

# Foraminíferos e atividade bacteriana aplicados no diagnóstico ambiental do estuário do rio Itacorubí, Florianópolis, SC

*Lazaro Luiz Mattos Laut<sup>1</sup>, Frederico Sobrinho da Silva<sup>1</sup>, Carla Bonetti<sup>2</sup>,  
Alberto Garcia de Figueiredo Jr.<sup>1</sup> & Mirian Araújo Carlos Crapez<sup>3</sup>*

**Resumo** A relação entre a distribuição de foraminíferos e atividade respiratória bacteriana (ARB) em sedimentos é utilizada para um diagnóstico ambiental do estuário do Itacorubí em Santa Catarina. Sete amostras de sedimento foram coletadas ao longo do estuário para análise de foraminíferos, ARB (fermentação, desnitrificação e sulfato redução), granulometria do sedimento, matéria orgânica total e carbono bacteriano. Amostras de água de fundo também foram coletadas para análises de nutrientes. A ARB foi similar em todas as estações, e a sulfato-redução foi maior na área do mangue. Foram identificadas vinte e oito espécies de foraminíferos, com a dominância de *Ammonia beccarii* f. *tepida* e *Arenoparrella mexicana*. Uma análise de correlação usando o coeficiente de Spearman indicou que *A. mexicana* esteve relacionada positivamente com o enriquecimento orgânico, hipoxia e a presença de bactérias sulfato-redutoras. O oposto ocorreu com as espécies calcárias, principalmente, *A. beccarii* f. *tepida*. Uma matriz de correlação seguida por uma análise em MDS diferenciou três grupos de pontos amostrais provavelmente relacionados ao grau de confinamento e de estresse ambiental: A – condições marinhas; B – ambiente transicional com abundância de espécies, porém sem dominância; C – condições estuarinas. Estes resultados sugerem que o Itacorubí possui um gradiente estuarino normal para regiões de micromaré, apresentando um maior estresse ambiental somente na região adjacente ao antigo aterro sanitário.

**Palavras-chave:** Foraminíferos, atividade respiratória bacteriana, sedimento, estuário do Itacorubí, diagnóstico ambiental.

**Abstract** *Foraminifera and bacterial activity applied in environmental diagnosis, Itacorubi estuary, Florianópolis, SC, southern Brazil.* The relationship between foraminifera distribution and bacterial respiratory activity (BRA) in sediment is applied for environmental diagnose in the Itacorubi estuary, Santa Catarina State. Seven sediment samples were analyzed for foraminifera content, BRA (fermentation, denitrification and sulphate reduction), sediment grain-size, organic matter and bacterial carbon. Bottom water samples were taken for inorganic nutrients analysis. BRA showed similar values in all stations. Sulphate reduction was more important in the inner mangrove area. Twenty-eight species of foraminifera were identified, with dominance of *A. beccarii* f. *tepida* and *A. mexicana*. Correlation analyses using Spearman coefficient indicated that *A. mexicana* was related positively with organic enrichment, hypoxic and the presence of sulphate reduction bacteria. The opposite occurred with calcareous species mainly *A. beccarii* f. *tepida*. Correlation matrix followed by MDS analysis identified three group of sampling points (stations), in Itacorubi estuary, probably related to level of confinement and environmental stress: A – marine conditions; B – transitional conditions with abundance but no dominancy of species in the outer estuary; C – typical estuarine conditions, in the inner estuary. These results suggest that Itacorubí estuary shows estuarine conditions, despite station IT 05 being next to the eutrophicated landfill area, which indicates a recovering gradient downstream.

**Keywords:** Foraminifera, bacterial respiratory activity, sediment, Itacorubí estuary, environmental diagnostic.

**INTRODUÇÃO** Estuários são regiões que possuem grande dinâmica ecológica, produzem uma quantidade importante de nutrientes, servem de berçário para várias espécies e retêm o sedimento fino, impedindo o assoreamento de canais, baías e lagunas. Através de reações físico-químicas, os estuários associados a manguezais também funcionam como barreira geoquímica ao transporte de metais pesados para as áreas costeiras

adjacentes (Paes, 1996).

Programas de diagnóstico, monitoramento e manejo de estuários tornam-se cada vez mais necessários, devido à quantidade de impactos gerados pelo despejo de efluentes domésticos e industriais sem tratamento nas áreas costeiras. Diante deste quadro, o uso de bioindicadores tem se intensificado neste tipo de estudo, principalmente, de organismos bentônicos,

1 - Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geologia – LAGEMAR, Niterói, RJ, Brasil. E-mail: lazarolaut@hotmail.com, fred@igeo.uff.br, alberto@igeo.uff.br

2 - Univ. Federal de Santa Catarina, Laboratório Oceanografia Costeira – LOC, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: cbonetti@cfh.ufsc.br

3 - Universidade Federal Fluminense, Departamento de Biologia – BIOMAR, Niterói, RJ, Brasil. E-mail: mirian@vm.uff.br

porque são os mais expostos à poluição.

Dentre os organismos bentônicos, os foraminíferos correspondem a uma ferramenta eficiente em estudos ambientais por apresentarem grande sensibilidade às mudanças ambientais. Segundo Samir (2000), estes organismos são menos tolerantes a poluentes principalmente metais pesados e hidrocarbonetos.

Anteriormente, estudos ecológicos sobre foraminíferos focavam apenas estratégias alimentares (Ward *et al.* 2003, Moodley *et al.* 2000; Bernhard & Bowser, 1992), e apenas recentemente, a seletividade na alimentação ganhou maior atenção (Heinez *et al.* 2001; Suhr *et al.* 2003). Estudos voltados à seletividade alimentar limitam-se a algas e diatomáceas (Bernhard & Bowser, 1992), ainda que os foraminíferos utilizem também as bactérias como fonte de carbono. Segundo Muller & Lee (1969), os foraminíferos conseguem sobreviver sem a presença de bactérias no ambiente, contudo não são eficientes nos processos reprodutivos.

Protozoários, como os foraminíferos, constituem um importante elo entre a alça microbiana e a teia trófica de sedimentos de ambientes marinhos, pois assimilam cerca de 80% da energia produzida pelos autótrofos (bactérias e cianobactérias) e passam para o nível seguinte 28% desta energia. No consumo direto, sem passar pelos protozoários, somente 5% da energia seria aproveitada na teia trófica (Kirchman, 2000).

Vários estudos com bioensaios já foram realizados com espécies de foraminíferos de regiões de plataforma externa e talude continental em regiões de altas latitudes para se estabelecer a relação com as bactérias (Jorissen *et al.* 1998; Moodley *et al.* 2002; Van Lith *et al.* 2005, Bernhard, 2003; Langezaal *et al.* 2003, 2004 e 2005). Sabe-se, até o momento, que algumas espécies são dependentes de bactérias para sobreviverem em ambientes hostis (Bernhard & Alve, 1996; Moodley *et al.* 1997; Jorissen *et al.* 1998; Van der Zwaan *et al.* 1999; Duijnste, 2001), contudo nenhum trabalho foi realizado em áreas costeiras de regiões tropicais e intertropicais.

Os sedimentos de estuários e manguezais são intensamente colonizados por microorganismos (cianobactérias e bactérias de  $\leq 150\mu\text{m}$ ), que chegam a  $10^{10}$  células/g, predominantemente organizados de maneira complexa em biofilmes, numa complexa associação entre os microrganismos, imobilizando as superfícies com matriz orgânica extracelular, que consiste em substâncias poliméricas extracelulares (EPS). Criam então, microhabitats com gradientes biológicos, químicos e fisiológicos distintos. Além do oxigênio, os microrganismos também utilizam outros aceptores de elétrons (nitrato, manganês, ferro, sulfato e dióxido de carbono) para oxidação do material orgânico. Essas habilidades, combinadas com o crescimento exponencial e o curto tempo de geração fazem dos microorganismos os seres que possuem maior diversidade metabólica, interagindo de forma positiva ou negativa com outros organismos (Meyer-Reil, 1994; Meyer-Reil & Koster, 2000), que pode ser determinante para a distribuição das espécies de foraminíferos.

Este estudo teve como objetivo a análise qualitativa e quantitativa das assembléias de foraminíferos associadas à atividade respiratória bacteriana, granulometria do sedimento, matéria orgânica e nutrientes para se avaliar as condições ambientais do estuário do Itacorubí, em Florianópolis, Santa Catarina.

## MATERIAIS E MÉTODOS

**Área de estudo** Localizado na costa oeste da ilha de Santa Catarina, SC (27°34'S; 48°32'W), o estuário do Itacorubí é um sistema vinculado a dois canais distributários meandrantos: rio Itacorubí, com 3.270 m de extensão, e rio Sertão com 2.200 m de extensão (Fig. 1).

O estuário é predominantemente composto por sedimentos finos, principalmente silte, e apresenta uma tendência, segundo Vieira & Soriano-Serra (2003), ao aumento da deposição de areias como resultado de intensificação dos processos erosivos na bacia de drenagem.

A Ilha de Santa Catarina encontra-se no limite sul da zona subtropical apresentando clima Cfa segundo a classificação de Köppen, onde as médias máximas são de 25°C no mês de fevereiro e as médias mínimas de 16°C em junho (Dutra 1998).

O regime de maré na região é semi-diurno com amplitude máxima de 0,63 m dentro do estuário do Itacorubí (Soriano-Sierra, 1997).

O manguezal do estuário do rio Itacorubí possui importância ecológica por ser o mais austral do continente americano. Contudo, já perdeu cerca de 60% de sua área original como resultado do crescimento urbano da cidade de Florianópolis e a construção das quatro vias expressas que cortam sua área (Daloto, 2003).

