

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Assembléias de foraminíferos e tecamebas associadas a análises sedimentológicas e microbiológicas no delta do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, Brasil

Lazaro L. M. Laut, Frederico S. Silva, Alberto G. Figueiredo Jr., Vanessa M. Laut
Pesquisas em Geociências, 38 (3): 251-268, set./dez., 2011.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/35162>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 2011.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Assembléias de foraminíferos e tecamebas associadas a análises sedimentológicas e microbiológicas no delta do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, Brasil

Lazaro L.M. LAUT¹, Frederico S. SILVA², Alberto G. FIGUEIREDO JR³ & Vanessa M. LAUT²

¹Laboratório de Micropaleontologia - LABMICRO, Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, UNIRIO, Av. Pasteur, 458, IBIO/CCET, sala 500 Urca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP 22.240-490. E-mail: lazarolaut@hotmail.com

²Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica - LAFO, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, bl. J1, s/020, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP 21.949-900. E-mail: fsobrinho@gmail.com; E-mail: vanessalaut@hotmail.com

³Departamento de Geologia - LAGEMAR, Universidade Federal Fluminense, Av. General Milton Tavares de Souza, s/nº, 4º andar - Campus da Praia Vermelha, Niterói, RJ, Brasil, CEP 24210-346. E-mail: alberto@igeo.uff.br

Recebido em 01/2011. Aceito para publicação em 08/11.

Versão online publicada em 05/11/2012 (www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)

Resumo - Três setores ambientais foram definidos no delta do rio Paraíba do Sul, localizado no norte do estado do Rio de Janeiro, com base em assembléias de foraminíferos e tecamebas além de análises sedimentológicas e microbiológicas. A análise em DCA demonstrou que o carbono bacteriano e a concentração de sedimentos finos foram as análises ambientais mais influentes na distribuição das assembléias. Setor I - composto predominantemente por espécies de foraminíferos aglutinantes, índice de diversidade variável, atividade metabólica bacteriana em aero e anaerobiose, sedimentação areno-siltosa; Setor II - composto por assembleias mistas de foraminíferos e de tecamebas, apresentando os maiores valores de diversidade, atividade metabólica bacteriana em algumas regiões em aerobiose e sedimentação arenosa pobremente selecionada; Setor III - caracterizado pela ocorrência de somente tecamebas, com altas concentrações de carbono bacteriano e sedimentação predominantemente arenosa pobremente selecionada. Este setor representou o ambiente fluvial. Os resultados refletiram o comportamento hidrodinâmico da área e podem ser utilizados em estudos para diagnóstico ambiental e vulnerabilidade deste ecossistema, além de poder ser utilizados como base em estudos paleoambientais do delta. **Palavras-chave:** foraminíferos, tecamebas, atividade bacteriana, dinâmica ambiental, delta do rio Paraíba do Sul.

Abstract - FORAMINIFERA AND THECAMOEBIANS ASSOCIATED TO SEDIMENTOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS IN PARAÍBA DO SUL DELTA, RIO DE JANEIRO- BRAZIL Three environmental sectors were defined in Paraíba do Sul Delta located in the northern part of Rio de Janeiro State based on assemblage of foraminifera and thecamoebians associated with sediment and microbiological analysis. The DCA analysis showed that bacterial carbon and mud sediment were the most influent environmental analysis in assemblage's distribution. Sector I - composed by agglutinated foraminifera species, diversity index variable, aero and anaerobic bacteria metabolic activity and sandy-silt sediment; Sector II - composed by a mix of foraminifera and thecamoebians species, showing high values of diversity index, aerobic bacteria metabolic activity in some places and sand poorly selected sedimentation. Sector III - characterized by only thecamoebians assemblages, high bacterial carbon concentration and poorly selected sandy sediment. This sector accounted for the fresh water environment. These data reflect the hydrodynamics behavior of the area and can be used in diagnostic studies of environmental and ecosystem vulnerability, as well as basis for paleoenvironmental studies of the delta.

Keywords: foraminifera, thecamoebians, bacterial activity, environmental dynamic; Paraíba do Sul River Delta.

1. Introdução

Estuários, lagunas e deltas representam ecossistemas complexos que se caracterizam por representar a interface entre os ambientes flúvio-continental e marinho. Grande parte destes ambientes localiza-se nas adjacências de grandes centros urbanos e industriais, e por esta razão,

estão sujeitos a diversos impactos de origem antropogênica. A interferência humana nestes sistemas tem afetado as condições naturais através da construção de represas e barragens que mudam o suprimento de sedimento e nutrientes. Além disso, o aumento da população e a ocupação desordenada têm conduzido à destruição das planícies de maré ocupadas por manguezais e

e marismas, que possuem uma grande importância ecológica, além de serem responsáveis pela retenção do sedimento fino que evita a erosão costeira (Nittrouer *et al.* 1995).

Existem diversos elementos que podem ser usados para caracterizar sistemas costeiros, tais como morfologia, circulação e biota (Kennish, 1992). O entendimento da dinâmica atual destes ambientes deposicionais e sua modelagem ao longo do Quaternário é de extrema importância para fazer analogia com as sequências sedimentares pretéritas, as quais são muitas vezes incompletas (Miall, 1996).

Microorganismos bentônicos com potencial de fossilização, tais como diatomáceas, foraminíferos, tecamebas e ostracodes, constituem os principais componentes biogênicos de sedimentos marinhos e costeiros. Eles desempenham um significativo papel nos ciclos biogeoquímicos globais de componentes orgânicos e inorgânicos, o que os caracteriza como os mais importantes organismos da Terra para esse fim (Haynes, 1981; Lee & Anderson, 1991).

O curto ciclo de vida, sua resposta rápida às mudanças ambientais e a preservação das suas carapaças no sedimento, transforma esses organismos em excelentes bioindicadores ambientais. Podem ser utilizados com eficiência para diagnosticar mudanças rápidas ou em longo prazo, assim como em pequena e grande escala espacial (Alve 1991 e 1995; Yanko *et al.* 1994, 1998, 1999; Coccioni, 2000; Samir, 2000; Debenay *et al.* 2001a,b e 2005; Samir & El-Din 2001; Murray & Alve 2002; Gelin *et al.* 2002; Coccioni *et al.* 2003 e 2005; Frontalini & Coccioni 2008; Frontalini *et al.* 2009).

Nas últimas décadas, as assembleias de foraminíferos de regiões parálicas começaram a ser a principal escolha para caracterização ambiental e para avaliar as variações do nível do mar, especialmente ao longo do Holoceno, onde as mudanças podem ser inferiores a 1 m. Geralmente, mudanças nesta escala não são possíveis de ser detectadas com outros métodos.

Por outro lado, o potencial ambiental e paleoambiental das tecamebas só intensificaram-se a partir da década de oitenta em regiões fluviais, manguezais e lagunas (e.g. McCarthy *et al.*, 1995; Laidler & Scott, 1996; Oliveira & Dias-Brito, 1999; Patterson & Kumar, 2000; Scott *et al.*, 2001; Patterson *et al.*, 2002).

Os estudos que caracterizem conjuntamente a distribuição das assembleias de tecamebas e foraminíferos auxiliam a compreensão e o funcionamento dos ecossistemas parálicos, pois as

informações fornecidas por cada um dos grupos é complementar (Semensatto Jr. & Dias-Brito, 2004). Através da caracterização das relações ecológicas entre as assembleias de foraminíferos e tecamebas também se podem estabelecer modelos evolutivos dos sistemas costeiros que podem ser aplicados nas assembleias fósseis. Esta analogia entre a assembleia atual e fóssil é de extrema importância para o entendimento da evolução e para o monitoramento costeiro.

No Brasil, o estudo de foraminíferos e tecamebas de águas mixoalinas na zona tropical e intertropical tem sido enriquecido nas últimas décadas, com trabalhos tanto de caracterização horizontal dos organismos (e.g. Eichler & Bonetti, 1995; Eichler *et al.* 1995a,b; Bonetti & Eichler 1997; Zucon & Loyola e Silva 1992; Oliveira 1999; Oliveira & Dias-Brito, 1999; Laut & Barbosa, 1999; Duleba *et al.* 2003; Sesmensto Jr. & Dias-Britto, 2004; Semensatto Jr. *et al.* 2009; Laut *et al.* 2010), quanto de aplicação deste organismos no diagnóstico ambiental (e.g. Coelho *et al.* 1996; Semensatto Jr. & Dias-Brito 2006; Laut *et al.* 2007; Souza *et al.* 2010; Teodoro *et al.* 2009 e 2010). Contudo, poucos estudos foram realizados em regiões de deltas recentes, restringindo-se somente aos deltas do Rio Doce (Petri, 1974 e 1979) e São Francisco (Semensatto Jr. & Dias-Britto 2004 e 2006).

Tendo em vista a importância econômica e ecológica que as regiões deltaicas possuem, e o crescente impacto antropogênico ao longo das bacias hidrográficas, a caracterização ambiental e a definição de bioindicadores são extremamente importantes para os estudos de evolução geológica, bem como de monitoramento e manejo ecológico. Dentro deste contexto, este estudo objetivou a análise qualitativa e quantitativa das assembleias de foraminíferos e tecamebas da porção deltáica do rio Paraíba do Sul, relacionando sua distribuição a parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos.

2. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul estende-se pelo território dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, com uma área de 57.000km². Sua porção deltáica está localizada na Bacia Sedimentar de Campos, entre as coordenadas 21°28'S - 41°02'W e 22°01'S - 40°59'W (Silva, 1987) margeando a cidade e São João da Barra com a foz localizada entre os distritos de Atafona e Gargaú. A região está inserida na zona de clima tropical úmido, com temperatura média

de 22°C, variando entre a máxima de 40°C e mínima de 8°C (Nimer, 1989). O regime pluviométrico é caracterizado por uma estação chuvosa no verão e uma seca no inverno, com média anual de 1.300 mm (Costa, 1994), onde predominam os ventos de NE e de SW-S-SE, que estão relacionados à entrada de frentes frias que ocorrem ao longo de todo ano (Pereira, 1998).

Na região do delta, a variação da maré é de 0,712 m a 1,538 m, o que classifica a região como de micromaré. No período de dezembro a março, acontecem as enchentes que inundam a região do baixo curso do rio, onde se localiza a baixada campista (Costa, 1994).

Ao longo da região deltáica se desenvolve o maior bosque de manguezais da região Norte Fluminense, com aproximadamente 800 ha, constituído pelas espécies *A. germinans*, *L. racemosa* e *R. mangle* (Bernini & Rezende, 2004). Contudo, as espécies vegetais no manguezal do rio Paraíba do Sul não apresentam padrão de zonação definido e nem desenvolvimento estrutural significativo em relação às de outros manguezais do litoral fluminense (Bernini *et al.*, 2003).

A considerável expansão demográfica e o intenso e diversificado desenvolvimento industrial ocorridos nas últimas décadas na Região Sudeste, refletem-se na qualidade das águas do rio Paraíba

do Sul, podendo-se citar como fontes poluidoras mais significativas o esgoto industrial e doméstico, resíduos sólidos, assoreamento, atividade de mineração e agropecuária (De Souza Jr, 2004).

