

# Cianobactérias e outros componentes das esteiras microbianas lisas da lagoa Pitanguinha, Região dos Lagos, Rio de Janeiro, Brasil

**Cynthia Moreira Damazio-Iespa**

Programa de Pós Graduação em Geologia, Instituto de Geociências. Universidade do Brasil -UFRJ. 21.949-900 Rio de Janeiro, RJ. acdamazio@uol.com.br

**Loreine Hermida da Silva e Silva**

Núcleo de Geomicrobiologia, Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO, Av. Pasteur, 458, lab. 409, 22.290-240 Rio de Janeiro, RJ. loreineh@unirio.br

**Anderson Andrade Cavalcanti Iespa**

Programa de Pós Graduação em Geologia, Instituto de Geociências. Universidade do Brasil - UFRJ. 21.949-900. Rio de Janeiro, RJ. iespa.bio@uol.com.br

## RESUMO

A lagoa Pitanguinha (22°55' 42" e 22°56' 00" S/42°20' 45" e 42°21' 30" W) faz parte de um conjunto de pequenos corpos lagunares que caracterizam o litoral norte do Estado do Rio de Janeiro, próximo ao município de Araruama, geneticamente relacionados ao último evento glacial do Quaternário. O avanço da urbanização e da atividade salineira tem ameaçado seu equilíbrio, processo ampliado pelas condições semi-áridas do clima atual, com índices pluviométricos anuais em torno de 900 mm e temperaturas entre 19°C e 31°C. O estudo aqui realizado mostra que as esteiras microbianas lisas são estratificadas e dominadas, no estrato superficial, por cianobactérias filamentosas. *Synechococcaceae* Komárek e *Anagnostidis*, 1995 é a família mais bem representada e *Lyngbya aestuarii* Liebman ex Gomont (1892), a espécie mais comum entre as cerca de trinta e sete identificadas. Restos esqueléticos de moluscos, foraminíferos e ostracodes constituem fonte do carbonato de cálcio e, junto com os grãos de sedimento, estão sujeitos a ação química e física das cianobactérias que originam a estruturação das esteiras. Esta condição atesta as cianobactérias como produtoras primárias e situadas na base da cadeia alimentar dos estromatólitos.

**Palavras-chave:** Cyanobacteria, esteira microbiana lisa, lagoa hipersalina, Brasil.

## ABSTRACT

CYANOBACTERIA AND OTHER COMPONENTS IN THE SMOOTH MICROBIAL MATS FROM PITANGUINHA LAGOON, LAGOS REGION, RIO DE JANEIRO, BRAZIL. Pitanguinha Lagoon is part of a set of small hypersaline lagoons known as Lagos region, placed in the northern Rio de Janeiro littoral, near Araruama city. They are genetically related to the last Quaternary glacial events and the sea level changes. The microbial mats formed around their margins are being affected by the advance of urbanisation and by salting exploration and are now threatened. The climatic conditions, with a semi-arid climate and warm temperatures stimulate the high evaporation rate. Many kinds of algalic mats growing up in their bottoms, associated with bioclasts and the lithified substrate of the lagoon. The composition of the smooth microbial mats and the associated organic rests are analyzed in this work. The study was carried out monthly on five sampling stations. The mats are stratified and filamentous forms dominante in the upper layer. Thirty seven species of cyanobacteria were identified, being *Lyngbya aestuarii* Liebman ex Gomont (1892) the more frequent. Specimens of *Synechococcaceae* Komárek and *Anagnostidis*, 1995 are the most abundant. Shells of bivalves, gastropods, foraminifers and ostracods occur together as associated bioclasts and have a critical role in the structure of the mats, being the source of calcium carbonate resulting from the chemically and physical action of the cyanobacteria over their skeletal remains. It attests that the cyanobacteria are the primary producers, located at the basis of the microbial food web in the microbial mats.

**Key words:** Cyanobacteria, smooth microbial mats, hypersaline lagoon, Brazil.

## INTRODUÇÃO

As lagunas representam 15% das zonas costeiras do mundo. A grande concentração humana que costuma caracterizar estas regiões, dada sua fonte de ali-

mento e, ao mesmo tempo como recreação, faz com que a urbanização aí tenha se acelerado, causando perturbações muitas vezes irreversíveis e, em geral, acompanhadas de problemas sócio-econômicos (Barroso *et al.*, 2000).

