



## Microestratigrafia dos Microbialitos da Lagoa Pitanguinha, Rio de Janeiro, Brasil

Cynthia Moreira Damazio Iespa<sup>1</sup>; Leonardo Borghi<sup>1</sup>; Anderson Andrade Cavalcanti Iespa<sup>1</sup>

*Recebido em 20 de dezembro de 2010 / Aceito em 23 de agosto de 2011*

### Resumo

A Lagoa Pitanguinha está localizada entre as coordenadas 22°55'42" e 22°56'00"S e 42°20'45" e 42°21'30"W, no nordeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Este trabalho teve como objetivo a caracterização das microfácies carbonáticas do complexo biogênico estromatólito, trombólito e oncoide recente da Lagoa Pitanguinha. O estudo microestratigráfico destas estruturas carbonáticas permitiu a caracterização de quatro microfácies MM1, MM2, MM3 e MM4 que correspondem a quatro períodos distintos do crescimento das estruturas. Microfácies MM1 é constituída por tubos de serpulídeos e bioclastos cimentados por calcita; na Microfácies MM2 observa-se os processos de dissolução e bioerosão; já a Microfácies MM3 apresenta microlaminações carbonáticas associadas a bioclastos e peloides; a MM4 é dominada por microlaminações contínuas e carbonáticas com micro-oncoides e microestromatólitos. Pode-se observar que as cianobactérias filamentosas foram predominantemente responsáveis pela produção das laminações e as cocoides pelos peloides.

Palavras chave: Estromatólito; trombólito; oncoide; cianobacteria; Lagoa Pitanguinha.

### Abstract

*Lagoa Pitanguinha is located between the coordinates, 22°55'42" e 22°56'00"S and 42°20'45" e 42°21'30"W, in the north-eastern part of the Rio de Janeiro state, Brazil. The objective of this work was characterize carbonatic microfacies, early biogenic complex stromatolite, thrombolite and oncoid at the place. The study microestratigrafic of the carbonatic structure let the characterization of four microfacies: MM1, MM2, MM3 and MM4 corresponding to four different periods of the growth of the structure. Microfacies MM1 constitute by bioclasts and serpulids tubes calcite; Microfacies MM2 observe presence of dissolute and bioerosion process; Microfacies MM3 constitute by continuous carbonatic microlamination with associate bioclasts and peloids; Microfacies MM4 dominate by continuous carbonatic microlamination with micro-oncoids and microstromatolite. It was possible to observe that filament cyanobacteria contributed to formation of blade and the cocoids contributed for of the peloids.*

Keywords: Stromatolite; thrombolite; oncoid; cyanobacteria; Lagoa Pitanguinha.

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, UFRJ.  
Rua do Bispo 160 bl 2, apt 1108, Cep 20.261-065. Rio Comprido, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.  
iespa.bio@bol.com.br, acdamazio@bol.com.br

---

## 1. Introdução

Os microbialitos podem ser considerados tanto sedimentos (partículas) quanto rochas sedimentares biogênicas, associada ou não às esteiras microbianas que lhe dão origem (Ignaccolo *et al.*, 2004).

São estruturas litificadas ou não, formadas a partir da interação das cianobactérias com sedimentos. Os estromatólitos, trombólitos, esteiras microbianas, oncoídes e oóides são alguns exemplos de microbialitos (Brehm *et al.*, 2004).

Estromatólitos são estruturas organossedimentares laminadas formadas por atividade microbiana. Essas estruturas laminadas representam o registro mais antigo de vida e provavelmente a principal fonte de informação da evolução dos primeiros seres bentônicos que habitaram a superfície marinha (Vasconcelos *et al.*, 2006). São formados através da união e aprisionamento de grãos sedimentares pelas cianobactérias em ambiente marinho (Allwood *et al.*, 2006).

Os trombólitos são uma estrutura não laminada que podem apresentar na sua constituição interna serpulídeos bentônicos e pelóides (Viscogni *et al.*, 2008). A presença destes tubos é considerada como um produto de distúrbio ou alterações na estrutura do estromatólito. A estrutura coagulada do trombólito pode ser formada por dois caminhos (Braga & Martins, 1995).

O primeiro seria por partículas de aglutinação, como calcificação microbiana (Silva e Silva *et al.*, 2006). Desenvolve-se sobre a borda da plataforma onde águas turbulentas fornecem partículas sedimentares insuficientes e onde alta luminosidade estimula a encrustação em lacunas (Braga & Martins, 1995). Tempestades na água também refletem produção de coágulos e por consequência formação de trombólitos (Landrum, 2007).

