

**OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO
BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA**

**CONODONTS AND BENTHIC FORAMINIFERS OCCURRENCE IN THE BASHKIRIAN OF
PIAUÍ FORMATION, BALSAS GROUP, PARNAÍBA BASIN**

**Sara Nascimento¹, Sanmya Karolyne Rodrigues Dias², Luciane Profs
Moutinho³, Ana Karina Scomazzon⁴**

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul; sara.nascimento@ufrgs.br; ORCID: 0000-0002-2396-211X

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul; sanmyadias.geo@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3386-640

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul; luci.profs@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3062-4116

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

RESUMO: Conodontes são vertebrados marinhos primitivos utilizados mundialmente para o refinamento e correlação de idade das sequências sedimentares ao longo do Paleozoico e Triássico. Foraminíferos são protistas abundantes nas rochas sedimentares que fornecem importantes informações na reconstrução de ambientes sedimentares (paleoecologia) e para a datação relativa de estratos (bioestratigrafia). Dentre as bacias intracratônicas (localizadas no interior dos continentes) brasileiras que apresentam o registro do desenvolvimento de mares epicontinentais paleozoicos no Gondwana Ocidental, a Bacia do Parnaíba apresenta evidências desta invasão marinha nas sequências carbonáticas do Membro Superior da Formação Piauí, em particular na sequência fossilífera do Carbonato Mocambo. O estudo do conteúdo paleontológico nas rochas carbonáticas dessa sucessão auxiliam a reconstruir como era o cenário paleoecológico e paleoambiental da sequência, além de possibilitar o refinamento bioestratigráfico, utilizando fósseis guias como os conodontes e foraminíferos. Neste trabalho é abordada a importância destes dois grupos de fósseis marinhos como ferramenta geológica na bioestratigrafia e paleoecologia e suas ocorrências na Formação Piauí desde o trabalho pioneiro na década de 1979 até as perspectivas atuais.

Palavras-chave: Conodontes. Foraminíferos Bentônicos. Bacia do Parnaíba. Formação Piauí. Bashkiriano.

ABSTRACT: Conodonts are primitive marine vertebrates used worldwide for the refinement and age correlation of sedimentary sequences throughout the Paleozoic and Triassic. Foraminifera are abundant protists in sedimentary rocks that provide important information for the reconstruction of sedimentary environments (paleoecology) and for the relative dating of strata (biostratigraphy). Among the Brazilian intracratonic basins (located inside the continents) that present a record of the development of Paleozoic epicontinental seas in Western Gondwana, the Parnaíba Basin presents evidence of this marine invasion in the carbonate sequences of the Upper Member of the Piauí Formation, in particular in the fossiliferous sequence of Mocambo Carbonate. The study of the paleontological content in the carbonate rocks of this succession helps to reconstruct the paleoecological and paleoenvironmental scenario of the sequence, in addition to enabling biostratigraphic refinement, using fossil guides such as conodonts and foraminifera. This paper addresses the importance of these two groups of marine fossils as a geological tool in biostratigraphy and paleoecology and their occurrences in the Piauí Formation from the pioneer work in the 1970s to the current perspectives.

Keywords: Conodonts. Benthic Foraminifera. Parnaíba Basin. Piauí Formation. Bashkirian.

1 Introdução

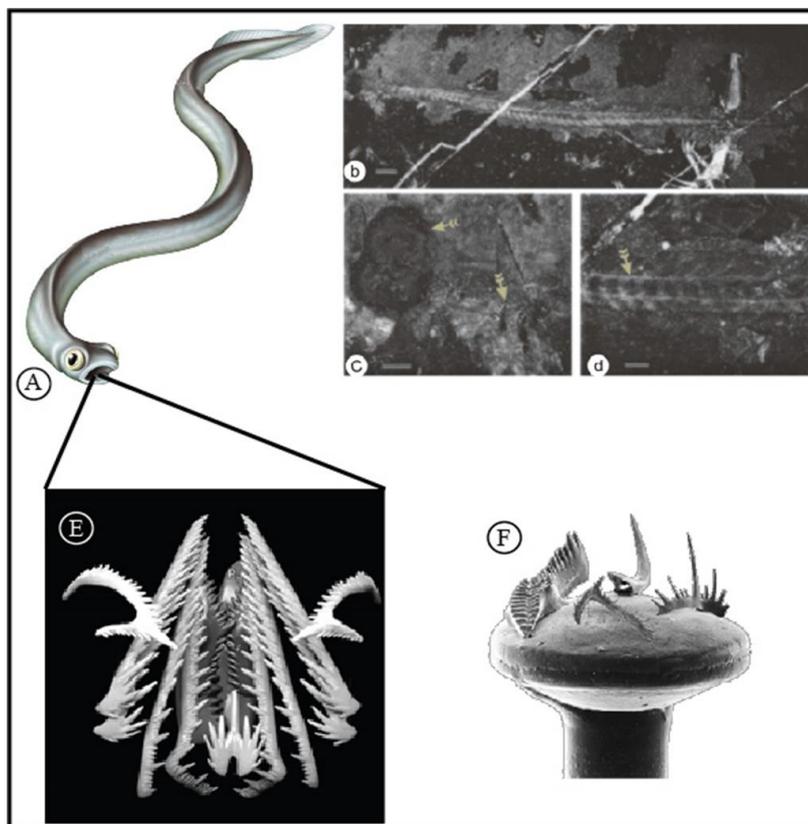
Conodontes são vertebrados marinhos menores de cinco centímetros, que viveram nos mares do passado, evoluíram rapidamente no tempo, sobrevivendo a diferentes crises paleoecológicas ao longo do Paleozoico e Triássico. Portadores de estruturas mineralizadas milimétricas denominadas elementos conodontes, os quais formavam aparelhos alimentares com tamanho em torno de cinco milímetros (Figura 1), fossilizáveis resistentes ao desgaste físico e químico das rochas que os incluem, esses microfósseis são encontrados em abundância em muitas fácies sedimentares desta época. Excelentes fósseis guias além de bons indicadores bioestratigráficos e paleoecológicos durante os 300 milhões de anos de sua existência. São importantes indicadores termais através do IAC- Índice de Alteração de Cor, pois seus elementos podem variar de cor entre amarelo pálido a preto (50° a 600°C), constituindo-se em importante ferramenta na pesquisa do petróleo. Em circunstâncias favoráveis, onde não tenha ocorrido atividade de correntes, escavadores ou bioturbação, os aparelhos alimentares podem ser preservados intactos em camadas de rochas sedimentares, principalmente folhelhos e carbonatos. Porém, evidências das partes moles como tecido mineralizado fossilizado do animal conodonte (Figura 1), são extremamente raras (ALDRIDGE ET AL., 1993).

