

DIATOMÁCEAS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS NA PLANÍCIE DE MARÉ DA PRAIA DE ITUPANEMA, ESTADO DO PARÁ, AMAZÔNIA¹

Fábio Campos Pamplona Ribeiro^{2,4},
Cristina do Socorro Fernandes de Senna² & Lezilda Carvalho Torgan³

RESUMO

(Diatomáceas em sedimentos superficiais na planície de maré da Praia de Itupanema, estado do Pará, Amazônia) O objetivo deste artigo é avaliar a composição, abundância e riqueza das diatomáceas presentes na zona intermaré da Praia de Itupanema e relacionar esses atributos à hidrodinâmica atual, evidenciada pela textura do sedimento. Foram coletadas 10 amostras em duas transecções perpendiculares, em intervalos de 5 m nas coordenadas 01°31'03''S e 48°43'28''W em março de 2006, sendo analisadas segundo as técnicas convencionais no estudo de diatomáceas. Os resultados mostraram a ocorrência de 58 espécies, 82,75% bentônicas/epifíticas e 17,25% planctônicas, comuns em águas doces a oligo-mesohalinas, as mais abundantes e freqüentes em ordem decrescente foram *Staurosirella pinnata*, *Aulacoseira granulata*, *Thalassiosira* sp., *Staurosira obtusa*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema parvulum*, *Planothidium lanceolatum*, *Thalassiosira eccentrica*, *Cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minutum*, *Nitzschia amphibia* e *Frustulia* sp. Os dados também revelaram a influência da relação areia/argila sobre a composição e a abundância das diatomáceas, o que pode explicar a prevalência local de agrupamentos de espécies ora planctônicas, ora bentônicas na zona intermaré, como resposta aos processos hidrodinâmicos atuais. Há de se salientar a provável contribuição da vegetação herbácea, atenuando a energia das ondas e marés, retendo os sedimentos finos argilosos, promovendo assim, a redução de processos de abrasão na zona intermaré e a conseqüente preservação dos táxons planctônicos.

Palavras-chave: diatomáceas, hidrodinâmica, estuário.

ABSTRACT

(Diatoms on surface sediments of tidal plain, Itupanema Beach, Pará State, Amazon) This paper aim evaluate the composition, abundance and richness of diatoms and to relate these attributes to actual hydrodynamic processes evidenced by sedimentary texture on surface sediments located on intertidal zone of Itupanema Beach, situated on estuarine continental sector of the Pará State, Amazon. The 10 samples were collected in perpendicular transects within 5 m intervals on coordinates 01°31'03''S and 48°43'28''W in 2006, March and were applied diatoms analysis following standard techniques. The results showed 58 species, being 82,75% benthic/epiphytic and 17,25% planktonic species, occurring commonly in fresh to oligo-mesohaline waters, the more abundant and frequent species in decrescent order were *Staurosirella pinnata*, *Aulacoseira granulata*, *Thalassiosira* sp., *Staurosira obtusa*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema parvulum*, *Planothidium lanceolatum*, *Thalassiosira eccentrica*, *Cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minutum*, *Nitzschia amphibia* and *Frustulia* sp. The data also revealed that the sedimentary ratio sand/clay was influenced by actual hydrodynamic processes, probably determining the local prevalence of planktonic species groups or benthic species groups on the intertidal zone, in terms of the composition and the abundance of diatoms species. The aquatic herbaceous vegetation had a possible role on the reduction the both energy waves and tidal current velocities, and the retention of muddy sediments, with the reduction of abrasion processes in the intertidal zone and consequently preserving planktonic taxa.

Key words: diatoms, hydrodynamic, estuary

INTRODUÇÃO

Os estuários apresentam alta variabilidade na salinidade, regime de deposição sedimentar, correntes, turbidez e biogeoquímica dos

sedimentos (Cooper 1999). Dentre os ambientes presentes nos estuários, as áreas de intermarés são altamente dinâmicas, sendo constantemente influenciadas por níveis de energia local e

Artigo recebido em 06/2007. Aceito para publicação em 01/2008.

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Curso de Botânica Tropical-MPEG/UFRA – Apoio financeiro: Companhia Vale do Rio Doce – Programa de Arqueologia Preventiva na área do Projeto Bauxita Paragominas/PA.

²Laboratório de Palinologia e Paleoecologia da Amazônia-LAPPAM, Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia. Museu Paraense Emílio Goeldi/MCT. C.P. 399, 66040-170, Belém, PA, Brasil.

³Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. C.P. 1188, Porto Alegre, RS, Brasil.

⁴Autor para correspondência: fbpamplona@yahoo.com.br

especialmente, no caso de planícies arenosas com alta energia, exibem uma estrutura governada por repetidos processos de erosão e redeposição. As diatomáceas residentes nestas áreas são adaptadas a essas condições e possuem mecanismos para superar as situações adversas (Mitbavkar & Anil 2002).

A abundância algal e a composição das espécies são também controlados pelo tempo disponível para colonização do substrato e pela microtopografia da superfície (Burkholder 1996). As características físicas do substrato como a textura e a composição, somadas ao tempo de permanência deste, são os maiores fatores influenciando a colonização algal, especialmente em águas correntes, ou em zonas de quebra das ondas em lagos (Burkholder 1996).

As pequenas rochas e sedimentos movidos pela ação de ondas e correntes, com taxas de retrabalhamento altamente variáveis, influenciadas pelo vento, chuvas ou eventos de inundação, podem selecionar microalgas móveis tais como as diatomáceas, em oposição a populações de macroalgas sésseis, mais facilmente soterradas e esmagadas (Burkholder 1996).

O sedimento superficial (0–1 cm) representa uma amostra integrada temporariamente, por táxons acumulados em um passado muito recente. A mesma amostra integra-se também espacialmente, pois incorpora táxons derivados de uma variedade de diferentes comunidades fonte, a partir de uma completa extensão de hábitos disponíveis, quais sejam, a comunidade planctônica que se encontra suspensa na água, a epifítica que cresce fixada sobre vegetação aquática e comunidades epipélica e episâmica, que vivem na superfície do sedimento lamoso e arenoso, respectivamente. Em adição, o incremento de diatomáceas no sedimento representa uma mistura de comunidades sucessionais, cuja proporção nos sedimentos, está relacionada à produtividade (Fritz *et al.* 1999).

As assembléias de diatomáceas têm sido utilizadas para inferir variáveis ambientais em séries temporais de calibração, importantes para interpretações de eventos paleoambientais, paleoclimáticos e paleohidrológicos, através da análise de sedimentos superficiais.

Diversas variáveis como o pH, nutrientes, salinidade, luz, profundidade, tipo de sedimento etc., são mensuradas através de um gradiente, assim como a composição de táxons preservados nos sedimentos ao longo deste (Hall & Smol 1999). Através de análises estatísticas, é possível quantificar a resposta de cada táxon, em relação a uma dada variável ambiental. Assim, as condições ambientais podem ser calculadas através da composição de espécies nas amostras, baseadas em estimativas quantitativas das respostas das espécies derivadas das séries de calibração (Fritz *et al.* 1999).

Os trabalhos sobre análise de diatomáceas em sedimentos superficiais são ainda escassos no Brasil, concentrados em manguezais, praias e lagoas costeiras, entretanto, muitos deles realizaram apenas levantamentos da flora algal (Silva & Cimardi 1989; Callegaro & Lobo 1990; Felício-Fernandes & Souza-Mosimann 1994; Garcia-Baptista 1996; Sylvestre *et al.* 2001; Pires & Lacerda 2004; Gomes *et al.* 2005; Ribeiro 2007; Ribeiro *et al.* 2007).

A pesquisa pioneira de Silva & Cimardi (1989) foi realizada no manguezal do rio Ratonas, Santa Catarina, onde as diatomáceas epipélicas foram separadas do sedimento, utilizando armadilhas confeccionadas com tecidos de celulose. O gênero *Nitzschia* foi melhor representado com seis espécies (*Nitzschia closterium*, *N. fasciculata*, *N. granulata*, *N. obtusa* var. *scalpelliformis*, *N. panduriformis* var. *minor* e *N. sigma* var. *rigida*).

Callegaro & Lobo (1990) estudaram as comunidades de diatomáceas de sedimentos superficiais ao longo de depósitos de turfa da fazenda Águas Claras, planície costeira do Rio Grande do Sul, onde ocorreram duas associações de diatomáceas, com *Eunotia lineolata* var. *lineolata* e *Pinnularia maior* var. *maior* (1ª associação) e *Pinnularia microstauron* var. *microstauron*, *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* (2ª associação). As preferências ecológicas das espécies indicaram a existência de um ambiente lêntico, oligoalino e ácido.

