



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

**MICROPALEONTOLOGIA DA FORMAÇÃO PIRABAS
(EOMIOCENO) NO DISTRITO DE JAPERICA, MUNICÍPIO DE SÃO
JOÃO DE PIRABAS, ESTADO DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:

IOLANDA CLARA DO CARMO GOMES

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora (IG/UFPA)

BELÉM - PARÁ

2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C287m Gomes, Iolanda Clara do Carmo.
 Micropaleontologia da Formação Pirabas (Eomioceno) no
 distrito de Japerica, município de São João de Pirabas, estado do
 Pará / Iolanda Clara do Carmo Gomes. — 2021.
 xi, 58 f. : il. color.

 Orientador(a): Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora
 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
 Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia,
 Belém, 2021.

 1. Formação Pirabas. 2. Microfósseis. 3. Briozoários. 4.
 Mioceno. I. Título.

CDD 560.47



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Faculdade de Geologia

MICROPALEONTOLOGIA DA FORMAÇÃO PIRABAS
(EOMIOCENO) NO DISTRITO DE JAPERICA, MUNICÍPIO DE SÃO
JOÃO DE PIRABAS, ESTADO DO PARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:

IOLANDA CLARA DO CARMO GOMES

Como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Geologia.

Data da defesa: 01/07/21

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora
(Orientador – UFPA)

Prof. Ms. José Fernando Pina Assis
(Membro – UFPA)

Dr. Maria Inês Feijó Ramos
(Membro - Museu Paraense Emílio Goeldi)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará e ao seu Instituto de Geociências pela estrutura e oportunidades ofertadas que foram responsáveis pela minha formação acadêmica.

Aos meus pais, José Augusto e Selumite pelo incentivo e apoio as minhas decisões e por sempre fazerem o possível para meu sucesso.

Ao Lucas Manaças, meu amor, pelo companheirismo e compreensão, e por me dar energia em momentos de desânimo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora, pelo carinho e incentivo durante a minha vida acadêmica e pelas oportunidades oferecidas desde 2017 que fizeram eu me apaixonar pela paleontologia e contribuíram para minha qualificação profissional.

Ao Prof. Joelson Lima Soares, por ceder os recursos do Laboratório de Catodoluminescência do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG/UFPA) para a execução das fotomicrografias que ilustram este trabalho e á Anna Andressa e Marcela Pompeu por me auxiliarem.

Á todos os professores, técnicos e monitores que tive na Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará (FAGEO/UFPA) pelos ensinamentos que se tornaram essenciais para meu crescimento profissional.

Á equipe do Laboratório de Paleontologia (LabPaleo) da FAGEO/UFPA pela iniciativa, pesquisa de campo e coleta de amostra responsáveis pelo desenvolvimento desta pesquisa.

Á minha irmã, Alice pelo apoio durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

Á Talyssa Brasil pela amizade, confidencias e risadas desde o primeiro ano do curso.

Aos meus amigos e colegas de curso, Wivian, Júlio, Carlos, Brenda, Pedro Oliveira, Yury, Isabella, Lilian, Nívia, Giulliana, Alane, Matheus, Pedro Henrique, Samuel e Leandro Sepeda pela companhia e estímulo durante os bons e maus momentos da graduação e por tornarem as viagens de campo mais divertidas.

Aos funcionários da biblioteca do Instituto de Geociências e em especial a bibliotecária Lúcia de F. Imbiriba de Souza pelas orientações na formatação deste documento.

RESUMO

A Formação Pirabas ocorre na região nordeste do Estado Pará de forma ampla e descontínua, nas zonas fisiográficas do Salgado e Bragantina. Os estudos detalhados concentram-se nas seções aflorantes mais expressivas (municípios de Capanema, Salinópolis e Maracanã), enquanto localidades de menor expressão hoje estão desaparecendo pela expansão urbana ou recobrimento pela sedimentação quaternária. A presente pesquisa pretendeu realizar análise micropaleontológica detalhada da ocorrência do distrito de Japerica, município de São João de Pirabas, um afloramento restrito e bastante intemperizado estéril em microfósseis. A análise micropaleontológica revelou associação microfaunística caracterizadas por baixa representatividade numérica e aparente baixa diversidade genérica e específica, sendo composta por nove gêneros de briozoários, além de moluscos bivalvíos, equinóides, ofiuroides e crinóides subordinados, e raros ostracodes e gastrópodes. As interpretações paleoambientais a partir da briozoofauna sugerem ambiente marinho raso, eutrófico de águas quentes oxigenadas, agitadas e com alta disponibilidade de carbonato de cálcio. O rico e variado conteúdo microfossilífero da Formação Pirabas em ocorrências desta mesma litofácies melhor representadas em outras localidades, sugere alterações locais na composição taxonômica original devido a processos diagenéticos e ação contínua de intemperismo físico e químico sobre as rochas (lixiviação, dissolução e recristalização) ocasionando fragmentação e destruição significativa de grande parte dos bioclastos e baixa qualidade preservacional dos táxons presentes que dificultou o reconhecimento de feições morfológicas diagnósticas.

Palavras-chave: Formação Pirabas; microfósseis; Briozoários; Mioceno.

ABSTRACT

The Pirabas Formation occurs in the physiographic zones of Salgado and Bragantina, northeast region of Pará state, in an extensive and scattered outcrops, most expressive at Capanema, Salinópolis and Maracanã areas, and others less expressive localities that are disappearing due to urban expansion or by quaternary sedimentation cover. This research deals a detailed micropaleontological analysis in the occurrence of district of Japerica, municipality of São João de Pirabas, a restricted, highly weathered outcrop with macrofossils absents. This study reveals a microfaunistic association characterized by little abundance and apparent generic and specific diversity, consisting of nine genera of bryozoans, in addition to bivalves, echinoids, ophiuroids and crinoids, as well as rare ostracods and gastropods. The paleoenvironmental interpretations suggest an eutrophic and shallow marine environment with agitated, oxygenated, warm waters with high disponibility of calcium carbonate. The rich and varied microfossiliferous content of this same lithofacies in better represented occurrences of the Pirabas Formation, suggests changes in the original taxonomic composition due to diagenetic processes and continuous action of physical and chemical weathering on the rocks (leaching, dissolution and recrystallization processes) causing fragmentation and great destruction of a majority of bioclasts and poor preservation quality of the present taxa, which made it difficult to recognize diagnostic morphological features.

Keywords: Pirabas Formation; microfossils; Bryozoa; Miocene.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Mapa geológico da Plataforma Bragantina e Bacia do Marajó, medidas de paleocorrente na forma de rosetas. Fonte: Modificado de Nogueira *et al.* (2021). 3
- Figura 2 - Síntese da Carta litoestratigráfica da Plataforma Bragantina e sua correlação com as flutuações globais do nível do mar durante o tempo geológico. Fonte: Amorim (2016) e Rossetti *et al.* (2013). 6
- Figura 3 - Fotografia do afloramento da Formação Pirabas no distrito de Japerica, município de São João de Pirabas: A- Visão geral; B- Calcarenito em detalhe. Fonte: Equipe LabPaleo. 9
- Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autora. 22
- Figura 5 - Anatomia básica de cheilostomatas. Fonte: Modificado de Taylor (2020). 25
- Figura 6 - Ilustração esquemática do ciclo de vida da espécie *Bugula nerítina*. Fonte: Modificado de Ciavatta *et al.* (2020). 26
- Figura 7 - Ordem Cyclostomata: A- *Crisia* sp.; B- *Idmonea* sp. Ordem Cheilostomata: C- *Steginoporella* sp.; D-E- *Nellia tenella*; F-G- *Bugula* sp.; H-J- *Pirabasoporella atalaiensis*; K-L- *Metrarabdotos* sp.; M- *Catenicella elegans*; N- *Pasythea* sp. Fonte: Autora. 41
- Figura 8 - Filo Mollusca: A-B- Classe Gastropoda, *Architectonica* sp.; C-G-Classe Bivalvia, *Clamys* sp.(C-D), *Crassostrea* sp.(E-G); Filo *Artropoda*: H-J-Classe Ostracoda, *Neonesidea* sp. Fonte: Autora. 43
- Figura 9 - Classe Echinoidea: A-B- *Phyllacanthus priscus*, carapaça (A), espinho liso (B); C-F- *Prionocidaris* sp., espinho estriado (C), ornamentação em grânulos (D), visão geral (E), fragmento de espinho com incrustação de briozoário (F). Ordem Comatulida: G-J- Comatulida indet.: ossículo centrodorsal (G); placa branquial com articulação obliqua (H), placa branquial com articulação sizigial (I), placa branquial com articulação reta (J). Classe Ophiuroidea: K-O-Ophiuroidea indet., ossículos vertebrais. Fonte: Autora. 44

Figura 10 - Tafonomia de briozoários com diferentes substratos e morfologia colonial. Fonte: Modificado de Taylor (2020).	47
Figura 11 - Diagrama esquemático de seleção hidrodinâmica de formas tipo A e B de Nummulites. Assembleia paraúctone dominada por formas tipo A, assembleia alóctone composta por formas tipo A, e assembleias residuais enriquecidas ou compostas completamente por formas tipo B. Fonte: Modificado de Saraswati & Srinivasan (2016).	48
Quadro 1- Morfologia Zoarial: Posição Relativa e Modo de Fixação ao Substrato, modificado de Hageman <i>et al.</i> (1998); Estas características fazem relação entre a superfície alimentadora da colônia e seu substrato.	29
Quadro 2 - Morfologia Zoarial: Tipos de Morfologia Zoarial, modificado de Hageman <i>et al.</i> (1998) e Taylor (2020); Classifica os tipos morfológicos de arranjo de zoécios na colônia durante seu crescimento.....	30
Quadro 3 - Morfologia Zoarial: Construção Zoarial e Arranjo das Superfícies Frontais, modificado de Hageman <i>et al.</i> (1998); A construção zoarial faz relação a flexibilidade da colônia, sendo relacionada a adequação a ambientes de alta energia. O arranjo das superfícies frontais reflete as estratégias usadas pela colônia para ocupar um espaço de acordo com a direção e orientação de crescimento.	31
Quadro 4 - Morfologia Zoarial: Tipos e Frequência das Bifurcações, modificado de Hageman <i>et al.</i> (1998); Os tipos de bifurcações são utilizados para avaliar a eficácia de colônias ramificadas para ocupar o espaço, sendo assim a frequência faz relação ao número de bifurcações por segmento de ramo.	32
Quadro 5 - Morfologia Zoécial: Arranjo Zoécial, modificado de Hageman <i>et al.</i> (1998) e Taylor (2020); Esta categoria reflete as adaptações da colônia para as estratégias alimentares de acordo com a quantidade de series de zoécios por ramo ou superfície.	33
Quadro 6 - Tabela de Morfologia Zoécial: Arranjo das Unidades Estruturais, modificado de Hageman <i>et al.</i> (1998); Esta categoria faz relação ao arranjo dos zoécios a partir da ancestrula, sendo uma classificação simplificada de morfologia zoarial.	34

Quadro 7 - Morfologia Zoécial: Conexão entre as Unidades Estruturais, modificado de Hageman <i>et al.</i> (1998); Esta categoria classifica os tipos de conexão entre as unidades estruturais em colônias de morfologia mais complexas.....	35
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela quantitativa de fragmentos zoariais de briozoários.	28
Tabela 2 - Tabela quantitativa de fragmento de outros microfósseis.	42

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VII
LISTA DE TABELAS	X
1 INTRODUÇÃO	1
2 GEOLOGIA E MICROPALAEONTOLOGIA DA FORMAÇÃO PIRABAS	3
2.1 FORMAÇÃO PIRABAS.....	3
2.2 AFLORAMENTO JAPERICA	8
2.3 MICROFÓSSEIS DA FORMAÇÃO PIRABAS	10
3 OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVOS GERAIS	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 REUNIÃO DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS	22
4.2 ATIVIDADES DE CAMPO E LABORATÓRIO	22
4.2.1. Pesagem, desagregação mecânica, peneiramento e secagem	23
4.2.2. Triagem dos microfósseis	24
4.2.3. Classificação sistemática	24
5 ANÁLISE MICROFAUNÍSTICA	25
5.1 BRIOZOÁRIOS	25
5.1.1. Sistemática	36
5.2 OUTROS MICROFÓSSEIS	42
6 CONSIDERAÇÕES PALEOBIOLÓGICAS	45
7 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Estudos detalhados dos microfósseis da Formação Pirabas, com enfoque principalmente em seus aspectos paleoambientais, paleoecológicos e bioestratigráficos, concentraram-se ao longo do tempo, nas regiões da Capanema, Salinópolis e Maracanã. É necessário, entretanto, que este conhecimento seja efetivado em outras localidades pouco expressivas para que a integração destes dados favoreça o conhecimento da unidade litoestratigráfica como um todo, principalmente nos aspectos de correlação das suas microfaunas com as que ocorrem nas unidades de litoestratigráficas sincrônicas do sul dos Estados Unidos, América central e região caribeana.

Com a publicação de um artigo sobre as localidades fossilíferas da Formação Pirabas em 2010, por Távora e colaboradores, a equipe do Laboratório de Paleontologia (LabPaleo) da Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, em 2016 começou a visitar todas as localidades citadas na literatura da Formação Pirabas, com o propósito de realizar um mapeamento geopaleontológico detalhado e proceder novas coletas de fósseis com controle estratigráfico.

As fases iniciais deste trabalho detectaram que as localidades Igarapé Camaleão (município de Primavera), Igarapé Grande (município de Marapanim), Igarapé Quitéria (município de Santa Isabel do Pará) e ilha do Campo do Sal (município de São João de Pirabas) e Campinho (município de Bragança) não possuem mais registro aflorante, seja pela expansão urbana ou recobrimento pela expressiva sedimentação quaternária, esta última atuante principalmente naquelas ocorrências registradas nas margens de cursos d'água.

Vale ressaltar que a localidade Caieira Célio Lobato, situada no município de Capanema, onde foi encontrada uma das mais expressivas flóruas fósseis cenozoicas do Brasil, foi a primeira da Formação Pirabas, que se tem notícia, foi destruída pela expansão urbana.

O presente estudo apresenta o resultado das pesquisas paleontológicas na ocorrência do distrito de Japerica, município de São João de Pirabas, efetivadas por Petri (1957a, 1957b), Ferreira (1960) e Brito (1971). Os dados a serem obtidos com esta pesquisa serão integrados aos já levantados, na tentativa de compreender a geologia da Formação Pirabas na zona fisiográfica do Salgado. Ainda que na literatura sobre a Formação Pirabas não haja qualquer descrição detalhada sobre este afloramento, acredita-se que a urbanização do distrito de Japerica, culminando com a construção da orla tenha destruído pelo menos uma parte deste

registro. A dinâmica do Rio Japerica e o aumento do nível de suas águas durante o inverno amazônico, que atinge este afloramento certamente vai acelerar a sua completa destruição em poucos anos.

2 GEOLOGIA E MICROPALAEONTOLOGIA DA FORMAÇÃO PIRABAS

2.1 FORMAÇÃO PIRABAS

A Plataforma Bragantina (Figuras 1) é uma bacia *onshore* situada na porção costeira atlântica equatorial oeste do Brasil, cuja subsidência foi controlada durante a fase de drifting da abertura do oceano Atlântico, e tem como embasamento rochas ígneas e metamórficas do Cinturão Gurupi e arenitos paleozoicos. Os depósitos miocênicos desta Plataforma representam uma sequência transgressiva-regressiva de depósitos carbonáticos de plataforma rasa da Formação Pirabas e depósitos siliciclástica de leque deltaicos da Formação Barreiras cobertos por sedimentos quaternários pós-Barreiras (Nogueira *et al.* 2021).

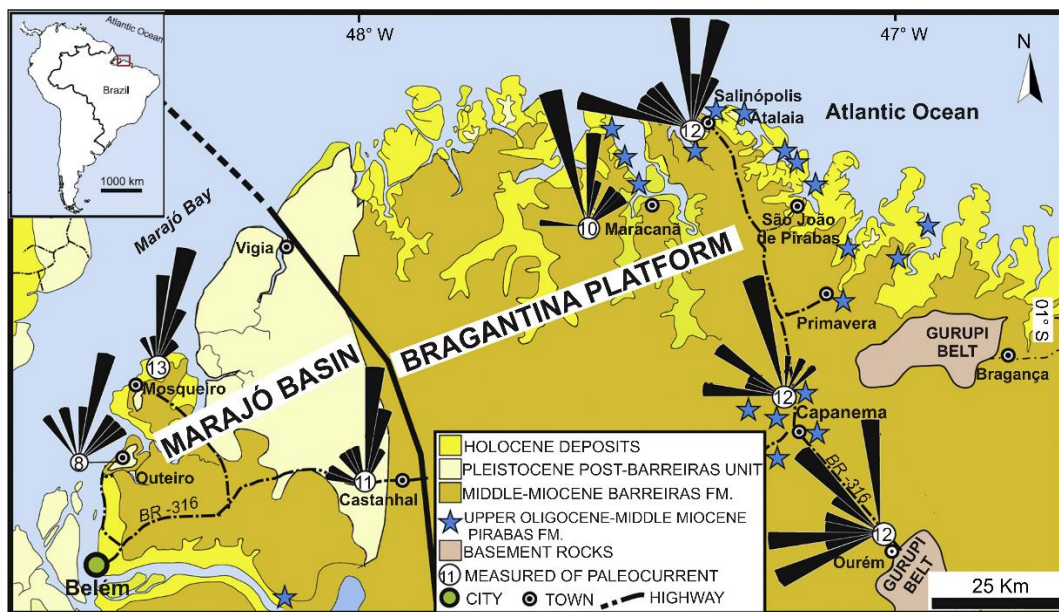


Figura 1 – Mapa geológico da Plataforma Bragantina e Bacia do Marajó, medidas de paleocorrente na forma de rosetas. Fonte: Modificado de Nogueira *et al.* (2021).

A Formação Pirabas (Maury 1925) ocorre descontinuamente nos estados do Pará, Maranhão e Piauí, tendo sido inicialmente referida por Ferreira Pena (1876), que registrou os calcários fossilíferos da ilha de Fortaleza, litoral paraense.

