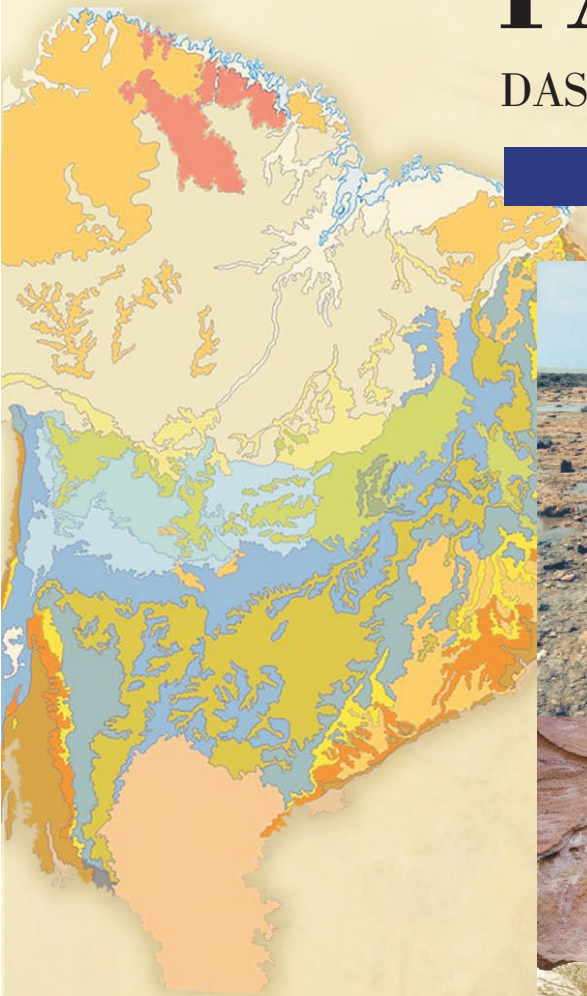


PALEONTOLOGIA

DAS BACIAS DO PARNAÍBA, GRAJAÚ E SÃO LUÍS

Reconstituições Paleobiológicas



Maria Eugênia de Carvalho Marchesini Santos
Marise Sardenberg Salgado de Carvalho

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PALEONTOLOGIA DAS BACIAS DO PARNAÍBA, GRAJAÚ E SÃO LUÍS

*Maria Eugenia de Carvalho Marchesini Santos
Marise Sardenberg Salgado de Carvalho*

Rio de Janeiro 2004

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

<i>Ministro de Estado</i>	Dilma Vana Rousseff
<i>Secretário Executivo</i>	Maurício Tiommo Tolmasquim
<i>Secretário de Minas e Metalurgia</i>	Giles Carriconde Azevedo

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

<i>Diretor-Presidente</i>	Agamenon Sergio Lucas Dantas
<i>Diretor de Geologia e Recursos Minerais</i>	Manuel Barretto da Rocha Neto
<i>Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial</i>	José Ribeiro Mendes
<i>Diretor de Administração e Finanças</i>	Álvaro Rogério Alencar Silva
<i>Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento</i>	Fernando Pereira de Carvalho

Departamento de Apoio Técnico

Sabino Orlando C. Loguécio

Divisão de Editoração Geral

Valter Alvarenga Barradas

EQUIPE DE PRODUÇÃO

Editoração

Coordenação Pedro da Silva

Agmar Alves Lopes José Luiz Coelho
Andréia Amado Continentino Laura Maria Rigoni Dias
Hélio Tomassini de Oliveira Filho Sérgio Artur Giaquino

S237 Santos, Maria Eugênia de Carvalho Marchesini
Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís / Maria
Eugênia de Carvalho Marchesini Santos [e] Marise Sardenberg
Salgado de Carvalho – Rio de Janeiro : CPRM-Serviço Geológico do
Brasil/DIEDIG/DEPAT, 2004.
1 CD-Rom

1. Paleontologia – Brasil - Nordeste. 2. Bacias Sedimentares. 3.
Estratigrafia. 4. Paleocologia. 5. Paleogeografia. I. Carvalho, Marise
Sardenberg Salgado de. II. Título.

CDD 560.4509812

AGRADECIMENTOS

O Projeto Paleontologia da Bacia do Parnaíba foi desenvolvido pela Divisão de Paleontologia no Departamento de Geologia (DEGEO), da Diretoria de Geologia e Recursos Minerais da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), sob coordenação das autoras. Parte dos resultados foi apresentada pela primeira autora como tese de doutorado no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em 1998. A redação final foi examinada e criticada pelo Prof. Emérito Dr. Cândido Simões Ferreira e pelos Drs. Diana Mussa, Norma M. Costa Cruz, Victor Klein, Ismar de Souza Carvalho e Narendra K. Srivastava.

Agradecemos o apoio recebido na CPRM, no decorrer da execução do Projeto, dos geólogos Carlos Oiti Berbert e Sabino Orlando C. Loguércio, do engenheiro de minas Idelmar Cunha Barbosa, e da paleontóloga Norma Maria da Costa Cruz, chefe da Divisão de Paleontologia (DIPALE).

Nos trabalhos de campo, agradecemos o apoio da Residência de Fortaleza (REFO), com os geólogos José Alcyr Pereira Ribeiro e José Felicíssimo Melo, e da Superintendência de Salvador, com o geólogo José Augusto Pedreira, com quem fizemos a identificação dos principais afloramentos da Bacia do Parnaíba.

No Setor de Paleontologia do Departamento Nacional da Produção Mineral, foram realizados os trabalhos de laboratório. Agradecemos ao geólogo Diógenes de Almeida Campos e às paleontólogas Rita de Cássia Tardin Cassab (MCT/DNPM) e Vera Maria Medina da Fonseca (MN/UFRJ) pelo acesso ao material da Coleção de Fósseis e aos dados do Projeto Localidades Fossilíferas. Rita de Cássia Tardin Cassab foi de inestimável ajuda na leitura crítica, correções e finalização de edição.

Pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), que financiou trabalho de campo do Projeto Paleontologia e Estratigrafia do Cretáceo da Bacia do Parnaíba, em 1990, cujos resultados estão incorporados ao presente trabalho.

Agradecemos pela cooperação e troca de informações sobre a Bacia do Parnaíba, aos paleontólogos Roberto Iannuzzi da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Eva Caldas, da Universidade Federal do Ceará. Pela cessão de documentação fotográfica aos geólogos Samir Nahass e José Augusto Pedreira, da CPRM, e Ismar Souza de Carvalho, da UFRJ. Agradecemos ainda a Milena Salgado de Carvalho, que fotografou o material fóssil apresentado neste trabalho e aos companheiros do DEGEO Martin Elias Dias e Henrique Alves de Lima, que confeccionaram figuras e tabelas. Os desenhos e reconstituições paleobiológicas foram elaborados pelo desenhista Mario Roberto Santos.

Pela editoração do trabalho aos geólogos Fernando P. de Carvalho e Valter Alvarenga Barradas, pela diagramação a Pedro da Silva e Agmar Alves Lopes, pela arte-final a Andréia A. Continentino e Laura Maria Rigoni Dias e revisão ortográfica e técnica a Sergio A. Giaquinto e Hélio T. de Oliveira Filho.

HOMENAGEM

Este trabalho é uma homenagem à memória de saudosos companheiros que compartilhavam o mesmo interesse pela Bacia do Parnaíba: os geólogos Atahualpa Valença Padilha, da CPRM e Rodi Ávila Medeiros da Petrobras, que muito nos incentivaram e o paleontólogo Murilo Rodolfo Lima da USP, pelas pesquisas pioneiras em palinologia.

SUMÁRIO

Resumo.	xii
Abstract	xiii
Capítulo 1 Introdução	1
Capítulo 2 Histórico	4
Capítulo 3 Geologia Regional.	10
3.1 Limites Geológicos	10
3.2 Litoestratigrafia, Espessura e Extensão dos Sedimentos.	13
3.3 Evolução de Conceitos	13
3.4 Tectônica e Estratigrafia	13
3.5 Paleozóico.	15
3.6 Distensão e Magmatismo Associados à Abertura do Atlântico	15
3.7 Subsidência Relacionada ao Rifte Atlântico	17
Capítulo 4 Antigos Ecossistemas	19
4.1 Reconstituição de Antigos Ecossistemas.	19
4.2 Coleta de Dados	20
4.3 Métodos Estratigráficos	20
4.3.1 Seqüências Depositionais	20
4.3.2 Sistemas Depositionais e Análise de Fácies.	20
4.4 Paleobiologia	20
4.4.1 Eventos na História da Vida	22
4.4.2 Processos Evolutivos	22
4.4.3 Paleoecologia e Tafonomia	22
4.4.4 Classificação Sistemática e Distribuição Estratigráfica dos Peixes nas Bacias do Parnaíba, Grajaú, São Luís e Nova Iorque.	28

4.4.5 Infra-Estrutura da Paleobiologia	32
Capítulo 5 Sítios Naturais	34
5.1 Parque Nacional de Ubajara	34
5.2 Parque Nacional de Sete Cidades	36
5.3 Floresta Petrificada em Teresina.	36
5.4 Parque Nacional da Serra da Capivara.	36
5.5 Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e Delta do Rio Parnaíba.	36
Capítulo 6 Siluriano	40
6.1 Histórico	40
6.2 Área de Ocorrência	40
6.3 Geocronologia e Idade	41
6.4 Sedimentação	41
6.5 Fósseis	42
6.6 Deriva/Clima/Bioeventos/Antigos Ecossistemas	42
Capítulo 7 Devoniano	48
7.1 Histórico	48
7.2 Área de Ocorrência	48
7.3 Geocronologia e Idade	49
7.4 Sedimentação	49
7.4.1 Eoiefeliano - Formação Itaim	49
7.4.2 Neoeiefeliano - Formação Pimenteira	49
7.4.3 Eogivetiano - Formação Pimenteira.	50
7.4.4 Eogivetiano - Formação Cabeças	52
7.4.5 Neofrasniano/Eofameniano - Formações Pimenteira e Cabeças	52
7.4.6 Neofameniano - Formação Longá	52
7.5 Fósseis	52
7.5.1 Microfósseis:	52
7.5.2 Macrofósseis	56
7.5.2.1 Eoiefeliano - Formação Itaim	56
7.5.2.2 Neoeiefeliano - Formação Pimenteira	56
7.5.2.3 Eogivetiano - Formação Pimenteira	56
7.5.2.4 Eogivetiano - Formação Cabeças.	56
7.5.2.5 Neofrasniano /Eofameniano - Formações Pimenteira e Cabeças	58
7.5.2.6 Neofameniano - Formação Longá.	58
7.6 Paleogeografia	58
7.7 Eventos Biológicos	60
7.8 Tafonomia	60
7.9 Paleoecologia / Comunidades Bentônicas / Antigos Ecossistemas	61
7.10 Paleobiogeografia	63
7.11 Paleoclima	64

7.12 Deriva	64
Capítulo 8 Mississipiano	66
8.1 Histórico	66
8.2 Área de Ocorrência	67
8.3 Geocronologia - Idade	67
8.4 Sedimentação	67
8.5 Fósseis	70
8.5.1 Microfósseis.	70
8.5.2 Flora.	70
8.5.3 Fauna	70
8.6 Paleogeografia	70
8.7 Eventos Biológicos	72
8.8 Tafonomia	72
8.9 Paleoecologia/Antigos Ecossistemas.	74
Comunidade Bentônica de Plataforma Marinha Litorânea	74
Comunidade Florística em Ambiente Terrestre Litorâneo.	74
8.10 Paleobiogeografia	74
8.11 Paleoclima	74
8.12 Deriva	75
Capítulo 9 Pensilvaniano	77
9.1 Histórico	77
9.2 Área de Ocorrência	78
9.3 Geocronologia - Idade	78
9.4 Sedimentação.	78
9.5 Fósseis	80
9.5.1 Microfósseis.	80
9.5.2 Faunas	80
9.5.3 Flora.	80
9.6 Paleogeografia	80
9.7 Eventos Biológicos	83
9.8 Tafonomia	83
9.9 Paleoecologia/Comunidades Bentônicas/ Antigos Ecossistemas	83
9,10 Paleobiogeografia	84
9.11 Paleoclima	84
9.12 Deriva	84
Capítulo 10 Permiano	86
10.1 Formação Pedra de Fogo	86
10.1.1 Histórico	86
10.1.2 Área de Ocorrência	86
10.1.3 Geocronologia - Idade	87
10.1.4 Sedimentação	87
10.1.5 Fósseis.	90

10.1.5.1 Estromatólitos	90
10.1.5.2 Flora	90
10.1.5.3 Fauna.	90
10.2 Formação Motuca	94
10.3 Paleogeografia	94
10.4 Eventos Biológicos.	94
10.5 Tafonomia	95
10.6 Paleoecologia/Comunidades Bentônicas/Antigos Ecossistemas	95
10.7 Paleobiogeografia	95
10.8 Paleoclima	95
10.9 Deriva	95
Capítulo 11 Triássico e Jurássico	97
11.1 Formação Sambaíba.	97
11.2 Formação Mosquito	97
Capítulo 12 Cretáceo (Barremiano).	98
12.1 Formação Pastos Bons	99
12.1.1 Histórico	99
12.1.2 Área de Ocorrência	99
12.1.3 Geocronologia - Idade	99
12.1.4 Sedimentação	99
12.1.5 Fósseis	100
12.1.5.1 Microfósseis	100
12.1.5.2 Fauna	100
12.2 Formação Corda	102
12.2.1 Histórico.	102
12.2.2 Área de Ocorrência.	102
12.2.3 Geocronologia - Idade	102
12.2.4 Sedimentação.	102
12.2.5 Fósseis	105
12.3 Paleogeografia	105
12.4 Eventos Biológicos	105
12.5 Tafonomia	105
12.6 Paleoecologia/Antigos Ecossistemas	106
12.7 Paleobiogeografia	106
12.8 Paleoclima	106
12.9 Deriva.	106
Capítulo 13 Cretáceo (Aptiano/Albiano).	108
13.1 Histórico	108
13.2 Área de Ocorrência	109
13.3 Geocronologia - Idade	109
13.4 Sedimentação	109
13.5 Fósseis	109

13.5.1	Microfósseis.	109
13.5.2	Flora.	109
13.5.3	Fauna	111
13.6	Paleogeografia	111
13.7	Eventos Biológicos	115
13.8	Tafonomia	115
13.9	Paleoecologia/Antigos Ecossistemas	115
13.10	Paleobiogeografia.	116
13.11	Paleoclima.	116
13.12	Deriva	116
Capítulo 14	Cretáceo (Albiano)	118
14.1	Histórico	118
14.2	Área de Ocorrência	119
14.3	Geocronologia - Idade	119
14.4	Sedimentação	119
14.5	Fósseis	119
14.5.1	Microfósseis.	119
14.5.2	Fauna	119
14.6	Paleogeografia	123
14.7	Eventos Biológicos	123
14.8	Tafonomia	124
14.9	Paleoecologia/Antigos Ecossistemas	124
14.10	Paleobiogeografia.	124
14.11	Paleoclima.	124
14.12	Deriva	124
Capítulo 15	Cretáceo (Cenomaniano).	126
15.1	Histórico	126
15.2	Área de Ocorrência	126
15.3	Geocronologia - Idade	128
15.4	Sedimentação	128
15.5	Fósseis	128
15.5.1	Microfósseis.	128
15.5.2	Fauna	128
15.5.3	Flora.	132
15.6	Paleogeografia	132
15.7	Eventos Biológicos	132
15.8	Tafonomia	133
15.9	Paleoecologia/Antigos Ecossistemas	133
15.10	Paleobiogeografia.	133
15.11	Paleoclima.	133
15.12	Deriva	133
Capítulo 16	Cenozóico.	137

16.1 Plioceno	137
16.2 Mamíferos do Pleistoceno	137
16.3 Ocupação Humana.	138
Capítulo 17 Conclusões	146
Capítulo 18 Localidades Fossilíferas.	149
18.1 Listagem das Localidades Fossilíferas (Siluriano-Devoniano- Carbonífero-Permiano-Cretáceo)	151
Referências Bibliográficas	194

RESUMO

A Bacia sedimentar do Parnaíba, situada em área epicontinental, tem registros de antigas faunas e floras, indicativas da alternância de influências continentais e marinhas, durante a história fanerozóica. Estas faunas e floras possibilitam as análises estratigráficas referenciadas às variações globais do nível do mar.

A História Geológica compreende as interações entre os fenômenos geológicos e biológicos, pela reconstituição de antigos ecossistemas. Estes são correlacionados com as sucessivas posições do continente em movimento, variações climáticas e as histórias biogeográficas dos hemisférios norte e sul.

As faunas marinhas do Siluriano, Devoniano e Carbonífero são aparentadas com faunas de províncias biogeográficas da margem oeste da América do Sul, e registram as conexões com o protoceano Pacífico. As floras do Carbonífero Inferior e floras e faunas terrestres do Permiano são portadoras de gêneros endêmicos, o que caracteriza incidência de processos macroevolutivos. Estes processos iniciados em paleolatitudes temperadas, no Carbo-

nífero Inferior, foram acentuados no Permiano com paleolatitudes tropicais. Os fatores climáticos propiciaram estímulos a biodiversidade.

No Cretáceo, as correlações das faunas são com a Margem Leste Brasileira e costa ocidental da África. Os eventos biológicos são relacionados com o desenvolvimento do oceano Atlântico Sul e evolução da Margem Continental. No Aptiano/Albiano, as bacias do Parnaíba, Araripe e Sergipe/Alagoas apresentam como evento biológico em escala regional, uma ictiofauna, onde estão registrados novos gêneros, documentando alto índice de processos macroevolutivos e coevolução. No Albiano a sedimentação da Bacia do Parnaíba é encerrada.

Em superfície, a sedimentação final do Cretáceo pertence às bacias de Grajaú e São Luís. Os fósseis, de idade cenomaniana são representantes de invertebrados marinhos, peixes, répteis, plantas e pegadas de dinossauros.

Algumas ocorrências do Cenozóico foram analisadas. São as faunas e floras de Terciário, mamíferos do Pleistoceno e o homem primitivo e suas pinturas rupestres.

ABSTRACT

The Parnaíba sedimentary basin, situated in an epicontinental area, has records of Phanerozoic fauna and flora. The history reconstitution of this basin is based on Paleobiology, by studying the interactions among geological and biological events. The ecosystems are correlated with the geological processes, the continental drift, paleoclimates, and biogeographical correlations between Northern and Southern hemispheres.

The marine faunas of Silurian, Devonian and Carboniferous are related to biogeographic provinces of the West Margin of South America. The Carboniferous and Permian floras are correlated with the Northern Hemisphere. During the Paleozoic, the Permian is characterized by a high incidence of endemic genus involving a macroevolutionary process.

In the Cretaceous, the fauna presents correlations with the East Brazilian Margin and West African. The biological events are connected with the opening of the South Atlantic and the evolution of the Continental Margin. In the Aptian/Albian, a regional bioevent is recorded in Parnaíba, Araripe and Sergipe/Alagoas basins. The ichthyofauna presents a high level of macroevolutionary processes and coevolution. In the Albian, the Parnaíba basin sedimentation is over.

Cenomanian fossil occurrences are situated in outcrops belong to the São Luís-Grajaú Basin, a rift basin developed in the Brazilian Equatorial Margin. The Cretaceous fossils are marine invertebrates, fishes, reptiles, plants, and dinosaurian footprints.

Some Cenozoic occurrences were studied: the Tertiary floras and fauna, the Pleistocene mammals, the peccary pictures and the primitive man.

1

INTRODUÇÃO

As clássicas bacias sedimentares paleozóicas – Paraná, Amazonas e Parnaíba que constituem importantes sítios naturais por seus conteúdos geológicos e paleontológicos, ocupam cerca de um quarto do território do Brasil e são repositórios das manifestações pretéritas da vida durante o Fanerozóico.

A Bacia do Parnaíba, também denominada de Bacia do Maranhão e Bacia do Meio Norte, foi estabelecida para uma área de cerca de 600 mil quilômetros quadrados, que recobre os estados do Maranhão, Piauí e parte dos estados de Tocantins, Pará e Ceará, entre as coordenadas 02°00'-12°00'S e 40°30'-52°00'W (Figura 1.1). Esta conceituação foi recentemente modificada pelos trabalhos de Góes (1995) e Góes & Coimbra (1996). A Bacia do Parnaíba foi dividida em quatro bacias menores, com gêneses distintas: Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Eocretáceo), Grajaú (Cretáceo) e Espigão Mestre (Cretáceo).

As pesquisas na área atribuída à Bacia do Grajaú foram numerosas nas últimas décadas, por trabalhos da CPRM, em projetos de pesquisa de carvão e mapeamento geológico. Resultados divulgados em Rossetti *et al.* (2001) indicam que houve semelhança na evolução tectono-sedimentar das bacias de São Luís e Grajaú, e os autores adotaram a denominação de Bacia de São Luís-Grajaú

para uma área de cerca de 140 mil quilômetros quadrados.

Nas bacias do Parnaíba e São Luís-Grajaú, as influências continentais e marinhas se alternaram ao longo da história fanerozóica. É uma característica que possibilita que as análises estratigráficas sejam referenciadas às variações globais do nível do mar. Os registros fósseis de diferentes idades geológicas são as evidências da presença de antigas faunas e floras, que subsidiam as inferências sobre as sucessivas posições do continente em movimento. Fornecem ainda, as indicações para as conseqüentes variações climáticas e correlações entre a evolução geológica dos hemisférios norte e sul e desta região da crosta terrestre. A História Geológica é apresentada através da reconstituição de antigos ecossistemas.

A organização e o tratamento de dados foram baseados em Paleobiologia, parte da Paleontologia que estuda a Biosfera em evolução. O estudo foi efetuado por eventos biológicos, definidos como mudanças nas faunas e floras, motivadas por processos evolutivos de inovação, radiação, rápida distribuição geográfica e extinção.

As informações reunidas compreendem as interações entre os fenômenos geológicos e biológicos abrangidos nas disciplinas de Estratigrafia e Paleontologia. O arcabouço estratigráfico, que foi

organizado inicialmente para a Bacia do Parnaíba, sofreu alterações no decorrer das pesquisas, com incorporação dos novos conhecimentos divulgados.

Para os antigos ecossistemas, na análise por Paleocologia Evolutiva foi considerado o conceito de região geográfica (como nos estudos de Ecologia), e é fundamental a seleção de intervalo de tempo. A evolução das comunidades é correlacionada aos processos geológicos que modificaram os ecossistemas.

Na Bacia paleozóica do Parnaíba, as comunidades fósseis que habitaram o antigo bloco do Gondwana, mostram afinidades com províncias paleobiogeográficas com conexões da margem pacífica de antigos continentes, assim como com a África, que estava então unida à América do Sul.

Na Bacia cretácea de São Luís-Grajaú originada pela abertura do oceano Atlântico, as faunas de invertebrados marinhos são as precursoras da atual província tropical do Caribe. No Eocretáceo, os peixes deixaram registros de um limitado intervalo de tempo com intensiva macroevolução, presença de ecossistemas e processos tafonômicos favoráveis, abrangendo uma região geográfica ampla, que ultrapassava os limites geológicos das bacias. No Neocretáceo, os vertebrados mostram ampla correlação com as faunas conhecidas do norte da África.

Após o encerramento no Cretáceo, dos ciclos sedimentares da Bacia de São Luís-Grajaú, ecossistemas terrestres foram preservados na área geográfica da Bacia do Parnaíba. Ocorreram deposições em pequenas bacias terciárias, com floras que são indicadoras paleoclimáticas e os terrenos foram percorridos pelos grandes mamíferos do Pleistoceno. No Holoceno, as rochas da bacia forneceram abrigo para o homem primitivo que, nos seus paredões, deixou impressa uma bela arte rupestre.

A Paleobiologia, como ciência, foi reativada a cerca de três décadas e propiciou a ampliação das pesquisas de Paleontologia para incluir todos os aspectos da vida no planeta. Representa um movimento bem definido, com os conhecimentos divulgados em reuniões periódicas de sociedades paleontológicas.

O intercâmbio de conhecimentos é muito dinâmico. Estas sociedades promoveram uma reunião internacional de paleontólogos, em 1997, em Frankfurt, Alemanha, com o objetivo de discutir e selecionar os tópicos da Paleontologia que, no presente século, irão requerer maiores esforços no aprimoramento de conhecimentos. As conclusões destas

reuniões foram relatadas por Dimas Dias-Brito, em conferência na Sociedade Brasileira de Paleontologia (março de 1998).

Entre as temáticas consideradas de conhecimento ainda insuficiente, em nível internacional e identificadas, também, nas bacias do Parnaíba e São Luís-Grajaú, podem ser citadas: infra-estrutura, datações cronoestratigráficas, classificações sistemáticas, ecossistemas e processos evolutivos.

Como recursos tecnológicos de infra-estrutura necessários ao desenvolvimento científico, foi enfatizada a maciça informatização dos dados paleontológicos. No Brasil, entretanto, além deles, a preservação dos sítios geológicos e paleontológicos, deve ser colocado como um requisito fundamental da infra-estrutura da Paleontologia. A preservação dos sítios fossilíferos é básica para que haja garantia da realização de pesquisas futuras.

Os trabalhos sobre datações cronoestratigráficas, classificações sistemáticas, ecossistemas e processos evolutivos são ainda insuficientes, considerando a grande área coberta pelas bacias. Maior número de análises palinológicas é requerido para solução de problemas antigos, que permanecem pendentes como as idades dos sedimentos e dos fósseis das unidades estratigráficas Corda e Pastos Bons.

Nas bacias do Parnaíba e São Luís-Grajaú estão impressos os registros de eventos biológicos únicos e singulares. Entretanto, um maior volume de pesquisas, principalmente de classificação sistemática é imprescindível para esclarecer a organização da vida.

Os nomes atribuídos às unidades estratigráficas que correspondem às formações são peculiares, correspondendo não só à definição litoestratigráfica, como também aos aspectos dados pelos fósseis e ambientes. Corresponde a um conjunto de informações maior do que o definido pelo Código de Nomenclatura Estratigráfica (introduzido após os anos 60), pois guarda a conceituação da antiga escola européia, de grande influência na época dos primeiros mapeamentos feitos na área, pela Petrobras.

Os ecossistemas apresentados no presente trabalho estão no início de debates teóricos possíveis com o atual nível das pesquisas existentes. As bacias do Parnaíba e São Luís-Grajaú apresentam importantes características em termos de Paleobiologia Evolutiva. Ao longo do tempo geológico, foram os áreas de localização de constante incidência de processos macroevolutivos, principalmente nos elementos terrestres.



Figura. 1.1 – Mapa de Localização das bacias sedimentares do Parnaíba, Grajaú e São Luís.

2

HISTÓRICO

Os primeiros conhecimentos geológicos obtidos na área da Bacia do Parnaíba são devidos ao conde Francis de Castelnau que, em 1846, realizou uma viagem pelo rio Araguaia, colhendo algumas informações litológicas. Posteriormente, a designação da Bacia do Parnaíba foi proposta por Derby (1884).

O interesse pela Bacia ocorreu a partir do início do século, com a procura de bens de natureza econômica como combustíveis – carvão e petróleo, e águas subterrâneas.

Em 1909, Arrojado Lisboa e o topógrafo Hans Baumann, do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil realizaram um reconhecimento geológico no Norte e Nordeste, para verificar ocorrências de madeiras silicificadas referidas ao gênero *Psaronius*. As formações foram nomeadas nos registros de Lisboa (1914) e publicado um esboço geológico do Piauí e Maranhão. Small (1913 e 1914) realizou estudos geológicos para águas subterrâneas no Ceará e Piauí,

Nas localidades fossilíferas do Maranhão, descritas por Gonzaga de Campos, foram estabelecidas as distinções entre os sedimentos com *Psaronius* e os do Cretáceo. Pela primeira vez, são mencionadas, as ocorrências de folhelhos fossilíferos, próximo a Floriano, Piauí, e considerados mesozóicos (Campos 1925).

Reconhecimentos geológicos foram realizados nos rios Araguaia e Tocantins (Moraes Rego, 1931 e 1933; Loefgren, 1936) e verificadas as possibilidades de ocorrências de carvão nos vales dos rios Parnaíba e Tocantins. Com a revelação das floras do Carbonífero, começaram os trabalhos pela procura de carvão no Piauí (Paiva & Miranda, 1937).

Barbosa & Gomes (1957) realizaram estudos sobre o carvão mineral na Bacia Tocantins-Araguaia, nas proximidades de Carolina, sugerindo modificações na coluna estratigráfica.

Pioneiro nas pesquisas paleontológicas, com inúmeros trabalhos de campo na bacia, L. I. Price (Figura 2.1) dedicou-se ao estudo dos vertebrados. Registrou fósseis de dinossauros nas rochas cretáceas da ilha do Livramento, litoral do Maranhão e descreveu o primeiro anfíbio fóssil do Brasil, de idade permiana (Price, 1947 e 1948). Colaborou com o Conselho Nacional do Petróleo (CNP) em reconhecimentos e mapeamentos geológicos, quando foram delineadas as relações entre novas unidades da Bacia (Campbell, 1949 e 1950; Campbell *et al.*, 1948 e 1949a, b; Plummer *et al.*, 1948).

Com a descoberta de fósseis devonianos, Price e Kenneth Caster, da Universidade de Cincinnati, fizeram campanhas de campo na região de Picos,

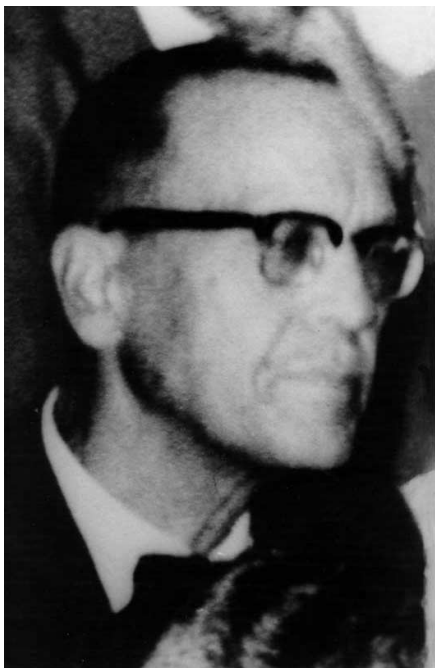


Figura 2.1 – LLEWELLYN IVOR PRICE (1905-1980). Paleontólogo do Departamento Nacional da Produção Mineral desde 1944. Foi o grande iniciador das pesquisas em anfíbios e répteis fósseis no Brasil. Sua valiosa contribuição científica abrange trabalhos realizados em todas as bacias brasileiras.

no Piauí, coletando fósseis e descrevendo a geologia local (Caster, 1948).

Em uma fase mais avançada de pesquisa do CNP, foram efetuadas duas sondagens na região de Balsas-Carolina. A análise dos testemunhos de Carolina foi realizada por Kegel (1953) que deu continuidade aos estudos do Devoniano e de outras idades do Paleozóico (Kegel, 1951, 1952, 1954, 1955, 1956, 1957, 1961, 1965, 1966 e Kegel & Costa, 1951).

O trabalho de Wilhem Kegel (Figura 2.2) sobre a geologia do Devoniano, é uma importante referência até a data atual. Foi realizado no sudeste do Piauí, compreendendo os arredores das cidades de Picos, Oeiras e Valença do Piauí, em área de importância histórica. Oeiras foi a primeira área colonizada, com fazendas de gado estabelecidas no início do século 18. A população cresceu em torno da capela, mais tarde matriz de Nossa Senhora da Vitória, datada de 1733 (Figura 2.3) e o povoado, quando elevado à cidade, foi a primeira capital do Piauí. A denominação Oeiras está ligada ao vocabulário geológico, pois Kegel atribuiu este nome a um membro da Formação Cabeças, contendo os belos arenitos ruíniformes que ocorrem na área.

O conhecimento da Bacia progrediu com a atuação da Petróleo Brasileiro S/A – PETROBRAS, que realizou mapeamentos sistemáticos, organizando as unidades litoestratigráficas representadas pelas formações. Estas denominações, com algumas modificações são utilizadas até nos trabalhos mais recentes.

Os mapeamentos foram executados pelas equipes de jovens geólogos provenientes dos novos cursos de Geologia, criados nas universidades brasileiras. Pertenciam às memoráveis TGs – Turma de Geologia (Figura 2.4).

Destes trabalhos, a maioria relatórios internos, são citados: Aguiar (1961, 1964, 1969, 1971); Anderson & Mendonça (1960); Andrade (1968); Blankennagel (1952, 1954); Carneiro (1974); Carneiro & Perillo (1968); Cunha (1964, 1966); Cunha & Carneiro (1972); Della Piazza & Andrade (1969); Della Piazza & Santos (1967); Kremer & Campos (1955); Melo (1965, 1968); Melo & Porto (1965); Melo & Prade (1968); Molnar & Urdineia (1966); Northfleet (1965); Northfleet & Neves (1967); Northfleet & Melo (1967), Ojeda y Ojeda & Bembom (1966); Ojeda y Ojeda & Perillo (1967); Perillo & Nahass (1968).



Figura 2.2 – WILHELM KEGEL (1890-1971). Nascido na Alemanha, emigrou para o Brasil, depois da 2ª Guerra Mundial, em 1949. Geólogo de experiência reconhecida em sua terra natal, realizou no Brasil, importantes pesquisas sobre a geologia e a tectônica do Nordeste, atuando no Departamento Nacional da Produção Mineral e na Escola de Geologia do Rio de Janeiro.



Figura 2.3 – Igreja de Nossa Senhora da Vitória, catedral de Oeiras. A edificação iniciada em 1733 é típica da arquitetura austera dos jesuítas. Foi executada parceladamente, pois recebeu apenas uma das torres do par previsto. As pilastras, frisos, portadas e as junções em ângulo são esculpidas em arenitos vermelhos do Devoniano local.



Figura 2.4 – TG - Turma de Geologia da PETROBRAS. Seus componentes participaram da execução do primeiro mapeamento geológico sistemático na Bacia, na década de 60. A vida em semanas e meses de acampamentos – campanas rústicas e com repastos frugais, era por vezes difícil.

Com os furos estratigráficos da PETROBRAS, Müller (1962) elaborou a primeira divisão bioestratigráfica da Bacia. As unidades litoestratigráficas então estabelecidas foram reunidas nas integrações de Mesner & Wooldridge (1964), Aguiar (1971), e no mapa, escala 1: 1.000.000, de Aguiar & Nahass (1969).

O mapeamento da Bacia do Parnaíba foi objeto de relatórios de graduação da Escola de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, em convênio com o Departamento Nacional da Produção Mineral, no final da década de 60. Com isso, surgiram trabalhos dos professores Mabesoone (1965, 1970, 1975, 1977) e Beürten (1965, 1971a, b).

No final da década de 60, foi implantado, pelo Departamento Nacional da Produção Mineral, o Projeto RADAM, destinado a realizar a interpretação de dados geológicos, geomorfológicos, fitogeográficos e pedológicos, utilizando imagens de radar (Brasil, 1973 a, b, c). Pela primeira vez foi obtido um mapa de uso potencial da terra.

No início da década de 70, o contínuo trabalho da PETROBRAS, evoluiu com a tectônica de placas, surgindo estudos de integrações regionais (Rezende & Pamplona, 1970; Rezende, 1971 e Miura & Barbosa, 1972).

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), na sua criação do ano de 1969, recebeu as atribuições da extinta Comissão do Plano de Carvão Nacional. Esta Comissão, durante a década de 60, teve a incumbência de pesquisar carvão nas bacias paleozóicas, porém com investimentos muito limitados.

A CPRM em convênio com o DNPM realizou pesquisas para carvão (Cruz *et al.*, 1973a, 1973b; Leite *et al.*, 1975) fosfato (Oliveira & Barros, 1976); além de mapeamento geológico (Costa *et al.*, 1973); integração geológica-metalogenética (Lima & Leite, 1978) e levantamento hidrogeológico (Silva & Soares Filho, 1979; Silva, 1979; Araujo & Miranda, 1979; Araujo, 1979; Soares Filho, 1979; Miranda, 1979). Comentários sobre a evolução das seqüências mesozóicas e o relacionamento com os processos geomorfológicos que atuaram na Bacia foram realizados por Caldasso (1978).

Os trabalhos referenciados por análise de bacia, estudo de fácies, sistemas e seqüências deposicionais foram divulgados em cursos periódicos elaborados por técnicos da PETROBRAS. Della Fávera (1990) enfatizou a sedimentação episódica nas seqüências paleozóicas.

A Bacia do Parnaíba foi dividida em quatro bacias menores, com gênese distintas: Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Eocretáceo),

Grajaú (Cretáceo) e Espigão Mestre (Cretáceo), nos trabalhos de Góes (1995) e Góes & Coimbra (1996).

Pelo estudo da evolução tectono-sedimentar das bacias de São Luís e Grajaú, que mostram continuidade de sedimentação Góes & Rossetti (2001) adotaram a denominação de Bacia de São Luís-Grajaú para uma área de cerca de 140 mil quilômetros quadrados, correspondente aos sedimentos cretáceos. As pesquisas estão em parte divulgadas por Rossetti *et al.* (2001), correspondendo à tectônica, análise de fácies, estratigrafia de seqüências e paleontologia.

Os peixes fósseis, de longa data utilizados como elementos de correlação, foram estudados pelo ictiólogo Rubens da Silva Santos (Figura 2.5). Suas publicações iniciadas com o *Lepidotes* (Santos, 1945), abrangem o Paleozóico, o Mesozóico e o Cenozóico (Santos, 1974b, 1985, 1994a).

A região das rochas cretáceas, situada no centro do estado do Maranhão está ligada à sua história econômica. Os solos derivados das formações geológicas ocorrentes foram propícios a culturas relacionadas ao mercantilismo agrícola, criando o surto de desenvolvimento no século 18.



Figura 2.5 – RUBENS DA SILVA SANTOS (1918-1996). Paleontólogo do Departamento Nacional da Produção Mineral e professor da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Desenvolveu a paleoictiologia do Brasil, com trabalhos em diversas bacias brasileiras. Publicou dezenas de trabalhos a partir de 1945.

O Maranhão foi importante produtor e exportador de algodão, alimentando com matéria prima a revolução industrial no hemisfério norte. De ciclos mais recentes da industrialização no estado, são os prédios remanescentes das fábricas de tecidos (Figura 2.6).

Pesquisas de ocorrências fósseis no Cretáceo, iniciadas pelo Professor Emérito Candido Simões Ferreira, do Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Figura 2.7) versaram sobre a geologia e paleontologia do litoral e centro do estado do Maranhão. Os resultados foram divulgados por Klein & Ferreira (1979), Cunha & Ferreira (1980), Ferreira & Cassab (1987), Carvalho & Campos (1988). Desse esforço, foi originado o Projeto Paleontologia e Estratigrafia da Bacia do Parnaíba, da UFRJ, que ampliou significativamente o conhecimento dos fósseis da bacia, com novas descobertas, como os ossos de dinossauros na Formação Itapecuru (Figura 2.8) (Ferreira *et al.*, 1991, 1992, 1995a, 1995b e Ferreira, 1992).

Na continuidade destes trabalhos, foi estabelecido um convênio entre a UFRJ e a Universidade Federal do Maranhão. As novas descobertas, princi-

palmente em sedimentos litorâneos permitiram o registro de importantes sítios paleontológicos com pegadas de dinossauros (Carvalho 1994b, 1994c, 1994d, 1995; Carvalho & Gonçalves, 1994). Na cidade de Alcântara, onde ocorre um dos mais importantes sítios, parte desta coleção foi incorporada ao Museu Histórico, como incentivo cultural de preservação (Figura 2.9).

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais executou nas áreas das bacias do Parnaíba e São Luís, pelo Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, o Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais de Solos e de Vegetação para a área do Programa Grande Carajás. Os resultados estão divulgados, em vários trabalhos, na escala 1:250.000 (Colares & Araujo, 1990; Colares *et al.*, 1990; Souza *et al.*, 1990; Figueiredo *et al.*, 1994; Lovato *et al.*, 1994; Rodrigues *et al.*, 1994a, 1994b; Almeida *et al.*, 1995; Lovato *et al.*, 1995).

Com a descoberta de um rico jazigo fóssilífero na ilha do Cajual, está sendo revelada uma importante fauna de dinossauros que mostra estreita afinidade com gêneros do norte da África (Medeiros & Schultz, 2001; Vilas Bôas & Carvalho, 2001).



Figura 2.6 – Na cidade de Codó, o prédio desativado de antiga fábrica de tecidos, com arquitetura industrial característica de influência inglesa.



Figura 2.7 – CÂNDIDO SIMÕES FERREIRA. Nasceu no estado de Minas Gerais, em 1921. Desde 1948, exerce funções em Geologia e Paleontologia no Museu Nacional. Este professor emérito da Universidade Federal do Rio de Janeiro é apaixonado incentivador das atividades científicas dos estados do Pará e Maranhão. Na foto no rio Itapecuru, participando da descoberta de ossos de dinossauros, em 1990.



Figura 2.8 – Descoberta de ossos de dinossauros na Formação Itapecuru, a beira do rio e na cidade de mesmo nome, pelo Projeto Estratigrafia e Paleontologia da Bacia do Parnaíba, da UFRJ, em 1990.



Figura 2.9 – Praça central de Alcântara, onde está localizado o Museu Histórico com as pegadas de dinossauros em seu acervo. O pelourinho da foto é considerado o mais antigo do Brasil e testemunha a contribuição dos negros, cuja herança cultural permanece até a data de hoje. Alcântara é Cidade Histórica e Monumento Nacional.

3

GEOLOGIA REGIONAL

3.1 Limites Geológicos

A área de trabalho compreende a Bacia intracratônica do Parnaíba e a pequena Bacia marginal de São Luís. A Bacia do Parnaíba foi recentemente interpretada por Góes (1995) e Góes & Coimbra (1996) e redefinida como Província Sedimentar do Meio Norte. Foi dividida em quatro bacias menores, com gêneses distintas: Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Eocretáceo), Grajaú (Cretáceo) e Espigão Mestre (Cretáceo). Góes & Rosseti (2001) demonstraram que as bacias do Grajaú e São Luís pertencem ao mesmo arcabouço estrutural, tendo história evolutiva e sedimentação relacionadas, denominando de Bacia de São Luís-Grajaú.

Os limites com o embasamento são efetuados ao norte pelo Cráton de São Luís; a oeste pelo Cráton do Amazonas, a Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia e o Maciço de Goiás; ao sul pela Faixa de dobramentos Brasília, e a leste pelos Cráton do São Francisco e a Faixa de Dobramentos Nordeste. A compartimentação estrutural é feita pelo Arco do Tocantins localizado a noroeste, separando-a das bacias de Marajó e Médio Amazonas; pelo Arco de São Francisco situado a sul e sudeste, separando-a da Bacia Sanfranciscana (Figura 3.1).

A formação da Bacia do Parnaíba foi classificada por Figueiredo & Raja Gabaglia (1986) como poligenética, iniciando-se como fratura interior continental, durante o Cambro-Ordoviciano, passando a sinéclise interior continental, a partir do Siluriano. Em 1978, Fortes aplicou a denominação de anfíclise proposta por Muratov (1972), para bacias contendo extenso vulcanismo, na área total da Bacia do Parnaíba.

Góes (1995) redefiniu a área aflorante da Bacia do Parnaíba e denominou as rochas provenientes de vulcanismo como anfíclise de Alpercatas. Estas rochas básicas e as pertencentes às formações Corda e Pastos Bons, demarcadas pelo elemento estrutural de Xambioá, de orientação leste-oeste, passaram a compor a Bacia de Alpercatas (Góes & Coimbra, 1996). Os trabalhos nesta área não são suficientes para adoção desta nomenclatura.

As unidades litoestratigráficas aflorantes que foram mapeadas pela CPRM (Lima & Leite, 1978) e adotadas no mapa geológico do Brasil, escala 1:2.500.000 (Schobbenhaus *et al.*, 1981) foram as utilizadas no presente trabalho (Figura 3. 2). A Bacia do Espigão Mestre (Góes, 1995 e Góes & Coimbra, 1996), de idade cretácea, e situada ao sul da Bacia do Parnaíba foi mapeada como parte do extremo-norte na Bacia Sanfranciscana por Lima & Leite (1978), e não está incluída no presente trabalho.

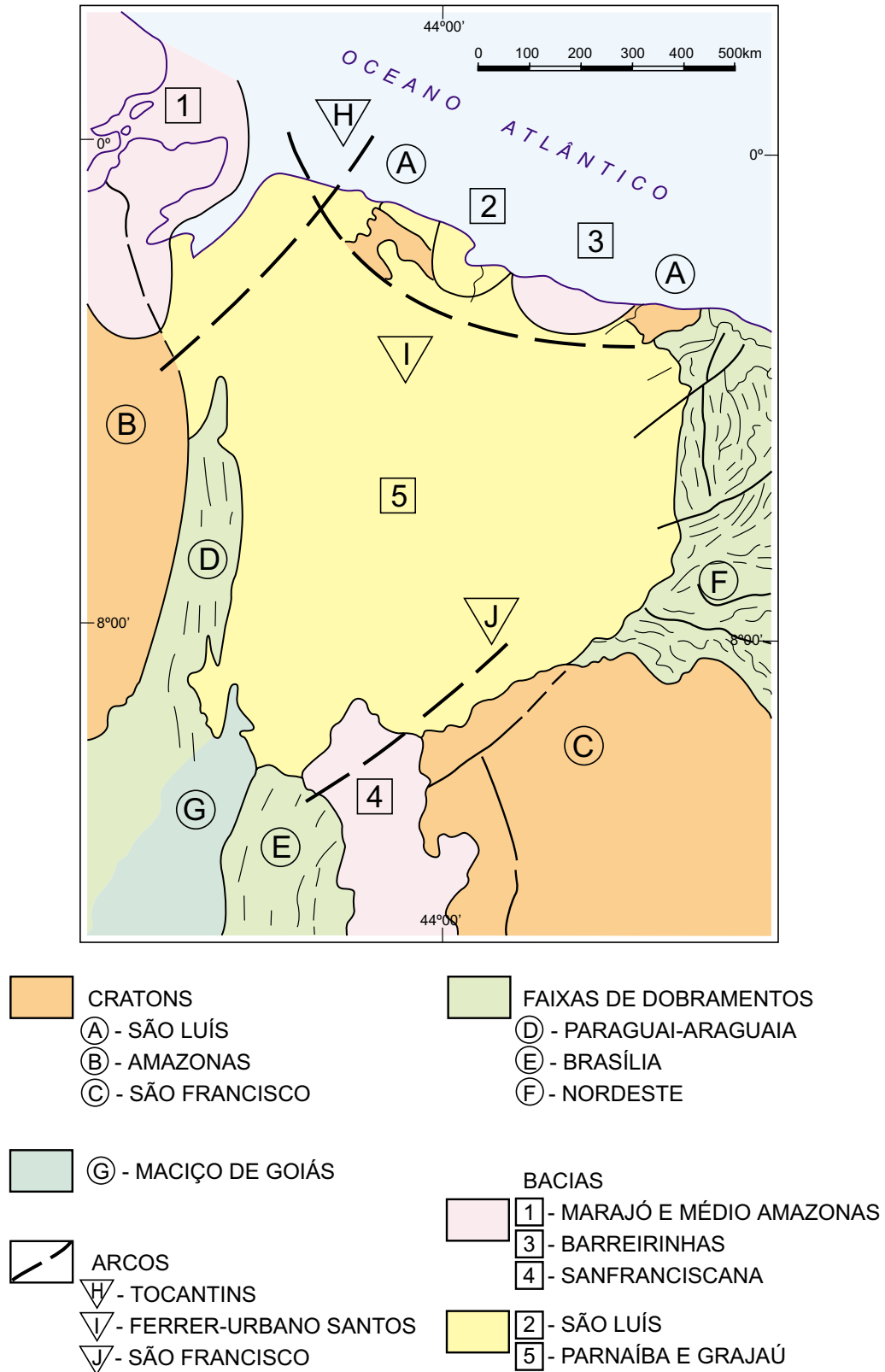


Figura 3.1 – Limites Geológicos das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís.

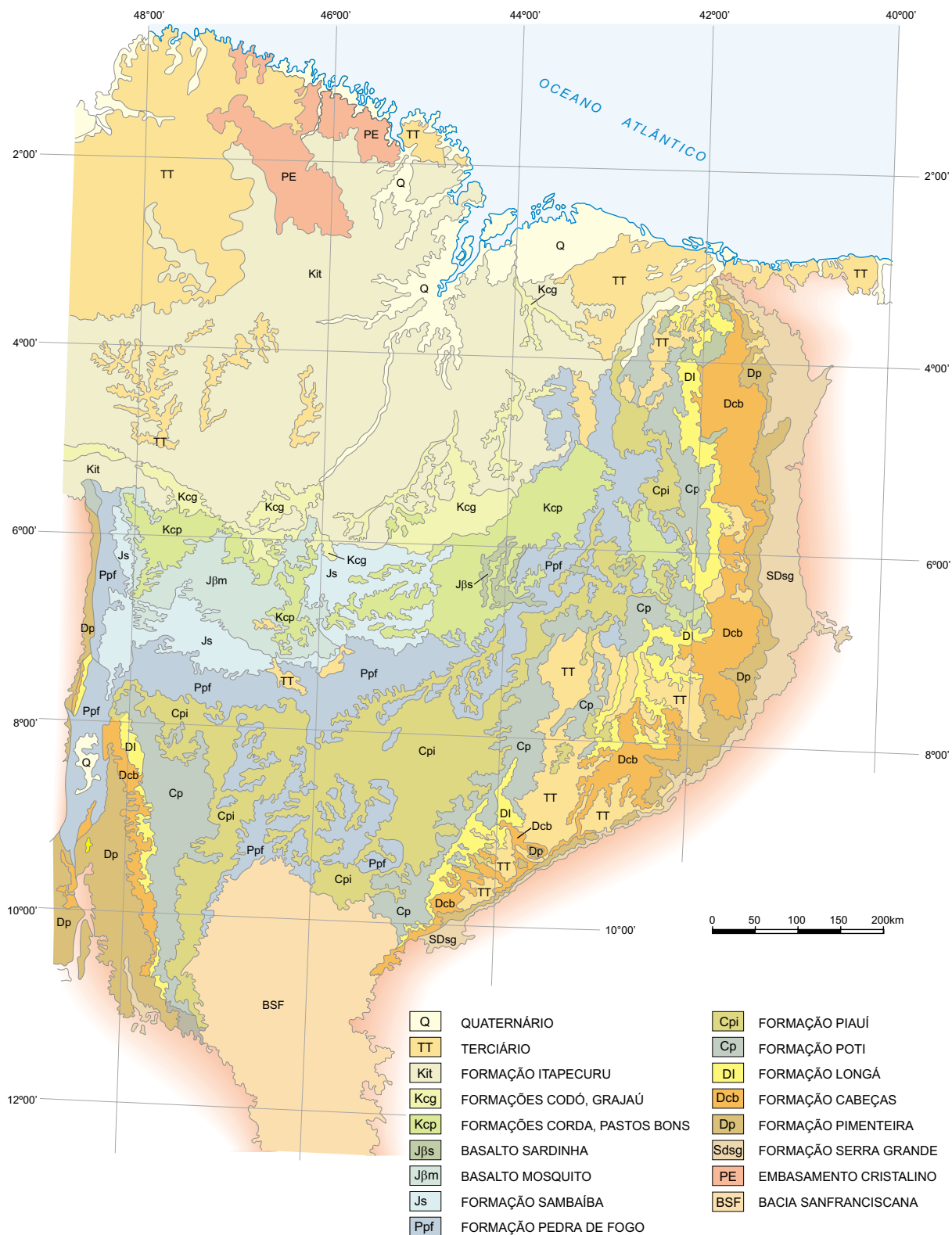


Figura 3.2 – Mapa Geológico das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís.
(baseado em Lima & Leite, 1978 e Schobbenhaus et al., 1981).

A forma elíptica arredondada da grande área sedimentar da Bacia do Parnaíba, com o diâmetro maior orientado no sentido nordeste-sudoeste, inscrita em uma geometria hexagonal, é derivada estruturalmente de tectônica linear evidenciada pelos falhamentos, flexuras e lineamentos que deram origem ao mosaico de blocos escalonados. São os elementos estruturais que condicionaram a distribuição dos eixos deposicionais e dos estratos. (Carozzi *et al.*, 1975; Fortes, 1978; Góes *et al.*, 1990).

3.2 Litoestratigrafia, Espessura e Extensão dos Sedimentos

Na primeira síntese da Bacia (Mesner & Woolridge, 1964), a sedimentação foi apresentada em três megaciclos, demarcados por discordâncias regionais.

Os ciclos são de idades neo-ordovicianas a eocarbonífera; neocarbonífera a jurássica; e cretácica, com coberturas de Terciário e Quaternário.

Em subsuperfície a coluna de sedimentos tem cerca de 3.400 m (Góes *et al.*, 1990). A pequena espessura e ampla distribuição dos sedimentos são atribuídas a uma lenta subsidência (Cunha, 1986).

Aguiar (1971), Cordani *et al.* (1984), Caputo & Lima (1984) e Della Fávera (1990) consideraram que a atual extensão de sedimentos é o remanescente de uma área originalmente maior. Indícios de sedimentos paleozóicos com características estratigráficas e sedimentológicas semelhantes sugerem conexões com a Bacia do Amazonas e bacias de áreas extracontinentais como as situadas em Gana, na África.

3.3 Evolução de Conceitos

Almeida (1969), que é autor da primeira integração e síntese da geologia da plataforma brasileira, definiu dois ciclos de sedimentação na evolução geológica do Fanerozóico – as fases talassocrática e geocrática. Soares *et al.* (1974 e 1978) reconheceram em análise estratigráfica nas bacias intracratônicas do Amazonas, Parnaíba e Paraná, sete ciclos de sedimentação relacionados com a subsidência das bacias e variação da curva do nível do mar.

Estes resultados são correlacionáveis com os divulgados por Sloss (1963) que apontou, nas áreas do cráton do continente norte-americano, seis seqüências maiores separadas por discordâncias marcantes. Cada discordância era seguida por uma fase transgressiva, com as camadas preser-

vadas, pois, durante esta fase, cada unidade é coberta por superposições de sedimentos.

As fases regressivas, entretanto, que se situavam no final de cada ciclo, não foram preservadas, pois à medida que se formavam tinham os topos dos sedimentos expostos e erodidos.

A correlação destes ciclos e de outros identificados nos demais continentes, mostrou que estes eram mecanismos globais, controlados pelas variações do nível do mar (Miall, 1984).

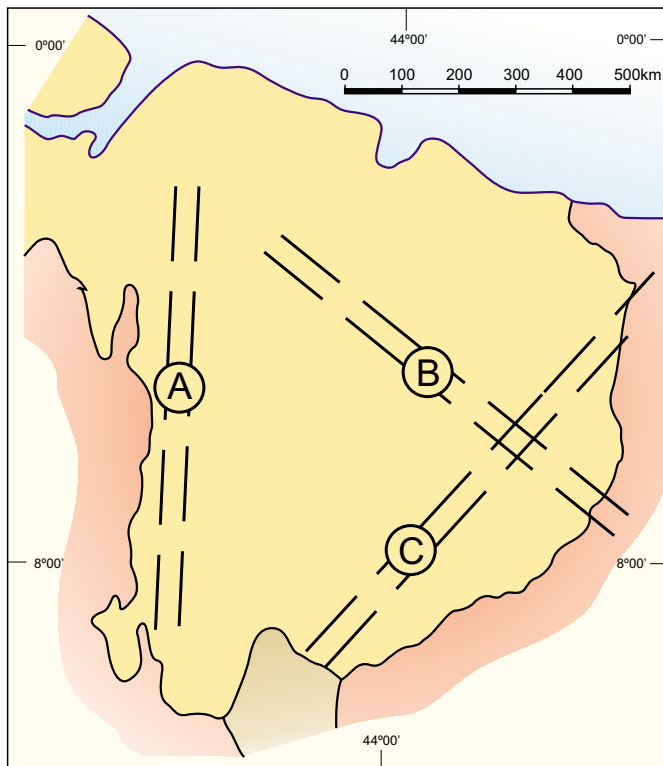
O estudo de relações de rochas sedimentares, por seqüências deposicionais delimitadas por discordâncias ou concordâncias relativas foi aplicado na Bacia do Parnaíba. O Paleozóico é dividido em três seqüências deposicionais por Mesner & Woolridge (1964), Cunha (1986), Della Fávera (1990), Góes & Feijó (1994) e Góes (1995). A primeira seqüência, de influência marinha, corresponde ao Grupo Serra Grande (fase talassocrática de Almeida, 1969 e *beta* de Soares *et al.*, 1974 e 1978). A segunda seqüência corresponde às formações Itaim, Pimenteira, Cabeças, Longá e Poti (fase talassocrática e *gamma*). A terceira seqüência, que encerra o Paleozóico, compreende as idades do Carbonífero Superior ao Triássico. É a fase geocrática e *delta* com as formações Piauí, Pedra de Fogo e Motuca e *delta a* com a Formação Sambaíba.

Góes & Rosseti (2001), por interpretação de dados de superfície e subsuperfície mostraram que havia ampla correlação nas áreas de sedimentações da Bacia de São-Luís Grajaú, e que o Arco Ferrer-Urbano Santos não representou uma barreira topográfica para a deposição destes sedimentos. Rosseti (2001) reconheceu nesta área três seqüências deposicionais, de idade aptiana e neocretácea.

3.4 Tectônica e Estratigrafia

Carozzi *et al.* (1975); Fortes (1978); Cunha (1986) e Cordani *et al.* (1994) reconheceram as estruturas do Ciclo Brasileiro que atuaram na compartimentação da Bacia, durante o Paleozóico. São pertencentes à direção nordeste do Lineamento Transbrasiliano, noroeste do Lineamento Picos-Santa Inês e norte-sul do Lineamento Tocantins-Araguaia (Figura 3.3).

Após o término do Ciclo Brasileiro (Cambro-Ordoviciano), por subsidência termomecânica, os grabens foram preenchidos pelo progressivo afundamento ao longo das faixas tectonicamente instáveis, a partir do final do Ordoviciano (Caputo & Lima, 1984).



A - Lineamento Tocantins-Araguaia B - Lineamento Picos- Santa Inês
C - Lineamento Transbrasiliiano

Figura 3.3 – Estruturas do Ciclo Brasileiro de compartimentação no Paleozóico (segundo Fortes, 1978).

No Paleozóico, os eventos que ocorreram na margem oeste da América do Sul, então pertencente ao continente Gondwana, tiveram influência na Bacia do Parnaíba. Em termos paleobiogeográficos, as faunas marinhas do Siluriano, Devoniano e Carbonífero mostram afinidades com outras de mesma idade, registradas no proto-oceano Pacífico.

No Carbonífero, foram iniciados os movimentos precursores de agregação do supercontinente Pangea, ligado à Orogenia Eoherciniana (Góes & Feijó, 1994). O primeiro reflexo foi o arqueamento do Alto do Rio Parnaíba (Castelo Branco & Coimbra, 1984), deslocando o depocentro da bacia para noroeste.

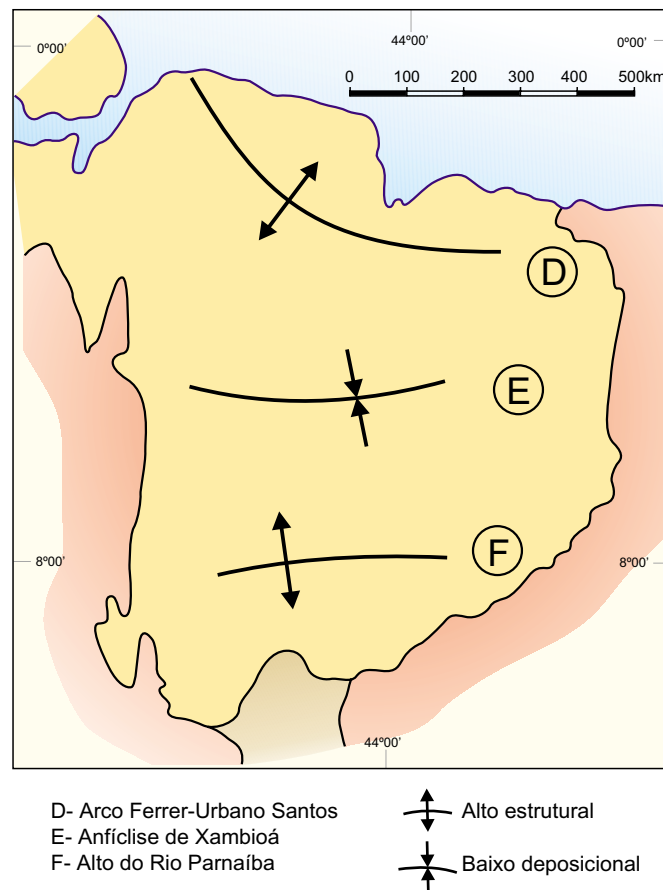
No Permiano, a Antéclise Tocantins-Araguaia e o Arco Tocantins se elevaram, e as comunicações entre as Bacias Amazonas e Parnaíba foram encerradas. Na continuidade até o Triássico, a área deposicional foi deslocada para o centro da bacia finalizando o ciclo continental com as formações Motuca e Sambaíba.

No Mesozóico, os principais elementos tectônicos regionais foram a Estrutura de Xambioá de orientação leste-oeste, situado no centro da bacia; o

Arco Ferrer-Urbano Santos delimitando as pequenas bacias marginais associadas à abertura do Atlântico Sul Equatorial, e o Alto do Rio Parnaíba (Aguiar, 1969; Rezende & Pamplona, 1970; Hasui *et al.*, 1991, Góes, 1995) (Figura 3.4).

No Jurássico e Cretáceo, os derrames e diques de diabásio, que são rochas de ambientes distensionais indicam os efeitos da separação dos continentes. As unidades litoestratigráficas do Cretáceo Inferior e início do Cretáceo Superior estão associadas com a subsidência relacionada ao desenvolvimento do rifte atlântico. Pelos eventos biológicos identificados, são reconhecidas as correlações com as megassequências diferenciadas para as bacias marginais do leste (Ponte, 1994; Chang *et al.*, 1990b).

As unidades litoestratigráficas do Paleozóico ao Triássico correspondem à Bacia do Parnaíba. No Jurássico e Cretáceo Inferior as unidades de diabásio-basaltos, e as formações Corda e Pastos Bons correspondem à Bacia de Alpercatas, demarcada pelo elemento estrutural de Xambioá, de orientação



D- Arco Ferrer-Urbano Santos
E- Anfíclise de Xambioá
F- Alto do Rio Parnaíba

↕ Alto estrutural
↔ Baixo deposicional

Figura 3.4 – Estruturas de compartimentação no Mesozóico (segundo Góes, 1995).

leste-oeste, que de alto interno no Paleozóico passou a eixo deposicional no Mesozóico. Ainda é pouco estudada. Na Bacia de São Luís-Grajaú as unidades com idade entre Aptiano e Neocretáceo, compreendem as formações Grajaú, Codó, Itapecuru, Alcântara e Cojupe.

Para a compatibilização da terminologia local, baseada em datações bioestratigráficas elaboradas principalmente para as bacias da Margem Continental Leste (Feijó, 1994) e a geocronologia formal e internacional é apresentada a tabela de correlação do Cretáceo (Figura 3.5).

A tabela de síntese dos conceitos geocronológicos e litoestratigráficos, aplicada à sistematização dos eventos biológicos apresentada na Figura 3.6 reúne os dados das cartas cronolitoestratigráfica de Góes *et al.* (1990) e Góes & Feijó (1994), acrescidas de modificações de Lima & Campos (1980) e Rosseti *et al.* (2001).

3.5 Paleozóico

Do Ordoviciano/Siluriano ao Mississippiano, a sedimentação é clástica, predominantemente marinha, marcada por acentuada subsidência na borda leste com atuação da direção nordeste e noroeste.

PERÍODO	FORMAL ÉPOCA	IDADE	LOCAL
CRETÁCEO	SENONIANO		
	GÁLICO	CENOMANIANO	
		ALBIANO	ALAGOAS
		APTIANO	JIQUIÁ
		BARREMIANO	BURACICA
		HAUTERIVIANO	ARATU
	NEOCOMIANO	VALANGIANO	RIO DA SERRA
		BERRIASIANO	
		TITONIANO	DOM JOÃO
	JURÁSSICO		

Figura 3.5 – Geocronologia do Mesozóico, no Nordeste do Brasil (adaptado de Góes & Feijó, 1994).

Os sedimentos se iniciam com indicadores glaciais, intercalados com deposição marinha. Carozzi *et al.* (1975) descreveram três fases de superposição fluviomarinha com distributários deltaicos, e plataformas marinhas.

A influência das variações do nível do mar foi muito importante no controle da bacia, durante o Paleozóico. As interpretações estratigráficas permitiram identificar três seqüências deposicionais do Neopaleozóico (Della Fávera, 1990). A primeira seqüência, no Devoniano apresenta plataformas marinhas de tempestade. A segunda seqüência devono-mississippiana tem o primeiro intervalo transgressivo correspondendo à Formação Longá inferior e o segundo intervalo regressivo correspondendo ao topo da Formação Longá e à porção basal da Formação Poti. A terceira seqüência mississippiana corresponde ao topo da Formação Poti compreendendo um sistema transgressivo com lobos sigmoidais deltaicos e tempestíficos. Plataformas terrígenas apresentam eventual formação de pântanos e lagunas, em áreas batidas por tempestades (Lannuzzi, 1994).

No Pensilvaniano e Permiano há um dessecação geral da bacia. No Pensilvaniano, a sedimentação eólica é seguida de sedimentação marinha transgressiva (Formação Piauí). Os ambientes são de linha de costa mista clástica/carbonática, oscilante, intercalando zonas de restrição de evaporitos (Lima Filho, 1992; Lima Filho & Rocha Campos, 1993; Santos, 1994).

No Permiano ocorreu novo rebaixamento do nível de base com sedimentação eólica seguida por elevação do nível dos corpos aquáticos interiores em ambientes lacustres e evaporíticos (Formação Pedra de Fogo). Os ambientes quentes e áridos da Formação Motuca propiciaram a formação de evaporitos. Na sedimentação eólica, em região semi-desértica com dunas (Formação Sambaíba), data da possivelmente como Triássico, não foram evidenciados registros de atividade orgânica.

3.6 Distensão e Magmatismo Associados à Abertura do Atlântico

Góes (1995) propôs a denominação Anficlise de Alpercatas, para a unidade morfológica correspondente ao expressivo processo magmático, intrusivo e extrusivo, que ocorreu no Mesozóico. Esta denominação foi baseada na serra das Alpercatas de orientação ENE-WSW, localizada no estado do Maranhão.

MILHÕES DE ANOS	GEOCROLOGIA			LITOESTRATIGRAFIA	
	PERÍODO	ÉPOCA	IDADE		
100	CRETÁCEO	SENONIANO		COJUPE	
		GÁLICO	CENOMANIANO		ALCÂNTARA
ALBIANO				ITAPECURU	
			ALAGOAS		CODÓ/GRAJAÚ
APTIANO					
130			BAREMIANO	BURACICA	CORDA/PASTOS BONS
		NEOCOMIANO			SARDINHA
200		JURÁSSICO			MOSQUITO
		TRIÁSSICO			SAMBAÍBA
250			PERMIANO	NEO	TATARIANO
	KAZANIANO				
	UFIMIANO	PEDRA DE FOGO			
	EO			KUNGURIANO	
				ARTINSKIANO	
				SAKMARIANO	
	ASSELIANO				
	300	CARBONÍFERO	PENSILVANIANO	STEFANIANO VESTFALIANO	PIAUÍ
NAMURIANO					
350		MISSISSIPIANO	WISEANO TOURNAISIANO	POTI	
	DEVONIANO	NEO	FAMENIANO FRASNIANO	LONGÁ CABEÇAS PIMENTEIRA ITAIM	
MESO		GIVETIANO EIFELIANO			
EO		EMSIANO PRAGIANO LOKOVIANO			
400	SILURIANO	PRIDOLIANO LUDLOVIANO VENLOKIANO LANDOVERIANO		JAICÓS	
				TIANGUÁ IPU	

Figura 3.6 – Unidades geocronológicas e litoestratigráficas das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís (modificado de Góes et al., 1990 e Góes & Feijó, 1994).

O elemento tectônico de destaque é a Estrutura de Xambioá, de orientação leste-oeste. Situada no centro da Bacia, foi um alto interno durante o Paleozóico (Aguiar, 1969). No Mesozóico, a fragmentação do Pangea modificou o arcabouço tectônico da bacia, passando a Estrutura de Xambioá a compor um novo eixo deposicional (Hasui *et al.*, 1991), alterando localmente as conformações dos estratos.

A conceituação de anfíclise proposta por Góes (1995) é restrita para as rochas derivadas do vulcanismo fissural. São os derrames da Formação Mosquito, do Triássico-Jurássico, situados na borda oeste da bacia, e as soleiras e os diques de diabásio da parte oriental, equivalentes no tempo à Formação Sardinha, do Eocretáceo (Lima & Leite, 1978).

Os derrames basálticos intercalam sedimentos que alguns autores atribuem à Formação Corda. Santos *et al.* (1984) citam que o contato superior dos basaltos com a Formação Corda é discordante e marcado por uma superfície de erosão acentuada.

3.7 Subsidiência Relacionada ao Rifte Atlântico

Pela fragmentação do bloco afro-brasileiro e desenvolvimento da Margem Continental Leste do Brasil, foram diferenciadas, na Bacia Recôncavo-Tucano e em outras bacias marginais, quatro seqüências sedimentares (Asmus, 1984).

Fase pré-rifte;	seqüência de continente, no final do Jurássico;
Fase rifte;	seqüência de lagos, no Cretáceo Inferior basal.
Fase pós-rifte;	seqüência de golfo, de idade Alagoas, no estágio de proto-oceano;
Seqüência de mar;	após o Albiano, evolução do oceano Atlântico.

Com a progressiva abertura do Atlântico Sul, o deslocamento do continente para oeste, e a rotação horária do pólo, os esforços criaram pequenas bacias em grabens nas zonas do embasamento (Sztatmari *et al.*, 1987), durante o Cretáceo Inferior. A geração de baixos deposicionais, com sedimentação subaquática propiciou a expansão das manifestações de vida, com o evento biológico representado pela freqüente ocorrência de conchostráceos e uma associação de peixes.

A composição da fauna de peixes da seqüência sedimentar de lagos é formada por grupos de características arcaicas, que derivaram do Jurássico

marinho do hemisfério norte e migraram para ambientes lacustres. A Bacia Recôncavo-Tucano abrigou a maior variedade de representantes, nos quais os *Lepidotes* (Semionotidae) são os mais numerosos. O gênero ocorre na Bacia do Parnaíba e em outras bacias cretácicas interiores. Seu aparecimento assim como a freqüente ocorrência dos conchostráceos é um evento biológico relacionado aos eventos geológicos de abertura da Margem Leste do Atlântico e ao estabelecimento de conexões entre bacias (Carvalho & Santos, 1994).

A Formação Pastos Bons, pelo conteúdo em peixes fósseis era considerada de idade jurássica, e como tal situada estratigraficamente entre os derrames Mosquito e os diabásios Sardinha. Posteriormente, as formações Corda e Pastos Bons foram consideradas de mesma idade por seus invertebrados fósseis (Lima & Leite, 1978). A datação por palinórfos da Formação Pastos Bons no Andar Buracica, revelam uma posição no Cretáceo Inferior-Barremiano (Lima & Campos, 1980).

Os sedimentos Pastos Bons preenchem as depressões dos grábens alinhados sobre a antiga área do Arco de Xambioá e a Anfíclise de Alpercatas (Góes, 1995). Extravasam seus limites e recobrem discordantemente as formações paleozóicas Poti, Piauí, Pedra de Fogo e Motuca. Em ambiente de baixa energia, conservam as faunas de peixes e de conchostráceos. São correlacionáveis com as faunas que ocorrem nas bacias interiores, e na Margem Continental Leste.

As formações Pastos Bons e Corda são colocadas na Bacia do Grajaú, até que novas pesquisas detalhem a geologia da área.

No Aptiano-Albiano, a ruptura do Gondwana propiciou o desenvolvimento da Margem Atlântica Sul Equatorial. A ela estão associadas as pequenas bacias marginais, um sistema de riftes costeiros e a evolução estrutural do Arco Ferrer-Urbano Santos (Rezende & Pamplona, 1970 e Miura & Barbosa, 1972).

O arqueamento do Alto Rio Parnaíba e do Arco de Xambioá comportando-se como uma antéclise, propiciou o soerguimento da área central, delimitando uma nova área de subsidiência. Góes (1995) a definiu como a Bacia de Grajaú, com o limite norte do Arco Ferrer - Urbano Santos, separando as bacias de São Luís e Barreirinhas. O preenchimento foi efetuado com depósitos eólicos e marinhos do Aptiano/Albiano das formações Grajaú e sedimentos fluviais e estuarinos do Albiano da Formação Itapecuru.

A Bacia de São Luís é associada ao sistema de riftes costeiros e delimitada pelos Arco do Rosário a

leste, Arco Ferrer-Urbano Santos a sul e Arco Tocantins a leste. A depressão formada a partir do Aptiano foi preenchida por sedimentos das formações Codó e Grajaú e no Albiano pelos sedimentos da Formação Itapecuru. Durante o Cenomaniano a Bacia de São Luís evoluiu com sedimentação marinha rasa, e seu preenchimento continuou até o Terciário (Aranha *et al.*, 1990). Nos sedimentos de cobertura da parte emersa da Bacia de São Luís datados no Cenomaniano, ocorrências de fósseis são registradas na região de litoral, em torno da baía de São Marcos. Compreendem faunas marinhas e terrestres e floras terrestres.

Rossetti & Truckenbrodt (1999) apresentaram uma nova nomenclatura estratigráfica para a Bacia de São Luís. Na base colocaram a Formação Codó, com idade aptiana. Considerando que o termo Itapecuru englobava várias unidades, elevaram-nas à categoria de Grupo Itapecuru. Está dividido em Unidade Indiferenciada (Albiano), Formação Alcântara do Albiano Superior ao Cenomaniano e Formação Cojupe do Turoniano ao Paleoceno.

Em trabalho posterior, Góes & Rossetti (2001) interpretaram que a sedimentação entre as bacias de Grajaú e São Luís era contínua, denominando a área como Bacia São Luís-Grajaú. A nova nomenclatura foi aplicada para as áreas da bacia do Grajaú.

No estudo dos eventos biológicos, que são os elementos operacionais de correlação aplicados na estratigrafia de eventos (Kauffman, 1987), o uso desta nomenclatura estratigráfica apresentou algumas dificuldades. Como os bioeventos representam a resposta biológica à dinâmica de mudança em intervalos de tempo determinados, devem ter uma posição estratigráfica definida.

A primeira dificuldade é referente ao Cretáceo. Rossetti *et al.*, (2001) e Paz & Rossetti (2001) concluíram que havia duas seqüências deposicionais da região de Codó, separadas por uma descontinuidade de caráter regional. A unidade inferior neoaptiana era correspondente à descrição original de Lisboa (1914), para a Formação Codó. Colocaram a unidade superior na Unidade Indiferenciada, que

tem predominância de sedimentação clástica, situando-a na base do Grupo Itapecurú, datada no Meso/Neoalbiano.

Os peixes fósseis que ocorrem em carbonatos na região de Codó e Brejo caracterizam dois eventos biológicos correlacionáveis com os que ocorrem em carbonatos nos membros Crato e Romualdo da Formação Santana.

No primeiro evento do Aptiano, os fósseis do calcário laminado são mantidos na Formação Codó, e são correlacionados ao Membro Crato da Formação Santana. Estão de acordo com o trabalho de Paz & Rossetti (2001).

O segundo evento datado do Albiano, é representado pela característica e diversificada fauna de peixes, idêntica à do Membro Romualdo, Formação Santana, da Bacia do Araripe, e Formação Riachuelo da Bacia Sergipe/Alagoas. Ocorrem em carbonatos, e na Bacia do Araripe são interpretados como ocorrentes uma superfície de inundação marinha (Ponte & Ponte-Filho, 1996). Como não estão registrados por Rossetti *et al.* (2001) e Paz & Rossetti (2001), são mantidos como unidade superior da Formação Codó, até que novos estudos definam as nomenclaturas estratigráficas mais apropriadas.

A outra observação é referente ao uso da denominação de Formação Itapecuru para a área geográfica de Itapecuru-Mirim. Como a Formação Itapecuru é uma unidade operacional de mapeamento reconhecida e utilizada nos trabalhos da área, com precisão superior à denominada Unidade Indiferenciada, foi mantida no presente estudo.

Os trabalhos que estão sendo realizados na região do rio Itapecuru, por pesquisadores da UFRJ, desde 1990, visam entre seus objetivos, o estudo de fósseis associados à seção-tipo da Formação Itapecuru no sentido definido por Campbell (1949). Nesta área, e em níveis estratigráficos foram registrado organismos de ambiente continental: vertebrados e invertebrados.

Na pequena área em estudo, os sedimentos de cobertura da Bacia de São Luís, datados Cenomaniano são enquadrados na Formação Alcântara.

4

ANTIGOS ECOSISTEMAS

A metodologia para a reconstituição de antigos ecossistemas, foi estabelecida por técnicas pertencentes às disciplinas de Estratigrafia e Paleontologia. As concepções são de Análise de bacias e Paleobiologia, constituídas por interpretações sistêmicas, com a visualização das relações de interdependência entre os fenômenos naturais.

A pesquisa das manifestações de vida no passado geológico visou a obtenção de modelos adequados aos eventos geológicos e biológicos ocorridos na Bacia. As metodologias integram o reconhecimento de processos da evolução da crosta terrestre e da Biosfera.

4.1 Reconstituição de Antigos Ecossistemas

Para o estudo das associações de faunas e floras, os intervalos de tempo foram fundamentados em tabelas cronoestratigráficas fornecidas por microfósseis.

Durante o trabalho, ficou evidenciado que havia uma relação dos marcos de tempo, faunas e floras evolutivas e eventos biológicos com as variações

do nível do mar. Os fósseis, enfocados como manifestações pretéritas de atividade dos organismos vivos, foram objeto de organização classificatória, da paleoecologia e da tafonomia. Foram estudados por eventos biológicos, tais como morte rápida, sucessão de comunidades, evolução pontuada, evolução explosiva e colonização rápida.

A análise sedimentológica, essencial para estabelecer as interações entre os componentes bióticos e abióticos dos antigos ecossistemas, forneceu os parâmetros das condições físicas do local onde os organismos viveram e/ou foram enterrados.

No passado geológico, as flutuações do nível do mar exerceram ação direta na diversidade biológica das bacias. Mantiveram correlações com a ocorrência de organismos marinhos e cadeia de energia de produtores e consumidores terrestres, pela influência exercida nos climas continentais, na formação de solos e na vida vegetal.

Sedimentos e fósseis dão as inferências sobre ambientes continentais e marinhos, linhas de costa, batimetria, paleotemperaturas, paleoclimas, afinidades florísticas e faunísticas e províncias paleobiogeográficas.

4.2 Coleta de Dados

As informações foram inicialmente recuperadas em projetos desenvolvidos pela CPRM, complementadas com a bibliografia especializada e atualização de conceitos.

As interpretações de Estratigrafia e Paleontologia, apresentam para as unidades cronoestratigráficas e litoestratigráficas um arcabouço básico com os dados estratigráficos, compilados de mapas-base, na escala 1: 2.500.000 (Schobbenhaus *et al.*, 1981) e mapas geológicos na escala 1: 250.000 e 1: 1.000.000 (Lima & Leite, 1978) e as seqüências e sistemas deposicionais (Della Fávera, 1990; Chang *et al.*, 1990b; Ponte, 1994).

Para a elaboração das listagens das localidades fossilíferas e respectivos mapas, foram consultados os registros de ocorrências em bibliografia nacional e internacional, dados do Projeto “Localidades Fossilíferas”, do DNPM, e a BASE-PALEO, a Base de Dados Paleontológicos da CPRM.

A compilação de dados paleontológicos incluiu os aspectos descritivos e classificatórios dos fósseis. Os exemplares estudados e fotografados são na maior parte pertencentes às coleções do Instituto de Geociências e do Museu Nacional da UFRJ e do Museu de Ciências da Terra do MME. As pesquisas de campo foram realizadas no centro do estado do Maranhão em 1990, com um auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), e na região leste e centro da Bacia, no estado do Piauí e no Maranhão, em 1993, com financiamento da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

4.3 Métodos Estratigráficos

Para os modelos de antigos ecossistemas, que ilustram os eventos da Bacia do Parnaíba, o arcabouço estratigráfico é composto por uma matriz disciplinar (Vera Torres, 1994). As unidades são hierarquizadas das maiores para menores em: seqüência deposicional, sistema deposicional, elemento deposicional, associação de fácies e fácies (Figura 4.1).

4.3.1 Seqüências Depositionais

As seqüências deposicionais são conjuntos de rochas, delimitadas por superfícies isócronas, representadas por descontinuidades, que são eventos de natureza física, química e biológica. Referen-

ciam as variações do nível do mar, em linhas de tempo que permitem as correlações cronoestratigráficas, em escala mundial, regional e local.

A atuação de fatores como elevação eustática, subsidência regional e razão de sedimentação devem ser diferenciadas. Eustasia e subsidência combinadas produzem as variações relativas do nível do mar.

4.3.2 Sistemas Depositionais e Análise de Fácies

O conceito e os modelos de sistemas deposicionais foram introduzidos por Fisher & Brown (1972). Um sistema deposicional antigo é definido como uma associação tridimensional de fácies sedimentares unidas geneticamente por ambientes sedimentares inferidos e processos deposicionais. É uma interpretação holística das rochas, baseada em análogos modernos. A unidade fundamental é a fácies, definida em termos de composição, litologia, geometria, e outras características relacionadas aos processos deposicionais.

Para a análise de fácies, em perfis verticais e correlações laterais os critérios são variáveis. Selley (1970) cita os parâmetros para sua determinação: geometria, litologia, estruturas sedimentares, paleocorrentes e fósseis.

A identificação dos processos físicos que fornecem as informações básicas para a interpretação da deposição é obtida pelo estudo das estruturas sedimentares primárias, orgânicas e inorgânicas. As estruturas sedimentares são basicamente as feições de superfície de deposição e as de acamamento, incluindo as marcas de superfície, formas de acamamento, geometria das camadas, estruturas de bioturbação e deformação penecontemporânea.

4.4 Paleobiologia

A Paleobiologia é um sistema conceitual desenvolvido para a pesquisa das influências dos paleoambientes nos processos evolutivos. São conceitos para o estudo da Biosfera Evolutiva durante os tempos geológicos passados, e envolve fatores responsáveis pela existência, diversidade, evolução e distribuição dos organismos.

Como sistema aberto admite diferentes enfoques de organização temática, para recuperar os possíveis significados biológicos das mudanças evolutivas. Os dados foram analisados seguindo uma adaptação da organização de Briggs & Crowther (1990).

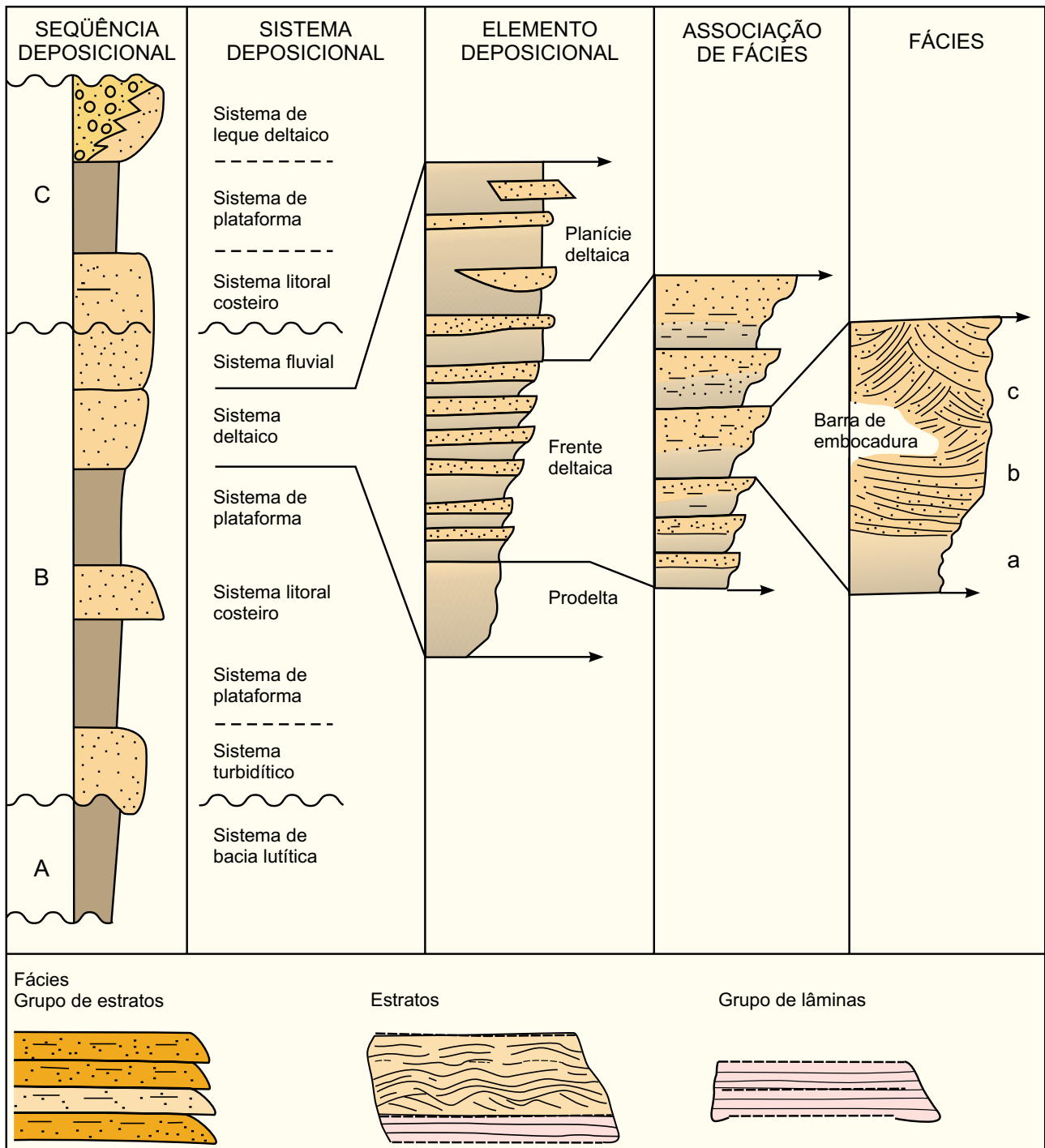


Figura 4.1 – Matriz disciplinar do arcabouço estratigráfico (Vera Torres, 1994).

4.4.1 Eventos na História da Vida

A elaboração das tabelas cronoestratigráficas, historicamente, está baseada em evoluções biológicas, marcadas por extinções e/ou inovações, isto é, o desaparecimento ou o aparecimento de grupos taxonômicos.

No decorrer do século 19, os cientistas associaram as sucessões dos registros fóssilíferos com a seqüência de tempo geológico. Os intervalos mais longos que definem o Paleozóico, o Mesozóico e o Cenozóico foram reconhecidos por representar fenômenos de caráter mundial, como extinções em massa e/ou inovação de grupos taxonômicos de hierarquia superior, como classes e ordens.

As mudanças evolutivas ao nível de gênero e família, estão compreendidas por dezenas a centenas de milhões de anos e delimitam os períodos geológicos. Os andares são os intervalos de tempo mais curtos, caracterizados por menores mudanças de fauna e flora.

O reconhecimento de fósseis distintivos possibilitou as correlações das unidades estratigráficas em diferentes locais. Contribuiu para a elaboração das histórias evolutivas dos grupos pertencentes às divisões do mundo orgânico (Ziegler, 1983), com os representantes da flora (Figura 4.2) e da fauna (Figura 4.3).

Nas últimas décadas, os trabalhos desenvolvidos relacionam a evolução dos seres vivos com os processos da crosta terrestre (Holland & Trendall, 1984; Eisele & Seilacher, 1982; Bayer & Seilacher, 1985).

As grandes extinções e inovações ocorridas nas passagens das eras geológicas correspondem a fatores geológicos reconhecidos como mudanças de longo termo: as derivas de continentes e as variações globais do nível do mar. Os eventos de menor duração registrados nos estratos refletem os diferentes estágios de isolamento nas bacias. As mudanças definem respostas ecológicas locais. Correspondem às substituições de espécies e gêneros, que acompanham os processos evolutivos através do tempo geológico.

Na Bacia do Parnaíba as mudanças tectônicas e as variações globais do nível do mar que causaram a abertura ou o fechamento das passagens marinhas e conexões interiores estão evidentes. Os biótopos foram criados e/ou destruídos, propiciando a colonização dos novos organismos, ou sua substituição nas comunidades. Estas correlações entre os eventos geológicos e biológicos são sistematizadas na Figura. 4.4.

Em nível global, correlacionam a evolução dos continentes que estimulam as maiores mudanças nos processos evolutivos, principalmente aquelas observadas em níveis taxonômicos superiores. No nível regional, trata da interpretação e correlação de bacias, as adequações ecológicas dos grupos, aberturas ou extinção dos biótopos.

Deslocamentos de linhas de costa são muito importantes e em geral as categorias taxonômicas dão as respostas evolutivas abaixo de famílias. Corresponde aos gêneros endêmicos. Em nível local, relaciona os organismos com o paleoambiente, através do estudo da estrutura de uma comunidade fóssil.

4.4.2 Processos Evolutivos

Os eventos biológicos ou bioeventos são definidos por Walliser (1986) como as mudanças nas faunas e floras, motivadas por processos evolutivos de inovação, radiação, rápida distribuição geográfica e extinção.

Seus estudos relacionam os processos geológicos, correspondentes à criação ou a mudanças nos ecossistemas, que levaram ao aparecimento ou desaparecimento de grupos de organismos, e estabelecem as correlações com os eventos de natureza física e química.

De acordo com Kauffman (1986), os eventos biológicos são analisados e interpretados em três escalas:

- em nível global, quando correlacionados à evolução dos continentes, estimulando as maiores mudanças em processos evolutivos. São observados principalmente, nos níveis taxonômicos superiores.
- em nível regional, na interpretação de uma bacia, ou correlação entre bacias, os processos evolutivos e as adequações ecológicas são analisados em função de aberturas ou extinção dos biótopos. Em geral, as respostas evolutivas são nas categorias de família, gênero e espécie.
- em nível local, quando a estrutura de uma comunidade fóssil é estudada relacionando os organismos com os paleoambientes.

4.4.3 Paleocologia e Tafonomia

As regiões da Biosfera, onde estão consubstanciados os processos biológicos, físicos e químicos constituem os ecossistemas, estudados pela Ecologia (Figura 4.5).

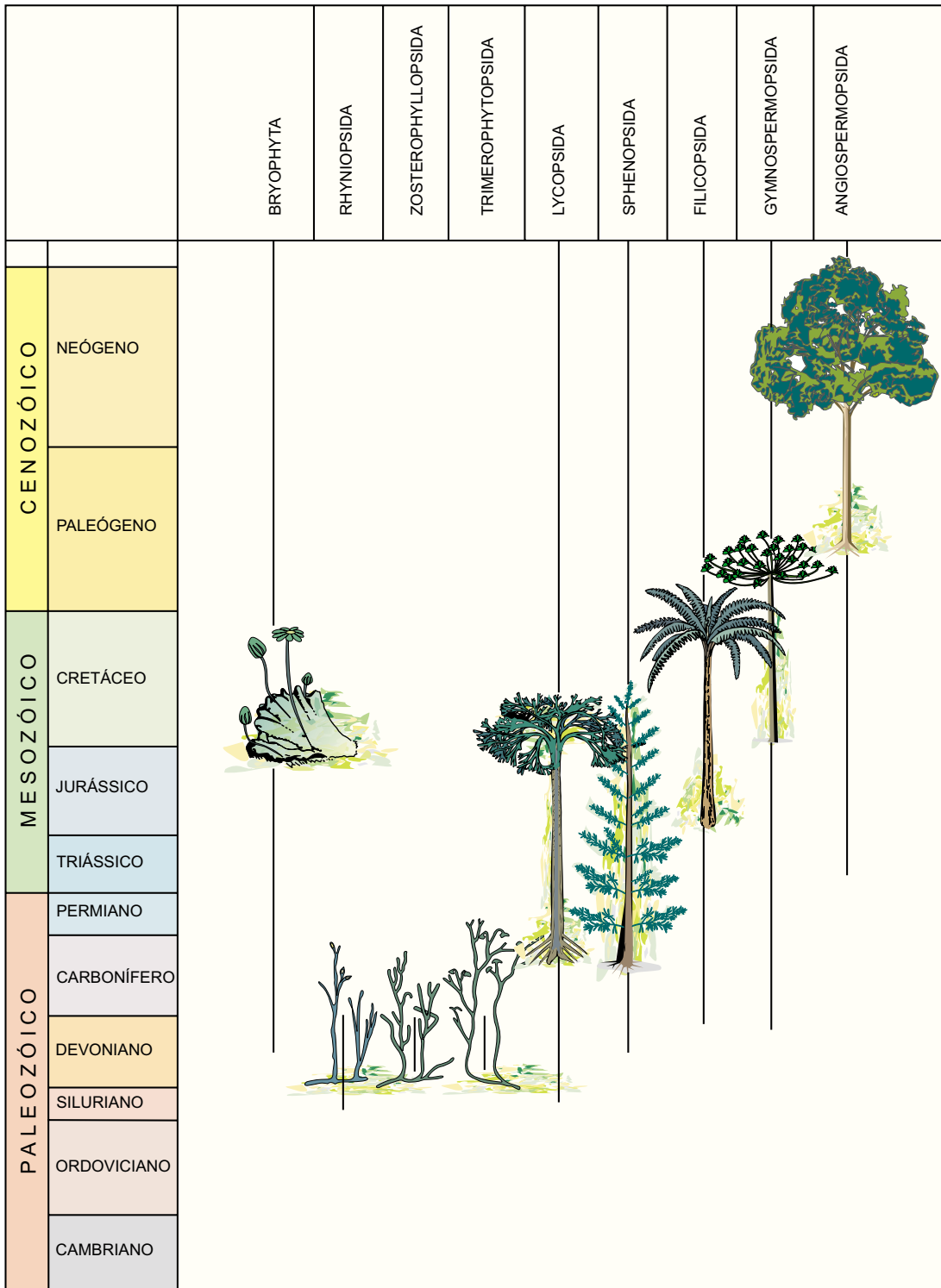


Figura 4.2 – Distribuição estratigráfica das plantas fósseis (Santos, 1992).

