



Tapetes Microbianos Lisos Estratificados do Brejo do Espinho, RJ, Brasil Smooth Layered Microbial Mats of The Brejo do Espinho, RJ, Brazil

Loreine Hermida da Silva e Silva; Deise de Oliveira Delfino; Fabiane Feder;
Frederico Alves dos Santos Lopes & Thiago Bertoche Guimarães

UNIRIO, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro,
Avenida Paster n° 458, laboratório 409, Urca, Rio de Janeiro, Brasil.

E-mail: loreineh@unirio.br; d_odelfino@yahoo.com.br; fabianefeder@yahoo.com.br;

derico.rj@uol.com.br; thiagobetoche@hotmail.com

Recebido em: 30/03/2007 Aprovado em: 27/07/2007

Resumo

Os brejos são ecossistemas que ocupam principalmente as zonas baixas, que separam os terraços arenosos internos dos externos, e os vales dos rios e riachos. Estes ambientes são áreas permanentemente inundadas ou sujeitas às inundações sazonais, podendo permanecer secos em períodos de estiagem prolongada. A pequena profundidade e reduzida lâmina d'água nestas áreas potencializam o papel do sedimento no funcionamento do ecossistema. O Brejo do Espinho (22°56' S e 42°14' O) é um corpo aquático costeiro situado a 108 km da cidade do Rio de Janeiro, onde se observa o desenvolvimento de espessos tapetes microbianos de 2-4 cm de espessura. Visando a caracterização dos tapetes microbianos deste brejo, foram realizadas coletas mensais em cinco estações localizadas em suas margens. Amostras de tapetes microbianos foram retiradas com o auxílio de espátula, acondicionadas em frascos plásticos e posteriormente fixadas com formol a 4%. Para a identificação das cianobactérias foram confeccionadas lâminas a fresco e permanentes. Os tapetes microbianos lisos estratificados, presentes nas regiões de inframaré e entremarés, são compostos por finas laminações de coloração verde, vermelho e marrom, respectivamente, e apresentam composição cianobacteriana distinta. Estas estruturas se constituem em lâminas coesas, pouco litificadas e estratificadas, onde a análise revelou 27 espécies de cianobactérias. Nestes tapetes a família Chroococcaceae Nägeli 1849 foi a mais representativa qualitativamente com 37% da frequência, seguida das famílias Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek 1988 com 18,5%, Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis 1995 com 11,1%, Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek 1988 com 11,1%, Entophysalidaceae Geitler 1925 com 7,4%, Schizothricaceae Elenkin 1934 com 7,4% e Oscillatoriaceae Gomont 1892 com 7,4%. O domínio das cianobactérias no Brejo do Espinho reflete a plasticidade destes organismos a se adaptarem as condições hostis do ambiente.

Palavras-chave: Tapetes microbianos; cianobactérias; Brejo do Espinho

Abstract

Bogs are ecosystems found mainly in lower zones that separates inner and outer sandy terraces, and rivers and streams from valleys. These environments are always flooded or suffer seasonal flooding or can stay dry in a extended dry season. Its shallow waters increase the role of the sediment in the maintenance of such ecosystem. The Brejo do Espinho (22°56' S and 42°14' W) is a coastal body of water located 108 km from Rio de Janeiro city where are observed the development of thick microbial mats (about 2-4 cm in thickness). Aiming the characterization of the microbial mats, was made monthly collections in five collects in stations located in the bog borders. Microbial mats samples were taken using a spatula, deposited into plastics vials and later fixed with 4% formaldeid solution. For identification of the cyanobacterias, fresh and permanent slides were made. Smooth layered microbial mats present in subtidal and intertidal regions are composed by thin layers with different colors: green, red and brown, who show also distinct cyanobacterial composition. These structures show stratus of cohesive lamina with low lithification. Analysis revealed 27 species of cyanobacterias. Chroococcaceae Nägeli 1849 family was the main family found with 37% of the total frequency followed by Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek 1988 family with 18,5%, Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis 1995 family with 11,1%, Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek 1988 family with 11,1%, Entophysalidaceae Geitler 1925 family with 7,4%, Schizothricaceae Elenkin 1934 family with 7,4% and Oscillatoriaceae Gomont 1892 family with 7,4%. The domain of cyanobacterias in the Brejo do Espinho reflects its general plasticity that allows them to adapt to hostile conditions of the environment.

