



Composição dos Estromatólitos Estratiformes da Lagoa Salgada, Rio de Janeiro, Brasil
Composition of the Stratiform Stromatolites of Lagoa Salgada, Rio de Janeiro, Brazil

Loreine Hermida da Silva e Silva¹; Anderson Andrade Cavalcanti Iespa² &
Cynthia Moreira Damazio Iespa²

¹ Núcleo de Geomicrobiologia. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Avenida Pasteur nº 458, laboratório 409. Urca, Rio de Janeiro, Brasil. CEP-22.290-240.

² Programa de Pós Graduação em Geologia. Instituto de Geociências, Universidade do Brasil (UFRJ).

E-mails: iespa.bio@bol.com.br; acdamazio@bol.com.br.

Recebido em: 27/08/2008 Aprovado em: 20/10/2008

Resumo

A lagoa Salgada se localiza no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Campos dos Goytacazes e São João da Barra, a 41°00'30" W e 21°54'10" S. Nas porções marginais da lagoa se verificou a presença de construções estromatolíticas. Os estromatólitos podem ser definidos como estruturas biossedimentares litificadas. Crescem através de lâminas de sedimentos aprisionados pela precipitação de carbonato, como resultado da atividade de organismos microbianos. O objetivo deste estudo foi descrever a morfologia interna e constatar a composição cianobacteriana dos estromatólitos estratiformes encontrados no assoalho da lagoa Salgada. Nos estromatólitos estratiformes foram encontradas 21 espécies de cianobactérias, *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont 1892 e *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont, 1892 se apresentaram freqüentes nestes estromatólitos. Nos estromatólitos estratiformes foi observada a presença de calcita. As cianobactérias filamentosas são responsáveis pela união e aprisionamento dos grãos sedimentares, para formar as laminações nestas construções. Restos esqueletais de moluscos, foraminíferos, ostracódios se apresentando na localidade como mais uma fonte de carbonato de cálcio e substrato para estruturar os estromatólitos.

Palavras-chave: Estromatólitos estratiformes; cianobactérias; lagoa Salgada

Abstract

Lagoa Salgada is situated in the north coast of State of Rio de Janeiro, between the districts of Campos dos Goytacazes and São João da Barra, some 41°00'30" W and 21°54'10" S. In the margins of the lagoon the presence of recent stromatolitic constructions was verified. The stromatolite may be defined as lithifying biosedimentary structure, growing through of sediment blade trapping by the carbonate precipitation as result of microbial organism activity. The aim of this study was to characterize the cyanobacteria assemblage in stratiform stromatolites found on the floor of lagoa Salgada. Within the stratiform stromatolites 21 species of cyanobacteria were found, *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont 1892 and *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont 1892 are frequent in these stromatolites. The presence of calcite was observed in the stratiform stromatolites. The filamentous cyanobacteria are responsible for the union and imprisonment of sediment to form the layers in the stromatolites. The skeleton remains of mollusks, foraminifers and ostracod found in the area, work as a source of calcium carbonate and of sediment to structure the stromatolites.

Keywords: Stratiform stromatolites; cyanobacteria; lagoa Salgada

1 Introdução

Estromatólitos são estruturas biogênicas formadas pela união e aprisionamento de sedimentos, através da precipitação do carbonato de cálcio, por atividade de cianobactérias (Visscher & Stolz, 2005). As estruturas estromatolíticas estão presentes no registro geológico de rochas antigas, com 3 bilhões de anos (antes do Cambriano) e tem sido usadas em estudos da origem da vida primitiva e variações das condições ambientais pretéritas (Coimbra *et al.*, 2000).

Eles têm sido descritos em regiões marinhas, hipersalinas e ambientes lacustres, assim como em riachos calcários, principalmente com águas claras e rápidas (Sabater *et al.*, 2000; Stolz, 2003).

No Médio Ordoviciano, o declínio dos estromatólitos pode ter sido causado pela competição do espaço na superfície do ambiente, com corais e esponjas e pela predação das algas por moluscos e artrópodos (Stearn & Carroll, 1989).

Apresentam fragmentos de conchas, de bivalvíos e gastrópodes e foraminíferos cimentados com calcita. Na sua estrutura interna apresenta lâminas irregulares convexas de 3 a 5 mm de espessura com conchas de ostracódios, foraminíferos e gastrópodes (Miranda-Aviles *et al.*, 2005).

