MICROPALEONTOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA APLICADAS À ANÁLISE PALEOAMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO EM CANANÉIA, SÃO PAULO, BRASIL

ROSA SETSUKO UEHARA, WÂNIA DULEBA, SETEMBRINO PETRI Laboratório de Micropaleontologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 562, 05508-080, São Paulo, SP, Brasil. *waduleba@uol.com.br*

MICHEL M. MAHIQUES & MARCELO RODRIGUES

Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, Praça do Oceanográfico, 191, 05508-900, São Paulo, SP, Brasil. *mahiques@usp.br*

RESUMO - Este trabalho teve por objetivo detectar variações ambientais que ocorreram durante os últimos 5000 anos em Arrozal, hoje um manguezal, situado ao sul do complexo estuarino lagunar de Cananéia-Iguape, São Paulo. Foram realizadas análises sedimentológicas e dos foraminíferos de 47 amostras, provenientes do testemunho AR4, de 4,32 m de comprimento. Entre 432 e 291 cm (5010 e 4650 \pm 40 anos AP), ocorrem sedimentos arenosos finos, ricos em diatomáceas, com baixas porcentagens de C, N, S e foraminíferos. Essa sequência sedimentar arenosa provavelmente foi depositada durante o período regressivo ocorrido após a Transgressão Santos (5100 anos AP). No intervalo entre 291 e 173 cm ($4650 e 860 \pm 40 anos AP$), as porcentagens de lama, C, N, S e foraminíferos aumentam. De 284 a 173 cm de profundidade, as espécies de foraminíferos são típicas de ambiente de plataforma marinha rasa, indicando influência marinha mais franca no local do testemunho. Uma hipótese plausível para a presença destes organismos marinhos seria que a ilha Comprida apresentaria dimensões menores que as atuais, pois estava sendo gradativamente formada de sul para norte. No intervalo entre 173 e 83 cm ($860 \text{ e } 180 \pm 40$ anos AP), os foraminíferos calcários e aglutinantes mixohalinos tornam-se mais abundantes que os marinhos, indicando presenca de ambiente estuarino. Durante esse período, supõe-se que parte da ilha Comprida já teria sido formada, agindo como anteparo natural à entrada do mar. Paralelamente, devem ter ocorrido períodos com maior pluviosidade, permitindo condições mixohalinas na região, visto que foram encontrados exemplares de Miliammina fusca. Finalmente, no intervalo de $83 \text{ a } 12 \text{ cm} (180 \pm 40 \text{ anos AP} \text{ ao atual})$, os aglutinantes aumentam progressivamente rumo ao topo, sugerindo a formação do manguezal típico da região.

Palavras-chave: Foraminíferos, reconstituição paleoambiental, região estuarina-lagunar, análises granulométricas e geoquímicas, Holoceno.

ABSTRACT – MICROPALEONTOLOGY AND SEDIMENTOLOGY APPLIED TO ENVIRONMENTAL ANALYSIS: A STUDY CASE IN CANANÉIA, SÃO PAULO, BRAZIL. Analyses of sediment grain-size distribution, geochemistry and the foraminiferal content of 47 samples from a 4.32 m long core (AR4) were used to infer the environmental variations that occurred during the last five thousand years in the Arrozal region, near the southern end of the Cananéia-Iguape (SP) estuarine-lagoonal complex. From 4.32 to 2.91 m core depth interval (5010 to 4650 ± 40 years B.P.) sediments were fine-grained sands with low percentages of C, N and S, but rich in diatoms with rare foraminifera occurrences. This sedimentary sequence was deposited during a regressive period, occurring after the Santos maximum transgression of 5100 years B.P. From 2.91 m to 1.73 m (4650 to 860 ± 40 years B.P) there was an increase in the percentage of mud, C, N and S, and foraminifera. Within the interval between 2.84 m to 1.73 m, there are marine platform foraminifera, indicating a strong marine influence in the Arrozal area at this time, probably as a result of the small size of the Comprida Island. From 1.73 m to 0.83 m (860 to 180 ± 40 years B.P.) a period of increased pluvial input and the northerly growth of the Comprida Island, acting as barrier against the sea, resulted in mixohaline conditions. These conditions were reflected in an increase of mixohaline calcareous foraminifera and agglutinated forms over marine species and the presence of brackish foraminifera (*Miliammina fusca*). Finally, from 0.83 m to 0.12 m (180 \pm 40 years B.P. to present) agglutinated forms increase upwards, coherent with the settling of the mangrove vegetation presently found in the region.

Key words: Foraminifera, paleoenvironmental reconstruction, estuarine-lagoon region, grain size and geochemical analyses, Holocene.

INTRODUÇÃO

A evolução quaternária da planície costeira e dos canais lagunares de Cananéia-Iguape tem sido estudada por diversos autores (Petri & Suguio 1971; Petri & Suguio 1973; Suguio & Petri, 1973; Suguio & Martin, 1978; Martin & Suguio, 1978; Suguio *et al.* 1985; Tessler, 1982; Tessler & Furtado, 1983; Tessler & Mahiques, 1993; Angulo & Lessa, 1997; Angulo *et al.*, 2006). Principalmente a partir dos dados sedimentológicos e radiométricos dos cinco primeiros trabalhos, foram estabelecidos os fundamentos básicos da estratigrafia regional, bem como elaborados o modelo de sedimentação e a curva de variação de nível do mar da região.

