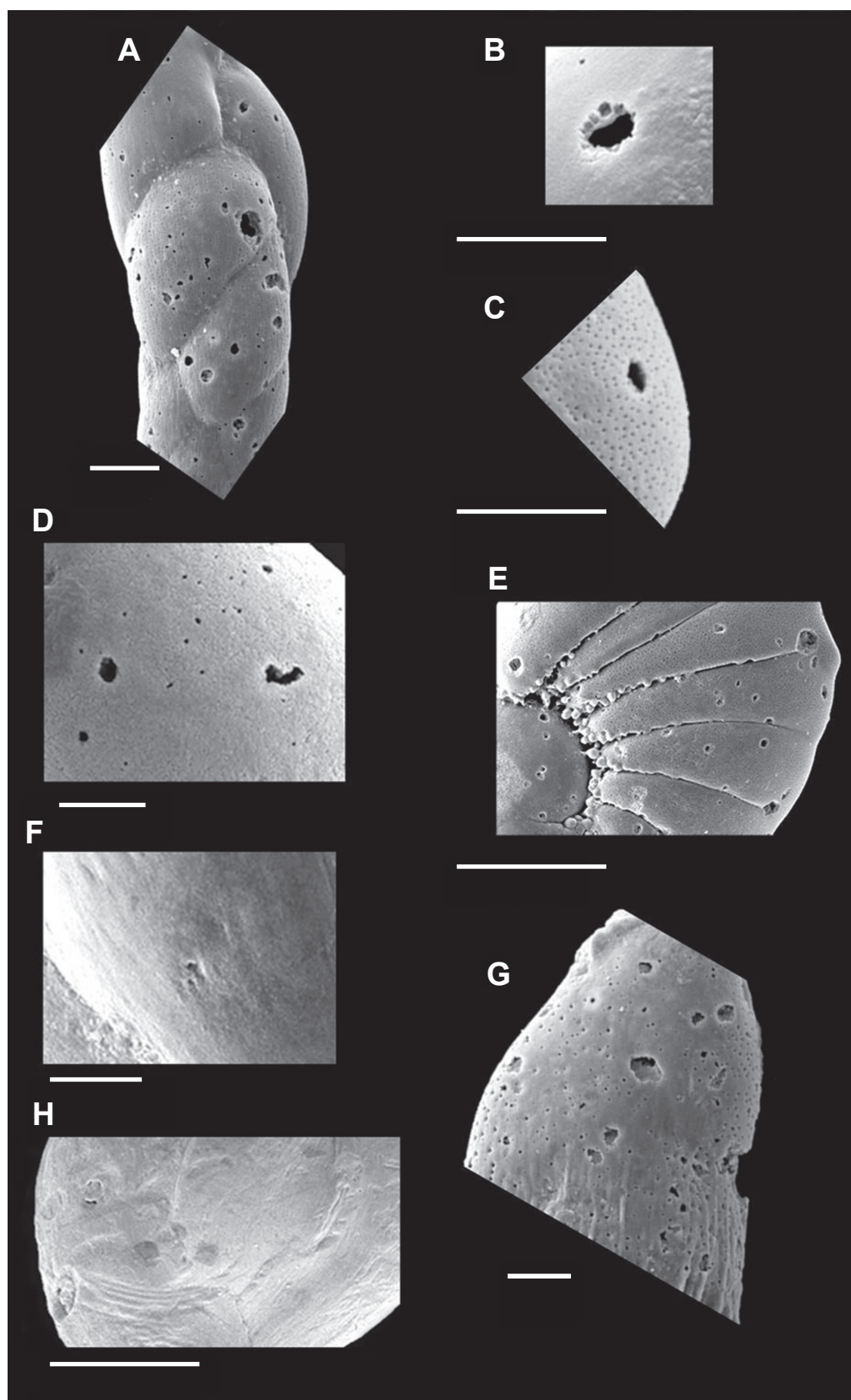


Figura 3. Imagens (MEV) de detalhes das testas de foraminíferos do testemunho UB1 indicando os processos tafonômicos de desgaste (dissolução, bioerosão e abrasão). **A-E**, bioerosão; **F, H**, dissolução; **G**, bioerosão e abrasão. Escalas: A, C, F-G = 30 μ m; B, D = 20 μ m; E = 100 μ m; H = 200 μ m.

Figure 3. SEM images of details of foraminifer tests from core UB1 indicating the taphonomic process of wear (dissolution, bioerosion and abrasion). **A-E**, bioerosion; **F, H**, dissolution; **G**, bioerosion and abrasion. Scale bars: A, C, F-G = 30 μ m; B, D = 20 μ m; E = 100 μ m; H = 200 μ m.

com cautela, devido à grande diferença de porcentagem entre espécies hialinas (entre 100% e 91,9%) e porcelanosas (entre 0 e 7,8%) nas amostras analisadas ao longo de UB3 (Tabela 3). Processos tafonômicos de abrasão (desgaste mecânico) ocorreram em quantidades muito baixas ao longo do testemunho, tanto em espécies hialinas quanto em espécies porcelanosas (Figura 5).

Testas médias (125-250 µm) predominaram ao longo do testemunho UB3, com exceção dos intervalos depositados em 6.045 anos cal AP, 5.318 anos cal AP e 4.796 anos cal AP, onde testas pequenas (<125 µm) tiveram maior porcentagem. Seus valores apresentaram diminuições e aumentos de menor amplitude ao longo de todo UB3, com padrão geral de diminuição da base do testemunho até 6.045 anos cal AP, seguido de aumento até 5.560 anos cal AP, nova diminuição até 4.796 anos cal AP e, por fim, novo aumento rumo ao topo do testemunho. Seu maior valor (82,5%) ocorreu em 7.902 anos cal AP, e o menor (28,6%) em 5.318 anos cal AP (Figura 4C).

Testas pequenas apresentaram valores crescentes até 6.045 anos cal AP, diminuíram até 5.560 anos cal AP, tiveram pico de aumento em 5.318 anos cal AP e então diminuíram rumo ao topo do testemunho. Sua menor porcentagem (5%) ocorreu em 8.077 anos cal AP, e a maior (71,4%), em 5.318

anos cal AP. Já testas grandes (250-500µm) demonstraram ligeira diminuição da base até 7.258 anos cal AP, a partir de onde aumentaram suavemente rumo ao topo do testemunho. Sua maior porcentagem (25,2%) ocorreu em 8.077 anos cal AP. Por fim, as testas macro (>500 µm) ocorreram em porcentagens bastante reduzidas ao longo do testemunho UB3 (Figura 4C).

Análise de Correlação Canônica (ACC)

A ACC demonstrou que os três parâmetros tafonômicos (*i.e.* alteração de cor, grau de fragmentação e tamanho das testas) se vincularam especialmente ao eixo 1 (axis 1), que representou, para cada ACC: 95,3% (A); 99,2% (B) e 91,3% (C) das alterações desses parâmetros ao longo dos testemunhos UB1 e UB3 (Autovalores, respectivamente, de 0,58; 0,34 e 0,46, com erro menor que 0,1%). As amostras dos dois testemunhos se dividiram em dois grupos distintos nos três gráficos: grupo 1, entre os números 1 e 24 (testemunho UB1 e a amostra mais superficial do testemunho UB3) e grupo 2, entre os números 25 e 50 (demais amostras do testemunho UB3) (Figura 6).

As alterações de cor (Figura 6A), do grau de fragmentação (Figura 6B) e do tamanho (Figura 6C) das testas do grupo 1 se correlacionaram principalmente à mais alta quantidade

Tabela 3. Gêneros e espécies de foraminíferos do testemunho UB3. *Ammonia* spp. = *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *Ammonia* sp. *Bolivina* spp. = *B. compacta*, *B. ordinaria*, *B. pulchella*, *B. translucens*, *Bolivina* sp. *Bulimina* spp. = *B. elongata*, *B. marginata*. *Cassidulina* spp. = *C. crassa* fm. media, *C. minuta*, *Cassidulina* sp. *Cibicides* spp. = *C. dispers*, *C. variabilis*, *Cibicides* sp. *Elphidium* spp. = *E. discoidale*, *E. excavatum*, *E. poyeanum*, *Elphidium* sp. *Fissurina* spp. = *F. laevigata*, *F. lúcida*, *Fissurina* sp. *Lagena* spp. = *L. laevis*, *L. striata*, *Lagena* sp. *Oolina* spp. = *O. caudigera*, *O. hexagona*, *O. lineata*, *O. Mello*, *O. vilardeboana*, *Oolina* sp. *Pseudononion* spp. = *P. atlanticum*, *P. grateloupi*. *Pyrgo* spp. = *P. nasuta*, *Pyrgo* sp. *Quinqueloculina* spp. = *Q. atlantica*, *Q. intricata*, *Q. lamarckiana*, *Q. milletti*, *Q. patagonica*, *Q. cf. polygona*, *Quinqueloculina* sp. *Uvigerina* spp. = *U. bifurcata*, *U. peregrina*. **Abreviações:** AC, águas costeiras; AP/T, águas plataformais ou de talude; M.O., matéria orgânica; O₂, ambiente oxigenado.

