GAEA
2(2):59-65, jul/dez 2006
© Copyright 2006 by Unisinos

Estudo geomicrobiológico das esteiras coloformes da lagoa Pernambuco, Região dos Lagos (Estado do Rio de Janeiro)

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
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, 22.290-240Rio de Janeiro, RJ.
loreineh@unirio.br
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

RESUMO

Este estudo dá continuidade ao levantamento da composição cianobacteriana e sedimentológica das lagoas da costa nordeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, abordando os depósitos de esteiras microbianas da lagoa Pernambuco (22°55'31"-22°56'02"S e 42°20'21"-42°17'26" W). A gênese desta lagoa, como a de outras presentes na região, está relacionada à última transgressão holocênica e resulta das condições semi-áridas do clima. O objetivo deste estudo foi caracterizar a composição cianobacteriana e sedimentológica das esteiras microbianas coloformes encontrados no assoalho da lagoa. Os resultados demonstram que as famílias Chroococcaceae Nägeli, 1849, Phormidiaceae Anagnostidis e Komárek, 1988 e Synechococcaceae Komárek e Anagnostidis, 1995 são as mais abundantes nas esteiras coloformes, respondendo por 26,3 % das espécies encontradas. Entre estas, a forma filamentosa *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892, é a forma dominante. Oscillatoriaceae Gomont, 1892, Pseudanabaenaceae Anagnostidis e Komárek, 1988, Schizothricaceae Elenkin, 1934, Entophysalidaceae Geitler, 1925 e Merismopediaceae Elenkin, 1933, sucedem-se em ordem de importância, com proporções variáveis entre 5% e 2,5%. Restos esqueletais de moluscos, foraminíferos e ostracodes encontrados associados constituem a fonte de carbonato de cálcio que, junto com os sedimentos, garantem a estrutura das esteiras.

Palavras-chave: cianobactérias, esteira coloforme, lagoa Pernambuco, Rio de Janeiro State, Brazil.

ABSTRACT

GEOMICROBIOLOGIC STUDY OF COLOFORM MAT IN PERNAMBUCO LAGOON, LAGOS REGION, RIO DE JANEIRO STATE. The Pernambuco Lagoon is located in the northeastern part of Rio de Janeiro State, Brazil (22°55'31"- 22°56'02" S and 42°20'21"- 42°17'26" W). It was formed during the last Holocene transgression and their calcareous and organic deposits results from the semi arid climate that characterizes the area. The aim of this study is to characterize the cyanobacteria composition of the organosedimentary deposits of benthic microbial communities deposited in this lagoon due to the climate conditions. The composition of the coloform mat is dominated by the families Chroococcaceae Nägeli, 1849, Phormidiaceae Anagnostidis and Komárek, 1988 and Synechococcaceae Komárek and Anagnostidis, 1995, representing 26,3% of the cyanobacteria, with *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892 being the most abundant specie. Others families represented are Oscillatoriaceae Gomont, 1892, Pseudanabaenaceae Anagnostidis and Komárek, 1988, Schizothricaceae Elenkin, 1934, Entophysalidaceae Geitler, 1925, and Merismopediaceae Elenkin, 1933. Skeletal remains of molluscs, foraminifers and ostracods found in association with the deposits must be the source of the calcium carbonate that structured the mats.

Key words: cyanobacteria, microbialites, Pernambuco Lagoon, Rio de Janeiro State, Brazil.

INTRODUÇÃO

Lagunas são corpos de água pouco profundos situados em áreas de planície costeira, comumente separados do mar por bancos arenosos ou ilhas-barreira, mas que mantêm uma comunicação com o mar mais ou menos eficiente (Suguio, 2003). O aumento da salinidade nestes corpos de água restritos pode ser causado por lentas alterações nas taxas de pluviometria ou de influxo de água marinha, por mudanças climáticas controladas pelas variações na temperatura e umidade, ou ainda, pelo impacto humano (Turcq, 2000). Lagunas costeiras hipersalinas costumam caracterizar regiões áridas, em nível global (Coutinho *et al.*, 1999).

Os estudos geomicrobiológicos tratam de avaliar o papel representado pelos microorganismos na dissolução e precipitação dos

sais e na litificação dos depósitos sedimentares (Burne e Moore, 1987; Thompson e Ferris, 1990; Chafetz e Buczynski, 1992; De Vrind Jong e De Vrind, 1998).

Segundo Van Gemerden (1993), as esteiras microbianas são estruturas organossedimentares "verticalmente" laminadas que se desenvolvem sobre superfícies sólidas. Seu crescimento está diretamente ligado à presença das cianobactérias filamentosas, capazes de aprisionar e unir os sedimentos (Noffke *et al.*, 2001). Contudo, outras bactérias e diatomáceas podem estar presentes também, em sua constituição (Kühl *et al.* 2003). As cianobactérias podem dissolver o carbonato de cálcio presente no ambiente e precipitá-lo na forma de compostos de calcita, dolomita, aragonita, gipsita e magnesita (Thompson e Ferris, 1990; Braissant *et al.*, 2003; Silva e Silva *et al.*, 2005).