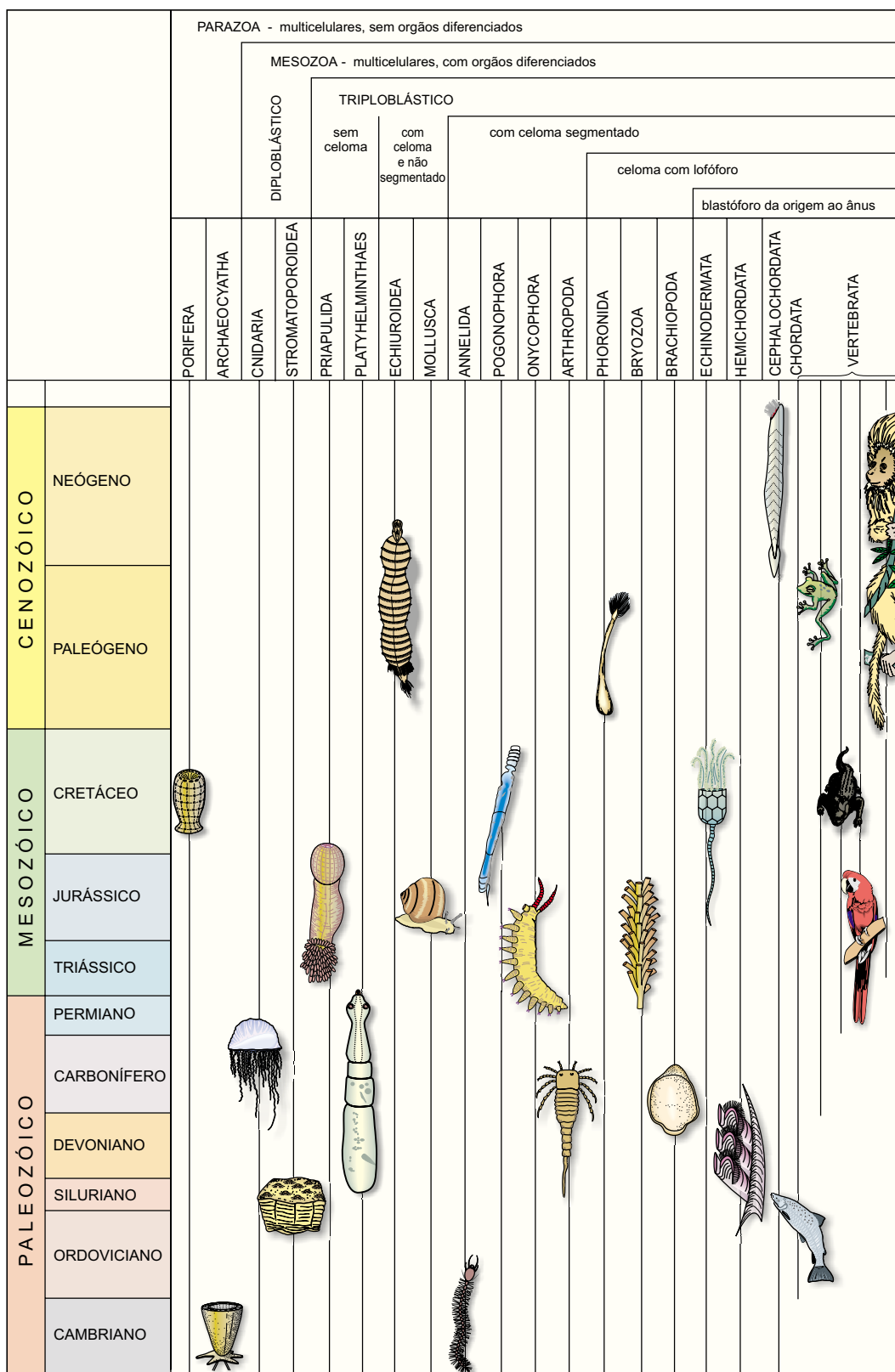


Figura 4.3 – Distribuição estratigráfica dos animais fósseis (Santos, 1992).

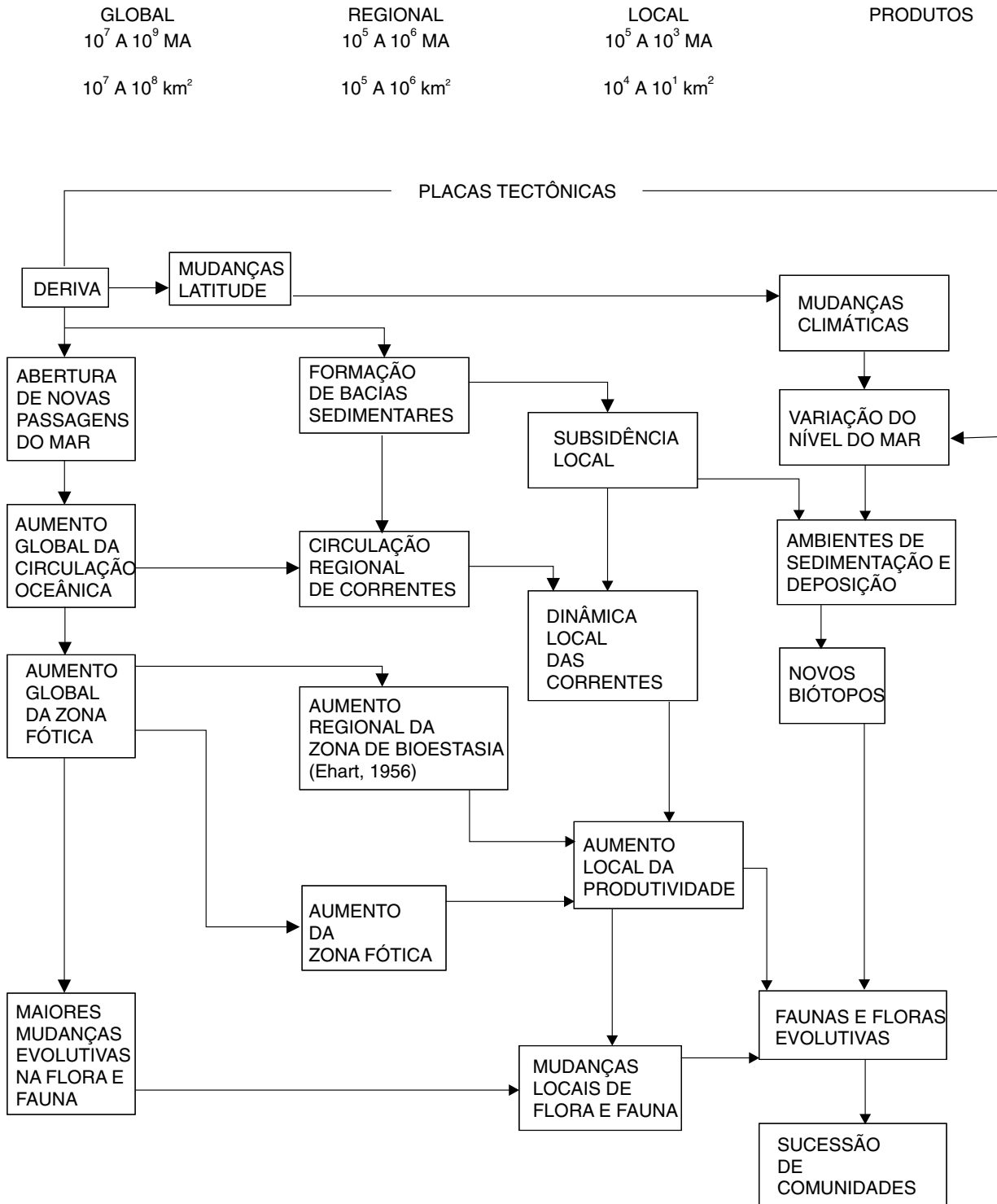


Figura 4.4 – Correlações entre eventos geológicos e biológicos (modificado de Santos, 1992).

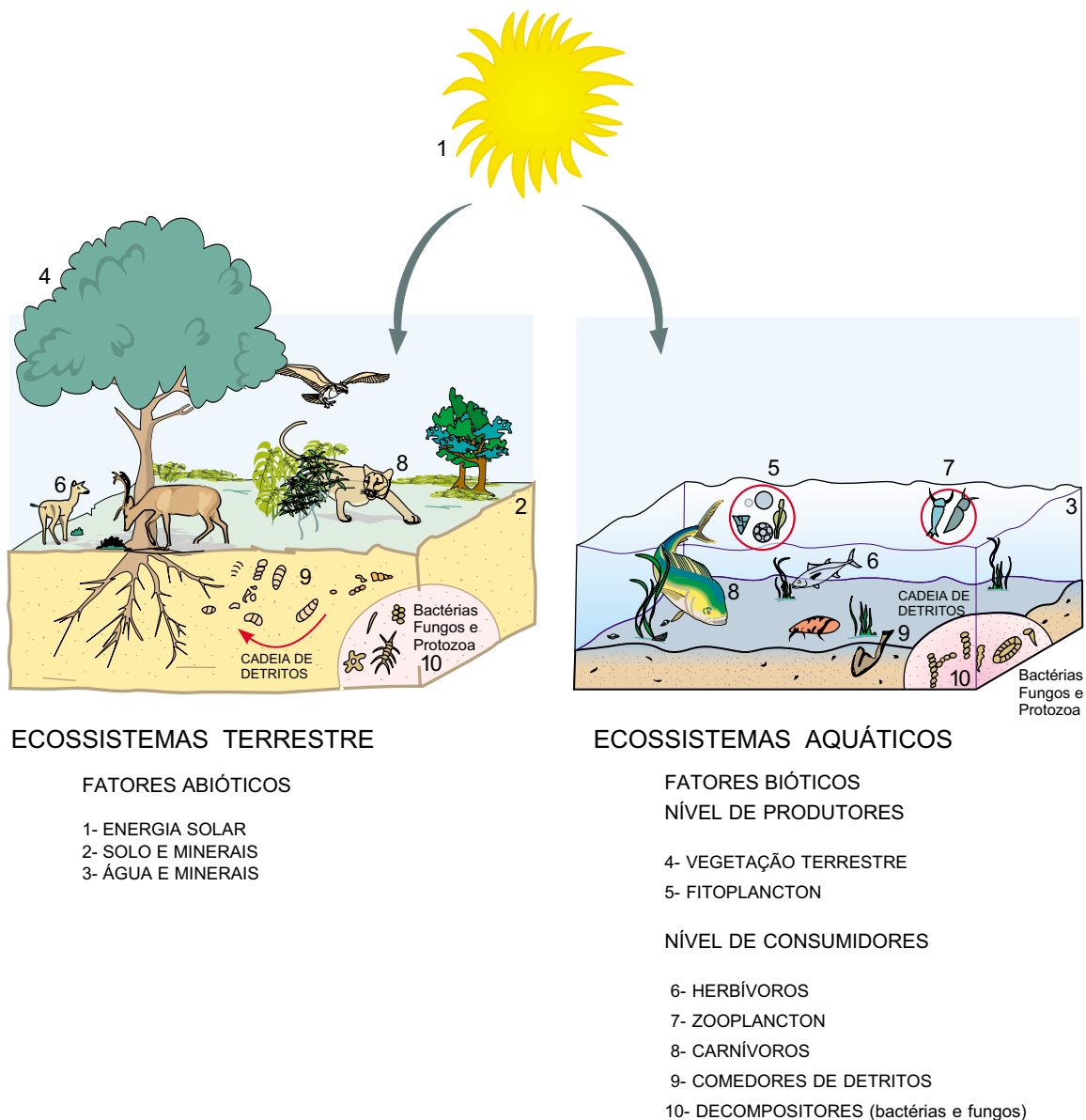


Figura 4.5 – Estruturas gerais de ecossistemas terrestres e aquáticos (Odum, 1969).

A Paleoecologia tem por objetivo a pesquisa de relações entre os organismos fósseis e os ambientes de vida, em idades passadas. É uma escola de trabalho diretamente desenvolvida dentro da filosofia do Atualismo, como descrito em vários textos básicos. As inferências paleoecológicas enfocam as relações entre organismos e ambientes no registro fóssil, ao nível de espécies individuais e grupos taxonômicos. Identificam a morfologia construcional, as características das fácies e das assembléias fósseis, com observações sobre os hábitos de vida, como habitat, alimentação, respiração e reprodução (Figura 4.6).

Na maioria dos textos de Paleobiologia, a Paleocologia e a Tafonomia se complementam. A Tafonomia é definida como a identificação dos processos de fossilização, nos três estágios: morte, enteramento e diagênese (Figura 4.7).

Outros aspectos das relações da Tafonomia são investigados por Fernández López (1986-87) de escola independente situada na Península Ibérica, com dois subsistemas conceituais: Paleobiologia e Tafonomia.

A Paleobiologia é integrada pelas Paleocologia, Paleobiogeografia e Paleontologia Evolutiva, e se baseia na Neontologia e Tafonomia.

A Tafonomia se ocupa das mudanças que as entidades experimentaram na litosfera, desde sua produção biogênica até os dias atuais, com dois subsistemas conceituais – a Bioestratinomia e a Fossildiagênese.

A Bioestratinomia é a parte que se ocupa dos processos sofridos pelos organismos após sua morte, até seu enterramento final, segundo o conceito clássico, ou até o enterramento inicial, segundo Fernandes López.

A Fossildiagênese compreende os processos sofridos pelos organismos conservados após seu enterramento inicial. Assim como uma unidade produzida pode não chegar a ser conservada, também uma conservada pode não chegar a ser registrada.

A Tafonomia é baseada na Paleobiologia, na Estratigrafia e na Petrologia.

MORFOLOGIA	
abordagem filogenética	
abordagem construcional	
coevolução	
COMPOSIÇÃO DAS PARTES DURAS	
ISOLADOS	
POPULAÇÕES	
MODOS DE VIDA	
AQUÁTICOS	
PLANCTÔNICOS	
NECTÔNICOS	
BENTÔNICOS isolados	
coloniais	
recifes	
estromatólitos	
encrustantes	
TERRESTRES	
ANIMAIS	
PLANTAS	
MODOS DE NUTRIÇÃO	
MICRÓFAGOS	em suspensão
	infauna e epifauna
	em depósito
	epifauna
HERBÍVOROS	pastadores
ESCAVADORES	
CARNÍVOROS	
PREDADORES	
COMPORTAMENTO - icnofósseis	
ESTRUTURAS BIOGÊNICAS	
(segundo Frey & Pemberton, in Walker, 1984)	
BIOEROSÃO	perfuradores
BIOESTRATIFICAÇÃO	estromatólitos
BIOTURBAÇÃO	escavadores
BIODEPOSIÇÃO	pelotas fecais

Figura 4.6 – Tópicos da Paleoecologia (Santos, 1992).

As disciplinas são a Tafonomia Funcional que é o estudo do comportamento funcional dos organismos e das relações entre eles e seus respectivos ambientes. A Tafogeografia é o estudo da distribuição geográfica dos organismos. A Tafonomia Evolutiva considera que os objetos investigados são sistemas organizados que puderam sofrer processos evolutivos e são susceptíveis de integração em sistemas mais complexos. A fossilização é vista como uma destruição seletiva da variabilidade paleobiológica e implica na perda desta informação.

A fossilização é uma seqüência sistemática e evolutiva de uma produção biogênica e tafogênica. A fossilização aumenta a informação tafonômica. Os sistemas tafonômicos são constituídos por componentes inter-relacionados nos quais devem ser observados a composição, a estrutura e o ambiente externo.

Os fósseis não são entidades paleobiológicas, embora eles contêm informações paleobiológicas que foram produzidas no passado. Os fósseis são as entidades conservadas, devidas à produção biogênica, isto é, a processos tafonômicos/paleoecológicos.

Entidades previamente produzidas e conservadas podem desaparecer ou ser destruídas. Porém, se sofrem ação de processos de fossilização estas entidades são registradas. Constituem as evidências observáveis de entidades paleobiológicas.

1 MORTALIDADE	
3 REGISTRO DOS COMPONENTES ORGÂNICOS	
3 DURABILIDADE DAS PARTES DURAS	
4 DESINTEGRAÇÃO	- INVERTEBRADOS
	- VERTEBRADOS
	- PLANTAS
5 TRANSPORTE	Formação das assembléias fósseis
6 ENTERRAMENTO	RÁPIDO “obtution”
	concentração
	estagnação
7 DIAGÊNESE	CARBONATOS
	PIRITA
	FOSFATOS
	CARVÕES
8 PRESERVAÇÃO	LANGERSTATTEN FÓSSEIS
	PLANTAS FÓSSEIS

Figura 4.7 – Principais aspectos da Tafonomia (Santos, 1992).

O básico para o estudo da Tafonomia Evolutiva, é a parte prática de reconhecimento dos três estados de preservação como fóssil :

- acumulação - quando a produção biogênica cai no substrato, produzindo restos ou traços . Neste processo não há transporte;
- ressedimentação - é o deslocamento no substrato, antes que os elementos preservados sejam enterrados (com ou sem transporte);
- reelaboração - exumação e deslocamento no substrato, depois do enterramento dos elementos preservados (com ou sem transporte)

Outro aspecto é referente às relações espaciais entre entidades biológicas, preservadas e registradas: As entidades paleobiológicas podem ser:

- eudêmicas vivem e se reproduzem na área;
- miodêmicas vivem e não se reproduzem na área;
- paradêmicas não se reproduzem na área e sofreram transporte;
- adêmicas são encontradas fora da área

As entidades conservadas podem ser: autóctones quando encontradas no mesmo local onde foram produzidas ou alóctones quando foram transportadas lateralmente, do local onde foram produzidas.

As entidades registradas são:

- in situ quando estão em situação original;
- ex situ quando foram transportadas para uma nova situação estratigráfica.

4.4.4 Classificação Sistemática e Distribuição Estratigráfica dos Peixes nas bacias do Parnaíba, Grajaú, São Luís e Nova Iorque

O desenvolvimento dos peixes das águas de antigos mares e rios até a terra significou um dos maiores eventos na evolução da vida. Eles evoluíram como as primeiras criaturas a terem um esqueleto, tornando-se ancestrais de todos os vertebrados: anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Alguns grupos de peixes estranhos e diferentes evoluíram no início da Era Paleozóica mas não tiveram sucesso e grande parte desta história estava localizada nas águas do antigo supercontinente Gondwana sendo que muitos dos mais bem preservados peixes fósseis ocorrem em algum lugar remanescente desse continente, como a América do Sul, África, Índia, Austrália e Antártica (Long, 1995).

Na Bacia do Parnaíba, os primeiros representantes de vertebrados fósseis foram os peixes Chondrichthyes, que apareceram no Devoniano Médio da Formação Pimenteira. Posteriormente a fauna de peixes se distribuiu do Carbonífero Inferior (For-

mação Poti), Permiano Inferior (Formação Pedra de Fogo) e Cretáceo Inferior da Bacia do Grajaú (formações Pastos Bons, Codó e Itapecuru) com ocorrências também no Plioceno da Bacia de Nova Iorque.

Na Bacia de São Luís peixes Chondrichthyes e Osteichthyes são distribuídos no Cretáceo Superior, Cenomaniano da Formação Alcântara.

Os fósseis são considerados membros de unidades biogeográficas e paleoecológicas cuja evolução pode ser observada por série de ambientes. Estes conceitos foram aplicados por Boucot (1971, 1974, 1990b) para estudos de Ecoestratigrafia. Peixes fósseis são bons elementos para a correlação das seqüências sedimentares das bacias do Cretáceo do Nordeste do Brasil. Há uma bem marcada sucessão de faunas, nas fases diferenciadas como lagos, golfo e mar aberto (Asmus, 1975). O diversificado registro fóssil dos peixes permite correlações entre bacias costeiras e interiores, relacionando as associações faunísticas com os paleoambientes.

Pelos conceitos de estratigrafia por eventos, na correlação pelas variações do nível do mar, as interações entre os processos sedimentares e respostas biológicas vão desde o tipo de lagos, golfo a bacias em mares de plataforma na margem continental e mares epicontinentais. As aplicações são realizadas pelos estudos de eventos biológicos relacionando os processos geológicos e levando a mudanças de ecossistemas, que por sua vez, conduzem ao aparecimento de um determinado grupo de organismos.

Não existe um táxon "Pisces": são incluídas neste conceito, formas fósseis e atuais, marinhas e de água doce, de animais pertencentes a três grandes grupos: Hyperotreti, Hyperoartia e Gnathostomata (Janvier, 1996).

Os Hyperotreti (peixes-bruxa ou mixinas) e os Hyperoartia (lampreias) são desprovidos de maxilas (agnatas) e de apêndices pares. As formas atuais possuem esqueleto predominantemente cartilaginoso e conservam a notocorda, eixo de sustentação corporal que surgiu nos primeiros Chordata. As formas fósseis, com exoesqueleto ósseo, eram anteriormente incluídas entre os "ostracodermos". Alguns podiam alcançar 1m de comprimento, mas na maioria eram pequenos, com 10 a 20cm. Habitavam águas doces e salgadas, e eram geralmente bentônicos, filtrando o lodo para se alimentar. A impossibilidade de triturar alimentos foi o maior fator contra seu desenvolvimento. O representante mais antigo foi assinalado, com dúvida, no Neocambria-

no dos Estados Unidos, e no Neodevoniano o grupo começou a declinar, extinguindo-se. Não há registro fóssil no Brasil.

No final do Ordoviciano, algumas modificações surgiram nos dois primeiros arcos branquiais, dando origem às maxilas dos Gnathostomata. Com o aperfeiçoamento da maxila e dos dentes, os mecanismos de alimentação diversificaram-se, surgindo, então, os predadores. Além disso, o desenvolvimento de nadadeiras pares permitiu que a natação rápida substituísse o hábito sedentário, auxiliando ainda mais a predação. O grupo dos Gnathostomata engloba os Placodermi, um grupo extinto sem representantes fósseis no Brasil, os Chondrichthyes, os Acanthodii e os Osteichthyes.

Os Chondrichthyes (tubarões, raias e quimeras) possuem esqueleto formado por cartilagem e com uma outra cobertura de cartilagem calcificada prismática (*tesserae*), estruturas de difícil preservação. Excepcionalmente, pode ocorrer esta preservação como em exemplares encontrados na Chapada do Araripe. Na maioria das vezes, são registrados dentes e espinhos. Entre os mais antigos representantes estão escamas de tubarões do Ordoviciano dos Estados Unidos e do Siluriano da Mongólia, com idade entre 450 e 420 milhões de anos, respectivamente.

Os Acanthodii são grupo-irmão dos Osteichthyes formando um grupo denominado Teleostomi. Algumas sinapomorfias de Teleostomi são boca em posição terminal, duas fissuras neurocranianas e a presença de otólitos. Possuíam espinhos em todas as nadadeiras, exceto a caudal, e o corpo coberto por pequenas escamas. Viveram do Eosiluriano ao Permiano, a maioria em ambientes marinhos.

Os Osteichthyes constituem os vertebrados aquáticos dominantes durante os últimos 180 milhões de anos. Possuem endoesqueleto ósseo e são divididos em dois grupos: Actinopterygii e Sarcopterygii. A principal diferença reside no esqueleto das nadadeiras, que nos Actinopterygii são radiadas e nos Sarcopterygii, lobadas. As radiadas são formadas por longos raios dérmicos suportados em sua base por uma série de pequenos ossos, em geral quatro, denominados radiais. As lobadas possuem um único elemento ósseo que se articula com as cinturas. Os primeiros representantes dos Actinopterygii foram encontrados no Siluriano Superior da Rússia e China. Este grupo inclui a grande maioria dos peixes ósseos atuais, os Teleostei. Os Sarcopterygii surgiram no Devoniano e englobam além de todos os tetrápodos, outros grupos de peixes, a

maioria extintos. Os atuais estão representados por quatro gêneros: o Actinistia *Latimeria*, marinho e os Dipnoi, dulcícolas, *Protopterus*, *Lepidosiren* e *Neoceratodus*.

O sistema de classificação que estabeleceu as regras de uma nomenclatura binominal para animais e plantas foi introduzido pelo naturalista sueco Carolus Linnaeus, no século XVIII, e é até hoje usado universalmente. Com base em níveis hierárquicos, como reinos, classes e ordens, consta sempre de dois nomes para cada espécie, o primeiro designando o nome genérico e o segundo o nome específico.

Atualmente os trabalhos de classificação dos exemplares são efetuados por um sistema criado em 1966 pelo entomólogo alemão Will Henning. A escola classificatória de Sistemática Filogenética, ou Cladismo propõe um método que estabelece relações entre os organismos, usando características evolutivas em vez de similaridades entre eles, e estas relações são representadas em um cladograma. Os peixes foram um dos primeiros grupos a ser objeto de revisões por esta nova análise.

A tabela (Figura 4.8) inclui representantes dos Chondrichthyes e Osteichthyes, ordenados de acordo com a classificação sistemática tradicional e a respectiva distribuição estratigráfica das espécies em formações do Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico.

As ocorrências de dentes e espinhos de Chondrichthyes da Bacia do Parnaíba englobam quatro gêneros descritos, dois atribuídos às ordens *incertae sedis*: Eugeneodontida e Petalodontida e dois dos Elasmobranchii das ordens Xenacanthiformes e Ctenacanthiformes. Os Hibodontiformes encontrados não foram determinados.

Espinhos de nadadeiras de "*Ctenacanthus*" ocorrem no Devoniano da Formação Pimenteira (Kegel, 1953; Santos, 1961). A primeira referência de vertebrado no Carbonífero da Formação Poti foi a descrição do espinho cefálico de *Xenacanthus tocantinsensis*. Foi também a primeira ocorrência de um espinho cefálico de Chondrichthyes no Brasil (Santos & Salgado, 1970).

No Permiano, as citações são mais numerosas e deve ter havido um ambiente propício na Formação Pedra de Fogo, onde todas as ocorrências foram assinaladas. Espinhos de "*Ctenacanthus*" sp. e dentes de *Xenacanthus* sp. (Scislawski *et al.*, 1983), dentes e espinhos de "*Xenacanthus albuquerquei*", "*Ctenacanthus maranhensis*" e *Anisopleurodontis pricei* (Santos, 1946b, Santos, 1990b, Santos, 1994b).

Dentes de *Itapyrodus punctatus* ocorrem na Formação Pedra de Fogo, representados pela família Petalodontidae, que é essencialmente marinha. Seus fósseis estão associados com xenacantídeos e dipnóicos, de ambiente de água doce (Santos, 1994b)

Há citações de ocorrência de espinhos de *Acanthodii* (?) "*Machaeracanthus*" e (?) "*Devoncanthus*" no Devoniano da Formação Pimenteira, associados com espinhos de "*Ctenacanthus*" (Kegel, 1953, Santos, 1961). Também há registros no Devoniano Inferior da Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (Janvier & Melo, 1992).

Os primeiros representantes dos Osteichthyes, ocorrem na Bacia do Parnaíba.

Podemos dividir os Actinopterygii em dois grupos-irmãos: Cladistia e Actinopteri (Patterson, 1982). Os Cladistia conhecidos desde o (?) Cretáceo, são representados por apenas alguns fragmentos fósseis e dois gêneros africanos, recentes, de água doce: *Polypterus* e *Erpetoichthys*. Fragmentos atribuídos a Cladistia foram assinalados no Albiano da Formação Itapecuru (Dutra & Malabarba, 2001).

Atualmente os Actinopteri são divididos em Chondrostei e Neopterygii. Chondrostei é um grupo restrito aos representantes recentes: esturjões (*Acipenser*) e peixes-espátulas (*Polyodon*) e seus fósseis relacionados. O grupo dos Neopterygii é formado pelos Ginglymodi, Halecomorphi e Teleostei conhecidos, no passado, como "holósteos" e "teleósteos".

Ginglymodi englobam os gêneros *Lepisosteus* e *Atractosteus* que vivem atualmente nas Américas do Norte e Central e no mar do Caribe e pelos fósseis distribuídos do Cretáceo ao Terciário. Os mais antigos foram descritos no Cretáceo Inferior do Brasil, no Araripe (*Obaichthys*) e África (*Paralepidosteus*). No Cenomaniano da Bacia de São Luís foram assinaladas escamas atribuídas a Lepisosteidae (Dutra & Malabarba, 2001).

Existem, entretanto, vários táxons cujo posicionamento filogenético dentro de Actinopterygii é incerto, tais como as ordens Paleonisciformes, Pycnodontiformes e Semionotiformes.

Os Paleonisciformes formam um dos primeiros grupos de peixes de nadadeira radiada e caracterizados por escamas duras e ganóides. Na Bacia do Parnaíba, estas escamas estão representadas no Carbonífero da Formação Poti e no Permiano da Formação Pedra de Fogo (Duarte, 1936; Plummer *et al.*, 1948; Santos & Salgado, 1970; Santos, 1990b). Além das escamas, um crânio pertencente a *Brazillichthys macrognathus* é assinalado na Formação

Pedra de Fogo associado com restos de xenacantídeos, ctenacantídeos, petalodontídeos, dipnóicos e do anfíbio *Prionosuchus* (Cox & Hutchinson, 1991).

Os Pycnodontiformes representam uma extinta linhagem, caracterizados por um arranjo particular de suas placas dentárias e algumas peculiaridades no crânio. São representativos por 170 milhões de anos, do Triássico ao Eoceno. Três fragmentos de placas dentárias e dois dentes isolados formam a primeira ocorrência deste grupo no Albiano da Formação Itapecuru, associados com fauna de água doce (D'Arrigo, 1993; Pedrão *et al.*, 1994; Carvalho, 1997). Distribuem-se em ambientes quase sempre marinhos mas foram encontrados também em ambientes estuarinos, águas salobras e dulcícolas.

Algumas escamas atribuídas a Semionotiformes foram assinaladas nas localidades de Itapecuru-Mirim, Coroatá e Alcântara no Albiano e Cenomaniano da Bacia de São Luís-Grajaú (Dutra & Malabarba, 2001).

Exemplares completos de *Lepidotes piauiensis* ocorrem no Cretáceo (idade Buracica) da Formação Pastos Bons, associados a outros atribuídos às famílias Macrosemiidae e Pleuropholidae (Roxo & Lofgren, 1936; Santos, 1945; Schaeffer, 1947; Santos, 1974a, Brito & Gallo, 2002). Escamas dispersas de *Lepidotes* ocorrem no Albiano da formação Itapecuru na Bacia do Grajaú e no Cenomaniano da Bacia de São Luís, Formação Alcântara (Carvalho & Silva, 1992) e em várias outras formações cretáceas fornecendo conexões entre as bacias da seqüência lagos. Na Formação Codó, Albiano, ocorre *Araripelepidotes temnurus*, mesma espécie da Formação Santana, Bacia do Araripe (Santos, 1990a e 1994a).

Do grupo dos Halecomorphi, dentes atribuídos a Amiiiformes foram assinalados no Albiano e no Cenomaniano das bacias de São Luís-Grajaú (Dutra & Malabarba, 2001). Há representantes da família Amiidae na Formação Codó – *Calamopleurus cylindricus* e esta mesma espécie ocorre também no Araripe (Santos, 1960; Santos, 1994a; Grande & Bemis, 1998). Esta família vem do Jurássico Superior com representantes marinhos, e seus fósseis diferem apenas em alguns detalhes do único representante atual, *Amia calva*, peixe de água doce, dos Estados Unidos e Canadá, que, como seu antepassado, também é um predador.

Durante o Mesozóico, os peixes de nadadeiras radiadas evoluíram para formas mais eficientes, tanto para a natação quanto para a alimentação. Os primeiros teleósteos apareceram no Triássico Mé-

dio, há aproximadamente 220 milhões de anos, e no Cretáceo habitavam ambientes marinhos e de água doce.

Entre os Teleostei estão assinalados alguns exemplares atribuídos à família Pleuropholidae no Cretáceo da Formação Pastos Bons (Santos, 1974a; Brito & Gallo, 2002).

A família Aspidorhynchidae constitui um grupo monofilético compreendendo três gêneros *Aspidorhynchus*, *Vinctifer* e *Belonostomus* (Brito, 1997). São conhecidos em depósitos marinhos e continentais do Jurássico Médio ao Cretáceo Superior. "*Belonostomus*" *carinatus* é encontrado no Neocomiano da Bahia. Brito (1997) não considera a validade desta espécie e afirma que as escamas atribuídas ao táxon poderiam pertencer a algum "holósteo". *Vinctifer comptoni* é descrito na Formação Codó (Santos, 1994a), nas formações Santana, Muribeca e Riachuelo; no Cretáceo da Venezuela, Formação Apon (Aptiano/Albiano) associado com amonitas e outros peixes (Moody & Maisey, 1994) e na Formação Morelos Albiano do México (Brito, 1997). *Vinctifer longirostris* (Santos, 1990c) ocorre no Cretáceo (Aptiano) da Formação Marizal (Bahia) e nas argilas da parte inferior da Formação Santana (Brito, 1997). *Vinctifer araripinensis* foi assinalado na Formação Santana (Santos, 1994c) e *Vinctifer* sp. no Barremiano da Formação Brejo Santo (Brito *et al.*, 1994). São de importância paleoecológica de transição entre ambientes de bacias fechadas para condições marinhas. *Vinctifer* era marinho mas poderia ter se aventurado em águas doces ou salobras da América do Sul onde seriam presas para o grande amiídeo *Calamopleurus*.

Ichtyodectiformes são extintos teleósteos que apareceram no Jurássico Superior e tornaram-se um grupo formado por grandes predadores marinhos. No Cretáceo, *Cladocyclus* ocorria em ambientes marinhos e de águas doces. A Formação Codó contém exemplares de *Cladocyclus gardneri*, um predador, como indica seus grandes dentes, e por terem sido encontrados em seu conteúdo estomacal restos de *Rhacolepis* e *Tharrhias*. Como os teleósteos modernos, eles têm modificações na musculatura e no esqueleto caudal indicando uma hidrodinâmica apropriada para natação e perseguição de presas.

Este melhoramento seria suficiente para que nas rotas dos mares epicontinentais se tornassem caçadores e predadores dos cardumes de *Rhacolepis* e *Tharrhias*. A família é assinalada em sedimentos marinhos e apenas *Cladocyclus* é registrado, também, em depósitos de água doce.

A ocorrência de *Cladocyclus gardneri* na Bacia do Grajaú é correlacionada com o Albiano das bacias de Sergipe/Alagoas, Formação Riachuelo e da Bacia do Araripe, Formação Santana, onde em brânquias de um de seus exemplares foi encontrado um copépodo exclusivamente marinho (Cressy & Patterson, 1973).

Entre os Elopomorpha, a família Pachyrhizodontidae é formada pelos gêneros cretáceos: *Pachyrhizodus*, da América do Norte, Inglaterra e Austrália, *Notelops* do Brasil (formações Santana e Riachuelo) e *Rhacholepis* conhecido da Colômbia, Venezuela, México e Brasil (formações Codó, Santana e Riachuelo) (Forey, 1977). Inclui, também, *Brannerion* e *Paraelops* do Cretáceo do Brasil.

Brannerion foi posicionado entre os Elopomorpha, de acordo com a osteologia (Figueiredo & Santos, 1990). *Brannerion latum*, que ocorre nas formações Codó e Santana é, até o presente, o mais primitivo membro conhecido dos Albuloidi (Maisey, 1993).

Influências marinhas são indicadas pelo aparecimento dos elopomorfa. Seus representantes possuem uma fase larval especializada, com a larva penetrando em estuários e rios e retornando ao mar quando adultos. Com a abertura do Atlântico Sul e elevação do nível do mar, houve uma rápida inundação de mares epicontinentais rasos, e novos biótopos propiciaram a diversificação, com provincialismo em adaptação às novas condições ecológicas. As evidências de tolerância à salinidade variável são fornecidas pela expansão dos Elopomorpha e por representantes da família Chanidae.

Os Clupeomorpha têm uma característica fileira de grandes escamas (escudos) abdominais. Representantes da família Clupeidae são assinalados, com dúvida, a "*Knightia*" *brasiliensis*, um pequeno peixe de água doce do Plioceno da Bacia de Nova Iorque, no Maranhão. Segundo Grande (1982) esta espécie é questionável.

Santos (1994a) criou *Codoichthys carnavali*, um Clupeomorpha que só ocorre na Formação Codó. Neste grupo assinalamos também *Santanichthys diasii*, contendo os menores exemplares da fauna, com mais ou menos 5cm de comprimento, que ocorrem, também, nas bacias do Araripe e Sergipe/Alagoas.

As bacias epicontinentais do Cretáceo do Nordeste são modelos de bacias abertas e em comunicação, onde as mudanças paleoecológicas corresponderam à presença de conjuntos de espécies comuns entre as mesmas.

A ocorrência de peixes cretáceos nas associações que correspondem ao Albiano Inferior, Formação Riachuelo (Sergipe/Alagoas), topo da Formação Santana (Araripe) e topo da Formação Codó (Grajaú) mostra maior diversificação e demonstra a evolução biológica por inovação representada por grande número de gêneros novos: *Calamopleurus*, *Vinctifer*, *Cladocyclus*, *Rhacolepis*, *Tharrhias* (Santos, 1985a,b; Maisey, 1991; Carvalho & Santos, 1993). Foi uma inovação explosiva, pois além da diferenciação de gêneros novos, também ocorreu uma população numerosa.

O registro foi de natureza pontuada provavelmente por abertura de novos biótopos, em condições ambientais favoráveis. A teoria do equilíbrio pontuado é uma das teorias evolutivas e se contrapõe com a evolução gradualista ou lenta (Eldredge & Gould, 1972).

Os gêneros endêmicos são de famílias dos mares epicontinentais do Jurássico, onde houve formação de biótopos com a abertura do Atlântico Norte. O progressivo aumento de biótopos epicontinentais, com a abertura do Atlântico Sul, permitiu a evolução de novas formas. Este evento biológico é bem preservado na Formação Santana, Bacia do Araripe, correlacionado com outras formações das bacias do Grajaú e Sergipe/Alagoas.

Como inovação há o aparecimento dos Gonorynchiformes com os táxons relacionados *Tharrhias araripis* e *Dastilbe elongatus*. *Dastilbe* ocorre nas formações Marizal (Tucano), Maceió (Sergipe/Alagoas), Cabo (Cabo), Quiricó (Sanfranciscana); seção inferior de Santana (Araripe) e Codó (Grajaú) e também na África, na Guiné Equatorial. *Tharrhias* ocorre nas formações Santana, Codó e Riachuelo.

São da seqüência de golfo, idade aptiana/albiana, e a composição da fauna indica a influência da elevação do nível do mar e do nível de base de corpos aquáticos interiores.

Dos interessantes Sarcopterigii ou peixes de nadadeira lobada ocorrem os celacantos representados por escamas e um osso basisfenóide de (?) *Spermatodus*, no Permiano da Formação Pedra de Fogo. Aparecem também nas formações Codó e Itapecuru, com exemplares de *Axelrodichthys* e *Mawsonia gigas* (Carvalho & Maisey, 1999; Dutra & Malabarba, 2001).

A ordem Dipnoi ou peixes pulmonados está representada na Formação Pedra de Fogo por dentes isolados das famílias Sagenodontidae, Neoceeratodontidae e Lepidosirenidae (Santos, 1989b; 1990b e 1994b). Uma placa dentária de *Asiatoceeratodus* sp. ocorre no Albiano da Formação Itapecuru (Dutra & Malabarba, 2001) e dentes de *Neoceeratodus africanus* ocorrem no Cenomaniano da Bacia de São Luís (Cunha & Ferreira, 1980; Medeiros & Schultz, 2001). As espécies fósseis são comuns à África e América do Sul.

Linhagens de peixes mais modernos encerram os registros, no Terciário. São assinalados os Characiformes *Procharax minor* e *Triporthus altus* e os Perciformes, *Macracara prisca*. Estes três gêneros, juntamente com "*Knightia*" *brasiliensis* e vários fragmentos de *Arius* sp. são representantes da Bacia pliocênica de Nova Iorque, no Maranhão, cujos afloramentos foram inundados pelas águas da represa Boa Esperança.

4.4.5 Infra-estrutura da Paleobiologia

Briggs & Crowther (1990) enumeram os itens de infra-estrutura necessários para alcançar o objetivo da Paleobiologia, como ciência da história evolutiva da Biosfera. As modernas tecnologias de equipamentos de trabalho são valorizadas pelos museus e sociedades científicas que constroem a história da Paleontologia.

Além dos museus, é de acentuada relevância a preservação dos sítios paleontológicos, pois estão diretamente relacionado com o desenvolvimento dos sistemas conceituais da Paleontologia.

O estudo dos fósseis deve ser comparativo com o ambiente geológico externo onde são encontrados, para a constituição de dados objetivos derivados dos registros paleontológicos e estratigráficos. Observações de campo são necessárias para estabelecer corretamente as diferentes relações entre fósseis e as matrizes litológicas.

Portanto, além de museus, que são instituições tradicionalmente organizadas para a preservação de coleções, a proteção aos sítios fossilíferos é colocada como uma atividade básica na infra-estrutura da Paleontologia.

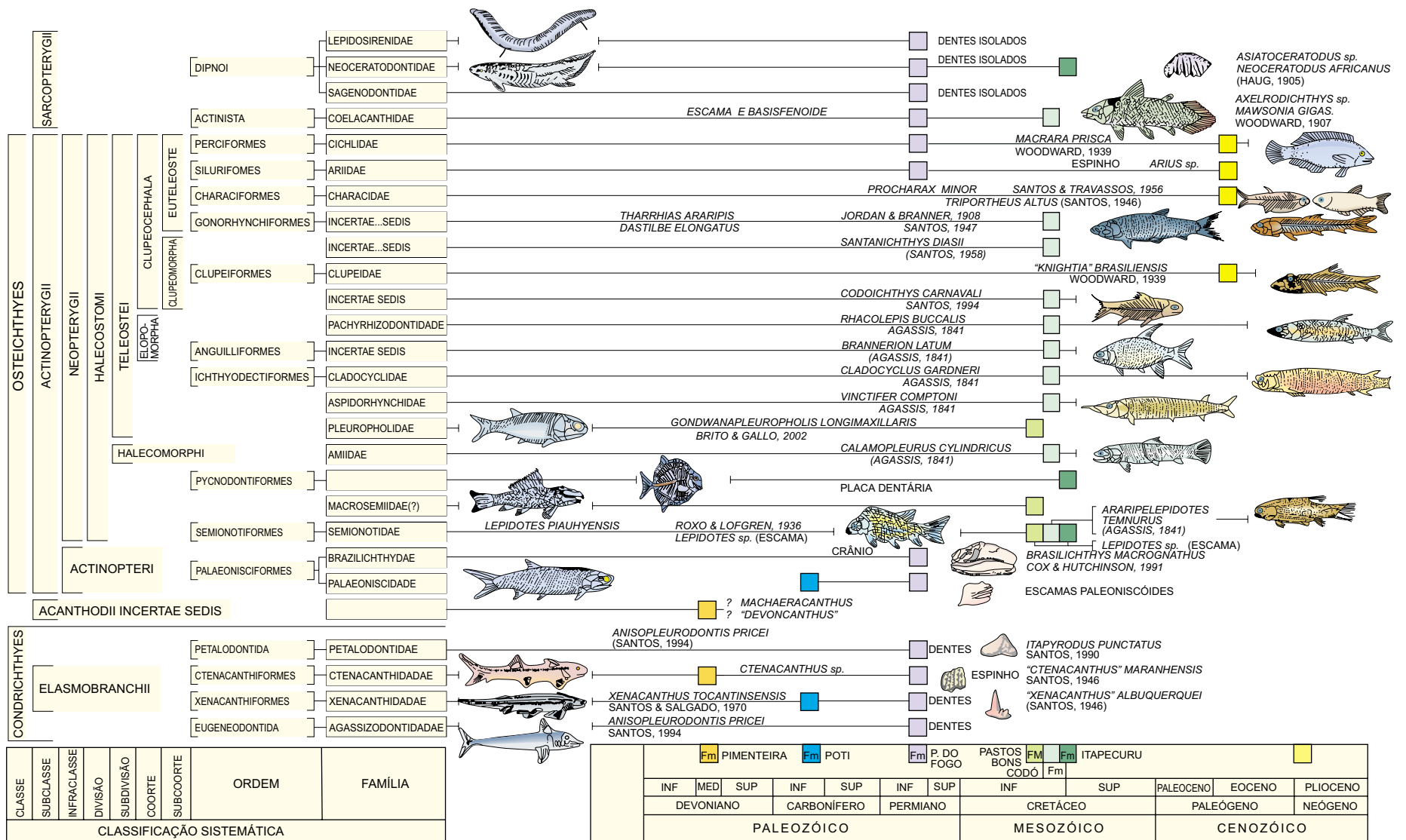


Figura 4.8 – Classificação Sistemática e Distribuição Estratigráfica dos Peixes nas bacias do Parnaíba, Grajaú, São Luís e Nova Iorque.

5

SÍTIOS NATURAIS

As fisiografias dos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins, Pará e Ceará condicionadas pelas rochas sedimentares são de altitudes moderadas e regulares. As rochas paleozóicas circunscrevem as rochas mesozóicas e cenozóicas, que são de relevos planos e altitudes reduzidas.

Pela evolução geomorfológica, que atenuou a forma dos estratos, foram originadas belas paisagens. Estas são protegidas por leis e compreendem os Parques Nacionais de Ubajara, Sete Cidades, Serra da Capivara, Lençóis Maranhenses, e o Parque Municipal de Teresina.

Na legislação que trata da proteção dos sítios naturais há uma lei específica de proteção aos depósitos fossilíferos. Deve ser ressaltado que é sempre de grande interesse a preservação dos sítios paleontológicos, onde estão impressos os registros de eventos biológicos singulares. É importante garantir a continuidade da existência física dos registros paleontológicos, pois eles constituem as evidências observáveis de atividades de vida no passado. Principalmente nesta fase de expansão da Paleontologia, em que os estudos visam incluir todos os aspectos da vida no planeta.

A preservação dos sítios paleontológicos constitui um dos requisitos de infra-estrutura para o desenvolvimento da Paleobiologia e de ciências cor-

relatas. Como o conhecimento paleontológico da grande área das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís está ainda no início, estudos futuros poderão contribuir para responder a questões referentes à organização dos seres vivos.

5.1 Parque Nacional de Ubajara

O Parque Nacional de Ubajara, criado em 1959, está localizado no estado do Ceará, na serra de Ibiapaba, município de mesmo nome, próximo ao limite com o estado do Piauí. O acesso é dado pela estrada BR-222, que liga Teresina (PI) a Fortaleza (CE).

A região de relevo suave retém umidade e o clima é mais ameno do que o circundante, quente e semi-árido. Na região, as cotas médias são de 600 a 700 metros, nos capeamentos “cuestiformes” de arenitos do Grupo Serra Grande que circundam a bacia.

Os atrativos são as grutas calcárias situadas em cota mais baixa e alcançadas por teleférico (Figura 5.1). A mais importante é a Gruta de Ubajara (Figura 5.2) com grandes salões interligados, produzidos pela dissolução dos carbonatos de rochas proterozóicas.



Figura 5.1 – Teleférico situado em cotas de 600 a 700 metros sobre as exposições de arenitos do Grupo Serra Grande. Parque Nacional de Ubajara, município de Tianguá, Ceará.



Figura 5.2 – Gruta de Ubajara formada pela dissolução dos carbonatos de rochas proterozóicas. Parque Nacional de Ubajara, município de Tianguá, Ceará.

5.2 Parque Nacional de Sete Cidades

O Parque Nacional de Sete Cidades, criado em 1961 está situado nos municípios de Piracuruca e Piri-piri (PI), e é alcançado pela estrada BR-222 que liga Teresina (PI) a Fortaleza (CE).

O conjunto de rochas é constituído por arenitos devonianos da Formação Cabeças, esculpido por erosão. Mostram uma diversidade e complexidade de formas que guardam ainda as geometrias originais da deposição de grandes ondas nas antigas tempestades de plataformas marinhas (Figura 5.3).

A administração do parque oferece um roteiro que apresenta as trilhas que podem ser percorridas e assinala as denominações assumidas pelas rochas de acordo com as semelhanças de sua forma, como exemplo o “casco de tartaruga” (Figura 5.4).

5.3 Floresta Petrificada em Teresina

Na margem direita do rio Poti, dentro da área urbana de Teresina estão localizados os troncos mineralizados em posição de vida (Figura 5.5). Situa-se a 1,2km da ponte que liga os bairros Ilhotas e Noivos, compreendendo uma área de cerca de 9.000km².

Este material pertencente à Formação Pedra de Fogo, de idade permiana, foi pesquisado por Caldas *et al.* (1989). Neste afloramento a posição dos troncos foi mapeada, analisadas as características sedimentológicas e descrito um novo gênero. Outras ocorrências semelhantes, registradas por esses autores, estão situadas a cerca de 15km a montante do rio.

A área está sob jurisdição do Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura de Teresina. É sujeita às inundações, durante as cheias periódicas do rio.

5.4 Parque Nacional da Serra da Capivara

O Parque Nacional da Serra da Capivara, criado em 1979, está em parte localizado no município de São Raimundo Nonato no sudoeste do estado do Piauí, distando cerca de 500 km de Teresina. O acesso é feito pela BR-324 a partir da cidade de Floriano.

A paisagem é dominada por extensos chapadões, com vales e reentrâncias denominados baixões (Figura 5.6). São os arenitos pertencentes à Formação Ipu do Grupo Serra Grande que ocorrem no limite do embasamento proterozóico.

Esta área contém um sítio arqueológico que ocupa área de 40.000 km², sem equivalência na história da humanidade (Guidon, 1991). Foi o abrigo do homem pré-histórico, que ali registrou sua cultura, em uma extensa variedade de pinturas rupestres (Figura 5.7).

Durante as pesquisas da equipe da Dr^a Niede Guidon, foram descobertos ossos de mamíferos pleistocênicos nas cavernas calcárias do embasamento proterozóico. As pesquisas do Parque Nacional da Serra da Capivara são o principal fator de desenvolvimento para a região. Em São Raimundo Nonato foi criado o Museu do Homem Americano, construído um hotel turístico e um aeroporto, além de serem promovidas obras de cunho social.

5.5 Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e Delta do Rio Parnaíba

Na baixada litorânea dos estados do Maranhão e Piauí estão situados o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e a área de proteção ambiental do delta do rio Parnaíba.

O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses foi criado em 1981, e está localizado a leste de São Luís. Compreende uma extensão de 155.000 hectares de terrenos arenosos marcados por ambiente eólico e formação de grandes dunas.

Os rios quando alcançam a planície costeira passam a interagir com os fatores oceanográficos atlânticos, formando depósitos por progradação e agradação.

O delta do rio Parnaíba, de idade holocênica está situado no limite entre os dois estados. O curso atual do rio Parnaíba é consequência do condicionamento de eventos geológicos mais antigos ligados aos sistemas de falhamentos na bacia, (Fortes, 1978). Os sedimentos clásticos grosseiros são carregados para a construção da foz, e aí são distribuídos pela interação de fatores oceanográficos, isto é: as marés de grande amplitude, a deflexão pela corrente das Guianas, e o regime de ventos locais.



Figura 5.3 – Vista aérea dos arenitos devonianos da Formação Cabeças, no Parque Nacional de Sete Cidades, município de Piripiri, Piauí.



Figura 5.4 – Estruturas denominadas “cascos de tartaruga”, da Formação Cabeças, no Parque Nacional de Sete Cidades, município de Piripiri, Piauí.



Figura 5.5 – Madeiras silicificadas, em posição de vida. Localidade situada à margem direita do rio Poti, Teresina, Piauí.



Figura 5.6 – Parque Nacional da Serra da Capivara, município de São Raimundo Nonato, Piauí. Vista aérea do Baixão das Andorinhas. Formação Ipu.



Figura 5.7 – Parque Nacional da Serra da Capivara, município de São Raimundo Nonato, Piauí. Baixão da Pedra Furada. Sítio da Toca do Boqueirão. Pinturas rupestres nos depósitos de barra de canal da Formação Ipu.

6

SILURIANO

A seqüência mais antiga da Bacia sedimentar do Parnaíba corresponde à unidade estratigráfica denominada Grupo Serra Grande, composta de rochas clásticas. Em superfície apresenta grandes exposições, formando serras e chapadas, nas bordas nordeste e leste da bacia.

6.1 Histórico

O termo “Série Serra Grande” foi proposto por Small (1914) para englobar arenitos, conglomerados e calcários da borda oriental da bacia. Este conceito foi revisto por Kegel (1953), que redefiniu a Formação Serra Grande, excluindo os calcários dobrados do embasamento, que ocorrem sotopostos e em discordância angular com os arenitos.

A espessa seção sedimentar foi elevada à categoria de Grupo Serra Grande por Carozzi *et al.* (1975). A unidade de base, composta por arenitos grossos, foi denominada Formação Mirador, e sua idade estabelecida no Landoveriano (Siluriano Superior). A unidade média, estabelecida por Rodrigues (1967) como Formação Tianguá, foi confirmada e colocada também no Landoveriano. É composta por folhelhos, siltitos e arenitos finos, com escassa associação palinológica. Para a seqüência superior, com arenitos grossos, muito grossos e conglomerados, que ocorrem a leste, nas escarpas

da Serra Grande, aplicaram a denominação de Formação Jaicós, proposta por Plummer (*apud* Plummer *et al.*, 1948).

Este esquema foi modificado por Caputo & Lima (1984), que propuseram, de acordo com o Código de Nomenclatura Estratigráfica, o termo Formação Ipu (substituindo o nome Mirador) e mantiveram as formações Tianguá e Jaicós.

6.2 Área de Ocorrência

As áreas de maior ocorrência e espessura, em superfície, estão situadas nos flancos nordeste, leste e sudeste da bacia. Nestas regiões, os atuais limites da bacia são bem marcados pelo pacote de arenitos, formando chapadas, com terminação abrupta, “cuestiforme”.

Caputo & Lima (1984) indicam, pelo mapa de isópacas do grupo, que no Siluriano o depocentro da bacia era situado a leste/nordeste, próximo à cidade de Ipu. De acordo com Lima & Leite (1978), era a região de maior subsidência do sistema de blocos associados ao Lineamento Sobral-Pedro II, de direção nordeste. As maiores espessuras estão situadas a nordeste, com adelgaçamento para sudeste e sul. De acordo com Kegel (1953) preenchem as irregularidades do embasamento sobre o qual os sedimentos se depositaram.

As espessuras máximas, em subsuperfície, são: 350 metros na Formação Ipu, 200 metros na Formação Tianguá e 360 metros na Formação Jaicós (Góes & Feijó, 1994).

6.3 Geocronologia e Idade

Os sedimentos marinhos que forneceram os microfósseis para datação ocorrem em subsuperfície e foram obtidos e estudados em pesquisas realizadas pela PETROBRAS. A idade siluriana foi fornecida no trabalho pioneiro de Müller (1962), e mantida por uma série de divulgações (Brito & Santos, 1965; Brito, 1966, 1967b, 1969, 1971, 1976).

Daemon (1976) registrou para o membro médio do que denominou como Formação Serra Grande, litologias ricas em microfósseis marinhos, como quitinozoários, acritarcas e algas *Tasmanites*, que documentavam a presença da época Landoveriano.

Quadros (1982) atribuiu aos quitinozoários e acritarcas uma distribuição bioestratigráfica no intervalo basal do Devoniano Inferior - Gediniano (=Lokoviano).

As datações do Siluriano foram restabelecidas por Caputo & Lima (1984), que realizaram estudos palinológicos na Formação Tianguá. Apresentando uma detalhada lista de microfósseis – quitinozoários, acritarcas e miósporos, comparáveis àqueles de bacias silurianas da África, Europa e América do Norte.

Por relações estratigráficas, colocam a unidade de base, Formação Ipu, afossilífera, no topo do Ordoviciano e início do Siluriano. É correlacionada pelos diamictitos que ocorrem na borda oeste com os tilitos do topo da Formação Nhamundá, da Bacia do Amazonas. É sobreposta, concordantemente, pela Formação Tianguá.

A Formação Jaicós, do topo, concordante com a Formação Tianguá, jaz discordantemente sob a Formação Itaim. Grahn (1992) identificou microfósseis na Formação Jaicós que indicam uma sedimentação do Siluriano e Devoniano (Lockoviano e Emsiano).

Em revisão interna da PETROBRAS, Melo *et al.* (1992, *apud* Góes & Feijó, 1994) restringem o Grupo Serra Grande ao Siluriano, atribuindo às épocas Landoveriano, Venlockiano, Ludloviano e Pridoliano.

6.4 Sedimentação

Os ciclos sedimentares são diferenciados pelo início de um ciclo continental fluvial, sobreposto por um ciclo marinho e terminando por um ciclo continental fluvial (Caputo & Lima, 1984).

Os ambientes de deposição foram estudados nas exposições da borda leste da bacia (Santos *et al.*, 1994), na serra de Ibiapaba (Formação Tianguá), em Jaicós (Formação Jaicós) e na serra da Capivara (Formação Ipu).

No município de São Raimundo Nonato, as rochas da Formação Ipu são arenitos e arenitos conglomeráticos com matriz arenosa e conglomerados. Foram depositados em depressões do embasamento composto de xisto e calcários. Formam a serra da Capivara, que exhibe escarpas e paredões decorrentes da erosão. Os arenitos conglomeráticos brancos a creme e maciços apresentam estratificação cruzada acanalada ou festonada. Os clastos são mal selecionados, imbricados e, por vezes, sem matriz (Figura 6.1). Os arenitos de grânulos mais grossos, com geometria de depósitos residuais de canal, cortam abruptamente arenitos com granulometria fina, indicativa de fácies de barra de canal (Figura 6.2). As medidas de paleocorrente in-

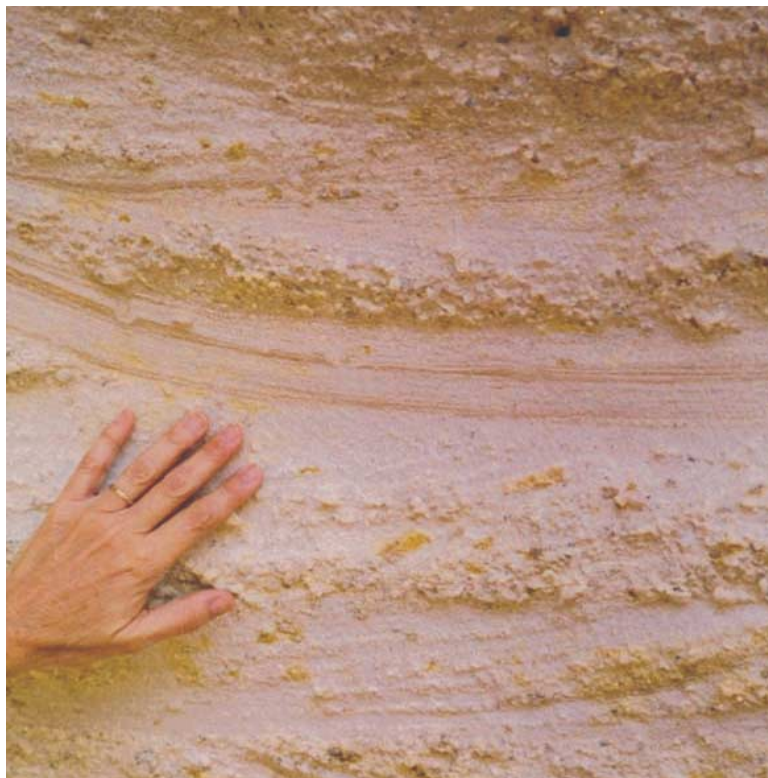


Figura 6.1 – Formação Ipu. Estratificação cruzada acanalada. Sítio Perna 1. Parque Nacional da Serra da Capivara, Piauí.

dicam direções para norte e para oeste. A exposição das estruturas sedimentares nos paredões documentam vários ciclos de alta energia, em um sistema de leques aluviais.

Em afloramentos entre São Raimundo Nonato e São João do Piauí, ocorrem, na base da Formação Ipu, diamictitos com matriz rosa e seixos pequenos de xisto, quartzo e granito, com paleocorrentes orientadas para norte. Os depósitos sedimentares para esta associação foram interpretados como leques glaciais (Caputo & Lima, 1984).

A erosão diferencial nestes ciclos deposicionais propiciou um abrigo natural para os antigos homens que habitaram a região. Os arenitos mais grossos, de maior energia, provenientes de depósitos residuais de canal, foram mais resistentes aos agentes de erosão e mantiveram a forma original, projetados como chão e teto do abrigo (Figura 6.3). Os sedimentos resultantes de deposição em menor energia e, portanto, de granulometria mais fina, sofreram desgaste mais acentuado, e atualmente são as reentrâncias naturais (Figura 6.4). Funcionaram como paredes dos abrigos, entre os baixões, oferecendo um grande painel para as belas pinturas rupestres que narram a presença de sucessivos povoamentos dos antigos habitantes da região.

A parte média do Grupo Serra Grande corresponde à Formação Tianguá, composta de folhelhos, siltitos e arenitos finos. Os afloramentos localizados na serra de Ibiapaba, a nordeste da bacia, estão alçados acima de 100 metros da base da sedimentação.

Dentro do Parque Nacional de Ubajara, município de Tianguá, ocorrem os arenitos em bancos horizontais e estratificação cruzada espinha-de-peixe (Figura 6.5). São interpretados como deposição em ambiente marinho raso, sob ação de ondas. Os arenitos capeiam e preservam os calcários epimetamórficos do embasamento (Figura 6.6), que mostram, nas encostas, morfologia de dolinas. As cavernas que pertencem ao Parque Nacional de Ubajara se formaram por dissolução dos calcários.

A Formação Jaicós apresenta arenitos e conglomerados que formam a Serra Grande situada a leste da Bacia. Apresentam grandes exposições, em afloramentos próximos à cidade de Jaicós. Os arenitos são de cor cinza esbranquiçada, com granulometria de médios, grossos, muito grossos e grânulos, com matriz arenosa e arenitos conglomeráticos com matriz suportada por seixos de até 3cm. As estratificações cruzadas são tabulares, acanaladas e festonadas. As medidas de paleocorrente

dão direção noroeste e norte/noroeste. Os depósitos residuais de canal apresentam níveis de seixos na base. Correspondem a sistemas de leques aluviais.

6.5 Fósseis

Os microfósseis foram identificados por Müller (1962). A descrição sistemática e as ilustrações foram apresentadas por Brito & Santos (1965), Brito (1966, 1967b, 1969, 1971) Daemon (1976).

Os fósseis foram atribuídos ao Devoniano Inferior-Gediniano, considerando a ausência de graptólitos (Quadros, 1982). É o único trabalho que apresenta descrição sistemática e ilustra as formas de microfósseis (Figura 6.7):

Tendo em vista possíveis revisões, reproduzimos nas legendas das figuras do Siluriano (Figura 6.7) e do Devoniano (Figura 7.5), as citações originais do autor.

Caputo & Lima (1984) reafirmaram a datação do Siluriano, assinalando maior número de espécies de quitinozóários e acritarcas, correlacionando estes sedimentos aos da Formação Pitinga, da Bacia do Amazonas. Registraram, na Formação Tianguá, a presença do graptólito *Monograptus*, que reforçava a datação como Siluriano, estudado por Cruz & Sommer (1985).

Grahn (1992) ampliou o conhecimento sobre os microfósseis do Grupo Serra Grande. Reafirmou a idade siluriana da Formação Tianguá, identificando o graptólito *Climacograptus cf. scalaris*. Na parte superior da Formação Ipu, cita a ocorrência de *Spinachitina erichseni*, identificada como espécie comum com as fácies laterais da Formação Tianguá.

6.6 Deriva/Clima/Bioeventos/Antigos Ecossistemas

As seqüências sedimentares do Grupo Serra Grande são correlacionadas com unidades estratigráficas sincrônicas das que ocorrem na África e América do Sul. São evidências que comprovam a união pretérita no supercontinente Gondwana e as mudanças sofridas neste arranjo ao longo da deriva.

Os sedimentos da unidade basal, Formação Ipu, são considerados por Caputo & Crowell (1985) como depósitos glaciogênicos retrabalhados por curso de transbordamento periglacial. Os seixos e cascalhos seriam transportados por fluxos de alta energia, quando blocos erráticos se deslocavam de frentes de geleiras para uma planície de inundação.



Figura 6.2 – Formação Ipu. Geometria de depósitos residuais de canal, cortando depósitos de barra de canal. Sítio Perna 2. Parque Nacional da Serra da Capivara, Piauí.



Figura 6.3 – Formação Ipu. Depósitos residuais de canal, resistentes à erosão, e depósitos de barra de canal, formando as reentrâncias. Sítio da Toca do Paraguaio. Parque Nacional da Serra da Capivara, Piauí.

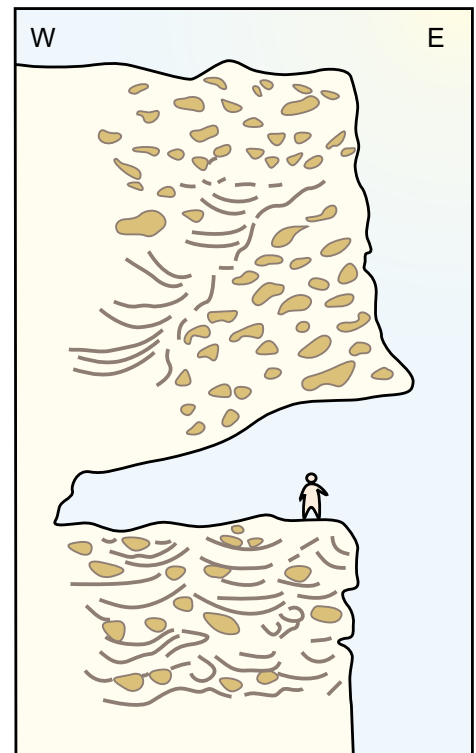


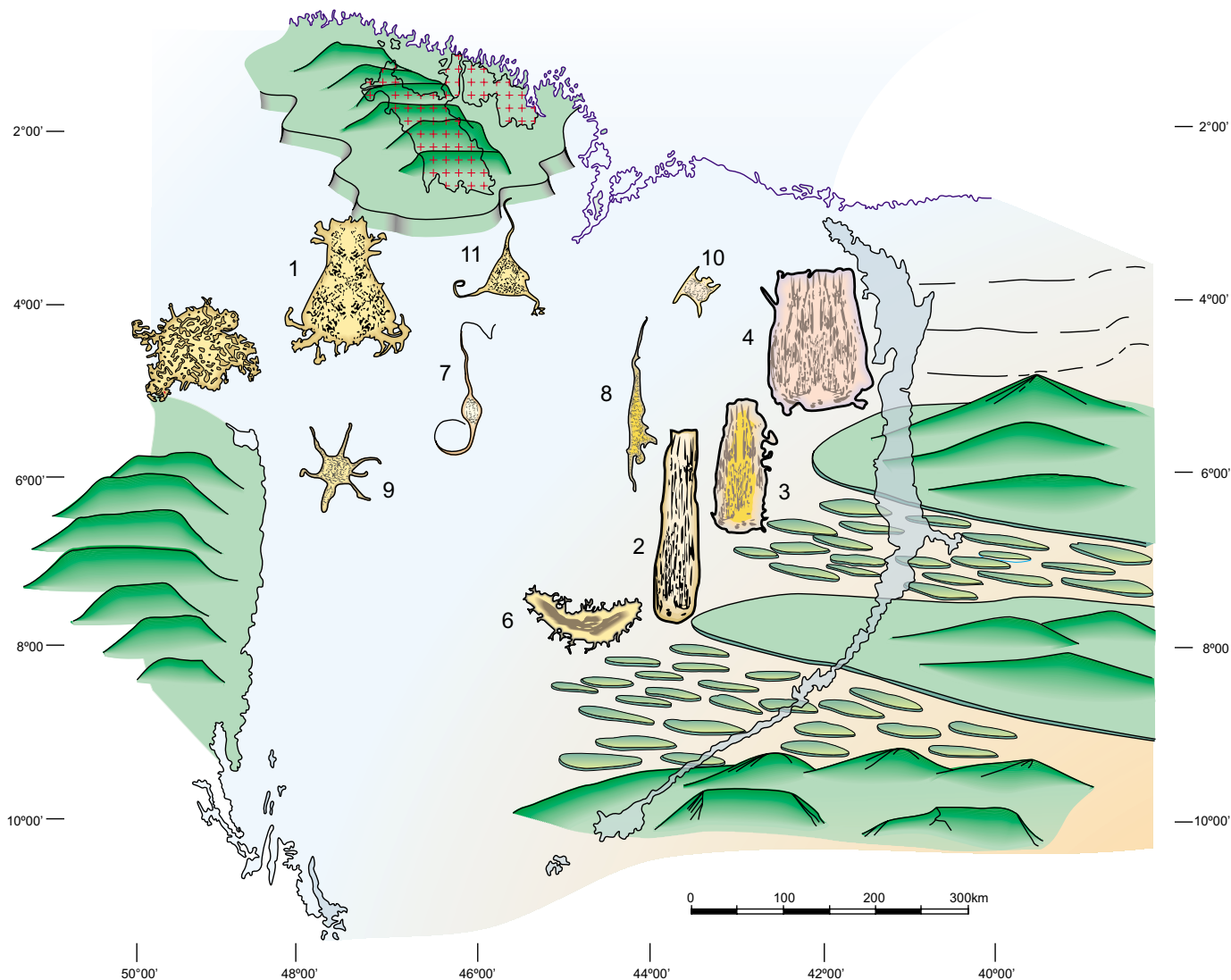
Figura 6.4 – Formação Ipu. Desenho esquemático da Toca do Paraguaio. Parque Nacional da Serra da Capivara, Piauí.



Figura 6.5 – Formação Tianguá. Bancos horizontais com estratificações cruzadas tipo “espinha-de-peixe”. Parque Nacional de Ubajara, Ceará.



Figura 6.6 – Formação Tianguá - Arenitos com acamamento horizontal capeando calcários epimetamórficos do embasamento, com dolinas. Serra de Ubajara, Parque Nacional de Ubajara. Ceará.



Quitinozoários

- 1 - *Ancyrochitina ancyrea* Eisenack, 1955
- 2 - *Conochitina dolosa* Lanfeld, 1967
- 3 - *Cyathochitina* sp.
- 4 - *Desmochitina* sp.

Acritarcas

- 5 - *Baltisphaeridium* sp.
- 6 - *Dactylofusa maranhensis* Brito & Santos, 1965
- 7 - *Leiofusa bersnega* Cramer, 1964
- 8 - *Leiofusa striatifera* Cramer, 1964
- 9 - *Micrhystridium stellatum* Deflandre, 1942
- 10 - *Veryhachium carminae* Cramer, 1964
- 11 - *Veryhachium trispinosum* (Eisenack) Cramer, 1964

Figura 6.7 – Microfósseis da Formação Tianguá (segundo Quadros, 1982).

As correlações da Formação Ipu com a Formação Nhamundá da Bacia do Amazonas foram estendidas por Caputo & Lima (1984) para as formações de mesma idade e com litologia de características glaciais que ocorrem na África. São pertencentes ao Grupo Tichit da Bacia de Taoudeni; as formações Asemkaw e Ajua da Bacia de Accra, Gana e a Série N'Khom do Gabão.

Segundo Caputo & Lima (1984) e Caputo & Crowell (1985) o centro de glaciação estava localizado no norte da África, no sul do Saara, na direção do golfo da Guiné. No Siluriano Inferior, os centros de glaciação migraram no supercontinente de Gondwana, do norte para o sul da África, e para sudoeste da América do Sul. Este afastamento dos centros glaciais provocou degelo e elevação eustática do nível do mar.

A Formação Tinguá corresponde à primeira transgressão marinha na Bacia do Parnaíba, com entrada do mar pelo oeste. As correlações no Brasil são com a Formação Pitinga da Bacia do Amazonas e Formação Vila Maria da Bacia do Paraná. Na África do Norte é correlacionada com a Formação Imirhou, que são os folhelhos graptolíticos do Saara argelino, e ao arenito Elmina da Bacia de Accra, Gana. Na África do Sul é correlacionada com a Formação Pakhuis e os folhelhos Cedarberg, do Grupo Table Mountain (Caputo & Lima, 1984).

Os fósseis marinhos registrados são de hábito nerítico. Predominam os acritarcas e quitinozoários. Daemon (1976) registrou algas marinhas e esporos. Caputo & Lima (1984) e Grahn (1992) identificaram os hemicordados, graptólitos.

As afinidades biológicas dos acritarcas e quitinozoários são ainda motivo de indagações e pesquisas. Os acritarcas estão entre os mais antigos eucariotas registrados em sedimentos marinhos rasos. São considerados como prováveis algas planctônicas que se expandiram nos mares paleozóicos. Os quitinozoários classicamente colocados entre os protozoários, têm hoje a sua origem monofilética contestada, podendo ser representantes de várias classes de metazoários, e não necessariamente formas planctônicas. Como metazoários po-

deriam pertencer à meiofauna, isto é à fauna marinha intersticial, que vive nos espaços dos grãos de areia, e assim estariam na cadeia alimentar bentônica (Cruz, 1994).

As ocorrências destes microfósseis são eventos biológicos importantes, amplamente utilizados em Bioestratigrafia, permitindo seguras correlações entre bacias. São bioeventos regionais, como demonstrado pelas correlações bioestratigráficas entre poços da Bacia do Parnaíba (Quadros, 1982), e na correlação entre esta e as bacias do Amazonas e Paraná (Grahn, 1992).

Boucot (1974 e 1990a) diferenciou, no Siluriano, as comunidades bentônicas de províncias biogeográficas do hemisfério norte e do hemisfério sul-Malvinocráfica. As faunas bentônicas da Província Malvinocráfica são de águas frias com baixa diversidade. Ocorrem no Peru, Bolívia, Argentina, África do Sul e Bacia do Amazonas.

Na Bacia do Parnaíba situada na faixa da Província Malvinocráfica, entretanto, o ecossistema marinho do Siluriano era empobrecido, com microorganismos planctônicos, e raros graptólitos, sem registros de faunas bentônicas.

Os processos biológicos foram controlados pelos fatores alocíclicos como a elevação do nível do mar que propiciou o aparecimento de vida planctônica. Outros processos geológicos como as glaciações e as mudanças climáticas decorrentes das posições dos continentes em deriva, devem ter influenciado nos biótopos. A sedimentação fluvial de alta energia foi um reflexo de mudanças climáticas e degelos durante as migrações de centros de glaciação, pela África e América do Sul.

Na borda leste, o basculamento de blocos, ao longo dos antigos lineamentos do embasamento, propiciou uma rede de captação da drenagem fluvial para o interior da bacia. A granulometria grosseira dos sedimentos poderia refletir erosão por falta de cobertura vegetal no solo, quando as floras vasculares ainda não estavam desenvolvidas. As descargas de sedimentos grossos prejudicariam o estabelecimento de cadeias de vida bentônica (Figura 6.8).

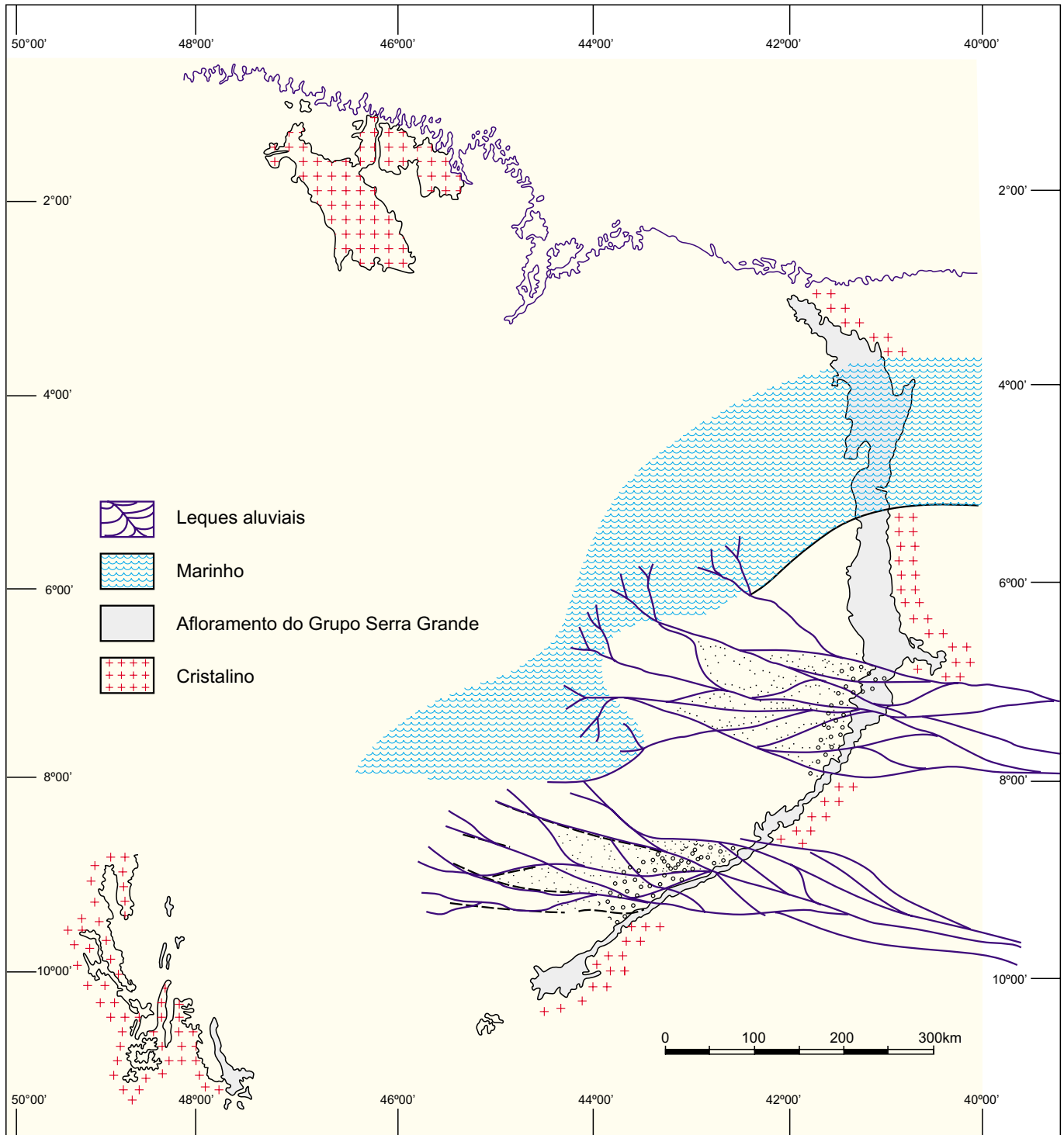


Figura 6.8 – Reconstituição do ambiente marinho e relações com os sistemas fluviais do Grupo Serra Grande.

7

DEVONIANO

As mais extensas transgressões marinhas do Fanerozóico da América do Sul estão registradas no Devoniano. Estruturas sedimentares presentes em pelitos e psamitos, depositados em mares batidos por tempestades, juntamente com os fósseis marinhos da fauna evolutiva paleozóica (Sepkoski, 1990) são os indicativos dessas transgressões na Bacia do Parnaíba.

7.1 Histórico

Small (1914) denominou os sedimentos Pimenteira, pela identificação de folhelhos e siltitos cinza e arroxeados que afloravam próximo à vila de Pimenteiras, Piauí. Plummer *et al.* (1948) empregaram a denominação de Small, porém consideraram que as camadas eram subjacentes às unidades Serra Grande.

A Formação Cabeças foi definida originalmente por Plummer *et al.* (1948) para arenitos que afloram na borda leste da bacia. Foi dividida em três membros – Passagem, Oeiras e Ipiranga, com a seção-tipo situada na cidade de Dom Expedito Lopes (antiga Cabeças), Piauí.

A Formação Longá foi proposta por Albuquerque & Dequech (1946), para folhelhos cinza-escuros, que ocorrem no vale do rio Longá, próximo a Campo Maior, Piauí. Posteriormente foi dividida em três subunidades: uma arenosa, média e duas

pelíticas, inferior e superior (Della Piazza & Santos, 1967).

A estratigrafia do Devoniano da Bacia do Parnaíba foi revista por Kegel (1953) que dividiu a Formação Pimenteira nos membros Itaim (inferior) e Picos (superior), e manteve as unidades superiores Cabeças e Longá. Na síntese de mapeamentos realizados pela PETROBRAS, Mesner & Wooldridge (1964) conservaram a seqüência litoestratigráfica proposta por Kegel.

A coluna estratigráfica, com pequenas variações, foi conservada em trabalhos posteriores. Carozzi *et al.* (1975) interpretaram os ambientes de sedimentação, e Della Fávera (1990) apresentou a Estratigrafia de Seqüências.

7.2 Área de Ocorrência

As unidades litoestratigráficas do Devoniano afloram nas regiões leste e oeste, com os estratos orientados norte-sul, infletidos para sudeste e sudoeste, acompanhando o atual contorno da bacia do Parnaíba. Na região sul são recobertos por sedimentos da Bacia Sanfranciscana, e a norte por sedimentos mesozóicos e cenozóicos.

As áreas de maiores espessuras em superfície e subsuperfície estão situadas nos flancos nordeste, leste e sudeste da bacia. Nessas regiões, os arenitos aflorantes formam elevações moderadas, em continuidade aos contrafortes internos das serras

que delimitam a bacia. No Devoniano, pelo mapa de isópacas, as regiões leste/nordeste formavam o depocentro da bacia (Aguilar, 1971). O controle foi do sistema de blocos associados ao Lineamento Sobral-Pedro II, de direção nordeste (Fortes, 1978). As principais ocorrências de fósseis são registradas nos afloramentos da borda leste.

As maiores espessuras são na Formação Itaim, de 260 metros; na Formação Pimenteira, de 320 metros; na Formação Cabeças, de 350 metros; e na Formação Longá, de 220 metros (Góes & Feijó, 1994).

7.3 Geocronologia - Idade

A primeira atribuição de idade devoniana na Bacia do Parnaíba feita por Plummer *et al.* (1948), utilizando invertebrados marinhos, foi corroborada por Kegel (1953). O detalhamento em tabelas cronoestratigráficas foi realizado com as pesquisas em subsuperfície da PETROBRAS, iniciadas por Müller (1962).

Tabelas de intervalos bioestratigráficos e cronoestratigráficos baseadas nas associações palinológicas e nos microfósseis marinhos, foram publicadas por Brito (1965, 1966, 1967a, b, 1968, 1969, 1971, 1976); Brito & Santos (1965); Daemon (1974 e 1976); Carozzi *et al.* (1975); Quadros (1982); Brito & Quadros (1984 e 1985); Grahn (1992) e Loboziak *et al.* (1992).

A coluna estratigráfica de Grahn (1992) baseada em quitinozoários, que constitui uma atualização dos conhecimentos anteriores, modificada por Melo *et al.*, 1992 (*apud* Góes & Feijó, 1994) foi adotada no presente trabalho. À Formação Itaim (definição de Kegel, 1953) é atribuída a idade eifeliana. A base da Formação Pimenteira é colocada no topo do Eifeliano, e a base (Membro Passagem) da Formação Cabeças no Givetiano. O topo da Formação Pimenteira atinge a parte superior do Frasniano e o restante da Formação Cabeças desenvolve-se através do Frasniano atingindo a base do Faméniano. A datação da Formação Longá, por microfósseis marinhos, é restrita ao Neofaméniano. De acordo com os miósporos, as indicações para o topo da Formação Longá são do limite Devoniano/Carbonífero (Daemon, 1974 e Loboziak *et al.*, 1992). Góes & Feijó (1994) assinalam seu topo no Eotournasiano.

7.4 Sedimentação

Para a síntese das relações dos eventos geológicos e biológicos, foram adotadas as seqüências deposicionais do Devoniano estabelecidas por Della Fávera (1990).

O ciclo transgressivo/regressivo de idades eifeliana e eogivetiana é o principal portador de ocorrências fossilíferas. Compreende a Formação Itaim, a parte basal e média da Formação Pimenteira e a parte basal da Formação Cabeças. Nos intervalos regressivos do Neogivetiano e Eofaméniano, não estão registrados elementos para datação.

No topo das formações Pimenteira e Cabeças ocorre nova transgressão no Neofrasniano -Eofaméniano.

Nesta idade, a superfície de inundação máxima na Formação Pimenteira apresenta alto teor de carbono orgânico, indicado na perfilagem de raios-gama, pelos conspícuos picos radioativos.

No Neofaméniano, a seqüência transgressiva da Formação Longá apresenta a superfície de transgressão máxima no topo da metade inferior, a partir daí é regressiva em direção ao topo.

7.4.1 Eoeifeliano- Formação Itaim

Os depósitos da Formação Itaim foram acumulados pelo efeito do aumento da lâmina d'água quando foi estabelecida uma plataforma marinha proximal, batida por tempestades. São o limite inferior do sistema deposicional transgressivo na plataforma.

A seqüência transgressiva é discordante em relação a unidade inferior, compreendida pelas fácies fluviais anastomosadas da Formação Jaicós. Iniciada no Eoeifeliano é composta por camadas de arenitos que ocorrem com pequena espessura em superfície, no flanco leste da bacia. Correspondem litologicamente à Formação Itaim. Em afloramentos próximos à cidade de Itainópolis, Piauí (Figura 7.1) são arenitos sílticos finos a médios, relativamente bem classificados, argilosos, amarelos a vermelhos, micáceos, apresentando estruturas de lobos sigmoidais. São recobertos por arenitos com estratificações cruzadas do tipo *hummockys*, da parte basal da Formação Pimenteira (Fonseca & Melo, 1987; Della Fávera, 1990).

7.4.2 Neoeifeliano - Formação Pimenteira

As atuais conceituações da Formação Pimenteira alteraram as definições originais de Kegel (1953). O Membro Itaim passou a Formação Itaim, e o pacote litológico e fossilífero, anteriormente designado como Membro Picos, assumiu a designação de Formação Pimenteira.

A camada basal da Formação Pimenteira, denominada por Kegel (1953) de banco branco, é for-

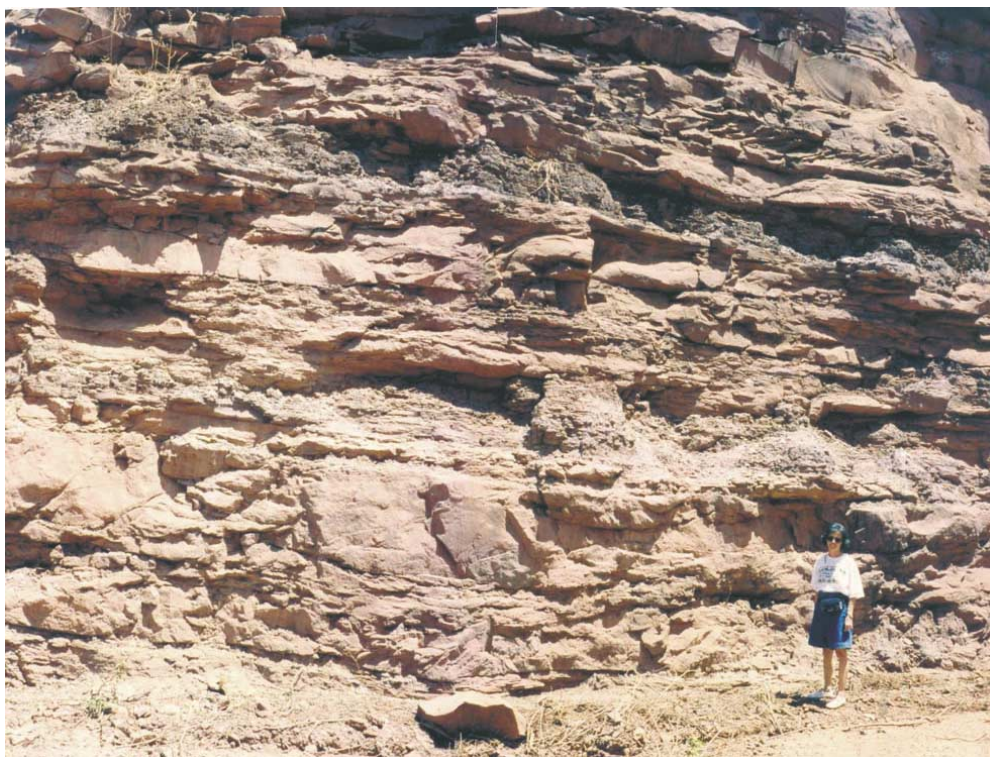


Figura 7.1 – Formação Itaim na base, com arenitos com lobos sigmoidais. Formação Pimenteira basal no topo, com arenitos com estratificações cruzadas em hummockys, corte em catenária. Localidade - Rio Itaim, próximo à cidade de Itainópolis, Piauí.

mada por folhelhos e folhelhos silticos cinza-esbranquiçados ou verde-claro.

É registrada no flanco leste, entre as cidades de Piripiri, ao norte, e São João do Piauí, ao sul. Apresenta indícios de sedimentação carbonática e oolítica nas suas exposições (Oliveira & Barros, 1976).

Nos afloramentos de Itainópolis, no contato basal com os arenitos Itaim, os folhelhos e arenitos da Formação Pimenteira apresentam estratificações cruzadas de tipo *hummockys*, com corte em catenária (Figura 7.1). Correspondem as fácies tempestíticas situadas abaixo da ação da base de onda e indicam uma contínua elevação do nível do mar, na seqüência transgressiva. São plataformas terrígenas, com barras costa afora (*offshore bars*) dominadas por tempestades.

7.4.3 Eogivetiano - Formação Pimenteira

O primeiro intervalo regressivo de idade eogivetiano é correspondente à parte média da Formação Pimenteira. Em afloramento que ocorre na entrada da cidade de Picos, os corpos de arenitos amalgamados, em laminações gradadas, com grandes ondas, truncadas em catenária (*hummockys*) inter-

calam folhelhos com laminações em ondas (*wavy*) e lenticular (*linsen*). As formas geométricas dos arenitos são bem separadas por pelitos (Figura 7.2).

São interpretados como plataformas terrígenas, com barras costa afora (*offshore bars*) dominadas por tempestades. Representam eventos episódicos rápidos, com tempestades de grande intensidade, que quando cessam formam depósitos de menor energia sob ação de ondas, tais como os folhelhos com as laminações *wavy* e *linsen*. São indicativos de lâmina d'água elevada, possivelmente a parte extrema da transgressão.

Nos morros do Ipueiro e do Colégio, em Picos, os depósitos tempestíticos estão associados com evidências biológicas de proximidade de costa, como as concreções contendo restos de vegetais terrestres (Krausel & Dolianiti, 1957).

Os depósitos tempestíticos com as camadas de estratificação cruzada tipo *hummockys* são marcados por níveis de *hardground*, com icnofósseis perfurantes (Kegel, 1966). Significam parada da sedimentação após a tempestade. Entre os tratos de sistemas de nível de mar alto são os que indicam o início do intervalo regressivo.



Figura 7.2 – Formação Pimenteira, parte média. Arenitos com laminações com grande comprimento de onda, com estratificações cruzadas truncadas (hummockys) e em catenária. Intercalam os folhelhos com estruturas wavy e linsen. As formas geométricas dos arenitos são bem separadas pelos pelitos. Localidade - Entrada da cidade de Picos, Piauí.

7.4.4 Eogivetiano - Formação Cabeças

Na região de Picos ocorrem também arenitos médios a grossos que apresentam estruturas de lobos sigmoidais de topo plano (Figura 7.3) e lobos sigmoidais com arenitos proximais e folhelhos distais, com laminações em ondas e lenticulares. São mudanças laterais de fácies e caracterizam o denominado Membro Passagem da Formação Cabeças. São indicadores de lobos sigmoidais de maré na porção proximal passando a depósitos tempestíticos até lamitos nas regiões distais.

No Parque Nacional de Sete Cidades, no Piauí, a nordeste da bacia, os arenitos da Formação Cabeças apresentam modelados semelhantes às denominadas *sand waves* (Walker, 1984). Estas unidades fisiográficas atualmente são encontradas nos arenitos de áreas rasas das plataformas continentais.

7.4.5 Neofrasniano/Eofameniano - Formações Pimenteira e Cabeças

Uma nova transgressão está assinalada nos intervalos entre as idades compreendidas pelos Neofrasniano e Eofameniano. Corresponde às sedimentações de siltitos e arenitos das camadas existentes nas metades superiores das formações Pimenteira e Cabeças.

Na Formação Pimenteira ocorrem folhelhos pretos, radioativos, com alto teor de carbono orgânico. Estão indicados pelos conspicuos picos na perfilação de raios gama. Della Fávera (1990) os identificou como uma superfície de inundação máxima. Icnofósseis e algas *Protosalvinia* são citadas por Grahn (1992).

Na borda oeste da bacia, na parte superior da Formação Cabeças, ocorrem arenitos cinza a brancos com estratificação cruzada, conglomeráticos, com seixos intercalados. Estruturas de escorregamento sinsedimentares são comuns e localmente os arenitos são cortados por canais rasos e amplos. Classificados como diamictitos, são interpretados como uma progradação e integração rápida de leques aluviais, leques deltaicos e frentes deltaicas, com lobos glaciais no topo. Constituem o registro de um evento glacial ocorrido ao norte da América do Sul (Caputo, 1984, 1985; Caputo & Lima, 1984; Caputo & Crowell, 1985).

Na borda leste, no estado do Piauí, próximo a Canto de Buriti, os diamictitos ocorrem junto com superfícies estriadas no topo da Formação Cabe-

ças (Caputo, 1984). Em Gaturano, os diamictitos ocorrem sobrepostos às sigmoidais da Formação Cabeças.

Andrade & Daemon (1974), Daemon (1976) e Quadros (1982) dataram os diamictitos do topo da Formação Cabeças no Fameniano, os quais são da mesma idade dos diamictitos encontrados nas bacias do Solimões e Amazonas.

Esta seqüência foi seguida por uma regressão no Mesofameniano.

7.4.6 Neofameniano - Formação Longá

Camadas de folhelhos bem laminados e siltitos bioturbados, que caracterizam a Formação Longá, sobrepõem-se em contato superior com os arenitos da Formação Cabeças, acentuando uma abrupta mudança litológica. Na parte basal, os icnofósseis abundantes e uma fauna de invertebrados estão associados a folhelhos e siltitos. Representam o início de uma seqüência transgressiva, datada no Neofameniano (Figura 7.4).

A parte média da formação é marcada por arenitos amarelados a esbranquiçados, argiláceos com estratificações cruzadas e delgados leitos de calcários argilosos. O contato superior, com a Formação Poti, é, em geral, concordante e gradacional, embora possa ser localmente brusco (Della Fávera, 1990).

Os depósitos da Formação Longá são interpretados como o registro de um mar epicontinental, com ambiente deposicional variando de infranerítico nas unidades basais e superiores, a litorâneo nas seções médias. Os sedimentos com a predominância de clásticos finos da unidade inferior refletem um rápido afogamento do sistema marinho raso da Formação Cabeças, pela elevação do nível do mar, no final de uma glaciação. Os folhelhos laminados com estratificação cruzada *hummockys* indicam uma sedimentação mais profunda, com tempestades.

7.5 Fósseis

7.5.1 Microfósseis

Após o trabalho em palinologia de Müller (1962), que elaborou a primeira tabela cronoestratigráfica, para o Devoniano da Bacia do Parnaíba, Daemon (1974) divulgou a síntese com a correlação entre os palinomorfos, estabelecendo intervalos bioestratigráficos do Devoniano nas bacias do Amazonas e Parnaíba.



Figura 7.3 – Formação Cabeças. Arenitos com lobos sigmoidais de topo plano. Localidade - Estrada Floriano-Oeiras. BR-230 - 8km a oeste de Oeiras, Piauí.



Figura 7.4 – Formação Longá. Arenitos muito finos, cinza-escuros e siltitos intercalados. Localidade - Estrada Teresina-Picos. Rodovia BR-316, km 168,5, região de Valença do Piauí (segundo Carvalho, 1995).

Os microfósseis marinhos, acritarcas e quitinozoários foram estudados com descrição sistemática e por possuírem uma nítida diferenciação morfológica são excelentes índices (Brito, 1965, 1966, 1967a, b, 1968, 1969, 1971, 1976; Brito & Quadros, 1984 e 1985; Brito & Santos, 1965 e Quadros, 1982). As associações palinológicas e de microfósseis marinhos estão contidas em trabalhos de natureza estratigráfica, publicados por Daemon (1974 e 1976), Carozzi *et al.* (1975), Grahn (1992) e Loboziak *et al.* (1992).

No Meso e Neodevoniano as formas de quitinozoários e acritarcas se diversificam, em evolução rápida. Seu declínio e extinção global no topo do Devoniano é um bioevento mundial. No final do Devoniano, associações de esporomorfos ocorrem, sobretudo nas subturmas *Pseudosaccitriletes* e *Zonotriletes*.

De acordo com Grahn (1992), nos sedimentos da Formação Itaim (definição de Kegel, 1953), os microfósseis marinhos apontam a idade mesoeifeliana, citando como exemplo o quitinozoário *Ramochitina ramosi*. A Formação Itaim é correlacionada com o Membro Lontra da Formação Maecuru. A base da Formação Pimenteira é colocada no Neoeifeliano. Os quitinozoários apresentam maior percentagem de espécies cosmopolitas que no Eodevoniano.

