

DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO (PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ

Description of Ex Situ Microbialites From Pedra de Fogo Formation (Permian, Parnaíba Basin) in the Municipality of Teresina, Piauí

Naíde de Lucas da Silva Neta¹, Willian Mikio Kurita Matsumura², Érico Rodrigues Gomes³

¹ Graduanda de Gestão Ambiental - IFPI; naide.silva.neta@gmail.com.br; ORCID: 0000-0002-3017-0428

² Universidade Federal do Piauí/UFPI; willian.matsumura@ufpi.edu.br; ORCID: 0000-0002-4390-8333

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/IFPI; erico.gomes@ifpi.edu.br; ORCID: 0000-0002-3017-0428

RESUMO: Os microbialitos são estruturas laminares resultante da ação de microorganismos. São a evidência mais antiga de vida na Terra sendo registrados desde o Eoarqueano. Constituem um importante elemento para análises paleoambientais devido sua dinâmica de crescimento que é influenciada por fatores ambientais sendo possível associar suas variadas formas a determinados ambientes. Este estudo tem por objetivo descrever os microbialitos da Formação Pedra de Fogo (Permiano Inferior) encontrados nas margens do Rio Poti, na Zona Sul do município de Teresina, PI. O material foi coletado às margens do Rio Poti na zona sul do município. O material melhor preservado foi separado quanto a sua morfologia em colunares, pseudocolunares, domal, oncóides e esteiras. Entre o material pode ser observado diversos tipos de laminação, mostrando ciclos repetidos que podem indicar sazonalidade ambiental. As análises das variações verticais das bandas de crescimento mostraram uma ciclicidade ambiental com momentos de maior luminosidade representado por bandas mais largas e momentos de menor intensidade demonstrado por bandas mais curtas. A escassez de pesquisa sobre estes fósseis na unidade ressalta a relevância deste estudo na contribuição da compreensão do paleoambiente desta região, servindo também como fonte de dados para futuros trabalhos na área.

Palavras-chave: Bacia do Parnaíba. Icnofósseis. Microbialitos. Pedra de Fogo. Permiano.

ABSTRACT: Microbiolites are laminar structures resulting from the action of microorganisms. They are the oldest evidence of life on Earth being recorded since the Eoarchean. They are an important element for paleoenvironmental analysis due to their growth dynamics that are influenced by environmental factors, making it possible to associate their various forms to certain environments. This study aims to describe the microbialites of the Pedra de Fogo Formation (Lower Permian) found on the banks of the Rio Poti, in the South Zone of the municipality of Teresina, PI. The material was collected on the banks of the Rio Poti in the southern part of the city. The best-preserved material was separated according to its morphology into columnar, pseudocolumnar, domal, oncoid and mats. Among the material, several types of laminations can be observed, showing repeated cycles that may indicate environmental seasonality. The analysis of the vertical variations of the growth bands showed an environmental cyclicity with moments of greater luminosity represented by wider bands and moments of lower intensity shown by shorter bands. The scarcity of research on these fossils in the unit highlights the relevance of this study in contributing to the understanding of the paleoenvironment of this region, also serving as a source of data for future work in the area.

Keywords: Ichnofossils. Microbialites. Parnaíba Basin. Pedra de Fogo Formation. Permian.

1 Introdução

Os microbialitos são estruturas organosedimentares formados a partir do acúmulo e aprisionamento de partículas sedimentares por comunidades microbianas. Neste termo estão inseridos os estromatólitos, trombólitos e outras estruturas similares. Os microorganismos que formam essas estruturas são em maioria bactérias, como cianobactérias e algas. A construção dessas estruturas é feita durante o crescimento microbiano onde células superficiais e substâncias extracelulares interagem com os minerais do meio (BURNE & MOORE, 1987; NUTMAN *et al.*, 2016).

Essas estruturas estão entre os registros mais antigos de vida preservada na Terra e são o testemunho de um importante evento para a proliferação da vida pluricelular, a inserção do O₂ em grandes quantidades no meio ambiente, ocasionando um momento de transformação da composição química do ambiente marinho e atmosférico (HOFMANN, 1973; RIDINS, 2011; TEWARI & SECKBACH, 2011).

Estromatólitos são edifícios calcários que se formam pelo aprisionamento de partículas de carbonato por cianobactérias, que capturam o sedimento dissolvido na água através do biofilme que produzem. Essas estruturas tiveram maior proliferação durante a Era Proterozóica e seu declínio ocorreu provavelmente por predação. Esses edifícios biogênicos são caracterizados principalmente pela formação de lâminas que variam entre escuras e claras ao longo do perfil e possuem um formato variado que está ligado ao ambiente em que se encontram. Por este motivo são bastante importantes para estudos paleoambientais, podendo utilizá-los para mapear antigas áreas litorâneas e encontrar antigas atividades biológicas (HOFMANN, 1973; SILVA E SILVA 2002; IANUZZI & VIEIRA, 2005; SRIVASTAVA, 2004; SALLUM FILHO & FAIRCHILD, 2005).

Esses fósseis são encontrados em diversas partes do globo e atualmente ainda podem ser encontrados, como os que ocorrem em Shark Bay (Figura 1), na Austrália e no Brasil na Lagoa Salgada, no Rio de Janeiro. Cada morfotipo pode determinar uma característica do ambiente (LOGAN *et al.*, 1964).

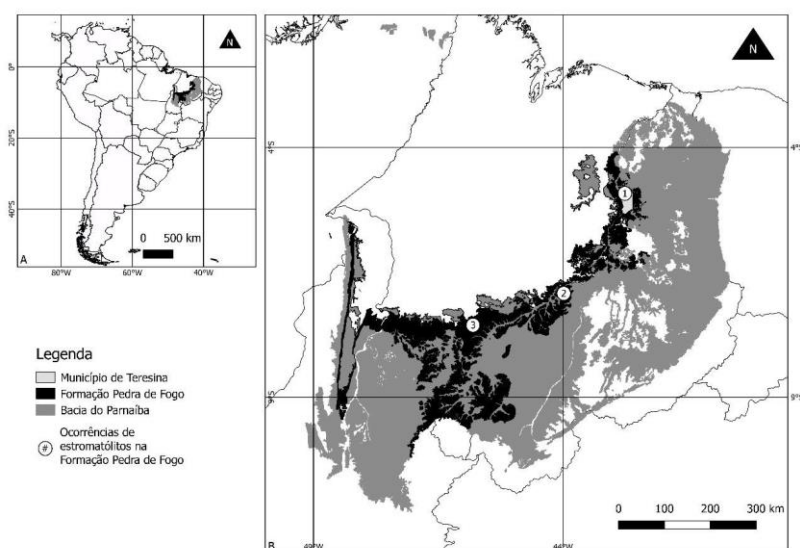
Figura 1 – Estromatólitos atuais na bacia de Shark Bay, Austrália.



Fonte: Kristina D.C. Hoepfner, 2014

Embora a Bacia Sedimentar do Parnaíba seja rica em registros fossilíferos, por muito tempo apenas dois registros de microbialitos foram encontrados: um em Balsas e o outro em Riacho Salobro, ambos na Formação Pedra de Fogo, no estado do Maranhão (Figura 2) (PLUMMER, et al., 1948; FARIA Jr & TRUCKENBRODT, 1980).

Figura 2 – Ocorrências de estromatólitos na Bacia Sedimentar do Parnaíba.