No Pará ocorre em superfície e subsuperfície na região nordeste do Estado, nas zonas fisiográficas do Salgado e Bragantina. Suas principais ocorrências situam-se na ilha de Fortaleza e nas jazidas da mina da CIBRASA, nos municípios de São João de Pirabas e Capanema, respectivamente (Costa *et al.* 1993). Ferreira & Francisco (1988) admitiram que esta área poderá ser ampliada, caso seja considerado o seu prolongamento ao longo da costa do Amapá, e mergulhando cerca de 200 km para dentro da plataforma do Pará e além do rio Guamá

no km 48 da BR- 010, município de Irituia. Litologicamente é constituída por calcários cinza de composição variável (coquinas, biohermitos, micritos, dolomicritos, margas e bioclastos) intercalados com calcarenitos e folhelhos negros, depositados em ambiente marinho de águas rasas e quentes (Ferreira 1982).

Desde sua formalização como unidade litoestratigráfica por Maury (1925), os sedimentos da Formação Pirabas têm sido considerados como miocênicos. Entretanto, Ferreira (1982) estendeu sua deposição ao intervalo Neo-Oligoceno- Eomioceno, baseado na correlação com pacotes sedimentares da Bacia da Foz do Rio Amazonas (Membro Araguari da Formação Marajó e sequências Tambaqui e Tamoatá da Formação Amapá), assim como pela presença do gastrópode *Orthaulax pugnax* e foraminífero planctônico *Globorotalia opima* na sondagem em Vila Mãe do Rio, município de Irituia (Ferreira *et al.* 1981), fósseis cuja distribuição estratigráfica estende-se do Neo-Oligoceno ao Eomioceno. Com base em foraminíferos planctônicos (espécies dos gêneros *Globorotalia* e principalmente *Globigerinoides*), admitiu-se que a sequência marinha mais antiga em território paraense data da base do Eomioceno (Fernandes 1988, Fernandes & Távora 1990, Távora & Fernandes 1999).

Os sedimentos terciários (Mioceno - Pleistoceno) do Grupo Barreiras repousam discordantemente sobre a Formação Pirabas (Francisco *et al.* 1971) e, segundo Ferreira & Francisco (1988), não ocorre interdigitação entre estas unidades, como mencionado por outros autores. Góes *et al.* (1990) reportaram que o contato entre a Formação Pirabas e o Grupo Barreiras é interdigitado e gradual, baseados em estruturas sedimentares e palinórfos.

Devido ao abundante e variado conteúdo fossilífero, a Formação Pirabas está bem caracterizada sob o ponto de vista paleoambiental. Uma das primeiras referências ao ambiente deposicional desta formação foi realizada por Ferreira & Cunha (1957), como marinho de águas límpidas, rasas, nerítico, próximo ao litoral de mar aberto, onde o clima deveria ter sido quente e a costa baixa.

O registro de formas fósseis típicas de determinados subambientes marinhos, possibilitou maior detalhamento deste ambiente deposicional. Assim, diversos autores dividiram a Formação Pirabas em ecofácies. Além de proporem a divisão faciológica, estes autores também teceram considerações sobre a extensão e litologia delas. Petri (1957a, 1957b) dividiu a Formação Pirabas nas fácies ecológicas Castelo, Canecos e Baunilha Grande, delimitando os afloramentos do litoral, Zona Bragantina e furo Baunilha Grande,

respectivamente. Ferreira (1966, 1980, 1982), Ferreira & Cassab (1985) e Ferreira & Francisco (1988) reconheceram as fácies Castelo, Baunilha Grande e Capanema, admitindo que esta última se localiza espacialmente acima da fácies Castelo, enquanto a fácies Baunilha Grande é descontínua, estando em posição intermediária entre as outras duas.

A ecofácies Castelo representa um ambiente marinho de águas neríticas, quentes e rasas, com salinidade normal ou acima (Petri 1957a, 1957b, Ferreira 1966, 1980, 1982, Ferreira & Cassab 1985, Ferreira & Francisco 1988), sendo constituída litologicamente por coquinas, biohermitos, micritos e dolomicritos, mergulhando para a plataforma continental do Pará, e se afunilando em direção ao sul do estado (Ferreira 1982). Para essa fácies foi definida a biozona *Orthaulax pugnax*, que compreende uma paleofauna típica de ambientes recifais (estenobiônica), tais como corais hermatípicos, algas coralíneas, briozoários e alguns moluscos, como o gastrópode *Orthaulax pugnax*, que deu o nome à biozona.

A ecofácies Capanema, mencionada como Canecos por Petri (1957a, 1957b), foi depositada num ambiente lagunar, de borda de bacia, com salinidade abaixo do normal (Ferreira 1966, 1980, 1982, Ferreira & Cassab 1985, Ferreira & Francisco 1988). Litologicamente caracteriza-se por margas, micritos, bioclastos, folhelhos rítmicos e arenitos calcíferos.

A ecofácies Baunilha Grande (Petri 1957a, 1957b, Ferreira 1980, 1982, Ferreira & Cassab 1985, Ferreira & Francisco 1988) representa um ambiente redutor tipicamente de mangue, sendo constituída por calcários cinza escuros finamente estratificados e argilas negras com nódulos de calcário escuro contendo crustáceos braquiúres (carcinólitos) e vegetais piritizados.

Góes *et al.* (1990), com base em análise litofaciológica, identificaram sete fácies descritivas: biocalcirruditos (com grande variedade faunística), calcarenitos não estratificados (ou com estratificação cruzada incipiente e fósseis esparsos), calcarenito estratificado (fósseis fragmentados), margas (restos vegetais e peixes), folhelhos verdes (restos vegetais), biohermitos (corais) e calcilutitos (raros fósseis).

Amorim (2016) divide os depósitos da Formação Pirabas em cinco subambientes que ocorrem ao longo da *onshore* da Plataforma Bragantina e que constituem a Plataforma Pirabas. Estes subambientes são agrupados em plataforma interna (depósitos *tidal flats* e laguna rasa/profunda, com baixa diversidade faunística) e plataforma interna/intermediária (depósitos

tidal inlets e barreira bioclásticas/*front shoal*, com rico conteúdo fossilífero). Assim como sugere que as variações mineralógicas, faciológicas e fossilíferas que ocorrem na Formação Pirabas estão diretamente associadas as flutuações de alta frequência do nível do mar durante a transição Oligoceno-Mioceno e Eomioceno, juntamente com reativações de processos tectônicos regionais (Figura 2).

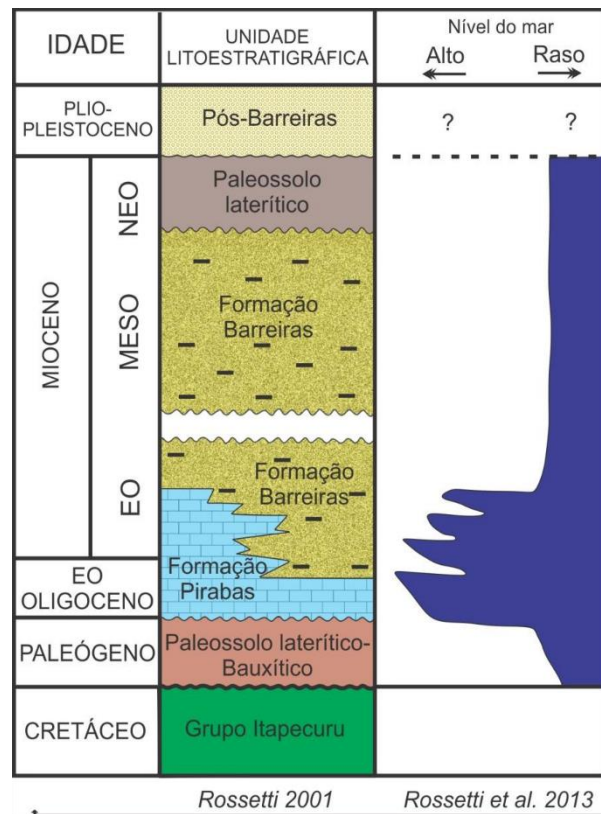


Figura 2 - Síntese da Carta litoestratigráfica da Plataforma Bragantina e sua correlação com as flutuações globais do nível do mar durante o tempo geológico. Fonte: Amorim (2016) e Rossetti *et al.* (2013).

O modelo deposicional proposto por Góes *et al.* (1990), considerando o conteúdo e análise paleontológica, é similar aos propostos anteriormente, citando evidências de ondas de tempestade na plataforma continental, onde os subambientes de plataforma carbonática marinha rasa (ecofácies Castelo), laguna (ecofácies Capanema) e mangue (ecofácies Baunilha Grande) acham-se dispostos de forma interdigitada com sedimentação cíclica, sugerindo frequentes oscilações no nível do mar, e litoral intensamente recortado. Subsequente a este evento deposicional, predominantemente transgressivo e oscilatório, predominou a sedimentação de uma outra sequência, regressiva e siliciclástica (Grupo Barreiras), cujas estruturas sedimentares e conteúdo palinológico típico do Mesomioceno indicam certa contemporaneidade e gradação entre as sequências Pirabas e Barreiras.

Segundo Costa *et al.* (1993) os sedimentos do Terciário Superior na região de Salinópolis, nordeste do Pará, são produtos de um ciclo transgressivo-regressivo, estando depositados em uma bacia assimétrica e alongada de direção NW-SE. O preenchimento desta bacia se processou pela instalação de depósitos marinhos carbonáticos de águas rasas e quentes (Formação Pirabas), os quais dão lugar gradativamente a depósitos regressivos de natureza siliciclástica (Grupo Barreiras), indicando forte soerguimento da borda da bacia e inibição da deposição de carbonatos em subambientes de planície de maré, estuário e plataforma interna. As estruturas que controlaram o desenvolvimento da Formação Pirabas e do Grupo Barreiras são falhas normais NW-SE e inclinadas para NE, e falhas transcorrentes NE-SW que funcionaram como zonas de transferência. Essa evolução é entendida como decorrente do último episódio de manifestação extensional na margem equatorial brasileira, relacionado ao evento de separação América do Sul-África.

Aguilera *et al.* (2020) em estudos na ocorrência da parte superior da Formação Pirabas no afloramento do Atalaia indicou deposição mesomiocênica em paleoambiente caracterizado por plataforma interna rasa e lagoas costeiras com manguezais sob a influência de regime de marés.

2.2 AFLORAMENTO JAPERICA

A ocorrência da Formação Pirabas no distrito de Japerica foi registrada pelo Prof. Cândido Simões Ferreira durante trabalhos de campo na região nordeste do Pará sem que tenha publicado um trabalho que traga uma descrição detalhada. Foi Petri (1957a, 1957b) quem apresentou esta localidade da Formação Pirabas como um afloramento caracterizado litologicamente por um calcário fino arenoso, altamente intemperizado com raros microfósseis.

Este autor apenas citou a recuperação de 500 ostracodes e identificou 29 espécies de foraminíferos, sendo dez novas e três com nomenclatura aberta, que tipificam ambiente marinho de águas rasas em torno de 10 m e salinidade abaixo do normal.

Em trabalhos posteriores são citadas como procedentes desta localidade, duas espécies de bivalvíos pectinídeos do gênero *Chlamys*, incluindo uma nova, *C. japericensis* (Ferreira 1960), invalidada por Ferreira & Cassab (1985). Depois disso, apenas Brito (1971) descreve e ilustra a ocorrência de um exemplar do crustáceo decápode *Panopeus* sp., segundo o autor coletado pelo Prof. C.S. Ferreira.

Segundo Petri (1957a, 1957b), a litologia e o conteúdo microfossilífero indicaram que este afloramento era inserido no mesmo grupo que as ocorrências da Estação Agronômica entre as estações da ferrovia Belém- Bragança, de Timboteua e Peixe Boi, que caracterizavam a ecofácies Canecos, localidade próximo do município de Capanema, onde aparecem os melhores afloramentos.

O trabalho de campo realizado em 2016 identificou uma única exposição natural (Figura 3A) tridimensional com 2 m de altura por 3,5 m de comprimento, situada entre o muro de contenção da obra arquitetônica da orla do distrito e a margem do Rio Japerica.

A ocorrência em destaque foi caracterizada como um calcarenito fino, maciço, de coloração laranja amarelada por ação do intemperismo químico a cinza clara em seu terço superior (Figura 3B), o exame detalhado da seção aflorante revelou ausência de microfósseis, com raros e esparsos indícios de equinoides, macrobriozoários e moluscos.

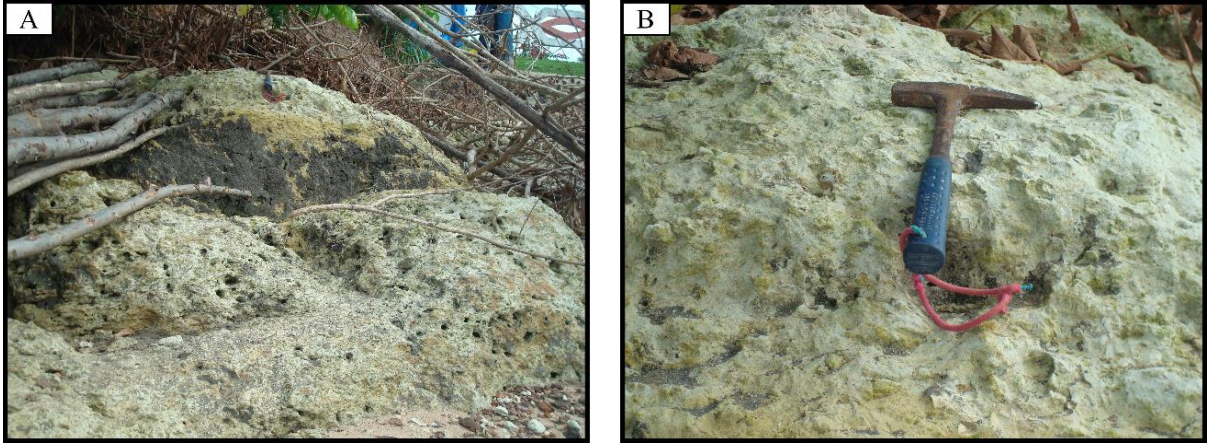


Figura 3 - Fotografia do afloramento da Formação Pirabas no distrito de Japerica, município de São João de Pirabas: A- Visão geral; B- Calcarenito em detalhe. Fonte: Equipe LabPaleo.

2.3 MICROFÓSSEIS DA FORMAÇÃO PIRABAS

Petri (1952) descreveu e ilustrou alguns espécimes de foraminíferos da Formação Pirabas, oriundos do calcário aflorante na Ponta de Pirabas. Os gêneros mais comuns no material analisado, *Quinqueloculina*, *Pyrgo* e *Nonion*, estão representados por formas tipicamente miocênicas e, semelhantes às encontradas em unidades litoestratigráficas norte americanas.

Em 1954, Petri descreveu detalhadamente a associação de foraminíferos provenientes de testemunhos da sondagem CR-1-PA realizada pelo Conselho Nacional do Petróleo no vale do rio Cururu, ilha de Marajó. O intervalo compreendido entre 245-740 m caracterizou-se por uma fauna tipicamente miocênica, apresentando grandes afinidades com os foraminíferos da Formação Pirabas. O autor, entretanto, deixou esta correlação em aberto.

Em Petri (1957a, 1957b) o autor descreveu os foraminíferos procedentes de 17 afloramentos da Formação Pirabas no Estado do Pará. Foi inferido para esta formação, ambiente deposicional correspondente ao marinho raso, de águas quentes e límpidas, em comunicação com o mar aberto. Com base na distribuição estratigráfica das espécies, e na grande similaridade destas, com as espécies de Cururu (ilha do Marajó), datou-a como miocênica. A distribuição geográfica dos foraminíferos permitiu caracterização de três fácies ecológicas: Castelo, Canecos e Baunilha Grande. A fácies Castelo, representada pelos afloramentos do atual litoral, está relacionada com um ambiente de águas rasas, quentes, límpidas com salinidade normal e de franca comunicação com o oceano. A fácies Canecos, afloramentos do interior, caracteriza um ambiente de águas muito mais rasas, com salinidade um tanto abaixo do normal. Por fim, a fácies Baunilha Grande, definida em um único afloramento (confluência do rio Quatipuru com o furo Baunilha Grande), tipifica um ambiente de mangue. No entanto, considerou os foraminíferos encontrados, semelhantes aos da fácies Canecos, reunindo esse afloramento de Baunilha Grande aos outros característicos da fácies Canecos.

Sommer (1967) tratou sobre o reconhecimento de uma fáunula de algas coralíneas na Formação Pirabas. A associação foi encontrada em um calcário sem microfósseis, coletado a 4 m de profundidade em um poço aberto na ilha de Fortaleza, município de São João de Pirabas, litoral paraense. Filiadas com reservas aos gêneros *Lithothamnium*, *Lithophyllum* e *Corallina*, as algas estão associadas com foraminíferos, briozoários, microgastrópodes e microfragmentos de corais. A presença desse grupo de vegetais na Formação Pirabas, sugere ambiente

deposicional marinho raso, com salinidade normal e águas límpidas, corroborando os dados fornecidos pelos grupos fossilíferos estudados até o momento.

Macedo (1970) foi o primeiro estudo sobre os ostracodes da Formação Pirabas, procedentes de quatro localidades aflorantes em território paraense. Registraram-se 16 gêneros típicos de ambiente epinerítico tropical a subtropical. O autor assinalou a estreita correlação desta ostracofauna com outras miocênicas da região caribeanas, destacando maior similaridade com as formas da Formação Brasso de Trinidad.

Em estudos com os ostracodes, Macedo (1971) confirmou a idade eomiocênica para a Formação Pirabas. Admitiu que as associações da região de Capanema são tipicamente mixohalinas, de borda de bacia, e que devem ser utilizadas cautelosamente em interpretações paleoambientais, pois a biocenose original sofreu modificações impostas pelas considerações ambientais locais.

Macedo (1972) tratou sobre considerações acerca de correlações entre as formações Pirabas e Chipola, baseando-se em ostracodes. Para o autor, as variações entre as ostracofaunas das duas unidades litoestratigráficas, em termos de fossilização e taxonomia, são explicadas pela posição geográfica delas, sem que haja necessariamente diferenças temporais.