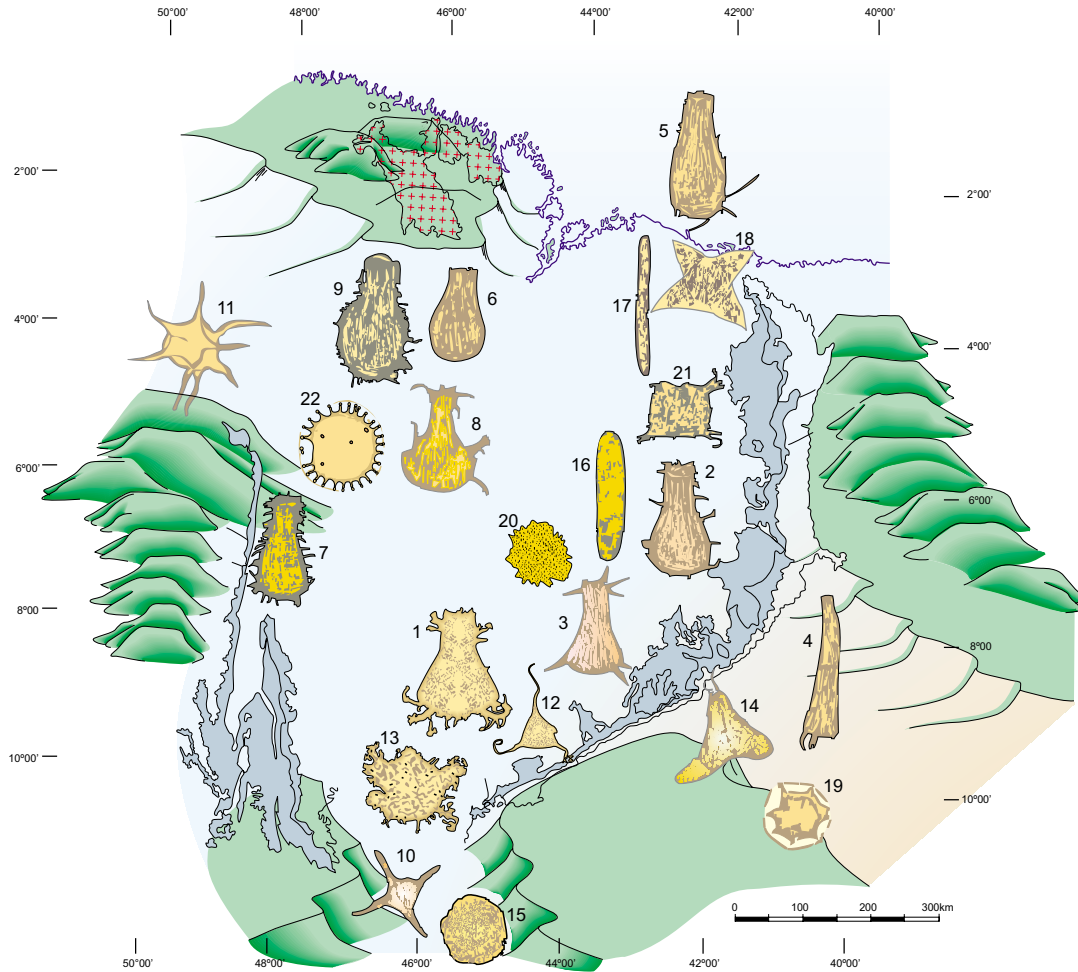
Segundo Daemon (1976), o Eifeliano é uma idade marcada por uma rápida mudança da flora, que

pode significar variação climática ou elevação do nível do mar. O conjunto de microfósseis indica ambiente marinho raso e proximidade da costa.

Quadros (1982) descreveu e figurou as associações na cenozona *Ramochitina ramosi* (Figura 7.5).

Grahn (1992) atribuiu a parte média da Formação Pimenteira, ao Eogivetiano, com representantes dos quitinozoários *Ancyrochitina langei* e *Gotlandochitina milanensis*. O Membro Passagem da Formação Cabeças foi datado no Eogivetiano. Observa este autor que, no Neofrasniano, a transgressão inicial do Neodevoniano em outras bacias do mundo, originou um empobrecimento da fauna e uniformização das bacias até o Neofameniano. Porém, nas bacias do Parnaíba e Jatobá, a fauna de quitinozoários é composta por mais de 30 espécies, em contraste com poucas espécies de outras bacias. A fauna é endêmica e um gênero, *Sommerochitina* (Cruz & Quadros 1985), aparece pela primeira vez no Fameniano, possivelmente em conexão com a glaciação do final do Devoniano.

A Formação Longá, que de acordo com Daemon (1976) contém esporos indicativos do limite Devoniano/Carbonífero, foi posicionada por Grahn (1992) e Loboziak *et al.* (1992) no Neofameniano. Góes & Feijó estendem sua ocorrência para o Eotournasiano.



QUINOZOÁRIOS

- 1 - *Ancyrochitina ancyrea* Eisenack, 1955
- 2 - *Alpenachitina eisenacki* Dunnn & Miller, 1964
- 3 - *Ancyrochitina langei* Sommer & van Boeckel, 1964
- 4 - *Cladochitina biconstricta* Lange, 1967
- 5 - *Angochitina implicationis* Urban, 1972
- 6 - *Angochitina* cf. *A. capillata* Eisenack, 1937
- 7 - *Ramochitina ramosi* Sommer & van Boekel, 1964
- 8 - *Ancyrochitina* cf. *A. desmea* Eisenack, 1964
- 9 - *Angochitina mourai* Lange, 1952

ACRITARCAS

- 10 - *Veryhachium rabiosum* Cramer, 1964
- 11 - *Micrhystridium stellatum* Deflandre, 1945
- 12 - *Veryhachium trispinosum* (Eisenack) Cramer, 1964
- 13 - *Baltisphaeridium* sp.
- 14 - *Triangulina alargada* Cramer, 1964
- 15 - *Polyedryxium decorum* Deunff, 1955
- 16 - *Navifusa brasiliensis* Brito & Santos, 1965
- 17 - *Navifusa cylindrica* Brito & Santos, 1965
- 18 - *Estiastra* sp.
- 19 - *Duvernaysphaera tessella* Deunff, 1964
- 20 - *Baltisphaeridium dilatispinosum* Downie, 1963
- 21 - *Evittia sommeri* Brito, 1967
- 22 - *Maranhites brasiliensis* Brito, 1965

Figura 7.5 – Microfósseis da cenozona *Ramochitina ramosi*, do Eifeliano (segundo Quadros, 1982).

7.5.2 Macrofósseis

7.5.2.1 Eoefeliano - Formação Itaim

Os restos de invertebrados bentônicos mais antigos estão registrados nos afloramentos da Formação Itaim, situados na borda leste da bacia. São datados no Mesoeifeliano, e a sedimentação é de plataforma marinha proximal.

A esparsa fauna marinha é composta por *Bucanella* (?), *Nuculites* entre outros moluscos; os braquiópodos *Orbiculoidea* (Figura 7.6) e "*Craniops*"; os icnofósseis *Zoophycos* (= *Spirophyton*) e rastros atribuídos a trilobitas homanotídeos. Indicando a proximidade da linha de costa são citados restos de pequenos vegetais Psilofitales (Kegel, 1953; Melo, 1988).

7.5.2.2 Neoeifeliano - Formação Pimenteira

As assembléias fossilíferas que ocorrem nos folhelhos das camadas basais da Formação Pimenteira, na borda leste da bacia são compostas por trilobitas, ostracodes, braquiópodos, bivalvíos, gastrópodos, conularídeos, tentaculídeos, hiolitídeos, escolecodontes, peixes e restos vegetais, datados no Neoeifeliano (Fonseca & Melo, 1987; Carvalho, 1995).

Uma associação fóssil apresenta braquiópodos inarticulados *Orbiculoidea*; terebratulídeos *Cranaena* sp., "*Paranaia*" sp. e *Derbyina smithi*. A ocorrência de *Tropidoleptus carinatus* no Mesodevoniano da Bacia do Parnaíba caracteriza a expansão mundial da espécie a partir do Eodevoniano da região renano-boêmia (Fonseca & Melo, 1987). As relações com a Província Malvinocráfica foram estabelecidas por Melo (1985) que comparou os exemplares da Bacia do Parnaíba com material tipo da Chapada dos Guimarães, depositado no Museu Nacional.

Os trilobitas são o homalonotídeo *Burmeisteria* e o calmonídeo *Metacryphaeus kegeli*, este último de família da Província Malvinocráfica (Carvalho, 1995; Carvalho *et al.*, 1997). Os moluscos são *Nuculites*, *Bucanella*, e *Hyolithes* e o *incertae sedis Tentaculites*. Os restos de peixes são *Ctenacanthus* e *Machaeracanthus* (Santos, 1961). Os icnofósseis, rastros de vermes do grupo *Nereites* (Kegel, 1966) e *Zoophycos*, além de vegetais atribuídos a *Spongiophyton* (Fonseca & Melo, 1987).

Em outra associação fóssil estão representados o celenterado *Mesoconularia africana*; os braquiópodos *Orbiculoidea* sp., *Derbyina smithi*, "*Paranaia*"

sp. e "*Cranaena*" sp. e os trilobitas *Metacryphaeus* e *Burmeisteria* (Kegel, 1953; Melo, 1985; Fernandes, 1985; Carvalho, 1995).

Na borda oeste, Melo (1985) identificou um afloramento situado três metros acima do embasamento, em Lajedo e fazenda Pé de Buriti, noroeste de Guaraí, Tocantins, como pertencente à parte basal da Formação Pimenteira. Os fósseis são o celenterado *Conularia*; os braquiópodos: *Orbiculoidea*, "*Spirifer*", "*Australocoelia*" e o vegetal *Spongiophyton* (Andrade Ramos & Barbosa, 1967; Barbosa *et al.*, 1966; Melo, 1985).

7.5.2.3 Eogivetiano - Formação Pimenteira

A parte média da Formação Pimenteira, de idade Eogivetiana, de composição arenosa, ocorre em superfície, na borda leste, nos arredores de Picos, no limite com o Membro Passagem.

A fauna (Figura 7.7) contém o trilobita *Burmeisteria notica*, os bivalvíos *Nuculites africanus*, *Nuculites* sp. e *Paleoneilo* sp., os conularídeos *Ctenoconularia undulata* e *Mesoconularia africana*, os braquiópodos *Chonetes freitasi*, *Lingula*, *Orbiculoidea*, os gastrópodos *Plectonotus derbyi* e *Hyolithes*, o *incertae sedis Tentaculites*; o icnofóssil *Cruziana* e o peixe (?) *Machaeracanthus* (Kegel, 1953 e 1966; Santos, 1961; Brito & Santos, 1965; Castro, 1968; Brito, 1971; Melo, 1985; Campos, 1985; Lima Filho & Caldas, 1987).

Os vegetais são *Protolepidodendron kegeli*, *Archaeosigillaria picosensis*, *Palaeostigma sewardi*, *Spongiophyton* e um ramo de *Archaeosigillaria* (Krausel & Dolianiti, 1957).

Os fósseis procedem dos arredores da cidade de Picos. As camadas revestidas por alteração superficial de ferro formam *hardground*, com os icnofósseis *Neoskolithos picosensis* (Kegel, 1966). O material que ficou exposto aos fenômenos de oxidação no piso marinho formou nódulos hematíticos em torno de fragmentos do trilobita *Burmeisteria*.

7.5.2.4 Eogivetiano - Formação Cabeças

O Membro Passagem da Formação Cabeças, com maior percentagem em arenitos, é datado no Eogivetiano, e como variação lateral de fácies tem uma composição de fauna diferente da que ocorre na Formação Pimenteira.

Os braquiópodos são referidos a *Tropidoleptus carinatus*, *Pustulatia* ou *Plicoplasia*, *Pleurochonetes*, *Mucrospirifer*, (?), Rhipidothyridae ou Mutatio-nellidae.

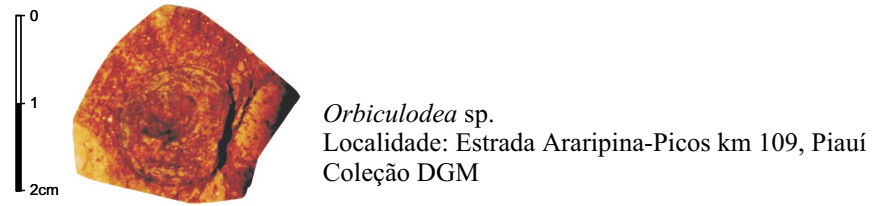
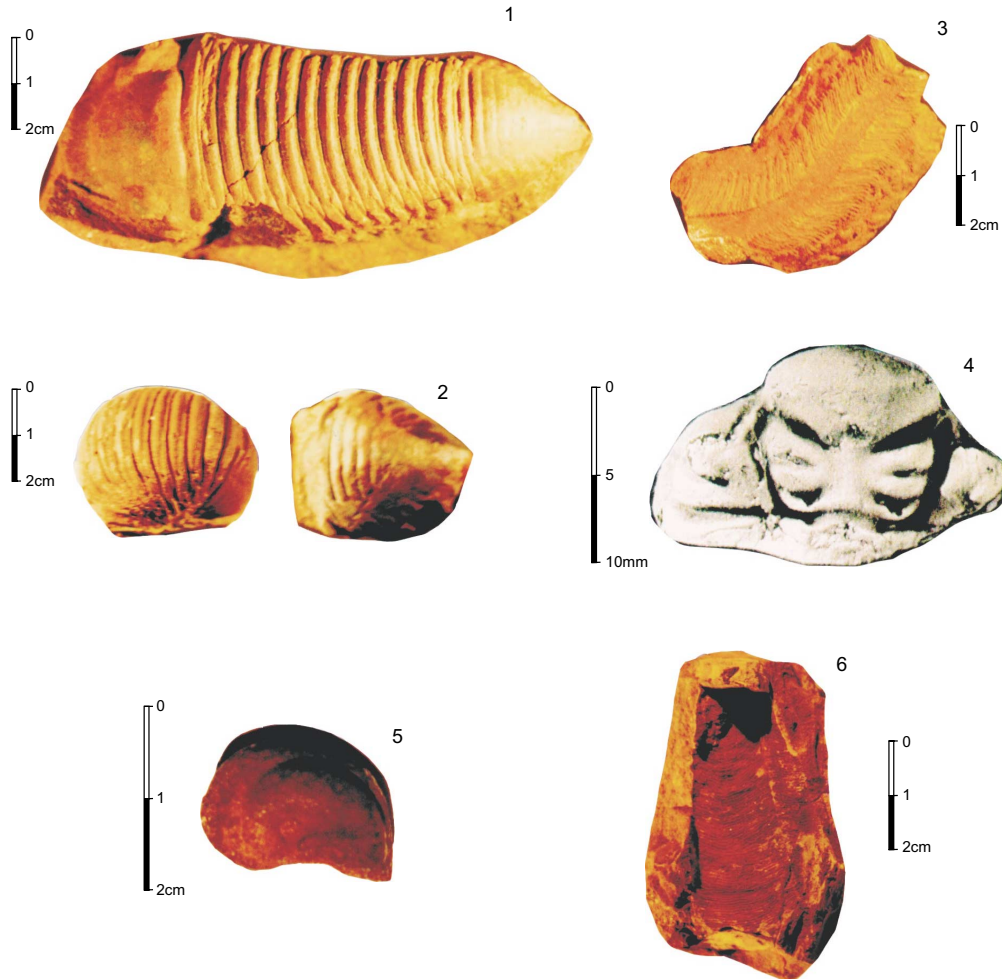


Figura 7.6 – Fósseis da Formação Itaim.



1 <i>Burmeisteria notica</i> . Localidade: Picos, Piauí. Coleção: DGM 5005-I.	4 <i>Metacryphaeus kegei</i> (segundo Carvalho <i>et al.</i> , 1997). Localidade: Cerca de 11km ao sul de Pimenteiras, Piauí. Coleção: DGM 6133-I.
2 <i>Burmeisteria notica</i> . Localidade: Picos, Piauí. Coleção: DGM 5007-I.	5 <i>Plectonotus</i> sp. Localidade: Picos, Piauí. Coleção: DGM 6197-I.
3 <i>Cruziana</i> isp. Localidade: Região de Picos, Piauí. Coleção: DGM 6200-I.	6 <i>Ctenoconularia</i> cf. <i>C. undulata</i> . Localidade: Região de Picos, Piauí. Coleção: DGM 6196-1.

Figura 7.7 – Fósseis da Formação Pimenteira.

Os bivalvíos são *Nuculites aff. N. oblongatus*, *Nuculites cf. N. triqueter*, *Nuculoidea(?) bellistriata parvula*, *Palaeoneilo sp. A* e *Palaeoneilo sp. B*, *Grammysioidea (?) lundii*, *Sanguinolites karsteni*, *Spathella pimentana* e *Grammysiidae* indet. Os gastrópodos são *Plectonotus derbyi* e (?) *Platyostoma baini* e o cefalópodo é referido a *Michelinoceras bokkeveldensis*. O trilobita *Metacryphaeus australis* (Castro, 1968) foi colocado na nova espécie *Metacryphaeus meloi* (Carvalho *et al.*, 1997). São citados euripterídeos, *Tentaculites* e os icnofósseis, *Rusophycus* isp. e *Cruziana* isp. (Kegel, 1953 e 1965; Oliveira & Barros, 1976; Lima & Leite, 1978; Melo, 1985; Fonseca & Melo, 1987; Fonseca, 1994; Carvalho *et al.*; 1997, Carvalho, 1995).

A fauna do Membro Passagem (figura 7.8) está depositada na base dos arenitos da seqüência regressiva, que ocorrem na margem leste. É correlacionada com a fauna das formações Maecuru e Ererê.

7.5.2.5 Neofrasniano / Eofameniano - Formações Pimenteira e Cabeças

A transgressão do Neofrasniano/Eofameniano está identificada nos sedimentos da parte superior das formações Pimenteira e Cabeças. Está marcada por esparsos restos orgânicos com as algas *Protosalvinia* e o traço fóssil *Spirophyton* (Grahn, 1992).

Um indicador de atividade de microorganismos são os folhelhos pretos radioativos, conspicuos na perfilagem gama (Della Fávera, 1990).

7.5.2.6 Neofameniano - Formação Longá

Uma fauna de invertebrados, da base da Formação Longá, de idade Neofameniana, é registrada na Fazenda Barreiras, próximo da cidade de Valença do Piauí, Piauí (Kegel, 1953; Melo, 1988; Carvalho, 1995).

As assembléias consistem de bivalvíos alongados, cilíndricos modiomórficos – *Solemya (Janeia)* (?) sp., (?) *Modiomorphidae*; braquiópodos *Lingula*, *Orbiculoidea*; “*Schuchertella*” sp.; *Chonetes*; pequenos trilobitas *Metacryphaeus* sp. com afinidade malvinocráfica (Figura 7.9); ostracodes *Kloedenia*, *Primitia*; possíveis *Tentaculites* e restos de peixes (Kegel, 1953; Melo, 1985; Carvalho & Melo, 1984; Carvalho, 1995).

Os icnofósseis são abundantes, especialmente em afloramentos próximos à cidade de Campo Maior, Piauí. Ocorrem *Bifungites cruciformis*,

Rusophycus piauiensis, *Neonereites uniserialis*, *Sublorenzinia pauciradiata* e *Palaeophycus* isp. (Muniz, 1981 e 1982).

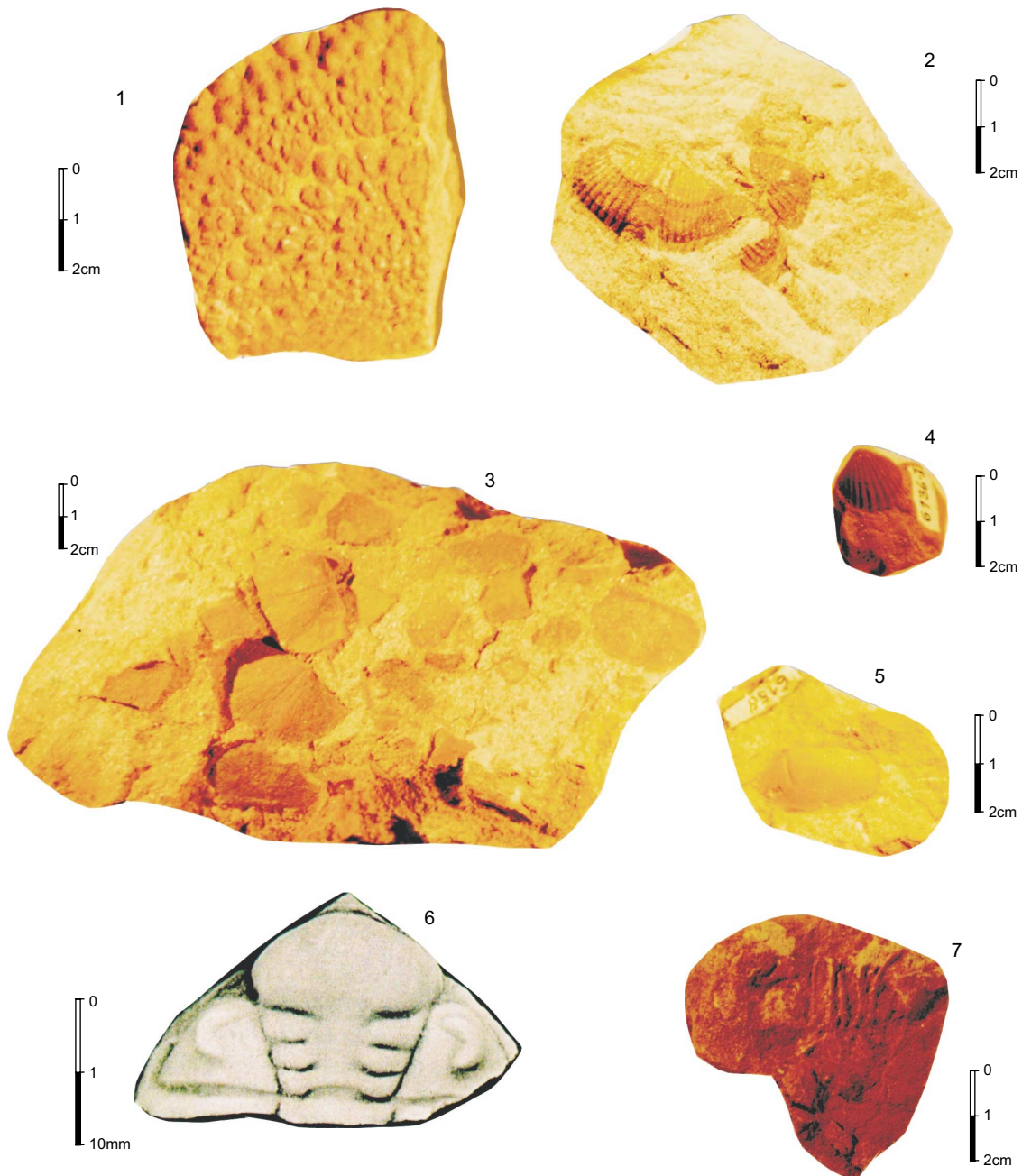
Outras citações de icnofósseis são: *Crossopodia estrellada* em Elesbão Veloso (Albuquerque & Dequech, 1946; Kegel, 1957); *Asteriacites* isp., nas proximidades de Oeiras (Santos & Campanha, 1970; Brito, 1977); e *Cruziana aff. C. lobosa*, *Asteriacites stelliforme* e (?) *Crossopodia estrellada*, *Conichnus conicus*, em Rio Grande do Piauí e Valença do Piauí (Muniz, 1982). Há citação de *Crossocorda maranhensis*, no furo 2 VG-1-MA, Vargem Grande, Maranhão (Kegel, 1966; Quadros, 1982).

7.6 Paleogeografia

A paleogeografia do Devoniano na América do Sul foi discutida por Barrett & Isaacson (1988) que atualizaram o clássico modelo de Harrington (1962). Foram relatadas as principais ocorrências ao longo dos Andes, desde a Venezuela, em direção ao sul, através da Colômbia, Peru, Bolívia, Chile e Argentina. Analisaram também as bacias intracratônicas do Brasil, Paraguai e Argentina. Pela tabela de correlação entre as bacias, foi verificado que na maior parte das ocorrências de Devoniano, as sedimentações são iniciadas no Emsiano ou Eifeliano. São atribuídas a uma transgressão marinha por elevação do nível do mar que, em caráter mundial, ocorreu no Mesodevoniano. Há uma discordância de caráter continental correspondente ao intervalo do Devoniano Inferior, que Góes & Feijó (1994) correlacionam com o reconhecido Ciclo orogênico Caledoniano, do final do Siluriano.

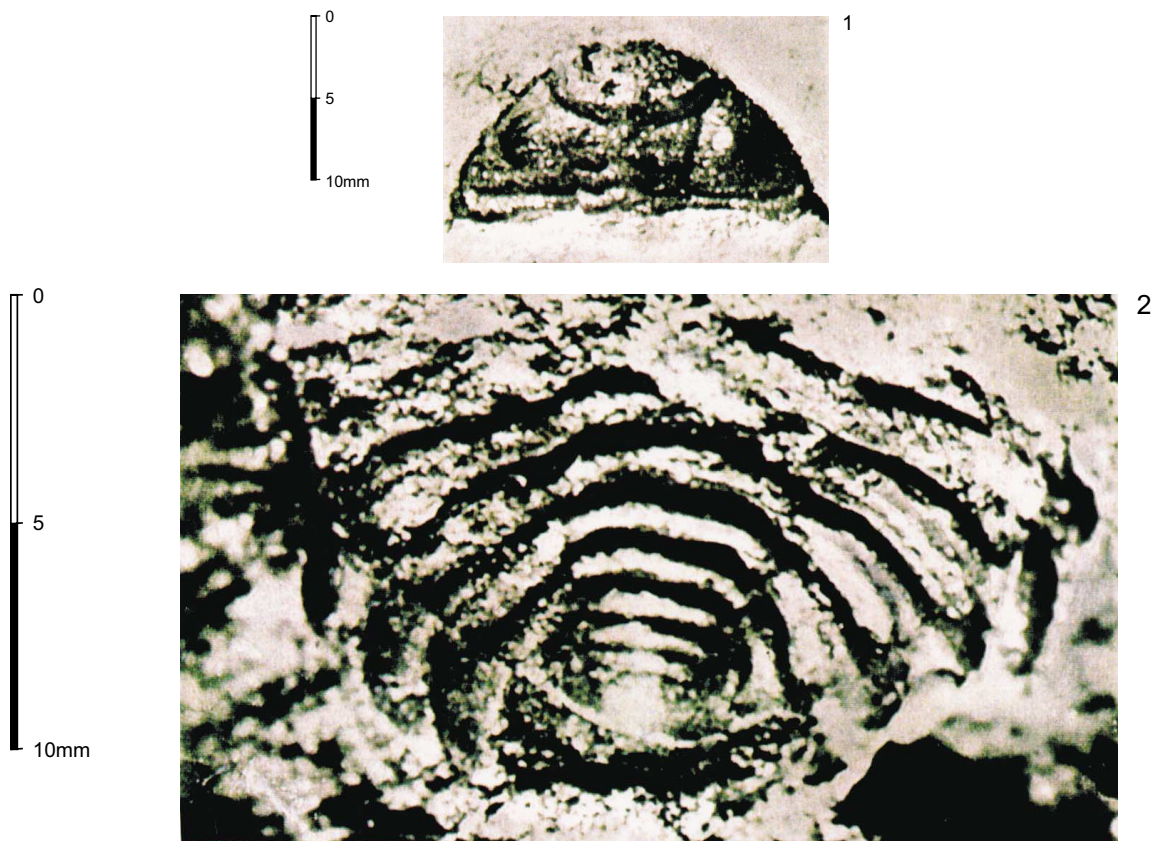
Na Bacia do Parnaíba, os condicionamentos regionais continuaram controlados pelos lineamentos Transbrasiliano Picos-Santa Inês (Cunha, 1986), com os depocentros localizados na região da atual borda leste da bacia.

Modelos paleogeográficos nos diversos andares do Devoniano na Bacia do Parnaíba foram estabelecidos por Melo (1988), em correlações das bacias do Paraná, Amazonas e Parnaíba com a América do Sul e África. Este autor ampliou modelos anteriores de Lange & Petri (1967) e Lange (1972). A transgressão do Eifeliano conectou as bacias do Amazonas, Parnaíba e Paraná com a margem oeste da América do Sul, e propiciou a colonização das zonas bentônicas. A noroeste da Bacia do Parnaíba houve a conexão com o Cráton Oeste Africano, com deposição de grande espessura de folhelhos (Carozzi *et al.*, 1975).



1 <i>Gyrophyllites</i> (?) sp. Localidade: Antigo km 5,5 da rodovia Picos-Oeiras, Piauí. Coleção: DGM 6163-I.	5 <i>Nuculites</i> sp. Localidade: Antigo km 5,5 da rodovia Picos-Oeiras, Piauí. Coleção DGM 6158-I.
2 Família Mucrospiriferidae-valva branquial e <i>Metacryphaeus</i> -Pigideos. Localidade: Região de Picos, Piauí. Coleção: DGM 6194-I.	6 <i>Metacryphaeus meloi</i> (segundo Carvalho <i>et al.</i> , 1997). Localidade: Oitis, na junção da rodovia Valença do Piauí-Pimenteiras, Piauí. Coleção: MCT 6822-I.
3 Família Chonetidae, Subfamília - Notiochonetinae. Localidade: Antigo km 5,5 da rodovia Picos-Oeiras, Piauí. Coleção: DGM.	7 Cálice de Crinóide. Localidade: km 36 a noroeste de Canto do Buriti, próximo à entrada para Floriano, Piauí. Coleção: DGM.
4 Família Mutationellidae. Localidade: Vertente oriental da serra Pedro II, Piauí. Coleção: DGM 6135-I.	

Figura 7.8 – Fósseis da Formação Cabeças.



1 e 2 *Metacryphaeus* sp.

Localidade: Fazenda Barreiras, Valença do Piauí, Piauí.

Coleção: DGM 5566-I (segundo Carvalho, 1995)

Figura 7.9 – Fósseis da Formação Longá.

7.7 Eventos Biológicos

Seis eventos biológicos foram reconhecidos no Devoniano da Bacia do Parnaíba (Carvalho *et al.*, 1996). As formações das assembléias bentônicas estiveram relacionadas com mecanismos alocíclicos, isto é, a fenômenos gerados externamente às bacias sedimentares. São os fatores correlacionados com as variações do nível do mar e climáticos que, provocando mudanças no nível de base, influenciaram a dinâmica dos seres vivos em mares epicontinentais.

Os bioeventos estão diferenciados, segundo Kauffman (1986), em bioeventos locais, que correspondem no Eifeliano, ao aparecimento de vida bentônica na bacia. Um bioevento florístico de natureza regional é indicado nas correlações entre as bacias sedimentares do Amazonas, Parnaíba e Paraná. Daemon (1976) assinalou um conjunto de microfósseis representativo de rápidas mudanças da

flora, motivadas por mudanças climáticas e elevação do nível do mar.

Estes fatores associados com a deriva continental possibilitaram ainda o bioevento global de expansão do braquiópodo *Tropidoleptus carinatus*, a partir de província biogeográfica do hemisfério norte (Fonseca & Melo, 1987).

7.8 Tafonomia

Nas séries tafonômicas evolutivas, os elementos e associações registrados são abordados como sistemas tafonômicos ou tafossistemas (Fernández-López, 1991). Os componentes que podem ser observados em diferentes estágios de organização são inter-relacionados ao ambiente externo, interpretados pelas seqüências, sistemas e ambientes deposicionais.

A preservação dos elementos fósseis foi na maior parte causada por episódios de tempestades, que

transportaram as entidades produzidas, de diferentes *habitats*, para regiões mar adentro. Em geral, as conchas e outros fragmentos de partes de maior durabilidade se acumularam como conglomerado basal de tempestitos.

Entretanto, não foram de longa conservabilidade, pois a maioria das entidades é registrada por moldes internos e externos, sem vestígios das conchas originais. As valvas de braquiópodos estão desarticuladas, mas nos moldes estão impressos detalhes de ornamentação. Indicam que houve soterramento rápido após o transporte por fluxos de correntes (Johnson, 1960).

Representam uma tafocenose com mistura de entidades preservadas transportadas lateralmente, do local da plataforma onde foram produzidas. São bioeventos locais de soterramento e preservação, em regiões localizadas da bacia sedimentar.

Os gêneros identificados dão as informações paleobiológicas que diferenciam as associações bentônicas por regiões da plataforma (Boucot, 1971 e 1975), e demonstram que na maioria dos registros houve mistura de elementos procedentes de litoral e plataforma rasa.

A preservação foi por ressedimentação, com deslocamento ao longo do substrato, antes que os elementos preservados fossem enterrados. Os icnofósseis foram preservados por acumulação. São da produção biogênica, traduzida pelos traços no substrato. É um processo onde não há transporte.

Os braquiópodos do Membro Passagem da Formação Cabeças, estão depositados em bancos de arenitos na base de tempestitos. Constituem um bioevento local de soterramento e preservação da fauna. As conchas desarticuladas, pouco fragmentadas, com a ornamentação bem conservada tiveram pequeno transporte e soterramento rápido (Johnson, 1960).

7.9 Paleoecologia/Comunidades Bentônicas/ Antigos Ecossistemas

Pelas entidades registradas, foram obtidas as evidências das quais derivam as informações paleobiológicas. São reconhecidas as associações bentônicas em plataformas marinhas rasas, nas comunidades malvinocábricas (Boucot, 1971 e 1975). Os gêneros determinados indicam a presença de:

Tipo 1 - comunidade de *Lingula* - caracterizada por braquiópodos lingulídeos e discinidas (*Orbiculoides*). Estão em associação com os bivalvíos nuculídeos, os gastrópodos belerofontídeos, e os trilobitas homalonotídeos. São de região litorânea.

Tipo 2 - comunidade de mutationélida, com braquiópodos incluindo os gêneros *Derbyina* e *Parnaia*, o ortídeo *Tropidoleptus* e o trilobita *Burmeisteria*. São de plataforma interna proximal.

Tipo 3 - comunidade de conetáceos, com espiroferídeos, ambocoelídeos (*Plicoplasia* ou *Pustulatia*), terebratulídeos (*Rhytidothyris* e *Mutationella*), e o trilobita calmonídeo *Metacryphaeus*. São de plataforma interna distal.

MESOEIFELIANO - O início da seqüência transgressiva do Mesoeifeliano está representado por arenitos com lobos sigmoidais de pequena espessura da Formação Itaim.

Os fósseis representam o primeiro bioevento de colonização bentônica na bacia. O registro de fauna bentônica e de plantas indica que as condições ecológicas foram alcançadas, permitindo o estabelecimento de metazoários.

A rápida mudança da flora registrada significaria uma variação climática ou elevação do nível do mar. O bioevento local de colonização bentônica e o bioevento florístico de caráter regional, documentado por Daemon (1976) são possivelmente associados com mudanças climáticas, em consequência de um evento geológico global.

Pela elevação do nível do mar, ocorreu a seqüência transgressiva, com os arenitos com lobos sigmoidais depositados em plataforma marinha rasa. Os escassos fósseis registrados são os bivalvíos nuculídeos, os gastrópodos belerofontídeos e restos de trilobitas homalonotídeos.

Entre os braquiópodos foi identificado *Orbiculoides*, que é característico das comunidades marinhas litorâneas. Restos de pequenos vegetais significam também proximidade à linha de costa.

NEOEIFELIANO - Durante a seqüência transgressiva do Neoeifeliano, pelo aumento da lâmina d'água nos mares submetidos a tempestades, foram originados os depósitos de plataforma. As acumulações de assembléias de invertebrados, e raros vertebrados, são compostas por trilobitas, ostracodes, braquiópodos, bivalvíos, gastrópodos, conularídeos, tentaculítídeos, hiolitídeos, escolecodontes, restos vegetais e peixes (Kegel, 1953; Melo, 1985).

É uma assembléia misturada por soterramento e preservação da fauna por fluxos de correntes de tempestades em porções localizadas da bacia sedimentar. As conchas estão desarticuladas, mas, preservando a ornamentação, demonstram acumulação após transporte e soterramento rápido.

Os elementos mais numerosos da fauna bentônica são de plataforma marinha rasa. Pertencem às comunidades de mutationélicas, com os gêneros *Derbyina* e *Paranaia*, o ortídeo *Tropidoleptus* e o trilobita *Burmeisteria*. Apresentam ainda mistura com representantes de comunidades de lâmina d'água mais rasa como os nuculídeos e belerofontídeos e outros espécimens como os conularídeos.

EOGIVETIANO - A fauna situada na parte média da Formação Pimenteira, é considerada desta idade (Carvalho, 1995). São trilobitas, braquiópodos, bivalvíos, gastrópodos e representantes de floras de ambientes terrestres. As camadas arenosas que ocorrem na região de Picos estão no limite com o Membro Passagem da Formação Cabeças.

Na parte média da Formação Pimenteira, os macrofósseis e icnofósseis são indicativos de ambiente litorâneo. O tipo de comunidade inferido pelos grupos que predominam na associação é de litoral, pois ocorrem *Lingula*, *Orbiculoidea*, gastrópodos, belerofontídeos, bivalvíos nuculídeos e o trilobita *Burmeisteria*. Apresentam ainda mistura com representantes de conularídeos.

É um bioevento local de preservação da fauna por fluxos de correntes de tempestades, em partes localizadas da bacia sedimentar. As conchas desarticuladas, mas com a ornamentação preservada, o são por ressedimentação, isto é, soterramento rápido após transporte.

Os nódulos hematíticos são abundantes nos afloramentos nos arredores da cidade de Picos. Revestem fragmentos do trilobita *Burmeisteria*. Carvalho (1995) lembra que esta frequência de fragmentos pode significar a presença de carapaças vazias, deixadas durante o processo de muda ou ecdise. O grande número de nódulos com trilobitas inteiros indica acumulação *in situ*.

Os icnofósseis *Neoskolithos* (Kegel, 1966) mostram episódios de colonização intermitentes em camadas endurecidas por alteração superficial de ferro. O traço foi formado no topo da camada por animais endobiontes, que perfuraram após cada parada da tempestade. O icnogênero *Neoskolithos* ocorre em sucessivos *hardgrounds* (paradas de sedimentação), nos ciclos tempestíticos. O nível pode ser seguido em extensão nos paredões da região de Picos.

A substituição dos pelitos pelos psamitos, observada nos arredores e dentro da cidade de Picos, marca a superfície de inundação máxima. Com o nível de mar mais alto, os ambientes terrestres próximos foram inundados, possibilitando que repre-

sentantes de floras fossem preservados (Kraüsel & Dolianiti, 1957).

EOGIVETIANO - As acumulações de fósseis no Membro Passagem da Formação Cabeças, correspondem a um bioevento do início do intervalo regressivo. São trilobitas, braquiópodos, *Tentaculites*, bivalvíos e gastrópodos. Embora sejam considerados da mesma idade da fauna da Formação Pimenteira, sua composição é diferente.

Boucot (1971) registra que podem haver várias comunidades adjacentes em um tempo geológico curto, que seriam causadas por razões de sedimentação rápida em oposição a uma subsidência lenta, ou em regiões que representam a extremidade da transgressão. As duas causas geológicas estão presentes aqui.

Os gêneros que representam a comunidade são os conetáceos, espiriferídeos, ambocoelídeos (*Plicoplasia* ou *Pustulatia*), terebratulídeos (*Rhypidothyris* e *Mutationella*), e o trilobita calmonídeo *Metacryphaeus*. Em termos de composição é comunidade do tipo 3, que Boucot (1971), considera de ocorrência em maior profundidade. São de plataforma interna distal, e sua ocorrência estaria influenciada por um substrato arenoso e mais firme para fixação. As estruturas sedimentares associadas com a assembléia fóssil indicam a deposição em ambiente sub-maré.

Os braquiópodos conetáceos são abundantes e pertencem aos *Pleurochonetes*. Estão presentes também espiriferídeos (V.M. Fonseca, inf. verbal). *Tropidoleptus carinatus* permaneceu como bioevento global de expansão da espécie originária de províncias faunísticas do hemisfério norte (Fonseca & Melo, 1987).

Carvalho (1995) estudou os trilobitas descritos por Castro (1968) como *Metacryphaeus australis*, uma espécie da Bacia do Paraná. Considerou que os espécimens pertenciam a uma nova espécie da família Calmonidae, que é restrita à Província Malvinocráfica.

Para o topo da Formação Cabeças, não foram registradas ocorrências fósseis, em superfície. Grahn (1992) assinalou o declínio das microfósseis marinhos durante a regressão do Givetiano, nas bacias do Parnaíba, Paraná e Amazonas.

NEOFRASNIANO - EOFAMENIANO - A elevação eustática do nível do mar, de idade Neofrasniano -Eofameniano é expressa pelo bioevento de anoxia representado pelos folhelhos negros radioativos que ocorrem na parte superior da Formação Pimenteira.

Raros registros fósseis são *Spirophyton* e *Protosalvinia* correlacionáveis com as camadas inferiores da Formação Curiri, da Bacia do Amazonas (Grahm, 1992). A sedimentação correspondeu à maior elevação do nível eustático e atingiu as três grandes bacias paleozóicas – Amazonas, Parnaíba e Paraná (Della Fávera, 1990).

NEOFAMENIANO - Na Formação Longá, que corresponde a uma transgressão do Neofameniano, o regime sedimentar com predominância de clásticos finos, demonstra que a sedimentação foi efetuada em uma zona de plataforma mais distal.

Nas camadas basais da Formação Longá, composta de pelitos, há o evento de colonização por fauna bentônica, com bivalvíos, braquiópodos inarticulados (*Lingula* e *Orbiculoidea*), articulados ("*Schuchertella*"), *Tentaculites* e o trilobita *Metacryphaeus* de afinidade malvinocráfica.

É uma fauna de menor diversidade que as mais antigas, pertencentes às formações Pimenteira e Cabeças. Os bivalvíos são representantes da infauna, onde se enterram no substrato mole de regiões litorâneas, se alimentando de material em suspensão. Estão acumulados em áreas de sedimentação tempestítica, e mostram que sofreram transporte.

Carvalho (1995) considera que pertencem à associação 2 e 3 de Boucot (1975), onde o braquiópodo "*Schuchertella*" e o trilobita calmonídeo são típicos de região *offshore*.

Os abundantes traços fósseis são estruturas de bioturbação (Frey & Pemberton, 1984). Os gêneros descritos indicam predomínio da icnofácies de *Cruziana*, da zona sublitoral, e condições de *offshore* de energia baixa a moderada.

Asteriacites é interpretado como traço de repouso de equinodermata. Eram animais que se localizavam pouco abaixo da superfície e migravam na vertical para evitar o soterramento decorrente da sedimentação rápida e episódica que corresponde às tempestades (Santos & Campanha, 1970).

ECOSSISTEMAS - As comunidades bentônicas são de um antigo ecossistema marinho raso de plataforma epicontinental (Figura 7.10). As reconstituições paleobiológicas foram feitas no ciclo transgressivo/regressivo de idade givetiana, segundo o modelo paleoecológico de Fonseca & Melo (1987). As associações são diferenciáveis segundo a distância em relação à linha de costa em três tipos:

Tipo 1 - *Nuculites*, que estariam em planície de maré, na região de litoral. As litologias correspondentes a estes biótopos não foram preservadas no registro sedimentar. Estariam situadas em posição mais a leste da atual linha de afloramento e foram removidas por erosão.

Tipo 2 - mutacionélicas com *Tropidoleptus* estariam em bancos arenosos em profundidades rasas.

Tipo 3 - de conetáceos estariam em bancos arenosos aonde chegavam os lobos sigmóides.

Os fósseis foram transportados e soterrados por tempestades, e não estavam em seus *habitats* originais. Durante os episódios de tempestade, as formas das diferentes associações foram misturadas. Pela interpretação dos paleoambientes e fósseis, as indicações são para uma plataforma marinha de litorânea a rasa (Melo, 1988; Carvalho *et al.*, 1997). Entretanto, não são diferenciáveis as regiões de plataforma interna e externa com os gradientes existentes nas plataformas atuais.

7.10 Paleobiogeografia

Boucot (1974) reconheceu no Devoniano três províncias biogeográficas:

A Província faunística do Velho Mundo, de águas quentes, ocupando as regiões de latitudes baixas, correspondentes à Europa, África do Norte, Ásia, Austrália, Nova Zelândia e ao oeste da América do Norte.

A Província faunística Americana Oriental situada entre latitudes baixas a médias, com águas tépidas a temperadas no leste da América do Norte, Colômbia, Venezuela.

A Província faunística Malvinocráfica, caracterizada pela baixa diversidade taxonômica e endemismo acentuado, era situada em regiões de altas latitudes, abrangendo os mares rasos e frios, no sul da América do Sul, África do Sul e Antártida.

A paleobiogeografia no Devoniano das bacias brasileiras e da América do Sul foi discutida por Melo (1988). Na Bacia do Paraná, as afinidades são malvinocráficas e nas bacias do Amazonas e Parnaíba são malvinocráfica e americana oriental.

Nas três bacias, o braquiópodo *Tropidoleptus carinatus*, assinalado por Fonseca & Melo (1987) representa a expansão da espécie originária da região Renano-Boêmia (que inclui a África do Norte), pertencente a províncias faunísticas do Velho Mundo. A presença deste elemento provavelmente ocorreu por mudanças dos padrões de circulação e aquecimento de correntes.

Os trilobitas que ocorrem na Bacia do Parnaíba foram estudados por Carvalho (1995) e indicam influência austral. O homalonotídeo *Burmeisteria* e o calmonídeo *Metacryphaeus*, são de afinidade com a província malvinocráfica, pois o primeiro é representante de espécie da Bacia do Paraná e o segundo é de família restrita à província.

O gênero *Metacryphaeus* ocorre nas bacias do Amazonas, Parnaíba e Paraná, camadas Bokkeveld na África do Sul, folhelho de Accra em Gana, formações Belén, Icla e Gamoneda, na Bolívia, e nas ilhas Falklands.

O gênero cosmopolita *Burmeisteria* fornece comparação das bacias do Parnaíba e Paraná, com o Grupo Bokkeveld da África do Sul e Série Accraiana em Gana.

Carvalho, M. (1995) considerou *B. notica* da Formação Pimenteira no Piauí correlacionável com formas de *Burmeisteria* do equivalente estratigráfico da África, os folhelhos de Accra - Série Accraiana.

7.11 Paleoclima

O paleoclima do Devoniano na América do Sul é inferido principalmente pelos tipos de sedimentos e composição das comunidades pertencentes às províncias biogeográficas. De acordo com Barrett & Isaacson (1988), as águas eram frias nas latitudes médias e altas. Havia um clima árido a úmido, com temperatura fria a temperada nas regiões situadas mais ao norte da América do Sul, enquanto que nas regiões situadas mais a sul o clima seria subpolar e seco.

Na Bacia do Parnaíba, a presença de clima frio é sugerida pela baixa diversidade da fauna e pelos sedimentos glaciogênicos da Formação Cabeças

(Caputo, 1985). Porém, a mistura de gêneros de províncias biogeográficas Malvinocráfica abrangendo os mares frios, e Americana Oriental de águas tépidas a temperadas, demonstra que na Bacia do Parnaíba havia alternância destes padrões climáticos. A introdução de *Tropidoleptus carinatus* da província faunística do Velho Mundo, de águas quentes, evidencia mudanças climáticas, com provável aquecimento por correntes marinhas, num sistema complexo de circulação.

7.12 Deriva

Nas reconstituições do Supercontinente Gondwana, as estimativas das paleolatitudes foram feitas pelo exame das associações de determinadas litofácies e suas características em faixas climáticas. Caputo (1985) e Caputo & Crowell (1985) pelas indicações de sedimentos glaciogênicos na América do Sul, consideraram que o pólo no Siluriano estivera situado ao norte da África, migrando pelo centro da África em direção ao sul do Continente Gondwana, durante o Devoniano.

Barrett & Isaacson (1988) estimaram que a parte norte da América do Sul era situada entre as latitude de 30° e 40°, e a parte mais ao sul, entre 60° e 90°. No Gondwana, a faixa compreendida pelo norte da África e norte da Austrália, onde são registradas diversas ocorrências de carbonatos e evaporitos, estariam em paleolatitudes mais próximas da linha do Equador. Scotese & Barrett (1990) apresentaram a revisão destes dados para o Devoniano Inferior, Médio e Superior, situando o Pólo Sul no centro-sul da Argentina. Estes dados foram utilizados por Scotese & McKerrow (1990) para a elaboração dos mapas-múndi de reconstituição do Paleozóico.

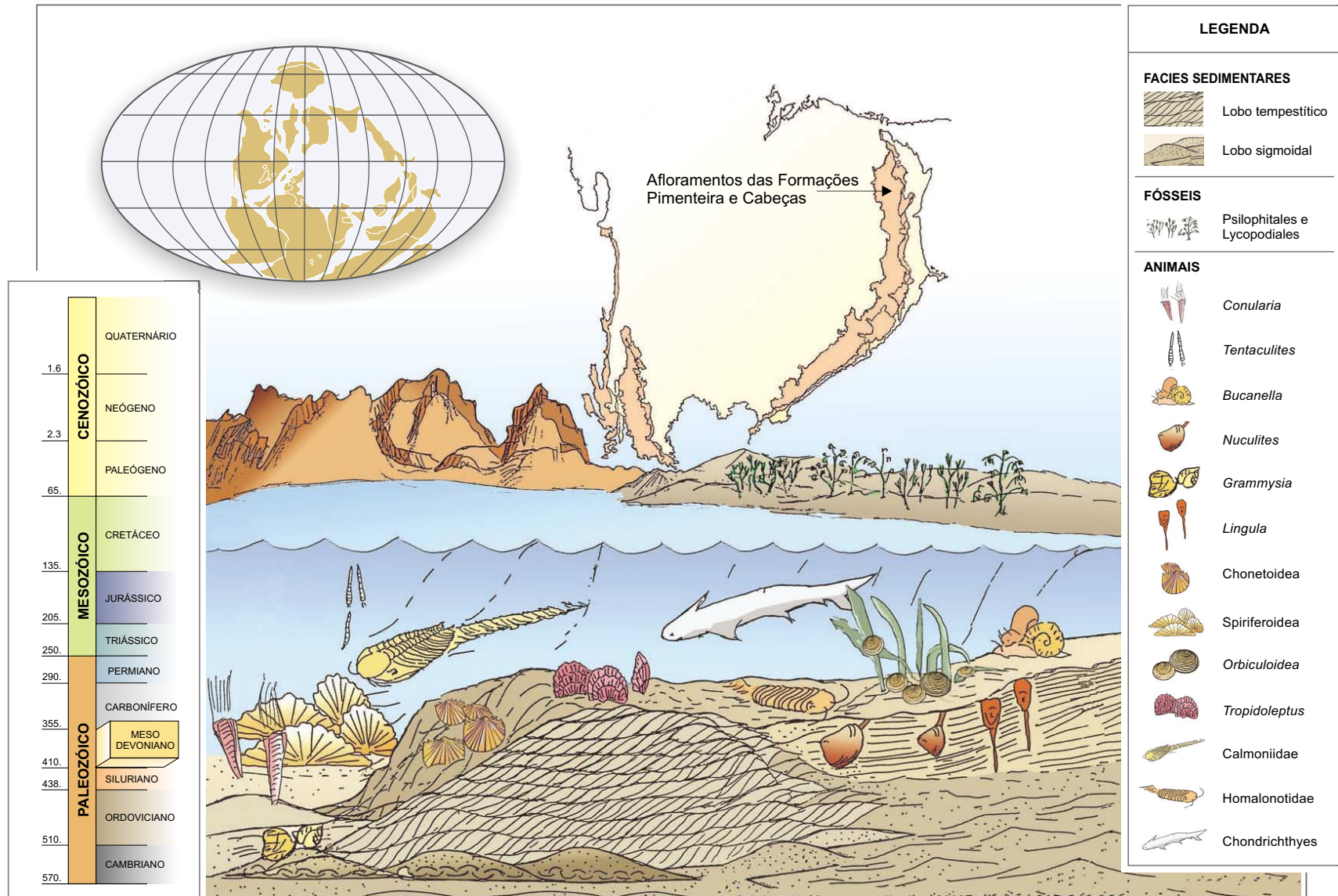


Figura 7.10 – Reconstituição Paleobiológica do Mesodevonianio - Bacia do Parnaíba.

8

MISSISSIPIANO

A Formação Poti é a unidade litoestratigráfica do Mississipiano que marca o início de recuo dos mares interiores, com interrupção das ligações com a Bacia do Amazonas. O intervalo deposicional compreende uma idade que está preservada apenas nestas duas bacias brasileiras.

A possibilidade de existência de carvão nesta unidade, fornecida por indícios em afloramentos com folhelhos carbonáceos, e uma pequena flora carbonífera foi pesquisada por várias décadas. Contudo, os resultados foram negativos e as causas estão na própria dinâmica da bacia, que sofreu soerguimento, entre o Mississipiano e Pensilvaniano

8.1 Histórico

A primeira referência ao nome Poti foi feita por Lisboa (1914) para designar folhelhos carbonáceos que afloram no rio Poti. A designação litoestratigráfica foi proposta por Paiva & Miranda (1937a). Duarte (1936) e Kegel (1954) registraram na seção inferior da Formação Poti uma fauna marinha pouco diversificada, composta de bivalvíos e um braquiópodo inarticulado.

A flora descoberta na sondagem 125 realizada em 1933, pelo SGM, em Teresina, Piauí, foi estuda-

da preliminarmente por Oliveira (1934, 1935). As ocorrências registradas nas camadas superiores da Formação Poti foram descritas por Dolianiti (1954, 1980) e datadas no Mississipiano (Mississipiano). Nesses trabalhos as afinidades euro-americanas da flora foram ressaltadas.

Em nova etapa, as pesquisas nas associações tafomorfológicas, foram iniciadas por Rösler & Ciguel (1985), e as revisões sistemáticas, estão nos trabalhos de Iannuzzi (1994 e 1996) e Iannuzzi & Rösler (1991, 1993 e 1997).

A separação da Formação Poti em dois membros foi proposta inicialmente por Mesner & Wooldridge (1964). Esta divisão foi adotada nos relatórios da CPRM para as pesquisas de carvão e mapeamento de superfície (Cruz *et al.*, 1973a e 1973b; Leite *et al.*, 1975; Lima & Leite, 1978).

Della Fávera (1990), pelo estudo da Estratigrafia de Seqüências, identificou na seqüência devono-mississipiana, intervalos que correspondem ao topo da Formação Longá e à porção basal da Formação Poti, e na seqüência mississipiana, o intervalo que compreende o topo da Formação Poti. Góes (1995) pela análise de fácies em superfície e subsuperfície reconheceu na Formação Poti um conjunto de parasseqüências e seus ambientes deposicionais.

8.2 Área de Ocorrência

Os arenitos da Formação Poti afloram nas bordas leste e oeste da bacia, com os estratos orientados norte-sul, e infletidos para sudeste e sudoeste, acompanhando o atual contorno da bacia. Na região sul é recoberto por sedimentos da Bacia Sanfranciscana, e a norte por sedimentos mesozóicos e cenozóicos. A maior parte das ocorrências de flora está registrada na borda leste da bacia.

A espessura máxima de 320 metros foi indicada por Góes & Feijó (1994).

8.3 Geocronologia - Idade

Na Formação Poti foram indicadas por microfósseis as idades Tournaisiano (mais antiga) e Viseano (mais nova) (Daemon, 1974; Lima & Leite, 1978; Sundaram *et al.*, 1981; Quadros, 1982). Loboziak *et al.* (1992), estudando material de poços da PETROBRAS localizados no centro da bacia, determinaram na coluna de sedimentos da Formação Poti idades que estariam apenas restritas ao Tournaisiano. Na atualização de dados da bacia, Góes & Feijó (1994) utilizaram a datação de Tournaisiano.

Contudo, no material coletado no topo da formação na borda leste, existem indicações de ocorrência do Viseano. Esta idade está registrada em níveis carbonosos, em amostras de subsuperfície estudadas por Norma M. Costa Cruz para os projetos de carvão (Cruz *et al.*, 1973a, 1973b), e de superfície, onde Iannuzzi (1994) estudou os palinomorfos associados aos espécimens vegetais, datando-os no Viseano Superior.

A flora inicialmente datada como Pensilvaniano (Oliveira, 1934 e 1935), foi colocada por Dolianiti no Mississipiano (1954). Esta datação foi confirmada por Rigby (1969) que sugeriu o Neomississipiano. Pelo grau evolutivo, as estruturas vegetativas e férteis da flora correspondem às formas registradas na região euro-americana entre o Mississipiano (Viseano) e início do Pensilvaniano. Esta idade mais nova foi atribuída por Rocha Campos & Arhangel'sky (1985) à flora Poti. Entretanto, as afinidades devonianas dos componentes da flora foram mencionadas por Rösler & Ciguel (1985).

8.4 Sedimentação

A Formação Poti é dividida em dois membros. Os depósitos inferiores são constituídos por arenitos médios, cinza-esbranquiçados, com lâminas esparsas de siltito cinza-claro, interpretados como

marinho raso. Os superiores são arenitos com intercalações de lâminas de siltitos e folhelhos carbonosos, restos vegetais, interpretados como de ambientes fluviodeltaicos (Mesner & Wooldridge, 1964; Cruz *et al.*, 1973b; Leite *et al.*, 1975 e Lima & Leite, 1978).

O contato inferior com a Formação Longá é concordante e o contato superior com a Formação Piauí é nitidamente discordante, marcado por superfícies erosivas (Aguiar, 1971; Schobbenhaus *et al.*, 1984; Della Fávera, 1990; Lima Filho, 1992).

Na seqüência devono-mississipiana, o primeiro intervalo transgressivo corresponde à Formação Longá inferior, seguido pelo intervalo regressivo compreendido pelo topo da Formação Longá e pela porção basal da Formação Poti. A seqüência mississipiana corresponde ao topo da Formação Poti compreendendo um sistema transgressivo com lobos sigmoidais deltaicos e tempestíticos (Della Fávera, 1990).

Góes (1995) apresentou um trabalho detalhado com análise de fácies, em superfície e subsuperfície da Formação Poti. Por correlações em subsuperfície reconheceu um conjunto de três parasseqüências. Nos afloramentos foram identificados depósitos fluviais (granodecrescência ascendente) e de plataforma com tempestades (pelitos laminados, lamas de *offshore*, estratificações cruzadas *hammockys*). As estruturas *linsen* (Figura 8.1) correspondem às áreas de depósitos litorâneos e marinhos rasos de uma costa recortada por baías, deltas e estuários.

Os restos vegetais ocorrem em afloramentos com arenitos finos tabulares com laminação plano-paralela, com sucessão de perfurações por raízes de plantas (Iannuzzi, 1994). São interpretados como barras de areia emersas fixando a vegetação terrestre, na antiga linha de costa (Figura 8.2). Intercalam camadas de folhelhos laminados que seriam depósitos de lagos ou lagunas portando os fragmentos vegetais (Figura 8.3). Os fragmentos de restos vegetais depositados sobre as superfícies onduladas entre as camadas com laminações paralelas, por vezes com *wavye linsen* e *climbling ripples* estão bem preservados (Figura 8.4). Indicam que estes restos sofreram pouco transporte e foram depositados por ação de pequenas correntes junto aos bancos de areias marginais. São regiões da planície costeira com um sistema de ilha-barreira com fácies de barra e lagunares (Rainson, 1979).

Estes são ambientes concordantes com o processo regressivo da tendência de continentalização na Formação Poti.



Figura 8.1 – Formação Poti. Seqüência do topo com arenitos e siltitos com estruturas linsen. Localidade: na rodovia BR-23-, distante 8km a leste de Floriano, Piauí.



Figura 8.2 – Formação Poti. Arenitos finos com laminação plano-paralela, com sucessão de perfurações por raízes de plantas. Interpretados como barras de areia emersas fixando a vegetação terrestre. Localidade: Fazenda Curral de Pedra, Monsenhor Gil. Rodovia BR-316, km 63, Piauí.



Figura 8.3 – Formação Poti. Arenitos finos com laminação plano-paralela, tabulares. Intercalam camadas de folhelhos laminados.
Localidade: Fazenda Curral de Pedra, Monsenhor Gil. Rodovia BR-316, km 63, Piauí.

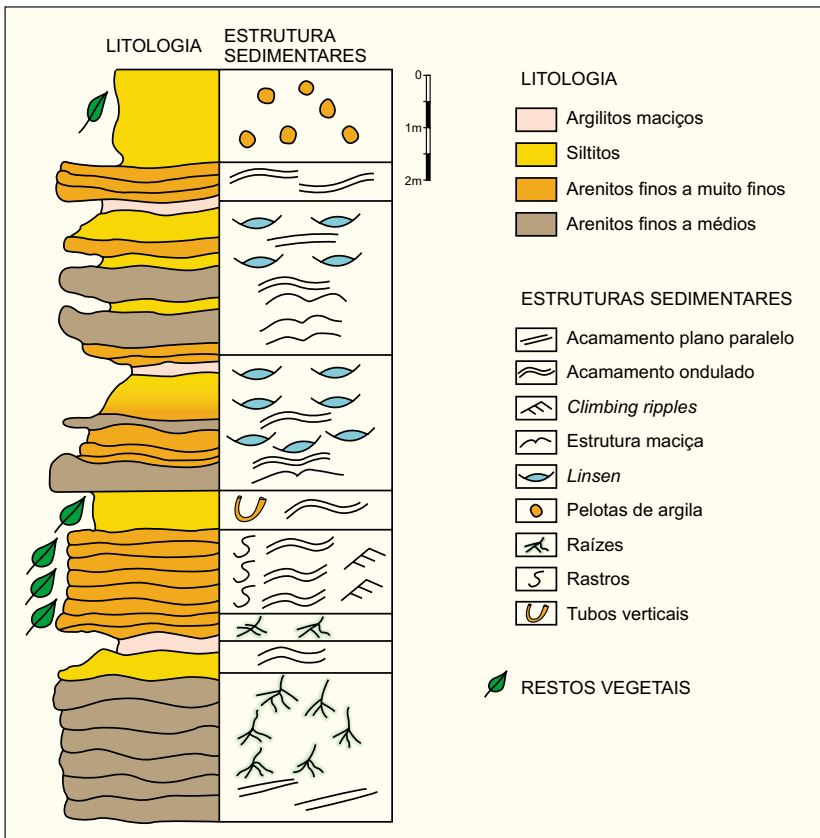


Figura 8.4 – Perfil composto da Fazenda Curral da Pedra, município de Monsenhor Gill, Piauí (Iannuzzi, 1994). Fragmentos de restos vegetais depositados entre camadas com laminações paralelas. Região de planície costeira com fácies de barra e lagunas.

8.5 Fósseis

8.5.1 Microfósseis

Os microfósseis (esporomorfos) ocorrem ao longo de todo o pacote de sedimentos e indicam o intervalo de idade que varia do Tournaisiano ao Viseano (Daemon, 1974; Quadros, 1982).

Loboziak *et al.* (1992) revisaram o zoneamento palinoestratigráfico proposto por Daemon (1974), aplicando o zoneamento de miósporos da Europa Ocidental em material de três furos da PETROBRAS. Determinaram, na Formação Poti, a idade Tournaisiano. O material encontrado compreende as espécies *Spelaetrites pretiosus*, *Raistrickia clavata*, *Colatisporites decorus*, *Prolyspora rugulosa*. Esta datação é aceita por Góes & Feijó (1994) no trabalho de atualização de dados da bacia.

Iannuzzi (1994) examinou amostras procedentes dos níveis da paleoflora encontrando uma primeira associação com os palinórfos – *Punctatisporites*, *Laevigatosporites*, *Foveosporites*, *Apiculatisporites*, *Botryococcus*, *Verrucosisporites*, *Auroraspora*. Como forma-guia ocorreu em baixa frequência, apenas o *Verrucosisporites 2411* indicando Viseano.

A matéria orgânica do tipo lenhosa indica uma influência terrestre nos depósitos. Também foi encontrada a alga *Botryococcus* de águas doces a no máximo, salobras.

Na associação de esporos identificada nas lentes carbonosas que correspondem a deposição em ambiente de baixa energia, há dominância de esporos triletes lisos, seguidos por proporção decrescente de formas apiculadas, verrucosas e fragmentos de colônias de *Botryococcus*.

Os esporos lisos são vinculados a grupos de vegetais higrofilos (psilófitas, licófitas, articuladas e fetos verdadeiros), que viviam às margens dos corpos d'água.

8.5.2 Flora

A flora da Formação Poti foi inicialmente estudada por Oliveira (1934 e 1935). Em pesquisas posteriores, Dolianiti (1954) descreveu e classificou a maior parte das formas atualmente conhecidas, datando-as no Mississipiano e estabelecendo suas relações com a flora euro-americana. Dolianiti (1962) descreveu *Cyclostigma brasiliensis*, ocorrente da borda oeste da bacia, porém Iannuzzi (inf. verbal) situa este material na Formação Pedra de Fogo, de idade permiana. Em complemento, Dolia-

niti (1972) fez menções à flora da Formação Poti para comparação e análise da evolução paleoflorística.

O estudo e a revisão sistemática da flora de pequeno porte composta por vegetação herbácea e arbustiva foram realizados por Iannuzzi (1994) (Figura 8.5). Engloba o material resultante de novas coletas e o descrito (Dolianiti (1954, 1962 e 1980; Rösler & Ciguel, 1985; Rigby, 1969).

Com este estudo taxonômico dos gêneros compreendendo fragmentos de folhagens preservados por impressão/compressão, o número de espécies descritas foi reduzido.

A flora revela a existência de endemismo em nível específico e genérico; mostrada pelos gêneros *Paulophyton* e *Kegelidium* estabelecidos por Dolianiti (1954). Além do reestudo da espécie-tipo *Paulophyton sommeri*, um novo material foi referido a *Paulophyton sp 1* e redescrito o pequeno arbusto *Kegelidium lamegoi*.

As novas combinações taxonômica propostas são *Diplothemema gothanica* (Dolianiti), *Adiantites sp*, e nova espécie do gênero *Triphyllopteris*.

O material de *Rhacopteris sp* (Dolianiti, 1980) foi incluído no gênero *Nothorhacopteris* do Gondwana da Argentina.

Iannuzzi (1994 e 1996), no reexame das amostras da sondagem 125 (Teresina, Piauí), identificou pela primeira vez, cúpulas, órgãos reprodutores das plantas. Foram referidas com dúvida a *Stamnostoma sp.*, do Mississipiano da região euro-americana.

8.5.3 Fauna

A fauna é restrita em níveis na parte inferior da Formação Poti onde está densamente acumulada. Kegel (1954) diferenciou sete espécies do bivalvío *Edmondia*, que fornecem indicações marinhas e são relacionadas com formas ocorrentes na Europa e na América do Norte (Figura 8.6). Dos vertebrados há descrito um espinho do peixe condricte *Xenacanthus* e restos de Paleoniscidae (Duarte, 1936; Santos & Salgado, 1970).

8.6 Paleogeografia

No Mississipiano, a sedimentação continuou condicionada aos eixos deposicionais controlados pelo lineamento Transbrasiliano Picos-Santa Inês (Cunha, 1986), sob controle estratigráfico da variação do nível do mar.

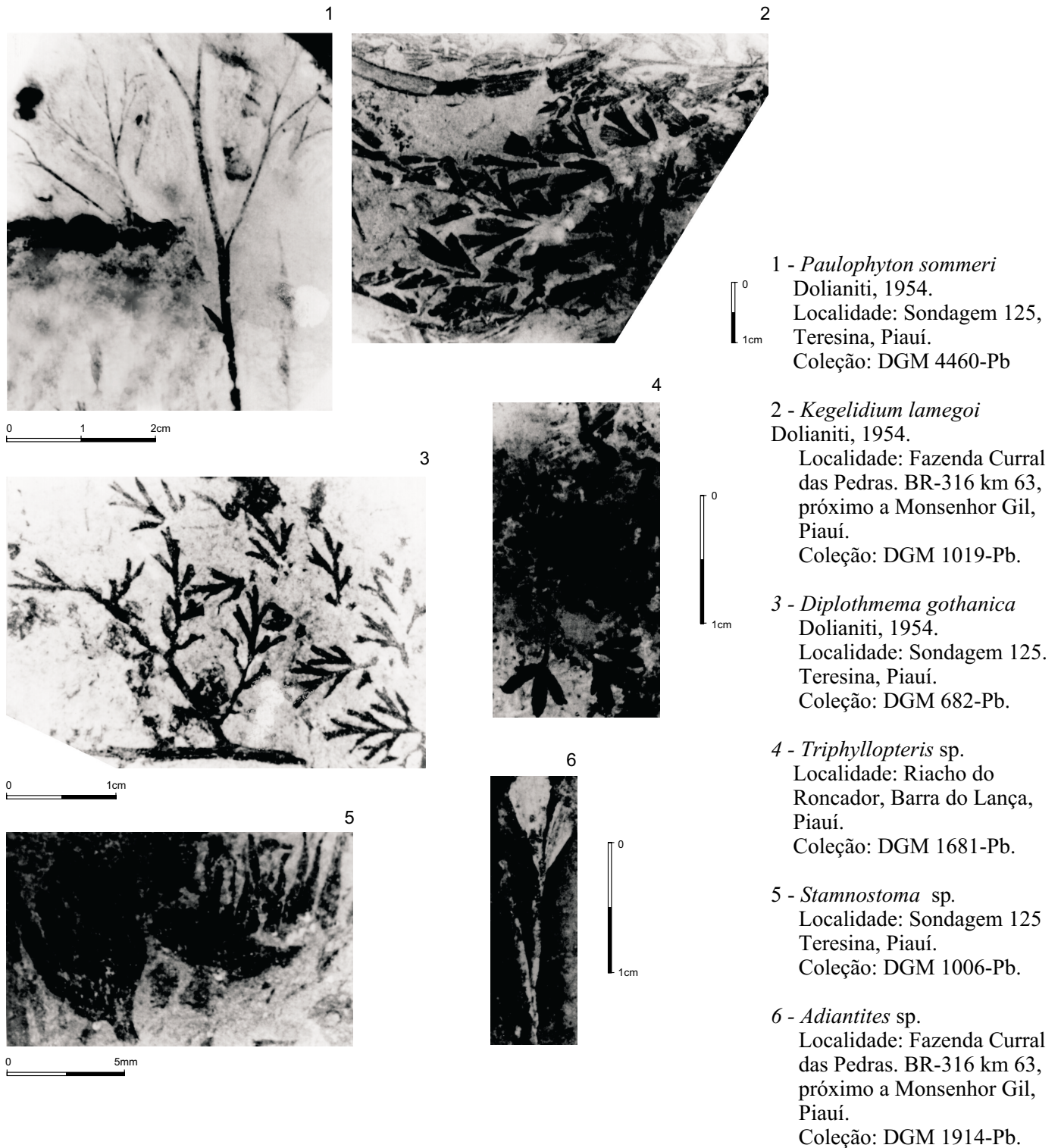


Figura 8.5 – Flora da Formação Poti (segundo Iannuzzi, 1994).

Um mar interior (*seaway*) conectava as bacias do Parnaíba, Amazonas com o Cráton Oeste Africano, e eram ligados ao paleoceano do Tétis (Della Fávera, 1990).

Os sedimentos da parte inferior da Formação Poti indicam sistemas de superposição fluvial, sobre os da Formação Longá. Nestes sedimentos arenosos houve posteriormente o abandono deltaico, com retrabalhamento marinho, em mares de tempestade. Os depósitos superiores apresentam características para maior proximidade da linha de costa sob influência de maré.

Nas regiões litorâneas, em ambientes fluviodeltaicos com progradação na linha de costa, ocorrem os folhelhos carbonosos e a flora terrestre. Indicam a influência da subsidência local, além da variação do nível do mar (Cruz *et al.*, 1973b).

Evidências de tectonismo na parte superior da Formação Poti estão assinaladas por Góes (1995), que identificou canais fluviais entrelaçados em contato com sedimentos de maré, interpretados como uma paleodrenagem com rápido afogamento, onde a tectônica predominou sobre a eustasia.

Este evento precede à discordância erosiva identificada entre o Mississípiano e o Pensilvaniano desde o primeiro trabalho de integração da bacia (Mesner & Wooldridge, 1964). Pelo mapa de contorno estrutural do topo da Formação Poti/base da Formação Piauí apresentado por Cruz *et al.* (1973b), é mostrado o soerguimento de blocos na borda sul da bacia.

Representa o arqueamento do Alto do Parnaíba registrado por Castelo Branco & Coimbra (1984), e que é correlacionado por Góes & Feijó (1994) ao evento geológico global, a Orogenia Eoherciniana.

8.7 Eventos Biológicos

Os dois eventos biológicos são as ocorrências de: invertebrados marinhos relacionados com a transgressão na base da formação e a flora terrestre, relacionada com condições continentais da fase de progradação, na parte superior da formação.

Os mecanismos alocíclicos de deriva, clima e variação do nível do mar influenciaram os bioeventos sob aspecto regional, global e local. Houve conexão com o paleoceano de Tétis, comprovado pelo gênero cosmopolita dos bivalvíos marinhos. A elevação do nível do mar propiciou a abertura de novas passagens, e com a geração de espaço

deposicional foram criados novos biótopos. Foram os habitats favoráveis à colonização de faunas do hemisfério norte, como evidenciado por *Edmondia*.

No segundo bioevento para colonização do ambiente terrestre, o evento geológico local representado por áreas de progradação com subsidência foi fundamental. A influência terrestre é confirmada pela matéria orgânica lenhosa, e esporos dos grupos de vegetais higrófilos (psilófitas, licófitas, articuladas e fetos verdadeiros), que viveram às margens dos corpos d'água (Iannuzzi, 1994).

A flora de parentesco euro-americano, pela composição é correlacionada com o reino florístico Paracas, de clima temperado que ocorre no sul do Peru. Representa uma expansão para o sul desta província biogeográfica, possivelmente pela amenização de clima para temperado, uma vez que houve o distanciamento do supercontinente em relação ao pólo, durante o processo de deriva.

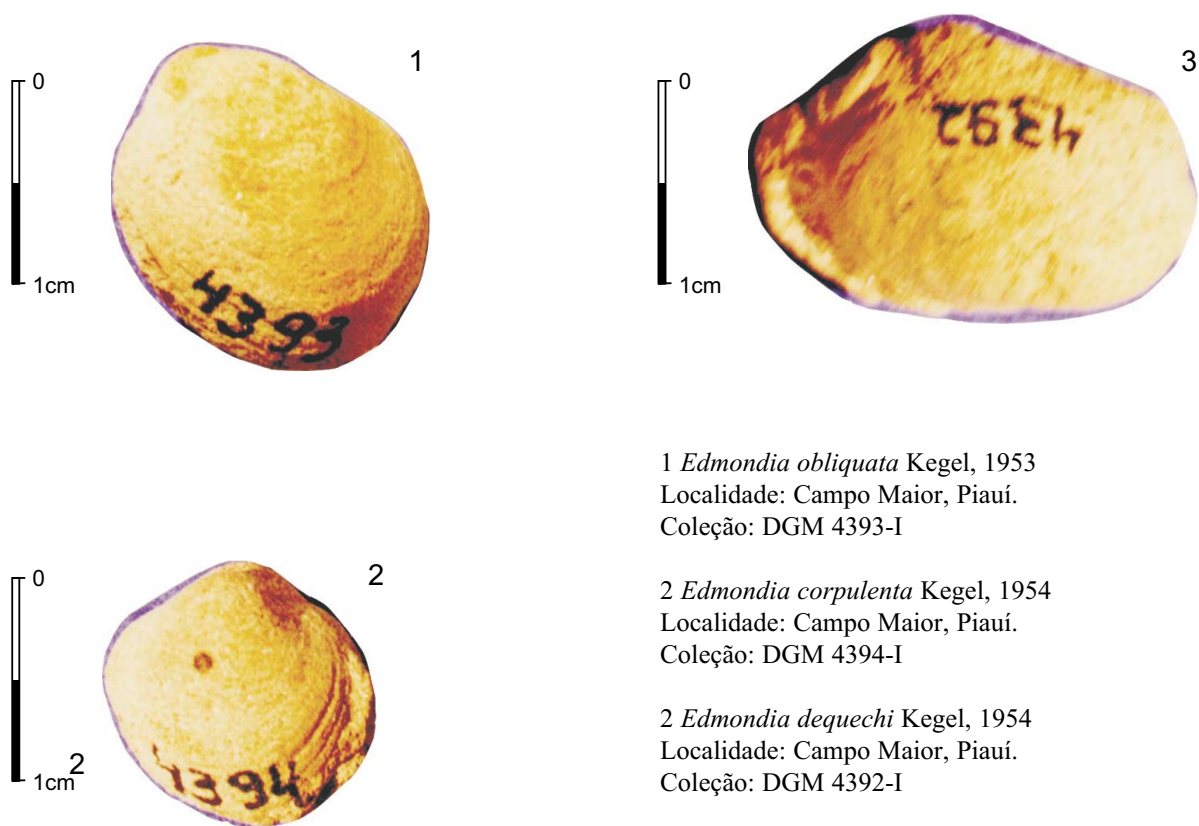
8.8 Tafonomia

Os dois eventos biológicos identificados representam sistemas tafonômicos distintos.

O primeiro é um nível de concentração de conchas de bivalvíos, que segundo Kegel (1954) está situado na parte basal da formação, em horizontes 5 a 10 metros acima do contato Longá/Poti. São depósitos de plataforma marinha, relacionados com uma transgressão e acumulados como tempestitos proximais.

As conchas referidas a *Edmondia* estão concentradas e cimentadas por arenito de granulação muito grossa. Abaixo ocorre, em contraste, um nível de arenito de granulação fina a média, o que sugere entre os dois níveis, uma brusca diferença entre os processos hidrodinâmicos, com maior agitação da água nos níveis de maior granulometria. O nível das conchas é revestido de uma película de óxido de ferro, indicativo de um *hardground*, e parada na sedimentação (Figura 8.7).

O material original que constituiu as conchas está dissolvido. As unidades registradas se apresentam como moldes internos de valvas isoladas direitas e esquerdas, em igual proporção e voltadas para cima. Parte do material se apresenta com as valvas unidas. Mostram que, no processo tafonômico, primeiro as conchas foram acumuladas sem exposição e transporte. Posteriormente, por ressedimentação, sofreram deslocamento no substrato e enterramento.



1 *Edmondia obliquata* Kegel, 1953
Localidade: Campo Maior, Piauí.
Coleção: DGM 4393-I

2 *Edmondia corpulenta* Kegel, 1954
Localidade: Campo Maior, Piauí.
Coleção: DGM 4394-I

2 *Edmondia dequechi* Kegel, 1954
Localidade: Campo Maior, Piauí.
Coleção: DGM 4392-I

Figura 8.6 – Fauna da Formação Poti.

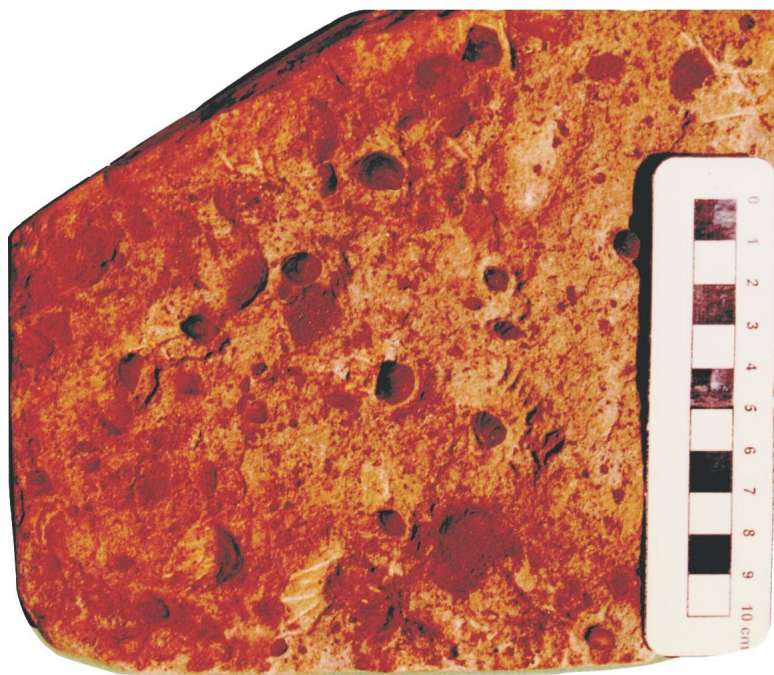


Figura 8.7 – Placa com conchas de *Edmondia*. Localidade: Serra de Campo Maior, Campo Maior, Piauí. Coleção DGM.

Nos processos sofridos pelos exemplares conservados após seu enterramento inicial, isto é, a fossilização, as conchas originais devem ter sido dissolvidas após a ressedimentação. Se o fosse antes, os moldes teriam se dissolvido no processo de erosão e suspensão, durante a agitação dos sedimentos pelos fortes fluxos que geraram a concentração das conchas.

O segundo sistema tafonômico compreende as ocorrências da flora, relacionadas com condições continentais da fase de progradação, na parte superior da formação. O material composto por fragmentos de frondes, caules e frutificações preservados por compressão e/ou impressão, contém normalmente restos de películas carbonosas, sem cutículas ou estruturas anatômicas. A conservação foi propiciada pela acumulação próxima à fonte, pois as plantas delicadas conservaram a estrutura anatômica.

As perfurações por raízes de plantas estão preservadas por acumulação *in situ*, nas camadas de arenitos das barras emersas associadas aos folhelhos laminados com os fragmentos vegetais. Portanto, decorrem de entidades paleobiológicas eudêmicas, isto é, que viveram e se reproduziram na área (conceito de Fernández López, 1986-87).

8.9 Paleocologia / Antigos Ecossistemas

Os paleoambientes e fósseis representam dois diferentes tipos de comunidades: a primeira é uma comunidade bentônica de plataforma marinha rasa, e a segunda uma comunidade florística em ambiente terrestre litorâneo.

COMUNIDADE BENTÔNICA DE PLATAFORMA MARINHA RASA - No modelo de fácies para os tempestitos (Della Fávera, 1990), os sedimentos de granulometria de grânulos a grossos são transportados nos surtos de tempestade, quando o mar local está mais alto. Estes são depositados na base dos tempestitos nas fases transgressivas. As conchas são as partículas mais grossas, e foram transportadas e depositadas distante de seu ambiente de vida.

Os bivalvíos que pertencem ao gênero marinho *Edmondia*, apresentam as características funcionais de bivalvíos isomiários, com charneira fina e sem dente, sem marcas da edentação de um sinus palial. Foram sésseis, e deveriam viver com as conchas semi-enterradas no substrato, em comunidades de plataforma rasa. De acordo com Kotzian &

Simões (1997), este gênero teria o hábito escavador raso, e vivia em fundos arenosos e firmes, em ambientes de média energia.

COMUNIDADE FLORÍSTICA EM AMBIENTE TERRESTRE LITORÂNICO - Os fitofósseis interpretados como acumulação *in situ*, indicam a colonização do ambiente terrestre, em intervalo progradante. As fácies sedimentares de ilha-barreira são associadas de um sistema deposicional transicional.

Na reconstituição do antigo ecossistema (Figura 8.8) estão as formas de hábito psilofítico (*Paulophyton* e *Kegelidium*) consideradas como higrófilas, colonizadoras de margens lacustres ou estuarinas. As frondes do tipo *Diplothemema*, *Adiantites*, *Nothorhacopteris* e *Triphylopteris* são relacionadas a ambientes higró-mesófilos, em áreas proximais ao longo dos corpos d'água.

8.10 Paleobiogeografia

PROVÍNCIA PALEOFITOGEOGRÁFICA - A flora da Formação Poti, por suas afinidades representa uma extensão para leste do Reino Paracas, existente durante o Carbonífero do Peru. Este reino expressa uma zona paleoflorística de clima temperado/quente, situado entre os reinos Tetiano (ou Euro-Americano) e o Gondwanico.

A flora da Formação Poti compreende uma unidade intermediária, com gêneros que a situa entre os reinos Gondwanico e Euro-Americano. Na composição, possui gêneros cosmopolitas, tais como, *Adiantites*, *Diplothemema* e *Triphylopteris*; outros restritos ao Gondwana, como *Paulophyton* e *Nothorhacopteris*, e um exclusivo desta flora, *Kegelidium*.

8.11 Paleoclima

A interpretação para um clima temperado a frio, seco a árido, nas condições existentes durante o Mississipiano, é fornecida pelas características da paleoflora (Iannuzzi, 1994). Incluem a baixa diversidade, com elevado número de indivíduos por táxon, pequeno porte dos exemplares com tamanho situado entre herbáceo e arbustivo, e o caráter das frondes contendo folhagens de limbos resistentes a coriáceos.

Condições periglaciais durante a deposição da Formação Poti foram sugeridas pelos dados litológicos observados por Lima & Leite (1978), Caputo & Crowell (1985) e Della Fávera (1990). Entretanto, Góes (1995) que exaustivamente analisou os processos deposicionais da formação, em superfície e

subsuperfície, concluiu não ter encontrado evidências de sedimentação de origem glacial.

8.12 Deriva

A ocorrência da flora Poti é uma inferência paleoclimática para latitudes temperadas. Indica que a

Região Norte do Brasil e também do supercontinente, no Mississípiano, havia alcançado as latitudes médias. Esta evidência é corroborada pelos sedimentos clásticos e ausência de sedimentos químicos. Por estes elementos, é deduzido que o supercontinente estava localizado ainda a uma relativa distância da linha do Equador.

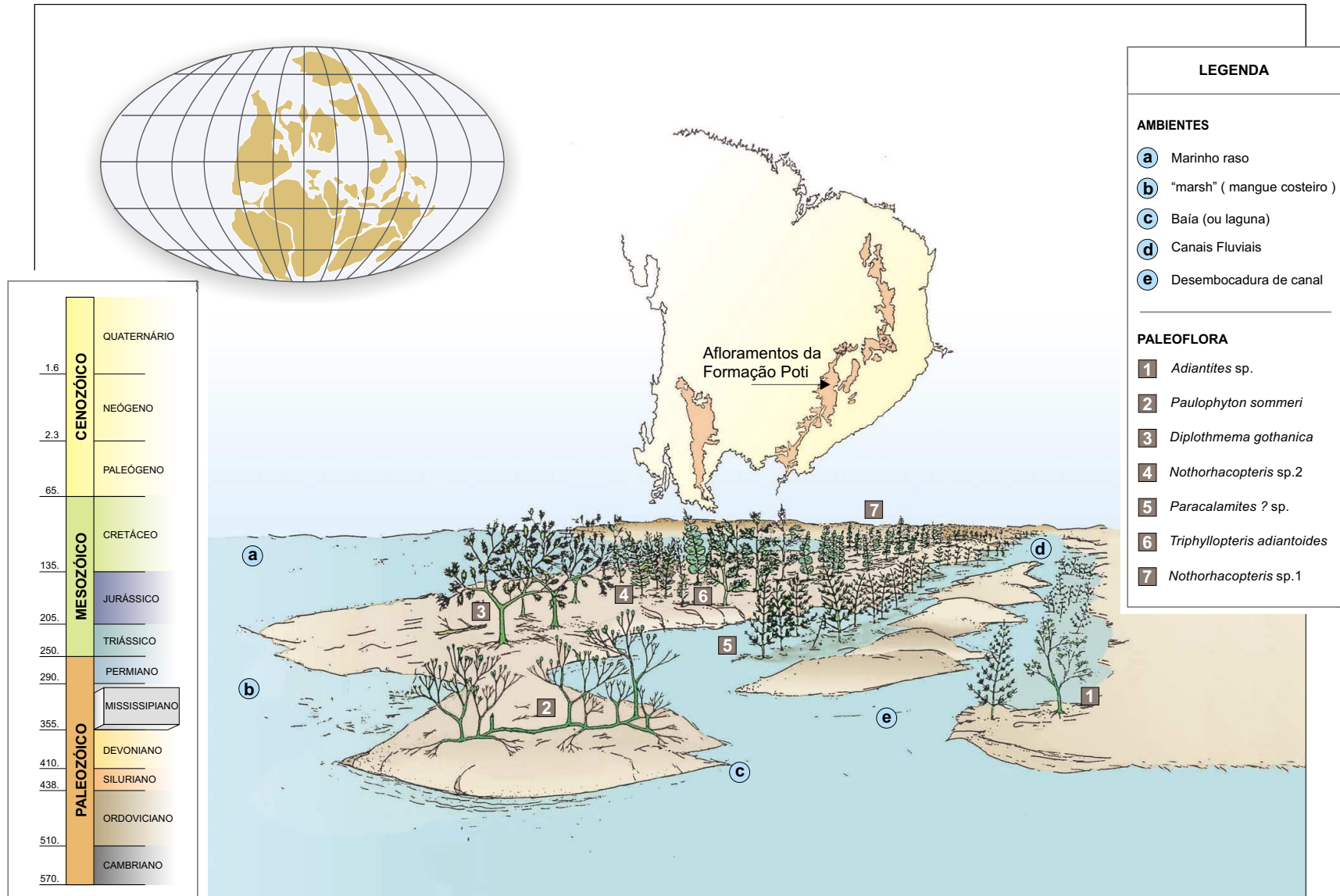


Figura 8.8 – Reconstituição Paleobiológica do Mississippiano da Bacia do Parnaíba (segundo Iannuzzi, 1994).

9

PENSILVANIANO

No Pensilvaniano estão assinalados dois importantes eventos na bacia. O primeiro, de natureza geológica, mostrando a fase de continentalização e desertificação que é uma das características deposicionais do final do Paleozóico. O outro, de natureza biológica, é representado pelas manifestações de vida que alcançam as características tropicais e mostram afinidades com as províncias biogeográficas do hemisfério norte.

9.1 Histórico

A denominação de Formação Piauí, unidade litoestratigráfica do Pensilvaniano, deriva do termo “série Piauí” que foi utilizado por Small em 1913, para designar toda a seqüência paleozóica da bacia. Duarte (1936) identificou os primeiros fósseis representados por invertebrados marinhos coletados nos testemunhos da sondagem de Teresina, Piauí. O trabalho possibilitou melhores definições para as unidades e correlações no Carbonífero nas bacias do Norte e Nordeste.

Nas camadas da Formação Piauí foram delimitadas e estabelecidas as relações de base com os arenitos da Formação Poti e de topo com as camadas de sílex basal da Formação Pedra de Fogo.

Nas camadas situadas na parte superior da formação, denominadas informalmente de Calcário Mocambo, ocorre uma fauna de invertebrados, com trilobitas (Kegel, 1951) e moluscos (Kegel & Costa, 1951). Kegel (1952) assinalou também, ocorrências de invertebrados fósseis na borda oeste da bacia. A fauna marinha, do Calcário Mocambo, foi mencionada por Mesner & Wooldridge (1964), e analisada por Campanha & Rocha Campos (1979), Assis (1979, 1980) e Anneli *et al.* (1994). Há apenas um registro macroflorístico (Dolianiti, 1972).

A unidade foi mapeada pela PETROBRAS e integrada por Mesner & Wooldridge (1964), que registraram uma discordância de cunho regional entre as unidades Poti e Piauí. Na pesquisa para carvão, efetuada pela CPRM (Cruz *et al.*, 1973a, 1973b), o modelo paleogeográfico obtido para o topo do Poti/base do Piauí, mostrou que a esta discordância correspondia um soerguimento da região sul da bacia. De acordo com Cunha (1986) este é o limite para a terceira seqüência deposicional, que ocorre entre o Pensilvaniano e o Triássico, em modelo adotado por Góes & Feijó (1994).

Esta unidade foi mapeada em superfície por Lima & Leite (1978), e os sistemas deposicionais analisados por Lima Filho (1992).

9.2 Área de Ocorrência

Os sedimentos da Formação Piauí, que ocorrem nas bordas leste e oeste, ocupam ampla área da região centro-sul da bacia, acompanhando a direção dos estratos paleozóicos, em faixas de direção norte-sul, que se estreitam para o norte.

Os contatos de topo são com a Formação Pedra de Fogo. Na parte centro-norte da bacia é recoberta discordantemente pelas formações Sambaíba e Pastos Bons, no extremo centro-sul pelos Grupo Areado e Formação Urucuia, da Bacia Sanfranciscana. A espessura máxima em subsuperfície é de 340 metros (Góes & Feijó, 1994).

9.3 Geocronologia - Idade

Pelo zoneamento bioestratigráfico estabelecido por Müller (1962), os sedimentos da Formação Piauí são de idade vestfaliana e estefaniana. A idade determinada pela fauna de conodontes é do Mesopensilvaniano (Campanha & Rocha Campos, 1979).

9.4 Sedimentação

As camadas da Formação Piauí foram divididas por Lima & Leite (1978) e Lima Filho (1992) em duas partes: a inferior, constituída de arenitos róseos, médios, com intercalações de siltitos vermelhos e verdes; e a superior, composta por arenitos avermelhados com intercalações de leitos e lâminas de siltitos vermelhos, finos leitos de calcários e evaporitos. Lima & Leite (1978) atribuíram à

Formação Piauí um ambiente deposicional continental do tipo fluvial com contribuição eólica, em clima semi-árido a desértico, com incursões marinhas. Lima Filho (1992) assinala sistemas deposicionais lacustre, deltaico, fluvial, evaporítico e marinho raso (plataforma carbonática), com aridez de clima em condições severas e com a sedimentação sob influência das variações da linha de costa.

A sedimentação é iniciada com camadas de arenitos róseos de cor avermelhada e arroxeadada, com grãos foscos, estratificações cruzadas acanaladas, estratificação cruzada de grande escala, com as lâminas em ângulos agudos com a superfície horizontal. As superfícies de acamamento são de base quase horizontal. São interpretadas como deposição de duna eólica, que intercalam estratificações plano-paralelas, que são interpretadas como sedimentação interdunas.

Os bancos de arenitos róseos, com estratificação cruzada acanalada estão amplamente distribuídos na parte inferior da formação (Figuras 9.1 e 9.2), e indicam o predomínio das deposições subaéreas.

Os arenitos róseos são recobertos por folhelhos vermelhos, que intercalam marcas de onda e gretas de ressecamento (Figura 9.3). Ocorrem na parte central da bacia, e são interpretados como de origem lagunar ou lacustre. Os folhelhos avermelhados em variações laterais de fácies intercalam carbonatos (Calcário Mocambo).

Bancos de calcarenitos apresentam seqüências rítmicas, com folhelhos com acamamento lenticular, folhelhos avermelhados e carbonatos argilosos listrados, creme, intercalados. Os acamamentos lenticulares são formados por lentes de arenito, in-



Figura 9.1 – Formação Piauí. Arenitos amarelados, em bancos que intercalam estratificações cruzadas acanaladas e festonadas. Localidade: Rodovia BR-343, km 300, distante 10km a nordeste da cidade de Altos, Piauí.



Figura 9.2 – Formação Piauí - arenitos com estratificação cruzada acanalada e perfurações por icnofósseis Arenicolites. Localidade: Cidade de José de Freitas, torre da Telepisa, Piauí.

