



ARIEL MILANI MARTINE

**RECONSTITUIÇÕES DE CENÁRIOS PALEOAMBIENTAIS CRETÁDICOS -
MEMBRO CRATO (FORMAÇÃO SANTANA, BACIA DO ARARIPE) E FORMAÇÃO
ADAMANTINA (BACIA BAURU).**

CAMPINAS

2013



NÚMERO: 472/2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ARIEL MILANI MARTINE

**“RECONSTITUIÇÕES DE CENÁRIOS PALEOAMBIENTAIS CRETÁDICOS -
MEMBRO CRATO (FORMAÇÃO SANTANA, BACIA DO ARARIPE) E FORMAÇÃO
ADAMANTINA (BACIA BAURU).”**

Orientadora: PROFA. DRA. FRESIA SOLEDAD RICARDI TORRES BRANCO

(DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP NO
PROGRAMA DE GEOCIÊNCIAS NA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
GEOCIÊNCIAS E RECURSOS NATURAIS
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM GEOCIÊNCIAS).

CAMPINAS

2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

Martine, Ariel Milani, 1979-
M366r Reconstituições de cenários paleoambientais cretácicos - Membro Crato
(Formação Santana, Bacia do Araripe) e Formação Adamantina (Bacia Bauru). /
Ariel Milani Martine. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.
Orientador: Fresia Soledad Ricardi Torres Branco.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências.
1. Ilustração paleontológica. 2. Paleontologia - Brasil. 3. Sítios históricos -
Brasil. I. Ricardi-Branco, Fresia, 1963-. II. Universidade Estadual de Campinas.
Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Reconstruction of scenarios paleoenvironments cretaceous - Member
Crato (Santana Formation from Araripe Basin) Adamantina Formation (Bauru Basin)

Palavras-chave em inglês:

Paleontological illustration

Paleontology - Brazil

Historic sites - Brazil

Área de concentração: Geologia e Recursos Naturais

Titulação: Mestre em Geociências

Banca examinadora:

Fresia Soledad Ricardi Torres Branco [Orientador]

Giorgio Basilici

Marcelo Adorna Fernandes

Data de defesa: 27-08-2013

Programa de Pós-Graduação: Geociências



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS NA
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

AUTOR: Ariel Milani Martini

**“RECONSTITUIÇÕES DE CENÁRIOS PALEOAMBIENTAIS CRETÁCIOS –
MEMBRO CRATO (FORMAÇÃO SANTANA, BACIA DO ARARIPE) E
FORMAÇÃO ADAMANTINA (BACIA BAURU)”**

ORIENTADORA: Profa. Dra. Frésia Soledad Ricardi Torres Branco

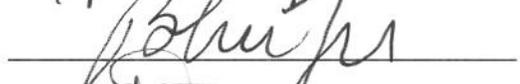
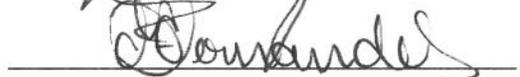
Aprovado em: 27/08/2013

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Frésia Soledad Ricardi Torres Branco

Prof. Dr. Giorgio Basile

Prof. Dr. Marcelo Adorna Fernandes

 - Presidente



Campinas, 27 de agosto de 2013

Agradecimentos

Agradeço à Professora Fresia Soledad Ricardi Torres Branco por confiar em meu projeto e pela brilhante orientação.

Ao CNPQ que colaborou através da bolsa de Mestrado.

A minha namorada, Beatriz Beloto, pela digitação, formatação e diagramação das imagens e pela compreensão em momentos difíceis.

A Alexandre Sales, Lana Luiza Maia Nogueira e Arthur Andrade pela imensa boa vontade em me acompanhar e instruir nas visitas a todas as Formações da Bacia Sedimentar do Araripe.

A Sandra Tavares e Paulo Tavares por me acompanharem ao campo e as preciosas informações cedidas em minha visita à Monte Alto.

Ao estimado amigo Professor Antônio Celso de Arruda Campos que sempre gentilmente abriu as portas da coleção do Museu de Paleontologia de Monte Alto.

O Carlos Eduardo Oliveira pela gentileza em apresentar-me a coleção da Fundação Educacional de Fernandópolis e as conversas sobre a Bacia Bauru.

Aos Professores Elson Paiva de Oliveira, Sueli Yoshinaga Pereira e Giorgio Basilici, da Unicamp, por suas preciosas sugestões.

Ao pessoal da secretaria da Pós-Graduação, em especial Valdirene Pinotti e Maria Gorete S. S. Bernardilli, pela paciência e excepcional auxílio.

Aos meus pais Silas e Zilda, meu avô Guerino, meu irmão Josué e meus sogros Nereide e Alcivando que sempre estiveram ao meu lado.

A Tatiana Biancon e Gilmar Rosseto, que me auxiliaram quando precisei. E a todos os parentes e amigos pela compreensão e apoio.

SÚMULA CURRICULAR

Biólogo graduado em 2005 pela Universidade do Grande ABC. Aluno do Programa de Pós-Graduação em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas, com bolsa de Mestrado pelo CNPQ (2011-2013).

Desde 1997 realiza reconstituições paleontológicas, prestando serviço para as instituições: Universidade de São Paulo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Estadual de Campinas, Museu de História Natural Taubaté, Museu de Paleontologia “Professor Antônio Celso de Arruda Campos”, Centro de Pesquisas Paleontológicas L. I. Price, Museu de Zoologia da USP, entre outros. Ilustrador de reconstituições paleontológicas publicadas em artigos de revistas nacionais e internacionais e livros publicados pelas Editoras DCL, Globo e Interciência.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**RECONSTITUIÇÕES DE CENÁRIOS PALEOAMBIENTAIS CRETÁDICOS -
MEMBRO CRATO (FORMAÇÃO SANTANA, BACIA DO ARARIPE) E FORMAÇÃO
ADAMANTINA (BACIA BAURU).**

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Ariel Milani Martine

Desde a metade do século XIX, paleontólogos usam desenhos e pinturas para reconstruir organismos extintos. Essas técnicas são, hoje, chamadas informalmente de reconstituições paleoartísticas. O espécime reconstruído através da ilustração científica transcende a literatura especializada chegando ao conhecimento popular, sendo assim, uma importante ferramenta para a divulgação científica. Com base em anatomia comparada e interpretações paleoecológicas, o presente trabalho descreve, de forma pioneira, no Brasil, os conceitos e etapas dos processos de reconstituições paleoartísticas, usando como modelos cinco organismos fósseis brasileiros, sendo um molusco bivalve, um osteiote, um anfíbio anuro, um dinossauro saurópode e uma gimnosperma, e dois paleoambientes continentais do período Cretáceo do Brasil: Membro Crato (Formação Santana, Bacia do Araripe) com três subdivisões espaciais representando os nichos ecológicos do Lago, Pântano e Bosques. E a Formação Adamantina (Bacia Bauru), com três subdivisões temporais representando período de chuva, sistemas fluviais e estiagem.