Legenda: A) Localização da Bacia do Parnaíba na América do Sul e na Região Meio-Norte do Brasil; B) Localização da Formação Pedra de Fogo na Bacia do Parnaíba com as ocorrências de estromatólitos: 1 - Teresina, PI; 2 - Balsas, MA (PLUMMER et al., 1948); 3 - Benedito Leite, MA (FARIA Jr & TRUCKENBRODT, 1980).

DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO (PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ

Este trabalho apresenta uma nova ocorrência de estromatólitos (SILVA NETA et al., 2017). Outros registros para esta formação foram mencionados nos trabalhos de Ianuzzi et al., (2018) e Abrantes et al., (2019). Estes novos dados paleontológicos ampliam o registro fóssil da unidade geológica, ajudando a entender o paleoambiente que existiu na região.

2 Contextualização

2.1 Microbialitos

Os microbialitos são estruturas sedimentares microbianas induzidas, formadas a partir da atividade de microorganismos. Por ser uma estrutura gerada a partir da atividade de um organismo, é designada como um icnofóssil. Devido a divergências na comparação dessas estruturas com os demais icnofósseis (pegadas, escavações, rastros, ovos, coprólitos e outros) foi criado o termo microbialito, compreendendo todos os depósitos carbonáticos formados por microorganismos bentônicos (SRIVASTAVA, 2010).

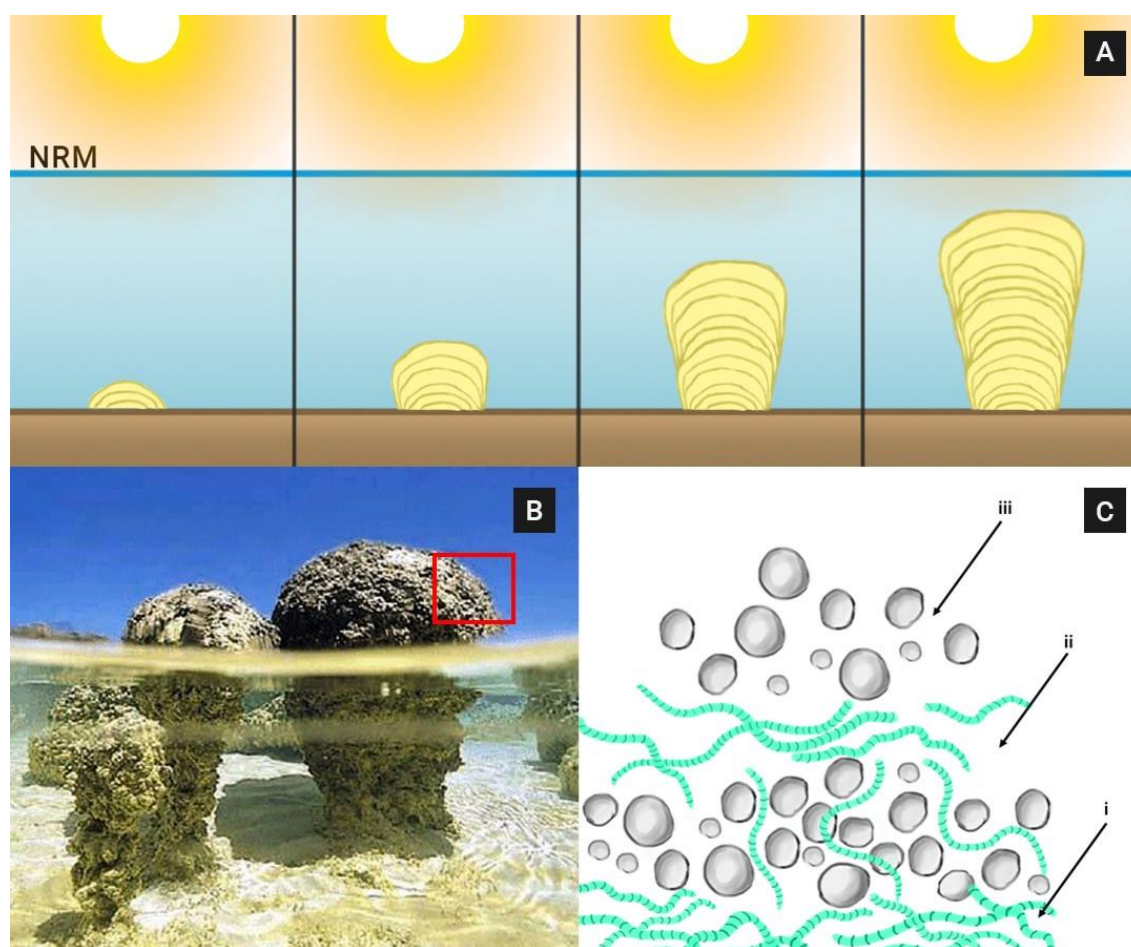
Iannuzzi & Vieira (2005) denominaram os estromatólitos como sendo edifícios calcários formados do aprisionamento de partículas de carbonato por cianobactérias. Segundo Awramik et al., (1976) os estromatólitos são estruturas organoestruturais produzidas pela captura de sedimentos, ligação e/ou precipitação resultante da atividade metabólica e crescimento de organismos, principalmente algas azul-esverdeadas, podendo sofrer modificações ao longo do tempo por fatores ambientais como erosão, compactação, tectonismos e outros.

A formação dos estromatólitos ocorre por três principais processos: captura do sedimento pelo biofilme das cianobactérias, precipitação orgânica e inorgânica e sobreposição da camada pelos organismos em busca de maior disponibilidade de luz, recomeçando o processo (Figura 3). A litificação do estromatólito também influencia na sua forma (RIDING, 1991). Além disso são necessárias algumas condições para a formação destes, tais como: presença de um substrato, um sistema aberto contendo água, presença de nutrientes, fontes de energia, material que possa ser trapeado ou precipitado, uma população de algas, uma ritmicidade que favorece o desenvolvimento das lâminas, litificação, soterramento e consequente preservação do material.

As formas dos estromatólitos estão intimamente ligadas ao ambiente. Sendo assim tem-se formas de esteiras microbianas, dômicos, pseudocolunares, colunares e oncóides (Figura 4) (LOGAN et al., 1964; GERDES & KRUMBEIN, 1994; HOFMANN, 2000; SEMIKHATOV & RAABEN, 2000; FAIRCHILD et al., 2015). Logan et al. (1964) também

os classificou relacionando-os com a variação do nível do mar em: hemisferóides lateralmente ligados (LLH - esteiras) na região supralitoral, protegida da ação das ondas, hemisferóides empilhados (SH - colunares) na região de intermaré, de maior energia, e esferóides (SS - oncólitos) no sub-litoral, em áreas permanentemente submersas. Podendo haver também a combinação entre as formas LLH e SH.

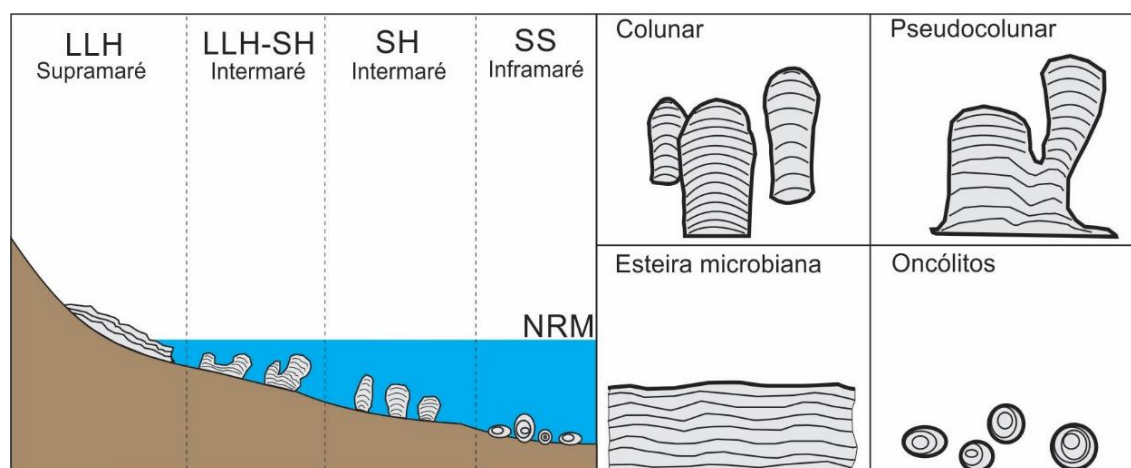
Figura 3 – Processo de formação de um estromatólito do tipo colunar.