3. Materiais e métodos

3.1. Amostragem

Foram coletadas vinte e cinco amostras de sedimento ao logo do delta do rio Paraíba do Sul (Fig. 1), em setembro de 2005, usando como amostrador uma draga *van Veen*. Do sedimento recuperado, foram separados 100g que foram armazenados em sacos plásticos para as análises granulométricas e de matéria orgânica total (MOT), 10 ml para análises de carbono bacteriano e atividade metabólica bacteriana, e 50 ml destinados às análises de foraminíferos e tecamebas. Ao sedimento destinado à análise de foraminíferos e tecamebas foi adicionada uma solução de formol a 4% e corante rosa de Bengala que possibilita corar o protoplasma dos organismos vivos no momento da coleta e posterior identificação dos mesmos no momento da triagem em laboratório. Também foram medidos salinidade, temperatura, pH, Eh e oxigênio dissolvido na água de fundo com sensores portáteis.

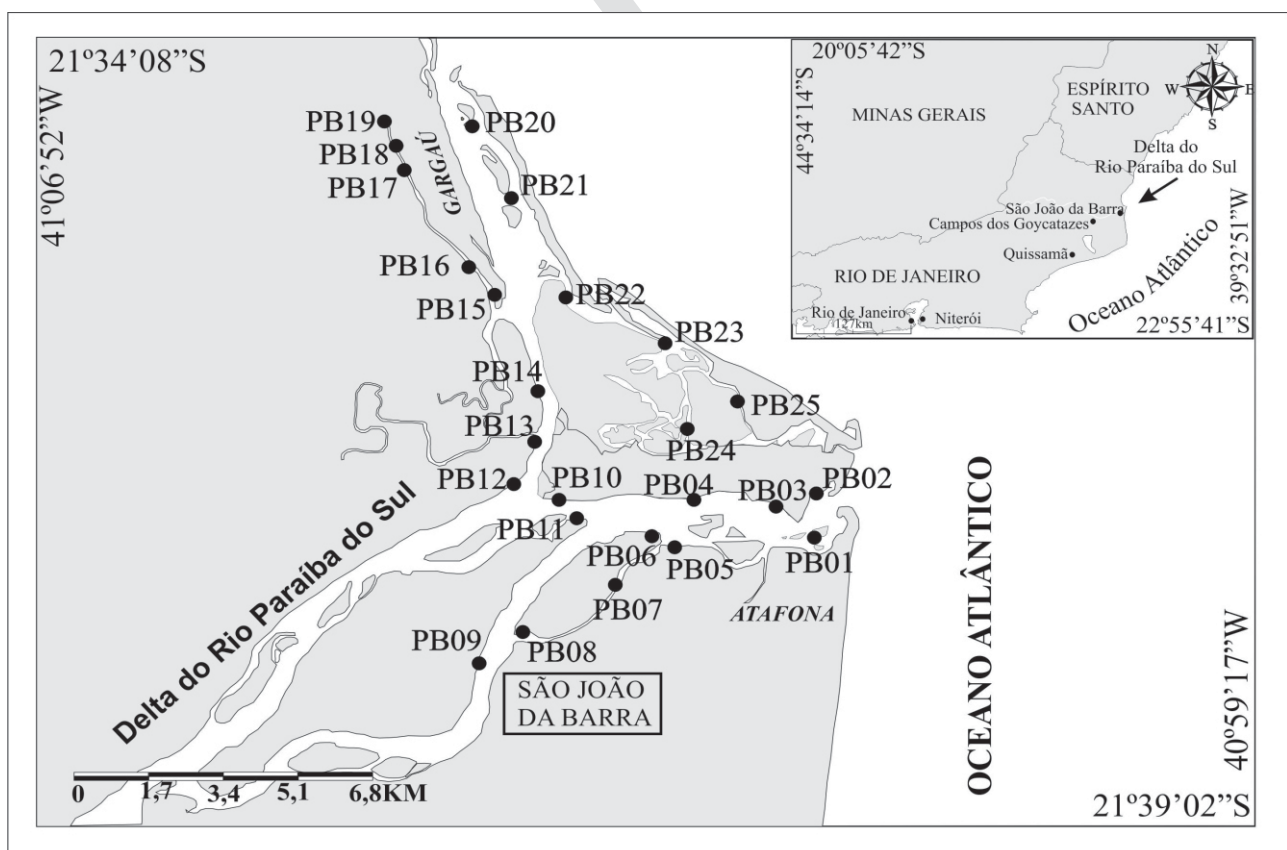


Figura 1. Localização das estações amostrais no delta do rio Paraíba do Sul.

3.2 Análises de laboratório

Nas análises granulométricas, os 100g de sedimento coletados em cada estação foram lavados em água destilada para a eliminação de sais solúveis e posteriormente secos em estufa com temperatura de 50°C. Após esta fase, foram atacadas com peróxido de hidrogênio a 30% em ambiente natural para eliminação da matéria orgânica.

As frações arenosas (>0,062 mm) foram peneiradas, usando-se peneiras com intervalo de 0,5 phi. As frações lamosas (<0,062 mm) foram analisadas utilizando-se o método de pipetagem (Suguio, 1973). A classificação granulométrica adotada foi a proposta por Flemming (2000), que é restrita a sedimentos < 2 mm. Para esta classificação, é adotado o diagrama triangular também usado por outras classificações, porém ela apresenta mais subdivisões, que auxiliam na individualização da hidrodinâmica em regiões costeiras.

Para a determinação do teor de matéria orgânica total, usou-se o método de Byers *et al.* (1978), onde inicialmente pesa-se 50g de amostra de sedimento seco em estufa por 24 horas a 60°C. Após esse período, o sedimento foi calcinado em mufla a 500°C, de modo que toda a matéria orgânica existente na amostra fosse queimada. Depois de 3h, este material foi retirado e pesado novamente. A matéria orgânica total foi determinada pela diferença do peso inicial e final.

A atividade metabólica bacteriana foi qualificada através de meios de cultura específicos para os processos de aerobiose, fermentação, desnitrificação e sulfatoredução (Alef & Nannipieri, 1995). Para a atividade metabólica em aerobiose e fermentação foi utilizado meio de cultura contendo 2g/l de bactopectona; 15g/l de Agar; em água do mar a 75% contendo 0,5 ml de azul de metileno (solução saturada 1g/25 ml água). A desnitrificação foi detectada utilizando meio de cultura contendo 0,687g/l de NaNO₂; 2g/l de bactopectona; em água do mar a 75%. Utilizou-se 5 ml de meio por tubo de ensaio rosqueado, com tubo de Durhan. A sulfato-redução foi identificada utilizando-se meio de cultura contendo 4g/l de lactato de sódio; 0,1g/l de ácido ascórbico; 0,2g/l de sulfato de magnésio; 0,01g/l de fosfato dipotássico; 0,2g/l de sulfato ferroso amoniacal; 10g/l de cloreto de sódio; 0,001g/l de resazurina sódica e 0,4906g/l de cisteína para um litro de água deionizada.

A quantificação do carbono bacteriano foi efetivada sob microscópio de epifluorescência, utilizando-se o cromóforo laranja de acridina

(Kepner Jr. & Pratt, 1994) e a biomassa bacteriana (µgC.cm⁻³) foi calculada de acordo com Carlucci *et al.* (1986).

O processamento de tratamento das amostras para análise de foraminíferos e tecamebas seguiu a metodologia descrita em Boltovskoy (1965), que consiste na lavagem dos sedimentos finos em uma peneira com malha de 0,062 mm em água corrente e secagem do material em estufa a 50°C. Após secas, as amostras foram submetidas à flotação em tricloroetileno (C₂HCl₃), que separa, por densidade, o material mais leve (carapaças, valvas, fragmentos carbonáticos e vegetais, micas, entre outros) do material siliciclástico (quartzo, feldspato).

Todas as testas de foraminíferos e tecamebas foram triadas, identificadas e contadas sob microscópio estereoscópico com aumento de 80 X, usando como referência para identificação taxonômica, no nível de gênero, Loeblich & Tappan (1988) e, para nível específico, artigos em revistas indexadas.

3.3 Tratamento estatístico

Para os cálculos estatísticos, foi levada em consideração a população total de cada amostra (vivos+mortos), que foi expressa pela abundância relativa. A escolha do uso da população total e/ou número de indivíduos corados para o tratamento estatístico tem sido muito debatida, pois alguns pesquisadores debatem a eficiência do corante (e.g. Murray & Bowser, 2000; Debenay *et al.* 2001b e 2002). Desta forma, a utilização da população total, para a área de estudo em questão, teve como objetivo: (1) suavizar pequenas variações sazonais; e (2) evitar erros na interpretação dos dados resultantes da ineficiência do método de coração com Rosa de Bengala. Em muitos casos, o citoplasma dos organismos pode se preservar por semanas após sua morte (Boltovskoy & Lena, 1970; Cann & De Dekker, 1981), assim como as diferenças osmóticas entre a solução com corante e a amostra podem estourar o citoplasma no momento da coleta, reduzindo o número real de vivos. Outro fato a ser considerado é a dificuldade do reconhecimento de citoplasma corado em foraminíferos de carapaça aglutinante. Para maior eficiência no reconhecimento de aglutinantes corados é recomendada a triagem dos espécimes imersos em álcool (Scott *et al.* 2001). O número de carapaças coradas, neste estudo, foi usado como dado auxiliar para distinguir as espécies vivas no momento da coleta.

A diversidade foi obtida usando o índice de

Shannon-Wiener (H'), expresso pela fórmula:

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

onde p_i representa a porção da i -ésima espécie na amostra e \ln é o logaritmo natural (base e).

A média de homogeneidade, ou equitabilidade, foi calculada segundo a fórmula:

$$J' = H' / \ln(S)$$

Onde S é a riqueza de espécie, H' é o índice de diversidade de *Shannon-Wiener* e \ln é o logaritmo natural (base e).

A dominância foi expressa pelo índice de *Simpson* e possui uma vantagem em relação a outros índices, pois não somente considera o número de espécies (s) e o total de números de indivíduos (N), mas também a proporção do total de ocorrência de cada espécie. É estimada através da seguinte equação:

$$t = \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1)$$

Para a definição das assembleias de foraminíferos e tecamebas foi elaborada uma análise de agrupamento (análise de *cluster*), baseada nos dados de abundância relativa, utilizando o *software* Pcord4.

A análise de agrupamento modo-Q foi baseada na abundância relativa de todas as espécies de foraminíferos e tecamebas presentes em cada amostra. Para tal, utilizou-se a distância euclidiana e o método de ligação *Ward*. O coeficiente de correlação linear *r-Pearson* (modo-R) com o método de ligação *Ward* foi utilizado para

quantificar a dependência linear entre os elementos, determinando a matriz de correlação e identificando a relação entre os microrganismos.

Objetivando compreender as relações de interdependência que possam existir entre as múltiplas variáveis ambientais analisadas e sua influência nas relações ecológicas e na distribuição das espécies de foraminíferos e tecamebas, foi empregada a análise multivariada em DCA (*Detrended Correspondence Analysis*) utilizando-se o *software* PCord4. Para o cálculo de variância, foi utilizada a Distância Euclidiana Relativa, que é a recomendada para medir a ordenação em espaços.

4. Resultados

4.1 Abióticos

A temperatura da água de fundo oscilou entre 24,6°C na estação PB05 e 26,2°C na estação PB18. A salinidade foi zero em quase todas as estações. Somente PB 23 (0,5), PB24 (0,3) e PB25 (20), próximas à foz, apresentaram valores de salinidade (Tab. 1). Em relação ao pH, as estações mais alcalinas foram PB01 e PB10 (6,49) e a que apresentou o valor mais alto foi PB08 (8,11).