Table 3. Foraminifera genera and species from core UB3. **Abbreviations:** AC, coastal waters; AP/T, continental shelf waters or slope water; M.O., organic matter; O₂, oxygenated environment.

UB3 Idade (anos cal. AP)	645	1.238	1.831	2.424	3.017	3.610	4.203	4.796	5.196	5.318	5.439	5.560	5.682	5.803	5.924	6.045	6.167	
Densidade (n°espécies/ 10cm³sed.)	14432	31555	4792	10960	30400	15520	25600	8272	40832	7	11616	29760	13280	36288	42240	5968	14144	Indicações Paleo ambientais
Equitatividade (J')	0,82	0,80	0,80	0,79	0,81	0,79	0,80	0,79	0,83	0,92	0,83	0,77	0,73	0,75	0,75	0,76	0,74	
Riqueza	43	38	42	47	35	37	33	39	33	2	40	37	42	39	33	29	29	
Diversidade (H')	3,10	2,92	2,99	3,05	2,89	2,86	2,79	2,90	2,91	0,64	3,06	2,78	2,74	2,75	2,62	2,55	2,50	
<i>Ammonia</i> spp.	13,3	9,5	5,3	4,2	4,0	3,5	3,5	5,4	5,3	.	4,4	4,3	3,4	3,2	4,2	2,9	3,6	AC
<i>Amphycorina scalaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	0,2	.	.	.	
<i>Bolivina</i> spp.	7,5	8,1	10,9	12,0	13,1	12,2	12,8	13,9	9,4	28,6	14,0	9,2	16,6	9,2	10,6	16,6	17,6	M.O.
<i>Brizalina striatula</i>	7,1	8,9	6,2	6,0	9,5	7,6	7,3	4,8	11,6	.	3,3	12,7	4,3	10,4	8,8	5,4	5,2	M.O.
<i>Buccella peruviana</i>	0,4	0,2	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	0,3	.	.	AP/T
<i>Bulimina</i> spp.	8,0	5,3	4,8	3,6	2,1	4,7	3,8	0,8	2,2	.	1,1	3,7	0,7	1,8	2,4	1,1	1,4	M.O.
<i>Buliminella elegantissima</i>	0,4	1,4	1,2	1,8	1,1	.	1,0	0,6	1,3	.	.	0,4	.	1,1	0,6	0,8	.	M.O.
<i>Cancris sagra</i>	.	.	0,3	0,1	0,2	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	O2
<i>Cassidulina</i> spp.	9,8	13,2	17,0	13,9	14,7	16,7	21,0	17,8	16,6	.	9,4	19,8	19,0	22,9	26,7	22,8	26,7	AP/T

Tabela/Table 3. Cont.

UB3 Idade (anos cal. AP)	645	1.238	1.831	2.424	3.017	3.610	4.203	4.796	5.196	5.318	5.439	5.560	5.682	5.803	5.924	6.045	6.167	Indicações Paleo ambientais
Densidade (n°espécies/ 10cm³sed.)	14432	31555	4792	10960	30400	15520	25600	8272	40832	7	11616	29760	13280	36288	42240	5968	14144	
Equitatividade (J')	0,82	0,80	0,80	0,79	0,81	0,79	0,80	0,79	0,83	0,92	0,83	0,77	0,73	0,75	0,75	0,76	0,74	
Riqueza	43	38	42	47	35	37	33	39	33	2	40	37	42	39	33	29	29	
Diversidade (H')	3,10	2,92	2,99	3,05	2,89	2,86	2,79	2,90	2,91	0,64	3,06	2,78	2,74	2,75	2,62	2,55	2,50	
<i>Cibicides</i> spp.	0,7	1,2	1,3	1,3	0,4	0,6	1,3	1,4	1,3	.	0,8	1,1	1,0	1,6	0,9	0,8	0,7	O2
<i>Discorbis williamsoni</i>	5,5	14,2	12,0	9,5	9,3	8,7	10,0	9,1	10,7	.	9,1	14,8	12,3	13,9	11,2	8,8	9,3	O2
<i>Elphidium</i> spp.	15,3	8,9	8,2	10,8	14,7	9,9	8,5	9,9	9,7	.	11,3	8,4	6,0	5,5	6,4	8,6	5,7	AC
<i>Eponides repandus</i>	0,4	0,4	0,2	0,4	.	0,6	0,3	.	0,6	.	.	.	.	.	.	.	.	O2
<i>Fissurina</i> spp.	0,9	0,4	0,5	0,9	2,5	2,1	0,8	1,5	1,9	.	3,6	1,1	3,1	0,9	0,6	2,1	1,1	O2
<i>Fursenkoina pontoni</i>	1,3	0,6	0,5	0,7	0,4	0,8	2,3	1,4	2,5	.	0,6	0,9	0,7	1,2	0,6	0,3	0,5	M.O.
<i>Glandulina</i> sp.	.	0,2	.	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Globigerinoides ruber</i>	.	.	0,2	.	.	.	.	0,4	.	.	1,1	0,4	0,5	0,2	0,6	.	0,5	AP/T
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	.	0,6	1,7	0,3	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	0,3	.	AP/T
<i>Globulina gibba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	
<i>Guttulina plancii</i>	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	O2
<i>Hanzawaia boueana</i>	2,2	2,6	2,8	4,2	2,3	2,7	2,3	3,9	1,6	14,3	4,4	2,8	3,1	3,2	3,6	7,0	5,0	O2
<i>Hopkinsina pacifica</i>	.	0,2	.	.	0,2	.	0,3	.	0,3	.	.	.	0,2	.	.	.	.	M.O.
<i>Lagena</i> spp.	.	.	0,2	0,7	.	0,6	0,8	1,2	0,3	.	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,3	.	O2
<i>Lenticulina</i> sp.	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	0,4	0,2	0,2	.	.	.	AP/T
<i>Lobatula lobatula</i>	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	O2
<i>Miliammina fusca</i>	.	.	.	0,1	.	0,2	.	.	.	.	0,3	.	0,2	0,2	.	.	.	O2
<i>Neocornubina</i> sp.	.	.	0,7	0,6	.	0,2	.	1,0	0,6	.	0,3	0,2	0,2	0,9	0,3	0,3	0,2	O2
<i>Nonionella opima</i>	.	.	.	.	0,4	.	.	0,4	.	.	0,6	.	0,2	.	.	.	.	M.O.
<i>Oolina</i> spp.	.	0,2	.	0,4	.	.	.	.	0,3	.	0,6	.	0,2	0,2	.	.	.	O2
<i>Orthomorphina sp.</i>	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Pararotalia cananeaensis</i>	2,4	3,9	4,3	5,1	2,9	2,9	3,8	4,4	5,3	.	4,4	3,7	7,7	2,5	3,9	2,9	3,8	AC
<i>Polymorphina</i> sp.	.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Pseudononion spp.</i>	4,4	5,3	4,3	4,1	5,1	6,6	4,8	5,4	4,7	.	6,1	2,8	4,6	3,4	0,9	2,7	2,3	M.O.
<i>Pyrgo</i> spp.	0,7	.	.	0,3	0,4	0,2	0,8	0,4	0,9	.	1,4	0,9	1,2	1,1	0,3	.	.	O2
<i>Quinqueloculina spp.</i>	3,5	2,2	4,0	6,6	5,5	2,7	3,5	2,1	4,1	.	5,8	4,3	2,2	1,2	0,3	0,8	0,5	O2
<i>Rolshausenia rolshauseni</i>	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	AC
<i>Rosalina floridana</i>	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	1,0	0,8	0,6	.	.	1,4	.	0,2	1,4	0,9	0,8	0,5	O2
<i>Spiroloculina</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	0,3	0,2	.	.	.	.	.	O2
<i>Stainforthia concava</i>	0,4	0,4	0,2	0,1	0,8	0,6	0,5	0,6	.	.	0,6	0,9	.	0,9	0,3	0,3	0,2	M.O.
<i>Uvigerina</i> spp.	2,7	1,6	4,2	1,8	4,6	6,6	4,8	2,9	2,8	.	1,1	2,6	4,8	4,1	4,8	4,0	5,7	AP/T
Jovem <i>Criboelphidium</i>	1,3	0,6	1,2	0,6	1,5	0,4	0,3	0,8	.	.	0,8	0,9	0,2	0,7	0,6	.	0,7	
Jovem rotalíneo	2,0	1,4	2,5	3,5	1,7	2,7	2,8	3,9	2,2	.	8,0	1,9	2,7	3,4	3,0	2,9	2,9	
Fragmentos	8,9	8,1	4,2	4,8	2,3	4,5	2,8	5,2	3,8	57,1	4,7	1,5	3,4	4,4	5,8	7,5	6,1	

