

## COMPOSIÇÃO PALEOBIOLOGICA E TIPOS MORFOLÓGICOS DAS CONSTRUÇÕES ESTROMATOLÍTICAS DA LAGOA VERMELHA, RJ, BRASIL

L. H. SILVA E SILVA, M. C. E. SENRA, T. C. L. M. FARUOLO, S. B. V. CARVALHAL, S. A. P. M. N.  
ALVES, C. M. DAMAZIO, V. T. A. SHIMIZU, R. C. SANTOS & A. A. C. IESPA  
Laboratório de Taxonomia Algal, UNIRIO, Av. Pasteur, 458, 22290-240, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
*loreineh@unirio.br*

**RESUMO** - A lagoa Vermelha (uma lagoa hipersalina) está situada na costa nordeste do Estado do Rio de Janeiro (Brasil), entre os municípios de Saquarema e Araruama, a 22°51' S e 42°25' W. A região caracteriza-se por apresentar uma evolução geológica vinculada às flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior. O estudo das amostras dos substratos permitiu a identificação de vinte e três espécies de cianobactérias em esteiras microbianas; dezessete espécies em estromatólitos estratiformes; doze espécies em estromatólitos calcários e oito espécies em estromatólitos "biscuit". Os restos esqueléticos incluem bivalves, gastrópodes, ostracodes, foraminíferos e outros taxa. A investigação demonstrou que comunidades de cianobactérias são responsáveis pelas diferentes morfologias de esteiras microbianas, estromatólitos calcários e "biscuit". Estes resultados podem ser aplicados para interpretação de estromatólitos pretéritos.

**Palavras-chave:** cianobactérias, esteiras microbianas, estromatólitos estratiformes, estromatólitos calcários, estromatólitos "biscuit".

**ABSTRACT** - PALEOBIOLOGICAL COMPOSITION AND MORPHOLOGICAL TYPES OF THE STROMATOLITIC CONSTRUCTIONS OF LAGOA VERMELHA, RIO DE JANEIRO, BRAZIL. The Vermelha lake (a hypersaline lagoon) is situated on northeast coast of Rio de Janeiro state (Brazil), between the municipalities of Saquarema and Araruama, some 22°51' S and 42°25' W. The region is characterized by the presence of a geological evolution linked to the oscillation of the sea level during the upper Quaternary. The study of samples from its substrates enabled the identification of twenty-three species of cyanobacteria in microbial mats; seventeen species in stratiform stromatolites; twelve species in calcareous stromatolites and eight species in "biscuit" stromatolites. The skeletal remains include bivalves, gastropods, ostracods, foraminifers and other taxa. The investigation demonstrated that cyanobacteria communities are responsible for different morphologies of microbial mats, calcareous and "biscuit" stromatolites. These results may be applied to the interpretation of ancient stromatolites.

**Key words:** cyanobacteria, microbial mats, stratiform stromatolites, calcareous stromatolites, "biscuit" stromatolites.

### INTRODUÇÃO

A ação direta do aumento das geleiras no hemisfério norte não incidiu sobre os depósitos quaternários no Brasil. Eles foram influenciados pelas grandes oscilações do nível do mar e por modificações climáticas que permitiram maior ou menor pluviosidade. Estas variações foram importantes na evolução das planícies costeiras brasileiras (Suguio *et al.*, 1985).

Na costa brasileira são inúmeros os ecossistemas lacustres, cujas áreas variam de poucos metros até muitos quilômetros, denominados genericamente de lagoas costeiras (Esteves *et al.*, 1984). O curso natural da evolução geológica das lagoas costeiras de origem marinha é seu seccionamento

em várias pequenas lagoas, redução do espelho d'água e, finalmente, o desaparecimento (Silva & Fernandes, 1994). Estes ambientes hipersalinos, embora raros, encontram-se espalhados por diversas partes do mundo e possuem dimensões bastante variadas, estando associadas normalmente a climas tropicais e áridos (Santelli, 1988). Estas lagoas costeiras variam em tamanho e diferenciam-se quanto ao grau de salinidade (Roland, 1998).

Caracterizam-se por serem ambientes rasos e por sofrerem forte ação dos ventos, fatores estes que geralmente levam a uma maior homogeneidade da coluna d'água (Petruccio, 1998). A pequena profundidade e reduzida coluna d'água potencializa ainda mais o papel dos sedimentos no funcionamento do ecossistema (Petruccio & Faria, 1998).

