

Análise de esteiras microbianas e cianobactérias da laguna Amarga, Parque Nacional de Torres del Paine, Chile

Loreine Hermida da Silva e Silva

Depto. de Botânica, UNIRIO. Avenida Pasteur, 458, sala 409. CEP 22.290-240, Rio de Janeiro, RJ.

Leonardo Fonseca Borghi de Almeida

Lab. de Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, UFRJ. Av. Athos da Silveira Ramos, 174, sala J1-011. CEP 21.941-916, Rio de Janeiro, RJ.

Anderson Andrade Cavalcanti Iespa, Cynthia Moreira Damazio Iespa

Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, UFRJ. Av. Athos da Silveira Ramos, 174, bloco G. 21.941-916 Rio de Janeiro, RJ. iespa.bio@bol.com.br, acdamazio@bol.com.br

RESUMO

Neste estudo são analisadas as cianobactérias e os sedimentos associados às esteiras microbianas formadas em torno da laguna Amarga, no Parque Nacional de Torres del Paine, sul do Chile, que, por sua riqueza em vida e características geológicas, constitui ambiente propício à observação da gênese e da disposição destas estruturas. Declarado Reserva Mundial da Biosfera pela Unesco em 1978, além da natureza exuberante, com florestas nativas, lagos e fjords, o parque expõe litologias de idade Juro-Cretáceo e intrusões de granitóides miocênicos, associados a evidências da ação do gelo, atualmente em retração. Entre os corpos dulcícolas aí presentes, a laguna Amarga, com uma área de 3,18 km², é especialmente interessante pela formação de extensas colônias de algas e esteiras microbianas, com formas nodulares, bulbosas, estratiformes e em domo. Sua análise demonstrou que as cianobactérias esféricas foram as principais responsáveis pela formação das esteiras microbianas, cuja construção é controlada por fatores ambientais. Foram identificadas 25 espécies de cianobactérias, com predomínio dos representantes das famílias Synechococcaceae Anagnostidis e Komárek 1995 (32%) e da família Chroococcaceae Nägeli 1849 (32%). A correta interpretação das estruturas orgânicas e de suas características e dos ambientes modernos em que se desenvolvem, é condição indispensável para a compreensão do contexto e dos organismos formadores das esteiras microbianas pretéritas e, assim, aplicáveis ao estudo do registro fóssil.

Palavras-chave: laguna hipersalina; esteiras microbianas; cianobactérias, laguna Amarga, Chile.

ABSTRACT

ANALYSIS OF MICROBIAL MATS AND CYANOBACTERIA FROM THE LAGUNA AMARGA, TORRES DEL PAINE NATIONAL PARK, CHILE. This study is based on cyanobacterial and sedimentary investigations of the microbial mats formed at Laguna Amarga, located at the southernmost part of South America, specifically in the Chilean Torres del Paine National Park. The Torres del Paine's natural and geological richness is composed by large extensions of native forests, lakes, fjords and millenary glaciers presided by Paine range and Patagonian Andes. It was created in 1959 and declared Biosphere World Reserve by UNESCO in 1978. In the area, it is common to observe Late Jurassic, Cretaceous and Miocene outcrops with glacial lineations evidencing the ice retreat. The Laguna Amarga is a shallow lake with a basin area of 3,18 km² and the habitat for extensive colonies of algae and microbial mats. On the eastern shore stromatolites with nodular, bulbous, stratiform and domal forms are found. Analyses of the microbial mats allowed the identification of 25 species of cyanobacteria. The families Synechococcaceae Anagnostidis & Komárek 1995 (32%) and Chroococcaceae Nägeli 1849 (32%) were the most frequent in the material. The microbial mats of this lake may be produced mainly by the spherical cyanobacteria. The formation of microbial mats is controlled by the high frequency of cyanobacteria and by environmental factors. The correct interpretation of the microbial mats and their features and also the environmental conditions where they are formed are important to understand analogous structures in the past and could be applied in the interpretation of ancient microbial mats.

Key words: hypersaline lagoon, microbial mats, cyanobacteria, Laguna Amarga, Chile.