De acordo com o modelo e curva de Suguio *et al.* (1985), a sucessão de eventos quaternários seguiu a seqüência aqui descrita. Há 120000 anos ocorreu a *transgressão Cananéia*, em que o mar teria alcançado o atual sopé da serra do Mar. No decorrer desse evento, sedimentos argilo-arenosos, correspondentes à parte inferior da Formação Cananéia, foram depositados sobre a Formação Pariqüera-Açu. A sedimentação Cananéia foi completada com sedimentos arenosos marinhos. À fase transgressiva sucedeu-se uma fase regressiva que gerou vários cordões arenosos litorâneos correspondentes ao topo da Formação Cananéia. Durante esta fase o nível marinho esteve muito mais baixo que o atual. Há 18000 anos, o nível do mar teria estado 140 m abaixo do nível atual, expondo os sedimentos anteriormente depositados. Os rios da planície costeira erodiram esses sedimentos, esculpindo canais, cujos remanescentes possuem alguma expressão batimétrica atual (profundidade média de 6 m). No Holoceno, entre 6000 e 7000 anos A.P., a área foi palco de uma segunda transgressão, a transgressão Santos. O máximo desta transgressão teria ocorrido há 5100 anos, quando o nível do mar esteve cerca de 5 m acima do atual. Flutuações do nível marinho durante a parte final desta transgressão produziram várias gerações de cristas praiais. as quais podem ser observadas freqüentemente ao longo da ilha Comprida. Essa transgressão invadiu as áreas entalhadas pela erosão, estabelecendo um sistema deposicional lagunar. Nessas áreas rebaixadas foram depositados sedimentos areno-argilosos, ricos em material carbonoso. Já as partes mais elevadas da Formação Cananéia sofreram erosão, cujas areias foram redepositadas, formando depósitos holocênicos. Durante a subseqüente descida do nível marinho para o atual, novos cordões arenosos foram gerados.

Recentemente, surgiram algumas divergências de dados e controvérsias sobre as interpretações em relação à referida curva de variação do nível do mar (Angulo & Lessa, 1997; Angulo *et al.*, 2006). De acordo com estes autores, as oscilações de alta freqüência (200 a 300 anos) das curvas de



Figura 1. Mapa de localização do testemunho AR4, no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, SP, Brasil. Figure 1. Location map of the AR4 core in the Cananéia-Iguape estuarine/lagoonal system, eastern Brazil.



Figura 2. Litologias, estruturas sedimentares, componentes biogênicos, porcentagem de areia e padrões de granocrescência e granodecrescência ascendente do testemunho AR4.

Figure 2. Lithology, sedimentary structures, biogenic components, percentages of sand, coarsing or fining upward of the AR4 core.

Suguio *et al.* (1985) não teriam existido. Segundo Angulo & Lessa (1987), após o nível máximo da Transgressão Santos (5100 anos A.P.), o mar teria descido progressivamente até atingir o nível atual, sem grandes oscilações. Apesar dessas controvérsias, ao se analisar a configuração média da curva proposta por Suguio & Martin (1978), constata-se que o mar também teria descido progressivamente.

Em relação aos foraminíferos recentes, a região estuarinalagunar de Cananéia-Iguape (Figura 1) também já foi bastante estudada (Eichler & Bonetti, 1995; Eichler *et al.*, 1995; Bonetti, 1995; Eichler-Coelho *et al.*, 1997; Debenay *et al.*, 1998; Duleba, 1997). Contudo, estudos sobre foraminíferos sub-recentes e fósseis são raros nesta região (Petri & Suguio, 1971; Petri & Lellis, 1971; Petri & Suguio, 1973; Duleba, 1997). Particularmente a área do Arrozal, situada no Mar de Cananéia, ainda não foi estudada quanto aos microfósseis. Esse local é próximo à desembocadura de Cananéia e do único morro da ilha Comprida. Devido a estas peculiaridades, a região é potencialmente especial para se estudar o desenvolvimento da ilha Comprida, bem como as variações do nível do Mar, durante o Quaternário tardio.

Este trabalho tem por objetivo analisar a distribuição dos foraminíferos de sub-superfície e correlacioná-la com as características abióticas dos sedimentos recuperados de um testemunho de 4,32 m de comprimento. Discute-se as

evidências das variações paleoambientais, desde 5010 anos AP até o presente e os resultados obtidos foram comparados às curvas de variação do nível do mar já existentes na literatura para a região (Suguio & Martin, 1978; Angulo *et al.* 2006).

ÁREA DE ESTUDO

A configuração geográfica da região costeira do estado de São Paulo é o resultado de eventos geológicos de escalas distintas. Relaciona-se a possíveis fenômenos termais de reativações tectônicas da Plataforma Sul-Americana, ligados à abertura do Oceano Atlântico, ocorridos durante o Mesozóico-Cenozóico. Com a evolução do processo, desenvolveram-se falhas que condicionaram movimentos opostos de soerguimento da Serra do Mar e subsidência da Bacia de Santos (Almeida & Carneiro, 1998). A partir do Terciário Superior e Pleistoceno, as flutuações do nível do mar, associadas às mudanças paleoclimáticas durante o Quaternário, foram as principais causas de formação, modelagem e evolução das planícies costeiras do Brasil. A sedimentação decorrente das sucessivas transgressões e regressões marinhas quaternárias é responsável pela maior parte do padrão de distribuição dos sedimentos na planície costeira paulista (Suguio & Martin, 1978).

O litoral paulista está dividido em região norte e sul, sob

Tabela 1. Dados granulométricos e parâmetros estatísticos de Wentworth (1922) do testemunho AR4. Abreviaturas: A, assimetria; BS, bem selecionado; MBS, muito bem selecionado; MS, moderadamente selecionado; P, profundidade; PS, pobremente selecionado.
 Table 1. Grain size and Wentworth parmeters of the AR4 core. Abbreviations: A, asymmetry; BS, well sorted; MBS, very well sorted; MS, moderately sorted; P, depth; PS, poor sorted