A pesquisa de Felício-Fernandes & Souza-Mosimann (1994) foi realizada em sedimentos do manguezal de Itacorubi, Santa Catarina,

onde os autores identificaram 121 táxons, destacando-se os gêneros *Nitzschia* (24 táxons) e *Navicula* (15 táxons).

Garcia-Baptista (1996) estudou a distribuição das microalgas psâmicas em sedimentos superficiais da praia Azul, RS, onde as diatomáceas destacaram-se, com 59,8% do total de espécies, sendo o grupo mais importante também, em termos de abundância, onde a descontinuidade da distribuição das comunidades foi influenciada pela condutividade, relacionada à topografia do terreno.

Sylvestre *et al.* (2001) identificaram 156 diatomáceas em 75 amostras de sedimentos superficiais provenientes da lagoa hipersalina Araruama, RJ, onde as assembléias mostraram táxons bentônicos holo-eurihalinos e eurihalinos marinhos, principalmente, com a dominância das espécies *Cocconeis plancetula* var. *euglypta*, *Catenula adhaerens* e *Cocconeis diminuta*. Contudo, em algumas áreas amostradas, as assembléias continham táxons específicos, com a sua distribuição influenciada por variações na batimetria, relacionadas ainda a variação da salinidade, tendo em vista os aportes do oceano, rios adjacentes à lagoa e precipitações.

Pires & Lacerda (2004) caracterizaram a flora de diatomáceas de um biofilme formado na interface sedimento-água do manguezal de Coroa Grande, Baía de Sepetiba, RJ, mostrando que a comunidade das microalgas constituída pelas espécies *Auliscus coelatus*, *Actinoptychus undulatus*, *Biddulphia* sp., *Cocconeis scutellum*, *Cyclotella stylorum*, *Fragilaria* sp., *Melosira nummuloides*, *Navicula lanceolata*, *Thalassionema* sp. e *Thalassiosira* sp. teve efetiva participação da nos processos biogeoquímicos.

Gomes *et al.* (2005) analisaram a distribuição de diatomáceas em sedimentos superficiais em função da profundidade na Lagoa do Boqueirão, ao norte do estado do Rio Grande do Norte, inserida em uma planície costeira com sistema dulciaquícola, visando a calibração de séries temporais para possíveis reconstituições paleoambientais. Foram identificadas 61 espécies, onde *Mastogloia smithii* var. *lacustris* foi a mais abundante, em trechos mais profundos do

sistema, enquanto *Staurosirella pinnata* e *Nitzschia amphibia* atingiram os maiores valores quantitativos, em trechos mais rasos.

No estuário amazônico, os trabalhos com diatomáceas em sedimentos superficiais estão no início, destacando-se Ribeiro (2007), que analisou diatomáceas em amostras sedimentares superficiais da Praia de Itupanema, município de Barcarena, Pará, identificando 58 espécies, sendo as mais abundantes *Staurosirella pinnata*, *Aulacoseira granulata*, *Thalassiosira* sp., *Staurosira obtusa*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema parvulum*, *Planothidium lanceolatum*, *Thalassiosira eccentrica*, *Cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minuta*, *Nitzschia amphibia* e *Frustulia* sp.

Ribeiro *et al.* (2007) analisaram diferentes substratos da planície costeira da margem leste da Ilha de Marajó, município de Soure, PA, onde a maior riqueza nas assembléias diatomológicas foi encontrada na praia do Garrote (81 espécies), provavelmente devido ao aporte de água doce do rio Paracauari, seguida pela Praia do Cajuúna (69 espécies), com maior influência marinho/estuarina e por último, a Fazenda Bom Jesus (49 espécies), cuja menor riqueza pode estar associada à baixa frequência de inundação pelas marés, uma vez que apresenta dominância de abundantes táxons continentais.

Este artigo tem como objetivo o estudo da composição, abundância e riqueza de diatomáceas, relacionando os resultados com os processos hidrodinâmicos atuais, evidenciados pela textura dos sedimentos superficiais da zona intermaré da praia de Itupanema, Setor Continental Estuarino do estado do Pará, contribuindo para o conhecimento da flora diatomológica em sedimentos amazônicos, podendo ser aplicada no estudo de séries temporais sedimentares, úteis às reconstituições paleoambientais e paleohidrológicas do período Holoceno.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estuário do rio Pará, com 300 km de extensão, inicia-se na baía da Bocas, no município de Breves, prosseguindo pelo rio

Pará, que recebe toda a massa de águas do rio Tocantins e onde insere-se a praia de Itupanema. Inclui também a baía do Guajará, que recebe a embocadura dos rios Guamá/Moju/Acará/Capim, em frente da cidade de Belém, passando à alongada baía de Marajó (Ab' Saber 2006).

A praia de Itupanema faz parte do município de Barcarena, localizada no nordeste do Estado do Pará, limitando-se ao norte e a leste com a Baía de Marajó, ao sul com os municípios de Abaetetuba, Moju e Acará e a oeste com a Baía de Guajará (Oliveira 2002).

A área de estudo integra o setor continental estuarino (Alves *et al.* 2005), em termos fisiográficos, com sucessivos promontórios e enseadas (Farias 2004, *apud* Alves *et al.* 2005), cujas praias arenosas são curtas e estreitas, reflectivas e intermediárias e as várzeas de maré holocênicas são ligadas ao estuário do rio Pará e falésias do Grupo Barreiras (IDESP 1984, *apud* Oliveira 2002).

O clima da microregião é do tipo Afii de Köppen, com pluviosidade anual média superior a 2.000 mm. O período chuvoso estende-se de dezembro a maio, enquanto no período seco, de junho a novembro, os totais pluviométricos caem pela metade (IDESP 1983, *apud* Oliveira 2002).

A geologia da região é representada por depósitos siliciclásticos (conglomerado, arenito, argilito) continentais da formação Barreiras, pouco ou mal selecionados de idade Plio-Pleistoceno, pertencentes ao Planalto Baixo Costeiro, enquanto os depósitos aluvionares recentes, constituídos por cascalhos, areias e argilas inconsolidadas do Holoceno integram a planície Flúvio-Marinha (Oliveira 2002). A Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Aluvial compõem o revestimento florístico, entretanto, florestas secundárias também ocorrem atualmente, nas áreas de terra firme (Brasil 1974, *apud* Oliveira 2002).

Foram observados em campo, restos de troncos e raízes de árvores de várzea em posição de vida como *Pterocarpus santalinoides* L Her' DC. e *Mauritia flexuosa* L., *Machaerium lunatum* (L.f.) Ducke e *Phthirusa paniculata* (Kunth) J. F. Macbr., além de árvores de mangue

Rhizophora sp. e *Avicennia germinans* L. Dentre as espécies herbáceas que colonizam o substrato registrou-se *Eleocharis intersticta* (Vahl.) Roem. & Schul., *Eleocharis caribaea* (Rottb.) Blacke, *Cyperus luzulae* (L.) Rottb. ex Retz., *Cyperus comosus* Poir. e *Crenea maritima* Aubl.

Metodologia de campo

Foram coletadas 10 amostras sedimentares superficiais, com um espaçamento de cinco metros, na porção intermaré da praia de Itupanema (01°31'03"S e 48°43'28"W), em março de 2006, ao longo de duas transecções ortogonais (Fig. 1). A primeira, disposta transversalmente à linha de praia, onde coletou-se as amostras de 1 a 5, enquanto a segunda, disposta paralelamente à linha de praia, com a coleta das amostras 6 a 10.

A descrição dos sedimentos baseou-se na textura, estrutura e consistência (Lemos & Santos 1996) e na cor (Munsell 1975). Houve variação na textura e na presença de restos vegetais e fragmentos de raízes, que integram boa parte da matéria orgânica do material coletado (Tab. 1).

Metodologia de análise

A análise diatomológica foi realizada em 2 cm³ de sedimentos, retirados de cada amostra, processadas de acordo com Moro & Santi (1999). Foram montadas três lâminas permanentes com Bálsamo do Canadá (IR=1,54), analisadas em microscópio óptico Zeiss, objetiva de 100X (imersão) e em microscópio eletrônico de varredura Zeiss, modelo LEO 1450 VP, no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi – LABMEV.

Após o término do trabalho, as lâminas foram depositadas na coleção de referência de diatomáceas da Amazônia do Laboratório de Palinologia e Paleoecologia da Amazônia (LAPPAM), Coordenação de Ciência da Terra e Ecologia/Museu Paraense Emílio Goeldi.

A classificação das espécies obedeceu ao sistema de Round *et al.* (1990). As informações sobre o hábito das espécies foram obtidas no catálogo de Moro & Fürstengerger (1997).