O segundo a partir de atividades de alimentação de gastrópodes, serpulídeos bentônico, ostracodes e de outros organismos que destroem as estruturas internas, deixando uma feição grumelosa (Srivastava & Almeida, 2000; Zamagni *et al.*, 2009).

No interior dos trombólitos além das cianobactérias podem ocorrer diatomácea, gastrópodes, bivalves, ostracodes e foraminíferos (Adachi *et al.*, 2006).

Os oncoídes são formados por laminações concêntricas onde seus núcleos podem ser formados por conchas de moluscos ou cianobactérias e sedimentos associados a um ambiente saturado de carbonato de cálcio (Kile *et al.*, 2000).

O estudo dos microbialitos sob enfoque da Geomicrobiologia vem despertando interesse na Geologia Sedimentar em virtude da percepção crescente de que existe uma forte interação microbiana nos processos de sedimentação não só carbonática, quanto também terrígena e evaporítica (Damazio-Iespa *et al.*, 2009).

A raridade de análogos recentes torna as lagoas fluminenses uma das poucas localidades de investigação na formação de microbialitos ainda em associação com esteiras microbianas, o que se constitui de importante relevância no estudo para a exploração de petróleo (Damazio-Iespa & Borghi, 2008).

O estudo destas estruturas permite a correlação dos parâmetros ambientais e ecológicos com propriedades sedimentológicas, em termos de microfácies, e a distribuição dessas propriedades, em termos microestratigráficos, importantes para auxiliar a caracterização das heterogeneidades e da qualidade de potenciais rochas reservatório (Borghi *et al.*, 2008). O objetivo desse estudo foi determinar os tipos de microfácies associados aos microbialitos encontrados na Lagoa Pitanguinha.

## 2. Área de Estudo

No último episódio de transgressão holocênica iniciada há 7000 anos (AP), formaram pequenas lagunas e brejos (Anjos, 1999). Inicialmente formou-se a barreira interna corresponde a um episódio do nível do mar anterior ao Holoceno. As lagunas maiores, localizadas entre a barreira interna e o continente, se desenvolveram durante o Pleistoceno e foram novamente submersas durante a transgressão Holocênica, que por sua vez deu origem ao sistema lagunar e a barreira externa.

Um desmembramento do sistema lagunar externo em pequenas lagunas isoladas ocorreu durante as flutuações posteriores do nível do mar (Turcq *et al.*, 1999a) (Fig. 1).

Esse sistema lagunar é representado pelas lagunas Vermelha, Pernambuco e Pitanguinha, que se localizam ao longo de uma estreita planície entre duas barreiras arenosas (Turcq *et al.*, 1999b).

A datação das conchas e sambaquis da barreira externa por  $^{14}\text{C}$  e condições paleográficas indicam uma idade entre 4.200 a 3.800 anos A.P. (Lopes, 1988).

A lagoa Pitanguinha possui aproximadamente área de 0,55 km<sup>2</sup>, sendo 1,5 km

de comprimento e 0,75 km de largura, está localizada entre as latitudes 22°55'42" e 22°56'00"S e longitudes 42°20'45" e 42°21'30"W, na restinga de Massambaba, próximo ao Município de Araruama (Figs 2 e 3).

A lagoa Pitanguinha é acessível pela rodovia RJ-102 em Praia Seca, Município de Araruama, na sua primeira porção, pelo conjunto residencial Condolan, até o seu ponto mais extremo, localizado no condomínio Village Palm Beach. A borda norte da lagoa, que está voltada para os condomínios, sofreu forte impacto da urbanização e da atividade salinera, enquanto que a borda sul apresenta-se mais preservada da ação antropogênica.