A precipitação do carbonato de cálcio pode também ser induzida pelo processo de fotossíntese, que eleva o pH em sistemas supersaturados de $CaCO_3$ e resulta em litificações laminadas, ou pela decomposição da matéria orgânica que libera íons de Ca^+ (Chafetz e Buczynski, 1992; Paerl *et al.*, 2001).

O objetivo deste trabalho é determinar a composição cianobacteriana e dos sedimentos que compõem as esteiras coloformes da lagoa Pernambuco e os processos envolvidos em sua gênese.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo se baseou em coletas mensais realizadas na região marginal da laguna, nas porções de inframaré, intermarés e supramaré, no período entre março de 2004 e fevereiro de 2005.

A amostragem foi realizada durante os períodos de maré baixa e ao longo da superfície das esteiras, desde a zona de inframaré até a de supramaré. Com auxílio de uma espátula foram retiradas amostras de esteiras, em cinco quadrantes de 1 m^2, distanciados 500 m entre si e em 10 estações distintas demarcadas com GPS no entorno da laguna. Em cada uma delas foram coletadas cinco amostras de aproximadamente 200 g.

As amostras foram selecionadas posteriormente segundo sua maior integridade, coesão, coloração, porosidade e tamanho, levando-se em consideração a espessura dos estratos, largura e comprimento, dados obtidos por meio de paquímetro. A separação das cianobactérias da esteira microbiana foi feita em laboratório, utilizando peróxido de hidrogênio 20 volumes. Para fixação das cianobactérias presentes nas esteiras, foi adicionada solução aquosa de formol a 4% com água da laguna.

Para a análise taxonômica foram confeccionadas lâminas permanentes, semipermanentes e frescas. Os tipos presentes foram posteriormente medidos em microscópio óptico, com auxílio de ocular milimetrada e suas características morfológicas observadas segundo os padrões clássicos propostos por Prescott (1975), Anagnostidis e Komárek (1988) e Komárek e Anagnostidis (1999). Para cada espécime foram realizadas seis mensurações e averiguado o diâmetro dos filamentos, das colônias e dos tricomas, a espessura das bainhas e o comprimento e largura das células, em seus valores mínimos, médios e máximos.

A granulometria das esteiras microbianas foi obtida a partir de medidas diretas nas lâminas em microscópio e segundo a classificação de Giannini e Riccomini (2000).

A análise dos bioclastos encontrados associados ao sedimento das esteiras foi efetuada a partir de fracionamento em agitador de peneiras de tamanho de 0,062 a 2 mm e a observação em microscópio estereoscópico. Para os carbonatos químicos, bioprecipitados ou armadilhados (micrita) foram realizadas análises químicas em EDS e texturais, em microscópio eletrônico de varredura JEOL – 6460LV. Cinco lâminas petrográficas foram realizadas com o objetivo de observar a morfologia interna das esteiras microbianas coloformes.

CONTEXTO AMBIENTAL DA LAGOA PERNAMBUCO

A lagoa Pernambuco é um corpo aquático costeiro situado no litoral nordeste do Estado do Rio de Janeiro, a cerca de 100 km de distância da cidade do Rio de Janeiro, a leste da cidade de Araruama e a oeste de Cabo Frio (Figura 1). É limitada pelas latitudes de 22º55'31" e 22º 52'02" S e pelas longitudes 42º20'21" e 42º17'26" W, fazendo parte do sistema lagunar de Araruama.

O formato da lagoa é alongado e, como outros corpos lagunares que caracterizam esta porção do litoral, uma série de pequenos bolsões separados por pontais conformam seu interior (Primo e Bizerril, 2002).

A lagoa Pernambuco foi formada no último episódio de transgressão do Holoceno, iniciado há 7.000 anos, e o clima atual da região é do tipo semi-árido (Anjos,

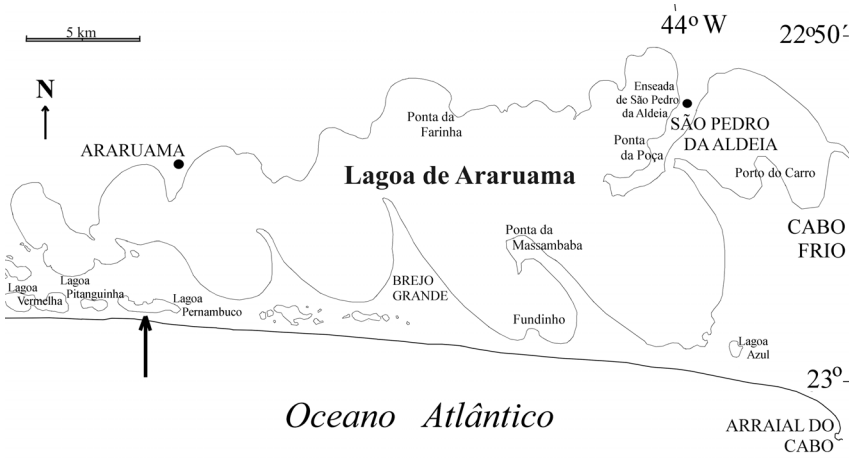


Figura 1. Mapa de localização do sistema lagunar costeiro no nordeste do Estado do Rio de Janeiro. A posição da lagoa Pernambuco é indicada pela seta (modificado de Primo e Bizerril, 2002).
Figure 1. Location map of the lakes region in the northeastern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. The Pernambuco Lagoon position is indicated by the arrow (modified from Primo and Bizerril, 2002).