Keywords: Microbial mats; cyanobacteria; Brejo do Espinho

1 Introdução

Os microorganismos sobre e dentro de sedimentos subaquosos superficiais são tipicamente conhecidos pelas estruturas sedimentares que eles produzem em ambientes com precipitação mineral (Bottjer, 2005). Os melhores exemplos de tais estruturas são os estromatólitos de ambientes sedimentares carbonáticos.

Estromatólitos são rochas carbonáticas lameladas e litificadas, resultantes de atividade microbiana, que dominaram os ambientes marinhos rasos pelos primeiros 80% da história da Terra (Grotzinger & Knoll, 1999).

Segundo Silva e Silva (2002) as construções estromatolíticas atuais apresentam três estágios de desenvolvimento sendo o primeiro tapetes microbianos, o segundo estromatólitos estratiformes e o último estromatólitos individuais e contínuos.

Os tapetes microbianos são dinâmicos e complexos ecossistemas que exibem heterogeneidade espacial e temporal. Seu ambiente físico-químico é caracterizado por distintos microambientes que sustentam uma grande diversidade de espécies com uma série de processos metabólicos. Estes processos freqüentemente resultam em complexas reações e ciclos biogeoquímicos, e em consequência produzem gases e minerais precipitados (Visscher & Stolz, 2005).

As cianobactérias são os principais agentes biológicos componentes dos tapetes microbianos e arranjam-se de forma peculiar, sendo 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 dos tapetes (Silva e Silva *et al.*, 2004). Através da produção do EPS (secreções poliméricas extracelulares), cianobactérias filamentosas, e formas cocóides em menor extensão, tem um importante papel na captação e união dos sedimentos (Visscher & Stolz, 2005).

Estas bioconstruções promovem a estabilização dos sedimentos (Naylor, 2005), fornecem habitat para outros organismos, tem potencial para a degradação de poluentes haloorgânicos (Grötzschel *et al.*, 2004) e importante papel nos processos deposicionais de rochas

sedimentares (Schieber, 2004). Constituem-se no primeiro estágio de desenvolvimento das construções estromatolíticas recentes, sendo seu estudo de grande valia na compreensão de estruturas estromatolíticas pretéritas e seus paleoambientes.

Este estudo visou analisar os tapetes microbianos observados no Brejo do Espinho, abordando sua classificação e composição cianobacteriana.

2 Área de Estudo

Os brejos são ecossistemas que ocupam principalmente as zonas baixas que separam os terraços arenosos internos dos externos, e os vales dos rios e riachos. No primeiro caso, se tratam de áreas anteriormente ocupadas por lagunas, enquanto que no segundo, estão associados às planícies de inundação dos rios e riachos. Estes ambientes são áreas permanentemente inundadas ou sujeitas às inundações sazonais, podendo permanecer secos em períodos de estiagem prolongada (Andrade & Dominguez, 2002).

O Brejo do Espinho (Figura 1) enquadra-se no primeiro caso e está localizado a 22°56' S e 42°14' O, a sudoeste da Lagoa de Araruama, no município de Arraial do Cabo (Anjos, 2004).



Figura 1 Vista parcial do Brejo do Espinho em período de cheia.

Este ambiente se caracteriza pela presença de diversos compartimentos, cuja profundidade varia entre 1 e 1,5 m, apresentando, inclusive, períodos de seca completa (Delfino *et al.*, 2006). O brejo

recebe influxo de águas da Lagoa de Araruama, do mar e do lençol freático, por percolação através da restinga interna, que junto com a precipitação e evaporação causam um sistema dinâmico de misturas de águas, resultando na oscilação da salinidade de salobra a hipersalina (Lith *et al.*, 2002).

As temperaturas da água e do sedimento mantêm-se elevadas durante todo o ano, assim como o pH permanece alcalino. Entretanto, a salinidade oscila entre os valores de 20,4 e 80‰ (Silva e Silva *et al.*, 2006).

O Brejo do Espinho apresenta potencial para precipitação carbonática, onde os principais minerais encontrados num testemunho de 4 m foram calcita magnesiana, dolomita e aragonita (Anjos *et al.*, 2005).