Os valores de Eh foram negativos nas estações PB08 (-0,09) e PB25 (-11); as outras estações apresentaram valores positivos. Nas estações PB12 e PB19 não foi possível registrar os valores de Eh. O oxigênio dissolvido variou entre 3,9 mg/L, na estação PB06, e 5,2 mg/L na estação PB 02 (Tab. 1).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos do delta do Paraíba do Sul (P - presença de crescimento; N - ausência de crescimento; V - crescimento variável).

Estações	T (°C)	Sal	pH	Eh	O2 (mg/l)	Atividade Respiratória Bacteriana				Carbono Bacteriano (µg C.g ⁻¹)
						Aerobiose	Fermentação	Desnitrificação	Sulfato-redução	
PB01	25,4	0	6,49	0,79	4,6	V	P	P	P	3,07
PB02	25,3	0	7,15	0,42	5,2	V	V	P	V	1,99
PB03	25,1	0	7,02	0,48	4,7	-	-	-	-	-
PB04	24,9	0	7,28	0,019	4,4	V	V	P	P	2,98
PB05	24,6	0	6,88	0,54	4,4	N	N	P	P	3,96
PB06	25,4	0	7,39	0,3	3,9	N	P	P	V	2,06
PB07	24,7	0	7,42	0,11	4	-	-	-	-	-
PB08	24,8	0	8,11	-0,09	3,9	V	V	P	P	3,53
PB09	24,7	0	7,32	0,32	4,4	N	P	P	P	4,14
PB10	25,9	0	6,49	55	4	P	V	P	P	9,46
PB11	25,9	0	6,74	0,047	3,5	-	-	-	-	-
PB12	25,4	0	6,74	-	3,8	P	V	V	V	3,36
PB13	25,9	0	6,96	0,038	4,2	P	V	P	P	3,99
PB14	25,7	0	6,91	0,042	4	P	V	P	V	2,48
PB15	25,7	0	7,2	0,23	3,9	V	V	P	P	3,16
PB16	25,8	0	7,21	0,022	4,2	-	-	-	-	-
PB17	26	0	7,24	23	4,3	P	V	P	V	3,93
PB18	26,2	0	7,23	24	3,8	-	-	-	-	-
PB19	26,4	0	7,14	-	3,9	V	V	P	P	1,31
PB20	26,1	0	7,26	0,021	4,5	V	V	P	V	3,22
PB21	25,8	0	7,19	0,024	4,3	-	-	-	-	-
PB22	26,8	0	7,35	0,019	4,3	V	V	P	V	4,78
PB23	26,1	0,5	7,16	0,025	3,9	-	-	-	-	-
PB24	25,9	0,3	7,29	0,019	3,9	-	-	-	-	-
PB25	25,2	20	7,79	-11	4	N	V	V	V	1,67

As análises granulométricas demonstraram a predominância de sedimento arenoso pobremente selecionado. A maior concentração de sedimentos finos foi nas estações na retaguarda da foz (PB24, PB18, PB15 e PB13), na área do manguezal, onde o sedimento foi classificado como

lama extremamente siltosa levemente arenosa, moderada a bem selecionada. As porcentagens de MOT variaram bastante ao longo das estações, oscilando de 0,2%, em PB16, a 10,7% na estação PB24 (Fig. 2).

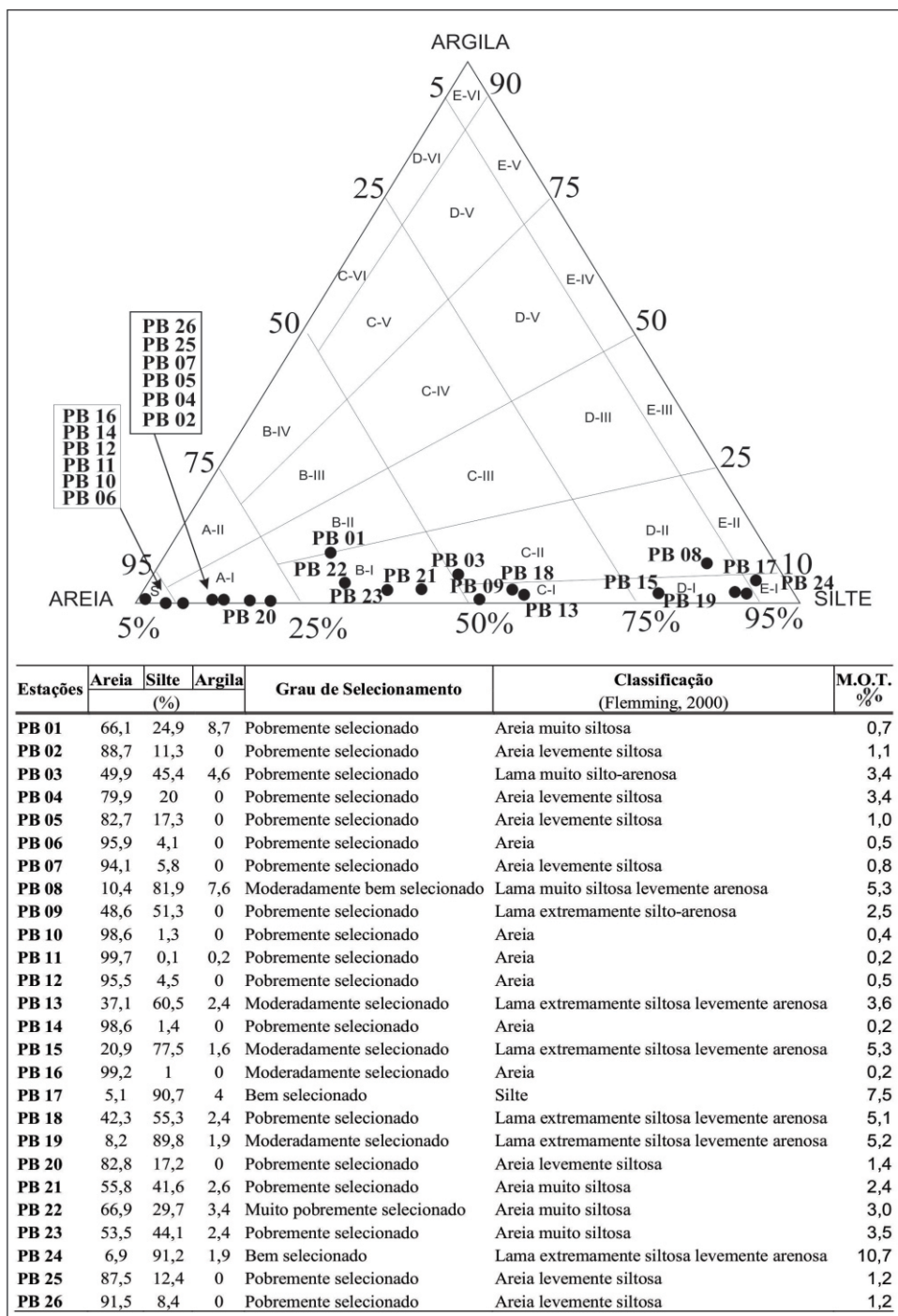


Figura 2. Resultado das análises granulométricas do delta do rio Paraíba do Sul (S- areia; A - I - areia levemente siltosa; A - II - areia levemente lamosa; B - I - areia muito siltosa; B - II - areia siltosa; B - III - areia lamosa; B - IV - areia muito lamosa; C - I - lama extremamente arenosa-siltosa; C - II - lama mutio arenosa-arenosa; C - III - lama arenosa-siltosa; C - IV - lama arenosa-argilosa; C - V - lama muito arenosa-lamosa; C - VI - lama extremamente arenosa-lamosa; D - I - lama extremamente siltosa e levemente arenosa; D - II - lama muito siltosa e levemente arenosa; D - III - lama siltosa levemente arenosa; D - IV - lama argilosa levemente arenosa; D - V - lama muito argilosa levemente arenosa; D - IV - lama extremamente argilosa e levemente arenosa; E - I - silte; E - II - silte levemente argiloso; E - III - silte argiloso; E - IV - argila siltosa; E - V - argila levemente siltosa; E - VI - argila).

4.2 Bióticos

Nas estações de coleta no delta do Rio Paraíba do Sul, o carbono bacteriano variou entre 1,31 $\mu\text{g C. g}^{-1}$ na estação PB19 a 9,46 $\mu\text{g C. g}^{-1}$ na estação PB10 (Tab. 1).

As atividades metabólicas bacterianas predominantes na região deltáica foram a desnitrificação e a sulfato-redução. Nas estações PB10, PB12, PB13, PB14, PB17 a atividade metabólica em aerobiose apresentou-se positiva. Nas estações PB03, PB07, PB11, PB16, PB18, PB21, PB23 e PB24 não foram realizadas as análises de atividade bacteriana (Tab. 1).

Foram identificados 15 táxons de foraminíferos e 15 táxons de tecamebas (Fig. 3). Não foram identificadas testas de foraminíferos e de tecamebas nas estações PB05, PB06, PB10, PB11. Nas estações PB07, PB08, PB09 e PB12 não foram identificadas espécies de foraminíferos. As estações PB03, PB07, PB08, PB16, PB18, PB19, PB20, PB22, PB24 e PB25 apresentaram densidade inferior a 100 indivíduos/50 ml (Tab. 2).

Miliammina fusca foi o táxon de foraminífero com maior distribuição espacial no delta e o que apresentou os maiores valores de abundância relativa, representando valores acima de 80% nas amostras PB02, PB22, e PB25. Dentre as espécies de tecamebas, a mais constante nas estações amostrais foi *Cyclopyxis* spp. com valores de abundância relativa de até 77,8% em PB08 (Tab. 2).

As estações que tiveram maior número de espécies foram PB13, PB14 e PB21, todas com 13 espécies. A estação PB08 foi a que apresentou a menor riqueza, com 3 espécies.

O maior número de espécimes corados foi encontrado em PB02 (60 testas), enquanto em PB19 e PB20 não foram encontradas testas coradas (Tab. 2). A estação PB15 foi a que apresentou o maior número de testas malformadas (13 testas), seguida por PB01 (8 testas).

Em relação aos índices ecológicos, a maior diversidade (H') foi identificada em PB14 (2,3), seguida por PB09 e PB21 (2,1) e o menor índice foi identificado em PB02 (0,3). O valor mais alto (0,9) de equitabilidade foi identificado em PB09, PB14, PB19 e PB20 e o valor mais baixo (0,2) em PB02 (Tab. 2). Já os valores de dominância foram mais altos em PB09 e PB14 (0,9) e mais baixos (0,1) em PB02 (Tab. 2).

A análise de agrupamento em Modo - R, baseada nos valores de abundância relativa, mostrou a existência de cinco assembleias de foraminíferos e tecamebas, usando-se uma

similaridade de 45% no delta do rio Paraíba do Sul (Fig. 4):

- Assembleia A - somente composta pelas espécies de foraminíferos *Ammonia tepida*, *Elphidium gunteri* e pela de tecameba *Cucurbitella tricuspis*, todas apresentando frequências entre 0-5%.