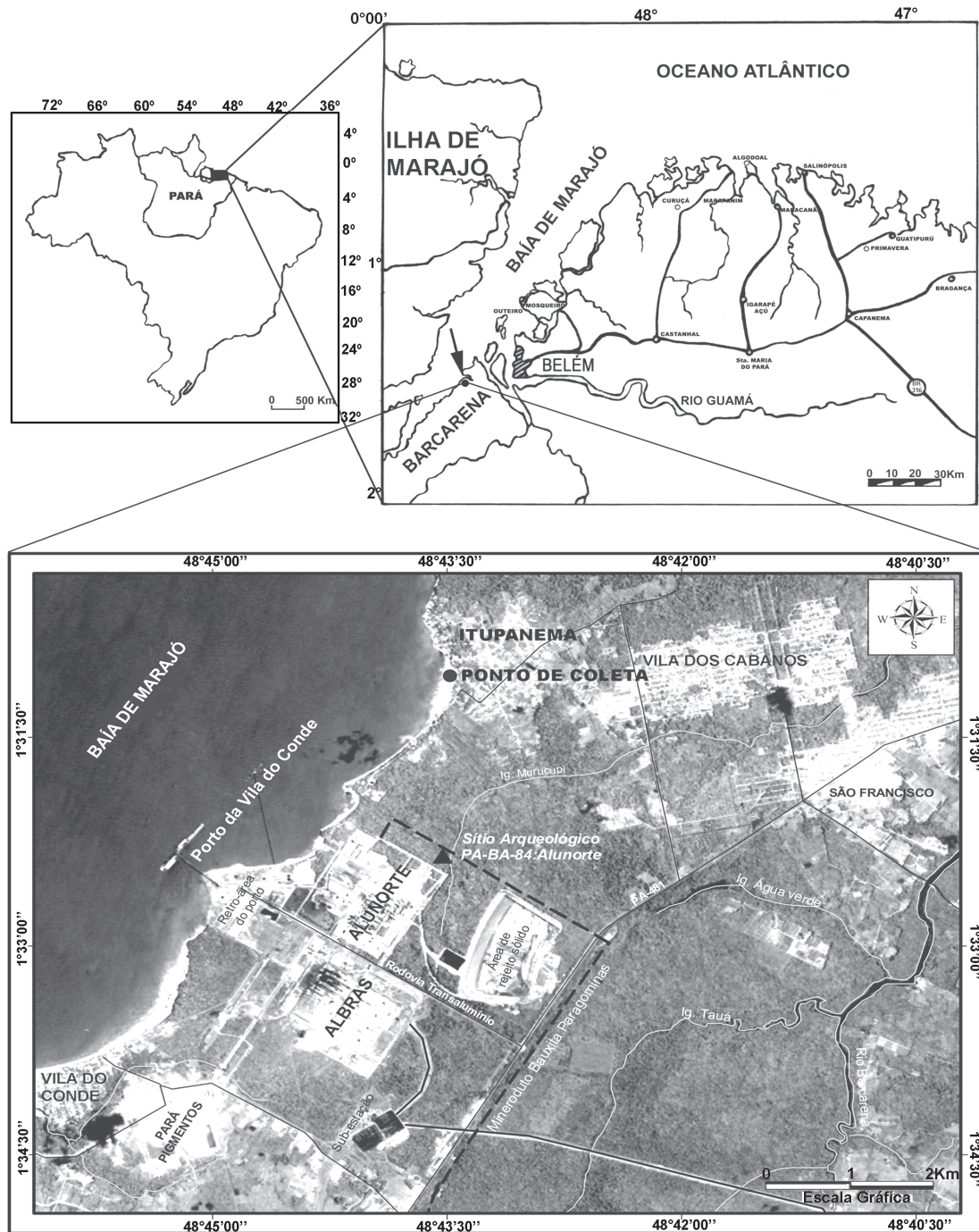


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, na praia de Itupanema, Barcarena, Pará. Fonte: Lopes (2005).

Tabela 1 – Peso, coloração e textura das amostras sedimentares de superfície coletados na praia de Itupanema, Barcarena, Pará.

Amostras	Peso (g)	Cor	Textura
1	2,4856	7,5YR 7/2	arenosa
2	2,7246	2,5Y 5/4 a 10YR 5/4	argilo-arenosa
3	4,0262	10YR 5/6	arenosa
4	3,4163	10YR 4/4	argilo-arenosa
5	2,8266	10YR 3/3	argilosa
6	2,4272	10YR 4/2	argilo-arenosa
7	3,0312	10YR 4/2	argilo-arenosa
8	2,6883	10YR 3/3 a 3/4	argilo-arenosa
9	2,3512	10YR 5/4	argilo-arenosa
10	3,5421	10YR 5/6	arenosa

A análise da estrutura da comunidade de diatomáceas em sedimentos, em resposta aos processos hidrodinâmicos atuais, baseou-se no conjunto de espécies mais representativas, que atingiram numericamente valores >70% da abundância total.

A abundância relativa foi calculada a partir da contagem de 300 valvas, obtendo-se o número de indivíduos/espécie, enquanto para a frequência de ocorrência utilizou-se a relação entre o número de amostras, nas quais cada espécie ocorre e o número total de amostras analisadas.

A comparação entre as amostras foi feita através da análise de agrupamento, baseada nos dados de presença e abundância de espécies, empregando-se o método de classificação hierárquico, com a medida de dissimilaridade de Bray-Curtis, que não é sensível aos zeros na matriz, dando maior peso às espécies dominantes. A ligação média ou UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) foi utilizada como algoritmo de ligação.

A técnica de ordenamento Análise de Correspondência (AC) foi também aplicada aos dados de abundância relativa das espécies, para a confirmação do padrão observado na Análise de Agrupamento e sua relação com a textura das amostras sedimentares. Para os dois tipos de análises, calculadas através do programa

PAST versão 1.4., foram utilizadas apenas as espécies que alcançaram valor de abundância >1%, em um mínimo de duas amostras.

RESULTADOS

Composição e classificação taxonômica

Foram identificadas 58 espécies (Tab. 2), representadas por 33 gêneros, com predominância de *Gomphonema* (9 spp.), *Pinnularia* (4 spp.), *Thalassiosira* (3 spp.), *Cyclotella* (3 spp.), *Diploneis* (3 spp.) e *Placoneis* (3 spp.).

Riqueza de espécies

A maior riqueza (34 spp.) ocorreu nas amostras 1 e 4 e a menor riqueza (23 spp.) na amostra 3 da transecção 1. Em média, a riqueza foi de 29 espécies. É importante observar que a riqueza esteve constituída predominantemente por espécies bentônicas e epifíticas, em detrimento das espécies planctônicas (Fig. 2).

Abundância, frequência de ocorrência e ecologia das espécies

Entre as espécies numericamente mais representativas, 97,7% são de água doce e 8,3% são encontradas comumente nos estuários. Dentre as espécies identificadas, 82,75% são bentônicas/epifíticas e 17,25% planctônicas, comuns em água doce a oligo-mesohalina.

Tabela 2 – Composição e classificação das diatomáceas encontradas no sedimento superficial de intermaré da praia de Itupanema/Pará. Hab. = hábito; b = bentônico; p = planctônico; eps = epipsâmico; epf = epifítico.