Legenda: A- Crescimento de um estromatólito do tipo colunar; B – Estromatólito colunar atual em Shark Bay, Austrália; C- Etapas do crescimento das camadas do estromatólito onde i) é a precipitação orgânica e inorgânica das partículas; ii) é o aprisionamento das partículas pelo biofilme das cianobactérias; iii) é a sobreposição da camada anterior pelas cianobactérias em busca de luz para suas atividades metabólicas. Fonte estromatólito atuais: mindat.org (<https://www.mindat.org/loc-272738.html>).

DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO (PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ

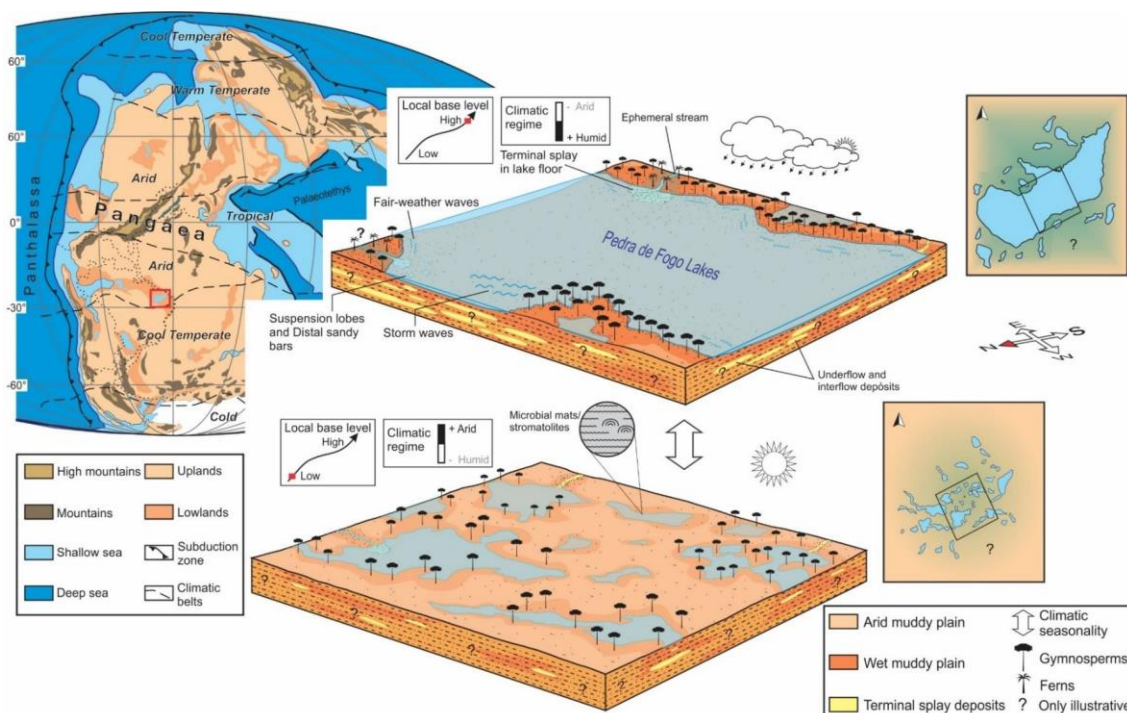
Figura 4 – Morfotipos de estromatólitos e áreas de ocorrência.



Legenda: NRM (nível do mar), modificado de Logan et al., 1964

Para Andrade et al., (2014), embora a formação Pedra de Fogo seja interpretada como sendo depósitos flúvio-deltáicos de transição com ambiente marinho pouco profundo, existia um sistema lacustre de clima árido com campos de dunas eólicas e *sabkha* continental. Esse sistema diverso era alimentado por rios e tempestades na região. O sistema lacustre da Formação Pedra de Fogo foi caracterizado por momentos de aumento e diminuição do espaço de acomodação com alta taxa de degradação resultando em constantes mudanças na profundidade da água e alterações paleogeográficas (ARAÚJO et al., 2016). Abrante et al., (2019) e Ianuzzi et al., (2018) também discutiram sobre o paleoambiente da formação Pedra de Fogo chegando à conclusão de que, com base no tipo de fósseis encontrados e com os dados da geologia, o ambiente foi muito mais úmido do que se esperava, com a formação de grandes lagos, permitindo não só crescimento de plantas de grande porte como a manutenção de uma diversificada fauna nestes ambientes. Foi ao redor destes lagos salinos que os estromatólitos cresceram, influenciados pelos ciclos de cheia e seca dessa região (Figura 5).

Figura 5 - Sistema lacustre da Formação Pedra de Fogo (SLPF). Modelo paleoambiental. Sob um regime de sazonalidade climática, o SLPF teve flutuações periódicas em seu nível, com conseqüente expansão e contração de suas margens, em resposta às condições climáticas: mais úmido (A) e mais árido (B), respectivamente. Da mesma forma, taphoflora proliferou nos períodos mais úmidos quando eventos de enchentes reativaram os sistemas fluviais efêmeros que abasteciam os lagos (A) e foi suprimida nos períodos mais secos (B).



Nota: No canto superior esquerdo, o quadrado vermelho posiciona o SLPF no contexto paleogeográfico e paleoclimático do início do Permiano. Mapa paleogeográfico modificado de Warren (2017). Fonte: ANDRADE, 2019.

2.2 Contexto geológico

A Bacia do Parnaíba, também conhecida como Bacia do Maranhão ou Bacia do Meio Norte, está localizada na porção noroeste do nordeste brasileiro e abrange uma área de cerca de 600.000 km², recobre em maior parte os estados do Maranhão e Piauí, centro-norte do Tocantins e em menor parte no Ceará. Possui cerca de 3.500m de espessura e seu preenchimento dá-se por sedimentos principalmente siliciclásticos, calcários e evaporitos (SANTOS & CARVALHO, 2004; VAZ et al., 2007). É formada por três super sequencias, a Siluriana (Grupo Serra Grande), Mesodevoniana-Eocarbonífera (Grupo Canindé) e a Neocarbonífera-Eotriássica (Grupo Balsas). Ao trabalho em questão a área de maior interesse é a Formação Pedra de Fogo, contexto sobre o qual a cidade de Teresina está inserida em sua maior parte.

A Formação Pedra de Fogo (FPF), unidade geológica que contém os microbialitos (estromatólitos *ex situ*) estudados, integra o Grupo Balsas (neocarbonífero-eotriássico), juntamente com as formações Piauí, Motuca e Sambaíba, as quais ocorrem nas regiões centro-sul, oeste e leste-nordeste da Bacia do Parnaíba (VAZ et al., 2007). As litologias deste grupo registram a progressiva desertificação da Bacia do Parnaíba, resultante da continentalização do mega continente Pangéia (GÓES et al., 1990).

DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO (PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ

A Formação Pedra de Fogo (Permiano) registra uma expressiva sedimentação siliclástica-evaporítica depositada num sistema lacustre raso. É constituída principalmente de pelitos intercalados com camadas de arenitos finos a médios. Destaca-se pela ocorrência expressiva de sílex, tendo subordinadamente, conglomerados, evaporitos e carbonatos. O topo desta formação é caracterizado pela presença de *Psaronius*, constituindo um importante guia bioestratigráfico (ARAÚJO et al., 2016).

A diversidade paleontológica da Formação Pedra de Fogo, tanto faunística como florística, inclui peixes, anfíbios, microbialitos e plantas fossilizadas (Mesner & Wooldridge, 1964; Aguiar, 1971; Lima & Leite, 1978; Coimbra & Mussa, 1984; Mussa & Coimbra 1987; Caldas et al., 1989; Cox & Hutchinson, 1991; Santos, 1994; Martins, 2000; Dino et al., 2002; Rößler & Galtier, 2002a, b; Rößler & Galtier, 2003; Rößler 2006; Santos & Carvalho, 2009; Cisneros et al., 2011; Andrade et al., 2014; Tavares et al., 2014; Cisneros et al., 2015, Araújo et al., 2016; Conceição et al., 2016a, b; Figueroa & Gallo, 2017; Iannuzzi et al., 2018; Abrantes Jr. et al., 2019).

Iannuzzi et al., (2018) baseados nos estudos de macrofósseis (flora e fauna), propuseram uma revisão bioestratigráfica, paleoambiental e paleogeográfica para as Formações Pedra de Fogo e Motuca, sugerindo idades que se enquadram na época Cisuralian, particularmente no Intervalo Artinskiano-Kunguriano. Concluíram que a Bacia do Parnaíba provavelmente fazia parte de uma província biogeográfica distinta, sugerida pelo alto grau de endemismo de suas espécies.

Segundo Andrade et al., (2014), Cisneros et al., (2015), Araújo et al., (2016) e Abrantes Jr. et al., (2019), o paleoambiente da FPF é caracterizado pelo clima predominantemente semiárido com desenvolvimento de uma pujante fauna e flora no entorno de lagos, alimentados por fluxos energéticos sazonais, inclusive tempestades, que podiam transportar fragmentos vegetais para o seu interior.

3 Metodologia

O material paleontológico foi coletado entre os meses de maio a outubro de 2016 no Programa de Salvamento Paleontológico na obra da Marginal Poti Sul (na margem esquerda do Rio Poti) na Zona Sul do Município de Teresina (Figura 6).

Figura 6- Localização da área de estudo com os pontos de coleta.



Legenda: Área de coleta nas margens do Rio Poti na Zona Sul de Teresina com os pontos de coleta.

O material é proveniente dos rejeitos das escavações dos depósitos aluviais do Rio Poti, constituindo amostras de microbialitos rolados (*ex-situ*) da Formação Pedra de Fogo. A área estudada localiza-se a 2 km do Parque Floresta Fóssil do Rio Poti (QUARESMA & CISNEROS, 2013), reconhecida pela marcante presença de troncos fósseis em posição de vida na mesma formação geológica (LISBOA, 1914; SANTOS & CARVALHO, 2004).

Primariamente o material coletado conforme autorização do Departamento Nacional da Produção Mineral (atual Agência Nacional de Mineração), processo DNPM nº 000.604/2016, levado ao Laboratório de Paleontologia do Centro de Ciências da Natureza (CCN) da Universidade Federal do Piauí (UFPI) para limpeza, descrição e catalogação.

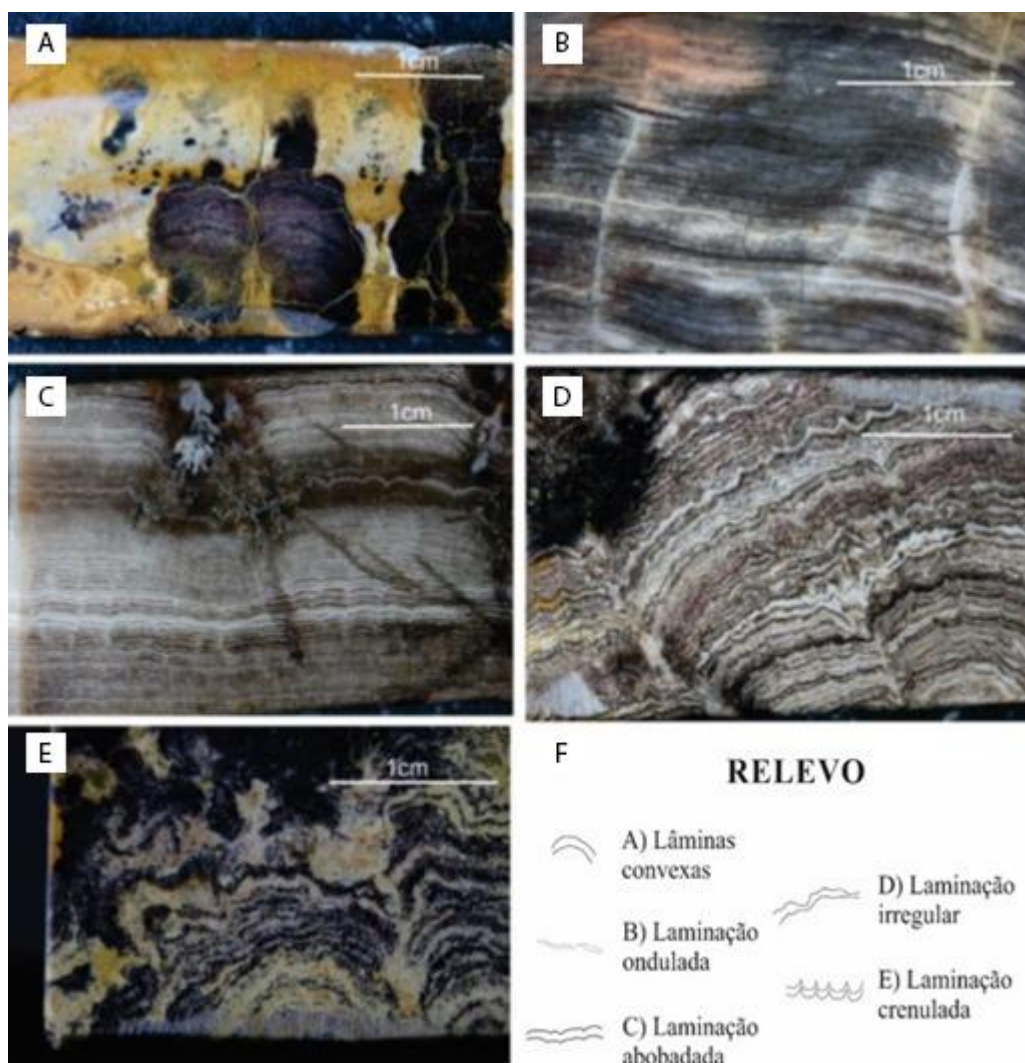
Para este trabalho foram selecionadas 47 amostras de microbialitos (Estromatólitos *ex situ*) mais bem preservados dentre as 141 amostras coletadas e depositadas na Coleção de Paleoicnologia do Museu de Arqueologia e Paleontologia da Universidade Federal do Piauí sob a sigla UFPI/PIC.