A descrição das espécies de conodontes, seguida da sua classificação taxonômica, permite o refinamento das idades e reconstruções paleoecológicas da área de estudo, a partir da comparação dessas ocorrências com outras áreas em diferentes bacias paleozoicas do Brasil e do mundo.

No Brasil, eles têm sido estudados desde a década de 1960 em vários trabalhos publicados nas bacias do Amazonas (SCOMAZZON ET AL., 2016) Solimões e Parnaíba (CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS, 1979; MEDEIROS 2020, DIAS, 2021), em carbonatos pensilvanianos, de águas rasas e quentes, recuperados como elementos isolados. Vale ressaltar também a ocorrência de elementos conodontes *Sweetognathus whitei* no Permiano da Bacia do Acre (LEMOS & SILVA, 1996). Na Bacia do Paraná, os conodontes foram encontrados em 2008, preservados como clusters e assembleias naturais, no folhelho Lontras. Sendo as primeiras ocorrências de aparelhos alimentares completos em bacias sedimentares da América Latina (WILNER ET AL., 2016).

OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA

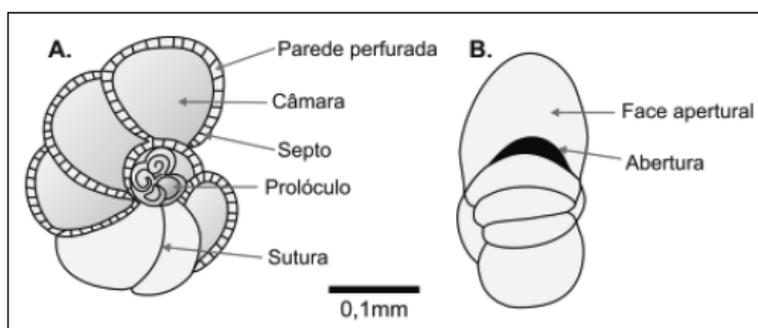
Figura.1. Conodonte. A) representação artística do animal conodonte (Modificado de PURNELL ET AL.,1995); b) Impressão fóssil do animal conodonte; c) Impressão fóssil da região cefálica com ênfase nos grandes olhos; d) Impressão fóssil, em detalhe a notocorda (Modificado de ALDRIDGE ET AL., 1993); E) Representação tridimensional do aparelho alimentar dos conodontes (Modificado de ALDRIDGE ET AL., 1993); F) Principais formas de elementos conodontes dispostos sobre uma cabeça de alfinete (observe o tamanho $\leq 1\text{mm}$) (Modificado de PURNELL ET AL., 1995).



Conceitualmente, foraminíferos bentônicos são microfósseis estudados com o auxílio de um estereomicroscópio (lupa) ou microscópio. Correspondem aos restos fossilizados de carapaças mineralizadas de protistas marinhos com hábito de vida bentônico. Estes organismos surgiram no Cambriano, há cerca de 570 milhões de anos e vivem até o

Recente. Suas carapaças são predominantemente formadas por carbonato de cálcio, podendo ocorrer aglutinação de partículas do sedimento em que vivem. Compostas por uma ou mais câmaras (Figura 2), as quais vão sendo construídas ao longo da vida do organismo e que, em sua maioria, são menores que um milímetro de diâmetro, interligadas por uma ou várias aberturas. Estas conexões entre as câmaras por aberturas deram origem ao nome do grupo, pois a palavra foraminífera é formada pelos termos em latim *foramen* (orifício) e *ferre* (possuir). Os caracteres morfológicos da carapaça constituem a base da classificação taxonômica dos foraminíferos, dentre as quais estão a composição da parede, a forma, o arranjo e número de câmaras, as linhas de sutura, o número e a posição da(s) abertura(s) e a ornamentação (ZERFASS, 2008).

Figura 2. Morfologia básica para a classificação dos foraminíferos. A. Vista espiral em seção longitudinal parcial, mostrando a estrutura interna e a morfologia externa; B. Vista lateral, mostrando a abertura primária. Modificado de ZERFASS (2008).



Por serem bentônicos, habitavam o fundo oceânico, vivendo sobre o substrato ou ligeiramente enterrados, na interface entre a água e os sedimentos. Possuem caráter endêmico, ou seja, caracterizam-se por ocupar uma determinada região ou ambiente (ANTUNES & MELO, 2001) e são suscetíveis às variações físico-químicas e batimétricas sendo, portanto, bons indicadores de mudanças paleoambientais.

No âmbito da micropaléontologia do Paleozoico das bacias intracratônicas brasileiras, especialmente o intervalo Pensilvaniano/Permiano das bacias do Amazonas, Solimões e Acre são amplamente utilizados em estudos bioestratigráficos locais, intra e extrabaciais, gerando resultados refinados na datação e correlação de seções estratigráficas (ALTINER & SAVINI, 1995). No que tange ao contexto paleoecológico e paleoambiental, o estudo de biofácies e as caracterizações paleoecológicas e de paleoambiente podem ser bem detalhadas através do estudo destas formas, pois eles indicam profundidade, salinidade e temperatura,

OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA

bem como os níveis energéticos do meio, além de características do substrato, níveis de oxigenação e matéria orgânica; permitindo reconstruções bastante precisas.

Em função destas características, conodontes e foraminíferos bentônicos são considerados importantes fósseis guia do Paleozoico. Além de ótimos indicadores bioestratigráficos, tem se mostrado eficientes no auxílio a interpretações nas mudanças das condições paleoambientais ocorridas neste intervalo, fato que também os qualifica como ferramenta de interpretação em análises paleoecológicas e paleoambientais. Além disso, tais microfósseis podem ser coletados em afloramentos ou em amostras de perfurações do subsolo através de testemunhos, tornando seu manuseio e transporte facilitado. Em uma amostra sedimentar de dezenas de gramas pode existir centenas de exemplares, tornando seu estudo prático, confiável e eficaz.