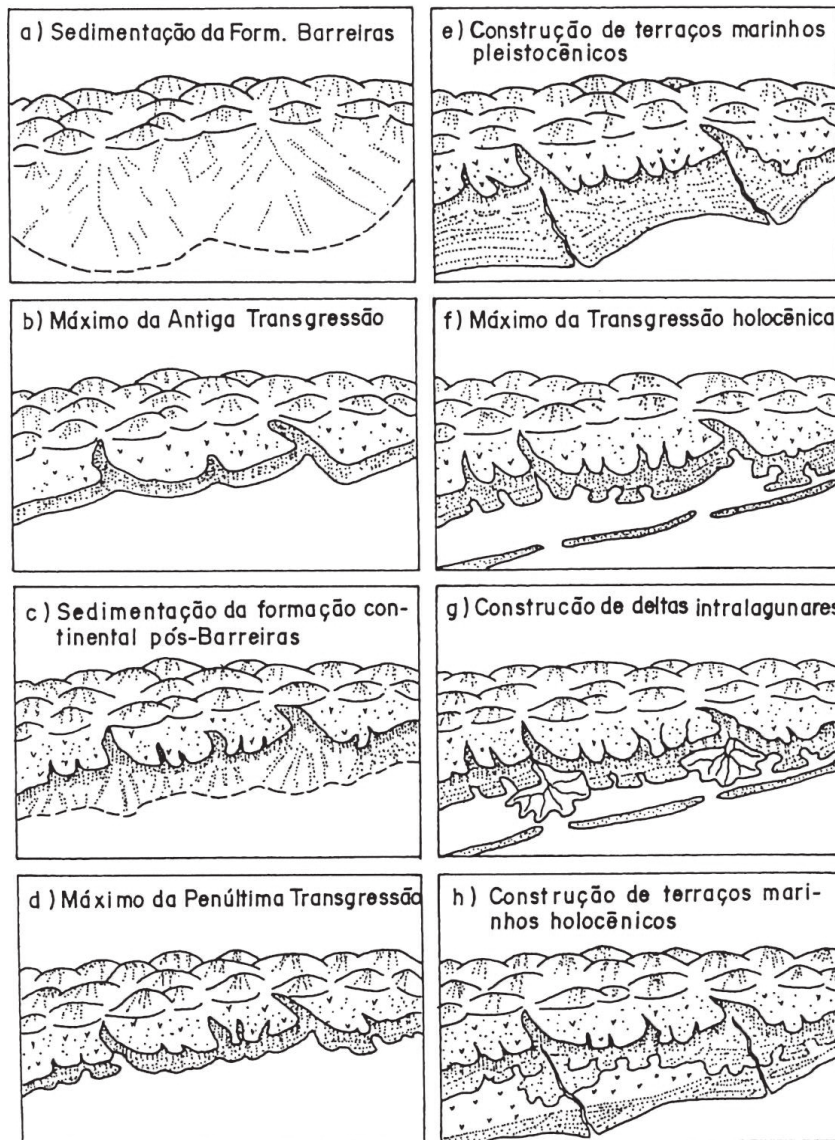


Fig. 1 - Modelo geral de evolução geológica das planícies da costa central brasileira, durante o Quaternário (Suguio 2001).



Fig. 2. Imagem de satélite da lagoa Pitanguinha com a localização dos pontos de coleta.



Fig. 3: Mapa com a localização da lagoa Pitanguinha (Primo & Bizerril, 2002, modificado).

### 3. Materiais e Métodos

No entorno da Lagoa Pitanguinha foram coletados os microbialitos em 7 estações distintas na área, apontados através de GPS. Amostras foram selecionadas segundo os seguintes critérios: morfologia externa, integridade da amostra, coloração e tamanho.

O estudo na área se baseou em coletas trimensais realizadas na região marginal da lagoa, no interior e nas paleomargens, no período de março de 2008 até agosto de 2010. Foram retiradas amostras dos microbialitos, em cinco quadrantes de 1 m<sup>2</sup>, com auxílio de espátula de pedreiro e martelo de geólogo, distanciados em 400 m em sete estações distintas no entorno da lagoa.

Para cada tipo de estrutura identificada no campo foram retirados pelo menos doze exemplares. O material das estruturas carbonáticas amostradas incluem, em média, de 5g a 10 kg.

Definem-se, com base em análise petrográfica (luz fotônica transmitida, polarizável), quatro microfácies (MM1–MM4), as quais se distribuem entre as amostras, numeradas e ordenadas em sequências crescentes, da base para o topo de cada amostra.

Foram preparadas dez lâminas petrográficas para cada tipo de estrutura carbonática com objetivo de observar sua morfologia interna.

### 4. Resultados

O estudo microestratigráfico das estruturas carbonáticas permitiu a caracterização de quatro microfácies microbianas MM1, MM2, MM3 e MM4 que correspondem a quatro períodos distintos do crescimento das estruturas, que permitem reconhecer, em termos microestratigráficos, eventos distintos do desenvolvimento do Plexo Estromatólito Trombólito Oncoide (PETO).

Foram caracterizados petrograficamente diversos grãos carbonáticos (pelóides e coágulos micríticos, micro-oncoides, micro-estromatólito), microlaminações precursoras de estromatólitos e microestruturas trombólíticas, além de grãos de gipsita, que também ocorrem associados a esses grãos.