O micro-clima na região é semi-árido em resposta à intermitência de uma ressurgência costeira em Cabo Frio, governada pelo regime de alísios

nordestes. Durante o outono e o inverno as advencções polares de setor sul/sudoeste perturbam os alísios e permitem o regresso de condições úmidas (Laslandes *et al.*, 2004). Estas circunstâncias especiais conduzem a uma forte variabilidade anual do clima regional.

3 Metodologia

Foram executadas coletas mensais no período de dezembro de 2005 a outubro de 2006, nas bordas (região de inframaré e entremarés) de dois compartimentos do Brejo do Espinho (Figura 2), objetivando-se cobrir as quatro (4) estações do ano e possíveis variações na microflora destes compartimentos.

As amostras de tapetes microbianos foram obtidas através de extração manual com o auxílio de espátula pedreiro e acondicionadas em fracos plásticos identificados, sendo então colocadas em recipiente refrigerado para o transporte até o laboratório.

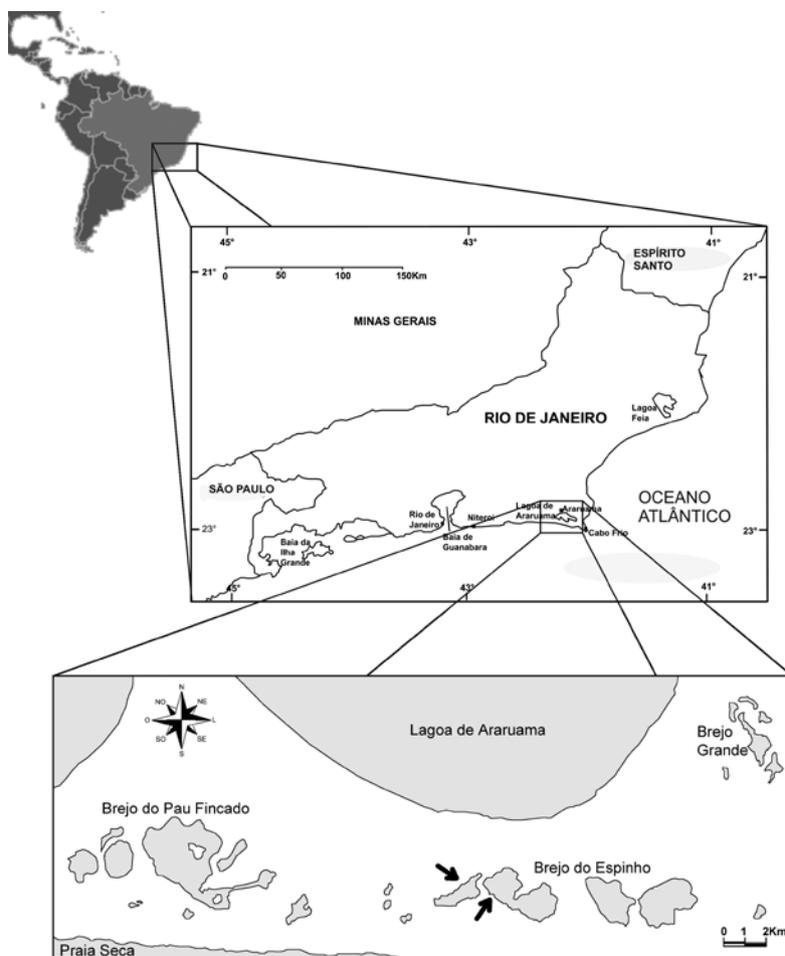


Figura 2 Mapa de localização do Brejo do Espinho evidenciando sua segmentação em compartimentos, setas indicam os compartimentos estudados.

Em laboratório os tapetes microbianos foram classificados em lisos estratificados de acordo com Silva e Silva (2002). Posteriormente, sofreram cortes de lâminas verticais com aproximadamente 5 mm cada um, utilizando-se bisturi cirúrgico e, com o auxílio de lupa, foram separados estratos horizontais de acordo com as diferentes colorações observadas. Os estratos foram mensurados em altura com paquímetro e com os dados obtidos calculou-se uma média aritmética. De cada estrato retirou-se fragmentos que foram macerados para a confecção de lâminas e visualização das cianobactérias.