Em exame de amostras de subsuperfície da Formação Pirabas, procedentes das proximidades da cidade de Capanema, no Estado do Pará, Macedo (1973) distinguiu quatro litologias na região considerada “borda do mar de Pirabas”. Reconhecendo foraminíferos, ostracodes e microgastrópodes, abundantes em três delas, interpretou a pluralidade litológica como uma das variações das condições ambientais da área.

Em Macedo (1977) as microfaunas obtidas em testemunhos de diversos níveis em vários perfis geológicos da Formação Pirabas, apresentaram diferenças marcantes, qualitativas e quantitativas, indicando diferentes associações geradoras oriundas de diversos ambientes. Estes dados confirmam a variação vertical da Formação Pirabas no aspecto faciológico, reportado anteriormente por Petri (1957a, 1957b) e Macedo (1971, 1972, 1973).

Ferreira *et al.* (1981) trataram sobre a ampliação da área de ocorrência da transgressão oligo-miocênica no Estado do Pará, para o sul do arco Ourém-Guamá, em estudo na sequência sedimentar marinha presente numa sondagem em Vila Mãe do Rio, município de Irituia. As porções inferior e média da sequência são oligocênicas, caracterizada pela presença de

Globorotalia opima, enquanto a porção superior guarda uma microfauna de foraminíferos bentônicos relacionada à Formação Pirabas presente no norte do Guamá, tipicamente miocênica.

Macedo (1981) sugeriu uma avaliação estratigráfica do Terciário marinho do Estado do Pará. Para efeitos de mapeamento paleoambiental, indica os ostracodes e os foraminíferos planctônicos como elementos unificadores de comparação, haja vista a larga ocorrência geográfica de associações destes microfósseis.

Quadros & Fernandes (1982) registraram a ocorrência de nanofósseis calcários em amostras da Formação Pirabas, procedentes de Vila Mãe do Rio, Estado do Pará. A baixa frequência de representantes do grupo, representada por espécimes do gênero *Discoaster* e outros cocolitos afins indicou condições de ambiente marinho raso.

Ferreira *et al.* (1983) estabeleceram que o limite sul da transgressão oligo-miocênica, mar de Pirabas, é aproximadamente a 50 Km ao sul do rio Guamá, utilizando como elementos de suporte para esta teoria, os nanofósseis calcários discoasterídeos encontrados nos calcários da Formação Pirabas da localidade Vila Mãe do Rio, município de Irituia, Pará.

Macedo (1983a) tratou sobre o registro de ostracodes típicos de mar raso e ambiente transicional, em sedimentos da Formação Pirabas. É sugerido que estas ostracofaunas sejam integradas à “subprovíncia sul americana” individualizada por W.A. van den Bold.

Macedo (1983b) tratou sobre discussões sobre os aspectos morfofuncionais, estratigráficos, paleoecológicos e paleogeográficos dos ostracodes em sequências marinhas terciárias do Estado do Pará (Formação Pirabas), permitirão tornar estes microcrustáceos como elementos unificadores na definição de dados para a sua correlação com sequências marinhas caribeanas de mesma idade. A reavaliação lito-bioestratigráfica do Mioceno marinho do Pará é proposta através de análise micropaleontológica das rochas matrizes associadas aos macrofósseis guias da Formação Pirabas.

Fernandes (1984a) tratou sobre os foraminíferos bentônicos e planctônicos da Formação Pirabas, oriundos de amostras de quatro furos de sondagem realizados no Estado do Pará, sendo três no município de Capanema e um na zona urbana de Belém. Foram registradas e descritas 87 espécies no total. Com base na composição genérica e valores de diversidade específica das formas bentônicas, evidenciou-se paleoambiente de águas rasas e salinidade normal, marcado

por alterações na composição faunística, provavelmente resultante de pequenas flutuações do nível do mar. A associação de foraminíferos planctônicos favoreceu atribuir a deposição da Formação Pirabas à base do Eomioceno, correlacionada às zonas bioestratigráficas N4 de Blow (1969) e a de *Globorotalia kugleri* Bolli proposta para a plataforma continental brasileira. A presença de *Globigerinoides quadrilobatus atlantaperturus* Bolli permitiu a caracterização na Formação Pirabas, de um Mioceno mais jovem, correlacionado com a zona N5 de Blow (1969). No presente trabalho também consta uma lista de todos os táxons descritos na Formação Pirabas até então.

Em 1984b, Fernandes realizou estudo paleocológico da Formação Pirabas, com base nos foraminíferos bentônicos oriundos de testemunhos de três perfurações realizadas no nordeste do Estado do Pará. Caracterizou ambiente marinho de águas rasas, quentes, com salinidade normal. Estabeleceu três distintas biofácies, e utilizando os dados faunísticos, evidenciou pequenas flutuações do nível do mar, ao longo das colunas sedimentares estudadas.

Ferreira *et al.* (1984) analisaram o conteúdo micropaleontológico da Formação Pirabas em testemunhos oriundos de três perfurações realizadas em Vila Mãe do Rio. A fauna de foraminíferos bentônicos e ostracodes indicam ambiente marinho a mixohalino, enquanto os foraminíferos planctônicos sugeriram idade Neo-Oligoceno/Eomioceno. Este registro da Formação Pirabas ampliou a área abrangida da transgressão oligo-miocênica no Pará, atingindo o sul do arco Ourém-Guamá.

Em um furo de sondagem realizado no campus universitário da Universidade Federal do Pará, dentro da área urbana de Belém, foi registrada por Soares (1984) uma nova ocorrência da Formação Pirabas em subsuperfície, entre 76 e 178 m de profundidade. Os sedimentitos guardam uma paleofauna constituída por foraminíferos bentônicos e planctônicos, moluscos bivalves e gastrópodes, briozoários, equinóides, corais e peixes elasmobrânquios, que atestam ambiente deposicional marinho de águas rasas, quentes, límpidas, com salinidade normal e franca comunicação com o oceano. Este trabalho ampliou o intervalo de ocorrência da Formação Pirabas em subsuperfície na Grande Belém, anteriormente considerado por Ferreira *et al.* (1978) como entre 110 e 150 m.

Macedo (1985) registrou ostracodes típicos de ambiente marinho marginal, em testemunho no município de Capanema. O nível estudado (30 m) guarda uma ostracofauna comparável à da fácies Capanema.

Fernandes (1988) examinou foraminíferos planctônicos de amostras procedentes de testemunhos de três furos de sondagem realizados no Pará, estabelecendo que a sequência sedimentar mais antiga da Formação Pirabas foi depositada no início do Eomioceno, correlacionando-a com a zona bioestratigráfica N4 de Blow (1969) e com a zona *Globorotalia kugleri* Bolli proposta para a plataforma continental brasileira. A autora admitiu que os sedimentos oriundos de amostra de calha em perfuração executada na zona urbana de Belém, são mais jovens e correlacionáveis com a zona bioestratigráfica N5 de Blow (*op. Cit*) e com a zona *Globorotalia rohri* proposta para a plataforma continental brasileira.

Macedo (1988) ressaltou que os métodos de investigação paleoautoecológica de populações e comunidades de ostracodes fósseis consistem em análises dos dados biológicos, ecológicos, sistemáticos, estratigráficos, bioestratinômicos e sedimentológicos das associações em estudo e dos sedimentitos que os contém. Entretanto, a integração desses dados não tem sido satisfatória, principalmente pela dificuldade ou impossibilidade de se obterem alguns destes dados. Assim, na tentativa de elucidar as prováveis relações autoecológicas das populações e comunidades de ostracodes fósseis, o autor examinou coleções de ostracodes recentes do Rio de Janeiro, e fósseis das formações Pirabas e Piaçabuçu. Preliminarmente, concluiu que a litoestratigrafia dos depósitos constitui a ferramenta primária para a reconstrução paleoautoecológica de ostracodes, e que os demais dados, concernentes aos fósseis propriamente ditos constituem uma ferramenta

Com base no estudo da variação vertical das associações de foraminíferos bentônicos, no furo CB-UFPa-P1 (85), Fernandes & Távora (1990) definiram duas biofácies distintas: de plataforma lagunar (base da perfuração) e de plataforma interna (topo da perfuração). Utilizando as formas planctônicas, correlacionaram a base da perfuração à zona N4 de Blow (1969), e o topo à zona N5 de Blow (1969).

Concheyro & Távora (1992) identificaram apenas quatro espécies de nanofósseis calcários, *Reticulofenestra minutula*, *Reticulofenestra* cf. *R. hillae*, *Coccolithus miopelagicus* e *Discoaster deflandrei*. Esta baixa diversidade indica condições de ambiente marinho próximo à costa. Os autores também correlacionaram bioestratigraficamente o nível 33,30 m do furo de sondagem com a zona *Triquetrorhabdulus carinatus*, de idade neo-oligocênica-eomiocênica, definida na plataforma continental brasileira.

Echevarría & Távora (1992) trataram sobre o reconhecimento de 16 gêneros de ostracodes em amostras da Formação Pirabas, procedentes do furo CB-UFPa-(85), Capanema, Estado do Pará. Evidências de recristalização nos espécimes impediram classificação sistemática a nível específico. A ostracofauna é constituída por formas que habitam preferencialmente águas rasas.

Távora (1992) tratou sobre o estudo taxonômico da ostracofauna da Formação Pirabas, procedente de um afloramento situado na localidade Aricuru, município de Maracanã, Estado do Pará. Os 48 táxons identificados são todos típicos de águas rasas, quentes, bem oxigenadas e de boa circulação. O predomínio oscilante das espécies ao longo da coluna sedimentar estudada está diretamente relacionado com o tipo de substrato. Foram reconhecidas duas zonas bioestratigráficas baseadas em ostracodes, proposta por Bold (1983) para a região caribeana. *Pokorniella "saginata"* (sensu Bluter) / *P. laresensis* e *Hermanites tschoppi* Bold, respectivamente correlacionadas com os intervalos temporais limitados pelas biozonas N2 a N5 de Blow (1969) e N4 de Blow (1969).

Referências anteriores à presença de macroforaminíferos na Formação Pirabas nos estados do Pará, Maranhão e Piauí, Vicalvi & Ferreira (1992) admitiram que estes eram semelhantes aos registrados na Formação Tampa (Eomioceno da Flórida, Estados Unidos). Neste trabalho o autor sugere que tais formas pertencem ao gênero *Cyclorbiculina*, presente desde o Oligoceno no Atlântico, Caribe e Golfo do México. A importância do reconhecimento deste gênero deve-se ao fato de que ele parece tratar-se de mais um fóssil guia da Formação Pirabas.

Távora & Fernandes (1994) ampliaram a fáunula de briozoários da Formação Pirabas com o reconhecimento dos gêneros *Crisia*, *Idmonea*, *Vincularia*, *Flustra*, *Bugula* e *Metrarabdotos*, e das espécies *Lichenopora grignonensis*, *Nellia oculata*, *Pasythea tulipifera* e *Vittaticella elegans*, além das espécies *Steginoporella pirabensis* e *Cupularia canariensis* já descritas anteriormente, em afloramento situado na localidade Aricuru, Município de Maracanã, Estado do Pará.

Távora (1994a) em estudo taxonômico dos ostracodes da Formação Pirabas oriundos do afloramento localizado em Aricuru, município de Maracanã, litoral paraense, relativo às famílias Bythocytheridae, Cytherideidae e Cytheruridae, foram identificadas 13 espécies, sendo

cinco indeterminadas e cinco com classificação sistemática em aberto. A ostracofauna guarda grande semelhança com a registrada na Formação Brasso de Trinidad.

Foi efetivada por Távora (1994b) a caracterização sistemática de 14 espécies de ostracodes da Formação Pirabas pertencentes às famílias Hemicytheridae, Loxoconchidae, Paradoxostomatidae, Pectocytheridae e Trachyleberididae, registrados no afloramento da Formação Pirabas situado na localidade Aricuru, município de Maracanã, nordeste do Estado do Pará. Do total quatro são espécies indeterminadas e cinco apresentam classificação sistemática em aberto.

Távora (1994c) tratou sobre o estudo taxonômico de ostracodes das famílias Bairdiidae, Macrocyprididae e Paracyprididae procedentes de afloramento da Formação Pirabas situado no município de Maracanã, litoral paraense. Foram identificadas sete espécies, sendo três indeterminadas e uma com classificação em aberto.

Estudos paleopalinológicos realizados por Leite *et al.* (1997a) permitiram reconstituir a paleoflora da região Bragantina, nordeste do Estado do Pará em tempos miocênicos. Foram reconhecidos 91 tipos polínicos nas 13 amostras estudadas, correspondentes a nove níveis estratigráficos da Formação Pirabas (ecofácies Baunilha Grande) e Grupo Barreiras, aflorantes nas localidades de Outeiro, Mosqueiro, Atalaia e Capanema. Os grãos de pólen de angiospermas, esporos de briófitas e pteridófitas, cujo elemento dominante é *Zonocostites ramonae*, sugerem que os sedimentitos analisados foram depositados em planície costeira, ocupada principalmente por manguezais e alguns elementos de vegetação de restinga. A vegetação adjacente, em direção ao continente, seria a de pântanos, florestas inundáveis das planícies fluviais e florestas de terra firme.

Em Leite *et al.* (1997b) o conteúdo paleopalinológico presente em 13 amostras de nove níveis estratigráficos da Formação Pirabas e Grupo Barreiras, aflorantes nas localidades de Outeiro, Mosqueiro, Atalaia e Capanema, nordeste do Estado do Pará, procurou determinar a idade destas unidades litoestratigráficas, enquadrando-as em zoneamentos palinoestratigráficos pré-estabelecidos para o Cenozóico da Amazônia. Os tipos polínicos encontrados nos sedimentitos da Formação Pirabas enquadram-na na biozona *Psiladiporites-Crototricolpites* (sensu Hoorn, 1993), de idade eo-mesomiocênica. Esta datação provavelmente corresponde ao registro da regressão que encerrou a deposição dos sedimentitos carbonáticos. A correlação dos dados paleopalinológicos e estratigráficos com as variações do nível do mar ocorridas no

Mioceno indica que a Formação Pirabas e o Grupo Barreiras constituem uma única sequência deposicional decorrente da transgressão/ regressão miocênica registrada no litoral do nordeste do estado do Pará.

Távora *et al.* (1997) compreendeu o primeiro registro de gorgonáceos na Formação Pirabas. Os escleritos são procedentes de um afloramento localizado em Aricuru, município de Maracanã, Estado do Pará. Pelo menos parte destes escleritos foram identificados como pertencentes à família Paramuriceidae.

Távora (1998) descreveu uma nova espécie de ostracode para a Formação Pirabas, *Hemicytherura macedoi*, registrada em um afloramento de referida unidade litoestratigráfica, localizado em Aricuru, município de Maracanã, nordeste do Estado do Pará.

Em análises nas associações de foraminíferos bentônicos provenientes de amostras da Formação Pirabas no afloramento da localidade Aricuru, município de Maracanã, litoral paraense, Távora & Fernandes (1999) caracterizaram oito biofácies ao longo da seção estudada. As modificações nas associações permitiram inferir a princípio uma deposição em plataforma rasa, e a posterior instalação de ambiente lagunar, com variações na salinidade e profundidade. Com base nas formas planctônicas, confirmaram a idade eomiocênica e reconheceram as zonas bioestratigráficas N4 e N5 de Blow (1969).

Em Távora *et al.* (2001a) a ostracofauna da Formação Pirabas na seção de Aricuru, município de Maracanã, Estado do Pará, conta com bons indicadores bioestratigráficos, *Pseudoceratina droogeri* Bold, *Paracytheridea tschoppi* Bold, *Pellucistoma magniventra* Edwards, *Hermanites hornibrooki* (Puri), *Aurila amygdala* (Stephenson), *Costa variabilocostata* Bold, *Cytherura elongata* Edwards, *Cushmanidea howei* (Bold) e *Munseyella mählemanni* Bold. Bold (1983) propôs um zoneamento bioestratigráfico baseado em ostracodes marinhos rasos para sedimentitos pós- eocênicos da região caribean, incluindo duas sequências independentes. O registro de *Quadracythere brachypigaia* Bold permitiu relacionar a deposição da sequência de Aricuru na biozona primária *Pokorniella "saginata"* (*sensu* Bluter) / *P. laresensis* (Bold), que se estende temporalmente entre as biozonas N2 e N5 de Blow (1969). A presença das espécies *Hermanites tschoppi* (Bold) e *Cushmanidea howei* (Bold) na seção de Aricuru possibilitou correlacionar seus estratos com a biozona secundária *Hermanites tschoppi* (Bold), correspondente temporalmente à biozona N4 de Blow (1969). Desta forma foi

confirmada a idade miocênica para a Formação Pirabas, e foram registradas pela primeira vez no litoral paraense as biozonas estratigráficas estabelecidas por Bold (1983).

Segundo Távora *et al.* (2001b) o afloramento da Formação Pirabas em Aricuru, município de Maracanã, Estado do Pará, é constituído por dez camadas, sendo cinco *hardgrounds* intercalados com sedimentitos carbonáticos argilosos ou argiloarenosos, sugerindo ciclicidades de eventos deposicionais. Os organismos do macrobenton sugerem águas bem oxigenadas e de boa circulação. A ostracofauna apresenta alta diversidade específica constituída por populações oligoespecíficas e muito abundantes, adaptadas a ambientes hipersalinos, com maior representatividade numérica e diversidade específica nos sedimentitos argilosos ou argiloarenosos. Esta abundância caracterizou também alto conteúdo de nutrientes na laguna. O predomínio de formas dotadas de concha espessa e fortemente ornamentadas, confirma as condições de ambiente agitado e bem oxigenado. Nos *hardgrounds* predominam os bairdiáceos, formas com achatamento ventral e lisas, infaunais, típicas de substratos mais firmes. Nas camadas intercaladas aos *hardgrounds* predominam os citeráceos, que preferem substratos mais moles e de granulação fina. Ao longo da seção o número de valvas isoladas é superior ao número de carapaças. Este fato aliado à presença de diferentes estágios ontogenéticos das espécies, sugerem a preservação de associações parautóctones com transporte *post mortem* muito pequeno.