Palavras chaves: Paleoarte, Reconstituições paleontológicas, Paleoambiente, Membro Crato e Formação Adamantina.



UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCE

**RECONSTRUCTION OF SCENARIOS PALEOENVIRONMENT CRETACEOUS
MEMBER CRATO (SANTANA FORMATION FROM ARARIPE BASIN)
ADAMANTINA FORMATION (FROM BAURU BASIN)**

ABSTRACT

Masters Degree

Ariel Milani Martine

Since the second half of the 19th century paleontologists are using drawings and paintings to reconstruct extinct organisms. These types of techniques are nowadays informally called paleoartistic reconstruction. The specimens reconstructed thru scientific illustrations go beyond specialized literature to reach popular knowledge becoming an important tool for scientific information. Due to shortage of academic material in Brazil about this subject, the present work shows thru compared anatomy the concepts and steps taken by the paleoartistic reconstruction processes using as models five Brazilian fossil organisms, one being a bivalve mollusk, one osteichthye, one amphibious anura, one dinosaur sauropoda and one gymnosperm. Two others are continental paleoenvironment from Brazil's Cretaceous period: 1- Member Crato (Santana Formation from Araripe Basin) with three subdivisions representing the ecological niches from lakes, swamps and bushes. 2- Adamantina Formation (Bauru Basin) with three subdivisions representing dry season, fluvial systems and drought.

Keyword: Paleoart, Paleontological reconstruction, Paleoenvironment, Member Crato and Adamantina Formation.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.2	Justificativa.....	1
1.3	Objetivos.....	2
1.4	Localização da área de estudo.....	3
2	Histórico das reconstituições paleontológicas.....	5
3	Materiais e Métodos.....	13
3.1	Materiais e técnicas artísticas empregados.....	13
3.2	Reconstituição individual.....	13
3.3	Reconstituição de vertebrados.....	14
3.4	Reconstituição de invertebrados.....	17
3.5	Reconstituição de Vegetais Fósseis.....	17
4	Reconstituições de cenários paleoambientais.....	19
4.1	Formas de reconstituições paleoambientais.....	21
4.2	Subdivisões paleoambientais.....	25
5	Contexto geológico e Paleontológico regional.....	27
5.1	Bacia do Araripe.....	27
5.1.1	Formação Santana.....	28
5.1.2	O Membro Crato.....	28
5.2	Levantamento da biota de Membro Crato.....	30
5.3	Bacia Bauru.....	38
5.3.1	Formação Adamantina.....	38
5.4	Levantamento da biota da Formação Adamantina.....	39
6	Resultados e Discussão.....	55
6.1	Reconstruções individuais.....	55
6.1.1	Reconstituição de <i>Dastilbe crandalli</i>	55
6.1.2	Reconstituição de <i>Arariphrynus placidoi</i>	62
6.1.3	Reconstituição de <i>Aelosaurus maximus</i>	68
6.1.4	Reconstituição de <i>Itaimbea priscus</i>	76
6.1.5	Reconstituição de <i>Brachyphylum obesum</i>	78
6.2	Reconstituição do paleoambiente do Membro Crato.....	86

6.1.1 Lago	88
6.1.2 Pântanos.....	92
6.1.3 Bosque.....	96
6.3 Reconstituição Paleoambiental da Formação Adamantina	101
6.2.1 Períodos de chuvas.....	102
6.2.2 Sistemas Fluviais.....	105
6.2.3 Períodos de Estiagem	108
7. Conclusão	111
8 Referências bibliográficas.....	113
9 Anexo: Referências bibliográficas dos principais espécies fósseis citados que não constam no capítulo 8	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Formação Santana. Ilustração de Ariel Milani Martine.	3
Figura 2. Localização da Formação Adamantina na Bacia Bauru. Ilustração de Ariel Milani Martine modificada de Fernandes & Coimbra, 1996.	4
Figura 3. Reconstituições de mamíferos fósseis da França elaborados por George Cuvier e ilustrados por Charles Laurillard em 1822. Fonte: Rudwick, 1992.	6
Figura 4. Primeira reconstrução do esqueleto de <i>Iguanodon</i> executada por Gideon Mantell. Fonte: http://palaeo.gly.bris.ac.uk/Palaeofiles/Frauds/reconstruction.htm	7
Figura 5. Reconstrução em vida de dois exemplares de <i>Iguanodon</i> que integram o conjunto de esculturas de animais pré-históricos do Jardim do Antigo <i>Crystal Palace</i> . Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iguanodon_Crystal_Palace.jpg	8
Figura 6. A-Fóssil de <i>Citipati osmolskae</i> . Fonte: http://www.amnh.org/explore/news-blogs/on-exhibit-posts/ask-a-paleontologist-how-did-dinosaurs-reproduce , B- Reconstrução em vida de <i>Citipati osmolskae</i> (Paul, 2010).	10
Figura 7. Esqueleto de <i>Cearadactylus atrox</i> . Foto: Fresia Ricardi-Branco.....	15
Figura 8. Esqueleto de <i>Baurusuchus salgadoensis</i> . Fonte: http://www.unicamp.br/unicamp/noticias/r%C3%A9plica-de-crocodilo-que-viveu-h%C3%A1-90-milh%C3%B5es-de-anos-est%C3%A1-exposta-no-ig#!prettyPhoto	15
Figura 9. Esboço representando meio físico da paisagem paleoambiental do Membro Crato. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).....	21
Figura 10. Esboço representando a disposição da vegetação arbustiva e arbórea da reconstituição paleoambiental do Membro Crato. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1-- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	22
Figura 11. Reconstituições individuais das espécies que serão inseridas no cenário paleoambiental do Membro Crato. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4 e Técnica 5- Ilustração digital).	22
Figura 12. Esboço da composição do cenário paleoambiental do Membro Crato representando meio físico, espécies animais e vegetais. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).....	23
Figura 13. Reconstituição concluída do paleoambiente do Membro Crato. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 4- Tinta acrílica em MDF 43x6 cm).	23
Figura 14. Reconstituição de paisagem do Mioceno. Ilustração de Burian, 1954. Fonte (Spinar, 1972)	24
Figura 15. Reconstituição em vista aérea do Membro Romualdo da Formação Santana (Bacia do Araripe). Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 5 – Ilustração digital).....	25
Figura 16. Fóssil de <i>D. crandalli</i> . Fonte: http://www.lowcountrygeologic.com/FossilFish/Dastilbeelongatus/tabid/53/fossil/3286/Default.aspx	55
Figura 17. Vértex de osteichthyes. A- Vértex da região lombar e B- Vértex da região caudal. Ilustração do autor. Modificado de Storer <i>et al.</i> , 2002 (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	56
Figura 18. Reconstituição esquelética de <i>Dastilbe crandalli</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine, modificado de Maisey, 1991 (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).	57
Figura 19. Reconstituição muscular de <i>Dastilbe crandalli</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 3- Aguada de tinta acrílica e lápis de cor aquarelável em papel canson A4).	58

