

O SERTÃO JÁ FOI MAR: REGISTRO DO MAR CARBONÍFERO ITAITUBA-PIAUI (MIP) EM ROCHAS DA REGIÃO DE JOSÉ DE FREITAS, NORTE DO ESTADO DO PIAUÍ

The Brazilian backwoods was once sea: Carboniferous Itaituba-Piauí Sea (IPS) record in rocks from the José de Freitas region, Northern Piauí State

Renato Sol Paiva de Medeiros^{1*}, Pedro Augusto Santos da Silva², Afonso César Rodrigues Nogueira³, Ana Karina Scomazzon⁴, Guilherme Raffaeli Romero⁵

¹ Universidade Federal do Pará – UFPA; renato.solgeo@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1202-0143

² Universidade Federal do Pará – UFPA; pedrogeologia8@hotmail.com; ORCID: 0000-0002-7177-3778

³ Universidade Federal do Pará – UFPA; anogueira@ufpa.br; ORCID: 0000-0002-5225-9255

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; akscomazzon@ufrgs.br; ORCID: 0000-0002-2189-2664

⁵ Universidade de São Paulo – USP; graffaeli@usp.br; ORCID: ⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; akscomazzon@ufrgs.br; ORCID: 0000-0001-9955-0878

RESUMO: Um grande evento transgressivo-regressivo, durante o Carbonífero, foi o responsável pela deposição dos carbonatos marinhos Pensilvanianos no oeste do antigo continente Gondwana. No norte da atual América do Sul, as bacias sedimentares amazônicas registram as evidências do mar intracontinental, denominado Itaituba-Piauí, que à oeste se conectava com o extinto oceano Pantalassa. Este evento é identificado nas rochas da porção nordeste da Bacia intracratônica do Parnaíba, representado por carbonatos fossilíferos do Membro Superior da Formação Piauí. Tais rochas, amplamente conhecidas como “Calcário Mocambo”, são encontradas nas proximidades de José de Freitas-PI, apresentando registro único do Mar Itaituba-Piauí na Bacia do Parnaíba. Utilizando a técnica estratigráfica de análise de fácies foi identificada a associação de fácies ou antigo ambiente sedimentar, com depósito de mar raso, que consiste em uma sucessão de rochas carbonáticas peloidais, fossilíferas, lateralmente contínua por centenas de metros, intercalada com folhelho betuminoso. A ocorrência de fósseis de conodontes dos gêneros *Neognathodus* e *Diplognathodus* auxiliam na determinação da idade bashkiriana, mais de 300 milhões de anos atrás, desses depósitos marinhos. A extensa circulação desse mar sobre o oeste do Gondwana, favoreceu a deposição de sequências marinhas correlatas em diversas bacias pré-andinas e do norte e nordeste brasileiro.

Palavras-chave: Formação Piauí. José de Freitas. Mar Itaituba-Piauí.

ABSTRACT: A major transgressive-regressive event during the Carboniferous, was responsible for the deposition of Pennsylvanian carbonates from the west of the ancient continent of Gondwana. In the north of currently South America, the Amazonas sedimentary basins record evidence of this intracontinental sea, called Itaituba-Piauí Sea, which to the west was connected with the extinct Panthalassa ocean. These events are identified in the rocks of the northeastern portion of the Parnaíba intracratonic Basin, represented by fossiliferous carbonates from the Upper Member of the Piauí Formation. These rocks, widely known as “Calcário Mocambo”, are found near José de Freitas-PI, presenting a unique record of the Itaituba-Piauí Sea in the Parnaíba basin. Based on the stratigraphic technique of facies analysis, was identified the association of facies or an ancient

sedimentary environment know shallow sea deposit, which consists of a succession of fossiliferous peloid carbonate rocks, laterally continuous for hundreds of meters, and interspersed with bituminous shale. Conodonts fossil genus of *Neognathodus* e *Diplognathodus* help to determine the Bashkirian age, over 300 millions of years ago, for these marine deposits. The extensive circulation of the sea over Gondwana favored the deposition of correlated marine sequences in several pre-Andean basins and the north and northeast of Brazil. **Keywords:** Itaituba-Piauí Sea. José de Freitas. Piauí Formation.