Também os microorganismos costumam exercer um papel preponderante nestes corpos de água mais ou menos fechados, especialmente na decomposição e remineralização da matéria orgânica produzida (Abreu e Odebrecht, 2000).

Entre estes, as cianobactérias são os componentes mais significativos, especialmente por seu papel como biomineralizadores, a partir da desintegração química e física e posterior biossíntese de minerais carbonáticos (Nascimento, 1999; Schneider e Campion-Alsumard, 1999; Duane, 2004; Sanz-Montero *et al.*, 2005a,b). A maior parte das esteiras e estromatólitos recentes são produzidos por comunidades microbianas compostas principalmente por cianobactérias (Golubic, 1976). São estruturas organossedimentares, especialmente comuns em lagunas sujeitas à evaporação, estruturadas internamente em lâminas sobrepostas verticalmente. Seu estudo é de grande valor para a Geologia e a Paleontologia, por serem consideradas análogas aos primeiros estágios de formação dos estromatólitos fósseis, há cerca de 3,5 bilhões de anos (Zhang e Hoffmann, 1992; Urmetta e Navarrete, 2000; Kazmierczak e Altermann, 2002; Silva e Silva, 2002).

O objetivo desse estudo foi determinar a composição cianobacteriana e dos organismos associados às esteiras microbianas lisas e os agentes dos processos de biossíntese relacionados a sua formação.

## ÁREA DE ESTUDO

A lagoa Pitanguinha possui uma área aproximada de 0,55 km<sup>2</sup>, com 1,5 km de

comprimento e 0,75 km de largura e se localiza na Restinga de Massambaba, próximo ao município de Araruama (Figura 1), entre as latitudes 22°55'42" e 22°56'00"S e as longitudes 42°20'45" e 42°21'30"W (Silva e Silva *et al.*, 2005). Mais de dois terços de seu perímetro é cercado por salinas, contendo marnéis em seu interior que a segmentam em vários segmentos (Primo e Bizerril, 2002).

Sua formação está relacionada com duas sucessivas transgressões marinhas que resultaram na formação de duas séries de cordões litorâneos, o último deles responsável pelo fechamento do contato entre a laguna e o mar. Estes cordões foram alimentados por depósitos continentais acumulados sob a forma de *glaciais*, em um período de regressão marinha (Silva e Silva *et al.*, 2003b). As areias que os compõem são quartzosas e compostas por grãos muito finos a grossos, subangulosos à sub arredondados (Silva e Silva *et al.*, 2003a).

O clima da região é semi-árido, com grande déficit no balanço precipitação-evaporação, com índices pluviométricos anuais em torno de 900 mm e de evaporação de 1.400 mm, e as temperaturas são variáveis entre 19° C e 31° C.

A vegetação no entorno da lagoa é dominada por gramíneas (Silva e Silva *et al.*, 2003b).

## ESTEIRAS MICROBIANAS

Conhecidas como esteiras algálicas, estromatolíticas, de cianobactérias ou estromatólitos em potencial (Stolz, 2000), as esteiras microbianas costumam ter as cianobactérias como formas dominantes em sua composição e responsáveis por sua estruturação laminada e biomineralizada.

Como vimos, seu registro data do Pré-Cambriano, quando a ausência de organismos pastadores e perfurantes e a elevada taxa de nutrientes patrocinaram seu pleno desenvolvimento, formando os grandes depósitos estromatolíticos que caracterizaram as fases finais deste período (Altermann e Kazmierczak, 2003). Áreas costeiras e rasas (menos de 10 m de profundidade) de várias partes do mundo foram cobertas pelos estes biohermas.