Observa-se o início de cimentação das partículas (franja isópaca marinha e feições geopetais freáticas). Paralelamente, identificam-se elementos da microfauna associada (foraminíferos, ostracodes, bivalves, gastrópodes e serpulídeos), além da microflora que compõe os microbialitos (e.g., cianobactérias dos gêneros *Chroococcus*, *Aphanotece*, *Microcoleus* e *Schizothrix*).

#### 4.1. Microfácies MM1

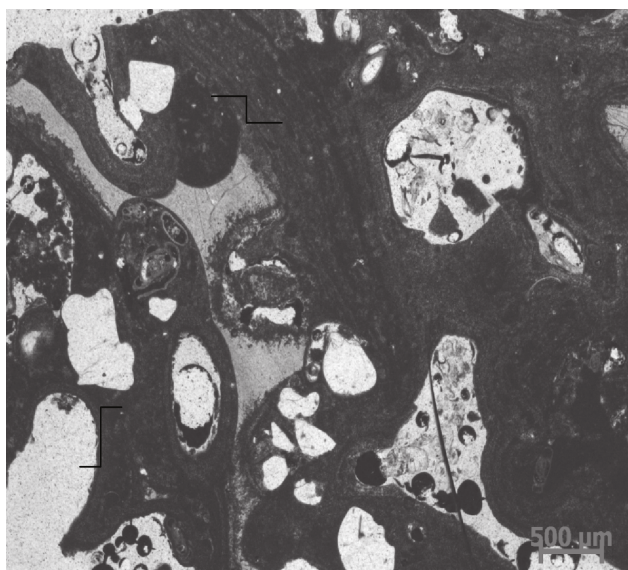
A microfácies MM1 é representada pela base dos trombólitos que demonstra processos de dissolução e bioerosão. Observa-se a presença de tubos de serpulídeos do gênero *Terebella* Linnaeus 1767 ostracodes do gênero *Cyprideis* Jones 1857 e cracas gênero *Chthamalus* Ranzani 1817. Adicionalmente, encontra-se grande quantidade de foraminíferos e bivalves *Anomalocardia brasiliiana* Gmelin 1791 cimentados por calcita que estão presentes em diferentes organizações. Observa-se microlaminações onduladas e difusas de calcita além de alguns grãos de quartzo com franja isópaca marinha (Fig. 4).

#### 4.2. Microfácies MM2

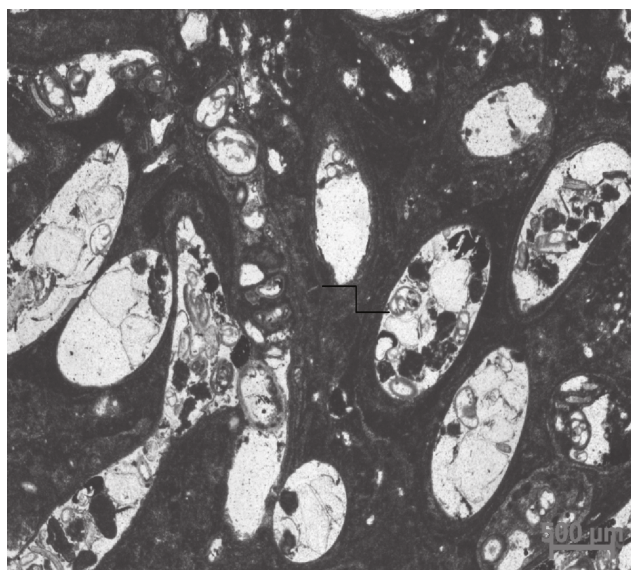
O topo dos trombólitos constituem a microfácies MM2. Caracterizam-se pelo aumento dos processos de dissolução, bioerosão e porosidade. É constituída por bivalves *Anomalocardia brasiliiana* Gmelin 1791, ostracodes do gênero *Cyprideis* Jones 1857, foraminíferos, gastrópodes *Heleobia australis* d'Orbigny 1835, grãos de quartzo e tubos de serpulídeos do gênero *Terebella* Linnaeus 1767 cimentados por calcita, além de preenchimento das cavidades por calcita (Fig. 5).