- Assembleia B - Composta principalmente por espécies de tecamebas com dominância de *Cyclopyxis* spp., *Centropyxis constricta*, *Cucurbitella corona* e *Pontigulasia compressa* e como assessórias *Diffflugia correntina*, *Centropyxis* spp., *Lagenodiffflugia vas*, *Diffflugia capreolata* e *Diffflugia oblonga*. A única espécie de foraminífero agrupada nesta assembleia foi *Jadammina polystoma*, identificada na estação PB13.

- Assembleia C - composta somente por espécies de foraminíferos aglutinantes (*Ammonium salsum*, *Arenoparrella mexicana*, *Siphonochammina lobata*, *Trochammina inflata*) com a dominância de *Miliammina fusca*.

- Assembleia D - composta por uma única espécie de tecameba (*Cyclopyxis impressa*) com frequências que chegaram a 30% na estação PB18, e pelas espécies de foraminíferos *Trochammina salsa* e *Polysaccamina ipohalina*, seguidas por *Haplophragmoides wilberti*, *Trochammina macrescens* e *Trochammina irregulares*, com valores de abundância muito baixos.

- Assembleia E - Dominada pela espécie de tecameba *Diffflugia viscidula*, seguida por *Oopyxis* spp. e *Arcella discoides* e pelas espécies de foraminíferos *Trochammina ochracea* e *Textularia earlandi*.

A análise de agrupamento em modo-Q gerou quatro grupos de estações ao longo do delta, usando uma similaridade de 50%: Grupo I - composto pelas estações PB01, PB04, PB12, PB14, PB19 e PB21; Grupo II - composto pela estação PB04; Grupo III - composto pelas estações PB03, PB07, PB08, PB09, PB13 e PB20; e Grupo IV - composto pelas estações PB02, PB15, PB16, PB17, PB18, PB22, PB23, PB24 e PB25 (Fig. 4).

A relação entre os agrupamentos em modo Q e R nos levou a interpretar que o Grupo I apresentou fortemente a abundância de espécies das Assembleias B e C, com algumas espécies da Assembleia A; o Grupo II foi marcado principalmente pela Assembleia D; o Grupo III foi representado pela Assembleia B, com algumas espécies da Assembleia C e o Grupo IV foi fortemente associado à Assembleia C com algumas espécies da Assembleia B (Fig. 4).

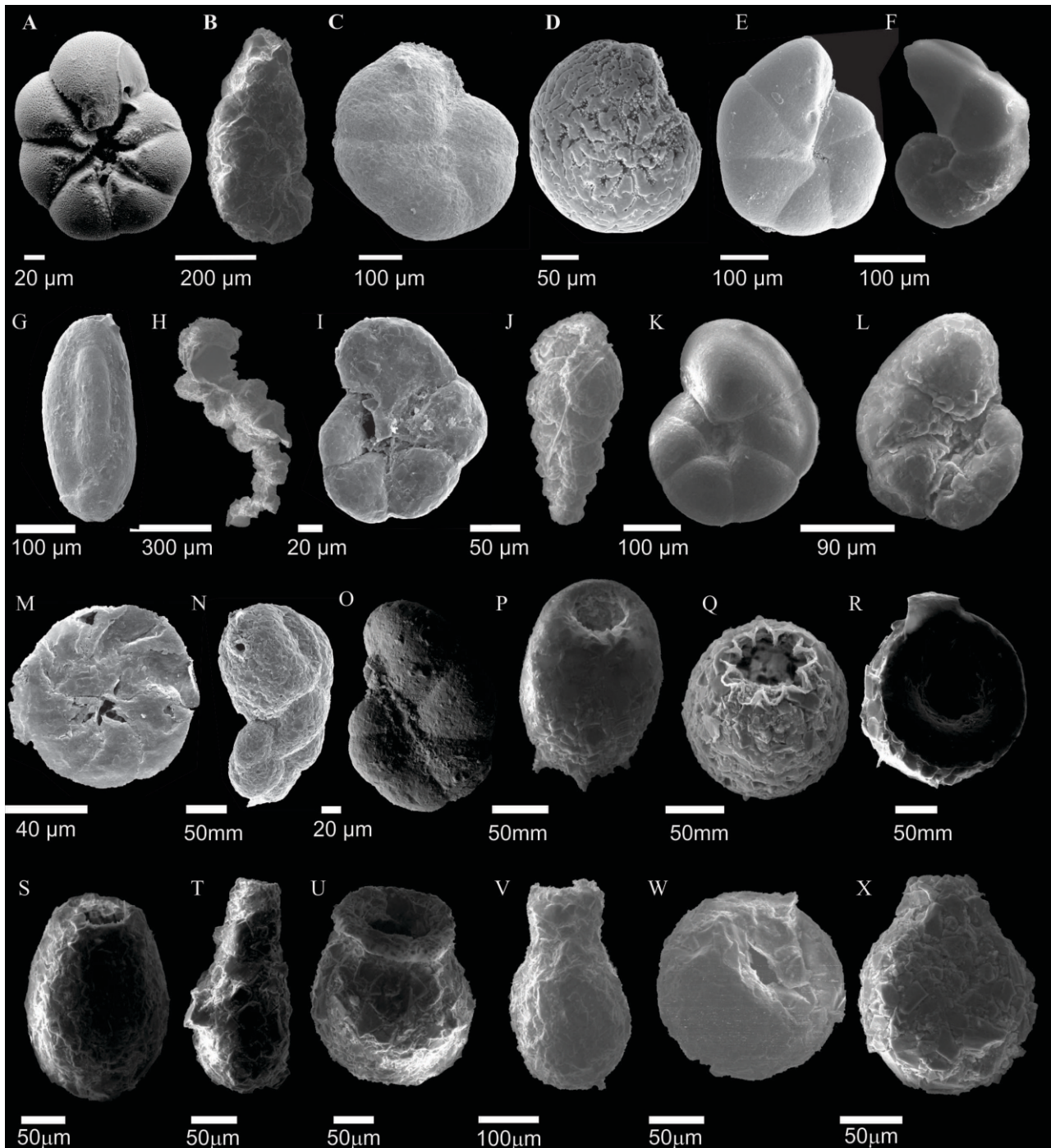


Figura 3. Foraminíferos e tecamebas do Delta do Paraíba do Sul: A - *Ammonia tepida*; B - *Ammotium salsum*; C - *Arenoparrella mexicana*; D - *Elphidium gunteri*; E - *Haplophragmoides wilberti*; F - *Jadammina polystoma*; G - *Miliammina fusca*; H - *Polysaccammina ipohalina*; I - *Siphotrochammina lobata*; J - *Textularia earlandi*; K - *Trochammina inflata*; L - *Trochammina macrescens*; M - *Trochammina ochracea*; N - *Trochamminita irregularis*; O - *Trochamminita salsa*; P - *Centropyxis constricta*; Q - *Cucurbitella corona*; R - *Cyclopyxis* sp.; S - *Diffflugia capreolata*; T - *Diffflugia oblonga*; U - *Diffflugia urceolata*; V - *Lagenodiffflugia vas*; W - *Oopyxys* sp.; X - *Pontigulasia compressa*.

Tabela 2. Abundância relativa e índices ecológicos das espécies de foraminíferos e tecamebas do delta do rio Paraíba do Sul.

Estações	PB01	PB02	PB03	PB04	PB07	PB08	PB09	PB12	PB13	PB14	PB15	PB16	PB17	PB18	PB19	PE20	PE21	PE22	PE23	PE24	PE25
Número de testas	142	397	86	102	13	27	139	18	123	147	169	39	93	35	10	18	295	96	283	93	81
Número de espécies	12	6,0	10	8	4	3	10	6	13	13	11	6	10	7	5	5	13	10	6	11	6
Diversidade (H')	1,7	0,3	1,7	1,4	1,1	0,7	2,1	1,6	2	2,3	1,5	1,3	1,7	1,5	1,4	1,4	2,1	0,8	0,7	1,9	0,6
Equitatividade (J')	0,7	0,2	0,7	0,7	0,8	0,6	0,9	0,9	0,8	0,9	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4
Dominância	0,8	0,1	0,8	0,7	0,6	0,4	0,9	0,8	0,8	0,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,3	0,4	0,8	0,2
Número de corados	2	60	2	7	3	2	2	2	2	9	5	2	5	1	0	0	4	10	6	2	6
Número de malformações	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	4	5	0	0	0	6	5	0	11
<i>Ammonia tepida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	-	-	2,2	-
<i>Ammonium salsum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	1,2
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	0,3	2,3	-	-	-	-	-	-	-	1,2	2,6	2,2	-	-	-	-	3,1	23,0	14,0	4,9
<i>Elphidium gunteri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-	0,3	1,2	6,9	-	-	-	-	0,8	2,0	-	-	5,4	8,6	-	-	-	-	-	14,0	1,2
<i>Jadammina polystoma</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Miliammina fusca</i>	28,8	93,4	2,3	2,0	-	-	-	-	-	6,1	59,8	53,8	49,5	40,0	30,0	5,6	14,6	81,3	73,5	28,0	84,0
<i>Polysaccammina ipohalina</i>	-	-	-	23,5	-	-	-	-	-	12,9	2,4	7,7	-	2,9	-	-	-	-	0,4	-	-
<i>Siphotrochammina lobata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Textularia earlandi</i>	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochammina macrescens</i>	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7	-	-	-	-	-	1,1	-
<i>Trochammina ochracea</i>	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>Trochamminita irregularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochamminita salsa</i>	-	-	-	51,0	-	-	-	-	1,6	9,5	-	-	12,9	-	-	-	0,7	1,0	-	10,8	2,5
<i>Arcella discoides</i>	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropyxis constricta</i>	4,9	-	12,8	9,8	7,7	-	13,7	22,2	8,9	11,6	2,4	-	4,3	8,6	-	-	9,5	1,0	-	-	-
<i>Centropyxis spp.</i>	2,8	2,0	-	-	-	-	-	-	17,9	-	8,3	-	-	-	-	38,9	-	-	-	-	-
<i>Cucurbitella corona</i>	1,4	-	8,1	2,0	7,7	-	7,9	16,7	16,3	4,8	0,6	-	3,2	-	10,0	16,7	7,8	2,1	-	-	-
<i>Cucurbitella tricuspis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>Cyclopyxis impressa</i>	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	31,4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclopyxis spp.</i>	33,8	1,3	34,9	-	30,8	77,8	15,8	27,8	28,5	27,2	-	20,5	11,8	-	40,0	-	33,6	6,3	0,4	21,5	6,2
<i>Diffugia correntina</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diffugia capreolata</i>	-	-	-	-	-	10,8	22,2	0,8	6,8	7,1	12,8	-	-	-	10,0	-	6,8	2,1	-	1,1	-
<i>Diffugia oblonga</i>	-	-	7,0	-	53,8	-	24,5	-	1,6	-	1,2	-	4,3	2,9	-	11,1	-	1,0	0,4	-	-
<i>Diffugia urceolata</i>	-	-	-	-	-	7,4	7,2	-	4,1	1,4	-	2,6	1,1	-	-	-	5,1	1,0	-	-	-
<i>Diffugia viscidula</i>	19,7	2,8	1,2	2,0	-	-	0,7	5,6	-	6,8	-	-	-	-	-	-	8,1	-	-	1,1	-
<i>Lagenodiffugia vas</i>	2,1	-	1,2	-	-	-	5,0	5,6	4,1	3,4	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	2,2	-
<i>Ooptyxis spp.</i>	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pantigulasia compressa</i>	-	-	29,1	2,9	-	14,8	9,4	-	13,0	3,4	5,9	-	5,4	-	10,0	27,8	8,5	-	-	4,3	-

A análise multivariada em DCA, usando como variáveis ambientais temperatura (T), oxigênio dissolvido (O2), pH, matéria orgânica total (MOT), porcentagem de sedimentos finos (silte + argila) e carbono bacteriano (COB), apresentou um coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias de 32% para o eixo 1 e de 31% em relação ao eixo 2 (Fig. 5).