1999). Para Fonseca (2002), este condicionamento climático tem influência no desenvolvimento de lagunas hipersalinas.

RESULTADOS

Os estudos realizados demonstraram que as esteiras microbianas coloformes na lagoa Pernambuco se estruturam em três estratos principais distinguíveis por suas cores, sendo o mais superficial de coloração verde, o intermediário, de cor vermelha e o mais profundo, marrom.

Internamente, são compostas por matéria orgânica, grãos de quartzo subangulosos e subarredondados, de tamanho de areia fina a média (0,125 a 0,5 mm), e por diversas laminações onduladas, brancas e finas, de carbonato de cálcio (Figura 2A).

A forma geral das esteiras coloformes é oval-arredondada e superficialmente possuem fenestras, cavidades, fissuras e enrugamentos (Figura 2B), em cuja composição a matéria orgânica domina sobre o quartzo (Figura 3). A estrutura interna caracteriza-se por montículos organizados em fileiras, com média de comprimento de 4,3 cm e largura de 3,3 cm.

A espessura de cada uma das lâminas nas esteiras coloformes mostrou valores de (i) 0,9 mm no estrato verde, com uma lâmina branca intercalada de 0,4 mm; (ii) 0,8 mm no estrato vermelho, com intercalação branca de 0,4mm; e (iii) 2,1 mm no estrato marrom, com uma lâmina preta de 1,2 mm.

Os grãos analisados por MEV e EDS mostraram ser constituídos por calcita (Figura 4), cloreto de sódio e cloreto de magnésio. A concentração de cálcio na amostra foi de 52,66 % e de magnésio de 3,71 %.

Conchas de moluscos bivalves, da espécie *Anomalocardia brasiliana* Gmelin, 1791, e gastrópodes da espécie *Heleobia australis* d'Orbigny, 1835 foram identificadas sob a camada inferior marrom. Os pelecípodes ocorrem em parte ainda articulados e com tamanhos entre 1,6 e 0,6 cm de comprimento e 1,1 e 0,5 cm de altura. *H. australis* parece com conchas inteiras e fragmentadas e com tamanhos entre 0,3 e 0,08 cm de altura.

Restos fragmentados de moluscos também são registrados no interior das esteiras, mas aí se associam a foraminíferos e ostracodes, do gênero *Cyprideis* Jones, 1857. A bactéria púrpura do gênero *Chromatium* Perty, 1852 e a diatomácea *Navicula* Bory, 1822 foram encontradas em todas as esteiras.

A composição em cianobactérias das esteiras microbianas coloformes mostrou-se variada e representada por 38 espécies, cuja distribuição é apresentada na Tabela 1. Nesta tabela e possível verificar que a maior variedade concentra-se no estrato mais superficial e verde, e diminui gradativamente em direção aos estratos mais profundos. Por outro lado, algumas espécies se mostraram exclusivas de determinados estratos, como por exemplo, *Aphanothece conglomerate, Johanesbaptistia pellucida, Leptolyngya komarovii, L. tenuis, Lyngbya aestuarii, Microcoleus vaginatus, Oscillatoria limnetica, Phormidium hormoidese* e *P. acuminatum,* encontradas apenas nos estratos verdes superficiais, *Aphanohthece marina* e *Chroococcus obliteratus*, exclusivas do estrato intermediário, e *Aphanothece pallida*, restrita ao estrato inferior marrom.

As espécies distribuem-se preferencialmente nas famílias Phormidiaceae Anagnostidis e Komárek, 1988, Synechococcaceae Komárek e Anagnostidis, 1995 e Chroococcaceae Nägeli, 1849, que participam, cada uma, em cerca de 26% da composição total da assembléia. As demais famílias observadas apresentaram os seguintes percentuais: Oscillatoriaceae Gomont, 1892, com 5,3%, Pseudanabaenaceae Anagnostidis e Komárek, 1988, com 5,3%, Schizothricaceae Elenkin, 1934, com 5,3%, Entophysalidaceae Geitler, 1925, com 2,6% e Merismopediaceae Elenkin, 1933, com 2,6%. Estas famílias agrupam-se preferencialmente nas classes Cyanophyceae Sachs, 1874 (57,8%) e Hormogonae Golubic, 1976 (42,2%).

A Figura 5 mostra a distribuição proporcional das famílias em cada um dos estratos.