Em algumas delas ocorrem estromatólitos, que são estruturas organo-sedimentares formadas pelo trapeamento dos sedimentos com minerais precipitados a partir de comunidades microbianas bentônicas (Golubic, 1975). Estas estruturas remontam desde o Pré-Cambriano, que foi considerada a “Era dos Estromatólitos” (Srivastava, 1997) e a “Idade das Cianobactérias” (Hoek *et al.*, 1998), em face da biota estar dominada por estes microorganismos.

As construções estromatólíticas apresentam três estágios de desenvolvimento: esteiras microbianas, estromatólitos estratiformes e estromatólitos individuais (Silva e Silva, 2002), onde são verificadas espécies de cianobactérias cocóides e filamentosas (Horodysky *et al.*, 1977).

A lagoa Vermelha foi selecionada para o desenvolvimento deste estudo por possuir características importantes relacionadas ao estudo das construções biossedimentares, que representam o mais antigo registro de vida que já existiu no passado geológico.

#### ÁREA DE ESTUDO

A lagoa Vermelha localiza-se na planície costeira, aproximadamente 90 km a leste da cidade do Rio de Janeiro, entre os municípios de Saquarema e Araruama. Suas coordenadas geográficas são 22°55'S e 42°25'W.

A lagoa possui comprimento de 4.400 m, largura de 250-850 m e área total com cerca de 2.400 m<sup>2</sup>, sendo classificada como sufocada, conforme Kjerfve (1994). Está separada do Oceano Atlântico por uma restinga, de Massambaba, que apresenta aproximadamente 350 m de largura e 4 m acima do nível do mar. Sua salinidade depende das condições meteorológicas, atingindo em períodos secos valores de 84‰, enquanto após fortes chuvas decresce a valores próximos de 40‰ (Höhn *et al.*, 1986). Segundo classificação de Reeve (1994), que avalia a dureza das águas superficiais considerando o CaCO<sub>3</sub>, a água é caracterizada como muito dura. O sedimento é rico em minerais carbonáticos de granulometria fina. A calcita e a dolomita estão presentes em todas as frações da lagoa (Anjos, 1999). Estes minerais carbonáticos apresentam-se em maior fração que os demais (Vasconcelos, 1988), sendo a bioturbação o principal processo responsável pela precipitação dos carbonatos. De acordo com a classifi-

cação de Köppen, o micro-clima da região pode ser enquadrado como um tipo de transição entre o tropical, com chuvas de verão e seca de inverno, e o semi-árido quente. A temperatura do ar em média varia de 19° e 31°C e apresenta índice pluviométrico anual em torno de 900 mm, com evaporação de 1.400 mm. Há predominância de ventos nordeste durante o ano, com velocidades variadas, que se intensificam no período inverno/ primavera, com média de 6 m/seg (Santelli, 1988). As épocas de seca correspondem aos meses de fevereiro, março, junho e agosto (Barbiere, 1985). Não há drenagem superficial, nem rios alimentando a lagoa. O balanço hídrico é controlado pela precipitação, evaporação e influxo subterrâneo de águas marinhas e continentais (Vasconcelos, 1988).

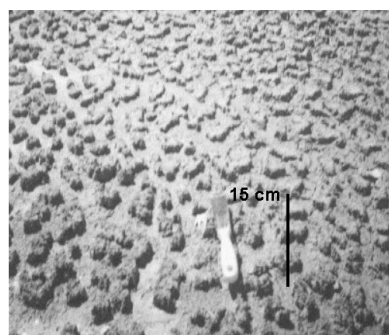
#### GEOLOGIA REGIONAL

A região é composta principalmente por gnaisses e migmatitos pré-cambrianos (Santelli, 1988). O mar, durante a transgressão Flandriana, retrabalhou os sedimentos depositados no Plioceno e Pleistoceno até chegar ao seu clímax, onde atingiu de 4 a 6 m acima do nível atual. Após este evento o mar desceu gradativamente abandonando a restinga interna e iniciando a constituição da restinga externa. A evolução deste processo proporcionou a formação da laguna, que pela ação dos ventos iniciou a criação de correntes de circulação no interior da mesma, remobilizando as areias depositadas no fundo, levando a construção de cúspides de laguna. A continuidade deste processo provocou o assoreamento, que resultou em vários sistemas de lagoas (Lamego, 1945).