**Amostragem e análises laboratoriais** Foram realizadas amostragens de sedimento na região de inframaré, com draga *Ekman*, ao longo de seis estações ao longo do rio Itacorubí (Fig. 1). As estações foram distribuídas desde a região mais externa do estuário (IT 01, IT 02, IT 06) até a região mais interna (IT 03, IT 04, IT 05), dentro da área de domínio do manguezal. A estação IT 05 localizou-se no canal estuarino que primeiro recebe as águas que banham o antigo aterro sanitário da cidade (Fig. 1).

Em cada estação foram coletadas amostras de água de fundo, para determinação da concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos ( $\text{N-NH}_4$ ,  $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{N-NO}_2$ ,  $\text{DIN}$ ,  $\text{PO}_4$  e  $\text{SiO}_3$ ), e medidos condições de salinidade, temperatura, pH, turbidez e oxigênio dissolvido. Também foram coletadas 100 g de sedimento para análises granulométricas e conteúdo de matéria orgânica total, 10 ml de sedimento para qualificar a atividade respiratória bacteriana e quantificar o carbono bacteriano, além de 50 ml de sedimento para as análises de foraminíferos.

As análises granulométricas foram realizadas de acordo com o método descrito em Suguio (1973),

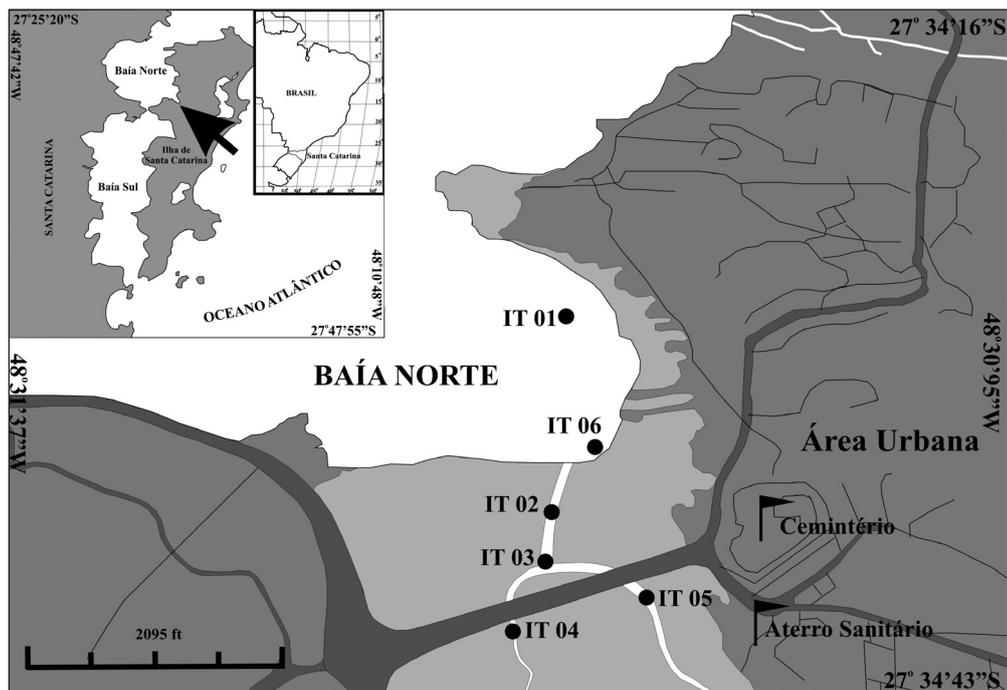


Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem ao longo do estuário do Itacorubi.

que consiste na pipetagem do material fino e peneiramento das frações arenosas, enquanto as porcentagens de matéria orgânica foram obtidas por calcinação em mufla, segundo Byers *et al.* (1978).

As concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos foram determinadas aplicando-se os métodos colorimétricos descritos em APHA (1992) e Aminot & Chaussepied (1983). Calibrações realizadas com soluções padrões entre 0,01 e 5,00 mg.L<sup>-1</sup>, indicaram os seguintes valores de exatidão analítica dos métodos utilizados para cada nutriente: 0,05 mg.L<sup>-1</sup> N-NH<sub>4</sub>; 0,30 mg.L<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub>; 0,01 mg.L<sup>-1</sup> N-NO<sub>2</sub>; 0,05 mg.L<sup>-1</sup> PO<sub>4</sub> e 0,10 mg.L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>. Os valores de NID (nitrogenados inorgânicos dissolvidos) foram calculados a partir da somatória dos valores de N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> e N-NO<sub>2</sub>.

A atividade respiratória bacteriana foi realizada em meios de cultura específicos para os processos de aerobiose, fermentação, desnitrificação e sulfato-redução (Alef & Nannipieri, 1995). Na atividade respiratória bacteriana (ARB), foi detectado o processo de aerobiose (A) e fermentação (F) utilizando meio de cultura contendo 2g/L de bactopectona; 15g/L de Agar; em água do mar a 75%; e 0,5mL de azul de metileno (solução saturada 1g/25mL água). A desnitrificação (DN) foi detectada utilizando meio de cultura contendo 0,687g/L de NaNO<sub>2</sub>; 2g/L de bactopectona; em água do mar a 75%. Utilizou-se 5ml de meio por tubo de ensaio rosqueado, com tubo de Durhan. A sulfato-redução (SR), foi utilizando 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 resarzurina sódica; 0,4906g/L de cisteína para 1L 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<sup>-3</sup>) foi calculada de acordo com Carlucci *et al.* (1986).

Ainda em campo, foi adicionada uma solução de formol a 4% com corante Rosa de Bengala às amostras destinadas a análise de foraminíferos, para que em laboratório fosse possível a identificação dos espécimes vivos no momento da coleta.

O processamento das amostras de foraminíferos seguiu o método descrito em Boltovskoy (1965) que consiste na lavagem em água corrente dos sedimentos finos em uma peneira com malha de 0,062 mm e secagem do material em estufa a 50°C. Após secas, as amostras foram submetidas à flotação, usando tricloroetileno (C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>). Este líquido separa, por densidade, o material mais leve (carapaças, valvas, fragmentos carbonáticos e vegetais, micas, entre outros) do material siliciclástico (quartzo, feldspato). O material sobrenadante foi filtrado e seco à temperatura ambiente. Após este procedimento, os foraminíferos foram triados, identificados e contados sob microscópio estereoscópico com aumento de 80 X.

## RESULTADOS

**Abióticos** A temperatura no estuário variou entre 17,9 – 18,7 °C. Já a salinidade das águas de fundo ficou em torno de 31,9 – 34,7. O pH variou em torno de 7,17 – 7,72, e o oxigênio dissolvido, entre 3,35 – 4,05 ml.L<sup>-1</sup>. A turbidez teve uma variação entre 16,9 – 27,4 NTU (Tab. 1).

As classes texturais encontradas no estuário, segundo a classificação de Flemming (2000), variaram

Tabela 01 – Parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos do estuário do rio Itacorubí.

Estações	T	Sal.	pH	Tub	O2	MO	Areia	Silte	Argila	Classificação (Flemming, 2000)
	(°C)			(NTU)	(mg/l)	(%)	%			
IT 01	18	34.7	7.68	23.2	4.05	3.61	3	48	49	Silte argiloso
IT 02	17.9	33.4	7.17	27.4	4.04	3.91	8	43	49	lama siltosa levemente arenosa
IT 03	18.2	33.5	7.3	17.6	3.98	4.04	0	47	53	Argila siltosa
IT 04	18.3	32.2	7.47	16.9	4.02	4.11	6	49	45	Silte argiloso
IT 05	18.3	31.9	7.72	22.9	3.35	4.54	60	27	13	areia muito siltosa
IT 06	18.7	32.2	7.58	20.3	4.02	3.58	8	37	55	lama argilosa levemente arenosa

Tabela 01 (Continuação)

Estações	M.O.	N-NH <sub>3,4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	DIN	P-PO <sub>4</sub>	SiO <sub>3</sub>	Atividade Respiratória Bacteriana				CB (µgC. cm <sup>-3</sup> )
	(%)	(ppm)							Aero- biose	Fermen- tação	Desnitri- ficação	
IT 01	3.61	Nd	Nd	Nd	0.00	0.23	0.87	P	P	P	N	0,011
IT 02	3.91	Nd	0.28	0.01	0.29	0.21	1.21	P	P	P	N	0,009
IT 03	4.04	Nd	0.21	0.01	0.22	0.13	1.19	P	P	P	V	0,018
IT 04	4.11	Nd	0.19	0.02	0.21	0.15	1.29	P	P	P	V	0,008
IT 05	4.54	0.56	0.40	0.02	0.98	0.15	1.77	P	P	P	P	0,031
IT 06	3.58	Nd	0.12	0.01	0.13	0.09	1.42	P	P	P	N	0,014

Sal. – Salinidade; M.O. – matéria orgânica; A – aerobiose; F – fermentação; DN – desnitrificação; SR – sulfato-redução; P – positivo; N – negativo; V – variável; CB – carbono bacteriano.

entre argila siltosa (estação IT 03) e areia muito siltosa (estação IT 05). O teor de matéria orgânica variou entre 3,58 – 4,54% (Tab. 1).

O nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>4</sub>) só foi detectado no ponto IT 05 (0,56 mg.L<sup>-1</sup>). O N-NO<sub>3</sub> só não foi detectado na estação IT 01, variando nas demais estações entre 0,12 – 0,40 mg.L<sup>-1</sup>, sendo o maior valor encontrado em IT 05. O N-NO<sub>2</sub> também seguiu o N-NO<sub>3</sub>, não sendo encontrado na estação IT 01 e variando entre 0,01 – 0,02 mg.L<sup>-1</sup> nos pontos mais internos do mangue. A somatória destas formas nitrogenadas dissolvidas (DIN) variou entre 0,13 – 0,98 mg.L<sup>-1</sup> e, mais uma vez, o maior valor ocorreu na estação IT 05. O PO<sub>4</sub> variou entre 0,09 – 0,23 mg.L<sup>-1</sup>, e o SiO<sub>3</sub> entre 0,87 – 1,77 mg.L<sup>-1</sup>, sendo encontrado na estação IT 05 o valor mais alto (Tab. 1).

**Bióticos** Os processos metabólicos bacterianos de aerobiose, fermentação e desnitrificação ocorreram em todas as estações. A presença de bactérias sulfato-redutoras foi mais expressiva na estação IT 05, variável em IT 03 e IT 04, e negativa em IT 01 e IT 02. O carbono bacteriano variou entre 0,008 – 0,031 µg C.cm<sup>-3</sup>, nas estações IT 04 e IT 05, respectivamente (Tab. 1).

Foram identificados vinte e seis táxons de fora-

miníferos e duas espécies de tecamebas, com dominância das espécies de foraminíferos *Ammonia beccarii* f. *tepida* nas estações IT 01 e 02, e de *Arenoparrella mexicana* nas estações IT 03, 04, 05 (Tab. 2). Os maiores valores de riqueza foram encontrados nas amostras IT 01 e 06 (13 espécies), e os de densidade nas estações IT 01 e 05. As espécies foraminíferos pertencentes à ordem Miliolida foram encontradas somente nas estações IT 01, 05 (ambas com frequência inferior a 1%) e IT 06 (com 10%).

O maior número de espécimes corados foi identificado na estação IT 01, seguido por IT 04, enquanto o maior número de testas malformadas, ou seja, as que apresentaram câmaras com crescimento irregular foram abundante na estação IT 05. As espécies que mais apresentaram malformações foram *A. mexicana* e *Elphidium excavatum* (Tab. 2).

**Tratamento estatístico** Análise de correlação, usando o coeficiente não paramétrico de Spearman, foi realizada objetivando quantificar a interação entre os organismos e as variáveis ambientais no estuário do Itacorubí. Este tipo de ordenação foi empregado porque os dados de respiração bacteriana não são mensuráveis, a menos que sejam transformados em “postos”. A eficiência deste método está no fato de possuir a capacidade

Tabela 2 – Frequência relativa (%) das espécies de foraminíferos e tecamebas do estuário do Itacorubí.

Estações	IT 01	IT 02	IT 03	IT 04	IT 05	IT 06
<b>Número de espécimes</b>	<b>677</b>	<b>64</b>	<b>21</b>	<b>94</b>	<b>288</b>	<b>52</b>
<b>Número de espécies</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>13</b>
<b>Número de corados</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Número de malformados</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>0</b>
<i>Ammoastuta inepta</i>	0.3	-	-	-	1	-
<i>Ammoastuta salsa</i>	-	-	-	2	0.5	-
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>tepida</i>	57	49	14	13	-	11
<i>Arenoparrella mexicana</i>	3	16	14	55	80	22
<i>Bolivina doniezi</i>	0.2	-	-	-	-	-
<i>Buliminella elegantissima</i>	5	-	-	-	-	11
<i>Elphidium discoidale</i>	-	-	-	-	-	13
<i>Elphidium excavatum</i>	25	3	5	3	-	8
<i>Elphidium gunteri</i>	8	26	-	10	-	11
<i>Elphidium</i> spp.	-	-	-	-	0.3	-
<i>Discorbinella bertheloti</i>	-	-	-	-	-	2
<i>Galdryna exilis</i>	0.6	-	5	-	-	-
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	0.2	-	-	-	-	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-	2	10	13	12	-
<i>Jadammina polystoma</i>	-	2	5	1	0.7	-
<i>Miliolinella subrotunda</i>	-	-	9	-	-	-
<i>Pseudononion atlanticum</i>	-	-	-	-	-	2
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	-	-	-	-	0.5	4
<i>Quinqueloculina seminula</i>	-	-	14	-	-	10
<i>Quinqueloculina polygona</i>	0.2	-	-	-	-	2
<i>Siphotrochammina lobata</i>	-	-	5	-	-	-
<i>Textularia earlandi</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Triloculina</i> sp. <i>A</i>	-	-	5	-	-	-
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	1	4	-
<i>Trochammina macrescens</i>	0.3	2	0	0	1	0
<i>Trochammina squamata</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Trochamminita irregularis</i>	0.2	-	-	2	-	-
<i>Trochamminita salsa</i>	-	-	9	-	-	-
<i>Centropyxis aculeata</i>	-	-	5	-	-	2
<i>Diffflugia globulus</i>	-	-	-	-	-	2

de detectar facilmente uma relação entre os descritores e de rejeitar a hipótese nula de independência.

Como resultado, foi obtida a frequência relativa de *Arenoparrella mexicana*, espécie de testa aglutinante, relacionada positivamente ao enriquecimento orgânico, hipoxia e a presença de bactérias sulfato-redutoras. O oposto ocorreu com as espécies hialinas, sobretudo *Ammonia beccarii* f. *tepida* que esteve mais relacionada com concentrações maiores de oxigênio, ausência de bactérias sulfato-redutoras e menores teores de matéria orgânica (Tab. 3).

A partir da matriz de correlação não paramétrica aplicou-se uma análise MDS (*Multidimensional*

*Scaling*), diferenciando-se três grupos de estações no estuário do Itacorubí: Grupo A, composto pelas estações IT 01 e 02; Grupo B, composto somente pela estação IT 06; Grupo C, composto pelas estações IT 03, 04, 05 (Fig. 2).

## DISCUSSÃO

**Abióticos** Os parâmetros físico-químicos medidos ao longo do estuário são semelhantes aos já encontrados por outros autores (Queiroz *et al.* 1998; Soriano-Sierra, 1998), com exceção do oxigênio, que ocorreu em valores menores dos já medidos no estuário. Os valores em conjunto são compatíveis aos encontrados em ou-

Tabela 3 - Resultado de correlação, usando o coeficiente não paramétrico de Spearman.

Principais correlações	Valid	Spearman	t(N-2)	p-level
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>tepida</i> & Oxigênio	6	0.99	11.66	0.00
<i>Arenoparrella mexicana mexicana</i> & Matéria Orgânica	6	0.83	2.96	0.04
<i>Arenoparrella mexicana</i> & Oxigênio	6	-0.90	-4.10	0.01
<i>Arenoparrella mexicana</i> & Sulfato-redução	6	0.93	4.90	0.01
Aglutinantes & Matéria Orgânica	6	0.84	3.10	0.04
Aglutinantes & Oxigênio	6	-0.96	-6.51	0.00
Aglutinantes & Sulfato-redução	6	0.94	5.48	0.01
Hialinos & Oxigênio	6	0.99	11.66	0.00
Hialinos & Sulfato-redução	6	-0.93	-4.90	0.01
Matéria Orgânica & Sulfato-redução	6	0.93	4.90	0.01
Oxigênio & Sulfato-redução	6	-0.86	-3.39	0.03
Salinidade & SiO <sub>3</sub>	6	-0.99	-11.66	0.00

tros estuários impactados, como na Baía de Guanabara (Baptista-Neto *et al.* 2000).

A deposição de areias nas áreas mais internas do estuário, apontadas por Vieira & Soriano-Serra (2003), também foi verificada, sendo que a maior deposição clástica foi à montante, na estação IT 05 no rio Itacorubí, enquanto a de silte foi a estação IT 04 no rio Sertão.

A variação do conteúdo de matéria orgânica (3,38 – 4,54 %) é típica de sistemas estuarinos. Baptista-Neto *et al.* (2000) encontraram, no estuário da Baía de Guanabara, variações de 3 – 5 %, em função da baixa circulação e entrada de esgoto doméstico. Já Carreira *et al.* (2001), em oito estações distribuídas na mesma baía, encontraram valores entre 2,83 – 5,54 %, sendo o valor mais alto encontrado na porção final a noroeste próximo aos manguezais. Vilela *et al.* (2002) encontraram valores de carbono orgânico total na Baía de Guanabara que variaram entre 0,05 – 4,14 % (canal

central), 2,83 – 6,13 % (porto do Rio de Janeiro), 3,23 – 4,2 % (porto de Niterói), 4 % (APA de Guapimirim) e 3,09 – 4,81 % (REDUC). Segundo Silva *et al.* (2005) os valores de nutrientes identificados ao longo do Itacorubí indicaram processo de eutrofização que está se estabelecendo no estuário.

**Bióticos** Normalmente, em sedimentos superficiais de estuários, os processos respiratórios bacterianos aeróbios são dominantes. Porém, no estuário do Itacorubí, os processos aeróbios já estão associados aos anaeróbios como a fermentação e a desnitrificação em todas as estações de coleta. A sulfato-redução está presente apenas em IT 05, é variável em IT 03 e IT 04, e negativa em IT 01, IT 02 e IT 06. Moraes *et al.* (1993) já indicaram, através da análise de Fe<sup>+2</sup>, que a região próxima ao aterro sanitário apresentava condições redutoras. Esta condição também foi apontada por Soriano-Sierra (1998) na parte interna do estuário, com base em observações da cor do sedimento. O domínio de processos anaeróbios na parte mais interna do estuário implica em perda de nitrogênio para a atmosfera e produção de sulfetos.