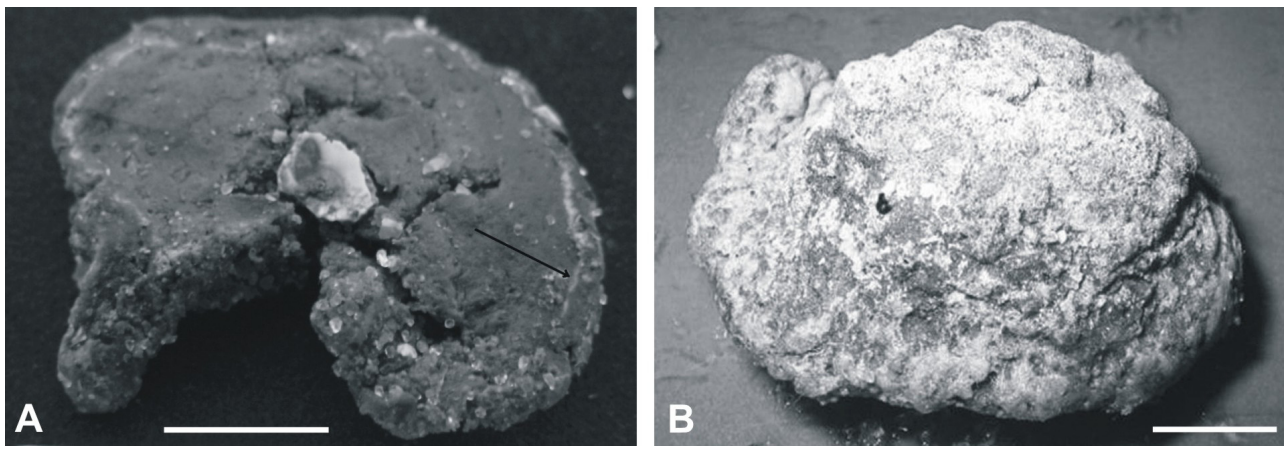


Figura 2. A. Estrutura interna de uma esteira microbiana coloforme evidenciando a estrutura laminar e as ondulações. **B.** Aspecto da superfície externa da esteira microbiana coloforme do ponto 4. A seta em **A** mostra a laminação branca, constituída por calcita e os pontos brancos na superfície em **B** indicam também a deposição de cristais de calcita. Escala = 10 mm.
Figure 2. A. Section of a microbial mat, showing the laminar and undulated structure and the white lamina formed by calcium carbonate (arrow). **B.** Wrinkles and undulations visible at the microbial mat surface. The white points in the surface indicate the calcite deposition. Scale bar = 10 mm.

DISCUSSÕES

As esteiras estratificadas da lagoa Pernambuco mostraram um comportamento similar aos de outras lagoas da costa fluminense, observado por Höhn *et al.* (1986) e Carvalhal (2003), na individualização dos estratos e na distribuição das cores que varia com o aprofundamento nas camadas, desde verdes, passando a vermelhos e marrons.

Quanto à distribuição dos tipos de cianobactérias, as formas esféricas predominam nos estratos mais profundos e as filamentosas nos mais superficiais. Esta variação resulta de fatores como a intensidade luminosa e a temperatura, que atuam como limitantes para o desenvolvimento das cianobactérias filamentosas e cujo decréscimo, por outro lado, favorece as formas esféricas (Silva e Silva *et al.*, 2004). A presença das formas filamentosa, responsáveis pela união e aprisionamento dos grãos e sedimentos em seus talos e pela mucilagem e formação das esteiras (Gerdes *et al.,* 2000), é também responsável pela coloração esverdeada dos níveis superficiais.

As cores vermelhas a rosado-púrpuras dos estratos intermediários, por sua vez, são causadas por bactérias sulfurosas púrpuras e cianobactérias cocóides e, as amarronzadas dos estratos inferiores, causadas pela matéria orgânica associada a um grande número de cianobactérias cocóides (Damazio e Silva e Silva, 2006).

Em termos de sua composicao taxonômica, o estudo aqui realizado demonstrou que nas esteiras coloformes da lagoa Pernambuco predomina a espécie *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont, 1892, a mesma encontrada anteriormente para a lagoa Pitanguinha por Damazio (2004) e, surpreendentemente, nos estudos de Hoffman (1976) para as esteiras algálicas de Shark Bay, na Austrália. De acordo com Baeta Neves e Casarin (1990), *Microcoleus chthonoplastes,* junto com *Aphanothece stagnina*, são boas indicadoras de salinidade alta.

Os gêneros *Microcoleus*, *Lyngbya*, *Phormidium* e *Spirulina* já foram encontrados em esteiras microbianas do delta do Ebro, na Espanha (Urmeneta e Navarrete, 2000), da laguna Mormona, no México (Horodyski *et al.*, 1977), nas salinas de San-ya, na ilha Hainan, China (Zhang e Hoffmann, 1992). No Brasil foram identificadas nas áreas próximas, das lagoas Pitanguinha (Damazio, 2004), Vermelha (Carvalhal, 2003) e Salgada (Silva e Silva, 2002).