UB3 Idade (anos cal. AP)	6.288	6.409	6.531	6.652	6.773	6.895	7.016	7.137	7.258	7.380	7.501	7.622	7.744	7.903	8.078	8.253	8.480	
Densidade (n°espécies/10cm³sed.)	31424	10976	5376	29440	39936	12256	7360	26688	7984	17568	20704	2092	1312	154	119	290	420	Indicações Paleo ambientais
Equitatividade (J')	0,74	0,74	0,77	0,72	0,73	0,80	0,73	0,79	0,75	0,81	0,77	0,77	0,64	0,83	0,84	0,82	0,67	
Riqueza	37	34	41	37	35	33	30	37	32	39	38	30	30	28	23	29	32	
Diversidade (H')	2,68	2,62	2,86	2,59	1,60	2,78	2,48	2,85	2,59	2,98	2,79	2,63	2,17	2,77	2,63	2,76	2,31	
<i>Ammonia</i> spp.	3,3	2,9	3,9	3,5	4,3	1,8	3,7	3,1	4,6	5,1	7,3	12,8	13,4	13,0	18,5	10,3	10,5	AC
<i>Amphycorina scalaris</i>	.	.	0,3	0,4	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	
<i>Bolivina</i> spp.	12,8	21,9	22,6	28,9	12,3	17,0	30,0	14,4	23,8	11,1	21,8	24,7	44,8	16,2	16,0	21,0	41,0	M.O.
<i>Brizalina striatula</i>	6,9	5,2	4,2	2,0	10,3	9,7	5,7	8,2	5,2	6,9	8,0	7,3	3,0	3,9	4,2	6,9	3,6	M.O.
<i>Buccella peruviana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,3	0,8	.	.	AP/T
<i>Bulimina</i> spp.	1,0	1,5	0,6	1,1	1,8	2,1	0,7	2,4	2,6	2,9	2,8	1,3	.	1,3	1,7	0,7	1,2	M.O.
<i>Buliminella elegantissima</i>	1,8	0,3	0,3	0,2	1,3	0,3	0,2	0,7	0,4	0,5	0,5	1,7	1,5	1,3	.	3,1	1,0	M.O.
<i>Cancris sagra</i>	0,2	0,3	0,3	.	.	0,3	.	0,5	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	O2
<i>Cassidulina</i> spp.	23,8	19,2	8,6	12,2	20,8	13,6	13,0	14,4	15,8	12,4	9,6	5,9	2,7	2,6	5,0	12,8	4,3	AP/T
<i>Cibicides</i> spp.	1,4	0,9	0,9	0,2	0,6	0,8	.	1,0	0,4	0,4	0,5	1,1	.	0,6	1,7	0,3	0,5	O2
<i>Discorbis williamsoni</i>	13,4	10,8	8,6	11,3	14,9	6,8	6,3	8,6	9,8	6,7	7,7	4,2	0,9	1,3	1,7	6,2	1,2	O2
<i>Elphidium</i> spp.	5,3	6,7	5,1	5,2	4,2	4,7	4,1	8,4	4,2	10,0	7,4	9,6	15,2	11,0	19,3	10,0	12,6	AC
<i>Eponides repandus</i>	.	.	.	0,2	0,2	.	.	0,2	.	.	.	0,4	.	.	.	.	0,5	O2
<i>Fissurina</i> spp.	0,6	1,5	7,4	2,2	0,6	2,9	5,2	0,5	2,2	2,7	1,2	0,8	0,3	0,6	.	2,1	0,2	O2
<i>Fursenkoina pontoni</i>	1,0	0,6	0,3	1,1	0,6	1,0	0,2	1,7	0,6	4,4	1,5	1,1	0,6	1,9	1,7	1,0	1,7	M.O.
<i>Glandulina</i> sp.	.	.	0,3	0,2	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Globigerinoides ruber</i>	0,4	0,3	0,9	1,5	0,5	0,8	2,0	.	0,6	0,2	0,2	.	0,3	0,6	.	.	.	AP/T
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	.	0,3	.	.	0,2	.	0,2	.	.	0,4	0,6	.	0,3	.	.	.	.	AP/T
<i>Globulina gibba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Guttulina plancii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	O2
<i>Hanzawaia boueana</i>	2,0	6,1	6,5	3,5	1,9	2,6	2,2	1,2	2,8	3,6	1,4	1,0	0,3	1,9	.	3,1	0,5	O2
<i>Hopkinsina pacifica</i>	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	0,2	.	.	.	0,3	0,2	M.O.
<i>Lagena</i> spp.	0,4	0,3	0,3	1,1	.	0,8	0,4	0,7	0,2	1,1	.	0,4	0,9	.	0,8	0,3	0,7	O2

Tabela/Table 3. Cont.

UB3 Idade (anos cal. AP)	6.288	6.409	6.531	6.652	6.773	6.895	7.016	7.137	7.258	7.380	7.501	7.622	7.744	7.903	8.078	8.253	8.480	
Densidade (n°espécies/10cm³sed.)	31424	10976	5376	29440	39936	12256	7360	26688	7984	17568	20704	2092	1312	154	119	290	420	Indicações Paleo ambientais
Equitatividade (J')	0,74	0,74	0,77	0,72	0,73	0,80	0,73	0,79	0,75	0,81	0,77	0,77	0,64	0,83	0,84	0,82	0,67	
Riqueza	37	34	41	37	35	33	30	37	32	39	38	30	30	28	23	29	32	
Diversidade (H')	2,68	2,62	2,86	2,59	1,60	2,78	2,48	2,85	2,59	2,98	2,79	2,63	2,17	2,77	2,63	2,76	2,31	
<i>Pseudononion</i> spp.	3,1	3,2	2,7	2,6	2,4	3,7	5,0	4,6	3,4	7,3	3,7	5,9	1,5	11,7	15,1	5,9	4,5	M.O.
<i>Pyrgo</i> spp.	0,4	.	0,6	0,4	0,3	0,8	0,2	0,2	.	0,2	.	.	1,5	.	.	0,7	1,0	O2
<i>Quinqueloculina</i> spp.	1,6	0,3	1,8	0,4	1,0	1,6	.	0,5	0,6	0,2	.	.	3,4	3,2	0,8	0,3	.	O2
<i>Rolshausenia rolshauseni</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	AC
<i>Rosalina floridana</i>	0,2	0,9	0,3	0,4	0,5	1,0	0,2	1,0	0,8	0,9	0,5	.	0,3	0,6	.	0,3	0,2	O2
<i>Spiroloculina</i> sp.	.	.	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	.	.	.	.	O2
<i>Stainforthia concava</i>	0,4	.	0,3	0,4	.	.	.	.	1,0	0,4	0,6	0,8	.	.	.	0,7	0,2	M.O.
<i>Uvigerina</i> spp.	4,3	4,1	3,6	5,7	4,5	2,9	4,6	5,0	2,0	5,8	5,1	1,1	0,3	1,9	0,8	.	.	AP/T
Jovem <i>Criboelphidium</i>	0,6	0,3	1,5	0,2	1,4	0,8	1,1	1,0	0,6	2,7	1,7	1,3	1,8	2,6	0,8	1,0	1,7	
Jovem rotalíneo	3,1	4,1	5,4	3,9	3,0	5,0	3,5	2,6	3,8	3,6	2,0	2,5	1,2	1,9	2,5	4,8	3,3	
Fragmentos	6,1	5,2	4,8	6,1	6,9	14,1	5,9	12,0	7,2	4,9	8,8	13,0	4,6	17,5	4,2	4,8	6,7	

de enxofre total (%S) e de carbono orgânico (%C) nos sedimentos. E, secundariamente, às porcentagens de areia. Correlacionaram-se, também, às mais baixas porcentagens de argila dos sedimentos, e a valores mais baixos da razão C/N.

Já as alterações de cor (Figura 6A), do grau de fragmentação (Figura 6B) e do tamanho (Figura 6C) das testas do grupo 2 foram devidas principalmente às porcentagens de argila do sedimento e, secundariamente, aos mais altos valores da razão C/N. Também se correlacionaram às mais baixas porcentagens de enxofre total (%S), carbono orgânico (%C) e de areia dos sedimentos.

DISCUSSÃO

Processos e aspectos tafonômicos

A alteração na cor das testas de foraminíferos, em ambientes marinhos rasos, promovida por processos tafonômicos, se dá pela incrustação e/ou preenchimento das testas, ou pela substituição do carbonato de cálcio, por produtos da diagênese primária (e.g. monossulfeto de ferro, pirita, fosfato carbonático, limonita, matéria orgânica lábil) que ocorre nos sedimentos marinhos após a sua deposição (Brett & Baird, 1986).

Em ambientes marinhos normais com baixa oxigenação intersticial (i.e. disóxicos a anóxicos), a redução da matéria orgânica nos primeiros centímetros dos sedimentos, promovida por bactérias sulfato-redutoras, leva à produção de ácido sulfídrico (H₂S). O H₂S então reage com o ferro presente nos sedimentos, gerando monossulfeto de ferro (FeS) (Berner, 1984; Raiswell & Berner, 1985; Brett & Baird, 1986). Segundo

Berner (1970, 1984), o FeS reage com o enxofre elemental (S), que é formado rapidamente por meio da oxidação do H₂S e do FeS pelo oxigênio dissolvido presente nas águas marinhas (Berner, 1970). Essa reação forma o sulfeto de ferro (FeS₂) que, nessas condições, majoritariamente corresponde à pirita framboidal (Raiswell, 1982; Berner, 1984; Raiswell & Berner, 1985). O FeS promove coloração preto-iridescente nas testas de foraminíferos, ao passo que o FeS₂ as torna douradas (Duleba, 1994).