Foram confeccionadas lâminas frescas e permanentes a partir de pequenos fragmentos macerados dos tapetes utilizando-se formol glicerinado a 25%. Para selagem das lâminas permanentes foi utilizado balsamo do Canadá.

As cianobactérias foram visualizadas em microscópio óptico para a caracterização taxonômica. As lâminas foram observadas nos aumentos de 5x, 10x, 40x e 100x, sendo utilizado óleo de cedro para minimizar a refração na objetiva de imersão. As características taxonômicas clássicas foram mensuradas (diâmetro dos filamentos, diâmetro das colônias, diâmetro dos tricomas, espessura das bainhas, comprimento e largura das células), no mínimo 10 vezes por estrutura considerada, com o auxílio de ocular micrométrica, obtendo-se além da média, os valores mínimo e máximo.

O enquadramento taxonômico das cianobactérias seguiu os sistemas de Anagnostidis & Komárek (1988), Komárek & Anagnostidis (1999) e Prescott (1975).

O registro fotográfico dos tapetes e das cianobactérias foi realizado com câmera digital.

A granulometria dos tapetes microbianos foi obtida através de medidas diretas nas lâminas do sedimento com o auxílio de lupa, seguindo a classificação de Giannini & Riccomini (2000).

4 Resultados

Durante o período de realização deste trabalho foram encontrados tapetes microbianos lisos estratificados (Figura 3) nas porções de inframaré e entremarés do Brejo de Espinho, nas estações 1, 2, 3 e 5.

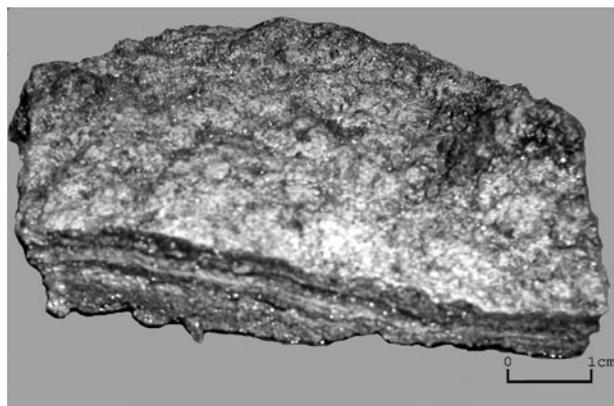


Figura 3 Corte de tapete liso estratificado.

Estas estruturas apresentaram um estrato superior de coloração verde, um intermediário de coloração vermelha e um inferior de coloração marrom, cujas espessuras médias foram de 1,3, 1,2 e 2,3 cm, respectivamente. Nestes estratos foram observadas lâminas alternadas de carbonato de cálcio (brancas) e matéria orgânica (escuras), assim como grãos de quartzo com tamanho areia fina e bioclastos não mensurados.

Estes tapetes constituem-se em lâminas coesas, pouco litificadas e estratificadas, onde a análise revelou 27 espécies de cianobactérias distribuídas nos seus estratos de acordo com a tabela 1, sendo elas: *Aphanothece stagnina* (Sprengel) A. Braun 1863; *Chroococcus membraninus* (Meneghini) Nägeli 1849; *Chroococcus microscopicus* Komárková-Legnerová & Cronberg 1994; *Chroococcus minimus* (Keissler) Lemmermann 1904; *Chroococcus minor* (Kützing) Nägeli 1849; *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli 1849; *Chroococcus tenax* (Kirchner) Hieronymus 1892; *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli 1849; *Cyanosarcina thalassia* Anagnostidis & Pantazidou 1991; *Entophysalis conferta* (Kützing) Drouet & Daily 1948; *Entophysalis granulosa* Kützing 1843; *Johannesbaptistia pellucida* (Dickie) Taylor & Drouet 1938; *Leptolyngbya komarovii* (Anissimova) Anagnostidis & Komárek 1988; *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988; *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont 1892; *Lyngbya fragilis* (Meneghini) Compère 1974; *Microcoleus chthonoplastes* (Thuret) Gomont 1892; *Phormidium acuminatum* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988; *Phormidium okenii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988; *Planktolyngbya subtilis* (W. West) Anagnostidis & Komárek 1988; *Porphyrosiphon*