A presenca associada de restos de conchas de invertebrados e testas de microorganismos tem sido igualmente registrada em estudos prévios das lagoas do litoral do Rio de Janeiro (Silva e Silva, 2002; Damazio 2004). As conchas articuladas e in-

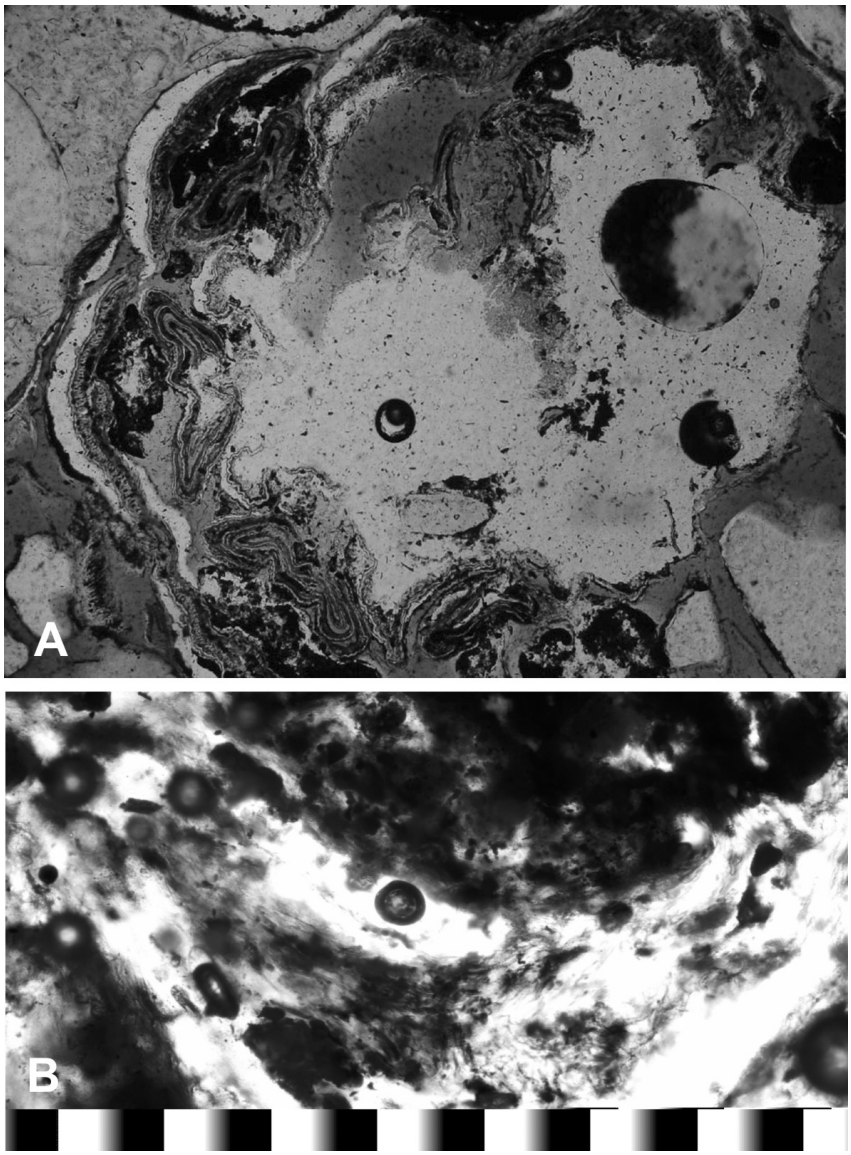


Figura 3. A-B. Fotomicrografias de lâminas petrográficas de esteiras coloformes, evidenciando as laminações onduladas (200x).
Figure 3. A-B. Photomicrographies of the microbial mat showing the undulate lamination (200x).

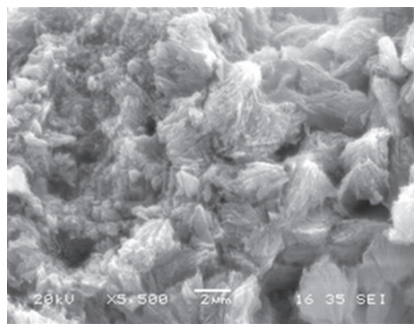


Figura 4. Vista em MEV dos grãos de calcita da esteira coloforme.
Figura 4. Calcite grains in MEV.

teiras foram observadas preferencialmente nos estratos ricos em matéria orgânica, enquanto aquelas desarticuladas e fragmentadas distribuem-se nos níveis de caráter mais detrítico, sugerindo intervalos de maior agitação da água e ação de correntes. Os tipos presentes são muito similares àqueles identificados nos trabalhos prévios em outras lagoas da região e de contexto ambiental semelhante (Silva e Silva, 2002; Damazio, 2004; Vasconcelos, 1988; Primo e Bizerril, 2002).