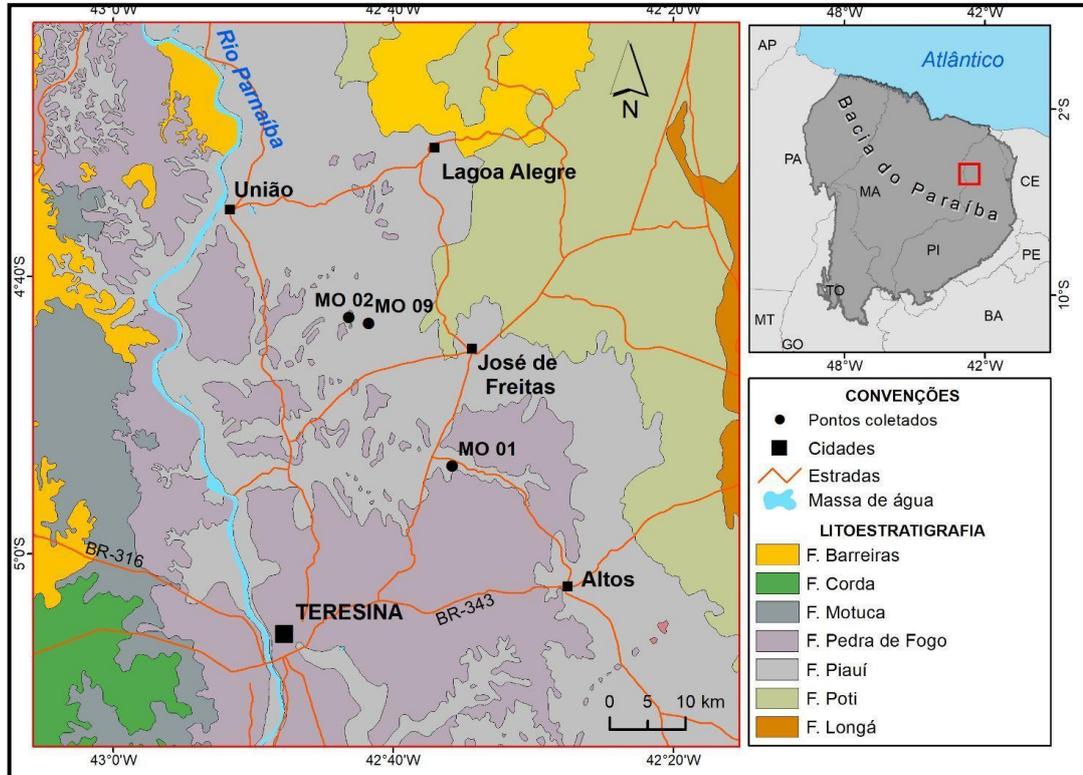
Conodontes e foraminíferos estão sendo estudados na Bacia do Parnaíba, situada ao norte do território brasileiro, assim como as vizinhas bacias paleozoicas do Solimões e Amazonas, possui rochas com potencial para geração de hidrocarbonetos - óleo e gás. De grande importância para a indústria do petróleo, esses microfósseis marinhos estão sendo utilizados na determinação da idade das rochas dessa bacia assim como para o estabelecimento de correlações a curtas e longas distâncias, incluindo outras bacias paleozoicas, apoiando as análises estratigráficas e permitindo o refinamento geológico da arquitetura das seções paleozoicas das bacias do norte do Brasil.

2 Materiais e Métodos

Quatro excursões para coletas de amostras foram realizadas nas redondezas de José de Freitas, município localizado a 48 km de Teresina, capital do Piauí. A primeira expedição resultou na publicação de Campanha & Rocha Campos na década de 1970 e última realizada em 2021 contemplando novos afloramentos com maior ênfase na borda leste da bacia, relativa às regiões mais ocidentais do Estado do Piauí e orientais/sul do Estado do Maranhão, onde afloram parte das unidades do Grupo Balsas. Na região de José de Freitas-PI, norte de Teresina, foram observados os depósitos carbonáticos e lacustres da Formação Piauí, estudados com o objetivo de melhorar o posicionamento estratigráfico e as relações diacrônicas dentro da formação. Uma ampla amostragem para análises bioestratigráficas de conodontes e foraminíferos bentônicos foi realizada (Figura 3).

Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 3, Número 3, p.215 – 233, Janeiro/Junho, 2022. ISSN: 2675-9748 DOI:10.29327/261865.3.3-15

Figura 3. Localização do Calcário Mocambo, região de José de Freitas. Indicação das principais localidades, rodovias e dos afloramentos MO-01, MO-02 e MO-09 (Fonte: DIAS, 2021).



Na região de José de Freitas-Pi, norte de Teresina, foram observados os depósitos carbonáticos e lacustres da Formação Piauí, estudados com o objetivo de melhorar o posicionamento estratigráfico e as relações diacrônicas dentro da formação. Uma ampla amostragem para análises bioestratigráficas de conodontes e foraminíferos bentônicos foi realizada.

As amostras de carbonatos e folhelhos são fragmentadas mecanicamente e dissolvidas em solução química. O material com aproximadamente 500g por amostra é desagregado mecanicamente em torno de 2 cm. Carbonatos e folhelhos são colocados em baldes de plástico com capacidade para 2 L onde foram adicionados 90% de água e os outros 10% de reagente- ácido acético para os carbonatos e peróxido de hidrogênio para folhelhos. A mistura é deixada em reação em capela de exaustão por uma semana, ou enquanto houver reação, para os carbonatos e aproximadamente quinze minutos para os folhelhos. Os carbonatos são agitados uma vez por dia para ionização ácida e dissolução completa. Ao final desta etapa, o material é lavado e descartado em um balde, em tanque específico

OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA

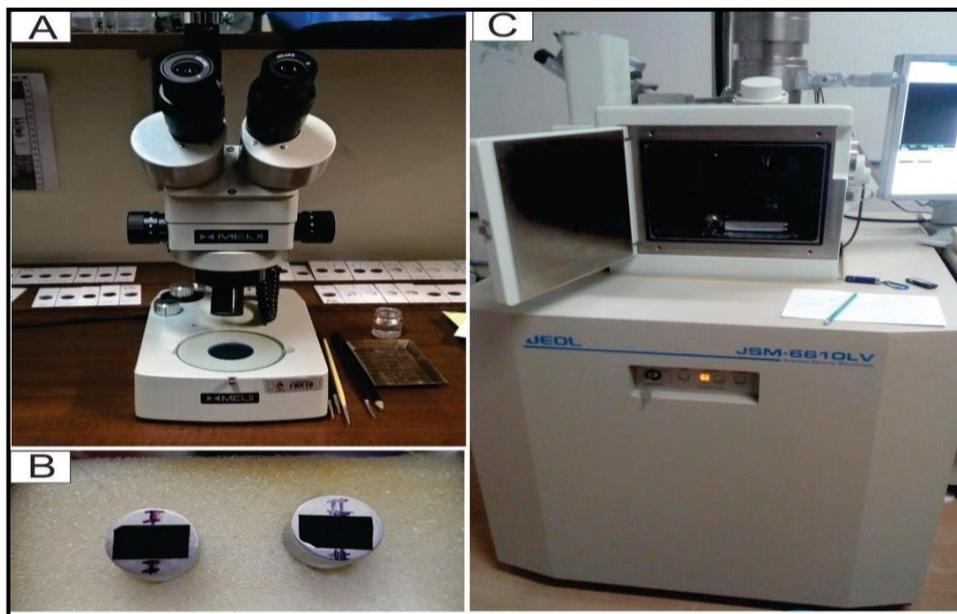
utilizando peneira de 80 *mesh* (0,177mm) e 200 *mesh* (0,074). O sedimento contido na peneira é recolhido e armazenado em cápsulas de porcelana que seguem para secar na estufa a 60°C (Figura 4).