Tapetes Microbianos Lisos Estratificados do Brejo do Espinho, RJ, Brasil

Loreine Hermida da Silva e Silva; Deise de Oliveira Delfino; Fabiane Feder; Frederico Alves dos Santos Lopes & Thiago Bertoche Guimarães

martensianus (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988; *Pseudocapsa dubia* Ercegović 1925; *Pseudocapsa sphaerica* (Proškina-Lavrenko) Kováčik 1988; *Schizothrix arenaria* (Berkeley) Gomont 1892; *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont 1892; *Spirulina subtilissima* Kützing 1843; *Synechococcus elongatus* (Nägeli) Nægeli 1849.

Lyngbya aestuarii (Figura 4) e *Schizothrix friesii* revelaram-se como as principais espécies

formadoras dos tapetes lisos estratificados. A família Chroococcaceae Nægeli 1849 foi a mais expressiva qualitativamente, nestas estruturas, com 37% da frequência, seguida das famílias Phormidiaceae Anagnostidis & Komárek 1988 com 18,5%, Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis 1995 com 11,1%, Pseudanabaenaceae Anagnostidis & Komárek 1988 com 11,1%, Entophysalidaceae Geitler 1925 com 7,4%, Schizothricaceae Elenkin 1934 com 7,4% e Oscillatoriaceae Gomont 1892 com 7,4%.

Espécie	Estrato verde	Estrato vermelho	Estrato marrom
<i>Aphanothece stagnina</i>		X	
<i>Chroococcus membraninus</i>	X	X	X
<i>Chroococcus microscopicus</i>	X	X	X
<i>Chroococcus minimus</i>	X	X	X
<i>Chroococcus minor</i>	X	X	X
<i>Chroococcus minutus</i>	X	X	
<i>Chroococcus tenax</i>	X		
<i>Chroococcus turgidus</i>	X	X	
<i>Cyanosarcina thalassia</i>	X		
<i>Entophysalis conferta</i>		X	X
<i>Entophysalis granulosa</i>	X	X	X
<i>Johannesbaptistia pellucida</i>		X	
<i>Leptolyngbya komarovii</i>	X	X	X
<i>Leptolyngbya tenuis</i>	X	X	X
<i>Lyngbya aestuarii</i>	X	X	
<i>Lyngbya fragilis</i>	X	X	
<i>Microcoleus chthonoplastes</i>	X	X	
<i>Phormidium acuminatum</i>	X	X	X
<i>Phormidium okenii</i>	X		
<i>Planktolyngbya subtilis</i>	X	X	
<i>Porphyrosiphon martensianus</i>	X		X
<i>Pseudocapsa dubia</i>	X		
<i>Pseudocapsa sphaerica</i>		X	
<i>Schizothrix arenaria</i>	X		
<i>Schizothrix friesii</i>	X	X	X
<i>Spirulina subtilissima</i>	X	X	
<i>Synechococcus elongatus</i>		X	X
TOTAL PARCIAL	22	21	12
TOTAL DE ESPÉCIES		27	

Tabela 1 Distribuição das espécies de cianobactérias ao longo dos estratos dos tapetes lisos estratificados.

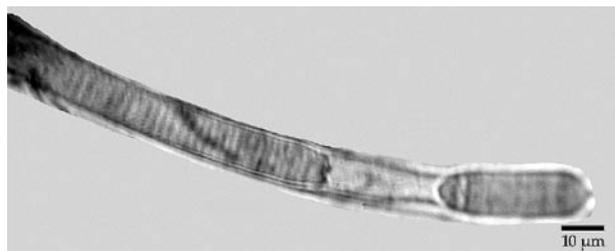


Figura 4 Fotografia da cianobactéria filamentosa *Lyngbya aestuarii* (Liebman) Gomont 1892.

5 Conclusões

Os tapetes lisos estratificados observados no Brejo do Espinho são ecossistemas em escala de centímetros, cujo principal componente são as cianobactérias. Sua distribuição na borda deste brejo (regiões de inframaré e entremarés) é um fator dependente da umidade. Seus sedimentos de tamanho areia fina e a matéria orgânica retém água permitindo às cianobactérias viver mais superficialmente ou se interiorizarem a procura de umidade, a semelhança do descrito por Silva e Silva *et al.* (2004) para a Lagoa Vermelha. O acúmulo de água no sedimento é um dos fatores que permitem o desenvolvimento dos tapetes microbianos na área nos períodos de seca.