Távora & Coelho (2006) concluíram a partir de descrições tafonômicas de tecas lenticulares e densas pertencentes a associação *Ammonia beccarii* que estas apresentam grau de fragmentação moderado, dissolução variando entre os estágios I e III e com abrasão incipiente indicando ambiente de alta energia durante o soterramento. No entanto a presença de bioerosão total ou parcial indica ambiente de águas calmas a pouco agitadas durante o pré-soterramento, além de transporte *post mortem* muito pequeno. Os autores associam a alta energia à ação de tempestades e constatam que houve preservação de 70% da associação original.

Os resultados da pesquisa realizada por Távora *et al.* (2014) com os foraminíferos, ostracodes e microbriozoários da litofácies biohermito da Formação Pirabas atestaram que a associação micropaleontológica representa a composição taxonômica original de um ecossistema recifal, desenvolvido em trato de sistema de mar alto. As variações na composição faunística nos três estágios de acreção recifal está de acordo com as mudanças nos gradientes dos principais fatores ambientais típicos da evolução ambiental do bioherma no mar de Pirabas.

Zágoršek *et al.* (2014) e Ramalho *et al.* (2015, 2017) ampliaram a microbriozofauna da Formação Pirabas propondo as novas espécies *Pirabasoporella atalaiaensis*, *Hippopleufira barbosa*, *H. confusa*, *Metrarabdotos aquaeguttum*, *M. longatum* e *M. capanamensis*, todas típicas do mioceno e com características ecológicas compatíveis ao paleomar de Pirabas e outras regiões tropicais dos oceanos Atlântico e Pacífico, mar mediterrâneo e região caribeana. Os autores também sugerem que as espécies encontradas em rochas da mina B-17 em Capanema sejam alóctones.

Antonioli *et al.* (2015) estudaram a palinoflora da Formação Pirabas recuperada em amostras de rochas atribuídas à ecofácies Baunilha Grande. Os elementos identificados caracterizam ambiente continental com fraca influência marinha, típica de mangues tropicais do Neógeno, em especial do Mioceno inferior.

Távora *et al.* (2015) reconheceram novos elementos da fauna de equinodermas na Formação Pirabas, representados por vértebras, ossículos e escudos orais de discos centrais de ofiuroides atribuídos à Gorgonocephalidae indet., e aos gêneros *Ophiomusium* e *Ophiactis*, bem como crinóides da Ordem Comatulida. Estes táxons guardam afinidades com as equinofaunas miocênicas da Província Biogeográfica Caribeana, e os elementos recuperados nas camadas da mina B-17 em Capanema foram considerados alóctones.

Nogueira & Ramos (2016) realizaram estudos detalhados sobre o gênero *Perissocytheridea* na Formação Pirabas, individualizando quatro novas espécies e outras sete com nomenclatura em aberto. Utilizando os foraminíferos *Ammonia* e *Elphidium* como táxons calibradores para interpretações paleoambientais, as autoras reportaram que *Perissocytheridea* é indicativo de salinidade abaixo do normal associada com oscilações do nível do mar, típicas de ambiente lagunar. Apesar de ser comum no norte da América do Sul, foram reportados pela primeira vez na Formação Pirabas.

Manso & Souza-Lima (2017) reportaram a primeira ocorrência de crinóide comatulideo na Formação Pirabas, reconhecendo *Sievertsella cf. polonica*, que viveu em ambiente recifal tropical e tipifica o mioceno na Bacia de Bragança-Vizeu.

Com base na distribuição estratigráfica da ostracofauna da Formação Nogueira & Nogueira (2017) o reconhecimento da biozona *Cytherella stainforthi* subdividida em quatro subzonas, estendendo temporalmente a deposição da Formação Pirabas ao Mioceno médio.

Nogueira *et al.* (2019) realizaram estudo taxonômico detalhado sobre a ostracofauna da Formação Pirabas, reconhecendo e ilustrando 119 espécies, sendo 36 novas, 53 com nomenclatura em aberto e 27 comuns ao Neógeno da região Caribeana. A pesquisa construiu uma grande contribuição ao conhecimento acerca dos ostracodes do Atlântico Sul e região Caribeana.

Ramalho *et al.* (2019) atualizaram as informações referente a assembleia de briozoários com descrição detalhadas das espécies *Nellia tenella* e *Margaretha* cf. *Buski* que ocorrem na Praia do Atalaia (Salinópolis) e mina B-17 (Capanema).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

O trabalho se propõe a realizar a caracterização sistemática e paleobiológica, que inclui paleoambiente e tafonomia dos microfósseis calcários da Formação Pirabas na ocorrência aflorante no distrito de Japerica, município de São João de Pirabas, Estado do Pará.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterização sistemática dos microfósseis calcários da Formação Pirabas na referida localidade;
- b) Caracterização paleoambiental dos táxons identificados;
- c) Efetuar observações paleobiogeográficas e tafonômicas;

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 REUNIÃO DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS

Esta etapa tratou de uma ampla pesquisa bibliográfica crítica do conhecimento científico já existente sobre o conhecimento geológico e micropaleontológico da Formação Pirabas. Para o domínio teórico sobre os aspectos relacionados a classificação sistemática e interpretações paleoambientais, paleobiogeográficos e tafonômicas de briozoários, foram utilizadas as contribuições de Bassler (1953), Smith *et al.* (2006), Schneider *et al.* (2009), Hageman *et al.* (1998), Távora *et al.* (2010, 2013), Taylor (2020), López-Gappa *et al.* (2021), além de variada bibliografia complementar específica.

4.2 ATIVIDADES DE CAMPO E LABORATÓRIO

O levantamento básico de dados para esta pesquisa foi obtido mediante um trabalho de campo realizado em toda a faixa da orla do distrito de Japerica (Figura 4), município de São João de Pirabas, nordeste paraense ($0^{\circ} 50' 34''$ S, $47^{\circ} 5' 33''$ W), realizado no dia 26 de setembro de 2017.

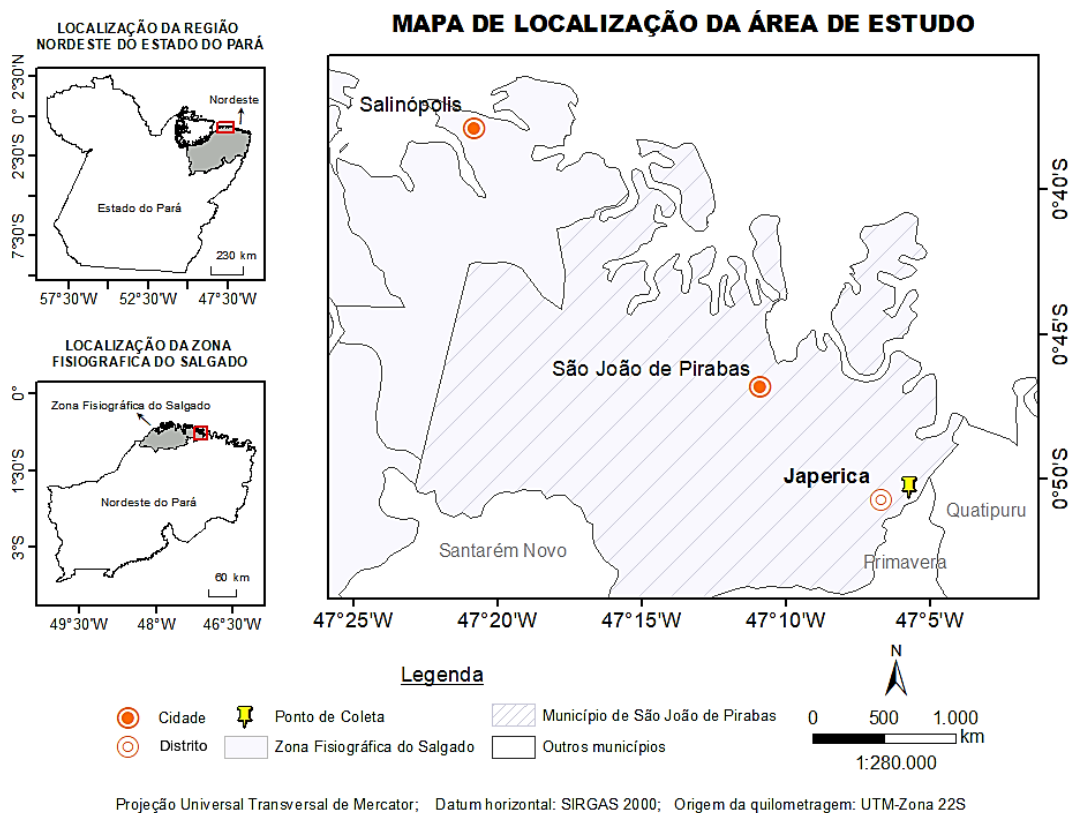


Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autora.

A preparação de amostras para a separação de fósseis da rocha matriz, envolve uma ampla variedade de técnicas físicas e químicas, e de desintegração termal (Green 2001). A metodologia a ser empregada para a recuperação de microfósseis depende prioritariamente da composição química da rocha e dos elementos paleomicrobiodiversos a serem separados (Green 2001, Wanderley 2010).

Além disso, o tamanho unitário dos microfósseis é uma importante variável tendo em vista que condiciona os procedimentos de separação e a escolha do instrumento ótico a ser usado em seu estudo (Wanderley 2010). Secundariamente, a mineralogia, porosidade e grau diagenético da rocha, bem como a morfologia, espessura e resistência/estabilidade física e química das carapaças podem condicionar os procedimentos adotados (Wanderley 2010).

Os ostracodes, microbriozoários e microequinodermas são liberados da rocha matriz pelo mesmo processo, tendo em vista possuem a mesma composição química e tamanho de suas carapaças. Os procedimentos e etapas do trabalho de separação dos microfósseis das amostras foram executados no Laboratório de Paleontologia da Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará, como atividades interligadas e consecutivas, que incluíram:

4.2.1 Pesagem, desagregação mecânica, peneiramento e secagem

Foi estabelecido que todas as amostras coletadas para este fim seriam tratadas, para recuperação de todo o conteúdo microfossilífero da única litofácies identificada, que foram pesadas e totalizaram 1,750 kg.

Devido estarem altamente intemperizadas, as amostras de rocha foram trituradas com martelo de geólogo. Em seguida foram submetidas à separação mecânica sob jato de água e detergente, em peneiras superpostas com malhas de 0,250 mm e 0,062 mm. A malha de 0,250 mm reteve partículas maiores, incluindo grãos minerais e microfragmentos de carapaças de bivalvíos bem como de espinhos e placas isoladas de equinoides. A malha de 0,062 mm reteve os microfósseis de interesse nesta pesquisa. Para um peneiramento efetivo as peneiras foram constantemente lavadas com escovas delicadas e detergente a cada quantidade de amostra. O uso de detergente também permitiu melhor limpeza dos bioclastos e liberação máxima dos resíduos, principalmente da fração argilosa.

Ressalta-se que antes do peneiramento foram observados em estereomicroscópio binocular o tamanho aproximado do maior exemplar, para a seleção mais recomendável do diâmetro da malha maior, e assim garantir eficiente e confiável retenção dos microfósseis.

A última fase desta etapa contou com a armazenagem das amostras em vidro de relógio para total secagem em temperatura ambiente.

4.2.2 Triagem dos microfósseis

As amostras secas foram acondicionadas em potes de acrílico com tampas, separados por fração granulométrica. Para a triagem foi utilizado estereomicroscópio binocular, onde pequenas quantidades de amostra eram colocadas em bandeja metálica quadriculada com fundo escuro e pincel 000 para que os microfósseis fossem pinçados e armazenados em células-porta-foraminíferos.

4.2.3 Classificação sistemática

Esta etapa envolveu o reconhecimento quantitativo de todo o conteúdo microfossilífero, que passaram a ser separados por morfogrupos e em seguida identificados em nível taxonômico genérico, através de publicações especializadas. As ilustrações foram feitas a partir de fotomicrografia dos táxons mais representativos utilizando estereomicroscópio binocular com câmera acoplada, e depois editadas no programa *Inkscape vector graphics editor (0.92.4)*, enquanto o mapa foi confeccionado utilizando o programa *Arcgis 10.5*, com base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A descrição dos táxons foi baseada nas propostas de Hageman *et al.* (1998) e Taylor (2020), que detalharam as variedades de morfologia zoarial e zoécial, enquanto que as classificações sistemáticas seguiram Bassler (1953), variada bibliografia complementar específica e atualizações da *International Bryozoology Association - IBA*¹.

A normatização do corpo deste trabalho, bem como das referências bibliográficas, foi baseada no documento “*Normas para editoração de dissertação e teses do programa de pós-graduação em geologia e geoquímica*”, disponibilizado pela Universidade Federal do Pará.

¹ Consulta no site <http://www.bryozoa.net/>

5 ANÁLISE MICROFAUNÍSTICA

A análise micropaleontológica das amostras da Formação Pirabas procedentes do afloramento estudado, indicou uma associação microfaunística composta predominantemente por briozoários, secundariamente por moluscos bivalves e equinodermas, e raramente por ostracode e gastrópodes. Devido a supremacia dos briozoários e sua qualidade preservacional, a caracterização sistemática foi concentrada neste grupo de microfósseis.

5.1 BRIOZOÁRIOS

Os briozoários são organismos invertebrados, coloniais, aquáticos com alimentação suspensívora e predominantemente sesséis, inseridos no grupo dos lofoforados². São organismos cosmopolitas e atualmente podem ser encontrados em ambientes continentais, transicionais e marinhos (zona intermaré a mar profundo) (Távora & Nogueira Neto 2011). A unidade básica da colônia é o zoóide (indivíduo) que funcionam de forma independente e são conectados entre si, e apresentam grande polimorfismo principalmente na ordem Cheilostomata (Taylor 2020).

O zoóide é composto pelo polípídio (Conjunto de órgãos e tecidos, ex. lofofóro) e cístídeo (camadas celulares e esqueléticas da parede do zoóide) (Figura 5). Dentro da colônia os zoóides são divididos em autozoóides (responsáveis pela alimentação) e heterozoóides (responsáveis pela defesa, fixação, reprodução, limpeza e estruturação – aviculários, cenozoóides, gonozoóide, vibraculários, etc.) (Larré 2020, Taylor 2020).

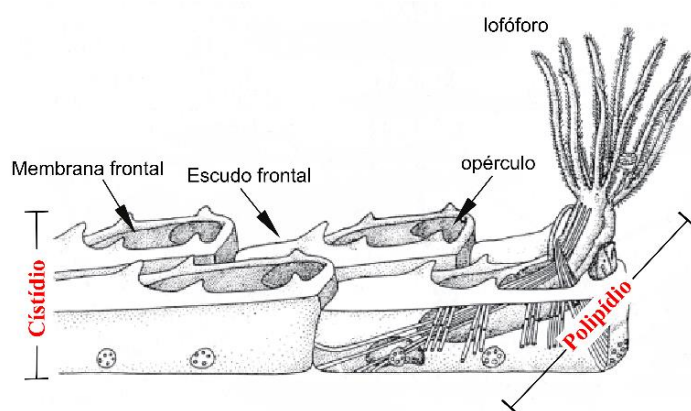


Figura 5 - Anatomia básica de cheilostomatas. Fonte: Modificado de Taylor (2020).

² Os filões que compõem este grupo são: Bryozoa, Brachiopoda e Phlebonida, devido a presença do lofóforo (estrutura alimentadora formada por um anel de tentáculos ciliados localizados ao redor da boca).

Os briozoários apresentam dois tipos de reprodução (Figura 6): a reprodução sexuada ocorre quando há a fecundação do ovo gerando uma larva que irá se fixar em substrato rígido (grão de areia, conchas de moluscos, substrato rochoso, entre outros) a partir da qual ocorre a metamorfose gerando um ou mais indivíduos primários (ancestrula), que geralmente se estruturam de forma bastante diversa desde colônias incrustantes unilamelares a eretas tridimensionais ou livres, alcançando tamanhos milimétricos a centimétricos. As colônias apresentam crescimento assexual que consistem em adição de módulos chamados de zoóide por brotamento dos zoóides marginais (Larré 2020, Taylor 2020).

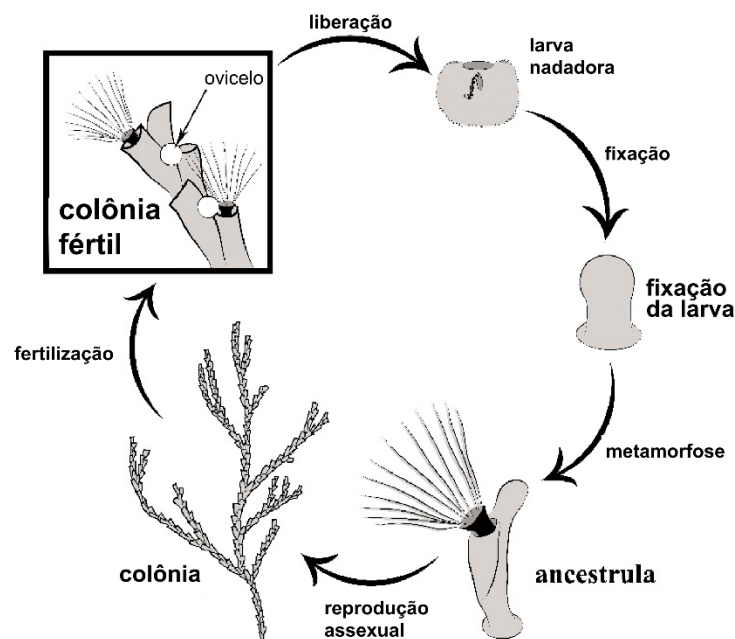


Figura 6 - Ilustração esquemática do ciclo de vida da espécie *Bugula neritina*. Fonte: Modificado de Ciavatta *et al.* (2020).

O filo Bryozoa se divide em três classes: Phylactolaemata, Stenolaemata e Gymnolaemata. A classe Phylactolaemata (?Cretáceo – Recente) consiste em briozoários sem esqueleto calcificados e são exclusivamente de água doce, sendo considerado o grupo mais basal e menos diverso entre os briozoários, nos quais foram descritos menos de 100 espécies (Taylor 2020).