Táxons	Hab.	Táxons	Hab.
BACILLARIOPHYTA		<i>Planothidium lanceolatum</i>	eps
COSCINODISCOPHYCEAE		(Brébisson) Round & Bukhtiyorova	
THALASSIOSIRALES		NEIDIINEAE	
Thalassiosiracea		Amphipleuraceae	
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	p	<i>Frustulia</i> sp.	
(Ehrenberg) Cleve		Neidiaceae	
<i>T. oestrupii</i> (Ostenfeld) Hasle	p	<i>Neidium</i> sp.	
<i>Thalassiosira</i> sp.	p	Pinnulariaceae	
<i>Tryblioptychus cocconeiformis</i>	b	<i>P. gibba</i> Ehrenberg	b
(Grunow ex Cleve) Hendey		<i>P. mesolepta</i> (Ehrenberg) W. Smith	b
Stephanodiscaceae		<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	b
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	p	<i>Pinnularia</i> sp.	
<i>C. striata</i> (Kützing) Grunow	p	Diploneidaceae	
<i>C. stylorum</i> Brightwell	p	<i>Diploneis bombus</i> Ehrenberg	b
Heliopeltaceae		<i>Diploneis</i> sp. 1	
<i>Polymyxus coronalis</i> L. W. Bailey.	p	<i>Diploneis</i> sp. 2	
BIDDULPHIOPHYCIDEA		SELLAPHORINEAE	
BIDDULPHIALES		Sellaphoraceae	
Biddulphiaceae		<i>Selaphora</i> sp.	
<i>Terpsinoe musica</i> Ehrenberg	p	<i>Fallacia</i> sp.	
COSCINODISCOPHYCIDAE		NAVICULINEAE	
PARALIALES		Naviculaceae	
Paraliaceae		<i>Capartogramma crucicola</i>	b
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	p	(Grunow ex Cleve) Ross	
AULACOSEIRALES		Pleurosigmaaceae	
Aulacoseiraceae		<i>Pleurosigma</i> sp.	
<i>Aulacoseira granulata</i>	p	Stauroneidaceae	
(Ehrenberg) Simonsen		<i>Stauroneis</i> sp. 1	
COSCINODISCALES		<i>Stauroneis</i> sp. 2	
Coscinodiscaceae		BACILLARIALES	
<i>Actinocyclus normanii</i>	p	Bacillariaceae	
(Gregory) Hustedt		<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	b
Heliopeltaceae		RHOPALODIALES	
<i>Actinoptychus senarius</i>	p	Surirellaceae	
(Ehrenberg) Ehrenberg		<i>Surirella</i> sp.	
ACHNANTHALES		FRAGILARIOPHYCEAE	
Achnanthaceae		FRAGILARIOPHYCIDAE	
<i>Achnanthes elata</i>	b	FRAGILARIALES	
(Leuduger-Fortmorel) Gandhi		Fragilariaceae	
Cocconeidaceae		<i>Staurosira crassa</i> D. Metzeltin	eps
<i>Cocconeis</i> sp.	b	& H. Lange-Bertalot	
Achnanthidiaceae		<i>S. obtusa</i> (Hustedt) Garcia	eps
<i>Achnantheidium exiguum</i>	b	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg)	b
(Grunow) Czarnecki		Williams & Round	

Táxons	Hab.
<i>Fragilaria</i> sp. 1	
<i>Synedra</i> sp. 1	
<i>Synedra goulardi</i> Brébisson	b
BACILLARIOPHYCEAE	
EUNOTIOPHYCIDAE	
EUNOTIALES	
Eunotiaceae	
<i>Eunotia</i> sp. 1	
<i>Eunotia</i> sp. 2	
BACILLARIOPHYCIDAE	
CYMBELLALES	
Rhoicospheniaceae	
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse)	epf
D. G. Mann	
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch)	epf
D. G. Mann	
<i>Placoneis</i> sp. 1	
<i>Placoneis</i> sp. 2	
<i>Placoneis</i> sp. 3	
Gomphonemataceae	
<i>Gomphonema agnitum</i> Hustedt	epf
<i>G. augur</i> Ehrenberg	epf
<i>G. gibberum</i> Hustedt	epf
<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	epf
<i>G. turris</i> Hustedt	epf
<i>Gomphonema</i> sp. 1	
<i>Gomphonema</i> sp. 2	
<i>Gomphonema</i> sp. 3	
<i>Gomphonema</i> sp. 4	
<i>Gomphosphenia reicheltii</i>	epf
(M. Schmidt) Lange- Bertalot	

As espécies planctônicas *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella meneghiniana*, *Thalassiosira* sp. e *Thalassiosira eccentrica* e as bentônicas/epifíticas *Staurosirella pinnata*, *Encyonema silesiacum*, *Staurosira obtusa*, *Gomphonema parvulum*, *Planothidium lanceolatum*, *Encyonema minutum*, *Nitzschia amphibia* e *Frustulia* sp. alcançaram conjuntamente, valores de abundância relativa e frequência de ocorrência acima de 70%, nas amostras analisadas (Figs. 3 e 4).

Entre as espécies muito frequentes (100%), ressalta-se a presença das espécies planctônicas *Actinocyclus normanii* e *Polymyxus coronalis*,

entretanto, apresentaram baixos valores de abundância (<3%). As espécies bentônicas/epifíticas, *Achnantheidium exiguum* e *Staurosirella crassa*, com 90% de frequência e *Capartogramma crucicola* e *Gomphonema* sp1, com 80% de frequência, são pouco abundantes, não ultrapassando 4% (Fig. 5).

Apenas *A. granulata* e *Thalassiosira* sp., foram espécies planctônicas abundantes, alcançando mais de 20%. Entretanto, a primeira atingiu valor mínimo (4,67%) na amostra arenosa 3 e valor máximo (30,33%) na amostra argilosa 5. *Thalassiosira* sp. chegou a um mínimo de 1,67% na amostra arenosa 10 e ao máximo de 20,33%, na amostra 5.

A espécie bentônica/epifítica *S. pinnata* apresentou o maior percentual de abundância. As espécies bentônicas/epifíticas *S. obtusa*, *E. silesiacum* e *E. minutum*, *Gomphonema parvulum*, *P. lanceolatum*, *N. amphibia* e *Frustulia* sp., embora com menor representatividade de frequência, atingiram valores importantes de abundância.

A diatomácea *S. obtusa* chegou ao valor máximo (10%) na amostra 10 e mínimo (1,67%) na amostra 6 (argilo-arenosa), enquanto *E. silesiacum* e *E. minutum* alcançaram os máximos de 11% e 7%, respectivamente, nas amostras 8 e 4, ambas argilo-arenosas e mínimos de 0,33% na amostra 1 (arenosa) e 0,67% na amostra 5 (argilosa). *Gomphonema parvulum* atingiu abundância máxima na amostra 8, com 7,67% e mínima na amostra 7, com 1,67%. *P. lanceolatum* atingiu o valor máximo de 11,33% na amostra arenosa 3, sendo ausente nas amostras 4 e 5. *Nitzschia amphibia* chegou a 4% na amostra 3 e 1,67% na amostra 4 e *Frustulia* sp., atingiu valor máximo de 9% na amostra 9, foi ausente nas amostras 3, 4 e 8.

As espécies planctônicas *A. senarius* e *Paralia sulcata* e as bentônicas *Cocconeis* sp., *Tryblioptychus cocconeiformis*, *Diploneis* sp. 2, *D. bombus*, *Fragilaria* sp. 2, *Gomphonema agnitum*, *Gomphonema* sp. 4, *G. turris*, *Placoneis* sp. 1, *Pleurosigma* sp., *Surirella* sp. e *Terpsinoe musica* ocorreram em apenas uma amostra (Fig. 5).

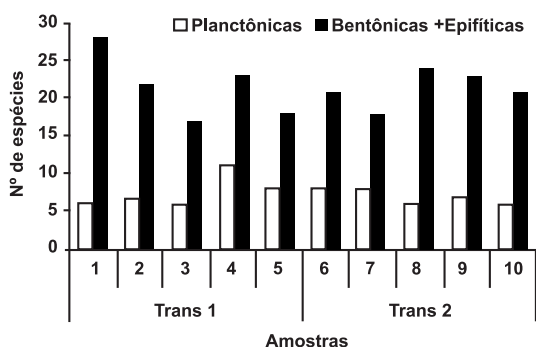


Figura 2 – Número de espécies (planctônicas e bentônicas/epifíticas) nas amostras de sedimentos superficiais da praia de Itupanema, Pará.

Análises de agrupamentos das espécies

Na análise de agrupamento, foram formados três grupos distintos, ao nível de corte de 67%, relacionando-se provavelmente, com a textura dos sedimentos (Fig. 6). O grupo 1 (G_1) foi formado apenas pela amostra argilosa 5. O grupo 2 (G_2), foi formado pelas amostras 1, 2, 4, 6, 7, 8 e 9, que apresentam composição sedimentar variando de arenosa a argilo-arenosa. O grupo 3 (G_3) foi formado pelas amostras arenosas 3 e 10.

A Análise de Correspondência (AC), mostrou um padrão semelhante ao observado na análise de agrupamento Bray-Curtis, porém com um refinamento maior no padrão de distribuição das amostras/espécies, onde os dois primeiros eixos explicaram 50,97% da variância total com seus respectivos “eigenvalues” (Tab. 3).

Nesta análise, o eixo 1 com 31% da variância explicada, situou a amostra argilosa 5 isolada à esquerda, associada com os táxons planctônicos *A. granulata* e *Thalassiosira* sp. As amostras 1, 2, 4, 6, 7, 8 e 9 foram situadas no centro do diagrama, notando-se que a maioria das espécies são encontradas nessas amostras, entretanto há maior similaridade entre as amostras argilo-arenosas 2, 4, 6, 7 e 9, distanciando-se das amostras 1 (arenosa) e 8 (argilo-arenosa). Por fim, as amostras arenosas 3 e 10 estão situadas à direita, associadas com *S. pinnata* e *P. lanceolatum*, bentônicas/epifíticas.