A grande tolerância das cianobactérias as fortes variações de salinidade permite que se desenvolvam abundantemente no Brejo do Espinho.

A comunidade cianobacteriana encontrada distribui-se nos tapetes lisos estratificados de acordo com um padrão de estratificação vertical, onde as formas filamentosas predominam na superfície exibindo alta taxa de fotossíntese e produção de EPS. As formas esféricas dominam os estratos mais profundos, estando mais aptas à sobrevivência em

baixa luminosidade, a semelhança do observado por Iespa & Silva e Silva (2005) e outros autores nas lagoas fluminenses. As cianobactérias filamentosas se organizam formando retículos que aprisionam o sedimento e dão forma a estas bioconstruções.

Os gêneros *Chroococcus* Nägeli 1849, *Entophysalis* Kützing 1843, *Leptolynbya* Anagnostidis & Komárek 1988 e *Schizothrix* (Kützing) Gomont 1892 foram observados nos três estratos dos tapetes lisos estratificados.

Lyngbya aestuarii (Liebman) Gomont 1892 e *Schizothrix friesii* (Agardh) Gomont 1892 foram identificados como as principais espécies formadoras destas estruturas e a Família Chroococcaceae Nägeli 1849 foi a mais expressiva qualitativamente, demonstrando habilidade em se adaptar as condições da área.

As cianobactérias encontradas no Brejo do Espinho também foram observadas em outros ambientes do litoral fluminense onde são observadas construções estromatolíticas, como a Lagoa Salgada (Silva e Silva, 2002), Lagoa Vermelha (Carvalho, 2003; Alves, 2004), Lagoa Pitanguinha (Damazio *et al.*, 2005), Salina Praia Seca (Shimizu, 2005), Salina Julieta (Feder, 2005) e Lagoa Pernambuco (Iespa, 2006) que apresentam condições hipersalinas. Este fato ratifica a adaptação das populações de cianobactérias aos gradientes de salinidade.

A presença de comunidade cianobacteriana semelhante à observada em outros ambientes caracterizados por construções estromatolíticas, sugere que estes *taxa* têm papel fundamental na sua formação.

6 Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela FAPERJ (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), através do IVP (Instituto Virtual de Paleontologia) e pela UNIRIO (Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro), que concederam auxílio financeiro para os estudos de campo.

7 Referências

- Alves, S.A.P.M.N. 2004. *Levantamento da composição cianobacteriana em estromatólitos tipo "biscuit" da Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brasil*. Programa de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Monografia de Bacharelado, 72p.
- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. *Archiv für Hydrobiologie. Algological studies*, 80 (1-4): 327-472.
- Andrade, A.C.S. & Dominguez, J.A.L. 2002. Informações geológico-geomorfológicas como subsídios à análise ambiental: O exemplo da planície costeira de Caravelas – Bahia. *Boletim Paranaense de Geociências*, 51: 9-17.
- Anjos, A.P.A. 2004. *Processo de precipitação de dolomita na Lagoa Brejo do Espinho: Uma contribuição para reconstrução ambiental*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal Fluminense, Tese de Doutorado, 150p.
- Anjos, A.P.A.; Sifeddine, A.; Patchineelam, S.R.; Turcq, B.J. & Abrão, J.J. 2005. Dolomita e calcita magnesiana: análise paleoambiental na Lagoa Brejo do Espinho (RJ/Brasil). In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10, Guarapari, 2005. *Resumos estendidos*, Guarapari. Disponível em: www.abequa2005.geologia.ufrj.br/nukleo/pdfs/0112_abequa_2005.pdf. Acessado em: outubro de 2006.
- Bottjer, D.J. 2005. Geobiology and the fossil record: eukaryotes, microbes, and their interactions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 219: 5-21.
- Carvalho, S.B.V. 2003. *Bioestratificação cianobacteriana das esteiras microbianas recentes da Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brasil*. Programa de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Monografia de Bacharelado, 80p.
- Damazio, C.M.; Silva e Silva, L.H. & Iespa, A.A.C. 2005. Correlações entre cianobactérias endolíticas e esteiras microbianas hipersalinas da Lagoa Pitanguinha, Neokuaternário do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Universidade de*