Na área de estudo, as condições ambientais desfavoráveis mais alarmantes ocorreram na estação IT 05, onde a presença de 60% de areia muito siltosa possibilitou o acúmulo de 4,54% de matéria orgânica, com grande disponibilidade de formas nitrogenadas (0,98 ppm de DIN) e biomassa bacteriana (0,031 µgC.cm<sup>-3</sup>), ocorrendo assim o predomínio de processos respiratórios anaeróbios. Neste contexto, as bactérias aeróbias estão latentes e um dos indicadores da queda de diversidade metabólica aeróbia é evidenciado pelos valores do carbono bacteriano, que ficou entre 0,009 – 0,031 µgC.cm<sup>-3</sup>. A quantificação do carbono bacteriano compreendeu apenas as bactérias metabolicamente ativas e os valores ficaram bem abaixo dos encontrados no estuário da Baía de Guanabara (Crapez *et al.*, 2001). Valores semelhantes ao estuário de Itacorubí foram também

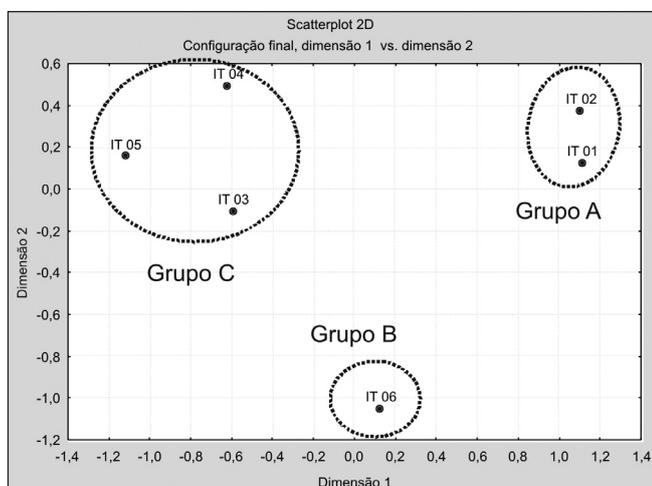


Figura 2 - MDS indicando as relações de similaridade entre as estações do estuário do Itacorubí.

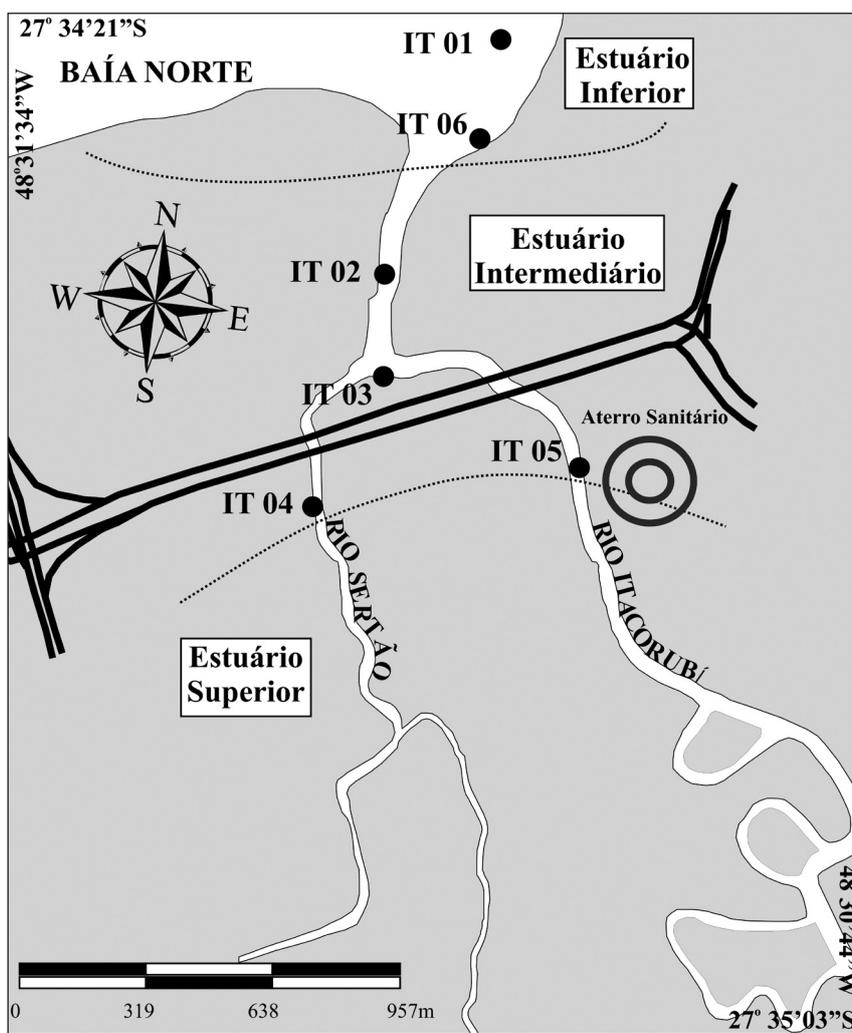


Figura 3 - Compartimentação do estuário do Itacorubi.

encontrados na região portuária da Baía de Guanabara, na estação seca, com variação de  $0,0019 - 0,0245 \mu\text{g C.cm}^{-3}$  e na chuvosa,  $0,0087 - 0,0191 \mu\text{g C.cm}^{-3}$  (Fonseca, 2004).

Segundo Laut (2003), em estuários de micromaré associados a manguezais e parâmetros físico-químicos mais estáveis, o número de espécies de foraminíferos pode ultrapassar 40 espécies. No estuário do Itacorubi, foram identificadas somente 28 espécies. Este reduzido número de espécies pode estar associado a um grande volume de material orgânico dentro do estuário como relatado em outras regiões do mundo (Bandy *et al.* 1964; Schaefer, 1973).

Bates & Spencer (1979) relatam que em estuários onde há um grande aporte de material orgânico, a população é mais homogênea, sendo fruto da resistência de algumas espécies mais bem adaptadas. As espécies identificadas como dominantes (*Arenoparrella mexicana* e *Ammonia beccarii* f. *tepida*) no Itacorubi, já foram também identificadas como dominantes em outros estuários de micromaré, tais como: Acupe, BA (Zaninette *et al.*, 1979) e Guaratiba, RJ (Brönnimann *et al.* 1981 a e b; Laut, 2003). *A. beccarii* é citada como a espécie calcária mais resistente às variáveis ambien-

tais (Boltovskoy, 1965) e a poluentes (Santos, 2005), sendo comum em estuários. Segundo Laut (2003), a dominância de *A. mexicana* em estuários não é comum, possivelmente só ocorre quando o ambiente é inóspito. Dessa maneira, ambas as espécies dominantes podem ser consideradas como oportunistas.

Espécies consideradas exógenas, ou seja, espécies tipicamente marinhas (*Triloculina* sp. *A.*, *Pseudonion atlanticum* e *Quiqueloculina polygona*), cuja ocorrência na área de estudo deve-se provavelmente a mecanismos de transporte pós-morte, representaram somente uma pequena parte das assembléias identificadas (entre 0,3 a 10%), o que, segundo Wang & Murray (1983), é um padrão comum em estuários de micromaré.

As espécies de miliolideos são em sua maioria estenohalinas e pouco resistentes às baixas concentrações de oxigênio, portanto, estão normalmente restritas à região mais externa dos estuários (Brönnimann *et al.*, 1981a), como ocorreu no Itacorubi.

As estações externas também apresentaram maior riqueza de espécies, indicando uma diminuição no gradiente de impacto e/ou de confinamento da região mais interna do estuário (IT 04 e 05) para a mais

externa (IT 06).

A maior concentração de carapaças coradas verificadas na estação IT 01 pode estar relacionada ao fato desta estação ser a região mais externa do estuário, e desta maneira, os organismos encontrariam condições marinhas mais próximas de suas necessidades ecológicas; ou pelas restrições metodológicas relacionadas à maior dificuldade de se detectar a ação do corante Rosa de Bengala em espécies aglutinantes, que são dominantes nas estações internas do estuário.

Altos percentuais de testas mal formadas podem estar relacionados a uma série de variáveis ambientais, assim como também a poluentes (Alve & Murray, 1995; Stouff *et al.*, 1999; Geslin *et al.*, 2002; Yanko *et al.*, 1992 e 1994). A proximidade da estação IT 05 com o antigo aterro sanitário agrega a este trecho a presença de vários tensores ambientais, tais como vazamento de chorume, carbono bacteriano mais alto, dominância de processos metabólicos sulfato redutores, que podem ter contribuído para o maior número de testas mal formadas de *A. mexicana*. Contudo, discussões mais aprofundadas a respeito das anomalias morfológicas nesta espécie não podem ser executadas, pois ainda não existem estudos suficientes sobre esta temática.

A correlação negativa obtida usando-se o coeficiente de Spearman entre a dominância de *Arenoparrella mexicana* e os teores de oxigênio dissolvido sugere que esta espécie pode ser mais adaptada a sobreviver em ambientes pobres em oxigênio, como a maior parte foraminíferos de testas aglutinantes (Bonetti, 2000). Esta espécie também pode estar sendo favorecida pela maior quantidade de alimento (biomassa bacteriana) e pela presença de bactérias sulfato-redutoras. É possível que *Arenoparrella mexicana* viva em simbiose com bactérias sulfato-redutoras, pois este tipo de relação ecológica já foi identificada por Bernhard (2003) em uma espécie de foraminífero marinho (*Virgulina fragilis*), que sobrevive em regiões anóxicas ricas em enxofre graças a uma relação de endossimbiose com bactérias sulfato-redutoras.

Fatores como seletividade alimentar e competição podem ser também os condicionantes para a correlação entre foraminíferos e bactérias estabelecidas no Itacorubí. *Arenoparrella mexicana* foi dominante nas estações onde havia maior biomassa bacteriana, ligada a processo de sulfato-redução e disponibilidade de formas nitrogenadas.