Também a presença da bactéria púrpura *Chromatium* aproxima as esteiras da lagoa Pernambuco com outras formações algálicas conhecidas. Esta forma já havia sido identificada na lagoa Vermelha por Vasconcelos (1988) e ocorre igualmente no delta do Ebro, na Espanha (Guerrero *et al.*, 2003). As diatomáceas do gênero *Navicula*, que normalmente participam da degradação da matéria orgânica e são responsáveis pela produção da espuma na margem da lagoa, foram igualmente registradas anteriormente na lagoa Pitanguinha (Damazio, 2004), na laguna Mormona no México (Horodyski *et al.*, 1977) e no delta do Ebro, Espanha (Urmeneta e Navarrete, 2000).

Quanto à litificação, as esteiras da lagoa Pernambuco demonstram que este processo é mais destacado nos estratos mais profundos, devido a um aumento no teor de carbonato de cálcio, como já haviam observado Chafetz e Buczynski (1992). O carbonato também aparece precipitado na forma de calcita e calcita magnesiana, pela ação das cianobactérias (Giralt *et al.*, 2001). Em esteiras microbianas modernas, pode resultar também dos processos de fotossíntese ou de respiração anaeróbica, como foi observado por Warthmann *et al.* (2005), em áreas próximas.

CONCLUSÕES

A lagoa Pernambuco é uma lagoa costeira caracterizada pela presença de estruturas biossedimentares formadas pela atividade microbiana e peculiar por apresentar sedimentação carbonática. Sua salinidade elevada pode ser explicada pela ausência de efluentes continentais e por teores de evaporação que superam a precipitação.

Suas esteiras algálicas sao do tipo coloforme e estratificado, caracterizadas pela presença importante das cianobactérias filamentosas que, além de garantir a coloração esverdeada de seus estratos superficiais, permitem o aprisionamento dos sedimentos e a precipitação do carbonato de cálcio. Em sua composição estão presentes, ainda, restos de moluscos, foraminíferos e ostracodes, que atuam como fonte de carbonato. A presença de bactérias púrpuras é igualmente importante, por