As areias da restinga são constituídas por material fino a médio e homogêneo, de pequenos grãos de quartzo. Elas se encontram cimentadas, por resíduos de conchas na faixa banhada pelo mar (Silva e Silva *et al.*, 2002).

Datações com carbono radioativo, em turfas da restinga interna, conferem a idade de cerca de 4.500 anos A.P. (Coe Neto *et al.*, 1986). Idades determinadas em conchas obtidas em testemunhos sedimentares datam de 3.800 a 4.200 anos A.P. (Höhn *et al.*, 1986).

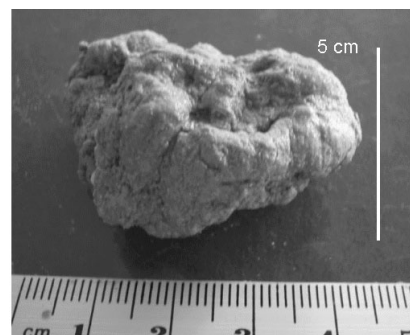
Estruturas estromatólíticas e folhelhos são encontrados em várias partes da lagoa, em associação com jazidas de sulfetos metálicos (Maddock, 1999).



**Figura 1.** Vista parcial da esteira pustular.  
**Figure 1.** Partial view of the pustule mat.



**Figura 2.** Esteira lisa.  
**Figure 2.** Flat mat.



**Figura 3.** Amostra de esteira coliforme.  
**Figure 3.** Sample of the coloform mat.

## CONSTRUÇÕES ESTROMATOLÍTICAS

Foram caracterizados os três estágios de desenvolvimento estromatolíticos na lagoa: esteiras microbianas, estromatólitos estratiformes e não colunares (Tabela 1). Verifica-se a presença de esteiras microbianas no fundo da lagoa e nas porções de inframaré e intermarés.

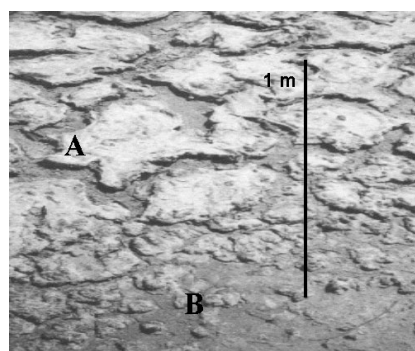
No fundo da lagoa, as esteiras são poligonais (laminadas) e gelatinosas, contendo espessura de 1 a 4 cm. Apresentam coloração distinta, com diversos tons que variam do esverdeado ao avermelhado e tons de acinzentado e esbranquiçado. Esta coloração está intimamente relacionada às espécies de cianobactérias que as compõem, além da composição química da esteira. No período de vazante da lagoa estas esteiras ficam expostas e nos períodos de cheia aparecem totalmente cobertas. Os diversos tipos de esteiras microbianas são encontrados em quase toda a extensão marginal da lagoa, sendo em maioria coesas, porém também são notados exemplares inconsolidados. Os modelos constatados apresentam formas pustulares (Figura 1), poligonal, lisa (Figura 2), coliforme (Figura 3), tufada e em bolha (Figura 4). As esteiras coliformes, tufadas e pustulares ocorrem na porção de inframarés, enquanto as lisas e poligonais na região de intermarés inferior e as em bolha na intermarés superior.

Os estromatólitos estratiformes (Figura 4), distribuídos na região de intermarés superior, são compostos por placas poligonais laminadas que variam em espessura e crescem horizontalmente, apresentando espessura média que oscila de 2,2 a 10,5 cm. Possuem coloração em tons de cinza até o branco. Alguns exemplares apresentam marcas avermelhadas relacionadas com as espécies de cianobactérias presentes e a composição química. Geralmente permanecem expostos, ficando esporadicamente submersos em períodos de cheia.