Figura 4. Etapas da metodologia de preparação de amostras para obtenção de conodontes. A) Amostras desagregadas fisicamente; B) Balde plástico onde amostras são armazenadas; C) Amostras com ácido acético, inseridas na capela de exaustão; D) Peneiras e baldes utilizados para a lavagem do material; E) Lavagem do material com despejo adequado; F) Armazenamento do material lavado em cápsulas de porcelana.



Depois de seca, a amostra é armazenada em recipientes específicos e analisada em uma bandeja, com pincel para catação, em estereomicroscópio, para catação dos conodontes. Outros bioclastos associados e fragmentos inorgânicos relevantes também são selecionados e todos os materiais coletados são acondicionados em células de catação. Os conodontes coletados são colocados em *stubs* e fotografados no MEV- Microscópio Eletrônico de Varredura (LGI/UFRGS) para obtenção de imagens retroespalhadas (Figura 5), a fim de realçar características diagnósticas importantes e assim realizar a classificação taxonômica. Os espécimes estudados são armazenados no repositório do Laboratório de Conodontes e Foraminíferos (LACONF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

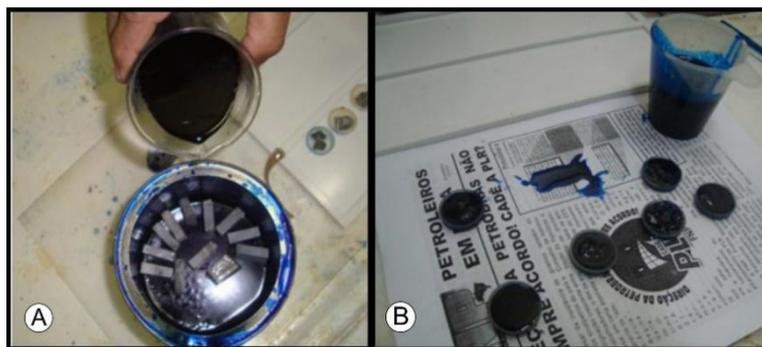
Figura 5. A) Estereomicroscópio utilizado para catação; B) *Stubs* onde são colocados os elementos conodontes; C) Microscópio eletrônico de varredura (Laboratório de Geologia Isotópica - LGI -UFRGS).



Para o processamento das amostras de foraminíferos utiliza-se a metodologia padrão para confecção de seções delgadas de rochas carbonáticas que se encontra em rotina no Laboratório de Laminação do IGeo/UFRGS. No caso de amostras de mão, estas são reduzidas a um bloco de rocha com dimensões de cerca de 3,5 por 2,0 cm. A impregnação por resina de amostras de rocha total (blocos de rocha) se dá à vácuo enquanto as amostras provenientes de calha ou compostas por sedimentos dissociados são depositados sobre uma base para preparação de pastilhas (tampa plástica maleável), Figura 6.

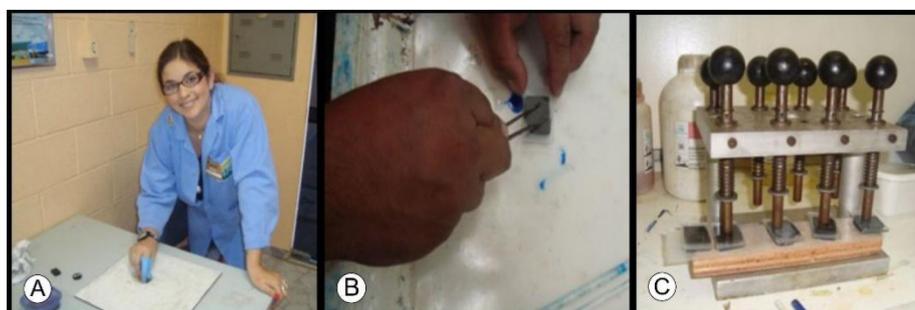
Figura 6. Etapas da metodologia para preparação de seções delgadas. A. Impregnação de amostras de rocha total; B. Impregnação dos fragmentos de rocha dissociados.

OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA



Na preparação das amostras para fixação em lâmina é realizado o alisamento e a total remoção da resina de impregnação da superfície a ser fixada na lâmina laboratorial por meio da utilização de lixas d'água [granulometrias de 600 (26,0 μm) e 2.600 (6,6 μm)], finalizando-se com o abrasivo carbeto de silício, nas granulometrias entre 1000 (15,0 μm) e 3000 (4,0 μm), Figura 7. A colagem da seção delgada em lâmina ocorre através de resina transparente preparada com concentração mais espessa do que aquela utilizada para a impregnação, Figura 7.

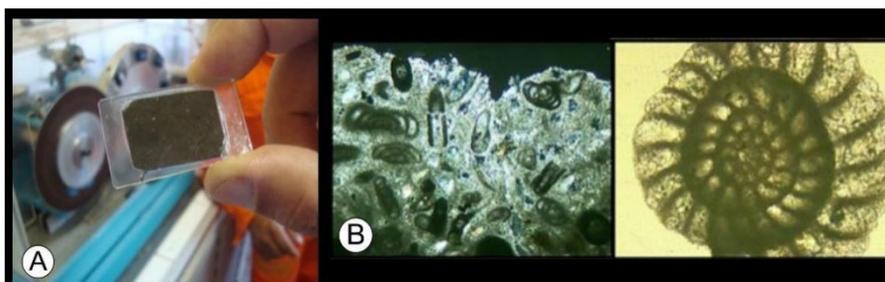
Figura 7. Etapas da metodologia para preparação de seções delgadas. A. Remoção da resina de impregnação da superfície a ser fixada na lâmina laboratorial; B e C. Colagem da seção delgada em lâmina laboratorial.