Foram selecionadas e polidas 13 amostras, formando tabletes que tornaram fáceis a observação do relevo das lâminas de crescimento (Figura 7). Os cortes foram realizados com uma serra de disco diamantado no Laboratório de Produção de Lâminas Petrográficas da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), em Teresina, Piauí.

DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO (PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ

Para identificação dos morfotipos foram utilizados os guias: Preiss (1976), que classificou os estromatólitos de acordo com o tamanho e forma; Logan et al., (1964), que classificaram as formas estromatolíticas relacionando-as com a variação do nível do mar, e Fairchild et al., (2015), um guia de descrição contido na dissertação de mestrado de Sallum Filho (1999). Mesmo com vários estudos na área, a formação de uma classificação binomial para os estromatólitos ainda é controversa, sendo então o modo descritivo a melhor forma de agrupar os variados tipos.

Figura 7 - Tabletes polidos.



Legenda: Tabletes polidos evidenciando as lâminas de crescimento. A – estromatólito colunar com laminação de relevo convexo; B – estromatólito estratiforme com laminação de relevo ondulado; C – estromatólito estratiforme com laminação de relevo abobadado; D – Estromatólito pseudocolunar com laminação de relevo crenulado; E - estromatólito pseudocolunar com laminação de relevo irregular; F – relevo presente nos tabletes polidos.

4 Resultados e Discussão

As feições morfológicas dos estromatólitos encontrados na Formação Pedra de Fogo, constituem um acervo diversificado, sendo identificadas formas colunares, pseudocolunares, estratiformes, oncólitos e domal. Uma primeira descrição objetivou separar as amostras em morfotipos. Foram então identificadas 11 amostras colunares, 8 pseudocolunares, 1 oncóide, 1 domal e 26 estratiformes (Tabela 1).

Tabela 1 – Morfotipos encontrados nos estromatólitos estudados.

MORFOTIPOS	IDENTIFICAÇÃO
Colunar	UFPI/PIC 065.4; 080.5; 080.17; 080.12; 078.1; 081.3; 076.4; 077.9b; 080.21; 080.9
Pseudocolunar	UFPI/PIC 080.2; 083.3; 079.1; 080.14; 076.39; 081.2; 074.14; 078.10
Estratiformes	UFPI/PIC 081.1; 076.40; 075.27; 076.7; 076.46; 076.36; 076.49; 081.6; 076.1; 076.11; 076.12; 084.1; 076.37; 076.42; 076.41; 076.47; 086.3; 76.51; 80.20; 076.9; 076.16; 076.54; 076.3; 076.6; 074.14; 076.21
Oncólito	UFPI/PIC 077.12
Domal	UFPI/PIC 077.7a, b

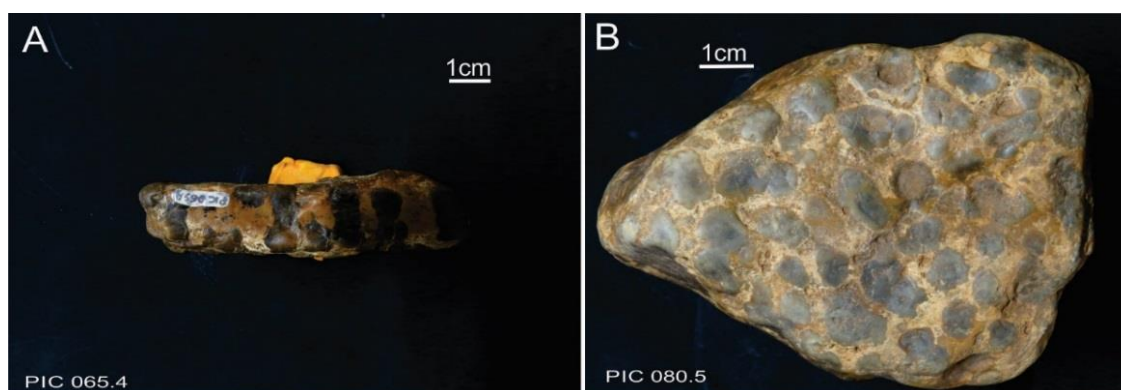
4.2 Colunares

4.2.1 Descrição

As colunas possuem os formatos cilíndrico, turbinar e subcilíndrico variando em tamanho, entre 2 e 4 cm (Figura 8). São contíguos, com laminação uniforme convexa ou imperceptível em alguns. O vetor de crescimento é retilíneo e as vezes inclinado. Em vista transversal, apresentam formato equidimensional a subequidimensional e irregular, essas formas não são encontradas em uma mesma amostra, sendo que as formas irregulares são mais raras. Na maioria das amostras estudadas, a proximidade entre as estruturas colunares é considerada contígua. Não é possível observar a presença de microdiscordâncias. Algumas formas colunares merecem destaque por apresentarem crescimento diferenciado.

Figura 8 - Estromatólitos colunares. Em A) vista lateral. Em B) vista de topo.

DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO (PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ



4.2.2 Discussão

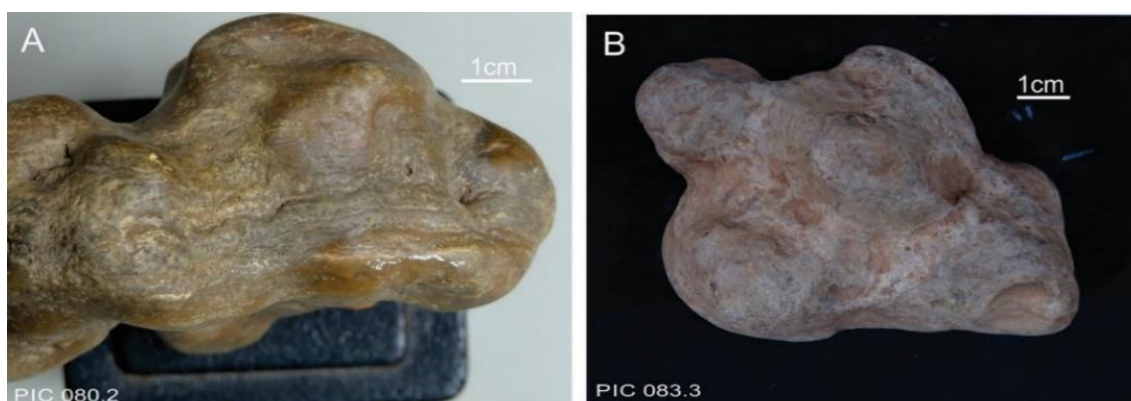
Seguindo a classificação de Logan et al., (1976) e Fairchild et al., (2015) estes estromatólitos são formas colunares do tipo SH. Para Srivastava (2004), provavelmente cresciam em uma região de planície de maré, na região de intermaré. Este tipo de ambiente promove um crescimento isolado das colunas estromatolíticas. O tamanho e diâmetro diferenciado das colunas podem ainda indicar uma competição entre as colônias. A leve mudança no tamanho do crescimento observada em algumas amostras pode ter sido ocasionada pela influência da radiação solar no crescimento das comunidades microbianas que buscam otimizar o acesso à luminosidade.

4.3 Pseudocolunares

4.3.1 Descrição

Os exemplares pseudocolunares (Figura 9) apresentam-se com morfologia bulbosa possuindo estruturas de coalescência que conectam diferentes colunas. Esta característica não está presente nas formas colunares descritas anteriormente. As formas pseudocolunares estudadas possuem laminação evidente com relevo irregular e presença de microdiscordâncias. As lâminas se infletem, mas não recobrem as lâminas anteriores. Em outras amostras, as lâminas são crenuladas de traço laminar côncavo com uma ordem de curvatura moderadamente empilhado e sem microdiscordâncias.