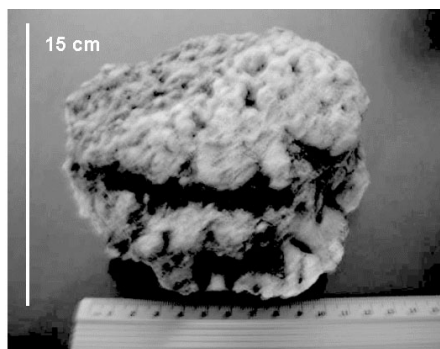
Acúmulos de restos esqueléticos de ostracodes, moluscos (bivalves e gastrópodes) foram detectados entre as fendas de dessecação. *Anomalocardia brasiliiana* Gmelin 1791 é um bivalve freqüente, ocorrendo em exemplares pequenos (0,3 a 5,0 cm), fragmentados por transporte e “trampling antropogênico”. Algumas destas conchas apresentam-se preenchidas por sedimento. Dentre os gastrópodes, sempre menos freqüentes, *Hydrobia* ocorre na maior proporção. Apa-

**Tabela 1.** Cianobactérias. EM, esteiras microbianas; ES, estromatólitos estratiformes; EC, estromatólitos calcários; EB, estromatólitos “biscuit”.

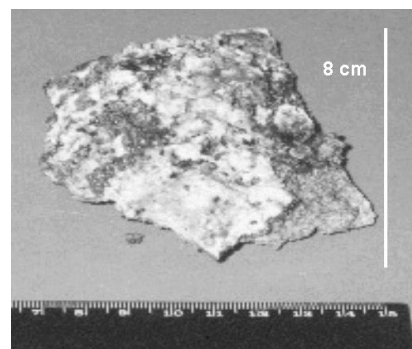
Cianobactérias	EM	EE	EC	EB
<i>Aphanocapsa littoralis</i>	X			
<i>A. salina</i>		X		
<i>Aphanothece clathrata</i>	X	X	X	X
<i>A. conglomerata</i>			X	
<i>A. halophytica</i>	X	X		X
<i>A. saxicola</i>	X			
<i>A. stagnina</i>	X			
<i>Borzia endophytica</i>		X		
<i>Chroococcus dispersus</i>		X		
<i>C. lithophilus</i>			X	
<i>C. membraninus</i>			X	
<i>C. microscopicus</i>		X		
<i>C. minimus</i>	X	X	X	X
<i>C. minor</i>	X	X		X
<i>C. minutus</i>		X	X	X
<i>C. obliterated</i>	X			
<i>C. prescottii</i>	X			
<i>C. quaternarius</i>			X	
<i>C. turgidus</i>	X	X	X	X
<i>C. turicensis</i>	X			
<i>Chroococciopsis fissurarum</i>		X	X	
<i>Entophysalis granulosa</i>				X
<i>E. maior</i>				X
<i>Gloeotheca subtilis</i>			X	
<i>Gomphosphaeria aponina</i>			X	
<i>Gomphosphaeria salina</i>	X			
<i>Joannesbaptistia pellucida</i>	X			
<i>Leptolyngbya tenuis</i>	X	X		
<i>Lyngbya aestuarii</i>		X		
<i>Microcoleus chthonoplastes</i>	X	X		
<i>Oscillatoria formosa</i>	X	X		
<i>O. vizagapatensis</i>	X			
<i>Phormidium breve</i>	X			
<i>P. inundatum</i>	X			
<i>Porphirocithon martensianus</i>	X			
<i>Pseudocapsa dubia</i>	X			
<i>Pseudocapsa sphaerica</i>		X		
<i>Schizothrix friesii</i>	X	X		
<i>Spirulina subtilissima</i>	X			
<i>Whoronichinia radians</i>			X	
Total de Espécies	23	17	12	8



**Figura 4.** Visão geral de estromatólitos estratiformes (A) e esteira em bolha (B).  
**Figure 4.** General view of the stratiform stromatolites (A) and blistered mat (B).



**Figura 5.** Estromatólito calcário.  
**Figure 5.** Calcareous stromatolite.



**Figura 6.** Detalhe do estromatólito “biscuit”.  
**Figure 6.** Detail of “biscuit” stromatolite.

rece também grande quantidade de ostracodes geralmente articulados e inteiros do gênero *Cyprideis*. A associação neste estágio é pluriespecífica com a seguinte proporção: 65% de ostracodes, 30% de bivalves e 5% de gastrópodes.