A Classe Stenolaemata (Ordoviciano – Recente) é formada por briozoários marinhos com esqueletos calcificados e colônias constituídas por zoóides cilíndricos alongados/ tubulares e abertura esquelética circular (Taylor 2020, Távora & Nogueira Neto 2011). Foi um grupo bastante abundante durante o Paleozoico, sendo composto por sete ordens (Cyclostomata,

Esthonioporata, Cytosporata, Trepostomata, Cryptostomata, Fenestrata e Timanodictyina), atualmente é representado pela ordem Cyclostomata (Ordoviciano – Recente) (Taylor 2020).

A classe Gymnolaemata (Jurássico – Recente) representa cerca de 90% das espécies de briozoários vivos, sendo presentes em ambientes marinhos e estuarinos. É dividida nas ordens Cteostomata (sem esqueleto calcificado com parede zooidal formada por cutículas quitinosas e zoóides em formato sacular) e Cheilostomata (esqueletos calcificados e bimineralizados, e zoóides polimórficos em formato de caixa) (Taylor 2020).

O filo Bryozoa é capaz de produzir esqueletos de calcita e aragonita, de forma independente ou conjunta (bimineral) assim como os animais do Filo Molluca, no entanto, em briozoários a biominezalização por calcita é considerada primitiva, já que somente os Cheilostomatas possuem a capacidade de biomineralização da aragonita. A proporção de espécies de cheilostomatas com esqueleto aragonítico varia fortemente com a latitude, nos quais é dominante em faunas de baixa latitude ($< 30^\circ$) e raros em altas latitudes ($>60^\circ$), já em espécies bimineralizadas a quantidade de aragonita no esqueleto aumenta com o aumento da temperatura do ambiente (Taylor 2020).

Os briozoários bimineralizados apresentam camadas de calcita e aragonita. A deposição de ambas pode ocorrer de forma simultânea em diferentes partes do mesmo esqueleto, zoóide ou colônia, porém, a biomineralização de aragonita em um mesmo local só ocorre depois da deposição da calcita, não podendo reverter a calcita novamente. Na maioria dos Cheilostomata o escudo frontal é composto por uma camada interna de calcita e uma externa de aragonita, e em algumas os autozoóides têm uma estrutura de calcita, enquanto os aviculares adventícios são inteiramente aragoníticos (Taylor 2020).

Implicações paleontológicas principalmente devido a tendência de lixiviação da aragonita durante a diagênese pode resultar em perda parcial ou total de esqueletos aragoníticos, assim como a ação da dissolução em espécies bimineralizadas pode resultar em fósseis preservados como moldes, na qual as partes que eram compostas por aragonita são representadas por espaços vazios. Em casos em que o escudo frontal é composto por aragonita, pode haver uma interpretação taxonômica equivocada das espécies fossilizadas. Além de menor potencial de preservação de cheilostomatas de fauna tropical em relação aos de altas paleolatitudes (Taylor 2020).

A fáunula de briozoários da ocorrência da Formação Pirabas no distrito de Japerica é composta por nove gêneros, sendo dois pertencentes a Ordem Cyclostomata e sete pertencentes a Ordem Cheilostomata (Tabela 1).







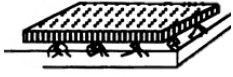
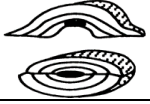


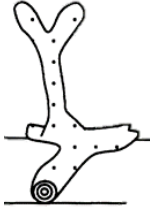
Tabela 1 - Tabela quantitativa de fragmentos zoariais de briozoários.

Táxon	Número de Fragmentos Zoariais
<i>Crisia sp.</i>	12
<i>Idmonea sp.</i>	15
<i>Steginoporella sp.</i>	65
<i>Nellia tenella</i> Lamarck, 1816.	8
<i>Bugula sp.</i>	35
<i>Pirabasoporella atalaiensis</i> Zágorský <i>et al.</i> , 2014	153
<i>Metrarabdotos sp.</i>	23
<i>Catenicella elegans</i> Busk, 1852	1
<i>Pasythea sp.</i>	4
<i>Cheilostomata indet.</i>	451
Total	767

Segundo Hageman *et al.* (1998) a classificação por morfologia zoarial (Quadro 1 a 4) ou forma de crescimento da colônia é usada para fazer relação entre a morfologia e o ambiente, e tem alto valor taxonômico em Stenolaematas, enquanto que a classificação de morfologia zoécial (Quadro 5 a 7) tem alto valor taxonômico em Cheilostomatas, na qual são abordados aspectos como tipos de calcificação zooidal (criptocisto e gimnocisto), formato e dimensões do opésio, tipo de aviculários (adventícios, interzooidais e vicariantes) e características da ovicela (estrutura reprodutiva), entre outros.

Considerando a relevância de serem apontados todos os caracteres morfológicos relevantes para a descrição e posterior classificação sistemática, foram compiladas e adaptadas à língua portuguesa nos quadros 1 a 7, a seguir:





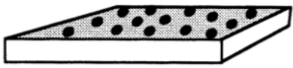
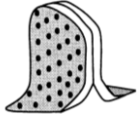

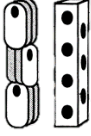
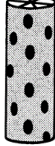

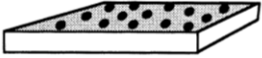
Quadro 1- Morfologia Zoarial: Posição Relativa e Modo de Fixação ao Substrato, modificado de Hageman *et al.* (1998); estas características fazem relação entre a superfície alimentadora da colônia e seu substrato.

	TIPO	DIAGNOSE	
POSICÃO RELATIVA AO SUBSTRATO	<i>Incrustante</i>	Crescimento reptante horizontalizado	
	<i>Maciça</i>	Colônias multilaminadas incrustantes convexas	
	<i>Ereta</i>	Crescimento verticalizado com opésios ativos ou dormentes	
	<i>Pendunculada</i>	Crescimento verticalizado com base pedunculada	
	<i>Fungiforme</i>	Crescimento verticalizado com bases cimentadas ao substrato estreitas e topos alargados	
MODO DE FIXAÇÃO AO SUBSTRATO	<i>Cimentada</i>	Zoários fixos ao substrato por cimentação	
	<i>Enraizada</i>	Zoários fixos ao substrato por estruturas similares a raízes	
	<i>Livre</i>	Zoários com margens imbricadas apoiados ao substrato	
	<i>Fixas por vibráculas</i>	Zoários fixos ao substrato por vibraculárias	
	<i>Endolíticas</i>	Zoários fixos a irregularidades (superfícies bioerosivas) em superfícies de conchas de outros organismos	
	<i>Regeneração</i>	Fragmentos isolados de zoários que servem de superfície rígida para o desenvolvimento de nova colônia.	








Quadro 2 - Morfologia Zoarial: Tipos de Morfologia Zoarial, modificado de Hageman *et al.* (1998) e Taylor (2020); classifica os tipos morfológicos de arranjo de zoécios na colônia durante seu crescimento.

TIPOS DE MORFOLOGIA ZOARIAL	
TIPO	DIAGNOSE
<i>Incrustante</i>	Ramificado linear com superfície plana ou convexa
<i>Foliar</i>	Incrustante bidimensional
<i>Monticuliforme</i>	Incrustante semiereto com topos de contornos variados
<i>Domo</i>	
<i>Placóide</i>	Incrustante com ramos frondosos e achatados
<i>Palmado</i>	Incrustante com ramos eretos, achatados e bifurcados
<i>Foliáceo</i>	Incrustante com ramos eretos, achatados, largos, dobrados ou corrugados
<i>Videira</i>	Ereto com ramos delicados
<i>Arborescente</i>	Ereto com ramos espessos
<i>Ramificado</i>	Eretos com ramos delicados ou robustos
<i>Pinado</i>	Ereto com ramos primários e secundários delicados e divergentes
<i>Articulado</i>	Ereto com articulações bem desenvolvidas
<i>Fenestrado</i>	Ereto e perfurado com ramos bifurcados, anastomosados, unidos por partições cruzadas (fenéstrulas e dissepimentos)
<i>Crivado</i>	Ereto, planar com fenéstrulas e zoécios bilateralmente expandidos
<i>Fungiforme</i>	Forma ereta com caule basal sustentando uma cabeça expandida
<i>Lunulitiforme</i>	Incrustante, pateliforme e circular em vista planar
<i>Livre</i>	Cupuliforme e robusto
<i>Discoidal</i>	Incrustante em forma de disco com orifício central.
<i>Lirado</i>	Ereto com fronde reticulada e arqueada na extremidade proximal
<i>Briolitiforme</i>	Incrustante esferoidal ou fusiforme
<i>Coniforme</i>	Incrustante em formas de cones retos a suavemente recurvados




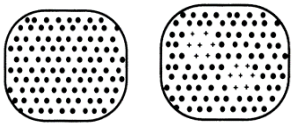
Quadro 3 - Morfologia Zoarial: Construção Zoarial e Arranjo das Superfícies Frontais, modificado de Hageman *et al.* (1998); A construção zoarial faz relação a flexibilidade da colônia, sendo relacionada a adequação a ambientes de alta energia. O arranjo das superfícies frontais reflete as estratégias usadas pela colônia para ocupar um espaço de acordo com a direção e orientação de crescimento.

	TIPO	DIAGNOSE	
CONSTRUÇÃO ZOARIAL	<i>Rígida</i>	Zoários inflexíveis e contíguos, normalmente robustos	
	<i>Rígido-articulada</i>	Zoários compostos por segmentos rígidos e segmentos tubuliformes móveis que estabilizam o crescimento ereto da colônia	
	<i>Articulada</i>	Zoários compostos por ramos rígidos conectados por articulações flexíveis	
	<i>Flexível</i>	Zoários flexíveis devido baixa calcificação	
	<i>Não Calcificada</i>	Zoários flexíveis não calcificados	
ARRANJO DAS SUPERFÍCIES FRONTAIS	<i>Unilaminado</i>	Zoários eretos ou incrustantes com uma única lâmina de zoécios.	
	<i>Bilaminado</i>	Zoários unilaminados contíguos.	
	<i>Trilaminado</i>	Zoários com ramos em prismas de três lados	
	<i>Quadrado</i>	Zoários com ramos estreitos dispostos em simetria tetrâmera	
	<i>Radial</i>	Zoários cilíndricos estreitos ou espessos desenvolvidos a partir de uma camada autozoecial radial	
	<i>Multilaminados</i>	Zoários com múltiplas lâminas de zoécios	
	<i>Unilaminado</i>	Zoários eretos ou incrustantes com uma única lâmina de zoécios.	









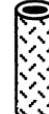
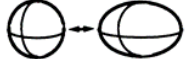

Quadro 4 - Morfologia Zoarial: Tipos e Frequência das Bifurcações, modificado de Hageman *et al.* (1998); os tipos de bifurcações são utilizados para avaliar a eficácia de colônias ramificadas para ocupar o espaço, sendo assim a frequência faz relação ao número de bifurcações por segmento de ramo.

TIPO	BIFURCAÇÕES	DIAGNOSE		
	<i>Ausente</i>	Ramos de zoécios isolados		
<i>Unidimensional (Leque)</i>	Ramos de zoécios bifurcados em forma de leques achatados			
<i>Multiplanar</i>	Ramos arborescentes de zoécios bifurcados em planos distintos tridimensionais			
FREQUÊNCIA	<i>Ausente</i>	Ramos isolados		
	<i>Pouco frequente</i>	Ramos com uma a duas bifurcações		
	<i>Frequente</i>	Ramos com três a cinco bifurcações		
	<i>Muito frequente</i>	Ramos com seis ou mais bifurcações		


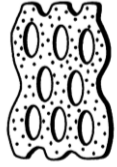
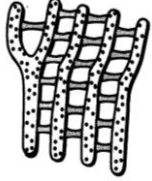
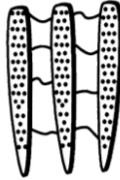

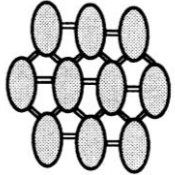
Quadro 5 - Morfologia Zoécial: Arranjo Zoécial, modificado de Hageman *et al.* (1998) e Taylor (2020); esta categoria reflete as adaptações da colônia para as estratégias alimentares de acordo com a quantidade de series de zoécios por ramo ou superfície.

		TIPO	DIAGNOSE
ARRANJO ZOÉCIAL		<i>Uniserial</i>	Zoécios dispostos em uma serie 
		<i>Biserial</i>	Zoécios dispostos em duas series 
		<i>Multiserial</i>	Zoécios dispostos em três ou mais series 
		<i>Macrosserial</i>	Zoécios com opésios indiferenciados e regiões extrazoeciais estéreis 
		<i>Multiserial composta</i>	Zoécios compactados e com séries múltiplas
		<i>Multiserial unitária</i>	Zoécios compactados, densos e sem paredes latero-proximais livres, em cujo crescimento diferenciam-se bordas circunferenciais e lisas

Quadro 6 - Tabela de Morfologia Zoécial: Arranjo das Unidades Estruturais, modificado de Hageman *et al.* (1998); esta categoria faz relação ao arranjo dos zoécios a partir da ancestrula, sendo uma classificação simplificada de morfologia zoarial.

ARRANJOS DAS UNIDADES ESTRUTURAIS	TIPO	DIAGNOSE	
	<i>Simples</i>	Zoécios isolados conectados entre si por estolões ou tubos delgados laterais	
	<i>Agrupadas</i>	Agrupamentos de pequenos zoécios em zoécios compostos por ramos articulados.	
	<i>Reptantes ramificados</i>	Zoécios com superfície plana ou convexa, dispostos em faixas estreitas	 Flat surface  Convex surface
	<i>Foliares-Discoideais</i>	Zoécios foliares ou discoideais com crescimento radial e bidimensional a partir da ancestrula	
	<i>Lobulares</i>	Zoécios expandidos a partir de sua base	
	<i>Coniforme-Pateliforme-Domo</i>	Zoécios côncavo-convexos compactos ou ocos com morfologia variável entre coniforme, pateliforme ou em domo	
	<i>Cilíndricas</i>	Zoécios cilíndricos sólidos ou ocos e seção transversal arredondada	 solid  hollow
	<i>Esferoidais-Elipsoidais</i>	Zoécios esferoidais a elipsoidais unidos por rins murais estreitos e baixos.	
<i>Nodulares</i>	Zoécios nodulares tridimensionais sem forma definida.		

Quadro 7 - Morfologia Zoécial: Conexão entre as Unidades Estruturais, modificado de Hageman *et al.* (1998); esta categoria classifica os tipos de conexão entre as unidades estruturais em colônias de morfologia mais complexas.

CONEXÕES ENTRE AS UNIDADES ESTRUTURAIS		
TIPO	DIAGNOSE	
<i>Ausente</i>	Ramos de zoécios isolados	
<i>Fusionada</i>	Ramos duplos de zoécios contínuos e fundidos	
<i>Extrazoeciais</i>	Ramos de zoécios conectados por barras transversais extrazoeciais	
<i>Conexões cuticulares</i>	Ramos de zoécios conectados por extensões cuticulares	
<i>Conexões Estolonadas</i>	Zoécios conectados por estolões	
<i>Conexões Tubulares</i>	Zoécios conectados por tubos calcários rígidos e espessos	

5.1.1 Sistemática

Filo BRYOZOA Ehrenberg, 1831
 Classe STENOLAEMATA Borg, 1926
 Ordem CYCLOSTOMATA Busk, 1852
 Família CRISIIDAE Johnston, 1847
 Gênero *Crisia* Lamouroux, 1812

Crisia sp.

(Figura 7A)

Material: 12 fragmentos zoariais.

Descrição: Colônia ereta, bisserial, articulada e bilaminada. Zoécios tubulares e alongados em eixos paralelos concrecidos, com opésio dirigido para o lado frontal. 6 a 12 zoécios por segmento. Ovicela não visualizada.

Medidas: Zoécio (média): Comprimento: 188 µm, largura: 70 µm.

Família IDMONEIDAE Busk, 1859
 Gênero *Idmonea* Lamouroux, 1838

Idmonea sp.

(Figura 7B)

Material: 15 fragmentos zoariais.

Descrição: Colônia com ramos eretos de morfologia palmada, rígida, inarticulada, multiserial de arranjo bilaminado com ramificação dicotômica (bifurcação unidimensional, pouco frequente). Zoécios dispostos em series alternadas e transversais, proeminentes na borda do ramo, opésio pequeno e circular ocupando cerca de um terço do comprimento da superfície frontal do zoécio. Ovicela não visualizada.

Medidas: Zoécio (média): Comprimento: 384 µm, largura: 269 µm.

Classe GYMNOLAEMATA Allman, 1856
Ordem CHEILOSTOMATA Busk, 1857
Família STEGINOPORELLIDAE Hincks, 1884
Gênero *Steginoporella* Smith, 1873
Steginoporella sp.
(Figura 7C)

Material: 65 fragmentos zoariais.

Descrição: Colônia incrustante foliar, inarticulada, multisseral, unilamelar. Zoécio oval alongado a subretangular, opésio circular ocupando cerca da metade do comprimento da superfície frontal, criptocisto bem desenvolvido, aviculário e poros não visualizados.

Medidas: Zoécio (média): Comprimento: 576 μm , largura: 288 μm .

Família QUADRICELLARIIDAE Gordon, 1984
Gênero *Nellia* Busk, 1852
Nellia tenella Lamarck, 1816
(Figuras 7D - E)

Material: 8 fragmentos zoariais.

Descrição: Colônia ereta, articulada, multisseral, cilíndrica sólida de arranjo quadrado. Zoécio subquadrangular, opésio amplo ocupando mais de dois terços do comprimento da superfície frontal, criptocisto reduzido. Ovicela, gimnocisto e aviculário não visualizados.

Medidas: Zoécio (média): Comprimento: 415 μm , largura: 103 μm .

Família BUGULIDAE Gray, 1848

Gênero *Bugula* Oken, 1815

Bugula sp.

(Figuras 7F - G)

Material: 35 fragmentos zoariais.

Descrição: Colônia ereta, bisserial a multisseral, inarticulada. Ramos cilíndricos sólidos de arranjo trilamidado com zoécio sub-retangular e levemente afilado na região proximal, bordas distais com projeções pequenas e pontiagudas, bisserialmente alternados, localmente com aparência uniserial. Opésio oval ocupando cerca de dois terços do comprimento da superfície frontal do zoécio. Aviculários e ovicela não visualizados.