A predominância de testas douradas dentre aquelas que apresentaram alteração de cor em UB1 e UB3 (Figuras 2, 4) indica que houve baixa oxigenação intersticial e presença de matéria orgânica no Saco da Ribeira e na Praia do Lázaro ao longo dos últimos 7.700 anos cal AP. A menor ocorrência de testas preto-iridescentes aponta tanto para a existência de S nos sedimentos onde foram coletados UB1 e UB3 (Figuras 2, 4), quanto para uma menor permanência das testas na denominada zona tafonomicamente ativa (ZTA) (Davies *et al.*, 1989), ou seja, nos primeiros centímetros dos sedimentos e na interface sedimento-água, onde os processos tafonômicos existem e afetam as associações de foraminíferos. É na ZTA que a transformação de FeS em FeS₂ ocorre.

Caso as testas de foraminíferos sejam depositadas em ambiente oxidante, ou se aquelas contendo sulfetos forem realojadas para a zona de oxidação, por erosão ou pela ação de organismos escavadores, os sulfetos presentes nas testas são reoxidados para hidróxidos e/ou óxidos de ferro, e as testas dos foraminíferos ganham coloração acastanhada (Maiklem, 1967; Duleba, 1994).

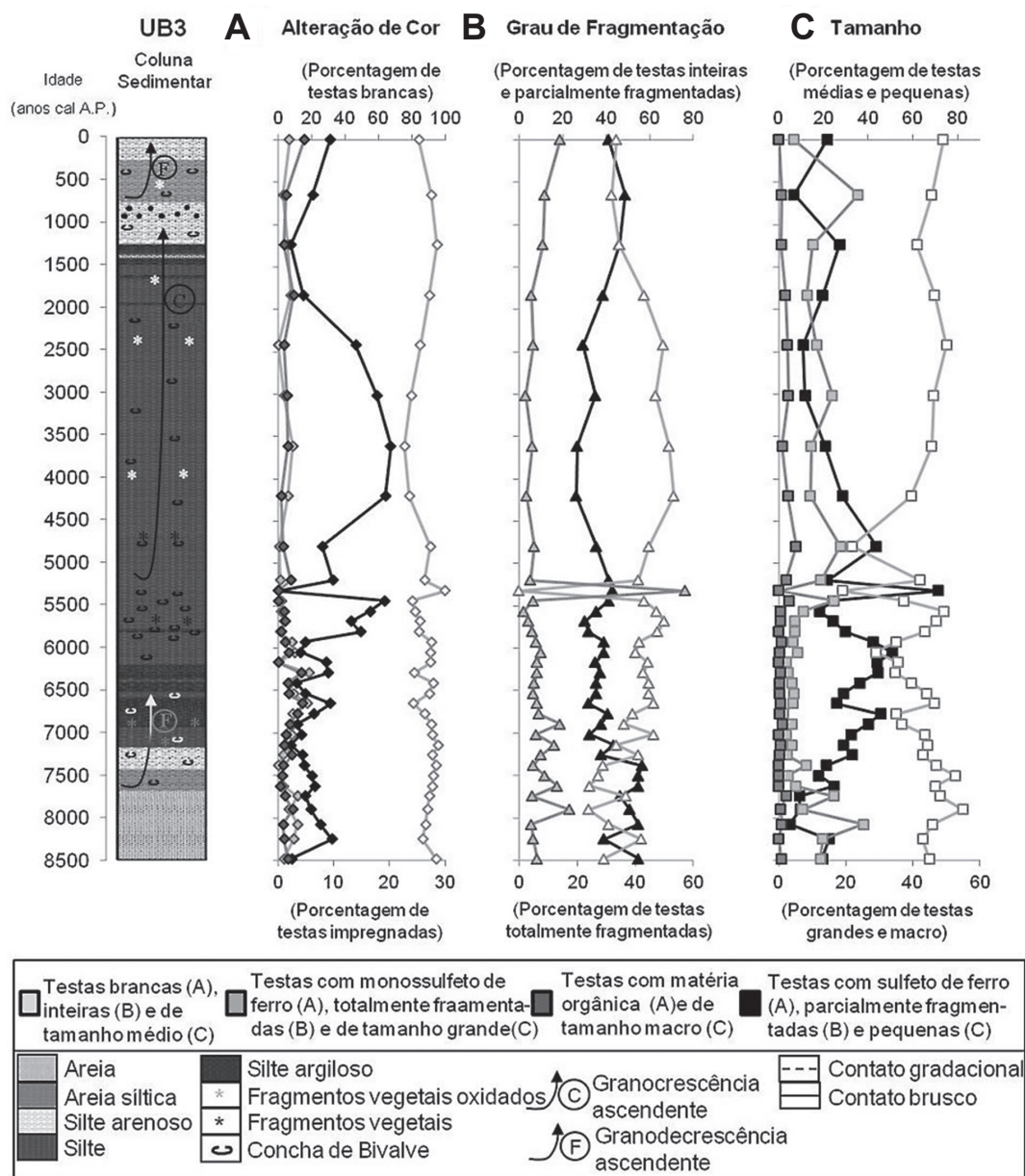


Figura 4. Parâmetros tafonômicos e morfométricos das testas de foraminíferos do testemunho UB3. **A**, alterações de cor; **B**, graus de fragmentação; **C**, morfometria (tamanhos).

Figure 4. Taphonomic and morphometric parameters of the foraminifera tests from UB3 core. **A**, color alterations; **B**, fragmentation grades; **C**, morphometry (sizes).

Como a quantidade de testas acastanhadas (*i.e.* preenchidas por óxido de ferro) foi muito baixa ao longo de UB3, descartou-se a possibilidade de ambiente intersticial oxidante. A presença desses poucos espécimes oxidados entre 5.500 e 5.000 anos cal AP sugere que este processo se vinculou a uma fase de maior energia hidrodinâmica do meio, que ou carregou testas alóctones à área de estudos, ou causou sua remoção para a interface sedimento/água, onde houve oxidação dos sulfetos presentes nessas testas (Berner, 1984; Brett & Baird, 1986).

A presença de testas de foraminíferos contendo M.O. ao longo de UB1 e UB3 (Figuras 2, 4) coaduna com o quadro geral de ambiente de fundo de energia moderada e subóxico,

com sedimentação de textura mais fina, onde as condições de baixo hidrodinamismo permitem o maior acúmulo de M.O. nos sedimentos (Berner, 1984; Brett & Baird, 1986).

Vários autores sugerem que os mecanismos tafonômicos mais comuns em regiões marinhas rasas, responsáveis pelo desgaste das testas calcárias dos foraminíferos, são a dissolução, a bioerosão e a abrasão (*e.g.* Patterson *et al.*, 1999; Barbieri, 2001; Buzas-Stephens & Buzas, 2005; Távora & Coelho, 2006).

De acordo com Peebles & Lewis (1991), os processos de abrasão e dissolução são facilmente diferenciados pelas texturas que promovem nas testas dos foraminíferos. De forma

Tabela 4. Aspectos tafonômicos analisados ao longo dos testemunhos UB1 e UB3, características visuais dos estados de dano que eles imprimem às testas de foraminíferos bentônicos e seus significados paleoambientais e tafonômicos.

Table 4. Taphonomic aspects analyzed along UB1 and UB3 cores, visual characteristics of damage stages that they print to the benthic foraminiferal tests and their paleoenvironmental and taphonomic meaning.

ASPECTOS TAFONÔMICOS	ESTADOS DE DANO ÀS TESTAS	SIGNIFICADO TAFONÔMICO/PALEOAMBIENTAL
Coloração		
Branças	Sem alteração	Presença de oxigênio no meio de deposição da testa e/ou baixa permanência na zona tafonomicamente ativa.
Preto-iridescentes	Incrustadas e/ou preenchidas por monossulfeto de ferro (FeS)	Ambiente intersticial redutor (anóxico a subóxico) com atuação de bactérias sulfato-redutoras. Tempo insuficiente de residência da testa na zona tafonomicamente ativa e/ou concentração reduzida ou ausente de enxofre (S) no sedimento para que o FeS se transforme em FeS ₂ .
Douradas	Incrustadas e/ou preenchidas por sulfeto de ferro (FeS ₂)	Ambiente intersticial redutor (anóxico a subóxico) com atuação de bactérias sulfato-redutoras. Tempo suficiente de residência da testa na zona tafonomicamente ativa e concentração adequada de enxofre (S) no sedimento para que o FeS se transforme em FeS ₂ .
M.O.	Contendo matéria orgânica	Ambiente intersticial redutor (anóxico a subóxico) e maiores concentrações de matéria orgânica nos sedimentos.
Grau de Fragmentação		
Inteiras	Sem alteração	Ambiente de mais baixa energia hidrodinâmica (baixa a moderada). Menor granulometria sedimentar, e/ou baixa permanência na zona tafonomicamente ativa.
Parcialmente fragmentadas	Com até 50% da estrutura externa da testa apresentando algum tipo de desgaste físico. Classificação taxonômica até nível genérico.	Ambiente com energia hidrodinâmica mais forte (moderada a alta), e/ou maior granulometria sedimentar, e/ou alteração das condições químicas do meio intersticial e/ou transporte de testas.
Totalmente fragmentada	Acima de 50% da estrutura externa da testa com desgaste físico. Impossibilidade de classificação taxonômica.	Ambiente com energia hidrodinâmica forte (alta), e/ou transporte de testas, e/ou maior granulometria sedimentar, e/ou alteração das condições químicas do meio intersticial.
Tipos de fragmentação		
Abrasão	Desgaste mecânico da testa. Aparência de quebra.	Ambiente de energia hidrodinâmica forte (alta), podendo ou não representar transporte das testas e/ou maior granulometria sedimentar.
Bioerosão	Desgaste biológico da testa. Aparência de furos arredondados que, por se tornarem locais mais frágeis nas testas, muitas vezes servem de ponto de partida para os demais processos de desgaste (i.e., abrasão e/ou corrosão)	Presença de organismos predadores de foraminíferos.
Corrosão	Desgaste químico da testa. Aparência de testa mais fosca e frágil, muitas vezes com perda de ornamentação. Pode se concentrar em pontos específicos da testa ou atingir toda a sua superfície. Representa pontos de maior possibilidade de fragmentação da testa devido à sua maior fragilidade.	Alterações químicas de saturação (precipitação ou dissolução) de carbonato de cálcio no ambiente intersticial devido à mudança do pH do meio. (predominância do carbonato CO ou do ácido carbônico H ₂ CO ₃). Causadas por alteração da composição das águas intersticiais e/ou decomposição da matéria orgânica dos sedimentos.