#### 4.3. Microfácies MM3

Verificados nos estromatólitos estratiforme e nas esteiras filme, a Microfácies MM3 é constituída por microlaminações carbonáticas crenuladas e contínuas, micro-oncoides, bivalves *Anomalocardia brasiliiana* Gmelin 1791 e alguns elementos peloidais cimentados por aragonita, calcita e gipsita. Alguns grãos de quartzo com franja isópaca marinha e com feição geopetal (Fig. 6).

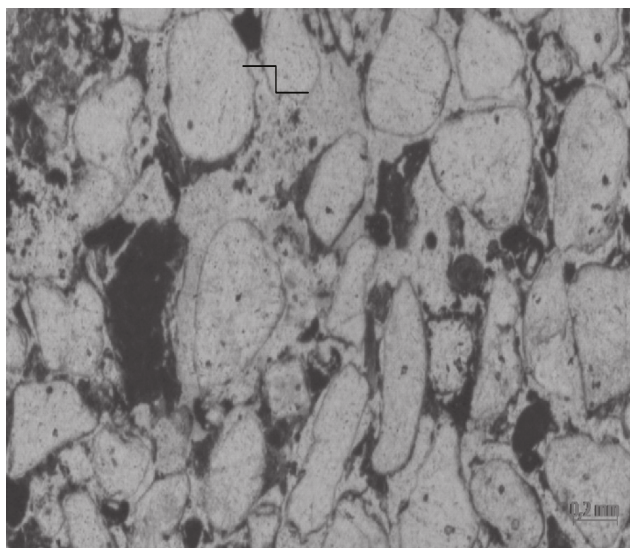


4

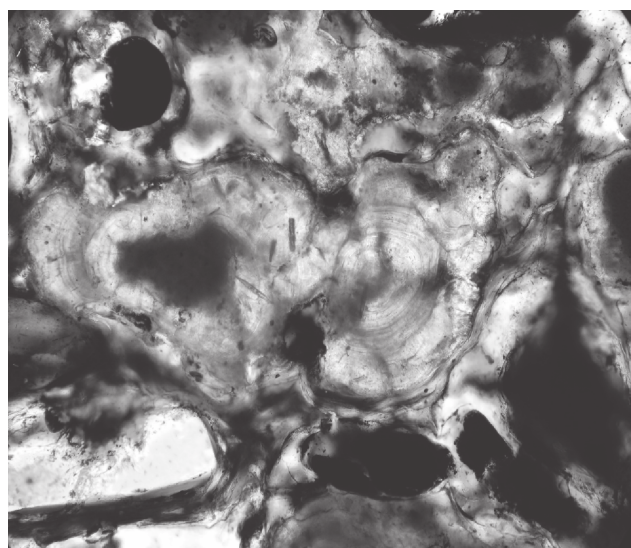


5

Fig. 4 -. Fotomicrografia de uma lâmina petrográfica (nicóis paralelos) do ponto 4. A seta indica microlaminações onduladas e crenulada., Fig. 5 -. Fotomicrografia de uma lâmina petrográfica (nicóis paralelos) do ponto 3. A seta indica tubos de serpulídeos com grãos de quartzo e foraminíferos em seu interior.



6



7

Fig. 6 -. Fotomicrografia de uma lâmina petrográfica (nicóis paralelos) do ponto 3. A seta indica grãos de quartzo cimentados por calcita, Fig. 7 - Fotomicrografia de lâmina petrográfica (nicóis cruzados) do ponto 4 destaque para dois micro-oncoides unidos.

#### 4.4. Microfácies MM4

As esteiras lisa e os oncoides são estruturas constituintes da microfácies MM4 que apresenta microlaminações contínuas, onduladas e crenuladas, estrutura interna organizada com micro-oncoide, microestromatólitos, elementos peloidais, foraminíferos, bivalves *Anomalocardia brasiliana*

Gmelin 1791, grãos de quartzo e trama de cianobactérias filamentosas (Figs. 7).

#### 5. Discussão

A microfácies 1 apresenta coquina de bivalves *Anomalocardia brasiliana* Gmelin 1791

cimentados por calcita. Sua função é aumentar a estabilidade para o crescimento do trombólito. A presença de laminações quartzosas cimentadas por calcita (franja isópaca marinha); tubos de serpulídeos do gênero *Terebella* Linnaeus 1767, cracas do gênero *Chthamalus* Ranzani 1817, bivalves *Anomalocardia brasiliensis* Gmelin 1791, gastrópodes *Heleobia australis* d'Orbigny 1835, foraminíferos, ostracodes do gênero *Cyprideis* Jones 1857 cimentados no interior das laminações quartzosas indicam fase de influência marinha. Nessa microfácies é possível observar a presença de laminações de calcita que foram produzidas por cianobactérias filamentosas.

