



UFRJ

PALEOBIOTA DOS DEPÓSITOS CALCÁRIOS DE BREJO, MARANHÃO
(FORMAÇÃO CODÓ, BACIA DO PARNAÍBA), NORDESTE DO BRASIL

Rafael Matos Lindoso

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário à obtenção do grau de Mestre em Ciências (Geologia).

Orientador:

Prof. Dr. Ismar de Souza Carvalho

Rio de Janeiro
Janeiro de 2012

PALEOBIOTA DOS DEPÓSITOS CALCÁRIOS DE BREJO, MARANHÃO
(FORMAÇÃO CODÓ, BACIA DO PARNAÍBA), NORDESTE DO BRASIL

Rafael Matos Lindoso

Orientador: Prof. Dr. Ismar de Souza Carvalho

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Geologia).

Aprovada por:

Presidente: Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho – IGEO/UFRJ

Prof. Dr. Leonardo Fonseca Borghi de Almeida – IGEO/UFRJ

Dra. Rita de Cassia Tardin Cassab – DNPM

Profª Dr. Marise Sardenberg Salgado de Carvalho – UFRJ

Rio de Janeiro
Janeiro de 2012

Lindoso, Rafael Matos

Paleobiota dos depósitos calcários de Brejo, Maranhão (Formação Codó, Bacia do Parnaíba), Nordeste do Brasil [Rio de Janeiro] 2012.

xiv, 73 p. (Instituto de Geociências – UFRJ, M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Geologia, 2012).

Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, realizada no Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, 2012.

1. Geologia. 2. Estratigrafia e Paleontologia

I – IG/UFRJ

II – Título (série)

A Deus pelo irrequieto universo à minha volta,
fonte de inspiração e que me incita a
investigar os mistérios da natureza.

In memoriam de Doraci Lima Lindoso
e Aureliene Lima Lindoso.

Dedico este trabalho a Maria Teresa S. Matos,
Lícia F. M. Lindoso, Raimundo L. Lindoso e
Jacilde L. Lindoso.

AGRADECIMENTOS

Segundo Albert Einstein, “Na ciência (...) o trabalho científico do indivíduo está tão inseparavelmente conectado ao de seus antecessores e contemporâneos, que parece ser quase um produto impessoal de sua geração”. Desse modo, o reconhecimento e estima que manifesto por aqueles que estiveram comigo durante a execução deste trabalho, sejam eles do universo acadêmico ou não, são tão importantes quanto à própria pesquisa científica.

Ao Prof. Dr. Ismar de Souza Carvalho (IGEO/UFRJ), pela confiança e paciência, por acreditar que esse projeto seria possível.

Ao Prof. Dr. Manuel Alfredo Medeiros (UFMA), um amigo e professor inestimável.

Ao Dr. Thiago da Silva Marinho (IGEO/UFRJ), a quem devo muitas horas de discussões e reflexões, as quais foram substanciais para a preparação deste manuscrito. A este pesquisador notório devo meu respeito e amizade.

Ao Prof. Dr. Leonardo F. Borghi (IGEO/UFRJ) pelo acesso ao Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESED) para análise de vegetais fósseis, bem como pelos valiosos comentários sobre a Formação Codó.

Ao Prof. Dr. Cláudio Limeira (IGEO/UFRJ) pelas palavras de estímulo e perseverança durante as aulas de campo da disciplina Geologia Sedimentar.

À Dra. Marise Sardenberg S. de Carvalho (UFRJ), a qual colaborou preciosamente com a identificação da ictiofauna de Brejo, bem como pelas referências disponibilizadas sobre as bacias do Araripe, Parnaíba, Grajaú e São Luís.

Ao Prof. Dr. Paulo Brito (UERJ) pelo suporte com a identificação dos lepisosteídeos de Brejo e discussões sobre a ictiofauna da Bacia do Araripe.

À Dra. Rita de Cassia T. Cassab (DNPM) pelo esforço em dar algum direcionamento no processo de identificação dos gastrópodes de Brejo.

À Prof^a Dra. Tânia Lindner Dutra (PPGeo-UNISSINOS) pelo suporte dado durante à fase de identificação paleobotânica; prontamente atendendo os meus pedidos, pacientemente corrigindo os meus equívocos, sempre com palavras de estímulo.

À Prof^a Dra. Rita Scheel-Ybert (MN/UFRJ), pela análise vegetal realizada no Museu Nacional.

Ao Prof. Dr. Felipe Mesquita de Vasconcellos (UFRJ) pelos valiosos comentários direcionados a esta dissertação.

Ao Dr. John G. Maisey (American Museum of Natural History, USA) pelos valiosos comentários sobre a ictiofauna de Brejo.

Ao Prof. Maurílio Pereira pelo suporte logístico durante as atividades de campo em Brejo, entre 2008 e 2010. Seu apoio nesse projeto foi fundamental. Ainda durante as atividades de campo contei com o apoio incansável de uma equipe de pesquisadores natos: Ronny Anderson Barros Santos, Agostinha Araújo Pereira, Ighor Dienes Mendes, Jefferson Mesquita Brito, Emílio Sousa Júnior, Ana Flávia do Amaral Coêlho, Itapotiara Vilas Bôas, Mayra Nina Araújo e Neila Nunes Ferreira.

Ao senhor José Leônidas de Freitas Martins Costa e à senhora Maria do Socorro Carvalho Costa, por tornar possível os trabalhos no sítio Perneta.

À Christina Barreto Pinto, secretária de Pós-Graduação em Geologia, pela amizade e paciência em atender muitas das minhas solicitações acadêmicas na UFRJ.

Às instituições de fomento FAPEMA, CAPES, FAPERJ, PETROBRAS e SECMA pelo financiamento dos trabalhos de campo e pesquisa.

Aos amigos José Ignácio Guará Silva (Instituto Cidadania e Natureza) e Helder Jayro Rodrigues da Costa (Empresa Contato) pelo apoio financeiro em muito dos meus projetos acadêmicos, em especial durante o desenvolvimento do meu curso de Mestrado.

Eu digo à minha esposa que a água fresca em seu copo não é tão fresca assim. Seus átomos têm nada menos do que 14 bilhões de anos.”

Astrônomo Andy McWilliam

RESUMO

PALEOBIOTA DOS DEPÓSITOS CALCÁRIOS DE BREJO, MARANHÃO (FORMAÇÃO CODÓ, BACIA DO PARNAÍBA), NORDESTE DO BRASIL

Rafael Matos Lindoso

Orientador: Prof. Dr. Ismar de Souza Carvalho

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Geologia).

Durante o Eocretáceo, eventos tectono-sedimentares produziram diversas bacias na margem leste e equatorial do Brasil, como resposta ao início de ruptura, no Gondwana Ocidental, da América do Sul e África. Depósitos dessa idade acham-se bem representados na Bacia do Parnaíba, localizada na região NE do Brasil. No Município de Brejo, Estado do Maranhão, horizontes aflorantes atribuídos à Formação Codó estão limitados a frentes de lavra situadas em duas localidades principais: Faveirinha e Perneta. Estes afloramentos constituem novos sítios fossilíferos e evidenciam uma paleobiota diversificada composta por vegetais, gastrópodes, crustáceos, peixes e icnofósseis, alguns de caráter inédito para a Formação Codó e para o Cretáceo do Brasil. Os primeiros trabalhos geocientíficos dessa unidade remontam à primeira metade do século XX, e objetivavam a extração de recursos minerais, tais como carbonatos, sulfatos e reservatórios de hidrocarbonetos. No entanto, desde então estudos de âmbito paleontológico são escassos. Os elementos de fauna e flora da Formação Codó atestam notável similaridade com a Formação Santana da Bacia do Araripe, e reforçam hipóteses de conexões marinhas entre bacias interiores durante o Aptiano/Albiano. O presente trabalho tem por objetivo a ampliação do conhecimento da paleobiota da Formação Codó à luz de novas ocorrências fossilíferas em Brejo, Maranhão (Formação Codó, Bacia do Parnaíba). A finalidade do estudo visa contribuir com o conhecimento sobre a paleobiologia e paleoambiente durante o Aptiano/Albiano no contexto de abertura do Atlântico Equatorial no Gondwana Ocidental.

Palavras-chave: Formação Codó, Bacia do Parnaíba, Brejo

Rio de Janeiro
Janeiro de 2012

ABSTRACT**PALEOBIOTA IN LIMESTONE DEPOSITS OF BREJO, MARANHÃO STATE
(CODÓ FORMATION, PARNAÍBA BASIN), NORTHEASTERN BRAZIL**

Rafael Matos Lindoso

Orientador: Prof. Dr. Ismar de Souza Carvalho

Abstract da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Geologia).

During the Lower Cretaceous, tectono-sedimentary events originated many sedimentary basins in the eastern and equatorial Atlantic margins of Brazil, as the result of the Occidental Gondwana rupture. Deposits of this age outcrop in the Parnaíba Basin, Northeastern of Brazil. In the Brejo County, Maranhão State, fossiliferous outcrops are found in two quarries: Faveirinha and Perneta. These outcrops are new fossiliferous sites and show a diversified paleobiota composed by plants, gastropods, crustaceans, fishes and ichnofossils, some new species to the Codó Formation and to the Brazilian Cretaceous. The first studies in this lithostratigraphic unit are from the beginning of the 20th century, and they focused in the prospection of new mineral resources, such as carbonates, sulfates and reservoir rocks for hydrocarbons. Therefore, since them, the paleontological studies are scarce. The fauna and flora of Codó Formation show a striking similarity with that one of Santana Formation, Araripe Basin, and reinforces the hypothesis of marine connections during the Aptian-Albian. The present study aims to widen the paleobiota knowledge of Codó Formation through the new fossiliferous localities in Brejo, Maranhão State (Codó Formation, Parnaíba Basin). This study contributes to the knowledge of the paleobiology and paleoenvironment during the Aptian-Albian in the context of the Equatorial Atlantic opening in the Occidental Gondwana.

Key-words: Codó Formation, Parnaíba Basin, Brejo

Rio de Janeiro
Janeiro de 2012

SUMÁRIO

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Agradecimentos | iv |
| Resumo | vii |
| <i>Abstract</i> | viii |
| Lista de Figuras | xi |
| Lista de Tabelas | xiii |
| Lista de Siglas | xiv |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 2 |
| 1.2 OBJETIVOS | 2 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 3 |
| 2.1 MATERIAL | 3 |
| 2.2 MÉTODOS | 3 |
| 2.2.1 Levantamento de dados | 3 |
| 2.2.2 Trabalho de campo | 4 |
| 2.2.3 Fase laboratorial | 4 |
| 3 BACIA DO PARNAÍBA | 6 |
| 3.1 FORMAÇÃO CODÓ | 9 |
| 3.2 GEOCROLOGIA | 11 |
| 3.3 PALEONTOLOGIA | 11 |
| 4 SÍTIOS FOSSILÍFEROS | 16 |
| 4.1 PEDREIRA FAVEIRINHA | 16 |
| 4.2 FAZENDA PERNETA | 16 |
| 4.3 BODE SECO | 21 |
| 4.4 FAZENDA BOA VISTA | 21 |
| 4.5 PEDRA DE CAL | 21 |
| 4.6 POVOADO PIABA 2 | 21 |
| 5 ELEMENTOS DA PALEOBIOTA | 23 |
| 5.1 GIMNOSPERMA | 23 |
| 5.2 ANGIOSPERMA | 24 |
| 5.3 GASTROPODA | 27 |
| 5.4 CRUSTACEA | 30 |

| | |
|--|----|
| | x |
| 5.5 ICNOFÓSSEIS | 33 |
| 5.6 PEIXES | 35 |
| 6 DISCUSSÃO | 45 |
| 6.1 PALEOBIOTA | 45 |
| 6.2 ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS, PALEOAMBIENTAIS E PALEOGEOGRÁFICOS | 52 |
| 7 CONCLUSÃO | 62 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 63 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Mapa de localização da bacia sedimentar do Parnaíba, NE do Brasil | 7 |
| Figura 2 – Diagrama cronoestratigráfico da Bacia do Parnaíba. (Fonte: Vaz <i>et al.</i> , 2007). | 8 |
| Figura 3 – Mapa de localização das principais ocorrências fossilíferas cretáceas da Bacia do Parnaíba. Os pontos 47 (Perneta) e 48 (Faveirinha) representam novos afloramentos para a Formação Codó. (Fonte: Santos & Carvalho, 2009). | 15 |
| Figura 4 – Mapa de localização da cidade de Brejo, Estado do Maranhão. Localização individual dos afloramentos não está representada. | 17 |
| Figura 5 – Mapa dos principais afloramentos de Brejo, Maranhão (St 1) Bode Seco; (St 2) Pedra de Cal; (St 3) Imburanas; (St 4) Perneta; (St 5) Faveirinha; (St 6) Piaba 2. (Fonte: Google Maps; acessado em: 20 de agosto de 2011). | 18 |
| Figura 6 – Pedreira Faveirinha, um dos afloramentos fossilíferos no Município de Brejo, Maranhão. (W 042° 44' 45,4'' S 03° 49' 20,1''). | 19 |
| Figura 7 – Fazenda Perneta, um dos afloramentos fossilíferos no Município de Brejo, Maranhão. (W 042° 44' 21,1'' S 03° 48' 50,0''). | 19 |
| Figura 8 – Perfis geológicos dos principais afloramentos de Brejo, Maranhão. Pedreira Faveirinha (A); Fazenda Perneta (B). | 20 |
| Figura 9 – Gimnospermas (A) UFRJ-DG 1450Pb Podozamitaceae, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (B) UFRJ-DG 1444Pb Ephedraceae, sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão. | 25 |
| Figura 10 – Angiospermas (A) UFRJ-DG 1457Pb angiosperma indet., sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão; (B) UFRJ-DG 1441Pb <i>Klitzschophyllites flabellatus</i> , sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão. | 26 |
| Figura 11 – Coquina com gastrópodes (A-B) UFRJ-DG 268Gp, sítio Perneta Município de Brejo, Maranhão. | 28 |
| Figura 12 – Gastrópodes (A) UFRJ-DG 264Gp Cassiopidae, sítio Perneta; Município de Brejo, Maranhão; (B) UFRJ-DG 870P Turritellidae, sítio Faveirinha Município de Brejo, Maranhão. | 29 |
| Figura 13 – Crustáceos (A) UFRJ-DG 156Cr decápode indet., sítio Perneta; Município de Brejo, Maranhão; (B) UFRJ-DG 168Cr decápode indet., sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão; (C) UFRJ-DG 160Cr Brachyura, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (D) UFRJ-DG 170Cr Archaeoniscidae, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão. | 32 |

- Figura 14 – UFRJ-DG 153Cr bloco calcário contendo decápodes, sítio Faveirinha Município de Brejo, Maranhão, possivelmente preservados como resultado de mortalidade em massa 33
- Figura 15 – Coprólitos (A) UFRJ-DG 413Icv sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão; (B) UFRJ-DG 414Icv, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (C) UFRJ-DG 415Icv, sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão; (D) UFRJ-DG 416Icv, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão. 34
- Figura 16 – Ictiofauna (A) UFRJ-DG 828P *Obaichthys laevis*, sítio Perneta Município de Brejo, Maranhão; (B) CPHNAMA-VT 1242 *Obaichthys laevis*, sítio Faveirinha (?), Município de Brejo, Maranhão. 36
- Figura 17 – Ictiofauna (A) UFRJ-DG 845P *Araripelepidotes temnurus*, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (B) UFRJ-DG 827P *Araripelepidotes temnurus*, sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão; (C) CPHNAMA-VT 1241 *Calamopleurus cylindricus*, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (D) UFRJ-DG 837P *Vinctifer comptoni*, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (E) UFRJ-DG 825P *Rhacolepis buccalis*, sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão. 40
- Figura 18 – Ictiofauna (A) UFRJ-DG 870P *Santanichthys diasii*, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (B) UFRJ-DG 812P *Santanichthys diasii*, sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão. 42
- Figura 19 – Ictiofauna, UFRJ-DG 840P *Codoichthys carnavalii*, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão. 43
- Figura 20 – Ictiofauna, UFRJ-DG 834P *Dastilbe elongatus*, sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão. 44
- Figura 21 – Reconstituição paleoambiental inferida para a região de Brejo, Maranhão (Formação Codó, Bacia do Parnaíba). (Modificado de: Santos & Carvalho, 2009). 54
- Figura 22 – Níveis de concreções isoladas no sítio Faveirinha, Brejo, Estado do Maranhão (W 042° 44' 45,4'' S 03° 49' 20,1''). 57
- Figura 23 – Diagrama estratigráfico mostrando (A) sítio Faveirinha; (B) sítio Perneta e membros Crato e Romualdo da Formação Santana, Bacia do Araripe (C). (Modificado de: Martill, 2007). 58
- Figura 24 – Possíveis comunicações durante o Cretáceo Inferior entre as bacias do Parnaíba, Santana, Recôncavo e Sergipe-Alagoas. (Fonte: Maisey, 1991). 61

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Ocorrências de vários grupos fósseis na Formação Codó, Bacia do Parnaíba. (Fonte: Santos & Carvalho, 2009). | 14 |
| Tabela 2 – Relação das ocorrências fossilíferas nos sítios Faveirinha e Pernetá. | 22 |
| Tabela 3 – Distribuição paleobiogeográfica da ictiofauna em bacias sedimentares brasileiras de intervalo Aptiano-Albiano. (Fonte: Santos & Carvalho, 2009). | 59 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-----------|--|
| CPHNAMA | Centro de Pesquisa de História Natural e Arqueologia do Maranhão |
| DNPM/RJ | Departamento Nacional de Produção Mineral |
| MN-UFRJ | Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro |
| PETROBRAS | Petróleo Brasileiro S/A |
| UFMA | Universidade Federal do Maranhão |
| UFRJ | Universidade Federal do Rio de Janeiro |
| UERJ | Universidade do Estado do Rio de Janeiro |
| URCA | Universidade Regional do Cariri |

1 INTRODUÇÃO

Durante o Eocretáceo, eventos tectônicos globais, tais como os de Deriva Continental, deflagraram profundas modificações na biosfera da Terra. Inerentemente, tais eventos refletiriam oscilações nos padrões de circulação oceânica e atmosférica, zoneamentos climáticos, distribuição continental e variações globais do nível do mar. Esses eventos, tomados em conjunto, constituem a força motriz do processo evolutivo das espécies.

No hemisfério sul, tais acontecimentos estão relacionados à fragmentação da América do Sul e África, no Gondwana Ocidental, culminando na formação de um complexo sistema de bacias rifte do leste brasileiro, bem como reativações tectônicas em províncias sedimentares na Margem Equatorial. Todas essas bacias atestam um eloquente registro sedimentar Cretáceo, como a ocorrência de mares epicontinentais mais extensos, e que por sua vez produziram rápidas mudanças paleoambientais durante picos de transgressões, condicionadas a elevadas taxas de extinção e diversificação (SANTOS & CARVALHO, 2009).

Na Bacia do Parnaíba, área sedimentar localizada na região NE do Brasil, oscilações eustáticas promoveram um aumento do nível do mar entre 100 a 200 m acima do atual, criando mares rasos e anóxicos de ampla extensão (ROSSETTI, 2001). A ulterior amplificação desses mares propiciou o surgimento de uma paleobiota diversificada, as quais conferem à Formação Codó, de idade aptiana, a unidade litoestratigráfica mais fossilífera da Bacia do Parnaíba.

No Município de Brejo, Estado do Maranhão, horizontes aflorantes atribuídos à Formação Codó estão limitados a frentes de lavra situadas em duas localidades principais: Faveirinha e Perneta. Estes afloramentos constituem novos sítios fossilíferos e evidenciam uma rica paleobiota composta por vegetais, gastrópodes, crustáceos, peixes e icnofósseis, alguns de caráter inédito para a Formação Codó e para o Cretáceo do Brasil. Os registros de fauna e flora da região, juntamente com seus aspectos tafonômicos, atestam ainda notável similaridade com a Formação Santana da Bacia do Araripe, reforçando ainda hipóteses de conexões marinhas entre bacias interiores durante o Cretáceo Inferior, bem como complexos fenômenos macroevolutivos verificados na ictiofauna.

O presente trabalho objetiva a descrição de novos afloramentos para a Formação Codó, Bacia do Parnaíba, bem como o estudo do seu conteúdo fóssilífero à luz de interpretações paleobiogeográficas em uma fase inicial de formação do Atlântico Sul.

1.1 JUSTIFICATIVA

Os primeiros trabalhos em depósitos carbonáticos atribuídos à Formação Codó remontam à primeira metade do século XX, os quais, em sua maioria, objetivavam a exploração de bens minerais, tais como carbonatos, sulfatos e reservatórios de hidrocarbonetos. No âmbito paleontológico, tais pesquisas mostram-se ainda incipientes, com poucos estudos publicados sobre o assunto. A pesquisa se justifica pelas novas ocorrências de afloramentos no Município de Brejo, leste do Estado do Maranhão, os quais representam importantes jazigos fóssilíferos portadores de uma paleobiota diversificada. Alguns destes fósseis representam formas desconhecidas para este intervalo deposicional do Cretáceo Inferior, contribuindo, dessa forma, para um maior entendimento dos processos biológicos e paleoambientais ocorridos durante a fase *rifte* sul-atlantiana.

1.2 OBJETIVOS

1. Identificação do material coletado e contextualização das ocorrências dentro do que já é conhecido no intervalo Aptiano da Formação Codó.
2. Identificação de novos sítios fóssilíferos para a Formação Codó, no Município de Brejo, Maranhão.
3. Estabelecer correlações entre a paleobiota ocorrente no Cretáceo Inferior (Formação Codó) da Bacia do Parnaíba com aquelas de mesmo intervalo cronoestratigráfico em bacias do Nordeste brasileiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

O material utilizado neste trabalho foi coletado através de dois projetos de pesquisa executados pelo Departamento de Biologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (DG-UFRJ) e Centro de Pesquisa de História Natural e Arqueologia do Maranhão (CPHNAMA), com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRAS) e Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), entre 2008 e 2010. Os espécimes provêm de dois afloramentos localizados no Município de Brejo, Estado do Maranhão, e consistem em vegetais, crustáceos, gastrópodes, icnofósseis (coprólitos) e peixes.

2.2. MÉTODOS

2.2.1 Levantamento de dados

A pesquisa bibliográfica propiciou o levantamento de informações sobre a geologia da Bacia do Parnaíba com ênfase nos trabalhos produzidos sobre a Formação Codó. Adicionalmente, foram investigadas as principais unidades litoestratigráficas sedimentares cretáceas do Nordeste brasileiro, bem como os fósseis associados, objetivando um posicionamento estratigráfico da fauna e flora da Formação Codó em um contexto regional durante o Eocretáceo. Esses dados mostraram-se relevantes dentro de um contexto paleobiogeográfico, discutidos em maiores detalhes no capítulo 6. Tais informações permitiram a organização de uma tabela com dados complementares sobre a paleobiota ocorrente nos depósitos calcários da Formação Codó. Um mapa complementar foi produzido identificando os principais sítios fossilíferos descobertos no Município de Brejo.

A identificação dos espécimes de peixes realizou-se por meio de análise direta de exemplares junto às coleções paleontológicas do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Museu Nacional (MN/UFRJ), UFMA, DG-UFRJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e CPHNAMA. Para os demais espécimes, o processo de identificação realizou-se por meio de levantamento bibliográfico e discussões com especialistas de áreas afins.

2.2.2 Trabalho de campo

O trabalho de coleta realizado em 2008 consistiu em uma prospecção de jazigos fossilíferos no Município de Brejo, Estado do Maranhão, por uma equipe de biólogos e paleontólogos da UFMA e CPHNAMA, resultando na identificação de um único sítio fossilífero conhecido como Faveirinha, localizado na Fazenda Santa Alice, a cerca de 19 km ao sul da cidade de Brejo. Em um único dia de trabalho foram coletados mais de 100 espécimes, os quais incluíam principalmente fragmentos de peixes e crustáceos.