Figura 9 - Estromatólitos Pseudocolunares. Em A) vista lateral. Em B) vista de topo.



4.3.2 Discussão

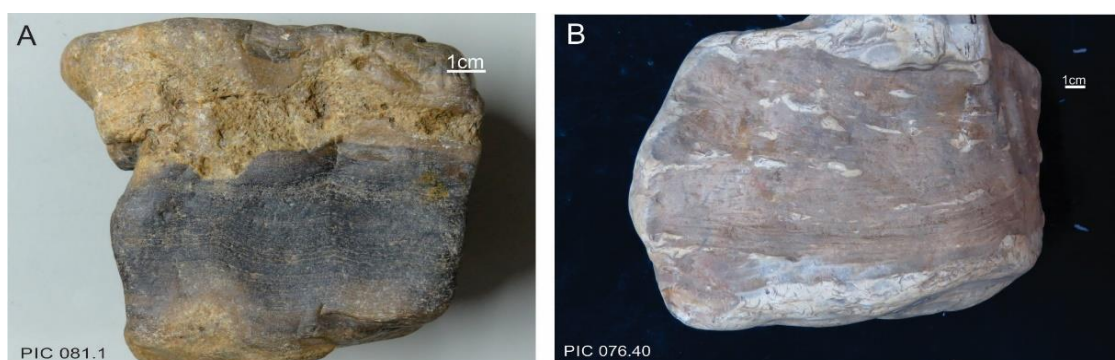
Segundo Logan et al, (1964) este tipo é classificado como LLH-SH e se apresenta em uma área de intermaré um pouco mais afastada das ações das ondas o que lhes permite a formação de áreas de coalescência entre as colunas.

4.4 Estratiformes

4.4.1 Descrição

As formas do tipo estratiformes (Figura 10) possuem laminações horizontais planas abobadadas, ondulada e crenulada que se sobrepõem, sem ou com pouca curvatura indicando uma continuidade lateral. Pode ser observado a mudança de cores entre as lâminas de cinza escuro para claro, sendo mais evidentes em algumas amostras.

Figura 10 - Estromatólitos estratiformes. Em A e B) vista lateral.



4.4.2 Discussão.

A expressiva mudança do relevo sinóptico demonstra grupos em áreas com maior energia que outros (ALTERMAN, 2008) ou ainda mudanças na comunidade que compõe a esteira causando alterações no comportamento da lâmina (ARENAS & POMAR, 2010). Indicam

DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO (PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ

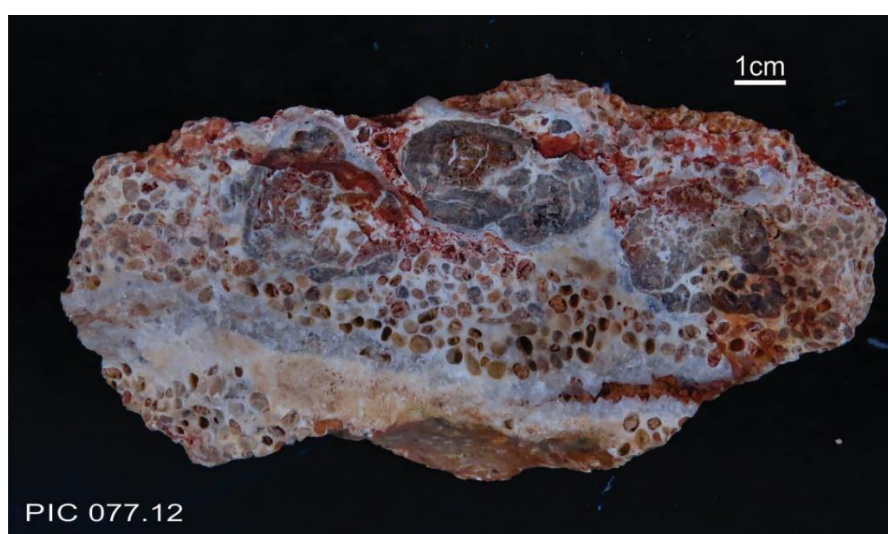
um ambiente de supramaré protegido da ação das correntes. São classificadas por Logan et al., (1964) como sendo do tipo LLH.

4.5 Oncólitos

4.5.1 Descrição

Apenas uma amostra com formas oncólitas foi encontrada (Figura 11). Apresentam formas esférica a elipsoide, cor cinza escura com laminação concêntrica, irregular, parcialmente sobrepostas e não fixa ao substrato oolítico (TUCKER & WRIGHT, 1990).

Figura 11 – Estromatólito Oncóide



4.5.2 Discussão

Este morfotipo forma-se em regiões submersas nas áreas de inframaré, sendo classificado por Logan et al., (1964) como do tipo SS. Este ambiente ainda é influenciado pelas correntes de energia das ondas, possibilitando a movimentação dessas estruturas e permitindo um crescimento concêntrico ao redor do núcleo de incrustação (BADARÓ, 2013). A forma maior apresenta uma transição entre a forma oncóide e dômica.

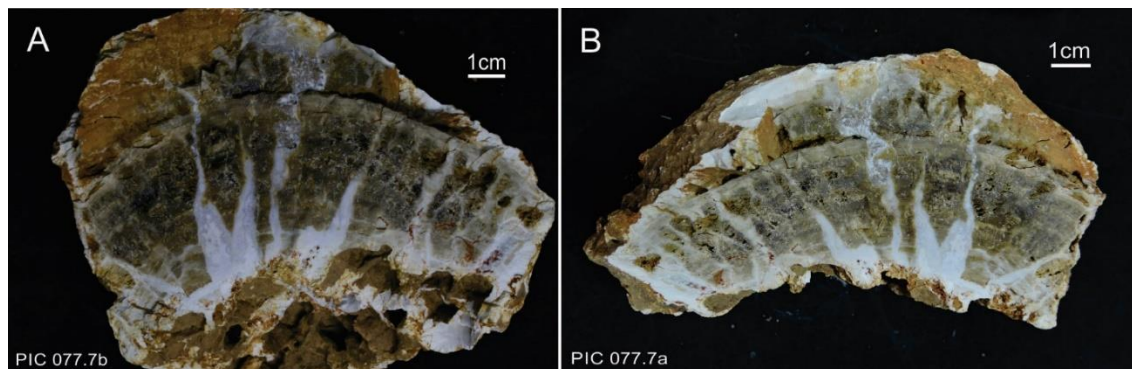
4.6 Domal

4.6.1 Descrição

Apenas uma amostra apresentou a forma hemisférica porosa com um padrão de lâminas que se sobrepõem, convexas, contínuas e lisas, típica forma Domal (Figura 12). As camadas laminares, de cores mais escuras, apresentam-se cortadas por estruturas esbranquiçadas

(preenchimento por sílica) em forma de chama. Tais estruturas são mais espessas na base e afunilam-se em direção ao topo das camadas laminares. As lâminas apresentam relevo expressivo, moderadamente convexo e que molda a forma geral da amostra.

Figura 12 – Estromatólito Domal. Em A e B) vista lateral.



4.6.2 Discussão

As estruturas verticais a subverticais que cortam as camadas laminares da amostra apresentam colocação esbranquiçada e formato tipo chama. Provavelmente trata-se de corpos recristalizados internamente que preenchem algumas áreas fraturadas da rocha. A hipótese de preenchimento recristalizado é ainda reforçado quando se analisa as formas das camadas laminares entre os cortes, onde pode-se notar que há uma continuidade do traço laminar após as áreas preenchidas. O presente material é interpretado como forma domal de microbialitos e não forma colunar. Segundo a metodologia de Logan et al., (1976) e Fairchild et al., (2015) essa forma está ligada a um ambiente marinho pouco profundo e com pequenas agitações de ondas.