A variável que apresentou o maior vetor em relação ao eixo 1 foi o carbono bacteriano, seguido pela concentração de sedimento fino (silte+argila). As estações que responderam positivamente a estas variáveis foram PB08, PB09 e PB12, ao passo que PB02 e PB25 apresentaram resposta negativa.

No eixo 2, a concentração de matéria orgânica total (MOT) foi o maior vetor mais significativo e a estação PB04 foi a que respondeu mais positivamente, enquanto as estações PB02, PB15 e PB20 foram as que apresentaram a resposta mais negativa em relação a esta variável.

A análise em DCA em relação às espécies demonstrou que *Cyclopyxis impressa* e *Jadammina polystoma* possuíram resposta positiva ao carbono bacteriano, enquanto *Ammonium salsum* apresentou resposta negativa.

Em relação à porcentagem de matéria orgânica total no eixo 2, as espécies de foraminíferos *Haplophragmoides wilberti*, *Trochamminita irregularis*, *Trochamminita salsa* e *Polysaccammina ipohalina* foram as que responderam positivamente, enquanto as espécies *Trochammina inflata* e *Siphotrochammina lobata* responderam negativamente (Fig. 5).

5. Discussão

As variações de temperatura entre os pontos amostrados foram pequenas, inferiores a 2°C, fato que possivelmente esteve relacionado somente à diferença no horário em que foram feitas as medidas. O fato de a salinidade ter se mantido zerada ao longo de quase todo o estuário pode ser indicativo de pouca eficiência na entrada da maré no delta. As estações que apresentaram valores positivos de salinidade foram PB23, PB24 e PB25, que estão localizadas na retaguarda da barra arenosa. Esta região sofre constantes mudanças morfológicas sendo muitas vezes rompida pela ação das ondas (*overwash*), como observado em campo, e por esta razão seria propensa a entrada

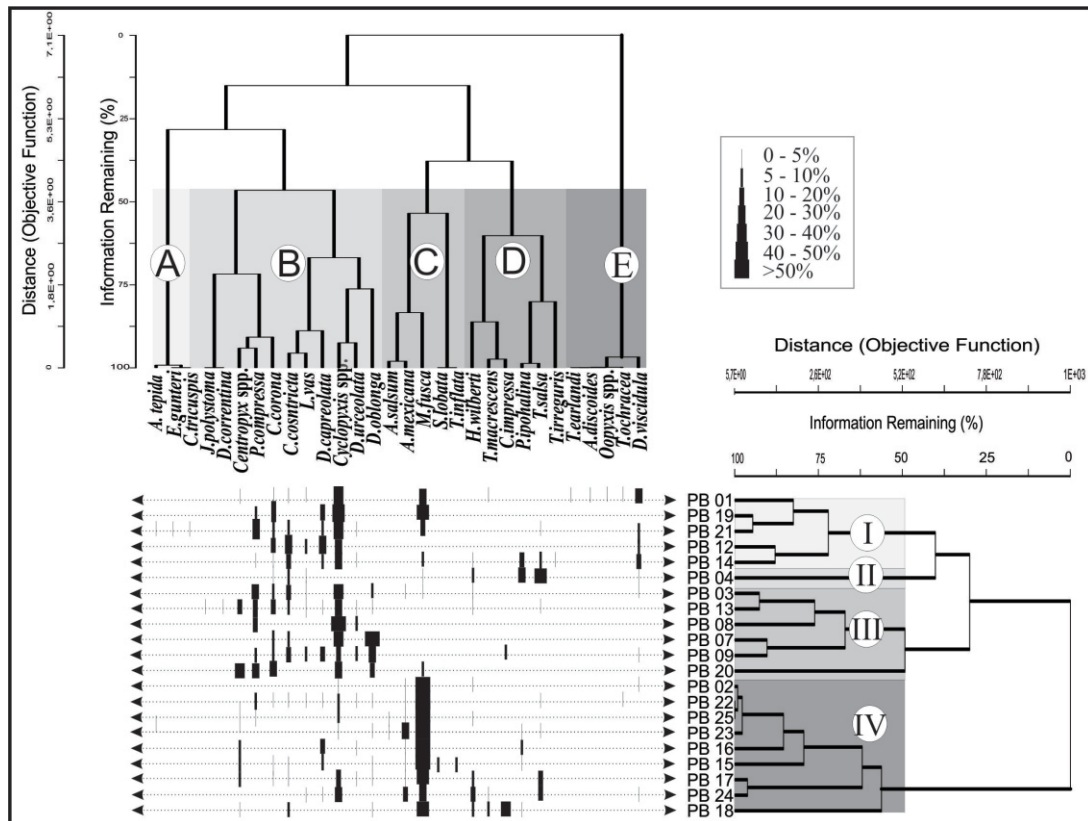


Figura 4. Análise de agrupamento das espécies modo-R (Assembleias de A a E) e de estações em Modo-Q (Grupos de I a IV) do delta do rio Paraíba do Sul.

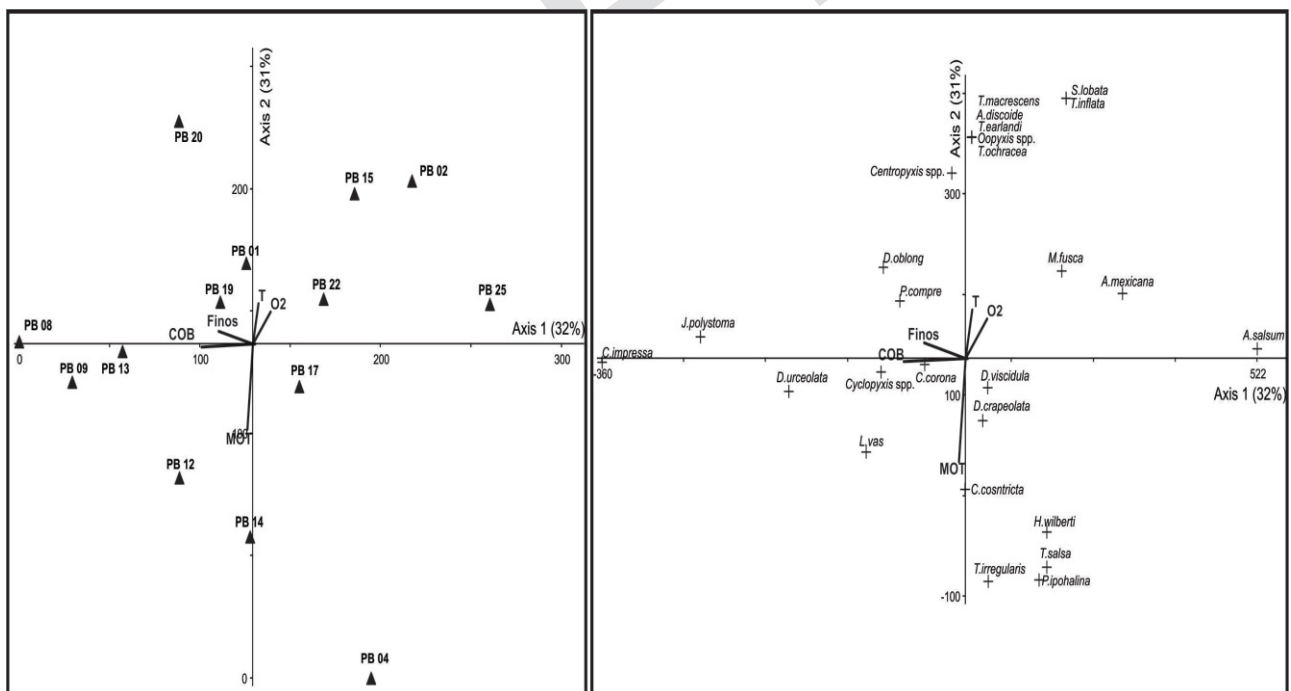


Figura 5. Análise multivariada em DCA das espécies e estações do delta do rio Paraíba do Sul.

de água marinha.

O pH é um parâmetro muito influenciado pelas características da margem num estuário (Laut *et al.* 2007). As margens vegetadas têm tendência a apresentar menor valor de pH, por ter maior concentração de material em decomposição,

como é o caso da estação PB01, localizada na margem do manguezal. Os valores de Eh mais negativos na estação PB08 podem ser relacionados ao lançamento de esgoto nas adjacências da cidade de São João da Barra. Por outro lado, o valor de Eh negativo também apresentado pela estação PB25

possivelmente é o resultado de condições redutoras típicas de manguezais. Esta condição também pode ser indicada pelos valores de oxigênio dissolvido, que foram mais baixos nas áreas de manguezal e maiores nas estações voltadas para a foz.

A granulometria está associada à intensidade da energia no sistema. O domínio das frações arenosas ao longo de todo o delta demonstrou alta hidrodinâmica na região. As estações PB23, PB24 e PB25 localizaram-se na região mais abrigada, o que permite a deposição das frações mais finas de sedimento e a concentração de matéria orgânica que, conseqüentemente, favorece o crescimento do manguezal. Resultados semelhantes no delta foram encontrados por Almeida & Souza (2008), onde, usando um malha amostral ampla, encontraram diferenças entre o estuário primário (areia (80%) > silte (10%) > argilas (10%)) e secundário (areia (30%) < silte (50%) > (20%) argila). Este padrão de diferenças granulométricas entre a porção mais à jusante, lamosa, e mais arenosa à montante, também foi encontrado no delta do rio São Francisco (Sabadini-Santos *et al.* 2009) e no delta do rio Pearl, na China (Gao *et al.* 2007).

Os valores de carbono bacteriano (Tab. 1) encontrados no delta do rio Paraíba do Sul foram altos se comparados a outras regiões estuarinas impactadas. Crapez *et al.* (2001) encontraram a variação do carbono bacteriano entre 1,962 - 2,640 $\mu\text{g C.g}^{-1}$ na praia da Boa Viagem, na Baía de Guanabara. Na região portuária da Baía de Guanabara, foram encontrados, na estação seca, valores de 0,0019 - 0,0245 $\mu\text{g C.g}^{-1}$ e, na chuvosa, 0,0087 - 0,0191 $\mu\text{g C.g}^{-1}$ (Fonseca, 2004). Laut *et al.* (2007) encontraram no estuário do rio Itacorubi (SC) concentrações de carbono bacteriano entre 0,008 - 0,031 $\mu\text{g C.g}^{-1}$. Silva *et al.* (2010) encontraram, em dois testemunhos na Enseada de Jurujuba, o carbono bacteriano variando entre 0,004 e 0,051 $\mu\text{g C.g}^{-1}$. Fontana *et al.* (2010) constataram, no estuário do Suruí, na Baía de Guanabara, uma variação do carbono bacteriano entre 0,248 - 10,241 $\mu\text{g C.g}^{-1}$. No manguezal do rio Suruí, estuário de pequeno porte (3 km), o grande volume de biomassa bacteriana foi relacionada às concentrações de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) e à matéria orgânica total, bem como à carga de efluentes domésticos e industriais (Laut *et al.* 2011b). Os altos valores encontrados no delta (1,31 - 9,46 $\mu\text{g C.g}^{-1}$) podem ser o resultado dos impactos que o rio Paraíba do Sul sofre ao longo de seu curso, tais como aporte de efluentes das atividades agrícolas (ex. cana-de-açúcar), pecuária

de bovinos, esgoto doméstico e industrial (De Souza Jr, 2004).