geral, segundo os autores, a abrasão faz com que as testas de miliolídeos e rotaliíneos ganhem superfícies polidas, com arranhões espalhados por sua superfície e que tenham seus poros e arestas quebrados. Já a dissolução torna as testas de miliolídeos e rotaliíneos ásperas e irregulares. No Saco da Ribeira (UB1) e na Praia do Lázaro (UB3), as análises por meio de imagens de MEV (Figuras 3, 5) e à lupa binocular das testas degradadas, indicaram texturas predominantemente típicas de processos de dissolução, seguidas por bioerosão.

Os processos de dissolução ocorreram devido à decomposição da matéria orgânica presente nos sedimentos desses sítios deposicionais. Essa decomposição ocasionou modificações na saturação do carbonato de cálcio (CaCO₃) nos interstícios sedimentares, causando sua precipitação ou dissolução, de acordo com o pH do ambiente (i.e. gerou predominância do carbonato CO ou do ácido carbônico H₂CO₃) (Raiswell, 1982; Berner, 1984; Brett & Baird, 1986; Martin, 1999; Smith & Nelson, 2003; Berkeley *et al.*, 2007).

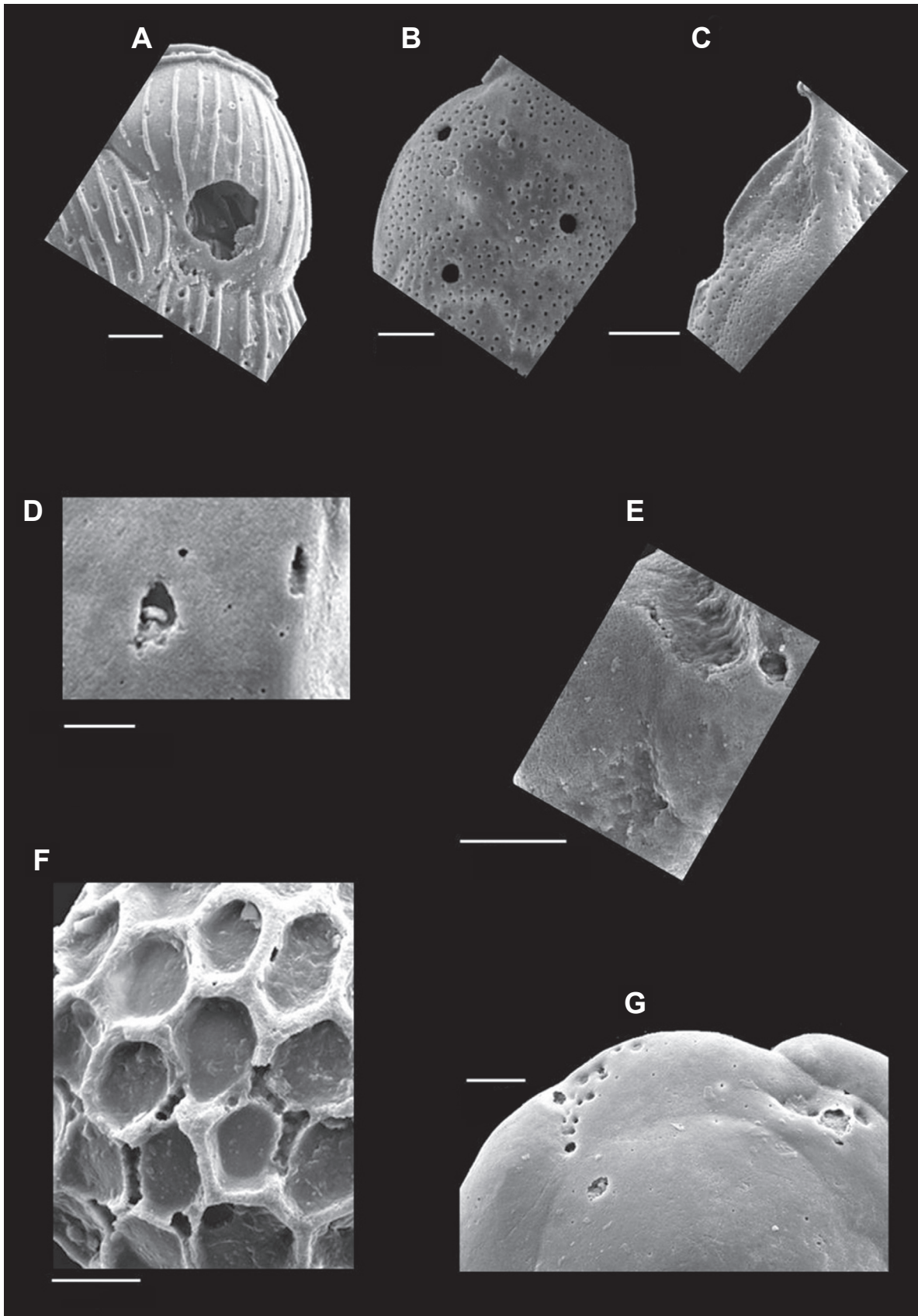


Figura 5. Imagens (MEV) de detalhes das testas de foraminíferos do testemunho UB3 indicando os processos tafonômicos de desgaste (dissolução, bioerosão e abrasão). **A-D**, bioerosão; **E**, dissolução; **F**, dissolução e abrasão; **G**, bioerosão e dissolução. Escalas: A-C, E = 30 μ m; D, F-G = 20 μ m.

Figure 5. MEV images of details of the foraminifera tests from UB3 core indicating the taphonomic process of wear (dissolution, bioerosion and abrasion). **A-D**, bioerosion; **E**, dissolution; **F**, dissolution and abrasion; **G**, bioerosion and dissolution. Scale bars: A-C, E = 30 μ m; D, F-G = 20 μ m.

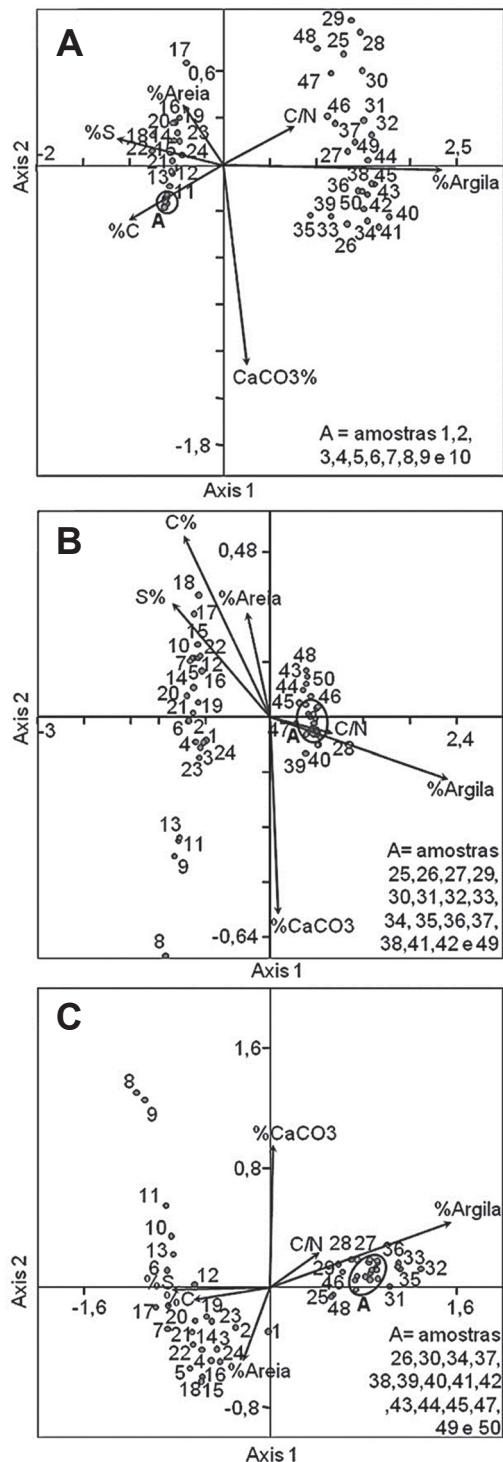


Figura 6. Biplots das amostras e variáveis ambientais para os testemunhos UB1 e UB3. **A**, alteração de cor; **B**, graus de fragmentação; **C**, morfometria das testas. Amostras 1 a 23: testemunho UB1. (1 = 5 anos cal AP; 2 = 54 anos cal AP, ... 23 = 7.715 anos cal AP). Amostras 24 a 50: testemunho UB3. (24 = 119 anos cal AP; 2 = 645 anos cal AP; ... 50 = 8.480 anos cal AP).