Os estromatólitos estão submersos na lagoa e são do tipo não colunares, formando biostromas contínuos do tipo tabular, ocorrendo também formas domais pequenas, planares e pouco convexas. Apresentam espessuras variadas, com laminações evidentes, de finas até grossas, podendo estar nítidas (na superfície das estruturas) ou difusas (Figura 5). Verificou-se também a presença de estromatólitos do tipo "biscuit" distribuídos no interior da lagoa (submersos), que são unidos, mamilares e centimétricos (Figuras 6-8). As laminações destes estromatólitos são irregulares, descontínuas e indistintas, podendo apresentar incrustados moluscos (bivalves) e artrópodes (crustáceos). Não existe uma distribuição regular destas estruturas no interior da lagoa.

#### COMPOSIÇÃO CIANOBACTERIANA DAS ESTRUTURAS ESTROMATOLÍTICAS

Foram identificadas cianobactérias nos diversos tipos de esteiras e assinaladas 23 espécies: *Aphanocapsa littoralis* (Hansgirg) Komárek & Anagnostidis 1995; *Aphanothece clathrata* W. & West, 1906; *A. halophytica* Frémy 1933; *A. saxicola* Nägeli 1849; *A. stagnina* (Sprengel) A. Braun 1863; *Chroococcus minimus* (Keissler) Lemmermann 1904; *C. minor* (Kützing) Nägeli 1849; *C. obliterated* Richter 1886; *C. prescottii* Drouet & Daily 1942; *C. turgidus* (Kützing) Nägeli 1849; *C. turicensis* (Nägeli) Hansgirg 1892; *Gomphosphaeria salina* Komárek & Hindák 1988; *Joannesbaptistia pellucida* (Rickie) Taylor & Drouet 1938; *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988; *Microcoleus chthonoplastes* Thuret 1875; *Oscillatoria formosa* (Gomont) Bory 1892; *O. vizagapatensis* Rao, C.B. 1936; *Phormidium breve* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988; *P. inundatum* Kützing 1849; *Porphirosiphon martensianus* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988; *Pseudocapsa dubia* Ercegovic 1925; *Schizothrix friesii* Gomont 1892; *Spirulina subtilissima* Kützing 1843.

Foram identificadas nos estromatólitos estratiformes 17 espécies de cianobactérias: *Aphanocapsa salina* Voronichin 1929; *Aphanothece clathrata* W. & West 1906; *A. halo-*

*phytica* Hof & Frémy 1933; *Borzia endophytica* (W. & West) Anagnostidis & Komárek 1988; *Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmerman 1904; *C. microscopicus* Komárková-Legnerová & Cronberg 1994; *C. minimus* (Keissler) Lemmerman 1904; *C. minor* (Kützing) Nägeli 1849; *C. minutus* (Kützing) Nägeli 1849; *C. turgidus* (Kützing) Nägeli 1849; *Chroococidiopsis fissurarum* (Ercegovic) Komárek & Anagnostidis 1995; *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988; *Lyngbya aestuarii* (Gomont) Liebman 1892; *Microcoleus chthonoplastes* Thuret 1875; *Oscillatoria formosa* (Gomont) Bory 1892; *Pseudocapsa sphaerica* (Proskina-Lavrendo) Kováček 1988; *Schizothrix friesii* Gomont 1892.

Observou-se na análise dos estromatólitos não colunares 12 espécies de cianobactérias: *Aphanothece clathrata* W. & West 1906; *A. conglomerata* Rich 1932; *Chroococcus lithophilus* Ercegovic 1925; *C. membraninus* (Meneghini) Nägeli 1849; *C. minimus* (Keissler) Lemmermann 1904; *C. minutus* (Kützing) Nägeli 1849; *C. quaternarius* Zalesky 1926; *C. turgidus* (Kützing) Nägeli 1849; *Chroococidiopsis fissurarum* (Ercegovic) Komárek & Anagnostidis 1995; *Gloeothece subtilis* Skuja 1964; *Gomphosphaeria aponina* Kützing 1836; *Whoronichinia radians* (Hortobagui) Komárek & Hindat 1988.