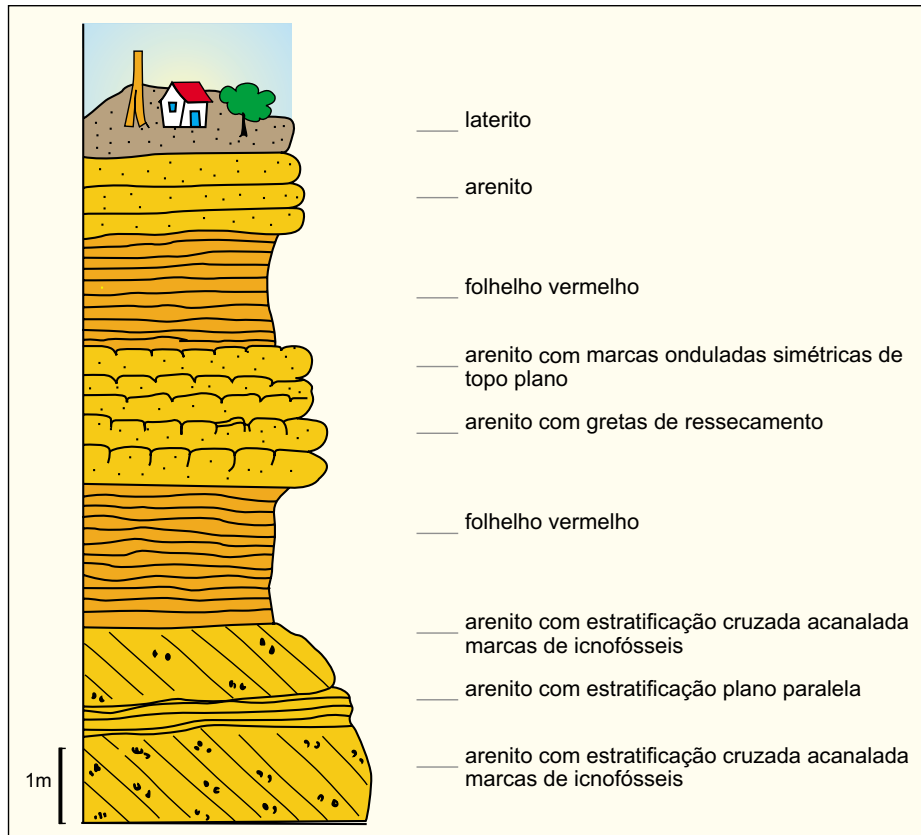


Figura 9.3 – Perfil da Formação Piauí, mostrando a transição de sedimentação subaérea para subaquática. Localidade: Cidade de José de Freitas, torre da Telepisa, Piauí.

cluídos em camadas de lama (Figuras 9.4 e 9.5). São interpretados como pequenas cristas de areia originadas por ação de ondas em substrato de lama e preservadas com a deposição de nova camada, em ambiente marinho costeiro.

Em áreas localizadas (Estrada PI-112, 14 km ao sul de União, Piauí), arenitos finos de geometria sigmoidal mostram que a sedimentação é encerrada com frentes deltaicas penetrando no sistema lacustre (Ribeiro & Melo, 1996).

9.5 Fósseis

9.5.1 Microfósseis

O zoneamento bioestratigráfico do Pensilvaniano (Vestfaliano e Estefaniano), foi estabelecido por Müller (1962). Semelhante ao que ocorre no hemisfério norte, a passagem do Mississipiano para o Pensilvaniano é marcada por mudança brusca no espectro palinológico, com predomínio dos *Mono-saccites* e *Disaccites*.

9.5.2 Faunas

As faunas marinhas ocorrem nos sedimentos de topo, informalmente denominados de Calcário Mocambo. Trilobitas do gênero *Ameura*, descritos por Kegel (1951), ocorrem com os moluscos bivalvíos *Aviculopecten* (Kegel & Costa, 1951). Na borda oeste da bacia, Kegel (1952) assinalou invertebrados referidos a *Bellerophon*, *Eomphalos*, *Astartella*, *Linoproductus*, *Leiopteria*, *Bakewellia*, *Derbya* e *Goniasma*.

Campanha & Rocha Campos (1979) identificaram no Calcário Mocambo, moluscos, anelídeos, briozoários, esponjas, ostracodes, fragmentos de crinóides, equinóides, holoturóides, peixes, foraminíferos arenáceos, conodontes escolocodontes, braquiópodos e trilobitas. Pelos conodontes encontrados, a idade pensilvaniana (eomesopensilvaniana) foi assinalada na parte superior da formação.

Assis (1979 e 1980) apresentou uma revisão dos bivalvíos assinalando os gêneros *Pteria*, *Schizodus*, *Phestia*, *Edmondia*, *Wilkingia*, *Aviculopecten*, *Cypricardella*, *Permophorus*, *Rimmijymina*, *Sanguinolites*, *Streblopteria*, *Astartella*, *Posidonia*, *Leptodesma* e *Septimyalina*, identificando ainda os gastrópodos *Bellerophon*, *Euphemites*, *Euconospira* e *Itaitubia* e braquiópodos das famílias Productidae, Spiriferidae e Cyrtospiriferidae (Figura 9.6). Se-

gundo este autor, as faunas têm afinidades com as que ocorrem na Bacia do Amazonas, nos grupos Tarma e Copacabana no Peru, e com as de formações da América do Norte. As associações das assembléias de bivalvíos são com a província biogeográfica de Tétis.

Anneli *et al.* (1992 e 1994) apresentaram os bivalvíos do Calcário Mocambo – *Paleonucula levatiformis*, *Phestia bellistriata*, *Pteronites* sp., *Leptodesma* sp., (?)*Pteria* sp., *Aviculopecten trichotomus*, *Schizodus alpinus*, *Schizodus* sp., *Schizodus* sp., *Permophorus subcostatus*, *Astartella subquadrata*, *Oriocrassatella* sp., *Sanguinolites* sp., *Myonia* sp., *Wilkingia terminalis* e no Calcário Contendas–*Phestia bellistriata*, (?)*Pteria* sp., *Aviculopecten trichotomus*, *Permophorus subcostatus*, *Myonia* sp. Os autores citam a ocorrência de foraminíferos arenáceos e calcários, conodontes, fragmentos de crinóides e equinóides, ostracodes, escolocodontes, espículas de esponja e fragmentos de peixes e plantas.

Os arenitos com estratificação cruzada acanalada são interpretados como de dunas eólicas, apresentam perfurações de icnofósseis *Arenicolites*, caracterizadas por dois orifícios próximos, que são as marcas de perfuração deixadas pelo animal no sedimento (Figura 9.2).

9.5.3 Flora

O único registro macroflorístico é de Dolianiti (1972) que assinalou a existência de restos de formas pecopteróides (*Pecopteris* sp.).

9.6. Paleogeografia

Uma notável mudança do regime sedimentar ocorreu no Pensilvaniano, com episódios conspícuos de exposição subaérea e formação de dunas eólicas, que têm expressão regional. Marca uma discordância na bacia, com início da terceira seqüência deposicional definida por Cunha (1986) e Góes & Feijó (1994). O controle é evidenciado com o soerguimento de blocos na borda sul da bacia, conforme o mapa de contorno estrutural da base da Formação Piauí e os conglomerados e arenitos conglomeráticos da base da formação, que são derivados de um tectonismo sinsedimentar (Cruz *et al.*, 1973b; Góes, 1995).

O evento geológico corresponde em termos regionais ao arqueamento do Alto do Parnaíba regis-



Figura 9.4 – Formação Piauí - Calcário Mocambo, bancos de carbonatos intercalados com folhelhos. Localidade: Fazenda Felicidade, Rodovia PI-113, 20km a sul de José de Freitas, Piauí.

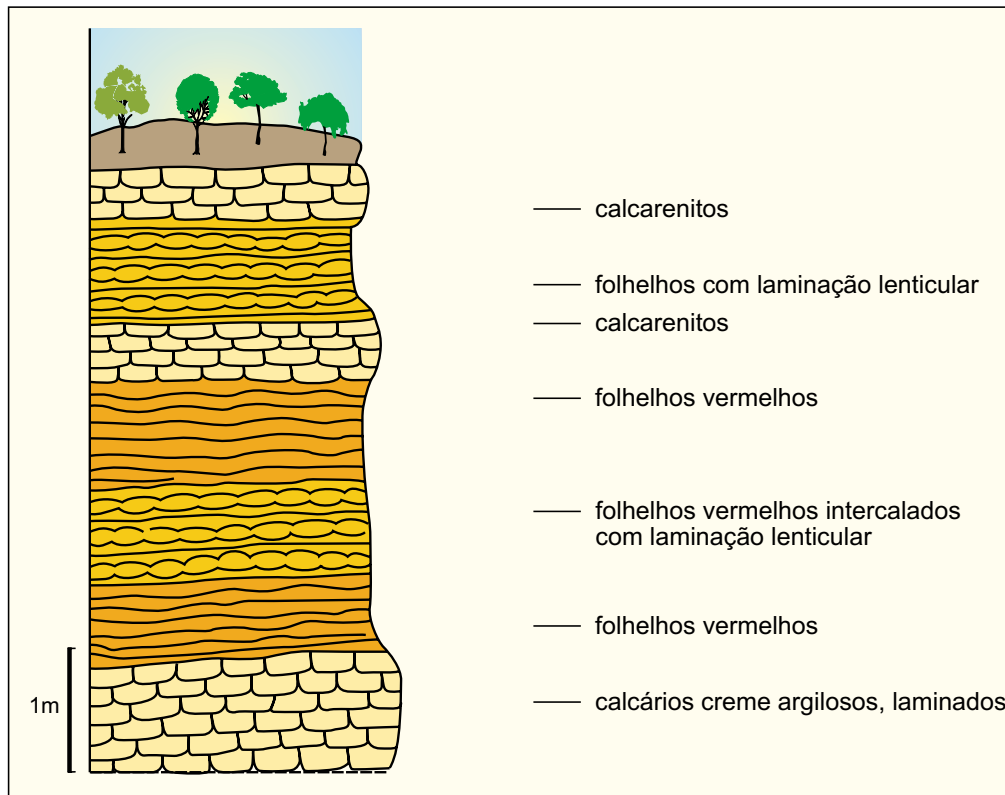
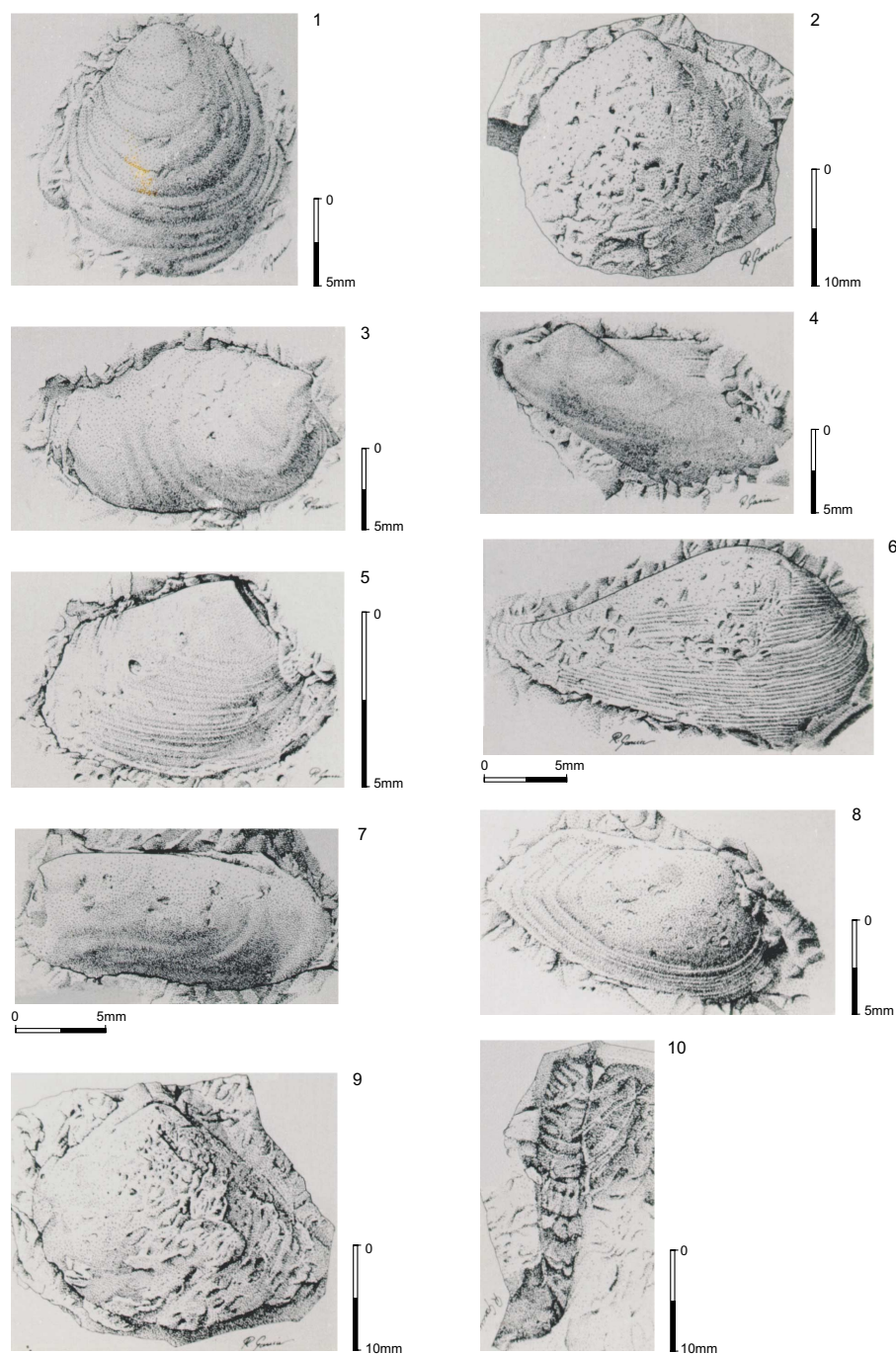


Figura 9.5 – Formação Piauí. Perfil esquemático da seqüência de Calcário Mocambo. Localidade: Fazenda Felicidade. Rodovia PI-113, 20km a sul de José de Freitas. Piauí.



- 1 *Posidonia* sp.
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5428-I.
- 2 *Strebloperia* sp.
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5431-I.
- 3 *Rimmyjmina brasiliensis* Chronic,
1952
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5435-I.
- 4 *Pteria duartei* Mendes, 1966.
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5441-I.
- 5 *Astartella* sp.
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5434-I.
- 6 *Phestia bellistriata* (Stevens, 1858).
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5437-I.
- 7 *Permophorus subcostatus* (Meek &
Worthen, 1865).
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5437-I.
- 8 *Sanguinolites* cf. *S. meslerianus*
(Girty, 1910).
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5432-I.
- 9 *Schizodus amazonicus* Mendes
1966.
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5430-I.
- 10 (?) *Septimyalina* sp.
Coleção: Museu Nacional da UFRJ
- 5440-I.

Figura 9.6 – Biválvios do Calcário Mocambo, Formação Piauí (Assiz, 1979).
Localidade: Fazenda Mocambo, município de José de Freitas, Piauí.

trado por Castelo Branco & Coimbra (1984) no Permiano/Triássico, e em termos globais à Orogenia Eoherciniana (Góes & Feijó, 1994). Representa ainda o início do processo de encerramento da Bacia do Parnaíba *strictu sensu* de Góes (1995).

A seqüência tem na base sedimentação derivada de exposição subaérea, formando dunas eólicas. Correspondem a uma fase regressiva e de terrestrialização. As tendências climáticas foram áridas e desérticas.

Na parte superior e em áreas localizadas no centro da bacia, ocorreu sedimentação subaquática, em ambientes marinhos rasos. São de uma seqüência transgressiva, com elevação progressiva do nível eustático.

9.7 Eventos Biológicos

Dois tipos de eventos biológicos podem ser identificados. O primeiro bioevento de colonização em ambiente terrestre é de ocorrência rara, e está associado à fase regressiva. São os traços de perfuradores de areias, os *Arenicolites* instalados nas dunas eólicas, e os vegetais que são as folhas de *Pecopteris*.

No topo da formação está registrada uma fase transgressiva, à qual corresponde um bioevento local, que é a existência e preservação da fauna de Mocambo. É o segundo bioevento, marcado pela fauna marinha de característica evolutiva do Paleozóico, com predomínio dos componentes modernos, os moluscos bivalvíos e gastrópodos (Sepkoski, 1990). Além dos exemplares de invertebrados marinhos, os fragmentos determinados por Campanha & Rocha Campos (1979), apontam para um habitat favorável à colonização de faunas tropicais e sua característica biodiversidade.

Como evento biológico regional e global, refletem a expansão da Província biogeográfica Americana Andina, que têm afinidade com a Província Biogeográfica de Tétis (Assis, 1980 e Anneli *et al.*, 1994). O evento biológico derivou da elevação eustática e conexões com o mar de Tétis.

Do evento geológico de expressão regional (endocíclico), representado pelo soerguimento do Arco do Tocantins na parte sul da bacia, resultou a restrição do espaço deposicional subaquático e a diminuição dos biótopos.

Os mecanismos e processos geológicos como deriva, clima e variação do nível do mar, foram de natureza alocíclica e atuaram para a ocorrência dos bioeventos, sob aspecto regional e global.

9.8 Tafonomia

O primeiro sistema tafonômico é do domínio da icnologia. São as perfurações denominadas *Arenicolites*, traços de comportamento animal, preservados por acumulação *in situ* nas camadas de arenitos das dunas eólicas. Embora de ocorrência esparsa, mostram que nas áreas de ambiente desértico houve manifestações de vida traduzidas por entidades paleobiológicas eudêmicas, isto é, que aí viveram e se reproduziram.

O segundo, é representado por associações com bivalvíos de gêneros da infauna e da epifauna, gastrópodos, braquiópodos, trilobitas, fragmentos esqueléticos de outros ramos de invertebrados e vertebrados. No conjunto ocorreu a mistura de material de regiões diferentes da plataforma. O material original que constituiu as conchas está dissolvido; as unidades registradas se apresentam como moldes internos de valvas isoladas, unidas. Indicam que primeiro houve acumulação sem exposição e transporte. Posteriormente, na ressedimentação, sofreram deslocamento no substrato e enterramento.

Na análise tafonômica efetuada por Anneli *et al.* (1994) foi interpretado que os bivalvíos da infauna profunda foram preservados *in situ*, enquanto que os gêneros da epifauna, semi-infauna, e infauna intermediária e rasa foram transportados lateralmente e ressedimentados.

Os depósitos de plataforma carbonática mostram que a preservação das entidades paleobiológicas eudêmicas, isto é, aquelas que viveram e se reproduziram na área, foi parcial, com registro apenas de uma pequena parte, como é comprovado pela variedade de filiação taxonômica dos fragmentos existentes, referidos a esponjas, anelídeos, conodontes, escolocodontes, crinóides, equinóides, holoturóides, peixes e a microfauna de foraminíferos e ostracodes.

9.9 Paleoecologia / Comunidades Bentônicas/ Ecossistemas

Em ambiente interpretado como uma plataforma carbonática rasa de laguna, Anneli *et al.* (1994) determinaram uma fauna composta por briozoários 3%, cefalópodos 3%, trilobitas 5%, gastrópodos 10%, braquiópodos 23% e bivalvíos 56%. Os bivalvíos são 47% escavadores rasos, 26% epifaunísticos bissados, 11% semi-infaunísticos bissados, e 11% escavadores profundos e 5% escavadores intermediários. Os suspensívoros predominam em

substrato de energia moderada. A alta frequência de invertebrados marinhos estenohalinos na assembléia indica salinidade normal.

Assis (1980) identificou os organismos da infauna com palpos labiais, comedores de depósitos - *Phestia*; da infauna escavadora, com alimentação de matéria em suspensão - *Schizodus*, *Permophorus*, *Astartella*, *Edmondia*, *Rimmyjimina*, *Wilkingia*, *Sanguinolites*, *Cypricardella*; organismos fixos no substrato e comedores de matéria em suspensão - *Septimyalina*, *Posidonia*, *Streblopteria*, *Aviculopecten*, *Leptodesma*, *Pteria*.

A fauna do Calcário Mocambo habitou um ecossistema marinho, em ambiente protegido, como uma laguna rasa, em faixa de biodiversidade de latitude tropical (Figura 9.7).

9.10 Paleobiogeografia

As assembléias de bivalvíos são relacionadas com a província biogeográfica de Tétis, representada pelos gêneros *Wilkingia*, *Permophorus*, *Astartella* e *Pteronites*.

A correlação de fauna mais próxima é com a ocorrente na Formação Itaituba, Bacia do Amazonas. Assis (1979) registrou as afinidades com as faunas dos grupos Tarma e Copacabana no Peru, e com as faunas de formações da América do Norte.

Anneli *et al.* (1994) correlacionaram a Formação Piauí com a Formação Caño Indio do Morrowan da Venezuela, comparando-as com as de mares epicontinentais da América do Norte, e Série Postville de Ohio, do Pensilvaniano Médio.

Pelo exposto é confirmada a ligação estabelecida de oeste para leste, com o mar vindo de noroeste no Pensilvaniano, admitida desde o clássico trabalho de Harrington (1962), na apresentação de mapas paleogeográficos da América do Sul.

9.11 Paleoclima

A sedimentação química, de carbonatos e evaporitos que pela primeira vez se implanta na bacia, aponta para clima quente, em latitudes tropicais durante o Pensilvaniano (Cunha, 1986; Lima Filho, 1991). Este seria árido, no intervalo de tempo de deposição dos arenitos eólicos da parte basal, em um sistema desértico, assim como durante a deposição de evaporitos na parte superior.

9.12 Deriva

O Pensilvaniano é caracterizado por fenômenos como deslocamentos de continentes e fases orogênicas, que provocaram uma série de eventos transgressivos e regressivos, possibilitando expansões e conexões de faunas.

As inferências climáticas são indicativas que no Pensilvaniano, na latitude correspondente à Bacia do Parnaíba, o Supercontinente Gondwana na rota de deriva em direção ao Equador, havia aumentado o distanciamento com o Pólo. A posição no Mississípiano em latitudes temperadas a subtropicais, foi alterada, pois atingiu as latitudes tropicais no Pensilvaniano.

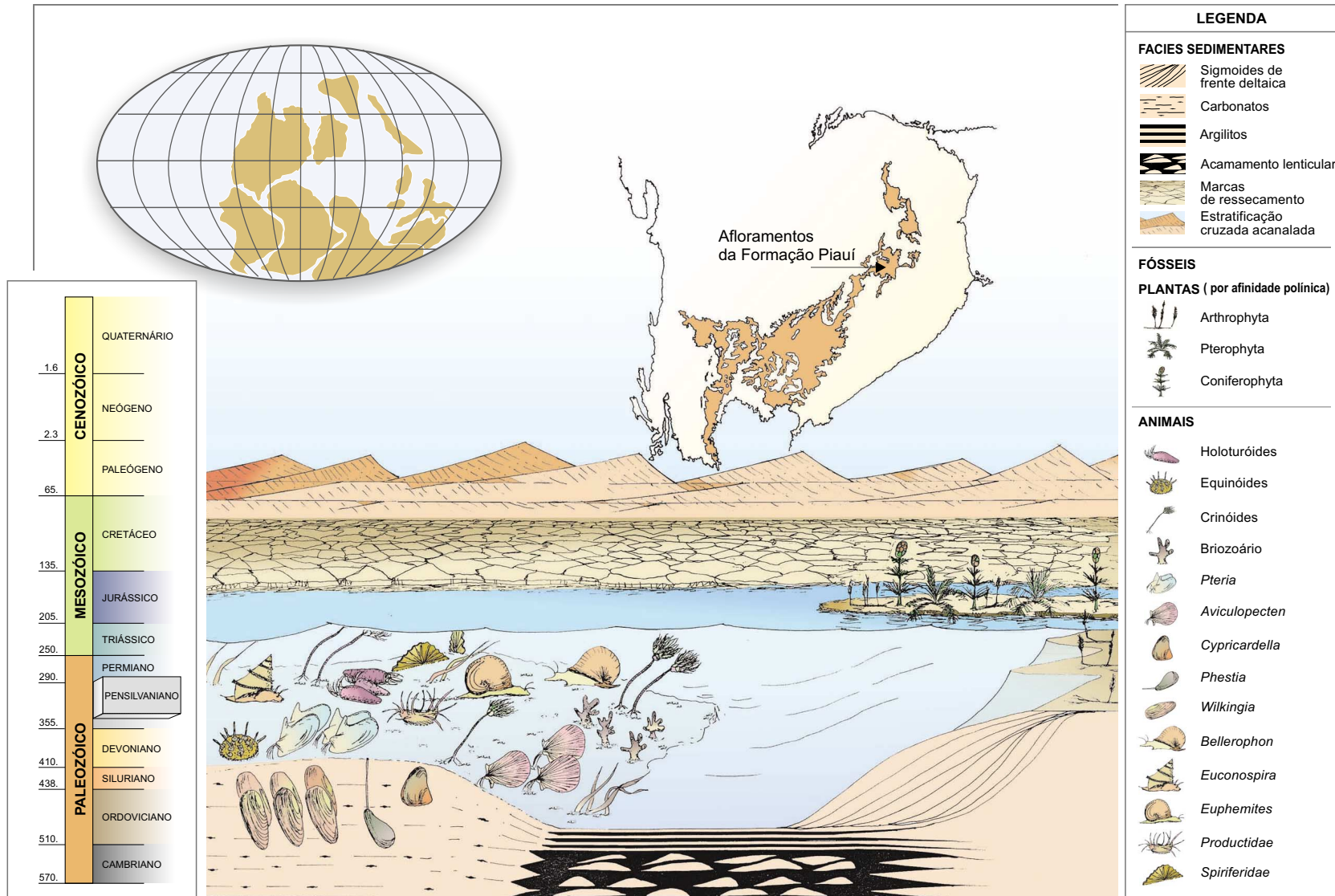


Figura 9.7 – Reconstituição Paleobiológica do Pensilvaniano da Bacia do Parnaíba.

10

PERMIANO

O Permiano é representado pelas formações Pedra de Fogo e Motuca. A tendência de ressecamento da bacia, em condições continentais áridas, é progressivamente acentuada. São preponderantes, cada vez mais, as fases regressivas, em climas adversos para as manifestações de vida e sua preservação como fóssil. Esta condição só é modificada durante as fases transgressivas, isto é, sob influência da elevação do nível do mar e conseqüente elevação do nível de base dos corpos aquáticos. Neste quadro ocorreu o último grande evento biológico do Paleozóico, na Bacia do Parnaíba, representado pelos troncos de madeiras silicificadas, preservados *in situ* no topo da Formação Pedra de Fogo e que documentam a pretérita existência de uma floresta tropical.

10.1 Formação Pedra de Fogo

10.1.1 Histórico

A madeira fóssil *Psaronius brasiliensis*, coletada entre 1817 e 1920 pelo botânico Martius e descrita por Brongniart em 1827, foi o primeiro fóssil vegetal do Brasil a ser mencionado na literatura (Dolianiti, 1948). É pertencente à Formação Pedra de Fogo,

cujo nome foi proposto por Plummer *et al.* (1948), para as camadas de arenitos, ricas em sílex e madeiras silicificadas.

A Formação Pedra de Fogo, de idade permiana, foi mapeada sistematicamente por técnicos da PETROBRAS, que identificaram o deslocamento das áreas de subsidência para o centro e oeste da bacia (Aguiar 1969; Aguiar 1971; Mesner & Wooldridge 1964).

As seqüências sedimentares da Formação Pedra de Fogo foram objeto de trabalhos de Faria Jr. & Truценbrodt (1980a, b), Faria Jr. (1984), Castelo Branco & Coimbra (1984), Hasui *et al.* (1991) e Góes (1995).

As madeiras fósseis foram estudadas por Coimbra & Mussa (1984), Mussa & Coimbra (1987) e Caldas *et al.* (1989). Os trabalhos sobre a fauna são de anfíbio labirintodonte (Price, 1948), peixes (Santos 1946b, 1989 a e 1989b, 1990b, 1994b) e de peixes e anfíbios (Cox & Hutchinson, 1991).

10.1.2 Área de Ocorrência

A Formação Pedra de Fogo tem ampla distribuição nos estados do Piauí e Maranhão. Aflora na região centro-leste, centro-oeste e centro-sul da bacia, com eixo de deposição deslocado para oeste (Mesner & Wooldridge, 1964).

A sua configuração, em superfície, apresenta uma expansão a sudoeste, que evidencia o controle da Antéclise Tocantins-Araguaia (Góes, 1995).

A espessura máxima em subsuperfície é de 240 metros (Góes & Feijó, 1994).

10.1.3 Geocronologia - Idade

A determinação de idade eopermiana inicialmente baseada na presença de um anfíbio labirintodonte (Price, 1948) foi confirmada pelos estudos palinológicos, apresentados por Müller (1962) e Mesner & Woldridge (1964).

De acordo com os estudos palinológicos registrados nos relatórios da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais ocorria uma flora desenvolvida e variada de gimnospermas, pteridófitas e esfenófitas, confirmando a idade permiana (Cruz *et al.*, 1973b). Posteriormente, em novas identificações de esporomorfos, foram determinadas as idades eo e mesopermiana para a formação (Lima & Leite, 1978).

Góes & Feijó (1994), por métodos bioestratigráficos, atribuem os sedimentos ao Eopermiano nos intervalos Asseliano, Sakmariano, Artinskiano e Kunguriano, e à base do Neopermiano, no intervalo Ufimiano.

10.1.4 Sedimentação

Com o eixo de deposição deslocando-se para oeste, a bacia emergiu no Permiano (Mesner & Woldridge, 1964), dando origem a uma sedimentação de domínio continental, e as influências de variações eustáticas estão refletidas nas mudanças do nível de base das águas interiores.

Faria Jr. & Truckenbrodt (1980a, 1980b) descreveram a estratigrafia da formação, dividindo-a em: Membro Sílex Basal, Membro Médio e Membro Trisidela.

O Membro Sílex Basal, com ampla distribuição, intercala siltitos e bancos dolomíticos com abundantes concreções e horizontes silicosos. O Membro Médio é constituído por camadas de arenitos finos com estratificações cruzadas, que intercalam siltitos, folhelhos e bancos carbonáticos com pequenas concreções silicosas. O Membro Trisidela intercala arenitos finos, siltitos, folhelhos e bancos carbonáticos. As madeiras fósseis são encontradas associadas aos siltitos e arenitos finos avermelhados com manchas brancas, que pertencem às partes mais superiores da formação.

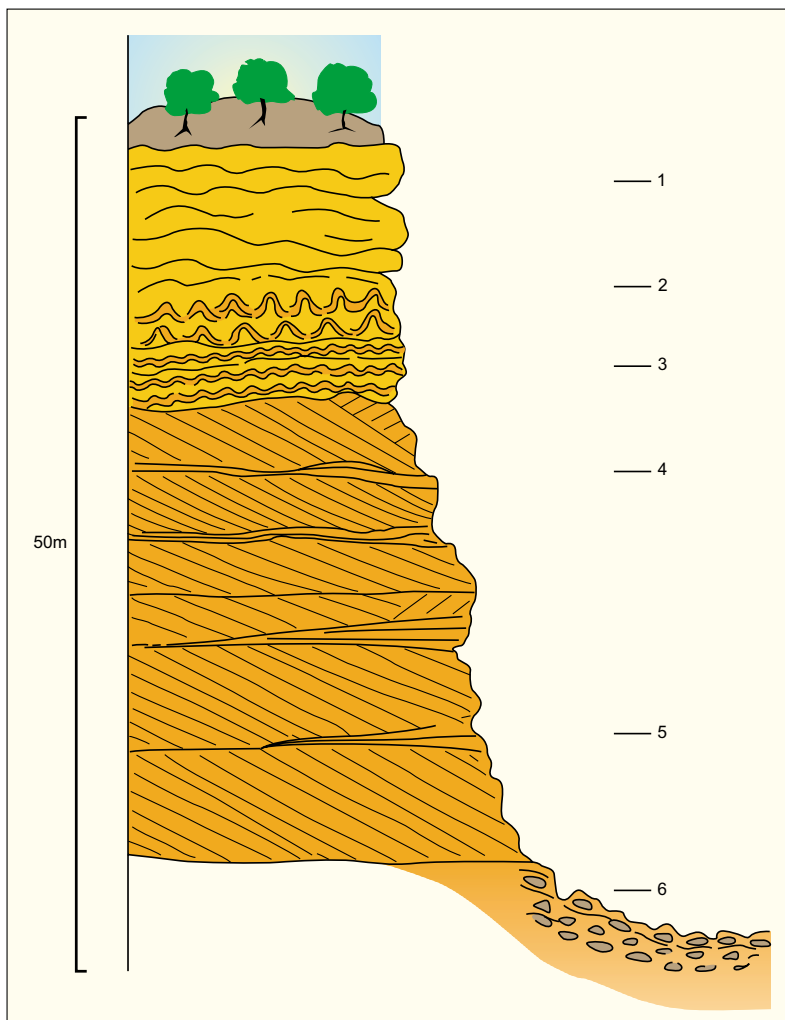
A seqüência sedimentar é iniciada por arenitos róseos de granulação bimodal, com estratificação cruzada de grande porte configurando dunas gigantes com base plana (Figura 10.1). Intercalam na base



Figura 10.1 – Formação Pedra de Fogo. Seqüência com arenitos com estratificações cruzadas acanaladas, com acamamento tabular na base. Os sedimentos de topo são pelíticos com estratificação plana e ondulada, estromatólitos e esteiras algálicas. Localidade: Serra das Araras. Rodovia BR-343, km 532. Próximo à cidade de Floriano, Piauí.

níveis de oncólitos e para o topo arenitos róseos de grã fina com esteiras algálicas. No topo, os arenitos de granulação fina são vermelhos e intercalados com argilitos vermelhos. Os arenitos apresentam acamamentos lenticulares, gretas de dissecação, *tepees*, estruturas sigmóides de baixios arenosos e baixios de maré. Arenitos róseos de granulação fina intercalam esteiras algálicas e níveis de estromatólitos (Figura 10.2). A coluna indi-

ca uma regressão na base, com ambiente desértico avançando sobre planícies costeiras. Os arenitos de estratificação cruzada, indicativos de dunas eólicas, são amplamente distribuídos (Figura 10.3). Para o topo, a seqüência é transgressiva, com os sedimentos pelíticos de ambientes subaquáticos sob influências onde ocorrem os níveis de atividade orgânica como esteiras algálicas e estromatólitos (Figura 10.4).



- 1 - arenito rosa, de grã fina, matriz argilosa, acamamento ondulado
- 2 - argilito vermelho e amarelo, ondulado, com níveis de estromatólitos
- 3 - arenito rosa, de grã fina, com esteiras algálicas
- 4 - camadas de arenitos rosa, com granulometria bimodal, estratificação cruzada acanalada, base plana
- 5 - estratificação plano-paralela
- 6 - níveis oncólitos e silexitos

Figura 10.2 – Perfil esquemático da Formação Pedra de Fogo, na Serra das Araras. Rodovia BR-343, km 532. Próximo à cidade de Floriano, Piauí. Os estratos com estratificação cruzada acanalada, de base plana, são interpretados como grandes dunas eólicas. As estratificações plano-paralelas são de sedimentação interdunas. Pelitos estromatólitos e esteiras algálicas de topo são interpretados como superfícies transgressivas.



Figura 10.3 – Formação Pedra de Fogo. Vista panorâmica da Serra das Araras. Rodovia BR-343. Próximo à cidade de Floriano, Piauí.

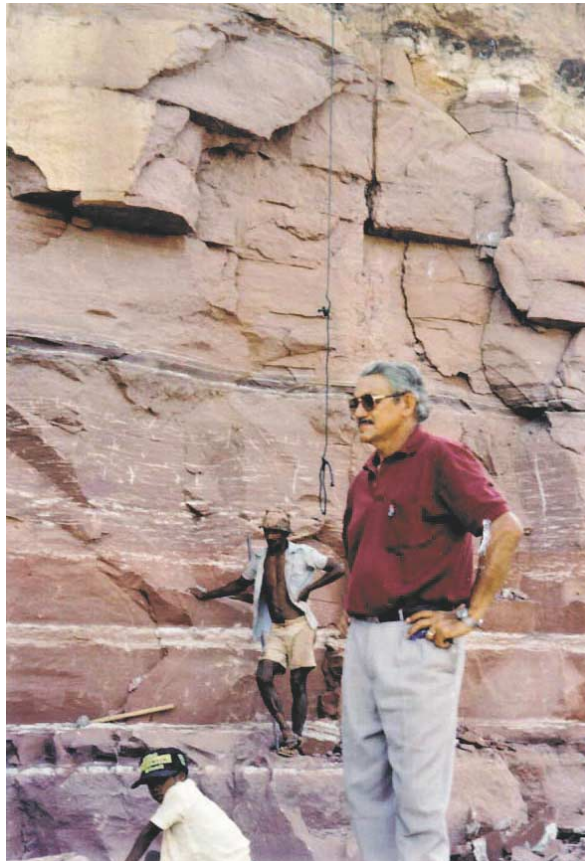


Figura 10.4 – Formação Pedra de Fogo. Seção superior. Arenitos argilosos silicificados com níveis de esteiras algálicas e marcas de bioturbação. Sedimentação interpretada como lagunar. Localidade: Pedreira de lajotas para calçamento. BR-316, km 611, distante 2,7km de Timon, Maranhão.

10.1.5 Fósseis

10.1.5.1 Estromatólitos

Faria & Truckenbrodt (1980b) descreveram ocorrências de estromatólitos situados no Membro Médio, que constituem biostromas levemente ondulados, domados, com topo e base irregulares.

São estromatólitos colunares, com ramificações paralelas e pouco divergentes e laminação fina, convexa a parabólica. Faria Jr. & Truckenbrodt (1980a) reconheceram também outros níveis de estromatólitos no Membro Sílex Basal.

Os níveis de estromatólitos são parcialmente silicificados com cerca de 15cm de espessura, com extensão lateral, e estão associados a bancos dolomíticos e gretas de dessecação. São interpretados como de ambiente muito raso, com exposição subaérea.

Faria & Truckenbrodt (1980b) consideraram que a ocorrência de estromatólitos seria indicativa de ambientes marinhos pouco profundos, de maré, com pequena agitação de ondas e correntes. Contudo, pelas interpretações baseadas em estromatólitos recentes, eles ocorrem em ambientes marinhos e continentais (Walter, 1976).

Os estromatólitos recentes e fósseis são considerados como estruturas organossedimentares, isto é, formadas pela agregação de sedimentos de uma comunidade microbiana, as denominadas esteiras algálicas (*algal mats*). São estruturas precipitadas principalmente por cianobactérias, que são aptas a povoar determinados locais onde calor forte e água rasa são seletivos o suficiente para limitar o habitat.

No contexto dos organismos como indicadores ambientais de níveis de águas rasas, estão incluídos os oncólitos, pois *algal mats*, estromatólitos e oncólitos podem derivar da atividade deste mesmo grupo de organismos (Golubic, 1976).

10.1.5.2 Flora

A flora ocorrente no topo da formação foi preservada predominantemente como madeira silicificada (Figura 10.5). Os troncos apresentam ampla distribuição na bacia. Pelos estudos realizados até o presente, as ocorrências mostram a importante característica de macroevolução, constatada pelos vários gêneros novos descritos.

As primeiras espécies descritas *Psaronius brasiliensis* e *Psaronius arrojadoi* são belos exemplares pertencentes a um gênero de distribuição no continente americano (Dolianiti, 1948).

Da região oeste da bacia, foram descritas novas madeiras da chamada associação eólica-litorânea “arenito Cacunda”. São representantes de Calamitáceas, *Arthropitys cacundensis* e formas aproximadas de Cordaitales, com o gênero *Carolinapitys maranhensis* e raízes referidas a *Amielon bieloi*. A associação é indicativa de locais úmidos, várzeas e bordas de bacias, e as raízes contêm adaptações para águas (Coimbra & Mussa, 1984).

Do folhelho lagunar sotoposto ao “arenito Cacunda”, três novas formas foram descritas. São referidas a Calamitáceas com o gênero *Cyclomedulloxylon parnaibense* e a Cycadoxyleae com *Cycadoxylon fremji*. Um feto arborescente, com estrutura anatômica situada entre pteridófitas e pteridospermas, foi referido a *Araguainorachis simplissima*. As novas formas descritas confirmaram as afinidades com a Província tafoflorística Euro-América (Mussa & Coimbra, 1987).

Às margens do rio Poti, na cidade de Teresina, foi configurada uma floresta petrificada. Foram estudadas a ocorrência de inúmeros troncos, visando sua preservação e descrito um novo gênero de Pteridospermophyta, *Teresinoxylon eusebioi* (Caldas *et al.*, 1989).

10.1.5.3 Fauna

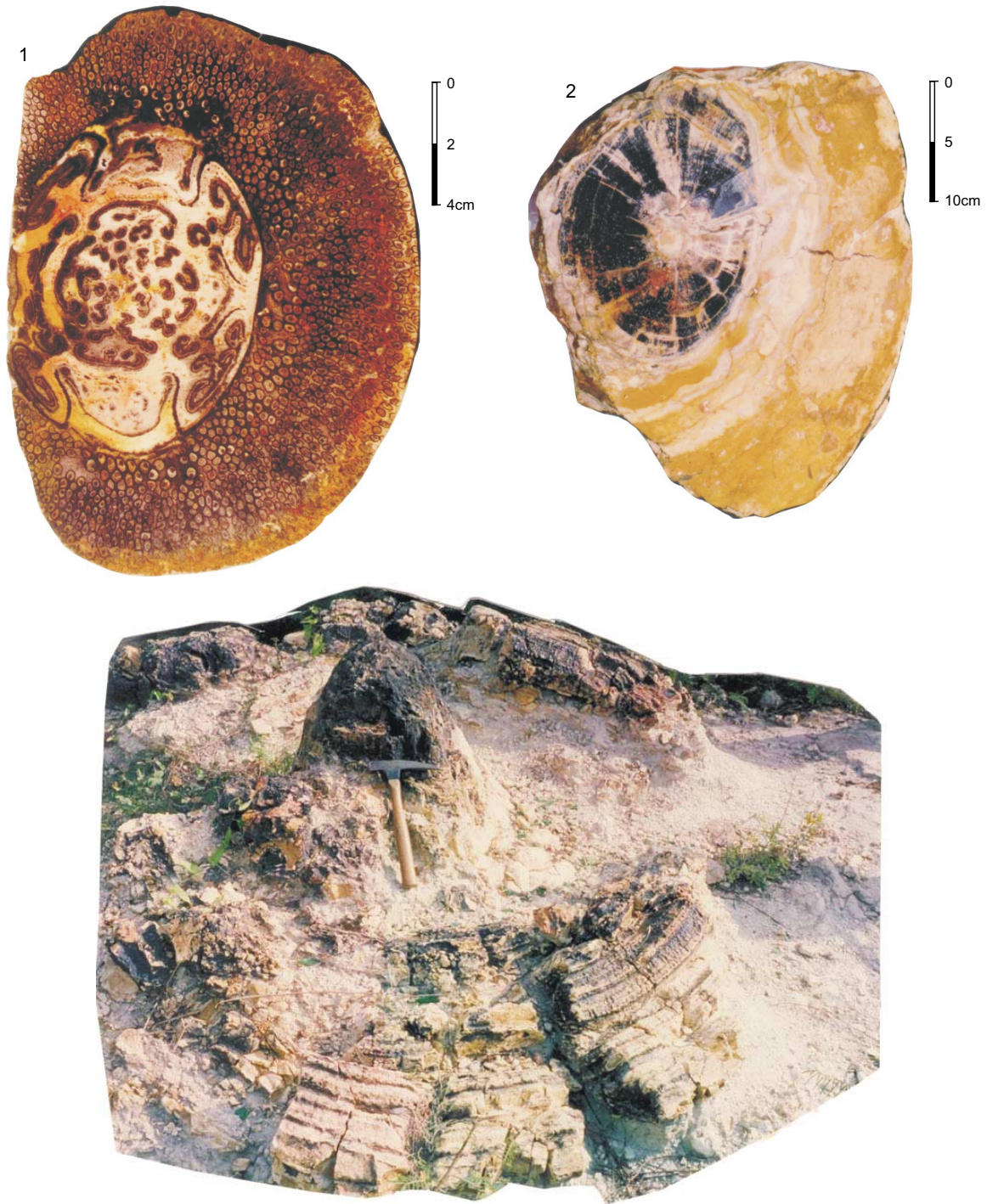
Entre os vertebrados que ocorrem no topo da formação, a fauna de peixes é variada, porém não está totalmente descrita.

Cox & Hutchinson (1991) registraram a ocorrência de fragmentos de *Ctenacanthus*, *Xenacanthus*, holocefalídeos e dipnóicos. Entre as formas até o presente descritas ocorre também macroevolução, com novos gêneros e uma nova família.

Nesta ictiofauna (Figura 10.6) são assinalados, entre os condrictes, espinhos de “*Ctenacanthus*” sp., dentes de *Xenacanthus* sp. e de *Itapyrodus punctatus* e dentes e espinhos de “*Xenacanthus*” *albuquerquei*, “*Ctenacanthus*” *maranhensis* e *Anisopleurodontis pricei* (Santos 1946b, 1989a, 1989b, 1990b, 1994b).

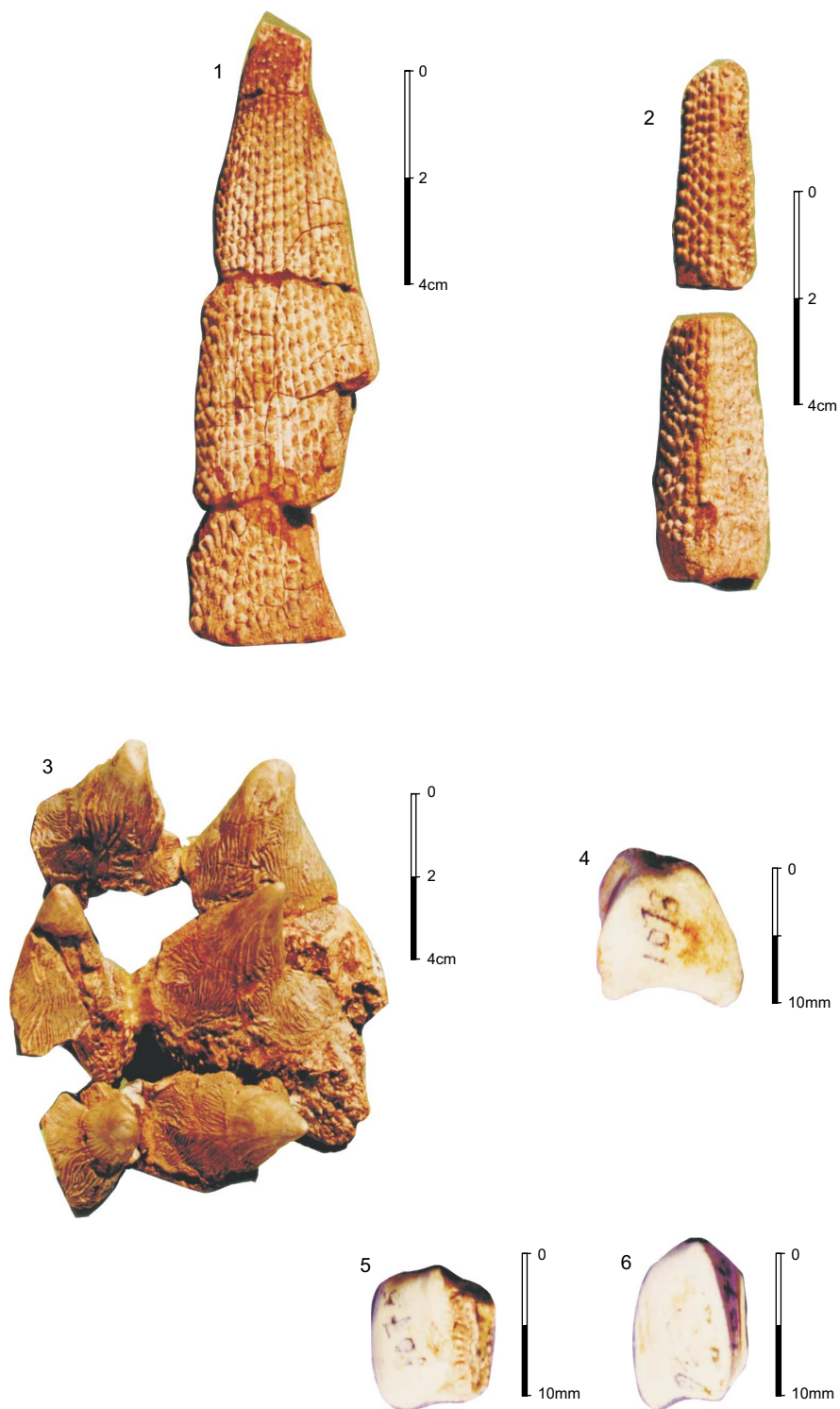
Entre os osteíctes ocorrem restos de celacantídeos, dipnóicos e Paleonisciformes com um crânio para o qual foi criada a família *Brazilichthyidae* e o gênero *Brazilichthys* (Cox & Hutchinson, 1991).

Price (1948) descreveu o anfíbio labirintodonte *Prionosuchus* (Figura 10.7), que pelo primitivismo indicou a idade permiana inferior, confirmada por Barberena (1972). Cox & Hutchinson (1991) reestudaram *Prionosuchus*, que apresenta a região anterior da cabeça alongada, possivelmente para ali-



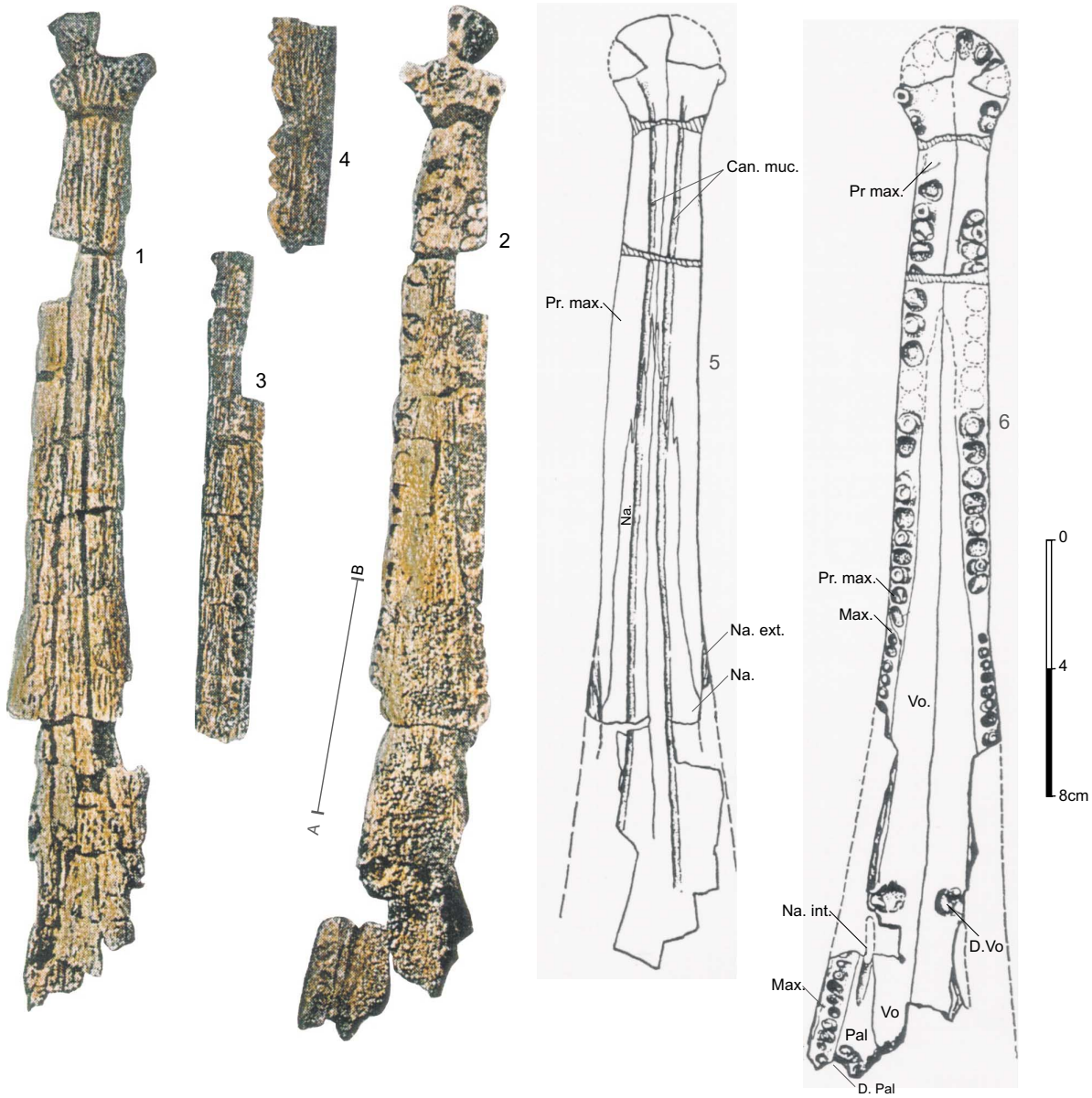
<p>1 <i>Psaronius brasiliensis</i> Brongniart, 1827. Localidade: Chapada do Jaboti, entre Nova Iorque e Floriano, Maranhão. Coleção: DGM 500-Pb.</p>	<p>2 <i>Teresinoxylon eusebioi</i> Mussa, 1989. Localidade: Margem do rio Poti, na cidade de Teresina, Piauí. Coleção: Laboratório de Paleontologia, Univ. Federal do Ceará.</p>	<p>3 Tronco silicificado, conservado <i>in situ</i>. Localidade: Margem do rio Poti, na cidade de Teresina, Piauí.</p>
--	--	--

Figura 10.5 – Madeiras fósseis da Formação Pedra de Fogo.



<p>1-2 "<i>Ctenacanthus</i>" <i>maranhensis</i> Santos, 1946. Localidade: Nova Iorque, sul da cidade de Pastos Bons, Maranhão. Coleção: DGM 470-P.</p>	<p>3 <i>Anisopleurodontis pricei</i> Santos, 1994. Localidade: Sul de Pastos Bons, estrada Pastos Bons-Nova Iorque, Maranhão. Coleção: MCT 1346-P.</p>	<p>4-5-6 <i>Itapyrodus punctatus</i> Santos, 1990. Localidade: Oeste de Laje Grande (CNP) Carolina, Maranhão. Coleção: DGM 1077-P, 1078-P, 1079-P.</p>
--	--	--

Figura 10.6 – Peixes fósseis da Formação Pedra de Fogo.



1 a 6 *Prionosuchus plummeri* Price, 1948

1 vista dorsal
2 vista lateral
vista do rostrum

4 lateral de um segmento da mandíbula
5 desenho do lado dorsal do rostrum
6 desenho ao lado palatal do rostrum

Localidade: 6km S de Pastos Bons na estrada Pastos Bons-Nova Iorque, Maranhão
Coleção: DGM 320-R

Figura 10.7 – Anfíbio da Formação Pedra de Fogo (segundo Price, 1948).

mentação de peixes. Compararam com outros gêneros, do mesmo grupo, que ocorrem no hemisfério norte, e sugeriram que sua expansão foi controlada por fatores climáticos.

10.2 Formação Motuca

A denominação de Formação Motuca foi aplicada por Plummer *et al.* (1948) a folhelhos avermelhados, com lentes de carbonatos e anidrita que afloram na fazenda Motuca, entre São Domingos e Benedito Leite, no Maranhão, e que recobrem a Formação Pedra de Fogo.

Mesner & Wooldridge (1964) atribuíram às camadas idade neopermiana correlacionando-as com a parte superior da Formação Sucunduri da Bacia Amazônica, e ao Grupo Rio do Rasto da Bacia do Paraná.

As áreas de ocorrência estão situadas no centro da bacia, próximas às cidades de São Raimundo de Mangabeira e São Domingos de Azeitão, no Maranhão. A formação é correlacionada com a parte superior da Formação Nova Olinda da Bacia do Amazonas. Góes & Feijó (1994) atribuem idade no Neopermiano, Kazaniano e Tatariano. Registraram que a espessura máxima em subsuperfície é de 280 metros.

A seqüência é constituída na base por arenitos finos a médios, róseos a esbranquiçados com grãos subarredondados a esféricos, foscos, friáveis. No topo apresenta folhelhos e siltitos arenosos vermelho-tijolo, com fraturas preenchidas pela aragonita, calcita e barita e níveis de sílica (Lima & Leite, 1978). A sedimentação continental, eólica a fluvial, foi considerada por Mesner & Wooldridge (1964) com influência de um mar interior sob condições áridas, representadas pelos evaporitos.

Faria Jr. (1984) descreveu a Formação Motuca, a oeste da bacia, reconhecível pela cor vermelha tijolo, com predomínio de pelitos (argilitos e siltitos). Apresentam camadas de gipsita (anidrita) intercaladas aos carbonatos. Os ambientes foram definidos como compostos por ambientes fluviais, eólicos, *sabkhas* correspondentes a uma evolução para um clima mais árido.

Mesner & Wooldridge (1964) assinalaram a presença do gastrópodo *Pleurotomaria* sp. que ocorre no Permiano do Peru. Registram que alguns peixes encontrados são semelhantes aos peixes permianos *Paleoniscus* e *Elonichthys*. Porém, autores posteriores não fazem menção a estes fósseis que não foram encontrados nas coleções examinadas.

10.3 Paleogeografia

No Permiano continuou o deslocamento do depocentro da bacia para o centro, e houve predomínio de sedimentação subaérea.

Os intervalos regressivos perduraram e as seqüências deposicionais transgressivas são episódios mais limitados. As manifestações de vida, que estão relacionadas com as fases transgressivas, em tempos de habitats e climas favoráveis, tiveram suas ocorrências restritas a estas fases.

As deposições são interpretadas como consequência da estruturação interna da bacia, com o arqueamento do Alto do Parnaíba (Castelo Branco & Coimbra, 1984), e o levantamento da Antéclise Tocantins-Araguaia e o Arco Tocantins (Hasui *et al.*, 1991). Góes (1995) correlacionou estes arcos regionais de evolução permiana-jurássica com a agregação do Supercontinente Pangea.

Os sedimentos da base da Formação Pedra de Fogo são de ambientes desérticos e climas áridos. Os estromatólitos cresceram nos fugazes ambientes límnicos e rasos. As estruturas algálicas, oncólitos e estromatólitos, situados em níveis carbonáticos estão intercalados aos corpos arenosos de dunas eólicas. As exposições subaéreas periódicas são indicadas pelos *tepees*.

No topo da formação ocorrem os depósitos lacustres. As dunas são afogadas por sedimentação límnic. A elevação do nível de base e arrefecimento do clima local permitiram o desenvolvimento de coberturas vegetais, peixes e anfíbios.

Na Formação Motuca do Permiano Superior, as condições climáticas quentes e áridas foram acentuadas. A sedimentação é de ambientes de cursos fluviais periódicos, dunas eólicas, lagos salgados (*sabkhas*), *red beds* e evaporitos.

10.4 Eventos Biológicos

O primeiro bioevento regional ocorreu em ambiente subaquático restritivo. É a colonização por bactérias/algas representadas por estromatólitos, esteiras algálicas e oncóides. Indicam capacidade de expansões rápidas nos corpos aquáticos efêmeros, formados pela periódica ampliação do nível de base, nos climas áridos de ambientes desérticos.

Os bioeventos seguintes são de colonização por plantas vasculares e vertebrados. Pelas mudanças das condições climáticas áridas para úmidas, houve a expansão de representantes da Província florística Euro-América. As floras mostraram diferença de composição e de clima entre as bacias do Par-

naíba e Paraná (Gondwana) (Coimbra & Mussa, 1984).

10.5 Tafonomia

No sistema tafonômico que inclui oncólitos, esteiras algálicas silicificadas e estromatólitos, a preservação foi por acumulação *in situ*, nas camadas de carbonatos intercaladas aos arenitos de dunas eólicas. São entidades paleobiológicas eudêmicas, isto é, que aí viveram e se reproduziram.

Os abundantes troncos de madeiras, silicificados, no topo da Formação Pedra de Fogo, são preservados *in situ*, muitos ainda em posição de vida. Representam um evento de morte rápida da flora e preservação com um tipo particular de fossilização, que é a silicificação. Os peixes e anfíbios foram preservados apenas por fragmentos de ossos desarticulados. Nos processos *post-mortem* são ressedimentados, pois são entidades que sofreram exposição e transporte, antes do soterramento.

10.6 Paleocologia/Comunidades Bentônicas/Antigos Ecossistemas

Os estromatólitos que durante a vida formam películas superpostas de forma estratificada constituem um ecossistema derivado, principalmente, da atividade de cianobactérias. A estabilização, metabolismo e manutenção do ecossistema ao longo do tempo dependeram do equilíbrio de fatores físicos e químicos. Têm a extraordinária capacidade de adaptação rápida em corpos de águas efêmeros, em condições ecológicas que são inóspitas para outros organismos.

As ocorrências da Formação Pedra de Fogo estiveram associadas com os corpos de água de pequena profundidade. Dos mesmos restam as paleossuperfícies com gretas de dessecação, preenchidas por calcita e sílex, e evidências da exposição subaérea. Em adição, as extensas camadas dolomitizadas por diagênese precoce apontam para um clima semi-árido a árido.

O topo da formação é caracterizado por um aumento da lâmina d'água correspondendo a um ecossistema de ambiente lacustre, derivado de uma mudança para clima quente e úmido. Na fauna estão presentes anfíbios labirintodontes e peixes. Os representantes da flora apresentam adaptações para a vida em locais de umidade, (Figura 10.8). As condições propícias à vida foram encerradas com novo rigor de aridez no clima, que extin-

guiu as florestas e as preservou por permineralização por sílica.

Os novos gêneros assinalados em vegetais e animais indicam eventos de macroevolução, com biodiversidade de latitudes tropicais. Esta dinâmica é bem marcada nestes ecossistemas terrestres e aquáticos sem conexão marinha.

10.7 Paleobiogeografia

Devido a elevação do nível de base de águas interiores, em torno de ambientes subaquáticos, houve um expressivo evento de expansão da Província Biogeográfica Euro-América com seus componentes da flora (Coimbra & Mussa, 1984; Mussa & Coimbra, 1987; Caldas *et al.*, 1989) e da fauna de anfíbios labirintodontes e peixes (Price, 1948; Santos 1946b, 1989a e 1989b, 1990b, 1994b; Cox & Hutchinson, 1991).

10.8 Paleoclima

A principal característica do Permiano na bacia é um forte ressecamento e predomínio de condições continentais. Nos intervalos regressivos, as indicações são para climas quentes e áridos, adversos, com as manifestações de vida dadas pelos estromatólitos. Correspondendo a uma fase transgressiva, no topo da Formação Pedra de Fogo, as indicações são para mudanças para climas quentes e úmidos, com ambientes aquáticos e presença de flora e fauna. O clima voltou a quente e árido e as madeiras foram preservadas por permineralização.

As glaciações do Gondwana são um dos fatores apontados para as variações do nível do mar, neste período. Da mesma forma como ocorreu no Quaternário, as glaciações influenciariam os recuos globais do nível do mar, e nas épocas interglaciais o aumento do nível do mar modificaria os climas em grande extensão dos continentes.

10.9 Deriva

Na literatura internacional está registrado que o Permiano foi tempo de movimentos rápidos de placas e espalhamentos do fundo do mar, além de glaciações amplamente distribuídas nos continentes de Gondwana e Angara.

Dentro deste quadro, a região norte da América do Sul havia alcançado a latitude do Equador. O continente do Gondwana se uniu à massa continental do hemisfério norte, e a agregação originou o Supercontinente Pangea (Dietz & Holden, 1970).

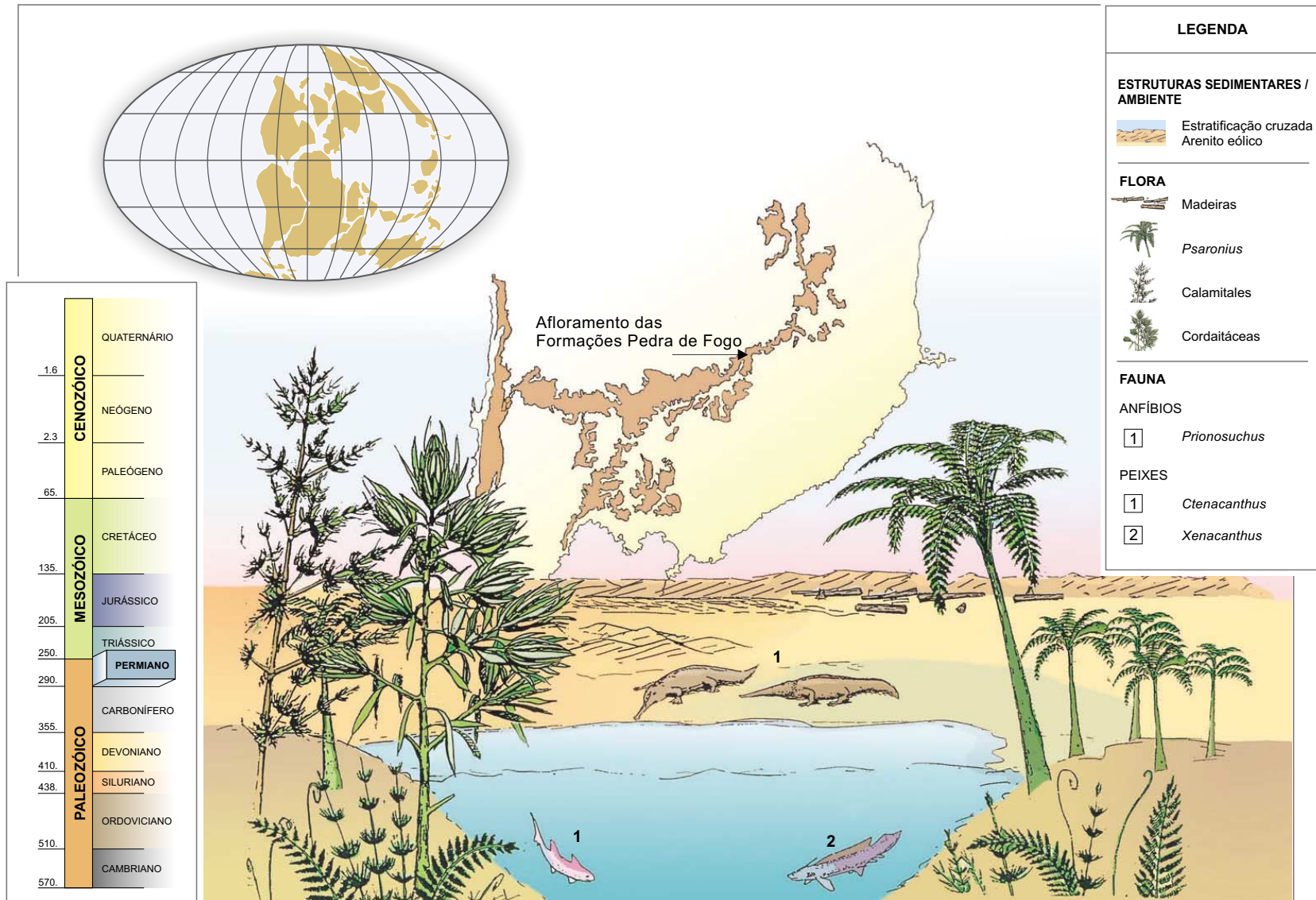


Figura 10.8 – Reconstituição Paleobiológica do Permiano da Bacia do Parnaíba.

11

TRIÁSSICO E JURÁSSICO

11.1 Formação Sambaíba

A Formação Sambaíba, definida por Plummer *et al.* (1948), tem as principais áreas de ocorrência no Maranhão, nas regiões de Carolina, a oeste, e de Sambaíba, no centro da bacia. Alcança 440m de espessura máxima em subsuperfície. Foi datada no Eotriássico (Góes & Feijó, 1994).

Os sedimentos são compostos por arenitos com estratificação cruzada acanalada, de grande porte caracterizando dunas eólicas. Segundo Cunha & Carneiro (1972) arenitos brancos friáveis da Formação Sambaíba recobrem os folhelhos vermelhos da Formação Motuca.

A Formação Sambaíba, que é afossilífera corresponde ao final da desertificação da bacia. A interrupção da sedimentação é atribuída a um so-

erguimento generalizado devido à Orogenia Gondwana (Zálan, 1991 *apud* Góes & Feijó, 1994).

11.2 Formação Mosquito

Os derrames basálticos localizados no centro e oeste da bacia constituem a Formação Mosquito. São considerados como associados à fase pré-rifte da abertura do Atlântico Leste, após a ruptura do bloco afro-brasileiro (Góes, 1995).

Os derrames basálticos são intercalados com arenitos e correspondem ao ciclo de vulcanismo fissural, datado do Eo-Mesojurássico.

Outro evento de vulcanismo corresponde aos diabásios Sardinha que são datados na base do Neocomiano (Cretáceo) (Góes & Feijó, 1994).

12

CRETÁCEO (BARREMIANO)

Durante a rutura do paleocontinente Gondwana, houve a formação de extensa calha extensional, a depressão afro-brasileira que ia do sul do estado da Bahia ao sul do estado do Ceará. No estágio sinrifte, a Bacia Tucano-Recôncavo evoluiu, assim como as bacias intracratônicas do nordeste tiveram origem – sistema de riftes eocretácicos, sofrendo rápida subsidência no Neocomiano (Ponte & Ponte Filho, 1996).

Na sinéclise do Parnaíba que foi classificada por Figueiredo & Raja Gabaglia (1986) como poligenética, o extenso vulcanismo denominado Mosquito (transição do Triássico para o Jurássico) renunciou as fases trafoogênicas. Góes (1995) e Góes & Coimbra (1996) definiram a Bacia de Alpercatas como antéclise, composta por rochas provenientes de vulcanismo e as pertencentes às formações Corda e Pastos Bons, demarcadas pelo elemento estrutural de Xambioá, de orientação leste-oeste.

Um mesmo ciclo evolutivo de formação da Margem Continental do Brasil correlaciona a Bacia de Tucano-Recôncavo, as bacias marginais e as pequenas bacias de interior (Szatmari *et al*, 1987 e Ponte & Ponte Filho, 1996), pois são decorrentes da progressiva fragmentação do bloco afro-brasileiro, e dos esforços sofridos pelo deslocamento do con-

tinente para oeste, na medida que o pólo de rotação horária da América do Sul migrava, no Eocretáceo.

Os primeiros fósseis encontrados na Formação Pastos Bons foram datados no Jurássico. Eram peixes de características primitivas do gênero *Lepidotes*. Pela datação palinológica de Lima & Campos (1980) a idade foi referida ao Andar local Buracica equivalente ao Barremiano.

Pela correlação entre eventos geológicos e biológicos, é verificado que a nível global, a deriva propiciou abertura de novas passagens para uma fauna de peixes. Formada por grupos de características arcaicas é derivada do Jurássico marinho do hemisfério norte. A formação de novas bacias e ambientes lacustres de idade neocomiana é um evento geológico regional que propiciou a expansão da fauna de peixes.

Na seqüência de lagos, a Bacia Recôncavo-Tucano abrigou uma maior variedade de representantes da ictiofauna. Entre estes gêneros, os *Lepidotes* (*Semionotidae*) são os mais numerosos, e se distribuíram não só pela Bacia do Recôncavo-Tucano como em pequenas bacias do interior e na Bacia do Parnaíba (Alpargatas). Estas ocorrências e as de conchostráceos são eventos biológicos relaciona-

dos ao evento geológico global de abertura do Atlântico, e ao evento regional de estabelecimento de conexões entre bacias a partir do Cretáceo (Carvalho & Santos, 1994).

Como evento biológico evolutivo houve a rápida mudança de flora. A coluna bioestratigráfica foi elaborada por pesquisas em palinologia e ostracodes de água doce, recebendo denominações locais do Jurássico Superior e Cretáceo Inferior. Iniciada para o desenvolvimento da importante Bacia Tucano-Recôncavo, pela Petrobrás foi estendida para correlação entre as demais bacias.

Os peixes que encontraram refúgio em lagos interiores, entretanto não acompanharam os processos evolutivos, mantendo caracteres conservadores. *Lepidotes*, considerado anteriormente como gênero restrito ao Jurássico, ocorre na Bacia de São Luís-Grajaú até ao Cenomaniano (Carvalho & Silva, 1992)

Patterson (1973) observou a manutenção de caracteres primitivos em peixes que permaneceram em águas interiores, ao longo do tempo geológico. Foi um dos iniciadores da aplicação de nova classificação sistemática, que demonstra que permanência de caracteres primitivos retira o conteúdo cronoestratigráfico destes fósseis.

A idade eocretácea adotada é a do Mapa Geológico do Brasil – escala 1: 2.500.000 (Schobbenhaus *et al.*, 1981 e 1984). É baseada na datação palinológicas de Lima & Campos (1980) referida ao Andar local Buracica equivalente ao Barremiano.

12.1 Formação Pastos Bons

A Formação Pastos Bons corresponde a um ciclo de sedimentação de bacias do interior que compreende a seqüência de lagos da margem leste (Asmus, 1984), de idade eocretácea. Neste ambiente ocorrem os peixes Semionotidae referidos a *Lepidotes piauhyensis* e exemplares das famílias Macrosemiidae e Pleuropholidae.

12.1.1 Histórico

Lisboa (1914) utilizou a denominação camadas Pastos Bons para designar folhelhos e arenitos esverdeados e marrons-avermelhados que ocorrem nas proximidades da cidade de mesmo nome, no Maranhão.

A unidade foi mapeada pela PETROBRAS, com integração de dados de Aguiar (1969) e Mesner & Wooldridge (1964), reavaliação de Góes *et al.*

(1990) e Góes & Feijó (1994). Foi também mapeada pela CPRM em trabalho de Lima & Leite (1978), Leites *et al.* (1994).

Os peixes fósseis foram descritos por Roxo & Lofgren (1936), Santos (1945, 1953 e 1974a) e Schaeffer (1947) e Brito & Gallo (2002) e os conchostráceos estudados por Beurlen (1954), Mendes (1960) e Pinto & Purper (1974).

12.1.2 Área de Ocorrência

Os sedimentos pertencentes a esta formação apresentam áreas de exposição relativamente extensas, na região centro-oeste, abrangendo o vale do rio Itapecuru e afluentes, no estado do Maranhão. A deposição no estado do Piauí se apresenta em áreas descontínuas a leste até a cidade de Floriano. Segundo Góes & Feijó (1994), sua espessura máxima é de 77 metros.

12.1.3 Geocronologia - Idade

Segundo Santos (1974a) a fauna de peixes indicaria idade jurássica. Porém, tanto o *Lepidotes* como os gêneros de conchostráceos a ele associados, presentes nesta formação, só ocorrem no Brasil a partir do Neocomiano, nas bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá, e outras pequenas bacias interiores.

Pelo estudo palinológico no folhelho Muzinho, Lima & Campos (1980) atribuíram à formação a idade eocretácea (Andar Buracica equivalente ao Barremiano), adotada no Mapa Geológico do Brasil – escala 1:2.500.000 (Schobbenhaus *et al.*, 1981 e 1984).

12.1.4 Sedimentação

Os sedimentos da Formação Pastos Bons representam o início da primeira seqüência deposicional do Cretáceo, após um longo período sem deposição, no Triássico e Jurássico.

A deposição foi ao longo da Estrutura de Xambioá, que no Mesozóico se comportou como um baixo deposicional (Hasui *et al.*, 1991). Extravassam seus limites e recobrem discordantemente as formações paleozóicas Poti, Piauí, Pedra de Fogo e Motuca.

Lima & Leite (1978) consideram que a sedimentação se deu em paleodepressões, entre altos topográficos produzidos pelas camadas de derrame basáltico. A sedimentação é iniciada por conglomerados, seguidos de arenitos esverdeados,

argilosos com granulação fina a média, alternando-se com arenitos creme e esbranquiçados em laminação paralela, que por vezes intercalam calcários. Acima ocorrem *mudstones* arenosos, arenitos róseos a avermelhados, com estratificação cruzada, localmente com folhelhos escuros fossilíferos.

Entre Floriano e Monsenhor Gil, as ocorrências de lamitos da Formação Pastos Bons estão em contato discordante sobre a Formação Piauí. O conglomerado basal é constituído de fragmentos de sílex e oncólitos (provenientes da Formação Pedra de Fogo). Para o topo apresenta arenitos finos com alternância de laminação plano-paralela, laminação ondulada e laminações onduladas cavalgantes (Figura 12.1). São interpretadas como pequenas frentes deltaicas entrando em corpos aquosos.

Os níveis fossilíferos são localizados em folhelhos cinza-escuros, pretos e esverdeados, laminados e calcíferos. Afloram na região de Pastos Bons, a nordeste de Floriano. São interpretados como sedimentação lacustre.

Leites *et al.* (1994) descrevem, na serra das Alpercatas, a ocorrência de arenitos finos argilosos, com estratificação cruzada de grande porte, e estratificação plano-paralela. São interpretados como sedimentação de dunas e interdunas eólicas.

Os ambientes da Formação Pastos Bons são interpretados como lacustres com contribuição fluvial, com dunas eólicas, indicativos de clima semi-árido a árido de um sistema desértico.

12.1.5 Fósseis

12.1.5.1 Microfósseis

Lima & Campos (1980) estudaram os níveis fossilíferos de natureza pelítica que afloram na região de Floriano, Piauí, nas cercanias da fazenda Muzinho. No estudo palinológico de uma assembléia pobre e mal preservada foram reconhecidas uma espécie de esporo e doze de pólenes.

Nos palinomorfos há dominância de grãos de pólenes rimulados, abundância de formas monocolpadas, e presença regular de formas inaperturadas e dissacadas. As espécies estratigraficamente importantes são *Dicheiropollis etruscus*, *Exesipollenites tumulus* e *Vitreisporites pallidus*. Foi atribuída a idade Buracica.

12.1.5.2 Fauna

Os peixes fósseis da formação foram descritos, considerando-os de idade jurássica. Nos folhelhos da fazenda Muzinho, em Floriano, Piauí, os mais notáveis fósseis são peixes *Lepidotes piauhyensis* representados por exemplares completos, e partes do corpo e crânio (Figura 12.2). Outros exemplares são referidos às famílias Semionotidae, Macrosemiidae e Pleuropholidae (Roxo & Loefgren, 1936; Santos, 1945, 1953, 1974a; Schaeffer, 1947, Brito & Gallo, 2002).

Segundo Santos (1974a) esta fauna seria de idade jurássica, pelas características primitivas dos peixes e pela ausência de teleosteos que no final

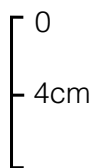


Figura 12.1 – Formação Pastos Bons. Seqüência de pelitos sobrepostos a conglomerados basais, capeando arenitos com estratificação cruzada da Formação Piauí. Localidade: Rodovia BR-343, km 564, próximo à cidade de Floriano, Piauí.

1



2



1 e 2 *Lepidotes piauhyensis* Roxo & Lofgren, 1936.
Localidade: Fazenda Muzinho, 16km a nordeste de Floriano, Piauí.
Coleção: 1 DGM 292-P
2 DGM 297-P (holótipo)

Figura 12.2 – Peixes da Formação Pastos Bons.

do Jurássico já se encontravam definidos. Entretanto, após o trabalho de sistemática de Patterson (1973) houve uma profunda alteração no sistema de classificação dos peixes, assim como na hierarquia dos caracteres primitivos e derivados. Os Pleuropholidae que ocorrem na Formação Pastos Bons são atualmente incluídos entre os teleosteos. Brito & Gallo (2002) descreveram *Gondwanapleuropholis longimaxillaris*.

Lepidotes, considerado anteriormente como gênero restrito ao Jurássico, ocorre nas bacias de Grajaú e São Luís, até ao Cenomaniano (Carvalho & Silva, 1992).

Os seguintes conchostráceos foram identificados associados à ictiofauna: *Palaeolimnadiopsis pauloi*, *Echinesteria semigibosa*, *Lioesteria florianaensis*, *Lioesteria* sp., *Pseudesteria* sp. 1, *Pseudesteria* sp. 2 e *Asmussia*(?) sp. A. (Beurlen, 1954; Mendes, 1960; Cardoso, 1962).

Pinto & Purper (1974) identificaram além de outros gêneros, espécimes de *Macrolimnadiopsis* (Figura 12.3), que estavam associados à ictiofauna da fazenda Muzinho. Admitiram a possibilidade da idade no Eocretáceo, pois os conchostráceos ocorrem nas bacias do Nordeste a partir do Neocomiano.

12.2 Formação Corda

É uma sedimentação característica de ambiente desértico e fluvial de alta energia, onde a preservação de fósseis foi um evento muito raro.

12.2.1 Histórico

A definição estratigráfica da Formação Corda foi apresentada por Aguiar (1969), que considerou como pertencentes a ela, os arenitos cor creme, róseos a cinza-arroxeados, com estratificação cruzada, sobrepostos concordantemente à Formação Pastos Bons, e discordantemente aos basaltos da Formação Mosquito.

Este critério foi utilizado em Lima & Leite (1978), Schobbenhaus *et al.* (1981 e 1984), Souza *et al.* (1990), Leites *et al.* (1994), Rodrigues *et al.* (1994a e 1994b). Os raros fósseis que ocorrem são as pegadas registradas por Leonardi (1980) e conchostráceos identificados em Lima & Leite (1978).

12.2.2 Área de Ocorrência

Os sedimentos da Formação Corda afloram na parte central da bacia, na borda oeste, próximo à foz

do rio Araguaia e a leste, até próximo à margem esquerda do rio Parnaíba. Lima & Leite (1978) observaram que a unidade apresenta pequenas áreas de ocorrência locais e descontínuas, que preencheram depressões originadas por erosão do basalto.

12.2.3 Geocronologia - Idade

A ocorrência do conchostráceo *Macrolimnadiopsis* foi registrada por Lima & Leite (1978) na Formação Corda. Neste trabalho, as formações Pastos Bons e Corda foram consideradas de mesma idade, pois o gênero de conchostráceos ocorre em ambas as formações. Como a datação dos sedimentos da Formação Pastos Bons, feita posteriormente, indicou a idade Buracica (Lima & Campos, 1980), a Formação Corda também foi considerada de idade eocretácea no Mapa Geológico do Brasil – escala 1:2.500.000 (Schobbenhaus *et al.*, 1981 e 1984).

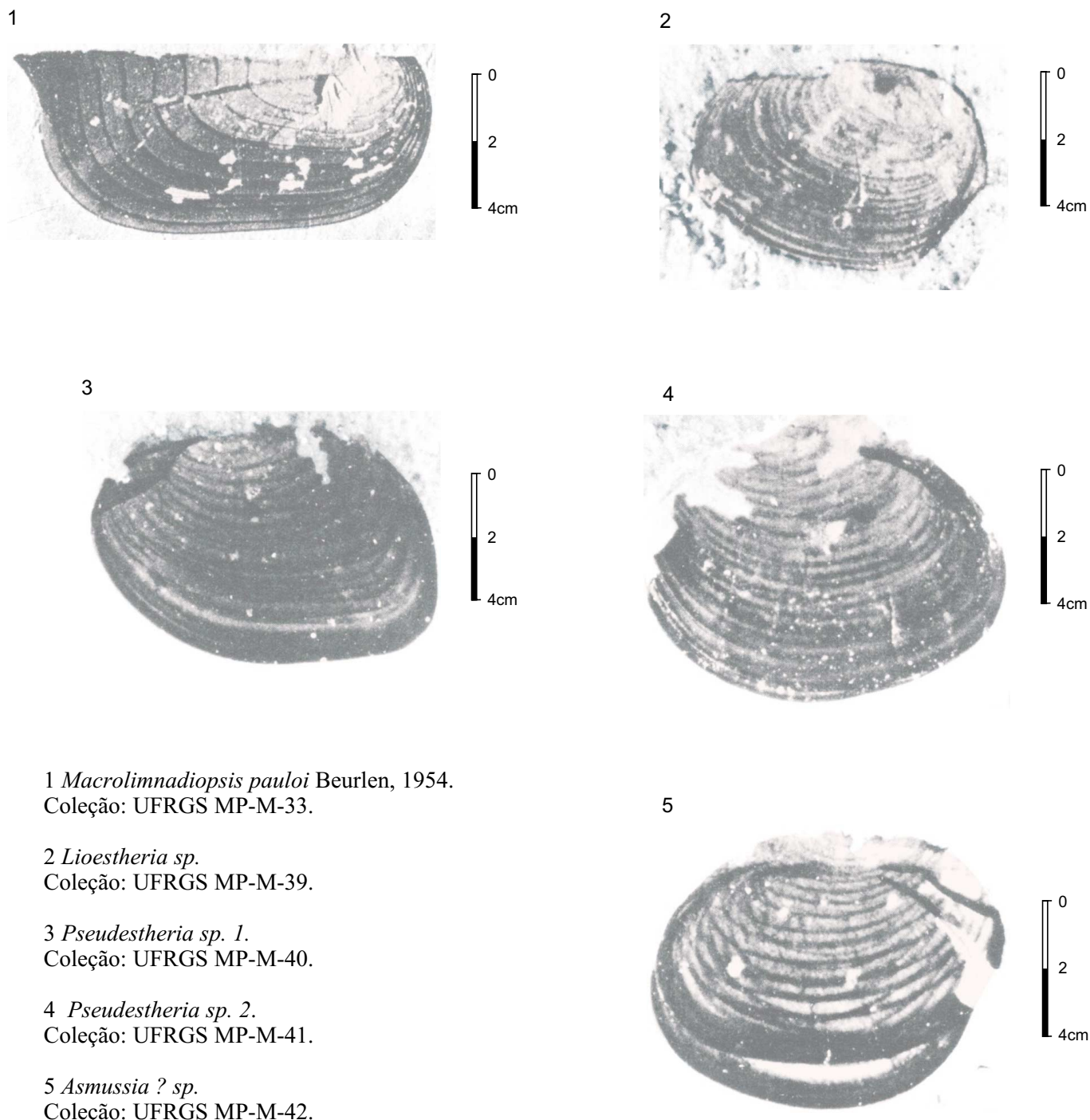
12.2.4 Sedimentação

Os sedimentos formam associações representadas por arenitos finos a médios, de cor creme, com grãos de quartzo arredondados, foscos, bem selecionados, bimodais, e eventuais níveis de seixos facetados (ventifactos). As principais estruturas sedimentares são os pacotes com estratificação cruzada acanalada, de grande porte e fluxo de grãos, que intercalam camadas com estratificações plano-paralelas. São interpretados como depósitos de dunas eólicas e de regiões de interdunas (Figura 12.4).

Associações pelíticas ocorrem em menor proporção e são constituídas por seqüências de arenitos finos e pelitos arroxeados, com laminação paralela passando a laminação cruzada cavalgante (*climbing ripples*). São interpretados como gerados por correntes de turbidez, em ambiente lacustre. Nos níveis pelíticos ocorrem os raros fósseis.

São de um sistema continental desértico com dunas eólicas de grande porte, com formação de leques aluviais e pequenos lagos. O clima seria quente e semi-árido.

A unidade Corda, a oeste, recobre discordantemente os basaltos da Formação Mosquito e também as unidades do Paleozóico: formações Motuca, Pedra de Fogo, Piauí, Poti e a Formação Longá em Canto do Buriti. O contato com a Formação Pastos Bons, é concordante e gradacional, formado por arenitos finos de laminações cruzadas e paralelas.



1 *Macrolimnadiopsis pauloi* Beurlen, 1954.
Coleção: UFRGS MP-M-33.

2 *Lioestheria* sp.
Coleção: UFRGS MP-M-39.

3 *Pseudestheria* sp. 1.
Coleção: UFRGS MP-M-40.

4 *Pseudestheria* sp. 2.
Coleção: UFRGS MP-M-41.

5 *Asmussia* ? sp.
Coleção: UFRGS MP-M-42.

Todos os exemplares são da localidade Fazenda Muzinho,
16km a nordeste de Floriano, Piauí.

Figura 12.3 – Conchostráceos da Formação Pastos Bons (Pinto & Pupper, 1974).



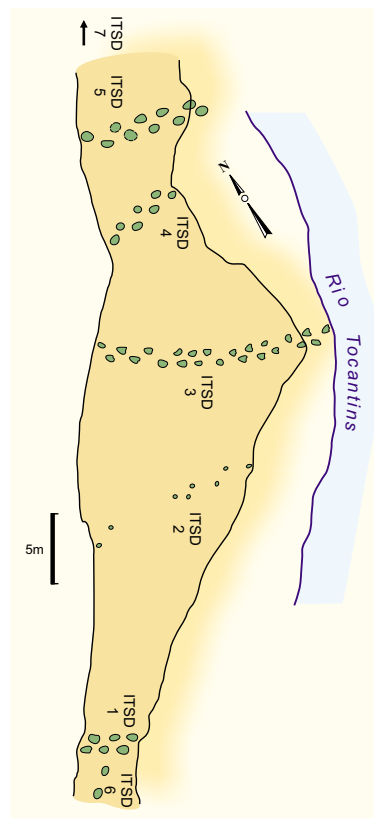
1

1 - Afloramento de arenitos com estratificações cruzadas da Formação Corda. Margem direita do rio Itapecuru, na confluência do rio Codozinho. Codó, Maranhão.



2

2 - Pegadas de saurópodes. Margem esquerda do rio Tocantins. São Domingos, Itaguatins. Tocantins (Leonardi, 1994).



3

3 - Desenho esquemático das trilhas dos saurópodes; Margem esquerda do rio Tocantins. São Domingos, Itaguatins. Tocantins (Leonardi, 1994).

Figura 12.4 – Formação Corda.

Nos contatos discordantes com as formações Mosquito e Motuca observados a oeste, os sedimentos basais são constituídos de arenito conglomerático, com seixos de basalto, arenitos e argilitos. São clastos desorganizados com matriz arenopelítica, como depósitos de fluxo de detritos (*debris flow*). Para cima passam a arenitos médios a finos, marrom-escuro, localmente arroxeados, estratificação cruzada plano-paralela e cruzada acanalada. São interpretados como depósitos de correntes ou rios entrelaçados - *braided* (Lima & Leite, 1978; Leites *et al.*, 1994; Rodrigues *et al.*, 1994a e 1994b; Souza *et al.*, 1994).

12.2.5 Fósseis

Lima & Leite (1978) registraram a ocorrência de fósseis em níveis pelíticos lacustrinos. São conchostráceos dos gêneros *Lioestheria* e *Macrolimnadiopsis*, além dos ostracodes *Candona*. *Macrolimnadiopsis* ocorre na Formação Pastos Bons e na Formação Aliança, Neocomiano da Bacia do Recôncavo (Pinto & Purper, 1974).

Ícnofósseis foram citados por Barbosa *et al.* (1966).

Pegadas de répteis referidas a saurópodos foram descritas por Leonardi (1980; 1994) em camadas de arenito situadas à margem do rio Tocantins, em Itaguatins, no estado do Tocantins. Formam um conjunto de sete pistas identificadas pelo autor com a sigla ITSD (Figuras 12.4.2 e 12.4.3). O autor relaciona, com dúvida, na Formação Corda outros ícnofósseis, representados por pegadas e perfurações de invertebrados.

12.3 Paleogeografia

Os sedimentos das formações Pastos Bons e Corda preenchem as depressões alinhadas na direção leste-oeste. São de um ciclo continental, e ao aumento do nível das águas interiores correspondem os ambientes lacustres, nas áreas de baixa energia, que propiciaram a excepcional conservação dos *Lepidotes* nos folhelhos da fazenda Muzinho. Nos níveis de elevação máxima, foram estabelecidas as expansões dos peixes e dos conchostráceos.

Na Formação Corda, as áreas de alta energia estavam situadas a oeste, com os arenitos grosseiros de ciclos de leques aluviais, e a leste as regiões de dunas com os arenitos eólicos e escassos lutitos de lagos interdunas.

12.4 Eventos Biológicos

As ocorrências de conchostráceos e peixes são eventos biológicos relacionados a um evento geológico global, a abertura da Margem Atlântica Sul.

Nas bacias Tucano-Recôncavo-Jatobá estão representados os sedimentos correspondentes à abertura e início da evolução tectônica da Margem Continental Atlântica. Na seqüência rifte, iniciada no Neocomiano, os representantes do gênero *Lepidotes* são os peixes mais freqüentes. Viveram no grande lago que ocupou a depressão afro-brasileira. Da mesma forma, estes peixes estiveram presentes nas pequenas bacias de Iguatu e Barro (Ceará) e Rio do Peixe (Paraíba), como é verificado por escamas e fragmentos (Carvalho & Santos, 1994). A correlação entre a formação dos *grabens* e os esforços de rotação do bloco sul-americano, combinam com as datações de Neocomiano, encontradas nestas bacias.

Os ciclos de baixos deposicionais favoráveis a ambientes lacustres abrigando a fauna de peixes e de conchostráceos, podem ser datados no ciclo eocretáceo, após o início da fase rifte da margem leste. São incompatíveis com a datação jurássica, justificada por características arcaicas dos Semionotidae. Esta argumentação só permanece nas bacias do Grajaú e São Luís, enquanto nas outras bacias citadas, a idade cretácea é aceita. Na verdade, o grupo existente no Jurássico marinho do hemisfério norte, expandiu para o sul, ocupando os biótopos que surgiram pela progressiva abertura do Atlântico.

As pistas de dinossauros citadas na Formação Corda revelam um evento biológico relacionado com o trânsito dos animais em ambiente terrestre.

12.5 Tafonomia

As escamas de *Lepidotes* são de grande durabilidade, pois são ósseas e recobertas por espessa camada de ganoína. O gênero é reconhecido por escamas isoladas, quando sofreram deslocamento no substrato e transporte antes do soterramento. Alguns exemplares incompletos indicam deslocamento no substrato, mas sem transporte. Ambos os processos são de ressedimentação.

Dois exemplares grandes e completos (DGM 292-P e 297-P) indicam que a produção biogênica foi depositada no substrato, sem deslocamento e transporte, com preservação por acumulação. São entidades conservadas autóctones, que estavam *in situ*.

Quanto aos conchostráceos, que têm uma concha delicada, de pouca durabilidade, as valvas se apresentam articuladas e levemente danificadas. Indicam que não sofreram deslocamento e transporte antes do enterramento, isto é, foram preservadas por acumulação.

As pistas dos dinossauros indicam preservação por acumulação e com processo tafonômico *in situ*.

12.6 Paleocologia / Ecossistemas

As antigas populações que existiram nesta área tinham modos de vida aquático e terrestre. Nas populações aquáticas, os conchostráceos são indicadores de habitat de água doce, pois viveram em corpos aquosos permanentes ou efêmeros. Em geral, eram bentônicos, da epifauna, micrófagos, que se nutriam de material em suspensão. A carapaça bivalve quitinosa é muito delicada, em geral com estrias que são marcas de crescimento.

Os peixes *Lepidotes* eram de vida nectônica, apresentam uma morfologia especial, com uma resistente armadura de ossos e escamas reforçados por ganoína, o que era uma eficiente defesa contra predadores. Pela sua construção hidrodinâmica deveriam ser peixes lentos, apreciando as águas rasas e calmas dos novos biótopos conquistados. A pequena boca com dentes pequenos, de cúspides achatadas, indicam uma nutrição de invertebrados da epifauna bentônica, ou outras fontes disponíveis como vegetação de fundo nos lagos rasos. São considerados primitivos, de características jurássicas, quando viveram no hemisfério norte, durante a expansão do mar de Tétis.

A entrada destes peixes em ambientes continentais e protegidos, possibilitou que sua existência persistisse até o Neocretáceo, e na Bacia de São Luís, escamas estão registradas no Cenomaniano (Carvalho & Silva, 1992).

Os ecossistemas eram lacustres e desérticos (Figura 12.5). As marcas de comportamento ou icno-

fósseis, dos representantes terrestres são de dinossauros saurópodos, que teriam nutrição herbívora.

12.7 Paleobiogeografia

As famílias e gêneros de peixes e de conchostráceos estão relacionados com os ocorrentes na Província Paleobiogeográfica do Tétis, do hemisfério norte. No Nordeste brasileiro, a história biogeográfica é iniciada no Cretáceo (Neocomiano/Aptiano Inferior), com o megassistema fluviolacustrino situado a leste, que se originou com a partição do bloco afro-brasileiro.

As ocorrências são registradas na Formação Candeias, nas bacias do Recôncavo-Tucano-Jatobá, nas bacias do interior, na Bacia do Parnaíba e em bacias da costa oeste da África.