Figure 6. Biplots of samples and environmental variables from cores UB1 and UB3. **A**, color alterations; **B**, fragmentation grades; **C**, morphometry of the tests. Samples 1 to 23: UB1 core (1 = 5 cal years B.P.; 2 = 54 cal years BP, ... 23 = 7.715 cal years BP). Samples 24 to 50: UB3 core. (24 = 119 cal years BP; 2 = 645 cal years BP; ... 50 = 8.480 cal years BP).

No Saco da Ribeira (UB1) e na Praia do Lázaro (UB3), os processos de dissolução das testas foram, majoritariamente, de incipientes a moderados (estágios 1 e 2 de Távora & Coelho, 2006), permitindo a identificação dos espécimes em nível genérico e/ou específico (Tabelas 2, 3). Testas que permaneceram por período de tempo maior sob a influência desse processo tafonômico, entretanto, se fragmentaram.

Esses fragmentos apresentaram, em sua maioria, características de quebra da testa provocada por processos de dissolução, conforme descrito por Barbieri (2001), Buzas-Stephens & Buzas (2005) e Berkeley *et al.* (2007, 2009).

Os diferentes graus de dissolução encontrados nas testas de foraminíferos ao longo dos testemunhos UB1 e UB3 se deveram aos diferentes tempos de permanência destas na ZTA. A ZTA foi, possivelmente, estreita, ocupou poucos centímetros dos sedimentos na Praia do Lázaro e no Saco da Ribeira, de forma que, após passarem por ela, as testas se preservaram nas camadas sedimentares mais profundas, ao longo dos últimos 7.700 anos cal AP. A ZTA deve ter sido, entretanto, pouco mais espessa na Praia do Lázaro que no Saco da Ribeira, devido à energia de fundo relativamente maior nesse primeiro ambiente em relação ao segundo.

Já os processos bioerosivos foram menos expressivos e ocorreram principalmente em testas hialinas de espécies epifaunais ou infaunais rasas (tais como *Ammonia* spp.; *Bolivina* spp.; *Elphidium* spp. e *Nonion* spp.) ao longo de UB1 e UB3 (Figuras 4, 7). Segundo Brett & Baird (1986), é na interface sedimento-água que os processos bioerosivos ocorrem. Seu grau de ocorrência pode, portanto, indicar o período de permanência da testa nesse intervalo sedimentar, bem como sugerir, indiretamente, a velocidade e o grau da taxa de sedimentação da região analisada.

A menor ocorrência de processos abrasivos nas testas de foraminíferos analisadas ao longo de UB1 e UB3 é condizente com outros trabalhos realizados em ambientes marinhos rasos (*e.g.* Duleba *et al.*, 1999; Lançone *et al.*, 2005; Berkeley *et al.*, 2007). Nesses ambientes confinados, de energia hidrodinâmica moderada a fraca, processos tafonômicos abrasivos costumam ser menos comuns, devido à menor granulometria sedimentar e à limitação de transporte das testas (Berkeley *et al.*, 2007). A menor influência de processos abrasivos nesses dois ambientes permite supor que o transporte e/ou destruição das testas não foi suficiente para representar perda de informação significativa das associações subfósseis analisadas.

Apesar de alguns autores apontarem espécies de foraminíferos altamente tolerantes a ambientes pouco oxigenados (*e.g.* Sen Gupta & Machain-Castilho, 1993; Gooday *et al.*, 2000; Platon & Gupta, 2001), outros sugerem que uma das modificações provocadas pela baixa oxigenação do meio em foraminíferos é a redução de suas testas (*e.g.* Kaiho *et al.*, 2006; Nagy *et al.*, 2010). De acordo com Bernhard (1986), o tamanho das testas dos foraminíferos é diretamente proporcional à quantidade de oxigênio disponível no ambiente. Ainda, tamanhos menores podem se constituir de reflexo de reprodução precoce devido à condições ambientais ótimas (Boltovskoy & Wright, 1976; Bradshaw, 1961 *apud* Duleba, 1993).

A ACC mostrou que as modificações dos tamanhos de foraminíferos ao longo de UB1 e UB3 se vincularam principalmente às maiores quantidades de oxigênio disponíveis nos interstícios sedimentares e, também, a quantidades medianas de argila e valores mais altos da razão C/N nos sedimentos (Figura 6). Dessa forma, os tamanhos pequenos nas associações analisadas em UB1 e UB3 (Figuras 2, 4) podem se dever tanto à menor oxigenação intersticial quanto ao alto acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos.

A predominância de tamanhos médios ao longo de UB1 e UB3 (Figuras 2, 4), indica que a Praia do Lázaro e o Saco da Ribeira não foram ambientes completamente desprovidos de oxigenação intersticial, apesar de apresentarem características redutoras ao longo dos últimos 7.700 anos cal AP. Já os tamanhos grandes se deram especialmente quando houve disponibilidade de CaCO_3 e de oxigênio intersticial nos sedimentos do Saco da Ribeira e na Praia do Lázaro.

Ainda, a existência de testas pequenas e grandes, além dos tamanhos médios, ao longo dos testemunhos UB1 e UB3 (Figuras 2, 4) sugerem energia de fundo moderada tanto no Saco da Ribeira quanto na Praia do Lázaro, com maior restrição para o primeiro ambiente em relação ao segundo, especialmente após 5.500 anos cal AP.

Aspectos tafonômicos e paleoambientais

A predominância de testas inalteradas (*i.e.* brancas e inteiras) ao longo de UB1 e UB3, aliada à presença de tamanhos desde pequenos até macro em todas as amostras desses dois testemunhos (Figuras 2, 4), aludem a associações de foraminíferos subfósseis autóctones, que não foram drasticamente modificadas pelos processos tafonômicos vigentes nos sedimentos do Saco da Ribeira e da Praia do Lázaro. Trabalhos microfaunísticos realizados nessas mesmas regiões (*e.g.* Duleba *et al.*, 1999; Lançone *et al.*, 2005; Filippou, 2006) apresentaram associações de foraminíferos bentônicos recentes similares àquelas sub-recentes encontradas ao longo dos testemunhos UB1 e UB3 (Tabelas 2, 3).

As características supracitadas permitem supor que as mudanças dos aspectos tafonômicos encontradas ao longo de UB1 e de UB3 refletem modificações paleoambientais que foram moderadas tanto no Saco da Ribeira quanto na Praia do Lázaro, nos últimos 7.700 anos cal AP.

Quando comparados, os padrões tafonômicos (alteração de cor, grau de fragmentação e tipos de desgaste) e morfométricos das testas de foraminíferos bentônicos de UB1 e UB3, foram similares. Esses padrões tafonômicos, tanto em UB1 quanto em UB3, indicaram subida do nível marinho até há cerca de 6.000 a 5.500 anos cal AP, a partir de quando ele parece ter voltado a diminuir. Nessa época, as enseadas do Flamengo e da Fortaleza deveriam se encontrar interligadas, já que o Tômbolo do Saco da Ribeira ainda não existia (Duleba *et al.*, 1999).

A partir de aproximadamente 5.400 anos cal AP, UB3 passou a possuir maior quantidade de testas preenchidas por monossulfeto de ferro, sulfeto de ferro e matéria orgânica que UB1. Também foram encontradas poucas testas oxidadas, que não existiram em UB1. Ainda em UB3, houve maior quantidade de testas pequenas em relação a UB1 que, por

sua vez, demonstrou maior quantidade de testas grandes em relação a UB3 (Figuras 2, 4).

Essas diferenças tafonômicas indicam que a ZTA deve ter sido mais espessa na Praia do Lázaro, e que sua energia hidrodinâmica de fundo deve ter sido maior em relação àquela existente no Saco da Ribeira. Sugerem ainda que, após aproximadamente 5.400 anos cal AP, o Saco da Ribeira e a Praia do Lázaro se tornaram ambientes deposicionais cada vez mais distintos.

A circulação de fundo do Saco da Ribeira parece ter começado a fenecer já a partir de 6.000 anos cal AP, conforme indicado pelas características tafonômicas das testas (Figura 2). Entretanto, as modificações dos parâmetros tafonômicos mais visíveis em UB1 ocorreram entre 5.400 anos cal AP e 4.778 anos cal AP (Figura 2), a partir de quando as porcentagens de testas brancas e de tamanhos pequenos aumentaram, e os tamanhos grandes diminuíram.