Em agosto de 2010 os trabalhos de coleta foram conduzidos por pesquisadores da UFMA, CPHNAMA e UFRJ, os quais participaram de um novo projeto de coleta na região, dessa vez endossado pela FAPEMA e FAPERJ. A expedição durou 15 dias e resultou em um número significativo de exemplares, alguns com notável estado de preservação. Entre estes se encontram: vegetais, crustáceos, gastrópodes, icnofósseis e peixes. Este último trabalho de coleta resultou também na descrição de 6 novos afloramentos fossilíferos para a Formação Codó: Pedreira Faveirinha, Fazenda Pernetá, Bode Seco, Fazenda Boa Vista, Pedra de Cal e Piaba 2 (ver capítulo 4).

Após a fase de coleta, ainda no campo, seguiu-se a etapa de seleção preliminar do material. Após a seleção, o material foi envolvido em papel higiênico, embalado em papel pardo e devidamente identificado. Os espécimes mais delicados (*e.g.* impressões vegetais) foram transportados separadamente e receberam uma proteção especial à base de algodão. Durante as escavações foram feitas anotações detalhadas sobre a localização dos afloramentos, coordenadas, seções e perfis geológicos, fotografia, descrição litológica e novas prospecções, as quais objetivaram o mapeamento de novos sítios na região.

2.2.3 Fase laboratorial

A fase laboratorial foi desenvolvida inicialmente no CPHNAMA, em 2008, onde foram realizados trabalhos de triagem, limpeza, fotografia e catalogação do material para posterior inserção dos mesmos na coleção e exposição. Como resultado destas coletas iniciais, apenas dois espécimes de peixes foram selecionados para compor a presente dissertação de Mestrado (CPHNAMA VT-1241; CPHNAMA VT-1242). Em 2010 e 2011 os trabalhos foram desenvolvidos na UFRJ e UFMA. Os espécimes foram inicialmente limpos com escovas e pincéis. Após esta fase, seguiu-se a etapa de preparação mecânica, objetivando

revelar melhor a anatomia dos exemplares para finalidade de identificação. Para o trabalho de preparação, utilizaram-se formões, marretas, martelos e instrumentos de precisão.

3 BACIA DO PARNAÍBA

A Bacia do Parnaíba situa-se numa ampla área do nordeste ocidental brasileiro (Figura 1), abrangendo os estados do Maranhão, Piauí, e parte do Tocantins, Pará, Ceará e Goiás. Ocupa uma área de aproximadamente 600.000 km², e sua sucessão sedimentar, em seu depocentro, registra 3.400 m de espessura, das quais 500 m pertencem a rochas mesozoicas e 2.500 m são de idade paleozoica (MESNER & WOOLDRIDGE, 1964).

Seus limites geológicos com o embasamento são efetuados ao norte pelo cráton de São Luís; à oeste pelo cráton do Amazonas e a Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia; à sul pelo cráton São Francisco e a Faixa de Dobramentos Brasília; e à leste pela Faixa de Dobramentos Nordeste. Individualiza-se da bacia paleozoica de Marajó e Amazonas, a noroeste, pelo Arco Tocantins; das bacias costeiras cretáceas de São Luís e Barreirinhas, ao norte, pelo Arco Ferrer-Urbano Santos; e da bacia Sanfranciscana e Espigão Mestre, ao sul, pelo Arco de São Francisco.

A Bacia do Parnaíba constitui uma sinéclise ou bacia cratônica situada em litosfera rígida do tipo continental, e sua gênese esteve relacionada aos eventos termotectônicos do Ciclo Brasileiro-Panafricano, deflagrados no Ordoviciano tardio (CAROZZI *et al.*, 1975; FORTES, 1978; CORDANI *et al.*, 1984; CUNHA, 1986; GÓES *et al.*, 1990, CAPUTO *et al.*, 2005). O diastrofismo inerente a tal ciclo resultou em lineamentos de direção nordeste (Lineamento Transbrasiliano), noroeste (Lineamento Picos-Santa Inês) e norte (Lineamento Tocantins-Araguaia).

Segundo Brito (1979), a bacia em questão teria ocupado uma área bem mais extensa, evidenciada por sedimentos paleozoicos em várias bacias do nordeste (Araripe, Sergipe, Alagoas, Jatobá, Recôncavo e Tucano). Além disso, transgressões paleozoicas teriam criado conexões entre as bacias do Paraná, Amazonas e Parnaíba. Depósitos correlatos na Bacia de Gana, com feições sedimentológicas, litoestratigráficas e bioestratigráficas análogas, estendem a área sedimentar da Bacia do Parnaíba até a África Ocidental. Episódios erosivos durante e após a fragmentação do paleocontinente Gondwana, no Cretáceo, vem reduzindo suas dimensões originais com o recuo de escarpas (CAPUTO *et al.*, 2005).

Para o escopo deste trabalho adotou-se a coluna estratigráfica de Vaz *et al.* (2007) (Figura 2), por ser a mais atualizada revisão estratigráfica da bacia, a qual está dividida em cinco supersequências (siluriana, mesodevoniana-eocarbonífera, neocarbonífera-eotriássica,

jurássica e cretácea), reunidas em três grupos assentados sobre formações de idade neoproterozoica (Formação Riachão) e cambro-ordoviciana (Formação Mirador). No presente trabalho dar-se-á ênfase, contudo, à sequência mais superior da bacia (cretácea), a qual inclui os sedimentos da Formação Codó.



Figura 1 Mapa de localização da bacia sedimentar do Parnaíba, NE do Brasil.

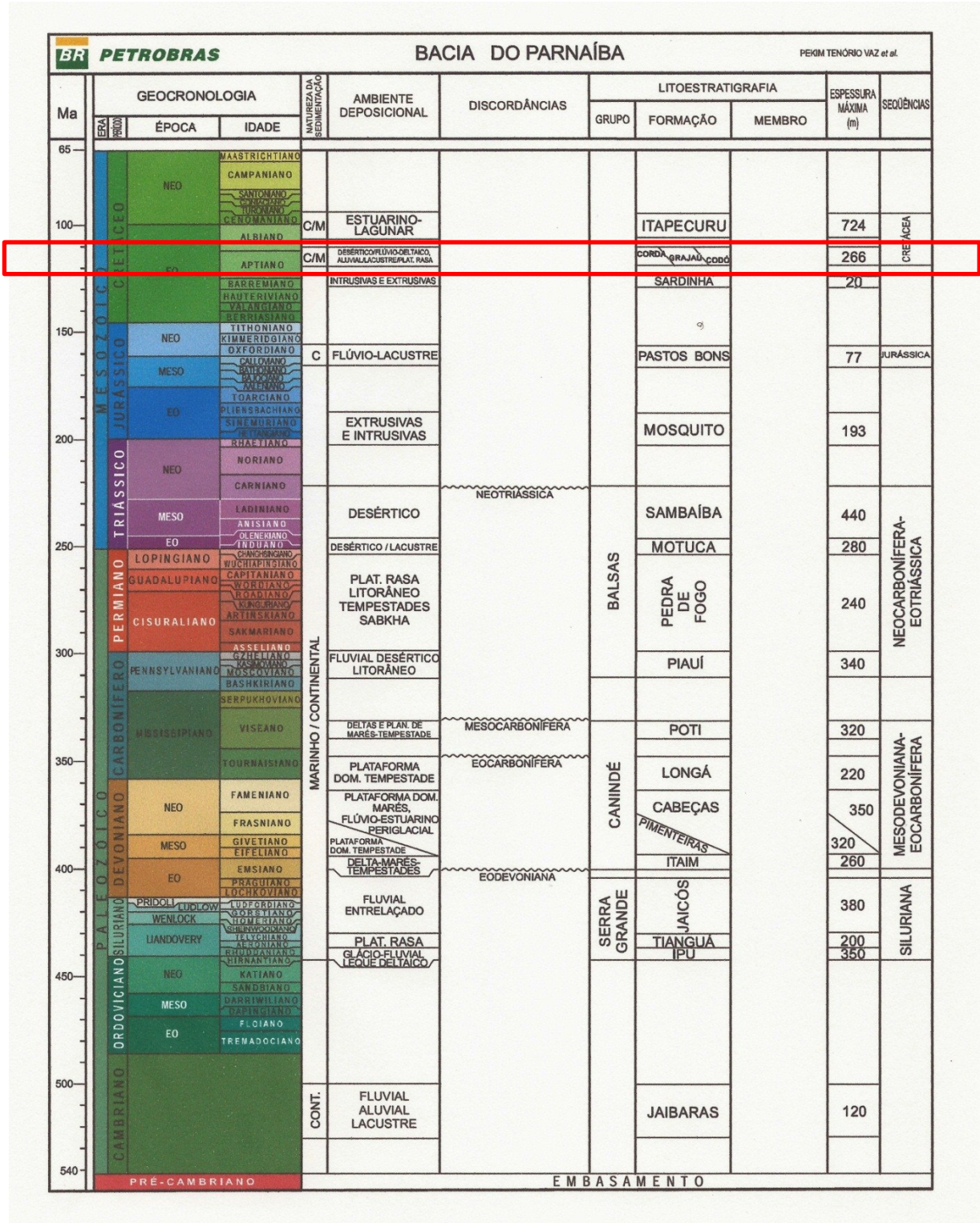


Figura 2 Diagrama cronoestratigráfico da Bacia do Parnaíba, com destaque (retângulo vermelho) para o intervalo de estudo (Fonte: Vaz et al., 2007).

3.1 FORMAÇÃO CODÓ

A Formação Codó possui extensão de aproximadamente 170.000 km² (LIMA, 1982), e constitui uma das sequências sedimentares mesozoicas da Bacia do Parnaíba. Foi inicialmente referida por Lisboa (1914) para designar folhelhos betuminosos associados a carbonatos, aflorantes no vale do rio Itapecuru, na região de Codó, Estado do Maranhão. Oliveira (apud BRITO, 1980) utiliza o termo folhelho de Codó e correlaciona seu conteúdo fossilífero aos da Chapada do Araripe.

Posteriormente, Campbell (1949) descreve a citada unidade litoestratigráfica como uma série de folhelhos calcíferos e betuminosos, com leitos de calcário, concreções e lentes de gipsita. Este mesmo autor posiciona as camadas de folhelhos betuminosos e calcários em concordância sobre a Formação Corda e sob a Formação Itapecuru, admitindo, no entanto, discordâncias locais. Um estudo mais detalhado sobre a Formação Codó foi realizado por Mesner & Wooldridge (1964), dividindo-a em três unidades: inferior, composta por folhelhos pretos e betuminosos, com intercalações de lâminas de calcários ricamente fossilíferos; média, composta por arenitos com fósseis marinhos e superior, composta por folhelhos cinza com fósseis de gastrópodes marinhos. Estes autores estimam ainda uma espessura máxima de 220 m para a Formação Codó.

Por meio de furos estratigráficos Rezende & Pamplona (1970) subdividem esta unidade em três seções, objetivando estudos de cunho paleoambiental e sua relação evolutiva com o Arco Ferrer-Urbanos Santos. Seguem esta metodologia os trabalhos de Leite *et al.* (1975) e Lima & Leite, (1978), os quais subdividem a unidade em questão em três seções. Fernandes & Piazza (1978) igualmente subdividem a Formação Codó em três unidades, apresentando um estudo sobre os folhelhos pirobetuminosos e seu potencial petrolífero. De acordo com estes autores, a unidade inferior seria composta por folhelhos pirobetuminosos, leitos de calcários e siltitos; a unidade média arenosa e a superior composta por leitos de calcário na base sobrepostos por folhelhos escuros.

As áreas de ocorrência da Formação Codó são restritas e descontínuas, e aparecem no leito dos rios que drenam o centro da bacia, desde a margem oeste, na confluência dos rios Tocantins e Araguaia, até próximo à margem do rio Parnaíba, na cidade de Brejo (SANTOS & CARVALHO, 2009). Ao longo do rio Tocantins até a região do povoado de São José do Mearim, as espessuras registradas atingem 20 m; a norte de Marabá, as espessuras aflorantes são inferiores a 15 m; na região de Codó – onde as maiores exposições são registradas em

minas a céu aberto – e Esperantina expõem-se apenas parte da coluna sedimentar, em torno de 12 m (LIMA & LEITE, 1978). Sua espessura máxima é da ordem de 180 m (LIMA, 1982).

Carneiro (1974), ao efetuar estudos de subsuperfície, concluiu que as formações Grajaú e Codó são interdigitadas e equivalentes cronoestratigraficamente.

De um modo geral, a Formação Codó pode ser dividida em três ciclos deposicionais, segundo interpretações de superfície e subsuperfície. O primeiro ciclo representa uma seção lacustre culminando com ciclos evaporíticos, sugerindo uma posterior regressão ou estabelecimento de mar restrito; o segundo e terceiro ciclos evidenciam uma nova ingressão marinha culminando com estabelecimento de condições paludiais em planície de maré (MESNER & WOOLDRIDGE, 1964; REZENDE & PAMPLONA, 1970; LEITE *et al.*, 1975; LIMA & LEITE, 1978; FERNANDES & PIAZZA, 1978).

Rossetti *et al.* (2001), em análise estratigráfica e faciológica na região de Codó, Estado do Maranhão, a dividiu em duas sucessões sedimentares: inferior, composta de folhelhos negros betuminosos gradando para calcários e evaporitos; superior, consistindo de intercalações de pelitos e arenitos de colorações vermelho-chocolate e esverdeada, calcários esbranquiçados e acinzentados. Aos estudos faciológicos da primeira sucessão foram interpretados três associações de fácies: (1) lago central; (2) lago transicional; (3) lago marginal. Para a sequência superior foram interpretados ambientes deposicionais correspondentes a shoreface superior, laguna/baía interdistributária, lobos de suspensão e canal distributário (ROSSETTI *et al.*, 2001; PAZ & ROSSETTI, 2001).

Em estudo palinoestratigráfico da Formação Codó, Antonioli (2001) a dividiu em três unidades litoestratigráficas: (1) Inferior, apresentando caráter marinho incipiente; (2) Média, essencialmente evaporítica; e (3) Superior, com caráter marinho conspícuo.

Segundo Reis & Caputo (2007), depósitos desta formação são constituídos de folhelhos cinza, folhelhos betuminosos negros, calcários e evaporitos lateralmente contínuos, formados em condições ambientais de baixa energia, lacustre e com estratificação da água resultando em episódios de anoxia.

Entretanto, contrariamente ao que tem sido relatado na literatura, estudos faciológicos realizados por Mendes (2007) identificaram uma superfície discordante em testemunhos de sondagem realizados a oeste de Coelho Neto, Maranhão, tendo sido interpretado como um limite de sequência pelo referido autor, permitindo a separação da Formação Codó em duas

sequências deposicionais distintas. A sequência inferior possuindo caráter redutor/anóxico, e a sequência superior exibindo um caráter óxido/disóxido.

Apesar de muito pouco estudada, a Formação Codó constitui uma das mais importantes unidades litoestratigráficas mesozoicas brasileiras, e tem sido objeto de interesse científico há décadas. Tal interesse reside na sua sequência sedimentar potencialmente geradora de hidrocarbonetos, ocorrência de extensos depósitos de gipsita e calcário, além de sua notória riqueza fossilífera.

3.2 GEOCROLOGIA

A idade inferida para estes depósitos foi estabelecida inicialmente através de estudos bioestratigráficos e sedimentológicos realizados pela PETROBRAS, e indicam idade aptiana/albiana para a Formação Codó. Trabalhos de revisão palinológica atestaram a referida idade (MÜLLER 1966; LIMA, 1982; ROSSETTI *et al.*, 2001). Antonioli (2001) ao realizar estudos palinológicos e geoquímicos nas proximidades da cidade de Codó atribuiu a estes depósitos idade neaptiana a eoalbiana (= Nealagoas).

3.3 PALEONTOLOGIA

A Formação Codó representa uma das mais ricas unidades fossilíferas cretáceas do Nordeste do Brasil (Tabela 1; Figura 3). O interesse científico despertado por esta formação remonta a primeira metade do século XX, tendo seus fósseis reunido informações importantes sobre aspectos evolutivos e paleobiogeográficos em um estágio inicial de abertura do Oceano Atlântico Sul e Equatorial. Entre os fósseis presentes destacam-se foraminíferos, ostracodes, conchostráceos, equinodermos, bivalves, gastrópodes e peixes, além de vegetais, algas, esporos, pólenes, troncos de coníferas e dicotiledôneas.

Microfósseis estão bem representados, os quais serviram de base para estudos bioestratigráficos, sedimentológicos e geoquímicos, permitindo assim um melhor entendimento sobre o paleoambiente deposicional desta unidade. Müller (1966) estabeleceu duas zonas palinoestratigráficas distintas correspondentes à Formação Codó. A zona inferior é caracterizada pelo predomínio de pólenes rimulados atribuídos ao gênero *Classopolis*, além da presença de *Ephedriptes*, *Araucariacites* e *Eucommidites*. Na zona superior, correspondente

ao topo da Formação Codó, e base da Formação Itapecuru, nota-se um decréscimo de *Classopolis* e concomitante aumento de *Araucariacites* e pólenes poliplicados.

Dados palinológicos apresentados por Lima (1982) demonstram um predomínio de pólenes rimulados com esporos triletes e formas inaperturadas e poliplicadas. As espécies *Sergipea variverrucata*, *Exesipollenites tumulus*, *Equisetosporites irregulares* e *Alaticolpites limai* mostraram-se relevantes para a datação desta formação, a qual foi atribuída idade aptiana superior. Em estudo abrangente sobre a palinocrostratigrafia da Formação Codó, Antonioli (2001) evidenciou a predominância de *Subtilisphaera codoenses*, importante elemento de correlação entre as bacias do Parnaíba, São Luís e Araripe via mar albo-aptiano (ARAI, 1995, 1999, 2001; ANTONIOLI & ARAI, 2002).

Adicionalmente, Paz & Rossetti (2001) identificaram, na região de Codó, fácies contendo microbialitos e conchas desarticuladas de ostracodes.

A fauna de invertebrados possui amplo registro na formação, sendo representada por espécies de ostracodes (*Hourcoupia angulata symmetrica*, *Bisulcoocypris silvai*, *Bisulcoocypris pricei*, *Bisulcoocypris quadrinodosa*, *Bisulcoocypris praetuberculata*, *Bisulcoocypris* sp.1, *Bisulcoocypris* sp.2, *Darwinula oblonga*, *Pattersonocypris micropapilosa*, *Paracypridae obovata*, *Clinocypris* sp., *Petrobrasia* sp. e *Salvadoriella*), (LEITE *et al.*, 1975; KROMMELBEIN & WEBER, 1985; SILVA *et al.*, 1985, 1989); conchostráceos (*Cyzicus* [*Lioestheria*] *codoensis*), (CARDOSO, 1962) e insetos (*Pricecores breckerae* e *Laticutella santosi*), (PINTO & ORNELLAS, 1974). Biválvios (*Paranomia scabra*) e moldes internos (Anomiidae, Corbulidae, Cardiidae), gastrópodos (Turritellidae, Cerithiidae, *Nerinea* sp.), equinóides e espinhos indeterminados (MESNER & WOOLDRIDGE, 1964; LIMA & LEITE, 1978; FERREIRA & CASSAB, 1987).

Atinente à flora do paleoambiente Codó, ocorrem troncos de dicotiledôneas (LISBOA, 1914), troncos silicificados de coníferas (MORAES RÊGO, 1937) e plantas indeterminadas (BORGES, 1937; DUARTE, 1958). Ocorre ainda a espécie *Lecythioxylon brasiliense* (MILANEZ, 1935), e uma dicotiledônia primitiva *Nymphaites choffatii* (DUARTE & SANTOS, 1993). Em estudo faciológico da Formação Codó, na região homônima, Paz & Rossetti (2001) identificaram restos vegetais associados a microcrustráceos desarticulados. O registro de *Nymphaites choffatii* é correlacionável às formações Areado e Santana, confirmando a idade aptiana e ambiente deposicional lacustre para a Formação Codó (DUARTE & SANTOS, 1993).

O registro paleoictiológico da Formação Codó é sem dúvida o mais expressivo, constituindo elemento importante de correlação bioestratigráfica com as formações Santana (Bacia do Araripe) e Riachuelo (Bacia Sergipe/Alagoas) (SANTOS & CARVALHO, 2009). Moraes Rêgo (1937), em estudo sobre a geologia do Estado do Maranhão, cita a ocorrência de peixes provenientes dos arredores de Codó, povoado Curador e Barra do Corda, preservados com frequência em blocos rolados. Contudo, estudo mais abrangente sobre os peixes fósseis desta unidade deve-se a Rubens da Silva Santos: *Calamopleurus cylindricus*, *Brannerion latum*, *Araripelepidotes temnurus*, *Tharrhias araripes*, *Vinctifer comptoni*, *Santanichthys diasii*, *Cladocyclus gardneri*, *Codoichthys carnavali* e *Rhacolepis buccalis* (SANTOS, 1974, 1985, 1992, 1994).