O eixo 2 explica 19,949% da variância, mostrando um principal agrupamento das amostras 2, 4, 6, 7 e 8, situadas no centro do diagrama. Entretanto, há um outro grupo, mais

Tabela 3 – “Eigenvalues” e variância explicada encontrados na AC das espécies nas amostras superficiais da praia de Itupanema, Pará.

Eixos	Eigenvalues	Variância explicada (%)
Eixo 1	0.14455	31.023
Eixo 2	0.092951	19.949
Eixo 3	0.0851132	18.267
Eixo 4	0.0533951	11.459

distante do grupo anterior, situado um pouco acima deste, formado pela amostra 1 (arenosa) ligado às espécies bentônicas/epifíticas *Cocconeis* sp., *Diploneis* sp. 1, *Stauroneis* sp. 1 e *Tryblioptchus cocconeiformis* e amostra 9 (argilo-arenosa), associada com *Frustulia* sp., bentônica/epifítica.

DISCUSSÃO

Os valores de abundância relativa e distribuição das diatomáceas da praia de Itupanema parecem estar fortemente ligados à textura dos sedimentos do sistema estuarino. Sedimentos argilosos evidenciam um ambiente de sedimentação de menor energia e portanto, favoreceram a deposição de táxons planctônicos, enquanto sedimentos arenosos, de ambiente de sedimentação com maior energia, mostraram a dominância de táxons bentônicos.

Nos sedimentos superficiais de Itupanema, embora as espécies planctônicas estivessem pouco representadas em termos de riqueza de espécies, apresentaram os maiores valores de abundância nos sedimentos argilosos. As espécies provenientes da coluna d’água, rica em sedimentos em suspensão, que foram depositados conjuntamente nesses ambientes mais calmos, estariam menos sujeitas aos processos de abrasão e dissolução, que normalmente ocorrem nas zonas de intermaré, em condições de maior energia (Mithavkar & Anil 2002).

As espécies de diatomáceas encontradas no fitoplâncton do rio Pará, que banha a praia de Itupanema (El-Robrini *et al.* 2006), quando comparadas com as espécies encontradas no sedimento do ambiente praiado, mostraram um número muito baixo de espécies planctônicas,

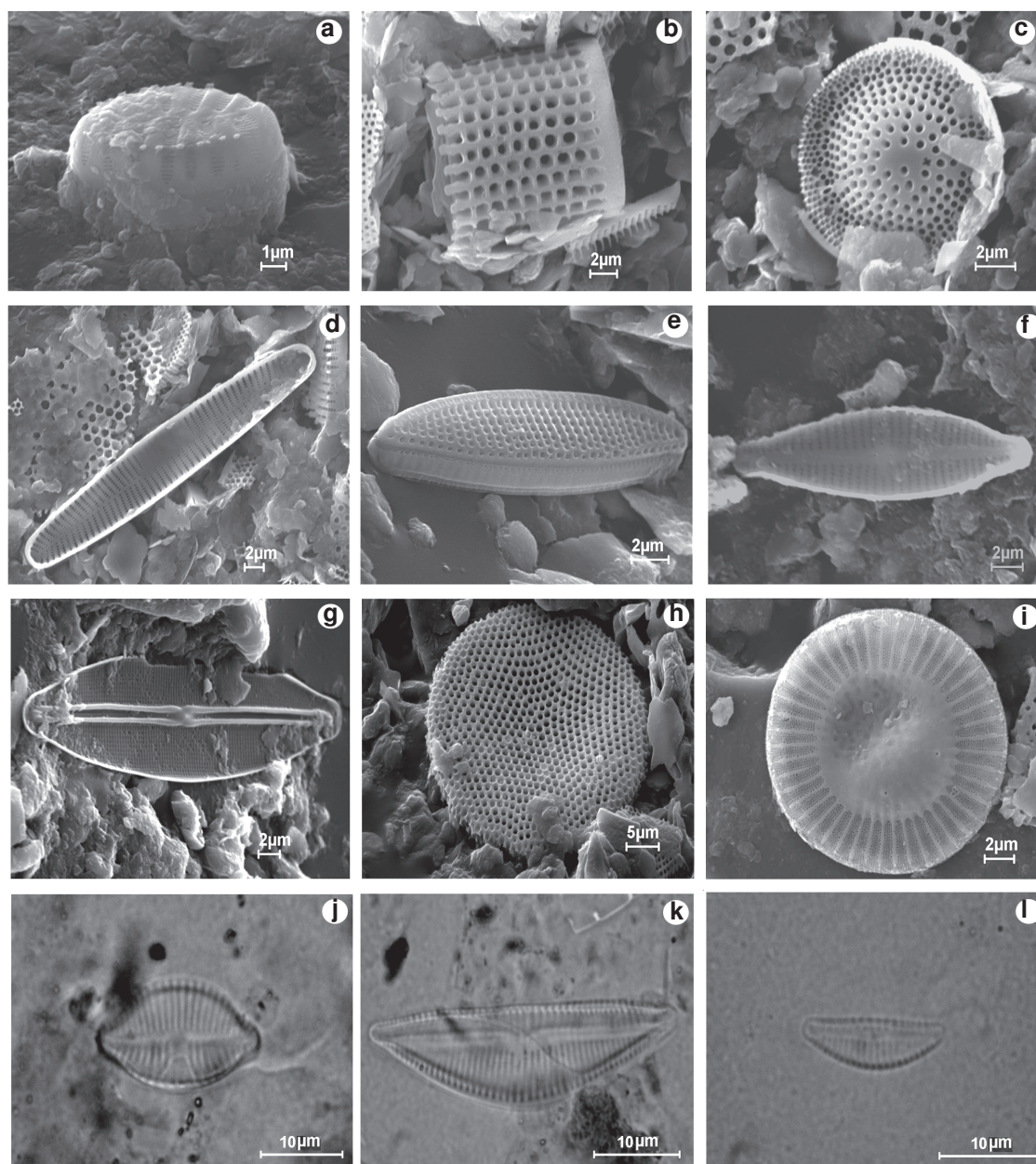


Figura 3 – Espécies numericamente mais representativas encontradas nas amostras de sedimento superficial da praia de Itupanema/PA. a. *Staurosirella pinnata*; b. *Aulacoseira granulata*; c. *Thalassiosira* sp.; d. *Staurosira obtusa*; e. *Nitzschia amphibia*; f. *Gomphonema parvulum*; g. *Frustulia* sp.; h. *T. eccentrica*; i. *Cyclotella meneghiniana* (Microscopia eletrônica de varredura); j. *Planothidium lanceolatum*; k. *Encyonema silesiacum*; l. *Encyonema minutum* (Microscopia de luz).

onde apenas as espécies planctônicas limnéticas *A. granulata* e as marinho/estuarinas *P. coronalis* e *C. stylorum* foram comuns aos dois ambientes (água e sedimentos).

Os trabalhos de fitoplâncton na baía do Guajará realizados por Moreira-Filho *et al.* (1974) e Paiva *et al.* (2006), mostraram um aumento no

número de espécies, se comparados ao trabalho de El-Robrini *et al.* (2006). Entretanto, os valores de abundância permaneceram baixos, em comparação aos sedimentos da praia de Itupanema, onde seis espécies foram comuns às encontradas por Paiva *et al.* (2006): *A. granulata*, *A. senarius*, *C. stylorum*, *T. eccentrica*, *P.*