Segundo Leão & Machado (1989), uma maior predominância de testas brancas em áreas calmas pode significar maior tempo de exposição das testas na superfície sedimento/água, o que seria de se esperar em ambiente cuja oxigenação intersticial provavelmente diminuiu devido à menor energia hidrodinâmica do meio. A diminuição da oxigenação do meio nessa época pode ser corroborada pelo aumento dos tamanhos menores em UB1 (Figura 2).

Houve, também, aparente diminuição na taxa de sedimentação do testemunho UB1, o que deve ter colaborado para o maior período de exposição das testas. A maior quantidade de cores brancas pode, ainda, implicar em uma ZTA ainda mais rasa, na qual as testas não se ativeram por tempo suficiente para serem incrustadas e/ou preenchidas. Essas alterações implicam em ambiente de deposição ainda mais calmo, com menor energia hidrodinâmica do meio. Elas se devem, provavelmente, ao surgimento do Tômbolo do Saco da Ribeira (Duleba *et al.*, 1999) e às mudanças na circulação hídrica local, que foi se tornando cada vez mais reduzida.

Já ao longo de UB3 as modificações tafonômicas mais visíveis, se deram entre 5.924 e 5.200 anos cal AP, especialmente em torno de 5.318 anos cal AP, quando a associação de foraminíferos bentônicos existente decresceu consideravelmente ou, o que é mais provável, quase não se preservou no registro geológico (Figura 4). Nessa última época, parecem ter aumentado a oxigenação intersticial e a circulação hídrica da Praia do Lázaro, o que provavelmente ocasionou a maior fragmentação das testas e inibiu seu preenchimento e/ou incrustação por FeS , FeS_2 e M.O. A diminuição dos tamanhos das testas nessa idade provavelmente se deu pela maior preservação de testas pequenas, enquanto as de tamanhos maiores foram majoritariamente fragmentadas. Outra mudança mais suave foi observada em torno de 1.238 anos cal AP (Figura 4).

Apesar de a circulação de fundo não ter diminuído tão visivelmente quanto a existente na área do Saco da Ribeira, o aumento de testas incrustadas e/ou preenchidas por sulfeto de ferro, o ligeiro aumento de testas parcial e totalmente fragmentadas e a diminuição de tamanhos pequenos ao longo de UB3 (Figura 4) se devem, muito provavelmente,

ao surgimento do Tômbolo do Saco da Ribeira (Duleba *et al.*, 1999) e a modificações do padrão da circulação local. Esta deve ter se tornado mais forte em relação às épocas anteriores, apesar de ainda manter padrão de energia hidrodinâmica moderada.

CONCLUSÕES

Os registros microfaunísticos e abióticos obtidos para os testemunhos UB1 e UB3 indicaram que as regiões da Praia do Lázaro e do Saco da Ribeira foram, desde 7.700 anos cal AP, áreas de circulação de fundo moderada, com acúmulo de matéria orgânica lábil nos sedimentos marinhos e baixa oxigenação intersticial.

As associações de foraminíferos bentônicos subfósseis que sugeriram essas características paleoambientais para a Praia do Lázaro e para o Saco da Ribeira são representativas de suas contrapartes atuais, conforme indicado pela predominância de testas brancas e inteiras ao longo dos testemunhos UB1 e UB3. A ocorrência mais elevada de corrosão e bioerosão nas testas ao longo dos testemunhos, quando comparadas à baixa presença de processos abrasivos, atestou a energia hidrodinâmica moderada dos dois sítios de estudo. Ainda, processos bioerosivos indicaram a ação de organismos predadores e a permanência das testas na interface sedimento/água, especialmente de espécies de rotaliíneos.

A existência de tamanhos desde pequenos até macro ao longo de UB1 e UB3, em conjunto com as características tafonômicas das associações subfósseis de foraminíferos bentônicos, apontou para associações autóctones, e para ambientes de fundo no Saco da Ribeira e na Praia do Lázaro que não foram completamente desprovidos de oxigênio intersticial e que tiveram energia hidrodinâmica moderada desde há 7.700 anos cal AP.

As características tafonômicas dessas associações (*i.e.* alteração de cor, grau de fragmentação e tipos de alteração das testas) demonstraram similaridades da energia hidrodinâmica do meio e das quantidades de oxigênio e de matéria orgânica nos interstícios sedimentares nos ambientes de fundo marinho nesses dois sítios deposicionais até em torno de 5.500 anos cal AP.

Após 5.500 anos cal AP, o ambiente de fundo do Saco da Ribeira se tornou cada vez mais confinado. A ZTA foi estreita, mas presente. A diminuição de testas grandes e o aumento de testas pequenas desde há aproximadamente 4.700 anos cal AP, bem como a presença de processos corrosivos e bioerosivos em detrimento dos abrasivos indicaram a cada vez menor energia hidrodinâmica do meio. A provável diminuição da quantidade de matéria orgânica no meio e/ou a menor taxa de sedimentação inibiram a alteração da cor das testas dos foraminíferos bentônicos.

Na Praia do Lázaro, o ambiente marinho raso não alterou de forma significativa suas características hidrodinâmicas de fundo. A maior porcentagem de testas grandes a partir de 5.500 anos cal AP aponta para ambiente de energia hidrodinâmica maior que aquela encontrada no Saco da Ribeira. Mas essa energia hidrodinâmica ainda foi moderada, como pode ser comprovado pela morfometria

das testas e pela maior presença de desgastes corrosivos e/ou bioerosivos em relação aos abrasivos. A ZTA nesse sítio deve ter sido mais profunda que a encontrada no Saco da Ribeira. Isso, aliado à provável maior presença de matéria orgânica no meio, possibilitou a alteração de cor das testas por incrustação e/ou preenchimento, especialmente por sulfeto de ferro.

AGRADECIMENTOS

As autoras gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, proc. 2005/50826-6) pelo apoio financeiro; a M.M. Mahiques (USP) pela cessão das amostras; F.M.F. Fatela (Universidade de Lisboa) e F. Erthal (UFRGS), pelas contribuições.

REFERÊNCIAS

- Allison, P.A. & Bottjer, D.J. (eds.) 2011. *Taphonomy: Process and Bias Through Time*. 2^o ed., Nova York, Springer, 599 p. doi:10.1007/978-90-481-8643-3_1
- Angulo, R.J.; Lessa, G.C. & Souza, M.C. de. 2006. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, **25**:486-506. doi:10.1016/j.quascirev.2005.03.008
- Barbieri, R. 2001. Taphonomic implications of foraminiferal composition and abundance in intertidal mud flats, Colorado River Delta (Mexico). *Micropaleontology*, **47**:73-86. doi:10.2113/47.1.73
- Behrensmeyer, A.K. & Kidwell, S.M. 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology*, **11**:105-119.
- Behrensmeyer, A.K.; Kidwell, S.M. & Gastaldo, R.A. 2000. Taphonomy and paleobiology. *Paleobiology*, **26**:103-144. doi:10.1666/0094-8373(2000)26
- Berkeley, A. 2009. Understanding the role of taphonomy and post-depositional processes on the intertidal stratigraphic record. *Palaios*, **24**:271-272. doi:10.2110/palo.2009.S03
- Berkeley, A.; Perry, C.T.; Smithers, S.G.; Horton, B.P. & Taylor, K.G. 2007. A review of the ecological and taphonomic controls on foraminiferal assemblage development in intertidal environments. *Earth-Science Reviews*, **83**:205-230. doi:10.1016/j.earscirev.2007.04.003
- Berkeley, A.; Perry, C.T. & Smithers, S.C. 2009. Taphonomic signatures and patterns of test degradation on tropical, intertidal benthic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, **73**:148-163. doi:10.1016/j.marmicro.2009.08.002
- Berner, R.A. 1984. Sedimentary pyrite formation: an update. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **48**:605-615. doi:10.1016/0016-7037(84)90089-9
- Berner, R.A. 1970. Sedimentary pyrite formation. *American Journal of Science*, **268**:1-23. doi:10.2475/ajs.268.1.1
- Bernhard, J.M. 1986. Characteristics assemblages and morphologies of benthic Foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal of Foraminiferal Research*, **16**:207-215. doi:10.2113/gsjfr.16.3.207
- Boltovskoy, E.; Giussani, G.; Watanabe, S. & Wright, R. 1980. *Atlas of Benthic Shelf Foraminifera of the Southwest Atlantic*. The Hague, Dr. W. Junk, 147 p.
- Boltovskoy, E. & Wright, R. 1976. *Recent Foraminifera*. The Hague, Dr. W. Junk, 515 p.