Essas construções são compostas de fragmentos angulares de concha, grão de areia fina, silte, argila, dolomita, quartzo, carbonatos siliciclástico, calcita, micrita, magnetita, argila xistosa, dolomicrita, dolomicrosparita, aragonita, magnésio calcita e aragonita (Marian & Osborne, 1992; Macintyre *et al.*, 1996).

Os estromatólitos podem ser classificados como: estratiforme, nodular, laminar, colunar, ramificado e planares (Hofmann, 2000; Semikhatov & Raaben, 2000).

Os estromatólitos estratiformes são estruturas biosedimentares microbianas. São compostos de laminações milimétricas, micríticas, escuras (rica em matéria orgânica) e claras (material carbonático traçado ou precipitado). É comum a presença de pseudomorfo de minerais evaporíticos, nódulos de sílica de alguns centímetros (Srivastava & Rocha, 2003). É considerado o segundo estágio na evolução

das construções estromatolíticas, apresentam cimentação superficial frágil e alta porosidade. Constituem-se de placas poligonais, delimitados por fendas de dessecação (Silva e Silva & Senra, 2000).

Sua formação está relacionada às cianobactérias, que secretam um polímero extracelular (EPS) sobre as esteiras microbianas. Os processos de calcificação dos estromatólitos ocorrem através da calcificação de bainhas cianobacterianas, ou seja, o EPS pelas atividades fotossintéticas. A precipitação de CaCO_3 pelas cianobactérias ocorre pela retirada de CO_2 , acréscimo de Ca^{2+} e degradação de EPS. O processo de litificação é causado pela decomposição do EPS das cianobactérias (Decho & Kawaguchi, 2003).

O objetivo deste estudo foi descrever a morfologia interna e caracterizar a composição cianobacteriana dos estromatólitos estratiformes encontrados no assoalho da lagoa Salgada.

2 Área de Estudo

A lagoa Salgada se situa no Sudeste do Brasil, litoral norte do estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Campos dos Goytacazes e São João da Barra (Figura 1). As coordenadas geográficas são $41^{\circ}00'30''$ W e $21^{\circ}54'10''$ S (Silva e Silva, 2002).

Localiza-se na parte terrestre da bacia de Campos, sendo integrante do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. Está posicionada em uma planície arenosa formada por cristas praias holocênicas, ao sul da foz do rio Paraíba do Sul (Raja Gabaglia & Milani, 1990).

Foi formada depois da fase de erosão costeira e intimamente associado com a oscilação do nível do mar entre 3.900 e 3.600 anos A.P. Isto ocorreu após os deslocamentos da barreira arenosa rumo ao continente, em condições hidrodinâmicas geradas pelas ondas da área ao sul do cabo de São Tomé (Martin *et al.*, 1993).

A lagoa sofreu a passagem de um ambiente marinho para lagunar, o que foi confirmado pela análise da microfauna de foraminíferos em testemunhos de sondagem (Rodrigues *et al.*, 1981).

A porção basal apresenta uma seqüência marinha composta por fácies de areia média e grossa. O intervalo superior é formado por uma seqüência lagunar, composta pelas fácies de lama plástica

Composição dos Estromatólitos Estratiformes da Lagoa Salgada, Rio de Janeiro, Brasil
 Loreine Hermida da Silva e Silva; Anderson Andrade Cavalcanti Iespa & Cynthia Moreira Damazio Iespa