Tabela 1 Ocorrências de vários grupos fósseis na Formação Codó, Bacia do Parnaíba. Os itens marcados em negrito correspondem aos taxa descritos no presente trabalho. Aqueles seguidos de (*) indicam novos taxa, enquanto aqueles acrescidos de (+) indicam a primeira ocorrência para a Formação Codó. Os números indicam sítios fossilíferos (ver Figura 3); 47 e 48 representam os sítios Perneta e Faveirinha, respectivamente. (Modificado de: Santos & Carvalho, 2009).

| Formação Codó | Palinomorfos | Gimnospermas | Angiospermas | Ícnofósseis | Biválvios | Gastrópodos | Conchostráceos |
|------------------|--|--|---|--------------------------|---|---|---|
| | Pólen (12, 14, 33, 35 a 37) Esporos (12, 14, 33, 35, 36) Cutículas vegetais (12, 14, 34 a 37) Fibras vegetais (12, 14, 35 a 36) | Troncos (45, 46) Coníferas (22, 32) Plantas indet. (31) <i>Sagenopteris</i> (10) (?) <i>Cardiopteris</i> (31) (?) <i>Yuccites</i> sp. (10) Ephedraceae (47)* Podozamitaceae (48)* | Troncos (27, 45, 46) Folhas (2, 25) <i>Lecythioxylon</i> <i>brasiliense</i> (44) <i>Nymphaeites</i> <i>choffatti</i> (32) <i>Angiosperma</i> indet. (47) | Fodinichnia (48)* | <i>Paranomia scabra</i> (9) Biválvios indet. (9, 34, 37) Corbulidae (9) Cardiidae (9) Anomiidae (9) | <i>Nerinea</i> sp. (9, 34) <i>Tylostoma</i> sp. (34) <i>Turritella</i> sp. (9, 34, 48) <i>Cerithium</i> sp. (9, 34) Gastropode indet. (9, 14, 37) Cassiopidae (47) | <i>Cyzicus (Lioestheria)</i> <i>codoensis</i> (22, 32) Conchostráceos indet. (14, 25, 26, 31, 37) |

| Formação Codó | Ostracode | Insetos | Crustáceos | Echinodermas | Peixes | Répteis | Aves |
|------------------|---|---|---|---------------------|---|---------|------|
| | Ostracodes indet. (9, 14, 21, 22, 25, 26, 32, 35, 36) Cyprididae (13, 34) <i>Darwinula oblonga</i> (13, 14, 37) <i>Bisulcoocypris quadrinodosa</i> (14) <i>B. praetuberculata</i> (14, 37) <i>B. silvai</i> (14, 37) <i>B. pricei</i> (37) <i>B. sp. 1</i> e <i>B. sp. 2</i> (14) <i>Paraschuleridea</i> (34) <i>Paracypridea obovata</i> (14) <i>Pattersoncypris micropapilosa</i> (14) <i>Clinocypris</i> (37) <i>Hourcya angulata symmetrica</i> (8) <i>Petrobrasia</i> (37) <i>Salvadoriella</i> (37) | <i>Pricecoris beckeri</i> (28) <i>Laticutella santosi</i> (28) Fragmentos de insetos (14, 37) | Decapoda indet. (47)* Brachyura indet. (48)* Archaeoniscidae (48)* | Espinhos indet. (9) | <i>Araripelepidotes temnurus</i> (10, 48) <i>Vinctifer comptoni</i> (10, 28, 31, 32, 47) <i>Calamopleurus cylindricus</i> (10, 47) <i>Cladocyclus gardneri</i> (10) <i>Brannerion latum</i> (10) <i>Rhacolepis buccalis</i> (10, 31, 48) <i>Tharrhias araripis</i> e <i>T. sp.</i> (10, 28) <i>Dastilbe crandalli</i> (10, 11, 28, 29, 32, 48) <i>Santanichthys diasi</i> (10, 29, 47) <i>Codoichthys carnavali</i> (10, 48) <i>Axelrodichthys</i> (30) <i>Obaichthys laevis</i> (47, 48?)+ | | |

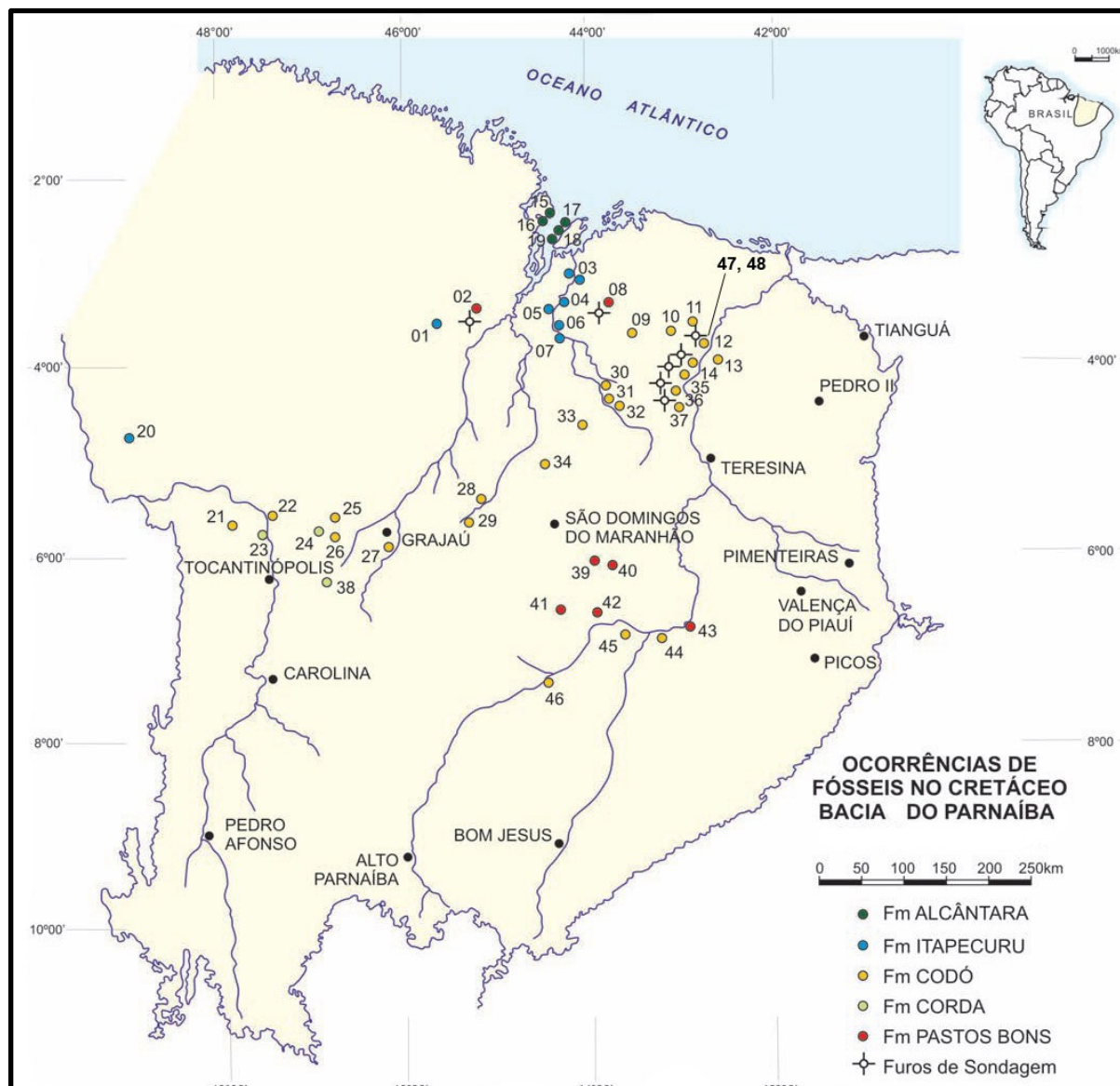


Figura 3 Mapa de localização das principais ocorrências fossilíferas cretáceas da Bacia do Parnaíba. Os pontos 47 (Perneta) e 48 (Faveirinha) representam novos afloramentos para a Formação Codó. (Modificado de: Santos & Carvalho, 2009).

4 SÍTIOS FOSSILÍFEROS

Ocorrências fossilíferas já documentadas para a Formação Codó são esparsas e distribuem-se na porção centro-leste do Maranhão, nos municípios de Brejo (Pedreira Umburanas), Codó (Porto Novo e Livramento) e Barra do Corda (Pedrinha e margem do rio Mearim). Os sítios aqui apresentados, portanto, constituem novas localidades fossilíferas para a Formação Codó, e estão localizados no Município de Brejo, leste do Maranhão (Figura 4): Pedreira Faveirinha, Fazenda Pernetá, Bode Seco, Fazenda Boa Vista, Piaba 2 e Pedra de Cal (Figura 5). Entre estes se destacam a Pedreira Faveirinha e Fazenda Pernetá, por seu expressivo conteúdo paleontológico, tendo sido coletados cerca de 100 espécimes, incluindo vegetais, crustáceos (decápodes e isópodes), gastrópodes e peixes (Tabela 2).

4.1 PEDREIRA FAVEIRINHA

Os depósitos que compõem a Pedreira Faveirinha (W 042° 44' 45,4'' S 03° 49' 20,1'') (Figura 6) estão localizados a cerca de 19 km ao sul da cidade de Brejo, nordeste do Maranhão. Constituem uma pedreira de extração de calcário abandonada ricamente fossilífera. Possui litologia predominantemente carbonática, com alternância de estruturas finamente laminadas e maciças, podendo ocorrer intercalações de marga (Figura 8). Fósseis de maiores dimensões geralmente encontram-se preservados em nódulos calcários (*e.g.*, *Vinctifer*); os menores (*e.g.*, *Dastilbe*), estão preservados nos níveis de calcário maciços ou laminados mais basais. Além de peixes ocorrem pequenos crustáceos, impressões de vegetais e invertebrados. A maioria dos espécimes coletados, principalmente peixes, encontrava-se disperso em uma ampla área na pedreira, provavelmente como resíduos da extração de calcário local.

4.2 FAZENDA PERNETA

A fazenda Pernetá (W 042° 44' 21,1'' S 03° 48' 50,0'') (Figura 7) encontra-se a 18 km ao sul da cidade de Brejo, nordeste do Maranhão. Trata-se de uma pedreira de calcário ativa e ricamente fossilífera. Raras impressões de vegetais (incluindo fragmentos de carvão) foram coletadas nesses depósitos, além de gastrópodes, crustáceos, peixes, invertebrados e icnofósseis. Possui litologia idêntica àquela descrita para os depósitos da Pedreira Faveirinha,

com alternância de carbonatos nodular, laminar e maciço, além de intercalações de margas. Níveis de coquina aparecem de modo muito restrito no afloramento (Figura 8).



Figura 4 Mapa de localização da cidade de Brejo, Estado do Maranhão. Localização individual dos afloramentos não está representada.

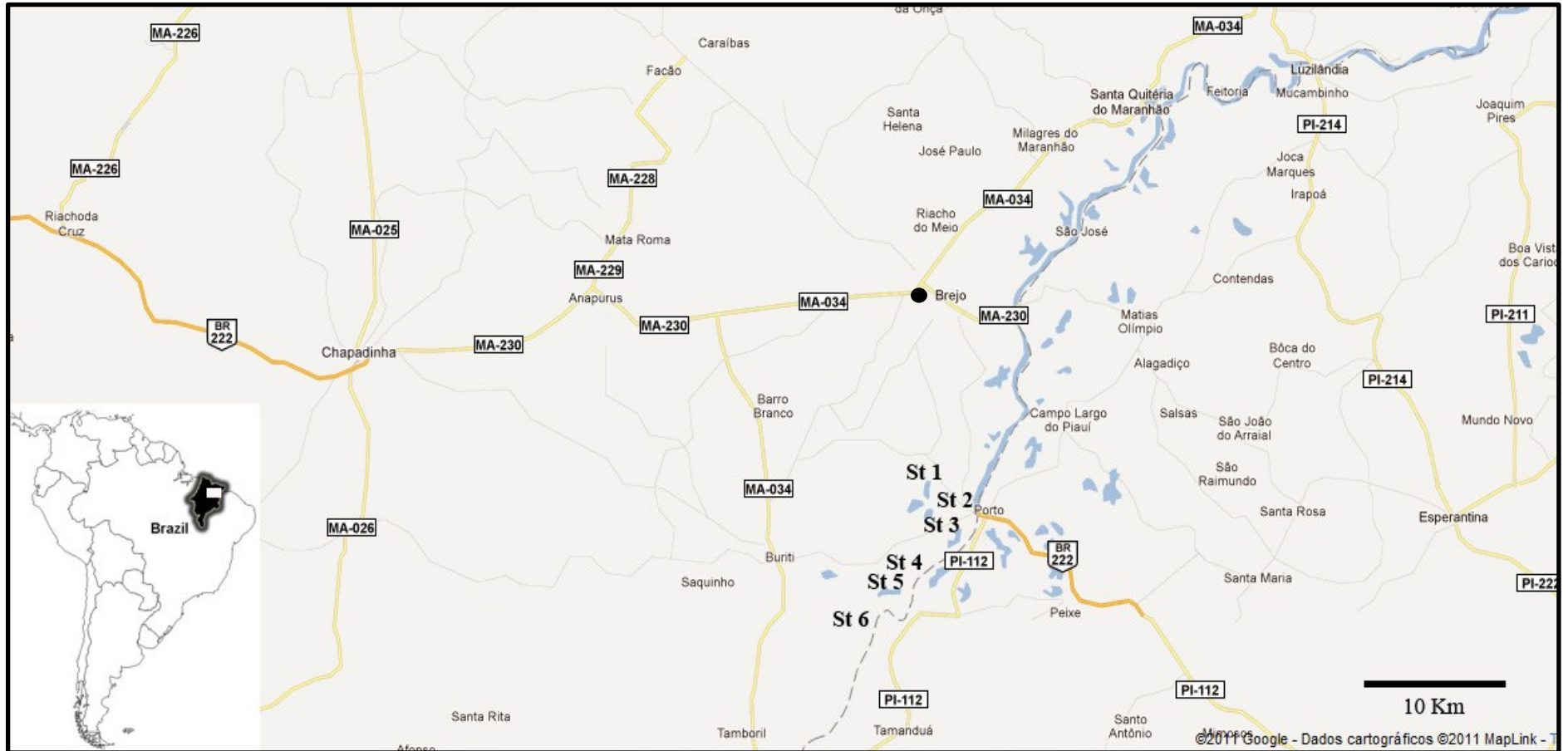


Figura 5 Mapa mostrando os principais afloramentos no Município de Brejo, Maranhão. (Fonte: Google Maps; extraído em 8 de agosto de 2011). (St 1) Bode Seco; (St 2) Pedra de Cal; (St 3) Boa Vista; (St 4) Perneta; (St 5) Faveirinha; (St 6) Piaba 2.



Figura 6 *Pedreira Faveirinha, um dos afloramentos fossilíferos no município de Brejo, Maranhão (W 042° 44' 45,4'' S 03° 49' 20,1'').*



Figura 7 *Fazenda Perneta, um dos afloramentos fossilíferos no município de Brejo, Maranhão. (W 042° 44' 21,1'' S 03° 48' 50,0'').*

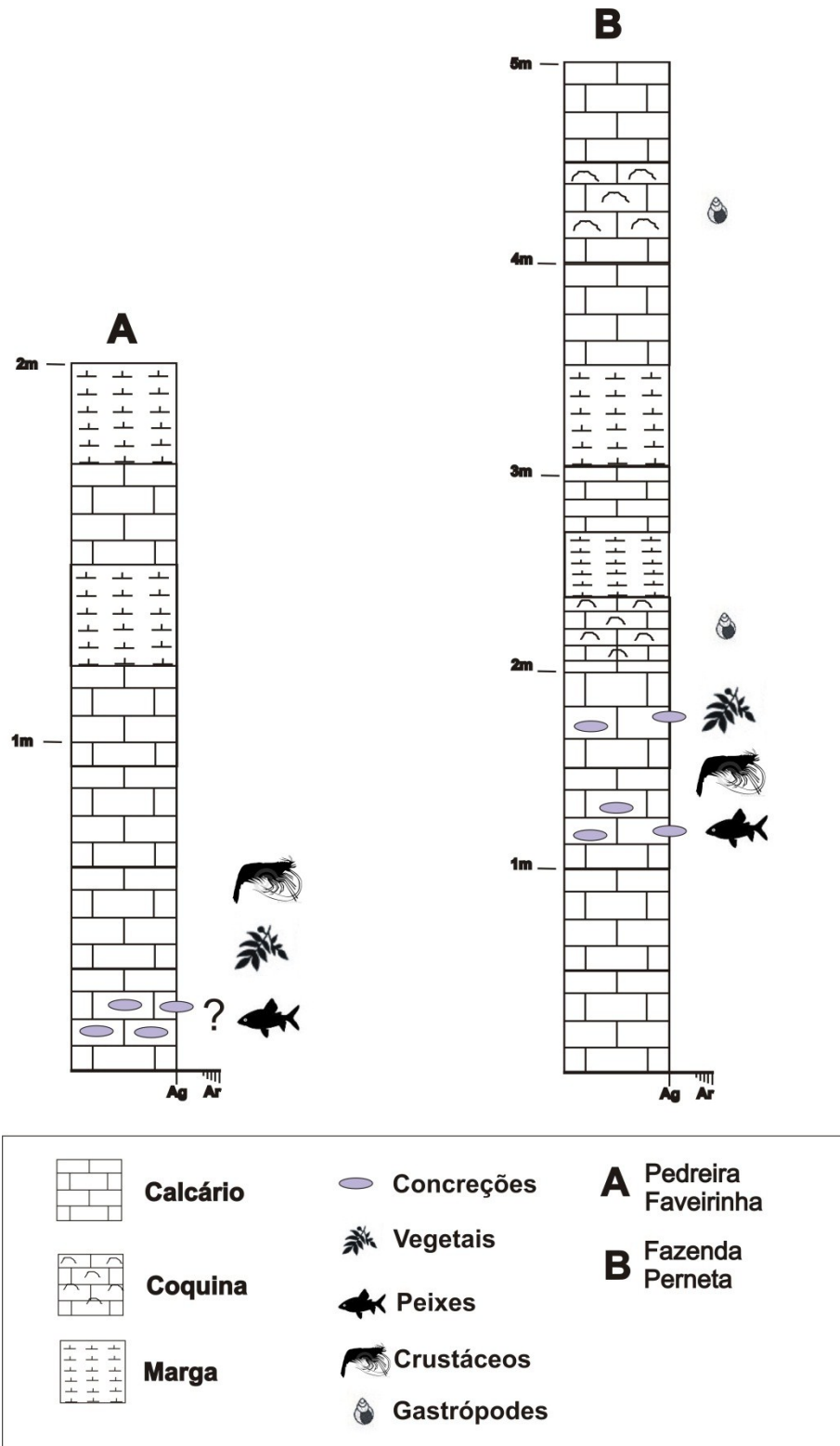


Figura 8 Perfis geológicos dos principais afloramentos de Brejo, Maranhão. Pedreira Faveirinha (A); Fazenda Pernetá (B).

4.3 BODE SECO

O vilarejo Bode Seco (W 042° 44' 40,4'' S 03° 46' 28,9'') está localizado a cerca de 10 km ao sul da cidade de Brejo. Neste afloramento foram identificados prováveis ocorrências de gastrópodes. O ponto é de difícil acesso e o trabalho desenvolvido foi meramente prospectivo. Não foi possível a realização de perfil geológico em virtude da vegetação e áreas de afloramento restritas. Entretanto, nos pontos específicos de coleta, foram identificados níveis carbonáticos possivelmente fossilíferos.

4.4 FAZENDA BOA VISTA

A Fazenda Boa Vista (W 042° 43' 41,2'' S 03° 47' 01,0'') está localizada a 20 km ao sul da cidade de Brejo, próximo ao afloramento Bode Seco, distante cerca de 5 km do rio Parnaíba. Ocorrem fragmentos de troncos fossilizados (silicificados) e pequenos gastrópodes. A área é densamente florestada por babaçuais. Possui litologia composta principalmente por margas e arenitos.

4.5 PEDRA DE CAL

O sítio Pedra de Cal (W 042° 43' 18,6'' S 03° 46' 48,6'') está localizado a 15 km ao sul da cidade de Brejo e possui ocorrências isoladas de troncos silicificados com pelo menos 1,5 m. Não foi possível produzir perfis geológicos devido à condição densamente vegetada da localidade.

4.6 POVOADO PIABA 2

Povoado Piaba 2 (W 042° 46' 10,3'' S 03° 50' 46,8'') constitui um pequeno vilarejo localizado a cerca de 25 km ao sul da cidade de Brejo. Não foi possível identificar ocorrências fossilíferas. Trata-se de carbonatos situados em uma área muito restrita, cerca de 4 m².

Tabela 2 Relação das ocorrências fossilíferas nos sítios Faveirinha e Perneta. (?) Simboliza taxa de procedência duvidosa.

| Vegetais | Tombo | Sítio Faveirinha | Sítio Perneta |
|----------------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Podozamitaceae | UFRJ-DG 1450Pb | X | |
| Ephedraceae | UFRJ-DG 1444Pb | | X |
| Angiosperma indet. | UFRJ-DG 1457Pb | | X |
| <i>Nymphaeites choffati</i> (?) | UFRJ-DG 1441Pb | X | |
| Gastropoda | | | |
| Coquina | UFRJ-DG 268Gp | | X |
| Cassiopidae | UFRJ-DG 264Gp | | X |
| <i>Turritella</i> | UFRJ-DG 870P | X | |
| Crustácea | | | |
| Decápoda | UFRJ-DG 156Cr | | X |
| | UFRJ-DG 168Cr | | X |
| | UFRJ-DG 153Cr | X | |
| Brachyura | UFRJ-DG 160Cr | X | |
| Archaeoniscidae | UFRJ-DG 170Cr | X | |
| Ícnofósseis | | | |
| Fodinichnia | UFRJ-DG 413Icv | X | |
| | UFRJ-DG 414Icv | | X |
| | UFRJ-DG 415Icv | X | |
| | UFRJ-DG 416Icv | X | |
| Peixes | | | |
| <i>Araripelepidotes temnurus</i> | UFRJ-DG 845P | X | |
| | UFRJ-DG 827P | | X |
| <i>Calamopleurus cylindricus</i> | CPHNAMA-VT 1241 | X | |
| <i>Rhacolepis buccalis</i> | UFRJ-DG 825P | | X |
| <i>Codoichthys carnivalii</i> | UFRJ-DG 840P | X | |
| <i>Obaichthys laevis</i> | UFRJ-DG 828P | | X |
| | CPHNAMA-VT 1242 | X(?) | |
| <i>Santanichthys diasii</i> | UFRJ-DG 812P | | X |
| | UFRJ-DG 870P | X | |
| <i>Vinctifer comptoni</i> | UFRJ-DG 837P | X | |
| <i>Dasilbe crandalli</i> | UFRJ-DG 834P | X | |

5 ELEMENTOS DA PALEOBIOTA

5.1 GIMNOSPERMA

CONIFEROPHYTA
CONIFEROPSIDA
CONIFERALES
PODOZAMITACEAE

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 1450Pb (Figura 9A)

Descrição: UFRJ-DG 1450Pb constitui um fragmento foliar preservado por óxido de ferro em calcário maciço. A folha possui um aspecto dorsoventralmente aplanado, lanceolada, em linha reta e sem a estrutura peciolar preservada; a extremidade apical define-se em um aspecto obtuso. A lâmina foliar mede 3 cm de comprimento por 1 cm de largura em sua porção mais larga.

GNETOPHYTA
GNETOPSIDA
EPHEDRALES
EPHEDRACEAE

Procedência: Sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 1444Pb (Figura 9B).

Descrição: UFRJ-DG 1444Pb mede cerca de 6 cm de largura e representa uma planta herbácea peciolada com disposição foliar tipo dicásio e pediforme.

5.2 ANGIOSPERMA

ANGIOSPERMAE

Procedência: Sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 1457Pb (Figura 10A).

Descrição: UFRJ-DG 1457Pb mede 6 cm de comprimento e exhibe lâminas foliares dominadas por uma única nervura central. Representa uma planta herbácea apéciolar, com morfologia foliar variando entre sapindofílica a platanofílica segundo classificação de Crabtree (1987).

ANGIOSPERMAE

DICOTYLEDONEAE

NYMPHAEALES

NYMPHAEACEAE

Gênero *Nymphaeites?* Heer, 1870

Espécie tipo *Nymphaeites choffati?* (Saporta) Teixeira, 1947

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 1441Pb (Figura 10B).

Descrição: UFRJ-DG 1441Pb consiste em um fragmento foliar medindo 1,5 cm de comprimento. Ocorre sob a forma de impressão preservada em calcário laminar. Finas nervuras paralelas em um número de três são observadas longitudinalmente.

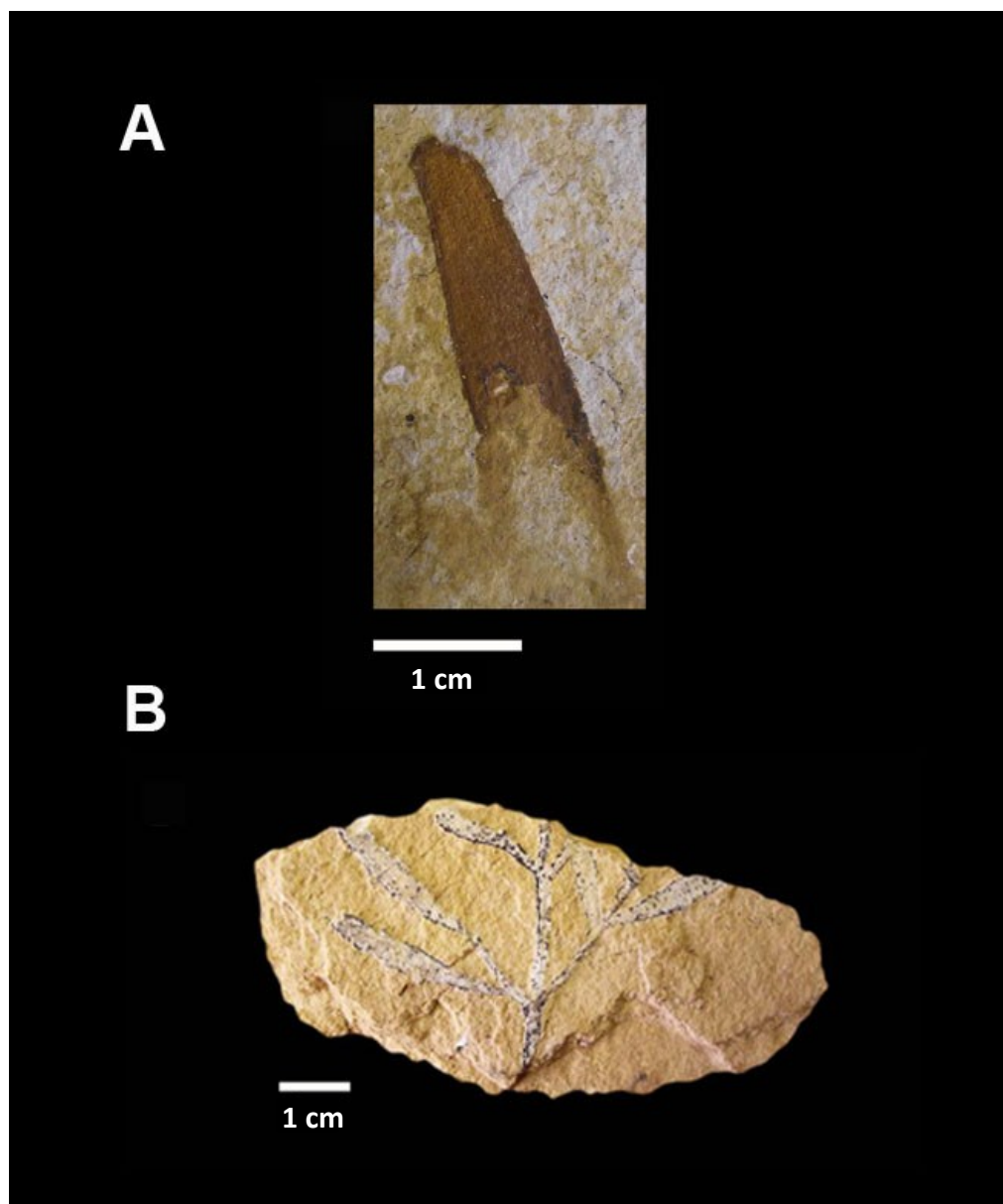


Figura 9 (A) Podozamitaceae (UFRJ-DG 1450 Pb), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (B) Ephedraceae (UFRJ-DG 1444Pb), sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão.