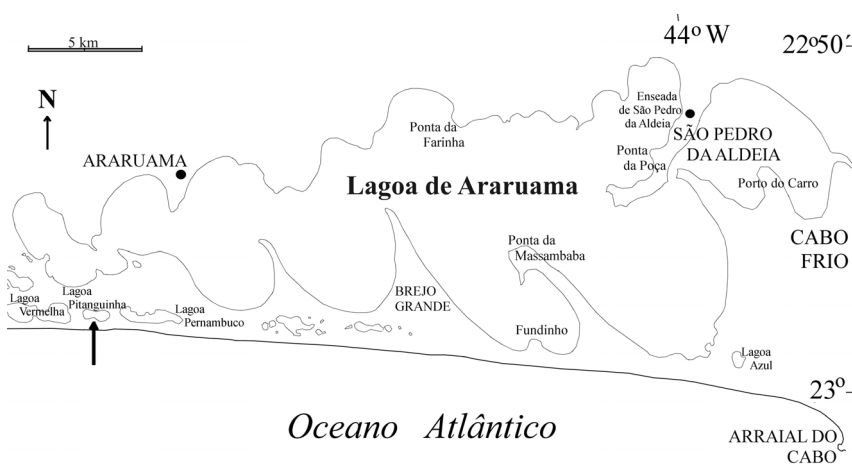
O crescimento das esteiras depende das cianobactérias filamentosas que unem os sedimentos em sucessivas lâminas, a partir da precipitação de carbonato (Noffke *et al.*, 2001; Altermann e Kazmierczak, 2003). A calcificação dependerá do grau de saturação de CaCO<sub>3</sub> no ambiente marinho (Arp *et al.*, 2001). Uma vez formadas, as esteiras são cimentadas pelos grãos de carbonato de cálcio aprisionados. Se um novo influxo de sedimentos ocorrer rapidamente, as cianobactérias serão soterradas e a esteira já formada poderá ser recolonizada, dando início a um novo ciclo (Silva e Silva, 2002).

As laminações costumam caracterizar-se por uma camada verde, formada por cianobactérias, uma rosa púrpura, de sulfobactérias e uma preta de bactérias heterotróficas anaeróbicas. As esteiras não são litificadas na superfície, mas isto pode acontecer se aumentar a composição em carbonato de cálcio (Chafetz e Buczynski, 1992).

Atualmente, depósitos estromatolíticos caracterizam a costa brasileira em locais com águas mornas, pouco profundas, de salinidade acentuada e pH alcalino (Silva e Silva *et al.*, 2004).

## BIOCLASTOS

Bioclasto é toda partícula esquelética de natureza biomineral maior que 2 mm, fragmentada ou inteira, articulada ou não, e com



**Figura 1.** Mapa da região dos lagos no litoral do Rio de Janeiro e a localização da Lagoa Pitanguinha (seta)

**Figure 1.** Map of the Lagos region, northeast coast of Rio de Janeiro state, Brazil and the Pitanguinha Lagoon (arrow).

distintas composições químicas, onde pode ficar registrada a atividade de agentes mecânicos (hidráulicos, eólicos), biológicos (predadores, incrustantes) ou químicos (dissolução), que atuam desde a morte do organismo até seu soterramento (Damazio, 2004). Segundo Suguio (2001), conchas mais ou menos fragmentadas de moluscos e foraminíferos e outros fragmentos são os principais componentes esqueléticos nos estromatólitos e constituem uma das fontes de carbonato de cálcio.

O estudo dos bioclastos, combinado com o dos estromatólitos e de esteiras microbianas modernas tem auxiliado na comparação com estruturas similares no registro fóssil, no entendimento dos eventos de sedimentação, na paleoecologia destas comunidades e na sucessão ecológica dos organismos a eles associados (Carvalho, 2003).

## MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas foram realizadas mensalmente, no período compreendido entre março de 2004 e fevereiro de 2005, tendo sido aferidos os parâmetros em cinco estações de coleta.

A amostragem foi realizada em cada uma das estações, em 5 quadrantes de 1 m<sup>2</sup>, distanciados 15 m entre si e com auxílio de espátula de pedreiro, num total de dez amostras. Cada uma delas foi acondicionada em frascos plásticos opacos.

Para a fixação das cianobactérias, foi adicionada solução aquosa de formol a 4% com água da laguna, tamponada com bórx e mantida na ausência de luz.