INTRODUÇÃO

A moderna ocorrência de esteiras microbianas restringe-se, em geral, à presença de ambientes extremos e hipersalinos que se distribuem em áreas costeiras marinhas (Davies, 1970; Vinocur e Pizarro,

2000; Silva e Silva, 2002; Demergasso *et al.*, 2003; Damazio, 2004; Iespa, 2006), fontes termais (Canet *et al.*, 2005; Jones e Renaut, 2006) e, mais raramente, sobretudo no registro fóssil, em corpos de água doce (Bertrand-Sarfati *et al.*, 1994). Sua formação necessita e depende, além das cia-

nobactérias, de condições ambientais exclusivas. Climas áridos, pH e salinidade altos, são alguns dos requisitos apontados para sua formação (Damazio, 2004).

As esteiras microbianas são depósitos organosedimentares de acreção que resultam do aprisionamento e da união de se-

dimentos por comunidades cianobacterianas bentônicas (Gautret *et al.*, 2004; Silva e Silva *et al.*, 2005b). Em sua formação, podem estar envolvidas as próprias cianobactérias e também diatomáceas, bactérias púrpuras sulfurosas e bactérias verdes sulfurosas (Martinez-Alonso *et al.*, 2004). Dividem-se em vários tipos e foram classificadas sob diferentes enfoques (Aitken, 1967; Fairchild e Boggiani, 2004), mas as laminadas, ou estromatólitos, e as não laminadas, ou trombólitos, costumam ser dominantes (Grotzinger *et al.*, 2000; Riding, 2000; Silva e Silva *et al.*, 2006a, 2006b).

Os trombólitos podem ser caracterizados como estruturas macroscópicas sem laminação que contêm, em seu interior, elementos mesoestruturais semelhantes a coágulos, constituídos principalmente por cianobactérias esféricas (Fairchild e Boggiani, 2004; Silva e Silva *et al.*, 2006a). Seu crescimento ocorre em episódios não uniformes, e habitam áreas onde o fornecimento de sedimentos é irregular e sem muita variação (Braga e Martin, 1995). A carência regular de sedimentos e a alta energia do ambiente são os principais responsáveis pelas construções trombolíticas, já que as cianobactérias esféricas têm mais facilidade para formar coágulos (Silva e Silva *et al.*, 2005a). Estes, compostos por carbonato de cálcio, formam-se pela união de cianobactérias cocóides e dão lugar à estrutura macroscópica trombolítica, em geral produzida pelas cianobactérias do gênero *Synechococcus* (Chafetz e Buczyniki, 1992).

As cianobactérias formadoras dos estromatólitos são microorganismos fotossintéticos que possuem grande variabilidade morfológica e estrutural devido a suas estratégias ecofisiológicas de adaptação aos diferentes graus de temperatura, umidade, salinidade, radiação solar e pH (Whitton e Potts, 2000). São as responsáveis pela retirada do CO_2 da molécula de H_2CO_3 presente na água, o que torna o pH básico em consequência do aumento de íons de cálcio e de magnésio na água. Estes íons serão posteriormente retirados pelas próprias cianobactérias, precipitando calcita e calcita magnesianas na bainha de mucilagem das mesmas (Arp *et al.*, 2002, 2004). A bainha ou EPS (substância poli-

mérica extracelular) permite a estabilidade do microambiente e garante a proteção e a adesão da matriz, que irá se unir ao substrato microbiano (Arp *et al.*, 1998).

O EPS acumulado no exterior da célula fornece proteção física e química, além de ajudar na absorção de nutrientes e na união dos sedimentos. Muitas cianobactérias obtêm nutrientes e energia da degradação mineral e de outros componentes, atividade favorecida no momento em que aderem ao sedimento ou à superfície das rochas (Riding, 2000).

O objetivo deste estudo foi caracterizar a composição sedimentológica e cianobacteriana das esteiras microbianas que se desenvolvem nas áreas de entorno da laguna Amarga.

ÁREA DE ESTUDO

A laguna Amarga está localizada entre as coordenadas $50^{\circ} 29' - 51^{\circ} 03' \text{S}$ e $72^{\circ} 45' - 72^{\circ} 55' \text{W}$, dentro da área do Parque Nacional de Torres del Paine, sul do Chile, e a cerca de 105 m de altitude (Figura 1). É um corpo de águas salobras, com uma

superfície de cerca de $3,18 \text{ km}^2$, que se amplia significativamente com o aporte de águas de degelo durante o verão. A salinidade varia entre 77 e 237 gL^{-1} , o pH, entre 7,2 e 9,4 e a condutividade, entre $71,4$ a $134,7 \text{ mS cm}^{-1}$ (Bisceglia, 1980; Soto *et al.*, 1994; Campos *et al.*, 1995; Saijo *et al.*, 1995). As concentrações de íons de Ca, Mg e Na por mg/l são, respectivamente, 46,5, 13,5 e 22,9 (Clausen *et al.*, 2006).