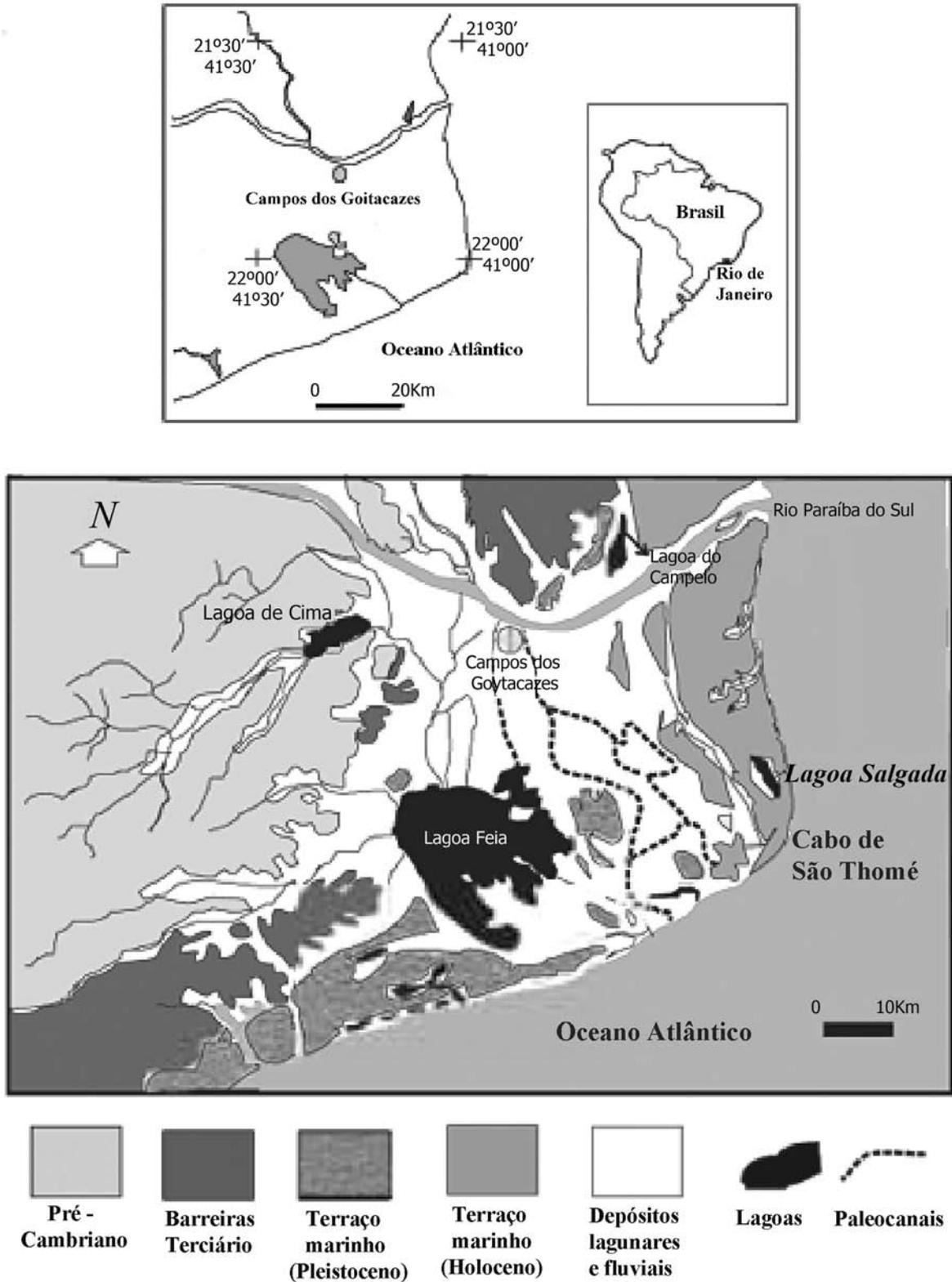


Figura 1 Mapa da região norte do estado do Rio de Janeiro, destacando a lagoa Salgada, o embasamento e sedimentos terciários e quaternários (Martin *et al.*, 1993 modificado).

cinza claro com dois a três níveis de lentes calcáreas, lama com grãos carbonáticos, lama orgânica e lama com microgastrópodes. As lentes carbonáticas provavelmente foram depositadas devido ao aumento da evaporação, associado com a redução da pluviosidade. Conchas coletadas nos sedimentos da seqüência marinha indicaram para a lagoa idade entre 3060-2930 anos A.P. (Lemos, 1996).

Possui uma conexão com o mar através do rio Açú e que apresenta salinidade de 42,3 ‰ e pH de 8,2. A extensão superficial deste corpo aquático é de 16 km², com 1,9 km de largura e 8,6 km de comprimento. Os parâmetros físico-químicos fornecem os seguintes valores médios: pH de 8,74; salinidade de 64,7‰; temperatura da água de 26,91°C; e taxa de oxigênio dissolvido de 3,7 mg/L. A água é classificada como clara, com visibilidade de 0,63 cm (Silva e Silva, 2002).