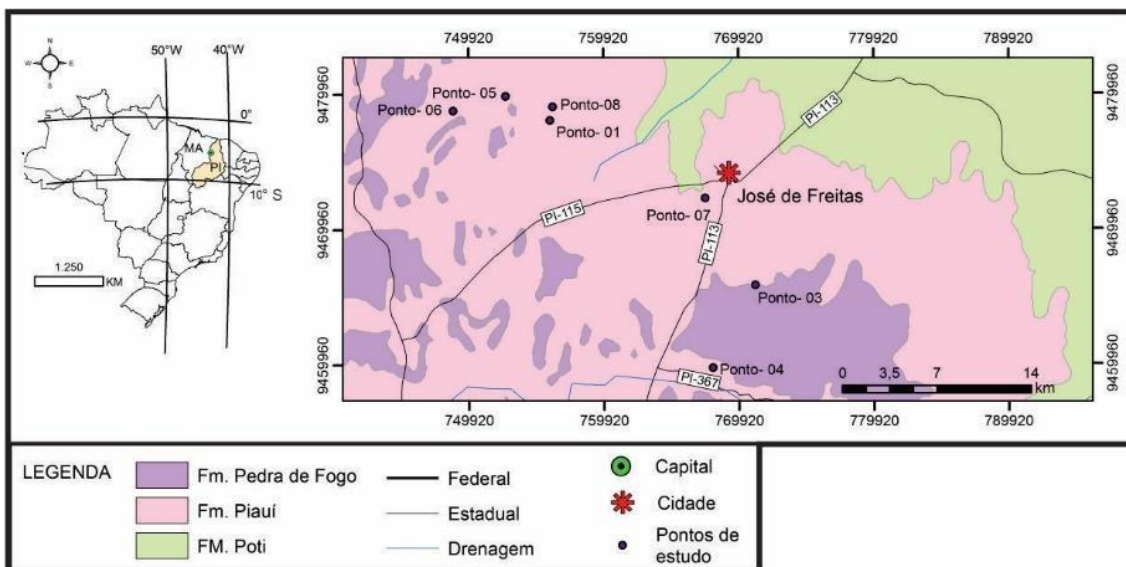
1 Introdução

Durante o Paleozoico, Era geológica que se estendeu do início do Cambriano (~542 milhões de anos atrás) ao final do Permiano (~251 milhões de anos atrás), diversos ciclos de transgressão e recuo marinho sobre os blocos continentais eram frequentes. Há aproximadamente 320 milhões de anos a atual América do Sul estava inserida em um grande bloco continental nomeado Gondwana, posicionado principalmente no hemisfério sul, e circundado pelos antigos oceanos Pantalassa a oeste e Tetis a leste. Neste período, também conhecido como Carbonífero, estes antigos oceanos influenciaram a deposição de diversas bacias sedimentares, em destaque às do norte brasileiro, tais como as bacias intracratônicas do Amazonas, Solimões e Parnaíba. As incursões marinhas durante este período foram provenientes dos aumentos globais do nível do mar, que formaram extensos mares rasos sobre a plataforma continental, denominados de mares epicontinentais. Estes mares se espalhavam por centenas de milhares de quilômetros quadrados continente adentro, resultando em uma via interior marinha de baixa profundidade, (< 100m), dominado por processos de onda e subordinadamente por maré (HARRIES, 2011). O mar epicontinental Itaituba-Piauí representa a incursão marinha Pensilvaniana sobre o Gondwana, ou norte da atual América do Sul, que conectava todas as bacias do norte brasileiro. A Bacia do Parnaíba representa a conexão mais a leste dentre as bacias amazônicas e depósitos andinos, e guarda o registro transgressivo-regressivo do Carbonífero nos estratos da Formação Piauí (GÓES, 1995).

A Formação Piauí possui espessura máxima em torno de 220m comportando depósitos fluviais, eólicos e marinhos nas bordas sudoeste e leste, com estreitamente para norte. Esta formação recobre os arenitos e siltitos da Formação Poti, e é encoberta pelo sílex basal da Formação Pedra de Fogo. Os depósitos marinhos da Formação Piauí provenientes das transgressões carboníferas na América do Sul, tem seu registro nos carbonatos fossilíferos denominados “Carbonato Mocambo”, localizados na região de José de Freitas - Piauí, a 40km ao norte da capital Teresina (Figura 1; MEDEIROS et al., 2019). Estes carbonatos têm sido descritos originalmente como rochas calcárias

fossilíferas de plataforma carbonática, com fósseis marinhos diversificados que incluem bivalvos, braquiópodes trilobitas, briozoários, corais, foraminíferos bentônicos, conodontes e fragmentos vegetais, sendo estes organismos mencionados em trabalhos como (CAMPANHA & ROCHA CAMPOS, 1979; ANELLI, 1999; ANELLI, 1999; MEDEIROS, 2020; DIAS, 2021).

Figura 1. Mapa geológico simplificado com as principais unidades litoestratigráficas que afloram nas áreas estudadas e suas adjacências. Os afloramentos descritos estão indicados pelos pontos de estudo. Em escala maior o mapa geopolítico do Brasil, com os limites do estado do Piauí em laranja.



Fonte: Modificado de CPRM (2004).