Estudos prévios demonstraram que a presença de cianobactérias planctônicas próximo à margem da atual laguna resultou na formação de um cinturão de sal em sua porção marginal superior (Figura 2). Na porção intermediária, formam-se estromatólitos estratiformes, e, nas margens da porção leste da laguna, diferentes tipos nodulares, bulbosos, domais, estratiformes e trombólitos são visíveis (Corvalán *et al.*, 2004; Corvalán, 2006).

O clima da região é caracterizado como subpolar frio e seco, com ventos que atingem velocidades médias de 26 km/h ao longo do ano. A temperatura média anual é de $6,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, e a precipitação média, de $714,1 \text{ mm}$ (Pena e Gutierrez, 1992).

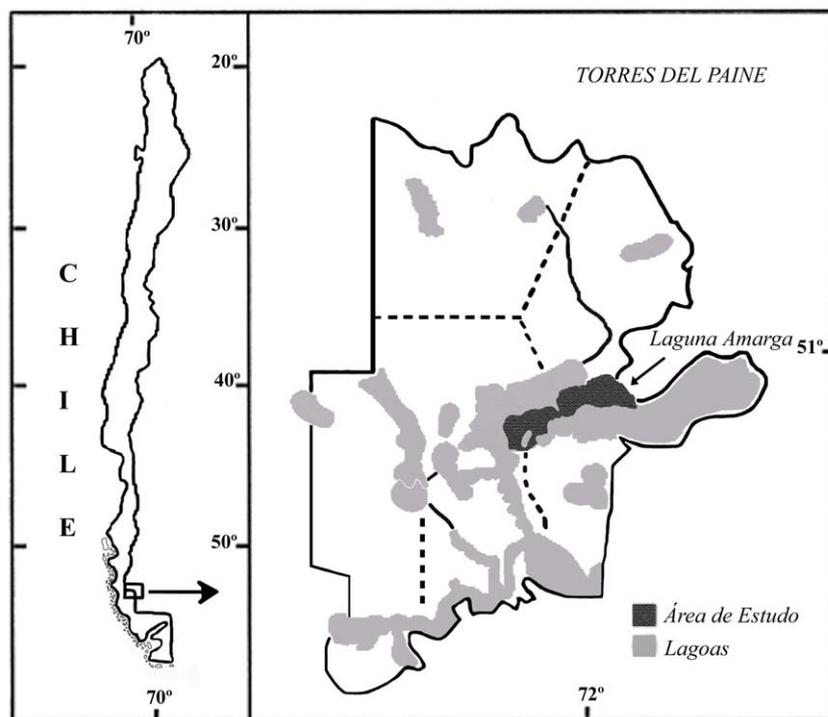


Figura 1. Mapa com a localização da laguna Amarga (modificado de Clausen *et al.*, 2006).
Figure 1. Location map of the laguna Amarga (modified from Clausen *et al.*, 2006).

O Parque de Torres del Paine é formado por grandes extensões de bosques nativos, lagos, “fjords” e glaciais, incluindo parte de uma importante feição geográfica, a Cordilheira del Paine, exten-

são final dos Andes em terras patagônicas. Foi criado em 1959 para proteger seu rico e quase único ecossistema, declarado Reserva Mundial da Biosfera pela UNESCO em 1978 (Benoit, 2005). Ro-

chas ígneas (granitóides hipabissais do Mioceno) e sedimentares, representativas do final do Jurássico e Cretáceo, afloram nas áreas livres de gelo, que exibem pronunciada inclinação dos estratos (Corvalán *et al.*, 2004).



Figura 2. Vista parcial da laguna Amarga e da formação das esteiras marginais.
Figure 2. Partial view of the laguna Amarga and the algal mats at coastal areas.