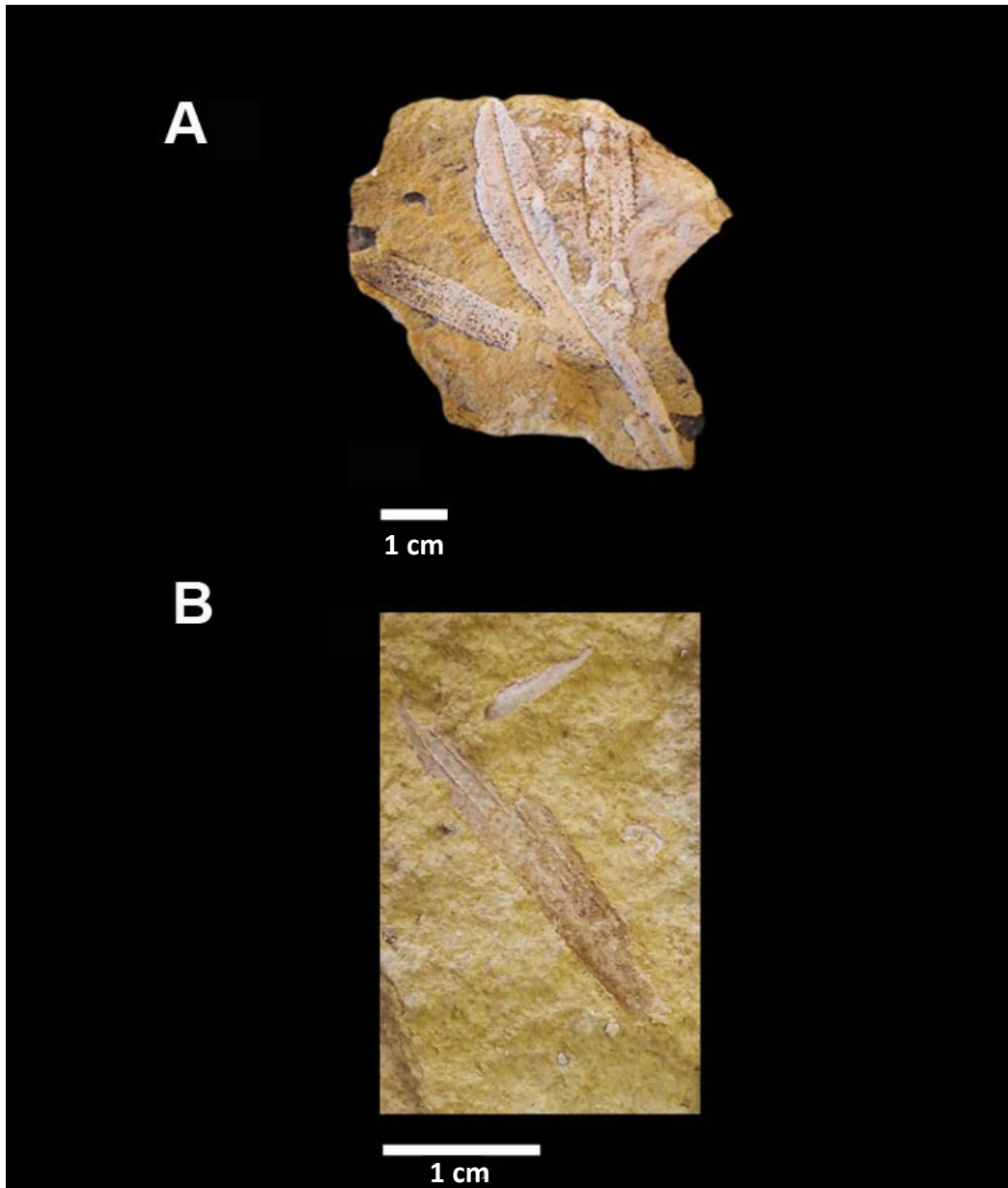


Figura 10 (A) *Angiosperma* indet. (UFRJ-DG 1457Pb), sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão; (B) *Nymphaeites choffati* (?) (UFRJ-DG 1441Pb), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

5.3 GASTROPODA

GASTROPODA Cuvier, 1797

Procedência: Sítio Perneteta, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 268Gp (Figura 11A-B).

Descrição: UFRJ-DG 268Gp constitui uma coquina contendo gastrópodes com tamanho variando entre 0,2 a 1 cm. Encontram-se preservados comumente por substituição de cristais de calcita e nenhum dos aspectos morfológicos, tanto externos quanto internos, foram preservados. Contudo, alguns espécimes mostram uma forma geral batida e arredondada, enquanto outros são moderadamente espiralados e alongados.

GASTROPODA Cuvier, 1797

CASSIOPIDAE Kollmann, 1979

Procedência: Sítio Perneteta, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 264Gp (Figura 12A).

Descrição: UFRJ-DG 264Gp mede 1cm de comprimento apresentando concha com padrão de pequenos círculos subparalelos dispostos longitudinalmente.

GASTROPODA Cuvier, 1797

TURRITELLIDAE Woodward, 1851

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; Sítio Perneteta, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 870P (Figura 12B).

Descrição: UFRJ-DG 870P mede 2 cm de comprimento e apresenta uma concha marcadamente espiralada e alongada, possuindo na base da concha uma abertura subretangular.

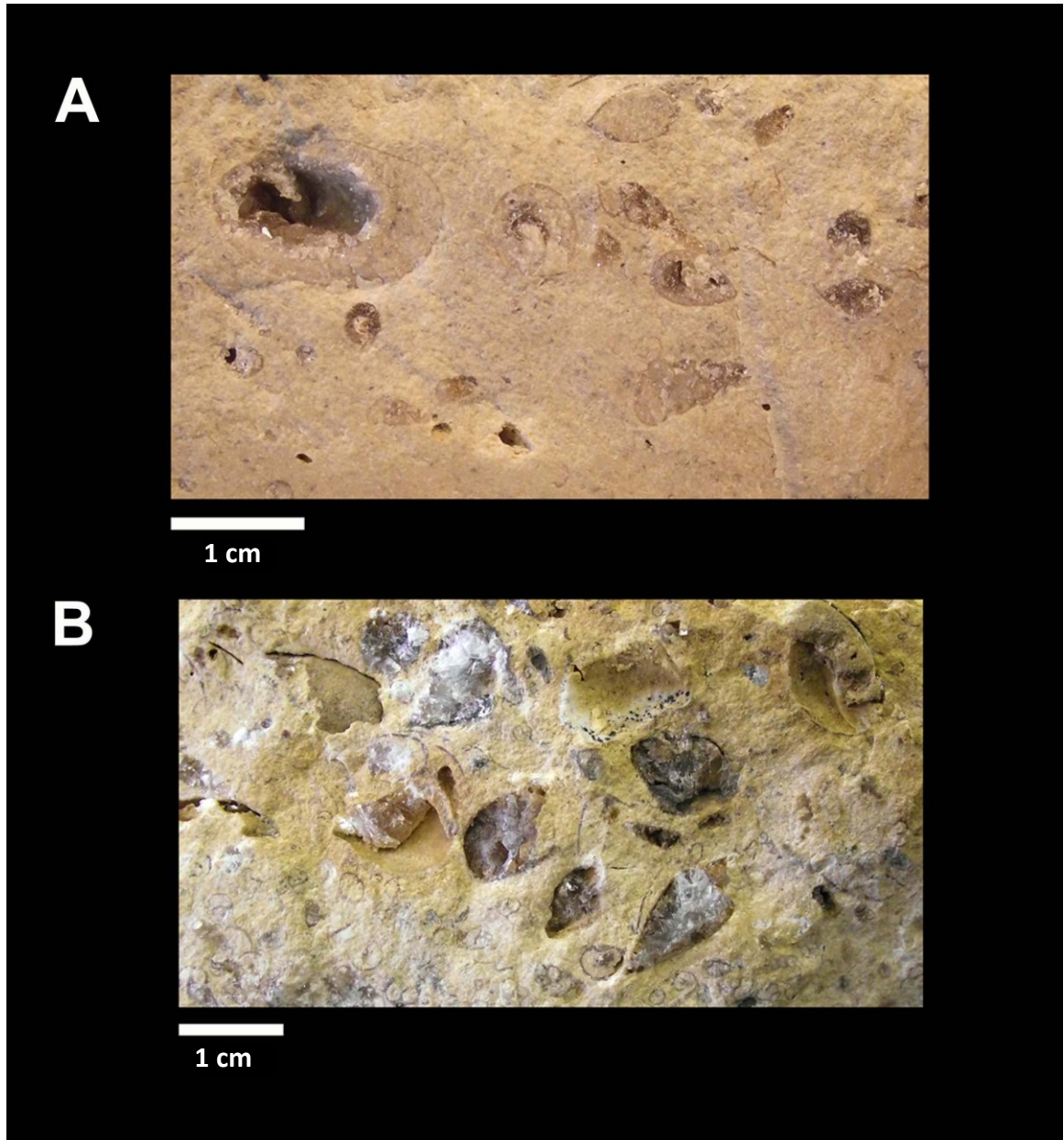


Figura 11 (A-B) *Coquinas contendo gastrópodes (UFRJ-DG 268Gp), sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão.*

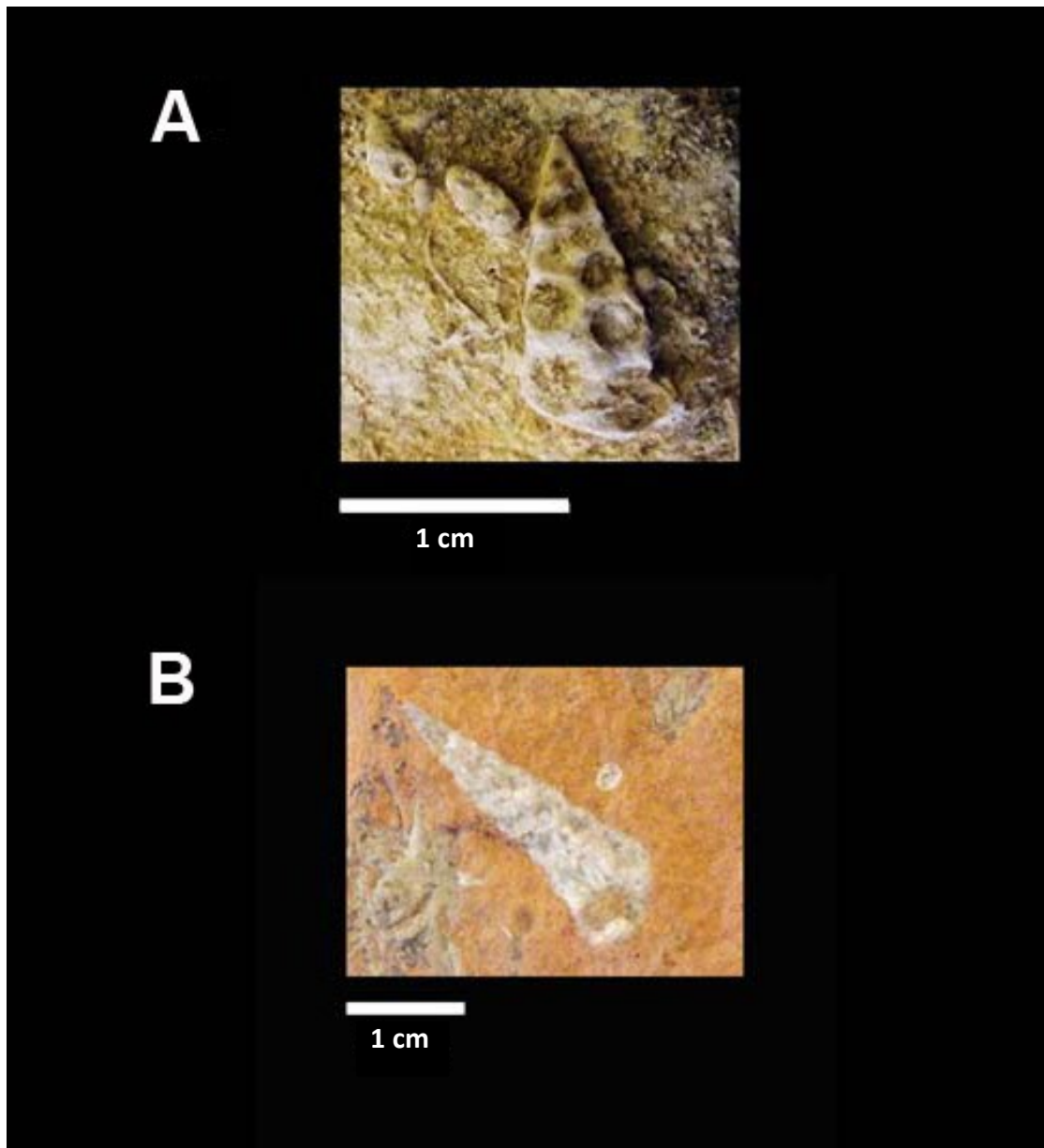


Figura 12 (A) Cassiopidae (UFRJ-DG 264Gp), sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão; (B) Turritella sp. (UFRJ-DG 870P), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

5.4 CRUSTACEA

MALACOSTRACA Latreille, 1805

DECAPODA Latreille, 1802

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; Sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 156Cr (Figura 13A); UFRJ-DG 168Cr (Figura 13B); UFRJ-DG 153Cr (Figura 14).

Descrição: UFRJ-DG 156Cr mede 3 cm e ocorre preservado em calcário maciço em vista lateral. Exibe um cefalotórax amplo e um abdômen levemente comprimido dorsoventralmente em relação ao cefalotórax. Apêndices cefálicos estão parcialmente preservados, enquanto pereiópodes, pleópodes e somitos encontram-se ausentes. Outro espécime UFRJ-DG 168Cr mede 2 cm e exibe apenas três pereiópodes preservados com quelas. UFRJ-DG 153Cr consiste em um bloco de calcário maciço com 9 espécimes preservados, tendo o maior deles menos de 1 cm.

MALACOSTRACA Latreille, 1805

DECAPODA Latreille, 1802

BRACHYURA Latreille, 1802

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 160Cr (Figura 13C).

Descrição: UFRJ-DG 160Cr mede 1,5 cm e ocorre preservado sob a forma de impressão (molde externo) em calcário maciço. Trata-se de um apêndice isolado formado apenas pelo própodo e dáctilo.

MALACOSTRACA Latreille, 1805

ISOPODA Latreille, 1817

FLABELLIFERA Sars, 1882

ARCHAEONISCIDAE Haack, 1918

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão

Repositório: UFRJ-DG 170Cr (Figura 13D).

Descrição: UFRJ-DG 170Cr mede 1,5 cm de comprimento, possui corpo ovalado e cabeça subretangular, profundamente inserida no primeiro pereionite; um dos olhos preservados está situado dorsolateralmente. Possui cerca de 8 pereionites torácicos similares com expansões pleurais laterais (epímeros); do 5º ao 8º pereionite, os epímeros arqueiam-se distalmente, e são mais evidentes do lado esquerdo; Os pereionites abdominais são em número de 4; o pleotélson possui forma subtriangular e exopoditos subretangulares. UFRJ-DG 170Cr encontra-se preservado em calcário maciço em vista dorsal, não sendo possível observar os apêndices ventrais (maxilípedes, pereópodes, pleópodes e urópodes); antênulas e antenas encontram-se ausentes.

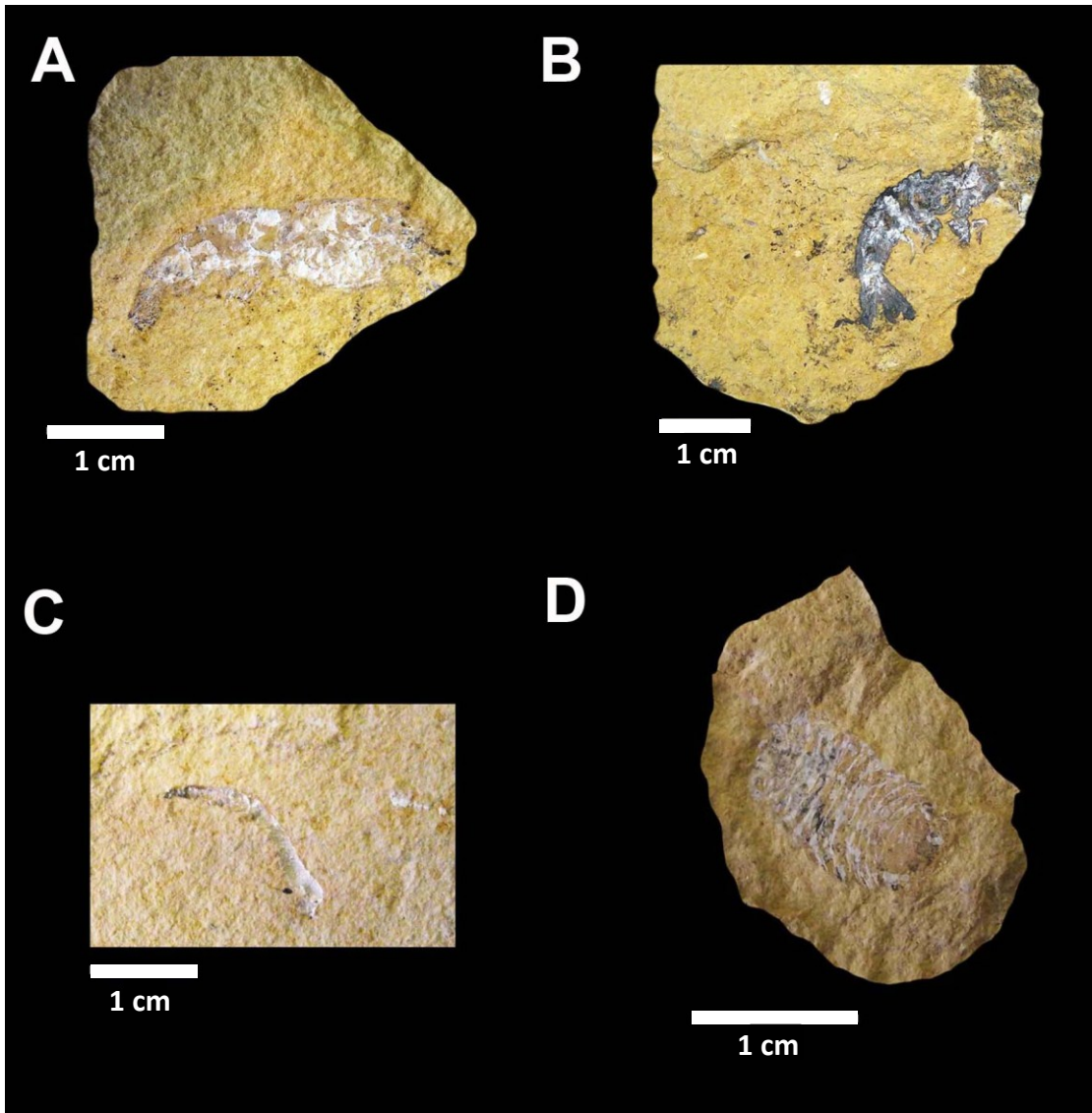


Figura 13 (A-B) *Decápodes indet.* (UFRJ-DG 156Cr, UFRJ-DG 168Cr), sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão; (C) *Apêndice de Brachyura* (UFRJ-DG160Cr), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (D) *Isópode Archaeoniscidae* (UFRJ-DG 170Cr), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.



Figura 14 Bloco calcário contendo decápodes preservados possivelmente como resultado de mortalidade em massa (UFRJ-DG 153Cr), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

5.5 ICNOFÓSSEIS

FODINICHNIA

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; Sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 413Icv, UFRJ-DG 414Icv, UFRJ-DG 415Icv, UFRJ-DG, 416Icv (Figura 15A-D).

Descrição: UFRJ-DG 413Icv, UFRJ-DG 414Icv, UFRJ-DG 415Icv, UFRJ-DG 416Icv representam coprólitos cujas medidas variam de 1 a 2,5 cm. Exibem formas variando de elíptica a subcircular. Ocorrem preservados em calcário maciço e exibem coloração esbranquiçada.