Medidas: Zoécio (média): Comprimento: 330 µm, largura: 233 µm.

Família JACULINIDAE Zabala, 1986

Gênero *Pirabasoporella* Zágoršek, Ramalho, Berning & Araújo Távora, 2014

Pirabasoporella atalaiensis Zágoršek, Ramalho, Berning & Araújo Távora, 2014

(Figuras 7H - I)

Material: 153 fragmentos zoariais.

Descrição: Colônia rígida, bilaminada, multisseral e inarticulada, de morfologia fenestrada com ramos bifurcados, de bifurcação uniplanar frequente, conectados por barras horizontais tubulares (cenozoécios) em intervalos regulares. Ramos cilíndricos de arranjo radial com zoécios dispostos em duas series longitudinais alternadas, abrindo apenas para um lado, superfície frontal lisa com bordas zoóidais marcadas por cristas finas e elevadas. Zoécios apresentam placa circular multiporosa nas paredes transversais laterais, frequentemente abaixo dos cenozoécios. Aviculário não visualizado.

Medidas: Zoécio (média): Comprimento: 288 µm, largura: 160 µm.

Família METRARABDOTOSIDAE Vigneaux, 1949

Gênero *Metrarabdotos* Canu, 1914

Metrarabdotos sp.

(Figuras 7K - L)

Material: 23 fragmentos zoariais.

Descrição: Colônia rígida foliar, bilaminada, multisseral. Zoécios sub-retangulares, com uma duas series de poros areolares na região proximal e lateral, opésio pequeno e circular ocupando cerca de um terço do comprimento da superfície frontal do zoécio. Aviculário e gonozoécio não visualizados.

Medidas: Zoécio (média): Comprimento: 434 μ m, largura: 173 μ m.

Família CATENICELLIDAE Busk, 1852

Gênero *Catenicella* Blainville, 1830

Catenicella elegans Busk, 1852

(Figura 7M)

Material: 1 fragmento zoarial.

Descrição: Fragmento de entrenó constituído de zoécio alongado com extremidades afuniladas, abertura circular côncava no centro da superfície frontal (possível opésio). Vittae, aviculários e ovicela não visualizadas.

Medidas: Entrenó: Comprimento: 2,5 mm, largura: 1,5 mm.

Família PASYTHEIDAE Davis, 1934

Gênero *Pasythea* Lamouroux, 1812

Pasythea sp.

(Figura 7N)

Material: 4 fragmentos zoariais.

Descrição: Colônia ereta, multisseral e articulada. Ramo com zoécios em arranjo tríade configurando forma de tulipa.

Medidas: Ramo (média): Comprimento: 175 μm , largura: 125 μm .

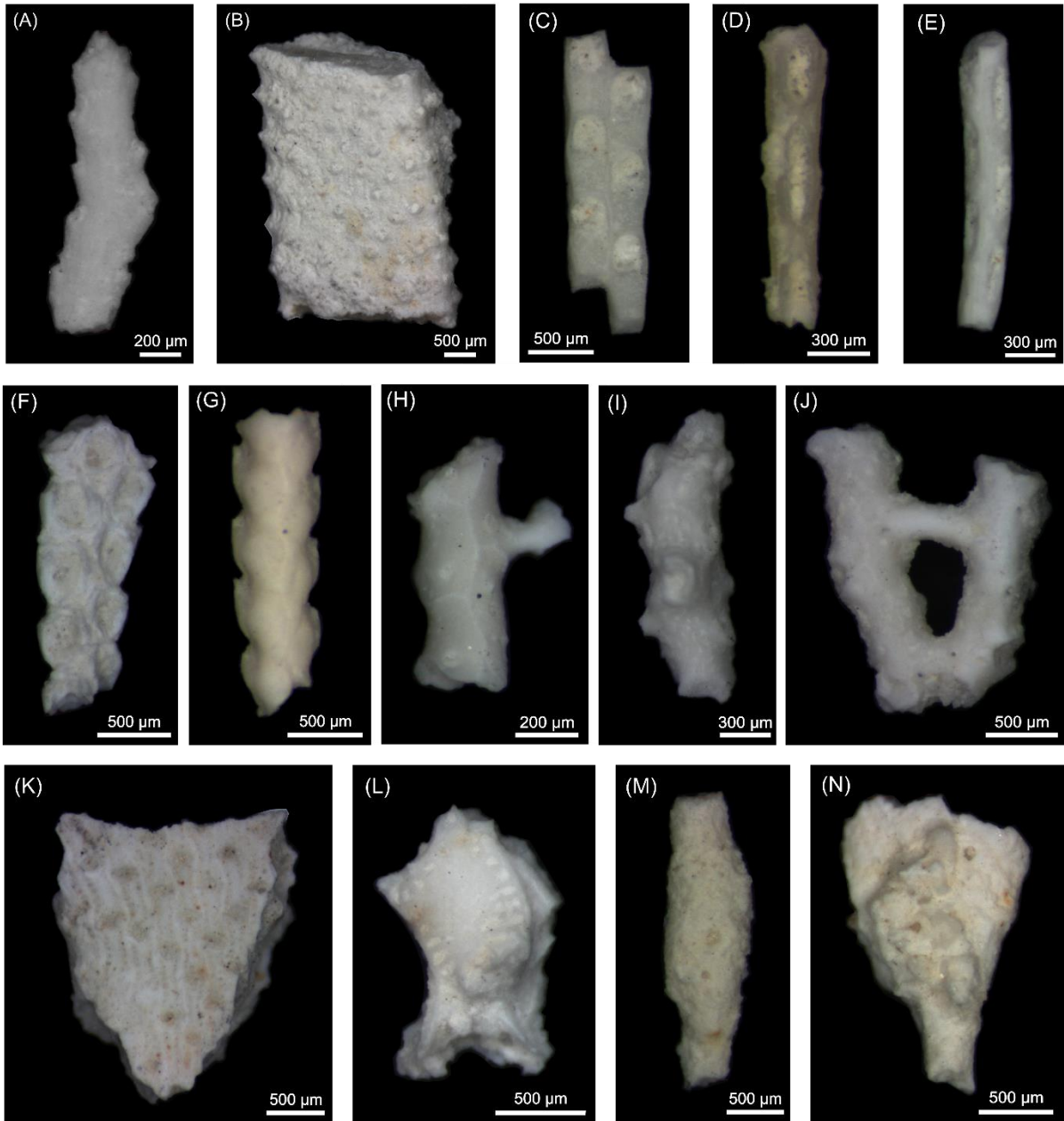


Figura 7 - Ordem Cyclostomata: A- *Crisia* sp.; B- *Idmonea* sp. Ordem Cheilostomata: C- *Steginoporella* sp.; D- E- *Nellia tenella*; F-G- *Bugula* sp.; H-J- *Pirabasoporella atalaiensis*; K-L- *Metrarabdotos* sp.; M- *Catenicella elegans*; N- *Pasythea* sp. Fonte: Autora.

5.2 OUTROS MICROFÓSSEIS

A análise micropaleontológica revelou um conteúdo de associações caracterizadas por baixa representatividade numérica e aparente baixa diversidade genérica e específica, devido à má qualidade preservacional dos táxons que impediu o reconhecimento de feições morfológicas diagnósticas. Dos quatro grupos sistemáticos secundariamente recuperados (Tabela 2 e Figuras 8 e 9), os mais abundantes foram os equinodermos, representados por espinhos e fragmentos de carapaças de equinoides, bem como centrodorsais, ossículos vertebrais e placas branquiais de crinóides e ofiuroides. Também foram reconhecidos fragmentos de gastrópodes e de carapaças de bivalvíos, relacionadas a gêneros bastante abundantes em outros afloramentos da Formação Pirabas.

Tendo em vista o rico e variado conteúdo microfossilífero da Formação Pirabas, as rochas do afloramento estudado mostraram-se estéreis em foraminíferos e nanofósseis calcários, e contou com apenas sete valvas fragmentadas de ostracode. O raro registro desses táxons pode estar relacionado com o intenso intemperismo a que as rochas foram submetidas ao longo do tempo, associado com a estabilidade química da aragonita, polimorfo de carbonato de cálcio que compõe as suas carapaças.

Esta assertiva foi inferida a partir de correlação com outras ocorrências desta mesma litofácies melhor representadas em outras localidades, tais como da ilha de Fortaleza e Praia do Atalaia.

Tabela 2 - Tabela quantitativa de fragmento de outros microfósseis.

Táxon		Número de Fragmentos
Classe GASTROPODA	<i>Architectonica</i> sp.	3
Classe BIVALVIA	<i>Clamys</i> sp.	32
	<i>Crassostrea</i> sp.	32
	Total	64
Classe OSTRACODA	<i>Neonesidea</i> sp.	7
Filo ECHINODERMATA	<i>Phyllacanthus priscus</i> Brito & Ramires, 1974	23
	<i>Prionocidaris</i> sp.	21
	Comatulida indet.	19
	Ophiuroidea indet.	19
	Total	82

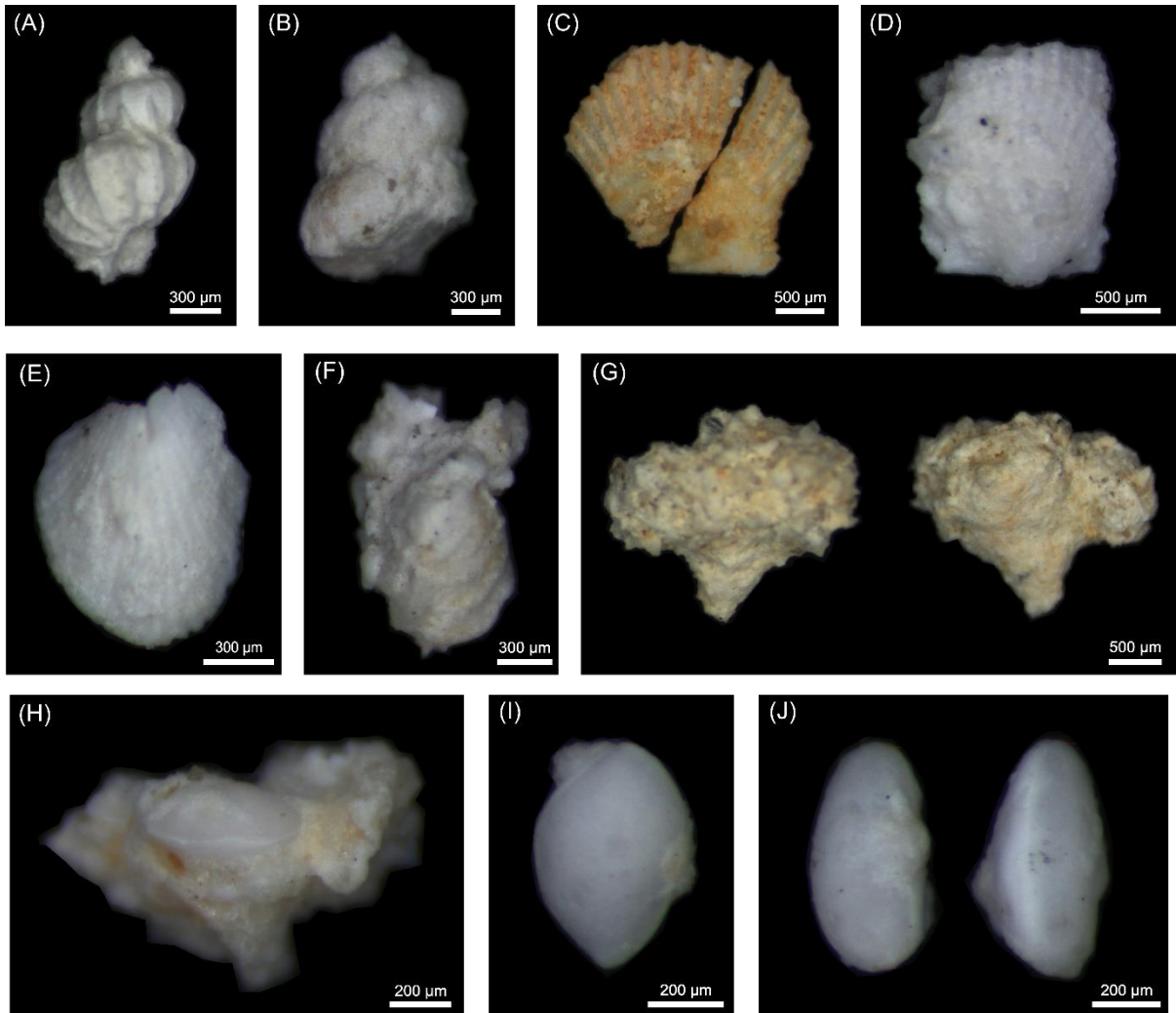


Figura 8 - Filo Mollusca: A-B- Classe Gastropoda, *Architectonica* sp.; C-G-Classe Bivalvia, *Clamys* sp.(C-D), *Crassostrea* sp.(E-G); Filo Artropoda: H-J-Classe Ostracoda, *Neonesidea* sp. Fonte: Autora.

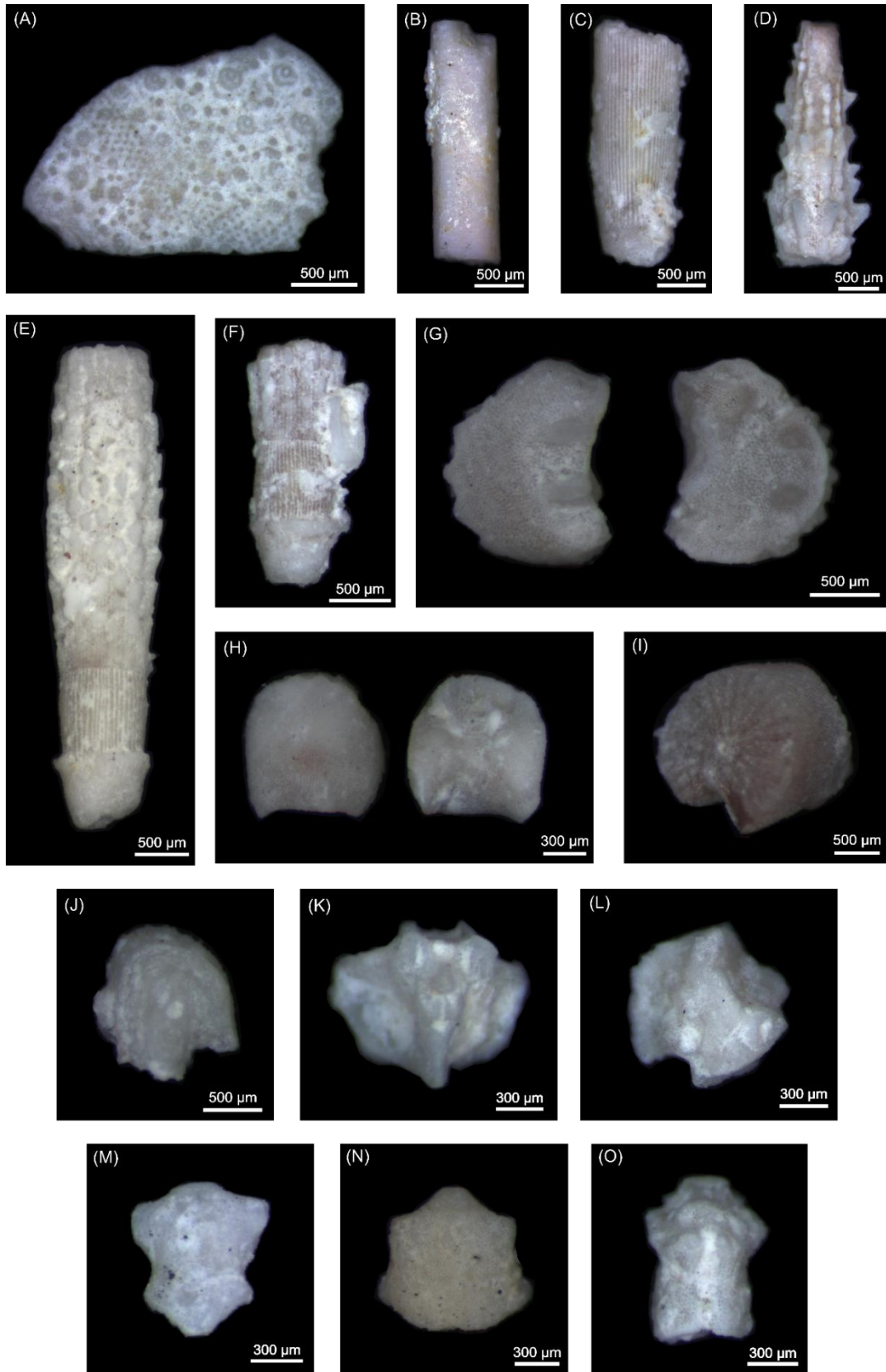


Figura 9 - Classe Echinozoidea: A-B- *Phyllacanthus priscus*, carapaça (A), espinho liso (B); C-F- *Prionocidaris* sp., espinho estriado (C), ornamentação em grânulos (D), visão geral (E), fragmento de espinho com incrustação de briozoário (F). Ordem Comatulida: G-J- Comatulida indet.: ossículo centrodorsal (G); placa branquial com articulação oblíqua (H), placa branquial com articulação sigizial (I), placa branquial com articulação reta (J). Classe Ophiuroidea: K-O-Ophiuroidea indet., ossículos vertebrais. Fonte: Autora.

6 CONSIDERAÇÕES PALEOBIOLÓGICAS

As interpretações paleoambientais de briozoários fósseis são realizadas principalmente a partir da comparação com espécies atuais, assim como a análise da presença, abundância, diversidade e morfologia zoarial e zoécial (Taylor 2020).

A análise morfofuncional em briozoários pode explicar a relação entre forma da colônia e ambiente, visto que, possíveis razões para adaptações morfológicas em briozoários sesséis são meios alternativos para a utilização e competição por espaço no substrato, supor sobre a resistência a fragmentação em colônias eretas e, geração de correntes multizooidais para eficiência na alimentação suspensívora (Taylor 2020).