*Arenoparrella mexicana* pode ter maior preferência alimentar por bactérias sulfato-redutoras do que *Ammonia beccarii* f. *tepida*. Langezaal *et al.* (2005) observaram que *Ammonia beccarii* não desenvolve relação simbiótica com bactérias, pois realiza digestão extracelular das bactérias predadas. A digestão extracelular é um processo mais lento do que o intracelular, sendo assim, espécies mais vorazes seriam favorecidas em ambientes com maior disponibilidade de bactérias (Lee *et al.*, 1991). Além disto, *A. beccarii* teve como nicho preferencial nas estações IT01 e IT02, que podem ser caracterizadas pela baixa biomassa bacteriana,

ausência de sulfato-redução, menores teores de formas nitrogenadas e altos teores de fosfato.

Os três grupos apresentados no gráfico representativo dos resultados obtidos através da técnica de MDS indicam um gradiente de confinamento e/ou de stress ambiental dentro do estuário do Itacorubí. O Grupo A indica uma zona de influência da Baía Norte, apresentando condições tanto bióticas quanto abióticas de ambiente marinho raso, o Grupo B representou um ambiente transicional entre a baía e o estuário, com grande riqueza de espécies e sem dominância, e o Grupo C apresentou condições ambientais de estuário interno, com dominância de espécies aglutinantes, sobretudo *A. mexicana* (Fig. 3).

**CONCLUSÕES** O estuário do Itacorubí apresentou características típicas de estuário de micromaré sob forte confinamento natural, com impactação orgânica. Em determinados trechos, foram encontrados altas concentrações de matéria orgânica e de nutrientes, sugerindo influência do lançamento de lixo e esgoto doméstico no sistema, com processo de eutrofização em andamento. A predominância de bactérias anaeróbias no sedimento superficial da região interna do estuário, assim como os elevados índices de dominância de espécies de foraminíferos oportunistas (*A. mexicana* e *A. beccarii* f. *tepida*) podem estar refletindo um stress ambiental na biota, com perda gradual da biodiversidade local.

Uma relação entre foraminíferos e comunidade bacteriana pode ser identificada no estuário do Itacorubí, onde *A. mexicana* se relaciona positivamente com bactérias sulfato-redutoras e fermentativas, enquanto os foraminíferos calcários encontram-se relacionados com os processos bacterianos aeróbios, fermentativos e desnitrificantes. Estes resultados podem ser explicados por relações de simbiose entre aglutinantes e bactérias sulfato-redutoras, pela maior habilidade dos aglutinantes em aproveitarem o recurso alimentar bacteriano ou ainda pela maior tolerância de *A. mexicana* aos baixos teores de oxigênio.

Através da integração multivariada dos descritores bióticos e abióticos foi possível compartimentar a área de estudo em três zonas estuarinas de acordo com o confinamento e/ou impacto. A primeira, zona de influência da Baía Norte, representada pelo Grupo A, onde o fosfato se encontra em maiores concentrações, o metabolismo respiratório bacteriano ainda é equilibrado e ocorreu a predominância de *Ammonia beccarii* f. *tepida*. O estuário inferior é representado pelo Grupo B, com maior diversidade de espécies e sem dominância, menores teores de nutrientes e metabolismo respiratório bacteriano também equilibrado. Por último, o estuário superior é representado pelo grupo C, dominado por espécies aglutinantes com grande número de testas mal formadas, abundância de nutrientes e maiores biomassas bacterianas, com predomínio de metabolismo respiratório anaeróbio, inclusive com sulfato-redução.

## Referências

- Alef K. & Nannipieri P. 1995. Enrichment, isolation and counting of soil microorganism. In: K. Alef & Nannipieri P. (eds.) *Methods in applied soil microbiology and Biochemistry*. Academic Press, p. 123-186.
- ALPHA 1992. Métodos normalizadores para el análisis de las aguas potables residuales (Standard Methods for the examination of wast water). Ediciones Días de Santos. S.A (CD-Rom).
- Alve E.M. & Murray J.W. 1995. Benthic foraminiferal response to estuarine pollution: a review. *J. Foram. Res.*, **25**(3):190-2003.
- Aminot A. & Chaussepied M. 1983. *Manuel des chimiques en milieu marin*. Paris, CNES, 395 p.
- Andersen H.V. 1951. Two New Genera of Foraminifera from Recent Deposits of Louisiana: *J. Paleontol.*, **25**:31-34.
- Andersen H.V. 1953. Two New Species of *Haplophragmoides* from the Louisiana Coast: *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, **4**:21-22.
- Bandy O.L., Ingle J.C., Resig J.M. 1964. Foraminiferal trends, lagoon beach outfall area. *Limnology and Oceanography*, **9**:112-123.
- Baptista-Neto J.A., Smith B.J., Mcalister J.J. 2000. Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, SE Brazil. *Environmental Pollution*, **109**(1):1-9.
- Barbosa C.F. 1995. Foraminífera e Arcellacea (Thecamoebia) Recentes do Estuário de Guaratuba, Paraná, Brasil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, **67**(4):445-492.
- Bates J.M. & Spencer R.S. 1979. Modification of Foraminiferal Trends by the Chesapeake-Elizabeth Sewage Outfall, Virginia Beach, Virginia. *J. Foram. Res.* **9**(2):125-140.
- Barbosa C.F. 1997. *Reconstituição Paleoambiental de Fácies Lagunares com Base em Foraminíferos: O Nível do Mar no Quaternário Superior na Área de Cabo Frio, RJ*. São Paulo, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 278 p.
- Bartentein H. & Brand E. 1938. Die Foraminiferan-Faunades Jade-Gebietes I. *Jadammina polystoma* n. g., n.sp. aus dem Jade-Gebietes (for). *Senckenbergiana*, **20**(5):381-385.
- Bernhard J.M. & Bowser S.S. 1992. Bacterial biofilms as a trophic resource for certain benthic foraminifera. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **83**:263-272.
- Bernhard J.M. & Alve E. 1996. Survival, ATP pool, and ultra-structural characterization of benthic foraminifera from Drammensfjord (Norway): response to anoxia. *Mar. Micropaleontol.*, **28**:5-17.
- Bernhard J. M. 2003. Potential symbionts in bathyal foraminifera. *Science*, **299**:861.
- Boltovskoy E. 1965. *Los foraminíferos recientes: biología, métodos de estudio y aplicación oceanográfica*. Editora Universitaria de Buenos Aires, 509 p.
- Boltovskoy E., Giussani G., Watanabe S., Wright R. 1980. *Atlas of Benthic Shelf Foraminifera of the Southwest Atlantic*. Boston-London, Dr. W. Junk bv Publishers The Hague, 131 p.
- Boltovskoy E. & Vidarte L.M. 1977. Foraminiferos de la Zona de Manglar de Guayaquil (Ecuador). *Hidrobiología*, **2**(4):126-171.
- 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. *An. Acad. Bras. Cienc.*, **69**(4):545-563.
- Bonetti C. van der H. C. 2000. *Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao sistema estuarino de Santos – São Vicente (SP, Brasil)*. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 209 p.
- Brönnimann P., Dias-Brito D., Moura J.A. 1981a. Foraminíferos da Fácies Mangue da Planície de Maré de Guaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. In: Congresso Latino-Americano de Paleontologia 2, *Atas*, 877-891.
- Brönnimann P., Moura J.A., Dias-Brito D. 1981b. Estudos Ecológicos na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil: Foraminíferos. In: Congresso Latino-Americano Paleontologia 2, *Atas*, p. 861-871.
- Brady H.B. 1870. The Ostracoda and Foraminifera of Tidal Rivers. In: G.S. Brady & D. Robertson (eds.) *With Analysis and Descriptions of Foraminifera by H.B. Brady, part II*. Annual Magazine of Natural History, ser., **4**(6):273-306.
- Buzas M.A., Culver S.J. & Isham L.B. 1985. A comparison of fourteen elphidiid (Foraminiferida) taxa. *Journal of Paleontology*, **59**:1075-1090.
- 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.
- Carlucci A.F., Craven D.B., Robertson, D.J., Williams P.M. 1986. Surface-film microbial populations diel amino acid metabolism, carbon utilization and grow rates. *Marine Biology*, **92**:289-297.
- Carreira R., Wagner A.L.R., Fileman T., Readman J. 2001. Distribuição de coprostanol (5b(H)-colestano-3b-ol) em sedimentos superficiais da Baía de Guanabara: indicador da poluição recente por esgotos domésticos. *Química Nova*, **24**(1):37-42.
- Crapez M., 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: R. Moraes, M. Crapez, W. Pfeiffer, M. Farina, A.C.D. Bairy, V.L. Teixeira. (eds.) *Efeitos de poluentes em organismos marinhos*. São Paulo, Arte e Ciência Villipress, p. 27-34.
- Cushman J.A. & Brönnimann P. 1948a. Some New Genera and Species of Foraminifera from Brackish Water of Trinidad. *Cushman Laboratory for Foraminiferal Research*, **24**:15-22.
- Cushman J.A. & Brönnimann P. 1948b. Additional New Species of Arenaceous Foraminifera from the Shallow Waters of Trinidad: *Cushman Laboratory Foraminiferal Research*, **24**:37-42.
- Cushman J.A. & Mc. Culloch I. 1939. A Report on Some