12.8 Paleoclima

Pela interpretação dos ambientes de sedimentação, os climas são considerados quentes e áridos, com sistemas desérticos. Porém, deveria haver alternância com estações úmidas, que possibilitava o aumento do nível de base e o povoamento dos corpos de água, pelas biotas de peixes e pequenos conchostráceos.

12.9 Deriva

No Neocomiano, a região da Bacia do Grajaú permanecia no interior do Supercontinente de Gondwana, estendendo-se pela região da atual Bacia de Barreirinhas, que retém em subsuperfície restos de suas formações.

Góes *et al.* (1990) consideraram que as formações Pastos Bons e Corda estavam associadas com a distensão e magmatismo da abertura do Atlântico. Esta associação era com a abertura do rifte da Margem Leste, que deu origem a pequenos *grabens* em zonas do embasamento (Szatmari *et al.*, 1987).

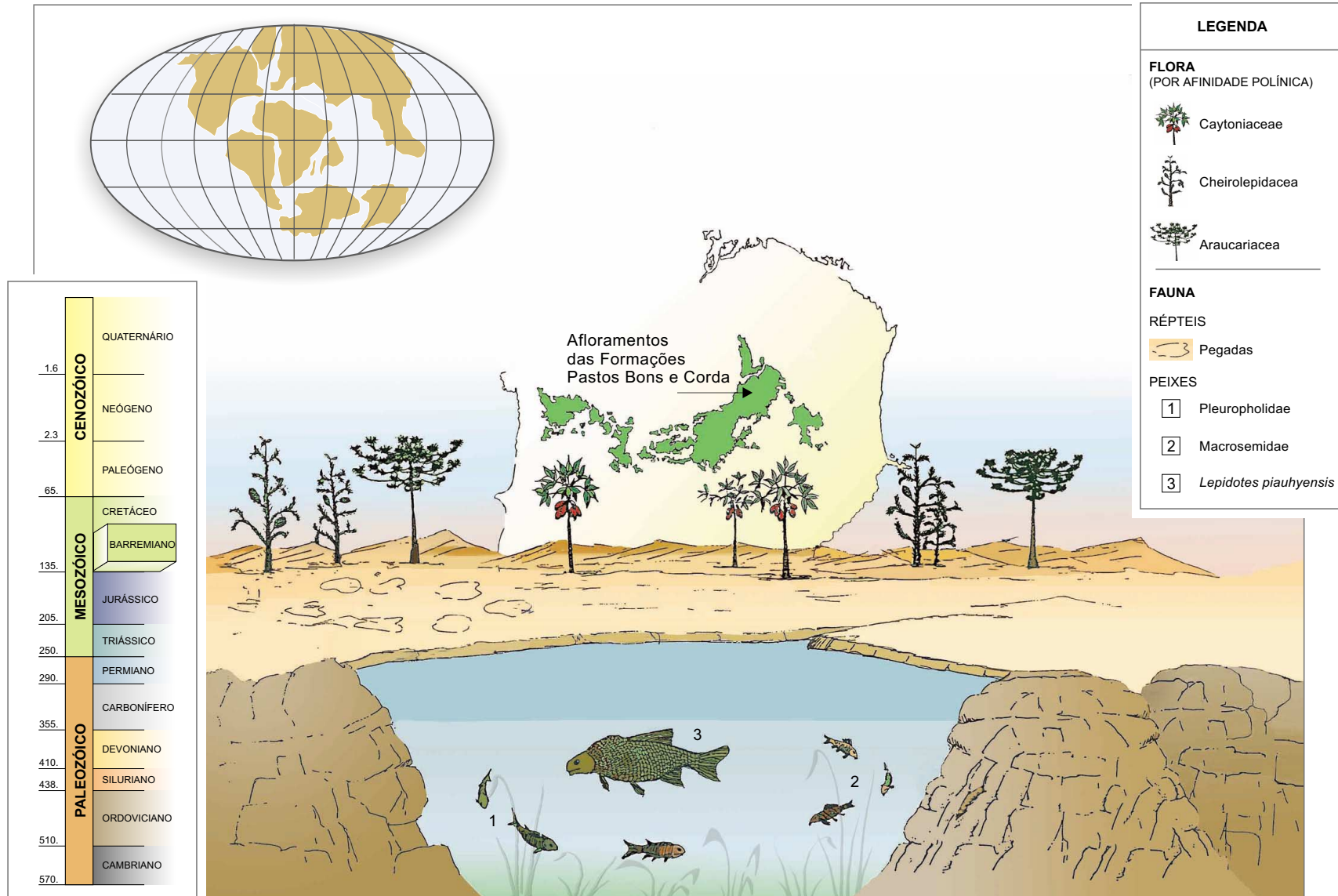


Figura 12.5 – Reconstituição paleobiológica do Barremiano, Bacia do Grajaú.

13

CRETÁCEO (APTIANO/ALBIANO)

As sedimentações de idade aptiana/albiana aflorante a sudoeste da Bacia de Grajaú, são classificadas na Formação Codó, unidade estratigráfica com predomínio de sedimentação carbonática e portadora de uma ictiofauna correlacionada com a Formação Santana da Bacia do Araripe e a Formação Riachuelo, da Bacia de Sergipe/Alagoas. Ocorre ainda a Formação Grajaú, considerada como uma variação lateral de fácies da Formação Codó e sem registro de fósseis.

Rossetti *et al.* (2001) e Paz & Rossetti (2001) concluíram que havia duas seqüências deposicionais da região de Codó, separadas por uma descontinuidade de caráter regional. A unidade inferior neoptiana era correspondente à descrição original de Lisboa (1914) enquanto que a unidade superior meso/albiana seria pertencente à denominada Unidade Indiferenciada do Grupo Itapecuru (Rossetti & Truckenbrodt, 1997).

Os eventos biológicos do Aptiano/Albiano mais característicos, em bacia do interior são as faunas de peixes. Tradicionalmente descritas como pertencentes à Formação Codó, correspondem aos estágios transgressivos pós-rifte. A primeira ocorrência é registrada no Aptiano, em inundações lacustres, que correlacionam as bacia interiores Sanfranciscana e Araripe, e as marginais do Cabo

e Sergipe. No Albiano, uma rápida diversificação da fauna evidencia a inundação marinha. A correlação estabelecida com as bacias do Araripe e Sergipe/Alagoas é ampliada e estendida para a Venezuela.

13.1 Histórico

Os folhelhos betuminosos e calcários no vale do rio Itapecuru que afloram no município de Codó (Formação Codó), e os arenitos (Formação Grajaú) que lhes são associados, foram inicialmente referidos em Lisboa (1914). As unidades foram denominadas por Campbell *et al.* (1949). Mesner & Woolridge (1964) apresentaram a descrição litológica da Formação Codó, incluindo os arenitos Grajaú, na Formação Corda.

Cunha & Carneiro (1972) e Carneiro (1974) indicaram que as formações Codó e Grajaú são de mesma idade, com variações laterais de fácies. O conceito foi adotado em posteriores mapeamentos por Lima & Leite (1978), Souza *et al.* (1990), Rodrigues *et al.* (1994a e 1994b), Leites *et al.* (1994) e Lovato *et al.* (1994).

As citações de plantas fósseis são de Milanez (1935), Borges (1937), Duarte (1958), Duarte & Japiassu (1971), Japiassu (1971) e Duarte & Santos (1993).

Os trabalhos referentes a peixes são de Lisboa (1914), Moraes Rego (1923 e 1933), Albuquerque & Dequech (1946), Campbell (1949), Santos (1974b, 1985, 1992, 1994a), Carvalho & Santos (1994) e Carvalho & Maisey (1999). Dados palinológicos são de Lima *et al.*, (1980), Lima (1982) e Rosseti *et al.* (2001).

13.2 Área de Ocorrência

As áreas de afloramentos da Formação Codó são restritas 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 a margem do rio Parnaíba, na cidade de Brejo. As exposições maiores são as decorrentes de minas a céu aberto em torno da cidade de Codó. A Formação Grajaú acompanha a distribuição no centro da bacia, tem o limite oeste em Imperatriz, indo até as margens do rio Itapecuru. A espessura máxima em subsuperfície é de 237 metros (Góes & Feijó, 1994).

13.3 Geocronologia - Idade

Os dados palinológicos de Lima *et al.* (1980) e Lima (1982) indicam idade Alagoas Superior (Eoalbio). Por correlação com a Formação Santana, a parte basal com calcários laminados é datada no Aptiano, e a superior é datada no Eoalbio.

Em Góes & Feijó (1994) a idade é situada no Gálico. Rosseti *et al.* (2001) indicaram a idade neoptiana para a unidade atribuída à Formação Codó e Meso/Neoalbio para a unidade superior.

13.4 Sedimentação

Cunha & Carneiro (1972), Carneiro (1974) e Lima & Leite (1978) indicaram que as formações Codó e Grajaú são interdigitadas. O contato inferior com a Formação Corda foi considerado concordante, com discordâncias locais e o contato superior de Codó e Grajaú com a Formação Itapecuru é concordante.

Góes & Feijó (1994) colocam as unidades Grajaú, Codó e Itapecuru na mesma seqüência deposicional. Estas são relacionadas com a evolução do arco Ferrer-Urbano Santos (Rezende & Pamplona, 1970), importante unidade estrutural desenvolvida durante a abertura do Atlântico Equatorial.

Segundo Leite *et al.* (1974) e Lima & Leite (1978), a unidade basal da Formação Codó é composta por sedimentos pelíticos, com folhelhos cinza-esverdeados, laminações plano-paralelas, calcíferos, com ostracodes e gastrópodos, intercalando folhelhos pretos betuminosos. Para o topo ocorrem camadas de aleitamento horizontal de calcários argilosos, cremes e cinzas.

Rodrigues *et al.* (1994a) dividem os sedimentos da Formação Codó em fácies: evaporítica basal, conglomerática e pelítica média, e arenosa superior.

A fácies evaporítica basal é caracterizada por folhelhos pretos betuminosos e calcilititos escuros na base. São recobertos por folhelhos verdes e avermelhados, recortados por veios de calcita. Nas minas de calcário são recobertas por calcilitito creme a castanho-escuro, com laminação ondulada. O pacote é recortado por veios de calcita e no topo apresenta bancos de gipsita nodular, branca a acinzentada (Figura 13.1). A fácies média conglomerática é constituída por bancos com fragmentos do calcilitito com folhelhos e gipsita intercalados. A parte arenosa superior não pertence à Formação Codó.

As camadas arenosas superiores representada por arenitos quartzosos, amarelados, foram situadas por Rodrigues *et al.* (1994a), no topo da Formação Codó. Segundo Rosseti *et al.* (2001) estes sedimentos pertencem à Unidade Indiferenciada, na base do Grupo Itapecuru, datados no Meso/Neoalbio.

Paz & Rossetti (2001) descrevem na região de Codo, três associações de fácies indicativas de ambientes lacustres, definindo-os na Formação Codó, de idade aptiana.

Lovato *et al.* (1994) descrevem os arenitos da Formação Grajaú, de cor creme-claro, granulometria fina a média, quartzosos, bimodais, com boa esfericidade. Apresentam estratificação cruzada acanalada, de grande porte e são interpretados como dunas de deposição eólica, em ambiente desértico. Estratificações planos-paralelas e cruzadas de pequeno porte representam deposições interdunas.

13.5 Fósseis

13.5.1 Microfósseis

Os dados palinológicos de Lima *et al.* (1980) e Lima (1982) mostram que os pólenes rimulados são dominantes com esporos triletos e formas inapertu-



1 - Vista geral da mina a céu aberto, para exploração de calcário, da Formação Codó.

Localidade: Entrada da cidade de Codó, Maranhão.

2 - Detalhe da seqüência da mina de calcário. Camadas de calcilutitos creme a castanhos com laminações onduladas, recortados por veios de calcita, sobrepostos a camadas laminadas de calcilutitos creme.

Localidade: Entrada da cidade de Codó, Maranhão.

Figura 13.1 – Formação Codó.

radas e poliplicadas. As espécies importantes para datação são *Exopollenites tumulus*, *Sergipea variverrucata*, *Equisetosporites irregularis* e *Alaticolpites limai*. A assembléia mostra idade Alagoas Superior (Eoalbiano).

Rosseti *et al.* (2001) apontam a idade Neoaptiana para os sedimentos da Unidade Inferior pela presença de *Sergipea variverrucata* (Zona P-270) e Meso/Neoalbiana pelas presenças de *Cretacaeiporites polygonalis* e de *Matonisporites silvai*.

13.5.2 Flora

Os registros de ocorrência de restos vegetais são numerosos e antigos, porém ainda são pouco estudados. Algumas destas citações são de troncos de dicotiledôneas (Lisboa, 1914), madeiras, restos vegetais (Moraes Rego, 1923) e plantas indeterminadas (Borges, 1937; Duarte, 1958). Milanez (1935) descreveu a madeira fóssil denominada *Lecythioxylon brasiliense*, reestudada por Japiassu (1971). As ocorrências de flora na Bacia foram listadas por Duarte & Japiassu (1971), porém são de difícil definição estratigráfica.

Duarte descreveu exemplares referidos a folhas de *Nymphaeites choffatii* (in Duarte & Santos, 1993). Ocorrem no calcário laminado, e são correlacionada à ocorrência no Membro Crato, Formação Santana da Bacia do Araripe e a do Grupo Areado, da Bacia Sanfranciscana.

13.5.3 Fauna

Dos invertebrados são citados os seguintes ostracodes: *Hourcqia angulata symmetrica*, *Bisulcocypris silvai*, *Bisulcocypris pricei*, *Bisulcocypris quadrinodosa*, *Bisulcocypris praetuberculata*, *Bisulcocypris sp.1*, *Bisulcocypris sp.2*, *Darwinula oblonga*, *Pattersoncypris micropapilosa*, *Paracypridea obovata*, *Clinocypris sp.*, *Petrobrasia sp.* e *Salvadoriella* (Leite *et al.*, 1975; Krommeinbein & Weber, 1985; Silva *et al.*, 1985 e 1989).

Este material não foi incluído no estudo dos eventos biológicos.

Unidade Inferior

No calcário laminado ocorre o peixe *Dastilbe elongatus* (Figura 13.2) que correlaciona a Formação Codó com o Membro Crato da Formação Santana.

Os conchostráceos são representados por *Cyzicus codoensis*, e os insetos por *Pricecoris beckeri* (Figura 13.2) e *Latiscutella santosi* (Pinto & Ornellas, 1974).

Unidade Superior

Os peixes que ocorrem são: *Calamopleurus cylindricus*, *Brannerion latum*, *Araripelepidotes temnurus*, *Tharrhias araripis*, *Vinctifer comptoni*, *Santanichthys diasii*, *Cladocycclus gardneri*, *Codoichthys carnavali* e *Rhacolepis buccalis* (Santos, 1974b, 1985, 1992, 1994a; Carvalho, 2001) (Figuras 13.3 e 13.4). Na família Semionotidae, a espécie *Araripelepidotes temnurus*, corrobora a assertiva, que este grupo primitivo perdurou além do Jurássico (Santos, 1990a).

Para o presente trabalho o material existente na coleção da DGM, foi examinado e sistematizado (Carvalho & Santos, 1993). As espécies correlacionam a Unidade Superior com o Membro Romualdo da Formação Santana. O gênero e espécie *Codoichthys carnavali* é endêmico da Bacia do Grajaú.

Axelrodichthys sp. e *Mawsonia sp.* são os celacantídeos da Bacia do Grajaú, Maranhão. *Axelrodichthys* ocorre na Formação Codó representado por um crânio parcialmente desarticulado, coletado na margem do rio Itapecuru, em Codó e *Mawsonia* ocorre em Jundiá, no Albiano da Formação Itapecuru (Carvalho & Maisey, 1999).

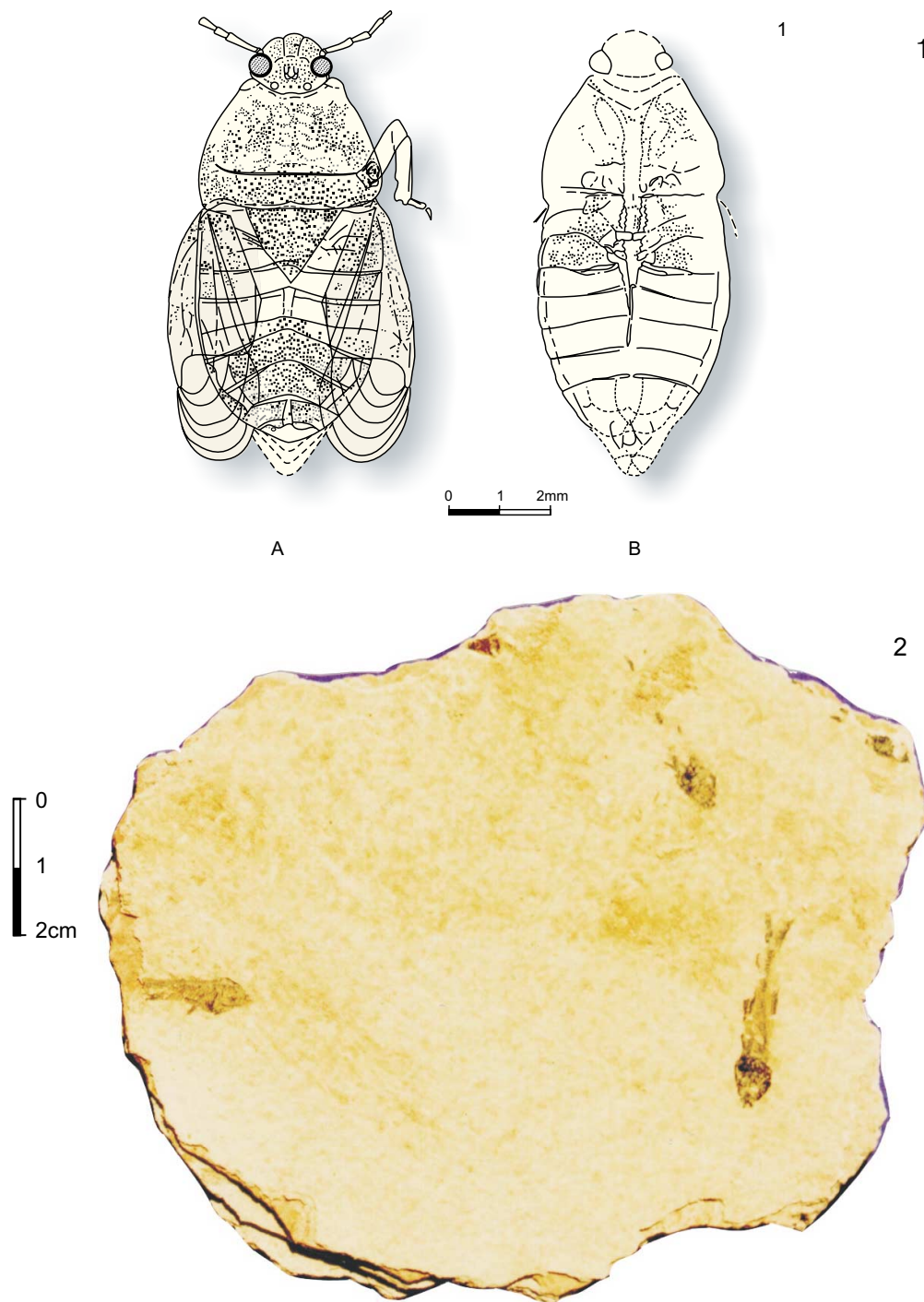
13.6 Paleogeografia

A sedimentação carbonática durante o Aptiano e o Albiano desta região, e a fauna de peixes associada indicam conexões com as bacia interiores e as da Margem Leste. Seus controles estão relacionados a eventos geológicos globais: o desenvolvimento da Margem Continental, e a elevação da curva do mar.

No Aptiano os folhelhos betuminosos iniciam a sedimentação da Formação Codó, em ambientes redutores. A progressiva elevação eustática, forçando a o aumento do nível de base das águas interiores formaram os ambientes lacustres, com a precipitação dos sedimentos carbonáticos.

São da fase pós-rifte, com conexão entre bacia e dispersão do pequeno peixe *Dastilbe*, a partir do grande lago da depressão afro-brasileira. Seu registro correlaciona as formações e bacias: Marizal (Tucano), Maceió (Sergipe/Alagoas), Cabo (Cabo), Santana (Araripe) e Codó (Parnaíba) (Carvalho & Santos, 1994).

Associada a sedimentação carbonática de idade albiana, ocorre uma fauna mais diversificada, com peixes idênticos aos encontrados na Bacia do Araripe (Membro Romualdo da Formação San-



1 *Pricecoris beckeriae*, Pinto & Ornellas, 1974.
a - vista dorsal
b - vista ventral
Localidade: Uchoa, Barra do Corda, Maranhão.
Coleção: MP-UFRGS-I-5593

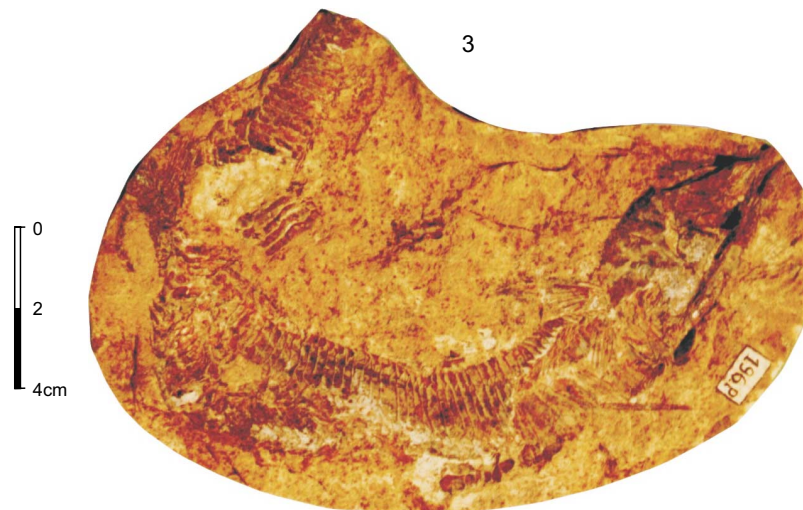
2 *Dastilbe elongatus*, Santos, 1947
Localidade: Fazenda Santa Alice, Caieira, Brejo,
Maranhão
Coleção: DG-UFRJ.

Figura 13.2 – Fósseis da fácies lacustre da Formação Codó.



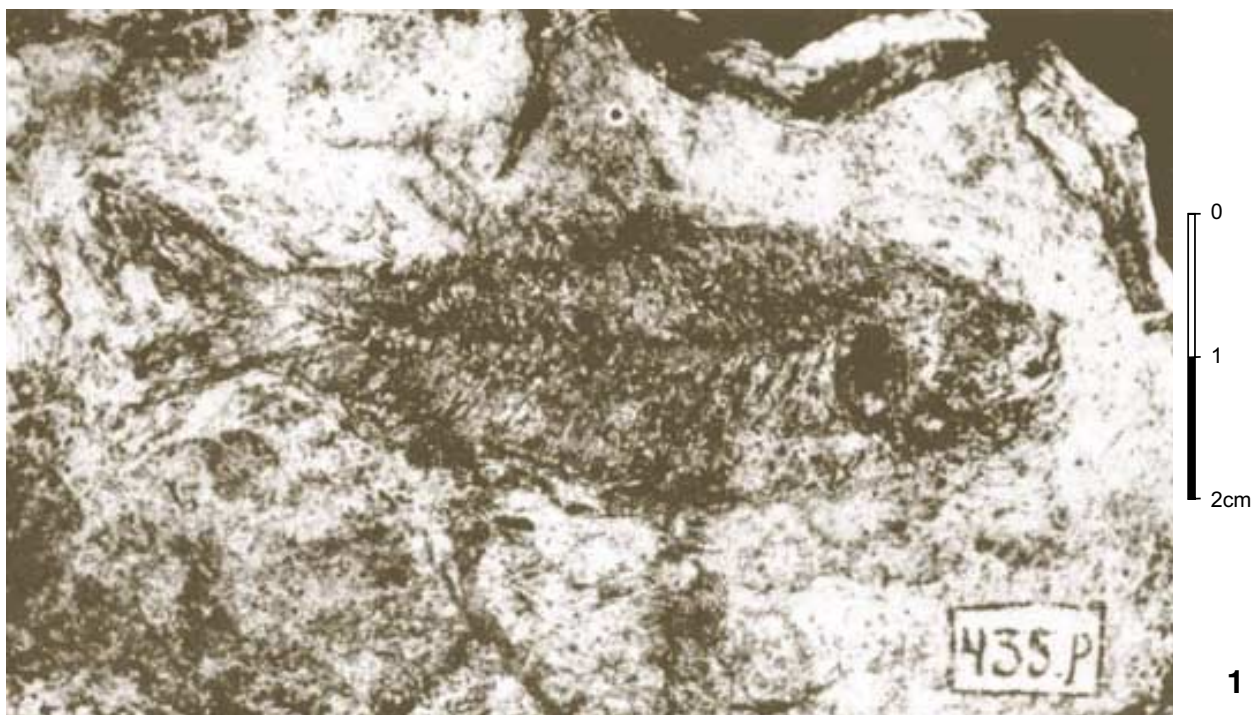
1 *Calamopleurus cylindricus* Agassiz, 1841.
Localidade: Pedreira Umburanas, Brejo, Maranhão
Coleção: DGM 437-P.

2 *Brannerion latum* (Agassiz, 1841)
Localidade: Pedreira Umburanas, Brejo, Maranhão
Coleção: DGM 438-P.



3 *Vinctifer comptoni* (Agassiz, 1841).
Localidade: Codó, Maranhão
Coleção: DGM 196-P.

Figura 13.3 – Peixes fósseis de fácies estuarina da Formação Codó.



1 *Codoichthys carnivalii* Santos 1994.
Coleção: DGM 435-P.

2 *Santanichthys diasii* (Santos, 1958).
Coleção: DGM 958-P.

Figura 13.4 – Peixes fósseis de pequeno porte, de fácies estuarina da Formação Codó.
Localidade. Pedreira Umburanas, Brejo, Maranhão.

tana) e Sergipe/Alagoas (Formação Riachuelo). Documentam o processo transgressivo, e inovação plena da fauna, com aumento da influência marinha. Este ambiente na Bacia do Grajaú, permaneceu um tempo longo, o suficiente para propiciar a macroevolução representada pelos gênero e espécie *Codoichthys carnavali*.

13.7 Eventos Biológicos

Os fósseis caracterizam dois eventos biológicos correlacionáveis com os que ocorrem nos membros Crato e Romualdo da Formação Santana.

A Formação Codó é composta por calcoargilitos finamente laminados amarelados de origem lacustrina. Os fósseis registrados são o peixe *Dastilbe elongatus*, folhas e raízes de *Nymphaeites choffatii* (Duarte & Santos, 1993) e insetos (Pinto & Ornellas, 1974).

Datam do Aptiano e representam os primeiros efeitos de elevação do nível do mar, e conseqüente elevação do nível de base das águas do interior, com inundação lacustre.

O segundo evento biológico de idade albiana é indicativo da transgressão com inundação marinha. Os peixes apresentam maior diversidade, e têm identidade específica com os ocorrentes na Formação Santana da Bacia do Araripe, e na Formação Riachuelo da Bacia de Sergipe/Alagoas. É um evento biológico de diferenciação de gêneros por inovação explosiva, com uma população numerosa. O registro é de evolução pontuada (Eldredge & Gould, 1972.) e representa uma mesma linha de tempo entre as bacia.

As associações de peixes nos dois eventos biológicos são correspondentes à seqüência de golfo (Asmus, 1984). São caracterizadas pelo aparecimento dos Gonorhynchiformes, com a inovação do gênero *Dastilbe*, permanência dos Amiiformes, Aspidorhynchiformes e Clupeiformes, e o declínio dos Semionotiformes. Permitem correlacionar as formações Marizal (Tucano), Muribeca (Sergipe/Alagoas), Cabo (Cabo), Santana (Araripe) e Codó (Parnaíba) (Carvalho & Santos, 1994).

13.8 Tafonomia

O primeiro evento biológico ocorre nos calcoargilitos amarelados finamente laminados da seção inferior da Formação Codó. O peixe *Dastilbe elongatus*, folhas e raízes de *Nymphaeites choffatii* e insetos, são registros de preservação de tecidos delicados sem desintegração e desagregação.

As assembléias fósseis foram formadas com a produção biogênica caindo no substrato, sem transporte, pelo estado de preservação por acumulação. Foram entidades paleobiológicas eudêmicas que viveram e se reproduziram na área, entidades conservadas autóctones, e entidades registradas *in situ*.

No segundo evento biológico, os espécimens de peixes pequenos de *Codoichthys* e *Santanichthys* em geral estão preservados inteiros. Os maiores estão preservados desintegrados, como parte do tronco de *Vinctifer* e de *Araripelepidotes* e o crânio de *Axelrodichthys*.

Os exemplares inteiros preservados por acumulação, foram soterrados sem transporte. Os exemplares desintegrados foram preservados por ressedimentação – sofreram deslocamento no substrato, antes do enterramento, com variáveis graus de transporte. São entidades paleobiológicas eudêmicas, que viveram e se reproduziram na área.

13.9 Paleoecologia/Ecossistemas

As associações de fósseis da seção litológica inferior, com calcoargilitos laminados amarelados são interpretadas como de origem lacustrina.

A planta vascular *Nymphaeites* é heliofítica e típica do limnobentos. Vive submersa na água doce, com as folhas dispostas na superfície d'água. As ninfeáceas são de clima tropical a subtropical, de zonas equatoriais e caracterizam ecossistemas de águas doces e calmas (Duarte & Santos, 1993).

Na associação situada próximo às margens do corpo aquático, viveram os insetos hemípteros, terrestres e alados. Os peixes *Dastilbe* jovens foram encontrados em grupos reunidos próximo a folhas e raízes de plantas, como abrigo para proteção e alimentação. Alguns exemplares adultos de *Dastilbe* encontrados isolados mostram que nadavam mais distantes da margem. Os *Dastilbe* se nutriam por sucção e comiam larvas e formas jovens.

Na Formação Santana (Membro Romualdo), Albiano da Bacia do Araripe, Maisey (1994) identificou os restos das presas retidas no interior dos predadores. As espécies que ocorrem na Formação Codó (Grajaú) estão divididas segundo seus hábitos em:

1 - predadores com dentes – *Calamopleurus cylindricus* engolia exemplares inteiros de *Vinctifer comptoni*; *Cladocyclus gardneri* era tolerante avariação de salinidade e predador de *Rhacolepis*

buccalis; *Brannerion latum* e *Rhacolepis buccalis* eram predadores de *Santanichthys diasii*. *Rhacolepis* canibalizavam jovens de sua espécie e comiam pequenos decápodos.

2 - espécies sem dentes – *Tharrhias araripis* comia pequenos decápodos. *Santanichthys diasii*, fonte de alimento para espécimes maiores, foram considerados planctívoros ou escavadores.

3 - filtradores de material em suspensão – *Vinctifer comptoni* tinha brânquias bem desenvolvidas. O grande porte e as escamas dispostas como armadura do corpo, indicam que eram nadadores lentos, facilmente capturáveis por predadores maiores. Em *Araripelepidotes temnurus* e *Axelrodichthys* sp., não foram encontradas evidências dos hábitos alimentares.

A dominância de carnívoros representa um alto índice de coevolução na ictiofauna, que colonizou os mares interiores interconectados, devido à atuação dos mecanismos alocíclicos, como tectônica global e variação do nível do mar. O ecossistema teria circulação e variação de salinidade com as características de estuário. A ictiofauna era resistente aos estresses dos biótopos, com tolerância às variações de salinidade. Santos & Valença (1968) interpretaram a ictiofauna como de ambiente estuarino (Figura 13.5).

Um clima mais ameno e favorável à diversidade da cobertura vegetal é inferido pelo maior número formas de pólenes identificados por Lima *et al.* (1980) e Lima (1982). Listados abaixo estão as afiliações aos grupos botânicos segundo Lima (1978):

Dos musgos nas Sphagnacea (*Stereisporites*); Pteridófitas, Osmundacea (*Todisporites*, *Biretisporites*); Schizaeacea (*Ischyosporites*, *Klukisporites*, *Cicatricosisporites*); Lycopodiaceae (*Camarozonosporites*). Nas Gimnospermas, as Araucariaceae (*Araucariacites*); Chyathaceae (*Cyathidites*); Marsilaeaceae (*Crybelosporites*); Cycadales (*Cycadites*); Bennettitales (*Bennettiaepollenites*); Filicales (*Deltoidospora*); Cheirolepidaceae (*Circulina*, *Classopolis*); Coniferae (*Ceratosporites*).

Das Angiospermas ocorrem as Liliaceae (*Liliacites* e *Clavatipollenites*) e as Euphorbiaceae (*Stelapollis*).

13.10 Paleobiogeografia

No Aptiano, o episódio de formação do golfo na margem leste propiciou a elevação do nível de base das águas interiores, com diferenciação e ex-

pansão do gênero afro-brasileiro *Dastilbe*. *D. elongatus* ocorre na Formação Codó, da Bacia do Grajaú e na Formação Santana da Bacia do Araripe. Outras espécies de *Dastilbe* estão registradas na Formação Marizal da Bacia de Tucano, Formação Maceió da Bacia Sergipe/Alagoas, Formação Cabo da Bacia do Cabo e Grupo Areado da Bacia Sanfranciscana. Gayet (1989) registrou o gênero na Guiné Equatorial. Nas bacias do Grajaú, Araripe e Sanfranciscana estão registrados exemplares de *Nymphaeites* (Duarte & Santos, 1993).

O Albiano é marcado por macroevolução, com a diferenciação de gêneros de peixes aparentados em famílias que habitaram no Jurássico os mares epicontinentais da Província Biogeográfica do Tétis. O Jurássico foi um tempo de estabilidade de ambientes e climas, com primitivismo e menor provincialismo de fauna e flora. Apenas no final deste período, os ambientes calmos e seguros foram afetados pela atividade tectônica, prelúdio das profundas mudanças do Cretáceo (Hallam, 1975).

Às extensas atividades tectônicas do Cretáceo, a ictiofauna respondeu com macroevolução, alto índice de coevolução, relações tróficas de carnívoros, e tolerância às variações de salinidade. A expansão desta evolução biológica é constatada com o registro de ocorrência de *Vinctifer* em faunas marinhas da Venezuela (Moody & Maisey, 1994).

13.11 Paleoclima

A planta *Nymphaeites*, a fauna de invertebrados e os sedimentos carbonáticos são indicadores de um clima tropical. Possivelmente havia, diferenciação de estações úmidas durante a elevação do nível das massas de água e períodos de aridez, quando se originaram os evaporitos.

13.12 Deriva

No Aptiano/Albiano, houve ampla expansão das floras e faunas em bacia da Margem Continental Leste, do interior do Nordeste e Meio-Norte. Alguns representantes alcançaram a atual costa da Venezuela, a plataforma de Maracaibo (Moody & Maisey, 1994). Estes eventos biológicos seriam associados com a dinâmica de abertura da Margem Atlântica Sul Equatorial. Neste desenvolvimento e concomitante rotação horária do bloco da América do Sul para oeste foram estabelecidas conexões entre as bacia, coincidentes com outro evento global, que foi a elevação do nível do mar do Albiano.

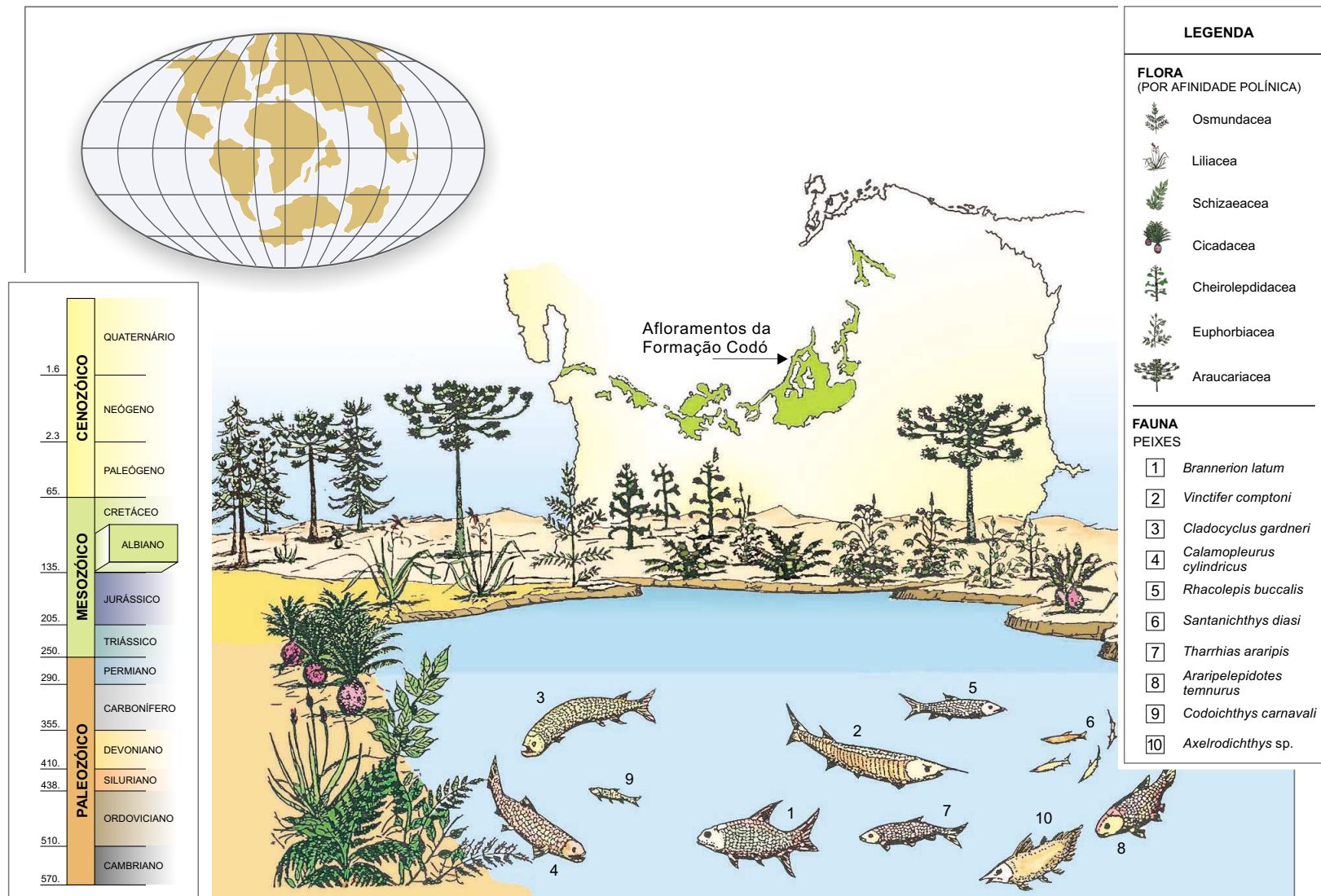


Figura 13.5 – Reconstituição Paleobiológica do Albiano da Formação Codó, Bacia do Grajaú.

14

CRETÁCEO (ALBIANO)

Nesta idade ocorreram as sedimentações clásticas, atribuídas à Formação Itapecuru, nome aplicado por Campbell (1949) para os arenitos vermelhos a cinzas, com siltitos e folhelhos intercalados e que recobrem em concordância a Formação Codó. A denominação deriva dos registros de Lisboa (1914), de arenitos aflorantes no vale do rio Itapecuru. Na deposição, predominam influências continentais contendo uma fauna bem característica, havendo ainda indicações de transgressões marinhas.

Nos trabalhos realizados na região do rio Itapecuru, iniciados por Cândido Simões Ferreira, em 1967/68, e continuado por pesquisadores da UFRJ, a partir de 1990, visaram entre seus objetivos, o estudo de fósseis associados à seção-tipo da Formação Itapecuru no sentido definido por Campbell (1949). A localidade é situada na margem direita do rio Itapecuru, sob a ponte de acesso à cidade de Itapecuru-Mirim. As rochas são siltitos e arenitos de granulação média a grossa, e níveis conglomeráticos.

A divulgação dos resultados de pesquisas nesta área, e em níveis estratigráficos correlacionáveis, vem revelando organismos de ambiente continental: vertebrados como quelônios, crocodilianos, dinossauros, peixes; e invertebrados como moluscos e pequenos crustáceos.

A Formação Itapecuru para a área geográfica de Itapecuru-Mirim, é uma unidade operacional de mapeamento reconhecida. Foi utilizada por Lima & Leite, (1978), Colares & Araujo (1990), Lovato *et al.* (1994), Souza *et al.* (1990), Rodrigues *et al.* (1994a) e Leites *et al.* (1994).

14.1 Histórico

O primeiro registro sobre a Formação Itapecuru é de Lisboa (1914), que denominou de “Camadas Itapecuru” os arenitos aflorantes nos vales dos rios Itapecuru e Alpercatas, situados acima das camadas Pastos Bons (MA). Campbell (1949) aplicou o nome de Formação Itapecuru para os arenitos vermelhos a cinzas, com siltitos e folhelhos intercalados e que recobrem em concordância a Formação Codó. Este conceito foi adotado nos trabalhos de Mesner & Wooldridge (1964), Aguiar (1971), Miura & Barbosa (1972) e em mapeamentos de Lima & Leite (1978), Colares & Araujo (1990), Lovato *et al.* (1994), Souza *et al.* (1990), Rodrigues *et al.* (1994a) e Leites *et al.* (1994). Estudos específicos para paleoambientes foram realizados por Colares & Cavalcanti (1990), Gonçalves & Carvalho (1996) e Rosseti *et al.* (2001).

As ocorrências fossilíferas indicam Albiano Médio para os sedimentos localizados em posição geográfica mais interior, na região de Itapecuru-

Mirim. As associações foram estudadas por Ferreira & Cassab (1987), Carvalho & Campos (1988), Ferreira *et al.* (1991 e 1995b), Pedrão *et al.* (1993b), Vicalvi *et al.* (1993), Carvalho (1994a), Carvalho & Maisey (1999)

Rosseti *et al.* (2001) descreveram as unidades desta área, colocam estes sedimentos na Unidade Indiferenciada, na base do Grupo Itapecuru, datando-os no Meso/Neoalbiano.

14.2 Área de Ocorrência

Os sedimentos do Albiano, da Formação Itapecuru possuem uma ampla distribuição geográfica, estendendo-se das regiões sul e central da Bacia do Grajaú para o noroeste. A espessura é de 724m em subsuperfície (Góes & Feijó, 1994).

14.3 Geocronologia - Idade

A idade albiana, atribuída por Ferreira & Cassab (1987), foi confirmada por Pedrão *et al.* (1993a, 1993c e 1994) com estudos de palinologia, dando as idades Eoalbiano a Mesoalbiano. A datação de Rosseti *et al.* (2001) é Meso/Neoalbiano.

14.4 Sedimentação

Os sedimentos ocorrem a sudoeste e noroeste e estão mapeados e descritos por Souza *et al.* (1990), Colares & Araujo (1990), Colares & Cavalcanti (1990) e Gonçalves & Carvalho (1996). São camadas de arenitos vermelhos, finos a médios, com estratificações cruzadas do tipo acanalada, de pequeno porte e tabular planar. Intercalações de conglomerados constituídos por seixos de quartzo imbricados, arenitos e matriz arenosa, indicam um fluxo unidirecional. Foram interpretados como pertencentes a um sistema fluvial entrelaçado (*braided*). Para a área centro-oeste, os depósitos gradam lateralmente para arenitos finos com lobos sigmoidais superpostos (Figura 14.1). Estão separados por níveis de pelitos, e associados a argilitos vermelhos com laminação plano-paralela. Indicam a entrada de uma frente deltaica em um sistema lacustre ou lagunar.

Na região do município de Itapecuru-Mirim, onde há a ocorrência de fósseis, Lovato *et al.* (1995) descreveram como litologia mais freqüente as camadas de siltitos e argilitos com laminação plano-paralela e geometria tabular (Figura 14.2). Podem apresentar intercalações de siltitos e arenitos muito finos e argilitos, com geometria sigmoidal

amalgamada. Seriam os lobos deltaicos entrando em lagos rasos de águas calmas.

Nas áreas situadas ao sul da cidade de Itapecuru, Rodrigues *et al.* (1994a), Leites *et al.* (1994), e Lovato *et al.* (1994) descreveram em pelitos, estruturas sedimentares *linsen* e *wavy*, indicativas de depósitos sob influências de maré. O sistema deposicional é compreendido por fácies lacustre e fácies lagunar em fisiografia de baía.

Ao sul de Itapecuru-Mirim, em Pirapemas, na margem do rio Peritoró, ocorre, um nível carbonático com conchas marinhas, intercalado aos pelitos com laminação paralela (Figura 14.3). Na localidade de Chapadinha, a nordeste da área, ocorre outro nível uma fauna tipicamente marinha e o gênero *Paranomia*, idêntico ao de ocorrência em Pirapemas (Ferreira & Cassab, 1987).

Rosseti *et al.* (2001) definiram quatro associações de fácies atribuídas aos ambientes deposicionais de *shoreface* superior, laguna/baía interdistributária, lobos de suspensão e canal distributário, incluídas na base da Unidade Indiferenciada de Rosseti & Truckenbrodt (1999). As associações de fósseis marinhos compostos por bivalvíos e gastrópodes e vertebrados como peixes, crocodilos e quelônios foram colocadas em fácies de lagunas/baias interdistributárias.

14.5 Fósseis

14.5.1 Microfósseis

Em amostras da região do município de Itapecuru-Mirim, análises palinológicas foram estudadas por Pedrão *et al.* (1993a, 1993c e 1994). Foi reconhecida a zona de *Elateropollenites jardinei*, do Albiano Inferior/Médio. São freqüentes o gênero *Classopolis* e a espécie *Afropollis jardinus*. Integrados com a abundância de palinomorfos dos gêneros *Equisetosporites*, *Gnetaceaepollenites* e *Steevesipollenites* de afiliação à ordem Ephedracea indicam uma flora tropical de clima quente e árido (Lima, 1978).

Na tabela estudada por Arai (2001), *Elateropollenites jardinei* é confirmado para o topo do intervalo Albiano Médio. Rosseti *et al.* (2001) indicam idade meso/neoalbiana.

14.5.2 Fauna

Ocorrem duas faunas: continentais e marinhas. As faunas continentais aquáticas albianas ocorrem



Figura 14.1 – Formação Itapecuru (Albiano). Arenitos finos amarelados com níveis de pelitos. Estratificações cruzadas de baixo ângulo, passando a lobo sigmoidal. Localidade: Município de Santa Inês, Maranhão.



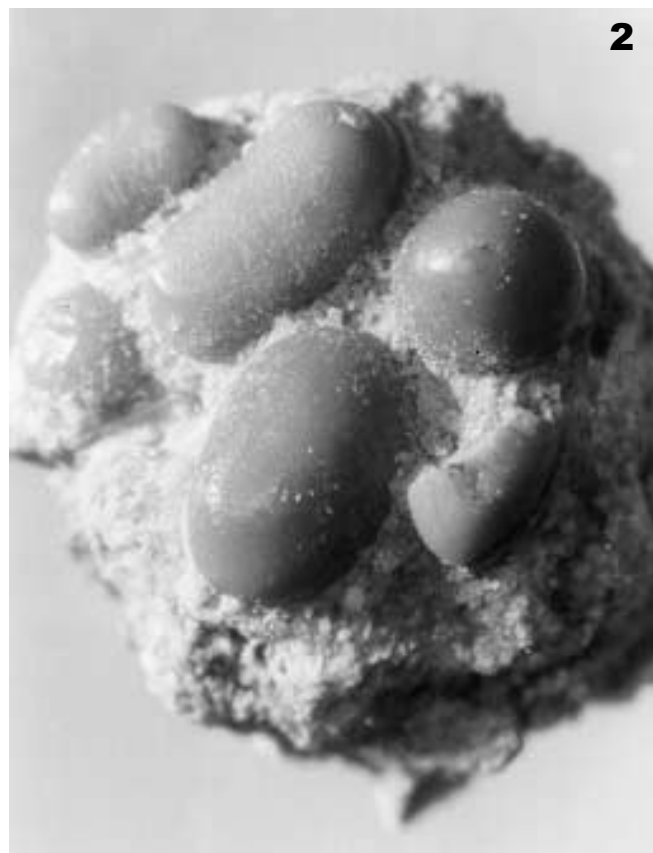
Figura 14.2 – Formação Itapecuru (Albiano). Camadas de arenitos, siltitos e argilitos intercalados. Laminação plano-paralela e geometria tabular. Apresentam níveis fossilíferos, onde são registradas ocorrências de invertebrados. Localidade: Margem direita do rio Itapecuru, na cidade de Itapecuru-Mirim, Maranhão.



*Figura 14.3 – Formação Itapecuru (Albiano). Nível carbonático, com conchas marinhas (*Paranomia*), ocorrendo acima de pelitos com laminação paralela. Localidade: Estrada de ferro Cantanhede-Pirapemas, no rio Peritoró. Pirapemas, Maranhão.*



0,8cm x 0,7cm



0,5cm x 0,6cm

1 e 2 - Placa dentária de Picnodontídeo.

Localidade: Jundiáí, margem direita do rio Itapecuru, Maranhão

Coleção: UFRJ-DG 158 e 159-P (d).

Figura 14.4 – Peixe fóssil da Formação Itapecuru (Albiano), (segundo D'Arrigo 1993).

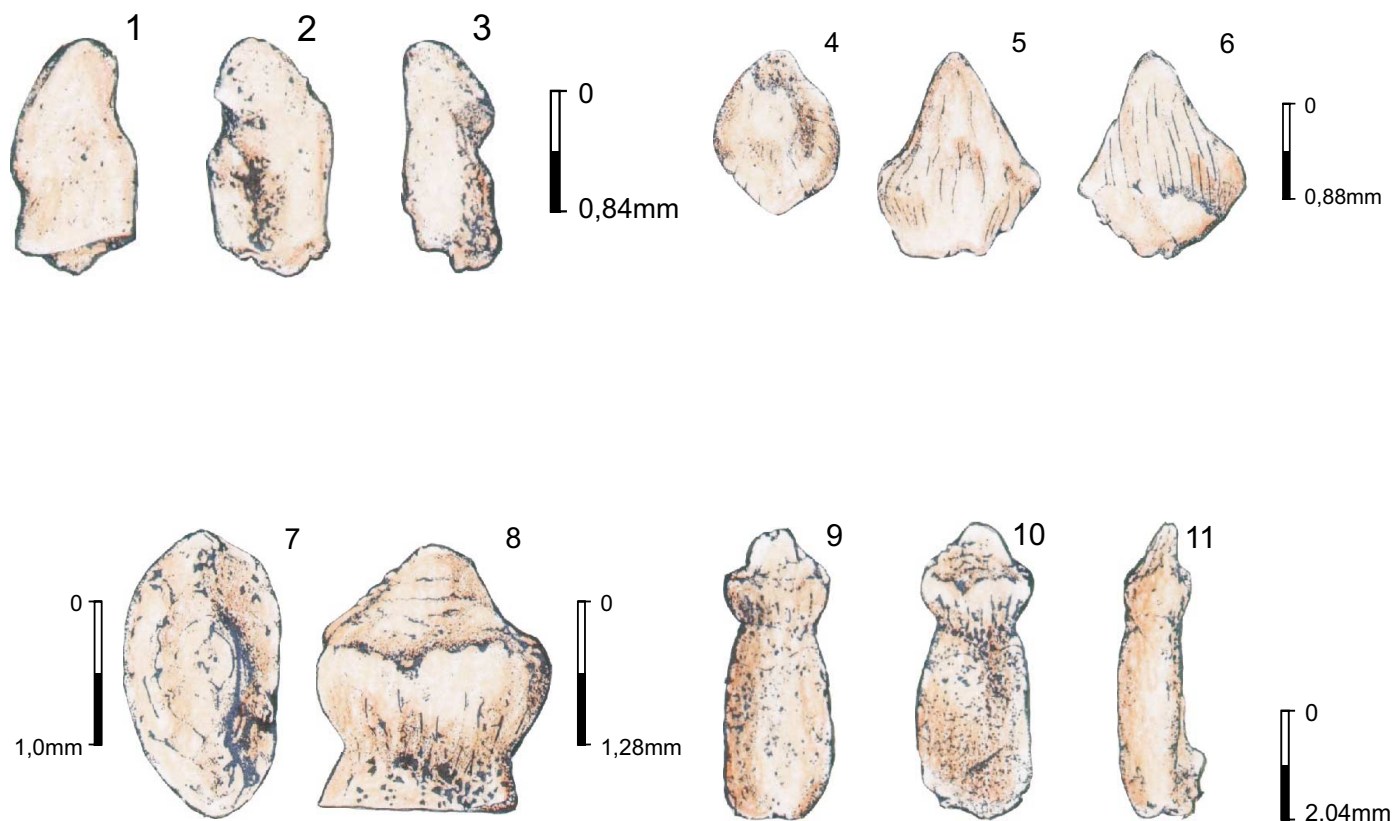
em níveis fossilíferos, que podem ser acompanhados ao longo das margens do rio Itapecuru. Contêm dentes e placas dentárias de peixes Picnodontídeos (D'Arrigo, 1993; Carvalho, 1997) (Figura 14.4), ossos do peixe celacantídeo *Mawsonia* (Carvalho & Maisey, 1999), escamas de peixe semionotiforme e placa dentária de *Asiatoceratodus* (Dutra & Malabarba, 2001), bivalvíos de água doce *Anodonta* e *Castalia* em associação com conchostráceos (Ferreira *et al.*, 1995b), ostracodes e carófitas (Vicalvi *et al.*, 1996).

Pequenos dentes referidos a *Candidodon itapecuruense* foram descritos por Carvalho & Campos (1988), que Carvalho (1994a) situou entre os croco-

dilídeos Notosuchia (Figura 14.5). Nobre & Carvalho (2002) descreveram o crânio desta espécie.

A carapaça da tartaruga *Araripemys barretoii*, que é descrita na Formação Santana (Membro Romualdo) e no Níger e Marrocos (Norte da África) foi registrada por Kischlat & Carvalho (2000).

Da fauna continental terrestre foram descritos fragmentos de ovos de dinossauros (Vicalvi *et al.*, 1993), dentes de dinossauros carnívoros e ossadas de dinossauro (Ferreira *et al.*, 1991) que ocorrem ao longo das barrancas do rio Itapecuru (Figura 14.6). O dinossauro foi descrito por Carvalho *et al.* (2003) no novo gênero e espécie *Amazonsaurus maranhensis* (Figuras 14.6 e 14.7).



Candidodon itapecuruense Carvalho & Campos, 1988
 Localidade: Margem direita do rio Itapecuru, sob a ponte de acesso à cidade de Itapecuru-Mirim, Maranhão.

Dente incisiforme MN-4152-V	1 face bucal 2 face lingual 3 vista lateral
Dente pré-molariforme MN-4153-V	4 superfície oclusal 5 face lingual 6 face bucal
Dente molariforme MN-4154-V	7 superfície oclusal 8 face lingual da coroa
Dente molariforme MN-4154-V	9 face bucal 10 face lingual 11 vista lateral

Figura 14.5 – Crocodilo Fóssil da Formação Itapecuru (Albiano), (segundo Carvalho, 1994a).



Figura 14.6 – Coleta de ossos (costelas) do dinossauro *Amazonsaurus maranhensis* da Formação Itapecuru (Albiano). Localidade: Mata, margem esquerda do rio Itapecuru, situada a 3km de Itapecuru-Mirim. Maranhão. (Ferreira et al., 1991; Carvalho et al., 2003).

A fauna marinha albiana foi descrita por Ferreira & Cassab (1987), que assinalam uma associação composta por *Paranomía scraba*, bivalvíos das famílias Anomiidae, Corbulidae e Cardiidae, gastrópodos das famílias Turritellidae, Cerithiidae e Corbulidae e espinhos de equinóides. Foram coletados em poços cavados manualmente para extração de calcário, na região do baixo Parnaíba, na localidade de Chapadinha. Estão situados próximos a pedreiras de calcário com peixes de Albiano (Umburana, na cidade de Brejo), e os autores os referiram à Formação Codó. No mesmo trabalho registraram o bivalvío *Paranomía macedoi*, coletado em delgado nível intercalado aos sedimentos clásticos situados ao sul de Itapecuru-Mirim, na localidade de Pirapemas (Figura 14.2). As duas ocorrências de uma transgressão marinha podem representar um mesmo evento, ou dois eventos em diferentes intervalos de tempo no Albiano.

14.6 Paleogeografia

No Albiano, havia próximo à Santa Inês, pequenas frentes deltaicas intercalavam-se com a sedi-

mentação lacustre, que atingia as áreas dos municípios de Bacabal, Presidente Dutra e Barra do Corda. Havia interação de sistema fluvial e os lobos deltaicos, com entradas de braço de mar, com depósitos litorâneos e de maré.

14.7 Eventos Biológicos

Os eventos biológicos para correlação estratigráfica, até agora definidos são de natureza continental e marinha.

As faunas continentais aquáticas referidas a *Mawsonia* fornecem correlação da evolução das bacias a partir da depressão afro-brasileira do leste, e expansão para bacias do interior. Esta correlação é definida no intervalo de tempo de Albiano, pela carapaça da tartaruga *Araripemys barretoii*, de conexão com a Bacia do Araripe (Formação Santana - Membro Romualdo) e com o no Norte da África (Niger e Marrocos).

As duas ocorrências albianas registradas por Ferreira & Cassab (1987), com identificação do gênero *Paranomía*, e famílias de bivalvíos e gastrópodos são o primeiro registro de Cretáceo de fauna ti-

picamente marinha, na Margem Norte Equatorial. É correlacionável com a Margem Continental Leste, onde a ocorre na bacia Sergipe/Alagoas, faunas albianas (Formação Riachuelo) com semelhantes composições de família, cuja origem é da fauna de Tétis.

Como podem representar um mesmo evento, ou dois eventos de inundação marinha em tempos diferentes do Albiano, trabalhos adicionais são necessários para definir a rela o estratigráfica.

14.8 Tafonomia

Nos vertebrados, representados por peixes picnodont deos e celacantídeos, crocodil deos, e dinossauros houve a preserva o de partes de maior durabilidade, em geral os dentes e ossos. Em *Amazonsaurus maranhensis*, Carvalho *et al.* (2003) descreveram vértebras e parte da púbis.

Indicam exposi o e transporte antes do enterramento final. Todos são do processo de ressedimenta o.

Nos invertebrados marinhos, as *Paranomia*, são parte da epifauna e com frágil ligamento da charneira, apresentam as conchas isoladas, sofreram exposi o e transporte antes do enterramento. São ressedimentadas.

14.9 Paleocologia/Antigos Ecossistemas

Na fisiografia do Albiano, o ambiente associado às faunas aquática era lacustre, com peixes, crocodilos, tartarugas e moluscos. A fauna terrestre de dinossauros, mais independente percorria as áreas adjacentes com ambientes litorâneos transicionais. (Figura 14.7).

Os representantes atuais da família Anomiidae,   qual pertence a *Paranomia*, são das faunas bentônicas marinhas litorâneas.

14.10 Paleobiogeografia

Das faunas continentais aquáticas, *Mawsonia*   um registro importante de um gênero primitivo que

perdurou nas bacias cretáceas de interior do Centro-Oeste, Nordeste e Meio-Norte, a partir de sua primeira apari o na depressão afro-brasileira do Leste (Carvalho, 2002).

Após a fragmenta o da Pangea, entre os vertebrados houve uma forte tendência de diferencia o da fauna do Hemisfério Sul. Estão includidos os crocodilos referidos a *Candidodon*, com afinidades com gêneros da Bacia do Araripe, do Uruguai e África (Nobre & Carvalho, 2002), e a tartaruga *Araripepmys barretoii*, descrita na Bacia do Araripe e Norte da África (Kischlat & Carvalho, 2000).

O dinossauro *Amazonsaurus maranhensis* descrito por Carvalho *et al.* (2003), mostra afinidades com outros representantes de diplodocoides basais da América do Sul e África do Norte.

A pequena representa o de fauna marinha com o gênero *Paranomia*, e as famílias citadas por Ferreira & Cassab (1987), são descendentes da fauna da Província de Tétis, do Hemisfério Norte. As primeiras ocorrências registradas em literatura são de idade albiana, na Margem Continental Leste, na Bacia Sergipe-Alagoas. Os dois registros nas margens Leste e Equatorial indicam o início de um processo evolutivo no Hemisfério Sul, integrado   origem da atual Província biogeográfica do Caribe.

14.11 Paleoclima

As associa es palinológicas indicam clima tropical quente e  rido (Pedrão *et al.*, 1993a, 1993b, 1994). A afinidade dos invertebrados marinhos com a Província de Tétis   indicativa de clima tropical.

14.12 Deriva

O processo de afastamento dos blocos sul-americano e africano deveria estar completado, com estabelecimento de circula o entre os ambientes marinhos das margens Equatorial e Leste, com migra o das faunas de invertebrados a partir do Hemisfério Norte.



Figura 14.7 – Reconstituição paleobiológica do ambiente de *Amazonasaurus maranhensis* (Carvalho, Avilla & Salgado, 2003). Albiano da Formação Itapecuru Bacia do Grajaú.

15

CRETÁCEO (CENOMANIANO)

Corresponde à cobertura da Bacia costeira de São Luís. Ocorreu um ciclo de sedimentação clástica datado no Cenomaniano, e efetuado em ambiente litorâneo. Os registros de faunas são de invertebrados marinhos, peixes, tartarugas, crocodilos e dinossauros, e a flora é representada por troncos silicificados.

15.1 Histórico

A denominação Formação Itapecuru foi empregada por Klein & Ferreira (1979), para as ocorrências do atual litoral do estado do Maranhão, estabelecendo a unidade - fácies estuarina. Estes sedimentos litorâneos foram mapeados por Rodrigues *et al.* (1994b), mantendo o nome Formação Itapecuru.

Este conjunto litológico de preenchimento estuarino, de Cenomaniano da Bacia de São Luís, Maranhão, foi denominado por Rossetti & Truckenbrodt (1999) de Formação Alcântara.

Os sedimentos de cobertura da Bacia de São Luís que são datados como Cenomaniano podem ser enquadrados na Formação Alcântara, e pequena seção de sedimentos que ocorre na área de estudo é atribuída à Formação Cojupe (Turoniano Paleoceno) sem registro de fósseis.

As primeiras ocorrências fossilíferas foram estudadas por Price (1947 e 1960), referentes aos vertebrados e por Oliveira (1958) descrevendo *Nerinea*. Este gastrópodo, nas bacias marginais do Nordeste ocorre a partir do Cretáceo Superior e sua presença é indicativa de idade mais nova do que a dos sedimentos de Albiano.

As ocorrências de fósseis na região de litoral, em torno da baía de São Marcos, estão situadas nos sedimentos de cobertura da pequena Bacia marginal de São Luís (figura 15.1). Os fósseis datados no Cenomaniano, foram estudados por Klein & Ferreira (1979); Cunha & Ferreira (1980); Carvalho & Silva (1992); Ferreira (1992); Pedrão *et al.* (1993a); Carvalho & Gonçalves (1994); Carvalho (1994b, 1994c, 1994d, 1995); Ferreira *et al.* (1995a); Carvalho & Pedrão (1998); Moraes-Santos *et al.* (2001); Dutra & Malabarba 2001; Carvalho (2001); Vilas Bôas & Carvalho (2001); Medeiros & Schultz (2001); Arai (2001) e Medeiros (2001).

15.2 Área de Ocorrência

Os sedimentos recobrem a Bacia costeira de São Luís, alcançando a Bacia Bragança-Viseu, numa estreita faixa de direção noroeste. A espessura na Bacia de São Luís atinge a 2.150m (Góes & Feijó, 1994).

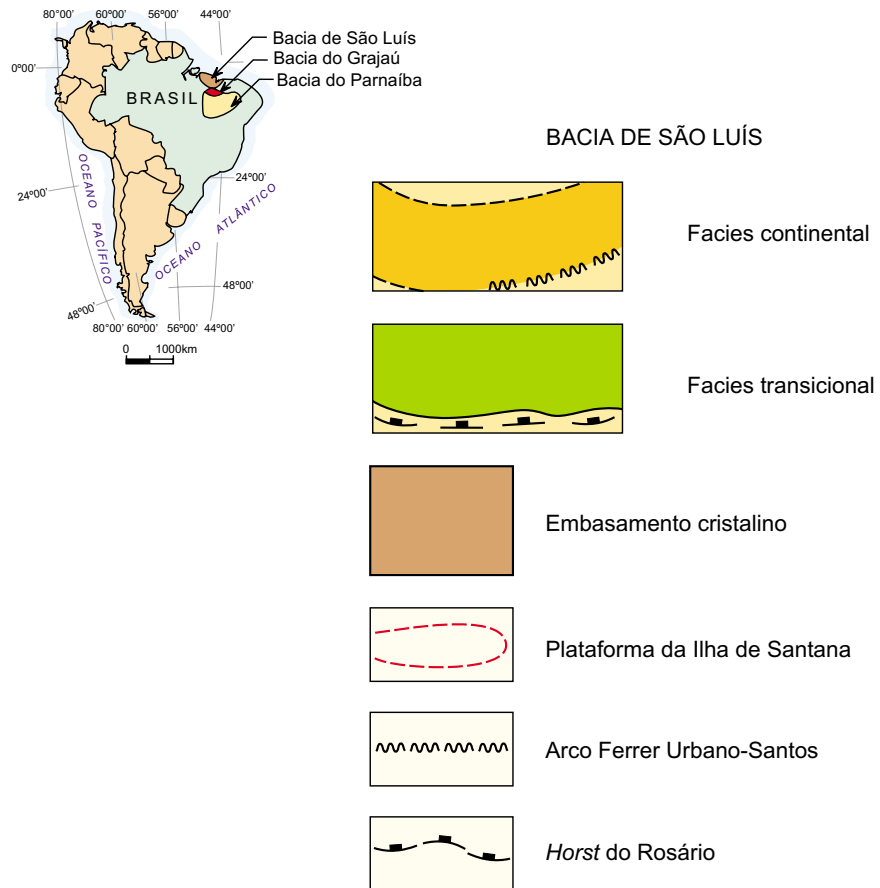
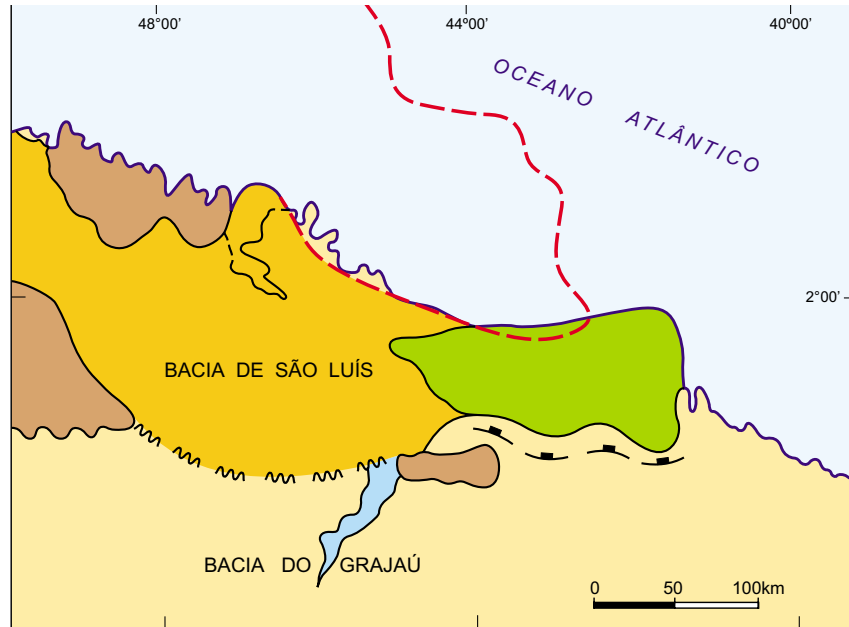


Figura 15.1 – Mapa de localização e de fácies da Bacia de São Luís (segundo Carvalho & Pedrão, 1998).

15.3 Geocronologia-Idade

A datação por palinologia no Cenomaniano por Aguiar (1971), foi confirmada por Klein & Ferreira (1979) e por Pedrão *et al.* (1993b e 1996), com a idade eo-cenomaniana.

15.4 Sedimentação

As rochas que ocorrem em afloramentos no município de Alcântara, formam as falésias da praia da Baronesa (figura 15.2), e foram descritas por Rodrigues *et al.* (1994b). De baixo para cima, apresentam litofácies de arenitos de grã fina a média, submaturados mal selecionados, quartzosos, vermelhos com estratificação cruzada acanalada de grande porte; arenitos finos a médios, maciços; arenitos avermelhados e esbranquiçados, grã fina a média, com estratificação planoparalela, arenitos brancos a vermelhos com estratificação cruzada festonada. As litofácies silticas sobrepostas são siltitos vermelhos de laminação planoparalela; pelitos com estruturas *wavy*, *linsen* e *climbing*; calcilutitos com estratificação ondulada. A interpretação é de planície costeira, com ambientes de alta energia com praias, influências deltaicas e canais fluviais passando a ambiente de baixa a média energia em ambiente de baías ou golfos, com influências de maré.

Esta seção da Formação Alcântara está descrita por Moraes-Santos *et al.*, (2001) atribuindo o ambiente de praia, maré, laguna e delta de *washover*.

Próximo a Alcântara, na ilha do Cajual, corre na laje denominada Coringa uma concentração de rochas e fósseis descritas por Medeiros *et al.*, (1996) e Silva & Andreis (1997), classificada como *bonebeds*. São depósitos rudíticos, variando de conglomerado com fragmentos de quartzitos, xistos, milonitos, com escassos fragmentos de ossos até puras acumulações de ossos. O material compreende abundantes fragmentos rolados de variado tamanho, de ossos, costelas, fêmures, dentes de carnossauros, de dinossauros herbívoros, de plesiossauros e de crocodilos, placas ósseas de peixes e troncos mineralizados (figura 15.3). Seriam de um depósito feito por sedimentação de alta energia.

15.5 Fósseis

15.5.1 Microfósseis

A idade eo-cenomaniana foi determinada pela superzona *Elateroplicites africaensis*. A alta fre-

quência de pólenes do gênero *Classopollis* e a presença de *Equisetosporites*, *Gnetaceaepollenites* indicam climas quentes e áridos. Testas quitinosas de foraminíferos indicam ambiente marinho raso (Pedrão *et al.*, 1993b).

15.5.2 Fauna

Na região do litoral, Price (1947, 1960) identificou vértebras de saurópodes, e fragmentos de ossos de répteis Theropoda, Sauropoda, Crocodilia e Chelonia e peixes referidos a Elasmobranchia, Dipnoi e Actinopterygii. Oliveira (1958) descreveu gastrópodos classificados como *Nerinea pontagrossensis*.

Em pesquisas nas localidades de Itaqui, Alcântara, Farol de S. Marcos e Ilha da Madeira, Klein & Ferreira (1979) determinaram como fácies estuarina da Formação Itapecuru, o conjunto de fósseis e litologias compostas por arenitos calco-argilosos, calcários dolomíticos, folhelhos, e camadas carbonáticas. São citados invertebrados marinhos, vertebrados e fragmentos vegetais. Os bivalvíos descritos são *Brachidontes eoexustus*, *Inoceramus* sp., *Chlamys* sp., *Neithea* (*Neitheops*) *nana*, *Plicatula* sp., *Acesta maranhensis*, *Lopha* (*Actinostreon*) *lombardi*, *Pterotrignia* (*Scabrotrignia*) sp., *Mulinoides* sp. As espécies são correlacionadas com que as ocorrem nas bacias marginais da costa da África (figura 15.4). Ferreira (1992) assinalou material referido às famílias Astartidae, Nuculanidae e Carditidae.

A descrição do peixe dipnóico *Neoceratodus* (Cunha & Ferreira, 1980; Martin, 1984), semelhante aos que ocorrem no norte da África (figura 15.5) reforçaram a correlação dada pelos invertebrados. Escamas de *Lepidotes* foram registradas (Carvalho & Silva, 1992).

Ossos dissociados e bem ornamentados do crânio de *Mawsonia*, representam a ocorrência geologicamente mais recente deste gênero no Brasil. Estão associados com espinhos de tubarões hibodontídeos, dentes de raias marinhas do grupo dos miliobatídeos e do dipnóico *Neoceratodus africanus* e fragmentos de *Lepidotes* e amiídeos (Cunha & Ferreira, 1980; Medeiros & Schultz, 2001; Medeiros, 2001; Dutra & Malabarba, 2001).

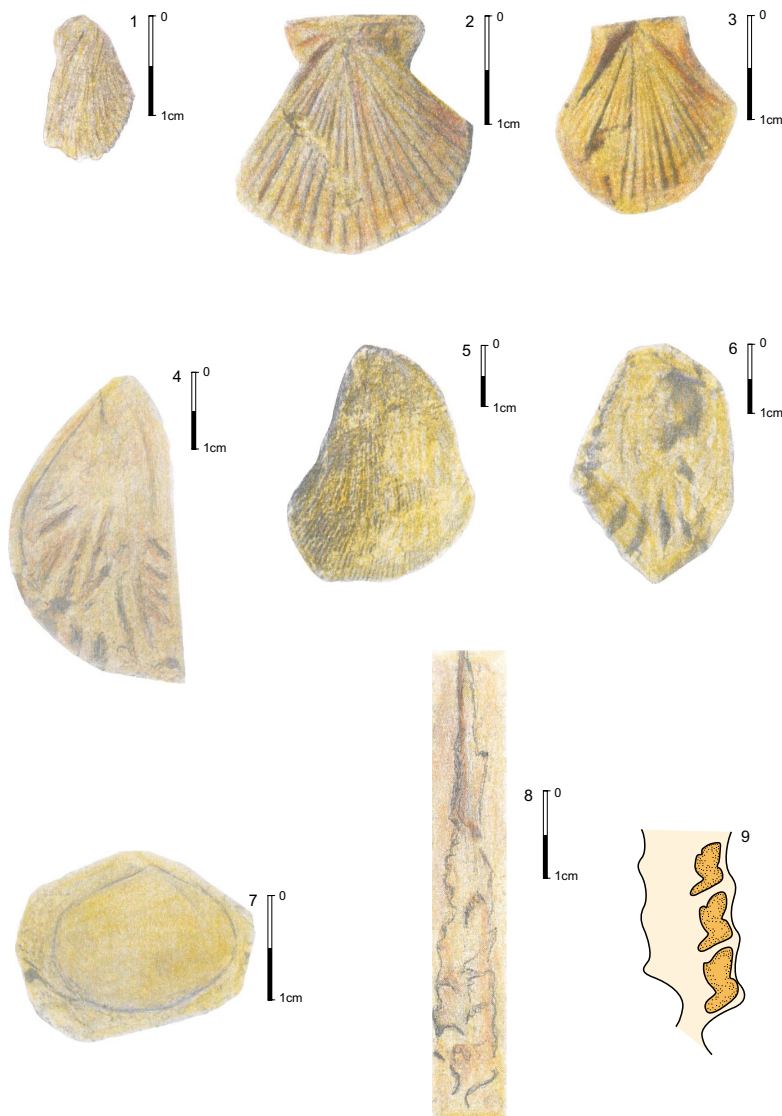
Na baía de São Marcos, em Alcântara (figuras 15.7 e 15.8) e na ilha de São Luís (figura 15.9), Carvalho & Gonçalves (1994) e Carvalho (1994b, 1994c, e 1994d, 1995), descreveram abundantes pistas e pegadas de dinossauro. Formam um



Figura 15.2 – Formação Itapecuru (Cenomaniano). Falésia da praia da Baronesa, município de Alcântara, Maranhão.



Figura 15.3 – Conglomerado que forma a laje do Coringa na ilha do Cajual, baía de São Marcos, Maranhão.



<p>1 <i>Brachidontes eoexustus</i> Ferreira & Klein, 1979. Localidade: Porto de Itaqui, ilha de São Luís, baía de São Marcos, Maranhão. Coleção: MN 5312-I.</p>	<p>5 <i>Acesta maranhensis</i> Ferreira & Klein, 1979. Localidade: Porto de Itaqui, ilha de São Luís, baía de São Marcos, Maranhão. Coleção: MN 5332-I.</p>
<p>2 <i>Chlamys</i> sp. Localidade: Porto de Itaqui, ilha de São Luís, baía de São Marcos, Maranhão. Coleção: MN 5330-I.</p>	<p>6 <i>Lopha (Actinostreon) lombardi</i> Dartavelle & Freneix, 1957. Localidade: Porto de Itaqui, ilha de São Luís, baía de São Marcos, Maranhão. Coleção: MN 5317-I.</p>
<p>3 <i>Neithea (Neitheops) nana</i> Ferreira & Klein, 1979. Localidade: Farol de São Marcos, Ponta Grossa, ilha de São Luís, Maranhão. Coleção: MN 5314-I.</p>	<p>7 <i>Mulinoides</i> sp. Localidade: Farol de São Marcos (Ponta Grossa), ilha de São Luís, Maranhão. Coleção: MN 5319-I.</p>
<p>4 <i>Plicatula</i> sp. Localidade: Porto de Itaqui, ilha de São Luís, baía de São Marcos, Maranhão. Coleção: MN 5313-I.</p>	<p>8 <i>Nerinea pontagrossensis</i> (Oliveira, 1958). Localidade: Farol de São Marcos, (Ponta Grossa), ilha de São Luís, Maranhão. Coleção: DGM-4516-I.</p>

Figura 15.4 – Fauna marinha do Cenomaniano (segundo Klein & Ferreira, 1979).



Figura 15.5 – Molde em látex de dente de *Neoceratodus africanus* (Haug, 1905).
Localidade: Porto de Itaqui, São Luís, Maranhão. Coleção: MN-3820-V.

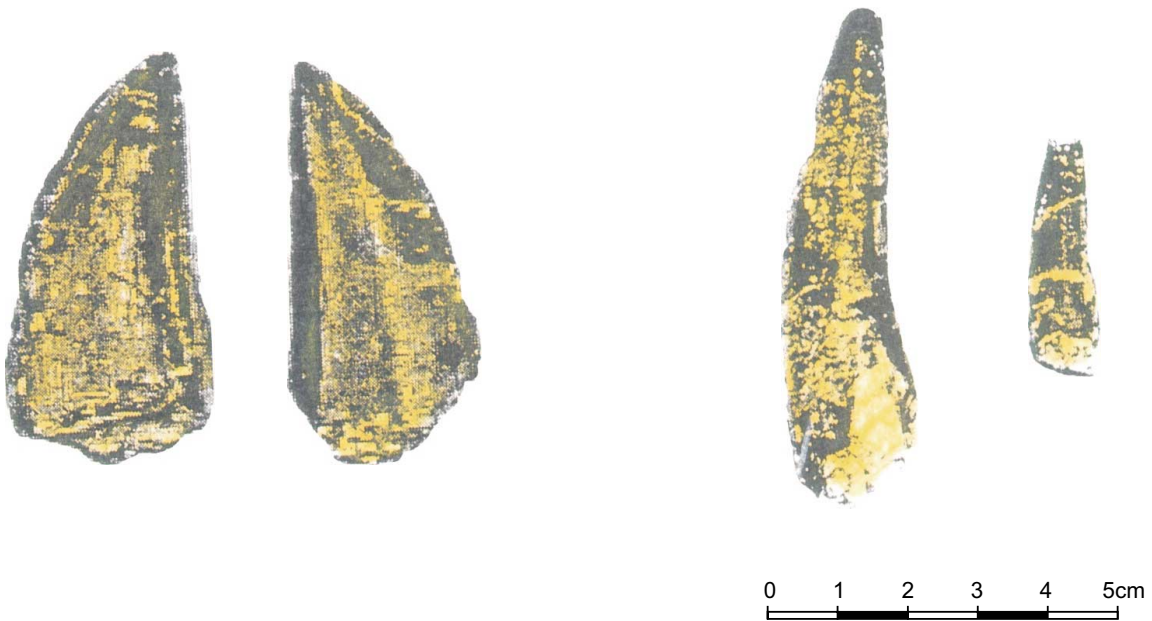


Figura 15.6 – Dentes de répteis encontrados na laje do Coringa, ilha do Cajual, Maranhão
(segundo Medeiros et al., 1996).

grande jazigo de ampla extensão geográfica, classificado pelos autores como um *megatracksite*. As pegadas pertencem a carnossauros, celulossauros, ornitísquios quadrúpedes e bípedes. Foram produzidas em um ambiente litorâneo, de maré. Pelo estudo destas pegadas Carvalho (2001) fez

uma reconstituição de ambientes e dos possíveis dinossauros produtores referidos a dromeossaurídeos.

Moraes-Santos et al., (2001) descreveram uma carapaça incompleta de tartaruga da superfamília Pelomedusoides procedente da praia da Baronesa.

Os fósseis contidos nos arenitos finos são fragmentos de ossos, escamas e dentes de peixes teleosteos, carapaças e plastão de quelônios, dentes de crocodilos, dentes isolados de saurópodes e terópodes, dentre estes últimos alguns são carnossauros.

Deste material, foram identificados dentes de pleiossauros (Carvalho *et al.*, 1997). Posteriormente, foram descritos por Villas Boas & Carvalho (2001), dentes de *Mosassaurus* da praia da Baronesa e *Plesiosaurus*, da laje do Coringa, ilha do Cajual.

O material fóssil da ilha do Cajual, começou a ser estudado por Medeiros *et al.*, (1996), que registraram abundante fragmentos de vertebrados, entre os quais dentes de carnossauros e crocodilos (figura 15.6).

Medeiros (2001) e Medeiros & Schultz (2001) estudaram dentes e vertebrae da fauna de dinossauros, estabelecendo sua estreita conexão com as descrições de gêneros ocorrentes no Norte da África, em sedimentos do Cretáceo Médio. São registrados entre os Terópodos - *Carcharodontosaurus*, *Spinosaurus*, *Sigilmassasaurus* e *Baharijasaurus*. Os saurópodos são representados por *Aegyptosaurus*, *Malawisaurus* e *Rabbachisaurus*.

Vértebras referidas à família Andesauridae da Patagônia Argentina, e registradas também no Marrocos, mostra correlação com estas regiões. Há o registro do gênero *Astrodon*, que tem distribuição ampla na América do Norte, Europa e Norte da África.

Os autores registram ainda que com os dinossauros ocorrem dentes de crocodilos, escamas de *Lepidotes*, ossos de *Mawsonia*, placas de *Neoceratodus* e espinhos de tubarão. Observam que é uma associação semelhante às do Norte da África.

15.5.3 Flora

Impressões de folhas de Angiospermas, registradas no Farol de São Marcos (ex. Ponta Grossa), costa norte da ilha de São Luís, são citadas por diversos autores (Campos, 1925; Oliveira, 1958; Klein & Ferreira, 1979; Ferreira, 1992).

Troncos de madeiras mineralizados foram encontrados nas ocorrências da baía de São Marcos nos projetos desenvolvidos por pesquisadores da UFRJ e UFMA (figura 15.10). Estão citados por Eugênio & Azevedo (1994) e Medeiros *et al.* (1996).

Medeiros (2001) e Medeiros & Schultz (2001) identificaram fósseis de coníferas, pteridófitas e equisetáceas.

Mussa *et al.*, (2000) descreveram *Paradoxopteris* que é o caule de *Weichselia*, uma Filicophyta de porte arborescente, típica do Cretáceo. Tem ampla distribuição em vários continentes. Indica climas tropicais quentes e úmidos e distribuição nas faixas equatorial a subequatorial.

15.6 Paleogeografia

As litologias com faunas de idade cenomaniana indicam a evolução de um ambiente de alta energia em fácies de praia, e processos de marés para ambientes de baixa a moderada energia intermaré a submaré, em contexto de baía (Rodrigues *et al.*, 1994b).

Na laje do Coringa, na ilha do Cajual, os clastos são constituídos de rochas do cristalino e fragmentos de outras rochas sedimentares, que formam os conglomerados. Indicam hiato e discordância com a seqüência deposicional subjacente, com características de uma nova proveniência, e rejuvenescimento da área fonte. É um evento deposicional de um sistema fluvial *braided* (Silva & Andreis, 1997).

15.7 Eventos Biológicos

O evento biológico de colonização por fauna de invertebrados marinhos e o peixe de água doce *Neoceratodus* fornecem correlações com as bacias marginais do nordeste do Brasil e da costa da África. Indicam a proximidade da linha de costa, e estão associados ao evento alocíclico de elevação do nível do mar.

No domínio de ambientes terrestres, há o evento biológico constituído pelo desenvolvimento da cobertura vegetal e a faunas de dinossauros saurópodes e terópodes. Carvalho & Gonçalves (1994) observam que o conjunto de dentes, fragmentos de ossos e abundantes pegadas representa uma superfície de correlação para o intervalo de tempo deposicional. Estas pegadas foram produzidas em um ambiente litorâneo.

A identificação de dinossauros em gêneros do Norte da África é uma evidência da diferenciação e evolução das faunas destes répteis no hemisfério sul.

Nesta mesma linha estão os peixes, correlacionados com o Cenomaniano do Sul de Marrocos, onde ocorrem os melhores exemplares de *Mawsonia lavocati* (Tabaste, 1963, Wenz, 1981), escamas de *Lepidotes*, e dentes isolados de *Neoceratodus africanus* e de *Asiatoceratodus tiquidiensis* (Dutheil, 1999).

15.8 Tafonomia

Nos invertebrados marinhos do Cenomaniano, houve mistura de material da infauna e epifauna. A maioria dos bivalvíos preservados pertencem à epifauna, e ocorre o gênero *Brachidontes* da infauna. As unidades registradas se apresentam com as valvas desarticuladas. Da fauna de água doce, há escamas de peixes *Neoceratodus* e *Lepidotes*. Mostram que antes do soterramento, houve exposição, transporte lateral e ressedimentação.

Dos vertebrados, foram conservados dentes isolados e fragmentos de ossos de répteis Theropoda, Sauropoda, Crocodilia e Chelonia. Indicam exposição e transporte antes do soterramento.

As abundantes pegadas que formam um grande jazigo de pistas é de um sistema tafonômico de icnologia, com a preservação de traços de comportamento animal, por acumulação *in situ*.

Na ilha do Cajual, ossos fragmentados e arredondados substituídos por sílica e impregnados de óxido de ferro (*bone beds*) e as madeiras constituem o sistema tafonômico complexo na laje do Coringa. As indicações de ossos rolados e imbricados são para transporte por correntes.

Medeiros *et al.* (1996) e Silva & Andreis (1997) indicam que este material é produto de retrabalhamento de depósitos mais antigos. Provavelmente, os elementos preservados, após o enterramento, foram exumados e sofreram novo deslocamento no substrato.

Medeiros (2001) detalhou a tafonomia do depósito, concluindo que embora o material fosse retrabalhado, representava organismos de uma área restrita, da Bacia de São Luís, que viveu em um pequeno intervalo de tempo.

15.9 Paleoeecologia/Antigos Ecossistemas

No Cenomaniano, as faunas bentônicas marinhas apresentando gêneros tropicais e cosmopolitas e, os peixes de água doce, são indicativos de ambiente litorâneo e conexão entre as bacias brasileiras e da África.

Os registros existentes para os biótopos terrestres são de ecossistemas com uma cadeia alimentar preservada, representada por cobertura florestal, dinossauros herbívoros e carnívoros. Neste ambiente de litoral, houve trânsito intenso de manadas de dinossauros, que ali deixaram suas pistas (figura 15.11).

15.10 Paleobiogeografia

As faunas bentônicas de invertebrados marinhos indicam correlações com as faunas das bacias da margem leste do Brasil e da costa ocidental da África (Klein & Ferreira, 1978). São gêneros que ocorriam na província de Tétis, mas que já se diferenciavam em associações características do Atlântico sul. No decorrer do Cretáceo Superior, com o afastamento dos continentes, e novos padrões de circulação oceânica passaram a constituir os precursores da futura Província do Caribe.

As faunas de dinossauros mostram que pertencem a paleoprovíncia identificada no Norte da África, ocorrendo no mesmo intervalo de tempo (Albiano-Cenomaniano). Como estes animais tinham grande autonomia, e poderiam percorrer longas distâncias transcendendo os limites das bacias, Medeiros (2001) sugere uma possível existência de uma ponte de terra entre esta região e o norte da África, permitindo um fluxo faunístico.

15.11 Paleoclima

As indicações para clima tropical são: a) filiação dos invertebrados marinhos com a província do Tétis; b) associações palinológicas de quente e árido (Pedrão *et al.*, 1993a, 1993b, 1994). c) Fases úmidas com a formação da cobertura vegetal, documentada pelas madeiras fósseis preservadas. Mussa *et al.* (2000), concluem por climas tropicais quentes e úmidos e distribuição nas faixas equatorial a subequatorial. Segundo Medeiros (2001) os registros de clima são coincidentes com os do Continental Intercalar do Saara.

15.12 Deriva

Na área geográfica do Meio Norte, este foi o último evento de Cretáceo, associado ao desenvolvimento da Margem Continental, onde estiveram mantidas as passagens e conexões para as faunas marinhas e terrestres, da região atlântica do Brasil e da África. A margem leste do Brasil e a margem ocidental da África estavam separadas, e as sedimentações submetidas à elevação global do nível do mar e circulação de correntes.

Uma possível ponte de terra que conectando esta região e o norte da África, permitia um fluxo faunístico são sugeridos pela identidade de gêneros e espécies registrados por Medeiros (2001).



Figura 15.7 – Pegada de dinossauro carnívoro. Praia da Baronesa, Alcântara, Maranhão. Coleção do Museu Histórico de Alcântara.

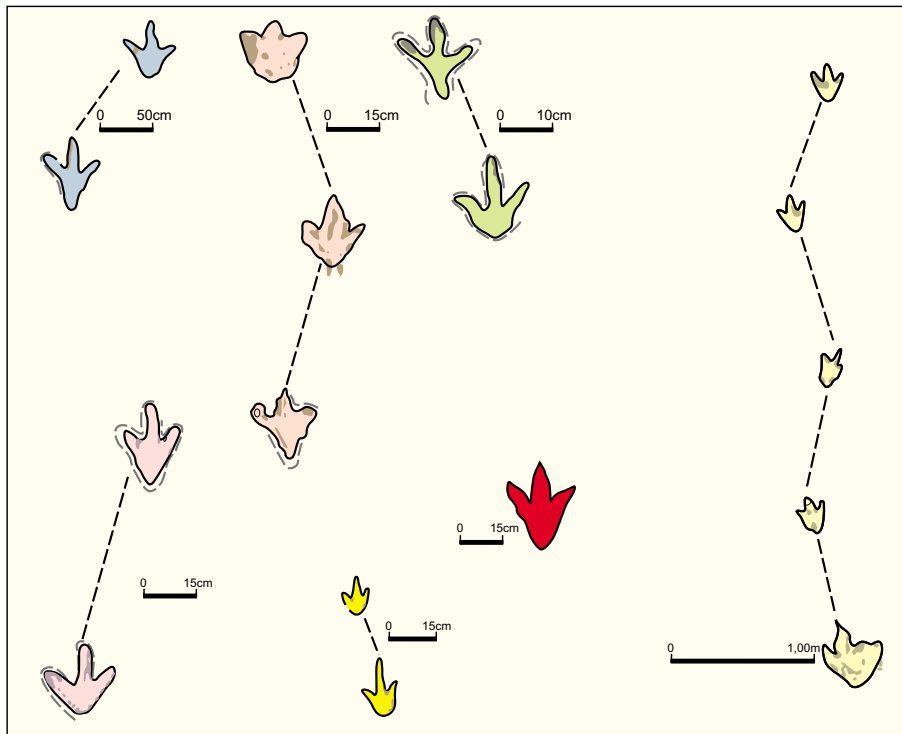


Figura 15.8 – Pistas e pegadas de dinossauros da praia da Baronesa, Alcântara, Maranhão (segundo Carvalho, 1994d).



Figura 15.9 – Pegada de dinossauro carnívoro. Localidade: Ponta da Guia, município de São Luís, Maranhão.



Figura 15.10 – Ossos de répteis e troncos de madeiras silicificadas, em conglomerado. Localidade: Laje do Coringa, ilha do Cajual, baía de São Marcos, Maranhão.

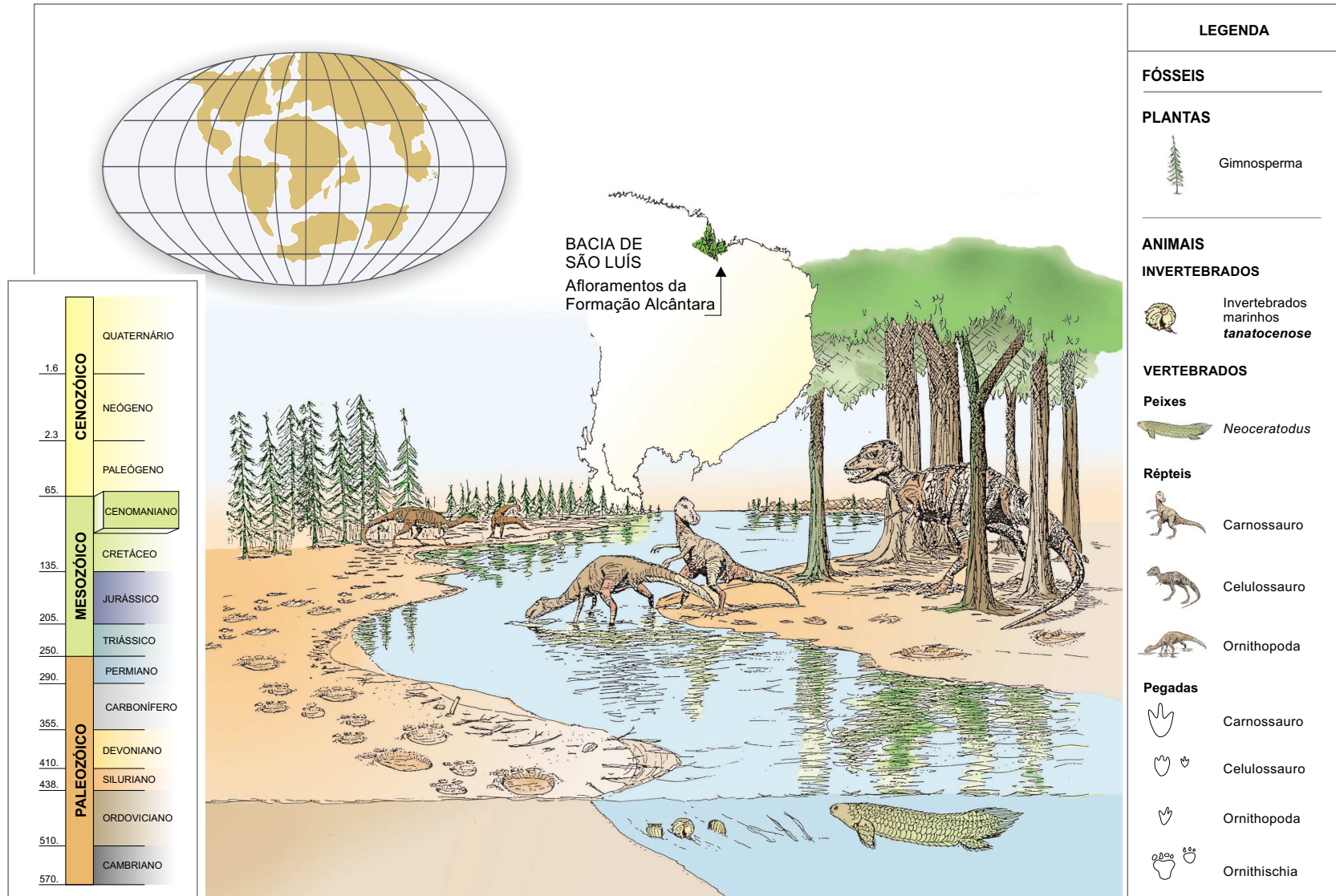


Figura 15.11 – Reconstituição paleobiológica do Cenomaniano, Formação Alcântara, Bacia de São Luís.