Р	Areia	Lama	Silte	Argila	D. médio	Wentworth	G. seleção	Folk &Ward	Α	Curtose
(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(Φ)	(1922)	(σ)	(1957)		
000-005	100,0	0,0	0,0	0,0	2,74	areia fina	0,48	MBS	-0,01	0,95
012-015	94,7	5,4	4,9	0,4	2,86	areia fina	0,68	MBS	0,21	1,45
022-025	92,0	8,0	7,5	0,5	2,68	areia fina	0,92	MS	0,25	1,51
032-035	95,4	4,7	4,2	0,5	2,74	areia fina	0,59	MBS	0,12	1,12
042-045	95,6	4,4	4,1	0,3	2,67	areia fina	0,59	MBS	0,13	1,14
047-050	97,6	2,4	2,4	0,0	2,57	areia fina	0,52	MBS	0,05	0,98
050-053	96,1	3,9	3,6	0,3	2,62	areia fina	0,58	MBS	0,11	1,11
060-063	96,2	3,8	3,6	0,2	2,66	areia fina	0,56	MBS	0,11	1,1
070-073	85,3	14,7	14,1	0,6	2,84	areia fina	1,2	PS	0,18	1,33
080-083	86,4	13,6	12,9	0,7	2,62	areia fina	1,3	PS	0,21	1,32
090-093	89,5	10,5	9,9	0,6	2,75	areia fina	1,01	PS	0,25	1,45
100-103	93,2	6,8	6,3	0,4	2,7	areia fina	0,88	MS	0,21	1,44
110-113	94,2	6,2	5,8	0,4	2,65	areia fina	0,9	MS	0,11	1,6
120-123	92,6	7,4	7,0	0,5	2,72	areia fina	0,9	MS	0,23	1,5
130-133	91,3	8,7	8,3	0,4	2,74	areia fina	0,9	MS	0,24	1,43
140-143	97,5	2,5	2,5	0,0	2,58	areia fina	0,48	BS	0,05	1
150-153	95,4	4,6	4,2	0,4	2,76	areia fina	0,55	MBS	0,13	1,18
160-163	93,5	6,5	6,1	0,4	2,83	areia fina	0,79	MS	0,25	1,56
170-173	88,5	11,5	10,9	0,6	2,9	areia fina	0,96	MS	0,29	1,5
178-181	86,0	14,0	13,2	0,9	2,98	areia fina	1,05	PS	0,31	1,54
191-194	91,8	8,2	7,7	0,5	2,88	areia fina	0,85	MS	0,26	1,51
201-204	90,4	9,6	9,0	0,6	2,83	areia fina	0,93	MS	0,28	1,56
211-214	85,4	14,7	13,8	0,8	3	areia fina	1,13	PS	0,21	1,64
221-224	89,3	10,7	10,1	0,6	2,94	areia fina	0,93	MS	0,27	1,52
231-234	89,8	9,9	9,3	0,6	2,83	areia fina	1,06	PS	0,16	1,65
241-244	90,1	9,9	9,2	0,7	2,79	areia fina	0,97	MS	0,27	1,53
251-254	90,9	9,1	8,6	0,5	2,7	areia fina	0,94	MS	0,26	1,49
261-264	90,1	9,9	9,4	0,6	2,79	areia fina	0,94	MS	0,27	1,5
273-276	92,2	7,8	7,5	0,3	2,64	areia fina	0,89	MS	0,25	1,45
276-279	94,2	5,8	5,5	0,3	2,58	areia fina	0,77	MS	0,24	1,5
288-291	100,0	0,0	0,0	0,0	2,39	areia fina	0,4	BS	0	0,95
291-294	100,0	0,0	0,0	0,0	2,4	areia fina	0,4	BS	-0,01	0,95
301-304	96,9	3,1	3,1	0,0	2,47	areia fina	0,49	BS	0,08	1,04
311-314	100,0	0,0	0,0	0,0	2,4	areia fina	0,4	BS	-0,01	0,95
321-324	100,0	0,0	0,0	0,0	2,48	areia fina	0,47	BS	-0,01	0,93
331-334	95,6	4,4	4,2	0,2	2,43	areia fina	0,52	MBS	0,11	1,09
341-344	97,5	2,5	2,5	0,0	2,33	areia fina	0,49	BS	0,07	1,04
350-353	95,2	4,8	4,6	0,2	2,45	areia fina	0,6	MBS	0,16	1,24
353-356	87,7	12,3	11,6	0,7	2,93	areia fina	0,99	MS	0,32	1,56
363-366	92,3	7,7	7,4	0,3	2,61	areia fina	0,88	MS	0,26	1,48
373-376	92,3	7,7	7,5	0,3	2,45	areia fina	0,9	MS	0,26	1,4
383-386	87,7	12,3	11,8	0,4	2,68	areia fina	1,04	PS	0,31	1,33
393-396	93,4	6,6	6,3	0,3	2,47	areia fina	0,83	MS	0,28	1,66
403-406	87,2	12,9	12,3	0,6	2,67	areia fina	1,12	PS	0,3	1,29
413-416	88,4	11,7	11,2	0,4	2,7	areia fina	1,03	PS	0,27	1,3
423-426	95,0	5,0	4,8	0,2	2,46	areia fina	0,67	MS	0,17	1,22
429-432	85,9	14,1	13,5	0,6	2,86	areia fina	1,06	PS	0,31	1,35

o aspecto morfológico. Ao norte, o embasamento Pré-Cambriano atinge o mar em quase toda a extensão, excetuando-se pequenas planícies formadas na sua parte interna por depósitos continentais. Ao sul, desenvolvem-se grandes planícies essencialmente formadas por depósitos marinhos ou flúvio-lagunares. Essas planícies são separadas entre si por pontões do embasamento Pré-Cambriano em contato com a mar.

A área estudada situa-se no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (25°01'S, 47°55'W), entre a foz do



Figura 3. Resultados granulométricos, geoquímicos, microfaunísticos e radiométricos do testemunho AR4. Figure 3. Grain size, geochemistry, microfaunal and radiometric results of the AR4 core.

rio Ribeira de Iguape e a divisa dos estados de São Paulo e Paraná. O sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape é formado por ambientes complexos, associados a ilhas-barreira, manguezais, bancos de lama e canais lagunares, cobrindo uma extensão de 130 por 40 km e é circundado por terreno Pré-cambriano (Figura 1).

MATERIAL E MÉTODOS

O testemunho analisado (AR4), do qual foram estudadas 47 amostras, foi coletado sob lâmina d'água de 0,50 m com testemunhador a vibração, em um banco de *Spartina alterniflora*, localmente denominado de Arrozal. Em laboratório, o testemunho foi aberto, fotografado, medido e descrito (cor, textura, estruturas sedimentares e componentes orgânicos). Fragmentos vegetais e conchas de moluscos foram coletados e datados por radiocarbono, pela técnica de MAS, e calibrados no laboratório Beta Analytic (EUA).Após a descrição e datação, o testemunho foi amostrado a cada 10 cm, retirando-se 3 cm de sedimentos. De cada seção foram extraídas três subamostras, uma para análises granulométrica, geoquímica e do conteúdo microfaunístico.

As análises granulométricas foram executadas segundo os métodos de peneiramento e pipetagem descritos por Suguio (1973). Os teores de carbonato de cálcio foram obtidos por dissolução ácida em HCl a 10% e diferença de peso (Gross, 1971). As análises de carbono e nitrogênio foram realizadas no analisador LECO® CNS-2000 (Elemental carbon, nitrogen and sulphur analyzer).