Sua principal característica é a presença de estruturas biogênicas, produzidas por processos sedimentológicos e biológicos, relacionados ao desenvolvimento e crescimento de comunidades microbianas bentônicas (Srivastava, 1997).

3 Material e Métodos

O estudo se baseou em três coletas realizadas na região marginal da laguna, nas porções de inframaré, entremarés e supramaré, nos meses de maio e outubro de 2006 e março de 2007. Foram retiradas amostras de estromatólitos, com auxílio de espátula de pedreiro, distanciados em 500m, em cinco estações distintas no entorno da lagoa (Figura 2).



Figura 2 Vista parcial da lagoa Salgada, ao redor de sua margem estão presentes os estromatólitos estratiforme no ponto 3 indicados pela seta em vermelho.

Ponto 1

Localização:

Latitude 21°54'03" S e a longitude 41°01'31" W.

Características: As esteiras lisa e poligonal dispostas na região de inframaré. Observa-se grande quantidade de bioclastos. Estromatólitos domal oncóides e estromatólitos estratiforme na região de entremarés e supramaré.

Ponto 2

Localização:

Latitude 21°54'17" S e a longitude 41°01'14" W.

Características: Local cercado de vegetação arbustiva e gramínea. Geralmente observa-se a formação de espuma de crisófitas na borda, fenômeno observado após período de chuvas e/ou vento. As esteiras lisa dispostas na região de inframaré. Estromatólitos estratiforme e oncóides na região de entremarés. Trombólitos e estromatólitos domal na região de supramaré. Observa-se grande quantidade de bioclastos.

Ponto 3

Localização:

Latitude 21°54'48" S e a longitude 41°00'46" W.

Características: As esteiras lisa dispostas na região de inframaré. Geralmente observa-se a formação de espuma de crisófitas na borda, fenômeno observado após período de chuvas e/ou vento. Estromatólitos domal na região de entremarés e supramaré e oncóides na região entremarés.

Ponto 4

Localização:

Latitude 21°54'54" S e a longitude 41°00'31" W.

Características: Local cercado de vegetação arbustiva e gramínea. As esteiras lisa dispostas na região de inframaré. Estromatólitos estratiforme e oncóides na região de entremarés e estromatólitos domal e trombólitos na região de supramaré.

Ponto 5

Localização:

Latitude 21°55'20" S e a longitude 41°00'09" W.

Características: A esteira lisa e poligonal dispostas na região de inframaré e entremarés. Estromatólitos estratiformes e oncóides nas regiões de entremarés e supramaré. Observa-se grande quantidade de bioclastos.

Para cada ponto foram retirados pelo menos cinco exemplares. Os estromatólitos foram selecionados segundo os seguintes critérios: integridade da amostra, coesão, coloração, porosidade e tamanho, levando-se em consideração espessura dos estratos, largura e comprimento, dados obtidos com o uso de paquímetro. O material selecionado pesa, em média, 200g por amostra.

O isolamento das cianobactérias do sedimento foi efetuado em laboratório utilizando líquido de Perenyi. As cianobactérias foram tratadas com solução neutra de formol a 4%. A análise taxonômica envolveu a confecção de lâminas permanentes e a fresco, com realização de medidas em microscópio, observando-se as características morfológicas, além de serem confeccionados desenhos com câmara clara. Para cada espécie foram realizadas seis mensurações, sendo averiguado o diâmetro dos filamentos, diâmetro das colônias, diâmetro dos tricomas, espessura das bainhas, comprimento e largura das células (Silva e Silva, 2002).

Cada táxon descrito faz-se acompanhar das características e limites métricos. Como base bibliográfica clássica para a identificação ficológica seguiram-se os trabalhos de Prescott (1975); Anagnostidis & Komárek (1988) e Komárek & Anagnostidis (1999).

Para analisar as microestratificações e a ciclicidade nas sucessões das microfácies das estruturas estromatolíticas foram preparadas lâminas petrográficas (Iespa, 2006).