16

CENOZÓICO

A partir do Cenozóico, a área primitivamente ocupada pela Bacia do Parnaíba permaneceu soerguida. As pequenas áreas deposicionais são restritas a bacias terciárias de interior e de sedimentação de litoral. As condições de deposição são predominantemente continentais.

16.1 Plioceno

Pequenos peixes de água doce e representantes da flora foram coletados em pequena bacia terciária, localizada no município de Nova Iorque, hoje coberta pelas águas da represa de Boa Esperança.

Os sedimentos foram datados no Plioceno por palinóforos. Foram assinaladas vinte duas espécies de pólenes e esporos (Lima, 1991).

Os peixes são os Characiformes *Procharax* e *Triportheus*, os Perciformes, *Macracara* e os Clupeiformes "*Knightia*", e fragmentos de *Arius* (Woodward, 1939; Santos, 1946a; Santos & Travassos, 1956).

Os fitofósseis são folhas estudadas por Cristalli & Mandarim de Lacerda (1997), que identificaram formas referidas a Fabaceae, Malvaceae, Ebenaceae, Meliaceae, Smilacaceae e outras formas com possível afinidade com as famílias Melastomataceae, Myrtaceae, Rutaceae e Guttiferae.

A associação que foi depositada em ambiente lacustre é de floresta tropical úmida, pouco fechada, com dois estratos, um arbóreo e outro arbustivo. O estudo revelou que durante o Terciário a Floresta Atlântica ocupava esta área e mostra o contraste com a vegetação atual (caatingas e cerrados).

16.2 Mamíferos do Pleistoceno

Os mamíferos evoluíram rapidamente desde o início da Era Cenozóica, sofrendo sucessivas e profundas mudanças, como documentado no Pleistoceno iniciado há 1,6 milhão de anos. Nesta idade, as faunas dos gigantes ancestrais dos mamíferos atuais percorriam os continentes.

Após a elevação do istmo correspondente à América Central, os representantes de grupos originários dos hemisférios norte e sul haviam se mesclado, no continente sul-americano. E assim, documentando sua antiga presença, os ossos destes predadores e suas caças são encontrados, amplamente distribuídos na cobertura quaternária.

Nos contrafortes do embasamento ao sul da Bacia do Parnaíba, ossadas foram preservadas em cavernas e cacimbas. As principais localidades são as tocas São Vito e Garrincha, no município de São Raimundo Nonato, Piauí.

Guerin (1991) identificou os seguintes mamíferos: preguiças gigantes - *Catonix cuvieri*, *Eremotherium lundii*; tatu comum - Dasipodinae; tatu gigante - *Pampatherium humboldti*, *Hoplophorus euphactus*, *Panoctus greslebini*, *Glyptodon clavipes*; coelho - *Cuniculus* sp.; cão gigante - *Protocyon troglodytes*; cão - Canidae; doninha - Mustelidae; urso - *Arctodus brasiliensis*; gato selvagem - *Felis yagouaron-di*; tigre dente de sabre - *Smilodon populator*; unguilado - *Macrauchenia cf patagonica*; notoungulado - *Toxodon* sp.; mastodonte - *Haplomastodon waringi*; cavalo - *Hippidion bonaerensis* e *Equus neogaeus*; porco do mato - *Dicotyles tajacu* e *Tayassu pecari*; lhama - *Palaeolama major*; veado catingueiro - *Mazama* sp.; répteis: jacaré *Caiman crocodilus* e a tartaruga *Chelonio* sp.; peixe: cascudo - *Plectostomus auroguttatus*. O estudo de Paleoecologia realizado por Guerin mostrou que havia elevada proporção de grandes animais, com predomínio de carnívoros e abundância de onívoros.

O material (Figuras 16.1, 16.2, 16.3, 16.4 e 16.5) está depositado no Museu do Homem Americano, localizado na cidade de São Raimundo Nonato, Piauí.

As preguiças *Catonix* e *Eremotherium*, o tatu *Glyptodon* e a lhama *Palaeolama* comiam plantas herbáceas. O tatu *Pampatherium* era onívoro. *Toxodon* e os cavalos *Hippidion* e *Equus* pastavam as gramíneas.

A comunidade é característica de uma paisagem neotropical, de savanas com tufos de arbustos, recortada por zonas florestais, com um clima mais úmido do que o atual (Figuras. 16.6 e 16.7).

16.3 Ocupação Humana

A contribuição da Bacia do Parnaíba para o estudo da ocupação e evolução da cultura dos seres humanos é muito especial, pois o seu conhecimento tem permitido modificar antigos conceitos sobre a longevidade do homem nas Américas.

A área arqueológica de São Raimundo Nonato, situada ao sul do Piauí, vem sendo estudada desde 1970, pela Dr^a. Niede Guidon e uma equipe de pesquisadores. O acervo coletado está depositado no

Museu do Homem Americano, situado na mesma cidade.

Nas reentrâncias dos paredões silurianos que formam a Serra da Capivara, principalmente no município de São Raimundo Nonato, estão concentrados em numerosos sítios (acima de 300) uma variedade de manifestações de arte pré-histórica, que Guidon (1991) considera ser resultado de duas situações ambientais favoráveis, as geológicas e os ecossistemas mais amenos do que os atuais.

As pinturas rupestres são de arte narrativa, das atividades socioculturais de um povo pacífico e alegre, essencialmente compostas por figuras humanas, e com movimento. Os animais da fauna local são também figurados.

Guidon (1991) apresentou a cronologia dos grupos que ocuparam a área, baseada nas características da arte rupestre e objetos e utensílios coletados nos sítios. A ocupação mais antiga está localizada na toca do Boqueirão no sítio da Pedra Furada.

Por datação absoluta, a idade de um carvão encontrado em um fogão circular foi estabelecida em cerca de 46.000 anos. Junto foram encontrados artefatos talhados em quartzo e quartzito. Estas populações que se sucederam até cerca de 7.000 anos atrás é classificada como de Tradição Nordeste, e o seu grafismo é reconhecível pelas figuras humanas apresentando ações ligadas ao comportamento cotidiano, com enfeites na cabeça, e ainda animais e plantas (Figuras 16.8, 16.9, 16.10, 16.11).

A partir de 6.000 anos, o povo primitivo abandonou a área e foi substituído por populações da Tradição Agreste, Itacoatiaras de Leste e Geométrica.

As belas pinturas rupestres foram inscritas nos arenitos modelados pela erosão de uma geometria derivada das estruturas sedimentares, que foram originadas pelos caudalosos rios provenientes do degelo de um pólo glacial situado muito próximo do Nordeste do Brasil, há cerca de 400 milhões de anos (Figura 16.12).

A utilização deste abrigo natural foi efetivada em ecossistemas mais amenos do que os atuais da área geográfica (Guidon, 1991).



Figura 16.1 – Crânio, vértebras e externo de *Catonix sp.* Sítio Antônio, São Raimundo Nonato, Piauí. Coleção do Museu do Homem Americano.



Figura 16.2 – Pata dianteira direita de *Catonix sp.* Sítio Antônio, São Raimundo Nonato, Piauí. Coleção do Museu do Homem Americano.



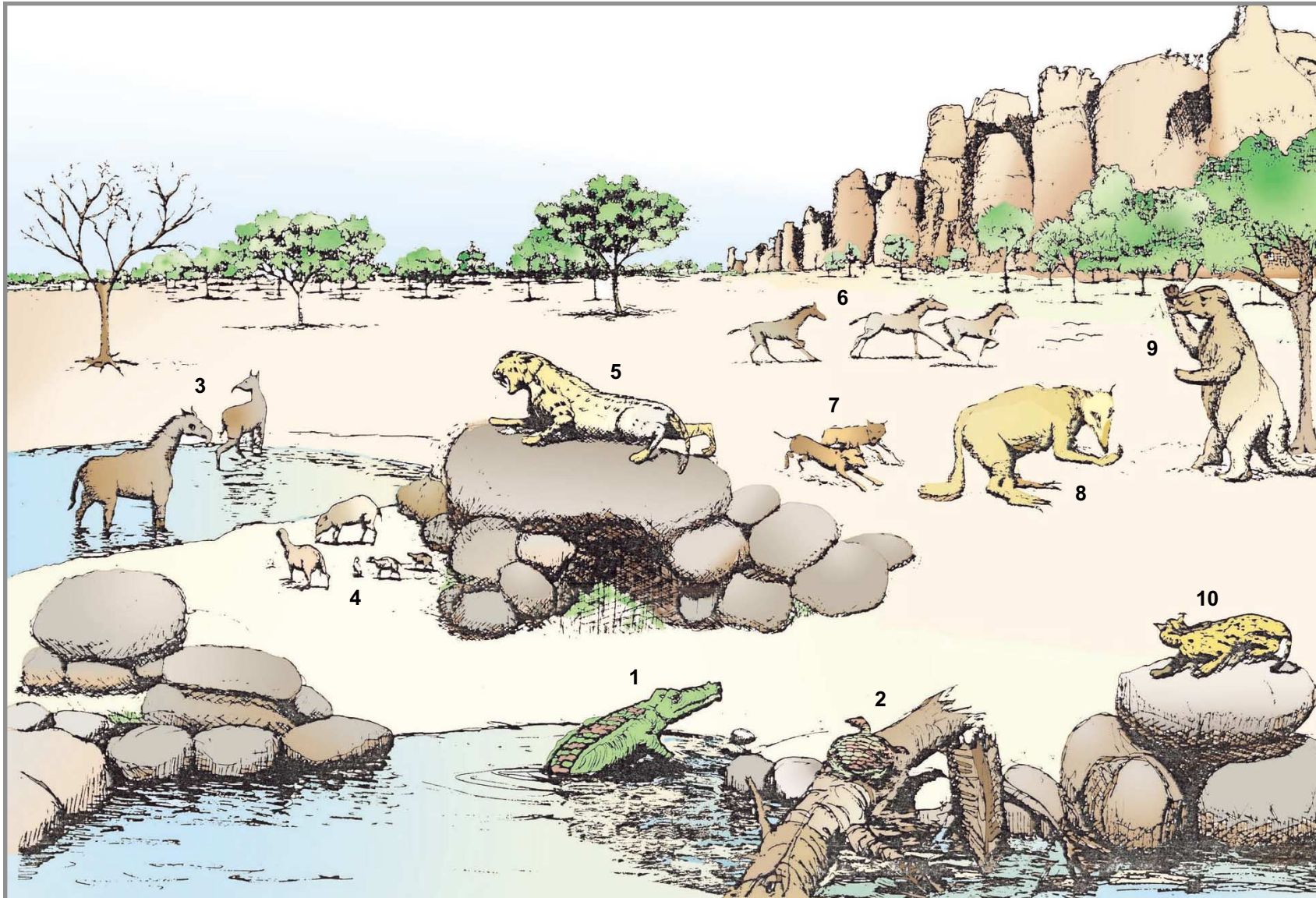
Figura 16.3 – Dentes e mandíbula de *Smilodon* sp. Toca do Pilão, São Raimundo Nonato Piauí. Coleção do Museu do Homem Americano.



Figura 16.4 – Dentes de *Toxodon* sp. Sítio São Vito, São Raimundo Nonato, Piauí. Coleção do Museu do Homem Americano.



Figura 16.5 – Dente molar de *Haplomastodon* sp. Sítio do Garrincha, São Raimundo Nonato, Piauí. Coleção do Museu do Homem Americano.



1 Jacaré -
Caiman crocodilus

2 Tartaruga -
Chelonio sp.

3 Ungulado -
Macrauchenia cf.
patagonica

4 Porco do mato -
Tayassu pecari

5 -Tigre dente de sabre -
Smilodon populator

6 Cavalo -
Equus neogaeus

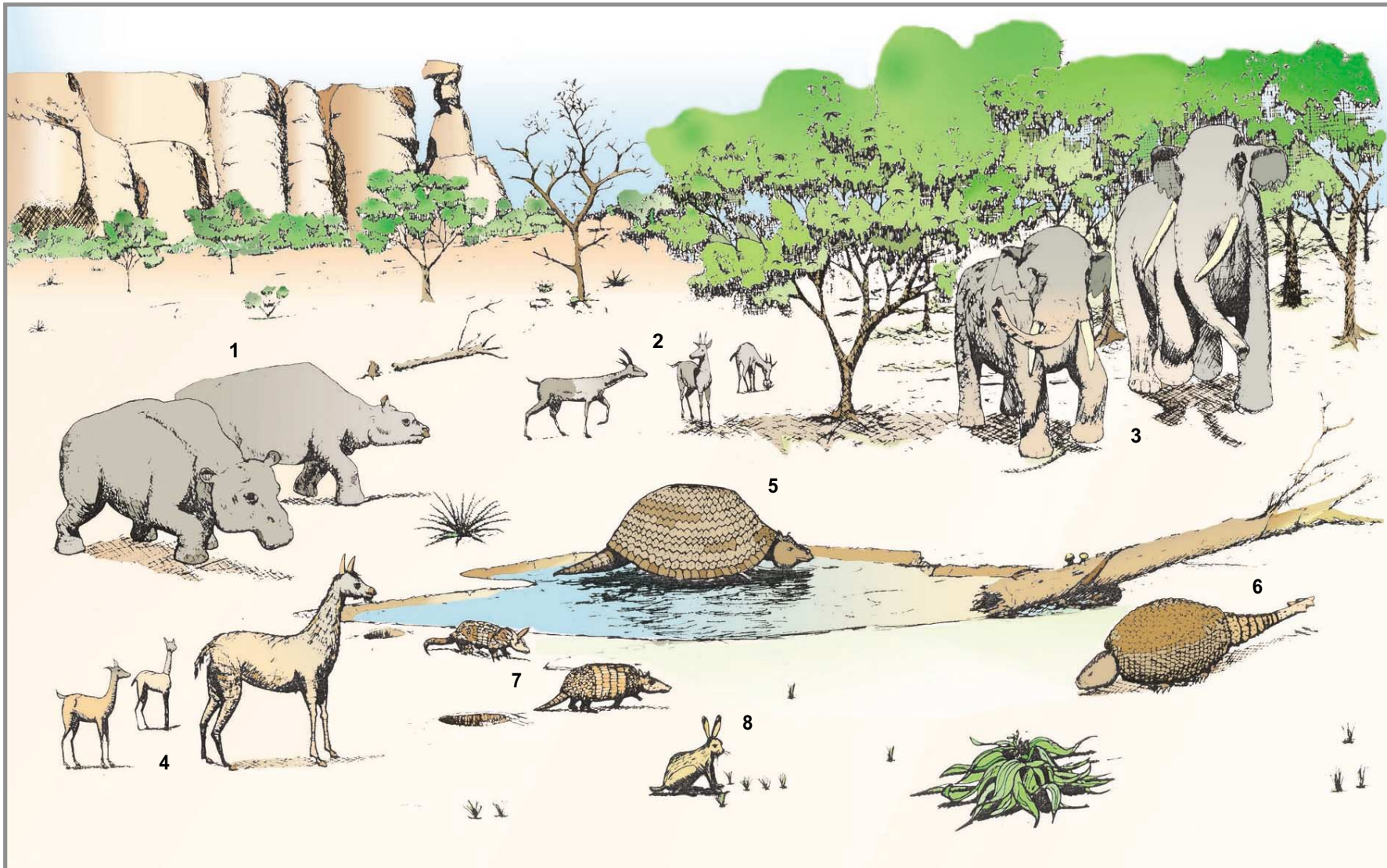
7 Cão gigante -
Protocyon troglodytes

8 Prequiça gigante -
Catonix sp.

9 Preguiça gigante -
Eremotherium sp.

10 Gato selvagem -
Felix sp.

Figura 16.6 – Répteis e mamíferos do Pleistoceno.



1 Notoungulado -
Toxodon sp.

2 - Veado catingueiro -
Mazama sp.

3 - Mastodonte -
Haplomastodon wa-
rringi

4 - Lhama -
Paleolama major

5 Tatu gigante -
Glyptodon sp.

6 - Tatu gigante -
Hoplophorus sp.

7 - Tatu comum -
Dasipodinae

8 - Coelho -
Cuniculus sp.

Figura 16.7 – Mamíferos do Pleistoceno.



Figura 16.8 – Figuras com penachos na cabeça, em práticas rituais, com um elemento maior e destacado na frente. Na composição há animais de caça, em movimento. Sítio do Baixão da Vaca, Parque Nacional da Serra da Capivara, São Raimundo Nonato, Piauí.



Figura 16.9 – Figuras masculina e feminina e as diferenças anatômicas simbolizadas por protusão exagerada no homem e um círculo vazado na mulher. Toca Boqueirão do Sítio Pedra Furada, Parque Nacional da Serra da Capivara, São Raimundo Nonato, Piauí.



Figura 16.10 – Figuras humanas organizadas em atos rituais. Superposição de representações de animais, como cervídeos e jacarés destacados com pigmento branco e de jogos sexuais em pigmento azul. Toca do Boqueirão do Sítio Pedra Furada, Parque Nacional da Serra da Capivara, São Raimundo Nonato, Piauí.



Figura 16.11 – Cena com várias figuras humanas em atividades lúdicas coletivas, com braços e pernas em movimento e órgãos sexuais eretos. Toca do Chico Coelho, no baixão do Perna, Parque Nacional da Serra da Capivara, São Raimundo Nonato, Piauí.

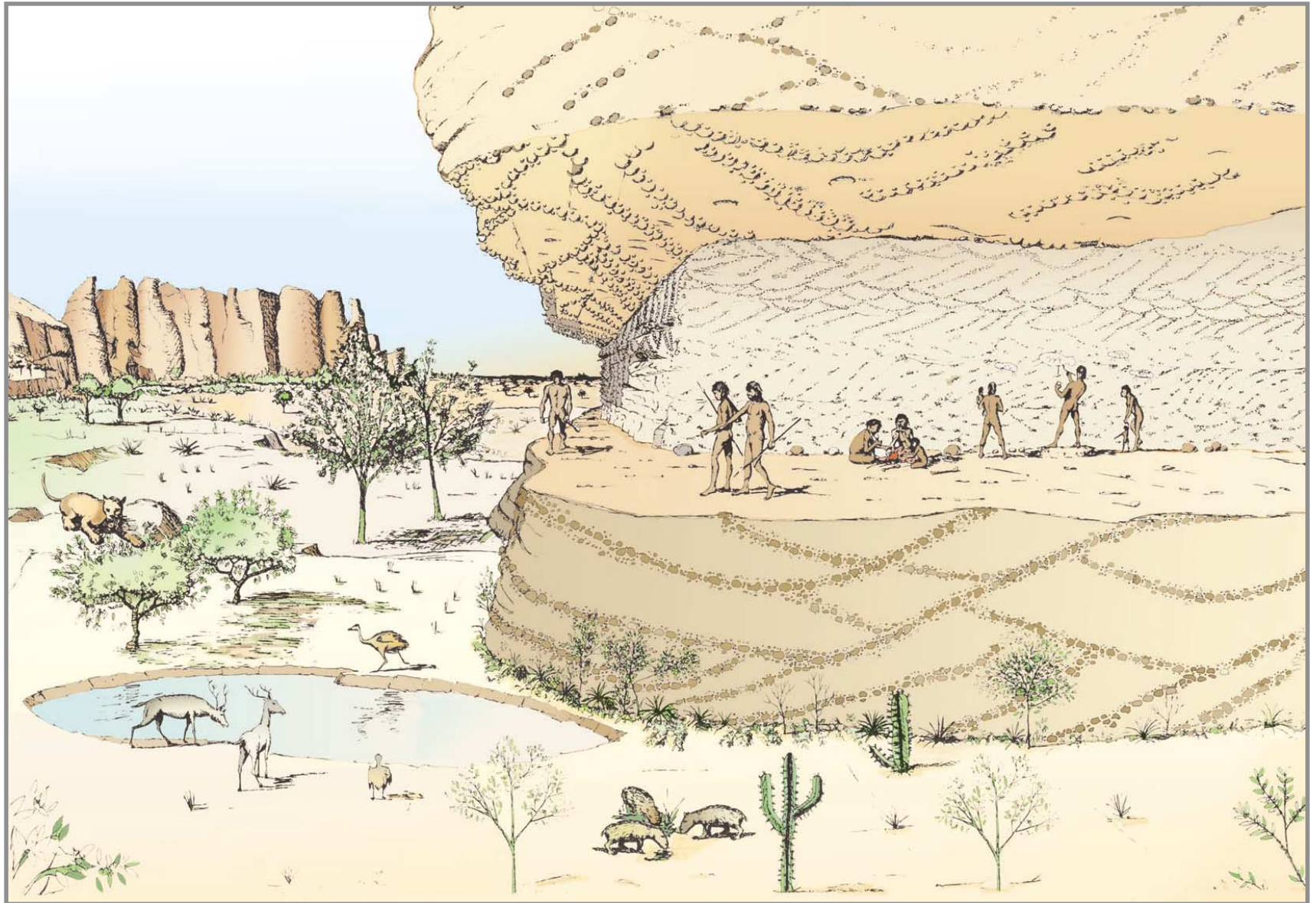


Figura 16.12 – Rochas do Grupo Serra Grande, abrigo de homens pré-históricos.

17

CONCLUSÕES

1 - A evolução da Bacia do Parnaíba, situada em área de cráton, acompanhou os processos e as mudanças do Supercontinente do Gondwana, onde estava localizada. O início dos processos geológicos foi no Siluriano, quando estava muito próxima do Pólo Sul.

A deriva do supercontinente em direção ao Equador causou na bacia modificações das estruturas tectônicas internas. No Paleozóico, estas são correlacionadas com fases orogênicas clássicas, identificadas em outros continentes. Marcam discordâncias que delimitam as seqüências deposicionais. No Mesozóico, com a ruptura dos blocos Sul-americano e africano, a estruturação foi relacionada com o desenvolvimento da Margem Continental Brasileira com formação da Bacia do Grajaú. Fechando este ciclo de deposição relacionado com a evolução da margem, ocorre, no Cenomaniaco, a cobertura da Bacia marginal de São Luís.

Na Bacia do Parnaíba, as camadas das fases transgressivas são preservadas, pois cada estrato foi coberto por superposições de sedimentos mais novos. O início das fases regressivas, que se situam no final de cada ciclo, a partir do Carbonífero Superior, não estão preservadas. Os topos dos sedimentos foram expostos e erodidos.

2 - No Siluriano, os processos geológicos preponderantes foram de sedimentações fluviais de

alta energia, reflexo de mudanças climáticas e degelos conseqüentes às migrações e rotações de centros de glaciação.

Havia um ecossistema marinho situado na faixa da Província Malvinocráfica, com microorganismos planctônicos, os acritarcas são considerados afiliados às algas e os quitinozóários colocados entre os protozoários de hábito nerítico e raros graptólitos, sem registros de macrofaunas bentônicas.

3 - No Devoniano, ocorreram as mais extensas transgressões marinhas no continente sul-americano. Após uma discordância de caráter continental, correspondente ao Eodevoniano, e correlacionada à Orogênese Caledoniana, está registrada uma seqüência transgressiva no Eifeliano, que conectou as bacias do Amazonas, Parnaíba e Paraná com a margem oeste da América do Sul e o cráton oeste africano.

No ciclo transgressivo/regressivo de idade eifeliana/givetiana, os ecossistemas são marinhos rasos de plataforma epicontinental, diferenciados pela distância à linha de costa, em associações bentônicas de região litorânea, plataforma interna proximal e plataforma interna distal. As afinidades biogeográficas são malvinocráficas, de climas frios, com mistura de gêneros das províncias Americana Oriental de clima temperado e do Velho Mundo, de clima tropical.

4 - No Eocarbonífero, a ocorrência situada em posição estratigráfica mais antiga corresponde a um ecossistema de plataforma marinha litorânea. As afinidades são com a Província biogeográfica de Tétis.

A segunda ocorrência é de um ecossistema terrestre litorâneo, com uma flora de plantas higrófilas, com gêneros endêmicos. Apresentam características de clima temperado a frio, seco a árido, e as afinidades são com o Reino Paracas, do Peru.

Uma discordância regional, correlacionada com a Orogenia Eoherciniana é registrada entre o Carbonífero Inferior e o Superior.

5 - A seqüência de Neocarbonífero é iniciada com exposição subaérea e formação de dunas eólicas, indicações nitidamente regressivas. Nestes ambientes desérticos, os indícios de vida são perfurações de icnofósseis em dunas eólicas.

No topo do Neocarbonífero, ocorre um intervalo transgressivo, com um ecossistema marinho, em plataforma carbonática de laguna rasa. As assembleias de invertebrados indicam biodiversidade de latitude tropical, e as afinidades são com a província biogeográfica de Tétis.

6 - No Permiano, as fases regressivas da seqüência inferior são em ambientes continentais desérticos e climas áridos. Intercalados aos corpos arenosos de dunas eólicas, ocorrem estromatólitos situados em níveis carbonáticos, que são os registros de ecossistemas peculiares.

Para o topo, ocorre um evento transgressivo com ecossistema lacustre e áreas marginais úmidas. Os fósseis são troncos de madeiras silicificadas, e fauna de anfíbios labirintotes e peixes, com afinidades com a Província Biogeográfica Euro-americana.

Apresentam o maior índice de gêneros endêmicos do Paleozóico. No Permiano, estavam em paleolatitudes de biodiversidade na faixa tropical. É provável que na inter-relação ecologia-evolução, o isolamento nestes ecossistemas terrestres e aquáticos sem conexão marinha foi favorável à maior pressão macroevolutiva.

Estas condições propícias à vida foram encerradas com novo rigor de aridez no clima, que extinguiu as florestas e as preservou por silicificação.

7 - No Triássico e Jurássico a bacia permaneceu emersa, e não são registrados vestígios de vida.

8 - No Mesozóico os principais elementos estruturais estão associados à ruptura do bloco afro-brasileiro e à conseqüente evolução do rifte atlântico, atuando primeiro na Margem Continental Leste e progressivamente, na continuidade na for-

mação da Margem Atlântica Sul Equatorial. Deu origem às bacias do Grajaú e São Luís.

9 - No Eocretáceo (Barremiano), um ecossistema terrestre desértico tem registro de pegadas de dinossauros saurópodos em dunas eólicas. Em ecossistema lacustre, houve a preservação dos peixes *Lepidotes* e de conchostráceos. Esta fauna correlaciona no Eocretáceo, as bacias do Grajaú, Recôncavo, Tucano, Jatobá e as pequenas bacias do interior.

10 - Em seqüência carbonática foi reconhecido, na seção inferior de idade Aptiano, um ecossistema lacustre contendo a planta *Nymphaeites* de clima tropical a subtropical. Da fauna são citados o peixe *Dastilbe* e os insetos hemípteros, terrestres e alados que viviam próximo às margens.

Do topo da seção carbonática, do Albiano Inferior, ocorrem vertebrados representados por uma ictiofauna com elevado número de gêneros endêmicos. Esta constitui um evento biológico de expressão regional, pois ocorre na mesma linha de tempo, nas bacias do Grajaú, do Araripe e Sergipe/Alagoas. Sua expansão alcançou as faunas marinhas da Venezuela.

O conjunto seria tolerante a variações periódicas de salinidade e habitaria um ecossistema com circulação de estuário. Os peixes têm dominância de animais carnívoros e estavam na mesma cadeia alimentar, em coevolução.

As afinidades da ictiofauna são com as famílias que habitaram no Jurássico os mares epicontinentais da Província biogeográfica do Tétis.

11 - No Albiano Inferior, os ambientes preponderantes são continentais. Em um ecossistema lacustre a fauna é composta por répteis de beira d'água como crocodilos e habitantes do meio aquático, peixes e bivalvíos. Representantes da fauna terrestre são os dinossauros. Eventuais entradas de braço de mar deram ecossistemas marinhos litorâneos, com faunas bentônicas de invertebrados.

13 - No Cenomaniano, a sedimentação foi na atual região do litoral, sobre a cobertura da Bacia de São Luís. De ecossistemas marinhos litorâneos são as faunas de invertebrados bentônicos com gêneros cosmopolitas, de conexão com as bacias da margem leste do Brasil e da costa ocidental da África. Peixes de água doce da mesma associação indicam correlação com a África.

Os habitantes de ecossistemas terrestres foram os répteis, com indícios representados por dentes e ossos principalmente de dinossauros herbívoros e carnívoros. Suas afinidades eram com gêneros da região do norte da África. Troncos de madeiras

fósseis indicam uma cobertura florestal. Neste ambiente, houve trânsito intenso de manadas de dinossauros herbívoros e carnívoros, que ali deixaram suas pistas. O clima tropical seria quente e árido, com fases úmidas para a formação da cobertura vegetal.

14 - No Plioceno, nesta região geográfica, predominava na área um ecossistema equivalente ao da Floresta Atlântica. Era uma floresta tropical úmida, pouco fechada, composta por dois estratos, um arbóreo e outro arbustivo. Em ecossistemas lacustres ocorreram pequenos peixes Characiformes, Perciformes e Clupeiformes.

15 - No Pleistoceno, a paisagem neotropical era de um ecossistema de savanas com tufos de arbustos, recortada por zonas florestais, e o clima era mais úmido do que o atual. Na fauna de grandes mamíferos, os carnívoros dominavam, havia abundância de onívoros e poucos herbívoros.

16 - O último registro é o do homem pré-histórico, que ocupou a região, entre quarenta e seis mil a sete mil anos. Nos paredões naturais das rochas silurianas usadas como abrigo, gravou, em belas e alegres pinturas rupestres, o seu cotidiano, durante um tempo onde o clima era mais ameno e a vegetação mais abundante.

18

LOCALIDADES FOSSILÍFERAS

As principais localidades fossilíferas que ocorrem na área do Projeto foram plotadas em mapa escala 1: 2.500.000 segundo a disposição das Folhas da Carta do Brasil na escala 1: 500.000 (Figura 18.1) e listadas por idade, do período Siluriano ao Cretáceo (Figuras 18.2, 18.3, 18.4, 18.5, 18.6). Os números seguem a ordem das folhas e são assinalados os fósseis descritos ou apenas citados. A nomenclatura usada para os fósseis, os números das coleções e as coordenadas geográficas, quando citadas, são dos trabalhos referenciados.

Algumas localidades foram transcritas do “Projeto Localidades Fossilíferas” realizado por paleontólogos do Setor de Paleontologia da DGM/DNPM com coordenação do geólogo Diógenes de Almeida Campos. Outras informações, além da bibliografia consultada, foram obtidas da Base PALEO, a Base da Dados Paleontológicos da CPRM.

Os fósseis são registrados pelos grandes grupos assinalados para cada período geológico. Os Palinomorfos englobam pólenes, esporos, acritarcas, quitinozoários, diatomáceas, tasmanáceas, variedades de foraminíferos, algas, dinoflagelados e escolecodontes.

Para cada período foram elaboradas tabelas resumindo os grupos de fósseis encontrados nas formações (Tabelas. 18.1, 18.2, 18.3, 18.4, 18.5). Os

números entre parênteses após os nomes dos fósseis, referem-se ao número da localidade fossilífera apresentada no texto.

Abreviaturas:

BfB - Serviço Geológico- Bundesanstalt fur Bodenforschung - Hannover

CENPES/PETROBRAS - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Miguez. Petróleo Brasileiro S/A.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DBVA-UERJ - Departamento de Biologia Animal e Vegetal - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

DG-CT-UFPE - Departamento de Geologia do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco

DG-UFRJ - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

DG-USP - Departamento de Geologia, Universidade de São Paulo

LE - Livro de Entrada - Setor de Paleontologia DGM/DNPM

MCT/DNPM-RJ - Museu de Ciências da Terra, Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio de Janeiro



As ocorrências dos fósseis seguem a distribuição das Folhas da Carta do Brasil.

Figura 18.1 – Folhas da Carta do Brasil. Escala 1:500.000.

MN - Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro

MP - Museu Paranaense, Curitiba

MP - UFRGS - Museu de Paleontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

MPEG - Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém

Pz. UERJ - Coleção Paleozoológica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

SGMB - Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil

SP/DGM/DNPM - Setor de Paleontologia/Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional da Produção Mineral

18.1 Listagem das Localidades Fossilíferas

Siluriano

Folha São Luís SO - SA.23-Y (02 00'-04°00'S e 45°00' - 48°00'W)

1 - Furo de Sondagem 1BJ-1PA (PETROBRAS)

Localidade - Badajós, Ipixuna do Pará, PA (02°30'S-47°75'W)

Formações - Tianguá/Jaicós

Idade - Siluriano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarcas, esporos e graptólitos: *Monograptus*

Referência - Caputo & Lima, 1984: 743, Fig. 4

2 - Furo de Sondagem 2PM-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Pindaré-Mirim, MA (03°38'S- 45°24'W)

Formações - Tianguá / Jaicós

Idade - Siluriano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários: *Conochitina dolosa*; Acritarcas: *Veryhachium carminae*, *V. trispinosum*, *V. rabiosum*, *Leiofusa striatifera*

Referência - Brito & Santos, 1965:9; Brito 1967b: 475; Daemon, 1976: 190; Quadros, 1982: 42, 46, 48, 49, Fig. 4, 8, 9, est. 3, Fig. 9, est.5, Fig. 20, est. 6, Fig. 28, 29, 30; Caputo & Lima, 1984 Fig. 8

3 - Furo de Sondagem 2SL-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Santa Luzia, MA (03°59'S – 45°39'W)

Formações - Tianguá/Jaicós

Idade - Siluriano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários: *Desmochitina* sp., *Cyatochitina* sp; Acritarcas: *Leiofusa bersnerga*, *L. striatifera*, *Veryhachium rabiosum*, *V. trispinosum*, *Micrhystridium stellatum*

Referência - Quadros, 1982: 43, 45, 46, 48, 49, figs. 4, 6, 10, est. 3, Fig.11, est. 5, Fig.19, 20

Folha São Luís SE - SA. 23-Z (02 00' e 04°00'S-42°00' e 45°00'W)

4 - Furo de Sondagem - 2VG -1MA (PETROBRAS)

Localidade - Vargem Grande, Presidente Vargas, MA (03 32'S-43°53'W)

Formações - Tianguá e Jaicós

Idade - Siluriano

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas: *Baltisphaeridium* sp., *Dactylofusa maranhensis*

Referência - Brito & Santos, 1965: 12-13; Brito 1967b: 476; Quadros, 1982: 45, est. 4, Fig. 16, 18

Folha Teresina NO - SB. 23-V (04 00' e 06°00'S-45°00' e 48°00'W)

5 - Furo de Sondagem 2IZ -1MA (PETROBRAS)

Localidade - Imperatriz, MA (05°31'S-47°29'W)

Formação - Jaicós

Idade - Siluriano

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas: *Micrhystridium stellatum*, *Veryhachium trispinosum*

Referência - Quadros, 1982: 40, 45, 48, 49, figs. 5, 7, 12, est.4, Fig. 17, est. 6, Fig. 30

6 - Furo de Sondagem 2NG-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Norte de Grajaú, MA (05°48'S-46°07'W)

Formação - Jaicós

Idade - Siluriano

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas: *Baltisphaeridium* sp., *Veryhachium trispinosum*, *Micrhystridium stellatum*

Referência - Quadros, 1982: 45, 48, Fig. 4, 5, 11, est. 4, Fig. 16, 17, est. 6, Fig. 30

7 - Furo de Sondagem 1PA-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Palestina, Altamira do Maranhão, MA (04°10'S-45°39'W)

Formações - Tianguá/Jaicós

Idade - Siluriano

Fósseis - Palinomorfos

Referência - Caputo & Lima, 1984, Fig. 4

Folha Teresina NE - SB.23-X (04°00' e 06°00'S-42°00' e 45°00'W)

8- Furo de Sondagem 1PD-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Presidente Dutra, MA (05°18'S-44°34'W)
Formações - Tianguá e Jaicós
Idade - Siluriano
Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e acritarcas
Referência - Caputo & Lima, 1984, Fig. 4

9 - Furo de Sondagem 1MA-1PI (PETROBRAS)

Localidade - Meruoca, José de Freitas, PI (04°49'S-42°47'W)
Formações - Tianguá e Jaicós
Idade - Siluriano
Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários: *Cyatochitina* sp.
Referência - Quadros, 1982: 443, est. 3, Fig. 10

Folha Teresina SO - SB. 23-Y (06°00' e 08°00'S - 45°00' e 4°00'W)

10- Furo de Sondagem 1TB-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Testa Branca, Balsas, MA (07°25'S-46°05'W)
Formações - Tianguá e Jaicós
Idade - Siluriano
Fósseis - Palinomorfos:
Referência - Quadros, 1982, Fig. 4, 10

11 - Furo de Sondagem 1RB-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Ribeirãozinho, Balsas, MA (08°17'S-46°04'W)
Formações - Tianguá e Jaicós
Idade - Siluriano
Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários: *Ancyrochitina ancyrea*; Acritarcas: *Micrhystridium stellatum*, *Veryhachium trispinosum*, *V. rabiosum*
Referência - Quadros, 1982: 40, 45, 48, Fig. 4, 10, est. 1, Fig. 2, est.4, Fig. 17; est. 6, Fig. 29, 30

Folha Teresina SE - SB. 23-Z (06°00' e 08°00'S-42°00' e 45°00'W)

12 - Furo de Sondagem 1MD-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Mirador, MA (06°23'S-44°17'W)
Formações - Tianguá e Jaicós
Idade - Siluriano
Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas: *Veryhachium rabiosum*, *V. trispinosum*
Referência - Quadros, 1982: 48, Figura 5, est. 6, Fig. 29, 30

13 - Furo de Sondagem 1FL-1PI (PETROBRAS)

Localidade - Floriano, PI (06°27'S-42°48'W)
Formações - Tianguá e Jaicós

Idade - Siluriano
Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarcas: *Veryhachium rabiosum*; miósporos
Referência - Quadros, 1982: 48, Fig. 5, 11, est. 6, Fig. 29; Caputo & Lima, 1984, Fig. 4

Folha Rio São Francisco NO - SC.23-V (08°00' e 10°00'S-45°00' e 48°00'W)

14 - Furo de Sondagem 1TM-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Riacho Tem Medo, Balsas, MA (08°42'S-46°54'W)
Formações - Tianguá e Jaicós
Idade - Siluriano
Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas: *Baltisphaeridium* sp., *Micrhystridium stellatum*, *Veryhachium rabiosum*, *V. trispinosum*
Referência - Quadros, 1982: 45, 48, 49, Fig. 4, 10, est. 4, Fig. 16, 17, est.6, Fig. 29, 30

15 - Furo de Sondagem 1FM-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Fazenda do Meio, Tasso Fragoso, MA (08°15'S-46°05'W)
Formações - Tianguá e Jaicós
Idade - Siluriano
Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas: *Micrhystridium stellatum*
Referência - Quadros, 1982: 45, Fig. 4, 10, est. 4, Fig. 17

Devoniano

Folha São Luís SO - SA.23-Y (02°00' e 04°00'S - 45°00' e 48°00'W)

1 - Furo de Sondagem - 2 PM-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Pindaré-Mirim, MA (03°38'S- 45°24'W)
Formações - Jaicós, Itaim, Pimenteira, Cabeças e Longá
Idade - Devoniano (Emsiano ao Fameniano)
Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, Acritarcas e Esporos (MN 5231-I)
Referência - Brito, 1967b: 477-478, Daemon, 1974: 551, 568, est. 1, Fig. 6, est. 6, Fig. 7-8, est. 7, Fig. 1; Quadros, 1982: 21, 41-43, 45-51, est. 2, Fig. 5, 7, est. 3, Fig. 12, est.4, Fig. 16, 17, est. 5, Fig. 22, est. 6, Fig. 27, 29, 30, est. 7, Fig. 32 a 37; Cruz & Quadros, 1985; Loboziak *et al.*, 1992: 216-219, 224

2 - Furo de Sondagem - 2 SL-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Santa Luzia, MA (03°59'S - 45°39'W)
Formações - Jaicós, Itaim, Pimenteira, Cabeças
Idade - Devoniano (Emsiano ao Fameniano)

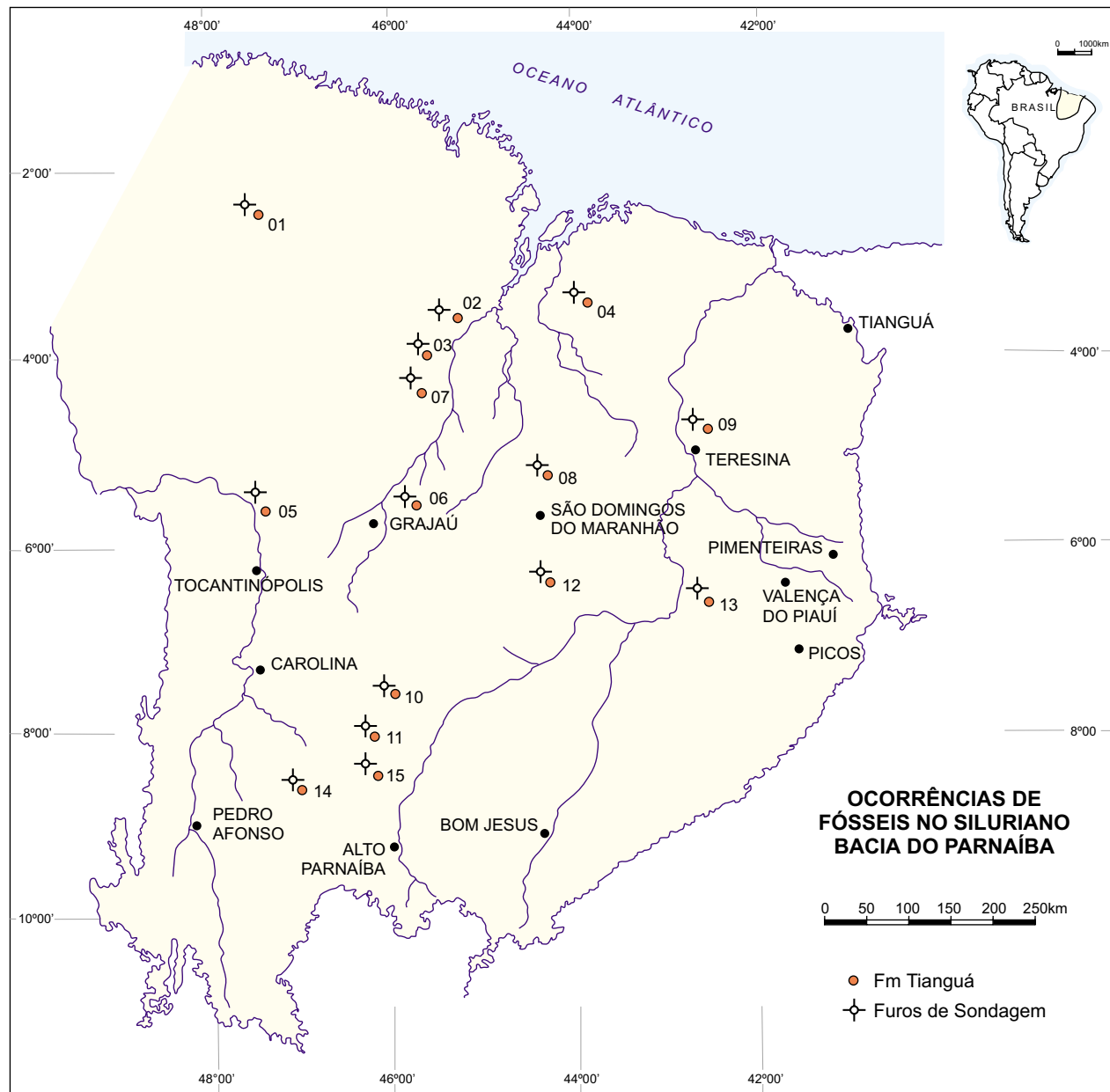


Figura 18.2 – Ocorrências de Fósseis no Siluriano.

Tabela 18.1 – Ocorrências de Fósseis no Siluriano.

SILURIANO	
FÓSSEIS	FORMAÇÕES
	TIANGUÁ/JAICÓS
PALINOMORFOS	Quitinozoários (1, 2, 3, 8, 9, 11,13)
	Acritarcas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 11,12,13,14,15)
	Esporos (1)
	Graptólitos - <i>Monograptus</i> (1)
HEMICORDADOS	Graptólitos - <i>Monograptus</i> (1)

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, Acritarcas; Algas: *Protosalvinia*; Icnofósseis: “*Zoophycos*”
Referência - Carozzi *et al.*, 1975: 22; Quadros, 1982: 40-43, 45-51

Folha São Luís SE - SA.23-Z (02°00' e 04°00'S-42°00' e 45°00'W)

3 - Furo de Sondagem - 2VG-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Vargem Grande, Presidente Vargas, MA (03°32'S-43°53'W)
Formações - Itaim, Pimenteira, Cabeças e Longá
Idade - Devoniano (Eifeliano ao Fameniano)
Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e Acritarcas; Icnofóssil: *Crossocorda maranhensis* (DGM 4945-I)
Referência - Kegel, 1966:31-32, foto 10-11; Quadros, 1982: 40, 45, est. 1, Fig. 3; est. 4, Fig. 16; Campos, 1985: 33.

4 - Furo de Sondagem - 1UN-30-PI (CPRM)

Localidade - Anapurus, MA (03°40'S-43°06'W)
Formação - Cabeças (Givetiano ao Frasniano)
Idade - Devoniano
Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e esporos
Referência - Leite *et al.*, 1975, v. 3 (FAH 005, 008, 010)

5 - Furo de Sondagem - 1UN-24-PI (CPRM)

Localidade - Buriti, MA (03°54'S-42°56'W)
Formação - Longá
Idade - Devoniano (Fameniano)
Fósseis - Palinomorfos: Pólenes, esporos e cutículas vegetais
Referência - Leite *et al.*, 1975, v.3 (FAG-862, JQ-25)

Folha Fortaleza SO - SA.24-Y (02°00' e 04°00'S - 40°00' e 42°00'W)

6 - Rosário

Localidade - 10km NE de Rosário, estrada Buriti dos Lopes-Esperantina, Caraúbas do Piauí, PI (03°38'S-41°50'W)
Formação - Longá
Idade - Devoniano (Fameniano)
Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, Acritarcas, Esporos e cutículas vegetais
Referência - Lima & Leite, 1978, v. 16 (AS-043, FAZ-320)

7 - Piracuruca

Localidade - Passagem do Piqui, rio Piracuruca, Piracuruca, PI

Formação - Longá

Idade - Neodevoniano (Fameniano)

Fósseis - Icnofósseis: Rastos (DGM 427-LE)

Referência - Catálogo de Fósseis (LE) - SP/DGM/DNPM

8 - Alto Alegre

Localidade - BR-222, 24,5km NE de Alto Alegre, São João da Fronteira, PI (03°54'S-41°14'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano (Eifeliano ao Fameniano)

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e esporos
Referência - Lima & Leite, 1978, v. 16 (FF-180, FAS-311)

Folha Araguaia SE - SB.22-Z (06°00' e 08°00'S-48°00' e 51°00'W)

9 - Santo Antoninho

Localidade - Povoado à margem direita do rio Araguaia, TO, defronte à vila Santa Isabel do Araguaia, PA

Formação - Pimenteira (lato sensu)

Idade - Eodevoniano

Fósseis - Braquiópodos: *Chonetacea indet.*, *Spiriferacea indet.* “*Australocoelia*”.

Referência: Barbosa *et al.*, 1966:16; Melo, 1985: 143-144a, 239-240a; Melo, 1988: 698

10 - Carmolândia

Localidade - 6,4km de Troca Tapa, em direção à Carmolândia, Araguaia, TO (07°09'S- 48°21'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas, esporos, cutículas vegetais, traqueídeos

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 16 (EF-145, 145b, FAR-964, 965)

Folha Teresina NO - SB.23-V (04°00' e 06°00'S-45°00' e 48°00'W)

11 - Furo de Sondagem 2IZ-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Imperatriz, MA (05°31'S - 47°29'W)
Formações - Itaim, Pimenteira, Cabeças e Longá
Idade - Devoniano (Emsiano - Fameniano)
Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarcas e esporos (MN 5234-I)
Referência: Brito, 1967b: 476; Daemon, 1974: 570, 573-576, est. 4, Fig. 2-3; est. 5, Fig. 1; est. 6, Fig. 6; Quadros, 1982: 20, 39-42, 44-51, est. 1 Fig. 1 a 4, est. 2 Fig. 5 a 7, est. 4 Fig. 15, 17, est. 5 Fig. 22, est. 6 Fig. 26, 27, 30, est. 7 Fig. 32, 33, 35 a 37.

12- Furo de Sondagem 1PA-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Palestina, Altamira do Maranhão, MA (04°10'S-45°39'W)
 Formação - Cabeças
 Idade - Devoniano
 Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarcas e esporos
 Referência - Loboziak *et al.*, 1992: 216, 218

Folha Teresina NE-SB. 23-X (04 00' E 06 00'S-42 00' E 45 00'W)

13 - Furo de Sondagem 1UN-04-PI (CPRM)

Localidade - Miguel Alves, PI (04°09'S-42°56'W)
 Formação - Longá
 Idade - Devoniano (Fameniano)
 Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas, cutículas vegetais, fragmentos de tecido condutor de pteridófitas e *Tasmanites*.
 Referência: Cruz *et al.*, 1973b, v.2 (FAB 274, 275); Leite *et al.*, 1975, v.3

14 - José de Freitas

Localidade - Sondagem José de Freitas, PI
 Formação - Longá
 Idade - Neodevoniano (Fameniano)
 Fósseis - Braquiópodos: *Orbiculoidea* e *Chonetes*.
 Referência - Kegel, 1953:39; Melo, 1985: 66a, 71a, 143-144a

15 - Campo Maior

Localidade - Lagoa do Cajueiro, sudeste de Campo Maior e pedreiras da Fazenda Boa Nova, rodovia Campo Maior-Barras, perto de Campo Maior, PI
 Formação - Longá
 Idade - Devoniano (Fameniano)
 Fósseis - Icnofósseis: Impressões de algas e orifícios de vermes; *Bifungites cruciformes* (DG-CT-UFPE 2662 a 2664), *Rusophycus* aff. *pubicum* (DG-CT-UFPE 2665 e 2666); *Rusophycus* isp. A (DG-CT-UFPE 2667a a 2670); *Rusophycus* isp. B (DG-CT-UFPE 2671 a 2673); *Rusophycus piauiensis* (DG-CT-UFPE 2674 a 2676); *Rusophycus* isp. C (DG-CT-2650); *Neonereites uniserialis* (DG-CT-UFPE 2677 a 2680); *Sublorenzinia pauciradiata* (DG-CT-UFPE 2681 a 2687); *Palaeophycus* (DG-CT-UFPE 2688 a 2691).
 Referência: Albuquerque & Dequech, 1946:86; Muniz, 1981; Muniz, 1982: 1.305-1.316, est. 1, Fig. 1-12, est. 2, Fig. 1-7.

Folha Teresina SO - SB. 23-Y (06°00' e 08°00'-45°00' e 48°00'W)

16 - Furo de Sondagem - 1CL-1MA do CNP (PETROBRAS)

Localidade - Carolina, MA (07°20' - 47°27')
 Formação - Pimenteira inferior
 Idade - Eodevoniano
 Fósseis - Palinomorfos: Tasmanites; Celenterados: *Ctenoconularia* cf. *C. "undulata"*; Braquiópodos: *Derbyina smithi*, Chonetacea indet., *Eodevonaria* sp., *Lingula* sp., Spiriferacea indet., *Amphigenia* sp.; Biválvios: *Pterinopecten* sp.; *Incertae sedis*: *Tentaculites eldredgianus*, *T. stubeli*, *T. sp.*; Ostracodes: *Bairdia* sp., *Bythocypris* sp., *Primitia* sp.; Trilobita indet.; Crinoidea indet., fragmentos de peixes; restos de plantas (Psilofitales)
 Referência - Kegel, 1953:30-33; Melo, 1985: 41a, 43a, 44a, 109-110a, 143-144a, 239a, 246a, 254-255a; Caputo & Crowell, 1985: 1026; Melo, 1988:697

17 - Furo de Sondagem VG-1R (PETROBRAS)

Localidade - Riachão, SW do MA (07°23'S-46°37'W)
 Formação - Cabeças
 Idade - Mesodevoniano
 Fósseis - Icnofóssil: Grupo Cubichnia (DGM 4940-I a 4943-I)
 Referência - Kegel, 1966: 23-25 (foto 8)

18- Furo de Sondagem 1TB-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Testa Branca, Balsas, MA (07°25'S-46°05'W)
 Formações - Pimenteira, Cabeças e Longá
 Idade - Devoniano (Givetiano-Fameniano)
 Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e miósporos; Icnofóssil: "*Zoophycos*";
 Referência - Carozzi *et al.*, 1975: 22; Quadros, 1982: 40, 44, est. 1, Fig. 3, est. 4, Fig. 14; Loboziak *et al.*, 1992: 218

19 - Palmeirante

Localidade - Margem leste e oeste do rio Tocantins, a 5km de Palmeirante, em frente ao rio Manoel Alves Pequeno (07°51'S-47°55'W)
 Formação - Longá
 Idade - Devoniano (Fameniano)
 Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarcas, esporos, cutículas vegetais e tasmanáceas
 Referência - Lima & Leite, 1978, v. 14 (LA-195, 197, 198, FAR-948, 949, 950)

20 - Furo de Sondagem 1UN-36-PI-05 (CPRM)

Localidade - Craolândia, Goiatins, TO (07°53'S-47°11'W)

Formação - Cabeças

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários bastante fragmentados, fragmentos orgânicos carbonizados

Referência - Leite *et al.*, 1975, v. 3 (FAH-622)

21 - Furo de Sondagem 1RB-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Ribeirãozinho, Balsas, MA (08°17'S-46°04'W)

Formações - Itaim, Pimenteira, Cabeças e Longá

Idade - Eodevoniano/Neodevoniano (Eifeliano - Fameniano)

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e Acritarcas, Icnofóssil: "*Zoophycos*"

Referência - Carozzi *et al.*, 1975: 22, est. 17, Fig. A, B; Quadros, 1982: 39-42, 44, 45-51, est. 1 Fig. 1, 2, 4, est. 2 Fig. 5 a 8, est. 4 Fig. 13, 15, 17, est. 5 Fig. 23, est. 6, Fig. 25, 30, est. 7, Fig. 31, 33, 35 a 37

Folha Teresina SE - SB. 23.Z (06°00' e 08°00'S - 42°00' e 45°00'W)

22 - Elesbão Veloso

Localidade - 8 km W de Elesbão Veloso, PI (06°20'S-42°10'W)

Formação - Longá

Idade - Neodevoniano (Fameniano)

Fósseis - Icnofóssil: *Crossopodia estrellada* (DGM 4434, 4435, 4939-I)

Referência - Albuquerque & Dequech, 1946; Kegel, 1957:9, Fig. 6-8; Kegel, 1966: 13-15, foto 5; Campos, 1985:33

23 - Malhada Grande

Localidade - 1,1km SW de Malhada Grande e 34,5 km NNE de Oeiras, PI (06°42'S-42°06'W)

Formação - Longá

Idade - Devoniano (Fameniano)

Fósseis - Icnofóssil: *Asteriacites* sp. (DGM 5387-I)

Referência - Santos & Campanha, 1970

24 - Floriano

Localidade - Rodovia Floriano-Picos, aproximadamente 60km de Floriano, PI (07°58'S-46°05'W)

Formação - Longá

Idade - Devoniano (Fameniano)

Fósseis - Icnofósseis (DGM 466 e 469-LE)

Referência - Catálogo de Fósseis (LE) - SP/DGM/DNPM

25 - Alto Sereno

Localidade - Próximo à estrada que vai de Oeiras para leste, 1,25km S do Hotel Alto Sereno, PI (07°05'S-42°24'W)

Formação - Longá

Idade - Devoniano (Fameniano)

Fósseis - Icnofóssil: *Asteriacites* sp. (DGM 5388-I)

Referência - Santos & Campanha, 1970

26 - Oeiras

Localidade - Proximidades de Oeiras, PI

Formação - Longá

Idade - Neodevoniano (Fameniano)

Fósseis - Icnofóssil: *Asteriacites* sp. (IG-UFRJ 108)

Referência - Brito, 1977:463, Fig. 2

27 - São Francisco do Piauí

Localidade - Rodovia Floriano-Picos, 1km W do acesso a São Francisco do Piauí, PI (07°10'S-42°30'W)

Formação - Longá

Idade - Neodevoniano

Fósseis - Icnofósseis: rastos de artrópodes e de vermes.

Referência: Projeto Localidades Fossilíferas - SP/DGM/DNPM

28 - Terra Vermelha

Localidade - estrada para Pavuçu, Rio Grande do Piauí, PI

Formação - Longá

Idade - Mesodevoniano

Fósseis - Icnofóssil: *Cruziana* aff. *C. lobosa* (DG-CT-UFPE 2696 e 2697), *Asteriacites stelliforme* (DG-CT-UFPE 2692 a 2695)

Referência - Muniz, 1982: 1308, 1310, est. 2, Fig. 8-10

Folha Jaguaribe NO-SB. 24-V (04 00' e 06 00'S -39 00' e 42 00'W)

29 - Serra do Pedro

Localidade - Vertente oriental da Serra do Pedro, Pedro II, PI

Formação - Cabeças (topo do Membro Passagem)

Idade - Mesodevoniano (Givetiano)

Fósseis - Braquiópodos: *Derbyina*, *Terebratulida* *indet.* (DGM 6135 a 6137-I); *Artropoda* *indet.*, peixes *indet.*

Referência: Kegel, 1953: 29; Melo, 1985: 290a, est. 18, Fig. 3 a 6, Melo, 1988: 698; Catálogo de Invertebrados SP/DGM/DNPM

Obs.: In: Kegel (1953) e Melo (1988) está grafado Serra Pedro Segundo o "Índice dos Topônimos do IBGE" a grafia é Serra do Pedro

30 - Rio Cais

Localidade - margem do rio Cais, 13,4km NE de Castelo do Piauí, estrada carroçável paralela à estrada de ferro, PI (05°15'S-41°23'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e esporos

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 14 (AF-106, FAR-967)

31 - Castelo do Piauí

Localidade - Estrada para fazenda Nova Olinda e Passagem do Saco da Serra, PI

Formação - Pimenteira (lato sensu)

Idade - Eodevoniano-Mesodevoniano

Fósseis - Icnofósseis: "Zoophycos" (= *Spirophyton*) (IG-UFPE 2518), *Phycosiphon* (IG-UFPE 2519)

Referência - Campanha, 1974; Melo, 1988: 697

32 - São Miguel do Tapuio

Localidade - Arredores da cidade de São Miguel do Tapuio: morro do Saquinho, 5 km W do centro da cidade e estrada São Miguel do Tapuio-Novo Oriente, 2,7km de São Miguel; Fazenda Tábua, Fazenda Angélica e N da Fazenda Várzea do Canto, Sul de São Miguel do Tapuio, PI (05°29'S-41°18'W)

Formação - Pimenteira (lato sensu)

Idade - Mesodevoniano a Neodevoniano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, pólenes, esporos e cutículas vegetais, Tasmanaceas, *Spongiophyton* e Escolecodontes; Icnofósseis: *Rusophycus* (IG-UFPE 2520); *Merostomichnites piauensis* (DG-CT-UFPE 3249 a 3251); Biválvios: *Nuculites*; *Incertae sedis*: *Tentaculites*, Braquiópodos: *Derbyina*, *Orbiculoidea*; Celenterado: *Conularia*

Referência - Campanha, 1974; Oliveira & Barros, 1976, V.2 e 3 (JO-35, 45, 59, FAM-856,857,862); Lima & Leite, 1978, v. 14 (JR-134, FAS-330); Muniz, 1988; Melo, 1988: 697

Folha Jaguaribe SO - SB.24-Y (06 00' e 08 00'S -39 00' e 42 00'W)

33 - Pimenteira

Localidade 1 - Sul de Pimenteira, PI

Formação - Itaim

Idade - Eodevoniano (Eifeliano)

Fósseis - Braquiópodos: "*Pholidops*" (DGM 6125, 6126-I); Biválvios: *Nuculites*; Crustáceos: Eurypteri-da indet. e restos vegetais de Psilofitales.

Referência - Kegel, 1953:21; Melo, 1985:47a, est. 1, Fig. 16; Melo 1988: 696.

Localidade 2 - Morro a 11km S de Pimenteira, estrada para Picos, PI

Formação - Pimenteira (parte basal)

Idade - Mesodevoniano (Neoeifeliano-Eogivetiano)

Fósseis - Celenterado: *Mesoconularia africana*; Braquiópodo: *Orbiculoidea* sp., *Derbyina smithi* (DGM 6127-I); Mutationellinae indet. (DGM 6128-I e 6129-I), "*Cranaena*" sp.; Trilobita: *Metacryphaeus* sp. (DGM 6131-I a 6134-I), *Burmeisteria* (DGM 6130-I); Ostracode: *Kloedenia*

Referência - Kegel, 1953:24; Melo, 1985:66a, 71a, 254a, 256a, 283-284a, 296a, 310a, 375a, 377a, est. 15, Fig. 14 a 16, est. 17, Fig. 9 a 12, 21, est. 21, Fig. 8 a 11, est. 25, Fig. 9 a 15, Fernandes, 1985:201-202, Melo, 1988: 697; Carvalho, 1995, est.2; Carvalho *et al.*, 1997.

Localidade 3 - W de Pimenteira e Ponta da Serra, cerca de 13km NNW de Pimenteira e 18km NNE de Oitis, PI

Formação - Cabeças (Membro Passagem)

Idade - Mesodevoniano (Givetiano)

Fósseis - Resina (âmbar); Braquiópodos: Chonetaceae indet., Spiriferacea indet., *Tropidoleptus carinatus* (DGM 6165-I), *Derbyina* sp., *Pustulatia* (?) sp., Braquiópodos indet. (DGM 6170 a 6181-I); Biválvio: Grammysiidae indet. (DGM 6165, 6170, 6180, 6181-I), Trilobita: *Metacryphaeus* sp.; *Incertae sedis*: *Tentaculites* sp., Crinóides.

Referência - Kegel, 1953:29; Oliveira & Barros, 1976, p. 70, v. 1, foto 10-12; Melo, 1985: 83a, 85a, 141-142a, 186a, 224a, 292-293a, 365a, est. 7, Fig. 16-17, est. 8, Fig. 1-2; est. 10 Fig. 20; est. 18 Fig. 1-2, 7 a 12, 14; est. 19 Fig. 1-2, est. 20 Fig. 1-2; est. 29, Fig. 4, 7; Fonseca & Melo, 1987: 509, 511, 518, Fig. 1, Viana *et al.*, 2001.

34 - Oitis

Localidade 1 - Margem do rio Sambito, estrada para São Bento, próximo (W) de Pimenteira, PI (06°15'S - 41°32'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Esporos e cutículas vegetais

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 14 (AT 111a, FAT-072)

Localidade 2 - Imediações de Oitis, rodovia Valença do Piauí-Pimenteira, PI.

Formação - Cabeças

Idade - Mesodevoniano (Givetiano)

Fósseis - Braquiópodos: *Pleurochonetes*; Trilobita: *Metacryphaeus* sp. (MCT 6822 a 6824-I)

Referência - Fonseca, 1994; Carvalho, 1995: 55-61, est. 4, Fig. 6; Carvalho *et al.*, 1997; Catálogo de Invertebrados SP/DGM/DNPM

35 - Coqueiro

Localidade - Rodovia Valença do Piauí-Aroazes, 9,3km S de Aroazes, PI (06°11'S-41°50'W)

Formação - Longá

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, esporos

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 14 (AT -90, FAR-978)

36 - São José/ Campo Largo

Localidade - BR- 316, 27,3km e 29,4km NW de Valença do Piauí, PI (06°15'S-41°57'W)

Formação - Longá

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e esporos

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 14 (AT-81, 83, FAR-979, 980)

37 - Fazenda Barreiras

Localidade 1 - Estrada Elesbão Veloso-Valença do Piauí, Valença do Piauí, PI.

Formação - Longá (Parte inferior)

Idade - Neodevoniano (Fameniano)

Fósseis - Braquiópodos: *Lingula*, *Orbiculoidea*; "*Schuchertella*" sp. (DGM 6201-I a 6204-I); Biválvios: *Solemya (Janeia)* (?) sp. (DGM 6205-I); (?) Modiomorphidae (DGM 6206-I a 6210-I); Trilobita: *Metacryphaeus* sp. (DGM 5566-I); Ostracode: *Kloedenia*, *Primitia*; *Incertae sedis*: *Tentaculites*; restos de peixes

Referência - Kegel, 1953:39; Carvalho & Melo, 1984: 43; Melo, 1985: 41a, 44a, 66a, 71a, 103-104a, 376a, 378a, est. 6, Fig. 1-10; est. 22 Fig. 5 a 9; est. 28, Fig. 10 a 21; est. 29, Fig. 1; Carvalho, 1995, est. 6 Fig. 1-2

Localidade 2 - Rodovia Valença do Piauí-Teresina, aproximadamente 46km de Valença do Piauí, PI.

Formação - Longá

Idade - Mesodevoniano

Fósseis - Icnofósseis: bióglifos (DGM 458-LE); rastos de vermes (?) *Crossopodia estrellada* (DGM

459-LE); *Conichnus conicus* (DG-CT-UFPE 2698 a 2701)

Referência: Muniz, 1982: 1311, est. 2, Fig. 12-13; Catálogo de Fósseis (LE) - SP/DGM/DNPM

38- Novo Oriente do Piauí

Localidade - Estrada Novo Oriente-Aprazível, 8,6 km NW de Novo Oriente do Piauí, PI (06°24'S-41°57'W)

Formação - Longá

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, esporos, cutículas vegetais, traqueídeos, tasmanáceas

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 14 (CG-196, FAR-985)

39 - Estrada Picos-Teresina

Localidade 1 - BR 316, 317,5km, Picos, PI

Formação - Pimenteira

Idade Devoniano

Fósseis - Icnofóssil: Bióglifos (DGM 544-LE)

Referência - Catálogo de Fósseis (LE) - SP/DGM/DNPM

Localidade 2 - À direita da BR-316, 307km, W de Picos, PI

Formação - Cabeças

Idade - Mesodevoniano (Eogivetiano)

Fósseis - Icnofóssil; Bióglifos (DGM 543-LE); Trilobita: (?) *Metacryphaeus* sp.

Referência: Melo, 1985: 85a; Caldas *et al.*, 1987; Catálogo de Fósseis (LE)-SP/ DGM/DNPM

40 - Estrada Picos-Oeiras

Localidade 1 - km 3 e 4 da estrada, Picos, PI (07°05'S-41°40'W)

Formação - Pimenteira (parte média)

Idade - Devoniano

Fósseis - Vegetais: *Palaeostigma sewardi* (DGM 1139-Pb); Braquiópodos indet.

Referência - Krausel & Dolianiti, 1957: 7-10

Localidade 2 - km 5,5 estrada, Picos-Oeiras, PI (07°05'S-41°40'W)

Formação - Cabeças (Membro Passagem)

Idade - Mesodevoniano

Fósseis - Icnofóssil: *Gyrophyllites* (DGM 6163, 6164-I); Plantas indet., Braquiópodos: *Tropidoleptus cf. carinatus* (DGM 6138, 6139-I), Chonetacea indet. (DGM 6139 a 6142-I), "*Spirifer*" *pedroanus* (DGM 6141, 6146 a 6150-I), *Derbyina*; *Pustulatia* (?) sp. (DGM 6143 a 6145-I); Biválvios: *Nuculites* sp. (DGM 6138-I, 6156 a 6160-I), *Palaeoneilo*, Gramm-

ysiidae indet. (DGM 6161, 6162-I); Gastrópodos: *Bucanella* sp. (DGM 6154-6155-I); Trilobitas: *Metacryphaeus* sp. (DGM 6151-6153-I); crinóides, euripterídeos

Referência - Kegel, 1953: 28-29; Melo, 1985: 85a, 141a, 186a, est. 4, Fig. 1 a 6, est. 7 Fig. 14, 15, 18, est. 8, Fig. 3, est. 10, Fig. 16 a 19; est. 13 Fig. 10 a 16, est. 24 Fig. 26; est. 25 Fig. 1, 3; est. 27 Fig. 6, 7, 15 a 20, 23, 24, est. 29 Fig. 5, 6; est. 30 Fig. 1 a 3.

41 - Arredores de Picos

Localidade 1- Região de Picos e 9km de Picos, estrada Picos-Recife (BR-316), entre os marcos 115 e 116, PI

Formação - Itaim

Idade - Eodevoniano

Fósseis - Icnofóssil: Rasto de (?)*Homalonotus* (DGM 5424-I) Braquiópodos: *Orbiculoidea* e (?) *Burmeisteria notica* (DGM 5424-I)

Referência - Kegel, 1953: 21; Kegel, 1961, Fig. 2-3; Campos, 1985: 48; Melo, 1985: 66a

Localidade 2 - Leste de Picos- Rodovia Picos-Fortaleza (BR-020), antigo km 113, PI

Formação - Pimenteira Basal

Idade - Devoniano

Fósseis - Biválvio: *Nuculites* sp. (DGM 6212-I); Gastrópodos: *Hyalithes* sp., *Bucanella* sp.; Trilobita: *Metacryphaeus* (?) sp.; Ostracode: *Bairdia* sp.; *Incertae sedis: Tentaculites* sp. (DGM 6211-I); Peixe: (?)*Machaeracanthus*

Referência - Kegel, 1953: 24; Santos, 1961; Melo, 1985: 375a, 378a, est. 25, Fig. 16, est. 26, Fig. 5, est. 27, Fig. 14

Localidade 3 - Cidade de Picos e morro perto do cemitério; Morro do Ipoeiro, atrás do cemitério de Picos e Morro Petrópolis, PI

Formação - Pimenteira (parte média)

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: *Acritarcas*; *Tasmanaceas* e *Spongiophyton* sp. (296 a 298, 301, 302 MP; DGM 1144-Pb); Vegetais: *Protolepidodendron kegeli* (DGM 1137 e 1138-Pb), *Archaeosigillaria picosensis* (DGM 1136-Pb), ramo de *Archaeosigillaria* (303 MP) *Palaeostigma sewardi* (299 e 300 MP); Icnofóssil: rastos de *Neoskolithos picosensis* (DGM 4923-I); *Cruziana* sp. (DGM 6199, 6200-I); Celenterado: *Mesoconularia africana*, *Ctenoconularia* cf. *C. "undulata"* (DGM 6196-I); Braquiópodos: "*Chonetes*" *freitasi* (DGM 6190-I a 6192-I), (?) *Lingula*, *Orbiculoidea* sp., Mutationelinae indet. (DGM 6195-I); Biválvios: *Nuculites*

sp., *Paleoneilo* sp., Braquiópodos indet. (DGM 6183 a 6186, 6188-I) biválvios indet. (DGM 6193-I); Gastrópodos: *Bucanella derbyi* (DGM 6187, 6197e 6198-I); *Incertae sedis: Tentaculites* sp. (MN 5580-I; DGM 6189-I); Ostracodes: *Bairdia* e *Kloedenia*; Trilobitas: *Metacryphaeus* sp. (DGM 5008, 5009, 5011, 5012-I; 6189-I), *Burmeisteria notica* (DGM 5005 a 5007, 5013-I, 5014-I); Peixes: (?)*Devoncanthus*, (?)*Ctenacanthus* e indeterminados (DGM 465-LE)

Referências - Kegel, 1953: 25; Kegel, 1966: 17-22, Krausel & Dolianiti, 1957: 15; Santos, 1961; Castro, 1968: 483-484, est. 1, Fig. 1. 2-5, est. 2, Fig. 2, 6-8, est. 3, Fig. 3-5; Campanha & Mabesoone, 1974; Melo, 1985: 39a, 66a, 133a, 136a, 283-284a, 305a, 307a, 365a, est. 1, Fig. 13, est. 3, Fig. 7, est. 7, Fig. 9-11, est. 17 Fig. 13; est. 21, Fig. 3-7, est. 26, Fig. 7, 9 a 12, est. 27, figs. 1, 2, 6, 7, 21, 25, est. 28, Fig. 7; est. 30, Fig. 4-5; Campos, 1985: 22, 58; Melo, 1985: 287a, est. 17, Fig. 14 a 20, 27; est. 24, Fig. 21; Lima Filho & Caldas, 1987; Carvalho, 1995, est. 1 Fig. 2-5; Catálogo de Fósseis (LE) - SP/DGM/DNPM

Formação - Cabeças, Membro Passagem

Idade - Mesodevoniano (Eogivetiano)

Fósseis - Braquiópodos: *Pustulatia* (?) sp., *Pleurochonetes*, *Spirifer* (?) (DGM 6194-I), *Tropidoleptus carinatus*, *Derbyina* (?) sp.; Biválvios: *Palaeoneilo* sp. A (MPEG 1368, 1369, 1372, 1375, 1384, 1386, 1401, 1402-I), *Palaeoneilo* sp. B, *Nuculites* aff. *N. oblongatus* (DGM 6138-I, 6156-I, 6157-I, 6160-I; MPEG 1320, 1353, 1390-I), *Nuculites* cf. *N. triquetter* (MPEG 1309, 1321, 1356, 1359, 1362, 1366, 1375, 1389 1391, 1403-I) (?)*Nuculoidea bellistriata parvula*, *Sanguinolites karsteni*, *Spathella pimentana* (MPEG 1360, 1370, 1388, 1393, 1399, 1400-I), *Sphenotomorpha* cf. *bondenbederi*, (?)*Grammysioida lundii* (MPEG 1333, 1335, 1337, 1341, 1351, 1352, 1355 a 1358, 1361, 1370, 1373, 1376, 1377, 1379, 1380, 1382, 1383, 1387, 1389, 1394, 1397 a 1399-I); Gastrópodos: *Bucanella derbyi*, *Platystoma baini*, Cefalópode: (?)*Michelinoceras bokkeveldensis*; *Incertae sedis: Tentaculites* sp.; Trilobita: *Metacryphaeus* sp. (DGM 6194-I)

Referência - Kegel, 1953:29; Melo, 1985: 83a, 141a, 186a, 189a, 247a, 262a, 264a, 286a, 288a, 365a, est. 3, Fig. 15-17, est. 10, Fig. 16, 17; est. 13 Fig. 17, est. 14 Fig. 14 a 17; Est. 15, Fig. 22; est. 17 Fig. 25, 26; est. 25 Fig. 2, est. 26, Fig. 2-4, 13-14; est. 27, Fig. 11 a 13, 26; est. 28, Fig. 1-6, 8, est. 29, Fig. 2-3; Fonseca & Melo, 1987:507, Fig. 1; Fonseca, 1994:251; Machado, 1995

42 - Barreiro Branco

Localidade - Estrada Picos-São José do Piauí, cerca de 15km N de Picos, PI

Formação - Cabeças (parte basal)

Idade - Devoniano

Fósseis - Braquiópodos: Conetáceos (MPEG 1275, 1281, 1289, 1290-I), Biválvios: *Grammysioidea lundii* (MPEG 1348, 1350, 1364, 1367, 1385-I); Trilobitas: *Metacryphaeus* sp.

Referência - Carvalho, 1995, est. 5-6

43 - Estrada Picos-Jaicós (BR-407)

Localidade 1 - 25km E Picos, PI (07°15'S-41°15'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - Biválvios

Referência - Projeto Localidades Fossilíferas-SP/DGM/DNPM

Localidade 2 - Km 3, Picos, PI

Formação - Pimenteira

Fósseis - Bióglifos (DGM 548-LE)

Referência - Catálogo de Fósseis (LE) - SP/DGM/DNPM

Localidade 3 - 11km rio Guaribas, Picos, PI

Formação - Cabeças

Idade - Devoniano (Givetiano)

Fósseis - Braquiópodos: *Tropidoleptus*; Trilobita indet.

Referência - Caster, 1948: 271; Melo, 1985: 84a; Fonseca & Melo, 1987:507, Projeto Localidades Fossilíferas-SP/DGM/DNPM

44- Estrada Picos-Jenipapo

Localidade - Rio Itaim, alguns quilômetros S do entroncamento Picos-Jaicós/Picós-Jenipapo, PI

Formação - Pimenteira (lato sensu)

Idade - Eodevoniano

Fósseis - Icnofósseis: rastos de vermes do grupo *Nereites* sp. (DGM 4924 a 4927-I)

Referência - Kegel, 1966: 7-13, fotos 1-4; Campos 1985: 62

45 - Rio Itaim

Localidade - Arredores de Itainópolis, PI (07°20'-41°30'W)

Formação - Pimenteira (parte basal)

Idade - Mesodevoniano (Eifeliano)

Fósseis - Vegetais: *Spongiophyton*; Icnofóssil: *Zoophycos*; Braquiópodos: *Tropidoleptus carinatus* (CENPES 125-I a 151-I); Gastrópodos belerofontídeo; Bivalvia indet.; Trilobita: *Burmeisteria* sp.

Referência - Fonseca & Melo, 1987: 509-510, Fig. 1; Melo, 1988: 697

46 - Brejo de Santo Inácio

Localidade - Atualmente Santo Inácio do Piauí, 75km S de Oeiras e 55km N de Simplício Mendes, PI

Formação - Pimenteira (*lato sensu*)

Idade - Devoniano

Fósseis - Icnofósseis: *Zoophycos* [= Spiro-phyton] (DGM 4944-I); biválvios indet.

Referência: Kegel, 1966: 27-28; Melo, 1988: 697

Folha Tocantins NE - SC. 22-X (08 00' e 10 00'S- 48 00' e 51 00'W)

47 - Tupiratins (antiga Panela de Ferro)

Localidade 1 - Rio Tocantins e 12km N de Tupiratins, TO - (08°17'S-48°08'W)

Formação - Pimenteira (*lato sensu*)

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarcas, esporos, cutículas vegetais, traqueídeos Celenterado: *Conularia*; Braquiópodos: *Lingula*, Spiriferacea indet.; Chonetacea indet.; Trilobita indet.; Biválvios indet.; *Incertae sedis: Tentaculites*.

Referência: Barbosa *et al.*, 1966: 16; Lima & Leite, 1978, v.7, v. 16 (FAQ-970, FF-129) Melo, 1985: 41a, 43a, 143-144a, 240a; Melo, 1988: 698

Localidade 2 - Rio Panela de Ferro, N de Tupiratins, margem esquerda do rio Tocantins, entre os rios Água Fria e Capivara.

Formação - Pimenteira (*lato sensu*)

Fósseis - Celenterado: *Conularia*; Braquiópodos: *Spirifer*, *Chonetes* e *Lingula*; *Incertae sedis: Tentaculites*; Biválvio indet.; Trilobita indet.

Referência - Barbosa *et al.*, 1966: 16, 78-79

48 - Lajedo e fazenda Pé de Buriti

Localidade - NW de Guaraí, estrada para Itaporã de Goiás (antiga Santa Teresa), TO.

Formação - Pimenteira (parte basal)

Idade - Devoniano

Fósseis - Vegetal: *Spongiophyton*; Celenterado: *Conularia* indet.; Braquiópodos: *Orbiculoidea*, Spiriferacea indet., "*Australocoelia*" (?); Ostracode indet.

Referência: Andrade Ramos & Barbosa, 1967: 390; Barbosa *et al.*, 1966: 16; Campos & Campos, 1975: 45, mapa; Melo, 1985: 67a, 72a, 174-175a, 240a; Melo, 1988: 698

Obs. Segundo Melo (1985) há um equívoco com o topônimo "Lajeado" que poderia ser confundido com o local homônimo no rio Tocantins.

49 - Rio Tocantins

Localidade 1 - 5km; 8,7km; 11,5km; 12,5km; 25km e 55km N de Pedro Afonso, TO (08°52'S- 48°09'W e 08°17'S-48°05'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Neodevonianiano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários; Acritarcas, esporos, restos e cutículas vegetais e *Tasmanites*

Referência: Lima & Leite, 1978, v. 7, v. 16 (FAR-078, FAQ-968, FF-96 e FF-97), (FAQ-969, FAR-079, FF-98, FF-111); (FF-108, 123, AV- 092, FAR- 077, 080)

50 - Tocantins

Localidade - S de Pedro Afonso, TO (09°02'S-48°11'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - restos de plantas

Referência - Lima & Leite, 1978, v.16 (FA-328, FAU-024)

51 - Norte de Miranorte

Localidade 1 - 12km e 47km N da cidade, estrada BR-153, TO (09°28'S-48°30'W e 09°10'S-48°32'W)

Formação - Pimenteira (*lato sensu*)

Idade - Mesodevonianiano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarca, esporos, microsporos, cutículas vegetais, talófitas indet., tasmanáceas, *Tasmanites*; escolecodonte; Icnofósseis: marcas de vermes; Braquiópodo: Discinidae

Referência: Campos & Campos, 1975: 43, mapa; Lima & Leite 1978, v.16 (FA-319, FAU-069); Sundaram & Cunha, 1982

Localidade 2 - km 814 e 817 Rod. Belém-Brasília (BR-153), próximo a Miranorte, TO

Formação - Pimenteira (*lato sensu*)

Idade - Mesodevonianiano

Fósseis - Icnofósseis: *Asteriacites* isp., *Bifungites* sp. (MN 5448-I e 5447-I), *Cruziana* isp., *Guilielmites* sp., (?) *Neonereites* isp., *Palaeophycus* isp., *Rusophycus* isp, (?) tubos de vermes e prováveis coprólitos; *Incertae sedis*: *Tentaculites*

Referência - Assis & Fernandes, 1980, Fig. 1-2, Ferreira & Fernandes, 1983.

52 - Leste de Miranorte

Localidade - BR-153, cerca de 20km antes da cidade de Miracema do Norte, TO (09°30'S-48°25'W)

Formação - Pimenteira (*lato sensu*)

Idade - Devoniano

Fósseis - Vegetal: *Spongiophyton*

Referência - Barbosa *et al.* 1966: 15; Campos & Campos, 1975: 43-44, mapa.

53 - Sudoeste de Miranorte

Localidade - 14,5km SW Miranorte, TO (09°41'S-48°22'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Neodevonianiano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarcas e esporos

Referência - Lima & Leite, 1978, v.7, v. 16 (FAA-488, FF-87)

54 - Rio Providência

Localidade 1 - Margem esquerda do rio Providência:, 800 m e 3,1km E da BR-153 (09°30'S-48°35'W e 09°29'S-48°33'W); 12,3km E Miranorte, TO (09°31'S-48°29'W); 3,1km NW de Miracema do Norte, TO (09°32'S-48°24'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, esporos, cutículas vegetais e restos vegetais; Icnofóssil: marcas de vermes

Referência - Lima & Leite, 1978, v.16 (FA-299, FA-300, FAU-071, FAU-072) e (FA-302), (FA-305)

Localidade 2 - 7, 6km e 43,4km N do cruzamento da BR-153 com o rio Providência (09°09' - 48°32' e 09°27'S-48°35'W)

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarcas, esporos, cutículas vegetais, traqueídeos

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 16 (FA-317a, 320, FAU-073, 084)

55 - Sul de Miranorte

Localidade - Rod. Belém-Brasília, (BR-153), 3km e 9,1 km (Fazenda Vera Cruz), 10,5km e 15km S de Miranorte, TO (09°35'S - 48°30'W; 09°36'S-48°32'W e 09°36'S-48°37'W)

Formação - Pimenteira (*lato sensu*)

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, esporos, cutículas vegetais e restos vegetais; Icnofósseis: tubos de vermes, marcas de vermes (DGM 461-LE);

Referência - Campos & Campos, 1975:44, mapa; Lima & Leite, 1978, v.7, v. 16 (FAA-484, FA-294, FF-09), Catálogo de Fósseis (LE) SP/DGM/DNPM

56 - Tocantínia

Localidade 1 - Margem direita do rio Tocantins (09°35'S-48°23'W) e Xerentes, reserva indígena, 30 km da margem direita do rio Tocantins, Tocantínia, TO (09°30'S-48°25'W)

Formação - Pimenteira (*lato sensu*)

Idade - Mesodevoniense (Eifeliano-Givetiano)

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários; Algas: *Spongiophyton*; Icnofóssil: *Asteriacites* (MN 5339-I); Braquiópodos: *Orbiculoidea*, Equinoderma: Crinóide (DGM 4417-I); *Incertae sedis*: *Tentaculites*

Referência - Andrade Ramos, 1957; Sommer & Van Boekel, 1964; Barbosa *et al.*, 1966:16; Andrade Ramos & Barbosa, 1967: 390; Costa, 1971: 217,220,256; Campos & Campos, 1975: 44, mapa; Brito, 1977; Quadros, 1982: 40-41, 44; Melo, 1985: 66-67a, 72a, Melo, 1988: 698.

Localidade 2 - 9,5km E de Tocantínia, estrada carroçável para Novo Acordo; 45,2km E de Tocantínia, Fazenda Ponta da Serra, TO (09°42'S-48°02'W e 09°43'S-48°02'W)

Fósseis - Icnofósseis: marcas e tubos de vermes.

Referência - Lima & Leite, 1978, v.16 (FF-63, FF-65)

Localidade 3 - 50km NE de Tocantínia, TO (09°23'S-48°01'W)

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários, acritarcas, esporos e cutículas vegetais.

Referência - Lima & Leite, 1978, v.16 (FFA-485, FF-30); Sundaran & Cunha, 1982

Localidade 4 - Margem do rio Tocantins, 1,2km N de Tocantínia, TO (09°33'S-48°22'W)

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e esporos

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 7, v. 16 (FAA-487, FF-42)

57- Miracema do Tocantins

Localidade 1 - Rio Tocantins, montante de Miracema do Tocantins (ex-Miracema do Norte), TO (09°35'-48°25')

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - Oólitos de algas

Referência - Andrade Ramos & Barbosa, 1967: 390; Campos & Campos, 1975:45, mapa.

Localidade 2 - 28km SW de Miracema do Tocantins (09°40'S-48°28'W), Estrada Miracema do Tocantins-Cercadinho, 8,6Km de Miracema do Tocantins (09°36'S-48°27'W) e Miracema do Tocantins-Córrego Landi, SW da cidade, TO (09°37'S-48°25'W)

Fósseis - Icnofósseis: rastos e tubos de vermes, restos vegetais

Referência - Lima & Leite, 1978, v.16 (FA-306, FA-333, FA-334, FA-339)

57a - Riacho Tabacas

Localidade - Margem esquerda do rio Tocantins, entre Porto Nacional e Miracema do Tocantins, TO

Formação - Pimenteira (?)

Idade - Devoniano

Fósseis - Braquiópodo e Trilobita indet. (DGM 6215-I)

Referência - Melo, 1985, est. 25 Fig. 33; Melo, 1988: 698

Obs. Não foi possível plotar no mapa por falta de informações sobre a localidade

Folha Tocantins SE - SC.22-Z (10 00' e 12 00'S-48 00' e 51 00'W)

58 - Rio dos Mangues

Localidade - 80m acima da foz, afluente da margem esquerda do rio Tocantins, TO (10°20'S-48°25'W)

Formação - Pimenteira (*lato sensu*)

Idade - Devoniano

Fósseis - Braquiópodos: (?) *Orbiculoidea*, Spiriferacea indet., *Derbyina*

Referência - Barbosa *et al.*, 1966: 16; Andrade Ramos & Barbosa, 1967: 390; Campos & Campos, 1975:45, mapa; Melo, 1985: 66a, 72a, 239a, 262a, Melo, 1988: 698.

Folha Rio São Francisco NO - SC.23-V (08 00' e 10 00'S-45 00' e 48 00'W)

59 - Manoel Alves Pequeno

Localidade - Poucos quilômetros a montante da barra do rio Manoel Alves Pequeno, TO

Formação - Longá

Idade - Devoniano

Fósseis - Braquiópodos: *Spirifer*

Referência - Barbosa *et al.*, 1966: 17.

60 - Furo de Sondagem 1TM-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Rio Tem Medo, MA (08°42'S-46°54'W)

Formações - Itaim, Pimenteira, Cabeças e Longá
Idade - Mesodevônico a Neodevônico (Emsiano - Struniano)

Fósseis - Palinomorfos: Quitinozoários e acritarcas

Referência - Quadros, 1982: 41, 44 a 51, est. 2, Fig. 5, est. 3, Fig. 12, est. 4, Fig. 15, 16, 17, est. 5, Fig. 21, 23, 24, est. 6, Fig. 27, 29, 30, est. 7, Fig. 32, 35 a 37; Brito & Quadros, 1985; Cruz & Quadros, 1985

61- Furo de Sondagem 1FM-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Fazenda do Meio, Tasso Fragoso, MA (08°15'S-46°05'W)

Formação - Itaim, Pimenteira e Cabeças

Idade - Devoniano (Emsiano-Fameniano)

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas

Referência - Quadros, 1982: 45, est. 4, Fig. 17

62 - Furo de Sondagem 1UN-27-PI - 05 (CPRM)

Localidade - Pilões, TO (09°29'S-47°14'W)

Formação - Longá

Idade - Devoniano (Struniano).

Fósseis - Palinomorfos: esporos e cutículas vegetais

Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAG-796); Leite *et al.*, 1975, v.3

Folha Rio São Francisco NE - SC.23-X (08 00' e 10 00'S-42 00' e 45 00'W)

63- Furo de Sondagem UR-01-PI (CPRM)

Localidade - Fazenda Boa Sorte, Uruçuí, MA (08°10'S-44°27'W)

Formação - Longá

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: *Tasmanites*

Referência - Cruz *et al.*, 1973a

64 - Canto do Buriti

Localidade 1 - Rodovia Floriano-São Raimundo Nonato, PI

Formação - Cabeças

Idade - Mesodevônico (Eogivetiano)

Fósseis - Icnofóssil: *Rusophycus* sp. (DGM 4946-I); Crinóides

Referência - Kegel, 1965: 6, Fig. 1-2; Muniz, 1981: 262, Campos, 1985: 82-83

Localidade 2 - Rodovia Canto do Buriti-Floriano, 14km de Canto do Buriti, PI

Formação - Longá

Idade - Devoniano

Fósseis - Icnofósseis (DGM 467-LE)

Referência - Catálogo de Fósseis (LE) - SP/DGM/DNPM

Localidade 3 - Rodovia São Raimundo Nonato-Canto do Buriti, aproximadamente 41km de Canto do Buriti, PI

Formação - Longá

Idade - Devoniano

Fósseis - Icnofósseis: rastros de vermes (DGM 460-LE) e marcas de repouso *Asteriacites* (DGM 463-LE).

Referência - Catálogo de fósseis (LE) - SP/DGM/DNPM

65 - São João do Piauí

Localidade 1 - 70km de São Raimundo Nonato, estrada Simplício Mendes-São Raimundo Nonato, PI

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - Icnofósseis: rastros de metazoários *Nereites* e (?) impressão de *Metacryphaeus* (DGM 464-LE)

Referência - Catálogo de Fósseis (LE) - SP/DGM/DNPM; Melo, 1988: 697

Localidade 2 - Caverna Gameleira, São João do Piauí (08°21'S-42°15'W)

Formação - Longá

Idade - Devoniano a Carbonífero

Fósseis - Icnofósseis: (?) pegadas

Referência - Leonardí, 1994: 46.

66 - Fazenda Mandacaru

Localidade - Olho d'Água da Serra Vermelha, 5km da Fazenda Mandacaru, Anísio de Abreu, PI (09°04'S-43°08'W)

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - Palinomorfos: Esporos, cutículas vegetais

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 15 (FAR-072, EL-73A)

Folha Rio São Francisco SO - SC. 23-Y (10 00' e 12 00'S - 45 00' e 48 00'W)

67 - Novo Acordo

Localidade 1 - Margens do rio do Sono, TO

Formação - Pimenteira

Idade - Devoniano

Fósseis - Vegetal: *Spongiophyton*; Icnofósseis: tubos de metazoários

Referência - Portela *et al.*, 1976, v. 1a, p. 222.

Localidade 2 - Rio das Balsas, margem direita do rio das Balsas, aproximadamente 2,5km a jusante da barra do ribeirão Gameleira, TO

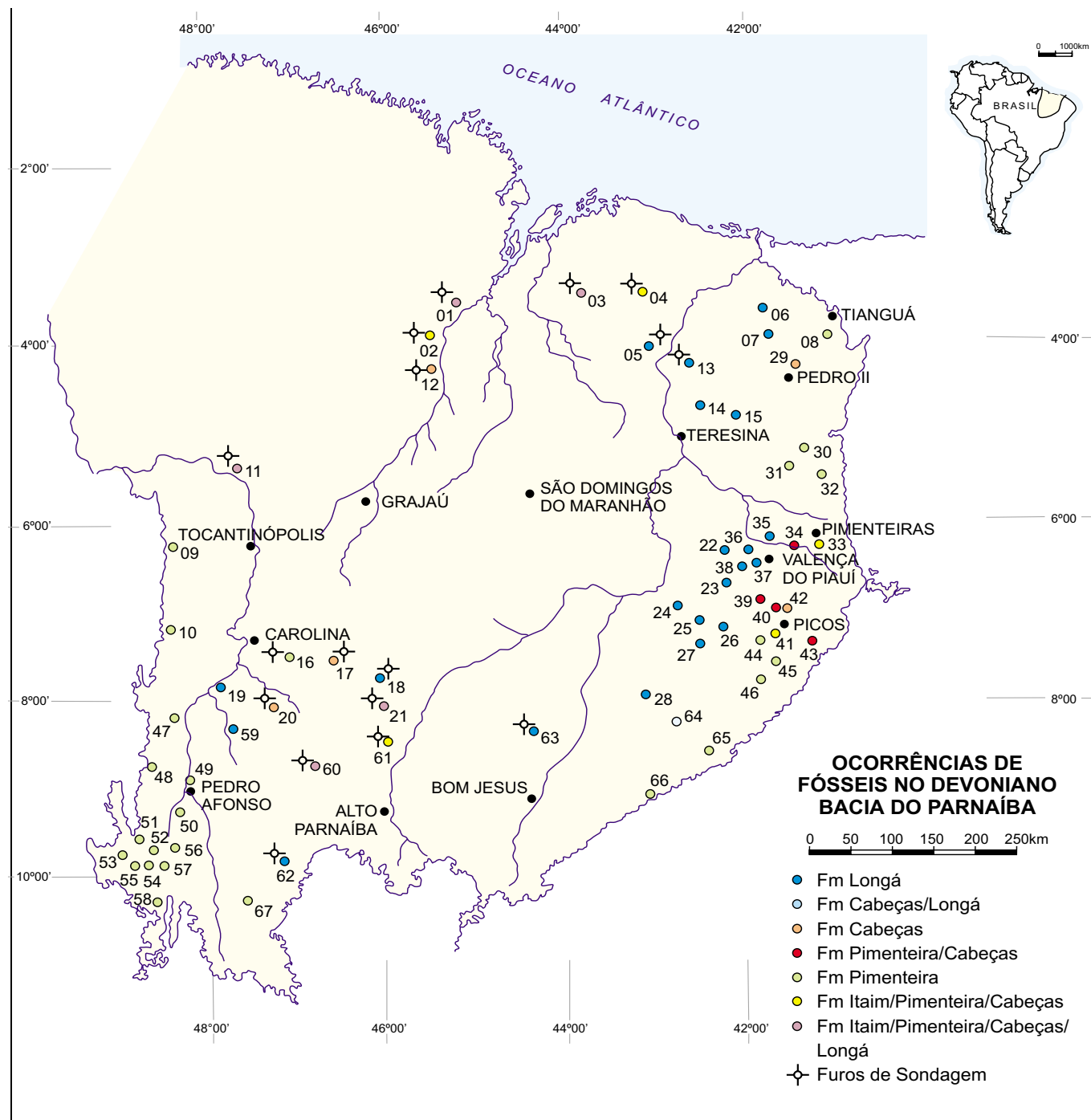


Figura 18.3 – Ocorrências de Fósseis no Devoniano.

Tabela 18.2 – Ocorrências de Fósseis no Devoniano.