O processamento da análise taxonômica envolveu a confecção de lâminas frescas, semipermanentes e permanentes e a classificação seguiu a metodologia clássica, segundo Prescott (1975), Anagnostidis e Komárek (1988) e Komárek e Anagnostidis (1999).

Medidas foram obtidas em microscópio óptico com o auxílio ocular milimetrada. Para cada espécime foram realizadas dez mensurações, sendo averiguado o diâmetro dos filamentos, diâmetro das colônias, diâmetro dos tricomas, espessura das bainhas, comprimento e largura das células, em valores médios, mínimos e máximos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de esteiras lisas foi registrada para todas as estações de coleta, onde se distribuem nas regiões de infra e intermaré (Figura 2). Podem formar estromatólitos colunares e domais, à semelhança do observado por Iespa (2006).

Entre as cianobactérias presentes, as formas esféricas apareceram em maior quantidade que as filamentosas, caracterizando um alto grau de maturação. Formas esféricas conseguem sobreviver em camadas mais profundas e com baixa luminosidade, condição que a maioria das filamentosas não suporta (Damazio e Silva e Silva, 2006).

As esteiras lisas mostram estrutura compacta, coesa e com finas laminações distribuídas em três estratos. O mais superficial possui 2,2 cm de espessura, o intermediário, 1,8 cm e o mais profundo, 2,3 cm.

Em termos taxonômicos gerais, as famílias Synechococcaceae Komárek e Anagnostidis, 1995, Chroococcaceae, Nägeli 1849 e Phormidiaceae Anagnostidis e Komárek, 1988 são dominantes,

com predomínio da primeira (28,95%). As demais famílias observadas foram Oscillatoriaceae Gomont, 1892 (5,26%), Pseudanabaenaceae Anagnostidis e Komárek, 1988 (5,26%), Merismopediaceae Elenkin, 1933 (2,63%), Schizothricaceae Elenkin, 1934 (2,63%) e Entophysaliaceae Geitler, 1925 (2,63%).

No estrato verde, Synechococcaceae e Chroococcaceae constituem, cada uma, cerca de 27% da composição (Figura 3), enquanto as Chroococcaceae dominam nos estratos marrom e vermelho, com, respectivamente, 35% e 31,57% das espécies (Figuras 4 e 5).

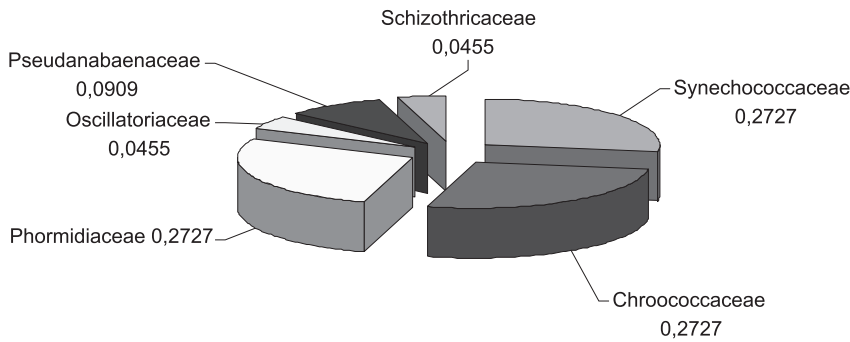
A distribuição das diferentes formas de cianobactérias nos estratos, num total de 37 espécies, pode ser observada na Tabela 1. Esta distribuição atesta o caráter mais diversificado do estrato mais superficial (verde) e que há formas que são exclusivas de determinadas camadas. As espécies *Chroococcus minimus*, *Microcoleus chthonoplastes*, *M. vaginatus*, *Leptolyngbya tenuis* e *Schizothrix friesii* estão presentes em todos os estratos.