Os dados granulométricos e os teores de carbonato biodetrítico foram classificados de acordo com Wentworth (1922) e Larssonneur *et al.* (1982), respectivamente. A partir dos resultados das análises de C, N e S foi possível calcular as razões C/N e C/S, que permitem fazer considerações sobre a origem da matéria orgânica (M.O.) e disponibilidade de oxigênio nos sedimentos, respectivamente. De acordo com Bader (1955), razões C/N com valores abaixo de 6 indicam M.O. de origem marinha e acima de 15 de origem continental. Os valores intermediários indicam mistura de fontes marinha e continental. Os valores das razões C/S acima de 3 indicam ambientes oxidantes, já baixos valores (<3%) indicam ambientes redutores (Stein, 1991; Borrego *et al.*, 1998).

De cada uma das 47 amostras foi retirada uma alíquota de 10 cm³, que foi peneirada a úmido em duas peneiras: 0,500 e 0,062 mm (Schröder *et al.*, 1987). As frações retidas nas peneiras foram secas e submetidas à análise densimétrica por flutuação-afundamento em tricloroetileno, visando separar os foraminíferos do sedimento (Scott *et al.*, 2001).

Uma vez separadas, as carapaças dos foraminiferos, independente de tamanho, coloração ou grau de fragmentação, foram triadas, fixadas com goma adragante em lâminas quadriculadas de fundo escuro, identificadas e contadas. Algumas amostras que apresentaram número muito elevado de indivíduos foram subamostradas. Esta



Figura 4. Foraminíferos do testemunho AR4: **A**, *Ammoastuta salsa*, 120-123 cm; **B**, *Ammonia tepida*, 120-123 cm; **C**, *A. tepida*, 120-123 cm; **D**, *A. tepida*, 120-123 cm; **F**, *A. tepida*, 12-15 cm; **G**, *Arenoparella mexicana*, 22-25 cm; **H**, *A. mexicana*, 90-93 cm; **I**, *A. mexicana*, 90-93 cm; **J**, *Bolivina* sp., 251-254 cm; **K**, *Brizalina striatula*, 251-254 cm; **L**, *Bulimina marginata*, 261-264 cm; **M**, *B. marginata*, 221-224 cm; **N**, *Buliminella elegantissima*, 251-254 cm; **O**, *Cibicides* sp., 251-254 cm. Escalas: A-I, M-O = 30 µm; J-L = 20 µm. **Figure 4.** Foraminifera of the core AR4. Scale bars: A-I, M-O = 30 µm; J-L = 20 µm.



Figura 5. Foraminíferos do testemunho AR4. **A**, *Cribroelphidium excavatum* f. *clavata*, 251-254 cm; **B**, *C. excavatum*, 120-123 cm; **C**, *C. excavatum*, 120-123 cm; **D**, *C. excavatum*, 120-123 cm; **E**, *C. excavatum*, 120-123 cm; **F**, *C. poyeanum*, 120-123 cm; **G**, *C. poyeanum*, 120-123 cm; **H**, *C. poyeanum*, 251-254 cm; **I**, *C. poyeanum*, 12-15 cm; **J**, *Gaudryina exilis*, 120-123 cm; **K**, *G. exilis*, 90-93 cm; **L**, *G. exilis*, 22-25 cm; **M**, *Globigerina bulloides*, 261-264 cm; **N**, *Globigerina* sp., 12-15 cm; **O**, *Hanzawaia boueana*, 261-264 cm. Escalas: A, B, D-F, H, L, M, O = 30 μm; C, G, I, J, N = 100 μm; K = 20 μm.

Figure 5. Foraminifera of the core AR4. Scale bars: A, B, D-F, H, L, M, O = 30 µm; C, G, I, J, N = 100 µm; K = 20 µm.

Tabela 2. Dados geoquímicos do t	estemunho AR4.
Table 2. Geochemical data of the	AR4 core.