Figura 3. Aspecto macroscópico da esteira microbiana.
Figure 3. Macroscopical view of the microbial mat.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material estudado provém de coletas realizadas na região em fevereiro de 2006. Foram retiradas amostras de sedimento com auxílio de espátula de pedreiro, posteriormente acondicionadas em frascos plásticos opacos. Para a fixação das cianobactérias foi adicionada solução neutra de formol a 4%, tamponado com bórax e mantido na ausência de luz.

A análise taxonômica envolveu a confecção de lâminas frescas e permanentes, com realização de medidas em microscópio, observando-se as características morfológicas clássicas. Para cada espécime foram realizadas 6 mensurações, sendo averiguado o diâmetro dos filamentos, das colônias e dos tricomas, a espessura das bainhas, o comprimento e a largura das células, obtendo-se valores médios, mínimos e máximos. Para o enquadramento taxonômico das cianobactérias, foram adotados os sistemas de Prescott (1975), Anagnostidis e Komárek (1988) e Komárek e Anagnostidis (1999). As lâminas foram armazenadas no Departamento de Botânica da UNIRIO.

RESULTADOS

As esteiras microbianas lisas não laminadas mostraram uma composição de coágulos milimétricos arredondados, verdes a esbranquiçados, unidos por retículos de cianobactérias filamentosas. A espessura varia de 14,2 a 15,4 mm, e apresentam cores cinza na superfície e esverdeadas no interior. A alta retenção de umidade nas esteiras provoca uma grande plasticidade do material.

Macroscopicamente, apresentam poros diminutos, cavidades e fendas afiladas tanto na superfície, quanto no seu interior (Figura 3).

A composição mineralógica básica é quartzo, mica e feldspato, com grãos de tamanho de areia fina à média e cristais de

carbonato de cálcio e halita. Bioclastos associados não foram observados.

Em termos taxonômicos, mostram um domínio das famílias Chroococcaceae Nägeli 1849 e Synechococcaceae Anagnostidis e Komárek 1995, cada uma delas representando 32% da assembléia identificada. A estas se associam Phormidiaceae Anagnostidis e Komárek 1988, com 12% de frequência, Schizothricaceae Elenkin 1934, com 8%, e Entophysalidaceae Geitler 1925 e Merismopediaceae Elenkin 1933, Nostocaceae Kützing 1843 e Xenococcaceae Ercegovi 1932, cada uma com 4% de representação.

Estas famílias abrigam as 25 espécies de cianobactérias encontradas nas esteiras da Laguna Amarga, que se inserem em *Aphanocapsa litoralis* (Hansgirg) Komárek e Anagnostidis 1995; *Aphanothece halophytica* Frémy 1933; *Aphanothece marina* (Ercegovi) Komárek e Anagnostidis 1995; *Aphanothece pallida* (Kützing) Rabenhorst 1863; *Aphanothece salina* Elenkin e Danilov 1915; *Aphanothece saxicola* Nägeli 1849 (Figura 4); *Chroococcus dispersus* (Keissler) Lemmermann 1904; *Chroococcus membraninus* (Meneghini) Nägeli 1849; *Chroococcus microscopicus* Komárková-Legneová e Cronberg 1994; *Chroococcus minimus* (Keissler) Lemmermann 1904; *Chroococcus minor* (Kützing) Nägeli 1849; *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli 1849; *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli 1849; *Entophysalis granulosa* Kützing 1843; *Gloethece linearis* Nägeli 1849; *Johannesbaptistia pellucida* (Dickie) Taylor e Drouet 1938; *Kyrtuthrix maculans* (Gomont) Umezaki 1958; *Microcoleus cbthonoplastes* (Thuret) Gomont 1892; *Microcoleus tenerrimus* Gomont 1892 (Figura 5); *Microcoleus vaginatus* (Vaucher) Gomont 1890; *Pseudocapsa dubia* Ercegovi 1925; *Schizothrix arenaria* (Berkeley) Gomont 1892; *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont 1892; *Synechococcus elegantus* Nägeli 1849 e *Xenococcus schouboei* Thuret 1880.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A comunidade cianobacteriana da laguna Amarga é dominada por formas esféricas de vida livre ou colonial, com bainhas mucilaginosas desenvolvidas, que se adaptam melhor às condições ex-

tremas de salinidade, temperatura e pH da água.