2 Relações Paleogeográficas do MIP

O registro carbonático do MIP na Bacia do Parnaíba é encontrado no atual estado do Piauí, no Membro Superior da Formação Piauí (por exemplo: calcário Mocambo). A estreita similaridade entre a fauna do calcário Mocambo com aquelas encontradas nas formações Itaituba e Fonte Boa das bacias do Amazonas e Solimões, respectivamente, auxiliam nas descrições de grandes mares internos, ou seja, mares epicontinentais, que conectavam todas estas bacias durante o Carbonífero, por centenas de quilômetros. Dados de invertebrados marinhos, especialmente de conodontes dos gêneros *Neognathodus* e *Diplognathodus* marcados bioestratigráficos do Bashkiriano médio, e foraminíferos

bentônicos (MOUTINHO et al., 2016; SCOMAZZON et al., 2016, DIAS, 2021), sugerem que uma assembleia de organismos bentônicos marinhos rasos convivia ao longo do MIP durante o Pensilvaniano inicial a médio. Geograficamente este mar se estendeu pelos

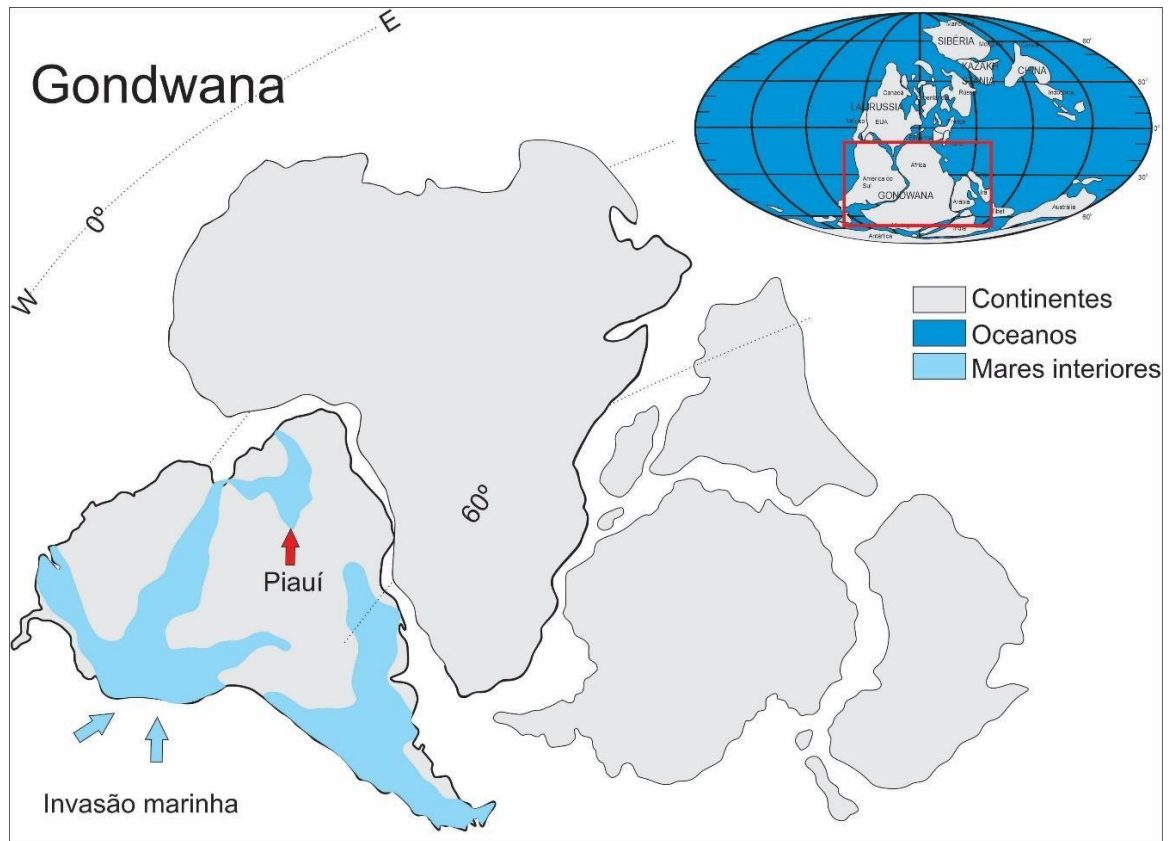
O SERTÃO JÁ FOI MAR: REGISTRO DO MAR CARBONÍFERO ITAITUBA- PIAUÍ (MIP) EM ROCHAS DA REGIÃO DE JOSÉ DE FREITAS, NORTE DO ESTADO DO PIAUÍ

estados do Pará, Maranhão, Amazonas e Acre, associados às bacias do Parnaíba, Amazonas, Solimões e Acre, respectivamente, cujo sentido de transgressão marinha era de oeste para leste no antigo supercontinente Gondwana (Figura 2).