Nos estromatólitos "biscuit" constatou-se oito espécies de cianobactérias: *Aphanothece clathrata* W. & West 1906; *A. halophytica* Hof & Frémy 1933; *Chroococcus minimus* (Keissler) Lemmermann, 1904; *C. minor* (Kützing) Nägeli 1849; *C. minutus* (Kützing) Nägeli 1849; *C. turgidus* (Kützing) Nägeli 1849; *Entophysalis granulosa* Kützing 1843; *E. maior* Ercegovic, 1932.

Associados a estas estruturas estromatolíticas foram verificados biodetrítos constituídos por moluscos (bivalves e gastrópodes), ostracodes e foraminíferos. No arranjo dos estromatólitos "biscuit" com os moluscos, os gastrópodes (20%) também ocorrem em menor percentual que os bivalves (50%).

#### CONCLUSÕES

A Lagoa Vermelha apresenta as construções estromatolíticas em três estágios bastante diferenciados, a semelhança da lagoa Salgada, como assinalado por Silva e Silva (2002).

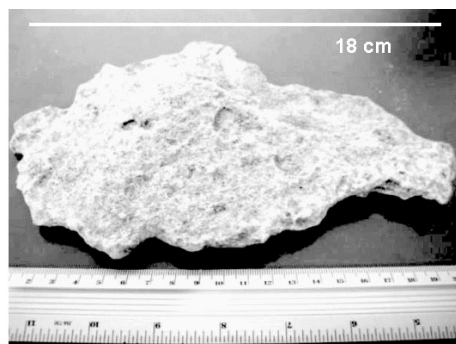


Figura 7. Aspecto geral do estromatólito "biscuit".  
Figure 7. General aspect of the "biscuit" stromatolite.

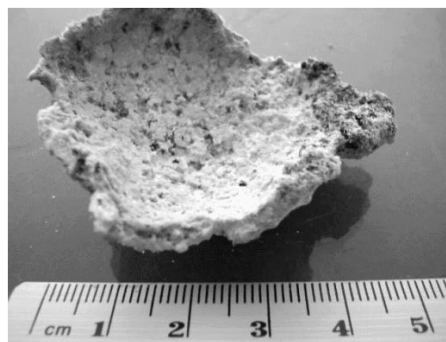


Figura 8. Estromatólito "biscuit".  
Figure 8. "Biscuit" stromatolite.

Ocorrem seis tipos de esteiras microbianas que são compostas por 23 espécies de cianobactérias com maior frequência das famílias Chroococcaceae 33,33%; Synechococcaceae 20,85%; Phormidiaceae 20,83%; Merismopediaceae 8,33%; Oscillatoriaceae 8,33%; Pseudanabaenaceae 4,16%; Schizothricaceae 4,16%. Em concordância com Silva e Silva (2002) para a lagoa Salgada, inúmeros fatores influenciam no crescimento destas cianobactérias na área estudada, especialmente disponibilidade de nutrientes dissolvidos, salinidade, temperatura e radiação. As cianobactérias, agentes biológicos, componentes destas esteiras, arranjam-se de forma peculiar e são responsáveis pela retenção e aprisionamento dos sedimentos que as compõem. Estes arranjos podem formar tufo, retículos, bem como se apresentar enovelados tendo como consequência modelagens distintas das esteiras. A coloração final das esteiras microbianas é provavelmente resultado da combinação das cores inerentes as cianobactérias.

A umectação é importante nas esteiras microbianas. Seus sedimentos têm a capacidade de reter água em seus interstícios e devido a esta característica, as cianobactérias podem viver mais superficialmente ou se interiorizarem a procura de umidade. Após a formação das esteiras, ocorre um processo de cimentação dos grãos aprisionados com o carbonato de cálcio. Devido à sedimentação rápida, as cianobactérias são soterradas e uma nova colonização pode ocorrer na superfície. Este dinamismo acarreta uma relação produção orgânica versus deposição de sedimentos, que indica o tempo de resistência de uma esteira em uma determinada camada.

Nos estromatólitos estratiformes as 17 espécies estão distribuídas em famílias de acordo com a seguinte frequência: Chroococcaceae 41,17%; Oscillatoriaceae 11,76%; Synechococcaceae 11,76%; Borziaceae 5,89%; Merismopediaceae 5,89%; Phormidiaceae 5,89%; Pseudanabaenaceae 5,89%; Schizothricaceae 5,89% e Xenococcaceae 5,89%. Estas estruturas, friáveis, porosas e com finas laminações, possuem maior umidade na porção central do que na marginal, ocasionando uma maior resistência no centro da construção. Em virtude dos estromatólitos estratiformes estarem na porção de intermarés, se pode inferir que a lagoa já apresentou dimensões maiores.