Figura 20. Escamas de osteichthyes. A- Escama ctenóide e B- Escama ciclóide. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	59
Figura 21. Foto de <i>Astronotus ocellatus</i> . Fonte: http://www.vivaterra.org.br/peixes_ornamentais.htm#	60
Figura 22. Foto de <i>Oligosarcus hepsetus</i> . Fonte: http://www.flickr.com/photos/sickilla/8589613441/	60
Figura 23. Reconstituição em vida de <i>Dastilbe crandalli</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 5- Ilustração digital)	62
Figura 24. Fóssil de <i>A. placidoi</i> . Museu de Paleontologia de Santana do Cariri. Foto de Ariel Milani Martine.	62
Figura 25. Reconstituição esquelética de <i>A. placidoi</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).	63
Figura 26. Reconstituição muscular de <i>A. placidoi</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).	66
Figura 27. Reconstituição em vida de <i>A. placidoi</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 5- Ilustração digital).	68
Figura 28. Fósseis de <i>Aelosaurus maximus</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2 - Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).	70
Figura 29. Reconstituição esquelética de <i>Aelosaurus maximus</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).	71
Figura 30. Cintura pélvica de Titanosauridae em visão lateral esquerda. Ilustração de Ariel Milani Martine. Modificado de Borsuk-Bialynicka (1977) (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	72
Figura 31. Reconstituição muscular de <i>Aelosaurus maximus</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 3 - Aguada de tinta acrílica e lápis de cor aquarelável em papel canson A4).	74
Figura 32. Reconstituição em vida de <i>Aelosaurus maximus</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6 - Tinta acrílica em canson A4).	76
Figura 33. <i>Itaimbea priscus</i> . Fonte: Mezzalira, 1974.	77
Figura 34. Reconstituição da concha de <i>Itaimbea priscus</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	77
Figura 35. Reconstituição em vida de <i>Itaimbea priscus</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6- Tinta acrílica em canson A4).	78
Figura 36. Fóssil de <i>Brachyphylum obesum</i> , do Membro Crato. Museu de Paleontologia de Santana do Cariri. Foto de Ariel Milani Martine.	79
Figura 37. Esboço inicial de ramo de <i>Brachyphylum obesum</i> , mostrando as principais estruturas. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	80
Figura 38. Desenho esquemático mostrando a disposição dos ramos (A) e detalhe das folhas (B) de <i>Brachyphylum obesum</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	81
Figura 39. Reconstituição de ramos de <i>Brachyphylum obesum</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1 - Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	82
Figura 40. Comparação entre silhuetas de coníferas de ambiente frio (A) e ambiente quente (B). Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina e sulfite).	83

Figura 41. Esboço da possível silhueta de <i>Brachyphylum obesum</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1 - Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	83
Figura 42. Reconstituição arbórea de <i>Brachyphylum obesum</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1 - Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).	84
Figura 43. Reconstituição final de <i>Brachyphylum obesum</i> . Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 5- Ilustração digital)	85
Figura 44. Reconstrução paleoambiental do Membro Crato. 1- Lago Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 4 - Tinta acrílica	91
Figura 45. Legenda dos organismos da ilustração da reconstituição paleoambiental do Membro Crato Lago.	92
Figura 46. Reconstrução paleoambiental do Membro Crato 2- Pântano Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 4 - Tinta acrílica em MDF 43x60 cm).....	95
Figura 47. Legenda dos organismos da ilustração da reconstituição paleoambiental do Membro Crato Pântano.	96
Figura 48. Reconstrução paleoambiental do Membro Crato. 3- Bosque Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 4 - Tinta acrílica em MDF 43x60 cm).....	99
Figura 49. Legenda dos organismos da ilustração da reconstituição paleoambiental do Membro Crato Bosque.....	100
Figura 50. Reconstrução paleoambiental da Formação Adamantina 1- Períodos de Chuva Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6- Tinta acrílica em canson A4).....	104
Figura 51. Reconstrução paleoambiental da Formação Adamantina 2 – Sistemas Fluviais Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6 - Tinta acrílica em canson A4).....	107
Figura 52. Reconstrução paleoambiental da Formação Adamantina 3 – Período de Estiagem Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6 - Tinta acrílica em canson A4).	110

1 Introdução

1.1 Apresentação

Desde o século XIX, paleontólogos utilizam pinturas e ilustrações para reconstruir organismos fósseis. Hoje, chamada informalmente de paleoartística, este modo de reconstrução é uma das formas mais eficientes de divulgação da Paleontologia.

O trabalho paleoartístico consiste em reconstruir, através de ilustrações científicas ou esculturas o aspecto em vida de organismos extintos.

A presente pesquisa apresenta, de forma pioneira no Brasil, o processo de reconstrução paleoartística, descrevendo as etapas e conceitos usados em reconstituições, sejam elas individuais ou paleoambientais.

Os critérios necessários à reconstrução dos principais grupos biológicos são apresentados nas reconstituições individuais, onde são utilizadas como modelo cinco espécies brasileiras: *Itaimbea priscus* Ihering, 1913; *Dastilbe crandalli* Jordan, 1910; *Arariphrynus placidoi* Leal & Brito, 2006; *Aeolosaurus maximus* Santucci & Arruda-Campos, 2011 e *Brachyphyllum obesum* Heer, 1881.

Nas reconstituições paleoambientais, são descritas as etapas e critérios tradicionais, junto a modelos alternativos de reconstrução de antigos cenários ambientais, utilizando como exemplo a reconstrução de dois expressivos paleoambientes do Cretáceo brasileiro: o Membro Crato (Bacia do Araripe) e a Formação Adamantina (Bacia Bauru).

1.2 Justificativa

A Paleontologia vive um momento de grande aceitação popular. Esta ciência desempenha um importante papel nos dias de hoje, deixando de ser uma ciência hermética, restrita aos cientistas e universidades. Todos se interessam pela história da Terra e de seus habitantes durante o passado geológico (Carvalho, 2000).