A avaliação geral mostra que *Lyngbya aestuarii* é a principal espécie presente nas

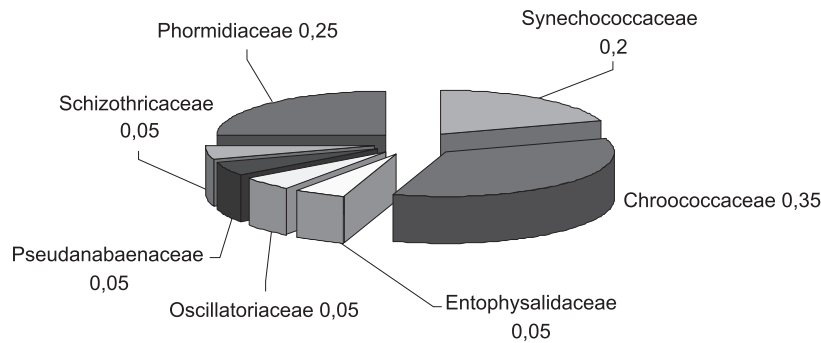


Figura 2. A. Aspecto geral das áreas costeiras da Lagoa Pitanguinha. B. Esteiras lisas no assoalho da lagoa.

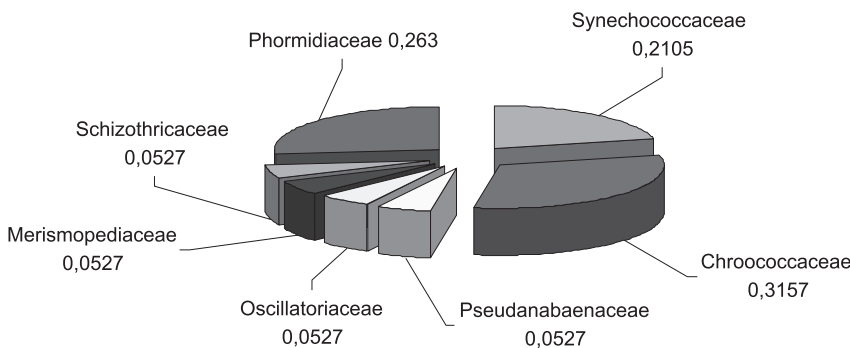
Figure 2. A. General aspect of the marginal areas of Pitanguinha lagoon. B. Smooth microbial mats in the bottom of the lagoon.

**Esteira Lisa (Verde)**

**Figura 3.** Distribuição das famílias no estrato verde da esteira lisa da lagoa Pitanguinha.  
**Figure 3.** Family distribution in the upper green lamina of the smooth algal mat.

**Esteira Lisa (Marrom)**

**Figura 4.** Distribuição das Famílias no estrato marrom da Esteira Lisa da lagoa Pitanguinha.  
**Figure 4.** Family distribution in the middle brown lamina of the smooth algal mat.

**Esteira Lisa (Vermelho)**

**Figura 5.** Distribuição das Famílias no estrato vermelho da Esteira Lisa da lagoa Pitanguinha.  
**Figure 5.** Family distribution in the bottom red lamina of the smooth algal mat.

esteiras lisas, o que está de acordo com os resultados obtidos por Hoffmann (1976) para as esteiras de Shark Bay, na Austrália.

A presença de *Leptolyngbya tenuis*, *Chroococcus turgidus*, *Chroococcus minor* e *Aphanotbece saxicola* garante uma grande similaridade com as formas identificadas por Srivastava e Almeida (2000) para esteiras de mesma natureza na lagoa Salgada.

Restos de foraminíferos, ostracodes, um pelecípode (*Anomalocardia brasiliiana* Gmelin, 1791) e dois gastrópodes (*Heleobia australis* d'Orbigny, 1835 e *Rissoina cancellata* Philippi, 1847) foram encontrados associados às esteiras e constituem a fonte de carbonato de cálcio e o substrato para as cianobactérias, o que se coaduna com o observado por Urmeneta e Navarrete (2000). Os mesmos moluscos já haviam sido relatados anteriormente, e para ambientes similares, nas lagoas Salgada (Silva e Silva, 2002) e Permanbuco (Iespa, 2006). Constituem fonte de carbonato de cálcio e servem de substrato para a construção das esteiras pelas cianobactérias (Urmeneta e Navarrete, 2000).

Foram ainda observados exemplares fragmentados e das famílias exóticas de água doce Bulimulidae Tryon, 1867 e Physidae (pulmonados), esta representada por formas do gênero *Physa* Draparnaud, 1801.