Na porção Oeste do Gondwana, os depósitos sedimentares pennsylvanianos, nos estados do Amazonas e Pará, apresentam associações de fácies e ocorrências fossilíferas indicativas de mares rasos, de águas calmas e límpidas. Em direção ao Permiano, a Formação Cruzeiro do Sul, na Bacia do Acre, registra as porções mais profundas do MIP, enquanto nos estados do Amazonas e Pará os registros sedimentares e fossilíferos são de diminuição da lâmina d'água, ressecamento observado pelos evaporitos extensos na Bacia do Amazonas e ressecamento do MIP (Medeiros, 2020).

No Peru os grupos Tarma e Copacabana e a Formação Cerro Prieto, juntamente com as formações Canõ Índio e Sierra de Perija na Venezuela, de idade pensilvaniana também apresentam depósitos carbonáticos e assembleias faunísticas semelhantes às descritas na Formação Piauí, o que sugere uma conexão marinha entre os depósitos pré-andinos marinhos proximais e os carbonatos marinhos mais retrogradantes que ocorrem nas bacias brasileiras.

Figura 2. Mar Itaituba-Piauí e sua extensão ao longo do Gondwana conectando as bacias do meio Norte brasileiro até seu registro no atual estado do Piauí (seta vermelha).



Fonte: Modificado de LOCZY (1966) e WOPFNER (1999).

3 Materiais e métodos

Este artigo teve como principal técnica o modelamento de fácies proposto por WALKER (1992) e MIALI (1994), como ferramenta de identificação e descrição das feições sedimentares para reconstituição ambiental.

4 Resultados

4.1 Registro do MIP na Bacia do Parnaíba

Os afloramentos da Formação Piauí, na região de José de Freitas, estão inseridos no contexto geomorfológico do domínio de Superfícies Aplainadas da Bacia do Rio Parnaíba, composta por extensas áreas dissecadas. O conjunto de fácies/microfácies carbonáticas e siliciclásticas da porção superior da Formação Piauí exibe espessura aflorante de 55 m, exposto em frentes de lavra inativas e ativas, e na área urbana da cidade de José de Freitas, Estado do Piauí. Os pontos visitados estão localizados na Fazenda Contenda, na área de exploração da Mineradora Icarai, e na Fazenda Mocambo, cujo

Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 3, Número 3, p.211 – 223 , Janeiro/Junho, 2022.
2675-9748 DOI:10.29327/261865.3.3-14

nome fornece a denominação informal dos carbonatos estudados dada por ASSIS (1979) e coadunado por ANELLI (1994, 1999).

4.1.1 Associação de fácies depósito de mar raso (AFMR)

Esta associação de fácies consiste em uma sucessão de camadas tabulares, lateralmente contínuas e lenticulares de até 4 m de espessura, expostas na frente de lavra da Mineradora Icarai e na lavra abandonada da fazenda Mocambo (Figura 1). É composta de dolomicroesparito com braquiópodes e cnidários (Dbc), dolomicroesparito com gretas de contração (Dc), *dolograinstone* peloidal com bivalves e gastrópodes (Dgb), *dolograinstone* peloidal com gretas de contração (Dgg) e folhelho betuminoso (Fb). Esta associação está organizada em ciclos de escala métrica, marcados por pelitos na base e camadas delgadas de arenitos e gretas de contração no topo, indicando tendência de raseamento ascendente (*shallowing upward*). Em geral, as lâminas desta associação de fácies apresentam-se fortemente dolomitizadas, o que prejudicou o reconhecimento detalhado dos bioclastos, geralmente na forma de “fantasmas”.

A fácies dolomicroesparito com braquiópodes e cnidários, de cor cinza, está disposta em camadas tabulares e onduladas, intercaladas com folhelhos betuminosos e delgadas lentes, milimétricas, de pelitos laminados carbonáticos (Figura. 3). Apresenta uma fauna diversificada e abundante, composta por braquiópodes e moluscos, como alguns dos gêneros *Brasilioproductus*, *Choristites*, *Wilkingia*, *Oricrassatella* e cnidários da ordem Rugosa (Figura 4). A fácies dolomicroesparito com gretas de contração compõem de camadas tabulares com laminação plano-paralela e o topo ondulado, com aproximadamente 40 cm de espessura, lentes de pelito laminado e escassos fragmentos de bioclastos. Na localidade da Fazenda Contenda, esta microfácies exibe gretas de contração ortogonais.

Figura 3. A) Frente de lavra da mineradora Icarai, expondo sequência carbonática de 3 m de espessura; B) Fácies sedimentar dolomicroesparito com braquiópodes e cnidários, apresentando maior concentração fossilífera no topo da camada; C) Fácies sedimentar folhelho betuminoso, laminada e com cor preta proveniente da alta concentração de matéria orgânica.