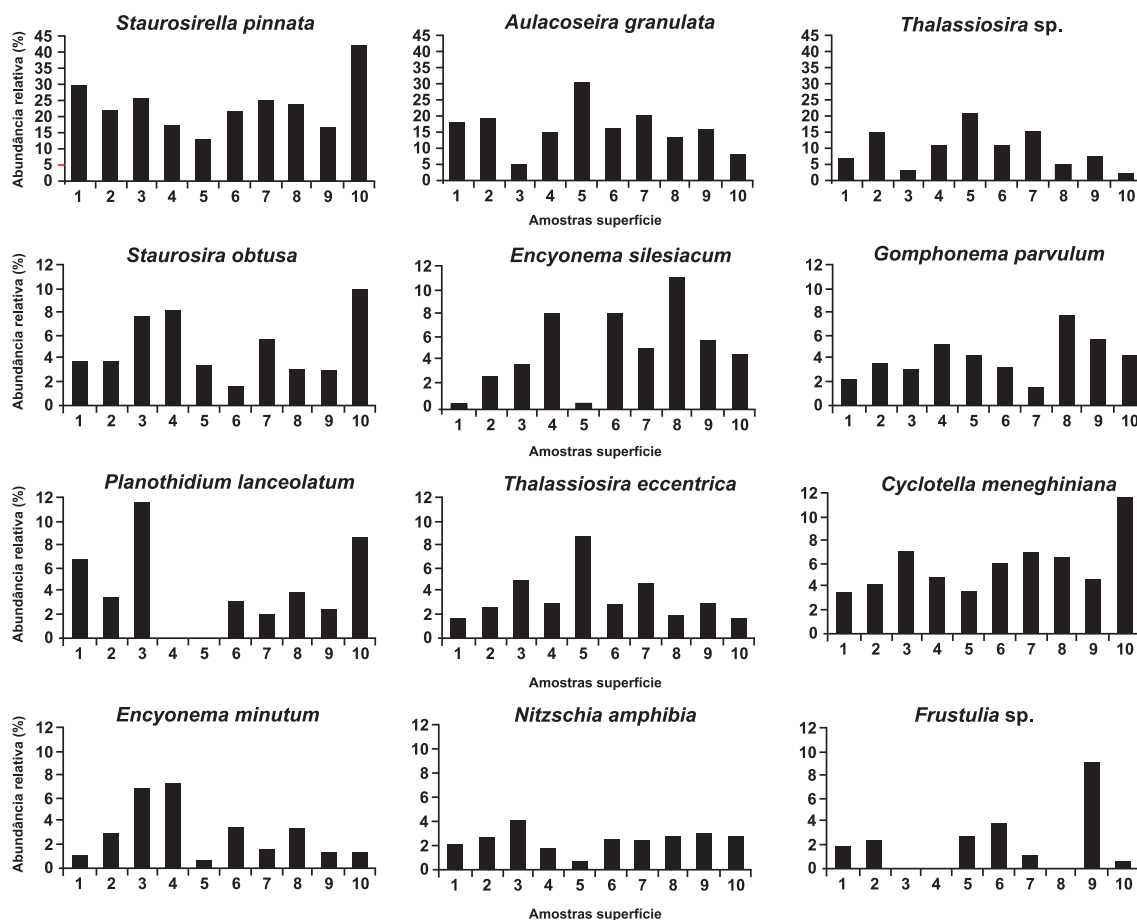


Figura 4 – Abundância relativa das espécies numericamente mais representativas, ao longo das amostras.

coronalis e *T. musica*. E outras seis foram comuns às encontradas por Moreira-Filho *et al.* (1974): *A. normanii*, *A. senarius*, *C. meneghiniana*, *C. stylorum*, *A. granulata* e *P. coronalis*.

A praia de Itupanema mostrou-se um ambiente desfavorável à sedimentação de espécies provenientes da coluna d'água, exemplificado pela espécie *Polymyxus coronalis*, encontrada no fitoplâncton da região com elevados valores de abundância, em torno de 50% (Paiva *et al.* 2006) e 30% (El Robrini *et al.* 2006), porém sua abundância não excedeu 2% nos sedimentos superficiais da área de estudo.

Destacaram-se as espécies planctônicas *Aulacoseira granulata* e *Thalassiosira sp.*, pois ambas obtiveram maiores valores de abundância na amostra 5, argilosa, sendo responsáveis, conjuntamente, por 50,66% da abundância total.

No fitoplâncton do rio Pará, *A. granulata* ocorreu com valores de abundância em torno de 10% (El Robrini *et al.* 2006), enquanto nos sedimentos de Itupanema, com exceção das amostras arenosas, todas as abundâncias superaram este valor, alcançando o máximo de 30% na amostra 5, argilosa. Vélez & Hooghiemstra (2005) reportaram esta espécie com maiores percentuais em raízes da zona litoral (36,17%) do que em sedimentos lacustres de fundo (22,89%) e no plâncton (23,85%), no nordeste da Colômbia.

Assim, as altas abundâncias de *A. granulata* nos sedimentos superficiais de Itupanema, poderiam relacionar-se à resistência de sua frústula aos processos de abrasão e dissolução em ambientes turbulentos, uma vez que é fortemente silicificada (Bradbury 2000; Vélez & Hooghiemstra 2005; O'Farrel *et al.* 2001; Gomes *et al.* 2003).

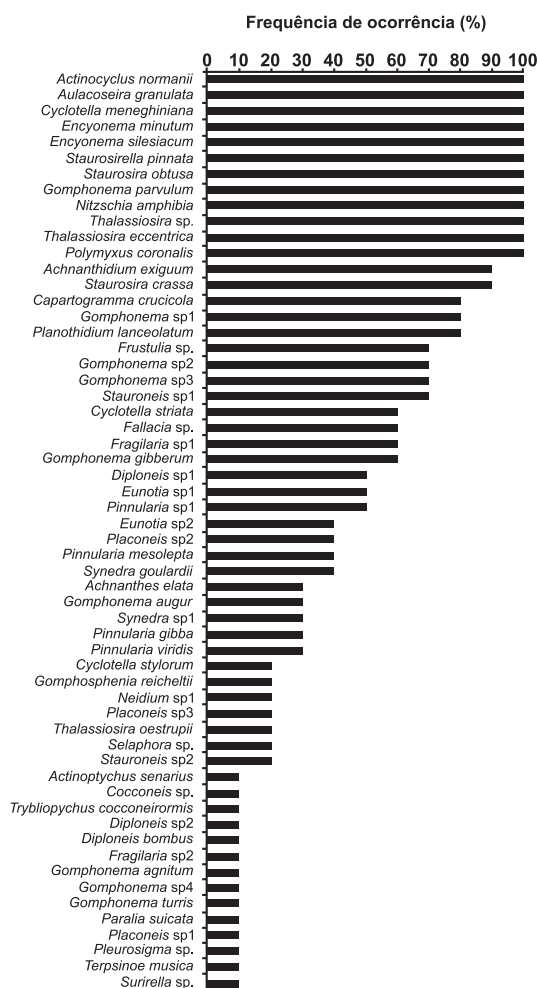


Figura 5 – Freqüência de ocorrência das espécies em sedimentos superficiais da praia de Itupanema/Pará.

O gênero *Thalassiosira* é preferencialmente marinho, todavia, ocorrem algumas espécies em água doce (Aké–Castillo *et al.* 1999). Não há informações ecológicas sobre esse táxon, uma vez que este não foi referenciado em outros trabalhos para a região. Entretanto, o mesmo foi muito freqüente e abundante na área de estudo, apresentando valores semelhantes aos de *A. granulata*, merecendo estudos mais detalhados à respeito de sua taxonomia e ecologia.

Na praia de Itupanema, as diatomáceas planctônicas foram suplantadas pelas bentônicas em número de espécies. Entretanto, as bentônicas apresentaram baixos valores de abundância. O hábito destes fitobentos incluiria a vegetação existente na área de coleta, além de sedimentos arenosos e argilosos.

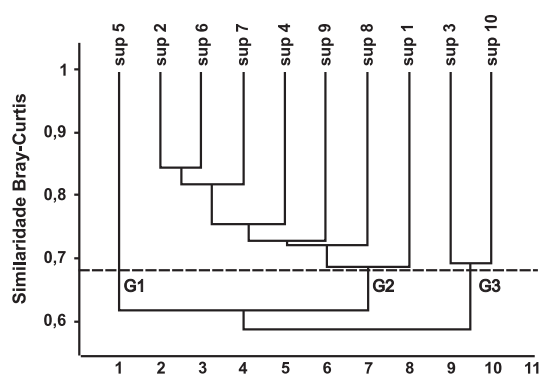


Figura 6 – Análise de agrupamento das amostras de sedimentos superficiais da praia de Itupanema/Pará.

Os altos valores de abundância de *Stausosirella pinnata*, em sedimentos superficiais, foi evidenciada em diversos estudos, porém com diferentes explicações para sua ocorrência. Round *et al.* (1990) consideraram o gênero *Stausosirella* limnético, ocorrendo muitas vezes aderido aos grãos de areia. Gomes *et al.* (2005), na análise dos sedimentos superficiais da lagoa do Boqueirão-RN, mostraram que a diatomácea perifítica *S. pinnata* ocorreu como uma das espécies mais abundantes (41,06%), caracterizando os trechos mais rasos do sistema, associada ao banco de macrófitas existente. A assembléia de sedimentos superficiais da lagoa hipersalina Araruama, RJ, mostrou a dominância de *Stausosira elliptica* (Schumann) Williams & Round e *Stausosirella pinnata*, em três áreas da lagoa, sujeitas ao aporte de água proveniente de rios (Sylvestre *et al.* 2001). A espécie epipsâmica *S. elliptica* formou colônias em forma de fita, enquanto *S. pinnata*, considerada ticoplanctônica, foi observada em água doce a oligosalina (0–5 de salinidade), associadas às zonas com forte variação na profundidade (Sylvestre *et al.* 2001). Hassan *et al.* (2006) encontraram as espécies ticoplanctônicas *Stausosira construens* var. *venter* e *Stausosirella pinnata* dominando o interior da lagoa Mar Chiquita, Argentina, cujas condições ambientais eram bastante variáveis, em água salobra/doce e com altas concentrações de sedimentos em suspensão. Vale ressaltar que, onde as duas espécies foram mais abundantes, o tipo de sedimento era grosseiro, variando de areia grossa com conchas a areia grossa com silte.