A etapa final consiste no rebaixamento (aplainamento e afinamento) dos blocos de rocha e/ou pastilhas de resina utilizando-se de equipamento com serra apropriada e no desgaste do excesso de resina através da utilização de lixas d'água de granulometria mais fina [2600 (6,6 μm)], fazendo uso de óleo mineral, com atenção para evitar perda de grãos sedimentares e/ou microfósseis durante o processo de aplainamento, Figura 8. Para o aplainamento final e subsequente polimento é utilizado abrasivo carbeto de silício [granulometrias 320 (36,0 μm), 600 (26 μm), 1000 (15 μm) e 3000 (4,0 μm)], aplicado sobre

placa de vidro ou cerâmica, incluindo o óleo mineral. As seções delgadas devem ser desgastadas até a exposição adequada das estruturas que as compõem, incluindo a exposição das câmaras internas das carapaças de foraminíferos bentônicos, processo que é realizado sob microscópio petrográfico, Figura 8.

Figura 8. Etapas da metodologia para preparação de seções delgadas. A. Etapa final da metodologia para preparação de seções delgadas: rebaixamento (aplainamento e afinamento); B. Estágio de exposição adequada das estruturas morfológicas, com detalhe nas câmaras internas das carapaças de foraminíferos bentônicos.



A identificação taxonômica e a documentação fotográfica de foraminíferos é realizada com auxílio de Microscópio Petrográfico Zeiss Axio Vision Imager M2m (Figura 9).

Figura 9. Microscópio Petrográfico Zeiss Axio Vision Imager M2m (Laboratório de Palinologia “Marleni Marques-Toigo” (LPPMMT/IGEO/UFRGS).



3 Geologia da área

A sedimentação palezoica da Bacia do Parnaíba é constituída em três superseqüências: (i) Sequência Siluriana, representada pelo Grupo Serra Grande e as formações Ipu, Tianguá e Jaicós; (ii) Sequência Mesodevoniana-Eocarbonífera, composta pelo Grupo Canindé e as formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti; e (iii) Sequência “Neocarbonífera/Eotriássica”, relativa ao Grupo Balsas e às formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba (GÓES & FEIJÓ, 1994). O Grupo Balsas está disposto

OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA

discordantemente sobre o Grupo Canindé com ausência no registro da sedimentação entre a Formação Poti, de idade mississipiana, e a Formação Piauí, de idade pennsylvaniana. Esse hiato deposicional situa-se na ordem de 7 a 15 Ma e é inferido com base em dados palinológicos e pela assembleia de conodontes descrita na Formação Piauí (SOUZA ET AL., 2010; MEDEIROS, 2020; DIAS, 2021).

Os depósitos sedimentares do Grupo Balsas representam um ciclo transgressivo-regressivo, desenvolvido sob condições de mar raso e restrito, com sedimentação controlada por condições de forte aridez, responsáveis pela deposição evaporítica e pela implantação de desertos (GOÉS & FEIJÓ, 1994; ABRANTES ET AL., 2019). O paleoambiente desenvolvido nesta supersequência vai de clástico-evaporítico de mar raso (plataforma marinha evaporítica ligada a breves incursões) a um paleoambiente lacustre (MEDEIROS ET AL., 2019).

No nordeste da Bacia do Parnaíba, ao norte de Teresina, os depósitos calcários são interpretados como sedimentos de plataforma carbonática ou lagunar, retrabalhados em partes por ondas de tempestade. Essas camadas documentam um período de elevação do nível do mar e transgressão curta marginal, com o desenvolvimento de uma grande plataforma carbonática/evaporítica, originada no final da deposição da Formação Piauí (LIMA FILHO & ANELLI, 1997). Tais eventos transgressivos ligados a esse mar raso resultaram na construção de depósitos carbonáticos de plataforma, especialmente nas sucessões carbonáticas-siliciclásticas dos depósitos Mocambo da Formação Piauí (MEDEIROS ET AL. 2019). Estes carbonatos ocorrem na região de José de Freitas (PI) e se encaixam nesse contexto como o registro de uma pequena incursão marinha no continente Gondwana (MEDEIROS ET AL., 2019). São denominados “Mocambo” em alusão à localidade na qual são encontrados, sem nenhuma formalização litoestratigráfica. Em geral, o “Calcário Mocambo” tem sido relacionado às incursões marinhas concomitantes aos eventos de desertificação do final do Carbonífero (GÓES, 1995).

A Formação Piauí é dividida em membros inferior e superior. O Membro Inferior é caracterizado por condições deposicionais semi-áridas e é composto por arenitos avermelhados, intercalados de siltitos vermelhos e argilosos e não apresentam ocorrências fossilíferas. As sequências carbonáticas-siliciclásticas, relacionadas ao Membro Superior da Formação Piauí foram descritas em diversos afloramentos, no Estado do Piauí, entre os

Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 3, Número 3, p.215 – 233, Janeiro/Junho, 2022. ISSN: 2675-9748 DOI:10.29327/261865.3.3-15

municípios de José de Freitas, Miguel Alves, Lagoa Alegre e Teresina. Os depósitos marinhos destacam-se pelo diversificado conteúdo fóssil sendo foco de diversos estudos paleontológicos nas últimas décadas e onde estão as ocorrências de conodontes e foraminíferos aqui discutidos.

4 Resultados

CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS (1979) identificaram conodontes e foraminíferos bentônicos nos calcários da Formação Piauí. A assembleia de conodontes inclui: *Idiognathodus magnificus*, *Idiognathodus delicatus*, *Cavusgnathus lautus*, *Cavusgnathus gigantus*, *Cavusgnathus* sp., *Ozarkodina delicatula*, *Gnathodus bassleri* e fragmentos atribuídos a Euprioniodina. Com relação aos foraminíferos bentônicos, foram identificados 10 gêneros e 7 espécies de foraminíferos arenáceos obtidos do resíduo insolúvel de amostras: *Reophax* sp., *Tolypammina* sp. cf. *T. gersterensis*, *Tolypammina* sp., *Ammobaculites* sp., *Textularia* sp., *Ammovertella* sp., *Ammovertella inclusa*, *Ammovertella* sp. aff. *A. lisae*, *Sorosphaera* sp., *Sorosphaera?* *cooperensis*, *Glomospira ardculosa*, *Glomospira* sp., *Haplophragmoides* sp., *Hyperammina* sp. *Hyperammina* sp. cf. *H. sappintonensis*, *Hyperammina* sp. cf. *H. rockfordensis* e *Rhabdammina* (?) sp.; 7 gêneros e 1 espécie de foraminíferos calcários identificados, principalmente, em seções delgadas: *Orthovertella?* sp., *Earlandia* sp., *Globivalvulina bulloides*, *Endothyra* sp., *Climacammina* sp., *Endothyranella* sp., *Calcitornella* sp. A e *Calcitornella* sp. B.