Profundidade	C	CaCO3	Corg.	Ntot.	Stot.	C/N	Origem da matéria	C/S	Potencial de oxi-redução	
(cm)		(%)	(%)	(%)	(%)		orgânica (Bader,1955)		sedimentos	
00-05	3,22	Litoclástico	0,295	0,025	0,062	11,817	Mista	4,748	Tendência redutora	
12-15	3,7	Litoclástico	0,452	0,035	0,168	12,921	Mista	2,695	Redutor	
22-25	3,78	Litoclástico	0,831	0,079	0,335	10,575	Mista	2,48	Redutor	
32-35	2,97	Litoclástico	0,535	0,034	0,231	15,629	Continental	2,313	Redutor	
42-45	2,27	Litoclástico	0,325	0,018	0,135	18,064	Continental	2,402	Redutor	
47-50	2,52	Litoclástico	0,161	0,008	0,05	19,79	Continental	3,186	Tendência redutora	
50-53	3	Litoclástico	0,329	0,018	0,116	18,325	Continental	2,843	Redutor	
60-63	2,76	Litoclástico	0,218	0,011	0,067	20,004	Continental	3,267	Tendência redutora	
70-73	8,14	Litoclástico	1,687	0,119	0,78	14,131	Mista	2,162	Redutor	
80-83	10,24	Litoclástico	2,561	0,166	1,014	15,446	Continental	2,526	Redutor	
90-93	5,77	Litoclástico	1,332	0,084	0,593	15,795	Continental	2,245	Redutor	
100-103	4,29	Litoclástico	0,557	0,033	0,287	16,634	Continental	1,942	Redutor	
110-113	3,59	Litoclástico	0,641	0,03	0,292	21,698	Continental	2,194	Redutor	
120-123	4,46	Litoclástico	0,418	0,022	0,195	19,254	Continental	2,143	Redutor	
130-133	5,65	Litoclástico	0,975	0,064	0,409	15,312	Continental	2,385	Redutor	
140-143	1,94	Litoclástico	0,209	0,014	0,08	14,598	Mista	2,624	Redutor	
150-153	2,83	Litoclástico	0,356	0,024	0,146	14,865	Mista	2,431	Redutor	
160-163	3,56	Litoclástico	0,531	0,03	0,229	17,55	Continental	2,314	Redutor	
170-173	4,63	Litoclástico	0,675	0,04	0,291	16,985	Continental	2,318	Redutor	
178-181	5,58	Litoclástico	0,816	0,044	0,342	18,636	Continental	2,387	Redutor	
191-194	4,6	Litoclástico	0,651	0,042	0,295	15,499	Continental	2,202	Redutor	
201-204	3,95	Litoclástico	0,472	0,027	0,187	17,62	Continental	2,524	Redutor	
211-214	6,12	Litoclástico	0,86	0,047	0,349	18,113	Continental	2,464	Redutor	
221-224	5,02	Litoclástico	0,584	0,034	0,276	17,02	Continental	2,116	Redutor	
231-234	5,38	Litoclástico	0,661	0,035	0,284	18,822	Continental	2,326	Redutor	
241-244	5,23	Litoclástico	0,575	0,03	0,27	19,261	Continental	2,129	Redutor	
251-254	4,34	Litoclástico	0,504	0,026	0,234	19,586	Continental	2,158	Redutor	
261-264	3,28	Litoclástico	0,465	0,017	0,209	26,762	Continental	2,226	Redutor	
273-276	4,04	Litoclástico	0,439	0,024	0,219	18,125	Continental	2,005	Redutor	
276-279	4,27	Litoclástico	0,287	0,014	0,12	20,901	Continental	2,399	Redutor	
288-291	1,72	Litoclástico	0,094	0,004	0,028	25,117	Continental	3,377	Tendência redutora	
291-294	1,44	Litoclástico	0,105	0,003	0,021	38,571	Continental	5,033	Oxidante	
301-304	2,87	Litoclástico	0,215	0,009	0,076	23,667	Continental	2,84	Redutor	
311-314	1,59	Litoclástico	0,084	0,003	0,019	26,946	Continental	4,313	Tendência redutora	
321-324	2,22	Litoclástico	0,164	0,006	0,05	25,286	Continental	3,261	Tendência redutora	
331-334	2,85	Litoclástico	0,304	0,014	0,107	22,233	Continental	2,836	Redutor	
341-344	2,6	Litoclástico	0,295	0,013	0,137	22,141	Continental	2,151	Redutor	
350-353	2,74	Litoclástico	0,254	0,011	0,113	23,592	Continental	2,24	Redutor	
353-356	5,03	Litoclástico	0,792	0,041	0,415	19,392	Continental	1,911	Redutor	
363-366	3,44	Litoclástico	0,428	0,022	0,244	19,848	Continental	1,757	Redutor	
373-376	4,15	Litoclástico	0,538	0,028	0,28	19,271	Continental	1,923	Redutor	
383-386	4,19	Litoclástico	0,603	0,031	0,302	19,231	Continental	2	Redutor	
393-396	3,28	Litoclástico	0,331	0,039	0,163	8,462	Mista	2,032	Redutor	
403-406	6,11	Litoclástico	0,635	0,034	0,344	18,794	Continental	1,847	Redutor	
413-416	6,76	Litoclástico	0,811	0,043	0,445	18,726	Continental	1,825	Redutor	
423-426	2,47	Litoclástico	0,371	0,018	0,161	20,836	Continental	2,31	Redutor	
429-432	4,34	Litoclástico	0,706	0,036	0,324	19,742	Continental	2,178	Redutor	

subamostragem consistiu em homogeneizar, com auxílio de um pincel, o material decantado em placa de petri, dividindoo em partes iguais até a redução de 200 carapaças.

A classificação genérica dos foraminíferos seguiu Loeblich & Tappan (1964, 1988). A identificação das espécies teve como referência imagens digitais de trabalhos realizados na região de Cananéia (Duleba, 1997), o banco de imagens do

Laboratório de Micropaleontologia da USP e por análises comparativas com exemplares pertencentes à coleção de micropaleontologia do IGc/USP.

Após a classificação taxonômica, foram elaborados gráficos de densidade e de riqueza das espécies. Baseandose em Duleba *et al.* (2005), as espécies identificadas foram separadas em grupos, como segue: foraminíferos aglutinantes



Figura 6. Foraminíferos do testemunho AR4. **A**, *Hanzawaia boueana*, 12-15 cm; **B**, *Haplophragmoides wilberti*, 22-25 cm; **C**, *Haplophragmoides wilberti*, 12-15 cm; **D**, *Miliammina fusca*, 90-93 cm; **E**, *Miliammina earlandi*, 12-15 cm; **F**, *Pararotalia cananeiaensis*, 251-254 cm; **G**, *Pararotalia cananeiaensis*, 251-254 cm; **H**, *Pararotalia cananeiaensis*, 251-254 cm; **J**, *Pseudononion atlanticum*, 251-254 cm; **K**, *Pseudononion atlanticum*, 221-224 cm; **L**, *Quinqueloculina seminulum*, 221-224 cm. Escalas: A, D, G = 20 μm; B, E, F, H-L = 30 μm; C = 100 μm.

Figure 6. Foraminifera of the core AR4. Scale bars: A, D, G = 20 µm; B, E, F, H-L = 30 µm; C = 100 µm.

típicos de ambiente parálico, calcários mixoalinos e calcários marinhos típicos de plataformas interna e/ou externa.

Posteriormente, todas as carapaças triadas foram fotografadas em câmara digital acoplada em microscópio estereoscópico. A partir das imagens digitais foram realizadas análises morfométricas, utilizando-se o analisador de imagens Analysis. Carapaças foram agrupadas em pequenas (<125 μ m), médias (125-250 μ m), grandes (250-500 μ m) e muito grandes (>500 μ m), de acordo com Lançone *et al.*(2005). As fotografias das figuras 5-6 foram tomadas em MEV.

RESULTADOS

Descrição macroscópica

O testemunho AR4 apresenta 4,32 m de comprimento (Figura 2). Sua porção basal (432 a 353 cm de profundidade) é constituída por sedimentos arenosos cinza-esverdeados, fortemente bioturbados, com várias intercalações milimétricas a centimétricas de lama cinza escura e fragmentos vegetais. A partir de 353 cm, a porção basal é sobreposta, em contato gradacional, por um intervalo arenoso fino, com lentes milimétricas de lama, que se prolonga até 290 cm de profundidade. Esse intervalo apresenta vários fragmentos vegetais dispersos que tendem a aumentar rumo ao topo do testemunho.