As colônias incrustantes estão limitadas a substratos rígidos e estáveis, abiogênicos (grãos de areia, cascalhos e plataformas rochosas) ou biogênicos (conchas, ossos ou placas de outros indivíduos). As colônias com morfologia foliar como *Steginoporella* e *Metrarabdotos*, utilizam padrões específicos de adição de novos zoóides por crescimento circunferencial, para ocupar completamente uma área do substrato e como estratégia de confronto com outras formas incrustantes (Taylor 2020).

Em contraste, o crescimento ereto potencializa o tamanho da colônia com crescimento tridimensional livre de restrições espaciais e competição de substrato, além de diminuir o efeito de soterramento por acumulação de sedimentos (Taylor 2020). A capacidade de resistência a fragmentação dos ramos da colônia por alta energia das correntes e impactos por objetos na água são potencializadas com adaptações morfológicas, como a presença de articulação entre os ramos (*Crisia* sp., *Catenicella elegans*, *Nellia tenella* e *Pasythea* sp.), aumento da espessura e/ou rigidez do ramo e bifurcações (*Idmonea* sp. e *Bugula* sp.), e mais especificamente a morfologia fenestrada rígida e conectadas por tubos horizontais do gênero *Pirabasoporella* que indica adaptação à ambiente com forte ação de ondas e correntes (Taylor 2020). Tais tubos conectivos podem representar regeneração e regulação de fragmentos de colônias maduras, resultando em novas colônias.

Segundo Stach (1936 *apud* Taylor 2020) a morfologia zoarial em Cheilostomata tem forte relação com o ambiente, e vários autores demonstraram a relação entre profundidade e diversidade em briozoários, com exemplo Denisenko *et al.* (2016) que demonstrou em estudo nas Ilhas Faroé a intensa relação negativa entre profundidade e diversidade das espécies. Schopf (1969) relata o aumento da razão espécies eretas/incrustantes com a profundidade, Barnes

(1995) observou que o aumento do número de Cheilostomatas é proporcional a razão anterior, e também Wisshak *et al.* (2015) que identificaram que a proporção entre Cheilostomata e Cyclostomata diminui com o aumento da profundidade (Taylor 2020). Logo, a presença, abundância e diversidade dos briozoários identificados nessa pesquisa indica ambiente raso, eutrófico e com alta disponibilidade de carbonato de cálcio.

Segundo Távora & Nogueira Neto (2011) o tipo de substrato dos briozoários da Formação Pirabas variou entre rígido temporário (*Crisia* sp., *Nellia tenella*, *Catenicella elegans*, *Pasythea* sp.) e rígido indefinidamente estável (*Metrarabdotos* sp.).

A paleoclimatologia tem relação com o tamanho dos zoóides, os quais diminuem ou aumentam durante o crescimento da colônia para se adaptar as variações de temperatura e consequente disponibilidade de nutrientes (Taylor 2020). Ela pode ser inferida na localidade estudada partir da presença dos gêneros *Metrarabdotos* e *Steginoporella* que atualmente são típicos de ambiente tropical e águas quentes (Taylor 2020, Ramalho *et al.* 2017).

A grande diversidade genérica e específica de briozoários na Formação Pirabas pode representar a fase inicial do “*bryozoan event*”, que teve ápice no Mioceno Médio, e correspondeu a primeira expansão exponencial destes invertebrados no Cenozóico mundial (Holocová & Zágorský 2018).

A briozoofauna recuperada nesta pesquisa corrobora as condições de ambiente marinho eutrófico de águas rasas, quentes oxigenadas e agitadas, que beneficiam grande dispersão larval (Scolaro 1970, Taylor 2020).

A concentração fossilífera dos briozoários da localidade estudada é monotípica e poliespecífica estando preservada tridimensionalmente como restos alterados por substituição, com cristalização nos interespaços. Nos processos tafonômicos em microfósseis as características como tamanho, forma, mineralogia e microestrutura são bastante importantes para determinar a suscetibilidade a fragmentação, dissolução e abrasão *post mortem* (Saraswati & Srinivasan 2016).

A morfologia zoarial tem grande influência em relação à fragmentação, sendo determinante na forma e tamanho das partículas zoariais durante a fragmentação *post mortem* de briozoários (Taylor & James 2013 *apud* Taylor 2020). As colônias fenestradas (*Pirabasoporella atalaiensis*) se fragmentam em partículas de tamanho areia e cascalho, as de

ramos delicados (*Crisia* sp., *Nellia tenella*, *Bugula* sp., *Catenicella elegans*, *Pasythea* sp.) em partículas de tamanho areia e cascalho fino, enquanto as de morfologia palmada (*Idmonea* sp.) em partículas de tamanho cascalho (Figura 10).

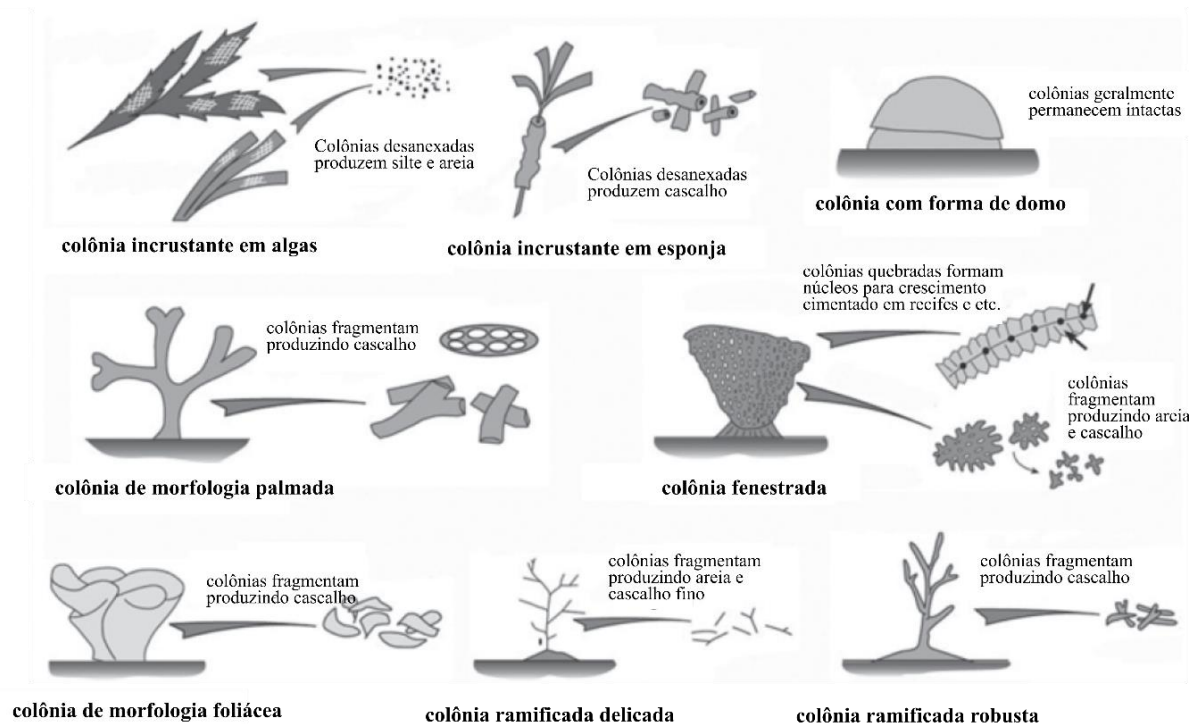


Figura 10 - Tafonomia de briozoários com diferentes substratos e morfologia colonial. Fonte: Modificado de Taylor (2020).

A taxa de fragmentação não necessariamente indica transporte significativo das colônias, pois pode estar diretamente relacionada com soterramento rápido. O tamanho dos fragmentos pode influenciar na acumulação dos restos, já que microfósseis tem uma maior tendência a transporte seletivo por correntes (Taylor 2020, Saraswati & Srinivasan 2016).

A resistência a abrasão também é influenciada pela morfologia zoarial, Smith & Nelson (1994) constataram que formas fenestradas são mais resistentes a abrasão física, enquanto formas articuladas e eretas bifurcadas tem resistência intermediária e formas incrustantes são menos resistentes (Taylor 2020). Este padrão é observado na associação estudada, visto que nos fragmentos de *Pirabasoporella atalaiensis* não há indícios de abrasão e é a espécie com maior qualidade preservacional, enquanto as formas incrustantes *Metrarabdotos* sp. e *Steginoporella* sp. apresentam indícios de abrasão mecânica e estão com moderado a alto grau de fragmentação.

A acumulação diferencial depende da morfologia e tamanho das partículas, atestando que a grande quantidade de fragmentos de *Pirabasoporella atalaiense* em relação aos demais táxons é devido a transporte e seleção *post-mortem* (Figura 11). Os fragmentos zoariais de *Metrarabdotos*, *Steginoporella* e *Idmonea* parecem ter sofrido retrabalhamento local, não resistindo a ação das correntes durante o soterramento como os fragmentos de *Bugula* e *Pirabasoporella*, enquanto os fragmentos de *Catenicella elegans*, *Pasythea* sp., *Nellia tenella* e *Crisia* sp. podem indicar que sofreram transporte.

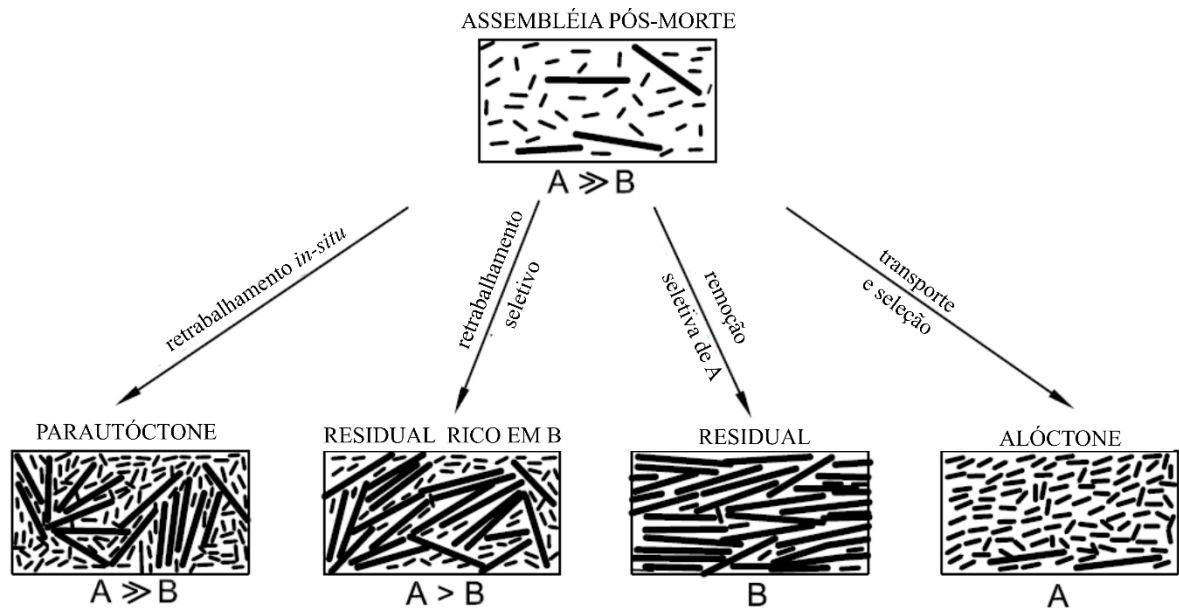


Figura 11 - Diagrama esquemático de seleção hidrodinâmica de formas tipo A e B de *Nummulites*. Assembleia parautóctone dominada por formas tipo A, assembleia alóctone composta por formas tipo A, e assembleias residuais enriquecidas ou compostas completamente por formas tipo B. Fonte: Modificado de Saraswati & Srinivasan (2016).

A recristalização de carbonato de cálcio sobre as colônias produziu espessamento esquelético, principalmente no escudo zooidal frontal. A estrutura laminar desta calcificação modificou ou obliterou a fábrica ultraestrutural primária, onde estão impressas as estruturas morfológicas diagnósticas

Alterações na composição taxonômica original das biotas pretéritas são bastantes comuns durante o processo de acumulação e preservação dos restos. Os principais agentes que influenciam estas modificações são o clima e a hidrodinâmica deposicional do ambiente, bem como a amplitude dos processos físicos, bioerosão e dissolução (Bottjer 2016).

A grande variedade de filtros tafonômicos podem agir tanto na zona tafononomicamente ativa (interface água-sedimento) quanto após o soterramento dos restos, incluindo processos físicos, químicos e biológicos (Bottjer 2016).

As rochas da Formação Pirabas na localidade estudada estão situadas nas margens do rio Japerica, apresentando-se bastante intemperizadas. A alteração destas rochas provém primariamente da ação contínua das marés e chuva que recobriram e expuseram o afloramento ao longo do tempo.

Durante os períodos de recobrimento, a ação geológica da água provocou lixiviação e a variação dos fatores ambientais (salinidade e pH), devido a conexão rio Japerica – baía de Pirabas – Oceano Atlântico, também desencadeou a ação de processos químicos sobre as rochas e seu conteúdo fossilífero.

As reações químicas sucessivas devem ter causado repetidos processos de dissolução e recristalização dos grãos de carbonato de cálcio e expansão volumétrica dos grãos da fração argilosa, exercendo pressão nos materiais, e amplificando a magnitude da dissolução, levando a fragmentação e destruição de grande parte dos bioclastos.

Estes processos de intemperismo físico e químico destruíram a maior parte dos fósseis presentes. A preservação dominante dos briozoários e outros grupos sistemáticos secundários atestam sua menor suscetibilidade à dissolução, relacionados com a estabilidade química da calcita (que preservou fragmentos de conchas de moluscos e equinóides), e a espessura e microestrutura lamelar maciça dos briozoários.

7 CONCLUSÃO

A partir da análise microfaunística da ocorrência da Formação Pirabas no distrito de Japerica, município de São João de Pirabas, foi possível obter as seguintes conclusões:

- A associação microfossilífera do afloramento estudado é caracterizada por baixa representatividade numérica e aparente baixa diversidade genérica e específica. Na qual foram identificadas 17 espécies, sendo nove de briozoários (*Crisia* sp., *Idmonea* sp., *Steginoporella* sp., *Nellia tenella*, *Bugula* sp., *Pirabasoporella atalaiensis*, *Metrarabdotos* sp., *Catenicella elegans* e *Pasythea* sp.), duas de moluscos bivalvíos (*Clamys* sp. e *Crassostrea* sp.), duas de equinóides (*Phyllacanthus priscus* e *Prionocidaris* sp.), uma de crinóide (Comatulida indet.) e uma de ofiuroide (Ophiuroidea indet.), além de uma espécie de gastrópode (*Architectonica* sp.) e uma de ostracode (*Neonesidea* sp.).
- A grande diversidade genérica e específica de briozoários na Formação pode representar a fase inicial do “*bryozoan event*”, que correspondeu a sua primeira expansão exponencial no Cenozóico mundial e teve ápice no Mioceno Médio.
- A fáunula de briozoários indica ambiente marinho raso, eutrófico, de águas quentes (indicada principalmente pelos gêneros de briozoários *Metrarabdotos* e *Steginoporella*), oxigenadas e agitadas, submetido a forte ação de ondas e correntes (sugerido pela supremacia do gênero de briozoário *Pirabasoporella*), com alta disponibilidade de nutrientes e carbonato de cálcio. Inserindo a localidade de Japerica na ecofácies Castelo.
- Considerando que o afloramento está situado nas margens do rio Japerica, suas rochas foram submetidas a intensos e contínuos processos de intemperismo físico e químico ao longo do tempo, ocasionado obliteração da maior parte da associação fossilífera original e baixa qualidade preservacional dos bioclastos, dificultando a identificação dos táxons em níveis específicos.
- Os processos tafonômicos e diagenéticos modificaram a biota original, visto que a associação de briozoários é alóctone, na qual há indícios de retrabalhamento local nos fragmentos dos gêneros *Metrarabdotos*, *Steginoporella* e *Idmonea*, e de transporte *post mortem* dos gêneros *Catenicella*, *Pasythea*, *Nellia* e *Crisia*.
- A preservação dominante dos briozoários e outros grupos sistemáticos secundários em comparação com a ausência de foraminíferos e nanofósseis calcários, atestam sua menor

suscetibilidade à dissolução devido a estabilidade química da calcita que compõem suas carapaças.

- A classificação sistemática em nível específico poderá ser realizada a partir de captura de suas imagens sob microscópio eletrônico de varredura (MEV), que possibilitará também detalhar as interpretações paleobiológicas da microfauna recuperada e sua contextualização com os dados já obtidos em pesquisas anteriores.

REFERÊNCIAS

- Aguilera O., Araújo O. M. O., Hendy A., Nogueira A. A. E., Nogueira A. C. R., Maurity C. W., Kutter V. T., Martins M. V. A., Coletti G., Dias B. B., Silva-Caminha S. A. F., Jaramillo C., Bencomo K., Lopes R. T. 2020. Palaeontological framework from Pirabas Formation (North Brazil) used as potential model for equatorial carbonate platform. *Marine Micropaleontology*, **154**. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2019.101813>
- Almeida A. C. S. 2018. *Taxonomia dos briozoários marinhos no estado da Bahia*. MS Dissertation, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 514 p.
- Amorim K. B. 2016. *Paleoambiente, Paleogeografia e isótopos de carbono e oxigênio de depósitos carbonáticos miocenos da Plataforma Bragantina, NE do Pará, Brasil*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 158 p.
- Antonioli L., Távora V. A., Dino R. 2015. Palynology of carinoliths and limestones from the Baunilha Grande Ecofacies of the Pirabas Formation (Miocene of Pará state, northeastern Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, **62**:134-47. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.05.005>
- Bassler R. S. 1953. Bryozoa In: Moore, R. C. (ed.). *Treatise on invertebrate paleontology*, Part G. New York, University of Kansas Press and Geological Society of America, 253 p.
- Bottjer D. J. 2016. *Paleoecology: past, present and future*. Oxford, Wiley-Blackwell, 232 p.
- BRITO I. M. 1971. Contribuição ao conhecimento dos crustáceos decápodes da Formação Pirabas. I - Brachyura Brachyrhyncha. In: Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 43, n. 2, p. 489-498.
- Ciavatta M. L., Lefranc F., Vieira L. M., Kiss R., Carbone M., Otterlo W. A. L., Lopanik N. B., Waeschenbach A. 2020. The Phylum Bryozoa: from biology to biomedical potential. *Marine drugs*, **18** (4): 200 -232. <https://doi.org/10.3390/md18040200>
- Concheyro G. A. & Távora V. A. 1992. Ocorrência de nanofósseis calcários na Formação Pirabas (Mioceno Inferior) no furo CB-UFPa-P1(85), município de Capanema, Estado do Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **64** (4): 421.
- Costa J. B. S., Borges M. S., Bemerguy R. L., Fernandes J. M. G., Costa Junior P. S., Costa M. L. 1993. Evolução Cenozóica da Região de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará. *Geociências*, **12** (2): 373-396.
- Echevarría A. E. & Távora V. A. 1992. Notícias sobre alguns ostracodes da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), procedentes do furo CB-UFPa-P1(85), município de Capanema, Estado do Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **64** (4): 421.
- Fernandes J. M. G. 1984a. *Paleoecologia e bioestratigrafia (Foraminiferida) da Formação Pirabas, Estado do Pará*. PhD Theses, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 245 p.
- Fernandes J. M. G. 1984b. Paleoecologia da Formação Pirabas, Estado do Pará. In: SBG, 33º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro, v.1, p. 330-340.