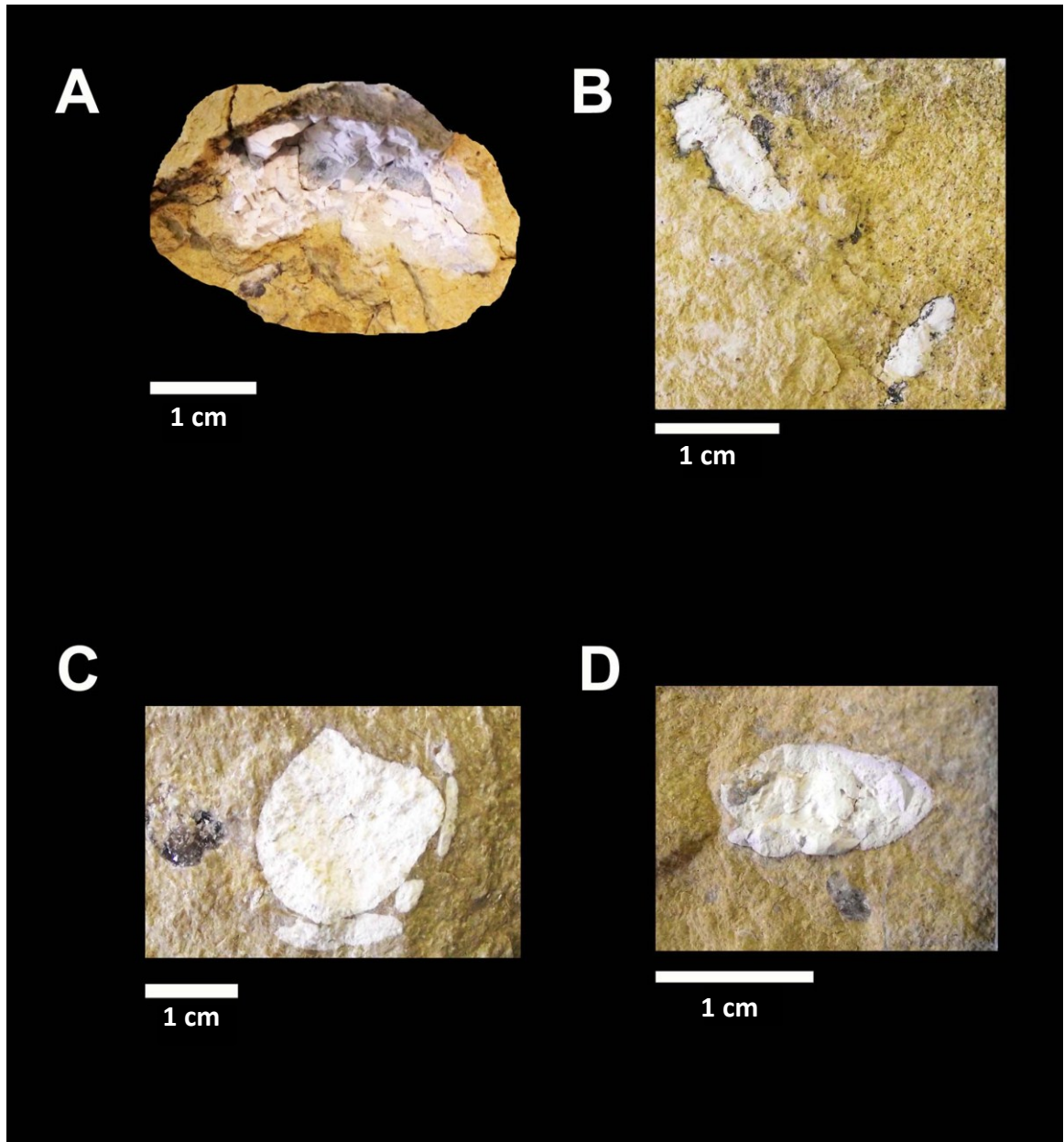


Figura 15 (A-D) *Coprolitos Fodinichnia* (UFRJ-DG 413Icv), sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão; (UFRJ-DG 414Icv), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (UFRJ-DG 415Icv), sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão; (UFRJ-DG 416Icv), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

5.6 PEIXES

ACTINOPTERYGII Cope, 1887

NEOPTERYGII Regan, 1923

HOLOSTEI sensu Huxley, 1861

GINGLYMODI Cope, 1872

LEPISOSTEIDAE Cuvier, 1825

Gênero *Obaichthys* Wenz & Brito, 1992

Espécie tipo *Obaichthys laevis* Wenz & Brito, 1992

Procedência: Sítio Faveirinha (?), Município de Brejo, Maranhão; Sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 828P (Figura 16A); CPHNAMA-VT 1242 (Figura 16B).

Descrição: UFRJ-DG 828P mede 15 cm e constitui um ictiólito amarelo claro com a porção anterior do tronco e crânio parcialmente preservados em vista lateral, este último tendo um aspecto fusiforme e região etmoidal e mandibular alongada. A nadadeira peitoral não está evidente e as escamas laterais do tronco exibem forma losangular, mais altas que largas. CPHNAMA-VT 1242 constitui um bloco de calcário maciço medindo 20 cm em vista lateral, tendo a porção distal do tronco e cauda preservados. A nadadeira dorsal está situada em uma região muito distal do tronco, muito próxima à nadadeira caudal; a nadadeira anal encontra-se imediatamente abaixo da dorsal. As nadadeiras dorsal e anal exibem entre 7 e 8 raios; a caudal exhibe cerca de 12 raios. As escamas laterais podem ocorrer transversalmente em um número de 26 na região mediana do tronco.

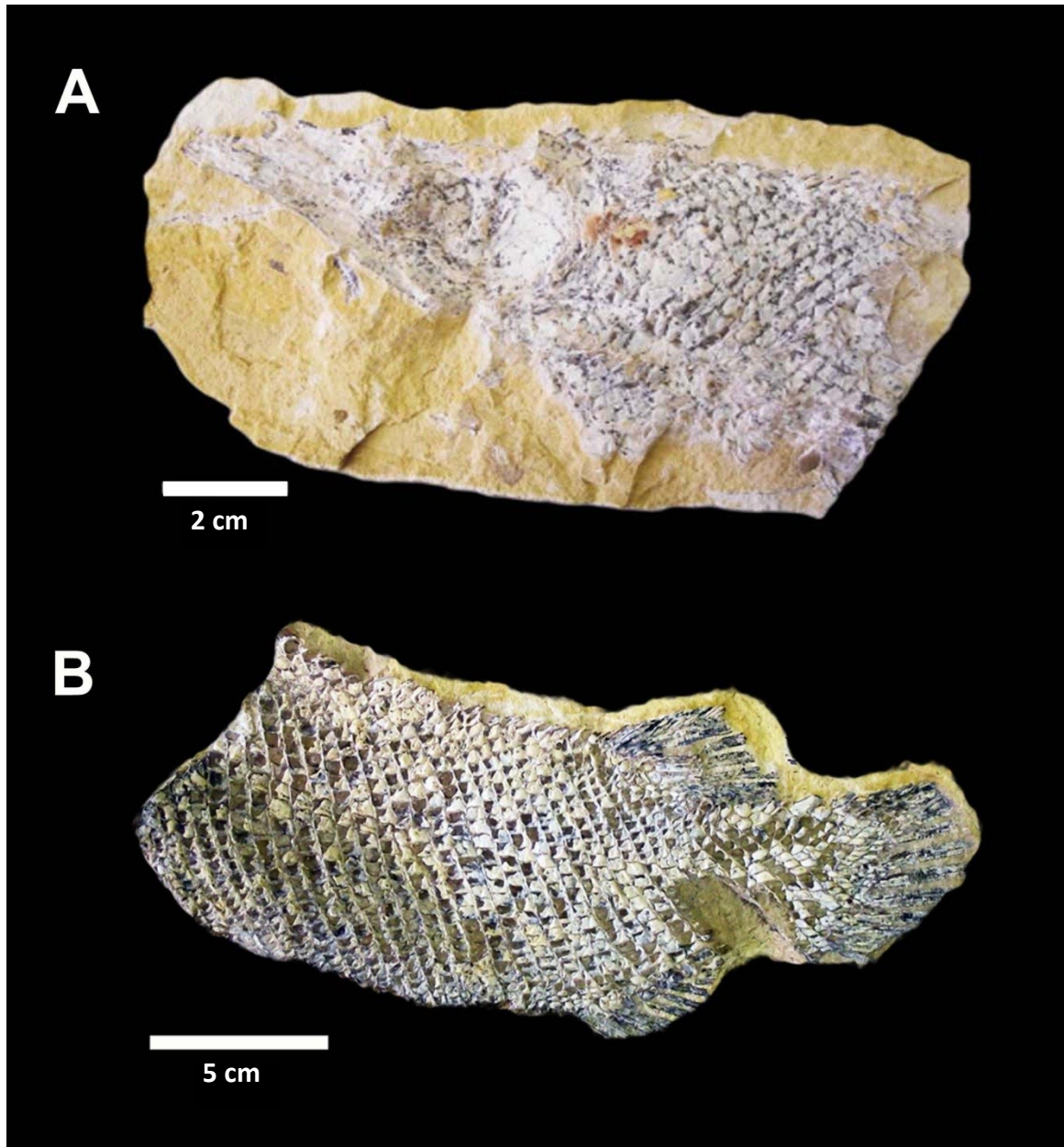


Figura 16 (A-B) *Obaichthys laevis* (UFRJ-DG 828P), sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão; (CPHNAMA-VT 1242), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

HALECOSTOMI Regan, 1923

HALECOMORPHI Cope, 1872

SEMIONOTIFORMES Arambourg & Bertin, 1958

SEMIONOTIDAE sensu Olson & McCune, 1991

Gênero *Araripelepidotes* Santos, 1990

Espécie tipo *Araripelepidotes temnurus* Agassiz, 1841

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; Sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 845P (Figura 17A); UFRJ-DG 827P (Figura 17B).

Descrição: UFRJ-DG 845P consiste em um ictiólito contendo um espécime de corpo fusiforme medindo 20 cm de comprimento preservado em vista lateral; ausência de elevação pré-dorsal imediatamente após a extremidade posterior do crânio. A parte ventral do tronco é plana; nadadeira dorsal situada na metade posterior do crânio. O número de raios compondo a mesma não pôde ser contado em detrimento do estado preservacional (deformado); o mesmo pode ser dito para a nadadeira peitoral. A nadadeira pélvica está ausente e a anal está situada imediatamente após as extremidades radiais da nadadeira dorsal; a nadadeira anal contém seis raios. A nadadeira caudal é homocerca e exibe o bordo posterior fracamente furcado, formado por quatorze raios. As escamas são rômbricas e lisas. O crânio é pequeno e encontra-se deformado, sendo possível observar alguns ossos: parietais, pteróticos, frontais, extra-escapular, opérculo, subopérculo, pré-opérculo, supra-orbital, dermoesfenótico e cleitro.

Outro espécime UFRJ-DG 827P encontra-se parcialmente preservado da porção anterior do opérculo até a região terminal do tronco e mede 14 cm. Igualmente a elevação pré-dorsal após a extremidade distal do crânio encontra-se ausente. Apenas as nadadeiras peitoral e dorsal estão preservadas parcialmente. Este espécime também exibe escamas rômbricas e lisas; aquelas situadas como quilha dorsal se mostram conspícuas e percorrem o comprimento total do tronco.

AMIIFORMES Hay, 1929

AMIIDAE Bonaparte, 1838

VIDALAMIINAE Grande & Bemis, 1998

Gênero *Calamopleurus* Agassiz, 1841

Espécie tipo *Calamopleurus cylindricus* Agassiz, 1841

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: CPHNAMA-VT 1241(Figura 17C)

Descrição: CPHNAMA-VT 1241 consiste em um crânio incompleto preservado em nódulo carbonático medindo 15 cm de comprimento. Encontra-se bastante compactado, comprimido dorsoventralmente, evidenciando a falta de diversos elementos ósseos. O crânio é alongado e afilado anteriormente, com o teto craniano largo. As órbitas são grandes, ocupando dois terços da primeira metade do crânio. Possui mandíbula longa e baixa, com ampla área dentígera. Os dentes são cônicos e robustos, apresentando espesso revestimento de esmalte. A pré-maxila exhibe cinco dentes robustos, os quais diminuem de tamanho gradativamente em direção à porção distal da boca. É possível observar ainda em CPHNAMA-VT 1241 os ossos frontais, nasais, dentário, órbita, partes dos parietais e hiomandibular.

TELEOSTEI, Muller, 1846

ASPIDORHYNCHIDAE Nicholson & Lydekker, 1889

Gênero *Vinctifer* Jordan, 1919

Espécie tipo *Vinctifer comptoni* Agassiz, 1841

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 837P (Figura 17D).

Descrição: UFRJ-DG 837P constitui um tronco parcial medindo 10 cm de comprimento preservado em calcário maciço. Possui corpo alongado subcilíndrico; as escamas laterais, muito características desta família, são muito altas em relação às escamas dorsais e ventrais.

ELOPOMORPHA *Incertae sedis*
ELOPIFORMES Sauvage, 1875
PACHYRHYZODONTIDAE Cope, 1872
Gênero *Rhacolepis* Agassiz, 1834
Espécie tipo *Rhacolepis buccalis* Agassiz, 1841

Procedência: Sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 825P (Figura 17E).

Descrição: UFRJ-DG 825P mede 8 cm e constitui um crânio preservado bidimensionalmente (em vista lateral) em calcário nodular amarelo claro. Poucos ossos cranianos podem ser distinguidos: frontais, operculares (opérculo e subopérculo) e ossos proeminentes posteriormente à órbita. O crânio é tipicamente fusiforme, terminando em um focinho pontiagudo.

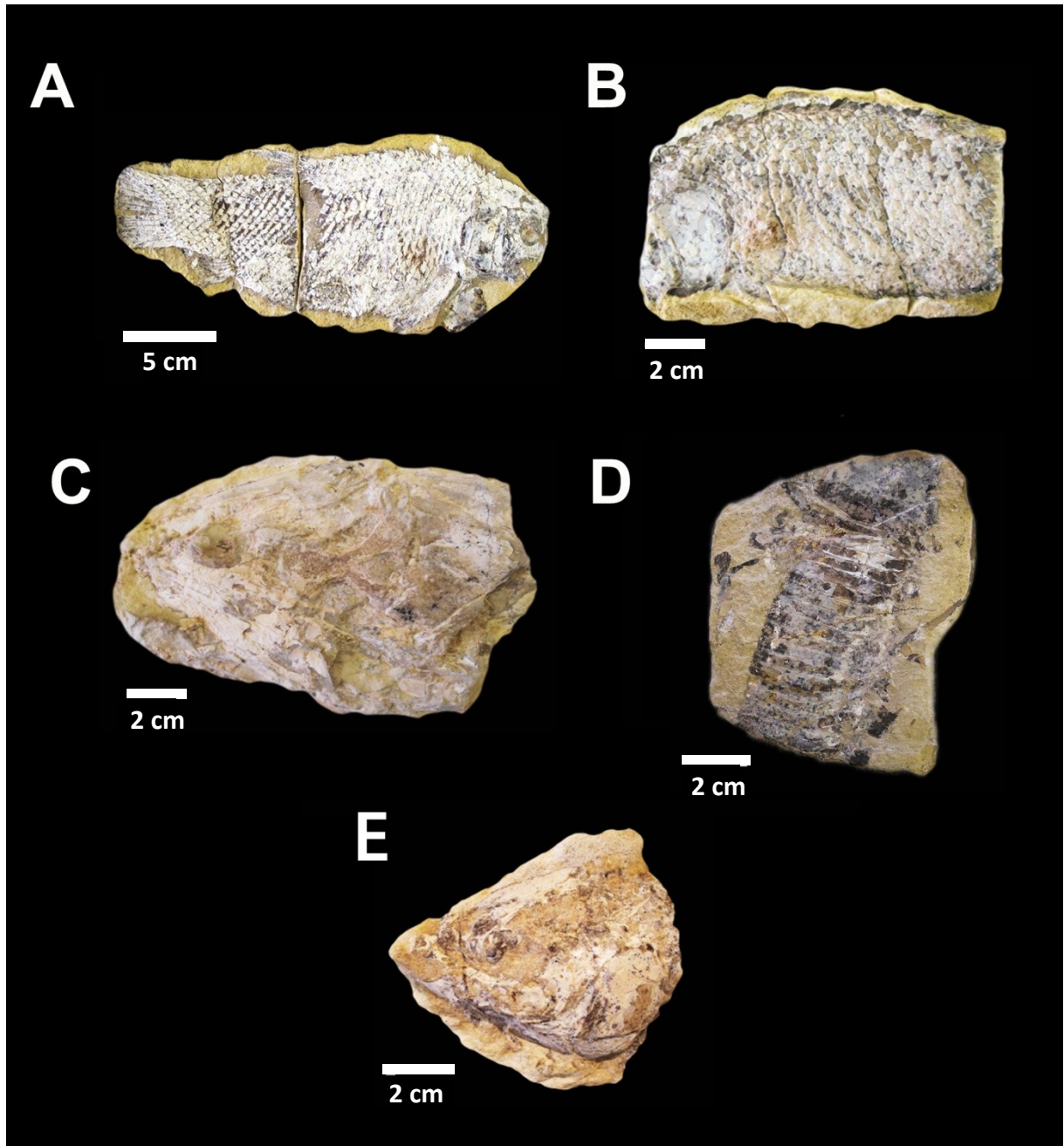


Figura 17 (A-B) *Araripelepidotes temnurus* (UFRJ-DG 845P), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (UFRJ-DG 827P), sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão; (C) *Calamopleurus cylindricus* (CPHNAMA-VT 1241), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (D) *Vinctifer comptoni* (UFRJ-DG 837P), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (E) *Rhacolepis buccalis* (UFRJ-DG 825P), sítio Perneta, Município de Brejo, Maranhão.

OTOPHYSI sensu Rosen & Greenwood, 1970
CHARACIPHYSI Fink and Fink, 1981
CHARACIFORMES sensu Fink and Fink, 1981
Gênero *Santanichthys* Santos, 1995
Espécie tipo *Santanichthys diasii* Santos, 1958

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; Sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 870P (Figura 18A); UFRJ-DG 812P (Figura 18B).

Descrição: UFRJ-DG 870P compreende um bloco de calcário maciço avermelhado com 25 cm de comprimento contendo cerca de 50 espécimes. Estes variam de 2 a 3 cm e ocorrem, em sua maioria, orientados preferencialmente. Muitos deles encontram-se sob a forma de impressões incarbonizadas, o que dificulta uma atribuição sistemática efetiva. UFRJ-DG 812P possui 3 cm de comprimento preservado em um bloco de calcário maciço amarelado. Apenas o crânio, as costelas e coluna vertebral estão parcialmente preservados (esta última exibindo cerca de 30 vértebras). Em detrimento do estado preservacional, as nadadeiras não foram preservadas (com exceção da primeira metade da caudal). A forma geral do corpo é fusiforme; a região distal do crânio exhibe alguns ossos operculares (opérculo e subopérculo). Na porção proximal do crânio é possível observar um prolongamento que pode estar relacionado ao mesetmóide.

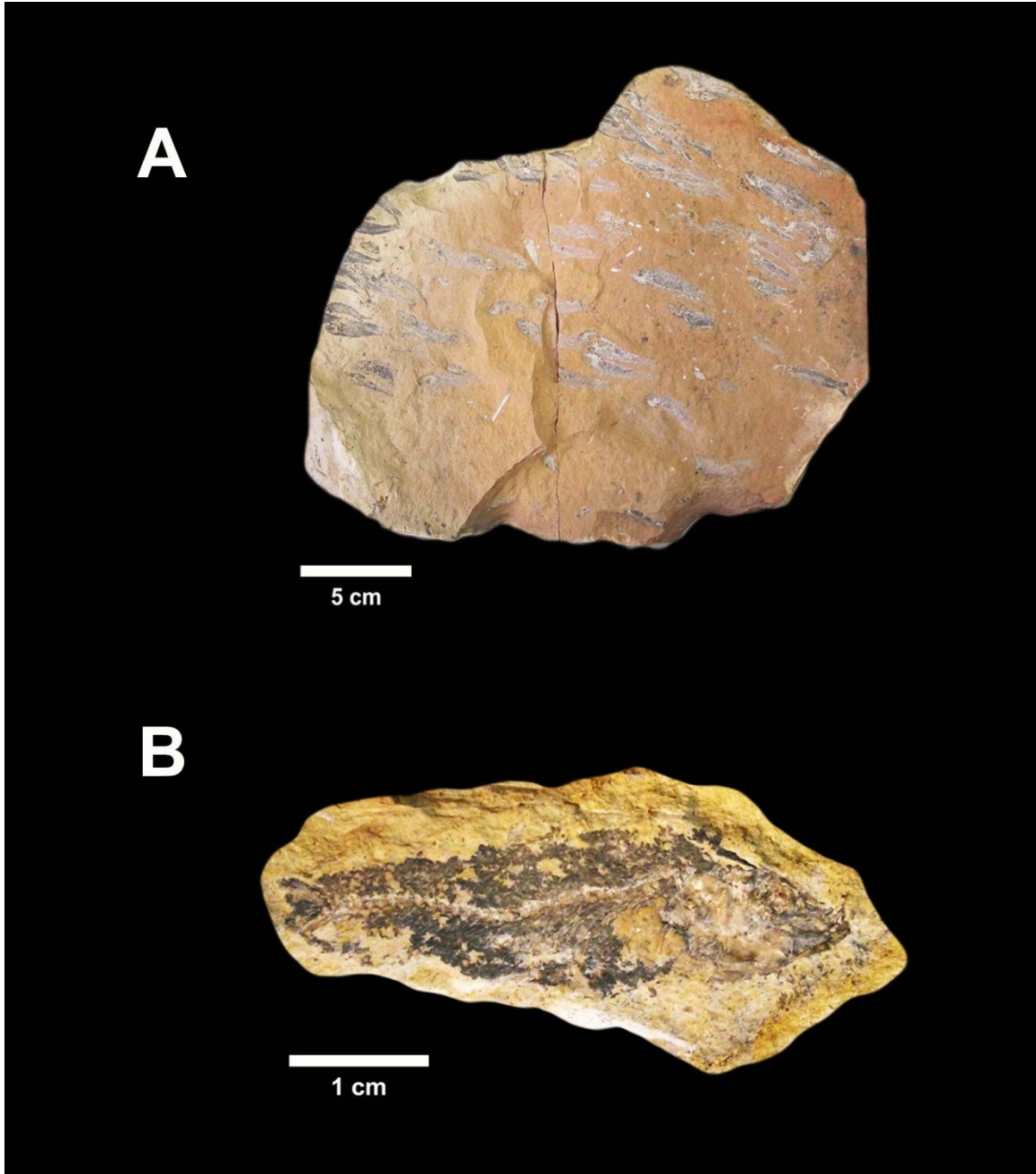


Figura 18 (A-B) *Santanichthys diasii* (UFRJ-DG 870P), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão; (UFRJ-DG 812P), sítio Pernetá, Município de Brejo, Maranhão.

CLUPEOMORPHA Greenwood *et al.*, 1966
Espécie tipo *Codoichthys carnavalii* Santos, 1994

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 840P (Figura 19).

Descrição: UFRJ-DG 840P consiste em um espécime pequeno e fusiforme, com 7cm de comprimento preservado bidimensionalmente em calcário laminado. A nadadeira dorsal acha-se mal preservada na porção mediana do corpo; as demais nadadeiras da região ventral (peitoral, anal) não foram preservadas. A nadadeira caudal é homocerca bifurcada. O crânio é curto e fusiforme; sendo visível apenas o limite da região opercular bastante expandida. Na região do tronco e cauda apenas a coluna vertebral está preservada; escamas estão ausentes e costelas são visíveis apenas como impressões, em sua maioria na porção anterior do tronco.



Figura 19 *Codoichthys carnavalii* (UFRJ-DG 840P), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

GONORYNCHIFORMES sensu Fink & Fink, 1981

CHANIDAE sensu Poyato-Ariza, 1996

Dastilbe Jordan, 1910

Dastilbe crandalli Jordan, 1910

Procedência: Sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

Repositório: UFRJ-DG 834P (Figura 20).

Descrição: UFRJ-DG 834P mede 3 cm de comprimento e está preservado em um bloco de calcário maciço amarelo claro. No crânio é possível observar apenas a órbita e a região opercular, muito expandida. Na porção ventral do tronco estão preservados vestígios das nadadeiras peitoral, pélvica e anal. A nadadeira caudal é fortemente bifurcada.



Figura 20 *Dastilbe crandalli* (UFRJ-DG 834P), sítio Faveirinha, Município de Brejo, Maranhão.

6 DISCUSSÃO

6.1 PALEOBIOTA

As primeiras floras Mesofíticas desenvolveram-se durante o máximo de coalescência do Pangeia e são caracterizadas pelo domínio de vários grupos de gimnospermas durante o Mesozoico, tais como Cycadales, Bennettitales e Coniferales (BERNARDES-DE-OLIVEIRA *et al.*, 2007). No Brasil, as gimnospermas constituíam a vegetação dominante entre a flora eocretácea brasileira, tendo as angiospermas experimentado sua radiação adaptativa apenas no Neocretáceo. Como exemplo mais representativo deste cenário paleoflorístico, durante o Neoptiano, encontra-se a flora do Membro Crato, da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, principalmente por suas características preservacionais excepcionais, incluindo primitivas angiospermas. Nesta unidade litoestratigráfica ocorre macro e microflora bastante diversificada, tendo sido descritos muitos grupos de plantas terrestres típicos do Mesomesofítico gondwânico a partir desta formação (BERNARDES-DE-OLIVEIRA *et al.*, 2007; MOHR *et al.*, 2007). Restos de plantas ocorrem menos frequentemente no Membro Romualdo da Formação Santana, onde elas são comumente mal preservadas e fragmentárias (MARTILL, 2007). O registro de macrofósseis vegetais eocretáceos em outras bacias sedimentares é incipiente. Ocorrem na Bacia de Sergipe-Alagoas (formações Muribeca e Riachuelo); Bacia de Tucano (Formação Marizal); Bacia Sanfranciscana (Formação Areado).