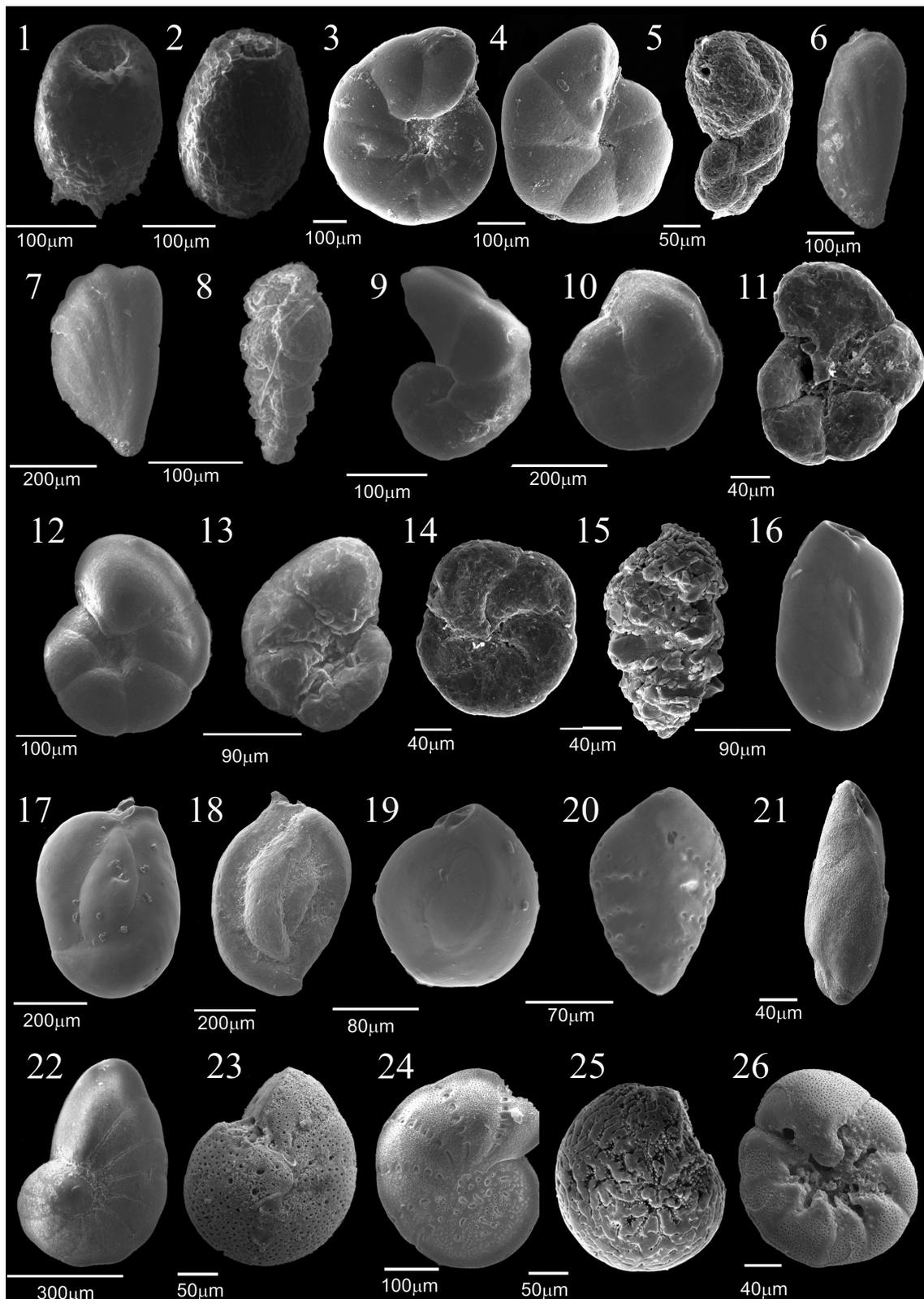
- Arenaceous Foraminifera: *University of Southern California*, Publication, *Allan Hancock Pacific Expeditions*, **6**(1):1-113.
- Daloto R.A.S. 2003. *Estruturação de dados com suporte à gestão de manguezais utilizando técnicas de geoprocessamento*. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 242 p.
- Debenay J.P., Millet B., Angelidis M.O. 2005. Relationships between foraminiferal assemblages and hydrodynamics in the gulf of kallonis, greece. *Journal of Foraminiferal Research*, **35**(4):327-343.
- Debenay J.P., Geslin E., Eichler B.B., Duleba W., Sylvestre F., Eichler P. 2001. Foraminiferal assemblages in a hypersaline lagoon Araruama (RJ) Brazil. *Journal of Foraminiferal Research*, **31**:133-151.
- Disaró S.T. 1995. *Associação de Foraminíferos da Baía das Laranjeiras, Complexo Estuarino Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil*. Curitiba, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 76p.
- Duijnsteer I.A.P. 2001. *Experimental ecology of foraminifera: towards better quantitative paleoecological reconstructions*. Tese de Doutorado, Netherland, Utrecht University, 149 p.
- Dutra S.J. 1998. A bacia hidrogáfica do Córrego Grande, Ilha de Santa Catarina, Brasil. In: E. Soriano-Sierra, B.S. de Ledo (eds.) *Ecologia e Gerenciamento do Manguezal do Itacorubi*, Florianópolis, NEMAR, CCB, UFSC, p. 31-45.
- Earland A. 1933. Foraminifera. Part II. South Georgia. *Discovery Reports*, **7**:27-138.
- Flemming B. W. 2000. A revised textural classification or 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*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, 105 p.
- Geslin E., Debenay J.P., Duleba W., Bonetti C. 2002. Morphological abnormalities tests in Brazilian environments: comparison between polluted and non-polluted areas. *Mar. Micropal.*, **45**:151-168.
- Heinz P., Schmiedl G., Kitazato H., Hemleben C. 2001. Response of deep-sea benthic foraminifera from the Mediterranean Sea to simulated phytoplankton pulses under laboratory conditions. *J. Foramin. Res.* **31**:210-227.
- Jorissen F.J.W., Peypouquet J.P., Rabouille C., Relexans J.C. 1998. Live Benthic Foraminiferal Faunas off Cape Blanc, NW-Africa: Community Structure and Microhabitat. *Deep-Sea Research*, **45**(2):2157-2188.
- Kirchman D.L. 2000. *Microbial ecology of the oceans*. New York, John Wiley Sons Inc. Publication, 512 p.
- Kepner Jr. R. & Pratt J.R. 1994. Use of fluorochromes for direct enumeration of total bacteria in environmental samples: past and present. *Microbiol. Rev.*, **58**:603-615.
- Klisa D.A. & Schöder-Adams C.J. 1999. Holocene thecamoebians in freshwater lakes on Bylot Island, northwest territories, Canada. *J. Foramin. Res.*, **29**(1):26-36.
- Kornfeld M.M. 1931. Recente Litoral Foraminifera from Texas and Louisiana: *Stanford University, Department of Geology Contributions*, **1**(3):77-101.
- Laroix E. 1932. *Microtexture du Test des Textularidae*. Monaco, Institut de l'Océanographie, 582 p.
- Langezaal A.M., Ernst S.R., Haese R.R., Van Bergen P.F., Van der Zwaan G.J. 2003. Disturbance of Intertidal sediments: the response of Bacteria and Foraminifera. *Estuar. Coast. Shelf. S.*, **58**:249-264.
- Langezaal A.M., Jannink N.T., Pierson E.S., Van der Zwaan G.J. 2005. Foraminiferal selectivity towards bacteria: an experimental approach using a cell-permeant stain. *J. Sea Res.*, **54**:256-275.
- Langezaal A.M., Van Bergen P.F., Van der Zwaan G.J. 2004. The recovery of benthic foraminifera and bacteria after disturbance: experimental evidence. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **312**:137-170.
- Laut L.L.M. 2003. *Bioestratigrafia, relações ecológicas e paleoecológicas de foraminíferos bentônicos recentes da planície de maré de Guaratiba, Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 147 p.
- Lee J.J., Faber Jr. W.W., Lee R.E. 1991. Granular reticulopodial digestion – a possible predation to benthic foraminifera symbiosis? *Simbiosis*, **10**:47-61.
- Loeblich A.R. Jr. & Tappan H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. New York, Van Nostrand Reinhold Company 970 p.
- Madeira-Falceta M. 1974. Ecological distribution of thecamoebal and foraminifera associations in the mixohaline environments of southern Brazilian littoral. *An. Acad. Bras. de Ciên.*, **46**:49-133.
- Meyer-Reil L.A. 1994. Microbial life in sedimentary biofilms – the challenge to microbial ecologists. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **112**:3003-311.
- Meyer-Reil L.A. & Koster M. 2000. Eutrophication of marine waters: effects on benthic microbial communities. *Mar. Pollut. Bull.*, **41**:255-263.
- Moodley L., Boschker H.T.S., Middelburg J.J., Pel R., Herman P.M.J., De Deckere E., Heip C.H.R. 2000. Ecological significance of benthic foraminifera: 13 C labelling experiments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **202**:289-295.
- Moodley L., Middelburg J.J., Boschker H.T.S., Duineveld G.C.A., Pel R., Herman P.M.J., Heip C.H.R. 2002. Bacterial and foraminifera: key players in a short-term deep-sea benthic response to phytodetritus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **236**:23-29.
- Moodley L., Van der Zwaan G.J., Herman P.M.J., Kempers A.J., Van Breugel P. 1997. Differential response of benthic meio-fauna to anoxia with special reference to Foraminifera (Protozoa: Sarcodina) to hydrogen sulfide. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **158**:151-163.
- Moraes C.M., Urzêdo de Queiroz R.R., Sierra de Ledo B., Soriano-Sierra E.J. 1993. O manguezal do Itacorubi: estudo da distribuição das espécies de ferro. In: *Atlas Colóquio Franco-Brasileiro*, **1**:179-186.
- Muller W.A. & Lee J.J. 1969. Apparent indispensability of bacteria in foraminifera nutrition. *J. Protozool.*, **16**:171-178.
- Paes J.E.S. 1996. *Distribuição horizontal e vertical de Fe, Mn, Pb e Ni no sistema rio Alcântara – rio Guaxindiba, Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, Baía de*