Entretanto, houve uma variabilidade muito grande dos ambientes em relação à distribuição de *S. pinnata*, assim como diferentes formas de vida (perifíticas, ticoplanctônicas e epipsâmicas), necessitando-se portanto de estudos mais aprofundados acerca de sua ecologia e distribuição geográfica.

As assembléias de diatomáceas em sedimentos superficiais de lagoas rasas do SE da Inglaterra, enriquecidas artificialmente, mostraram dominância de *Fragilaria* spp., gênero subdividido em diversos outros gêneros por Williams & Round (1987), entre eles *Staurosira* e *Starousirella*, muitas destas associadas ao hábito bentônico (Bennion 1995). Sua dominância em sedimentos superficiais pode ser explicada pela sua associação à zona litoral de águas rasas, o que proveria um espaço considerável para a colonização de formas bentônicas, uma vez que esses sedimentos fazem parte da zona fótica.

As macrófitas aquáticas afetam a composição, tamanho de partícula e a distribuição

local dos sedimentos em ambientes costeiros, reduzindo a energia das ondas e a velocidade das correntes. Esta redução não somente aumenta as taxas de sedimentação, como diminui o potencial para resuspensão, reduzindo também a turbidez e aumentando assim a disponibilidade de luz, o que promove o crescimento e a reprodução das plantas aquáticas (Doyle 2000, *apud* Madsen *et al.* 2001).

Em áreas costeiras, os sedimentos finos acumulam-se em áreas colonizadas por macrófitas aquáticas. Uma vez que a biomassa dessas plantas aumenta a sedimentação, as áreas com baixa densidade de indivíduos apresentam baixa sedimentação, ou mesmo resuspensão ativa, enquanto bancos densos são áreas de alta sedimentação.

Desta forma, além de servir de substrato para a colonização das diatomáceas epifíticas, a vegetação aquática seria um dos fatores responsáveis pela variação textural dos sedimentos, uma vez que reduzem a velocidade de corrente e a energia das ondas em áreas

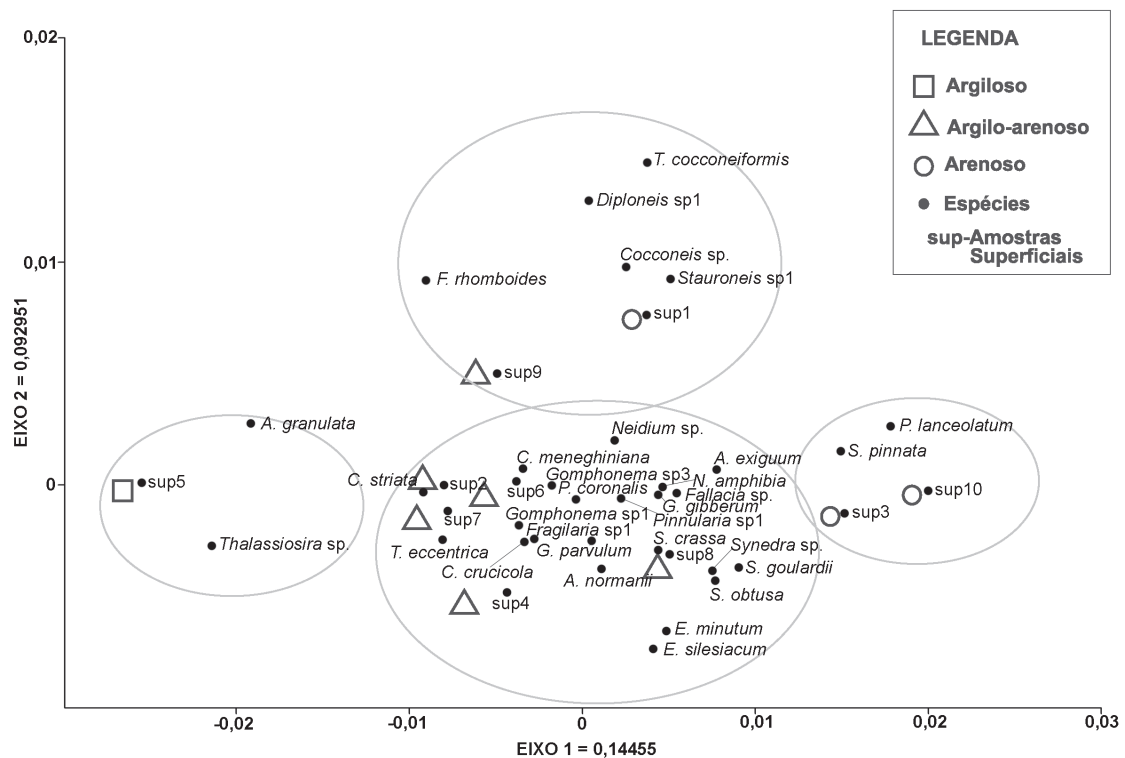


Figura 7 – Análise de correspondência mostrando quatro grupos de diatomáceas associados às diferentes texturas das amostras sedimentares superficiais da praia de Itupanema/Pará.

costeiras (Madsen *et al.* 2001), promovendo a retenção de matéria particulada fina em suas folhas (Pluntke & Kozerski 2003).

Assim, diferentes densidades da vegetação no campo herbáceo, poderiam produzir, localmente, diferentes taxas de sedimentação, onde em zonas mais densas, predominariam sedimentos argilosos, obedecendo um gradiente com sedimentos argilo-arenosos até zonas sem vegetação com sedimentos arenosos.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram a influência da relação areia/argila sobre a composição das diatomáceas, que pode explicar a prevalência de agrupamentos de espécies ora planctônicas, ora bentônicas na zona intermaré da praia de Itupanema/PA.

Os sedimentos argilosos evidenciaram um ambiente de sedimentação fina de menor energia, favorecendo a deposição e preservação de diatomáceas planctônicas *Aulacoseira granulata* e *Thalassiosira* sp., enquanto sedimentos arenosos predominaram em um ambiente com maior energia, prevalecendo as diatomáceas bentônicas *Staurosirella pinnata*, *Staurosira obtusa* e *Planolithidium lanceolatum*.

Os sedimentos argilo-arenosos estiveram associadas tanto a comunidades de diatomáceas planctônicas, quanto diatomáceas bentônicas.

Há de se salientar a contribuição da vegetação herbácea da zona intermaré da praia de Itupanema, atenuando a energia das ondas e marés, retendo os sedimentos finos argilosos, parecendo exercer assim, uma forte influência na sedimentação, promovendo a redução de processos de abrasão na zona intermaré e a preservação dos táxons planctônicos.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores Dra. Regina Célia Tavares Lobato do Museu Paraense Emílio Goeldi e Dr. Rosildo Santos Paiva da Universidade Federal do Pará pelas críticas ao manuscrito; ao pesquisador MSc. Paulo Roberto do Canto Lopes e à Companhia Vale do Rio Doce pelo financiamento à pesquisa e ao CNPq pela concessão de bolsa de Mestrado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab' Saber, A. N. 2006. Brasil: paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal Mato-Grossense: patrimônios básicos. Ateliê Editorial, Cotia, 182p.
- Aké-Castillo, J. A.; Hernández-Becerril, D. U. & Castillo, M. E. M. 1999. Species of the genus *Thalassiosira* (Bacillariophyceae) from the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Botanica Marina* 42: 487-503.
- Alves, M. A. M. S.; El-Robrini, M.; Sousa-Filho, P. W. M.; Farias, D. R. & França, C. F. 2005. Morfodinâmica das praias de mesomacromarés da zona costeira do estado do Pará. *In: X Congresso da ABEQUA - Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, Guarapari, ES. CD-ROM de resumos expandidos, nº 0258.
- Bennion, H. 1995. Surface-sediment diatom assemblages in shallow, artificial, enriched ponds, and implications for reconstructing trophic status. *Diatom Research* 10(1): 1-19.
- Bradbury, J. P. 2000. Limnologic history of Lago de Pátzcuaro, Michoacán, Mexico for the past 48,000 years: impacts of climate and man. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 163: 69-95.
- Burkholder, J. M. 1996. Interactions of benthic algae with their substrata. *In: Stevenson, R. J.; Bothwell, M.I. & Lowe, R. L. (eds.). Algal ecology: freshwater benthic ecosystems.* Academic Press, Inc. Pp. 253-297.
- Callegaro, V.L. & Lobo, E. A. 1990. Distribuição horizontal da comunidade de diatomáceas em turfeiras holocênicas da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Caderno de Pesquisa, Série Botânica* 2(1): 5-22
- Cooper, S. R. 1995. Diatoms in sediment cores from mesohaline Chesapeake Bay, U. S. A. *Diatom Research* 10: 39-89.
- _____. 1999. Estuarine palaeoenvironmental reconstructions using diatoms. *In: Stoermer, E. F. & Smol, J. P. (eds.). The Diatoms: Applications for the environmental and sciences.* University Press, Cambridge. Pp. 352-373.
- El-Robrini, M.; Melo, N. F. A. C. & Santos, M. L. 2006. Resultados das análises de qualidade