Na Bacia do Parnaíba, a flora da Formação Codó é escassa, sendo representada, em sua maioria, por impressões e restos vegetais, algas, esporos e pólenes diversos, troncos de coníferas e monocotiledôneas (LIMA, 1982; DUARTE & SANTOS, 1993). Duarte (1989) e Duarte & Santos (1993) mencionam ainda a ocorrência de formas aquáticas atribuídas às espécies *Choffatia francheti* e *Nymphaeites choffati*. Posteriormente, *N. choffati* passou a ser referida como *Trifurcatia flabellata* e, atualmente, como *Klitzschophyllites flabellatus* (ver MOHR & RYDIN, 2002; MOHR *et al.*, 2006). Milanez (1935) descreveu restos de madeira fóssil denominada *Lecythioxylon brasiliense*. Adicionalmente, em estudo palino-cronoestratigráfico da Formação Codó, Antonioli (2001) reconheceu afinidades botânicas na associação palinoflorística analisada, identificando uma flora mais diversificada do que se supunha para a Formação Codó, as quais incluem, além das já referidas espermatófitas, membros das Briófitas e Pteridófitas. Outros estudos sobre a flora da Formação Codó foram conduzidos por Lisboa (1914), Moraes Rego (1923) e Borges (1937).

O espécime UFRJ-DG 1450Pb (Figura 9A) exibe características observadas em gimnospermas ocorrentes no Membro Crato (*Lindleycladus* e *Podozamites*) por possuir um aspecto alongado, dorsoventralmente aplanado e lanceolado, terminando em um ápice arredondado. Sua coloração vermelho-chocolate, a exemplo do que comumente ocorre com estes vegetais nos calcários laminados do Membro Crato, pode indicar uma preservação por óxido de ferro (ver MORH *et al.*, 2007, Fig: 19.4 A, B; TÂNIA DUTRA, comunicação pessoal, 2010). Contudo, *Podozamites* possui delgadas nervuras longitudinais paralelas (BERNARDES-DE-OLIVEIRA *et al.*, 2007, Fig. 3 C), característica não observada nos espécimes de Brejo. A ausência de tais nervuras poderia, em parte, estar relacionada a processos tafonômicos.

O espécime UFRJ-DG 1444Pb (Figura 9B) é aqui tentativamente atribuída à família Ephedraceae. Esta opinião se embasa, no momento, nas ramificações tipo dicásio (TÂNIA DUTRA, comunicação pessoal, 2010). No entanto, tais características podem ser observadas também em algumas angiospermas indeterminadas do Membro Crato (MOHR *et al.*, 2007; plate 29 A, D). UFRJ-DG 1457Pb (Figura 10A) poderia representar uma angiosperma primitiva, principalmente por exibir uma condição apiciolada, e por satisfazer o perfil morfofoliar dicotiledôneo proposto para o Cretáceo, variando entre sapindofílica e platanofílica (ver CRABTREE, 1987).

O espécime UFRJ-DG 1441Pb (Figura 10B) parece constituir um ramo foliar muito fragmentário, com cerca de 2 cm de comprimento, e exibe unicamente como caráter distintivo três nervuras paralelas longitudinais. De acordo com Foster (apud MOHR & RYDIN 2002), padrões de nervuras dicotômicas ocorrem em vários grupos de plantas terrestres, tais como samambaias (*e.g.* *Dictyophyllum*, *Dipteridaceae*), pteridospermas extintas (*Sagenopteris* e *Glossopteris*), coníferas (*e.g.* *Agathis*, *Phyllocladus*), e angiospermas não monocotiledôneas (*e.g.* *Kingdonia*, *Circaeaster*). Duarte & Santos (1993) mencionam a ocorrência da angiosperma *Nymphaeites choffati* (= *Klitzschophyllites flabellatus*) para a Formação Codó, a qual exibe folhas flabeladas com numerosas nervuras paralelas (MOHR *et al.*, 2006), e que ocorrem associadas a peixes do gênero *Dastilbe* nestes depósitos. Adicionalmente, nervuras paralelas são componentes característicos de Welwitschiaceae (*e.g.* estágio cotiledonário de *Welwitschiella austroamericana*) (DILCHER *et al.*, 2005).

Moluscos estão pobremente representados na Formação Codó, no entanto, os poucos gêneros ali ocorrentes, juntamente com evidências palinológicas, permitiram uma melhor definição acerca da datação desta unidade litoestratigráfica, atribuindo-lhe idade neoaptiana a

eoalbiana (LIMA & LEITE, 1978). Mesner & Wooldridge (1964) salientam a ocorrência dos gêneros *Anomia*, *Arca*, *Corbula*, *Turritella*, *Inoceramos* e *Nerinea*. A associação de moluscos, esporomorfos e microcrustáceos é correlacionável àquela ocorrente na Formação Santana, Bacia do Araripe (LIMA & LEITE, 1978). Na Bacia do Araripe, moluscos constituem elementos não diversos e pouco estudados. Ocorrem frequentemente em finos calcários em direção ao topo da Formação Santana, e raramente no interior de ictiólitos e estratos argilosos do Membro Crato (MARTILL, 2007).

Entre estas ocorrências destaca-se *Paraglauconia* por ser especialmente comum. De acordo com Martill (2007) espécimes deste gênero ocorrem como coquina acima dos leitos contendo concreções do Membro Romualdo da Formação Santana. Santos & Carvalho (1979) igualmente destacam tal associação principalmente no topo da Formação Santana, e discorrem sobre inferências paleoecológicas e tafonômicas. Esta assembleia é composta por alta densidade de conchas e exemplares isolados de gastrópodes (*e.g.* *Cerithium* e *Turritella*). Verifica-se uma preservação muito heterogênea por parte destes invertebrados, havendo, na maioria dos exemplares, ausência de detalhes morfológicos, impedindo um tratamento taxonômico acurado. Em termos ecológicos, esta composição faunística revela-se coerente para ambiente marinho raso, e evidencia acumulações de litoral depois de submetidos a exposições subaéreas (SANTOS & CARVALHO, 1979). Adicionalmente, Maisey (2000) sugere para esta assembleia ambiente litorâneo intertidal de alta energia.

No município de Brejo, coquinas ocorrem em camadas bem definidas no topo das exposições carbonáticas do sítio Pernetá (Figura 11 A-B). São compostas essencialmente por gastrópodes, mas podem conter bivalvíos. Os espécimes foram substituídos por cristais de calcita e muito pouco restou de sua morfologia, impedindo uma identificação taxonômica efetiva. Contudo, o exemplar UFRJ-DG 264Gp (Figura 12A) possui caracteres diagnósticos da família Cassiopidae: concha moderadamente espiralada ornamentada com círculos subparalelos dispostos longitudinalmente (RITA CASSAB, comunicação pessoal, 2011). Outro espécime (UFRJ-DG 870P; Figura 12B) representa uma concha muito alongada e fortemente espiralada, revelando forte afinidade com o gênero *Turritella*. De um modo geral, a associação de gastrópodes vista neste afloramento em particular, bem como seu posicionamento estratigráfico, é notavelmente similar àquela observada por Santos & Carvalho (1979; plate 22, figura 1) e Martill (2007) para o topo da Formação Santana, Bacia do Araripe.

O documentário paleontológico dos malacóstracos em bacias sedimentares brasileiras é ainda incipiente, sendo representados, em sua maioria, por *taxa* de afinidades sistemáticas incertas. Decápodes ocorrem na Formação Marizal (Aptiano-Albiano inferior) da Bacia de Tucano, onde são encontrados camarões da subordem Pleocyemata (*Palaemon bahiensis* e *Atyoida roxoi*), (ROXO, 1940; BEURLEN, 1950). Na Formação Santana (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe, na qual foram identificados camarões paleomonídeos (*Beurlenia araripensis*), (MARTINS-NETO & MEZZALIRA, 1991; SCHWEIGERT *et al.*, 2007) e sergestídeos (*Paleomattea deliciosa*), (MAISEY & CARVALHO, 1995). Na Formação Gramame (Maastrichtiano) da Bacia de Pernambuco-Paraíba (MAURY, 1930; BEURLEN, 1958). Na Formação Cotinguiba, Bacia de Sergipe-Alagoas, fósseis de decápodes são raros e representados apenas por quelas isoladas e fragmentos de carapaças (TÁVORA & SOUZA LIMA, 2001). Turbay *et al.* (apud REIS *et al.*, 2005) registram a ocorrência de um decápode na Formação Riachuelo, em uma localidade informalmente conhecida como Pedreira Brejo.

Isópodes são ainda mais restritos em bacias sedimentares brasileiras, com a ocorrência de apenas duas espécies: *Unusuropode castroi* (Turoniano do Grupo Apodi, Arenito Açú, Ceará), (DUARTE & SANTOS, 1962) e *Saucrolus silvai* (Aptiano da Formação Areado, Bacia Sanfranciscana), (SANTOS, 1971). Embora esta última autora tenha mantido cautela na criação de novas unidades taxonômicas acima de família, é notória a associação da referida espécie à ordem Isopoda, como evidenciado pela morfologia geral do corpo (ver SANTOS, 1971; Fig. 1, 2).

Os exemplares UFRJ-DG 156Cr, UFRJ-DG 168Cr (Figura 13A-B) e UFRJ-DG 153Cr (Figura 14) podem ser incluídos apenas na ordem Decapoda, pois não foram observados caracteres diagnósticos para uma atribuição taxonômica mais específica, a despeito das condições preservacionais observadas nos espécimes. Entretanto, UFRJ-DG 156Cr difere dos decápodes da Formação Marizal e de *Beurlenia araripensis* (Membro Crato da Formação Santana), em exibir o cefalotórax expandido dorsoventralmente.

O espécime UFRJ-DG 160Cr (Figura 13C) igualmente representa uma forma inédita de crustáceo para a Formação Codó. Trata-se de um apêndice isolado formado apenas pelo própodo e dátilo. Devido às suas dimensões, este espécime é aqui atribuído à ordem Brachyura. Outras ocorrências dessa ordem de crustáceos estão restritas a depósitos eomiocenicos da Formação Pirabas do Estado do Pará (TÁVORA *et al.*, 2010) e Paleoceno do Estado de Pernambuco (Formação Maria Farinha), (TÁVORA & MIRANDA, 2004).

O espécime UFRJ-DG 170Cr (Figura 13D) constitui uma forma rara e inédita de isópode, representando a terceira espécie registrada em depósitos cretáceos brasileiros. Difere de *Unusuropode castroi* por possuir cabeça sub-retangular, corpo ovalado, expansões pleurais laterais (epímeros) arqueadas distalmente (evidentes do 5º ao 8º pereionite torácico esquerdo) e exopoditos curtos e subretangulares. Outro isópode (*Saucrolus silvai*) exibe corpo sub-hexagonal, opistossoma trilobado subtriangular estreitando-se distalmente. Tais características também diferem de UFRJ-DG 170Cr.

No entanto, UFRJ-DG 170Cr exibe caracteres observados na família Archaeoniscidae: cabeça sub-quadrada, profundamente inserida no primeiro pereionite, olhos situados dorsolateralmente, forma corporal oblonga-ovalada e presença de 8 pereionites similares (HAACK apud FELDMANN *et al.*, 1998). Adicionalmente, esta família caracteriza-se por exibir uma crista sagital posterior, a qual se estende da porção central do pleotélson em direção à base do primeiro pereionite, uma característica, no entanto, aparentemente não observada no espécime de Brejo. De fato, Feldmann *et al.* (1998) interpretam esta característica como sendo o reflexo dorsal de uma estrutura ventral presente em fêmeas, provavelmente uma câmara incubadora (dimorfismo sexual).

Atinente ao registro icnológico, neste trabalho é apresentado a primeira ocorrência de icnofósseis para a Formação Codó, os quais estão representados pelos coprólitos UFRJ-DG 413Icv, UFRJ-DG 414Icv, UFRJ-DG 415Icv, UFRJ-DG 416Icv (Figura 15A-D). Estes espécimes são idênticos aos coprólitos da Formação Santana da Bacia do Araripe estudados por Lima *et al.* (2007), sob o código N7Q1, o qual encontra-se depositado no Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri (URCA). Com exceção de UFRJ-DG 414 Icv, todos os coprólitos coletados em Brejo provêm de calcários maciços. No presente trabalho, os icnofósseis de Brejo são atribuídos à categoria etológica *Fodinichnia*, pois evidenciam atividades de alimentação provavelmente realizada pela ictiofauna.

Durante o Eocretáceo, verificou-se o estabelecimento de uma paleobiota marinha diversificada em grande parte das bacias sedimentares interiores da região Nordeste, bem como em bacias do sistema rifte do leste brasileiro, resultado de uma série de eventos dirigidos tectonicamente em ampla escala (MAISEY, 2000). O registro paleoictiológico atualmente descrito para a Formação Codó conta com 12 gêneros já identificados. Destes, apenas 8 gêneros foram identificados em Brejo, nos sítios Faveirinha e Pernetá (*e.g.* *Araripelepidotes*, *Calamopleurus*, *Codoichthys*, *Obaichthys*, *Dastilbe*, *Rhacolepis*, *Santanichthys* e *Vinctifer*). Dois espécimes, UFRJ-DG 828P e CPHNAMA-VT 1242 (Figura

16 A-B) representam a primeira ocorrência de lepisosteídeos para a Formação Codó. Ambos apresentam notável afinidade com a espécie *Obaichthys laevis* Wenz & Brito (1992) da Bacia do Araripe, em possuir um crânio de aspecto fusiforme e região etmoidal e mandibular alongada, proporções relativas das nadadeiras dorsal, anal e caudal, além de escamas ganóides do tipo lepidosteóide (PAULO BRITO, comunicação pessoal, 2011). Lepisosteídeos constituem formas raras e ocorrem de modo fragmentário no Cretáceo Superior do Grupo Bauru (Bacia Bauru), (BRITO *et al.*, 2006) e Cretáceo médio do Grupo Itapecuru (Bacia de São Luís), (DUTRA & MALABARBA, 2001). No entanto, até o momento, *gars* encontram-se melhor preservados nas bacias do Parnaíba e Araripe, e estão entre os mais antigos registrados para o Cretáceo Inferior do Brasil.

O espécime (UFRJ-DG 845P) é aqui atribuído à espécie *Arariplepidotes temnurus* (Figura 17 A-B) pela ausência de elevação pré-dorsal, mandíbula inferior desdentada e composta por um único elemento e crânio relativamente curto. Este táxon é relativamente comum na Formação Santana da Bacia do Araripe (BRITO, 2007).

O exemplar (CPHNAMA-VT 1241) está representado por um crânio isolado proveniente do sítio Faveirinha e revela forte afinidade com a espécie *Calamopleurus cylindricus* (Figura 17 C) em possuir órbitas grandes e teto craniano largo e afilado anteriormente; mandíbula longa e baixa, com ampla área dentígera. Esta mesma espécie também ocorre na Bacia do Araripe (SANTOS, 1960; GRANDE & BEMIS, 1998).

Vinctifer (UFRJ-DG 837P) representa uma forma marinha com significativa amplitude geocronológica e paleogeográfica. Este gênero é conhecido desde o Jurássico médio ao Cretáceo Superior, com registros na Formação Codó, onde ocorre *V. comptoni* (Figura 17 D), (SANTOS, 1994); no Aptiano-Albiano do Brasil e Venezuela (JORDAN, 1919; SANTOS, 1990; MAISEY, 1991; MOODY & MAISEY, 1994; BRITO, 1997), no Aptiano da Colômbia e Antártica (SCHULTZE & STÖHR, 1996; BRITO, 1997); no Albiano da Austrália (ETHERIDGE & WOODWARD, 1892); México (APPLEGATE, 1996; BRITO, 1997) e Cretáceo inicial do Rio Muni, centro-oeste africano (TAVERNE, 1969). Em Brejo *V. comptoni* é raro e foi encontrado no sítio Faveirinha como um ictiólito isolado contendo apenas parte do tronco preservado.

O exemplar (UFRJ-DG 825P) está representado por um crânio isolado com elementos ósseos atribuíveis a *Rhacolepis buccalis* (Figura 17 E), o qual também possui ampla distribuição geocronológica e paleogeográfica, com ocorrências registradas na Colômbia, Venezuela, México e Brasil (formações Codó, Santana e Riachuelo), (MAISEY, 2000).

Um ictiólito isolado (UFRJ-DG 870P) consiste em cerca de 50 indivíduos de *Santanichthys diasii* preservados em orientação preferencial (Figura 18A). Peixes preservados no mesmo plano de acamamento e em grandes concentrações são raros nesses depósitos, tendo sido registrados apenas nos nódulos calcários do Membro Romualdo da Formação Santana (WENZ *et al.*, 1993; MARTILL *et al.*, 2008). De acordo com Fara *et al.* (2005) tais concreções com peixes preferencialmente alinhados podem indicar atividade de corrente. Martill *et al.* (2008) propõem que a preservação de grande número de indivíduos articulados, de similar tamanho e história tafonômica em um único plano de acamamento, é consistente com mortalidade em massa de cardumes de peixes sob curtos períodos de tempo (dias ou semanas). Segundo ainda estes autores, eventos de mortalidade em massa são difíceis de determinar, podendo ocorrer em um contexto multifatorial, incluindo mudanças na oxigenação e salinidade da superfície da água, bem como toxicidade da coluna d'água por floração de micro-organismos (dinoflagelados ou cianobactérias).

No entanto, a atribuição de concreções isoladas contendo cardumes de peixes a fenômenos de mortalidade em massa torna-se difícil, pois tais distribuições podem não refletir a densidade de cardumes, mas apenas a eficiência dos processos de concentração na superfície (*e.g.* vento) (ver MARTILL *et al.*, 2008). Ocasional revolvimento da coluna d'água também tem sido responsável por mortalidades em massa entre peixes tais como *Dastilbe* (SILVA apud MAISEY, 2000) e migração haloclina (MARTILL, 1988).

O exemplar (UFRJ-DG 840P) é aqui tentativamente atribuído à espécie *Codoichthys carnavalii* (Figura 19), com base na morfologia geral do tronco e crânio, os quais se encontram preservados sob a forma de impressão. Esta espécie constitui uma forma endêmica para a Formação Codó, Bacia do Parnaíba, (SANTOS, 1994).

Dastilbe crandalli (UFRJ-DG 834P) é comum nos calcários maciços e laminados basais do sítio Faveirinha (Figura 20), e constitui um bom indicador paleoecológico por ser exclusivo de ambiente dulciaquícola. Outras três espécies de *Dastilbe* são conhecidas: *D. elongatus* Santos, 1947; *D. moraesii* Santos, 1955 e *D. batai* Gayet, 1989. Contudo, trabalhos recentes sustentam apenas *D. crandalli* como táxon nominal válido (veja DAVIS & MARTILL, 1999; DIETZ, 2007). Este membro da família Chanidae é relativamente abundante em bacias do norte-nordeste brasileiro (*e.g.* Parnaíba, Sergipe-Alagoas, Tucano e Araripe), embora também seja registrado mais ao sul (Bacia Sanfranciscana) e na África ocidental (Bacia do Gabão), (MAISEY, 1991, 1993, 2000; BRITO, 2007; MARTILL, 2007; MARTILL *et al.*, 2008).

6.2 ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS, PALEOAMBIENTAIS E PALEOGEOGRÁFICOS

A segunda metade do século XX testemunhou um aumento significativo dos estudos concernentes à reconstituição paleoambiental e sua evolução durante o Eocretáceo em bacias interiores do NE do Brasil, particularmente as de São Luís, Grajaú e Parnaíba (ROSSETTI, 1995, 1996; ROSSETTI & TRUCKENBRODT, 1997; PAZ & ROSSETTI, 2001; ROSSETTI *et al.*, 2001).

Para a Formação Codó (Bacia do Parnaíba) estudos sedimentológicos, geoquímicos e paleontológicos têm se concentrado, até o momento, na região centro-oriental do Maranhão, particularmente na cidade de Codó, onde a seção está bem documentada devido à boa preservação de estruturas sedimentares e grande continuidade lateral ao longo de minas a céu aberto (PAZ & ROSSETTI, 2001). Até então estudos faciológicos apontavam ambiente estritamente lacustre, não havendo, portanto, subsídios para uma possível invasão marinha. Essa interpretação é reforçada pela presença de fósseis atribuídos a ambiente de água doce (*e.g.* ostracodes e algas carófitas), bem como ausência de fósseis marinhos e bioturbações (PAZ & ROSSETTI, 2001). No entanto, Antonioli (2001) em estudo palinocroestratigráfico também na região de Codó, demonstrou que os sedimentos da unidade litoestratigráfica homônima foram depositados num ambiente ora continental (lacustre), ora marinho costeiro, e que a presença de dinoflagelados marinhos torna-se mais constante em direção aos estratos mais superiores.

No Município de Brejo, os elementos macroflorísticos são ainda incipientes para uma interpretação paleoambiental mais acurada, uma vez que os espécimes encontram-se muito fragmentados e/ou mal preservados. No entanto, os resultados obtidos até o momento indicam um cenário macroflorístico sustentado por coníferas, gnetófitas e angiospermas primitivas. Estudos palinológicos realizados na região de Codó, cerca de 160 km ao sul de Brejo, refletem macro e microflora bem mais diversificada, representada por coníferas da família das cheirolepidiáceas e de plantas do grupo das gnetáceas secundadas por pteridófitas, angiospermas primitivas e cistos de dinoflagelados (LIMA, 1982; ANTONIOLI, 2001). No sítio Faveirinha, *Nymphaeites coffatii* (= *Klitzschophyllites flabellatus*) ocorre em calcários maciços a laminados juntamente com restos de folhas de coníferas (Podozamitaceae) e peixes do gênero *Dastilbe*. De acordo com Duarte & Santos (1993) *Nymphaeites coffatii* constitui uma planta vascular heliofítica, típica de limnobentos, e vive submersa em água doce, apenas com as folhas dispostas na superfície. Segundo ainda estes autores, tal associação indica

fácies lacustre para os sedimentos da Formação Codó e pode ser correlacionada com as formações Santana (Bacia do Araripe) e Areado (Bacia Sanfranciscana).

Concreções contendo vários espécimes de crustáceos (Figura 14) e peixes (Figura 18A) preservados em um mesmo plano de acamamento podem indicar eventos de mortalidade em massa, episodicamente deflagrados por variações nos níveis de salinidade, temperatura, oxigenação, intoxicação por floração fitoplanctônica (*bloom*) ou pela interação desses fatores. Tais evidências demonstram que o paleoecossistema lagunar de Brejo deveria passar por *stresses* ambientais episódicos, provavelmente acentuados quando a comunicação com o mar era interrompida, promovendo estratificação da coluna d'água e consequente anoxia do fundo da laguna. Essa hipótese é sustentada pela ausência de bioturbações nesses depósitos. Eventos de mortalidade em massa ocorrem em ictiólitos do Membro Romualdo da Formação Santana (MARTILL *et al.*, 2008).

O lepisosteídeo *Obaichthys laevis* (Figura 16A-B) representa uma forma estritamente dulcícola (PAULO BRITO, comunicação pessoal, 2011), e sua ocorrência no sítio Perneta associada com formas eurialinas (*e.g. Vincifer* e *Calamopleurus*) juntamente com níveis de coquinas no topo da sucessão, indicam caráter estuarino na porção nordeste da Bacia do Parnaíba. A ocorrência de *O. laevis* em um ambiente lagunar salobro poderia indicar algum transporte via sistemas de drenagens endorréicas (Figura 21). Com exceção do peixe gonorinchiforme *Dastilbe*, o qual tem sido verificado apenas nos calcários basais maciços a laminados do sítio Faveirinha, a paleobiota de Brejo apresenta um caráter homogêneo, com elementos de fauna e flora compartilhados entre os sítios Faveirinha e Perneta (ver Tabela 2).