A microfácies 2 é constituída por uma estrutura carbonática com laminações destruídas, que sofreram as ações de bioerosões por serpulídeos *Terebella* Linnaeus 1767 e gastrópodes *Heleobia australis* d'Orbigny 1835. Processos de bioerosão, dissolução e ação das correntes contribuíram para a formação de uma estrutura porosa. Os processos de dissolução carbonática foram causados pelo aporte de água doce.

A microfácies 3 é formada por microlaminações carbonáticas crenuladas e contínuas e a diminuição dos processos de dissolução e bioerosão o que indica diminuição da turbulência da água.

Os peloides carbonáticos encontrados nessa microfácies foram formados pela preservação de colônias de cianobactérias cocoides. Os micro-oncoides foram formados pela preservação de cianobactérias cocoides associados às filamentosas.

A presença de laminações quartzosas cimentadas por calcita (franja isópaca marinha e feição geopetal) indicam influência marinha.

Com isso a microfácies 2 e 3 representam as fases de transição entre o ambiente marinho e o ambiente lagunar.

A microfácies 4 é dominada por microlaminações contínuas, onduladas e crenuladas além de poucos bioclastos. Essa fácies é resultado do aumento da salinidade e baixa circulação de água que causou a morte gradativa dos organismos que não resistiram essas condições. Exceção feita às cianobactérias que são resistentes a estas condições ambientais e produtoras de laminações onduladas e

contínuas de calcita. Este aumento da salinidade justifica-se pelo canal de comunicação atual existente entre a Lagoa Pitanguinha e a Lagoa Araruama, que por sua vez comunica-se diretamente com oceano.

Os micro-oncoides encontrados na microfácies 4 são formados pela associação de cianobactérias cocoides que formam o núcleo da estrutura e as cianobactérias filamentosas que geram as laminações concêntricas associados a um processo mecânico de rolamento da estrutura.

Não há registro de serpulídeos, gastrópodes, cracas, bivalves, foraminíferos e ostracodes vivos na lagoa atualmente como ocorrem na Lagoa Pernambuco (Iespa, 2006) e na Lagoa Salgada (Iespa *et al.* 2009).

As microfácies dos microbialitos da Lagoa Pitanguinha compartilham componentes em comum com microfácies de outros estromatólitos como, por exemplo, os estromatólitos da Shark Bay na Austrália (Papineau *et al.*, 2005), estromatólito biscuit da Lagoa Vermelha (Alves, 2007), estromatólitos e trombólitos em Storr's Lake, Bahamas (Dupraz *et al.*, 2006) e estromatólitos, trombólitos e oncoides da Lagoa Salgada (Iespa *et al.*, 2009), como por exemplo, as laminações crenuladas, as bioturbações, e a redução da porosidade à medida que nos dirigimos ao topo da estrutura.

Conforme estudos de Braga & Martin (1995), Hipp & Hass (2006) e Nehza & Woo (2006), os estromatólitos estratiformes são formados em ambientes de baixa energia, sendo que a taxa de sedimentação e velocidade da corrente contribuem para a formação morfológica do estromatólito. Adicionalmente, os oncoides distribuem-se na região de pouca profundidade, energia moderada, alta oxigenação, alta incidência luminosa, local em que os fatores ambientais favorecem o desenvolvimento de extensas e complexas comunidades microbianas (Silva e Silva *et al.*, 2007). Já os trombólitos ocorrem em águas superficiais com turbulência e alta luminosidade e, com isso, favorecem a ação da erosão física (Braga & Martin, 1995; Silva e Silva *et al.*, 2005).

Em água mais calma com pouca turbulência as cianobactérias filamentosas formam as laminações aprisionando o sedimento e em

consequência formam os estromatólitos (Landrum, 2007).

Por fim, a luminosidade e a sedimentação são elementos chaves do ecossistema estromatolítico. Outros fatores que impactam a morfologia do estromatólito seria a salinidade, aporte de nutriente, velocidade da corrente, distribuição do tamanho de grãos sedimentares, saturação de carbonato de cálcio, hidrodinamismo, temperatura e competição (Dupraz *et al.*, 2006). Ademais, a ação das correntes e as taxas de erosão e deposição sedimentar são parâmetros que ajudam a controlar o crescimento e o desenvolvimento da estrutura estromatolítica de acordo com resultados de Flügel (2004) e Noffke & Paterson (2008).