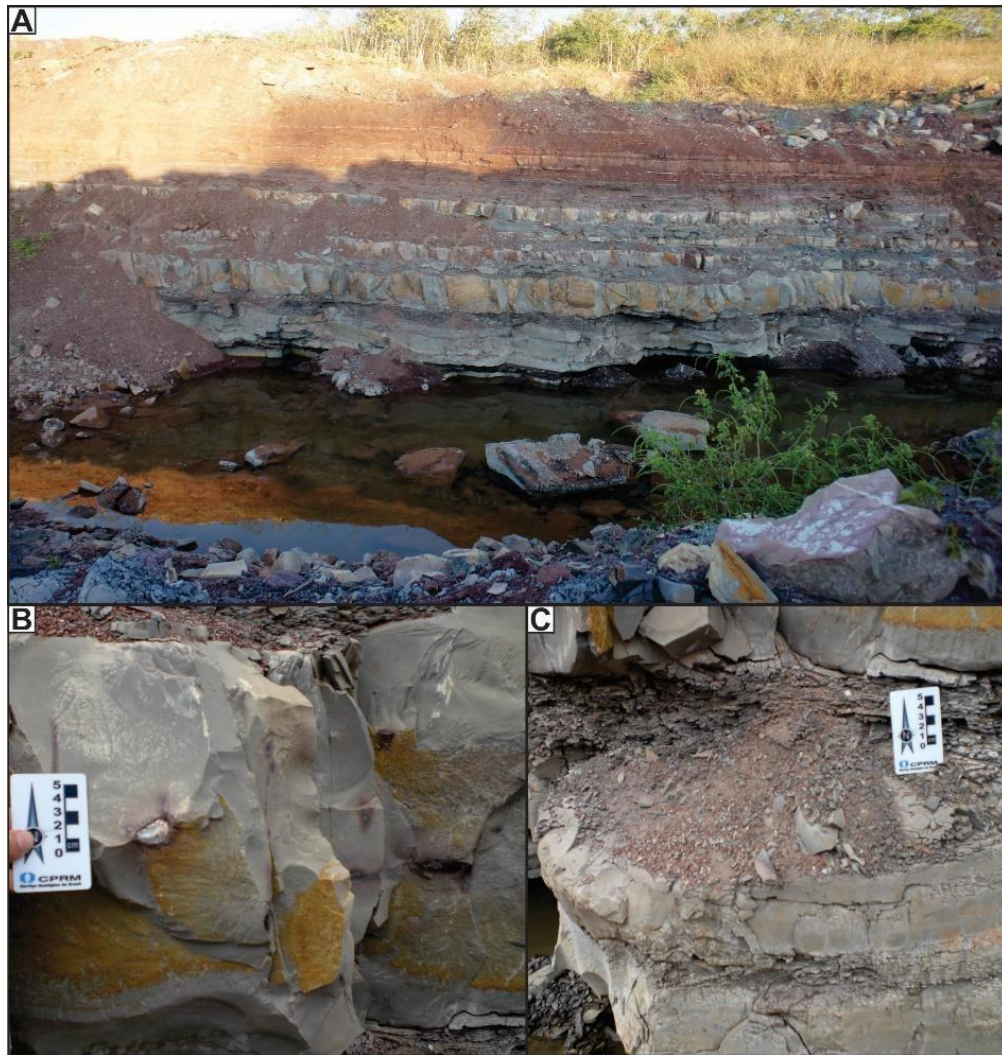
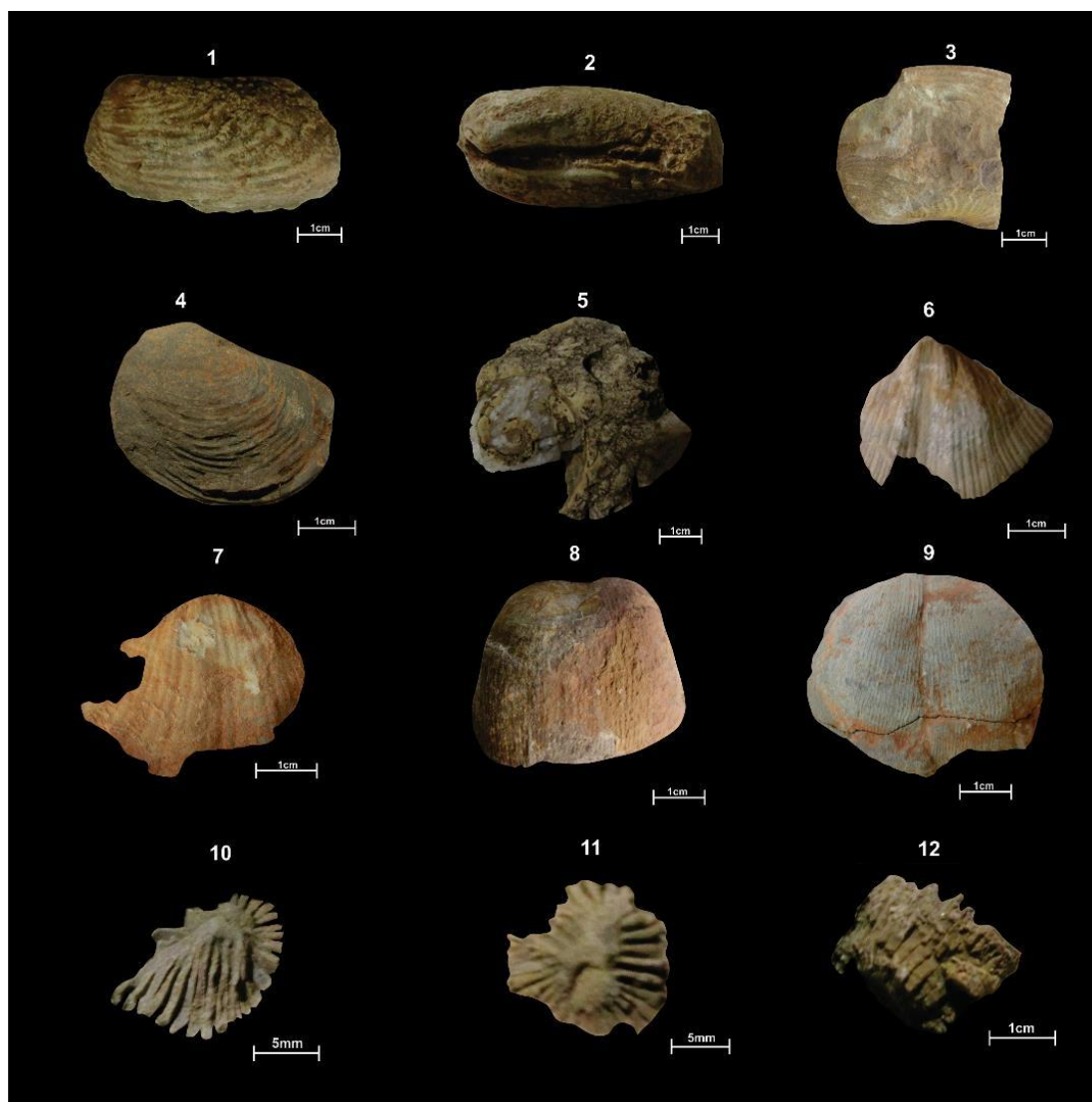