FÓSSEIS	FORMAÇÕES				
	ITAIM	PIMENTEIRA	CABEÇAS	LONGÁ	
PALINOMORFOS	Quitinozoários (11,21,)	Quitinozoários (1,2,3,8,11,18,21,30,32,47,49,51,53 a 56,60)	Quitinozoários (1, 2, 4, 12,18, 20, 21, 60)	Quitinozoários (6,18,19,35,36,38)	
	Acritarcas (1, 2, 3, 11, 21, 60, 61)	Acritarcas (1,2,3,10,11,21,41,47,49,51,53,54,56,60,61)	Acritarcas (1, 2, 3, 11, 12, 21, 60, 61)	Acritarcas (1,2,3,6,11,13,19,21,60)	
	Acritarcas (1,2,3,11,12,21,60, 61)	Esporos (1,8,10,11,30,32,34,47,49,51,53 a 56, 66)	Esporos (1, 4, 12, 18)	Esporos (1,5,6,11,18,19,35,36,38,62)	
	Esporos (1)	Pólen (32)		Pólen (5)	
		Traqueídeos (10, 47, 54)		Traqueídeos (38)	
		Tasmanaceas (16, 32, 41, 49, 51)		Tasmanaceas (13, 19, 38, 63)	
		Spongiophyton (32,41, 45, 48, 52, 56, 67)		Cutículas (5,6,13,19,38,62)	
		Protosalvinia (2)			
	Cutículas (10, 32, 34, 47, 49, 51, 54 a 61, 66)				
	Escolecodontes (32,51)				
PSILÓFITAS	Psilofitales (33)	<i>Palaeostroma seawardi</i> (40, 41)			
LICOPODIALES		<i>Protolepidodendron kegei</i> (41) <i>Archaeosigilaria picosensis</i> (41) Restos vegetais (16, 49, 50, 54, 55, 57)	Plantas indeterminadas (40)		
ICNOFÓSSEIS	Rastos (?) <i>Homalonotus</i> (41)	<i>Asteriacites</i> (51, 56) <i>Bifungites</i> (51) <i>Cruziana</i> sp. (41,51) "Guilielmites" sp. (51) <i>Merostomichnites piauiensis</i> (32) <i>Nereites</i> sp. (44) <i>Neonereites</i> sp. (51) <i>Neoskolithos picosensis</i> (41) <i>Palaeophycus</i> (51) <i>Phycosiphon</i> sp. (31) <i>Rusophycus</i> sp. (32,51) Zoophycos (2, 18, 21, 31, 45, 46) Bióglifos (39, 43) Marcas de vermes (51, 54 a 57) Rastos e tubos de Metazoários; Impressões Trilobita (65, 67)	<i>Cibichna</i> (17) <i>Gyrophyllites</i> (40) <i>Rusophycus</i> sp. (64) Zoophycos (21) Bióglifos (39)	<i>Asteracites</i> sp. (23, 25,26, 64) <i>Asteriacites stelliformes</i> (28) <i>Bifungites cruciformis</i> (15) <i>Cruziana</i> aff. <i>C. lobosa</i> (28) <i>Crossocorda maranhensis</i> (3) <i>Crossopoda estrellada</i> (22, 37) <i>Conichnus conicus</i> (37) <i>Neonereites uniseriatis</i> (15) <i>Palaeophycus</i> (15) <i>Rusophycus</i> aff. <i>pubicum</i> (15) <i>R. ichnosp. A</i> (15) <i>R. ichnosp. B</i> (15) <i>R. ichnosp. C</i> (15) <i>R. piauiensis</i> (15) <i>Sublorenzina pauciradiata</i> (15) Bióglifos (37) Rastos indet. (7,15, 24, 27, 64) ? Pegadas (65)	
		<i>Ctenoconularia</i> cf. <i>C. undulata</i> (16, 41)			
		<i>Conularia</i> sp. (32, 47, 48)			
		<i>Mesoconularia africana</i> (33, 41)			
	BRAQUIÓPODOS	<i>Orbiculoidea</i> (41) "Pholidops" (33)	Braquiópodos indet. (40, 41, 47, 57 a 67) "Australocoelia" (9, 48) <i>Amphigenia</i> sp. (16) Chonetaceae (9, 16,47) <i>Chonetes</i> sp. (41,47,49) "Cranaena" sp. (33) <i>Derbyina smithi</i> (16, 32, 33, 58) <i>Eodevonaria</i> sp. (16) <i>Linaula</i> sp. (16, 41, 47)	Braquiópodos indet. (33) Chonetaceae (33, 40, 42) <i>Pleurochonetes</i> (34, 41) <i>Derbyina</i> (29, 33, 40, 41) Spiriferaceae (33) <i>Spirifer</i> (40, 41) <i>Pustulatia</i> (33, 40, 41) <i>Tropidoleptus carinatus</i> (34, 40, 43) Terebratulida indet. (29)	<i>Chonetes</i> (14) <i>Lingula</i> (37) <i>Orbiculoidea</i> (14, 37) <i>Spirifer</i> (59) "Schuchertella" (37)

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil

FÓSSEIS	FORMAÇÕES			
	ITAIM	PIMENTEIRA	CABEÇAS	LONGÁ
BRAQUIÓPODOS		Mutationellinae (33, 41)		
		Orbiculoidea (32, 33, 41, 48, 56, 58)		
		Spiriferaceae (9, 16, 47, 48, 58)		
		Spirifer (47)		
		Tropidoleptus carinatus (45)		
		Discinidae (51)		
BIVÁLVIOS	Nuculites (33)	Nuculites (32, 41)	Nuculites (40)	Modiomorphidae (37)
		Palaoneilo (41)	Nuculites aff. N. oblongatus (41)	Solemya (Janeia) (37)
		Pterinopecten sp. (16)	Nuculites cf. N. triqueter (41)	
		Biválvios indet. (41, 43, 45, 46, 47)	Palaeoneilo sp. A (40, 41)	
			Palaeoneilo sp. B (41)	
			Grammysiidae (33, 40)	
			Grammysioidea lundi (41, 42)	
			Spathella pimentana (41)	
			Sanguinolites karsteni (41)	
			Sphenotomorpha cf. bondenbederi (41)	
		Nuculoidea bellistriata parvula (41)		
GASTRÓPODOS		Bucanella derbyi (41)	Bucanella (40, 41)	
		Hyolithes (41)		
		Belerofontideo (45)		
CEFALÓPODOS			(?) Platystoma baini (41)	
			(?) Michelinoceras bokkeveldensis (41)	
TRILOBITAS	Burmeisteria notica (41)	Burmeisteria notica (33, 41)	Metacryphaeus sp. (33, 34, 39, 40, 41, 42,)	Metacryphaeus sp. (37)
		Metacryphaeus sp. (33, 41)	Trilobita indet. (43)	
		Fraamentos indet. (16, 47, 57 a 58)		
QUELICERADOS	Furinterideos (33)		Furinterideos (40)	
OSTRACODES		Kloedenia (33, 41)		Kloedenia (37)
		Bairdia (16, 41)		Primitia (37)
		Bythocypris (16)		
		Primitia (16)		
		Ostracodes indet. (48)		
EQUINODERMAS		Crinoides indet. (16, 56)	Crinoides indet. (33, 40, 64)	
INCERTAE SEDIS		Tentaculites eldredgianus (16)	Tentaculites sp. (33, 41)	Tentaculites sp. (37)
		Tentaculites stubeli (16, 41, 56)		
		Tentaculites sp. (16, 32, 41, 47, 51, 56)		
PEIXES		Ctenacanthus sp (41)	Fragmentos indet. (29)	Fragmentos indet (37)
		(?) Machaeracanthus sp. (41)		
		(?) "Devoncanthus" sp. (41)		
		Fragmentos indet. (16, 41)		

Fósseis - Braquiópodos: moldes e contra-moldes
Referência - Portela *et al.*, 1976, v. 1a, p. 222.

Carbonífero

Folha São Luís SO - SA. 23-Y (02 00' e 04 00'S - 45 00' e 48 00'W)

1 - Furo de Sondagem - 2 PM-1-MA (PETROBRAS)

Localidade - Pindaré-Mirim, Monção, MA
(03°38'S-45°24'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero - (Viseano)

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas e Esporos

Referência - Daemon, 1974: 565 a 567, 569, est. 7,
Fig. 4, est. 8, Fig. 5 e 6; Quadros, 1982: 45, 47 a 51,
Fig. 8

Folha São Luís SE - SA. 23-Z (02 00' e 04 00'S- 42 00' e 48 00'W)

2 - Furo de Sondagem 2VG-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Vargem Grande, MA (03°32'S- 43°53'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero (Viseano)

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas

Referência - Quadros, 1982: 45, est. 4, Fig. 16

3 - Matias Olímpio

Localidade - 12,5km de Matias Olímpio estrada
para Repartição, PI (03°40'S-42°39'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero (Viseano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutículas
vegetais, traqueídeos e fibras de fusito

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 16 (FAS-338,
AO-131)

4 - Furo de Sondagem - 1-UN-25-PI (CPRM)

Localidade - Barro Branco, MA (03°48'S-
42°56'W)

Formação - Poti/Piauí

Idade - Carbonífero - (Viseano/Westfaliano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutícu-
las, fibras vegetais, traqueídeos, fibras de fusi-
to

Referência - Cruz *et al.*, 1973b; Leite *et al.*, 1975
(FAG-811, 813, 817)

5 - Furo de Sondagem - 1-UN-24-PI (CPRM)

Localidade - Buriti, MA (03°54'S-42°56'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero - (Viseano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutículas
vegetais e traqueídeos

Referência - Cruz *et al.*, 1973b; Leite *et al.*, 1975
(FAG-854, 857)

Folha Araguaia NE - SB.22-X (04 00' e 06 00'S- 48 00' e 51 00'W)

6 - Marabá

Localidade - Marabá, PA

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano Inferior/Médio)

Fósseis - Raros foraminíferos arenáceos; braquió-
podos productídeos silicificados; raros ostracodes;
raras espículas de esponjas; abundantes fragmen-
tos de placas, de ossos e dentes de peixes e raros
otólitos

Referência - Campanha & Rocha Campos, 1979:
59, 60, 62, 63

7 - Bacurizinho

Localidade - Baixo rio Araguaia (Buritizinho), 20km
da foz do rio Araguaia, próximo à ilha e ao rápido
Arrumazal, São João do Araguaia, PA - (05°42'S-
48°10'W)

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano

Fósseis - Braquiópodos: ?*Derbyina*; Gastrópodos:
Bellerophon, *Goniasma*; Biválvios: *Leiopteria*,
(?)*Bakewellia*; moluscos semelhantes a fauna de
Mocambo (loc.24)

Referência: Kegel, 1952; Barbosa & Gomes, 1957:
11, (afloramento 138), mapa; Andrade Ramos,
1967: 380

8 - Araguatins

Localidade - Rio Araguaia, 24km acima da cidade
de Araguatins (antiga São Vicente do Araguaia), TO
(05°67'S-48°17'W)

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano

Fósseis - Braquiópodos: *Linoproductus* sp.; Gas-
trópodos: *Bellerophon*, *Euomphalus*; Biválvios: (?)
Astartella;

Referência - Kegel, 1952

9 - São Paulo

Localidade - Rio Araguaia, montante de São Paulo,
entre Araguatins e Campina, TO (05°45'S-
48°15'W).

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano

Fósseis - Restos de plantas, bivalvíos, ostracodes, restos de peixes

Referência - Barbosa & Gomes, 1957: 20-21 (afloramento 144-145), mapa (F)

10 - Campina

Localidade - Baixo rio Araguaia, PA - (05°50'S-48°20'W)

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano

Fósseis - moluscos semelhantes à fauna de Moçambo (loc. 24)

Referência - Kegel, 1952, Fig. 1; Barbosa & Gomes, 1957: 11 (afloramento 148), mapa

11 - Cinzeiro

Localidade - Margem esquerda do rio Araguaia, PA (05°55'S-48°20'W)

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano

Fósseis - Palinomorfos: Megásporos: *Tocantinosporites paraensis* e *Tocantinosporites araguaiensis*; Vegetal: (?) *Ursodendron brasiliensis* (DGM 1178 a 1185, 1187-Pb), plantas fragmentadas; Peixes: escamas de paleoniscídeos, fragmentos de ossos indeterminados

Referência - Kegel, 1952: 5; Barbosa & Gomes, 1957:12, 21 (afloramento 149) mapa (E), Dolianiti, 1962; Trindade, 1967; Iannuzzi, 1994: 117-128, est. 5, Fig. 5, 7, 8, 9

Folha Teresina NO - SB.23-V (04 00' e 06 00'S - 45 00' e 48 00'W)

12 - Furo de Sondagem - 2 IZ-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Imperatriz, MA (05°31'S - 47°29'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero (Viseano)

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas, esporos (MN 5233-I)

Referência: Daemon, 1974: 570 - 573, est. 7, Fig. 9, est. 8, Fig. 1, 8; Quadros, 1982: 47-51, Fig. 7.

Folha Teresina NE - SB.23-X (04 00' e 06 00'S - 42 00' e 45 00'W)

13 - Furo de Sondagem - 1 UN-04-PI (CPRM)

Localidade - Miguel Alves, PI (04°09'S-42°56'W)

Formação - Poti

Idade- Mississippiano

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, acritarcas, Tasmanáceas, cutículas vegetais, fragmentos de tecido condutor de Pteridófitas fósseis

Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAB-265 a 273); Leite *et al.*, 1975

14 - Furo de Sondagem - 1 UN-06-PI (CPRM)

Localidade - Coelho Neto, MA (04°15'S-43°00'W)

Formação - Poti

Idade - Mississippiano

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutículas vegetais

Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAB-499 a 502, 504, 513, 516, 518); Leite *et al.*, 1975

15 - Barras

Localidade - 8km de Barras, estrada para N. S. dos Remédios, PI (04°10'S-42°19'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero (Viseano)

Fósseis - Palinomorfos: Esporos, cutículas vegetais, traqueídeos

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 15 (FAS-236, CG-241)

16 - Furo de Sondagem - 1 UN-03-PI (CPRM)

Localidade - Novo Nilo, União, PI (04°27'S-42°49'W)

Formação - Poti e Piauí

Idade - Carbonífero - (Viseano/Westfaliano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos (megásporos) e cutículas vegetais,

Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAB 346 a 354); Leite *et al.*, 1975

17 - Furo de Sondagem - 1 UN-33-PI (CPRM)

Localidade - Riacho Corrente, Coelho Neto, MA (04°28'S-42°58'W)

Formações - Poti e Piauí

Idade - Mississippiano/Pensilvaniano

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutículas vegetais, fragmentos tecido condutor de pteridófitas fósseis, traqueídeos, fibras de fusito

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAH-564, 566, 568, 570, 576, 578)

18 - Furo de Sondagem - 1 UN-07-PI (CPRM)

Localidade - Fazenda Garrote, Coelho Neto, MA (04°23'S-43°23'W)

Formação - Poti e Piauí

Idade- Carbonífero - (Viseano e Westfaliano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólenes, esporos, cutículas vegetais, fibras de fusito
Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAC 562, 564, 569, 572, 578-580, 582, 585, 587); Leite *et al.*, 1975

19 - Furo de Sondagem - 1 UN-13-PI (CPRM)

Localidade - Riacho do Tatu, União, PI (04°32'S-42°49'W)
Formação - Poti
Idade - Mississípiano
Fósseis - Palinomorfos: Pólenes, esporos, cutículas vegetais e fibras de fusito
Referência - Cruz *et al.*, 1973b; Leite *et al.*, 1975 (FAC 764, 765, 767, 769, 771, 773, 777, 780, 782)

20 - Furo de Sondagem - 1 UN-01-PI (CPRM)

Localidade - União, PI (04°35'S-42°52'W)
Formação - Poti
Idade - Mississípiano
Fósseis - Palinomorfos: Pólenes, esporos, cutículas vegetais e fibras de fusito
Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAB-315, 316, 317, 325, 327, 338); Leite, 1975

21 - Furo de Sondagem - 1 UN-08-PI (CPRM)

Localidade - Duas Ladeiras, MA (04°30'S-43°05'W)
Formações - Poti e Piauí
Idade - Carbonífero - (Viseano/Westfaliano)
Fósseis - Palinomorfos: Pólenes, esporos e cutículas vegetais
Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAE 497, 501, 505, 510, 511)

22 - Furo de Sondagem - 1 UN-09-PI (CPRM)

Localidade - Fazenda Brejinho, Caxias, MA (04°45'S-42°59'W)
Formações - Poti e Piauí
Idade - Carbonífero - (Viseano/Westfaliano)
Fósseis - Palinomorfos: pólenes, esporos e cutículas vegetais
Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAC-696, 697, 701, 702, 708, 712, 713, 715, 722, 723, 725, 727, 733); Leite *et al.*, 1975

23 - Furo de Sondagem - 1 UN-02-PI (CPRM)

Localidade - Meruoca, União, PI (04°43'S-42°49'W)
Formação - Poti
Idade - Mississípiano
Fósseis - Palinomorfos: Pólenes, esporos, cutículas vegetais, fragmentos de tecido condutor de pteridófitas fósseis

Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAB-257, 258 a 263); Leite *et al.*, 1975

24 - Fazenda Mocambo

Localidade - Pedreira, 10km ao S de José de Freitas, 50km N de Teresina, PI (04°50'S - 42°35'W)
Formação - Piauí
Idade - Pensilvaniano
Fósseis - Foraminíferos arenáceos e calcários, conodontes, Braquiópodos: *Productus*, *Spirifer*, *Orthothetes*; Biválvios: *Astartella* sp. (MN 5434-I), *Schizodus amazonicus* (MN 5430-I), *Aviculopecten trichothomus* (MN 5441-I; DGM 4149 a 4169-I), *Phestia bellistriata* (MN 5438-I), *Edmondia corpulenta* (MN 5439-I), *Wilkingia terminalis* (MN 5427-I), *Cypricardella* cf. *C. subelliptica* (MN 5433-I), *Permophorus subcostatus* (MN 5437-I), *Rimmyjimina brasiliensis* (MN 5435-I), *Sanguinolites* sp. (MN 5432-I), *Streblopteria* sp. (MN 5431-I), *Posidonia* sp. (MN 5428-I), *Leptodesma* sp. (MN 5429-I), (?)*Septimyalina* sp. (MN 5440-I), *Myonia* sp., *Schizodus* sp., *Oriocrassatella* sp., *Palaeonucula levatiformes*, *Pteronites* sp., *Pteria duartei* (MN 5436-I), (?)*Pteria* sp., microbiválvios; Gastrópodos: *Bellerophon*, *Euphemites*, *Euconospira*, *Itaitubia carinata*, microgastrópodos; Ostracodes; Cefalópodos: "*Orthoceras*"; Trilobita: *Ameura plummeri* (MN 5452-I, DGM 4909 a 4922-I); colunas de crinóides, espinhos de equinóides, placas e fragmentos de equinodermas, escleritos de holutúrias, raros fragmentos de escolecodontes, raros tubos de vermes, raros briozoários, raras espículas de esponjas, raros fragmentos ósseos de peixes e otólitos
Referência - Kegel, 1951; Kegel & Costa, 1951 est.1; Campanha & Rocha Campos, 1979; Assis, 1979, 1980, Carvalho & Fonseca, 1988; Anneli *et al.*, 1992; Anneli *et al.*, 1994; Catálogo de Invertebrados SP/DGM/DNPM

25 - Fazenda Contendas

Localidade - 6km rumo S-SE de José de Freitas, PI (04°47'S-42°35'W)
Formação - Piauí
Idade - Pensilvaniano Médio
Fósseis - Madeira (DGM 1437-Pb); Foraminíferos arenáceos e calcários; Conodontes, colunas de crinóides, espinhos, placas e fragmentos de equinodermas; fragmentos de escolecodontes, Ostracodes, microgastrópodos raros tubos de vermes, raros briozoários e raras espículas de esponjas; Biválvios: *Aviculopecten trichothomus*, *Permophorus subcostatus*, *Myonia* sp., *Phestia bellistriata*

ta, (?)*Pteria* sp.; microbiválvios; Trilobita: *Ameura plummeri*

Referência - Kegel, 1951, Kegel & Costa, 1951, Campanha & Rocha Campos, 1979; Anelli *et al.*, 1994; Catálogo de Plantas da SP/DGM/DNPM

26 - Fazenda Meruoca

Localidade - José de Freitas, PI

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano

Fósseis - Foraminíferos arenáceos, Biválvios indeterminados e fragmentos de ossos de peixes

Referência - Campanha & Rocha Campos, 1979; Anelli *et al.*, 1994

27 - Furo de Sondagem

Localidade - José de Freitas, PI (04°45'S - 42°35'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero

Fósseis - Palinomorfos; megásporos; Vegetal Gimnosperma; Biválvios: *Edmondia index*

Referência - Kegel, 1954; Sommer & Trindade, 1966

28 - Fazenda Bacuri ou São Salvador

Localidade - 6,6km de José de Freitas e cerca de 13km na direção de Campo Maior, PI

Formação - Poti

Idade - Mississipiano

Fósseis - Delgada camada de carvão de estrutura gimnosperma comparável a *Sternbergia*, plantas e conchas

Referência - Albuquerque & Dequech, 1946: 102-103; Dequech 1950: 51-54

29 - Campo Maior

Localidade - 38km SW de Campo Maior, PI (05°02'S - 42°26'W)

Formação - Poti

Idade - Mississipiano

Fósseis - Plantas indet.; Biválvios: *Edmondia index* (DGM 4338-I), *E. celebris*, *E. acclina* (DGM 4389-I), *E. obliquata* (DGM 4390-I, 4391-I), *E. dequechi* (DGM 4392-I, 4393-I), *E. corpulenta* (DGM 4394-I, 4395-I), *E. sp. A* (DGM 4396-I)

Referência - Plummer *et al.*, 1948: 103; Kegel, 1954:4-5; Campos, 1985: 39

30 - Furo de Sondagem - 1 UN-19-PI (CPRM)

Localidade - Caxias, MA (04°54'S-43°21'W)

Formação - Poti

Idade - Mississipiano

Fósseis - Palinomorfos: Esporos, Cutículas vegetais, traqueídeos, fibras de fusito

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAH-524)

31 - Furo de Sondagem - 1 UN-11-PI (CPRM)

Localidade - Cristiano Cruz, Caxias, MA (04°55'S-43°01'W)

Formação - Poti

Idade - Mississipiano

Fósseis - Palinomorfos: Esporos, cutículas vegetais, tecido condutor de pteridófitas fósseis

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAH-489, 490)

32 - Furo de Sondagem - 1 UN-10-PI (CPRM)

Localidade - Timon, MA (05°09'S-42°50'W)

Formação - Poti

Idade - Mississipiano

Fósseis - Palinomorfos: Pólenes, esporos, cutículas vegetais, fibras de fusito, fragmento de tecido condutor de pteridófitas fósseis

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAD-742, 744, 746-750, 752, 754, 756, 757, 759)

33 - Furo de Sondagem - 1 UN-05-PI (CPRM)

Localidade - São Domingos, União, PI (04°57'S-42°46'W)

Formação - Poti

Idade - Mississipiano

Fósseis - Palinomorfos: Esporos (megásporos) e cutículas vegetais

Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAB-276 a 281); Leite *et al.*, 1975

34 - Sondagem 125 (SGM)

Localidade - Teresina, vale do rio Poti, Barroão, PI (05°05'S-42°40'W)

Formação - Poti

Idade - Mississipiano

Fósseis - Icnofóssil *Protaster* (DGM 3635-I); Vegetais: impressões de *Calamites*, *Diplothemema gothanica* (DGM 669, 671 a 677, 682, 683, 1002, 1007 a 1009-Pb); *Adiantites* sp. (DGM 669, 1010-Pb), (?)*Cardiopteridium* sp. (DGM 1004-Pb), (?)*Sphenopteridium* sp. (DGM 1005-Pb), *Paulophyton sommeri* (DGM 670, 672 1002, 1006, 1007, 1014 a 1017-Pb); *Stamnostoma* sp. (DGM 1006 Pb); Braquiópode *Lingulodiscina* cf. *missouriensis* (DGM 3630, 3631-I), *Lingula* cf. *carbonaria* (DGM 3632-I), *Lingula* sp. (DGM 3629-I); Biválvios: *Edmondia celebris* (DGM 3627-I), bivalvia indet. (DGM 3628-I); Peixes; escamas de Paleoniscídeos (DGM 330-P)

Referência - Oliveira, 1934 e 1935, Duarte 1936, Paiva & Miranda, 1937b: 26-28, Dolianiti, 1954; Kegel, 1954; Rigby, 1969; Iannuzzi, 1994: 56, 71, 80, 154

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano

Fósseis - Braquiópodos: *Spirifer opimus* (DGM 3633-I), *Orbiculoidea* (DGM 3634-I); Bivalvia: *Aviculopecten* (DGM 3625-I), *Edmondia* (DGM 3626-I)

Referência - Duarte, 1936; Paiva & Miranda, 1937b: 20-22

35 - Curral de Pedra

Localidade - Distrito de Natal, atual município de Monsenhor Gil, 80km SE de Teresina; Riacho Curral de Pedra, km 63 da rodovia Teresina-Picos, PI, (05°15'S-42°55'W)

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - Vegetais: *Kegelidium lamegoi* (DGM 1012, 1013, 1018, 1019, 1028, 1038-Pb), *Paulophyton sommeri* (DGM 1045-Pb; IG-USP GPE/3E 185 a 187, 4436, 4449 a 4452, 4457, 4460 a 4464, 4469 a 4471, 4473, 4474, 4483, 4484, 4486 a 4490, 4493, 4495 a 4498, 4500), *Adiantites* sp. (DGM 1010, 1020 a 1023-Pb)

Referência - Dolianiti, 1954; Rosler & Ciguel, 1985; Iannuzzi, 1994: 30, 71, 80, 103

36 - Furo de Sondagem - 1 UN-22-PI (CPRM)

Localidade - Polícia Rodoviária, Teresina, PI (05°15'S-42°45'W)

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - Palinomorfos: esporos, cutículas vegetais e traqueídeos

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAH-635, 638)

37 - Furo de Sondagem - 1 UN-18-PI (CPRM)

Localidade - Demerval Lobão, PI (05°21'S-42°41'W)

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - Palinomorfos: esporos. Cutículas vegetais, fragmentos do tecido condutor de pteridófitas fósseis, fibras de fusito

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAH-552, 554)

38 - Beneditinos

Localidade - Sondagem, 18km a leste de Natal, Beneditinos, PI (05°15'S-42°45'W)

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - Vegetais: *Lepidodendropsis* sp. (DGM 1030 Pb); Biválvios: *Edmondia index*, *E. celebris*

Referência - Dolianiti, 1954: 31-32; Kegel, 1954: 4-5

39 - Retiro

Localidade - Margens do rio Poti, Beneditinos, PI

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - Biválvios: *Edmondia index* e *E. celebris*

Referência - Kegel, 1954: 4-8

40 - Riacho Berlengas

Localidade - Rodovia Teresina-Picos, Barro Duro, PI (05°51'S-42°26'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero

Fósseis - Peixes: espinhos de "*Ctenacanthus*" (DGM 566-LE)

Referência - Brito & Ferreira, 1985; Catálogo de Fósseis (LE) SP/DGM/DNPM

Folha Teresina SO - SB.23-Y (06°00' e 08°00'S-45°00' e 48°00'W)

41 - Carolina

Localidade 1- Rio Tocantins, 50km a montante de Carolina, MA (07°41'S-47°41'W)

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - vegetais: *Calamites* e (?) *Pecopteris*

Referência - Moraes Rego, 1933; Barbosa & Gomes, 1957 (afloramento 95)

Localidade 2 - Barranco do rio Tocantins, porto de Carolina, MA (07°20'S-47°28'W)

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano

Fósseis - Conchostráceos: *Cizycus*; restos de peixes

Referência - Barbosa & Gomes, 1957: 17-18, foto 4, mapa (afloramento 102)

42 - Patos

Localidade - Margem direita do Tocantins, aproximadamente 60 km a SW de Carolina, próximo à localidade de Patos, MA

Formação - Piauí

Idade - Pensilvaniano

Fósseis - Restos vegetais

Referência - Dolianiti, 1958: 134

43 - Manoel Alves Grande

Localidade - Cerca de 120km de Carolina, margem direita do rio Manuel Alves Grande, afluente do rio Tocantins, próximo à barra do rio Sereno, MA (07°36'S-47°21'W)

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - Palinomorfos: megásporos: *Tocantinosporites paraensis*, *T. araguaiensis*; Vegetais: fragmentos de caule de (?) *Ursodendron brasiliensis* (DGM 1186-Pb); Peixe: *Xenacanthus tocan-tinsensis*

Referência - Dolianiti, 1958: 134 e 1962; Trindade, 1967; Santos e Salgado, 1970; Iannuzzi, 1994: 117-128

(Obs. embora alguns autores cite margem esquerda do rio Manoel Alves Grande, a localização do rio Sereno é na margem direita)

44 - Itapicuru

Localidade - Cerca de 45 km de Carolina, na cachoeira do rio Itapicuru, afluente do rio Manoel Alves Grande, MA

Formação - Piauí

Idade - Carbonífero

Fósseis - Restos de plantas

Referência - Dolianiti, 1958: 134

45 - Furo de Sondagem - 1TB-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Testa Branca, Balsas, MA (07°25'S - 46°05'W)

Formação - Poti (parte inferior)

Idade - Carbonífero (Viseano)

Fósseis - Palinomorfos: esporos (miósporos)

Referência - Loboziak *et al.*, 1992: 218

46 - Furo de Sondagem - 1RB-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Ribeirãozinho, Balsas, MA (08°17'S-46°04'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas

Referência - Quadros, 1982: 48-51

47 - Furo de Sondagem - 1 UN-20-PI-05 (CPRM)

Localidade - Ribeiro Gonçalves, PI (07°37'S - 45°15'W)

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - Palinomorfos, cutículas vegetais

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAE-270, 271, 278, 283)

Folha Teresina SE - SB.23-Z (06 00' e 08 00'S-42 00' e 45 00'W)

48 - Furo de Sondagem - 1MD-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Mirador, MA (06°15'S-44°10'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas

Referência - Quadros, 1982: 48-50

49 - Furo de Sondagem - 1 UN-31-PI-05 (CPRM)

Localidade - São Bento, Novo Sítio, MA (06°04'S-43°10'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero (Viseano)

Fósseis - Palinomorfos, cutículas vegetais, traqueídeos, fibras de fusito

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAH-593)

50- Furo de Sondagem - 1 UN-12-PI-05 (CPRM)

Localidade - Angical, PI (06°07'S-42°43'W)

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - Palinomorfos, cutículas vegetais e fibras de fusito.

Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAC 787 a 789, 791), Leite *et al.*, 1975

51- Furo de Sondagem - 1-UN-14-PI-05 (CPRM)

Localidade - Regeneração, PI (06°15'S - 42°42'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero (Viseano)

Fósseis - Palinomorfos, cutículas vegetais, fibras de fusito

Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAC-798 a 803, 805)

52 - Furo de sondagem - 1FL-1PI (PETROBRAS)

Localidade - Floriano, PI (06 27'S-42 48'W)

Formação - Poti

Idade - Carbonífero

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas

Referência - Quadros, 1982: 49-50

53- Fazenda Palha

Localidade - Estrada São João dos Patos-Limpeza, 21km sul de São João dos Patos, MA

Formação - Poti

Idade - Mississípiano

Fósseis - Peixes: fragmentos de ossos e escamas de (?) paleoniscídeos

Referência - Plummer *et al.*, 1948: 102

54- Barão do Grajaú

Localidade - 1km a W de Barão de Grajaú; Km 23 da Rodovia Barão de Grajaú-São João dos Patos (BR-230), MA

Formação - Poti

Idade - Carbonífero

Fósseis - Vegetais: *Diplothemema gothanica* (IG-USP GP/3E 5690, 5694, 5711, 5714, 5716, 5717)

Referência - Plummer *et al.*, 1948: 103; Iannuzzi, 1994

55- Floriano

Localidade - Beira do rio Parnaíba, 20km W de Floriano, PI (06°50'S-43°05'W)

Formação - Poti

Idade - Mississippiano

Fósseis - restos de plantas

Referência - Kegel, 1955: 53, Kegel, 1956: 36, Duarte & Japiassu, 1971: 436

56- Fazenda Santa Adelaide

Localidade - 21km a SW de Jerumenha, PI

Formação - Poti

Idade - Carbonífero

Fósseis - Palinomorfos: megásporos e restos vegetais

Referência - Cruz *et al.*, 1973a, v. 3, anexo 2, SM-7, anexo 3

57 - Barra do Lança

Localidade 1 - Margens do riacho Roncador, afluente do Gurguéia, próximo a Barra do Lança, sul de Jerumenha, PI (07°10'S-43°35'W)

Formação - Poti

Idade - Mississippiano

Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas, Esporos e algas *Botryococcus*; Vegetais: *Nothorhacopteris* sp. 1 (DGM 1680 e 1682-Pb), *Triphyllopteris adiantoides* (DGM 1443 e 1444-Pb)

Referência - Cruz *et al.*, 1973a, v. 3, anexo 2; Dolianiti, 1980; Iannuzzi *et al.*, 1993, Iannuzzi, 1994: 33, 38, 129-133, 138-143, 155-160, 177

Localidade 2 - Salto de Pedra, próximo a Barra do Lança, sul de Jerumenha, PI

Fósseis - Vegetais: *Nothorhacopteris* sp. 2 (IG-USP GP/ 3E 5683a, b e 5684 a, b, c), *Diplothemema gothanica* (IG-USP GP/3E 5676, 5682, 5702)

Referência - Iannuzzi, 1994: 33, 38, 56-68, 144-146

58 - Furo de Sondagem - 1 UR-05-PI (CPRM)

Localidade - Fazenda Santa Rosa, Antônio Almeida, PI (06°57'S-43°53'W)

Formação - Poti e Piauí

Idade - Carbonífero

Fósseis - palinomorfos

Referência - Cruz *et al.*, 1973a

59 - Furo de Sondagem - 1 UN-16-PI-05 (CPRM)

Localidade - Landri Sales, PI (07°19'S-43°57'W)

Formação - Poti e Piauí

Idade - Carbonífero

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutículas vegetais

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAE-238, 244, 246, 247, 257, 258)

60 - Furo de Sondagem - 1 UN-23-PI-05 (CPRM)

Localidade - Antônio Almeida, PI (07°15'S-44°14'W)

Formação - Poti e Piauí

Idade - Mississippiano e Pensilvaniano

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutículas vegetais

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAE-215, 225, 228, 231, 233)

61 - Furo de Sondagem - UN-17-PI-05 (CPRM)

Localidade - Uruçuí, Landri Sales, PI (07°18'S-43°57'W)

Formação - Poti e Piauí

Idade - Carbonífero

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutículas vegetais, fragmentos de tecido carbonizado

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAC-901 a 903, 906, 910, 911, 913, 914, 918, 921, 924)

62 - Furo de Sondagem - 1 UN-21-PI-05 (CPRM)

Localidade - Areia, PI (07°27'S-44°51'W)

Formação - Poti e Piauí

Idade - Carbonífero

Fósseis - Palinomorfos: cutículas vegetais, fibras de fusito

Referência - Cruz *et al.*, 1973b (FAC-943, 945, 949 a 951, 957, 958); Leite, 1975

Folha Rio São Francisco NO - SC.23-V (08 00'S e 10 00'S-45 00' e 48 00'W)

63 - Furo de Sondagem - 1TM-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Tem Medo, Balsas, MA (08°42'S-46°54'W)

Formação - Poti

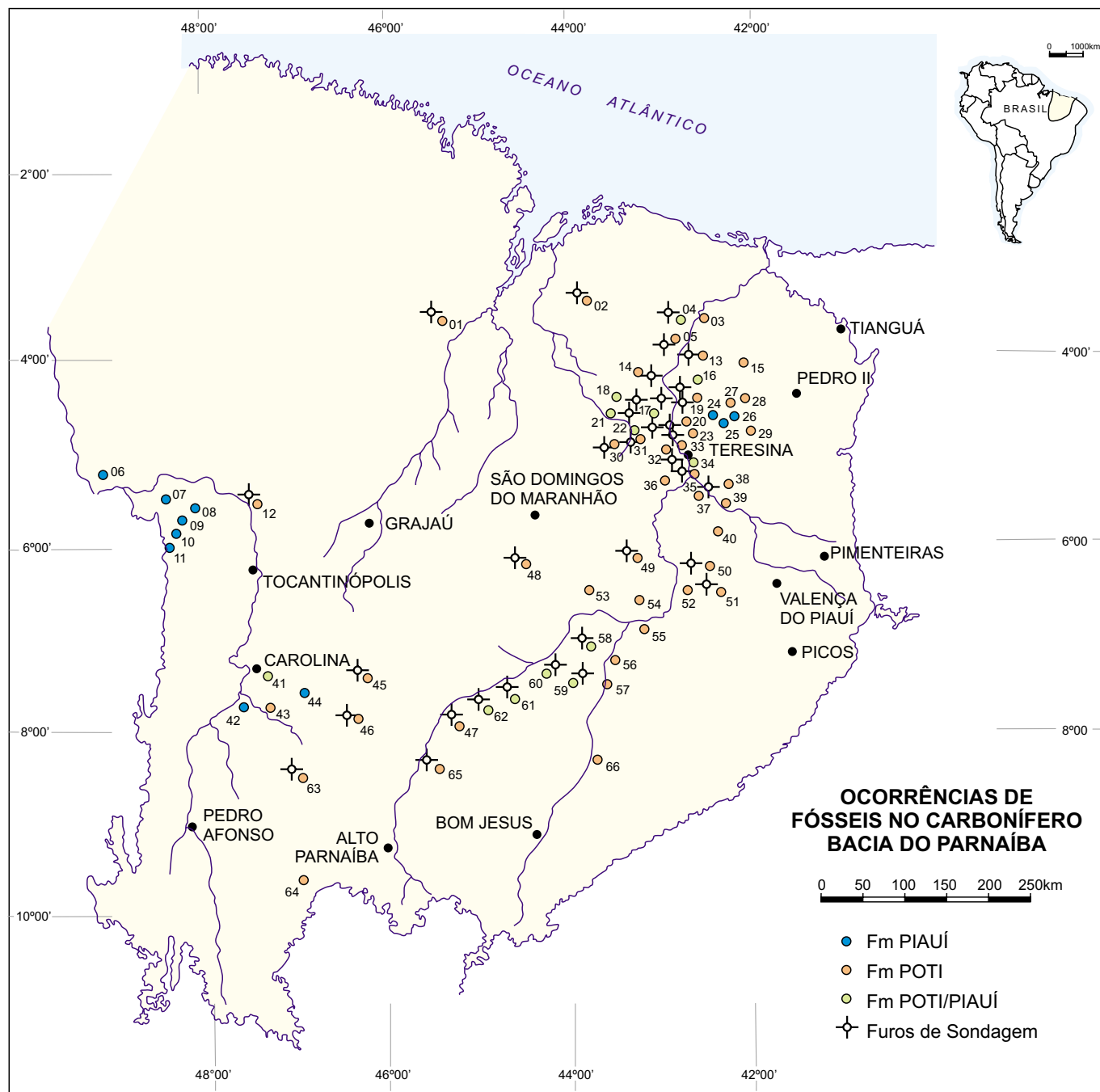


Figura 18.4 – Ocorrências de Fósseis no Carbonífero.

Tabela 18.3 – Ocorências de Fósseis no Carbonífero.

FÓSSEIS	FORMAÇÕES	
	POTI	PIAUI
PALINOMORFOS	Pólens (3 a 5. 13. 14. 16 a 23. 32. 47. 60. 61. 62) Acritarcas (1.2.12. 46. 48. 52. 57. 64) Cutículas vegetais (3 a 5. 13 a 23. 30 a 33. 36. 37. 47. 49 a 51. 60. 62. 65. 66) Esporos (1. 3 a 5. 12 a 23. 30 a 33. 36. 37.47. 49 a 51. 56. 57. 59. 61. 65. 66) Traqueídeos (3 a 5. 15. 17. 30. 36. 49) Fibras de fusito (3. 4. 9. 13. 17. 19. 20. 32. 37. 49 a 51. 52. 61. 62) Tasmanaceas (13) Algas <i>Botryococcus</i> (57)	Pólens (4. 16 a 18. 21. 22. 59. 60 a 62. 64) Cutículas vegetais (4. 16 a 18. 21. 22. 59 a 62. 64) Esporos (4. 11. 16 a 18. 21. 22. 59 a 61. 64) Fibras vegetais (4) Foraminíferos arenáceos e calcários (6. 24. 25. 26)
LICÓFITAS	(?) <i>Lepidodendropsis</i> (38) (?) <i>Ursodendron brasiliensis</i> (43)	(?) <i>Ursodendron brasiliensis</i> (11)
ESFENÓFITAS	Calamitaceae (34. 41)	
PTERIDOSPERMÓ-FITAS	<i>Adiantites</i> sp. (34. 35) <i>Diplothmema aethanica</i> (34. 54. 57) <i>Keaelidium lameaoi</i> (35) <i>Stamnostoma</i> sp. (34)	
INCERTAE SEDIS	Restos de plantas indeterminadas (28. 29. 44. 55. 56. 67) <i>Paulophyton sommeri</i> (34. 35) <i>Nothorhacopteris</i> sp. 1 e sp. 2 (57) "Pecopteris"(41) <i>Triphyllopteris adiantoides</i> (57)	Restos de plantas indeterminadas (9. 11. 25. 42. 44)
CORDAITÓFITAS	(?) <i>Cardiopteridium</i> (34) (?) <i>Sphenopteridium</i> sp. (34)	
GIMNOSPERMAS	Gimnosperma indet. (27)	
ICNÓFOSSEIS	<i>Protaster</i> sp. (34)	
ANELÍDEOS		Escolecodontes (24. 25)
BRIOZOÁRIOS		Tubos calcários (24. 25) Fragmentos (24. 25)
BRAQUIÓPODOS	<i>Linula</i> cf. <i>carbonaria</i> (34) <i>Linulidiscina</i> cf. <i>missouriensis</i> (34) <i>Linula</i> sp. (34)	<i>Spirifer opimus</i> (34) Speriferidae (24. 25) Productídeos (6. 24) <i>Linoproductus</i> (8) <i>Orthothes</i> (24) Derbvina (7)
BRAQUIÓPODOS		<i>Orbiculoidea</i> (34)

FÓSSEIS	FORMAÇÕES	
	POTI	PIAUI
BIVÁLVIOS	<p><i>Edmondia index</i> (27. 29. 38. 39) <i>Edmondia celebris</i> (29. 34. 38. 39) <i>Edmondia acclina</i> (29) <i>Edmondia obliquata</i> (29) <i>Edmondia dequechi</i> (29) <i>Edmondia corpulenta</i> (29) <i>Edmondia sp. A</i> (29) <i>Aviculopecten</i> (29) Biválvios indet. (34, 63)</p>	<p><i>Edmondia corpulenta</i> (24) <i>Edmondia sp.</i> (34) <i>Aviculopecten trichotomus</i> (24. 25.34) <i>Naiadites</i> (24) <i>Phestia bellistriata</i> (24, 25) Septimyalina sp. (24) <i>Leptodesma sp.</i> (24) <i>Pteria duartei</i> (24) <i>Pteria sp.</i> (24, 25) <i>Leiopteria</i> (7) (?) <i>Bakewellia</i> (7) <i>Sheblopteria sp.</i> (24) <i>Posidonia sp.</i> (24) <i>Schizodus amazonicus</i> (24) <i>Schizodus sp.</i> (24) <i>Rimmyjimina brasiliensis</i> (24) <i>Astartella sp.</i> (8, 24) <i>Cypricardella cf. C. subelliptica</i> (24) <i>Sanguinolites sp.</i> (24) <i>Wilkingia terminalis</i> (24) <i>Palaeonucula levatiformis</i> (24) <i>Permophorus subcostatus</i> (24, 25) <i>Myonia sp.</i> (24, 25) <i>Pteronites sp.</i> (24) <i>Oriocrassatella sp.</i> (24) <i>Microbiválvios</i> (24, 25) Biválvios indet. (9, 26)</p>
GASTRÓPODOS		<p>Microgastrópodes (24, 25) <i>Bellerophon</i> (7,8, 24) <i>Goniasma</i> (7) <i>Euphemites</i> (24) <i>Euconospira</i> (24) <i>Itaitubia carinata</i> (24) <i>Euomphalus</i> (8)</p>

FÓSSEIS	FORMAÇÕES	
	POTI	PIAUI
GASTRÓPODOS		Microgastrópodes (24, 25)
		<i>Bellerophon</i> (7,8, 24)
		<i>Goniasma</i> (7)
		<i>Euphemites</i> (24)
		<i>Euconospira</i> (24)
		<i>Itaitubia carinata</i> (24)
	<i>Euomphalus</i> (8)	
CEFALÓPODOS		"Orthoceras" (24)
TRILOBITAS		<i>Ameura plummeri</i> (24, 25)
OSTRACODES		Ostracode indet. (6, 9, 24, 25)
CONCHOSTRÁCEOS		<i>Cizvcus</i> (41)
EQUINODERMAS		Espinhos de Equinóides (24, 25)
		Escleritos de Holoturoides (24)
		Espículas de esponjas (6, 24, 25)
		Colunas de crinóides (24, 25)
CONODONTES		Conodontes (24,25)
PEIXES	<i>Xenacanthus tocantinsensis</i> (43)	Restos de peixes indeterminados (6, 9, 11 24, 26,41)
	" <i>Ctenacanthus</i> " (40)	Paleoniscídeos (11)
	Paleoniscídeos (34, 43, 53)	Otolitos (6, 24)

Idade - Carbonífero
Fósseis - Palinomorfos: Acritarcas
Referencia - Quadros, 1982: 44, 45,47 a 51

64 - Furo de Sondagem - 1 UN-27-PI-05 (CPRM)

Localidade - Pilões, TO (09°29'S-47°14'W)
Formação - Poti
Idade - Mississípiano
Fósseis -Palinomorfos: Esporos, cutículas vegetais
Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAG-796)

65 - Furo de Sondagem - 1 UN-34-PI-05 (CPRM)

Localidade - Fazenda Tapuio, MA (08°08'S-45°34'W)
Formação - Poti e Piauí
Idade - Mississípiano e Pensilvaniano
Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutículas vegetais, fibras de fusito
Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAH-598 a 601)

Folha Rio São Francisco NE SC. 23. X (08 00' e 10 00'S-48 00' e 51 00'W)

66 - Manoel Emidio

Localidade - Vale do rio Gurguéia, PI
Formação - Poti
Idade - Mississípiano
Fósseis - Restos vegetais
Referência - Lima & Leite, 1978, v.1, p. 109

Permiano

Folha Araguaia NE - SB.22-X (04 00' e 06 00'S-48 00' e 51 00'W)

1 - Cocal

Localidade - Margem direita do rio Tocantins, cerca de 30km acima da confluência com o Araguaia, próximo da localidade de Cocal (05°10'S-4°30'W)
Formação - Pedra de Fogo
Idade - Permiano
Fósseis - Gastrópodos minúsculos do tipo "*Viviparus*" e restos de plantas *Sphenophyllum*
Referência - Barbosa & Gomes, 1957: 19, mapa, afloramento 134; Dolianiti, 1958: 135

Folha Teresina NO - SB.23-V (04 00' e 06 00'S-45 00' e -48 00'W)

2 - Fazenda do Coelho

Localidade - 24km descendo o rio, N de Grajaú, MA

Formação - Pedra de Fogo
Idade - Permiano
Fósseis - Madeiras dicotiledôneas
Referência - Lisboa, 1914: 428

3 - Fazenda Monte Alegre

Localidade - 12km NW de Grajaú, MA
Formação - Pedra de Fogo
Idade - Permiano
Fósseis - Madeiras
Referência - Lisboa, 1914: 428

4 - Fazenda da Extrema

Localidade - 6km S Grajaú, PI
Formação - Pedra de Fogo
Idade - Permiano
Fósseis - Madeira dicotiledônea
Referência - Lisboa, 1914: 428

Folha Teresina NE - SB.23-X (04 00' e 06 00'S-42 00' e 45 00'W)

5 - Fazenda União

Localidade - Codó, MA
Formação - Pedra de Fogo
Idade - Permiano
Fósseis - Madeiras coníferas
Referência - Lisboa, 1914: 430

6 - Coelho Neto

Localidade - 15km ao N de Coelho Neto, MA
Formação - Pedra de Fogo
Idade - Permiano
Fósseis - Madeira dicotiledônea
Referência - Campbell *et al.*, 1949a, foto

7 - Teresina

Localidade - Ruas e praças de Teresina; estrada Teresina-Campo Maior; margem direita do rio Poti, 1,2km da ponte que liga os bairros Ilhotas e Noivos; ao longo do leito do rio Poti e logo acima de sua foz, 4km Sul de Caititu, Rodovia PI-330, Teresina, PI (05°29'S-47°56'W)
Formação - Pedra de Fogo
Idade - Permiano
Fósseis - Palinomorfos: cutículas vegetais, raros indícios palinológicos; Vegetais: *Psaronius* (DGM 456, 488, 490, 568-Pb), *Teresinoxylon eusebioi* (MN/Pb 1845); Conchostráceos: moldes internos

Referência - Lisboa, 1914: 430; Lima & Leite, 1978, v. 15 (LA-293, FAS-340); Caldas *et al.*, 1989; Catálogo de Plantas-SP/DGM-DNPM

8 - Carnaúba de Pedra

Localidade - 48km de Flores, margens do Parnaíba oposta a Teresina, MA; Laranjinho, estrada Timon-Caxias, km 10,723- BR- 316, Timon, MA (05°02'S-42°55'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis -Vegetais: *Psaronius*, *Pecopteris* (DGM 1493-Pb)

Referência - Lisboa, 1914: 430; Catálogo de Plantas - SP/DGM-DNPM

9 - Furo de Sondagem-UN-15-PI (CPRM)

Localidade - Poço Dantas Caxias, MA (04 49'S-43 22'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Palinomorfos: Pólenes, esporos e cutículas vegetais

Referência-Leite *et al.*, 1975 (FAI 170, 171)

10 - Livramento

Localidade - Perto de Campo Maior, cerca de 56km NE de Teresina, PI

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetais: *Psaronius*

Referência - Lisboa, 1914: 430

Folha Teresina SO – SB.23.Y (06 00' e 08 00'S-45 00' e 48 00'W)

11 - Babaçulândia

Localidade - A montante da cidade, margem do rio Tocantins, TO (07°15'S-47°45'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Madeiras: restos de coníferas (DGM 1445 a 1451, 1485 e 1486-Pb)

Referência - Barbosa & Gomes, 1957: 19, foto 5, mapa, afloramento 110; Catálogo de Plantas - SP/DGM/DNPM

12 - Laje Grande

Localidade - Oeste de Laje Grande, loc. CNP -Carolina, MA

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Peixes: dentes de *Itapyrodus punctatus* (DGM 1075 a 1079-P)

Referência -Santos, 1990b, Catálogo de Peixes-SP/DGM-DNPM

Obs. : A localidade foi transcrita do Catálogo de Peixes e não confere com a citada no trabalho de Santos.

13 - Carolina

Localidade - Morro do Corró, 3km S de Carolina; região de Carolina, rodovia Carolina-Riachão, MA, altura do trevo para Araguaína, TO

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetais: *Psaronius* (DGM 416, 419, 472, 644, 646, 653 a 657, 663, 667, 684, 685, 1452 a 1470, 1479 a 1482-Pb); *Cycadoxylon brasiliense* (MN 1705, 1714 Pb), *Cyclomedulloxylon parnaibense* (MN 1751-Pb); *Araguainorachis simplissima* (MN 1730-Pb)

Referência - Coimbra & Mussa, 1984; Mussa & Coimbra, 1987; Catálogo de Plantas - SP/DGM/ DNPM

14 - Rio Tocantins-1

Localidade - Rio Tocantins, em frente a barra do rio Manoel Alves Grande, MA

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetais: *Psaronius* e coníferas

Referência - Lisboa, 1914:430; Loefgren, 1936:48; Dolianiti, 1958: 134

15 - Rio Tocantins 2

Localidade - Margem W rio Tocantins, próximo a Filadelfia, TO (07°24'S-47°34'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Palinomorfos: Esporos e cutículas vegetais; Peixes: dentes de *Xenacanthus*, escamas de Paleoniscídeos e fragmentos ósseos

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 14 (FAR-953, LA-117)

16 - Rio Tocantins 3

Localidade - Margem E e W do rio Tocantins, perto do riacho Pirarucu, Barra do Ouro, TO (07°28'S-47°36'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Palinomorfos: Esporos, cutículas vegetais e traqueídeos; Peixes: espinhos de *Ctenacanthus*, escamas de paleoniscídeos, dentes de *Xenacanthus*, fragmentos ósseos indeterminados

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 14 (FAR-951, 952, LA-181; 182)

17 - Filadelfia

Localidade - 64km SW de Filadelfia, estrada para Araguaina -GO-13 - (07°28'S-47°56'W); Ribeirão Cacunda, próximo a Venda do Zé-Biela, cerca de 35 km SW de Carolina, estrada Araguaina-Carolina; Serra Vão da Flor, Filadelfia, TO (07°32'S-47°42'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Palinomorfos: esporos; Vegetais: *Psaronius*, *Arthropitys cacundensis* (MN Pb 1625 e 1659), *Carolinapitys maranhensis* (MN Pb 1619 e 1655) e *Amyelon bieloi* (MN Pb 1649 e 1668); Biválvios pequenos e fragmentos ósseos indeterminados, Peixes: espinhos, dentes e fragmentos de *Xenacanthus* e *Ctenacanthus*, escamas de Palaeoniscídeos, Referência - Lima & Leite, 1978, v. 14, FAS-310, LA-126; Scislewski *et al.*, 1983 (GFI-021), Coimbra & Mussa, 1984

18 - Balsas

Localidade - Fazenda Testa Branca, 15 km E de Balsas; Fazenda Retiro Novo, 50km W de Balsas, estrada Balsas-Carolina, MA (07°23'S-46°31'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetais: *Psaronius* (DGM 981-Pb) e estromatólitos; Ostracodes; Peixes: espinhos de *Ctenacanthus*, dentes de *Xenacanthus*, escamas de paleoniscídeos, anfíbio labirintodonte.

Referência - Plummer *et al.*, 1948: 103-104; Catálogo de Plantas -SP/DGM/DNPM

Folha Teresina SE - SB.23-Z (06 00' e 08 00'S-42 00' e 45 00'W)

19 - Riacho Salobro

Localidade - Perfil n.2, Benedito Leite, MA (07°10'S-44°20'W)

Formação - Pedra de Fogo (membro médio)

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetais: estromatólitos; coquinas

Referência - Faria Jr & Truckenbrodt, 1980a: 743, Fig. 1 e 12

20 - Riacho dos Coatis

Localidade - Estrada São Domingos-Benedito Leite, 33,7km ao sul de São Domingos, leste de Motuca, 50km e 16km ao sul de São Domingos, MA

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Peixes: *Ctenacanthus maranhensis* (DGM 471-P); (?) lenho fossilizado (DGM 1484-Pb)

Referência - Catálogo de Peixes e Catálogo de Plantas - SP/DGM-DNPM

21 - Pastos Bons

Localidade - 5-6km ao sul de Pastos Bons, na estrada Pastos Bons-Nova Iorque, MA (06°49'S-44°03'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetal: madeiras (DGM 1472 a 1478-Pb); Peixes: espinho de *Ctenacanthus maranhensis* (DGM 448, 449, 470, 1071, 1072-P), dentes de *Xenacanthus albuquerquei* (DGM 442 a 447, 472-P) e de *Anisopleurodontis pricei* (MCT 1346 a 1353-P), escamas de Paleoniscídeos, crânio de *Brazilichthys macrognathus* (DGM 1061-P) dentes de crossopterígio; Anfíbio; *Prionosuchus plummeri* (DGM 320-R),

Referência - Lisboa, 1914: 431; Albuquerque & Dequech, 1946: 97, Santos, 1946b; Price, 1948; Leite *et al.*, 1975; Cox & Hutchinson, 1991; Santos, 1994b; Catálogo de Plantas - SP/DGM/DNPM

22 - Furo de Sondagem 1 UR-05-PI (CPRM)

Localidade - Fazenda Santa Rosa, Antônio Almeida, PI (06°57'S-43°53'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis -Palinomorfos

Referência - Cruz *et al.*, 1973a

23 - São João dos Patos

Localidade - Malhada Areia, Fazenda Bonsucesso, leito do Riacho Grande, afluente do Riacho Fundo, São João dos Patos, MA (06°46'S-43°23'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Madeira fóssil (DGM 1471-Pb)

Referência - Catálogo de Plantas - SP/DGM/DNPM

24 - Represa Boa Esperança

Localidade - Grota do Mendes, manancial que escoia para o rio Parnaíba, entre Nova Iorque e Floriano; Surubi, rio Parnaíba, entre Grota do Mendes e Floriano; Chapada do Jaboti, entre Nova Iorque e Floriano, leste de São João dos Patos; Lagoa do Justo, 3km a jusante de Nova Iorque, Riacho Pindoba, 8km a montante de Porto Franco, Guadalupe, antigo Porto Seguro; Roçadinho, 0,5km a jusante

de Porto Franco, “mina do Roçadinho”, Guadalupe, MA (Considerando que estas localidades foram inundadas pela represa Boa Esperança, a localização foi inferida junto a barragem, em Guadalupe, PI - 06°45'S-43°34'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetais: *Psaronius* (DGM 478 a 481, 485-Pb) e troncos de coníferas (DGM 417, 482 a 484, 495-Pb), *Psaronius arrojadoi* (DGM 477-Pb); *Psaronius brasiliensis* (DGM 500-Pb); (?)Equisetales (DGM 283 a 286-Pb); Folhas ? Madeiras (DGM 428 a 430, 469, 593, 688, 690, 691, 763 e 764-Pb)

Referência - Lisboa, 1914: 429, 430, 434; Borges, 1937: 90, 92; Albuquerque & Dequech, 1946: 98, Plummer *et al.*, 1948: 117; Catálogo de Plantas - SP/DGM/DNPM

25 - Floriano

Localidade - arredores de Floriano; estrada Floriano-Oeiras - 8km a leste de Floriano até Guaribas a 16km a leste daquela cidade, vale do rio Itaueira; Frasqueira, 7km de Floriano; Pedras, 24km ao sul de Floriano; Lagoa, perto de Floriano, margem do rio Parnaíba, PI (06°45'S-43°01'W - sede do município de Floriano)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Icnofóssil: rastos de vermes; Vegetais: *Psaronius* (DGM 486-Pb) Peixes escamas de Palaeoniscídeos,

Referência - Lisboa, 1914: 429, 431; Plummer *et al.*, 1948: 98-99

26 - Amarante

Localidade - Vizinhanças de Amarante, PI

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Madeiras dicotiledôneas

Referência - Lisboa, 1914: 429

Folha Tocantins NE SC.22-X (08 00' e 10 00'S-48 00' e 51 00'W)

27 - Tupiratins

Localidade - Estrada GO-71, 10,5km W de Tupiratins, TO (08°23'S-48°10'W)

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetais: *Psaronius* e restos de gimnospermas

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 7 e 16 (FAR-020 e 021, AS-2)

28 - Córrego Tranqueira

Localidade - 55km NW de Tupirama, margem esquerda rio Tocantins, em frente a Pedro Afonso, estrada para os garimpos do Pequizeiro, fazenda Canto Bonito ou Forno Velho, proximidades do córrego Tranqueira, TO.

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Biválvios: (?) *Nucula*

Referência - Andrade Ramos, 1957: 6; Campos & Campos, 1975: 46, mapa F.9

29 - Pedro Afonso

Localidade - Estrada Tocantínea-Pedro Afonso, 2,5km S de Pedro Afonso, TO (08°57'S-48°10'W); margem do Tocantins ao norte de Piabanha e sul de Carolina, MA.

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetais: Fragmentos rolados de *Psaronius* (DGM 421-Pb)

Referência - Andrade Ramos, 1957: 5-6; Campos & Campos, 1975: 45-46, mapa F. 8, Catálogo de Plantas SP/DGM/DNPM

Folha Rio São Francisco NO - SC.23-V (07 00' e 10 00'S-45 00' e 48 00'W)

30 - Itacajá

Localidade - 5,8km do entroncamento estrada Itacajá-Vão do Gado, TO (08°14'S-47°38'W).

Formação - Pedra de Fogo

Idade - Permiano

Fósseis - Vegetais: *Psaronius*

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 13 (PS-12, FAR-018)

CRETÁCEO

Folha São Luís SO - SA.23-Y (02 00' e 04 00'S-45 00' e 48 00'W)

1 - Novo Egito

Localidade - BR-316 a 13,5km a NW do cruzamento com o rio Pindaré, divisa dos municípios de Bom Jardim e Monção, MA - (03°35'S-45°35'W)

Formação - Itapecuru

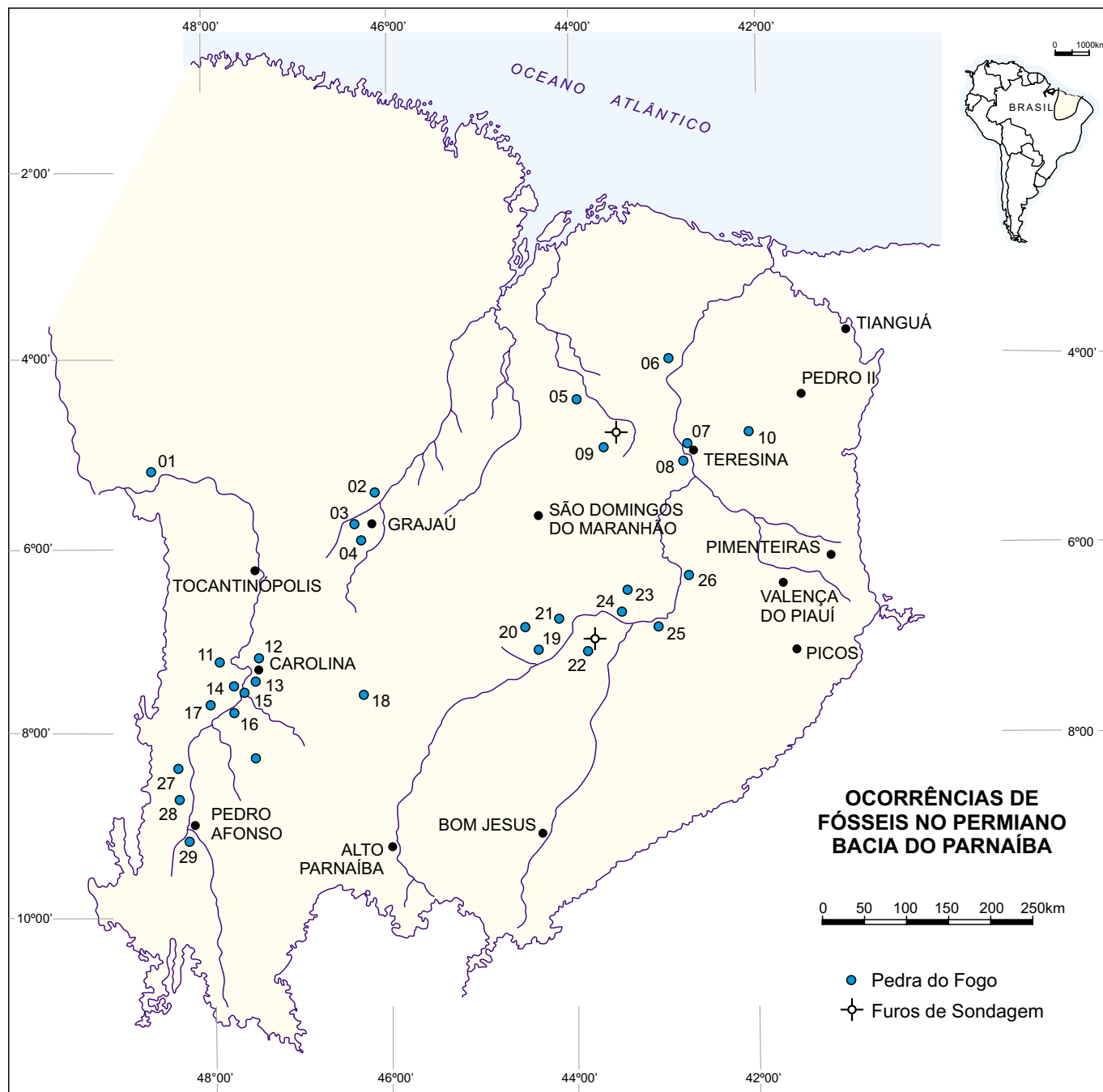


Figura 18.5 – Ocorrências de Fósseis no Permiano.

Tabela 18.4 – Ocorrências de Fósseis no Permiano.

FÓSSEIS	FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO
PALINOMORFOS	Esporos (9, 15 a 17) Cutículas vegetais (7,9,15,16) Traqueídeos (16) Pólens (9)
ALGAS	Estromatólitos (18,19)
ESFENÓFITAS	<i>Sphenophyllum</i> (1) (?) Equisetales (24)
PTERIDOSPERMÓFITAS	<i>Pecopteris</i> (8) <i>Psaronius</i> (7,8,10,13,14,17, 18, 24, 25, 27, 29, 30)
GIMNOSPERMAS	<i>Teresinoxylon eusebioi</i> (7) <i>Araguainorachis simplissima</i> (13) <i>Amyelon bieloi</i> (17) <i>Arthropitys cacundensis</i> (17) <i>Carolinapitys maranhensis</i> (17) <i>Cycadoxylon brasiliense</i> (13) <i>Cyclomedulloxylon parnaibense</i> (13) Coníferas (5, 11, 15) Restos de Gimnospermas (27)
ANGIOSPERMAS	Madeiras Dicotiledoneas (2 a 4, 6, 23,26)
ICNOFÓSSEIS	Rastos de vermes (25)
BIVÁLVIOS	Biválvios indet. (17) (?) <i>Nucula</i> (28)
GASTRÓPODOS	" <i>Viviparus</i> " (1)
CONCHOSTRÁCEO	Moldes indet. (7)
PEIXES	<i>Anisopleurodontis pricei</i> (21) "Ctenacanthus" maranhensis (20, 21) "Ctenacanthus" sp. (16 a 18, 25) "Xenacanthus" albuquerquei (21) "Xenacanthus" sp. (15, 16 a 18) <i>Itapyrodus punctatus</i> (12) <i>Brazilichthys macrognathus</i> (21) Palaeoniscídeos (15, 16 a 18, 21, 25) Crossopterygii indet. (21)
ANFÍBIOS	<i>Prionosuchus plummeri</i> (18, 21)

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Raros moldes internos de foraminíferos e crustáceos (?) - ostracodes; Peixes: dentes e escamas

Referência - Cunha & Del Arco, 1988; Colares & Araujo, 1990: 21 (JQ-56), mapa

Obs. - Segundo mapa a ocorrência situa-se na reserva indígena Rio Pindaré

2 - Furo de Sondagem - 2PM-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Pindaré Mirim, MA (03°38'S - 45°24'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Vegetais: restos de folhas angiospermas mal conservadas

Referência - Duarte, 1959: 188; Duarte & Japiassu, 1971: 435

Folha São Luís SE - SA.23-Z (02 00' e 04 00'S-42 00' e 48 00'W)

3 - Coqueiro/Querru

Localidade - Margem direita e esquerda do rio Itapecuru, N de Itapecuru-Mirim, MA

Formação - Itapecuru Inferior

Idade - Cretáceo - Eo-Mesoalbio

Fósseis - Palinomorfos: Pólen, fragmentos de vegetais; Icnofósseis de invertebrados: *Skolithos*

Referência - Pedrão *et al.*, 1993 a, 1993c; 1994

4 - Itapecuru-Mirim

Localidade - Margem direita do rio Itapecuru, próximo à ponte da BR-222, Itapecuru-Mirim, MA

Formação - Itapecuru

Idade - Eocretáceo (Albiano)

Fósseis - Biválvio; *Anodonta* sp.; Peixes: escamas e dentes; Crocodilos: dente e mandíbula de *Candidodon itapecuruense* (MN 4152 a 4154, 4355, 4356-V); Dinossauro: Dente de Terópoda

Referência - Carvalho & Campos, 1988; Carvalho, 1994a, Ferreira *et al.*, 1995b; Dutra & Malabarba, 2001; Nobre & Carvalho, 2002

5 - Mata /Riachão/São Francisco

Localidade - Margem esquerda do rio Itapecuru, distando, respectivamente de Itapecuru-Mirim, MA: Igarapé da Mata, 3km; Riachão: 10km e São Francisco: 16km.

Formação - Itapecuru

Idade - Neocretáceo

Fósseis - Icnofósseis de invertebrados: *Skolithos* (MN 5795-I); Biválvios; Gastrópodos; Conchostráceos; Peixes: fragmentos, dentes e escamas; Rép-

teis: Ossos, dentes, restos esqueléticos e ovos de dinossauros. Sauropoda *Amazonsaurus maranhensis*; Carnossauros; Quelônios- *Araripepemy barreto*

Referência - Ferreira *et al.*, 1991, 1992; Vicalvi *et al.*, 1993; Carvalho, 1993: 10 (anexo 42); Ferreira *et al.*, 1994; Kischlat & Carvalho, 2000; Carvalho *et al.* 2003

6 - Jundiá/Guariba

Localidade - Margem esquerda do rio Itapecuru, N de Cantanhede, MA

Formação - Itapecuru médio

Idade - Cretáceo (Eo-Mesoalbio)

Fósseis - Palinomorfos: Pólen, fragmentos vegetais. Icnofósseis de invertebrados: *Skolithos*; Biválvios anodontídeos; Conchostráceos: *Cyzicus* (?) *abaetensis*, *C. brauni*, *C. codoensis*; Peixes: Dentes de Picnodontídeos; *Mawsonia gigas*, vértebras, dentes e escamas; dentes de Crocodilos, dinossauros carnívoros

Referência - Carvalho, 1993:10, 242 (anexo 43, est. 57), Carvalho, 1997; Pedrão *et al.*, 1993c, 1994, Ferreira *et al.*, 1994, Carvalho 2002

7 - Pirapemas

Localidade - Estrada Pirapemas-Cantanhede, cruza o rio Peritoró, 9km de Pirapemas; margem esquerda do rio Itapecuru: km 183 da Estrada de Ferro São Luís-Caxias, margem direita do rio Itapecuru, 3km de Pirapemas, MA

Formação - Itapecuru

Idade - Cretáceo - Albiano

Fósseis - Algas Carófitas; Icnofósseis de invertebrados: *Skolithos*; Biválvios: Pectinidae, Limnidae e Cardiidae - *Paranomia macedoi* (DGM 957 a 959-I); Ostracodes: *Darwinula* e *Pattersoncypris*; Conchostráceos Cizídeos; Peixes: dentes e escamas ganóides; Crocodilídeos: dentes

Referência - Campos, 1925: 676; Maury, 1925: 434-441, est. 15, Figura 2, 4, 6; Ferreira *et al.*, 1967; Ferreira & Cassab, 1987; Vicalvi *et al.*, 1996; Vicalvi & Carvalho, 2002

8 - Furo de Sondagem 2VG-1MA (PETROBRAS)

Localidade - Vargem Grande, Maranhão (03°32'S-43°53'W)

Formação - Codó

Idade - Cretáceo - Aptiano

Fósseis - Ostracode: *Hourcqia angulata symmetrica* (BfB n. 7797)

Referência - Krommelbein & Weber, 1985: 21-22, est. 6 Figura 25

9 - Chapadinha

Localidades - Lagoa, próximo à cidade de Chapadinha; 5,2km W de Chapadinha, estrada para Vargem Grande e afluente do rio Munim, 7km SW de Chapadinha, MA (03°46'S-43°24'W)

Formação - Codó (Aptiano)

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Palinomorfos; Biválvios: *Paranomia scabra* (MN 2597 e 2598-I) e moldes internos; Anomiiidae, Corbulidae, Cardiidae; Gastrópodos: Turritellidae, Cerithiidae, *Nerinea* sp. e fragmentos e moldes indeterminados; Ostracodes; Equinóides e espinhos indeterminados

Referência - Lima & Leite, 1978, v.16 (AO-127B, AO-189; FAR-935, FAR-993); Ferreira & Cassab, 1987

Obs. Divergência na numeração de *P. scabra*. Segundo Base de dados PALEO os números são: MN 5597-I e 5598-I

10 - Umburanas

Localidade - Pedreira de Umburanas, margem esquerda do rio Parnaíba, cerca de 21km de Porto e 13km SO de Brejo, MA

Formação - Codó (Aptiano)

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Vegetais: *Sagenopteris* sp., (DGM 825-Pb) e (?) *Yuccites* sp. (DGM 826-Pb); Crustáceos; Peixes: *Calamopleurus cylindricus* (DGM 437, 591, 592 e 961-P), *Brannerion latum* (DGM 432, 438, 439, 459 e 960-P), *Araripelepidotes temnurus* (DGM 433 e 434-P), *Tharrhias araripis* (DGM 440-P, 956-P), *Dasstilbe elongatus* (DGM 441-P), *Vinctifer comptoni* (DGM 955-P), *Santanichthys diasii* (DGM 957, 958-P), *Cladocycclus gardneri* (DGM 959-P), *Codoichthys carnavali* (DGM 435, 436 e 966-P)

Referência - Albuquerque & Dequech, 1946:83, 105; Duarte & Japiassu 1971:435; Santos, 1960; Santos, 1974b, Santos, 1994a

11 - Fazenda Santa Alice

Localidade - Caieira, Brejo, MA

Formação - Codó

Idade - Cretáceo

Fósseis - Peixe: *Dasstilbe elongatus*

Referência - Ferreira *et al.*, 1991

12 - Furo de sondagem - 1-UN-25-PI (CPRM)

Localidade - Barro Branco, MA (03°48'S- 42°56'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo (Aptiano)

Fósseis - Palinomorfos; Pólens, esporos, cutículas e fibras vegetais

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAG-804, 806)

13 - Porto

Localidade - Caminho Novo, 3km NW de Porto, PI (03°50'S-42°45'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Palinomorfos; Ostracode: Cyprididae e Darwinulidae

Referência - Lima & Leite, 1978, v.16 (FAR-990, AO-222A)

14 - Furo de sondagem - 1- UN-24-PI (CPRM)

Localidade - Buriti, MA (03°54'S-42°56'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo (Aptiano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólens, esporos, cutículas e fibras vegetais; Restos vegetais; Gastrópodos; Conchostráceos; Ostracodes: *Bisulcocypriis silvai*, *B. sp. 1*, *B. sp. 2*, *B. quadrinodosa*, *B. praeturbeculata*, *Darwinula oblonga*, *Pattersoncypriis micropapilosa*, *Paracypridea obovata*; Ostracodes indet.; Insetos indet.

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAG-845; JQ-08); Silva *et al.*, 1989

15 - Praia da Baronesa/ Ilha do Livramento/ Ponta da Itatinga

Localidade - Litoral de Alcântara, baía de São Marcos, MA

Formação - Itapecuru

Idade - Neocretáceo (Cenomaniano)

Fósseis - Vegetais: plantas, madeiras indet., Icnofósseis: pegadas de Dinossauros Terópodes Invertebrados indet., Peixes: restos e dentes; quelônios-Pelomedusoides; crocodilianos, dentes de répteis *Mosassauros*, dentes e fragmentos de ossos de Terópodes, dente de *Charcarodontosaurus*; vértebras (sendo uma caudal) e dentes de Dinossauros Saurópodes

Referência - Price, 1947, Price, 1960, Klein & Ferreira, 1979, Ferreira *et al.*, 1992; Carvalho, 1994b, 1994d: 121; Carvalho & Gonçalves, 1994, Eugênio, 1994; Eugênio & Azevedo, 1994; Carvalho & Pedrão, 1998; Vilas Bôas *et al.*, 1999; Vilas Bôas & Carvalho, 2001; Moraes-Santos *et al.* 2001, Carvalho I., 2001

16 - Ilha do Cajual / Ilha de Itauna

Localidade - Baía de São Marcos, Encantado, MA

Formação - Itapecuru

Idade - Neocretáceo (Cenomaniano)

Fósseis - Vegetais: plantas indet.; *Paradoxopterus sanctiluigi*; madeiras gimnospermas; Gastrópodos; Biválvios; Peixes: *Neoceratodus africanus* (DGM 1105-P), *Lepidotes*, *Mawsonia gigas*; Répteis: Pleiossauros; Restos de Dinossauros Terópodes; *Carcharodontosaurus*, *Sigilmassasaurus*, *Spinosaurus*, *Baharijasaurus*; Saurópodes, *Rebbachisaurus*; *Aegyptosaurus*, *Malawisaurus*, *Astrodon*, Andesauridae; Crocodilia, Quelônios

Referência - Price, 1947, 1960, Mussa, 1960: 229-230; Duarte & Japiassu, 1971: 436, Japiassu, 1971, Cunha & Ferreira, 1980, Medeiros *et al.* 1996, Carvalho & Pedrão, 1998; Vilas Boas *et al.* 1999; Vilas-Bôas & Carvalho, 2001; Medeiros & Schultz, 2001; Carvalho 2002

17 - Farol de São Marcos / Ponta do Farol

Localidade - Ponta Grossa, ilha de São Luís, MA

Formação - Itapecuru

Idade - Neocretáceo (Cenomaniano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólen; Vegetais: impressões de folhas de Angiospermas; Icnofósseis: pegada de Dinossauro Tridáctila; Gastrópodos: *Nerinea pontagrossensis*, (DGM 4516 a 4518-I), Biválvios: *Neithea (Neitheops) nana* (MN 5314 e 5331-I), *Mulinoides* sp. (DGM 5319, 5333-I), *Corbula*, *Pecten*, *Cardium*; Peixes: dentes de Neoceratodontidae; répteis, dinossauros Terópodes e (?) aves

Referência - Campos, 1925: 676, Oliveira, 1958, Klein & Ferreira, 1979; Pedrão *et al.*, 1993b, Carvalho, 1994d; Pedrão *et al.*, 1996, Carvalho & Pedrão, 1998; Carvalho I., 2001

18 - Ilha do Medo/ Praia/ Ponta da Guia

Localidade - Baía de São Marcos, ilha de São Luís, MA

Formação - Itapecuru

Idade - Neocretáceo (Cenomaniano)

Fósseis - Icnofósseis: Pistas e Pegadas de Terópodes e Ornitópodas; Vegetais: plantas e madeiras indet.; Invertebrados; Peixes Elasmobrânquios, Actinoptérgios e Dipnoi; Répteis: Dinossauros: Restos de Terópodes e Saurópodes, Crocodilia; Quelônios

Referência - Price, 1960, Ferreira *et al.*, 1992; Carvalho & Gonçalves, 1994, Carvalho, 1994c, 1994d; 1995; Eugênio, 1994; Carvalho & Pedrão, 1998; Carvalho I. 2001

19 - Ponta da Madeira/ Ilha de Guarapirá/ Porto de Itaqui

Localidade - 500m do Porto de Itaqui; ilha em frente ao Porto de Itaqui, Baía de São Marcos, MA

Formação - Itapecuru

Idade - Neocretáceo (Cenomaniano)

Fósseis - Biválvios: *Brachidontes eoexustus* (MN 5312-I); (?) *Inoceramus* sp. (MN 5313-I); *Chlamys* sp. (MN 5330-I); *Acesta maranhensis* (MN 5316, 5332-I); *Lopha (Actinostreon) lombardi* (MN 5317-I); *Pterotrignia (Scabrotrignia)* sp. (MN 5318-I); *Mulinoides* sp., (MN 5334-I), *Plicatula* sp (MN 5313-I), *Paranomia macedoi*, *Trignia*, *Neithea (Neitheops)*; Gastrópodos: *Nerinea*; Peixes: *Neoceratodus africanus* (MN 3820 e 3821-V), *Lepidotes* sp. e Miliobatídeos; Répteis: Dinossauros: dentes isolados de Saurópodes e Terópodes, Crocodilídeos; restos de vertebrados

Referência - Klein & Ferreira, 1979; Cunha & Ferreira, 1980; Martin, 1984; Carvalho & Silva, 1992; Carvalho & Gonçalves, 1994; Ferreira *et al.*, 1995a

Folha Teresina NO - SB. 23-V (04 00' E 06 00'S -45 00'E 48 00'W)

20 - Arraia

Localidade - km 43 e 44 da rodovia PA-150, cerca de 60km norte de Marabá, proximidade de Arraia, Jacundá, PA (04°40'S-49°05'W)

Formação - Itapecuru

Idade - Neocretáceo

Fósseis - Palinomorfos

Referência - Lima & Leite, 1978, v.1, p. 195-199, Lima, 1980; Lima *et al.* 1980

21 - Axixá do Tocantins

Localidade - 18km S de Axixá do Tocantins (ex-Axixá de Goiás), estrada carroçável, GO (05°41'S-47°52'W)

Formação - Codó Inferior

Idade - Cretáceo

Fósseis - Ostracodes: moldes indeterminados

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 13 (FAU-750, LA-417)

22 - Imperatriz

Localidade - 18km de Imperatriz, caminho para Montes Altos, margem direita do rio Tocantins, 5km abaixo de Imperatriz, MA

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Vegetais: madeira petrificada (Conífera); Invertebrados: ostracodes; Conchostráceos: *Cyzicus (Lioestheria) codoensis* (DGP-USP 7992 a 7995)

Referência - Moraes Rego, 1933; Mussa, 1960: 230; Cardoso, 1962; Carvalho, 1993: 201

23 - Itaguatins

Localidade - Margem esquerda do rio Tocantins, perto da vila de São Domingos, TO, 22km S de Imperatriz, MA e 7km de Santo Antônio, TO (05°43'S-47°31'W)

Formação - Corda

Idade - Eocretáceo (Barremiano)

Fósseis - Icnofósseis: rastros de Dinossauros sauropoda

Referência - Barbosa *et al.*, 1966: 23; Leonardi, 1980; Leonardi, 1994: 53-54, est. 13 Fig. 11, est. 30 Fig. 2

24 - Montes Altos

Localidade - 1,8km S e 4,2km W de Montes Altos, MA (05°50'S-47°03'W)

Formação - Corda

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Palinomorfos: Cutículas vegetais; Conchostráceos: moldes indeterminados; Ostracodes: fragmentos indeterminados

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 13 (FAU-700 e 701; LA-376 e 378)

25 - Sítio Novo 1

Localidade - 15km N de Sítio Novo, estrada para Amarante do Maranhão, MA (05°45'S-46°39'W)

Formação - Codó

Idade - Cretáceo

Fósseis - Vegetais: Moldes de folhas indet; Conchostráceos e Ostracodes: moldes internos

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 13 (FAU-752, EL-216)

26 - Sítio Novo 2

Localidade - 1,5km S de Sítio Novo, estrada carroçável, MA (05°54'S-46°43'W)

Formação - Codó

Idade - Cretáceo

Fósseis - Ostracodes e conchostráceos, moldes internos

Referência - Lima & Leite, 1978, v.13 (FAU-751, LA-424)

27 - Grajaú

Localidade - Fazenda do Torto, 9km de Grajaú; Ponta Vermelha, São Venâncio e Porteira; arredores de Grajaú, MA

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Vegetais: Troncos e plantas fósseis, Dicotiledôneas (DGM-651, 652-Pb)

Referência - Lisboa, 1914: 428, Moraes Rego, 1923: 76; Duarte & Japiassu, 1971: 435

28 - Uchoa

Localidade - 16km ao longo da margem direita do rio Mearim, NE de Barra do Corda, MA (05°30'S-45°15'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Insetos: *Pricecoris beckeræ* (MP 5593-I), *Laticutella santosi* (MP 5594-I); Peixes: *Vinctifer comptoni*, *Tharrhias* sp., *Dastilbe elongatus* (DGM 953-P)

Referência - Pinto & Ornellas, 1974; Santos, 1974 b, Santos, 1994a: 133

29- Barra do Corda

Localidade - Pedrinhas e arredores de Barra do Corda, MA

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Peixes: *Dastilbe elongatus* (DGM 954, 962-P); *Santanichthys diasii* (DGM 965-P)

Referência - Lisboa, 1914: 441; Moraes Rego, 1923:75; Moraes Rego, 1933; Campbell *et al.*, 1949b: 74-75, Santos 1994a: 133

Folha Teresina NE - SB.23-X (04 00' e 06 00'S-42 00' e 45 00'W)

30 - Timbiras

Localidade - Margem direita do rio Itapecuru, entre Fazenda City e Fazenda Cascavel, entre Codó e Timbiras, Codó, MA

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Peixe: crânio de celacanto *Axelrodichthys*

Referência - Carvalho & Maisey, 1999

31 - Livramento/ Igarapé ou Riacho do Inferno

Localidade - Margem direita do rio Itapecuru. Livramento a cerca de 25km sudoeste de Codó e Igarapé do Inferno a 3km abaixo de Livramento, Codó, MA (04°37'S-44°03'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Vegetais: restos de plantas, caules minúsculos (DGM 487-Pb), *Cardiopteris* (DGM 282, 399-Pb); Conchostráceos: estérias (DGM 3458 a 3473-I); Peixes: *Rhacolepis buccalis* (DGM 963-P), *Vinctifer comptoni* (DGM 978-P)

Referência - Moraes Rego, 1933: 280; Borges, 1937: 108 a 110; Duarte & Japiassu, 1971: 435; Santos, 1994a: 133, Catálogo de Plantas SP/DGM/ DNPM

32 - Codó

Localidade - Santo Antônio, Porto Novo, margens do riacho Gameleira, Fábrica de Cimento Nassau e arredores de Codó, MA (04°30'S-43°50'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis -Vegetal: Coníferas, folhas e raízes de *Nymphaeites choffatti* (DBAV-UERJ 180a-b, 181 a-b, 183, 184, 185 a 190 Pb); Conchostráceos: *Cycicus codoensis*; Ostracodes; Peixes: *Vinctifer comptoni* (DGM 196-P), *Dastilbe elongatus* (DBAV-UERJ 210-PV)

Referência - Lisboa, 1914: 441; Campos, 1925: 678; Moraes Rego, 1933: 280; Duarte & Japiassu, 1971: 435; Santos, 1974 b, Duarte & Santos, 1993, Carvalho, 1993, est. 58-59; Catálogo de Plantas SP/ DGM/DNPM

33 - Fazenda Santa Rita e Fazenda Monteverde

Localidade - Sondagem da fábrica de Cimento Itapicuru, distando respectivamente, 27,8km SSW e 22km W de Codó, MA

Formação - Codó

Idade - Cretáceo

Fósseis - Palinomorfos: esporos e pólen

Referência - Lima, 1982

34 - Dom Pedro

Localidade - Km 17 estrada para D. Pedro; próximo à entrada de Santo Antônio dos Lopes, na estrada Peritoró-Dom Pedro, MA (04°53'S-44°21'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Palinomorfos: Cutículas vegetais; Gastrópodos: *Nerinea* sp.; *Tylostoma* sp., *Turritella* sp. e *Cerithium* sp.; Biválvios indeterminados; ostracodes; *Paraschuleridea* sp. e Cyprididae

Referência - Lima & Leite, 1978, v.15 (FAU-067, FAU-086, JR-600)

35 - Furo de sondagem - 1-UN-37-PI (CPRM)

Localidade - Boa Esperança, Chapadinha, MA (04°08'S-43°12'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo (Aptiano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólen, cutículas e fibras vegetais; Ostracodes

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAI-153,155, 156,160,161)

36- Furo de sondagem 1 UN-35-PI (CPRM)

Localidade - Afonso Cunha, MA (04°15'S- 43°19'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo (Aptiano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólen, esporos, cutículas e fibras vegetais; Ostracodes

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAI-175 a 181)

37 - Furo de Sondagem 1 UN- 32 -PI (CPRM)

Localidade - Roça do Meio, Duque Bacelar, MA (04°04'S-43°03'W)

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo - (Aptiano)

Fósseis - Palinomorfos: Pólen, cutículas vegetais; Ostracodes: *Pattersoncypris clinocypris*, *Bisulcocypris praetuberculata*, *Bisulcocypris silvai*, *Bisulcocypris pricei*, *Petrobrasia salvadoriela Darwinula oblonga*; Conchostráceos, Biválvios; Gastrópodos; Insetos

Referência - Leite *et al.*, 1975 (FAH-033, 035, 039, 040, 042); Silva *et al.*, 1985

Folha Teresina SO - SB.23-Y (06 00' e 08 00'S - 45 00' e 48 00'W)

38 - Porto Franco

Localidade - 86,5km NE e 64,2km NE de Porto Franco, estrada para Grajaú, MA (06°08'S- 46°45'W)

Formação - Corda

Idade - Cretáceo

Fósseis - Palinomorfos: cutículas vegetais, traqueídeos; Conchostráceos: *Liotheria* sp.; Ostracodes: fragmentos de Cyprididae

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 13 e 14 (FAU-075, FAU-076, FAU-698; LA-342, LA-346, LA-356)

Folha Teresina SE - SB.23-Z (06 00' e 8 00'S- 42 00' e 45 00'W)

39 - Nazaré

Localidade - Arraial Nazaré a 6km W de Lages, 33km de Passagem Franca, MA

Formação - Pastos Bons

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Peixes: *Lepidotes*

Referência - Albuquerque & Dequech, 1946: 96-97

40 - Limpeza

Localidade - cerca de 20km de Limpeza, perto de São João dos Patos, MA

Formação - Pastos Bons

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Peixes: escamas de *Lepidotes*

Referência - Albuquerque & Dequech, 1946: 98

41 - Pastos Bons

Localidade - 25,8km N de Pastos Bons, estrada para Feira da Várzea, MA (06°35'S-44°15'W)

Formação - Pastos Bons

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Palinomorfos: raras evidências palinológicas; Ostracodes: moldes indeterminados,

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 13 (FAU-709, AV-415A)

42 - Nova Iorque

Localidade - 9km do Rio Pedra de Fogo, estrada Nova Iorque-Orozimbo, MA (06°38'S - 43°56'W)

Formação - Pastos Bons

Idade - Eocretáceo

Fósseis -Palinomorfos: raras evidências palinológicas e cutículas vegetais. Crustacea, Ostracoda; fragmentos indeterminados,

Referência - Lima & Leite, 1978, v. 13 (FAV-708, HB-049A)

43 - Fazenda ou Mina do Muzinho / Riacho Olhos d'Água

Localidade - 16km NE Floriano, margem direita do rio Parnaíba, riacho Taboquinha, PI (06°50'S-42°50'W).

Formação - Pastos Bons

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Palinomorfos: Pólenes, esporos; Conchostáceos: *Macrolimnadiopsis pauloi* (DGM 4244 a 4250-I, MP-M 27 a 38); *Lioestheria* sp.(MP-M 39), *Pseudestheria* sp. 1 (MP-M 40), *Pseudestheria* sp. 2 (MP-M 41), *Asmussia*(?) sp. (MP-M 42); Peixes: *Lepidotes piauihyensis* (DGM 290 a 297, 340 a 343 e 905-P) *Gondwanapleuropholis longimaxillaris* (DGM 906, 907, 910 a 915 -P; Pz. UERJ 451-460, 469-470), (?) Macrosemiidae

Referência - Campos, 1925: 680, Roxo & Loefgren, 1936, Albuquerque & Dequech, 1946: 145, Schaeffer, 1947: 12, Beurlen, 1954, Mendes, 1960, Cardoso, 1962, Santos, 1945, 1953, 1974a, Pinto & Pur-

per, 1974, Lima & Campos, 1980; Brito & Gallo, 2002

43a - Floriano

Localidade - Estrada velha entre Floriano e Almirante (sic), PI

Formação - Pastos Bons

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Conchostáceos: *Cyzicus*, *Lioestheria florianoensis* (DGP 7996 a 7999), *Echinesteria semigibosa* (DGP 7988 a 7991)

Referência - Cardoso, 1962

Obs: esta localidade não foi plotada por falta de dados precisos. A cidade deve ser Amarante e não Almirante.

44 - Alegre Manga

Localidade -Margens do rio Parnaíba, Floriano, PI

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Vegetal: Madeira: *Lecythioxylon brasiliense* (DGM 374-Pb)

Referência - Milanez, 1935; Japiassu, 1971: 447; Duarte & Japiassu, 1971: 436

45 - Guadalupe

Localidade - Guadalupe, PI

Formação - Codó

Idade - Eocretáceo

Fósseis - Vegetal: madeiras Gimnospermas e Angiospermas

Referência - Japiassu, 1971: 448

46- Ribeirão Tamboril

Localidade - Afluente do riacho Tucuns, margem direita do rio Parnaíba, Uruçui, PI

Formação - Codó

Idade - Cretáceo

Fósseis - Vegetal: madeiras Gimnospermas e Angiospermas (DGM 424, 425, 693, 694-Pb)

Referência - Japiassu, 1971: 448

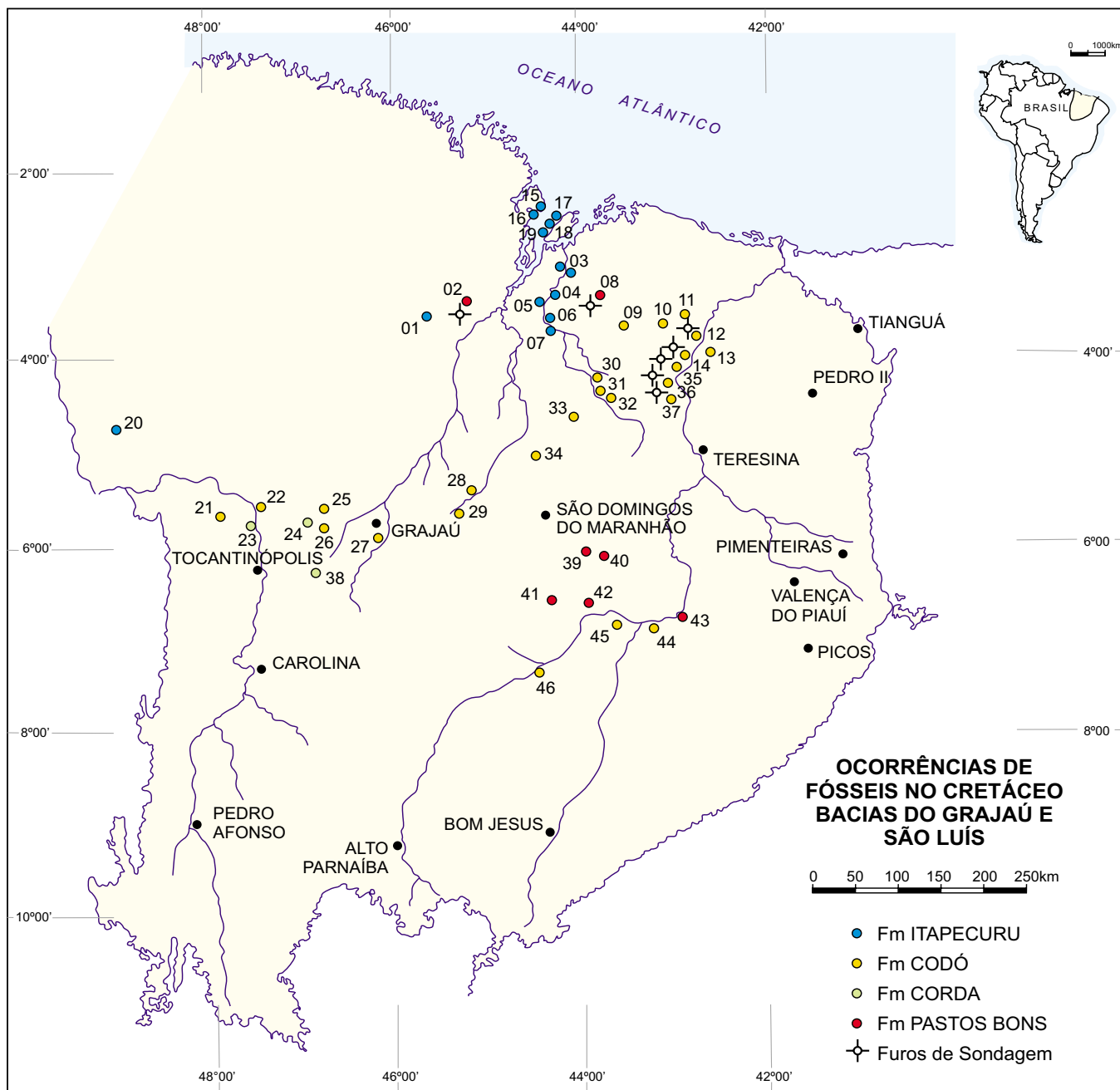


Figura 18.6 – Ocorrências de Fósseis do Cretáceo.