Os gêneros *Synechococcus* e *Microcoleus*, embora pouco representativos, já haviam sido descritos para esteiras microbianas lisas no norte do Chile por Demergasso *et al.* (2003) e Fernandez-Turiel *et al.* (2005). Em nível específico, as cianobactérias encontradas nas esteiras lisas e não laminadas da laguna Amarga são as mesmas das lagoas hipersalinas do Estado do Rio de Janeiro, no sudeste do Brasil, estudadas por Silva e Silva (2002), Dama-

zio (2004) e Iespa (2006), diferenciando-se apenas pelo tamanho e pela coloração de algumas formas.

A maior diferença observada reside no fato de que *Aphanothece salina* Elenkin e Danilov 1915; *Aphanothece saxicola* Nägeli 1849; *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli 1849 e *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli 1849 formam coágulos milimétricos, enquanto *Microcoleus cbthonoplastes* (Thuret) Gomont 1892 e *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont 1892, em Laguna Amarga, estão unindo os coágu-



Figura 4. *Aphanothece saxicola* Nägeli 1849. Escala: 10 µm.
Figure 4. *Aphanothece saxicola* Nägeli 1849. Scale bar: 10 µm.

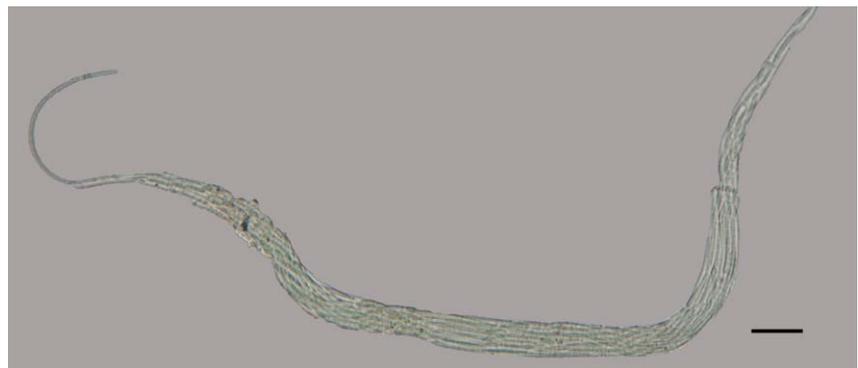


Figura 5. *Microcoleus tenerrimus* Gomont 1892. Escala: 10 µm.
Figure 5. *Microcoleus tenerrimus* Gomont 1892. Scale bar: 10 µm.

los na esteira. Nas esteiras lisas não laminadas do Rio de Janeiro, os coágulos não são nítidos, e a proporção de cianobactérias esféricas é bem maior, sendo raras as filamentosas.

Em termos do teor de sedimentos, a quantidade aprisionada é menor nas amostras provenientes da Patagônia do que nas estudadas para o litoral do Rio de Janeiro. Este aspecto, que poderia tornar a esteira mais instável, é compensado pela grande quantidade de cianobactérias filamentosas, tais como, *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont 1892 e *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont 1892, que garantem estabilidade e coesão.

Também a precipitação de carbonato de cálcio é menor nas esteiras da laguna Amarga do que nas do litoral do Brasil, provavelmente devido à ausência dos bioclastos, responsáveis pela liberação de íons de Mg e Ca na água.

O estudo de esteiras não laminadas, como as presentes na laguna Amarga, é de grande importância não apenas para o conhecimento das modernas formações estromatolíticas, já que compõem o substrato para a formação dos trombólitos, como para a compreensão da gênese destes depósitos no registro fóssil, em especial do final do Proterozóico, quando constituíram quase que a única evidência de vida e foram registrados em diferentes partes do globo.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

AITKEN, J.D. 1967. Classification and environmental significance of cryptalgal limestone and dolomites with illustrations from the Cambrian and Ordovician of southwestern Alberta. *Journal of Sedimentary Petrology*, **37**:1163-1178.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. *Archiv für*

Hidrobiologie Algological studies, **80**(1-4):327-472.

ARP, G.; HOFMANN, J.; REITNER, J. 1998. Microbial fabric formation in spring mounds ("microbialites") of alkaline salt lake in the badain Jaran Sand Sea, PR China. *Palaios*, **13**:581-592.