Figura 4. Assembléia fossilífera na fácies Dbc; 1, 2 e 3) Bivalves do gênero *Wilkingia*; 4) Bivalve do gênero *Oricrassatella*; 5) Molde de gastrópode substituído por cimento de dolomita espática; 6 e 7) Braquiópode do gênero *Choristites*; 8 e 9) Braquiópodes do gênero *Brasilioproductus*; 10, 11 e 12) Cnidários rugosos.



Fonte: MEDEIROS et al. (2019).

A fácies *dolograinstone* peloidal com bivalves e gastrópodes, de cor cinza esbranquiçada, está disposta em camadas tabulares, lateralmente descontínuas, com espessura variando de 20 cm a 40 cm. Apresenta macroporos de dissolução preenchidos por dolomita espática envolta por uma massa amorfa de matéria orgânica e óxido-hidróxido de ferro (Figura 5). Icnofósseis estão presentes como escavações horizontais, alongadas e bifurcadas, com preenchimento semelhante ao da rocha hospedeira. Concentrações de matéria orgânica estão disseminadas na rocha. Nesta fácies também ocorrem macrofósseis como moldes internos de gastrópodes substituídos por dolomita espática, moldes internos e externos de bivalves, tal qual o gênero *Wilkingia* (Figura 4). Além dos macrofósseis foram identificados fragmentos de bioclastos indistintos, foraminíferos e pelóides.

A fácies *dolograinstone* peloidal com gretas de contração possui cor cinza esbranquiçada e está disposta em camadas tabulares, lateralmente descontínuas, com espessura variando de 15 cm a 50 cm. No topo da fácies ocorrem horizontes micríticos delgados com gretas de contração poligonais, decimétricas a métricas de comprimento preenchidas por micrito. Ocorrem foraminíferos e fragmentos de bioclastos indiferenciados, associados aos peloides. Os peloides da microfácies Dgg variam de 240 μm a 520 μm em tamanho. Bioclastos micritizados correspondem principalmente aos foraminíferos e fragmentos de conchas desarticuladas e articuladas de bivalves tem tamanho entre 2 mm e 4,4 mm. Também são descritos intraclastos micríticos, normalmente angulosos, com tamanho médio de 0,5 mm. A porosidade é secundária, móldica (peloide e concha), intraparticular nos peloides, e do tipo vug, bem como primária como intraparticular em conchas, e interparticular entre pelóides e bioclastos. Alguns apresentam preenchimento por óxido/hidróxido de ferro e dolomita muito fina (10 μm), hipidiotópica, assim como cimento dolomítico espático pontual (variando de 400 μm a 2200 μm).