## 6. Conclusões

Os microbialitos foram encontrados no interior da Lagoa Pitanguinha e em suas paleomargens indicando que a mesma já apresentou dimensões maiores.

As microfácies 1 e 4 representam a fase de um ambiente marinho com intensa atividade biológica das cianobactérias.

As microfácies 2 e 3 indicam um ambiente transição entre o lagunar e o marinho devido a presença de franja isópaca marinha, aporte de água doce no sistema e diminuição dos bioclastos.

As microfácies 1 e 2 são consideradas como excelentes reservatórios devido a alta porosidade causada por processos de bioerosão e de dissolução além da presença de coquinas.

As cianobactérias cocóides, mais resistentes à predação, preenchem espaços nas esteiras microbianas e produzem peculiarmente coágulos, peloides e micro-oncoides; já as filamentosas, mais adaptadas a condições extremas, precipitam, aprisionam e unem os grãos carbonáticos, produzindo microlaminações que podem ser desorganizadas pela ação de organismos como gastrópodes *Heleobia australis* d'Orbigny 1835 e os serpulídeos do gênero *Terebella* Linnaeus 1767 (bioerosões).

Parâmetros ambientais locais tais como o controle das marés e nível freático, regime hidrológico de chuvas e de ventos, além de propriedades

químicas e físico-químicas das águas (medidos *in loco*), ação de organismos pastadores e da própria biocenose microbiana (analisada), são discutidos na modelagem da morfologia e da estrutura interna dos microbialitos.

## Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela ANP, (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) através do PRH 18 – UFRJ.

## Referências Bibliográficas

- Adachi, N., Ezaki, Y. & Pickett, J.W., 2006, Marked accumulation patterns characteristic of Lower Devonian stromatoporoid bindstone: Palaeoecological interactions between skeletal organisms and microbes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 231:331-346.
- Allwood, A.C., Walter, M.R., Kamber, B.S., Marshall, C.P. & Burch, I.W., 2006, Stromatolite reef from the early Archaean era of Australia. *Nature*, 441(8): 714-718.
- Alves, S.A.P.M.N., 2007, Estudo geomicrobiológico dos estromatólitos biscuit da lagoa Vermelha (Estado do Rio de Janeiro – Brasil). Dissertação de Mestrado, UFRJ, 141p.
- 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. Dissertação de Mestrado, UFF, 133p.
- Borghini, L., Damazio-Iespa, C.M. & Iespa, A.A.C., 2008, Microbialitos nas lagoas fluminenses: Análogos deposicionais para modelos geológicos exploratórios. In: 43 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Curitiba, Resumos, Paraná, p.1043.
- 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.
- Brehm, U., Palinska, K.A. & Krumbein, W.E., 2004, Laboratory cultures of calcifying biominerals generate ooids – A contribution to the origin of oolites. *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology*, Maintenon, Letter 3:6.