ARP, G.; REIMER, A.; REITNER, J. 2002. Calcification of cyanobacterial filaments: *Girvanella* and the origin of Lower Paleozoic lime mud: comment and reply. *Geology*, **30**(6):579-580.

ARP, G.; REIMER, A.; REITNER, J. 2004. Microbialite formation in seawater of increased alkalinity, Satonda Crater Lake, Indonesia. *Journal of Sedimentary Research*, **74**(2):318-325.

BENOIT, I. 2005. Áreas silvestres protegidas del Estado: una visión histórica. *Revista Chile Forestal*, **162**:1-12.

BERTRAND-SARFATI, J.; FREYTET, P.; PLAZIAT, J.C. 1994. Microstructures in tertiary nonmarine stromatolites (France), Comparison with proterozoic. In: J. BERTRAND-SARFATI; C. MONTY (eds.), *Phanerozoic Stromatolites II*, Netherlands, Kluwer Academic Publishers, p. 155-191.

BISCEGLIA, H.A. 1980. *Informes hidrológicos preliminares sobre las Hojas "Puelches", "La Union", "Choique Mahuida", "Sierra Chica", "Pichi Mahuida", "Sierra Chata", "La Japonesa" y región de Lihué Calef*. Santa Rosa, Ministerio de Obras Públicas de La Pampa, 7 p.

BRAGA, J.C.; MARTIN, J. M. 1995. Controls on microbial dome fabric development along a carbonate-siliciclastic shelf-basin transect, Miocene, SE Spain. *Palaios*, **10**:347-361.

CAMPOS, H.; SOTO, D.; PARRA, O.; STEFFEN, W.; AGUERO, G. 1995. Limnological studies of Amarga Lagoon, Chile: A saline lake in Patagonian South America International *Journal of Salt Lake Research*, **4**(4):301-314.

CANET, C.; PROL-LEDESMA, R. M.; PROENZA, J.A.; RUBIO-RAMOS, M.A.; FORREST, M.J.; TORRES-VERA, M.A.; RODRIGUEZ-DÍAZ, A.A. 2005. Mn-Ba-Hg mineralization at shallow submarine hydrothermal vents in Bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico. *Chemical Geology*, **224**:96-112.

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

CLAUSEN, J.C.; ORTEGA, I.M.; GLAUDE, C.M.; RELYEA, R.A.; GARAY, G.; GUINEO, O. 2006. Classification of wetlands in a Patagonian National Park. *Chile Wetlands*, **26**(1):217-229.

CORVALÁN, M.A.S. 2006. Evolución paleoclimática desde el último máximo glacial, Parque Nacional Torres del Paine, Chile. In: SIMPOSIO-TALLER CHILENO DE ESTUDIANTES DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA, 1, Antofagasta,

Resumo, p. 37.

CORVALÁN, M.A.S.; HERVÉ, F.; MARTINEZ, J. 2004. The presence of living stromatolites at Laguna Amarga, Torres Del Paine National Park, southernmost Chile. In: DENVER ANNUAL MEETING, I, Denver, *Abstracts*, p. 57.

DAMAZIO, C.M. 2004. *Tipificação e bioestratificación cianobacteriana das esteiras microbianas da borda noroeste da lagoa Pitanguiha, Holoceno do Rio de Janeiro, Brasil*. Rio de Janeiro, Programa de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Monografia de Bacharelado, 171 p.

DAVIES G.R. 1970. Gladstone embayment, Shark Bay, Western Austrália. In: B.W. LOGAN (ed.), *Evolution and diagenesis of quaternary carbonate sequences, Shark Bay, Western Austrália*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 13, p. 169-205.

DEMERGASSO, C.; CHONG, G.; GALEGUILLLOS, P.; ESCUDERO, L.; MARTÍNEZ-ALLONSO, M.; ESTEVE, I. 2003. Tapetes microbianos del Salar de Llamará, norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, **76**:485-499.

FAIRCHILD, T.R.; BOGGIANI, P. C., 2004. A vida primitiva: do Criotozóico (Pré-Cambriano) ao início do Fanerozóico. In: I.S. CARVALHO (ed.), *Paleontologia*. 2ª ed., Interciência, Rio de Janeiro, p. 221-233.

FERNANDEZ-TURIEL, J.L.; GARCIA-VALEES, M.; GIMENO-TORRENTE, D.; SAAVEDRA-ALONSO, J.; MARTINEZ-MANENT, S. 2005. The hot spring and geyser sinters of el Tatío, Northern Chile. *Sedimentary Geology*, **180**:125-147.