4 Resultados

Os estromatólitos estratiformes consistem em placas poligonais planas e litificadas sobre o assoalho arenoso da lagoa. Apresentam espessura média de 1,3 cm, largura de 4,1 cm e comprimento de 7,4 cm (Figura 3). São compostos de laminações plano paralelas a crenuladas, milimétricas, micríticas, escuras (rica em matéria orgânica) e claras constituídas de calcita e com microcavidades de 0,1 cm de diâmetro em média (Figura 4 e 5). Exibem poros com diversos formatos e pequenas fendas na superfície. Apresentam fragmentos de conchas de ostracódios do Gênero *Cyprideis* Jones 1857, gastrópodes *Heleobia australis* d' Orbigny 1835, bivalvíos *Anomalocardia brasiliana* Gmelin 1791

e foraminíferos. Na sua composição mineralógica apresenta grãos de quartzo, fedspato, mica e calcita.

Na região de inframaré e entremarés, próximo aos estromatólitos estratiformes, se verifica a presença de esteiras microbianas poligonais e lisas dispostas aleatoriamente.

Foram constatadas 21 espécies de cianobactérias nestas estruturas estromatolíticas: *Aphanothece halophytica* Hof & Frémy 1933, *Aphanothece salina* Elenkin & Danilov 1915, *Aphanothece saxicola* Nägeli 1849 (Figura 6), *Aphanothece stagnina* (Sprengel) A. Braun 1863, *Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann 1904, *Chroococcus membraninus* (Menenghini) Nägeli 1849, *Chroococcus minor* (Kützing) Nägeli 1849, *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli 1849, *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli 1849, *Dactylococcopsis acicularis* Lemmermann 1900, *Hyella balani* Lehmann 1903, *Hyella caespitosa* Bornet & Flahault 1889, *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988, *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont 1892, *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont 1892, *Microcoleus vaginatus* (Vaucher) Gomont 1890, *Phormidium breve* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988, *Phormidium hamelii* (Frémy) Anagnostidis & Komárek 1988 (Figura 7), *Phormidium hypolimneticum* Campbell 1988, *Schizothrix arenaria* (Berkeley) Gomont 1892 e *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont 1892.



Figura 3 Estromatólito estratiforme com laminações crenuladas e finas de calcita encontrado na lagoa Salgada no ponto 2.

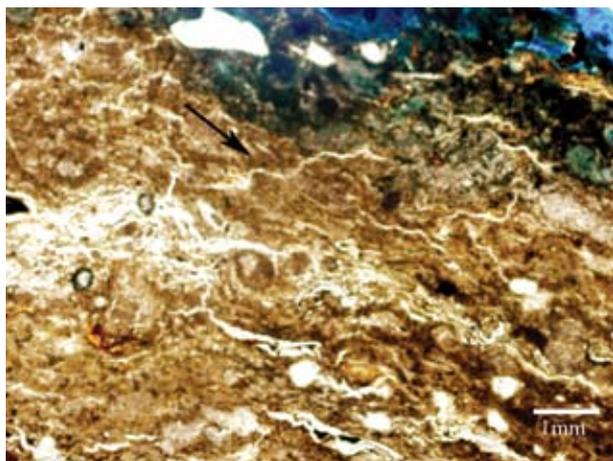


Figura 4 Fotomicrografia de uma lâmina petrográfica (nicóis paralelos) do estromatólito estratiforme do ponto 2, a seta em preto retrata laminações crenuladas de calcita com matéria orgânica.

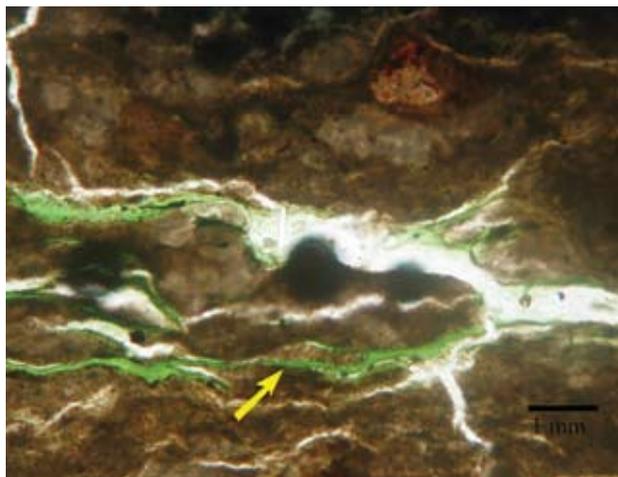


Figura 5 Fotomicrografia de uma lâmina petrográfica (nicóis paralelos) do estromatólito estratiforme do ponto 4. A seta em preto indica a presença de cianobactérias filamentosas formando uma rede entre os sedimentos.