- de água, sedimentos de fundo, comunidades aquáticas (plâncton, bentos & nécton) e bacteriologia no rio Pará, nas imediações do futuro terminal portuário graneleiro de Barcarena (porto de Vila do Conde, Barcarena-PA) (1ª campanha). Relatório Técnico. Universidade Federal do Pará, Belém, 75p.
- Felício-Fernandes, G. & Souza-Mosimann, R. M. 1994. Diatomáceas no sedimento do manguezal de Itacorubi-Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Insula, Florianópolis* 23: 149-215.
- Fritz, S. C.; Cumming, B. F.; Gasse, F. & Laird, K. R. 1999. Diatoms as indicators of hydrologic and climatic change in saline. *In: Stoermer, E. F. & Smol, J. P. (eds.). The Diatoms: Applications for the environmental and sciences. University Press, Cambridge. Pp. 41-72.*
- Garcia-Baptista, M. 1996. The distribution of psammic algae on a marine beach at Praia Azul, Brazil. *In: Frank E. Round. (org.). Proceedings of the Thirtieth Diatom Symposium. Bristol: Biopress. 13: 183-205.*
- Garcia, M. 2006. The transfer of *Fragilaria obtusa* Hustedt to the genus *Staurosira* Ehrenberg (Bacillariophyceae). *Phycological Research* 54(2): 87-93.
- Gomes, D. F.; Brichta, A.; Silva, E. M.; Fernandes, L. F. 2003. Diatomáceas como indicadoras de mudanças ambientais da Baía de Iguape, Baixo Paraguacu (Bahia, Brasil). *In: IX Congresso da ABEQUA - Associação de Estudos do Quaternário. CD-ROM de resumos expandidos, nº 168.*
- Gomes, D. F.; Albuquerque, A. L. S.; Sifeddine, A. & Turcq, B. 2005. Heterogeneidade espacial da comunidade de diatomáceas nos sedimentos superficiais da lagoa do Boqueirão (RN) como fator de calibração para interpretações paleolimnológicas. *In: X Congresso da ABEQUA - Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. CD-ROM de resumos expandidos nº 0208.*
- Hall, R. I. & Smol, J. P. 1999. Diatoms as indicators of lake eutrophication. *In: Stoermer, E. F. & Smol, J. P. (eds.). The Diatoms: Applications for the environmental and sciences. University Press, Cambridge. Pp. 352-373.*
- Hassan, G. S.; Espinosa, M. A. & Isla, F. I. 2006. Modern diatom assemblages in surface sediments from estuarine systems in the southeastern Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Paleolimnology* 35: 39-53.
- Hendey, N. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters – V. Bacillariophyceae (Diatoms). *Fishery Investigations Series, London: Her Majesty's Stationery Office* 4(5): 317p.
- Lemos, R. C. & Santos, R. D. 1996. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 83p.
- Lopes, P. C. 2005. Programa de arqueologia preventiva na área do projeto Bauxita Paragominas/Pa. Relatório de escavação do sítio arqueológico PA-BA-84: ALUNORTE. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 64p.
- Madsen, J. D.; Chambers, P. A.; James, W. F.; Koch, E. W. & Westlake, D. F. 2001. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia* 444: 71-84.
- Margalef, R. 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *In: Buzzati-Traverso, A. A. (ed.). Perspectives in marine biology. University of California Press, Berkeley. Pp. 323-349.*
- Martínez de Fabricius, A. L.; Maidana, N.; Gómez, N. & Sabater, S. 2003. Distribution patterns of benthic diatoms in a Pampean river exposed to seasonal floods: the Cuarto River (Argentina). *Biodiversity and Conservation* 12: 2443-2454.
- Mitbavkar, S. & Anil, A.C. 2002. Diatoms of the microphytobenthic community: population structure in a tropical intertidal sand flat. *Marine Biology* 140: 41-57.
- _____. 2006. Diatoms of the microphytobenthic community in a tropical intertidal sand flat influenced by monsoons: spatial and temporal variations. *Marine Biology* 148: 693-709.

- Moreira Filho, H.; Valente-Moreira, I. M. & Trippia-Cecy. I. I. 1974. Diatomáceas do rio Guamá (foz do rio–Belém-estado do Pará). *Leandra* 4-5: 123-135.
- Moreira-Filho H.; Valente-Moreira I. M.; Souza-Mosimann R. M. & Cunha J. A. 1990. Avaliação florística e ecológica das diatomáceas (Chrysophyta-Bacillariophyceae) marinhas e estuarinas nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Estudos de Biologia* 25: 5-48.
- Moro, R. S. & Fürstenberger, C. B. 1997. Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Ed. UEPG, Ponta Grossa, 282p.
- Moro, R. S. & Santi, V. 1999. Avaliação das técnicas de oxidação comumente empregadas na limpeza de valvas silicosas. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia* 26: 17-25.
- Munsell Colors Company. 1975. Munsell Soil Coors Charts. Baltimore, Maryland USA.
- O'Farrell, I.; Tell, G. & Podlejski, A. 2001. Morphological variability of *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (Ehr.) Simonsen (Bacillariophyceae) in the Lower Paraná River (Argentina). *Limnology* 2: 65-71.
- Oliveira, R. D. 2002. Zoneamento agroambiental do Município de Barcarena-Pará. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 110p.
- Paiva, R. S.; Eskinazi-Leça, E.; Passavante, J. Z. O.; Silva-Cunha, M. G. G. & Melo, N. F. A. C. 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da Baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará-Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais*. n.2, 2:133-146.
- Patrick, R.; Reimer, C. W. 1966. The Diatoms of United States: exclusive of Alaska and Hawaii. Philadelphia: Academy of Natural Sciences 1(13): 688.
- Pielou, E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley, New York, 286p.
- Pires, L. C. & Lacerda, L. D. 2004. Diatomáceas em biofilme da interface sedimento-água no Manguezal de Coroa Grande, Baía de Sapatiba, RJ. *Arquivos de Ciências do Mar* 37: 105-111.
- Pluntke, T. & Koserski, H. P. 2003. Particle trapping on leaves and on the bottom in simulated submerged plants stands. *Hydrobiologia* 506-509: 575-581.
- Ribeiro, F. C. P. 2007. Palinomorfos aquáticos (diatomáceas) em sedimentos lamosos de intermaré da praia de Itupanema, município de Barcarena, Pará. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia, 76p.
- Ribeiro, F. C. P.; Senna, C. S. F. & Costa, B. O. 2007. Análise de diatomáceas e relação água doce/água salgada na planície costeira de Soure /PA. *In: Anais do XI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – Abequa*. CD-ROM de resumos expandidos.
- Round, F. E.; Crawford, R. M.; Mann, D. G. 1990. The Diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, 747p.
- Silva, R. L. & Cimardi, J. M. 1989. Nota sobre a utilização do “trapping method” no estudo das diatomáceas epipêlicas do manguezal de Ratones, Florianópolis, SC. *Insula* 19(Supp.): 299-304
- Sylvestre, F.; Beck-Eichler, B.; Duleba, W. & Debenay, J. P. 2001. Modern benthic diatom distribution in a hypersaline coastal lagoon: the Lagoa de Araruama (RJ), Brazil. *Hydrobiologia* 443: 213–231.
- Vélez, M. I. & Hooghiemstra. 2005. Fossil and modern diatom assemblages from the savanna lake El Piñal, Colombia: An environmental reconstruction. *Diatom Research* 20(2): 387-407.
- Vos, P. C. & De Wolf, H. 1993. Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. *Hydrobiologia* 269/270: 285-296.
- Williams, D. M. & Round, F. E. 1987. Revision of the genus *Fragilaria*. *Diatom Research* 2(2): 267-288.