Atualmente, admite-se que a popularidade da Paleontologia, fora do ambiente acadêmico, foi conquistada graças ao seu principal meio de divulgação: a ilustração científica. Executadas

através de desenhos e pinturas, reconstituições de cenários paleoambientais ou representações isoladas de organismos hoje extintos, representam o mais antigo e mais eficiente elo entre a pesquisa paleontológica e o público em geral, sendo assim, uma importante ferramenta de divulgação científica.

Uma imagem possui um alcance muito maior que qualquer texto. A simples contemplação de uma destas imagens pode representar o primeiro passo rumo ao interesse científico. Para leigos em anatomia, a figura de um esqueleto é algo muito abstrato. Mais abstrato ainda é a figura de um fóssil, que é na maioria das vezes uma pequena parcela de um esqueleto e, geralmente, disforme. Assim, o fóssil é algo quase ilegível para o não especialista, e jamais um público leigo, através unicamente de um fóssil, ou de uma descrição científica poderia imaginar o formato do animal dono daqueles vestígios. Quando reconstruído, através de ilustração científica, esse mesmo organismo, “um estranho pedaço de rocha”, passa a ficar mais atraente e então o grande público passa a entender o que ele realmente representa.

Esta divulgação é muito importante, pois o interesse popular alavanca as pesquisas paleontológicas, facilitando a captação de recursos e garantindo um maior espaço reservado as geociências em publicações e exposições museais.

Porém estas reconstituições não podem ser apenas belas e atraentes, elas devem também ser elaboradas com todo rigor científico e exigem conhecimentos que vão além da Paleontologia, como a Ecologia, Sedimentologia, Anatomia comparada, Etologia e Evolução. Estas reconstituições geralmente são executadas através da parceria entre paleontólogo e ilustrador científico, mas devido à multidisciplinaridade deste trabalho muitos detalhes da anatomia ou da composição de cenários paleoambientais escapam da atenção, que pode, por vezes, gerar reconstituições belas, porém incorretas.

1.3 Objetivos

A Paleontologia brasileira evoluiu de forma substancial nas duas últimas décadas, e cada vez mais, reconstituições paleontológicas são utilizadas. Muitas, porém, realizadas de forma leviana, com claras preocupações artísticas e poucos critérios científicos.

Pela escassez de material acadêmico brasileiro sobre o assunto, o presente trabalho visa contribuir com o conhecimento da Paleontologia discriminando os conceitos e etapas dos processos de reconstituições paleontológicas, estabelecendo metodologias e critérios de reconstituições que podem ser aplicados a qualquer organismo ou paleoambiente continental.

1.4 Localização da aérea de estudo

A área de estudo corresponde às porções aflorantes do Membro Crato (Formação Santana, Bacia do Araripe) (**Fig. 1**) datada como Cretáceo inferior (Albiano/Aptiano) e Formação Adamantina (Bacia Bauru) (**Fig. 2**) datada como Cretáceo superior (Turoniano/Santoniano).



Figura 1. Localização da Formação Santana. Ilustração de Ariel Milani Martine.



Figura 2. Localização da Formação Adamantina na Bacia Bauru. Ilustração de Ariel Milani Martine modificada de Fernandes & Coimbra, 1996.

2 Histórico das reconstituições paleontológicas

A relação do homem com os fósseis é tão antiga quanto sua própria cultura. Fósseis encontrados aleatoriamente por grupos humanos anteriores ao Neolítico eram utilizados como adornos em colares ou como matéria prima para esculturas. A apreciação estética dos fósseis era comum no passado, não sendo restrita apenas aos *Homo sapiens*. Restos de corais e conchas de gastrópodes fósseis foram encontrados na caverna de Arcy-sur-Cure, na França. Este material provavelmente formava uma coleção pertencente aos *Homo neanderthalensis* que ali viveram a cerca de 50 mil anos (Gayraud-Varly, 1989).

Ao longo de toda a história da humanidade, os fósseis sempre despertaram interesse e, de acordo com a cultura local, ganhavam interpretações diferentes. Dentes de dinossauros terópodes encontrados na China, há dois mil anos, eram atribuídos a dragões, fato que fortaleceu a crença da existência destes animais místicos. Conchas fósseis de gastrópodes e cefalópodes descobertas na Europa medieval eram interpretadas como marcas de unhas ou cascos do diabo.

Entre os séculos XVI e XVII começavam a surgir explicações mais cientificamente corretas em relação aos fósseis. Porém, somente a partir do final de século XVIII, os fósseis passaram a ser melhormente compreendidos, oficializando a Paleontologia como uma disciplina fundamental aos estudos das ciências da vida e da Terra (La Cotardière, 2011).

Um dos responsáveis por este amadurecimento da Paleontologia foi o francês George Cuvier (1769-1832). Este naturalista foi pioneiro em dissecações sistemáticas e estudos osteológicos em animais atuais e fósseis. Suas observações o levaram a criação de um método de correlação entre as diferentes estruturas de um organismo, fundando assim, as bases da anatomia comparada moderna. A partir de seu novo método poder-se-ia deduzir o aspecto em vida de vertebrados fósseis baseados em seus vestígios. Em 1822, Cuvier publica a segunda edição de *Investigações sobre as ossadas fósseis*, onde figuram a reconstrução em vida de quatro espécies de mamíferos do período Paleógeno da França. As ilustrações foram efetuadas pelo assistente de Cuvier, Charles Laurillard, e apesar de artisticamente simples, estas foram as primeiras reconstituições científicas publicadas de organismos extintos (**Fig. 3**) (Rudwick, 1992).

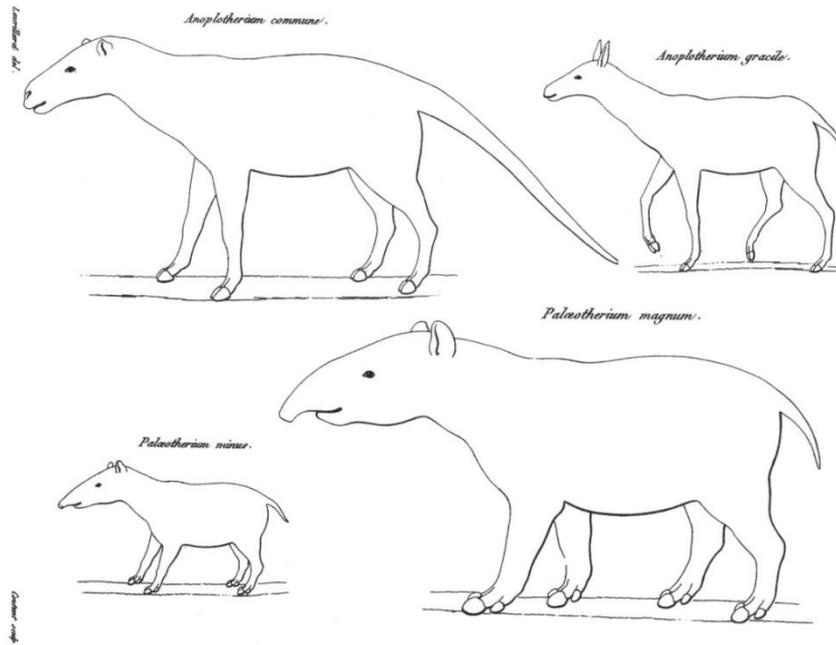


Figura 3. Reconstituições de mamíferos fósseis da França elaborados por George Cuvier e ilustrados por Charles Laurillard em 1822. Fonte: Rudwick, 1992.