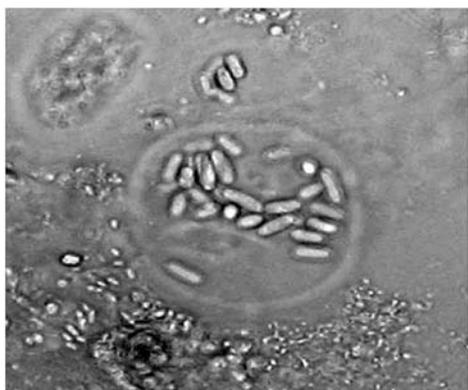


Figura 6 *Aphanothece saxicola* Nägeli 1849, uma cianobactéria esférica e colonial, rica em EPS (bainha de mucilagem espessa) ponto 2.

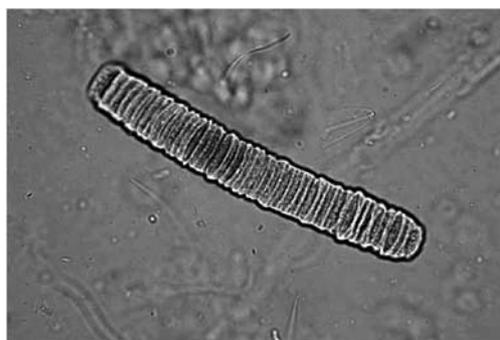


Figura 7 *Phormodium hamelii* (Frémy) Anagnostidis & Komárek 1988 uma das cianobactérias filamentosas responsáveis pela união e aprisionamento de sedimentos ponto 3.

5 Discussão e Conclusões

A composição microbiana presente nas amostras de estromatólito estratiforme demonstrou um predomínio quantitativo de *Microcoleus chthonoplastes* e *Lyngbya aestuarii*, resultado também observado por Seong-Joo *et al.* (2000).

Em Bahamas Highborne Cay, nos estromatólitos estratiformes ocorrem cianobactérias do gênero *Microcoleus* (Desmazières) Gomont 1892 conforme observado por Decho *et al.* (2005).

Burns *et al.* (2005) mostram que os estromatólitos estratiforme da Shark Bay, na Austrália, são constituídos pelas cianobactérias dos gêneros *Lyngbya* (Agardh) Gomont 1892 e *Microcoleus*.

Já as formas *Aphanothece stagnina* (Sprengel) A. Braun 1863 e *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont 1892 são espécies de cianobactérias adaptadas à alta salinidade conforme caracterizadas por Baeta Neves & Casarin (1990).

As cianobactérias filamentosas são responsáveis pela união e aprisionamento dos grãos sedimentares nestas construções, em função do EPS, corroborando com Silva e Silva *et al.* (2006), para lagoa de Araruama.

Esta diversidade atesta a resistência destes organismos aos ambientes extremos e pode ser útil na interpretação de depósitos similares no registro fossilífero conforme observado por Damazio & Silva e Silva (2006).

Conforme estudo de Hipp & Hass (2006), os estromatólitos estratiformes são formados em ambientes de baixa energia, sendo que a taxa de sedimentação e velocidade da corrente contribuem para a formação morfológica do estromatólito, resultados apontados também por Nehza & Woo (2006).

Draganits & Noffke (2004), mostram que na composição dos estromatólitos podem ocorrer grãos de quartzo, carbonato de cálcio. Associado a essas estruturas bioclastos (fragmentos de concha) tamanho areia em concordância com Awramik & Riding (1988).

Os estromatólitos são importantes do ponto de vista evolutivo, pois são freqüentemente objetos de discussão a respeito da origem da Terra. A descoberta de estruturas contemporâneas, que se assemelham aos estromatólitos pretéritos, fornece a oportunidade de investigar o relacionamento entre as comunidades microbianas modernas e o ambiente, além de desvendar se os estromatólitos recentes são análogos aos antigos, possibilitando a melhor compreensão destas estruturas e dos paleoambientes, conforme resultados de Silva e Silva *et al.* (2005).

Os estromatólitos encontram-se associados a gastrópodes, foraminíferos, ostracódios e bivalvíos, apresentando-se na localidade como mais uma fonte de carbonato de cálcio e substrato para as cianobactérias desenvolverem as estruturas estromatolíticas.