Figura 5. A) Afloramento da fazenda Mocambo; B) Fácies sedimentar *dolograinstone* peloidal com gretas de contração, com gretas poligonais métricas notopo; C) Fácies *dolograinstone* peloidal com bivalves e gastrópodes, com fósseis identificados na camada por setas vermelhas.



A fácies folhelho betuminoso, de cor preta, apresenta laminações plano-paralelas, passando lateralmente para laminações onduladas, dispostas em camadas variando entre 15 cm a 60 cm de espessura, intercaladas com a fácies Dbc. Localmente ocorre em forma de lentes, com espessura de 2 cm à 5 cm (Figura 3). A fácies Fb destaca-se na sucessão por apresentar grande quantidade de matéria orgânica e cristais de pirita associados.

5 Considerações finais

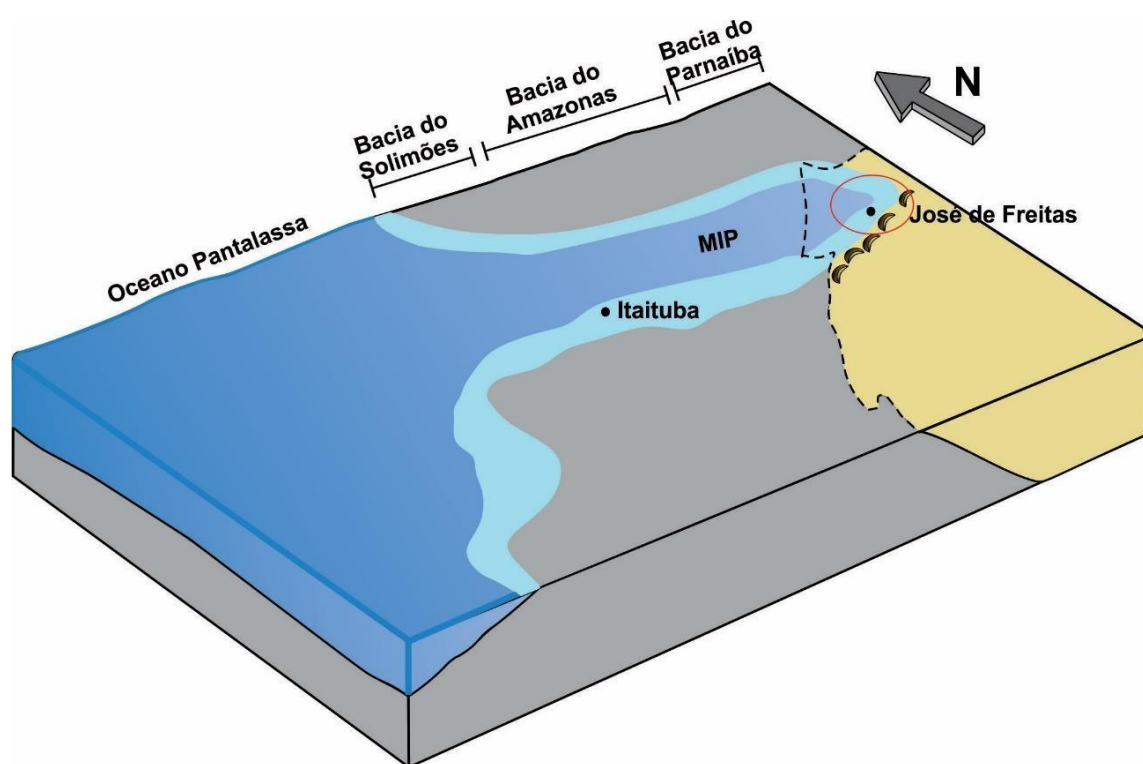
A AFMR foi depositada em plataforma carbonática rasa durante um período de estabilidade no Pensilvaniano (Bashkiriano médio) datado pela ocorrência de conodontes *Neognathodus* e *Diplognathodus*. Este período marca o final da inundação marinha nas porções mais continentais do Gondwana oeste. A distribuição do Carbonato Mocambo é restrita a porção norte da Bacia do Parnaíba, a qual é uma consequência da antiga configuração do MIP que não alcançava as porções mais ao sul da atual bacia (Figura 6).

Esta paleogeografia explica o fato dos carbonatos nunca terem sido encontrados sobre os

Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 3, Número 3, p.211 – 223, Janeiro/Junho, 2022. ISSN: 2675-9748 DOI:10.29327/261865.3.3-14

depósitos eólicos da Formação Piauí para a região sul, já que estes foram costeiros ao marepicontinental.