5 Considerações Finais

Os microbialitos estão sempre em discussão quando se debate a origem da vida na Terra, sendo então um importante objeto de estudo na compreensão dos fatores ambientais que possibilitaram o surgimento de seres multicelulares. São uma ferramenta para a elaboração de modelos paleoambientais, paleogeográficos e paleoclimáticos. Tais inferências são possíveis, estudando suas formas e padrões de crescimento.

A escassez de estudos sobre este tipo de fóssil na Formação Pedra de Fogo torna importante este tipo de trabalho, ajudando a entender melhor o ambiente de sedimentação

DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO (PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ

auxiliando em uma melhor compreensão da origem e progressão do paleoambiente desta unidade geológica.

Os estromatólitos já encontrados para a formação Pedra de Fogo constituem bioestromas ondulados, domais e colunares com ramificações paralelas, indicativos de condição ambiental muito rasa e exposição subaérea.

Num contexto global, os estromatólitos estão associados ao ambiente marinho costeiro. No entanto, para a formação Pedra de Fogo, os estudos recentes convergem para a existência de um sistema de lagos alimentados por rios efêmeros sob condições climáticas semiáridas a áridas. Neste paleoambiente, proliferaram as algas que formaram as estruturas dos estromatólitos estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES JR, F. R., NOGUEIRA, A. C. R., ANDRADE, L. S., BANDEIRA, J., SOARES, J. L., MEDEIROS, R. S. P. **Register of increasing continentalization and palaeoenvironmental changes in the west-central pangaea during the Permian-Triassic, Parnaíba Basin, Northern Brazil**: Journal of South American Earth Sciences, v. 93, p. 294-312. 2019.

AGUIAR G.A. **Revisão geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão**. In: SBG, 25º Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo, Anais..., v. 3, p. 113-122. 1971.

ALTERMANN, W. Biosignatures: Morphological biosignatures accretion, trapping and binding of sediment in archean stromatolites – morphological expression of the antiquity of life. **Journal space Science review**, v. 135, 2008.

ANDRADE, L. S., NOGUEIRA, A. C. R., SILVA, JUNIOR, J. B. C. **Evolução de um sistema lacustre árido Permiano, parte superior da Formação Pedra de Fogo, borda oeste da Bacia do Parnaíba**. Geologia USP, Série Científica, 14:39-60. 2014.

ANDRADE, L. S. Paleoambiente e paleoclima da formação Pedra de Fogo da Bacia do Parnaíba e sua correlação com os eventos globais de silicificação. **Tese de Doutorado**, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

ARAÚJO-NETO, R.; NOGUEIRA, A. C. R. & ANGÉLICA, J. B. R. S. Shallow lacustrine system of the Permian Pedra de Fogo Formation, Western Gondwana, Parnaíba Basin, Brazil, **Journal of South American Earth Sciences**, v. 67, p. 57-70, 2016.

ARAÚJO, R. N., NOGUEIRA, A. C. R., BANDEIRA, J., ANGÉLICA, R. S. **Shallow lacustrine system of the Permian Pedra de Fogo Formation, Western Gondwana, Parnaíba Basin, Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, 67:57-70. 2016.

Naíde de Lucas da Silva Neta, Willian Mikio Kurita Matsumura, Érico Rodrigues Gomes

ARENAS, C. & POMAR, L. Microbial deposits in Upper Miocene carbonates, Mallorca, Spain. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v. 297, p. 465-485, 2010.

BADARÓ, V. C. S. **Paleobiologia e contexto deposicional de microbialitos silicificados da Formação Teresina (Permiano, Bacia do Paraná) no centro do estado de São Paulo**. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, p. 107, 2013.

BURNE, E. V. & MOORE, L. S. Benthic Microbial Communities. **Palaios**, v. 2, p. 241-254, 1987.

CALDAS, E. B.; MUSSA, D.; LIMA FILHO, F. P. G. & RÖSLER, O. Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina, Piauí. **Boletim IG-USP, Publicação Especial**, v. 7, p. 69-87. 1989.

COX, C. B., HUTCHINSON, P. **Fishes and amphibians from the Late Permian Pedra do Fogo Formation of northern of Brazil**. *Palaeontology*, 34, 561-573. 1991

CISNEROS, J.C., ABDALA, F., RUBIDGE, B.S., DENTZIEN-DIAS, P.C., BUENO, A.O. **Dental Occlusion in a 260-Million-Year-Old Therapsid with Saber Canines from the Permian of Brazil**. *Science*, 331:1603-1605. 2011.

CISNEROS, J. C., MARSICANO, C., ANGIELCZYK, K. D., SMITH, R. M. H., RICHTER, M., FRÖBISCH, J., KAMMERER, C. F., SADLEIR, R. W. **New Permian fauna from tropical Gondwana**. *Nature Communications*, 6, p. 8676. 2015.

COIMBRA, A. M., MUSSA, D. **Associação lignitoflorística na Formação Pedra de Fogo (Arenito Cacunda), bacia do Maranhão, Piauí, Brasil**. In: SBG, 33º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, **Anais**, v. 2, p. 591-605. 1984.

CONCEIÇÃO, D. M., ANDRADE, L. S., CISNEROS, J. C., IANNUZZI, R., PEREIRA, A. A., MACHADO, F. C. **New petrified forest in Maranhão, Permian (Cisuralian) of the Parnaíba Basin, Brazil**. *Journal of South American Earth Sciences*, 70:308-323. 2016a.

CONCEIÇÃO, D. M., CISNEROS, J. C., IANNUZZI, R. **Novo registro de floresta petrificada em Altos, Piauí; relevância e estratégias para geoconservação**. *Pesquisas em Geociências*, 43:311-324. 2016.

DINO, R., ANTONIOLI, L., BRAZ, S. M. N. Palynological data from the Trisidela member of upper Pedra de Fogo Formation (—Upper Permian) of the Parnaíba Basin, northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 3(1): 24-35. 2002.

DOLIANITI, E. Vegetais fósseis da Bacia Tocantins- Araguaia. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 34, n. 4, p. 477-481, 1962.

FAIRCHILD, T. R.; ROHN, R. & DIAS-BRITO, D. **Microbialitos do Brasil do Pré-Cambriano ao Recente: um atlas**. Rio Claro, SP: IGCE/UNESP. p. 386. 2015.

**DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO
(PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ**

FARIA Jr, L. E. C. & TRUCKEBRODT, W. Estromatólitos na Formação Pedra de Fogo, Permiano, Bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriú, **Anais de resumos**, Balneário de Camboriú, SBG, v.5, p. 3.056-3.067, 1980.

FIGUEROA, R. T., GALLO, V. New chondrichthyan fin spines from the Pedra de Fogo Formation, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 76:389-396, 2017.

GERDES, G.; KRUMBEIN, W. E. Peritidal potential stromatolites – A synopsis. In: BERTRAND- SARFATI, J. & MONTY, C. (eds.). **Phanerozoic Stromatolites II**. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, p. 101-129. 1994.

GÓES, A. M. O., SOUZA, J. M. P., TEIXEIRA L.B. Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, 4:55-64. 1990.

HOFMANN, H. J. Stromatolites: characteristics and utility. **Earth Science Reviews**, v. 9, p. 339-373. 1973.