Os estromatólitos do tipo estratiforme são originados por esteiras microbianas poligonais e lisas, dominadas por cianobactérias filamentosas, similar a Iespa & Silva e Silva (2005).

A presença dos estromatólitos estratiformes e das esteiras microbianas possibilita inferir que este corpo aquático já possuiu maiores dimensões e profundidade no passado.

6 Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e pela FAPERJ (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), através do IVP (Instituto Virtual de Paleontologia).

7 Referências

- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. *Archiv für Hydrobiologie Algological studies*, 80(1-4):327-472.
- Awramik, S. M. & Riding, R. 1988. Role of algal eukaryotes in subtidal columnar stromatolite formation. *Geology*, 85:1327-1329.
- Baeta Neves, M.H.C. & Casarin, A.J. 1990. As cianofíceas das salinas de Cabo Frio - Brasil. *Acta Biológica Leopoldensia*, 12(1):99-123.
- Burns, B.P.; Seifet, A.; Goh, F.; Pomati, E.; Jungblut, A.D.; Serhat, A. & Neilan, B.A. 2005. Genetic potential for secondary metabolite production in stromatolite communities. *FEMS Microbiology Letters*, 243:293-301.
- Coimbra, M.M.; Silva, C.G.; Barbosa, C.F. & Mueller, K.A. 2000. Radiocarbon measurements of stromatolite heads and crusts at the Salgada lagoon, Rio de Janeiro State, Brasil. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 172:592-596.
- Damazio, C. M. & Silva e Silva, L. H. 2006. Cianobactérias em esteiras microbianas coloformes da lagoa Pitanguinha, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9(1):165-170.
- Decho, A.W. & Kawaguchi, T. 2003. Extracellular polymers (EPS) and calcification within modern marine stromatolites. In: KRUMBEIN, W. E.; PATERSON, D. M. & ZAVARZIN, G. (eds.) *Structure of Marine Biofilms*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p.141-153.
- Decho, A.W.; Visscher, P.T. & Reid, R.P. 2005. Production and cycling of natural microbial exopolymers (EPS) within a marine stromatolite. *Palaeogeography, Paleoclimatology and Palaeoecology*, 219:71-86.
- Draganits, E. & Noffke, N. 2004. Siliciclastic stromatolites and other microbially induced sedimentary structures in an early Devonian Barrier- island environment (muth formation, new Himalayas). *Journal Sedimentary Research*, 74(2):191 – 202.
- Hipp, K. & Haas, J. 2006. Calcimicrobial stromatolites at the Permian-Triassic boundary in a western Tethyan section, Bukk Mountains, Hungary. *Sedimentary Geology*, 185:239-253.
- Hofmann, H. J. 2000. Archean stromatolites as microbial archives. In: Riding, R. E. & Awramik, S. M. *Microbial sediments*. Heidelberg, Springer-Verlag, p.315-327.
- Iespa, A. A. C. 2006. *Estudo Geomicrobiológico da lagoa Pernambuco, Região dos Lagos (Estado do Rio de Janeiro)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 116p.
- Iespa, A.A.C. & Silva e Silva, L.H. 2005. Laminitos Microbianos e Cianobactérias na lagoa Pernambuco, Neogeno do Rio de Janeiro, Brasil.