Nos estromatólitos calcários não colunares foi verificada a seguinte frequência de famílias: Chroococcaceae 50%; Synechococcaceae 25%; Merismopediaceae 16,66% e Xenococcaceae 8,34%.

Foi quantificada a presença das famílias Chroococcaceae 50%; Synechococcaceae 25% e Entophysalidaceae 25% para os estromatólitos “biscuit”.

A análise da distribuição vertical dos três estágios de desenvolvimento das construções estromatolíticas e nos estromatólitos “biscuit” apontou três espécies comuns: *Aphanothece clathrata*, *Chroococcus minimus* e *Chroococcus turgidus*. Nos segundo e terceiro estágios (estromatólitos estratiformes e não colunares) ainda ocorre *Chroococciopsis fissuratum*, o que demonstra a melhor adaptação das formas cocóides, pois estas são tolerantes a altas salinidades (Figura 9). Nos estromatólitos “biscuit” a espécie *Entophysalis granulosa* é encontrada em número muito superior que as demais, caracterizando estar totalmente adaptada e atribuindo

do a sua forma a das construções estromatolíticas. *L. aestuarii*, *M. chthonoplastes* e *Schizothrix friesii* são espécies de cianobactérias filamentosas já citadas na composição das esteiras microbianas das lagoas hipersalinas Salgada, Pernambuco e Pitanguinha (Brasil) e na lagoa Mormona (México). Estas espécies são resistentes à exposição subaérea, bem como às alterações de salinidade decorrentes das variações de maré, temperatura e intensidade luminosa.

A produção das laminações depende fundamentalmente das variações dos movimentos físicos da terra, sol e lua, e requerem algum tipo de ritmicidade, que causam descontinuidade no processo de captura e aprisionamento dos sedimentos. A periodicidade das laminações é devida primeiramente ao ciclo fotossintético diário das cianobactérias dos estromatólitos, caracterizando-os como estruturas heliotrópicas. As laminações refletem o modo de crescimento da biocenose das cianobactérias, a forma como ocorre a captura e a precipitação do carbonato de cálcio. A variação na espessura das laminações demonstra uma relação direta com os períodos de cheia e vazante da lagoa, caracterizando, assim, períodos mais secos ou mais úmidos.

Os restos esqueletais de moluscos, foraminíferos e ostracodes apresentam-se na área como uma das fontes de carbonato de cálcio.

No passado remoto, não existiam organismos pastadores e perfurantes que predam cianobactérias; desta forma, os estromatólitos se desenvolveram e espalharam-se sem concorrência. Com a ausência da predação e elevada taxa de nutrientes, as cianobactérias se proliferaram e os estromatólitos pré-cambrianos ocuparam livremente enormes áreas e provavelmente cresceram submersos até cerca de 10 m de profundidade. A ocorrência e o tamanho das construções estromatolíticas reduziram-se drasticamente após a evolução destes organismos.

No Brasil, os estromatólitos recentes desenvolvem-se em ambientes que apresentam evaporação intensa, índice pluviométrico baixo, taxa elevada de carbonato de cálcio, com águas mornas, pouco profundas e com salinidade acentuada, os quais são inóspitos a maioria dos seres pastadores e perfurantes, permitindo o franco desenvolvimento das cianobactérias, que compõem estas estruturas. Tais condições deveriam prevalecer em tempos pretéritos onde são encontradas construções estromatolíticas semelhantes às atuais.

## REFERÊNCIAS

- Anjos, A.P.A. 1999. *Caracterização da sedimentação atual de lagoas costeiras do litoral do Estado do Rio de Janeiro para fins de calibração de acordo com as variações paleoambientais e paleoclimáticas*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 133 p.
- Barbiere, E.B. 1985. Condições climáticas dominantes na porção oriental da lagoa de Araruama, Rio de Janeiro e suas aplicações na diversidade do teor de salinidade. *Caderno de Ciências da Terra*, **59**:34-35.
- Coe Neto, R.; Froidefond, J.M. & Turq, B. 1986. Geomorphologie et chronologie relative des depots sedimentaires recents du littoral bresilien a l'est de Rio de Janeiro. *Bulletin d' Institute Geologiq de Bassin D' Aquitaine*, **40**:63-83.