- Guanabara (RJ). Dissertação de Mestrado, Departamento de Biofísica, Univ. Federal do Rio de Janeiro, 78 p.
- Parker F.L. 1952. Foraminiferal Distribution in the Long Island Sound-Buzzards Bay Area. *Bulletin of Museum of Comparative Zoology*, Harvard, **106**(10):438-473.
- Parker F.L. & Jones, T.R. 1865. On Some Foraminifera from the North Atlantic and Arctic Oceans, Including Davis Strait and Baffin's Bay: *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **155**:325-441.
- Phleguer F.B. & Walton W.R. 1950. Ecology of Marsh and Bay Foraminifera, Barnstable, Mass. *Am. J. Sci.*, **248**:274-294.
- Poag C.W. 1981. *Ecology Atlas of Benthic Foraminifera of the Gulf of Mexico*. Massachusetts, United States Geological Survey, Woods Hole, 174 p.
- Queiroz R.U. de, Sierra de Ledo B., Soriano-Sierra, E.J. 1998. Ocorrência e ciclagem de metais pesados no mangueal do Itacorubi. In: E.Soriano-Sierra & B.S. de Ledo (eds.) *Ecologia e Gerenciamento do Manguezal do Itacorubi*. Florianópolis, NEMAR, CCB, UFSC, p. 313-322.
- Samir A.M. 2000. The response of Benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: a study from two lagoons in Egypt. *J. Foram. Res.*, **30**(2):83-98.
- Saunders J.B. 1957. Trochamminidae and certain lituolidae (foraminifera) from the recent brackish water sediments of Trinidad, British West Indies. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, **134**(5)1- 23.
- Schafer C.T. 1973. Distribution of an offshore dump site in Chaleur Bay. *Water, Air, Soil, Poll.*, **2**: 219-223.
- Scott D.B. & Medioli F.S. 1980. Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: implications for sea level studies: *Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, Special Publication, **17**:17-58.
- Silva F.S. da, Laut V.M., Laut L.L.M., Figueiredo Jr. A.G., Bonetti C., Viana L.G., Crapez M.A.C. 2005. Avaliação da qualidade ambiental em sedimentos superficiais do estuário do Itacorubi, Baía Norte (SC), utilizando a relação granulometria e atividade respiratória bacteriana. In: ABEQUA, Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternários, 10, Atas, CD-ROM.
- Semensatto Jr. D.L. 2006. *O sistema estuarino do delta do São Francisco – SE: Análise ambiental com base no estudo de foraminíferos e tecamebas*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 223 p.
- Soriano-Sierra E.J. 1997. Fluxos de maré e interferência antropogênica a hidrodinâmica, no interior de um manguezal naturalmente estressado. Estudo de caso. *Aquitaine Ocean*, **3**:163-178.
- Soriano-Sierra E.J. 1998. Estrutura do mosaico ambiental no manguezal do Itacorubi (Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil). In: E.J. Soriano-Sierra & B. Sierra de Ledo (eds.) *Ecologia e Gerenciamento do manguezal de Itacorubi*, IESC, Florianópolis, p. 47-78.
- Stouff V., Debenay J.P., Lesourd M. 1999. Origin of double and multiple tests in benthic foraminifera: observations in laboratory cultures. *Mar Micropaleont.*, **26**:189-204.
- Suguio K. (ed.) 1973. *Introdução a Sedimentologia*. Edgard Blucher, São Paulo, 317 p.
- Suhr S.B., Pond D.W., Gooday A.J., Smith C.R. 2003. Selective feeding by benthic foraminifera on phytodetritus on the western Antarctic Peninsula shelf: evidence from fatty acid biomarker analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **262**:153-162.
- Van der Zwaan G.J.Z, Duijnste I.A.P., Dulk den M., Ernst S.R., Jannink N.T., Kouwenhoven T.J. 1999. Benthic Foraminifers: Proxies or Problems? A Review of Paleocological Concepts. *Earth-Science Reviews*, **46**:213-236.
- Van Lith Y., Langezaal A.M., Van der Zwaan G.J. 2005. Foraminiferal depth distribution as indicators for biogeochemical conditions in the sediment. *Geophysical Research Abstract*, **7**:6345.
- Vieira S.M. & Soriano-Sierra E.J. 2003. Resultados preliminares da evolução sedimentológica superficial do Manguezal de Itacorubi, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. *Aquitaine Ocean*, **3**:241-245.
- Vilela C.G., Sanjinés A.E.S., Ghiselli Jr. R.O., Mendonça Filho J.G., Baptista-Neto J.A., Barbosa C.F. 2002. Search for bioindicators of pollution in the Guanabara Bay: integrations of ecologic patterns. *Anuário do Instituto de Geociências UFRJ*, **26**:25-35.
- Walton W.R. & Sloan B.J. 1990. The Genus Ammonia Brünich, 1772: Its Geographic Distribution and Morphologic Variability. *J. Foram. Res.*, **20**(2):128-156.
- Wang P. & Murray J.W. 1983. The use of foraminifera as indicators of tidal effects in estuarine deposits. *Mar. Geol.*, **51**:239-250.
- Ward J.N., Pond D.W., Murray J.W. 2003. Feeding of benthic foraminifera on diatoms and sewage-derived organic matter: an experimental application of lipid biomarker techniques. *Mar. Environ. Res.*, **56**:515-530.
- Yanko V., Kronfeld J., Flexer A. 1994. Response of benthic foraminifera to various pollutin sources: implications for monitoring. *J. Foram. Res.*, **24**(1):1-17.
- Yanko V., Flexer A., Kress N., Hornug H., Kronfeld J. 1992. Benthic foraminifera as indicators of heavy metal pollution along Israel's eastern Mediterranean margin. In: Instituto of Oceanography and Limnology, Franch-Israeli Symposium on the Continental Margin of the Mediterranean Sea., *Abstracts*, p. 73-79.
- Zaninette L., Brönnimann P., Dias-Brito D., Arai M., Casaletti P., Koutsoukos E.A.M., Silviera S. 1979. Distribution écologique des foraminifères dans la Mangrove d'Acupe, Etat de Bahia, Brésil. *Note du Laboratoire de Paleontologie de l'Uniste de Geneve*, **4**(1):1-17.

Manuscrito AE 063/2006

Submetido em 12 de dezembro de 2006

Aceito em 15 de setembro de 2007



Estampa I - 1 - *Centropyxis aculeolata*; 2 - *Diffugia globules*; 3 - *Haplophragmoides manilaensis*; 4 - *Haplophragmoides wilberti*; 5 - *Trochamminita irregularis*; 6 - *Ammoastuta inepta*; 7 - *Ammoastuta salsa*; 8 - *Textularia earlandi*; 9 - *Jadammina polystoma*; 10 - *Arenoparrella mexicana*; 11 - *Siphotrochammina lobata*; 12 - *Trochammina inflata*; 13 - *Trochammina macrescens*; 14 - *Trochammina squamata*; 15 - *Galdryna exillis*; 16 - *Quinqueloculina seminulum*; 17 - *Quinqueloculina lamarkiana*; 18 - *Quinqueloculina polygona*; 19 - *Miliolinella subrotunda*; 20 - *Bolivina doniezi*; 21 - *Buliminella elegantissima*; 22 - *Pseudononion atlanticum*; 23 - *Elphidium discoide*; 24 - *Elphidium excavatum*; 25 - *Elphidium gunteri*; 26 - *Ammonia beccarii* f. *tepida*.