- Revista Universidade Guarulhos - Geociências*, X(6):5-10.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1999. *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/1: Cyanophyta 1. Teil: Chroococcales*. Stuttgart, Gustav Fischer, 548p.
- Lemos, R.M.T. 1996. *Estudo das fácies deposicionais e das estruturas estromatolíticas da Lagoa Salgada – Rio de Janeiro*. Programa de Pós-graduação em Geoquímica, Universidade Federal do Rio Fluminense, Dissertação de Mestrado, 122p.
- Macintyre, I. G.; Reid, R. P. & Steneck, R.S. 1996. Growth history of stromatolites in a Holocene fringing reef, Stocking island, Bahamas. *Journal of Sedimentary Research*, 66 (1):231-242.
- Marian, M. L. & Osborne, R. H. 1992. Petrology, petrochemistry and stromatolites of the Middle to late Proterozoic beek spring dolomite, eastern Mojave desert, California. *Canada Journal Earth Science*, 29:2595-2609.
- Martin, L.; Suguio, K. E & Flexor, J. M. 1993. *Asflutuações de nível do mar durante o quaternário Superior e a evolução geológica de deltas brasileiros*. São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, p.1-186.
- Miranda-Aviles, R.; Beraldi-Camper, H.; Puy-Alquiza, M.J. & Carreño, A.L. 2005. Estromatolitos, tufas y travertinos de la seccion El Morro: Depósitos relacionados con la primeira incursión marina en la Cuenca de Santa Rosalía, Baja California. *Sur. Revista Mexicana de Ciências Geológicas*, 22(2):148-158.
- Nehza, O. & Woo, K.S. 2006. The effect of subaerial exposure on the morphology and microstructure of stromatolites in the Cretaceous Sinyangdong Formation, Gyeongsang Supergroup, Korea. *Sedimentology*, 53:1121-1133.
- Prescott, G.W. 1975. *Algae of the western great lakes area*. Iowa, W.M.C. Brown Company, 977p.
- Raja Gabaglia, G.P. & Milani, E.J. 1990. *Origem e evolução de Bacias sedimentares*. Petrobrás, Rio de Janeiro, 415p.
- Rodrigues, M.A.; Carvalho, M.G.P. & Dias, G.T.M. 1981. Interpretação paleoambiental das lagoas Salgadas e das Ostras (RJ) Brasil, com base em foraminíferos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2. Porto Alegre, 1981. *Artigo*, Porto Alegre, UFRGS, p.893-906.
- Sabater, S.; Guarch, H.; Romani, A. & Muñoz, I. 2000. Stromatolitic communities in Mediterranean streams: adaptations to a changing environment. In: SABATER, S.; GUARCH, H.; ROMANI, A. & MUÑOZ, I. (eds.) Netherlands. *Biodiversity and Conservation*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, p.379-392.
- Semikhatov, M. A. & Raaben, M. E. 2000. Proterozoic stromatolite taxonomy and biostratigraphy. In: RIDING, R. E. & AWARAMIK, S. M. (eds.) *Microbial sediments*. Heidelberg, Springer-Verlag, p.295-306.
- Seong-Joo, L.; Browne, K. M. & Golubic, S. 2000. On stromatolite lamination. In: RIDING, R. E. & AWARAMIK, S. M. (eds.) *Microbial sediments*. Heidelberg, Springer-Verlag, p.16-24.
- 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*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 176p.
- Silva e Silva, L.H. & Senra, M.C.E. 2000. Estromatólitos da lagoa Salgada, Quaternário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: CONGRESSO IBÉRICO DE PALEONTOLOGIA E JORNADAS DE LA SOCIEDADE ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGIA, 1, 16, Évora, 2000, *Resumo*, Évora, p.95-96.
- Silva e Silva, L.H.; Iespa, A.A.C. & Damazio, C. M. 2006. Caracterização e composição cianobacteriana das esteiras microbianas lisas da lagoa de Araruama, Rio de Janeiro, Brasil. *GAEA*, 2(1):18-23.
- Silva e Silva, L. H.; Iespa, A. A. C.; Damazio, C. M.; Carvalho, S. B. V. & Alves, S. A. P. M.N. 2005. Confronto entre estruturas estromatolíticas domais (composição cianobacteriana) das lagoas Pernambuco e Salgada, Brasil. *Revista de Geologia*, 18(2): 159-165.
- Srivastava, N.K. 1997. Os mais antigos fósseis. *Ciência Hoje*, 22(130):18-19.
- Srivastava, N. K. & Rocha, A. J. D. 2003. Fazenda Cristal, BA Estromatólitos mesoproterozóicos. In: SCHOBBEENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M. & BERBERT-BORN, M. L. C. (eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. DNPM /CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP) –Brasília, p.87-93.
- Stearn, C. & Carroll, R., 1989. *Paleontology*, New York, John Wiley and Sons, p.46-48.
- Stolz, J.C. 2003. Fossil and recent biofilms a natural history of life on planet Earth. In: KRUMBEIN, W E.; PATERSON, D. M. & ZAVARZIN, G. (eds.) *Structure of Marine Biofilms*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p.65-76.
- Visscher, P.T. & Stolz, J.F. 2005. Microbial mats as bioreactors: populations, processes and products. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 219:87-100.