Processos bacterianos em aerobiose deveriam ser dominantes em sedimentos superficiais, de modo que a matéria orgânica depositada fosse eficientemente oxidada. Silva *et al.* (2011) sugeriu que, no estuário do Rio Paraíba do Sul, a hidrólise dos biopolímeros da matéria orgânica é feita por bactérias anaeróbias e anaeróbias facultativas. Estas bactérias utilizam todos os aceptores de elétrons à base de nitrogênio, manganês e enxofre (Turner & Millward, 2002; Yamanaka, 2008). Estes processos anaeróbios implicam perda de nitrogênio para a atmosfera (desnitrificação) e produção de sulfetos (sulfato-redução), que são tóxicos para os seres vivos. Silva *et al.* (2008) encontraram um teia microbiana na Baía de Guanabara com características muito semelhantes às do delta do Paraíba do Sul. A predominância dos processos anaeróbios no delta foi identificada nas margens da cidade de São João da Barra, que refletem o despejo de esgoto e o processo de eutrofização nos canais próximos à cidade.

O aporte de água doce, somado aos agentes poluentes, parece interferir tanto na densidade da assembleia quanto na riqueza de espécies de foraminíferos e tecamebas que a compõem. Segundo Nichols (1974), uma região pode ser considerada como tendo baixa produtividade bêntica quando é encontrado um volume inferior a 50 testas de foraminíferos em 50 ml de sedimento, volumes estes que foram encontrados em diversas estações do delta (PB07, PB08, PB12, PB16, PB18, PB19, Pb20).

O número de espécies de foraminíferos identificados, também foi inferior ao identificado em outras regiões costeiras de micromaré no Brasil: e.g. 47 espécies no sistema de canais de Maré de Guaratiba - RJ (Laut *et al.* 2011a); 24 espécies no canal de Bertiooga em Santos - SP (Santa-Cruz & Dias-Britto, 2006); 28 espécies de foraminíferos no estuário do rio Itacorubi - SC (Laut *et al.* 2007). As espécies de foraminíferos de carapaça calcária, como *A. tepida* e *E. gunteri*, são espécies comumente identificadas ao longo de regiões estuarinas e deltáicas (Debenay & Guillou, 2002); contudo, só foram identificadas em duas estações, localizadas próximas à foz (PB 21 e 24) em baixa abundância. Todas as outras espécies de foraminíferos identificadas foram aglutinantes, que suportam a exposição à água de salinidade baixa por longos períodos.

A riqueza de espécies de tecamebas encontradas compara-se à de grandes sistemas fluviais, como os amazônicos (Ferreira *et al.* 2006;

Laut *et al.* 2010), porém valores mais altos de riqueza de tecamebas também já foram identificados na região sudeste do Brasil (Oliveira, 1999) e nordeste (Semensatto Jr. & Dias-Brito, 2004).

A dominância da espécie de foraminífero *M. fusca*, associada às espécies de tecamebas, como *Cyclopyxis* spp. e *Diffugia* spp. já foi constatada em diversas regiões do mundo (Boltovskoy & Write, 1976; Eichler *et al.* 1995b; Debenay & Guillou, 2002), o que significa, para muitos autores, indicativo de fluxo de água doce (Debenay & Guillou, 2002), constituindo um ambiente oligohalino (Semensatto Jr. & Dias-Brito 2004 e 2006; Riveiros *et al.* 2007).

Semensatto Jr. & Dias-Brito (2004 e 2006) consideraram a associação de *M. fusca* com *Polysacamina ipohalina* como característica para regiões onde a salinidade é muito baixa e o sedimento é mais arenoso. Esse padrão também pode ser identificado no rio Paraíba do Sul, principalmente ao longo do canal norte do delta. Desta forma, a região onde se localizam as estações PB07, PB08, PB09 e PB12, constituídas somente por espécies de tecamebas, configura-se como exclusivamente de domínio fluvial.

O maior número de carapaças com protoplasma corado também foi identificado nas estações localizadas na foz. Dentre as espécies identificadas, *M. fusca* foi a que apresentou maior número de indivíduos corados. A menor ocorrência de espécimes corados nos outros táxons pode ser o indicador de transporte pós-morte das carapaças para dentro do delta, ou ser resultante de problemas relacionados ao uso do corante apontados por vários autores (Murray & Bowser 2000; Debenay *et al.* 2001b e 2002; Laut *et al.* 2007).

Altos percentuais de testas malformadas podem estar relacionados a uma série de variáveis ambientais como também a poluentes (Alve, 1995). Provavelmente não é o caso do rio Paraíba do Sul, pois as estações onde foram identificadas as maiores porcentagens de testas malformadas localizaram-se na região mais externa do delta. Este fato indicou que as testas malformadas identificadas no delta do Paraíba do Sul podem ser o resultado da variação dos parâmetros físico-químicos naturais que ocorrem na foz (Geslin *et al.* 2002).

Os valores de diversidade identificados foram muito baixos para ambientes marginais (Laut *et al.* 2007, 2010, 2011a e b, Souza *et al.* 2010). Contudo, Semensatto Jr & Dias-Britto (2004 e 2006) identificaram, no delta do rio São Francisco,

valores de diversidade de Shannon (H') entre 0,4 e 0,8 considerando-os normais para estes ambientes. Pelo mesmo critério, somente a estação PB02 apresentaria valor muito baixo. Com base na diversidade ($>$) e equitabilidade ($<$), o canal norte do delta apresentou-se como um ambiente mais favorável às espécies.

Quanto mais alto o índice de dominância, menor é a estabilidade do ambiente, o que favorece apenas algumas espécies de organismos. Desta maneira, as estações localizadas na foz apresentam-se como o ambiente mais desfavorável para a população de foraminíferos, possivelmente em função de estarem sujeitas a rápidas variações de parâmetros físico-químicos. Nestas estações (PB02, PB22, PB23 e PB25), *M. fusca* apresenta-se como dominante, com valores de abundância entre 73,5% -93,4%, demonstrando o caráter oportunista desta espécie.

Os cinco grupos de organismos obtidos pela análise de agrupamento em Modo - R indicaram espécies com as mesmas necessidades biológicas, o que pode ser verificado pelo baixo índice de similaridade apresentado pelas assembleias no dendrograma (55%):

- Assembleia A - composta por espécies típicas de delta inferior;
- Assembleia B - composta por somente espécies de tecamebas indicando um ambiente exclusivamente fluvial;
- Assembleia C - composta por organismos típicos de delta superior/intermediário;
- Assembleia D - também composta por espécies típicas de delta superior e;
- Assembleia E - representou um grupo de organismos típicos de franja de mangue.

A correlação com o agrupamento gerado em Modo-Q, permitiu observar como essas assembleias se distribuíram ao longo do delta: O Grupo I (estações PB01, PB12, PB14, PB19 e PB21), composto pelas assembleias A, B, C e E representou o ambiente oligohalino. O Grupo II (estação PB04), composto pelas assembleias B e D, também representou o ambiente transitório fortemente influenciado pelo manguezal. O Grupo III (PB03, PB07, PB08, PB09, PB13 e PB20), composto somente pela assembleia B, indicou um ambiente fluvial. O Grupo IV, por seu turno, (estações PB02, PB15, PB16, PB17, PB18, PB22, PB23, PB24 e PB25), composto pelas assembleias C e D, indicou a região do delta que recebe maior contribuição da água do mar.

Na análise em DCA, os três parâmetros apontados pelos dois principais eixos como condicionantes da distribuição das espécies são

diretamente proporcionais (carbono bacteriano, sedimento fino e matéria orgânica total). Desta forma, o gráfico indicou que as tecamebas, junto com *J. Polystoma*, foram favorecidas pela biomassa de bactérias e por um sedimento lamoso. Laut *et al.* (2010) através de análise multivariada em CCA, também identificaram uma associação de tecamebas influenciada positivamente por sedimento lamoso rico em matéria orgânica no estuário do rio Araguari, na costa amazônica. O gênero *Diffugia* tem sido descrito como um indicador de alto teor de matéria orgânica também em outras regiões estuarinas (Kliza & Schröder-Adams, 1999.; Laut *et al.* 2010).

Laut *et al.* (2007) sugerem que a espécie *A. mexicana* desenvolve simbiose com bactérias sulfato-redutoras no estuário do rio Itacorubi. Este tipo de relação não foi identificada no delta do Paraíba do Sul, pois a análise em DCA realizada não comporta parâmetros qualitativos como os de metabolismo (aerobiose, sulfato-redução e desnitrificação).

Miliammina fusca, *A. mexicana* e *A. salsum* foram as espécies beneficiadas pelos sedimentos arenosos, relativamente pobres em matéria orgânica e bem oxigenados. A resposta positiva destas

espécies ao sedimento arenoso também foi identificada no estuário do rio Araguari (Laut *et al.* 2010).

Com base nos resultados encontrados, pode-se sugerir uma compartimentação do delta do rio Paraíba do Sul (Fig. 6): Setor I - composto predominantemente por espécies de foraminíferos, índice de diversidade variável, atividade metabólica bacteriana em aero e anaerobiose e sedimentação areno-siltosa; Setor II - composto por assembleias mistas de foraminíferos e de tecamebas, apresentando os maiores valores de diversidade, atividade metabólica bacteriana em algumas regiões em aerobiose e sedimentação arenosa pobremente selecionada; Setor III - caracterizado somente pela ocorrência de tecamebas, índice de diversidade alto, atividade bacteriana em aerobiose e anaerobiose, altas concentrações de carbono bacteriano e sedimentação predominantemente arenosa pobremente selecionada.