- Damazio-Iespa, C.M. & Borghi, L., 2008, Microestratigrafia das estruturas carbonáticas litificadas holocênicas da lagoa Pitanguinha, Nordeste estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: 6 ENCONTRO DOS PROGRAMAS DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS PARA O SETOR DE PETRÓLEO E GÁS UFRJ/ANP. Rio de Janeiro, Resumos, Rio de Janeiro, Cd-Rom.
- Damazio-Iespa, C.M., Borghi, L. & Iespa, A.A.C., 2009, Microbialitos da lagoa Pitanguinha (RJ): Aspectos geomicrobiológicos aplicados à exploração de petróleo. 5 CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, Fortaleza, Trabalho Completo, Ceará, Cd-Rom.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: HAM, W.E. Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists Memoir, New York, p.108-121.
- Dupraz, C., Patisina, R. & Verrecchia, E.P., 2006, Translation of energy into morphology simulation of stromatolite morphospace using a stochastic model. *Sedimentary Geology*, 185:185-203.
- Folk, R.L., 1962, Spectral subdivision of limestone types. In: HAM, W.E. Classification of Carbonate Rocks - A Symposium. American Association of Petroleum Geologists Memoir, New York, p.62-84.
- Flügel, E., 2004, *Microfacies of Carbonate Rocks*. Springer-Verlag, Berlin, 976p.
- Hipp, K. & Haas, J., 2006, Calcimicrobial stromatolites at the Permian-Triassic boundary in a western Tethyan section, Bukk Mountains, Hungary. *Sedimentary Geology*, 185:239-253.
- Iespa, A.A.C., 2006, Estudo geomicrobiológico da lagoa Pernambuco, Região dos Lagos (Estado do Rio de Janeiro). Dissertação de Mestrado, UFRJ, 116p.
- Iespa, A.A.C., Borghi, L. & Damazio-Iespa, C.M., 2009, Microestratigrafia do Complexo Estromatólito, Trombólito e Oncoide Holocênico da Lagoa Salgada, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista de Geologia*, 22(1):7-14.
- Ignaccolo, M., Schwettmann, A., Failla, R., Storrie-Lombardi, M.C. & Grigolini P., 2004, Stromatolites: Why do we care? *Chaos, Solitons and Fractals*, 20:145-148.
- Kile, D.E., Eberl, D.D., Hock, A.R. & Reddy, M.M., 2000, An assessment of calcite crystal growth mechanisms based on crystal size distributions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64:2937-2950.
- Landrum, N.W., 2007, Characterizing and interpreting the microstratigraphy of a stromatolite/thrombolite from a hypersaline inland lake, San Salvador, Bahamas. In: 46 ANNUAL MEETING SOUTHEASTERN SECTION GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, Georgia, Abstract, USA, 39(2):69.
- Lopes, C.E.A., 1988, Estudo em laboratório de absorção do metal cobre pelo tapete de algas bênticas da Lagoa Vermelha - Município de Araruama - Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, UFF, 56p
- Nehza, O. & Woo, K.S., 2006, The effect of subaerial exposure on the morphology and microstructure of stromatolites in the Cretaceous Sinyangdong Formation, Gyeongsang Supergroup, Korea. *Sedimentology*, 53:1121-1133.
- Noffke, N. & Paterson, D., 2008, Microbial interactions with physical sediment dynamics, and their significance for the interpretation of Earth's biological history. *Geobiology*, 6:1-4.
- Papineau, D., Walker, J.J., Mojzsis, S.J. & Pace, N.R., 2005, Composition and structure of microbial communities from stromatolites of Hamelin Pool in Shark Bay, western Australia. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(8):4822-4832.
- Silva e Silva, L.H., Srivastava, N.K., Iespa, A.A.C & Damazio, C.M., 2007, Evidência de oncoídes recentes na lagoa Salgada, norte do estado do Rio de Janeiro, sudeste brasileiro. *Revista Universidade Guarulhos-Geociências*, 6(1):201-206.
- Silva e Silva, L.H., Iespa, A.A.C & Damazio, C.M., 2006, 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., Damazio, C.M. & Iespa, A.A.C., 2005, Composição cianobacteriana em trombólitos da lagoa Pitanguinha (Holoceno), Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *GAEA*, 1(2):75-81.
- Suguio, K. 2001. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais*. Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, São Paulo, 366p.
- Srivastava, N.K. & Almeida, L.B., 2000, Lagoa Salgada (Rio de Janeiro): recent stromatolites. In: 31 INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, Rio de Janeiro, Resumo, Rio de Janeiro, p.14.

- Turco, B., Martin, L., Flexor, M., Suguio, K., Pierre, C. & Ortega, L.T., 1999a. Origin and evolution of the quaternary coastal Plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems, Rio de Janeiro, Brazil. Rio de Janeiro, UFF, p.25-46.
- Turco, P. F. M., Barbosa, J.A. & Pereira, J. R., 1999b, Chemical, physical and biological characterization of surficial sediments in the Araruama Lagoon. In: 3 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY IN TROPICAL COUNTRIES, Nova Friburgo, Resumo, Rio de Janeiro, p.4.
- Vasconcelos, C., Visscher, P.T., Warthmann, R.J. & Mckenzie, J.A., 2006, Modern stromatolites from lagoa Vermelha, Brasil: An analogue for benthos microbial associations on the early Earth. Geophysical Research Abstracts. 8: 9423.
- Viscogni, A., Guido, A., Mastandrea, A. & Russo, F., 2008, Microbialite-vermetid community (Salento Peninsula, southern Italy): a late miocene example of automicrite deposition in confined spaces. In: REITNER, J.; QUÉRIC, N.V. & REICH, M. (eds.). Geobiology of stromatolites. International Kalkowsky Symposium, Universitätsverlag Gottingen, Gottingen, p.127-129.
- Zamagni, J., Kosir, A. & Mutti, M., 2009, The first microbialite – coral mounds in the Cenozoic (Uppermost Paleocene) from the Northern Tethys (Slovenia): Environmentally triggered phase shifts preceding the PETM? Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 274:1-17.