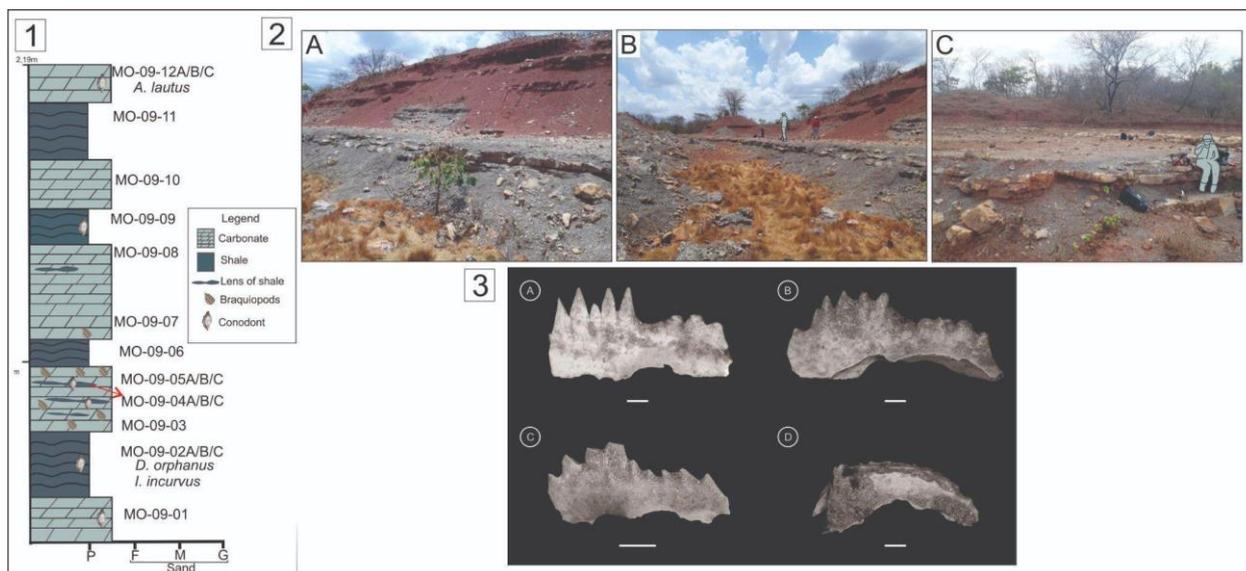
MEDEIROS (2020) estudou o Membro Superior da Formação Piauí, descreveu uma fauna de invertebrados marinhos, constituída por moluscos gastrópodes, cefalópodes e bivalves, braquiópodes, briozoários, trilobitas, equinodermas crinóides, ostracodes, escolecodontes, icnofósseis e esponjas associados à foraminíferos e conodontes *Neognathodus*, *Declinognathodus* e *Idiognathodus*.

DIAS (2021) deu prosseguimento a este trabalho refinando a bioestratigrafia e a paleoecologia dessa mesma sequência do Membro Superior da Formação Piauí, a partir da excursão realizada na região em 2019 (Figura 10). O estudo identificou uma fauna de conodontes composta por *Diplognathodus orphanus*, *Idiognathodus incurvus* e *Adetognathus lautus*, com ocorrência inédita de *Diplognathodus orphanus*, bem como uma revisão na nomenclatura dos taxóons de CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS (1979)

OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA

atualizando a assembleia para *Idiognathodus incurvus*, *Adetognathus lautus*, *Ellisonia conflexa* e *Idioproniodus*.

Figura 10. Perfil litoestratigráfico do afloramento MO-O9, Mineradora Icaraí. 2. A, B, C) Imagens do afloramento MO-O9, Mineradora Icaraí. 3. Elementos conodontes coletados no Carbonato Mocambo, afloramento MO-O9, Formação Piauí, Bacia do Parnaíba. A, B) *Diplognathodus orphanus*. Elementos adultos. MO-O9-02C. C) *Diplognathodus orphanus*. Elemento juvenil. MO-O9-02C. D) *Idiognathodus incurvus* Dunn, 1966. Elemento adulto. MO-O9-02C. (Modificado de DIAS, 2021).



MEDEIROS (2020) ao descrever a fauna de invertebrados marinhos do Calcário Mocambo observou a ocorrência de foraminíferos bentônicos, porém não realizou um estudo taxonômico aprofundado. A análise preliminar do conteúdo registrado em imagens de microscopia petrográfica identifica diferentes níveis promissores para a ocorrência de foraminíferos bentônicos, formados por fácies carbonáticas bioclásticas e peloidais, assim como a ocorrência de espécimes de foraminíferos bentônicos em diferentes amostras. Estas ocorrências correspondem a formas que integram associações de foraminíferos em bacias coevas vizinhas, como as bacias do Amazonas e Solimões onde espécies importantes bioestratigraficamente se fazem presentes. Assim, sua ocorrência neste material proveniente da Formação Piauí gera uma perspectiva otimista quando se trata da realização de estudos

mais aprofundados, através de uma análise criteriosa da coleção de MEDEIROS (2020), assim como nas amostras inéditas, a serem estudadas.

5 Discussões

Das unidades que compõem o Grupo Balsas, a Formação Piauí possui maior ocorrência espacial na bacia e é considerada de idade pensilvaniana com base na análise de palinomorfos em subsuperfície, por meio de poços estratigráficos e pela fauna de invertebrados marinhos registrada nos estratos do Calcário Mocambo, Membro Superior da Formação Piauí, composta predominantemente por moluscos gastrópodes, cefalópodes e bivalves, braquiópodes, briozoários, trilobitas, equinodermas crinoides, escolecodontes e esponjas associados à foraminíferos, conodontes, fragmentos de peixe, fragmentos ósseos e vegetais, os quais indicam deposição em ambientes marinhos de água rasa (CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS, 1979; SOUZA ET AL., 2010).