**CONCLUSÕES**

O presente estudo demonstrou que as esteiras microbianas formadas nas áreas marginais da lagoa Pitanguinha são do tipo liso, compondo estruturas domais e colunares, controladas pelas marés. Sua estrutura é laminada e estratificada, com um estrato mais superficial de coloração verde, um intermediário marrom e um mais profundo vermelho.

No primeiro há um predomínio das cianobactérias filamentosas, responsáveis por aprisionar e unir os sedimentos, precipitar o carbonato de cálcio e pela organização das lâminas. Conforme avança para os estratos mais basais, aumenta a ocorrência das cocóides, co-responsáveis na precipitação de carbonato de cálcio e por preencher os espaços vazios na esteira.



Em termos taxonômicos, dominam os representantes das famílias Synechococcaceae, seguidas de Chroococcaceae e Phormidiaceae. As demais famílias observadas foram Oscillatoriaceae, Pseudanabaenaceae, Merismopediaceae, Schizothricaceae e Entophysalidaceae.

No estrato verde, Synechococcaceae e Chroococcaceae são as formas mais importantes, enquanto nos estratos marrom e ver-

melho, as Chroococcaceae dominam. Entre os bioclastos associados, os mais comuns foram os restos do bivalve *Anomalocardia brasiliensis*, presente em todas as amostras.

Esta constituição e a presença marcante da espécie *Lyngbya aestuarii* correlaciona estas esteiras lisas com as de outras lagoas do complexo lagunar que caracteriza a costa nordeste do Estado do Rio de Janeiro e em outras ocorrências mundiais.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela CAPES, FAPERJ e UNIRIO.

## REFERÊNCIAS

ABREU, P.C. e ODEBRECHT, C. 2000. Microorganismos em lagoas costeiras: um estudo de caso do estuário da lagoa

**Tabela 1.** Distribuição das cianobactérias ao longo dos estratos da esteira lisa.  
**Table 1.** Cyanobacteria distribution in the smooth algal mat strata.

<i>Espécie</i>	<i>Verde</i>	<i>Marrom</i>	<i>Vermelho</i>
<i>Aphanocapsa litoralis</i> Hangs.			X
<i>Aphanothece conglomerata</i> Rich.	X	X	
<i>Aphanothece halophytica</i> Hof e Frémy			X
<i>Aphanothece marina</i> (Erc.) Komárek e Anagnostidis		X	
<i>Aphanothece pallida</i> (Kützing) Rabenhorst.	X		
<i>Aphanothece saxicola</i> Nägeli	X		X
<i>Aphanothece stagnina</i> (Sprengel) A. Braun.	X		X
<i>Bacularia caerulea</i> Borzi			X
<i>Chroococcus membraninus</i> (Meneghini) Nägeli		X	X
<i>C. microscopicus</i> Komárková-Legnerová e Cronberg	X	X	
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann	X	X	X
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli	X		X
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli		X	X
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	X	X	
<i>Cyanosarcina thalassia</i> Anagnostidis e Pantazidar	X	X	
<i>Entophysalis granulosa</i> Kützing		X	
<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thur.) Geitler			X
<i>Gloeocapsopsis magma</i> (Breb.) Komarek e Anagnostidis		X	
<i>Gloeothece confluens</i> Nägeli		X	
<i>Gloeothece subtilis</i> Skuja	X		
<i>Leptolyngbya tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis e Komárek	X	X	X
<i>Lyngbya aestuarii</i> Liebman ex Gomont (1892)		X	X
<i>Microcoleus chthonoplastes</i> Thuret ex Gomont	X	X	X
<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vaucher) Gomont	X	X	X
<i>Oscillatoria pseudogeminata</i> G. Schmid	X		
<i>Phormidium acutum</i> (Bühl e Bisw) Anagnostidis e Komárek		X	
<i>Phormidium acuminatum</i> Gomont			X
<i>Phormidium formosum</i> (Bory de Saint-Vincent) Anagnostidis e Komárek	X		
<i>Phormidium hamelli</i> Frémy		X	
<i>Phormidium okenii</i> (Gomont) Anagnostidis e Komárek		X	X
<i>Phormidium terebriformis</i> f. <i>amphigranulata</i>	X		
<i>Phormidium willei</i> (Gardner) Anagnostidis e Komárek	X		
<i>Planktolyngbya subtilis</i> Anagnostidis e Komárek	X		
<i>Pseudocapsa dubia</i> Ercegoviaë	X		X
<i>Schizothrix friesii</i> (Agardh) Gomont	X	X	X
<i>Spirulina subtilissima</i> Kützing	X		X
<i>Synechococcus elongatus</i> Nägeli	X	X	
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>19</b>