HOFMANN, H. J. Archean stromatolites as a microbial archives. In: RIDING, R. E. & AWARAMIK, S. M. **Microbial sediments**. Heidelberg, Springer-Verlag, p.315-327. 2000.

IANNUZZI, R. & VIEIRA, C. E. L., **Paleobotânica**. Rio Grande do Sul. UFRGS. p. 168. 2005.

IANNUZZI, R. & LANGER, M.C. The presence of Callipterids in the Permian of Northeastern Brazil: stratigraphic and phytogeographical implications. In: ROCHA, R., PAIS, J., KULLBERG, J.C. & FINNEY, S. (Eds.), **STRATI 2013-First International Congress on Stratigraphy: at the Cutting Edge of Stratigraphy**. Springer Geology Series, p. 403-406, 2014.

IANNUZZI, R., NEREGATO, R., CISNEROS, J. C., ANGIELCZYK, K. D., RÖßLER, R., ROHN, R., ARSICANO, C., FRÖBISCH, J., FAIRCHILD, T., SMITH, R. M. H., KURZawe, F., RICHTER, M., LANGER, M. C., TAVARES, M. V., KAMMERER, C. F., CONCEIÇÃO, D. M., PARDO, J. D., ROESLER, G. A. **Re-evaluation of the Permian macrofossils from the Parnaíba Basin: biostratigraphic, palaeoenvironmental and palaeogeographical implications**. Geological Society, London, Special Publications, 472, 223-249, 2018.

LIMA, E. A. A, LEITE, J. F, **Projeto estudo global dos recursos minerais da Bacia do Parnaíba: integração geológico metalogenética**. Relatório final, DNPM/CPRM, Recife, p. 437, 1978.

LISBOA, M.A.R. Permian geology of northern Brazil. **American Journal of Science**, v. 37, n.221, p. 425-443, 1914.

LOGAN, B. W.; REZAK, R. & GINSBURG, R. N. Classification and environmental signification of algal stromatolites. **Journal of Geology**, v. 72, n. 1, p. 68-83, 1964.

MARTINS R.A. **Fósseis de vegetais da Formação Pedra de Fogo: aspectos taxonômicos, mineralogia e composição química**. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 92 p. 2000.

MESNER, J. C., WOOLDRIDGE, L. C. Estratigrafia das bacias paleozóica e cretácea do Maranhão. **Boletim técnico da Petrobras**, Rio de Janeiro, 7 (2): 137-64, abril/junho. 1964.

MUSSA, D., COIMBRA, A. M. **Novas perspectivas de comparação entre as tafofloras permianas (de lenhos) das bacias do Parnaíba e do Paraná**. In: SBP, Cong. Bras. Paleontologia, 10, Rio de Janeiro, Anais, 2:901-923. 1987.

PLUMMER, F. B., Estados do Maranhão e Piauí. In: BRASIL, Conselho Nacional do Petróleo. **Relatório** de 1946. Rio de Janeiro: Conselho Nacional do Petróleo. 1948.

PREISS, W. V. Basic field and laboratory methods for the study of stromatolites. In WALTER, M. R. **Stromatolites**. Elsevier, Amsterdam, p. 5-13. 1976.

QUARESMA, R. L. S. & CISNEROS, J. C. O Parque Floresta Fóssil do Rio Poti como ferramenta para o ensino de paleontologia e educação ambiental. **Terræ**, v. 10, n. 1-2, p. 47-55, 2013.

RIDING, R. Classification of microbial carbonates. In: RIDING, R. **Calcareous algae and stromatolites**. Ed. Berlin: Springer-Verlag. p. 21-51. 1991.

RÖBLER, R. Two remarkable Permian petrified forests: correlation, comparison and significance. In: LUCAS S.G., CASSINIS G., SCHNEIDER J.W. (eds.). **Non-marine Permian biostratigraphy and biochronology**. Geological Society of London, Special Publications, 265, p. 39-63. 2006.

RÖBLER, R., GALTIER J. First Grammatopteris tree ferns from the Southern Hemisphere – new insights in the evolution of the Osmundaceae from the Permian of Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 121:205-230. 2002a.

RÖBLER, R., GALTIER J. *Dembachia brasiliensis* gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of NE Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 122:239-263. 2002b.

RÖBLER, R., GALTIER J. The first evidence of the fern Botryopteris from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth form diversity. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 127:99-124. 2003.

SALLUM FILHO, W. **Análise dos estromatólitos do Grupo Itaiacoca (Proterozoico), ao sul de Itapeva, SP**. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de São Paulo, Dissertação de Mestrado, p. 176, 1999.

SALLUM FILHO, W. & FAIRCHILD, T. R. Estudo comparativo entre estromatólitos do tipo *Conophyton* das faixas Ribeira e Brasília. **Revista do Instituto Geológico**, v. 26, n. 1-2, p. 1-18, 2005.

SALLUM FILHO, W., FAIRCHILD, T.R., ALMEIDA, F. F. M., FRANÇA, D.R. Estromatólitos de Nova Campina e Itapeva, SP. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, Vol.3, Brasil, 2013.

**DESCRIÇÃO DE MICROBIALITOS *EX SITU* DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO
(PERMIANO, BACIA DO PARNAÍBA) NO MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ**

SANTOS, M. E. C. M. & CARVALHO, M. S. S. Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís. **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. CPRM, Serviço Geológico do Brasil/DIEDIG/DEPAT, Rio de Janeiro, p. 211, 2004.

SANTOS, M. E. C. M., CARVALHO, M. S. S. **Paleontologia das Bacias do Parnaíba, São Luís e Grajaú: Reconstituições paleobiológicas**. In: Serviço Geológico do Brasil, DIEDIG/DEPAT, 215 p. 2009.

SEMIKHATOV, M. A. & RAABEN, M. E. Proterozoic stromatolite taxonomy and biostratigraphy. In: RIDING, R. E. & AWARAMIK, S. M. **Microbial sediments**, Ed. Springer-Verlag, Heidelberg, p. 295-306. 2000.

SILVA E SILVA, L. H. **Contribuição ao conhecimento da composição microbiana e química das estruturas estromatolíticas da Lagoa Salgada, Quaternário do Rio de Janeiro, Brasil**, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SILVA NETA, N. L., MATSUMURA, W. M. K., SOUZA, B. O., FRAZÃO, N. L. S. **Descrição de microbialitos da Formação Pedra de Fogo (Permiano, Bacia do Parnaíba) no município de Teresina, Piauí**. XXV Congresso Brasileiro de Paleontologia, Ribeirão Preto, 2017.

SRIVASTAVA, N. K. Estromatólitos. In: CARVALHO, I. S. **Paleontologia**, 2ª ed, Rio de Janeiro, Ed. Interciência, p. 171-195, 2004.

SRIVASTAVA, N. K. Estromatólitos. In: CARVALHO, I. S. **Paleontologia**, 3ª ed, Rio de Janeiro, Ed. Interciência. p. 119-134, 2010.

TAVARES, T. M. V. ROHN, R., RÖBLER, R., NOLL, R. Petrified Marattiales pinnae from the Lower Permian of North-Western Gondwana (Parnaíba Basin, Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, 201:12-28. 2014.

TUCKER, M. E. & WRIGHT, V. P. Carbonate Sedimentology. **Blackwell Science**, Oxford, p. 482, 1990.

VAZ, P. T.; REZENDE, V. G. A. M.; WANDERLEY FILHO, J. R. & TRAVASSOS, W. A. S. Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro, **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v.15, n.2, p.253-263, 2007.