De 290 a 276 cm de profundidade, também em contato gradacional, passa a ocorrer um intervalo arenoso fino maciço, sem material biogênico. Sobrepostos a ele, são observados, entre 276 a 181 cm de profundidade, sedimentos arenolamosos, com vários fragmentos biogênicos com predominância de conchas de moluscos.

De 181 a 143 cm de profundidade, sobrepõem-se, em contato gradacional com a porção inferior, sedimentos arenosos finos, com lentes centimétricas de lama, bioturbação escassa e fragmentos vegetais dispersos. De 143 a 63 cm de profundidade, passam a ocorrer vários fragmentos de moluscos e vegetais. De 63 a 50 cm de profundidade, surgem intercalações centimétricas de areia com milimétrica de lama na matriz arenosa. De 50 cm ao topo, passa a ocorrer, em contato gradacional com o intervalo anterior, uma seqüência arenosa maciça sem componentes biogênicos.

Análises granulométricas e radiométricas (¹⁴C)

O testemunho AR4 é composto essencialmente por areia fina, com diâmetro médio de 2,4 a 3 ϕ (Figura 3, Tabela 1). As porcentagens de areia variam de 85 a 100%. Nas porções onde ocorrem camadas milimétricas a centimétricas de lama e porções com intercalações areno-lamosas, nota-se a diminuição na porcentagem de areia (Figura 3, Tabela 1). Da base até 291 cm de profundidade, constata-se granocrescência ascendente (Figura 3, Tabela 1). A partir de 291 até a profundidade de 183 cm passa a ocorrer granodecrescência, devido ao aumento das porcentagens de lama (Figura 3, Tabela 1). Rumo ao topo, são observadas granocrescências nos intervalos entre 183 a 143 cm e de 50 cm ao topo. Entre estes dois intervalos (*i.e.*, no intervalo de 143 a 53 cm) ocorre aumento das porcentagens de lama (Tabela 1).

A concha amostrada na profundidade de 348 cm forneceu a idade de 5010 ±40 anos AP (idade calibrada de 5455 a 5280 anos AP) (Figura 3). A idade obtida para o fragmento vegetal coletado entre as profundidades de 288 e 291 cm indicou 4650 ±40 anos AP (idade calibrada de 5465 a 5295 anos AP). A concha amostrada entre as profundidades de 181 a 178 cm forneceu a idade de 860 ±40 anos AP (idade calibrada de 530 a 435 anos AP). O fragmento vegetal coletado entre a profundidade de 80 a 83 cm foi datado em 180 ±40 anos AP (idade calibrada de 235 a 65 anos AP).

Análises geoquímicas

Os resultados dos teores de carbonato de cálcio indicam a ocorrência de areia litoclástica em todos os intervalos. Quanto aos demais resultados geoquímicos, estes indicam diminuição progressiva do aporte de carbono orgânico, nitrogênio e enxofre totais, da base até a profundidade de 288 cm, onde foi observado 100% de areia (Figura 3). De 288 cm até 183 cm houve aumento na quantidade destes elementos, juntamente com a diminuição da porcentagem de areia. A partir de 183 cm, esses valores aumentam significativamente, chegando à concentração máxima na profundidade de 83 cm (Figura 3, Tabela 2). De 83 cm até o topo, eles voltam a diminuir progressivamente, concomitantemente ao aumento das porcentagens de areia.

Os valores das razões C/N indicam que a origem da matéria orgânica (M.O.) do testemunho AR4 é quase exclusivamente continental. Somente nas profundidades de 393, 153, 140 e 70 cm, e no topo do testemunho, é que os valores da razão C/N são sugestivos de origem mista (Tabela 2). Quanto à razão C/S, constata-se que a maioria dos sedimentos analisados foi depositada sob condição redutora, excetuando-se os sedimentos do intervalo entre 324 e 290 cm, que apresentam condições mais oxidantes (Tabela 2).

Análises microfaunísticas

Foram identificadas 34 espécies de foraminíferos (Tabela 3). Algumas destas espécies são mostradas nas figuras 4-6. Os valores de densidade variam de 0 a 1200 indivíduos.10cc-1, os mais altos estando concentrados no intervalo de 288 a 100 cm. Os valores de riqueza variam entre 0 e 16 espécies e os maiores valores se concentram na profundidade entre 288 a 170 cm (Figura 3). De 426 a 288 cm de profundidade são observadas somente diatomáceas e muitos fragmentos de vegetais vasculares, com ocorrência episódica de foraminíferos calcários marinhos entre 334-331 cm (Tabela 3). A partir de 279 cm, os foraminíferos são abundantes, ocorrendo cerca de 600 espécimes.10cc-1 distribuídos entre mais de 10 espécies, com a predominância de Pararotalia cananeiaensis, um foraminífero típico de plataforma interna (Figuras 6 e 7). Na profundidade de 163 a 160 cm, predominam os foraminíferos calcários mixohalinos e



Figura 7. Freqüência absoluta de foraminíferos ao longo do testemunho AR4. A-B, espécies calcárias marinhas; C-D, espécies calcárias mixohalinas; E-F, espécies aglutinantes de ambiente estuarino confinado (canal ou mangue); G, espécie aglutinante salobra.
Figure 7. Absolute frequency of foraminifers along the core AR4. A-B, marine calcareous species; C-D, mixohaline calcareous species; E-F, confined environment agglutinated species (channel or mangrove); G, brackish agglutinated species.

calcários marinhos de plataforma interna. De 153 a 150 cm de profundidade para o topo, predominam os foraminíferos tipicamente mixohalinos. De 93 a 50 cm de profundidade, os valores de densidade e riqueza diminuem consideravelmente, com o predomínio de foraminíferos aglutinantes de ambiente parálico. De 50 cm até o topo, os valores de densidade e riqueza de espécies aumentam, com o predomínio de foraminíferos aglutinantes e calcários mixohalinos. Em resumo, constata-se que a partir de 288 cm para o topo ocorre uma sucessão de assembléias iniciada por foraminíferos calcários marinhos de plataforma interna, passando para foraminíferos calcários mixohalinos e finalmente para foraminíferos aglutinantes típicos de manguezal.