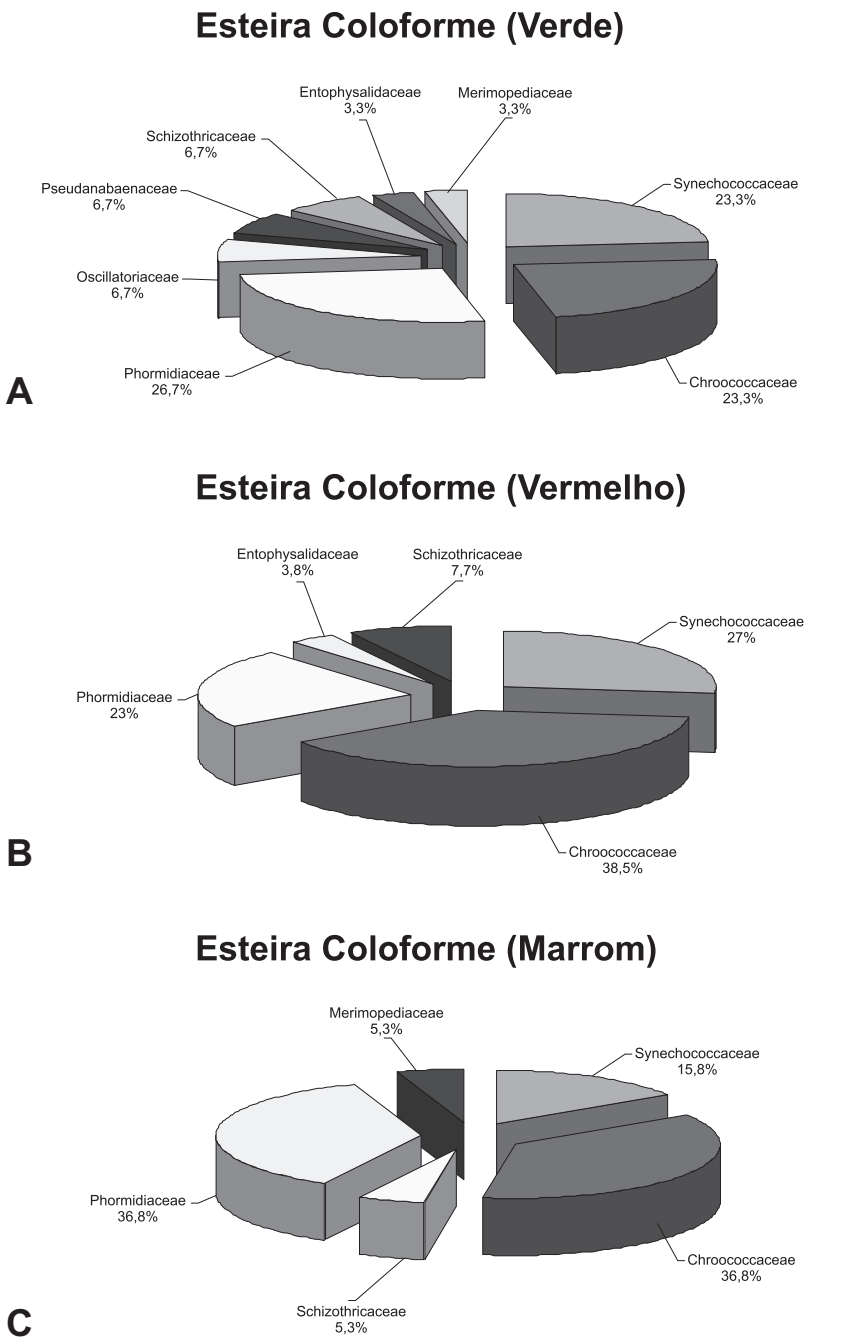


Figura 5. Distribuição das famílias na esteira coloforme da lagoa Pernambuco nos estratos verde (**A**), vermelho (**B**) e marrom (**C**).
Figure 5. Family distribution in the microbial mats from Pernambuco Lagoon in the green layer (**A**), the red layer (**B**), and the brown layer (**C**).

colaborarem na precipitação do carbonato de cálcio e na degradação dos sulfatos da matéria orgânica das esteiras microbianas e da própria lagoa.

A composição taxonômica, a estratificação e a disposição das esteiras microbianas na lagoa Pernambuco compartilham elementos com os outros corpos de água do litoral do Estado do Rio de Janeiro e com outras regiões lacustres do mundo, submetidas a climas com alguma restrição de umidade e a um contexto marginal marinho.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela CAPES, pela FAPERJ e pela UNIRIO.

REFERÊNCIAS

ANAGNOSTIDIS, K. e KOMÁREK, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobyologie Algological Studies,* **80**(1-4):327-472.

Tabela 1. Distribuição dos tipos de cianobactérias por estrato da esteira coloforme.
Table 1. Distribution of cyonobacteria types per microbial mat strata.

Espécie	Estrato Verde	Estrato Vermelho	Estrato Marrom
Aphanothece conglomerata	X		
Aphanothece halophytica	X	X	
Aphanothece marina		X	
Aphanothece pallida			X
Aphanothece saxicola	X	X	
Aphanothece salina	X	X	
Chroococcus dispersus	X	X	X
Chroococcus membraninus	X	X	X
Chroococcus microscopicus		X	X
Chroococcus minimus		X	X
Chroococcus minor		X	X
Chroococcus minutus	X	X	X
Chroococcus obliteratus		X	
Chroococcus quaternarius	X	X	
Chroococcus turgidus	X	X	X
Cyanosarcina thalassia	X	X	X
Entophysalis granulosa	X	X	
Gloeothece confluens	X	X	
Gloeothece linearis	X	X	X
Gomphosphaeria aponina	X		X
Johanesbaptistia pellucida	X		
Leptolyngya komarovii	X		
Leptolyngya tenuis	X		
Lyngbya aestuarii	X		
Microcoleus chthonoplastes	X	X	X
Microcoleus tenerrimus	X	X	X
Microcoleus vaginatus	X		
Oscillatoria limnetica	X		
Phormidium acuminatum	X		
Phormidium acutum		X	X
Phormidium hamelli	X	X	X
Phormidium hormoides	X		X
Phormidium hypolimneticum	X	X	
Phormidium okenii	X	X	X
Phormidium willei			X
Schizothrix arenaria	X	X	
Schizothrix friesii	X	X	X
Synechococcus elogantus		X	X
TOTAL PARCIAL	**30**	**26**	**19**

ANJOS, A.P.A. 1999. *Caracterização da sedimentação atual de lagunas costeiras do litoral do Estado do Rio de Janeiro para fins de calibração de acordo com as variações paleoambientais e paleoclimáticas.* Rio de Janeiro, UFF, Dissertação de Mestrado, 133 p.

BAETA NEVES, M.H.C. e CASARIN, A.J. 1990. As cianofíceas das salinas de Cabo Frio - Brasil. *Acta Biologica Leopoldensia*, **12**(1):99-123.

BRAISSANT, O.; CAILLEAU, G.; DUPRAZ, C. e VERRECCHIA, E.P. 2003. Bacterially induced mineralization of calcium carbonate in terrestrial environments: the role of exopolysaccharides and amino acids. *Journal of Sedimentary Research*, **73**(1):485-490.

BURNE, R.V. e MOORE, L.S. 1997. Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities. *Palaios,* **2**:241- 254.

CARVALHAL, S.B.V. 2003. *Bioestratificação cianobacteriana das esteiras microbianas recentes da lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brasil.* Rio de Janeiro, UFRJ, Monografia de Bacharelado, 80 p.

CHAFETZ, H.S. e BUCZYNSKI, C. 1992. Bacterially induced lithification of microbial mats. *Palaios,* **7**:277-293.

COUTINHO, R.; RIBEIRO, P.; KJERFVE, B.; KNOPPERS, B.; MUEHE, D. e VALENTIN, J.L. 1999. Araruama, uma laguna ameaçada. *Ciência Hoje*, **25**(149):24-31.