- dos Patos (RS). In: ESTEVES, F.A. e LACERDA, L.D. (eds.), *Ecologia de restingas e lagoas costeiras*. NUPEM, Rio de Janeiro, UFRJ, p. 215-230.
- ALTERMANN, W. e KAZMIEREZAK, J. 2003. Archean microfossils: a reappraisal of early life on Earth. *Research in Microbiology*, **154**:611-617.
- ANAGNOSTIDIS, K. e KOMÁREK, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes 3 – Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie Algological Studies*, **80**(1-4):327-472.
- ARP, G.; REIMER, A. e REITNER, J. 2001. Photosynthesis – induced biofilm calcification and calcium concentrations in Phanerozoic Oceans. *Science*, **292**:1701-1704.
- BARROSO, L.V.; MEDINA, R.S.; TURQ, P.F.M. e BERNARDES, M.C. 2000. Aspectos ambientais e atividade de pesca em lagoas costeiras fluminenses. *Boletim SEMADS*, **31**:21-25.
- CARVALHAL, S.B.V. 2003. *Bioestratificação cianobacteriana das esteiras microbianas recentes da lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brasil*. Monografia de Bacharelado, UFRJ, 80 p.
- CHAFETZ, H.S. e BUCZYNSKI, C. 1992. Bacterially induced lithification of microbial mats. *Palaios*, **7**:277-293.
- DAMAZIO, C.M. 2004. *Tipificação e bioestratificação cianobacteriana das esteiras microbianas da borda noroeste da lagoa Pitanguinha, Holoceno do Rio de Janeiro, Brasil*. Monografia de Bacharelado, UFRJ, 171 p.
- DAMAZIO, C.M. e SILVA E SILVA, L.H. 2006. Cianobactérias em esteiras microbianas coliformes da lagoa Pitanguinha, Holoceno do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* **9**(1):165-170.
- DUANE, M.J. 2004. Biomineralization and phytokarst development on cavernous Quaternary carbonate terraces, Mohammedia northwest Morocco. <http://www.geocities.com/northeasternscifdn/CE16-2/abstracts>. [Consultada em 10/04/2004].
- GOLUBIC, S., 1976. Organisms that build stromatolites. In: WALTER, M.R. (ed.), *Stromatolites*, Amsterdam, Elsevier Science, p. 113-126.
- HOFFMANN, H.J. 1976. Stromatoid morphometrics. In: WALTER, M.R. (ed.), *Stromatolites*, Amsterdam, Elsevier Science, p. 45-54.
- IESPA, A.A.C. 2006. Estudo geomicrobiológico da lagoa Pernambuco, região dos Lagos (Estado do Rio de Janeiro). Dissertação de Mestrado, UFRJ, 116 p.
- KAZMIERCZAK, J. e ALTERMANN, W. 2002. Neoproterozoic biomineralization by benthic cyanobacteria. *Science*, **298**(5602): 2351-2353.
- KOMÁREK, J. e ANAGNOSTIDES, K. 1999. Süßwasserflora von mitteleuropa band 19/1: Cyanoprocyota 1. Teil: Chroococcales. Stuttgart, Gustav Fisher, 548 p.
- NASCIMENTO, S.M. 1999. *Algas azuis*. Recife, Boletim Informativo da UFPE e ITEP, UFPE, 28 p.
- NOFFKE, N.; GERDES, G.; KLENKE, T. e KRUMBEIN, W.B. 2001. Microbially induced sedimentary structures – a new category within the classification of primary sedimentary structures. *Journal of Sedimentary Research*, **71**(5):649-656.
- PRESCOTT, G.W. 1975. *Algae of western great lakes area*. W.M.C. Iowa, Brown Company Publishers, 2ª ed., 997 p.
- PRIMO, P.B.S. e BIZERRIL, C.R.S.F. 2002. *Lagoa de Araruama. Perfil ambiental do maior ecossistema lagunar hipersalino do mundo*. Rio de Janeiro, SEMADS, p. 33-35.