No mesmo ano, o médico e geólogo inglês Gideon Mantell (1790-1852) publicou informes de alguns dentes fossilizados incomuns encontrados na costa meridional da Inglaterra. Mantell enviou amostras destes dentes à Cuvier que os identificou como pertencentes a um grande réptil herbívoro desconhecido até o momento. Em uma visita ao *Museum at The Royal College of Surgeons*, em Londres, Mantell observou um esqueleto montado de um iguana, e concluiu que os dentes deste lagarto herbívoro, embora menores, eram morfologicamente muito semelhantes aos dentes fósseis que ele havia enviado à Cuvier. Devido a esta similaridade os dentes fósseis foram nomeados com o gênero *Iguanodon* Mantell, 1825, cujo significado é dente de iguana. Em 1834, um esqueleto incompleto atribuído a *Iguanodon* foi encontrado no condado de Kent, no sudeste da Inglaterra. Com base nestes novos dados Mantell executou a primeira tentativa de reconstrução do esqueleto de *Iguanodon*, (**Fig. 4**). A reconstrução mostra de forma clara a morfologia de lagarto que se atribuía a esta criatura (Norman, 1996).

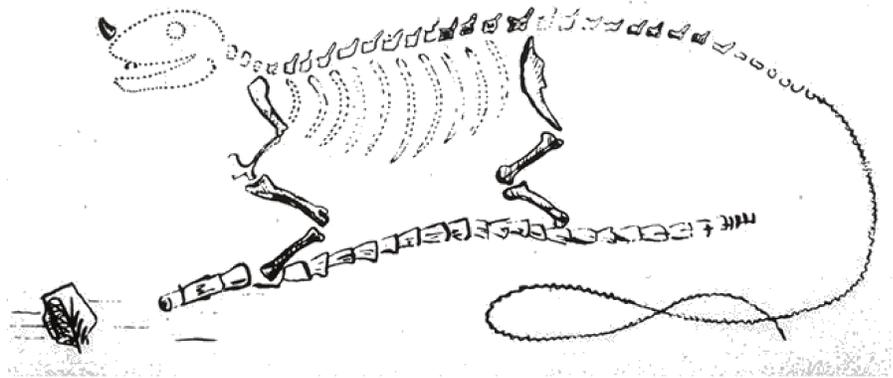


Figura 4. Primeira reconstrução do esqueleto de *Iguanodon* executada por Gideon Mantell. Fonte: <http://palaeo.gly.bris.ac.uk/Palaeofiles/Frauds/reconstruction.htm>

Em 1841, o anatomista inglês Richard Owen (1804-1892) criou o termo Dinosauria, que agrupava três gêneros de répteis fósseis: o já citado *Iguanodon*, *Megalosaurus* Buckland, 1824 e *Hilaeosaurus* Mantell 1833. O novo termo despertou grande interesse no meio acadêmico popular, pois além de serem diferentes dos animais atuais, os dinossauros eram os maiores animais terrestres até então conhecidos.

No ano de 1852 o príncipe inglês Albert (1819-1861) sugeriu que o jardim do entorno do pavilhão de exposições *Crystal Palace*, que seria realojado em Sydenham, Londres, abrigasse reproduções de animais pré-históricos esculpidos em tamanho natural. A tarefa de reconstruir estes animais foi encarregada ao artista Benjamin Waterhouse Hawkin (1807-1894), que recebeu assessoria de Richard Owen. Inaugurado em junho de 1854 pela rainha Vitória (1840-1861), o *Crystal Palace* atraiu milhares de visitantes que pagaram não só para ver o pavilhão de vidro, mas também para observarem impressionados os animais pré-históricos que o rodeavam. Entre eles destacavam-se os dinossauros de Owen. A partir de então, os dinossauros passaram a ser o grupo fóssil de maior interesse popular e, conseqüentemente, os organismos fósseis mais comumente reconstruídos. Os iguanodons, *Megalosaurus* e *Hilaeosaurus* do *Crystal Palace* foram os primeiros dinossauros reconstruídos em vida (Norman, 1996).

Entretanto, tais reconstituições foram baseadas em pequenas porções de esqueleto, sem nenhum conhecimento prévio sobre este grupo recém-descrito. A falta de referências anatômicas resultou em reconstituições incorretas, de aspecto claramente reptilianos. Ainda assim, a

iniciativa ousada de Owen e Hawkin foi importante, pois suas reconstituições além de servirem como ponto de partida para reconstituições anatomicamente mais corretas executadas nas décadas seguintes, também tornou a Paleontologia conhecida popularmente. O pavilhão *Crystal Palace* foi destruído em um incêndio em 1936, mas as esculturas dos animais pré-históricos permanecem instaladas no jardim até hoje (**Fig. 5**).



Figura 5. Reconstrução em vida de dois exemplares de *Iguanodon* que integram o conjunto de esculturas de animais pré-históricos do Jardim do Antigo *Crystal Palace*. Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iguanodon_Crystal_Palace.jpg

No final da segunda metade do século XIX muitas descobertas trouxeram novas interpretações paleontológicas. Muitas dessas novidades eram publicadas ou expostas junto a reconstituições artísticas. Estas reconstituições refletem diretamente o pensamento científico de sua época. Se analisarmos as principais reconstituições executadas, desde os dinossauros do *Crystal Palace*, até os dias atuais, teremos um panorama da história do conhecimento paleontológico. Desta forma tais reconstituições não podem ser julgadas como simplesmente ruins, e sim como concebidas a partir de ideias obsoletas, que mesmo sem valor paleontológico atual possui um profundo valor histórico científico.

No século XX, com o advento das grandes exposições museais e substancial aumento editorial, as reconstituições tornaram-se mais frequentes, exigindo artistas com conhecimento em

história natural que, então, passaram a trabalhar exclusivamente com reconstituições. Dentre muitos se destacam Charles Knight (1874-1953) Rudolph Franz Zallinger (1919-1995) e Zdenek Burian (1905-1981). As imagens criadas por essa geração de artistas transcenderam a divulgação científica e, até o final da década de 1970, a ideia de organismos extintos em vida vinham diretamente destas imagens, que influenciaram toda a cultura exposta à elas. Como exemplo pode-se observar as produções cinematográficas com temas pré-históricos produzidos entre 1930 e 1980, cujos cenários são claras reproduções das pinturas de Knight, Zallinger ou Burian.