DAMAZIO, C.M. 2004. *Tipificação e bioestratificação cianobacteriana das esteiras microbianas da borda noroeste da lagoa Pitanguinha, Holoceno do Rio de Janeiro, Brasil.* Rio de Janeiro, UFRJ, Monografia de Bacharelado, 171 p.

DAMAZIO, C.M. e SILVA e SILVA, L.H. 2006. Cianobactérias em esteiras microbianas coloformes da lagoa Pitanguinha, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **9**(1):15-26.

DE VRIND JONG, E.W. e DE VRIND, J.P.M. 1998. Algal deposits of carbonates and silicates. *In*: BANFIELD, J.F. e NEALSON, K.H. (eds.), *Geomicrobiology: iInteractions between microbes and minerals*. Mineralogical Society of America, USA, p. 267-307.

FONSECA, M.C. 2002. *Avaliação de índice de risco ecológico potencial para a contaminação por metais pesados. Caso das lagunas do leste fluminense.* Rio de Janeiro, UFF, Dissertação de Mestrado, 116 p.

GERDES, G.; KLENKE, T. e NOFFKE, N. 2000. Microbial signatures in peritidal siliciclastic sediments: a cata-

logue. *Sedimentology,* **47**:279-308.
GIANNINI, P.C.F. e RICCOMINI, C. 2000. Sedimentos e processos sedimentares. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R. e TAIOLI, F. (eds.), *Decifrando a Terra.* Oficina de Textos, Rio de Janeiro, p. 167-179.
GIRALT, S.; JULIA, R. e KLERKX, J. 2001. Microbial biscuit of Vaterite in Lake Issyk – Kul (Republic of Kyrgyzstan). *Journal of Sedimentary Research,* **71**(3):430-435.
GUERRERO, R.; PIQUERAS, M. e BERLANGA, M. 2003. Microbial mats and the search for mineral ecosystems. *International Microbiol*ogy, **5**:177-188.
HOFFMAN, P. 1976. Stromatolite morphogenesis in Shark Bay, Western Australia. *In*: WATER, M.R. (ed.), *Developmentes in sedimentogy,* Elsevier Scientific Publishing Company, New York, p. 261-271.
HÖHN, A.; TOBSCHALL, H.J. e MADDOCK, J.E.L. 1986. Biogeochemistry of a hipersaline lagoon east of Rio de Janeiro, Brazil. *The Science of the total environment,* **58**:175-185.
HORODYSKI, R.J.; BLOESER, B. e HAAR, S.V. 1977. Laminated algal mats from a coastal lagoon, laguna Mormona, Baja California, Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology*, **47**(2):680-696.
KOMÁREK, J. e ANAGNOSTIDIS, K. 1999. *Süßwasserflora von mitteleuropa band 19/ 1: Cyanoprocaryota 1. Teil: Chroococcales.* Gustav Fisher, Stuttgart, 548 p.
KÜHL, M.; FENCHEL, T. e KAZMIERCZAK, J. 2003. Growth, structure and calcification potential of an artificial cyanobacterial mat. *In*: KRUMBEIN, W.E.; PATERSON, D.M. e ZAVARZIN, G. (eds.), *Fossil and recent biofilms, a natural history of the impact of life on planet Earth*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 65-76.
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.
PAERL, H.W.; STEPPE, T.F. e REID, R.P. 2001. Bacterially mediated precitation in marine stromatolites. *Enviromental Microbiology*, **3**:123-130.
PRESCOTT, G.W. 1975. *Algae of western great lakes area*. W.M.C. Broun Company Publishers, Iowa, 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.* SEMADS, Rio de Janeiro, p. 33-35.
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 IESPA, A.A.C. 2005. Composição cianobacteriana em trombólitos da lagoa Pitanguinha (Holoceno), Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Gaea*, **1**(2):75-81.
SILVA e SILVA, L. H.; SENRA, M.C.E.; FARULO, 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.
SUGUIO, K. 2003. *Geologia sedimentar*. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 400 p.
THOMPSON, J.B. e FERRIS, G.F. 1990. Cyanobacterial precipitation of gypsum, calcite and magnesite from natural alkaline lake waters. *Geology,* **18**:995- 998.
TURCQ, P.F.M. 2000. Impact low salinity year on the metabolism of a hipersaline coastal lagoon (Brazil). *Hidrobiologia,* **429**:133-140.
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.
VAN GEMERDEN, H. 1993. Microbial mats: a joint venture. *Marine Geology*, **113**:3-25.
VASCONCELOS, C.O. 1988. *Sedimentologia e geoquímica da lagoa Vermelha – um exemplo de formação e diagênese de carbonatos.* Rio de Janeiro, UFF, Dissertação de Mestrado, 63 p.
WARTHMANN, R.; VASCONCELOS, C. e MACKENZIE, J.A. 2005. Lithifying microbial mats in Lagoa Vermelha, Brazil: a model system for Precambrian carbonate formation? *Geophysical Research Abstracts*, **7**:1630-1630.
ZHANG, Y. e HOFFMANN, L. 1992. Blue-green algal mat of the salinas in Sanya, Hainan 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 07/12/2006