GAUTRET, P.; CAMOIN, G.; GOLUBIC, S.; SPRACHTA, S. 2004. Biochemical control of calcium carbonate precipitation in modern lagoonal microbialites, Tikehan atoll, French Polynesia. *Journal of Sedimentary Research*, **74**(4):462-478.

GROTZINGER, J.P.; WATTERS, W.A.; KNOLL, A.H. 2000. Calcified metazoans in thrombolite - stromatolite reefs of the terminal Proterozoic Nama Group, Namibia. *Paleobiology*, **26**(3):334-359.

IESPA, 2006. *Estudo Geomicrobiológico da lagoa Pernambuco, Região dos Lagos (Estado do Rio de Janeiro)*. Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Geologia, UFRJ, Dissertação de Mestrado, 116 p.

JONES, B.; RENAUT, R.W. 2006. Growth of siliceous spicules in acidic hot springs, Waiotapu Geothermal Área, North Island, New Zealand. *Palaios*, **21**:406-423.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. 1999. *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/1: Cyanophyta 1. Teil: Chroococcales*. Stuttgart, Gustav Fischer, 548 p.

MARTINEZ-ALONSO, M.; MIR, J.; CAUMETTE, P.; GAJU, N.; GUERRERO, R.; ESTEVE, I. 2004. Distribution of phototrophic populations and primary production in a microbial mat from the

- Ebro Delta, Spain. *International Microbiology*, 7:19-25.
- PENA, H.; GUTIERREZ, R. 1992. Statistical analysis of precipitation and air temperature in the Southern Patagonia icefield. In: R. NARUSE; M. ANIYA (eds), *Glaciological Researches in Patagonia*. Hokkaido University, Sapporo, p. 95-107.
- PRESCOTT, G.W. 1975. *Algae of the western great lakes area*. Iowa, W.M.C. Brown Company, 977 p.
- RIDING, R. 2000. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. *Sedimentology*, 47(1):179-214.
- SAIJO, Y.; MITAMURA, O.; TANAKA, M. 1995. A note on the chemical composition of lake water in the laguna Amarga, a saline lake in Patagonia, Chile. *International Journal of Salt Lake Research*, 4(2):165-167.
- 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, Programa de Pós-graduação em Geologia, UFRJ, Tese de Doutorado, 176 p.
- SILVA E SILVA, L.H.; IESPA, A.A.C.; DAMAZIO, C. M. 2006a. Trombólitos e cianobactérias da lagoa Pernambuco, Holoceno do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 6(2):243-250.
- SILVA E SILVA, L.H.; IESPA, A.A.C.; DAMAZIO, C. M. 2006b. Caracterização e composição cianobacteriana das esteiras microbianas lisas da lagoa do Araruama, Rio de Janeiro, Brasil. *Gaea*, 2(1):18-23.
- SILVA E SILVA, L. H.; DAMAZIO, C. M.; IESPA, A. A. C. 2005a. Composição cianobacteriana em trombólitos da lagoa Pitanguinha (Holoceno), Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Gaea*, 1(2):75-81.
- SILVA E SILVA, L.H.; IESPA, A.S.A.C.; DAMAZIO, C.M.; CARVALHAL, S.B.V.; ALVES, S.A.P.M.N. 2005b. Confronto entre estruturas estromatolíticas domais (composição cianobacteriana) das lagoas Pernambuco e Salgada, Brasil. *Revista de Geologia*, 18(2):159-49.
- SOTO, D. H.; CAMPOS, W.; STEFFEN, O.; ZUNIGA, L. 1994. The Torres del Paine lake district (Chilean Patagonia): A case of potentially N-limited lakes and ponds. *Archiv Hydrobiologie Supplementband*, 99:181-197.
- VINOCUR, A.; PIZARRO, H. 2000. Microbial mats of twenty-six lakes from Potter Peninsula, King George Island, Antarctica. *Hydrobiologia*, 437:171-185.
- WHITTON, B.; POTTS, M. 2000. *The ecology of cyanobacteria*. Netherlands, Kluwer academy Publisher, p. 1-11.

Submetido em: 12/10/2007

Aceito em: 15/05/2008