DISCUSSÃO

Excetuando-se a profundidade de 331 a 334 cm, onde foram encontradas somente três testas de foraminíferos, a porção inferior do testemunho (*i.e.*, 423 a 279 cm de profundidade) é constituída por sedimentos arenosos finos litoclásticos, com baixas porcentagens de C, N e S, com matéria orgânica de origem continental, redutores (excetuando o intervalo compreendido entre 291 e 294 cm, onde os sedimentos têm características oxidantes), ricos em diatomáceas e destituídos de foraminíferos. É possível que as três testas de foraminíferos acima referidas sejam alóctones, visto que apresentavam marcas de abrasão. Concha e fragmento vegetal, situados a 348 e 288 cm de profundidade, forneceram as idades de 5010 e 4650 ±40 anos AP, respectivamente. Entre estes dois níveis temporais, a taxa de sedimentação foi de 0,147 cm.ano⁻¹.

Segundo o esquema evolutivo da ilha Comprida de Martin & Suguio (1978), durante o máximo da Transgressão Santos (5100 anos AP), a parte sul da ilha estaria submersa pelo mar. Ainda segundo estes autores, após este nível máximo, iniciouse período regressivo, que propiciou a formação de vários depósitos marinhos holocênicos, constituídos pelas areias erodidas pela transgressão. Portanto, a porção inferior do testemunho do Arrozal provavelmente corresponderia a esses depósitos arenosos.

Somente a partir de 288 cm de profundidade é que os foraminíferos passam a ocorrer em grande quantidade. Estes organismos são abundantes de 288 a 178 cm de profundidade. Concomitante ao aparecimento dos foraminíferos, constatou-se diminuição da porcentagem de areia, aumento do aporte de carbono orgânico, nitrogênio e enxofre. A origem da M.O. continua sendo continental e os sedimentos apresentam forte tendência redutora. Pelo gráfico da figura 2, as maiores concentrações de foraminíferos estão associadas a sedimentos mais finos. De acordo com Boltovskoy & Wright (1976), a abundância de testas de foraminíferos é inversamente proporcional ao tamanho dos grãos dos sedimentos, ou seja, sedimentos mais finos propiciam a proliferação destes organismos. Essa concentração de testas também deve estar relacionada à baixa taxa de sedimentação que ocorreu entre 288 e 178 cm de profundidade (0,03 cm.ano⁻¹).

No intervalo de 288 a 178 cm, em que Pararotalia cananeiaensis é dominante, as espécies de foraminíferos são típicas de ambiente de plataformal interno (e.g., Hanzawaia boueana, Pseudononion atlanticum), ocorrendo, inclusive, Globigerina bulloides e Uvigerina bifurcata, próprias de meio mais distal (Figura 5L). Particularmente estas duas últimas espécies devem ter sido transportadas por correntes. A presença de organismos tipicamente marinhos permite inferir forte influência marinha no local do testemunho do Arrozal, entre aproximadamente 4650 e 860 anos A.P. Uma hipótese plausível para a presença destes organismos de plataforma seria que neste período o tamanho da ilha Comprida era menor que o atual. Ou seja, sem a presença de anteparo, a influência marinha era mais franca no local onde hoje se situa o Arrozal. A desembocadura de Cananéia deveria estar mais próxima da região do Arrozal. Esta interpretação é coerente com o modelo de Suguio & Martin (1978), pois segundo estes autores, à medida que o nível do mar abaixava na região de Cananéia (após a Transgressão Santos, 5100 anos A.P.), ocorria adição de várias cristas praiais, o que resultou no "crescimento" da ilha Comprida para o norte, rumo a Iguape, deixando a parte sul mais exposta à influência marinha.

A partir de 153 cm de profundidade, os foraminíferos calcários mixohalinos (*Cribroelphidium excavatum* s.l. e *Ammonia tepida*) e os aglutinantes (*Arenoparella mexicana, Haplophragmoides wilberti*) tornam-se mais abundantes que os marinhos (Figura 5). As duas primeiras espécies são mais abundantes que as espécies aglutinantes, isto indica ocorrência de ambiente estuarino/lagunar associado a manguezais. Durante esse período, supõe-se que grande parte da ilha Comprida já teria sido formada, agindo como anteparo natural à entrada do mar.

De 143 a 12 cm de profundidade, os aglutinantes aumentam progressivamente rumo ao topo, sugerindo a presença de manguezais. A presença de *Miliammina fusca* indica maior aporte de água doce entrando no sistema (Figura 5).

No topo do testemunho, a presença de calcários mixohalinos em associação com aglutinantes, volta a ser abundante, sugerindo ambiente de borda de manguezal com influência marinha moderada.

CONCLUSÕES

As variações na composição de espécies de foraminíferos encontradas ao longo de parte do testemunho AR4, avaliadas em conjunto com as análises sedimentológicas e geoquímicas, permitiram detectar mudanças ambientais significativas na região do Arrozal nos últimos 5000 anos.