ANEXO  
Sinonímia

- Reino PROTISTA  
 Filo GRANORETICULOSA Margulis, 1999  
 Classe LOBOSA Carpenter *et al.* 1862  
 Ordem ARCELLINIDA Kent, 1880  
 Família CENTROPYXIDAE Jung, 1942  
 Gênero *Centropyxis* Stein, 1859  
***Centropyxis aculeata* Ehrenberg, 1843**  
 (Estampa I, nº 1)  
*Centropyxis aculeata* Ehrenberg, 1843. Bonetti & Eichler 1997, p.557, est. I, fig. 5.
- Família DIFFLUGIIDAE Stein, 1859**  
 Gênero *Diffugia* (Lamarck), 1816  
***Diffugia globulus* Ehrenberg, 1848**  
 (Estampa I, nº 2)  
*Diffugia globulus* Ehrenberg, 1848. Kliza & Schroder-Adams 1999, p.32, est.1, fig.1-8.  
 Classe FORAMINIFERA Sen Gupta, 1999  
 Ordem – TEXTULARIIDA Sen Gupta, 1999  
 Superfamília LITUOLACEA de Blainville, 1827  
 Família HAPLOPHRAGMOIDIDAE Maync, 1952  
 Gênero *Haplophragmoides* Cushman, 1952  
***Haplophragmoides manilaensis* Andersen, 1953**  
 (Estampa I, nº 3)  
*Haplophragmoides manilaensis* Andersen 1953, p.22, est. 4, fig. 7; Madeira-Falcetta 1974. p 663, est. 1; Barbosa, 1995, p. 488, est. 4.
- Haplophragmoides wilberti* Andersen, 1953**  
 (Estampa, nº 4)  
*Haplophragmoides wilberti* Andersen 1953, p.21, est. 4, fig. 7; Madeira-Falcetta 1974, p 663, pl. 1; Barbosa 1995, p. 488, est. 4; Laut L.L.M. (inédito) , p. 30, est. 2, figs. 16-18.
- Gênero *Trochamminita* Cushman & Brönnimann, 1948
- Trochamminita irregularis* Cushman & Brönnimann, 1948**  
 (Estampa I, nº 5)  
*Trochamminita irregularis* Cushman & Brönnimann 1948b, v. 24, p. 17.
- Trochamminita salsa* (Cushman & Brönnimann), 1957**  
*Lobrospira salsa* Cushman & Brönnimann, 1948a v. 24, p. 16, est. 3, fig. 5-6.  
*Trochamminita salsa* (Cushman & Brönnimann). Sauder 1957, v. 134, p. 6.
- Família LITUOLIDAE de Blainville, 1827  
 Subfamília AMMOASTUTINAE Loeblich & Tappan, 1984  
 Gênero *Ammonoastuta*, Cushman & Brönnimann, 1948  
***Ammonoastuta inepta* (Cushman & Mc. Culloch), 1939**  
 (Estampa I, nº 6)  
*Ammonoastuta inepta* Cushman & Mc. Culloch 1939, v. 6, pag. 89.  
*Ammonoastuta inepta* (Cushman & Mc. Culloch) Bolvskoy & Vidarte 1977, p. 38, est. 3, fig. 6; Barbosa 1995, p. 488, est. 4; Laut L.L.M. (inédito) , p. 30, est. 3, fig. 32.
- Ammonoastuta salsa* Cushman & Brönnimann, 1948**  
 (Estampa I, nº 7)  
*Ammonoastuta salsa* Cushman e Brönnimann 1948b, v. 24, p. 17.  
 Superfamília TEXTULARIACEA, Ehrenberg, 1838  
 Família TEXTULARIIDAE Ehrenberg, 1838  
 Subfamília TEXTULARIINAE Ehrenberg, 1838  
***Textularia earlandi* (Parker), 1952**  
 (Estampa I, nº 8)  
*Textularia elegans* Lacroix 1932, n. 591, p. 8, fig. 5.  
*Textularia tenuissima* Earland 1933, v. 7, p. 95.  
*Textularia earlandi* Parker 1952, v. 106, n. 10, p. 458.  
 Superfamília TROCHAMMINACEA Schwager, 1877  
 Família TROCHAMMINIDAE Schwager, 1877  
 Subfamília JADAMMININAE Saidova, 1981  
 Gênero *Jadammina* Bartenstein & Branday, 1938  
***Jadammina polystoma* Bartenstein & Brand, 1938**  
 (Estampa I, nº 9)  
*Jadammina polystoma* Bartenstein & Brand 1938, p. 381, fig. 1 a – c, 2 a-1  
 Subfamília ARENOPARRELLINAE Saidova, 1981  
 Gênero *Arenoparrella* Andersen, 1951  
***Arenoparrella mexicana* (Kornfeld), 1931**  
 (Estampa I, nº 10)  
*Trochammina inflata* (Montagu) var. *mexicana* Kornfeld 1931, p. 86, est. 13, fig. 5.  
*Arenoparrella mexicana* (Kornfeld) Andersen, 1951 p. 31; Scott & Medioli 1980, p. 35, est. 4, fig. 8-11: Laut L.L.M. (inédito) , p.34, est. 4, fig. 39-40.  
 Subfamília ROTALIAMMININAE Saidova, 1981  
 Gênero *Siphotrochammina*, Sauders, 1957  
***Siphotrochammina lobata* Sauder, 1957**  
 (Estampa I, nº 11)  
*Siphotrochammina lobata* Sauders 1957, v. 134, n. 5, p. 9; Loeblich & Tappan 1988, p. 124, est. 131, fig. 1-3.  
 Subfamília TROCHAMMININAE Schwager, 1877  
 Gênero *Trochammina* Parker & Jones, 1859  
***Trochammina inflata* (Montagu), 1808**  
 (Estampa I, nº 12)  
*Trochammina inflata* (Montagu), Parker & Jones 1865, p. 347; Cushman 1918, v.2, p.18, est. 15, fig. 1; Barbosa 1995, p. 489, fig. 4:19-20; Laut L.L.M. (inédito), p.36, est.2,fig. 2.  
***Trochammina macrescens* (Brady), 1870**  
 (Estampa I, nº 13)  
 TROCHAMMINA INFLATA (MONTAGU), VAR. MACRESCENS BRADY 1870, P. 290, EST. 11, FIGS. 5A-C.  
 TROCHAMMINA MACRESCENS (BRADY). PHLEGER & WALTON 1950, P. 281, EST. 2, FIG. 6-7; PARKER 1952, P. 408, EST. 4, FIG. 8A, B; SOCOTT & MEDIOLI 1980, P. 44.

EST. 3, FIG. 1-8; BARBOSA, 1995, P. 489, FIG. 4:25-26; LAUT, 2000, P. 37, EST. 2, FIG. 13-14.

**Trochammina squamata Parker & Jones**  
(Estampa I, n° 14)

*Trochammina squamata* Parker & Jones 1865, p. 407, est. 15, figs. 30, 31 a-c.

Superfamília – VERNEUILINACEA Cushman, 1911

Família – VERNEUILINIDAE Cushman, 1911

Subfamília - VERNEUILININAE

Gênero – *Gaudryina* d'Obigny, 1839

***Gaudryina exilis* Cushman & Brönnimann, 1948**

(Estampa I, n° 15)

*Gaudryina exilis* Cushman & Brönnimann, 1948a, v. 24, p. 40.

Ordem MILIOLIDA Delege & Hérouard, 1896

Superfamília MILIOLACEA Ehrenberg, 1839

Família HAUERINIDAE Schwager, 1876

Subfamília HAUERININAE Schwager, 1876

Gênero *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826

***Quinqueloculina seminulum* Linné, 1767**

(Estampa I, n° 16)

*Quinqueloculina seminulum* Linné, 1767; Boltovskoy *et al.* 1980.

***Quinqueloculina lamarkiana* d'Orbigny, 1840**

(Estampa I, n° 17)

*Quinqueloculina lamarkiana*. d'Orbigny. Disaró 1995 p. 31, est. V, fig. d-e.

***Quinqueloculina polygona* d'Orbigny, 1839**

(Estampa I, n° 18)

*Quinqueloculina polygona* d'Orbigny, 1839. Semensatto Jr. 2006, p.200, est. X.

Subfamília MILIOLINELLINAE Vell, 1957

Gênero *Miliolinella* Wiesner, 1931

***Miliolinella subrotunda* Montagu, 1803**

(Estampa I, n° 17)

*Miliolinella subrotunda* Montagu, 1803. Debenay *et al.*, 2005, p.334, est.2, fig.8.

Gênero *Triloculina* d'Orbigny, 1826

***Triloculina* sp. A**

*Triloculina* d'Orbigny, 1826. Boltovskoy *et al.* 1980, p. 52, est. 33, fig.11-13.

Ordem ROTALIIDA Delage & Hérouard, 1896

Superfamília ANNULOPATELLINACEA Loeblich e Tappan 1964

Família DISCORBIDAE Ehrenberg, 1838

Gênero *Discorbinella* Cushman & Martin, 1935

***Discorbinella berthelotti* d'Obigny, 1939**

*Discorbinella berthelotti* d'Obigny, 1939. Boltovskoy *et al.* 1980, p.81, est.11, fig.5-7.

Superfamília BOLIVINACEA Glaessner, 1937

Família BOLIVINIDAE Glaessner, 1937

Gênero *Bolivina* d'Obigny, 1839

***Bolivina doniezi* Cushman & Wickenden, 1929**

(Estampa I, n° 20)

*Bolivina cf. doniezi* Cushman & Wickenden, 1929. Boltovskoy *et al.* 1980, p.63, est.2, fig.18.

Família BULIMINELIDAE Hofker, 1951

Gênero *Buliminella* Cushman, 1911

***Buliminella elegantissima* d'Orbigny, 1911**

(Estampa I, n° 21)

*Buliminella elegantissima* d'Orbigny, 1911. Barbosa 1997, est. 12.

Superfamília NONIONACEA Schultze, 1854

Família NONIONIDAE Schultze, 1854

Subfamília NONIONINAE Schultze, 1854

Gênero *Pseudononion* Asano, 1936

***Pseudononion atlanticum* Cushman, 1947**

(Estampa I, n° 22)

*Pseudononion atlanticum* Cushman, 1947. Denebay *et al.* 2001 p.96, est.VI, fig. 17.

Superfamília ROTALIACEA Ehrenberg, 1839

Família ELPHIDIIDAE Galloway, 1933

Subfamília ELPHIDIINAE Galloway, 1933

***Elphidium discoidale* (d'Orbigny)**

(Estampa I, n° 23)

*Elphidium discoidale* (d'Orbigny) Poag 1981, p. 59, est. 35. fig. 1, est. 36, fig. 1 a.

***Elphidium excavatum* Terquem, 1875**

(Estampa I, n° 24)

*Elphidium excavatum* (Terquem, 1875). Buzas *et al.* 1985, est.6, fig.7-10; Debenay *et al.* 1998, est.4, fig.9-10.

***Elphidium gunteri* Cole, 1931**

(Estampa I, n° 25)

*Elphidium gunteri* Cole, 1931. Poag 1981, p. 61, pl. 37, fig. 1.

Família ROTALIIDAE Ehrenberg, 1839

Subfamília ROTALIINAE Ehrenberg, 1839

Gênero *Ammonia* Brünnich, 1772

***Ammonia beccarii* f. *tepida* (Linné), 1772**

(Estampa I, n° 26)

*Ammonia beccarii* f. *tepida* (Linné). Walton & Sloan 1990, est. 1, fig. 1-2.