- Guarulhos - *Geociências*, 10 (6): 11-16.
- Delfino, D.O.; Lopes, F.A.S.; Feder, F. & Silva e Silva, L.H. 2006. Cianobactérias e esteiras microbianas lisas homogêneas, Brejo do Espinho, RJ, Brasil. *In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UNIRIO*, 5, Rio de Janeiro, 2006. *Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, UNIRIO, p.11-13.
- Feder, F. 2005. *Composição e caracterização das esteiras cianobacterianas da Salina Julieta (Praia Seca), Araruama, Rio de Janeiro*. Programa de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Monografia de Bacharelado, 114p.
- Giannini, P.C.F. & Riccomini, C. 2000. Sedimentos e processos sedimentares. *In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R. & TAIOLI, F. (eds.) Decifrando a Terra. Oficina de Textos*, p.167-179.
- Grotzinger, J.P. & Knoll, A.H. 1999. Stromatolites in Precambrian carbonates: Evolutionary mileposts or environmental dipsticks? *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 27: 313-358.
- Grötzschel, S.; Köster, J. & Beer, D. 2004. Degradation of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) by a hypersaline microbial mat and related functional changes in the mat community. *Microbial Ecology*, 48 (2): 254-262.
- 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, Neógeno do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Universidade de Guarulhos - Geociências*, 10 (6): 5-10.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1999. *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/1: Cyanophyta 1. Teil: Chroococcales*. 2ª ed., Stuttgart, Gustav Fischer, 548 p.
- Laslandes, B.; Sylvestre, F.; Sifeddine, A.; Turcq, B.J.; Albuquerque, A.L.; Lallier-Vergès, E. & Abrão, J.J. 2004. Contribution des assemblages de diatomées a la reconstitution de la variabilité hydrologique dans les lagunes de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Bresil) a l' holocene. *In: COLLOQUE DE L' ADLAF ORLEANS*, 23, Orleans, 2004. *Resumos*, Orleans. Disponível em: http://ead.univangers.fr/~geologie/img_lebim/laslandesresume04.doc. Acessado em: outubro de 2006.
- Lith, Y.van; Vasconcelos, C.; Warthmann, R.; Martines, J.C.F. & Mckenzie, J.A. 2002. Bacterial sulfate reduction and salinity: two controls on dolomite precipitation in Lagoa Vermelha and Brejo do Espinho (Brazil). *Hydrobiologia*, 485: 35-49.
- Naylor, L.A. 2005. The contributions of biogeomorphology to the emerging field of geobiology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 219: 35-51.
- Prescott, G.W. 1975. *Algae of the western great lakes area*. 6ª ed., Iowa, W.M.C. Brown Company, 977p.
- Schieber J. 2004. Microbial mats in the siliciclastic rock record: a summary of diagnostic features. *In: ERIKSSON, P.G.; ALTERMANN, W.; NELSON, D.R.; MUELLER, W.U. & CATUNEANU, O. (eds.) The Precambrian earth: tempos and events*. Amsterdam, Elsevier, p. 663-73.
- Shimizu, V.T.A. 2005. *Estudo de esteiras cianobacterianas em salinas do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*. Programa de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Monografia de Bacharelado, 136p.
- 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.; Delfino, D.O.; Lopes, F.A.S.; Iespa, A.A.C. & Damazio, C.M. 2006. Esteiras microbianas poligonais do Brejo do Espinho, RJ. *Revista de Geologia - Fortaleza*, 19 (2): 155-161.
- Silva e Silva, L.H.; Senra, M.C.E.; Faruolo, T.C.L.M.; Carvalhal, S.B.V.; Alves, S.A.P.M.N.; Damazio, C.M.; Shimizu, V.T.A.; Santos, R.C. & Iespa, A.A.C. 2004. Composição paleobiológica e tipos morfológicos das construções estromatolíticas da Lagoa Vermelha, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7 (2): 193-198.
- Visscher, P.T. & Stolz, J.F. 2005. Microbial mats as bioreactors: populations, processes, and products. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 219: 87-100.