Na década de 1980, junto a uma nova geração de artistas especializados em reconstituições, é criado um novo termo informal para este tipo de trabalho, a paleoarte.

Em definição, a paleoarte consiste em reconstituições de organismos ou ambientes pretéritos, executados com todo rigor e conhecimento científico disponível, para que tais reconstituições retratem de forma mais fiel possível a vida no passado geológico do nosso planeta. Nesta definição, a paleoarte não deve ser confundida com arte rupestre ou qualquer outro tipo de forma artística de povos ou sociedades primitivas. A paleoarte também não é ilustrações de fósseis, a mão livre ou a câmara clara ou ainda cartografia. A paleoarte exige uma reconstrução em vida do organismo e não uma cópia de seu material fóssil.

Com o desenvolvimento das pesquisas paleontológicas, os principais grupos de organismos fósseis foram detalhadamente estudados. Conhece-se mais sobre algumas espécies de vertebrados do período Cretáceo que sobre muitos invertebrados atuais das florestas tropicais. Hoje, as coleções paleontológicas de museus e universidades, com suas grandes quantidades de espécimes coletados, fornecem as referências necessárias à reconstrução satisfatória de qualquer organismo fóssil que pertença a uma linhagem conhecida. Diferente da época das primeiras reconstituições, quando por falta de material para comparação reconstruíam-se organismos erroneamente, no presente, as reconstituições, mesmo de organismos que são conhecidos apenas por algumas partes, podem revelar de forma muito aproximada, o aspecto em vida do organismo estudado.

Recentemente, além do aspecto em vida, é possível determinar a biomecânica e possíveis relações comportamentais e ecológicas de muitos animais extintos graças a interpretações tafonômicas, e utilização de sofisticados *softwares* para a elaboração de reconstituições de

músculos e órgãos que preenchiam cavidades ósseas (como cérebro ou ouvido), utilizando como base imagens obtidas em Tomógrafos de alta resolução (Anderson *et al.*, 2012).

O Ovoraptoridae *Citipati osmolskae* Clark, Norell & Barsbold, 2001 foi um terópode com cerca de 1,6 metros de comprimento que viveu no final do período Cretáceo em um paleoambiente desértico, onde hoje é a Mongólia. Este animal foi soterrado de forma súbita por uma tempestade de areia, de maneira que seu esqueleto foi preservado em posição de choco, assentado sobre seu ninho, protegendo cerca de 20 ovos (**Fig. 6**). A partir destes dados é possível obter ao menos duas informações que apenas o estudo osteológico jamais poderia fornecer. Primeira: *Citipati osmolskae* possuía um alto grau de cuidado parental, protegendo sua ninhada mesmo em situações que colocassem sua própria vida em risco. Segunda: sua postura sobre os ovos revela que, assim como as aves atuais, *Citipati osmolskae* deveria usar o calor do corpo para aquecer os ovos durante as noites, e as penas que cobriam seu corpo e braços, para protegê-los do calor excessivo nas horas quentes do dia ou da areia carregada pelo vento. Assim a tafonomia pode oferecer dados referentes ao comportamento, como cuidados parentais e até dados sobre sua fisiologia, como hábito de chocar ovos, um forte indício de homotermia. Este é apenas um exemplo dentre as muito importantes descobertas das últimas décadas, onde a tafonomia desempenhou um papel fundamental na interpretação biológica e etológica de organismos extintos, somando dados para reconstituições mais fidedignas.

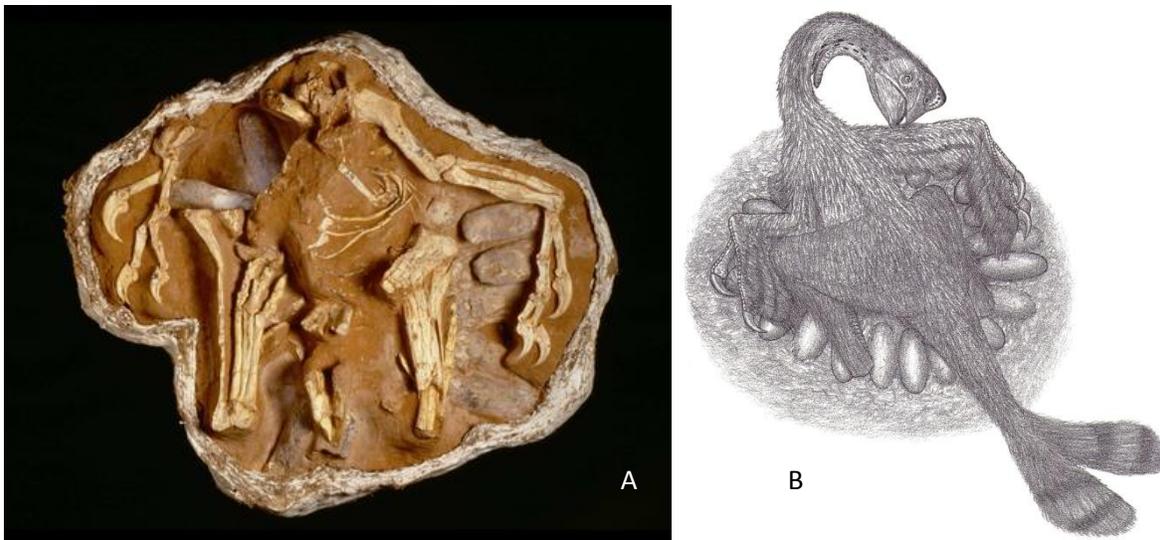


Figura 6. A-Fóssil de *Citipati osmolskae*. Fonte: <http://www.amnh.org/explore/news-blogs/on-exhibit-posts/ask-a-paleontologist-how-did-dinosaurs-reproduce>, B- Reconstrução em vida de *Citipati osmolskae* (Paul, 2010).

A reconstrução fiel dos principais organismos de um membro ou formação consiste na primeira etapa para uma reconstituição de um cenário paleoambiental. Informações tafonômicas que podem esclarecer as possíveis relações ecológicas entre os organismos e seus meio são indispensáveis. Outro fator, atualmente indispensável para reconstituições paleoambientais é o estudo de microfósseis, pois um único grão de pólen fóssil pode gerar importantes informações sobre a vegetação e o clima da região estudada.