- Fernandes J.M.G. 1988. Bioestratigrafia da Formação Pirabas, Estado do Pará. *In: SBG, 35º Congresso Brasileiro de Geologia, Belém. Anais [...].* Belém, v.6, p. 2376-2382.
- Fernandes J. M. G. & Távora V. A. 1990. Estudos dos foraminíferos da Formação Pirabas procedentes do furo CB-UFPa-P1(85), município de Capanema, Estado do Pará. *In: SBG, 36º Congresso Brasileiro de Geologia, Natal. Anais [...].* Natal, v.1, p. 470-475.
- Ferreira C. S. 1960. Contribuição à Paleontologia do estado do Pará. Revisão da família Pectinidae da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), com descrição de novas espécies. *Arquivos do Museu Nacional*, **50**: 65-135.
- Ferreira C. S. 1966. Características lito-paleontológicas da Formação Pirabas, Estado do Pará. *In: 6º Conferência Geológica Das Guianas, Belém. Anais [...].* Rio de Janeiro, v. 41, p. 101-111.
- Ferreira C. S. 1980. Correlação da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), N e NE do Brasil, com as Formações Chipola e Tampa da península da Flórida, USA. *In: 1º Congresso Latino-Americano de Paleontologia, Buenos Aires. Anais [...].* v. 3, p. 49-55.
- Ferreira C. S. 1982. Notas Estratigráficas Sobre o Cenozóico Marinho do Estado do Pará. *In: SBG, 1º Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém. Anais [...].* p. 84-88.
- Ferreira C. S. & Cassab R. C. T. 1985. Implicações faciológicas da família Pectinidae (Mollusca-Bivalvia) da Formação Pirabas, Oligo-Mioceno do norte e nordeste do Brasil. *In: Campos D. A. (org.). Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, Seção Paleontologia Estratigrafia. 2, Série Geologia (27).* Sociedade Brasileira de Paleontologia, Academia Brasileira de Ciências, p. 205-209.
- Ferreira C. S. & Cunha O. R. 1957. Contribuição à Paleontologia do Estado do Pará. Notas sobre a Formação Pirabas com a descrição de novos invertebrados fósseis. (Mollusca-Gastropoda). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, nova série Geologia*, **2**: 1-61.
- Ferreira C. S. & Francisco B. H. R. 1988. As relações da Formação Pirabas (Oligoceno-Mioceno), com as formações continentais terciárias no NE do Pará. *In: SBG, 35º Congresso Brasileiro de Geologia, Belém. Anais [...].* Belém, v. 2, p. 761-764.
- Ferreira C. S., Macedo A. C. M., Assis J. F. P. 1978. A Formação Pirabas no estado do Pará-novo registro de subsuperfície: Belém (furo 4BE-01-PA, CPRM). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **50** (3): 427.
- Ferreira C. S., Vicalvi M. A., Macedo A. C. M. 1981. Nota sobre a sequência sedimentar ao sul do rio Guamá, Estado do Pará. Evidências do Oligo-Mioceno marinho, através dos resultados preliminares da sondagem feita em Vila Mãe do Rio (“48”), BR-010, município de Irituia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **53** (1): 208-209.
- Ferreira C. S., Vicalvi M. A., Truckenbrodt W. 1983. Os prováveis limites da transgressão oligo-miocênica (Formação Pirabas), ao sul do rio Guamá, município de Irituia, estado do Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **55** (1): 141.

Ferreira C. S., Vicalvi M. A., Macedo A. C. M. 1984. Os limites meridionais da bacia de Pirabas. *In*: SBG, 33º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro. *Anais* [...]. Rio de Janeiro, v.1, p. 326-329.

Ferreira Penna D. S. 1876. Breves notícias sobre os sambaquis do Pará. *Arquivo do Museu Nacional*, **1**: 85-89.

Francisco B. H. R., Loewenstein P., Silva O. F., Silva G. G. 1971. Contribuição à Geologia da Folha de São Luís (SA-23) no Estado do Pará. III- Estratigrafia. IV- Recursos Minerais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, nova série Geologia, **17**: 1-40.

Góes A. M., Rossetti D. F., Nogueira A. C. R., Toledo P. M. 1990. Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* - série Ciências da Terra, **2**: 3-15.

Green O.R. 2001. *A manual of practical laboratory and field techniques in Paleobiology*. Oxford, Kluwer Academic Publishers, 538 p.

Hageman S. J., Bock P. E., Bone Y., McGowran B. 1988. Bryozoan growth habits: classification and analysis. *Journal of Paleontology*, **72** (3): 418-436.

Holocová K. & Zágoršek K. 2018. Bryozoa, foraminifera and calcareous nannoplankton as environmental proxies of the “bryozoan event” in the Middle Miocene of the Central Paratethys (Czech Republic). *Palaeogeography, Paleolimatology, Palaeoecology*, **267** (3/4): 216-234.

Larré I. R. N. M. 2020. *Estudos taxônomico dos briozoários da Bacia de Portiguar, Brasil*. MS Dissertation, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 187 p.

Leite F. P. R., Bernardes-De-Oliveira M. E., Oliveira P. E., Silvestre-Capelato M. S., Arai M., Truckenbrodt W. 1997a. Palinofloras miocênicas da Formação Pirabas e Grupo Barreiras na região Bragantina, Estado do Pará, Brasil. *Revista Universidade de Guarulhos - Série Geociências*, **II** (número especial): 128-140.

Leite F. P. R., Bernardes-De-Oliveira M. E., Arai M., Truckenbrodt W. 1997b. Palinoestratigrafia da Formação Pirabas e Grupo Barreiras, Mioceno do nordeste do Estado do Pará, Brasil. *Revista Universidade de Guarulhos - Série Geociências*, **II** (número especial): 141-147.

López-Gappa J., Pérez L., Almeida A., Iturra D., Gordon D., Vieira L. 2021. Three new cribrimorph bryozoans (order Cheilostomatida) from the early Miocene of Argentina, with a discussion on spinocystal shield morphologies. *Journal of Paleontology*, **95** (3): 568 – 582. <https://doi.org/10.1017/jpa.2020.108>

Macedo A. C. M. 1970. *Sobre a distribuição de ostracoda no Mioceno caribeano com um estudo especial sobre os ostracodes da Formação Pirabas, Pará, Brasil*. MS Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 62 p.

Macedo A. C. M. 1971. Considerações sobre os ostracodes do Mioceno marinho do Estado do Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **43** (2): 523-528.

- Macedo A. C. M. 1972. Correlação micropaleontológica entre as formações Pirabas (Pará, BR) e Chipola (Florida, USA). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **44** (3/4): 586.
- Macedo A. C. M. 1973. Notícias sobre testemunhos de subsuperfície da Formação Pirabas do estado do Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **45** (3/4): 655.
- Macedo A. C. M. 1977. Microfósseis como indicadores de fácies - o problema da amostragem. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **49** (2): 355.
- Macedo A. C. M. 1981. Associações de ostracodes e interpretação de paleoambientes no Mioceno do Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **53** (3): 622.
- Macedo A. C. M. 1983a. Hemicytheridae e Trachyleberididae no Mioceno do Estado do Pará (Formação Pirabas): uma integração paleogeográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **55** (1): 140.
- Macedo A. C. M. 1983b. Ostracodes como objeto de pesquisa paleontológica: uma experiência. In: 8º Congresso Brasileiro de Paleontologia, Rio de Janeiro. *Resumos das Comunicações [...]*. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 72.
- Macedo A.C.M. 1985. Comentários sobre os ostracodes da fácies Castelo, Formação Pirabas, Estado do Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **57** (1): 140.
- Macedo A. C. M. 1988. Autoecologia de ostracodes fósseis: problemas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **60** (1): 111.
- Manso C. L. C. & Souza-Lima W. 2017. The first record of the comatulid crinoid *Sievertsella Radwańska*, 2003 and its implications for the Miocene of Bragança-Viseu Basin, Brazil. *Acta Geologica Polonica*, **67** (3): 425-432. <https://doi.org/10.1515/agp-2017-0019>
- Maury C. J. 1925. *Fósseis terciários do Brasil com descrição de novas Formas Cretáceas.*, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, 665 p. (Monografia n. 4).
- Nogueira A. A. E. & Ramos M. I. F. 2016. The genus *Perissocytheridea* Stephenson, 1938 (Crustacea: Ostracoda) and evidence of brackish water facies along the Oligo-Miocene, Pirabas Formation, eastern Amazonia, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **65**: 101-121.
- Nogueira A. A. E., Ramos M. I. F., Hunt G. 2019. Taxonomy of Ostracods from Pirabas Formation (Oligo-Miocene), Eastern Amazonia (Pará State, Brazil). *Zootaxa*, **4573** (1): 1-111.
- Nogueira A. A. E. & Nogueira A. C. R. 2017. Ostracods biostratigraphy of the Oligocene-Miocene carbonate platform in the Northeastern Amazonia coast and its correlation with the Caribbean region. *Journal of South American Earth Sciences*, **80**: 389-403.
- Nogueira A. C. R., Amorim K. B., Góes A. M., Truckenbrodt W., Petri S., Nogueira A. A. E., Bandeira J., Soares J. L., Baía L. B., Imbiriba Júnior M., Bezerra I. S., Ribas C. C., Cracraft J. 2021. Upper Oligocene-Miocene deposits of Eastern Amazonia: Implications for the collapse of Neogene carbonate platforms along the coast of northern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **563** (110178): 1- 19. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.110178>

- Petri S. 1952. Ocorrência de foraminíferos fósseis no Brasil. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo – Geologia*, (7): 21-42.
- Petri S. 1954. Foraminíferos fósseis da Bacia de Marajó. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo – Geologia*, **176** (11): 4-144.
- Petri S. 1957a. *Foraminíferos miocênicos da Formação Pirabas*. PhD Tesis, Livre docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 105 p.
- Petri S. 1957b. Foraminíferos miocênicos da Formação Pirabas. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo – Geologia*, **216** (16): 1-80.
- Quadros L. P. & Fernandes A. C. S. 1982. Ocorrências inéditas de nanofósseis calcários da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) na localidade Vila Mãe do Rio, município de Irituia, Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **54** (1): 254.
- Ramalho L. V., Serrano F., Rueda J. L., Távora V. A., Zágoršek K. 2019. New update on the bryozoan assemblage of the Miocene Pirabas Formation, Brazil. *Australasian Palaeontological Memoirs*, **52**: 109-114.
- Ramalho L. V., Távora V. A., Zágoršek K. 2017. New records of the bryozoan *Metrarabdotos* from the Pirabas Formation (Lower Miocene), Pará State, Brazil. *Palaeontologia Electronica*, **20.2** (32A): 1-11. <https://doi.org/10.26879/704>
- Ramalho L. V., Távora V. A., Tilbrook K. J., Zágoršek K. 2015. New species of *Hippopleurifera* (Bryozoa, Cheilostomata) from the Miocene Pirabas Formation, Pará state, Brazil. *Zootaxa*, **3999** (1): 125-134.
- Rossetti D. F., Bezerra F. H. R., Dominguez J. M. L. 2013. Late Oligocene-Miocene transgressions along the equatorial and margins of Brazil. *Earth-Science Reviews*, **123**: 87-112.
- Saraswati P. K. & Srinivasan M. S. 2016. *Micropaleontology: Principles and Applications*. Springer International Publishing, 224 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14574-7>
- Schneider S., Berning B., Bitner M. A., Carriol R. P., Jäger M., Kriwet J., Kroh A., Werner W. 2009. A parautochthonous shallow marine fauna from the Late Burdigalian (early Oligocene) of Gurlarn (Lower Bavaria, SE Germany): Macrofaunal inventory and paleoecology. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, **254** (1-2): 63- 103. <https://doi.org/10.1127/0077-7749/2009/0004>
- Scolaro R. J. 1970. Notes on miocene from northwestern Florida. *Tulane Studies in Geology and Paleontology*, **8**: 93-98.
- Soares A. D. V. 1984. *Novo registro em subsuperfície de sedimentos terciários (Formação Pirabas) dentro da área da grande Belém (Poço nº 3 Campus Universitário)*. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Pará. Belém, 21 p.
- Sommer F. W. 1967. Contribuição à Paleontologia do Estado do Pará. A presença de algas coralíneas nos calcários da Formação Pirabas. In: Lent H. (ed.). *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica - Geociências*, **1**: 435-441.

Smith A. M., Key Jr M. M., Gordon D. P. 2006. Skeletal mineralogy of bryozoans: taxonomic and temporal patterns. *Earth-Science Reviews*, **78**: 287-306.

Távora V. A. 1992. *Ostracodes da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) no Estado do Pará, Brasil*. MS Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 88 p.

Távora V. A. 1994a. Bythocytheridae, Cytherideidae e Cytheruridae (Crustacea-Ostracoda) na Formação Pirabas (Eomioceno)- Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Ciências da Terra*, **6**: 91-113.

Távora V. A. 1994b. Hemicytheridae, Loxoconchidae, Paradoxostomatidae, Pectocytheridae e Trachyleberididae (Crustacea-Ostracoda) na Formação Pirabas (Eomioceno)- Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Ciências da Terra*, **6**: 115-140.

Távora V. A. 1994c. Ostracodes da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) no estado do Pará. *Acta Geológica Leopoldensia*, **17** (39/1):119-129.

Távora V.A. 1998. Ocorrência de uma nova espécie de ostracoda na Formação Pirabas (Eomioceno)- Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Ciências da Terra*, **10**: 3-15.

Távora V. A., Castro C. B., Medeiros M.S. 1997. Sobre a ocorrência de gorgônias (Cnidaria-octocorallia) na Formação Pirabas (Eomioceno) – Estado do Pará, Brasil. *In*: SBP, 15^o Congresso Brasileiro de Paleontologia e Simpósio de Paleontologia de Invertebrados, São Pedro. *Boletim de Resumos*, São Paulo, p. 41.

Távora V. A. & Coelho J. R. 2006. Tafonomia De Foraminíferos Da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado Do Pará. *Geociências*, **25** (2): 197-204.

Távora V. A., Fernandes J. M. G. 1994. Uma fáunula de briozoários da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) - Estado do Pará. *Acta Geologica Leopoldensia*, **XVII** (39/1): 145-156.

Távora V. A. & Fernandes J. M. G. 1999. Estudio de los foraminiferos de la Formación Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará, Brasil y su correlación com faunas del Caribe. *Revista Geológica de América Central*, **22**: 63-74.

Távora V. A., Lima Junior R. F., Leite A. S. 2001a. A zona *Pokorniella* “saginata” (sensu Bluter) / *P. laresensis* (Bold) na Formação Pirabas (Eomioceno)- Estado do Pará. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **2**: 102.

Távora V. A., Morais W. K. S., Gonçalves D.F. 2001b. Paleoecologia dos ostracodes da Formação Pirabas (Eomioceno)- Estado do Pará. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **2**: 100.

Távora V. A., Monteiro D. B., Reis S. B. 2015. Sistemática e Paleobiologia de Microfósseis de Equinodermas da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, **38** (1): 116-127.

Távora V. A. & Nogueira Neto I. L. A. 2011. Briozoários. *In*: Carvalho I. S. (org.). *Paleontologia Microfósseis, Paleoinvertebrados*. 3 ed., v. 2, Rio de Janeiro, Editora Interciência, p. 299-314.

Távora V. A., Nunes S.S., Souza K.S. 2013. Paleoecologia da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará. *In: Wankler F. L.; Holanda E. S., Vasquez M. L. (Eds.). Contribuições à Geologia da Amazônia*. v. 8, Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Norte, p. 235-251.

Távora V. A., Santos A. A. R., Nogueira Neto I. L. A. 2010. Eventos biológicos da Formação Pirabas (Mioceno Inferior). *Revista Brasileira de Geociências*, **40** (2) 256–264. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2010402256264>

Távora V. A., Souza B. L. P., Nogueira Neto I. L. A. 2014. Micropaleontologia da Litofácies Recifal da Formação Pirabas (Mioceno inferior), Estado do Pará, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, **37** (2): 100-110.

Taylor P. 2020. *Bryozoan Paleobiology*. 1 ed. Oxford, Wiley Blackwell, 320p.

Vicalvi M. A. & Ferreira C. S. 1992. A ocorrência de um macroforaminífero (Soritidae) na Formação Pirabas (N-NE do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **64** (1): 99.

Wanderley M. D. 2010. Técnicas de preparação de microfósseis. *In: Carvalho, I. S. (ed.). Paleontologia - Volume 1: Conceitos e Métodos*. 3 ed. Rio de Janeiro, Editora Interciência, p. 387-395.

Zágoršek K., Ramalho L. V., Berning B., Távora V. A. 2014. A new genus of the family Jaculinidae (Cheilostomata, Bryozoa) from the Miocene of the tropical western Atlantic. *Zootaxa*, **3838** (1): 98-112. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3838.1>