Tabela 18.4 – Ocorrências de Fósseis no Cretáceo.

FÓSSEIS	FORMAÇÕES			
	PASTOS BONS	CORDA	CODÓ	ITAPECURU
PALINOMORFOS	Pólen (43) Esporos (43) Cutículas vegetais (42)	Cutículas vegetais (24, 38) Traqueídeos (38)	Pólen (12, 14, 33, 35 a 37) Esporos (12, 14, 33, 35, 36) Cutículas vegetais (12, 14, 34 a 37) Fibras vegetais (12, 14, 34 a 36)	Pólen (3, 6, 17) Algas carófitas (7) Foraminíferos indet. (1)
FILICOPSIDA				<i>Paradoxopteris sanctiluigi</i> (16)
GIMNOSPERMAS			Troncos (45, 46) Coníferas (22, 32) Plantas indet. (31) <i>Sagenopteris</i> (10) (?) <i>Cardiopteris</i> (31) (?) <i>Yuccites</i> sp. (10)	Madeiras (16, 18)
ANGIOSPERMAS			Troncos (27, 45, 46) Folhas (25) <i>Lecythioxylon brasiliense</i> (44) <i>Nymphaeites choffatti</i> (32)	Folhas (17)
ICNOFÓSSEIS		Rastros de Dinossauros Saurópodos (23)		Pegadas de Dinossauros (15, 17, 18) <i>Skolithos</i> (3, 5 a 7)

FÓSSEIS	FORMAÇÕES			
	PASTOS BONS	CORDA	CODÓ	ITAPECURU
GASTRÓPODOS			<i>Nerinea sp.</i> (9, 34) <i>Tylostoma sp.</i> (34) <i>Turritella sp.</i> (9, 34) <i>Cerithium sp.</i> (9, 34) Gastropode indet. (9, 14, 16, 37)	<i>Nerinea pontagrossensis</i> (17,19) Gastrópode indet. (5, 16)
OSTRACODE	Moldes indet. (41, 42)	Fragmentos indet (24, 38) Cyprididae (38)	Ostracodes indet. (9, 14, 21, 22, 25, 26, 32, 35, 36) Cyprididae (13, 34) <i>Darwinula oblonga</i> (13,14,37) <i>Bisulcocypris quadrinodosa</i> (14) <i>B. praetuberculata</i> (14, 37) <i>B. silvai</i> (14, 37) <i>B. pricei</i> (37) <i>B. sp. 1 e B. sp. 2</i> (14) <i>Paraschuleridea</i> (34) <i>Paracypridea obovata</i> (14) <i>Pattersoncypris micropapilosa</i> (14) <i>P. clinocypris sp.</i> (37) <i>Hourcquia anquilata symmetrica</i> (8) <i>Petrobrasia sp.</i> (37) <i>Salvadoriela sp.</i> (37)	Ostracodes indet. (1, 7) <i>Darwinula</i> (7) <i>Pattersoncypris</i> (7)
CONCHOSTRÁCEO	<i>Macrolimnadiopsis pauloi</i> (43) <i>Cyzicus (Lioestheria) florianensis</i> (43a) <i>L. sp.</i> (43)	<i>Lioestheria sp.</i> (38) Moldes indet (24)	<i>Cyzicus (Lioestheria) codoensis</i> (22, 32)	<i>Cyzicus codoensis</i> (6) <i>C. abaetensis</i> (6) <i>C. brauni</i> (6)
	<i>Asmussia ? sp. A</i> (43) <i>Echinostheria semigibosa</i> (43a) <i>Pseudestheria sp. 1 e P. sp. 2</i> (43)		Conchostraceos indet. (14, 25, 26, 31, 37)	Conchostraceos indet. (5, 7)
INSETOS			<i>Pricecoris beckeriae</i> (28) <i>Laticutella santosi</i> (28) Fragmentos de insetos (14, 37)	
ECHINODERMAS			Espinhos indet. (9) <i>Chiphosoma.</i> (9)	

FÓSSEIS	FORMAÇÕES			
	PASTOS BONS	CORDA	CODÓ	ITAPECURU
PEIXES	<i>Lepidotes sp.</i> (39, 40) <i>Lepidotes piauhyensis</i> (43) (?) <i>Macrosemiidae</i> (43) <i>Gondwanapleuropholis longimaxillaris</i> (43)		<i>Araripelepidotes temnurus</i> (10) <i>Vinctifer comptoni</i> (10, 28, 31, 32) <i>Calamopleurus cylindricus</i> (10) <i>Cladocycclus gardneri</i> (10) <i>Brannerion latum</i> (10) <i>Rhacolepis buccalis</i> (10, 31) <i>Tharrhias araripis e T. sp.</i> (10, 28) <i>Dastilbe elongatus</i> (10, 11, 28, 29, 32) <i>Santanichthys diasi</i> (10, 29) <i>Codoichthys carnavali</i> (10) Celacantideo (30)	Elasmobranchii indet. (4, 18) Miliobatideos (4, 19) <i>Lepidotes sp.</i> (16, 19) Fragmentos indet. (1, 4 a 7, 15) Actinoptergii indet. (18) Picnodontidae (6) <i>Mawsonia</i> (16) Dipnoi indet (18) <i>Neoceratodus africanus</i> (16,17,19) <i>Asiatoceratodus</i> (4)
RÉPTEIS				Dinossauros Terópodos (4,15, 16, 17,18, 19) Dinossauros Saurópodos (15, 16, 18, 19) <i>Amazonsaurus maranhensis</i> (5) Ovos, ossos e dentes (5, 15) Quelonios indet.(16, 18); Pelomedusoides (15) <i>Araripemys barretoii</i> (5) Crocodilia indet. (6, 7, 15, 16, 18, 19) <i>Candidodon itapecuruense</i> (4) Mosassauros (15) Plesiosauros (16)
AVES				Aves indet. (17)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, G.A. de. 1961. Reconhecimento geológico ao longo do rio Tocantins, entre Porto Nacional e Pedro Afonso, Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n.170, 31 p.
- AGUIAR, G.A. de. 1964. Semidetalhe da região sudoeste de Balsas. Rio de Janeiro, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 218, 40 p.
- AGUIAR, G.A. de. 1969. Bacia do Maranhão: geologia e possibilidades de petróleo. Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 371, 55 p.
- AGUIAR, G.A. de. 1971. Revisão Geológica da bacia Paleozóica do Maranhão. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG., 1971, v.3, p. 113-122.
- AGUIAR, G.A. de; NAHASS, S. 1969. Mapa geológico geral da bacia do Maranhão, Rio de Janeiro, PETROBRAS, escala 1:1.000.000.
- ALBUQUERQUE, O.R.; DEQUECH, V. 1946. Contribuição para a Geologia do Meio Norte, especialmente Piauí e Maranhão, Brasil. *In*: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA DE MINAS E GEOLOGIA, 2, 1946, Petrópolis, *Anais...* Rio de Janeiro, 1946, v. 3, p. 69-108.
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1969. Diferenciação tectônica da plataforma brasileira *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23. Salvador. 1969. *Anais...*, São Paulo, SBG. v.2, p.29-46.
- ALMEIDA, H.G. de; MARINHO, P.A.C.; MARTINS, R.C. 1995 Projeto Especial mapas de recursos minerais, de solos e de vegetação para a área do Programa Grande Carajás: Subprojeto Recursos Minerais. Folha Marabá SB.22-X-D, estados do Pará, Maranhão e Tocantins, escala 1:250.000, Brasília, DNPM/CPRM, 113p. il., mapas.
- ANDERSON, K.H.; MENDONÇA, V.R. 1960. Geologia report on the extreme southern and of the Maranhão basin. Rio de Janeiro, PETROBRAS Relatório Técnico, n. 152, 63 p.
- ANDRADE, S.M. 1968. Geologia do Sudeste de Itacajá. Rio de Janeiro, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 293, 38 p.
- ANDRADE, S.M.; DAEMON, R.F. 1974. Litoestratigrafia e bioestratigrafia do flanco sudoeste da bacia do Parnaíba (Devoniano e Carbonífero). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre, *Anais...* Porto Alegre, SBG, 1974. v. 2, p. 129-137.
- ANDRADE RAMOS, J.R. de. 1957. Novas localidades fossilíferas no setentrão goiano. Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas preliminares e estudos, Rio de Janeiro, n. 99, p. 1-8.
- ANDRADE RAMOS, J.R. de. 1967. Estratigrafia da região Xingu-Tocantina. *In*: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, 1, 1966, Belém. *Atas...*, CNPq, Rio de Janeiro, v.1, Geociências, 1967, p. 373-386.
- ANDRADE RAMOS, J.R. de; BARBOSA, R.A. 1967. Geologia e Petrografia de Porto Nacional a Miracema do Norte, rio Tocantins. *In*: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, 1, 1966, Belém. *Atas...*, CNPq, Rio de Janeiro, v.1, Geociências, 1967, p. 387-401.
- ANNELI, L.E.; ROCHA CAMPOS, A.C.; LIMA FILHO, F.P. 1992. Paleoecologia dos bivalves da

- formação Piauí (Neocarbonífero), bacia do Parnaíba. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 37, 1992, São Paulo, *Boletim...*, SBG, São Paulo, v.2, p.502.
- ANNELI, L.E.; ROCHA CAMPOS, A.C.; SIMÕES, M.G. 1994. Pelecypodes from the Piauí formation (Middle pennsylvanian), Parnaíba basin, Brazil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 38, 1994, Balneário de Camboriú, *Boletim...*, SBG., Balneário de Camboriú, v.3, p. 223-224.
- ARAI, M 2001. Palinologia de depósitos cretáceos no norte e Meio-norte do Brasil; histórico e estado da arte. *In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A M.; TRUCKENBRODT, W. (Coord.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 264 p. (Coleção Friedrich Katzer) p.175-189.*
- ARANHA, L.G.F.; LIMA, H.P.; SOUZA, J.M.P.; MAKINO, R.K. 1990. Origem e evolução das bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova. *In: RAJA GABAGLIA, G.P.; MILANI, E.J. (Eds.) Origem e evolução de bacias sedimentares. Rio de Janeiro, PETROBRAS, p. 221-232.*
- ARAUJO, C.C.de 1979. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Subprojeto Hidrogeologia. Folha 12 - Teresina-SO, Relatório Final. DNPM/ CPRM, Recife, 2v.
- ARAUJO, C.C.de; MIRANDA, J.L.F.de. 1979. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Subprojeto Hidrogeologia. Folha 17- Rio São Francisco-NO, Relatório Final. DNPM/CPRM, Recife, 2v.
- ASMUS, H.E. 1975. Controle estrutural da deposição mesozóica nas bacias da margem continental brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v 5, n 3, p. 160-175.
- ASMUS, H.E. 1984. Área Oceânica. *In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. (Coord.) Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais; escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM, p: 423-489.*
- ASSIS, J.F.P. 1979. Uma fâunula de moluscos bivalves do Calcário Mocambo, Formação Piauí, Carbonífero Superior da bacia do Maranhão, município José de Freitas, estado do Piauí. 1v. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ASSIS, J.F.P. 1980. Sobre uma fâunula de moluscos bivalves do Calcário Mocambo, Carbonífero da Bacia do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 52, n.1, p. 201.
- ASSIS, J.F.P.; FERNANDES, A.C.S. 1980. A ocorrência de *Bifungites* Desio, 1940 na formação Pimenteiras, Devoniano da bacia do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 52, n.2, p. 335-338.
- BARBERENA, M.C. 1972. South American Late Paleozoic Tetrapods. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DOS SISTEMAS CARBONÍFERO E PERMIANO NA AMÉRICA DO SUL. Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 44 (Supl.), p.67-75.
- BARBOSA, O.; ANDRADE RAMOS, J.R.; GOMES, F.de A.; HEMBOLD, R. 1966. Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do "Projeto Araguaia". Brasil Divisão de Geologia e Mineralogia, Monografia, Rio de Janeiro, n. 19, 94p.
- BARBOSA, O.; GOMES, F.A. 1957. Carvão mineral na bacia Tocantins-Araguaia. Brasil. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Boletim...*, Rio de Janeiro, n. 174, 34p.
- BARRET, S.F.; ISAACSON, P.E. 1988. Devonian paleogeography of South America. *In: MCMILLAN, N. J.; EMBRY, A. F.; GLASS, D. J. (Eds.) Devonian of the World. Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists, v.1, p.655-667. (CSPG, Memoir, 14).*
- BAYER, U.; SEILACHER, A. 1985. A. Sedimentary and Evolutionary Cycles. Lectures Notes. *In: Earth Sciences. Berlin,, Springer-Verlag, v. 1, 465 p.*
- BEURLLEN, K. 1954. Um novo gênero de conchostreáceo da família Limnadiidae. Divisão de Geologia e Mineralogia. Notas preliminares e Estudos. Rio de Janeiro, n. 83, p.1-7.
- BEURLLEN, K. 1965. Observações no Devoniano do estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 37, n.1, p. 61-67.
- BEURLLEN, K. 1971a. A Paleontologia na Geologia do Cretáceo no Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 43 (Supl.), p. 89-101.
- BEURLLEN, K. 1971b. Bacias sedimentares no bloco brasileiro. *Estudos Sedimentológicos*, v.1, n.2, p. 7-32.
- BLANKENNAGEL, R.K. 1952. Bacia do Maranhão. *In: BRASIL. Conselho Nacional do Petróleo. Relatório de 1951, Rio de Janeiro, 1952, p. 167-168.*
- BLANKENNAGEL, R.K. 1954. Geology report on the southeastern margin of the Maranhão basin. Rio de Janeiro, PETROBRAS. Relatório Técnico, n. 44, 53p.
- BORGES, J. 1937. Estudos geológicos nos estados do Maranhão e Piauí. Serviço Geológico e Mineralógico, Relatório Annual 1936, Rio de Janeiro, p. 90-105, 108-111.

- BOUCOT, A.J. 1971. Malvinokaffric Devonian marine community distribution and implications for Gondwana. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 1970, Rio de Janeiro, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 43 (Supl.), p.23-49.
- BOUCOT, A.J. 1974. Silurian and Devonian Biogeography. *In*: ROSS, C.A. (Ed.) Paleogeographic Provinces and Provinciality. Society Economical Paleontological Mineralogical. Special Publication, Tulsa, n. 21, p. 165-176.
- BOUCOT, A.J. 1975. Silurian and Devonian Biogeography. *In*: ROSS, C. A. (Ed.) Paleogeographic Provinces and Provinciality. *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Sp. Publ.*, Tulsa, n. 21, p. 165-176
- BOUCOT, A.J. 1990a. Silurian biogeography. *In*: MCKERROW, W.S., SCOTSE, R. (Eds.). Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography. The Geological Society. Memoir, nº12, p. 191-196.
- BOUCOT, A.J. 1990b. Evolutionary Paleobiology of Behavior and Coevolution. 1990. 725p. Elsevier. Amsterdam.
- BRASIL. 1973a. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. Parte das folhas SC.23 Rio São Francisco/SC.24 Aracaju: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. v.1, Rio de Janeiro, p. il. (Levantamento de Recursos Naturais, 1).
- BRASIL. 1973b Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB.23 Teresina e parte da folha SB.24 Jaguaribe: Geologia geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. V.2, Rio de Janeiro, p.il. (Levantamento de Recursos Naturais, 2).
- BRASIL. 1973c. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.23 São Luís e parte da folha SA.24 Fortaleza: Geologia geomorfologia, podologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, v.3, p.il. (Levantamento de Recursos Naturais, 3).
- BRIGGS, D.E.G.; CROWTHER, P.R. (Eds.). 1990. Palaeobiology. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 583 p.
- BRITO, I.M. 1965. Novos microfósseis devonianos do Maranhão. *Publicações Avulsas da Escola de Geologia da Bahia*, Salvador, n. 2, p. 1-4.
- BRITO, I.M. 1966. Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da Bacia do Maranhão; Parte II (Acritarcha Polygonomorphitae e Pteromorphitae), Sociedade Brasileira de Geologia. Publicação do Núcleo do Rio de Janeiro, 1, p. 78-79.
- BRITO, I.M. 1967a. Novo subgrupo de Acritarcha do devoniano do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 39, n.1, p. 163-166.
- BRITO, I.M. 1967b. Silurian and Devonian Acritarcha from Maranhão basin, Brazil. *Micropaleontology*, New York, v.13, n. 4, p. 473-482, est. 1-2.
- BRITO, I.M. 1968. Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da bacia do Maranhão. Parte III. *Geodiversitas*, Rio de Janeiro, n. 2, p. 11-14, est. 1-2.
- BRITO, I.M. 1969. Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da bacia do Maranhão. Parte IV. *Geodiversitas*, Rio de Janeiro, n. 3, p. 15-19, 1 est.
- BRITO, I.M. 1971. Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da bacia do Maranhão. Parte V. Acritarcha Herkomorphitae e Prismakomorphitae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 43 (Supl.), p. 201-208.
- BRITO, I.M. 1976. Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da bacia do Maranhão. Parte VI. O gênero *Veliferites* Brito, 1967 como sinônimo de *Duvernaysphaera* Staplin, 1961 (Acritarcha-Pteromorphitae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 4, p.757-759.
- BRITO, I.M. 1977. Ocorrência de bióglifos no Devoniano Inferior do município de Tocantínia, Goiás. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 49, n.3, p.461-464.
- BRITO, I.M.; QUADROS, L.P. 1984. Novas ocorrências de Acritarchae no Devoniano da bacia do Parnaíba. *Boletim do Instituto de Geociências*, São Paulo, Ser. Cient. n.15, p.15-19.
- BRITO, I.M.; QUADROS, L.P. 1985. *Pseudolunulidia*, um fóssil-índice do Devoniano Superior (Acritarcha Netromorphitae). Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, Série Geologia, DNPM, Brasília, n. 27, p. 285-287.
- BRITO, I.M.; SANTOS, A.S. 1965. Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da Bacia do Maranhão. Parte I. Divisão de Geologia e Mineralogia. Notas preliminares e Estudos. Rio de Janeiro, n.129, p.1-22, est. 1-2.
- BRITO, P.M. 1997. Aspidorhynchidae: Ostéologie et relations phylogénétiques. *Geodiversitas*, v. 19, n. 4, p. 683-772.
- BRITO, P.M.; FERREIRA, C.S. 1985. Contribuição ao estudo dos Cladoseláquios da bacia do Maranhão-Piauí. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9, 1985, Fortaleza, *Resumos...*, Fortaleza, SBP, 1985, p. 130.

- BRITO, P.M.; BERTINI, R.J.; MARTILL, D.M.; SALLES, L.O. 1994. Vertebrate fauna from the Missão Velha Formation (Lower Cretaceous NE, Brazil). *In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL 3*, Rio Claro, 1996, Boletim... UNESP, p.139-140.
- BRITO, P.M.; GALLO, V. 2002. A new pleuropholid, *Gondwanapleuropholis longimaxillaris* n.g., n.sp. (Actinopterygii: Teleostei) from the Jurassic of north east Brazil. *C.R. Palevol* 1, p. 697-703.
- CALDAS, E.B.; LIMA FILHO, F.P.; FLORÊNCIO, C.P. 1987. Nova ocorrência de *Metacryphaeus* cf. *australis* no Devoniano médio da bacia do Parnaíba. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 10, 1987, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro, SBP, 1987, v. 2, p. 539-544.
- CALDAS, E.B.; MUSSA, D.; LIMA FILHO, F.P.; ROSLER, O. 1989. Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina Piauí. *Boletim do Instituto de Geociências*, São Paulo, Publicação Especial, n. 7, p. 69-87.
- CALDASSO, A.L.S. 1978. A sedimentação mesozóica e seu relacionamento com a evolução geomorfológica da Bacia do Parnaíba. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, 1978, Recife, *Anais...*, Recife, SBG, 1978, v.2, p. 784-792.
- CAMPANHA, V.A. 1974. Caracterização ichnofaciológica do Membro Picos, Formação Pimenteiras na região de São Miguel do Tapuí, Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 46, n.3/4, p. 593-600.
- CAMPANHA, V.A.; MABESOONE, J.M. 1974. Paleoambiente e paleoecologia do Membro Picos, Formação Pimenteiras (Devoniano do Piauí). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28, 1974, Porto Alegre, *Anais...*, Porto Alegre, SBG, 1974, v.2, p. 221-235.
- CAMPANHA, V.A.; ROCHA CAMPOS, A.C. 1979. Alguns microfósseis da Formação Piauí (Neocarbo-nífero) da bacia do Parnaíba. *Boletim do Instituto de Geociências*, São Paulo, n.10, p. 57-67.
- CAMPBELL, D.F. 1949. Revised report on the reconnaissance geology of the Maranhão basin. PETROBRAS, Belém, Rept. 7, 117 p.
- CAMPBELL, D.F. 1950. Bacia do Maranhão. *In: BRASIL. Conselho Nacional do Petróleo. Relatório de 1949*, Rio de Janeiro, p. 81-83, figs. 12, 13.
- CAMPBELL, D.F.; ALMEIDA, L.A. de; SILVA, S. de O.; FONTES, N.P. 1948. Zona central da bacia Maranhão-Piauí. *In: BRASIL. Conselho Nacional do Petróleo. Relatório de 1947*, Rio de Janeiro, p. 73-78, est., mapa.
- CAMPBELL, D.F.; GOMES, F.A.; ALMEIDA, L.A.; SILVA, S. de O. 1949a. Estados do Maranhão e Piauí. *In: BRASIL. Conselho Nacional do Petróleo, Relatório de 1948*, Rio de Janeiro, p. 72-74, 16 fig., mapa.
- CAMPBELL, D.F.; ALMEIDA, L.A. de; SILVA, S. de O. 1949b. Relatório preliminar sobre a geologia da bacia do Maranhão. *Boletim do Conselho Nacional do Petróleo*. Rio de Janeiro, 1, 160 p.
- CAMPOS, D. de A.; CAMPOS, D.R.B. 1975. Localidades fossilíferas da folha Tocantins (SC.22). *In: SCHOBENHAUS FILHO, C. (Coord.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo*, DNPM, Brasília, p. 43-47.
- CAMPOS, D.R.B. 1985. Catálogo de Fósseis tipo e figurados das coleções paleontológicas do DNPM. I-Invertebrados. Brasil, DNPM, Brasília, Geologia 26. Paleontologia e Estratigrafia 1, 99 p.
- CAMPOS, L.F.G. de. 1925. Notas sobre algumas localidades da costa norte e nordeste do Brasil. Serviço Geológico Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, *Monografia*, n. 4, p. 667-699, anexo. 1 est.
- CAPUTO, M.V. 1984. Glaciação Neodevoniana no continente Gondwana ocidental. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, 1984, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro, SBG, v. 2, p. 725-739.
- CAPUTO, M.V. 1985. Late glaciation in South America. *Palaeogeography and Palaeoecology*, Amsterdam, v. 51, p. 291-317.
- CAPUTO, M.V.; LIMA, E.C. 1984. Estratigrafia, idade e correlação do grupo Serra Grande, Bacia do Parnaíba. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, 1984, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: SBG, 1984, v. 2, p. 740-753.
- CAPUTO, M.V.; CROWEL, J.C. 1985. Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic era. *Bulletin of Geological Society America*. Colorado, v. 96, n. 8, p. 1020-1036.
- CARDOSO, R.N. 1962. Alguns conchostráceos mesozóicos do Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 21-38, 1 est.
- CARNEIRO, R.G. 1974. Mapeamento estrutural da área de Grajaú-Imperatriz. Belém, PETROBRAS, .Relatório Técnico, n. 358, 45p.
- CARNEIRO, R.G.; PERILLO, I.A. 1968. Semidetalhe geológico da área de Ribeiro Gonçalves-Santa Filomena no sudoeste do Piauí. Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 281, 52 p.
- CAROZZI, A.V.; FALKENHEIN, F.V.H.; CARNEIRO, R.G., ESTEVES, F.R.; CONTREIRAS, C.J.A. 1975. 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.

- CARVALHO, I.S. 1993. Os conchostráceos fósseis das bacias interiores do Nordeste do Brasil. 2 v., Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CARVALHO, I.S. 1994a *Candidodon*, um crocodilo com heterodontia (Notosuchia, Cretáceo Inferior-Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n. 3, p. 331-346.
- CARVALHO, I.S. 1994b. Contexto tafonômico das pegadas de terópodes da Praia da Baronesa (Cenomaniano, Bacia de São Luís). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário de Camboriú, *Boletim...*, Balneário de Camboriú, SBG, v. 3, p. 211-212.
- CARVALHO, I.S. 1994c. A icnofauna dinossauriana do Cretáceo superior da bacia de São Luís (Praia da Guia): Contexto paleoambiental e aspectos paleoecológicos. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n.1, p. 120.
- CARVALHO, I.S. 1994d. As ocorrências de icnofósseis de vertebrados na bacia de São Luís, Cretáceo Superior, estado do Maranhão. In: SIMPÓSIO CRETÁCEO BRASIL, 3, 1994, Rio Claro, *Boletim...*, Rio Claro, UNESP, p. 119-122.
- CARVALHO, I.S. 1995. As pistas de dinossauros da Ponta da Guia (Bacia de São Luís, Cretáceo superior- Maranhão, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 67, n.4, p. 413-431.
- CARVALHO, I. S.2001. Pegadas de Dinossauros em depósitos estuarinos (Cenomaniano) da Bacia de São Luís (MA), Brasil. In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. (Coord.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 264 p. (Coleção Friedrich Katzer) p.245-264.
- CARVALHO, I.S., CAMPOS, D.A. 1988. Um mamífero triconodonte do Cretáceo Inferior do Maranhão, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 60, n. 4, p. 437-446.
- CARVALHO, I.S.; GONÇALVES, R.A. 1994. Pegadas de dinossauros Neocretáceas da Formação Itapecuru, Bacia de São Luís (Maranhão, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n. 3.p. 279-292.
- CARVALHO, I.S.; VILAS-BOAS, I.; BERGQVIST, L. 1997. Plesiosauros da região equatorial brasileira-Bacia de São Luís (Cretáceo Superior), Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 15, 1997, São Pedro, *Boletim...*, São Pedro: SBP, 1997, p. 93.
- CARVALHO, I.S.; PEDRÃO, E. 1998. Brazilian Theropods from the Equatorial Atlantic Margin: Behavior and Environmental Setting. Gaia, Lisboa, n. 15, p.369-378.
- CARVALHO, I.S.; AVILLA, L.S.; SALGADO, L., 2003. *Amazonsaurus maranhensis* gen et sp. nov. (Sauropoda, Diplodocoidea) from the Lower Cretaceous (Aptian-Albian) of Brazil. *Cretaceous Research*, n.24, p 697-713.
- CARVALHO, M.da G.P.de. 1995. Trilobitas Devonianos da bacia do Parnaíba (Formações Pimenteira, Cabeças e Longá). 132 p. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CARVALHO, M.da G.P.de; MELO, J.H.G.de. 1984. Ocorrência de *Metacryphaeus* (Trilobita, Calmonidae) da Formação Longá e suas implicações geocronológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro, *Resumos...*, Rio de Janeiro, p.43.
- CARVALHO, M.G.P.; FONSECA, V.M.M. 1988. Contribuição ao conhecimento dos trilobitas carboníferos das bacias do Amazonas e do Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 60, n. 1, p. 110.
- CARVALHO, M.da G.P. de; EDGECOMBE, G.; LIEBERMAN, B.S. 1997. Devonian Calmonid trilobites from the Parnaiba Basin, Piauí State, Brazil. *American Museum Novitates*, nº 3192. 11p.
- CARVALHO, M.S.S. 1997. Primeira ocorrência de Picnodontídeos (Pisces) na Formação Itapecuru, Cretáceo Inferior da bacia do Parnaíba, Estado do Maranhão Brasil., In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 15, 1997, São Pedro, *Boletim...*, São Pedro, SBP, 1997, p. 79.
- CARVALHO, M.S.S. 2001. Ocorrência e distribuição estratigráfica dos vertebrados no Cretáceo das bacias do Parnaíba e São Luís (Estados do Maranhão e Piauí), Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, II, 1997, *Comunicações...*, Crato, 2001, p. 185-194.
- CARVALHO, M.S.S. 2002. O gênero *Mawsonia* (Sarcopterygii, Actinistia), no Cretáceo das bacias Sanfranciscana, Tucano, Araripe, Parnaíba e São Luís. Rio de Janeiro, Tese, (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 177 p.
- CARVALHO, M.S.S.; SILVA, V.G. 1992. Ocorrência de escamas de *Lepidotes* (Pisces) na Formação Itapecuru, Cretáceo da Bacia de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 64, n.4, p. 419.
- CARVALHO, M.S.S.; SANTOS, M.E.C.M. 1993. Distribuição Estratigráfica dos Peixes Fósseis da Bacia

- do Parnaíba. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 13, 1993, São Leopoldo, *Boletim...*, São Leopoldo: SBP, 1993, p. 245.
- CARVALHO, M.S.S.; SANTOS, M.E.C.M. 1994. Paleoeologia da ictiofauna do eocretáceo do nordeste do Brasil. *In*, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário de Camboriú, *Boletim...*, Balneário de Camboriú, SBG, v. 3, p. 220-222.
- CARVALHO, M.S.S.; MAISEY, J.G. 1999. Ocorrências de peixes celacantídeos no Cretáceo Inferior da bacia do Parnaíba, estado do Maranhão, Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 16, Crato, *Boletim ...*, p. 35
- CARVALHO, M.S.S.; SANTOS, M.E.C.M.; FONSECA, V.M.M. 1996. Eventos biológicos no devoniano da bacia do Parnaíba. *In*: SIMPÓSIO SUL AMERICANO DO SILURO DEVONIANO, 1996, Ponta Grossa, *Anais...*, Ponta Grossa, SBP, p.375-390.
- CASTELO BRANCO, R.M.G.; COIMBRA, A.M. 1984. Contribuição ao conhecimento tecto-magmático da borda sul da bacia do Parnaíba. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro. *Boletim...* Rio de Janeiro, SBG. v.2. p.84.
- CASTER, K.E. 1948. Excursão geológica ao estado do Piauí. *Mineração e Metalurgia*, Rio de Janeiro, v. 12, n.72, p. 271-272.
- CASTRO, J. de S. 1968. Trilobitas da Formação Pimenteiras, Devoniano do estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 40, n. 4, p. 481-489.
- CHANG, H.K; KOWSMANN, R.O.; BENDER, A.A.; MELLO, U.T. 1990a. Origem e evolução termomecânica de bacias sedimentares. *In*: RAJA GABAGLIA, G.P. & MILANI, E.J. (Eds) Origem e evolução de bacias sedimentares. Rio de Janeiro, PETROBRAS, p. 49-71.
- CHANG, H.K; KOWSMANN, R.O.; FIGUEIREDO, A.M.F. 1990b. Novos conceitos sobre o desenvolvimento das bacias marginais do Leste brasileiro. *In*: RAJA GABAGLIA, G.P. & MILANI, E.J. (Eds.) Origem e evolução de bacias sedimentares: Rio de Janeiro, PETROBRAS, p.269-289.
- COIMBRA, A.M.; MUSSA, D. 1984. Associação lignitatóflorística na formação Pedra do Fogo (Arenito Cacunda), bacia do Maranhão, Piauí, Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: SBG, 1984, v. 2, p. 591-605.
- COLARES, J.Q.dos S.; ARAUJO, C.C. de. 1990. Projeto Especial mapas de recursos minerais, de solos e de vegetação para a área do Programa Grande Carajás: Subprojeto Recursos Minerais. Folha Santa Ines. SA-23-Y-D, estado do Maranhão, escala 1:250 000, Brasília, DNPM/CPRM, 62 p. il., 4 anexos.
- COLARES, J.Q.dos S.; CAVALCANTI, V.M.M. 1990. Litofácies e sistemas deposicionais da Formação Itapecuru na porção centro-oeste do estado do Maranhão. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal, *Anais...*, Natal, SBG, 1990, v.1, p. 150-156.
- COLARES, J.Q.dos S.; ARAUJO, C.C.de; PARENTE FILHO, J. 1990. Projeto Especial mapas de recursos minerais, de solos e de vegetação para a área do Programa Grande Carajás: Subprojeto Recursos Minerais. Folha Vitorino Freire SB.23-V-B, estado do Maranhão, escala 1:250 000, Brasília, DNPM/CPRM, 75p. il., mapas.
- CORDANI, U.G.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F.M.B. 1984. 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.
- COSTA, J.B.S.; BORGES, M.S.; IGREJA, H.L.S.; HASUI, Y. 1991a. Aspectos da evolução tectônica da Bacia do Parnaíba e sua relação com o arcabouço pré-cambriano. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, Rio Claro, 1991. *Boletim...*, Rio Claro, SBG- Núcleo de São Paulo, p 96-98.
- COSTA, J.B.S.; IGREJA, H.L.S.; BORGES, M.S.; HASUI, Y. 1991b. A Tectônica mesozóica- cenozóica da Região Norte do Brasil. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, Rio Claro, 1991. *Boletim...*, Rio Claro, SBG- Núcleo de São Paulo, p 108-110.
- COSTA, J.B.S.; IGREJA, H.L.S.; BORGES, M.S.; HASUI, Y. 1991c. O quadro tectônico regional do Mesozóico na Região Norte do Brasil. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, Rio Claro, 1991. *Boletim...* Rio Claro, SBG- Núcleo de São Paulo, p 166-178.
- COSTA, M.J.; FRANÇA, J.B.; LINS, C.A.; BACCHIEGA HABEKOST, C.R.; CRUZ, W.B. 1973. Projeto Jaibaras. Relatório Final, Recife, DNPM/CPRM, 5 v.
- COSTA, N.M.M. 1971. Quitinozoários brasileiros e sua importância estratigráfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 43 (supl.) p. 209-272.
- COX, C.B.; HUTCHINSON, P. 1991. Fishes and amphibians from the Late Permian Pedra de Fogo

- Formation of northern Brazil. *Paleontology*, v.34, n. 3, p.561-573.
- CRESSEY, R.; PATTERSON, C. 1973. Fossil Parasitic Copepodes from a Lower Cretaceous fish. *Science*, New York, v.180, p. 1283-1285.
- CRISTALLI, P.de S.; MANDARIM-DE-LACERDA, A.F. 1997. Tafoflora das camadas Nova Iorque, Depósitos Neógenos do rio Parnaíba, MA, Brasil: Fabaceae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 69, n.2, p. 276.
- CRUZ, N.M.C. 1994. Afinidades biológicas dos quitinozoários. Novas hipóteses. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n.2, p. 256.
- CRUZ, N.M.C.; QUADROS, L.P. 1985. *Sommerochitina langei*, um novo fóssil guia do Devoniano Superior da bacia do Parnaíba. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*, Série Geologia, DNPM, Brasília, n. 27, p. 289-293.
- CRUZ, N.M.C.; SOMMER, F.W. 1985. Ocorrência de *Monograptus* no Siluriano da Bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9, 1985, Resumos ..., Fortaleza, SBP, p. 125.
- CRUZ, W.B.; LIMA, E.A.M.; LEITE, J.F.; QUINHO, J.S.; ANGELIM, L.A.A.; VALE, P.A.B.R. 1973a. Projeto carvão da bacia do Parnaíba. Relatório Final da 1 Etapa. DNPM/CPRM, Recife, 3 v.
- CRUZ, W.B.; ABOARRAGE, A.M.; SANTOS, M.E.C.M. 1973b. Projeto carvão da bacia do Parnaíba. Relatório de Progresso, Etapas II e III, DNPM/CPRM, Recife, 2 v.
- CUNHA, B.C.C.; DEL'ARCO, J.O. 1988 Variações Faciológicas da Formação Itapecuru na região de Santa Ines- MA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém, *Anais...*, Belém, SBG, 1988, v.2, p. 765-777.
- CUNHA, F.L.de S.; FERREIRA, C.S. 1980. Um Dipnoi na Formação Itapecuru (Cenomaniano), Maranhão, Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2, 1978, Buenos Aires, *Actas...*, Buenos Aires, 1980, v. 2, p. 1-9.
- CUNHA, F.M.B.da. 1964. Geologia do sudeste de Balsas. Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 224, 49p.
- CUNHA, F.M.B. da. 1966. Interpretação fotogeológica da área de Pastos Bons-Nova Iorque. Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 80G, 12p.
- CUNHA, F.M.B. da. 1986. Evolução paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico. 107 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CUNHA, F.M.B.da; CARNEIRO, R.G. 1972. Interpretação fotogeológica do centro-oeste da bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, 1972, Belém, *Anais...*, São Paulo, SBG, 1972., v.3, p. 65-79.
- DAEMON, R.F. 1974. Palinomorfos - guias do Devoniano Superior a Carbonífero Inferior das bacias do Amazonas e Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 46, n.3/4, p. 549-587.
- DAEMON, R.F. 1976. Correlação bioestratigráfica entre os sedimentos do siluriano, devoniano, carbonífero inferior das bacias do Amazonas, Parnaíba e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto, *Anais...*, Belo Horizonte, SBG, 1976, v. 2, p. 189-194.
- D'ARRIGO, H.B. 1993. Fragmentos ictiológicos do Cretáceo da bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro, 1993, 52 p. (Dissertação de Estágio de Campo IV. DEGEO-UFRJ).
- DELLA FÁVERA, J.C. 1990. Tempestitos da Bacia do Parnaíba. Porto Alegre, 243p. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- DELLA PIAZZA, H.; ANDRADE, F.G. de. 1969. Geologia da área norte-noroeste de Floriano. Rio de Janeiro, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 330, 16 p.
- DELLA PIAZZA, H.; SANTOS, D.B. dos 1967. Geologia do sudoeste de Floriano - PI. Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 279, 29p.
- DEQUECH, V. 1950. Trabalhos de pesquisa de carvão e água subterrânea no Piauí. Divisão do Fomento da Produção Mineral, *Boletim...*, Rio de Janeiro, n. 87, p. 43-59.
- DERBY, O.A. 1884. Aspecto physico, montanhas e chapadões. Estrutura geologica e mineraes In: Wappaeus, J. E. A geographia physica do Brasil, Rio de Janeiro, G. Lenzinger. p.43-59.
- DIETZ R.S.; HOLDEN, J.C. 1970. Reconstruction of Pangea: breakup and dispersion of continents, Permian to Present. In: BIRD, J.B. (Ed.) Plates Tectonics. Washington, American Geophysical Union. p. 207-221.
- DOLIANITI, E. 1948. A Paleobotânica no Brasil. *Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim*, Rio de Janeiro, n.123, p. 1-87.
- DOLIANITI, E. 1954. A flora do carbonífero inferior de TERESINA, Piauí. *Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim*, Rio de Janeiro, n. 148, p. 1-56.
- DOLIANITI, E. 1958. Relatório Anual do Diretor, Brasil. Div. Geol. Mineral., Rio de Janeiro, 1957, p. 131-135.
- DOLIANITI, E. 1962. Vegetais fósseis da bacia Tocantins-Araguaia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 34, n. 4, p. 477-481.

- DOLIANITI, E. 1972. Relações entre as floras paleozóicas do Brasil. Simp. Intern. Sist. Carb. Perm. Am. Sul. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 44 (Supl.), p. 113-117.
- DOLIANITI, E. 1980. *Rhacopteris* na formação Poti, Estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 165-169.
- DUARTE, A. 1936. Fósseis da sondagem de Therezina, estado do Piauí. Serviço Geológico e Mineralógico, *Notas preliminares e Estudos*, Rio de Janeiro, n. 2, p. 1-3.
- DUARTE, L. 1959. Relatório da Seção de Paleontologia. Relatório Anual do Diretor. 1958, DGM/DNPM, Rio de Janeiro, p. 167-194.
- DUARTE, L.; JAPIASSU, A.M.S. 1971. Vegetais meso e cenozóicos do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 43 (supl.), p.433-443.
- DUARTE, L.; SANTOS, R. da S. 1993. Plant and fish megafossils of the Codó Formation, Parnaíba Basin, NE, Brazil. *Cretaceous Research*, n.14, p. 735-746.
- DUTHEIL, D.B. 1999. An overview of the freshwater fish fauna from the Kem Kem beds (Late Cretaceous: Cenomanian) of southeastern Morocco. *In: ARRATIA, G & SCHULTZE, H.P. (Eds.) Mesozoic Fishes*, 2, Munchen, Ed. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, p. 553-563, 8 figs.
- DUTRA, M.F.A.; MALABARBA, M.C.S.L. 2001. Peixes do Albiano-Cenomaniano do Grupo Itapecuru no estado do Maranhão, Brasil. *In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. (Coord.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 264 p. (Coleção Friedrich Katzer), p.191-208, 6 figs.
- EISELE, G.; SEILACHER, A. (Ed.). 1982. *Cyclic and Event Stratification*. Berlin,, Springer-Verlag, 536 p.
- ELDREDGE, N.; GOULD, S.J. 1972. Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. *In: SCHOPF, T.J.M.(Ed.)*, *Models in Paleobiology*, California, Freeman, Cooper & Co., p. 82-115.
- ERHART, H. 1956. *La genese des sols en tant que phénomène géologique*. Paris, Masson, 88 p.
- EUGÊNIO, W. dos S. 1994. Caracterização geopaleontológica do Cretáceo da Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil. 74 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- EUGÊNIO, W. dos S.; AZEVEDO, S.A.K. 1994. Os vertebrados fósseis do Cretáceo da praia da Baronesa, baía de São Marcos, estado do Maranhão, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p: 120.
- FARIA JUNIOR, L.E. do C. 1984. O permotriássico na bacia do Maranhão: um modelo de paleodeserto. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 33, 1984, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro, SBG, v.2, p. 777-791.
- FARIA JUNIOR, L.E. do C.; TRUCKENBRODT, W. 1980a. Estratigrafia e petrografia da Formação Pedra de Fogo, Permiano da Bacia do Maranhão. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 31, 1980, Balneário de Camboriú, *Anais...*, Balneário de Camboriú, SBG, v.2, p. 740-754.
- FARIA JUNIOR, L.E. do C.; TRUCKENBRODT, W. 1980b. Estromatólitos na formação Pedra de Fogo, Permiano, bacia do Maranhão. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 31, Balneário de Camboriú, *Anais...*, Balneário de Camboriú, SBG, v.5, p. 3.056-3.067.
- FEIJÓ, F.J. 1994. Bacias de Sergipe e Alagoas. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*. Rio de Janeiro. Vol. 8, n.1, p.149-161.
- FERNANDES, A.C.S. 1985. Cnidários fósseis brasileiros: Histórico das pesquisas e considerações sobre o seu desenvolvimento. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*, Série Geologia. DNPM. Brasília, n. 27, p. 201-204.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, S. 1986-87. La Tafonomia: un subsistema conceptual de la Paleontologia, COL-PA, número 41. Ed. Univ. Complutense. Madrid.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, S. 1991. Taphonomic concepts for a theoretical biochronology. *Revista Española de Paleontologia*, v.6, n.1, p. 37-49.
- FERREIRA, C.S. 1964. Contribuição à Geologia e Paleontologia do Baixo Parnaíba, no Estado do Piauí. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, n.s., Geol., n. 9, 51 p.
- FERREIRA, C.S. 1992. Novos invertebrados da Formação Itapecuru, Cretáceo Inferior do estado do Maranhão, com implicações geocronológicas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 64, n. 4, p. 417-418.
- FERREIRA, C.S.; MACEDO, A.C.M.; LOEWENSTEIN, P.; SILVA, O.F. da. 1967. Sobre a validade da "Formação Pirapemas", Plioceno do estado do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro. v. 39, n. 3/4, p. 548-549.
- FERREIRA, C.S.; FERNANDES, A.C.S. 1983. Notícias sobre alguns icnofósseis da Formação Pimenteira, Devoniano no estado de Goiás. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro. v. 55, n. 1, p. 140.

- FERREIRA, C.S.; CASSAB, R. de C.T. 1987. O gênero *Paranomia* 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.
- FERREIRA, C.S.; CARVALHO, I. de S.; VICALVI, M.A.; SANTOS, M.E.C.M.; CARVALHO, M.S.S. de; EUGENIO, W. dos S. 1991. Novas ocorrências de fósseis na Formação Itapecuru, Cretáceo do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.*, Rio de Janeiro, v. 63, n. 1, p. 98-99.
- FERREIRA, C.S.; AZEVEDO, S.A.; CARVALHO, I. de S.; GONÇALVES, R.A.; VICALVI, M.A. 1992. Os fósseis da Formação Itapecuru. *In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCIAS BRASILEIRAS*, 2, 1992, Rio Claro, *Boletim...*, Rio Claro, UNESP, p. 107-110.
- FERREIRA, C.S.; CARVALHO, I. de S.; VICALVI, M.A.; ASSIZ, J.F.P.; EUGENIO, W.S.; ROBERTO, F.F. 1994. Projeto Paleontologia e Estratigrafia das bacias Cretáceas de São Luís e Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.*, Rio de Janeiro, v. 66, n. 2, p. 257.
- FERREIRA, C.S.; VICALVI, M.A.; CARVALHO, I.S. 1995a. A tafogenose da ilha de Guarapirá (bacia de São Luís, Formação Itapecuru Cretáceo Superior). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 67, n. 3, p. 381-382.
- FERREIRA, C.S.; VICALVI, M.A.; CARVALHO, I.S. 1995b. A malacofauna dulcícola da Formação Itapecuru (Bacia do Parnaíba-Cretáceo Inferior). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 67, n. 3, p. 381-382.
- FIGUEIREDO, A.J.A., SOUZA, J.O., OLIVATTI, O. (Org.). 1994. Projeto Especial mapas de recursos minerais, de solos e vegetação para a área do Programa Grande Carajás: Subprojeto Recursos Minerais. Folha Conceição do Araguaia. SC.22-X-B, estado do Tocantins e Pará, escala 1: 250.000, Brasília, DNPM/CPRM, 113 p. il. Anexos.
- FIGUEIREDO, F.J. de; SANTOS, R. da S. 1990. Novas considerações sobre a osteologia de *Brannerion vestitum* (Jordan & Branner, 1908) (Pisces-Teleostei) da Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 204.
- FIGUEIREDO, M.F. de; RAJA GABAGLIA, G.P. 1986. Sistema classificatório aplicado às bacias brasileiras. *Revista Brasileira de Geociências*, v.16, p.351-369.
- FISHER, W.L.; BROWN, L.F. 1972. Clastic depositional systems. A genetic approach to facies analysis. Bureau Economical Geology, University of Texas, Austin, 211 p.
- FONSECA, V.M.M. da. 1994. Uma espécie nova de Notiochonetinae (Brachiopoda) da Formação Cabeças, Devoniano do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.*, Rio de Janeiro, v. 66, n. 2, p. 251.
- FONSECA, V.M.M. da; MELO, J.H.G. de. 1987. Ocorrência de *Tropidoleptus carinatus* (Conrad) (Brachiopoda, Orthida) na Formação Pimenteira e sua importância paleobiogeográfica. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 10, 1987, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro, v. 2, p. 505-537.
- FOREY, P.L. 1977. The osteology of *Notelops* Woodward, *Rhacolepis* Agassiz and *Pachyrhizodus* Dixon (Pisces-Teleostei). *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, London, v.28, n.2, p.125-204.
- FORTES, F.P. 1978. Geologia Estrutural e Tectônica da Bacia Sedimentar do Meio Norte do Brasil (Uma síntese com implicações metalogenéticas). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, 1978, Recife, *Anais...*, Recife. SBG., v.1, p. 321-336.
- FREY, R.W.; PEMBERTON, S.G. 1984. Trace Fossil Facies Models. *In: WALKER, R. G. (Ed.). Facies Models*, 2ª ed., Geoscience Canada, Reprint, Ser. 1. Depart. Geol., McMaster University Ontario, p. 189-207.
- GAYET, M. 1989. Note préliminaire sur le matériel paléoichthyologique éocretacique du Rio Benito (sud de Bata, Guinée Equatoriel). *Bulletin du Muséum. National d'Histoire Naturelle, Paris*, 4e sér., T,11, sec. C, n.1, p. 21-31.
- GÓES, A.M. 1995. A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da bacia do Parnaíba. 171 p.Tese (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- GÓES, A.M.O.; SOUZA, J.M.P.; TEIXEIRA, L.B. 1990. Estágio explorativo e perspectivas petrolíferas da bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v.4, n. 1, p. 55-64.
- GÓES, A.M.O.; FEIJÓ J.F. 1994. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, vol. 8, n. 1, p.57-67.
- GOLUBIC, S. 1976. Organism that build stromatolites. *In: WALTER, M.R. Stromatolites Development. In: Sedimentology*, Elsevier Public. Amsterdam, v. 20, p. 113-126.
- GONÇALVES R.A.; CARVALHO, I.S. 1996. Contribuição ao estudo da sedimentação da Formação Itapecuru-Região de Itapecuru-Mirim, Bacia do

- Parnaíba (Cretáceo Inferior)-Maranhão, Brasil. *Revista de Geologia*, v. 9, p.75-81.
- GRAHN, Y. 1992. Revision of Silurian and devonian Strata of Brazil. *Palynology*, n. 16, p. 35-61.
- GRANDE, L. 1982. A revision of the Fossil Genus *Knightia*, with a description of a new genus from the Green River Formation (Teleostei, Clupeidae). *American Museum Novitates*, New York, n. 2731, p. 1-22.
- GRANDE, L.; BEMIS, W.E. 1998. 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, v.18, n.1, 690 p.
- GUERIN, C. 1991. La faune de vertébrés du Pléistocène supérieur de laire archéologique de São Raimundo Nonato (Piauí, Brésil). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, t. 312, ser. II, p. 567-592.
- GUIDON, N. 1991. Peintures préhistoriques du Brésil. 109 p. Éditions Recherche sur les Civilisations. Paris.
- HALLAM, A. 1975. Jurassic Environments. Cambridge Earth Science Series. Cambridge University Press. Cambridge. 269p.
- HARRINGTON, H.J. 1962. Paleogeographic development of South America. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*. v.46, n.10. p.1.773-1.814.
- HASUI, Y.; COSTA, J.B.S.; BORGES, M.S.; ASSIS, J.F.P.; PINHEIRO, R.V.L.; BARTORELLI, A.; PIRES NETO, A.G.; MIOTO, J.A. 1991. A borda sul da Bacia do Parnaíba no Mesozóico. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS*, 3, Rio Claro, 1991. *Boletim...*, Rio Claro, SBG- Núcleo de São Paulo, p 93-95.
- HOLLAND, H.D.; TRENDALL, A.D. 1984. Patterns of changes in earth evolution. Dahlem Konferenzen, Berlin, Springer-Verlag, p. 145-157.
- IANNUZZI, R. 1994. *Reavaliação da flora carbonífera da Formação Poti, Bacia do Parnaíba*. São Paulo, 233 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.
- IANNUZZI, R. 1996. The lower Carboniferous cupulate organs from northeastern Brazil (Parnaíba Basin, Poti Formation). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 293.
- IANNUZZI, R.; ROSLER, O. 1991. Novos elementos da flora da formação Poti, bacia do Parnaíba, Piauí e discussão sobre sua possível idade Carbonífera. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 12, 1991, São Paulo, *Boletim...*, São Paulo, SBP, p. 43.
- IANNUZZI, R.; ROSLER, O. 1993. Reavaliação da flora carbonífera da formação Poti *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 13, 1993, São Leopoldo, *Boletim...*, São Leopoldo, SBP, p. 98.
- IANNUZZI, R.; ROSLER, O. 1997. Microsporangiate organs from the lower Carboniferous of Northeastern Brazil (Parnaíba Basin, Poti Formation). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro, v. 69, n. 2, p. 275.
- IANNUZZI, R., DAEMON, R.F.; SOUZA, P. A. de. 1993. A importância bioestratigráfica dos elementos florísticos (mega e microfloras) da localidade de Riacho Roncador, Formação Poti. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 65, n. 3, p. 328-329.
- JANVIER, P. 1996. Early vertebrates. Oxford, Clarendon Press, 393p.
- JANVIER, P.; MELO, J.H.G. 1992. New acanthodian and chondrichthyan remains from the Lower and Middle Devonian of Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paleontologie. Monatshefte*. 4: 193-206.
- JAPIASSU, A.M.S. 1971. Madeiras do Mesozóico brasileiro. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 1970, Rio de Janeiro, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 43 (Supl.), p 445-450.
- JOHNSON, R.G. 1960. Models and methods for the analysis of the mode of formation of fossil assemblages. *Bulletin of the Geological Society of America*, v.71, p. 1075-1086.
- KAUFFMAN, E.G. 1986. High resolution event stratigraphy: regional and global Cretaceous bio-events. *In: WALLISER, O. H. (Ed.), Global bio-events. Lectures Notes Earth Cient.* Berlin, Springer-Verlag, p. 279-325.
- KEGEL, W. 1951. Sobre alguns trilobitas carboníferos do Piauí e do Amazonas. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Boletim*, Rio de Janeiro, n. 135, p. 1-38.
- KEGEL, W. 1952. Sobre a Formação Piauí (Carbonífero Superior) no Araguaia. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Notas preliminares e Estudos Rio de Janeiro*, n. 56, p. 1-8.
- KEGEL, W. 1953. Contribuição para o estudo do Devoniano da bacia do Parnaíba. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Boletim...*, Rio de Janeiro, n. 141, p. 1-48.
- KEGEL, W. 1954. Lamelibrânquios da Formação Poti (Carbonífero Inferior) do Piauí. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Notas preliminares e Estudos*. Rio de Janeiro, n. 88, 14p.

- KEGEL, W. 1955. Relatório da Seção de Geologia. *In: Relatório Anual do Diretor, 1954. Div. Geol. Mineral., Rio de Janeiro, p. 52-55.*
- KEGEL, W. 1956. Relatório da Seção de Geologia *In: Relatório Anual do diretor, 1955. Div. Geol. Mineral., Rio de Janeiro, p. 34-38.*
- KEGEL, W. 1957. Sobre vermes recentes e fósseis. Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas preliminares e Estudos. Rio de Janeiro, n. 100, 11p.
- KEGEL, W. 1961. Restos de um trilobita (?*Homalotus*) do Devoniano Inferior do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 33, n.2, p. 163-167.
- KEGEL, W. 1965. Rastos de *Bilobites* no Devoniano Médio do Piauí. Divisão de Geologia e Mineralogia. Notas preliminares e Estudos, Rio de Janeiro, n. 122, 11p.
- KEGEL, W. 1966. Rastos do Devoniano da bacia do Parnaíba, Brasil. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Boletim*, Rio de Janeiro, n. 233, p. 1-32.
- KEGEL, W.; COSTA, M.T. 1951. Espécies neopaleozóicas do Brasil, da família Aviculopectinidae, ornamentadas com costelas fasciculadas. Divisão de Geologia e Mineralogia., *Boletim...*, Rio de Janeiro, n 137, p. 1-48.
- KISCHLAT, E.E.; CARVALHO, I.S. 2000. A specimen of *Araripemys barretoii* Price (Chelonii, Pleurodira) from the Itapecuru Formation (Lower Cretaceous of Northeastern Brazil). *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS*, 2, 2000, Rio de Janeiro, Boletim de Resumos, MN/UFRJ, p. 33.
- KLEIN,, V.C.; FERREIRA, C.S. 1979. Paleontologia e estratigrafia de uma facies estuarina da formação Itapecuru, estado do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 51, n.3, p. 523-533.
- KOTZIAN, C.B; SIMÕES, M.G. 1997. *Edmondia* (?) *brasiliensis* (Clarke, 1913) nov. comb. (Bivalvia: Edmondiidae) a new classification and its evolutionary and paleoenvironmental significance. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 15, 1987, São Pedro, *Boletim...*, p. 64.
- KRAUSEL, R.; DOLIANITI, E. 1957. Restos vegetais das camadas Picos, Devoniano inferior do Piauí. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Boletim*, Rio de Janeiro, n.173, p.1-19, est. 1-5.
- KREMER, G.A.; CAMPOS, C.W.M. 1955. Geologic report on the eastern central part of the state of Maranhão. São Luis, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 437, 27p.
- KROMMELBEIN, K.; WEBER, R. 1985. 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.
- LANGE, F.W.1972. Silurian of Brazil. *In: BERRY, W.B.N. & BOUCOUT, A.J. (Eds.) Correlation of the South American Silurian rocks. Geological Society of America. Special Papers*, n.154, p.33-39.
- LANGE, F.W.; PETRI, S. 1967. The Devonian of the Parana Basin. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, 21/22, p. 5-55.
- LEITE, J.F.; ABOARRAGE, A.M.; DAEMON, R.F. 1975. Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba. Relatório Final das Etapas II e III, DNPM/CPRM, Recife, 5v.
- LEITES, S.R.; PIMENTEL, G.de B.; ALVES, F.J.; CAMOZZATO, E. (Org.) 1994. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Projeto Especial mapas de recursos minerais, de solos e de vegetação para a área do Programa Grande Carajás: Subprojeto Recursos Minerais. Folha Presidente Dutra, SB 23-X-C, estado do Maranhão, escala 1: 250 000. Brasília, 80 p.
- LEONARDI, G. 1980. Ornithischian trackways of the Corda Formation (Jurassic) Goiás, Brazil. *In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA*, 2, 1978, Buenos Aires, *Actas...*, Buenos Aires. v. 1, p. 215-222.
- LEONARDI, G. 1994. Annotated atlas of South America tetrapod footprints (Devonian to Holocene). CPRM, Brasília, 284p.
- LIMA, E. de A.M.; LEITE, J.F. 1978. Projeto estudo global dos recursos Minerais da bacia sedimentar do Parnaíba. Integração geológico-metalogenética. Relatório Final, Etapa III, Recife. DNPM-CPRM, 16 v.
- LIMA FILHO, F.P. 1992. Fácies e ambientes deposicionais da Formação Piauí (Pensilvaniano) da bacia do Parnaíba. *Geodiversitas - USP*, Ser. Cientif., n 23, p. 127.
- LIMA FILHO, F.P.; CALDAS, E.B. 1987. Nota sobre a ocorrência de pseudofósseis na Formação Pimenteira, Bacia do Parnaíba. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 10, 1987, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro, v.2, p. 975-981.
- LIMA FILHO, F.P.; ROCHA CAMPOS, A.C. 1993. Formação Piauí um modelo de ambiente desértico e evaporítico. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 65, n. 3, p. 324.
- LIMA, M.R.de. 1978. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil). 335 p., Tese (Doutoramento) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

- LIMA, M.R. de. 1982. Palinologia da Formação Codó, Maranhão. *Boletim do Instituto de Geociências*, USP, São Paulo, n. 13, p. 116-128.
- LIMA, M.R.de. 1991. Estudo Palinológico das camadas Nova Iorque, Terciário do estado do Maranhão, Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA. 12. Boletim de Resumos...*, São Paulo, p.45.
- LIMA, M.R.; CAMPOS, D.de A. 1980. Palinologia dos folhelhos da fazenda Muzinho, Floriano, Piauí. *Geodiversitas - USP*, São Paulo, n. 11, p. 149-154.
- LIMA, M.R.; FULFARO, V.J.; BARTORELLI, A. 1980. Análise palinológica de sedimentos cretáceos da região de Marabá, estado do Pará. *Geodiversitas - USP*, São Paulo, n. 11, p. 155-161.
- LISBOA, M.A.R. 1914. The Permian Geology of Northern Brazil. *American Journal of Science*, New Haven, ser. 4 ,v. 37, n. 221, p. 425-443.
- LOBOZIAK, S.; STREEL, M.; CAPUTO, M.V.; MELO, J.H.G. de. 1992. Middle Devonian to Lower Carboniferous miospore stratigraphy in the Central Parnaíba Basin (Brazil). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, v. 115, n. 1; p. 215-226.
- LOEFGREN, A. 1936. Reconhecimento geológico nos rios Tocantins e Araguaia. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico*, Rio de Janeiro, 80, 56 p. il., mapa.
- LONG, J.A. 1995. The rise of fishes. The John Hopkins University Press. 223 p.
- LOVATO, O.G.; CAYE, B.R.; ARAUJO, C.C. de; CAMOZZATO, E. (Org.). 1994. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Projeto especial mapas de recursos minerais de solos e de vegetação para a área do programa Grande Carajás. Subprojeto Recursos Minerais. Folha Barra do Corda. SB 23-V-D, estado do Maranhão, escala 1: 250.000, Brasília, CPRM, 75 p. anexos.
- LOVATO, O.G.; CAYE, B.R.; ARAUJO, C.C. de. (Org.). 1995. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Projeto especial mapas de recursos minerais de solos e de vegetação para a área do programa Grande Carajás. Subprojeto Recursos Minerais . Folha Itapecuru-Mirim. SA 23-Z-C, estado do Maranhão, escala 1:250.000, Brasília, CPRM, 93 p. anexos.
- MABESOONE, J.M. 1965. Origem das concreções ferruginosas do Membro Picos (Formação Pimenteirras, Piauí). *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, v.14, n.1/2, p. 61-69.
- MABESOONE, J.M. 1970. Estudos petrográficos comparativos dos calcários do Nordeste. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 24, 1970, Brasília, *Anais...*, Brasília. SBG,. 1970. v.1 , p. 227-236.
- MABESOONE, J.M. 1975. Desenvolvimento paleoclimático do nordeste brasileiro. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE*, 3, 1975, Fortaleza, Atas..., Fortaleza. 1975, SBG,. v.1, p.75-93.
- MABESOONE, J.M. 1977. Formação Longá na bacia do Piauí-Maranhão. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE*, 8, 1977, Campina Grande, Atas..., Campina Grande, 1977, SBG, Núcleo Nordeste, b. 6, p. 29-35.
- MACHADO, D.M.C. 1995. Bivalvia (Mollusca) da Formação Cabeças, Devoniano Médio da bacia do Parnaíba. *In, CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 14, Uberaba, 1995, Atas ..., Rio de Janeiro, SBP, p.85-86.
- MAISEY, J.G. 1991. *Santana Fossils. An illustrated atlas*. T.F.H. Publications, 459 p.
- MAISEY, J. G. 1993. The phylogenetic relationships of *Brannerion* (Elopomorpha, Albuloidi), Albian of Brazil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 13, São Leopoldo, *Boletim ...*, p. 123.
- MAISEY, J. G. 1994. Predador-prey relationships and the trophic level reconstitution in a fossil fish community. *Environmental Biology of Fishes*, v. 40. p. 1-22.
- MARTIN, M. 1984. Révision des Arganodontidés et des Néocératodontidés (Dipnoi, Ceratodontiformes) du Crétace africain. *Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie, Abteilung*, Stuttgart, v.169, n. 2, p. 255-260.
- MAURY, C.J. 1925. Fósseis terciários do Brasil com descrição de novas formas cretáceas. Serviço Geológico Mineralógico, Monographia, Rio de Janeiro, n. 4, 705 p.
- MEDEIROS, M.A . 2001. A Laje do Coringa (Ilha do Cajual, bacia de São Luís, Baía de São Marcos, MA): Conteúdo fossilífero, bioestratonomia, diagênese e implicações na paleobiogeografia do Mesocretáceo do nordeste brasileiro. Porto Alegre, 107 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MEDEIROS, M.A.; MARTINS, F.C.; SILVA JR., F.R.; PONTES, H.; VILAS BOAS, I. 1996. A laje do Coringa (ilha do Cajual, Maranhão): depósitos conglomeráticos fossilíferos contendo restos de dinossauros. *Revista de Geologia*, v. 9, p. 123-129.
- MEDEIROS, M.A.; SCHULTZ, C.L. 2001. Uma paleocomunidade de vertebrados do Cretáceo Médio, Bacia de São Luís. *In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A*

- M.; TRUCKENBRODT, W. (Coord.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 264 p. (Coleção Friedrich Katzer) p.209-221, 4 figs.
- MELO, J.H.G. de. 1985. *A província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil, estado atual dos conhecimentos*. Rio de Janeiro, 3v., Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MELO, J.H.G. de. 1988. The Malvinokaffric realm in the Devonian of Brazil. *In*: MCMILLAN, N. J.; EMBRY, A. F. & GLASS, D. J. (Eds.) Devonian of the world. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, Calgary, v. 14, n 1, p. 669-703.
- MELO, U. 1965. Paleocorrentes das formações Piauí, Poti e Cabeças no sudoeste do Piauí. Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 243, 23p.
- MELO, U. 1968. Revisão da geologia do Alto vale do rio Gurgueia, margem sudeste da bacia do Maranhão. Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 309, 11 p.
- MELO, U.; PORTO, R. 1965. Reconhecimento geológico do sudoeste do Piauí. Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 244, 97p.
- MELO, U.; PRADE, G.O. 1968. Geologia da região sudeste de São Raimundo das Mangabeiras-Maranhão. São Luís, PETROBRAS Relatório Técnico, n. 257, 36p.
- MENDES, J.C. 1960. Nota sobre conchostráceos brasileiros da família Limnadiidae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 32, n. 1, p. 75-78.
- MESNER, J.C.; WOOLDRIDGE, L.C. 1964. Maranhão Paleozoic Basin and Cretaceous Coastal Basins, Northern Brazil. *Bulletin of the American Association Petroleum Geologists*, Tulsa, v. 48, n. 9, p. 1.475-1.512.
- MIALL, A.D. 1984. Principles of sedimentary basin analysis. Springer-Verlag, New York, 490 p.
- MILANEZ, R. 1935. Estudo de um dicotiledôneo fóssil do Cretáceo. Rodriguesia, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 82-89.
- MIRANDA, J. L. F. de 1979. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Subprojeto Hidrogeologia. Folha 01- São Luís-NO, Relatório Final, Recife, 2 v.
- MIURA, K.; BARBOSA, J.C. 1972. Geologia da plataforma continental do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, 1972, Belém, *Anais...*, Belém, SBG., 1972, v. 2, p. 57-66.
- MOLNAR, A.B. de; URDINEIA, J.S.A. 1966. Reconhecimento geológico entre as bacias do Amazonas e Maranhão. Belém. PETROBRAS. Relatório Técnico, n. 50g, 62p.
- MOODY, J.M.; MAISEY, J.G. 1994. New Cretaceous Vertebrate Assemblages from North-Western Venezuela and their significance. *Journal of Vertebrate Paleontology*, v.14, n.1, p. 1-8.
- MORAES REGO, L.F.de. 1923. Reconhecimento geológico feito no estado do Maranhão. Serviço Geológico Mineralógico. Relatório Annual do Diretor, 1921, p. 74-77.
- MORAES REGO, L. F. de. 1931. As possibilidades de existência de carvão nos vales do Parnahyba e Tocantins. *Revista Brasileira de Engenharia*, Rio de Janeiro, anno 11, v.22, n.3, p. 102-104.
- MORAES REGO, L.F. de. 1933. Notas geográficas e geológicas sobre o rio Tocantins. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, Belém, n.9, p.273-288.
- MORAES-SANTOS, H.M.; MELO, C.C.S.; TOLEDO, P.M.; ROSSETTI, D.F. 2001. Ocorrência de Pleurodira na Formação Alcântara (Albiano-Cenomaniano), Bacia de São Luís, MA. *In*: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. (Coord.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 264 p. (Coleção Friedrich Katzer) p.235-244.
- MÜLLER, H. 1962. Report on palynological results of samples examined from wells in Maranhão. Salvador. PETROBRAS, Relatório n. 500.
- MUNIZ, G.C.B. 1981. Uma inusitada população de *Rusophycus* na Formação Longá, Devoniano do estado do Piauí. *In*: SIMPÓSIO GEOLOGIA DO NORDESTE, 10, 1981, Recife, *Anais...*, Recife, SBG, 1981, p. 262-264.
- MUNIZ, G.C.B. 1982. Ichnofósseis devonianos da Formação Longá, no estado do Piauí. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador, *Anais...*, Salvador, SBG., 1982, v. 4, p. 1.305-1.316.
- MUNIZ, G.C.B. 1988. *Merostomichnites piauiensis* ichnosp. nov. do Devoniano do Estado do Piauí (Membro Picos, Formação Pimenteira). Estudos e Pesquisas, UFPE, Recife, n. 9, p. 49-53.
- MURATOV, M., V. 1972. Principal types of basins of ancient platforms and the problem of their origin. *International Geology Revue*, v. 16, n. 2, p. 125-132.
- MUSSA, D. 1960. Seção de Paleontologia. *In*: Relatório Anual do Diretor, 1959, Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, p. 229-231.
- MUSSA, D.; COIMBRA, A.M. 1987. Novas perspectivas de comparação entre as taflooras permianas (de lenhos) das bacias do Parnaíba e do Paraná. *In*:

- CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987, Rio de Janeiro, *Anais...*, v. 2, p. 901-923.
- MUSSA, D.; CARVALHO, I.S.; MARTINS, F.J.C.; ZUCCOLOTO, M.E. 2000. *Paradoxopteris* Hirmer, 1927. O caule de *Weichselia* Stiehler, 1857. Presente no Cretáceo da bacia de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil. Revista Universidade de Guarulhos. Geociências, v.6, p.60-70.
- NOBRE, P.H.; CARVALHO, I.S. 2002. Osteologia do crânio de *Candidodon itapecuruense* (Crocodylomorpha, Mesoeucrocodylia) do Cretáceo do Brasil. In: SIMPÓSIO CRETÁCEO BRASIL, 6, 2002, São Pedro, Boletim..., UNESP, p. 77-81.
- NORTHFLEET, A.A. 1965. Semidetalhe da região noroeste do Alto Parnaíba. Rio de Janeiro, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 240.
- NORTHFLEET, A.A.; MELO, M.T. 1967. Geologia da região norte de Balsas-Maranhão. Belém. PETROBRAS Relatório Técnico, n. 268, 55p.
- NORTHFLEET, A.A.; NEVES, S.B. 1967. Semidetalhe da região SW de Balsas. Belém. PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 259, 60p.
- ODUM, E.P. 1969. *Ecologia*. Tradução por Kurt G. Hell. São Paulo, Pioneira Ed., 201 p.
- OJEDA Y OJEDA, H.; BEMBOM, F.da C. 1966. Mapeamento geológico em semidetalhe do sudoeste de Riachão. Belém, PETROBRAS. Relatório Técnico, n. 260, 72p.
- OJEDA Y OJEDA, H.; PERILO, I.A. 1967. Bacia do Maranhão, geologia do sudoeste de Carolina. Rio de Janeiro, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 270, 59p.
- OLIVEIRA, E. de. 1934. Occorrença de plantas carboníferas da flora cosmopolita no Estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 6, n.3, p.113-118.
- OLIVEIRA, E. de. 1935. Sphenopterídeos do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 7, n.4, p.308.
- OLIVEIRA, J.C. de; BARROS, F.L. 1976. Projeto Fosfato de São Miguel do Tapuio. Relatório Final, DNPM/CPRM, Recife, 175p.
- OLIVEIRA, P.E. 1958. Sobre a idade do calcário de Ponta Grossa, estado do Maranhão. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Notas preliminares e Estudos*, Rio de Janeiro, n. 107, p. 1-5, est. 1.
- PAIVA, G. de; MIRANDA, J. 1937a. Geologia e recursos minerais do meio norte. Serviço de Fomento da Produção Mineral, *Boletim...*, Rio de Janeiro, n. 15, 55 p., mapa.
- PAIVA, G. de; MIRANDA, J. 1937b. Carvão mineral do Piauí. Serviço de Fomento da Produção Mineral, *Boletim...*, Rio de Janeiro, n. 20, 92 p.
- PATTERSON, C. 1973. Interrelationships of Holosteans. In: GREENWOOD, P. H.; MILES, R. S. & PATTERSON, C. (Ed). Interrelationships of fishes. *Zool. Journ. Linn. Soc.*, London, 53: 233-305.
- PATTERSON, C. 1982. Morphology and Interrelationships of Primitive Actinopterygian Fishes. *American Zoology*, v. 22, p. 241-259.
- PAZ, J.D.S.; ROSSETTI, D.F. 2001. Reconstrução paleoambiental da Formação Codó (Aptiano), borda leste da Bacia do Grajaú. In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A M.; TRUCKENBRODT, W. (Coord.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 264 p. (Coleção Friedrich Katzer) p.77-100.
- PEDRÃO, E.; ARAI, M.; BARRILARI, I.M.R.; CARVALHO, I.S. 1993a. Análise palinológica de uma amostra de superfície de Querru (Formação Itapecuru), Município de Itapecuru-Mirim (MA). PETROBRAS/CENPES, Relatório Interno, s/p.
- PEDRÃO, E.; ARAI, M.; CARVALHO, I.S.; SANTOS, M.H.B. 1993b. Palinomorfos cenomanianos (Formação Itapecuru). Análise palinológica de amostra de afloramento da Ponta do Farol, São Luís (MA). PETROBRAS/CENPES, Relatório Interno, s/p.
- PEDRÃO, E.; ARAI, M.; CARVALHO, I.S.; FERREIRA, C.S. 1993c. Palinomorfos de sedimentos albianos (Formação Itapecuru) da Bacia do Parnaíba. PETROBRAS/CENPES, Relatório Interno, s/p.
- PEDRÃO, E.; ARAI, M.; CARVALHO, I.S.; FERREIRA, C.S. 1994. Palinomorfos de sedimentos albianos (Formação Itapecuru) da Bacia Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n.1, p.118.
- PEDRÃO, E.; CARVALHO, I.S.; MARTINS, F.J.C.; SANTOS, M.H.B. 1996. Palinoestratigrafia e análise quantitativa de amostras de superfície (Formação Itapecuru, Bacia de São Luís). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 68, n.2, p.268.
- PERILLO, I.A.; NAHASS, S. 1968. Semidetalhe do sudoeste de Pedro Afonso. PETROBRAS. Relatório Técnico, n. 320.
- PINTO, I.D.; ORNELLAS, L.P. 1974. New Cretaceous Hemiptera (Insects) from Codó Formation-Northern Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre, *Anais...*, Porto Alegre, SBG., v. 2, p. 289-304.
- PINTO, I.D.; PURPER, I. 1974. Observations on Mesozoic Conchostraca from the north of Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre, *Anais...*, Porto Alegre, SBG, v. 2, p. 305-316.

- PLUMMER, F.B.; PRICE, L.I.; GOMES, F.A. 1948. Estados do Maranhão e Piauí. *In*: BRASIL, Conselho Nacional do Petróleo, Relatório de 1946. Rio de Janeiro, p. 87-134.
- PONTE, F.C. 1994. *The geology of Brazilian Cretaceous sedimentary basins*. *In*: BEURLIN, G.; CAMPOS, D.A, VIVIERS, M.C. *Stratigraphic range of Cretaceous Mega and Microfossils of Brazil*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, p 1-21.
- PORTELA, A.C.P.; MARCHETTO, C.M.L.; SANTOS, E.L.; MENEGUETTO, G.; STEIN, J.H.; COSTA, L.A.M.; BATISTA, M.B.; MESSMANN, R.; SILVA, W.G. 1976. Projeto Leste do Tocantins oeste do rio São Francisco. Relatório Final, Fase V, Rio de Janeiro, PROSPEC/DNPM/CPRM, 12 v.
- PRICE, L.I. 1947. Sedimentos mesozóicos na baía de São Marcos, estado do Maranhão. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Notas preliminares e Estudos*, Rio de Janeiro, n. 40, p. 1-7, est. 1-3.
- PRICE, L.I. 1948. Um anfíbio labirintodonte da Formação Pedra de Fogo, estado do Maranhão. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Boletim*, Rio de Janeiro, n. 124, p. 1-32, est.1-3.
- PRICE, L.I. 1960. Dentes de Theropoda num testemunho de sondagem no estado do Amazonas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 32, n.1, p. 79-84, 1 pl.
- QUADROS, L.P. de. 1982. Distribuição bioestratigráfica dos Chitinozoa e Acritarchae na bacia do Parnaíba. Série Ciência-Técnica-Petróleo, CENPES, Rio de Janeiro, n. 12, 76 p.
- RAINSON, G.E. 1979. Barrier Island System. *In*: WALKER, R.G. (Ed.). *Facies Models*. *Geoscience Canada*, Report. Ser.1, p. 57-74.
- REZENDE, W.M.de. 1971. O mecanismo de intrusões de diabásio nas bacias paleozóicas do Amazonas e do Maranhão. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo, *Anais...*, São Paulo, 1971, SBG, v. 3, p. 123-137.
- REZENDE, W.M. de; PAMPLONA, H.R.P. 1970. Estudo do desenvolvimento do Arco Ferrer-Urbano Santos. *Boletim Técnico da PETROBRAS*. Rio de Janeiro, v.13, n. 1/2,p. 5-14, jan/jun. 1970.
- RIBEIRO, J.A.P.;MELO, F. 1996. Os Sistemas Depositionais da Bacia do Parnaíba, a Norte de Teresina, Piauí/Maranhão. *Revista de Geologia*, v. 9, p. 53-73.
- RIGBY, J.F. 1969. A reevaluation of the Pre-Gondwana Carboniferous flora. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v 41, n 3, p. 393-413.
- ROCHA CAMPOS, A.C; ARCHANGELSKY, S. 1985. South America. *In*: MARTINEZ DIAZ, C. (Ed.). *The Carboniferous of the World II: Australia, Indian Subcontinent, South Africa, South America e North Africa*. Espanha, Instituto Geologico y Minero de España, p. 175-297.
- RODRIGUES, R. 1967. Estudo sedimentológico e estratigráfico dos depósitos silurianos e devonianos da bacia do Parnaíba. Belém, PETROBRAS, Relatório Técnico, n. 273, 61p.
- RODRIGUES, T.L. das N.; FAVILLA, C.A.C.; CAMOZZATTO, E.; VERISSIMO, L.S. (Org.). 1994a. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. projeto Especial mapas de recursos minerais de solos e de vegetação para a área do programa Grande Carajás. Subprojeto Recursos Minerais. Folha Bacabal. SB. 23-X-A, estado do Maranhão, escala 1: 250.000, Brasília, CPRM, 124 p.
- RODRIGUES, T.L. das N.; FAVILLA, C.A.C.; CAMOZZATTO, E.; VERISSIMO, L.S.(Org.). 1994b. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. projeto Especial mapas de recursos minerais de solos e de vegetação para a área do programa Grande Carajás. Subprojeto Recursos Minerais. Folha São Luís/Curupuru. SA. 23-X-C, estado do Maranhão, escala 1: 250.000, Brasília, CPRM,185p.
- ROSLER, O.; CIGUEL, J.H.G. 1985. Plantas fósseis do quilômetro 63 da Rodovia Teresina-Picos, Estado do Piauí (Formação Poti, Carbonífero Inferior?). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9, Fortaleza, 1985, *Resumos...*, Fortaleza, SBP, 1985, p. 55.
- ROSSETTI, D.F.1996. Sequence stratigraphy of two estuarine valley fills: the Upper Itapecuru Formation in the São Luís Basin, northern Brazil. *Acta Geológica*. Leopoldensia, n. 19, p.111-126.
- ROSSETTI, D.F. 1997. Facies analysis of the Lower Succession of the Upper Itapecuru Formation, São Luis Basin, northern Brazil. *In*: COSTA, M.L.; ANGÉLICA, R. (Eds.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*, Belém, Falângola, p.241-284.
- ROSSETTI, D.F.; TRUCKENBRODT, W. 1999. Nomenclatura estratigráfica de depósitos cretáceos expostos na bacia de São Luís (MA). *In*: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, Rio Claro, 1999, *Boletim...* Rio Claro, UNESP, p.485-490.
- ROSSETI, D.F.; GÔES, A.M.; ARAI, M. 2001. A passagem Aptiano-Albiano na bacia do Grajaú, MA. *In*: ROSSETTI, D.F.; GÔES, A.M.;TRUCKENBRODT, W. (Coord.) *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 264 p. (Coleção Friedrich Katzer) p.101-117.

- ROXO, M.G.O.; LOEFGREN, A. 1936. *Lepidotus piauhyensis* sp. nov. Serviço Geológico Mineralógico, Notas preliminares e Estudos, Rio de Janeiro, n. 1, p. 7-12.
- SANTOS, E.J. dos; COUTINHO, M.G. da N.; COSTA, M.P.de A.; RAMALHO, R. 1984. *A região de dobramentos nordeste e a Bacia do Parnaíba, incluindo o Cráton de São Luis e as bacias marginais*. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R., ASMUS, H.E. (Coord.), 1984. *Geologia do Brasil*- Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente Incluindo depósitos minerais; escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM. p.131-189.
- SANTOS M.E.C.M. 1992 Análise de Bacia e Paleobiologia. Rio de Janeiro, 1992, 1v. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 105p.
- SANTOS, M.E.C.M. 1994. Províncias biogeográficas e variação do nível do mar- Neopaleozóico da bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário de Camboriú, *Boletim...*, SBG., v. 3, p. 224-226.
- SANTOS, M.E.C.M. 1998. Reconstituições Paleobiológicas nas Bacias do Parnaíba e São Luís. Rio de Janeiro, Tese, (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 280 p.
- SANTOS, M.E.C.M.; CAMPANHA, V.A. 1970. Bióglifos da Formação Inajá, Devoniano de Pernambuco. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 42, n.4, p: 739- 746.
- SANTOS, M.E.C.M.; PEDREIRA, A.J.; MEDEIROS, R.A.; CARVALHO, M.S.S. 1994. Paleoambientes da Formação Serra Grande, bacia sedimentar do Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n.2, p. 251-252.
- SANTOS, R. da S. 1945. Estudo morfológico de *Lepidotus piauhyensis*. Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas preliminares e Estudos, Rio de Janeiro, n.28, p. 1-18.
- SANTOS, R. da S. 1946a. Uma nova espécie de Characídeo do terciário do Maranhão, Brasil. Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas preliminares e Estudos, Rio de Janeiro, n. 36, p. 1-3, 1 est.
- SANTOS, R. da S. 1946b. Duas novas formas de Elasmobrânquios do Paleozóico do meio do norte, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 18, n.4, p. 282-285, est. 1-2.
- SANTOS, R. da S. 1953. Peixes triássicos dos folhelhos da fazenda Muzinho, estado do Piauí. Divisão de Geologia e Mineralogia, *Notas preliminares e Estudos*, Rio de Janeiro, n 70, p. 1-4.
- SANTOS, R. da S.1960. A posição sistemática de *Enneles audax* Jordan & Branner da Chapada do Araripe, Brasil. Divisão de Geologia e Mineralogia, Monografia, Rio de Janeiro, n. 17, 25 p., 5 est.
- SANTOS, R. da S. 1961. Peixes fósseis do Devoniano inferior de Picos, Estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 33, n. 3/4, p. XXXII.
- SANTOS, R. da S. 1974a. A idade geológica da Formação Pastos Bons. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 46, n.3/4,p. 589-592.
- SANTOS, R. da S. 1974b. A paleoictiofáunula da Formação Codó. Resultados da expedição paleontológica e estratigráfica da Academia Brasileira de Ciências à bacia do Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 46, n.3/4,p. 710.
- SANTOS, R. da S. 1985a. Paleoictiofauna da Formação Codó, Bacia do Parnaíba, NE do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9, 1985, Fortaleza, *Resumos...*, Fortaleza, 1985, SBP, p. 11.
- SANTOS, R. da S. 1985b. A ictiofáunula da Formação Riachuelo, estado de Sergipe. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos, DNPM, Série Geologia. n. 27, Seção Paleontologia e Estratigrafia, n.2, Brasília, p.141-145.
- SANTOS, R. da S. 1989a. A ictiofáunula da Formação Pedra do Fogo, Bacia do Parnaíba, NE do Brasil: Holocephali - Edestidae. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, 1989, Curitiba, *Resumos...*, Curitiba, 1989, SBP, p. 32-33.
- SANTOS, R. da S. 1989b. A ictiofáunula da Formação Pedra do Fogo, bacia do Parnaíba, NE do Brasil: Sarcopterygii- Actinista e Dipnoi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, 1989, Curitiba, *Resumos...*, Curitiba, 1989, SBP, p. 33-34.
- SANTOS, R. da S. 1990a. Nova conceituação genérica do *Lepidotes temnurus* Agassiz, 1841 (Pisces-Semionotidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 62, n. 3, p. 239- 249.
- SANTOS, R. da S. 1990b. Paleoictiofáunula da Formação Pedra do Fogo, bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil: Holocephali- Petalodontidae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 62, n. 4, p. 347-355.
- SANTOS, R.S.1990c. *Vinctifer longirostris*, do Cretáceo Inferior da formação Marizal, Estado da Bahia, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 62, n.3, p.251-260.
- SANTOS, R. da S. 1992. *Dastilbe* (Pisces-Goniorhynchiformes), importância estratigráfica. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCIAS

- BRASILEIRAS, 2, 1992, *Boletim...*, Rio Claro, UNESP, p. 111-112.
- SANTOS, R. da S. 1994a. Ictiofauna da Formação Codó, Cretáceo inferior, com a descrição de um novo taxon-*Codoichthys carnavalii* (Pisces-Teleostei). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n.2, p. 131-143.
- SANTOS, R. da S. 1994b. Paleoictiofauna da Formação Pedra do Fogo, Bacia do Parnaíba, NE do Brasil. II. Eugeonodontida - Agassizodontidae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n.4, p. 413-424.
- SANTOS, R. da S. 1994c. *Vinctifer araripensis* sp. n. da Formação Santana. Bacia do Araripe, NE do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 66, n.1, p. 85-94.
- SANTOS, R. da S.; SALGADO, M.S. 1970. Um espinho de *Xenacanthus* do Carbonífero do Estado do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 42, n.2, p. 223-227, est. 1-2.
- SANTOS, R. da S.; TRAVASSOS, H. 1956. *Procharax*, um novo gênero fóssil de Caracídeo dos folhelhos de Nova York, Estado do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 28, n.2, p. 189-193, 1 est.
- SANTOS, R. da S.; VALENÇA, L.J. 1968. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v.40, n.3. p. 339-360.
- SCHAEFFER, B. 1947. Cretaceous and tertiary actinopterygian fishes from Brasil. *Bulletin American Museum of Natural History*, New York, v. 89, n. 1, p.1-39.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E., (Coord.). 1981. Mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais; escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E.(Coord.) 1984. Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área Oceânica adjacente incluindo depósitos minerais; escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM, 501 p.
- SCISLEWSKI, G.; LACERDA FILHO, J.F.; MARTINS, E.G.; MORAIS FILHO, J.C.R.; SOUZA, J.O.; MORETON, L.C.; OLIVATI, O.; SANTOS, A.P. 1983. Projeto Carvão energético na bacia Tocantins/Araguaia. Fase II. Relatório Final. DNPM/CPRM, Goiânia, 4v.
- SCOTSE, C.R.; MCKERROW, W.S. 1990. Revised world maps and Introduction. *In: MCKERROW, W.S., SCOTSE, R. (Eds.). Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography. The Geological Society. Memoir, n.12, p. 1-21.*
- SCOTSE, C.R.; BARRETT, S.F. 1990. Gondwana's movement over the South Pole during the Paleozoic: Evidence from lithological indicators of climate. *In: MCKERROW, W.S., SCOTSE, R. (Eds.). Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography. The Geological Society. Memoir, n.12, p. 75-85.*
- SELLEY, R.C. 1970. *Ancient sedimentary environments*. Cornell Univ. Press, Ithaca, 237 p.
- SEPKOSKI Jr., J.J. 1990. Evolutionary faunas. *In: BRIGGS, D.E.G. & CROWTHER, P.R. (Ed.) Palaeobiology a Synthesis*. London, Blackwell Scientific Public. p. 37-41.
- SILVA, F.A.C. da. 1979. Projeto Estudo Global de Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Subprojeto Hidrogeologia. Folha 03 São Luís-SO; Relatório Final, Recife, 2v.
- SILVA, F.A.C. da; SOARES FILHO, A.R. 1979. Projeto Estudo Global de Recursos Minerais da bacia Sedimentar do Parnaíba. Subprojeto Hidrogeologia. Folha 22 Rio São Francisco-SO, Relatório Final, Recife, 2v.
- SILVA, M.D.; KAERCHER, E.G.; BARBOSA, E.G.S. 1985. 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.
- SILVA, M.D.; BARBOSA, E.G.S.; KAERCHER, E.G. 1989. 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.
- SILVA JR, F.R.; ANDREIS, R.R. 1997. O "Bone-bed" da laje do Coringa, ilha do Cajual, estado do Maranhão, Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 15, São Pedro, Boletim ...*, São Pedro: SBP, 1997, p. 102.
- SLOSS, L.L. 1963. Sequences in the cratonic interior of North America. *Bulletin of Geological Society of America*, v. 74, p.93-114.
- SMALL, H.L. 1913. *Geologia e supprimento d'água subterranea no Ceará e parte do Piauhy*. Brasil, Insp. Obr. Contra Seccas, Rio de Janeiro, ser. I, D, 25, 80 p. il.
- SMALL, H.L. 1914. *Geologia e supprimento d'água subterranea no Piauhy e parte do Ceará*. Brasil, Insp. Obr. Contra Seccas, Rio de Janeiro, ser. I, D, 32, 146 p.
- SOARES FILHO, A.R. 1979. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da bacia sedimentar do Parnaíba. Subprojeto Hidrogeologia. Folha 07 - Teresina-NO, Relatório Final, Recife, 2v.

- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J. 1974. Avaliação preliminar da evolução geotectônica das bacias intracratônicas brasileiras. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28. Porto Alegre, 1974, *Anais...*, Porto Alegre, SBG, v.4, p.61-83.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J. 1978. Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins. *Bulletin of Geological Society of America*, v.89, p.181-191.
- SOMMER, F.W.; TRINDADE, N.M. 1966. Os megásporos do furo SN 5 de José de Freitas, Carbonífero do Piauí. *Publicações da Sociedade Brasileira de Geologia*. Nucleo Rio de Janeiro, 1, p.82-83.
- SOMMER, F.W.; VAN BOEKEL, N.M. da C. 1964. Quitinozoários do Devoniano de Goiás. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 36, n.4, p.423-431.
- SOUZA, A.S.; VERISSIMO, L.S.; ARAUJO, C.C. (Org.). 1990. Programa levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Projeto Especial mapas de Recursos minerais de solos e de vegetação para a área do programa Grande Carajás. Subprojeto Recursos Minerais. Folha Imperatriz. SB. 23-V-C, estados de Maranhão e Tocantins, DNPM/CPRM, Brasília, 75 p. anexos.
- SUNDARAM, D.; CARVALHO, R.G.; COIMBRA, A.M. 1981. Lower Carboniferous palynomorphs from Poti formation, Parnaíba Basin., Brazil. *Boletim do Instituto de Geociências*, São Paulo, n.12, p. 23-32.
- SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J.L.; SANOTTO, O.; WOLFF, S. 1987. Evolução Tectônica da Margem Equatorial Brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 2, p. 180-188.
- TABASTE, N. 1963. Étude de restes de poissons du Crétacé Saharien. *Mélanges Ichthyologiques à la memoire d'Achille Valenciennes*. Mémoire de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, *Mélanges Ichthyologiques*, Dakar, v. 68, p. 437-485, est. 1-3.
- TRINDADE, N.M. 1967. Megásporos Carboníferos da bacia Tocantins-Araguaia. *In: SIMPÓSIO BIOTA AMAZÔNICA*, 1966. *Atas...*, Belém, CNPq, Rio de Janeiro, v. 1, p. 469-484.
- VERA TORRES, J.A. 1994. *Estratigrafia. Principios y Metodos*. Editorial Rueda. Madrid. 802p.
- VIANA, M.S.S.; AGOSTINHO, S.; FERNANDES, A.C.S.; CARVALHO, I.S.; CAMPELO, F.M.C.A. 2001. Ocorrência de resina na Formação Cabeças (Devoniano da Bacia do Parnaíba). *CONGRESSO BRASILEIRO DE P & D EM PETRÓLEO E GÁS*. 1, Natal, Resumos..., p. 45.
- VICALVI, M.A.; FERREIRA, C.S.; CARVALHO, I.S.; SILVA, M.A. 1993. Fragmentos de ovos de dinossauros na Formação Itapecuru, MA: uma discussão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 65, n.2, p.218.
- VICALVI, M.A.; MILHOMEM, P. da S.; CARVALHO, I.S. 1996. Ostracodes e carófitas da Formação Itapecuru (Pirapemas, bacia do Parnaíba). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 271-272.
- VICALVI, M.A.; CARVALHO, I.S. 2002. Carófitas cretácicas da bacia do Parnaíba (Formação Itapecuru), Estado do Maranhão, Brasil. *In: SIMPÓSIO CRETÁCEO BRASIL*, 6, 2002, São Pedro, Boletim..., UNESP, p. 83-88.
- VILAS BÔAS, I.; CARVALHO, I.S.; MEDEIROS, M.A.; PONTES, H. 1999. Dentes de *Carcharodontosaurus* (Dinosauria, Tyrosauridae) do Cenomaniano, Bacia de São Luís (norte do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 71, n. 4, p. 846-847.
- VILAS-BÔAS, I.; CARVALHO, I.S. 2001. Répteis marinhos (mosasauria e plesiosauria) do Cretáceo Superior da Bacia de São Luís (Maranhão, Brasil). *In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. (Coord.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 264p. (Coleção Friedrich Katzer) p.223-233.
- WALLISER, O.H. 1986. *Toward a more critical approach to bio-events*. *In: WALLISER, O.H. (Ed.) Global bioevents*. Lectures Notes Earth Cient. Berlin, Springer-Verlag, p.5-16.
- WALKER, R.G. 1984 Shelf and shallow marine sands. *In: WALKER, R.G. (Ed.) Facies Models*. Geoscience Canada, Rep. Ser.1, p. 141-170., Second Ed.
- WALTER, M.R. 1976. *Stromatolites*. Development in Sedimentology. 20. 790p. Elsevier Public. Amsterdam.
- WENZ, S. 1981. Un Coelacanth géant *Mawsonia lavocati* Tabaste, de l'Albien -base du Cénomanién du sud Marocain. *Annales de Paléontologie (Vertébrés)*. France, v. 67, fasc.1, p.1-20.
- WOODWARD, A.S. 1939. Tertiary fossil fishes from Maranhão, Brazil. *Annals and Magazine of Natural History*. London, v.3, n. 11, p. 450-453, est. 16.
- ZIGLER, B., 1983. Introduction to Palaeobiology. General Paleontology. R.O. MUIR (Ed.). Ellis Horwood Ltd., London, 225 p.

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS

Autores	Figuras
Arquivo de Samir Nahass	2.4 – TG Turma de Geologia da PETROBRAS
Ismar de Souza Carvalho	2.8 Dinossauros do Grupo Itapecuru 14.1 Grupo Itapecuru (Albiano) 14.3 Grupo Itapecuru (Albiano) 14.5 Crocodilos do Grupo Itapecuru 15.3 Laje do Coringa, Ilha do Cajual 15.9 Pegadas da Ponta da Guia, São Luís 15.10 Laje do Coringa, ilha do Cajual
José Augusto Pedreira	6.6 Formação Tianguá, Parque Ubajara
Milena Salgado de Carvalho	7.7 Fósseis da Formação Pimenteira 7.8 Fósseis da Formação Cabeças 8.6 Fauna da Formação Poti 8.7 Placa com conchas de <i>Edmondia</i> 10.5(1) Madeiras fósseis da Fm. Pedra de Fogo 10.6 Peixes fósseis da Fm. Pedra de Fogo 13.2 Fósseis da fácies lacustre da Fm Codó 13.3 Peixes fósseis, fácies estuarina da Fm Codó 15.5 Dente de <i>Neoceratodus africanus</i>
Roberto Iannuzzi	8.2 Formação Poti 8.3 Formação Poti
Heitor D' Arrigo	14.4 Peixe Fóssil do Grupo Itapecuru (Albiano)
Ariel Milani Martine	14.7 Reconstituição Paleobiológica do Ambiente de <i>Amazonsaurus maranhensis</i>

As demais fotos foram realizadas pelas autoras.