A disposição espacial dos compartimentos ecológicos obtidos através das análises das assembleias de foraminíferos e tecamebas demonstrou que o canal norte de comunicação do rio com o oceano Atlântico possui maior influência das

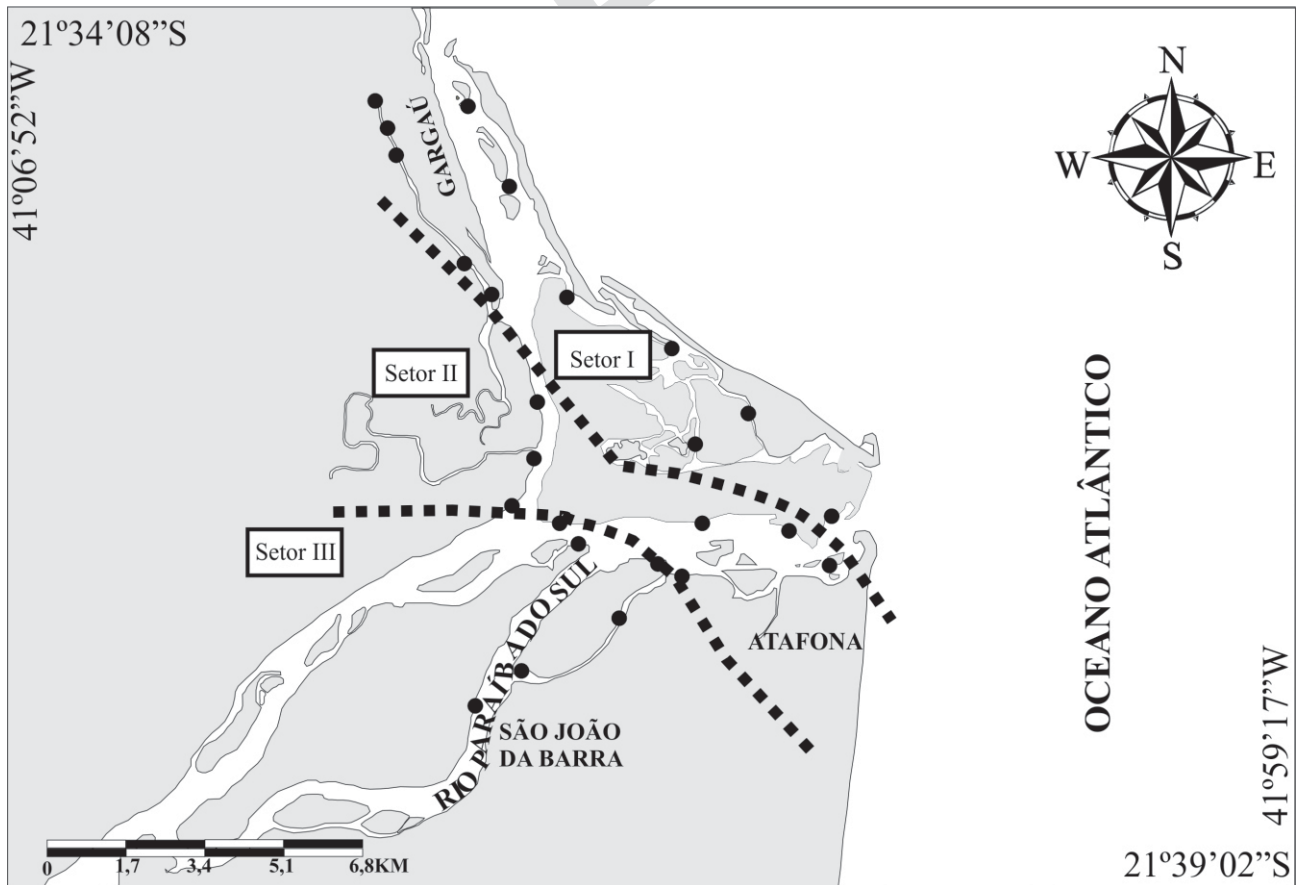


Figura 6. Compartimentação do delta do rio Paraíba do Sul com base nas análises das assembleias de foraminíferos e tecamebas, parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos.

marés do que o canal sul. Este fato também pode ser evidenciado pela exuberância do bosque de mangue formado na foz norte, no distrito de Gargaú, e pela pouca representatividade do mesmo na margem sul, no distrito de Atafona.

6. Conclusões

O delta do rio Paraíba do Sul apresentou-se como um ambiente muito dinâmico, onde dominou a sedimentação de areias com baixas concentrações de matéria orgânica. As análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos mostrou que a região do rio na margem da cidade de São João da Barra apresentou maior processo de eutrofização.

A composição faunística das assembleias de foraminíferos e tecamebas indicou a maior influência de água doce no delta do rio Paraíba do Sul, pois as populações foram compostas por uma grande riqueza de espécies de tecameba e por foraminíferos típicos de ambientes oligohalinos tais como: *M. fusca*, *H. wilberti* e *P. ipohalina*.

Três setores ecológicos puderam ser individualizados no delta como resultado da integração entre as assembleias de microorganismos e sua relação com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Setor I – setor ecológico com maior influência de marés; Setor II – região intermediária e; Setor III- ambiente fluvial.

As análises quantitativas e qualitativas das assembleias de foraminíferos e tecamebas mostrou-se eficiente no reconhecimento da hidrodinâmica e na compartimentação da região deltáica do rio Paraíba do Sul. Os resultados obtidos poderão fornecer subsídios para estudos de monitoramento ambiental e evolução quaternária da região do rio Paraíba do Sul.

Referências

- Alef, K. & Nannipieri, P. 1995. Enrichment, isolation and counting of soil microorganism. In: Alef, K. & Nannipieri, P. (Eds.) *Methods in applied soil microbiology and Biochemistry*. Academic Press, 123-186 pp.
- Almeida, M.G. & Souza, C.M.M. 2008. Distribuição espacial de mercúrio total elementar e suas interações com carbono orgânico, área superficial e distribuição granulométrica em sedimentos superficiais da bacia inferior do Rio Paraíba do Sul, RJ, Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, 22 (3): 140-158.
- Alve, E. 1991. Benthic foraminifera reflecting heavy pollution in Sørkjøya, Western Norway. *Journal of Foraminiferal Research*, 21: 1-19.
- Alve, E. & Murray J.W. 1995. Benthic foraminiferal response to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3): 190-203.
- Bernini, E. & Rezende, C.E. 2004. Estrutura da vegetação em floresta de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 18(3): 491-502.
- Bernini, E., Santos, D.O. & Resende, C.E. 2003. Estrutura de um bosque de manguezal do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: *Mangrove, Anais*, p. 58.
- Boltovskoy, E. & Lena, H. 1970. On the decomposition of the protoplasm and the sinking velocity of the planktonic foraminifers. *Internationale Revue der Gesamte Hydrobiologie*, 55:797-804.
- Boltovskoy, E. & Wright, R. 1976. *Recent Foraminifera*. The Hague, p. 515.
- Boltovskoy, E. 1965. *Los foraminíferos recientes: biología, métodos de estudio y aplicación oceanográfica*. Editora Universitaria de Buenos Aires, 509 pp.
- Bonetti, C. & Eichler, B.B. 1997. Benthic foraminifera and thecamoebians as indicators of river-sea gradients in the estuarine zone of Itapitanguí River - Cananéia/SP, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 69(4): 545-563.
- Byers S., Mills E. & Stewart P. 1978. Comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard methods. *Hydrobiologia*, 58: 43-47.
- Cann, J.H. & De Dekker, P. 1981. Fossil Quaternary and living foraminifera from athalassic (non-marine) Saline lakes, Southern Australia. *Journal of Paleontology*, 55: 660-670.
- Carlucci, A.F., Craven, D.B., Robertson, D.J. & Williams, P.M. 1986. Surface-film microbial populations and amino acid metabolism, carbon utilization and growth rates. *Marine Biology*, 92: 289-297.
- Coccioni, R. 2000. Benthic foraminifera as bioindicators of heavy metal pollution – a case study from the Goro Lagoon (Italy). In: Martin, R.E. (ed.) *Environmental Micropaleontology: The Application of Microfossils to Environmental Geology*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, p. 71-103.
- Coccioni, R., Frontalini, F., Marsili, A. & Troiani, F. 2005. Foraminiferi bentonici e metalli in traccia: implicazioni ambientali. In: Coccioni, R. (ed) *La dinamica evolutiva della fascia costiera tra le foci dei fiumi Foglia e Metauro: verso La gestione integrata di una costa di elevato pregio ambientale*, vol. 3. Quaderni Del Centro di

- Geobiologia dell'Università degli Studi di Urbino, p. 57-92.
- Coccioni, R., Marsili, A. & Venturati, A. 2003. Foraminiferi e stress ambientale. In: Coccioni, R. (ed) *Verso la gestione integrata della costa del Monte San Bartolo: risultati di un progetto pilota*, vol. 1. Quaderni del Centro di Geobiologia dell'Università degli Studi di Urbino, p. 99-118.
- Coelho, P.E., Duleba, W. & Coelho Jr., C. 1996. Determinação do impacto ecológico do Valo Grande (Iguape), a partir das associações de foraminíferos e tecamebas. *Revista Brasileira de Biologia*, 57(3): 463-477.
- Costa, G. 1994. *Caracterização histórica, geomorfológica e hidráulica do estuário do Paraíba do Sul*, Rio de Janeiro, 97 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Crapez, M.A.C., Cavalcante, A.C., Bispo, M.G.S. & Alves, P.H. 2001. Distribuição e atividade enzimática de bactérias nos limites inferiores e superiores na praia de Boa Viagem, Niterói, RJ, Brasil. In: Moraes, R., Crapez, M.A.C., Pfeiffer, W., Farina, M., Bayne, A. & Teixeira, V. (eds). *Efeitos de poluentes em organismos marinhos*. Arte e Ciência Villipress, São Paulo, p. 129-138.
- De Souza Jr, D.I. 2004. A degradação da bacia do rio Paraíba do Sul. *Engesta*, 3(6): 99-105.
- Debenay, J.P. & Guillou, J.J. 2002. Ecological transitions indicated by foraminiferal assemblages in paralic environments. *Estuaries*, 25: 1107-1120.
- Debenay, J.P., Guiral, D. & Parra, M. 2002. Ecological factors acting on the microfauna in mangrove swamps. The case of foraminiferal assemblages in French Guiana. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55:509-533.
- Debenay, J.P., Page, J. & Diouf, P.S., Millet, B. & Angelidis, M. O. 2005. Relationships between foraminiferal assemblages and hydrodynamics in the Gulf of Kalloni, Greece. *Journal of Foraminiferal Research*, 35(4): 327-343.
- Debenay, J.P., Page, J., Diouf, P.S., Geslin, E., Eichler, B. B., Duleba, W., Sylvestre, F. & Eichler, P. 2001a. Foraminiferal assemblages in a hypersaline lagoon, Araruama (RJ) Brazil. *Journal of Foraminiferal Research*, 31(2): 133-151.
- Debenay, J.P., Tsakiridis, E., Soulard, R. & Grossel, H. 2001b. The influence of pollution on the distribution of foraminiferal assemblages in a harbour: Port Joinville harbour, Ile d'Yeu, France. *Marine Micropaleontology*, 43: 75-118.
- Eichler, B.B. & Bonetti, C. 1995. Distribuição dos Foraminíferos e Tecamebas ocorrentes no manguezal do Baguaçu e suas relações com parâmetros ambientais, Cananéia - São Paulo. *Pesquisas em Geociências*, 22 (½): 32-37.
- Eichler, B.B., Debenay, J.P., Bonetti, C. & Duleba, W. 1995a. Répartition des foraminifères benthiques dans la zone Sud-Ouest du système laguno-estuarien d'Iguape-Cananéia (Brésil). *Boletim do Instituto Oceanográfico - IOUSP*, 43: 1-17.
- Eichler, B.B., Duleba, W., Souza, S.H.M., Furtado, V.V., Mahiques, M.M. & Sanches, T.M. 1995b. Foraminíferos recentes do canal de São Sebastião, SP, e suas relações com os padrões de sedimentação. *Revista Pesquisas*, 22: 12-20.
- Flemming, B. W. 2000. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments of ternary diagrams. *Continental Shelf Research*, 20: 1125-1137.
- Fonseca, E. M. 2004. *Estudo da interação entre atividade bacteriana, metais pesados e matéria orgânica nos sedimentos da Baía de Guanabara-RJ*. Programa de Pós Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 105 p.
- Fontana, L.F., Mendonça Filho, J.G., Pereira Netto, A.D., Sabadini-Santos, E., Figueiredo Jr., A.G. & Crapez, M.A.C. 2010. Geomicrobiology of cores from Suruí mangrove - Guanabara Bay - Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 1674-1681.
- Frontalini, F. & Coccioni, R. 2008. Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: a case study from the central Adriatic Sea coastal of Italy. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 76: 404-417.
- Frontalini, F., Buosi, C., Da Pelo, S., Coccioni, R., Cherchi, A. & Bucci, C. 2009. Benthic foraminifera as bio-indicators of trace element pollution in the heavily contaminated Santa Gilla lagoon (Cagliari, Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 58(6): 858-877.
- Gao, X., Chen, S., Xie, X., Long, A. & Ma, F. 2007. Non aromatic hydrocarbons in surface sediments near the Pearl River estuary in the South China Sea. *Environmental Pollution*, 148: 40-47.
- Geslin, E., Debenay, J.P., Duleba, W. & Bonetti, C. 2002. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: comparison between polluted and non-polluted areas. *Marine Micropaleontology*, 45(2): 151-168.
- Haynes, E.M., 1991, Distribution of benthic foraminifera in the Dump Reef area, San Salvador Island, Bahamas, In: Woodard, H. H. (ed) *Keck Research Symposium in Geology*, CRC eds, Florida, v. 4, p. 66-69.
- Kennish, M. J. (1992) *Ecology of Estuaries: Anthro-*