- Borrego, J.; Lopez, M.; Pendon, J.G. & Morales, J.A. 1998. C/S ratios in estuarine sediments of the Odiel River-mouth, S.W. Spain. *Journal of Coastal Research*, **14**:1276-1283.
- Brett, C.E. & Baird, G.C. 1986. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironment interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, **1**:207-227. doi:10.2307/3514686
- Buzas-Stephens, P. & Buzas, M. 2005. Populations dynamics and dissolution of foraminifera in Nueces Bay, Texas. *Journal of Foraminiferal Research*, **35**:248-258. doi:10.2113/35.3.248
- Cardoso, M.N. & Senra, M.C.E. 2007. Tafonomia de foraminíferos bentônicos em ambientes siliciclásticos e carbonáticos. *Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ*, **30**:101-108.
- Davies, D.J.; Powell, E.N. & Staton, R.J. 1989. Taphonomic signature as a function of environmental processes: shells and shell beds in a hurricane-influenced inlet on Texas coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **72**:317-356. doi:10.1016/0031-0182(89)90150-8
- Dias, G.T.M. 1996. Classificação de sedimentos marinhos: proposta de representação em cartas sedimentológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996. *Anais*, Salvador, SBG, p. 423-426.
- Donovan, S.K. (ed.) 1991. *The processes of fossilization*. New York, Columbia University Press, 303 p.
- Duleba, W. 1993. *Variações nas associações de foraminíferos ao longo da coluna sedimentar da Enseada do Flamengo, Ubatuba, SP*. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, M.Sc. thesis, 210 p.
- Duleba, W. 1994. Interpretações paleoambientais obtidas a partir das variações na coloração das carapaças de foraminíferos da Enseada do Flamengo, SP. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, **42**:63-72. doi:10.1590/S0373-55241994000100005
- Duleba, W.; Debenay, J-P.; Eichler, B.B. & Mahiques, M.M. 1999. Holocene environmental and water circulation changes: foraminifer morphogroups evidence in Flamengo Bay (SP, Brazil). *Journal of Coastal Research*, **15**:554-571.
- Duleba, W.; Petri, S. & Coimbra, J.C.S. 2003. Foraminíferos, tectamebas e ostracodes sub-recentes e fósseis do Quaternário do Brasil. *Geologia USP, Publicação Especial*, **2**:1-24.
- Filippos, L.S. 2006. *Caracterização ambiental da Enseada da Fortaleza, Ubatuba, SP, baseada em análises sedimentológicas e em estudos populacionais, morfométricos e tafonômicos de foraminíferos*. Curso de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Monografia de Formatura, 74 p.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, **17**:3-27.
- Gooday, A.J.; Bernhard, J.M.; Levin, L.A. & Suhr, S.B. 2000. Foraminifera in the Arabian Sea oxygen minimum zone and other oxygen-deficient settings: taxonomic composition, diversity, and relation to metazoan faunas. *Deep Sea Research II*, **47**:25-54. doi:10.1016/S0967-0645(99)00099-5
- Kaiho, K.; Takeda, K.; Petrizzo, M.R. & Zachos, J.C. 2006. Anomalous shifts in tropical Pacific planktonic and benthic foraminiferal test size during the Paleocene-Eocene thermal maximum. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **237**:456-464. doi:10.1016/j.palaeo.2005.12.017
- Kidwell, S.M. & Flessa, K.W. 1995. The quality of the fossil record: populations, species and communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **26**:269-299. doi:10.1146/annurev.es.26.110195.001413
- Lançone, R.B.; Duleba, W. & Mahiques, M.M. 2005. Dinâmica de fundo da Enseada do Flamengo, Ubatuba, Brasil, inferida a partir da distribuição espacial, morfometria e tafonomia de foraminíferos. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **8**:181-192.
- Larsounneur, C. 1977. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français: méthode mise au point et utilisée em Manche. *Journal de Recherche Océanographique*, **2**:34-39.
- Leão, Z.M.A.N. & Machado, A.J. 1989. Variação de cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. *Revista Brasileira de Geociências*, **19**:87-91.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1964. Protista. In: R.C. Moore (ed.) *Treatise on invertebrate paleontology, part C*, The University Kansas Press, 2 v., 900 p.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. New York, Van Nostrand, v. 1, 970 p., v. 2, 847 p.
- Mahiques, M.M. 1992. *Variações temporais na sedimentação holocênica dos embaixamentos da região de Ubatuba (SP)*. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, Ph.D. thesis, 352 p.
- Martin, R.E. 1999. Taphonomy and temporal resolution of foraminiferal assemblages. In: B.K. Sen Gupta (ed.) *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, p. 281-298.
- Martin, R.E. & Liddell, W.D. 1991. The taphonomy of Foraminifera in modern carbonate environments: implications for the formation of foraminiferal assemblages. In: S.K. Donovan (ed.) *The Processes of Fossilization*, Columbia University Press, p. 170-193.
- Nagy, J.; Hess, S. & Alve E. 2010. Environmental significance of foraminiferal assemblages dominated by small-sized *Ammodiscus* and *Trochammina* in Triassic and Jurassic delta-influenced deposits. *Earth-Science Reviews*, **99**:31-49. doi:10.1016/j.earscirev.2010.02.002
- Parsons, K.M. & Brett, C.E. 1991. Taphonomic processes and biases in modern marine environments: an actualistic perspective on fossil assemblage preservation. In: S.K. Donovan, (ed.) *The Processes of Fossilization*, Columbia University Press, p. 22-65.
- Patterson, R.T.; Guilbault, J-P. & Clague, J.J. 1999. Taphonomy of tidal marsh Foraminifera: implications of surface sample thickness for high-resolution sea-level studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **149**:199-211. doi:10.1016/S0031-0182(98)00201-6
- Peebles, M.W. & Lewis, R.D. 1991. Surface textures of benthic foraminifera from San Salvador, Bahamas. *Journal of Foraminiferal Research*, **21**:285-292. doi:10.2113/gsjfr.21.4.285
- Platon, E. & Gupta, B.K.S. 2001. Benthic foraminiferal communities in oxygen-depleted environments of the Louisiana Continental Shelf. In: N.N. Rabalais & R.E. Turner (eds.) *Coastal hypoxia: consequences for living resources and ecosystems, coastal estuarine study*, AGU, p. 147-163.
- Raiswell, R. 1982. Pyrite texture, isotopic composition and the availability of iron. *American Journal of Science*, **282**:1244-1263. doi:10.2475/ajs.282.8.1244
- Raiswell, R. & Berner, R.A. 1985. Pyrite formation in euxinic and semi-euxinic sediments. *American Journal of Science*, **285**:710-724. doi:10.2475/ajs.285.8.710
- Reimer, P.J. et al. 2009. INTCAL09 and MARINE09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **51**:1111-1150. doi:10.289/3622
- Sampei, Y. & Massumoto, E. 2001. C/N ratios in a sediment core from Nakaumi Lagoon, southwest Japan - usefulness as an organic source indicator. *Geochemical Journal*, **35**:189-205. doi:10.2343/geochemj.35.189

- Schröder, C.J.; Scott, D.B. & Medioli, F.S. 1987. Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses? *Journal of Foraminiferal Research*, **4**:101-110. doi:10.2113/gsjfr.17.2.101
- Scott, D.B.; Medioli, F.S. & Schafer, C.T. 2001. *Monitoring in coastal environments using foraminifera and thecamoebian indicators*. Cambridge, Cambridge University Press, 177 p.
- Sen Gupta, B.K. & Machain-Castilho, M.L. 1993. Benthic foraminifera in oxygen-poor habitats. *Marine Micropaleontology*, **20**:183-201. doi:10.1016/0377-8398(93)90032-S
- Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal Sedimentary Petrology*, **24**:151-158. doi: 10.1306/D4269774-2B26-11D7-8648000102C1865D
- 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. doi:10.1590/S1413-77392000000200008
- Smith, A.M. & Nelson, C.S. 2003. Effects of early sea-floor processes on the taphonomy of temperate shelf skeletal carbonate deposits. *Earth-Science Reviews*, **63**:1-31. doi:10.1016/S0012-8252(02)00164-2
- Sonvesso, S.S. 2007. *Variações na acumulação de matéria orgânica, ao longo do Holoceno, em sedimentos da região costeira de Ubatuba - São Paulo*. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física e Geológica, Universidade de São Paulo, M.Sc. thesis, 103 p.
- Speyer, S.E. & Brett, C.E. 1986. Trilobite taphonomy and Middle Devonian taphofacies. *Palaios*, **1**:312-327. doi:10.2307/3514694
- Suguio, K.; Angulo, R.J.; Carvalho, A.M.; Corrêa, I.C.S.; Tomazelli, L.J.; Willcock, J.A. & Vital, H. 2005. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. In: C.R.G. Souza; K. Suguio; A.M.S. Oliveira & P.E. Oliveira (eds.) *Quaternário do Brasil*, Editora Holos, p. 114-127.
- Távora, V.A. & Coelho, J.R. 2006. Tafonomia de foraminíferos da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), estado do Pará. *Geociências*, **25**:197-204.
- Ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. 2002. *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Ithaca, Microcomputer Power, 500 p.
- Vilela, C.G. 2003. Taphonomy of benthic foraminiferal tests of the Amazon shelf. *Journal of Foraminiferal Research*, **33**:132-143. doi:10.2113/0330132
- Wentworth, C.R. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**:377-392. doi:10.1086/622910

Received in April, 2013; accepted in August, 2013.