Os primeiros estudos de conodontes da Bacia do Parnaíba foram realizados por CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS em sua publicação pioneira em 1979. Os conodontes são um grupo ainda pouco analisado na Bacia do Parnaíba, somente quarenta anos depois do trabalho de CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS (1979) outras pesquisas foram apresentadas por MEDEIROS (2020) e DIAS (2021).

CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS (1979) posicionaram os carbonatos marinhos da Formação Piauí, principalmente com base na ocorrência de conodontes e foraminíferos. Esses autores determinaram idade pensilvaniana inferior à média para os estratos do Calcário Mocambo.

MEDEIROS (2020), trabalhando com a sucessão sedimentar do Membro Superior da Formação Piauí, entre os Municípios de José de Freitas, União, Miguel Alves e Lagoa Alegre, identificou uma assembleia de conodontes de idade bashkiriana (Morrowano – Atokano) formada por *Declinognathodus noduliferus*, que ocorre no Bashkiriano; *Neognathodus medexultimus*, cuja ocorrência vai do Bashkiriano superior ao Kasimoviano e *Idiognathodus incurvus*, considerado como marcador do Bashkiriano superior ao Moscoviano inferior (Atokano médio) para a América do Norte. Essa associação de conodontes ocorre em uma fácies de plataforma carbonática na Bacia do Parnaíba e constitui o registro mais oriental da influência do paleoceanos Pantalassa, Pensilvaniano, conforme mencionado por MEDEIROS ET AL. (2019).

OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA

DIAS (2021), visando à prospecção de conodontes nos carbonatos da Formação Piauí, no município de José de Freitas, trouxe dados taxonômicos inéditos com a primeira ocorrência de *Diplognathodus orphanus* no Calcário Mocambo. *Diplognathodus* é um excelente marcador bioestratigráfico do Pensilvaniano Médio, especialmente *D. orphanus*, que ocorre apenas no Bashkiriano superior.

A ocorrência desse táxon, a revisão dos táxons *Neognathodus bassleri*, *Idiognathodus incurvus* e *Adetognathus lautus*, do trabalho de CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS (1979), juntamente com megásporos, ostracodes, foraminíferos bentônicos e dentes de peixe encontrados em DIAS (2021), permitiu refinar a idade desses carbonatos marinhos para o Bashkiriano superior (Atokano médio) e corroborar um paleoambiente de plataforma marinha rasa para essa sucessão sedimentar.

Até o momento o único trabalho sobre os foraminíferos bentônicos da Formação Piauí foi publicado por CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS (1979), por meio de estudos taxonômicos, trouxeram a primeira contribuição e preliminarmente apontaram a ocorrência de uma diversificada fauna de macroinvertebrados marinhos. À luz do conhecimento mais recente sobre os foraminíferos bentônicos, dentre as espécies e gêneros observados pelos autores em lâmina delgada, *Globivalvulina bulloides* e *Endothyranella* sp. são formas potencialmente úteis para aplicação biocronoestratigráfica. A primeira como marcadora da base do Bashkiriano inferior (Morrowano superior) e a segunda, como marcadora do topo do Moscoviano inferior (Atokano superior). São táxons que em associação com outras espécies de foraminíferos bentônicos, especialmente fusulinídeos, apresentam potencial de geração de dados biocronoestratigráficos de alta resolução abaixo de 2 milhões de anos, conforme observado em publicações geradas por especialistas no tema em diferentes bacias coevas e mundialmente distribuídas e aplicado no esquema zonal de ALTINER & SAVINI (1995) revisado e convertido segundo a codificação de zonas FS da PETROBRÁS S.A.

Os foraminíferos arenáceos e calcários identificados por CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS (1979) foram comparados a espécies de assembleias mississipianas e pensilvanianas, particularmente da Província Tetiana. Segundo os autores, das espécies identificadas, somente *Glomospira articulosa* e *Orthovertella* sp., cujas amplitudes conhecidas abrangem do Pensilvaniano ao Permiano, ofereceram evidência para o posicionamento da idade da assembleia. Com base em correlações com a microfauna de **Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 3, Número 3, p.215 – 233, Janeiro/Junho, 2022. ISSN: 2675-9748 DOI:10.29327/261865.3.3-15**

conodontes observada, os autores definiram uma idade pensilvaniana (Bashkiriano ao Moscoviano inferior) para os depósitos estudados. Contudo, o trabalho não apresenta estampas ou qualquer forma de representação ilustrativa dos espécimes identificados, o que prejudica uma análise crítica da classificação taxonômica realizada. Além disso, a metodologia aplicada por CAMPANHA & ROCHA-CAMPOS (1979) para o estudo dos foraminíferos arenáceos não é a mais indicada para fins de análise taxonômica, uma vez que as estruturas morfológicas diagnósticas são observáveis em cortes, através do estudo em lâmina delgada. Assim, este grupo de microfósseis carece sobremaneira de um estudo aprofundado para fins biocronoestratigráficos.

Além disso, a análise dos trabalhos paleontológicos previamente registrados na Bacia do Parnaíba mostrou a necessidade de reavaliação e interpretação do significado biocronoestratigráfico das ocorrências, com ausência, em muitos dos casos, de controle estratigráfico das amostras contendo fósseis publicados.

A interpretação biocronoestratigráfica preliminar, baseada em conodontes e foraminíferos sugere novos posicionamentos geocronológicos para as unidades do Grupo Balsas, diferentemente do que está apresentado nas cartas estratigráficas mais recentes (e.g., VAZ ET AL., 2007). Desta forma, à medida que forem gerados novos dados baseados em conodontes e foraminíferos bentônicos, a partir da amostragem tanto de campo quanto de subsuperfície, dados mais refinados poderão vir a contribuir na construção de uma nova carta geocronológica para o Grupo Balsas.

6 Considerações finais

Acumulações de rochas carbonáticas são registradas em várias regiões do mundo e estão geralmente associadas à instalação de mares epicontinentais. Na América do Sul durante o intervalo Carbonífero-Permiano, enquanto a porção sul do Pangeia experimentava condições climáticas mais frias à glaciais, a porção mais tropical deste supercontinente estava sob condições de clima mais quente. Neste período, a Bacia do Parnaíba registrou a presença de um mar epicontinental que desaguava no Oceano Panthalassa. Os eventos transgressivos ligados a esse mar epicontinental resultaram na construção de depósitos carbonáticos transgressivos da Bacia do Parnaíba, especialmente nas sucessões carbonáticas-siliciclásticas dos depósitos da Formação Piauí onde é encontrada uma rica fauna fóssil que inclui os conodontes e foraminíferos.

OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA

O foco dos trabalhos micropaleontológicos concentra-se na seção de idade pensilvaniana da Bacia do Parnaíba, sendo os que resultados apresentados neste trabalho referem-se a esse intervalo estratigráfico, constituído pelas rochas sedimentares da Formação Piauí onde são encontrados os conodontes e foraminíferos bentônicos.

O volume e a qualidade do material coletado nos trabalhos de campo realizados em 2019 e 2021, visando a prospecção paleontológica com controle estratigráfico de alta resolução, mostram-se promissores para aplicação biocronoestratigráfica. Os resultados destas análises paleontológicas (taxonomia, interpretações bioestratigráficas e de paleoambiente e biozoneamento estratigráfico das seções estudadas), minuciosamente amarradas às informações sedimentológicas e estratigráficas levantadas durante os trabalhos de campo, serão extremamente importantes para o refinamento bioestratigráfico e a caracterização paleoambiental/paleoecológica dos estratos da Formação Piauí.

Referências bibliográficas

ABRANTES, Francisco Romério, NOGUEIRA, Afonso César Rodrigues, ANDRADE, Luiz Saturnino, BANDEIRA, José, SOARES, Joelson Lima., MEDEIROS, Renato Sol Paiva. Register of increasing continentalization and palaeoenvironmental changes in the west-central pangaea during the Permian-Triassic, Parnaíba Basin, Northern Brazil. **Journal of South America Earth Sciences**, v. 93, p. 294–312, 2019.

ALDRIDGE, Richard John, BRIGGS, Derek Ernest Gilmor, SMITH, March Paul, CLARKSON, Euan, CLARK, Neil. **The anatomy of conodonts**. Philosophical Transaction of Royal Society of London, v. 340, p 405–421, 1993.

ALTINER, Demir. & SAVINI, Ricardo. Pennsylvanian foraminifera and biostratigraphy of the Amazonas and Solimões basins (North Brazil). **Revue de Paléobiologie**, v. 4, n. 2, p. 417-453, 1995.

ANTUNES, Rogério Loureiro & MELO, José Henrique Gonçalves. Micropaleontologia e estratigrafia de sequências. In: Ribeiro, H.J.P.S. (ed.). **Estratigrafia de sequências – Fundamentos e aplicações**. Editora Unisinos, São Leopoldo, p. 137-218, 2001.

DIAS, Sanmya Karolyne Rodrigues. **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, 2021.

CAMPANHA, Vilma Alves & ROCHA-CAMPOS, Antônio Carlos. Alguns microfósseis da formação Piauí (neocarbonífero), Bacia do Parnaíba. **Bol. IG**, v. 10, p. 57, 1979.

Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 3, Número 3, p.215 – 233, Janeiro/Junho, 2022. ISSN: 2675-9748 DOI:10.29327/261865.3.3-15

Sara Nascimento, Sanmya Karolyne Rodrigues Dias, Luciane Profs Moutinho, Ana Karina Scomazzon

GÓES, Ádison & FEIJÓ, Flávio Juaréz. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 57-68, jan./mar. 1994.

GÓES, Ana Maria. 1995. **A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 172, 1995.

LE MOS, Valesca Brasil, MEDEIROS, Rodi Ávila. O Limite Morrowano/Atokano na Bacia do Amazonas, Brasil, com base em conodontes. **Bol. Geociências Petrobras**, v.10, p. 165–173, 1996.

LIMA FILHO, Francisco Pinheiro & ANELLI, Luiz Eduardo. Contribution to the Late Paleozoic stratigraphy of the Parnaíba basin. *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy, IUGS Subcommission on Carboniferous Stratigraphy*, v. 15, p. 36-37, 1997.

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

MEDEIROS, Renato Sol Paiva, NOGUEIRA Afonso Cesar Rodrigues, SILVA JUNIOR José Bandeira Cavalcante & SIAL, Alcides Nóbrega. Carbonate-clastic sedimentation in the Parnaíba Basin, northern Brazil: Record of carboniferous epeiric sea in the Western Gondwana. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 91, p. 188–202, 2019.

PURNELL, Mark Andrew. Microwear on conodont elements and macrophagy in the first vertebrates. **Nature**, v. 374, p. 798–800, 1995.

SCOMAZZON, Ana Karina, MOUTINHO, Luciane Profs, NASCIMENTO, Sara, LEMOS, Valesca Brasil & MATSUDA, Nilo Siguehiko. Conodont biostratigraphy and paleoecology of the marine sequence of the Tapajós Group, Early-Middle Pennsylvanian of Amazonas Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 65, p. 25-42, 2016.

SOUZA, Paulo Alves de, MATZEMBACHER, Lucas Thetinsk, ABELHA, Marina & BORGHI, Leonardo. Palinologia da Formação Piauí, Pensilvaniano da Bacia do Parnaíba: Biocronoestratigrafia de intervalo selecionado do poço 1-UN-09-PI (Caixas, MA, Brasil). **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 13, n. 1, p. 57-66, 2010.

VAZ, Pekim Tenório, REZENDE, Nélio das Graças de Andrade da Mata, WANDERLEY FILHO, Joaquim Ribeiro & TRAVASSOS, Walter Antonio Silva. A Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 253–263, 2007.

WILNER, Everton, LEMOS, Valesca Brasil & SCOMAZZON, Ana Karina. Associações naturais de conodontes *Mesogondolella* spp, Grupo Itararé, Cisuraliano da Bacia do Paraná. **GAEA Journal of Geosciences**, v. 9, n. 1, p. 30-36, 2016.

ZERFASS, Geise de Santana dos Anjos & ANDRADE, Edilma de Jesus. Foraminíferos e Bioestratigrafia: uma abordagem didática. **TERRÆ DIDÁTICA**, v. 3, n. 1, p. 18-35, 2018.

OCORRÊNCIA DE CONODONTES E FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO BASHKIRIANO DA FORMAÇÃO PIAUÍ, GRUPO BALSAS, BACIA DO PARNAÍBA

Agradecimentos¹

¹ Os autores agradecem às instituições convenientes do projeto BIOCRO NORTE: PETROBRAS (Processo Sigitec 2018/00541-5), FAURGS (8391-3), UFPA, UFPE, UFRGS (Interação Acadêmica 000803), USP, ANP (21561-6); aos pesquisadores da Universidade Federal do Piauí (campus Teresina e Floriano) que apoiaram a expedição. PAS (313340/2018-8), ACRN (307484/2018-0) e JCM (309519/2018-7) são bolsistas do CNPq.