Desde a inauguração das esculturas do *Crystal Palace*, as reconstituições paleoartísticas revelaram ser a forma mais eficiente de divulgação paleontológica, servindo conseqüentemente como importante ferramenta para a captação de recursos para pesquisa. Evidentemente ainda há muito a ser descoberto, mas atualmente, graças à multidisciplinaridade das pesquisas paleontológicas, tais reconstituições são menos especulativas e quando executadas corretamente podem representar imagens e cenários fiéis do passado geológico.

3 Materiais e Métodos

3.1 Materiais e técnicas artísticas empregados

Para demonstrar as várias possibilidades artísticas de reconstituições, na presente pesquisa, as ilustrações foram elaboradas com diferentes materiais e técnicas artísticas, que foram classificadas a seguir:

- **Técnica 1** - Lápis HB e 6B em papel sulfite A4.
- **Técnica 2** - Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina ou sulfite.
- **Técnica 3** - Aguada de tinta acrílica e lápis de cor aquarelável em papel canson A4.
- **Técnica 4** - Tinta acrílica em MDF 43x60 cm.
- **Técnica 5** - Ilustração digital com Software Photoshop 6.0.
- **Técnica 6** - Tinta acrílica em canson A4.

Esta classificação é indicada em cada legenda de ilustração do autor, possibilitando a identificação da técnica utilizada.

3.2 Reconstituição individual

Uma reconstituição pode ser tanto individual (quando reconstrói uma espécie fóssil isolada), quanto paleoambiental (quando recria um antigo ambiente, mesmo que em parte, com suas feições geológicas e biota fóssil).

Em uma reconstrução individual, o organismo fóssil deve apresentar, em sua conclusão, o aspecto que esta espécie teria em vida, de forma mais correta e natural possível. Para isso, o trabalho de reconstituição deve ser executado usando todas as informações e proporções anatômicas presentes no fóssil estudado. Tais reconstituições são elaboradas em etapas com critérios que variam de acordo com o grupo taxonômico.

Para descrever e exemplificar os processos de reconstituição individual foram escolhidos cinco organismos fósseis do período Cretáceo do Brasil, que pertencem ao Membro Crato, Formação Santana da Bacia do Araripe e à Formação Adamantina da Bacia Bauru: o Actinopterygii *Dastilbe crandalli* Jordan, 1910 como exemplo de reconstituição de um vertebrado aquático, o anura *Arariphrynus placidoi* Leal & Brito, 2006 como exemplo de

reconstituição de um vertebrado anfíbio, o dinossauro saurópoda *Aeolosaurus maximus* Santucci & Arruda Campos, 2011 como exemplo de um vertebrado terrestre, o molusco bivalve *Itaimbea priscus* Ihering, 1913 como exemplo de reconstituição de invertebrado e a gimnosperma *Brachyphyllum obesum* Heer, 1881 como exemplo de reconstituição de um vegetal.

3.3 Reconstituição de vertebrados

Os vertebrados são os organismos fósseis mais comumente reconstituídos.

A reconstituição individual de espécies deste grupo pode ser dividida em ao menos quatro etapas: reconstituição esquelética, reconstituição muscular, reconstituição tegumentar e reconstituição de cor e padronagem.

A reestruturação do esqueleto é a etapa inicial do processo de reconstituição de um vertebrado. Mesmo fósseis completos e bem preservados devem ser redesenhados, pois tais fósseis, na melhor das hipóteses, apresentam o esqueleto articulado em posição de morte. Porém, na grande maioria das vezes, estes esqueletos são encontrados desarticulados, fragmentados, incompletos e deformados pelo processo de fossilização.

O primeiro estágio da reconstituição do esqueleto é a definição de uma pose, uma postura adotada pelo animal em vida. Para execução deste estágio, deve-se observar detalhadamente o fóssil. Um estudo dos ossos permite definir, mesmo que superficialmente, os limites de extensão das articulações. Este estudo é muito importante, pois além de definir quais os movimentos o animal poderia, ou não fazer, também estabelece em qual posição a articulação estaria mais confortável, ou seja, a posição em que o animal passaria a maior parte do tempo. Esta é a pose que deve ser adotada. Formas atuais morfológicamente semelhantes, ou filogeneticamente próximas ao fóssil, podem também ser usadas como modelos para pose. Estes estudos podem refinar a postura do esqueleto, deixando-o com um aspecto mais natural.

Após a escolha da pose, o esqueleto deve ser desenhado, preferencialmente de perfil, sem fragmentações ou deformidades, corretamente articulado e apresentado de forma clara, com as principais estruturas aparentes. Fósseis incompletos devem ter suas partes faltantes reconstruídas através da anatomia comparada. Como exemplo, os braços e mãos, assim como alguns ossos da cintura escapular de *Arariphrynus placidoi* não estão presentes no fóssil. Para reconstituí-los

deve-se usar como referencia esqueletos de Leptodactylidae atuais. A osteologia desta família de anuros revela ser conservadora, com poucas mudanças relevantes desde o período Cretáceo. Assim, as partes faltantes do esqueleto de *A. placidoi* são completadas com ossos de outra espécie com maior proximidade filogenética. Estes ossos são adaptados às proporções do novo esqueleto, concluindo, assim, a reconstituição osteológica.

A grande maioria dos esqueletos fósseis montados em exposições foi, de alguma forma, reconstruída e replicada. Como exemplo pode-se observar os esqueletos de *Cearadactylus atrox* Leonardi & Borgomanero, 1985 da Formação Santana (**Fig. 7**) e *Baurusuchus salgadoensis* Carvalho, Campos & Nobre, 2005 da Formação Adamantina (**Fig. 8**), confeccionados e montados por Ariel Milani Marine e expostos no saguão do novo prédio do Instituto de Geociências da Unicamp. O esqueleto de *C. atrox* foi totalmente reconstruído, enquanto *B. salgadoensis* possui crânio, mandíbula e membros prototipados e replicados do fóssil original, com o restante do esqueleto reconstruído.



Figura 7. Esqueleto de *Cearadactylus atrox*. Foto: Fresia Ricardi-Branco.



Figura 8. Esqueleto de *Baurusuchus salgadoensis*. Fonte: <http://www.unicamp.br/unicamp/noticias/r%3%A9plica-de-crocodilo-que-viveu-h%3%A1-90-milh%3%B5es-de-anos-est%3%A1-exposta-no-ig#!prettyPhoto>

A segunda etapa para reconstituição de um vertebrado é o desenho de sua musculatura. Os ossos contêm marcas, sulcos e cristas que indicam onde eram inseridos músculos e tendões. Nesta etapa de reconstituição deve-se priorizar o restauro dos principais e maiores músculos externos, pois são estes que conferem volume ao animal.