- SANZ-MONTERO, M.E.; RODRIGUEZ-ARANDA, J.P. e CALVO, J.P. 2005a. Biomineralization in relation with evaporitic microbial communities. Miocene lake deposits of the Madrid Basin, Central Spain. *Geophysical Research Abstracts*, **7**:1607-1607.
- SANZ-MONTERO, M.E.; RODRÍGUEZ-ARANDA, J.P. e GARCÍA DEL CURA, M.A. 2005b. Texturas diagenéticas de calcita desarrolladas sobre facies dolomíticas microbianas en el Mioceno de la Cuenca del Duero (Zona de Cuéllar), *Macla*, **3**:193-195.
- SCHNEIDER, J. e CAMPION-ALSUMARD, T.L. 1999. Construction and destruction of carbonates by marine and freshwater cyanobacteria. *European Journal of Phycology*, **34**:417-426.
- SILVA e SILVA, L. H. 2002. *Contribuição ao conhecimento da composição microbiana e química das estruturas estromatolíticas da lagoa Salgada, Quaternário do Rio de Janeiro, Brasil*. Rio de Janeiro, UFRJ, Tese de doutorado, 176 p.
- SILVA E SILVA, L. H.; DAMAZIO, C. M. e BARROS, E.S. 2003a. Identificação da composição das esteiras estromatolíticas poligonais da lagoa Pitanguinha, Rio de Janeiro, Brasil. In: PALEO 2003, Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2003. *Resumos*, RJES CPRM, Rio de Janeiro, p. 23.
- SILVA E SILVA, L.H.; SENRA, M.C.E.; FARUOLO, T.C.L.M.; CARVALHAL, S.B.V.; ALVES, S.A.P.M.N.; DAMAZIO, C.M.; SHIMIZU, V.T.A. e IESPA, A.A.C. 2003b. Distinção entre as esteiras microbianas da lagoa Pitanguinha, Quaternário do Rio de Janeiro, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18, 2003. *Anais*, SBP, Brasília, p. 271.
- SILVA e SILVA, L.H.; SENRA, M.C.E.; FARUOLO, T.C.L.M.; CARVALHAL, S.B.V.; ALVES, S.A.P.M.N.; DAMAZIO, C.M.; SHIMIZU, V.T.A.; SANTOS, R.C. e IESPA, A.A.C. 2004. Estruturas microbianas recentes da lagoa Pernambuco, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7**(2):189-192.
- SILVA e SILVA, L.H.; DAMAZIO, C.M. e IESPA, A.A.C. 2005. Registro de biolaminóides poligonais na lagoa de Araruama, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista de Geologia*, **18**(2):153-158.
- SRIVASTAVA, N.K. e ALMEIDA, L.B. 2000. Lagoa Salgada (Rio de Janeiro): recent stromatolites. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, 2000. *Field Trip, Resumo*, Rio de Janeiro, SBG, p. 14.
- STOLZ, J.F. 2000. Structure of microbial mats and biofilms. In: RIDING, R.E. e AWRAMIK, S.M. *Microbial sediments*. Heidelberg, Springer-Verlag, p. 1-8.
- SUGUIO, K. 2001. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais*. São Paulo, Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 366 p.
- URMENETA, J. e NAVARRETE, A. 2000. Mineralogical composition and biomass studies of the microbial mats sediments from the Ebro Delta, Spain. *International Microbiology*, **3**:97-101.
- ZHANG, Y. e HOFFMANN, L. 1992. Blue-green algal mat of the Salinas in Sanya, Hai-nan Island (China): structure taxonomic composition and implications for the interpretation of Precambrian stromatolites. *Precambrian Research*, **56**:275-290.

Submetido em 25/08/2006

Aceito em 15/11/2006