- pogenic Effects. Boca Raton, USA: CRC Press. 494 pp.
- Kepner Jr, R. & Pratt, J.R. 1994. Use fluorochromes for direct enumeration of total bacteria in environmental samples: past and present. *Microbiological Reviews*, 58: 603-615.
- Laidler, R.B. & Scott, D.B. 1996. Foraminifera and Arcellacea from Porters Lake, Nova Scotia: modern distribution and paleodistribution. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 33:1410-1427.
- Laut, L.L.M. & Barbosa, C.F. 1999. Recent mangrove zonation from the Jaboatão River Estuary, Recife, PE. In: CUSHMAN FOUNDATION RESEARCH SYMPOSIUM: QUATERNARY MICROPALAEONTOLOGY, ECOLOGICAL STUDIES AND PALEOENVIRONMENTAL APPLICATIONS. ABEQUA, Porto Seguro. CD ROM: viabequa_cc011.pdf.
- Laut, L.L.M. & Rodrigues, M.A.C. 2011a. Foraminíferos do manguezal de Guaratiba, Rio de Janeiro: Revisão taxonômica e aplicação de análises multivariadas. In: Cravalho, I. *et al.* (Ed.), *Paleontologia: Cenários da Vida*, Editora Interciências, v. 3, p. 231-240.
- Laut, L.L.M., Silva, F.S., Bonetti, C., Figueiredo Jr, A.G. & Crapez, M.A.C. 2007. Foraminíferos e atividade bacteriana aplicados no diagnóstico ambiental do estuário do rio Itacorubí, Florianópolis, SC. *Revista Brasileira de Geociências*, 37 (3): 565-578.
- Laut, V.M., Laut, L.L.M., Silva, F.S., Clemente, I.M.M.M., Mentzingen, L.G. & Rodrigues, M.A.C. 2011b. Foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Suruí, Baía de Guanabara, Rio de Janeiro - Brasil. In: Cravalho, I. *et al.* (Ed.), *Paleontologia: Cenários da Vida*, Editora Interciências, v. 3, p.241-251.
- Lee, J.J. & Anderson, O.R. 1991. *Biology of foraminifera*. Ed. London, Academic Press, 368p.
- Loeblich, A.R. Jr & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. New York, Von Nostrand Reinhold Company, v. 1, 970 p.
- McCarthy, F., Collins, E. & McAndrews, J.H. 1995. A comparison of postglacial Arcellacean (Thecamoebian) and pollen succession in Atlantic Canada, illustrating the potential of Arcellaceans for paleoclimatic reconstructions. *Journal of Paleontology*, 69(5):93-980.
- Miall, A.D. 1996. *The geology of fluvial deposits*. Ed. Springer, Londres, 582 p.
- Murray, J.W. & Bowser, S.S. 2000. Mortality, protoplasm decay rate, and reliability of staining techniques to recognise 'living' foraminifera: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 30: 66-70.
- Murray, J.W. & Alve, E. 2002. Benthic foraminifera as indicators of environmental change: marginal-marine, shelf and upper slope environments. In: Haslett, S.K. (ed.) *Quaternary Environmental Micropalaeontology*. New York, Oxford University Press, p. 59-90.
- Nichols, M.M. 1974. Foraminifera in estuarine classification. In: Odum, H.T., Copeland, B.J. & Nimer, E., 1989. *Climatologia do Brasil*. IBGE (ed), 420 p.
- Oliveira, D. & Dias-Brito, D. 1999. Modern thecamoebians from a coastal hydrographic basin, Southeastern Brazil. In: VII BRAZILIAN ASSOCIATION FOR QUATERNARY STUDIES (ABEQUA), 1999. Resumo expandido, Porto Seguro - BA, Brazil, 3p.
- Oliveira, D. 1999. *Análise Ambiental dos Canais da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém (SP, Brasil) com Base em Tecamebas e Foraminíferos*, Rio Claro, 251 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista.
- Patterson, R.T. & Kuma, A. 2000. Assessment of Arcellacean (Thecamoebian) assemblages, species, trains as contaminant indicators in Jame Lake, Northeastern Ontario, Canada. *Journal of Foraminiferal Research*, 30(4): 310-320.
- Patterson, R.T., Dalby, A., Kumar, A., Henderson, L.A. & Boudreau, R.E.A. 2002. Arcellaceans (thecamoebians) as indicators of land-use change: settlement history of the Swan Lake area, Ontario as a case of study. *Journal of Paleolimnology*, 28(3):297-316.
- Pereira, J.L.J. 1998. *Caracterização geológica e sedimentológica da plataforma interna ao largo do trecho Ponta do Ubú - Barra de Itapemirim, ES, Niterói*, 84 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense.
- Petri, S. 1974. Associações biológicas do delta do rio Doce e suas relações com os subambientes de sedimentação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, p. 28: 3-29.
- Petri, S. 1979. Observações sobre o transporte de organismos por correntes marinhas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 51: 517-522.
- Riveiros, N.V., Babalola, A.O., Boudreau, R.E.A., Patterson, R.T., Roe, H.M. & Doherty, C. 2007. Modern distribution of salt marsh foraminifera and thecamoebians in the Seymour-Belize Inlet Complex, British Columbia, Canada. *Marine Geology*, 242 (1-3): 39-63.
- Sabadini-Santos, E., Knoppers, B. A., Oliveira, E. P.,

- Leipe, T. & Santelli, R. E. 2009. Regional geochemical baselines for sedimentary metals of the tropical São Francisco estuary, NE-Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 601-606.
- Samir, A.M. & El Din, A.B., 2001. Benthic Foraminiferal Assemblages and Morphological Abnormalities as Pollution Proxies in Two Egyptian Bays. *Marine Micropaleontology*, 41: 193-227.
- Samir, A.M. 2000. The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: a study from two lagoons in Egypt. *Journal of Foraminiferal Research*, 30(2): 83-98.
- Santa-Cruz, J. & Dias-Britto, D. 2006. Foraminifera from surface sediment of a Brazilian mangrove affected by oil spill 20 years ago. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 29(1): 436.
- Scott, D.B., Medioli, F.S. & Schafer, C.T. 2001. Monitoring of coastal environments using Foraminifera and Thecamoebian indicators. Cambridge University Press, 177 p.
- Semensatto Jr, D.J. & Dias-Britto, D. 2004. Análise ambiental de uma área parálida no delta do rio São Francisco, Sergipe-Brasil, com base na sinecologia de foraminíferos e tecamebas (protista). *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7(1): 53-66.
- Semensatto Jr, D.L. & Brito, D.D. 2006. Foraminifera and thecamoebians from São Francisco River Delta, NE Brazil: Environmental applications. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 29(1): 438-439.
- Semensatto-Jr, D.L., Funo, R.H.F., Dias-Brito & D., Coelho Jr, C. 2009. Foraminiferal ecological zonation along a Brazilian mangrove transect: Diversity, morphotypes and the influence of subaerial exposure time. *Revue de Micropaleontologie*, 52: 67-74.
- Silva, C.G. 1987. Complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. In: I SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO RJ E ES, SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA, p. 299-367.
- Silva, F.S., Laut, L.L.M., Sabadini-Santos, E., Laut, V.M., Crapez, M.A.C. & Mendonça-Filho, J.G. 2011. Biopolímeros, carbono e enxofre totais associados à atividade bacteriana dos sedimentos superficiais do Delta do Paraíba do Sul, RJ-Brasil. *Anuário de Geociências*, 34(1): 33-45.
- Silva, F.S., Pereira, D.C., Sanchez-Nunez, M.L., Krepsky, N., Fontana, L.F., Baptista-Neto, J.A. & Crapez, M.A.C. 2008. Bacteriological study in the superficial sediments of the Guanabara Bay, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 56(1): 13-22.
- Silva, F.S., Santos, E.S., Laut, L.L.M., Sanchez-Nunez, M.L., Fonseca, E.M., Baptista-Neto, J.A., Mendonça-Filho, J.G. & Crapez, M.A.C. 2010. Geomicrobiology and biochemical composition of two sediment cores from Jurujuba sound - Guanabara Bay - SE Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ*, 33(2): 24-35.
- Souza, V.M., Laut, L.L.M., Silva, F.S., Figueiredo Jr, A.G., Vital, H. & Frazão, E. 2010. Benthic foraminifera and bacterial activity as a Proxy for environmental characterization on Potengi Estuary, Rio Grande do Norte, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 33 (1), 20-34.
- Suguio, K. 1973. *Introdução a Sedimentologia*. ed. Edgard Blucher, São Paulo, 317 p.
- Teodoro, A.C., Duleba, W. & Lamparelli, C.C. 2009. Associações de foraminíferos e composição textural da região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, Canal de São Sebastião, SP, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 38: 467-475.
- Teodoro, A.C., Duleba, W., Gubitoso, S., Prada, S.M., Lamparelli, C.C. & Bevilacqua, J.E. 2010. Analysis of foraminifera assemblages and sediment geochemical properties to characterise the environment near Aratb and Saco da Capela domestic sewage submarine outfalls of São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 536-553.
- Turner, A. & Millward, G.E. 2002. Suspended particles: their role in estuarine biogeochemical cycles. *Estuarine, Coastal Shelf Science*, 55: 857-883.
- Yamanaka, T. 2008. *Chemolithoautotrophic bacteria - Biochemistry and environmental biology*. Japão, Spring. 167p.
- Yanko, V., Ahmad, M. & Kaminsky, M. 1998. Morphological deformities of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 28: 177-200.
- Yanko, V., Arnold, A.J. & Parker, W.C. 1999. Effects of marine pollution on benthic foraminifera. In: Sen Gupta B.K. (ed.) *Morden Foraminifera*. New York: Kluwer Acad. Publi., p. 217-235.
- Yanko, V., Kronfeld, J. & Flexer, A. 1994. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 24(1): 1-17.
- Zucon, M.H. & Loyola E Silva, J. 1992. Distribuição de Foraminíferos e Tecamebas do Estuário do Rio Piauí, Sergipe. *Neurítica*, 7 (1/2): 57-69.

No Prelo