Figura 6. A) Modelo ambiental do antigo Mar Itaituba-Piauí (MIP) transgredindo sobre as Bacias intracontinentais brasileiras, em destaque a Bacia do Parnaíba, com a deposição do Carbonato Mocambo nas proximidades da cidade de José de Freitas.



Fonte: MEDEIROS et al. (2019).

Embora o carbonato Mocambo esteja restrito às proximidades da cidade de José de Freitas, no Piauí, o mar apresentava extensão de centenas de quilômetros, banhando diversas bacias sedimentares, e registrando sua existência principalmente nas grandes bacias intracratônicas (Figura 2). Trabalhos futuros que consigam abordar novos pontos de amostragem, terão a possibilidade de oferecer mais informações sobre a geometria e adimensão deste evento marinho.

Referências bibliográficas

ASSIS, J. F. P. 1979. Uma fáunula de moluscos bivalves do calcário Mocambo, Formação Piauí, Carbonífero Superior da Bacia do Maranhão – Município de José de Freitas, Estado do Piauí. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em geologia, UFRJ, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 94p.

ANELLI, L. E. 1994. Pelecípodes da Formação Piauí (Pensilvaniano Médio), Bacia do Parnaíba, Brasil. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo: 148p.

ANELLI, L. E. 1999. Invertebrados neocarboníferos das formações Piauí (Bacia do Parnaíba) e Itaituba (Bacia do Amazonas): Taxonomia; análise cladística das subfamílias Oriocrassatellinae (Crassatellacea, Bivalvia) e Neospiriferinae (Spiriferoidea, Brachiopoda). Tese (doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 184 p.

CUNHA, P., MELO, J., SILVA, O. 2007. Bacia do Amazonas, Boletim de Geociências. Manaus. Petrobrás, v. 15(2), 227-254.

DIAS, Sanmya Karolyne Rodrigues. 2021. Bioestratigrafia e paleoecologia dos depósitos marinhos pensilvanianos da Formação Piauí a partir de novas ocorrências de conodontes. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, p.62.

GÓES, A. M. 1995. A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba. 171. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

HARRIES, P. 2011. Earth system: history and natural variability. Epeiric Seas: A Continental Extension of Shelf Biotas. Encyclopedia of Life Support Systems. v.4, p 1-17p.

LOCZY, L. 1966. Contribuições à paleogeografia e história do desenvolvimento geológico da Bacia do Amazonas. Rio de Janeiro. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. 223, 1-96p.

MEDEIROS, Renato Sol Paiva. 2020. O Pensilvaniano da Bacia do Parnaíba, Norte do Brasil: Implicações Paleoambientais, Paleogeográficas e Evolutivas para o Gondwana Ocidental. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, p.151.

MEDEIROS, R.S.P., NOGUEIRA, A.C.R., DA SILVA, J.B.C., Jr., SIAL, A.N. 2019.

Carbonate-clastic sedimentation in the Parnaíba Basin, northern Brazil: Record of Carboniferous epeiric sea in the Western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences* 91, 188-202.

MIALL, A. D. 1994. Reconstructing fluvial macroform architecture from two-dimensional outcrops: examples from the Castlegate Sandstone, Book Cliffs, Utah. *Journal of Sedimentary Research*, 64, 146-158.

MOUTINHO, L., NASCIMENTO, S., SCOMAZZON, A., LEMOS, V. 2016. Trilobites,

scolecodonts and fish remains occurrence and the depositional paleoenvironment of the upper Monte Alegre and Itaituba formations, Lower – Middle Pennsylvanian of the Amazonas basin, Brazil. *Journal of South America earth science*. 72:76-94p.

SCOMAZZON, A. MOUTINHO, L. NASCIMENTO, S. LEMOS, V. MATSUDA, N. 2016. Conodont biostratigraphy and paleoecology of the marine sequence of the Tapajós Group, Early–Middle Pennsylvanian of the Amazonas basin, Brazil. *Journal of South America earth science*. 65:25-42p.

WALKER, R.G. 1992. Facies models and modern stratigraphic concepts. In: Walker, R.G., James, N.P. (eds.) *Facies Models - Response to Sea Level Change*. Ontario, Geological Association of Canadá. 1-14.

WOPFNER, H. 1999. The early Permian event deglaciation event between East Africa and Northwestern Australia. *Journal of African earth science*. 29:77-90.

Agradecimentos: Este trabalho foi desenvolvido com apoio técnico do Programa de Pós- graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará (UFPA), e financeiro da Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Agradecemos também a colaboração do professor Dr. Paulo Alves Souza, com suas correções minuciosas e perspicácia científica.