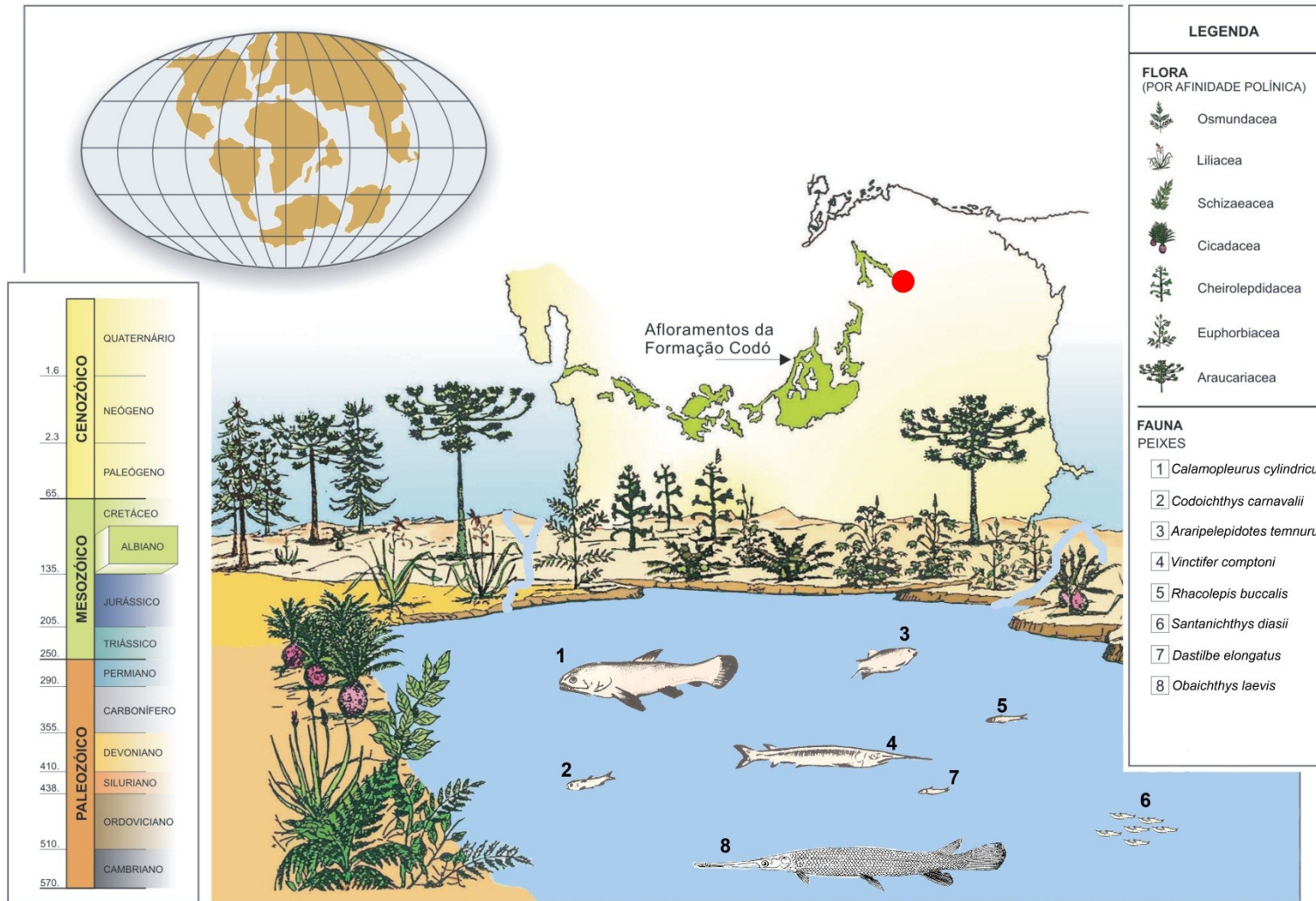


Figura 21 Reconstituição paleoambiental inferida para a região de Brejo (circulo vermelho), Maranhão (Formação Codó, Bacia do Parnaíba). (Modificado de: Santos & Carvalho, 2009).

Os resultados aqui apresentados são parcial ou totalmente reproduzíveis em bacias da margem continental leste brasileira, bem como em algumas bacias interiores cujas formações compartilham igual intervalo cronoestratigráfico. Desse modo, uma relação paleogeográfica pode ser proposta para a paleobiota registrada na Formação Codó, particularmente na região de Brejo, e para as seguintes formações: Santana (Bacia do Araripe); Marfim (Grupo Ilhas) e Marizal (bacias do Recôncavo e Tucano); Riachuelo e Muribeca (Bacia de Sergipe-Alagoas), (SANTOS, 1991). Contudo, tal relação paleogeográfica torna-se mais evidente entre as formações Codó (Bacia do Parnaíba) e Santana (Bacia do Araripe) quando analisados três aspectos principais: (1) litologia; (2) conteúdo fossilífero e (3) modo preservacional.

A bacia sedimentar do Araripe situa-se no interior do Nordeste do Brasil, na Província Estrutural Borborema, e ocupa parte dos estados do Piauí, Pernambuco e Ceará. Foi dividida em duas sub-bacias, oeste (W) e leste (E) por Rand & Manso (1984). Sua sequência mesozoica mais importante é a Formação Santana, a qual é bem conhecida como Konservate Lagerstätten (MARTILL, 2007). De um modo geral, esta unidade litoestratigráfica exibe um complexo de planície de maré, *sabkha*, e lagunas com indicação de uma sequência transgressiva (SANTOS & CARVALHO, 1979). A Formação Santana é dividida em três membros (Crato, Ipubi e Romualdo). O Membro Crato compõe-se de estratos horizontalizados de calcários, intercalados a folhelhos, siltitos e arenitos depositados durante o Aptiano, além de um conteúdo fossilífero bastante expressivo, composto por plantas, insetos, crustáceos, aracnídeos, peixes (grande quantidade, mas pouca diversidade), anuros, quelônios, lagartos, pterossauros, crocodilomorfos e penas (VIANA & NEUMANN, 2002; KELLNER, 2002). O Membro Ipubi corresponde à fácies evaporíticas, consistindo principalmente em gipsita recristalizada, além de folhelhos betuminosos ocorrendo localmente dentro das camadas de gipsita. Estas contêm pequenos peixes semelhantes a *Dastilbe*, ossos e escamas isoladas de *Vinctifer*, conchostráceos e pequenos gastrópodes (MAISEY, 2000). O Membro Romualdo compõe-se predominantemente de folhelhos e margas contendo concreções calcárias. Os fósseis incluem uma grande diversidade de peixes (tubarões, raias) répteis (quelônios, crocodilomorfos, dinossauros, pterossauros) invertebrados (moluscos, crustáceos) e plantas (troncos, folhas e frutificações) (MARTILL, 2007).

A Formação Codó é classicamente dividida em três unidades: (inferior) composta por folhelhos pirobetuminosos, calcário ostracoidal e dolomitos; (média) predominantemente carbonática, contendo gipsita, anidrita e dolomita, com intercalações de siltitos e folhelhos escuros; (superior) composta por folhelhos com material clástico mais grosso sobreposto

(MESNER & WOODRIDGE, 1964; REZENDE & PAMPLONA, 1970; ANTONIOLI, 2001; ANTONIOLI & ARAI, 2002). Entretanto, na região estudada, não foram observados níveis evaporíticos intermediários e folhelhos, os quais estão bem documentados nas cercanias da cidade de Codó, Maranhão.

O sítio Faveirinha possui litologia predominantemente carbonática, com alternância de estruturas finamente laminadas e maciças, podendo ocorrer intercalações de margas. Peixes do gênero *Dastilbe* ocorrem nos níveis mais basais associados com restos vegetais, crustáceos, coprólitos e raros gastrópodes. Pouco acima dos níveis contendo *Dastilbe*, ocorrem ictiólitos isolados com *Araripepidotes temnurus*, *Obaichthys laevis* (?), *Santanichthys diasii*, *Vinctifer comptoni* e *Calamopleurus cylindricus* (Figura 22). *Codoichthys carnivalii* é considerado uma forma endêmica para a Formação Codó e até o momento não foi registrado na Bacia do Araripe (SANTOS & CARVALHO, 2009).

O sítio Pernetá possui litologia idêntica àquela descrita para os depósitos da Pedreira Faveirinha, com alternância de carbonatos nodular, laminar e maciço, além de intercalações de margas. Restos vegetais encontram-se melhor preservados do que aqueles do sítio Faveirinha. Ocorrem também ictiólitos com *Araripepidotes temnurus*, *Obaichthys laevis*, *Santanichthys diasii* e *Rhacolepis buccalis*. A ausência de *Dastilbe* no sítio Pernetá associada às frequentes ocorrências de coquinas no topo da sucessão indica influência marinha mais conspícua neste depósito sedimentar.

Não obstante, os dados paleontológicos e litológicos acima evidenciam uma íntima associação paleogeográfica com a Formação Santana da Bacia do Araripe, sendo possível, inclusive, realizar o posicionamento estratigráfico relativo dos sítios Faveirinha e Pernetá (Figura 23). Desse modo, o sítio Faveirinha é aqui interpretado como correlato ao Membro Crato (Formação Santana), pela presença exclusiva de *Dastilbe* em calcários maciços e laminados associados a restos vegetais. O sítio Pernetá, entretanto, corresponderia ao Membro Romualdo, pela presença marcante de coquinas no topo da sucessão e ocorrência de ictiólitos.

Desse modo, a ampla distribuição da paleoictiofauna durante o Eocretáceo (Tabela 3), agora suportada pelas inéditas ocorrências de macrocrustáceos, icnofósseis, plantas e gastrópodes na região de Brejo, refuta a hipótese de que a região do Araripe foi uma bacia intracontinental isolada. De acordo com Aranha & Lima (1994), durante o neo-Aptiano, um grande mar raso e anóxico (laguna Codó) dominava a porção setentrional da Bacia do Parnaíba, e na margem equatorial as bacias de São Luís e Ilha Nova inicialmente abrigavam cursos d'água que corriam para essa grande laguna. Adicionalmente, as faunas

cronocorrelatas de Brejo e Araripe coadunam-se bem com a hipótese de uma transgressão marinha via Bacia do Parnaíba durante o Cretáceo Inferior (MAISEY, 1991, 2000, 2011; ARAI, 1995, 1999, 2000, 2011) (Figura 24).



Figura 22 Níveis de concreções isoladas no Sítio Faveirinha, Brejo, Maranhão ($W 042^{\circ} 44' 45,4'' S 03^{\circ} 49' 20,1''$).

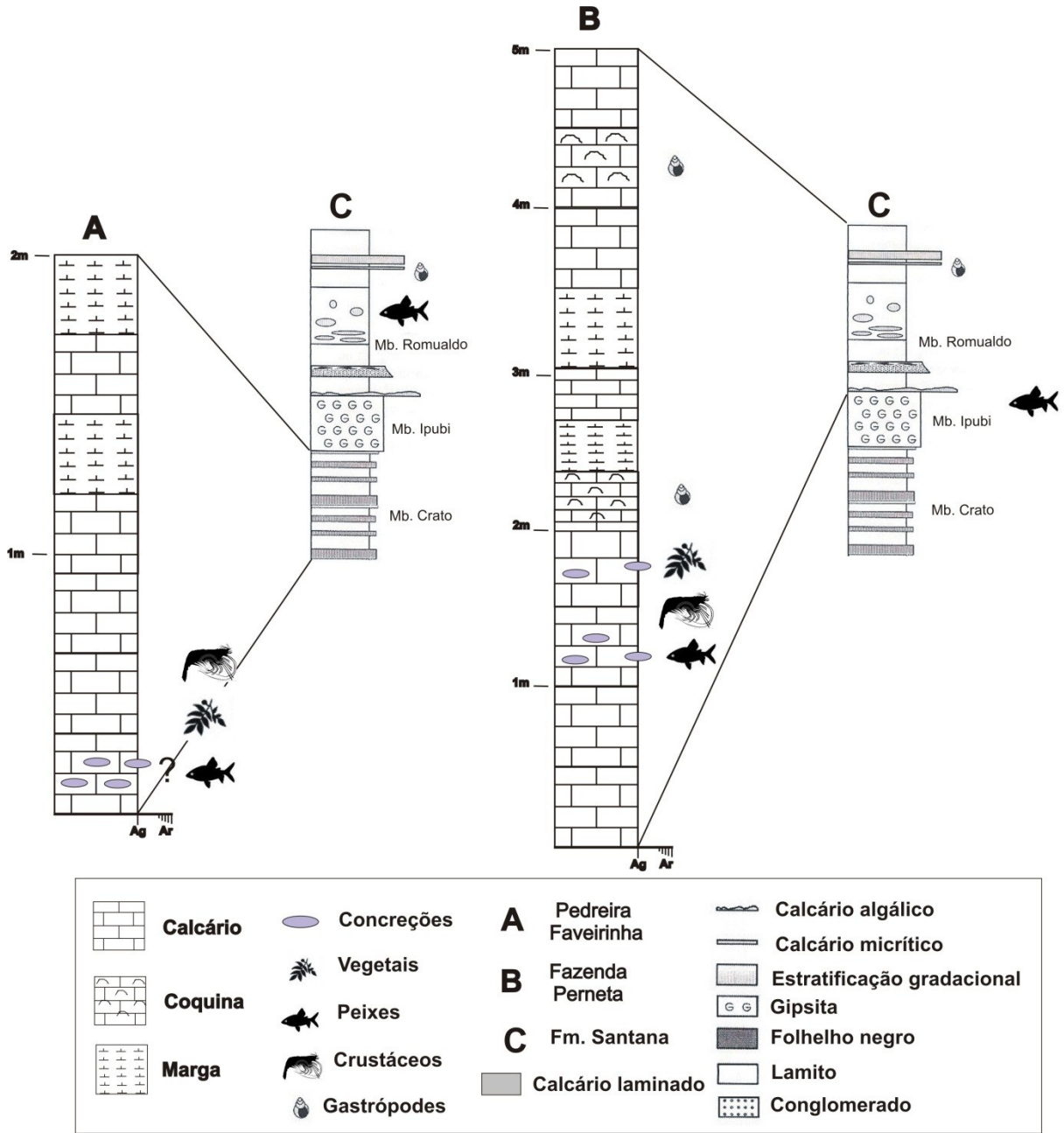


Figura 23 Diagrama mostrando a correlação estratigráfica entre (A) Sítio Faveirinha; (B) Sítio Perneta e membros Crato e Romualdo da Formação Santana (C). (Modificado de: Martill, 2007).

Tabela 3 Distribuição paleobiogeográfica e estratigráfica da ictiofauna em bacias sedimentares brasileiras de intervalo Aptiano/Albiano. As formações Codó e Santana apresentam íntima associação paleoictiofaunística. Os gêneros em **negrito** constituem o material de estudo.

| | Bacia do Araripe | | Bacia do Parnaíba | Bacia de Sergipe/Alagoas | | | Bacia Recôncavo-Tucano |
|-------------------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| | Formação Santana | | Formação Codó | Formação Maceió | Formação Riachuelo | Formação Coqueiro Seco | Formação Marizal |
| Gêneros | Membro Crato | Membro Romualdo | | | Membro Taquari | Membro Morro do Chaves | |
| Araripelepidotes | x | x | x | | | | |
| Obaichthys | | x | x | | | | |
| Santanichthys | x | x | x | | x | | |
| Vinctifer | x | x | x | x | x | | x |
| Dastilbe | x | | x | x | | x | x? |
| Calamopleurus | x | x | x | | | | x? |
| Rhacolepis | | x | x | | x | | |
| Codoichthys | | | x | | | | |
| <i>Brannerion</i> | | x | x | | | | |
| <i>Tharrhias</i> | | x | x | | x | | |
| <i>Cladocyclus</i> | x | x | x | x | x | | x |
| <i>Axelrodichthys</i> | x | x | x | | | | |
| <i>Ellimma</i> | | | | x | | | |
| <i>Neoproscinetes</i> | | x | | | x | | |
| <i>Notelops</i> | | x | | | x | | |
| <i>Camposichthys</i> | | | | | x | | |
| <i>Lepidotes</i> | x | x | | | | x | |
| <i>Mawsonia</i> | | x | | | | x | |
| <i>Tribodus</i> | | x | | | | | |
| <i>Iansan</i> | | x | | | | | |
| <i>Oshunia</i> | | x | | | | | |
| <i>Iemanja</i> | | x | | | | | |
| <i>Paraelops</i> | | x | | | | | |
| <i>Araripichthys</i> | | x | | | | | |
| <i>Santanaclupea</i> | | x | | | | | |
| <i>Clupavus</i> | | | | | | | x |
| <i>Placidichthys</i> | x | x | | | | | x |

| | Bacia do Araripe | | Bacia do Parnaíba | Bacia de Sergipe/Alagoas | | | Bacia Recôncavo-Tucano |
|-----------------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| | Formação Santana | | Formação Codó | Formação Maceió | Formação Riachuelo | Formação Coqueiro Seco | Formação Marizal |
| Gêneros | Membro Crato | Membro Romualdo | | | Membro Taquari | Membro Morro do Chaves | |
| <i>Ogunichthys</i> | | | | | | | X |
| <i>Cratoamia</i> | X | | | | | | |
| <i>Pseudoellimma</i> | | | | | | X | |
| <i>Santanasalmo</i> | | X | | | | | |
| <i>Bullichthys</i> | | X | | | | | |
| <i>Beurlenichthys</i> | | X | | | | | |
| <i>Ellimmichthys</i> | | | | X | | | |
| <i>Enchodus</i> | | | | | | X | |
| <i>Atolvorator</i> | | | | | | X | |
| <i>Pseudoelimna</i> | | | | | | X | |
| <i>Britoichthys</i> | | | | | | | X |

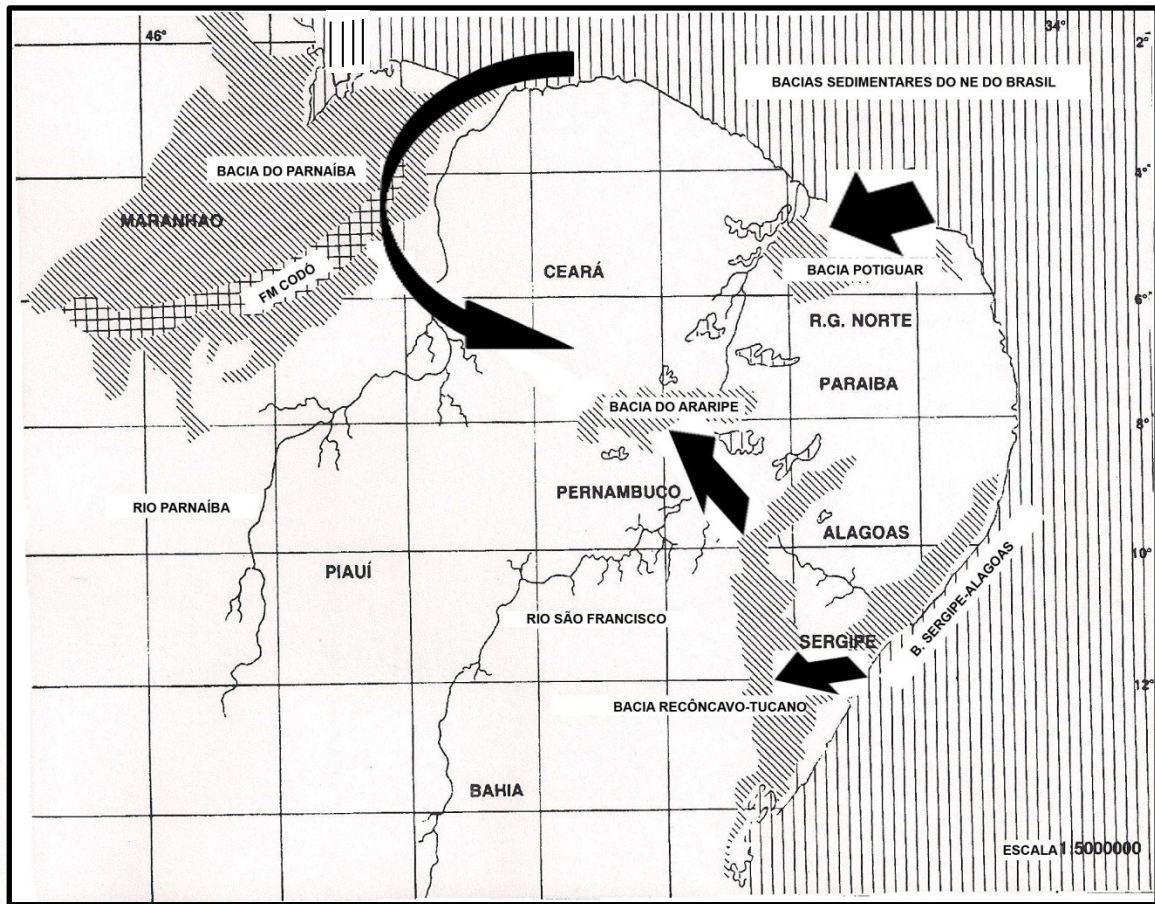


Figura 24 Possíveis comunicações (setas) durante o Cretáceo Inferior entre as bacias do Parnaíba, Santana, Recôncavo e Sergipe-Alagoas. (Modificado de: Maisey, 1991; Arai, 1995, 1999).

7 CONCLUSÃO

O estudo integrado da paleobiota ocorrente no município de Brejo, Estado do Maranhão, permitiu-nos estabelecer algumas conclusões de âmbito paleoecológico e paleobiogeográfico, ainda que de modo incipiente, principalmente em virtude dos aspectos preservacionais observados nos fósseis.