O local sofreu forte influência marinha entre <4650 e 860 anos A.P., período em que apresentou microfauna com características de ambiente marinho costeiro. Posteriormente, o nível do mar tornou-se mais baixo, a ilha Comprida estendeu-se rumo ao norte e a desembocadura de Cananéia deslocou-se mais para o sul. Assim, a região do Arrozal tornou-se progressivamente mais estuarina, havendo a implantação de manguezais há aproximadamente 180 anos A.P.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à A. C. Teodoro e J. B. Silva pelo inestimável auxílio em diversas etapas do desenvolvimento do trabalho; a J. D. Kirk e T. R. Fairchild pela revisão do abstract; e aos consultores *ad hoc* pelas valiosas sugestões e cuidadosa revisão do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Angulo, R.J. & Lessa, G.C. 1997. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, 140:141-166.
- Angulo, R.J.; Lessa, G.C. & Souza, M.C. 2006. A critical review of mid- to late-Holocene sea level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, 25:486-506.
- Almeida, F.F.M de & Carneiro, C. R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2):135-150.
- Bader, R.G. 1955. Carbon and nitrogen relations in suface and subsurface marine sediments. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 7(5/6):205-211.
- Boltovskoy, E. & Wright, R. 1976. *Recent Foraminifera*. 1^a ed. The Hague, W. Junk. Publishers, 515 p.
- Bonetti, C.V.H.C. 1995. Associações de foraminiferos e tecamebas indicadoras de sub-ambientes recentes na zona estuarina do rio Itapitangui – Cananéia/SP. Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 150 p.
- Borrego, J.; Lopez, M.; Pedon, J.G. & Morales, J.A. 1998. C/S ratios in estuarine sediments of the Odiel River-mouth, S.W. Spain. *Journal of Coastal Research*, 14(4):1276-1283.
- Debenay, J.P.; Eichler, B.B.; Duleba, W.; Bonetti, C. & Eichler-Coelho, P.P.B. 1998. Stratification of waters in coastal lagoons: it's influence on foraminiferal assemblages in two Brazilian lagoons. *Marine Micropaleontology*, **35**:67-89.
- Duleba, W. 1997. Variações nas associações de tecamebas, foraminíferos e ostracodes sub-recentes da região lagunar de Cananéia-Iguape, SP. Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 224 p.
- Duleba, W.; Coimbra, J.C.S.; Petri, S. & Barbosa, C.F. 2005. Foraminíferos, tecamebas e ostracodes recentes utilizados como bioindicadores em estudos ambientais brasileiros. *In* : C.R.G. Souza, K. Suguio, A.M.S. Oliveira & P.E. Oliveira (eds.) *Quaternário do Brasil*, Editora Holos, p. 176-201.
- Eichler, B.B & Bonetti, C.V.C. 1995. Distribuição dos foraminíferos e tecamebas ocorrentes no manguezal do rio Baguaçu, Cananéia, São Paulo - relações com alguns parâmetros ambientais. *Pesquisas*, 22(1/2):32-37.
- Eichler, B.B.; Debenay, J.P.; Bonetti, C.V.C. & Duleba, W. 1995. Repartition des foraminifères benthiques dans la zone Sud-Oest du systéme lagunar-estuarien, d'Iguape-Cananéia (Brésil). Boletim do Instituto Oceanográfico da USP, 43(1):1-17.

Eichler-Coelho, P.P.B.; Duleba, W; Eichler, B.B & Coelho-Jr., C.

1997. Determinação do impacto ecológico do Valo Grande (Iguape), a partir das associações de foraminíferos e tecamebas. *Revista Brasileira de Biologia*, **57**(3): 463-477.

- Gross, M.D. 1971. Carbon determination. *In*: R.E. Carver (ed.) *Procedures in sedimentary petrology*, Wiley-Interscience, p. 573-596.
- Lançone, R.B.; Duleba, W. & Mahiques, M.M. 2005. Circulação hidrodinâmica da Enseada do Flamengo, Ubatuba, SP, inferida a partir da distribuição espacial e morfometria de foraminíferos. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8(3):181-192.
- Larssoneur, C.; Bouysse, P. & Aaufret, J.P. 1982. The superficial sediments of the English Channel and its Western Approaches. *Sedimentology*, 29(6): 851-864.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1964. Protista. *In*: R.C. Moore (ed.) *Treatise on invertebrate paleontology, Part C.* The University Kansas Press, 2v., 900 p.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1988. Foraminiferal genera and their classification. 1^a ed. New York, Van Nostrand Reinhold, 2 v., 970 p.
- Martin, L. & Suguio, K. 1978. Ilha Comprida: um exemplo de ilhabarreira ligada às flutuações do nível marinho durante o Quaternário. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLO-GIA, 30, 1978. *Anais*, Recife, SBG, v.2, p. 905-912.
- Petri, S. & Lellis, H.S. 1971. Foraminíferos holocênicos de duas sondagens perfuradas na região de Iguape-Cananéia, Estado de São Paulo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLO-GIA, 25, 1971. *Resumos*, São Paulo, SBG/Núcleo de São Paulo, p. 90.
- Petri, S. & Suguio, K. 1971. Some aspects of the Neo-Cenozoic sedimentation in the Cananéia-Iguape lagoonal region, São Paulo, Brazil. *Estudos Sedimentológicos*, 1:25-33.
- Petri, S. & Suguio, K. 1973. Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo State, Brazil. Part II- heavy minerals studies, microorganisms inventories and stratigraphical interpretations. *Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo*, 4:71-85.
- Scott, D.B.; Medioli, F.S. & Schafer; C.T. 2001. Monitoring in coastal environments using foraminifera and thecamoebian indicators. Cambridge, Cambridge University Press, 177 p.
- Schröder, C.J.; Scott, D.B. & Mediolli, F.S. 1987. Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses? *Journal of Foraminiferal Research*, 4:101-110.
- Stein, R. 1991. Accumulation of organic carbon in marine sediments: results from the Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program (DSDP/ODP). *In*: S. Battacharji, G.M. Friedman, H.J. Neugebauer & A. Seilacher (eds.) *Lecture Notes in Earth Sciences*, Springer-Verlag, p. 1-217.
- Suguio, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. 1ª ed. São Paulo, Edgard Blücher/EDUSP, 317 p.
- Suguio, K. & Martin, L.1978. Formação quaternária marinha do litoral paulista e sul fluminense. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1, 1978. *Special Publication*, São Paulo, SBG/ USP, v.1, p. 1-55.
- Suguio, K. & Martin, L. 1987. Classificação de costas e evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do Sudeste e Sul do Brasil. *In*: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE DO BRASIL, SÍNTESE DE CONHECIMENTOS, 1, 1987. *Anais*, Cananéia, ACIESP, v.1, p. 1-28.
- Suguio, K.; Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Flexor, J.M. & Azevedo, A.E. G. 1985. Flutuações do nível

relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, **15**:273-286.

- Suguio, K. & Petri, S. 1973. Stratigraphy of the Iguape-Cananéia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo, Brazil. Part I: field observations and grain size analysis. *Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo*, 4:1-20.
- Tessler, M.G. 1982. Sedimentação atual na região lagunar de *Cananéia-Iguape, estado de São Paulo*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, v.1, 110 p.
- Tessler, M.G. & Furtado, V.V. 1983. Dinâmica de sedimentação das feições de assoreamento da região lagunar Cananéia-Iguape, estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, **32**:117-124.
- Tessler, M.G. & Mahiques, M.M. 1993. Utilization of coastal geomorphic features as indicators of longshore transport: examples of the southern coastal region of the State of São Paulo. Brazil. *Journal of Coastal Research*, 9:823-830.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**(1):377-392.

Received in April, 2007; accepted in September, 2007.