- Esteves, F.A.; Ishii, I.H. & Camargo, A.F.M. 1984. Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do litoral do Estado do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO DE RESTINGAS BRASILEIRAS, 1, 1984. *Anais*, Niterói, UFF, p. 443-454.
- Golubic, S. 1975. The relationship between blue-green algal and carbonate deposits. In: N.G. Carr & M.R. Witton (eds.) *The biology of cyanobacteria*, Blackwell, p. 434-472.
- Hoek, C. Van Den; Mann, D.G. & Jans, H.M. 1998. *Algae. An introduction to phycology*. 1ª ed. Cambridge, Cambridge University Press, p. 18-22.
- Höhn, A.; Tobschall, H.J. & Maddock, J.E.L. 1986. Biogeochemistry of hypersaline lagoon east of Rio de Janeiro, Brasil. *The Science of Total Environment*, **58**(186):175-185.
- Horodysky, R.J.; Bloeser, B. & Vonder Haar, S. 1977. Laminated algal mats from a coastal lagoon, Laguna Mormona, Baja California, Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology*, **47**(2): 680-696.
- Kjerfve, B. 1994. *Coastal lagoon processes*. 1ª ed. Amsterdam, Elsevier Oceanography Series, 577 p.
- Lamego, A.R. 1945. *Ciclo evolutivo das lagoas fluminenses*. Departamento Nacional de Produção Mineral, 480 p. (Boletim 118).
- Maddock, J.E.L. 1999. Physycal and chemical characteristic of algal mats from hypersaline lagoon: lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brazil. In: B. Knoppers; E.D. Bidone & J.J. Abrão (eds.) *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems, Rio de Janeiro, Brazil*, p. 197-202. (Série Geoquímica Ambiental, 6).
- Moraes, A.S.; Menor, E.A.; Cardoso, J.J.R.F. & Silva, K.R.B. 2002. Modelagem geoquímica do ambiente de preservação da matéria orgânica em sedimentos recentes de um ecossistema lacustre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 16, 2002. *Resumos*, João Pessoa, SBG, p. 247.
- Petrucio, M.M. 1998. Caracterização das lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus a partir da temperatura, salinidade, condutividade, alcalinidade, O<sub>2</sub> dissolvido, pH, transparência e material em suspensão. In: F.A. Esteves (ed.) *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*, Editora da Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 109-112.
- Petrucio, M.M. & Faria, B.M. 1998. Concentrações de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo disponível no sedimento das lagoas Cabiúnas e Comprida. In: F.A. Esteves (ed.) *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Editora da Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 135-136.
- Reeve, R.N. 1994. *Environmental analysis*. 1ª ed. Chichester, John Wiley & Sons, 263 p.
- Roland, F. 1998. Produção fitoplanctônica em diferentes classes de tamanho nas lagoas de Imboassica e Cabiúnas. In: F.A. Esteves (ed.) *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Editora da Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 159-160.
- Santelli, R.C.L. 1988. *Estudos de isótopos estáveis em sedimentos carbonáticos da Lagoa Vermelha – RJ*. Programa de Pós-graduação em Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 95 p.
- Silva, E.P. & Fernandes, F.C. 1994. A vida no sal. *Ciência Hoje*, **18**: 74-75.
- 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, 176 p.
- Silva e Silva, L.H.; Carvalhal, S.B.V.; Alves, S.A.P.M.N.; Andrade, M.M.; Silva, A.C.C.; Faruolo, T.C.L.M.; Damazio, C.M & Shimizu, V.T.A. 2002. Registro algal nas esteiras microbianas da Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53, 2002. *Resumos*, Recife, SBB, p. 423.
- Srivastava, N.K. 1997. Os mais antigos fósseis. *Ciência Hoje*, **22**: 18-19.
- Suguio, K.; Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Domingues, J.M.L.; Flexor, J.M. & Azevedo, A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, **15**(4): 273-286.
- Vasconcelos, C.O. 1988. *Sedimentologia e geoquímica da Lagoa Vermelha – um exemplo de formação e diagênese de carbonatos*. Programa de Pós-graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 87 p.