Contudo, o presente estudo permite a realização das seguintes inferências:

- As localidades Faveirinha, Pernetá, Bode Seco, Boa Vista, Piaba 2 e Pedra de Cal constituem novos sítios fossilíferos para a Formação Codó (Bacia do Parnaíba). Contudo, apenas Faveirinha e Pernetá representam sítios relevantes em termos paleontológicos.
- A análise do registro macroflorístico permitiu a identificação de novas gimnospermas (Podozamitaceae) para a Formação Codó, bem como angiospermas primitivas de caráter possivelmente inédito para o Cretáceo do Brasil. No entanto, novos achados e em melhor estado preservacional são necessários para testar tal hipótese.
- Atinente aos crustáceos, o isópode atribuído à família Archaeoniscidae constitui uma nova espécie para o Cretáceo do Brasil. Outros elementos, tais como Brachyura e Decapoda, representam ocorrências inéditas no âmbito da Formação Codó.
- Os gastrópodes são numerosos e ocorrem com maior frequência na porção mediana e superior do sítio Pernetá, na forma de coquina. Esses elementos, associados com outros fósseis, permitem estabelecer correlações com o Membro Romualdo da Formação Santana (Bacia do Araripe).
- A paleoictiofauna está representada por formas que também ocorrem na Formação Santana, e permitem uma correlação bioestratigráfica mais conspícua entre essas unidades litoestratigráficas. A ocorrência de *Obaichthys laevis* constitui caráter inédito para a Formação Codó.
- Com base nos dados paleontológicos e litológicos obtidos neste estudo, verificou-se uma íntima correlação paleobiológica entre as bacias do Parnaíba e Araripe. Adicionalmente, hipóteses já testadas sobre pretéritas conexões marinhas entre essas bacias durante o Eocretáceo são reforçadas à luz desses resultados.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONIOLI, L. **Estudo palino-cronoestratigráfico da Formação Codó – Cretáceo Inferior do Nordeste brasileiro**. 2001. 265f. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- ANTONIOLI, L. & ARAI, M. O Registro da Ecozona *Subtilisphaera* na Formação Codó (Cretáceo Inferior da Bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil): seu significado paleogeográfico. *In: BOLETIM DO 6º SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL / 2º SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUL*, 2002. p. 1–6, 2002.
- APPLEGATE, S. An overview of the Cretaceous fishes of the Quarries near Tepexi de Rodriguez, Puebla. *In: ARRATIA, G. & VIOHL, G. (eds), Mesozoic Fishes: Systematics and Paleoecology*. Munich: Verlag Dr. F. Pfeil, München. p. 529–538, 1996.
- ARANHA, L.G.F. & LIMA, H.P. História cretácea das bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova. *In: BOLETIM DO 3º SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL (1994)*: 21–22, 1994.
- ARAI, M. Palinologia de depósitos cretáceos no Norte e Meio-Norte do Brasil: histórico e estado-de-arte. *In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W. (eds.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Coleção Friedrich Katzer, Ed. Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 175–189, 2001.
- ARAI, M. Hipótese de entrada do mar albo-aptiano na Bacia do Araripe, via bacias de São Luís/Parnaíba: novas evidências baseadas na Ecozona de *Subtilisphaera* (Dinophyceae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências, Resumo das Comunicações*, 67: 394, 1995.
- ARAI, M. Chapadas: relicts of mid-Cretaceous interior seas in Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 436–438, 2000.
- ARAI, M. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 17(2): 331–351, 2011.
- ARAI, M. Transgressão marinha mesocretácea: sua implicação no paradigma da reconstituição paleogeográfica do Cretáceo no Brasil. *In: SIMPÓSIO SOBRE O*

- CRETÁCEO DO BRASIL, 5/ SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 1. Serra Negra, 1999. *Boletim*. Rio Claro, UNESP. p. 577–582, 1999.
- BEURLEN, K. Alguns restos de crustáceos decápodos d'água doce fósseis no Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 22(4): 453–459, 1950.
- BEURLEN, K. Dois crustáceos do Cretáceo Superior do Nordeste do Brasil (Decapoda, Brachyura). *Boletim do Museu Nacional, Nova Série Geológica, Rio de Janeiro, Brasil*, 26:1–23, 1958.
- BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C.; MOHR, B.; DINO, R.; SOMMER, M.G.; GARCIA, M.J & SUCERQUIA, P.A. As floras mesofíticas brasileiras no cenário paleoflorístico mundial. In: CARVALHO, I.S., CASSAB, R.C.T., SCHWANKE, C., CARVALHO, M.A., FERNANDES, A.C.S, RODRIGUES, M.A.C., CARVALHO, M.S.S., ARAI, M., OLIVEIRA, M. E.Q. (Eds), *Paleontologia: Cenários de Vida*. Editora Interciência, vol. 1, Rio de Janeiro, Interciência, p. 203–241, 2007.
- BORGES, J. Estudos geológicos nos estados do Maranhão e Piauí. Serviço Geológico e Mineralógico, Relatório Anual 1936, Rio de Janeiro, p. 90–105, 108–111, 1937.
- BRITO, I.M. Estratigrafia da Bacia do Parnaíba. I – A sequência sedimentar inferior. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 51(4), p. 695–727, 1979.
- BRITO, I.M. Estratigrafia da Bacia do Parnaíba. II – As seqüências sedimentares superiores. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 53(3), p. 529–545, 1980.
- BRITO, P.M. Révision des Aspidorhynchidae (Pisces, Actinopterygii) du Mésozoïque: ostéologie, relations phylogénétiques, données environnementales et biogéographiques. *Geodiversitas* 19, p. 681–772, 1997.
- BRITO, P.M.; AMARAL, C.R.L. & MACHADO, L.P. A ictiofauna do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia Bauru, Sudeste do Brasil. In: GALLO, V.; BRITO, P.M.; SILVA, H.M.A. & FIGUEIREDO, F.J. (eds.). *Paleontologia de Vertebrados: grandes temas e contribuições científicas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. p. 133–143, 2006
- BRITO, P.M. The Crato Formation fish fauna. In: MARTILL, D.M., BECHLY, G., LOVERIDGE, R.F. (eds.) *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World*. Cambridge University Press, Cambridge, 429–443, 2007.
- CAMPBELL, D.F. Revised report on the reconnaissance geology of the Maranhão Basin. Conselho Nacional do Petróleo, Rio de Janeiro, 117p. *Relatório Interno*, 1949.

- CAPUTO, M.V.; IANNUZZI, R. & FONSECA, V.M.M. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Parnaíba. *Fundação Paleontológica Phoenix*, 7(81): 1–6, 2005.
- CARDOSO, R.N. Alguns conchostráceos mesozoicos do Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geociências*, 25(2): 21–28, 1962.
- CARNEIRO, M.V. Mapeamento estrutural da área de Grajaú-Imperatriz. Petrobras, *Relatório Técnico* 358, Belém, 45p, 1974.
- CAROZZI, V.C.; FALKENHEIN, F.U.H.; CARNEIRO, R.G.; ESTEVES, F.R. & CONTREIRAS, C.J.A. Análise ambiental e evolução tectônica sinsedimentar da seção siluro-eocarbonífera da Bacia do Maranhão. *Série Ciência-Técnica-Petróleo, Seção Exploração do Petróleo*, Rio de Janeiro, n.7, 48p, 1975.
- CORDANI, U.G.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A. & CUNHA, F.M.B. Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras. *Ciência Técnica, Petróleo, Seção Exploração do Petróleo*, v. 15, p. 20–27, 1984.
- CRABTREE, D.R. Angiosperms of the Northern rocky mountains: Albian to Campanian (Cretaceous) megafossil floras. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Missouri Botanical Garden Press, vol. 74, n. 4 (1987), p. 707–747, 1987. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2399448>. Acesso em: 02/11/2011.
- CUNHA, F.M.B. **Evolução paleozoica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico.** 1986. 107f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós- Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.
- DAVIS, S.P. & MARTILL, D.M. The gonorynchiform fish *Dastilbe* from the Lower Cretaceous of Brazil. *Palaeontology* 42: 715–740, 1999.
- DILCHER, D.L., BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C., PONS, D. & LOTT, T.A. Welwitschiaceae from the Lower Cretaceous of Northeastern Brazil. *American Journal of Botany* 92: 1294–1310, 2005.
- DIETZ, K. Redescription of *Dastilbe crandalli* (Chanidae, Eutelostei) from the Early Cretaceous Crato Formation of north-eastern Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology* 27: 8–16, 2007.

- DUARTE, L. & SANTOS, R.S.S. Fósseis do Arenito Açú. Anais da Academia Brasileira de Ciências 34 I, p. 57–68, 1962.
- DUARTE, L. Remains of the Lower Cretaceous plants of North-East of Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, Curitiba, 1989. *Anais, 1*: 223–225, 1989.
- DUARTE, L. Relatório da Seção de Paleontologia. Relatório Anual do Diretor, 1958. DGM/DNPM, Rio de Janeiro, p.167–194, 1958.
- DUARTE, L. & SANTOS R.S. Planted fish megafossils of the Codó Formation, Parnaíba Basin, NE, Brazil., *Cretaceous Research*, n. 14, 1993. p.735–746, 1993.
- DUTRA, M.F.A. & MALABARBA, M.C.S.L. Peixes do Albiano-Cenomaniano do Grupo Itapecuru no estado do Maranhão, Brasil. In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W. (eds.) *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Friedrich Katzer, p. 191–207, 2001.
- ETHERIDGE, R. & WOODWARD, A.S. On the occurrence of the genus *Belonostomus* in the Rolling Downs Formation (Cretaceous) of Central Queensland. *Transactions of the Royal Society, Victoria* 2: 1–7, 1892.
- FARA, E.; SARAIVA, A.A.F.; CAMPOS, D.A.; MOREIRA, J.K.R.; CARVALHO SIEBRA, D. & KELLNER, A.W.A. Controlled excavation in the Romualdo Member of the Santana Formation (Early Cretaceous, Araripe Basin, Northeast Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 218, p. 145–160, 2005.
- FELDMANN, R.M.; VEGA, F.J.; APPLGATE, S.P. & BISHOP, G.A. Early Cretaceous arthropods from the Tlayúa Formation at Tepexi de Rodríguez, Puebla, Mexico. *Journal of Paleontology*, 72, 79–90, 1998.
- FERNANDES, G. & PIAZZA, H.D. O Potencial oleogenítico da Formação Codó. Rio de Janeiro, *Boletim Técnico Petrobras*, 21(1): 3–16, 1978.
- FERREIRA, C.S. & CASSAB, R.C.T. O gênero *Paranomía* Conrad, 1850 (Mollusca-Bivalvia) no Cretáceo do Brasil. Seu possível aproveitamento como fóssil guia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro, SBP, v. 2, p. 471–477, 1987.

- FORTES, F.P. Geologia estrutural e tectônica da bacia sedimentar do Meio Norte Brasil (Uma síntese com implicações metalogenéticas). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, 1978, Recife, *Anais...* Recife: SBG, v.1, p.321–336, 1978.
- GAYET, M. Note préliminaire sur le matériel paléoichthyologique éocétacé du Rio Benito (sud de Bata, Guinée Équatoriale). *Bulletin Muséum National d'Histoire Naturelle, Série 4* 11: 21–31, 1989.
- GÓES, A.M.O.; SOUZA, J.M.P. & TEIXEIRA, L.B. Estágio explorativo e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.4, n.1, p.55–64, 1990.
- GRANDE, L. & BEMIS, W.E.A. Comprehensive phylogenetic study of amiid fishes (Amiidae) based on comparative skeletal anatomy. An empirical search for interconnected patterns of natural history. *Journal of Vertebrate Paleontology*, Memoir 4, Supplement 18 (1), 1–690, 1998.
- JORDAN, D.S. New genera of fossil fishes from Brazil. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences, Philadelphia* 71: 208–210, 1919.
- KELLNER, A.W.A. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. *In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M. & BORN, M.L.C.B. (eds.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília, DNPM/CPRM/SIGEP, Brasília, p.121–130, 2002.
- KROMMELBEIN, K. & WEBER, R. Ostracodes do “Wealden” do Nordeste brasileiro. Tradução. G. Beurlen. Rio de Janeiro, PETROBRAS, CENPES, SINTEP, *Ciência-Técnica-Petróleo, Seção de Exploração de Petróleo*, Publ. 16, 63 p., 1985.
- LEITE, J.F.; ABOARRAGE, A.M. & DAEMON, R.F. Projeto carvão da Bacia do Parnaíba. Relatório Final das Etapas II e III, DNPM/CPRM, Recife, 5v, 1975.
- LIMA, M.R. Palinologia da Formação Codó na região de Codó, Maranhão. *Boletim do Instituto de Geociências, USP*, 13: 116–128, 1982.
- LIMA, E.A.A. & LEITE, J.F. Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba. Recife, Integração Geológica-Metalogenética, DNPM/CPRM. 437p. *Relatório*, 1978.

- LIMA, R.J.C.; FREIRE, P.T.C.; SASAKI, J.M.; SARAIVA, A.A.F.; LANFREDI, S. & NOBRE, M.A.L. Estudo de coprólito da bacia sedimentar do Araripe por meios de espectroscopia ft-ir e difração de raios-x. *Química Nova*, 30(8): 1956–1958, 2007.
- LISBOA, M.A.R. The Permian geology of Northern Brazil. *American Journal of Science*, 4(37): 425–443, 1914.
- MAISEY, J.G. (ed.). *Santana Fossils: an illustrated atlas*, Neptune City, NJ, T.F.H. Publications. p. 459, 1991.
- MAISEY, J.G. Tectonics, the Santana Lagerstätten, and the implications for Late Gondwanan biogeography. In: GOLDBLATT, P (ed.) *Biological relationships between Africa and South America*, Yale University Press, New Haven. p. 435–454, 1993.
- MAISEY, J.G. Continental break up and the distribution of fishes of Western Gondwana during the Early Cretaceous. *Cretaceous Research*, 21: 281–314, 2000.
- MAISEY, J.G. Northeastern Brazil: out of Africa. In: CARVALHO, I.S.; SRIVASATAVA, N.K.; STROHSCHOEN JR, O. & LANA, C.C. (eds.) *Paleontologia: Cenários de Vida*. Vol. 4, Editora Interciência, p. 545–559, 2011.
- MAISEY, J.G. & CARVALHO, M.G.P. First records of fossil Sergestid Decapods and fossil Brachyuran crab larvae (Arthropoda, Crustacea), with remarks on some supposed palaemonid fossils, from the Santana Formation (Aptian-Albian, NE Brazil). *American Museum Novitates*, New York, 3132: 1–7, 1995.
- MARTINS-NETO, R.G. & MEZZALIRA, S. Descrição de novos crustáceos (Caridea) da Formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 63(4): 362–367, 1991.
- MARTILL, D.M. The preservation of fossil fishes in concretions from the Cretaceous of Brazil. *Palaeontology*, 31, 1–18, 1988.
- MARTILL, D.M. The age of the Cretaceous Santana Formation fossil Konservat Lagerstätte of North-East Brazil: a historical review and an appraisal of the biochronostratigraphic utility of its palaeobiota. *Cretaceous Research*, 28: 895–920, 2007.
- MARTILL, D.M., BRITO, P.M. & EVANS, J.W. Mass mortality of fishes in the Santana Formation (Lower Cretaceous, ?Albian) of northeast Brazil. *Cretaceous Research*, 29: 649–658, 2008.

- MAURY, C.J. O Cretáceo da Parahyba do Norte. Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 63: 155–160, 1930.
- MENDES, M.S. **Análise estratigráfica do intervalo formacional Grajaú-Codó (Aptiano) da Bacia do Parnaíba, NE do Brasil.** 2007. 164f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- MESNER, J.C. & WOOLDRIDGE, L.C.P. Estratigrafia das bacias paleozoica e cretácea do Maranhão. Rio de Janeiro, *Boletim Técnico Petrobras* 7(2): 137–164, 1964.
- MILANEZ, R. Estudo de um dicotiledôneo fóssil do Cretáceo. *Rodriguesia*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 82–89, 1935.
- MOHR, B.A.R.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. & LOVERIDGE, R.F. The macrophyte flora of the Crato Formation. In: MARTILL, D.M.; BECHLY, G. & LOVERIDGE, R.F. (eds) *The Crato Fossil Beds of Brazil, Window into an Ancient World*. Cambridge Press, 537–565, 2007.
- MOHR, B.A.R. & RYDIN, C. *Trifurcatia flabellata* n. gen. n. sp., a putative monocotyledon angiosperm from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). *Mitt. Mus. Nat.kd. Berl.*, Geowiss. Reihe 5 (2002): 335–344, 2002.
- MOHR, B.A.R.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C.; BARALE, G. & OUAJA, M. Palaeogeographic distribution and ecology of *Klitzschophyllites*, an Early Cretaceous angiosperm in Southern Laurasia and Northern Gondwana. *Cretaceous Research*, 27 (2006): 464–472, 2006.
- MOODY, J. M. & MAISEY, J.G. New Cretaceous marine vertebrate assemblages from north-western Venezuela and their significance. *Journal of Vertebrate Paleontology* 14, 1–8, 1994.
- MORAES RÊGO, L.F. Notas sobre a geologia do Estado do Maranhão. *Revista Museu Paulista*, 21, p. 1–30, 1937.
- MORAES RÊGO, L.F. Reconhecimento geológico feito no estado do Maranhão. Serviço Geológico Mineralógico. *Relatório Annual do Diretor*, 1921, p. 74–77, 1923.
- MÜLLER, H. Palynological investigations on Cretaceous sediments in Northeastern Brazil. In: VAN HINTE, J.E. (ed.) *Collection West African Micropaleontology*, 2, Ibadan, *Proceeding...*, Leiden, p. 123–130, 1966.

- PAZ, J.D.S. & ROSSETTI, D.F. Reconstrução paleoambiental da Formação Codó (Aptiano), borda leste da Bacia do Grajaú, MA. *In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W. (eds.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú.* Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Friedrich Katzer p. 77–100, 2001.
- PINTO, I.D. & ORNELLAS, L.P. New cretaceous Hemiptera (Insects) from Codó Formation – Northern Brazil. ANAIS DO XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. p. 289–304, 1974.
- RAND, H.M. & MANSO, V.A.V. Levantamento gravimétrico e magnetométrico da Bacia do Araripe. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33.* Rio de Janeiro. *Anais...*, SBG, 4: 2011–2016, 1984.
- REIS, D.E.S & CAPUTO, M.V. Potencial industrial e energético do folhelho pirobetuminoso Formação Codó, Bacia do Parnaíba. *In: 4º PDPETRO, Campinas, SP, 2007, p. 1–10, 2007.*
- REIS, M.A.F.; TURBAY, C.V.G. & CESERO, P. Descrição de um novo Decapoda (Natantia, Malacostraca, Crustacea) da Formação Riachuelo, Albiano da Bacia de Sergipe. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, 28(1): 80–91, 2005.*
- REZENDE, W.M. de. & PAMPLONA, H.R.P. Estudo do desenvolvimento do Arco Ferrer-Urbano Santos. Rio de Janeiro, *Boletim Técnico Petrobras, 13(½): 5–14, 1970.*
- ROSSETTI, D.F. Cenomanian climate in the north of Brazil: evidences from sedimentar features in the uppermost portion of the Itapecuru Formation. REGIONAL CONFERENCE ON GLOBAL CHANGES. *Abstracts.* São Paulo: 167–168, 1995.
- ROSSETTI, D.F. Sequence stratigraphy of two estuarine valley fills: the Upper Itapecuru Formation in the São Luís Basin, northern Brazil. *Acta Leopoldensia, 19: 111–126, 1996.*
- ROSSETTI, D.F. & TRUCKENBRODT, W. Revisão Estratigráfica para os depósitos do Albiano - Terciário Inferior (?) na Bacia de São Luís (MA), norte do Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Série Ciências da Terra), (9): 29–41, 1997.*
- ROSSETTI, D.F. Interesse científico e econômico das rochas cretáceas. *In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W. (eds.). O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú.* Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Friedrich Katzer, p. 11–13, 2001.

- ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. & ARAI, M. A passagem Aptiano-Albiano na Bacia do Grajaú. In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W. (eds.). *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Friedrich Katzer, p. 101–117, 2001.
- ROXO, M.G.O. Preliminary note on fóssil crustacea from Bahia, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 22(4): 279–280, 1940.
- SANTOS, R.S. Uma redescritção de *Dastilbe elongatus*, com algumas considerações sobre o Gênero *Dastilbe*. *Notas Preliminares e Estudos, Divisão de Geologia e Mineralogia, C* 42: 1–7, 1947.
- SANTOS, R.S. Ocorrência de folhelho fossilífero Cretáceo no Município de Presidente Olegário, Minas Gerais. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Departamento Nacional de Produção Mineral* 155: 1–27, 1955.
- SANTOS, R.S. *Vinctifer longirostris*, do Cretáceo inferior da Formação Marizal, Estado da Bahia, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 62: 251–260, 1990.
- SANTOS, R.S. Paleogeography of the Araripe Basin. In: MAISEY, J.G. (ed.). *Santana Fossils: an illustrated atlas*, Neptune City, NJ, T.F.H. Publications. p. 40–43, 1991.
- SANTOS, R.S. **A posição sistemática de *Enneles audax* Jordan & Branner da Chapada do Araripe, Brasil**. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Monografia*, Rio de Janeiro, n 17, 25p. 5 est., 1960.
- SANTOS, R.S. Paleoictiofauna da Formação Codó (Resultados da Expedição Paleontológica e Estratigráfica da Academia Brasileira de Ciências à Bacia do Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46 p. 170, 1974.
- SANTOS, R.S. Ictiofauna da Formação Codó, Cretáceo Inferior, com a descrição de um novo táxon – *Codoichthys carnavalii* (Pisces-Teleostei). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 66(2): 131–143, 1994.
- SANTOS, R.S. Paleoictiofauna da Formação Codó, Bacia do Parnaíba, NE do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9, 1985, Fortaleza, *Resumos*, Fortaleza, SBP, p.11, 1985.
- SANTOS, R.S. *Dastilbe* (Pisces-Gonorrhynchiformes), importância estratigráfica. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCIAS BRASILEIRAS, 2, 1992, *Boletim...*, Rio Claro, UNESP, p. 111–112, 1992.

- SANTOS, M.E.C.M. & CARVALHO, M.S.S. Estratigrafia e paleontologia da Formação Santana. DNPM-CPRM, *Relatório*, 50 p., 1979.
- SANTOS, M.E.C.M. & CARVALHO, M.S.S. *Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís*. Rio de Janeiro: CPRM Serviço Geológico do Brasil- DGM/DIPALE, 215 p, 2009.
- SANTOS, M.E.C.M. Um novo artrópodo da Formação Areado, Estado de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 43(2), 415–420, 1971.
- SCHULTZE H.-P. & STÖHR, D. *Vinctifer* (Pisces, Aspidorhynchidae) aus der unterkreide (oberes Aptium) von Kolumbien. *Neues Jahrbuch für Geologie Paläontologie, Abhandlungen* 199: 395–415, 1996.
- SCHWEIGERT, G.; MARTILL, D.M. & WILLIAMS, M. Crustacea of the Crato Formation. *The Crato Fossil Beds of Brazil*. In: MARTILL, D.M., BECHLY, G. & LOVERIDGE, R.F. (eds). Cambridge University Press, p. 133–141, 2007.
- SILVA, M.D.; KAERCHER, E.G.; BARBOSA, E.G.S. Bioestratigrafia do furo 1-UN-32-PI, Roça do Meio, Município de Duque Bacelar, Formação Codó, Cretáceo Inferior, bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA 9, 1985, Fortaleza, *Resumos...*, Fortaleza, 1985, SBP, p. 80., 1985.
- SILVA, M.D.; BARBOSA, E.G.S. & KAERCHER, E.G. Bioestratigrafia do furo 1-UN-24, Burity, Maranhão, Formação Codó, Cretáceo Inferior da bacia do Maranhão. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE 13, 1989, Fortaleza, *Atas...*, 1989, SBG, Núcleo Nordeste, p. 188–192, 1989.
- TAVERNE, L. Sur la présence de Aspidorhynchidae (Pisces Holostéens, ordre de Aspidorhynchiformes) dans les terrains éocretaciques de las Guinée Equatoriale. *Revue de Zoologie et Botanique Africaine* 79: 3–4, 1969.
- TÁVORA, V.A. & SOUZA-LIMA, W. Os fósseis da Bacia de Sergipe-Alagoas. Informativo da Fundação Paleontológica Phoenix, 27, 2001. Disponível em: <www.phoenix.org.br/Phoenix27_mar01>. Acessado em: 14/05/2011.
- TÁVORA, V.A. & MIRANDA, M.C.C. Sistemática e tafonomia de uma fáunula de crustáceos decápodes da Formação Maria Farinha (Paleoceno), Estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7(1): 45–52, 2004.

- TÁVORA, V.A.; PAIXÃO, G.M.C. & SILVA, F.A. Considerações filogenéticas e biogeografia histórica dos malacostráceos (decápodes e isópodes) cenozóicos do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 40(1): 47–58, 2010.
- VAZ, P.T.; REZENDE, N.G.A.M.; FILHO, J.R.W. & TRAVASSOS, W.A.S. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, pp. 253–263, 2007.
- VIANA, M.S.S. & NEUMANN, V.H.L. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. *In*: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M. & BORN, M.L.C.B. (eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília, DNPM/CPRM/SIGEP, Brasília, p.113–120, 2002.
- WENZ, S. & BRITO, P.M. Première découverte de Lepisosteidae (Pisces, Actinopterygii) dans le Crétacé inférieur de la Chapada do Araripe (N-E du Brésil). Conséquence sur la phylogénie des Ginglymodi. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 2, 314, 1519–1525, 1992.
- WENZ, S., BRITO, P.M., MARTILL, D.M. The fish fauna of the Santana Formation concretions. *In*: MARTILL, D.M. (Ed.), *Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil*. Palaeont. Ass. Field Guide to Fossils, vol. 5, pp. 76–107, 1993.