A etapa seguinte consiste em ilustrar o possível aspecto tegumentar do animal. Em raras espécies a impressão tegumentar pode ser observada nos fósseis, porém a maioria não apresenta este tipo de preservação. Nestes casos, a reconstituição tegumentar deve se basear em anatomia comparada, buscando em animais atuais ou fósseis, com maior proximidade filogenética com a espécie a ser reconstruída, referências como tipo ou padrão de escamas ou textura da pele.

A última etapa da reconstituição de um organismo fóssil é aplicação de cores e possíveis padrões de manchas.

O único fóssil de vertebrado com estruturas preservadas que remetem seguramente a cor é *Anchiornis huxleyi* Xu *et al.*, 2009, um pequeno terópode emplumado do Jurássico superior da China. O fóssil apresenta penas com manchas, que quando observadas ao microscópio, revelam grânulos de pigmentos, os melanossomos. Os grânulos estudados apresentavam ao menos dois formatos diferentes: um ovalóide e outro mais comprido, em forma de bastão. Estudos revelaram que os melanossomos ovalóides eram responsáveis pelos pigmentos pretos, enquanto, os melanossomos alongados conferiam uma cor que variava do vermelho ao marrom. Foram interpretadas como sendo de cor branca as regiões do corpo onde essas estruturas estão ausentes. Assim, a decodificação dos melanossomos permitiu a mais segura reconstituição de cor de um vertebrado fóssil. Em vida, *A. huxleyi* possuía crista cor de ferrugem, corpo acinzentado e asas com faixas pretas e brancas.

A decodificação de melanossomos é um estudo novo e só pode ser desenvolvido em pouquíssimos fósseis raramente bem preservados. Desta forma é impossível estabelecer a cor exata da quase totalidade dos organismos fósseis, e as reconstituições de cor assumem uma “licença artística”.

Entretanto, mesmo sendo uma ação especulativa, a aplicação de cor em uma reconstituição deve ser executada com ponderação. Apesar de não sabermos a verdadeira cor de um vertebrado fóssil, podemos recriar uma coloração possível comparando a espécie fóssil e seu

paleoambiente com formas atuais semelhantes, que vivem em ambientes ou ocupem um nicho ecológico equivalente ao do fóssil estudado.

A comparação taxonômica, morfológica, ambiental e até etológica é base para aplicação de cor em animais extintos.

3.4 Reconstituição de invertebrados

A reconstituição do aspecto em vida de invertebrados consiste em uma tarefa mais simples que a de um vertebrado, uma vez que os fósseis de invertebrados possuem impressões de conchas, carapaças e exoesqueletos. Todas estas estruturas definem o formato do organismo com precisão, isso significa que diferentemente de vertebrados, que exigem uma reconstituição muscular e tegumentar para definição de seu formato em vida, em invertebrados o formato impresso nos fósseis representa, em sua maioria, o idêntico formato que o animal teria em vida. Mesmo invertebrados de corpo mole, quando preservados, apresentam ao menos a silhueta do corpo, permitindo um imediato reconhecimento do formato que este animal teve quando vivo.

Uma reconstituição de invertebrado torna-se mais difícil quando o animal a ser reconstruído foi descrito apenas por um fragmento do corpo, como uma asa ou uma perna isolada. Nestes casos, assim como em vertebrados, usa-se como referencia para completar o animal, estruturas anatômicas de outras espécies mais completas que possuem proximidade filogenética com o animal a ser reconstruído.

Uma vez que, na maioria das vezes, as características externas dos invertebrados já estão presentes nos fósseis, o trabalho de reconstituição, nestes casos, consiste em ilustrar estes animais em uma posição em que ele comumente assumia em vida e aplicar-lhe cor.

3.5 Reconstituição de Vegetais Fósseis

Assim como em invertebrados com exoesqueletos, a reconstituição de partes de vegetais fossilizados é uma tarefa relativamente simples, pois todos os dados morfológicos necessários à reconstituição estão claramente presentes no próprio fóssil. Em uma folha fossilizada, por exemplo, pode-se observar o desenho de suas margens e muitas vezes até sua complexa rede de nervuras. O formato que esta folha revela impressa no fóssil é o mesmo que ela tinha antes de ser

fossilizada. Neste caso, o trabalho de reconstituição pode ser resumido em copiar o desenho do fóssil aplicando-lhe volume e cor.

O desafio na reconstituição de plantas fósseis está em reconstruí-las em sua totalidade. Mesmo fósseis bem preservados contêm apenas partes isoladas, como folhas, ramos, inflorescências, troncos ou raízes. São raríssimos os fósseis que apresentam uma planta preservada completa. Em plantas de maior porte, fósseis assim são ainda mais raros.

Os fósseis contendo apenas partes isoladas de plantas são um problema que pode afetar até mesmo a taxonomia, como explica didaticamente o paleontólogo e escritor Richard Fortey (1997): “É como tentar completar um quebra-cabeças sem ter uma ideia clara da aparência da imagem final. Você tenta encontrar cantos que se encaixem – talvez uma folha fóssil ligada a um ramo, ou um órgão contendo esporos, como um cone que pende de um ramo preservado em xisto escuro. Muitas destas ligações ainda não foram feitas, o que leva à intrigante possibilidade de que vários nomes latinos diferentes estejam sendo dados a partes diferentes da *mesma* planta extinta. Os esporos podem ter recebido um nome, a casca outro e as raízes um terceiro nome.” Por essa razão, em paleobotânica se trabalha inicialmente descrevendo morfogêneros e morfoespecies, para quando encontrar diferentes órgãos vegetais conectados organicamente reuni-los dentro de uma mesma espécie.

Talvez devido a esta dificuldade em se elaborar uma reconstituição precisa, ou por um maior interesse popular em paleozoologia, as reconstituições paleobotânicas são menos comuns e muitas vezes aparecem de forma estilizada como elementos secundários na composição de cenas que mostram anfíbios e insetos do período Carbonífero ou dinossauros da Era Mesozóica.

Trabalhos recentes têm apresentado interessantes modelos de reconstituições, alguns expondo até mesmo equações para determinar a altura ou a largura de uma árvore extinta a partir de um fragmento de um tronco, determinando, assim, sua possível silhueta (Philipp, 2009). Porém, de uma forma geral, o processo de reconstituição de vegetais fósseis segue os mesmos princípios usados para reconstituição de animais: a anatomia comparada.

4 Reconstituições de cenários paleoambientais

A reconstituição paleoambiental visa reconstruir através de ilustrações, textos descritivos, maquetes ou dioramas, uma cena que retrata as feições geológicas e a biota de um ambiente pretérito. Para se obter um trabalho mais fidedigno, tais reconstituições devem limitar-se a retratar um momento geológico específico, como um membro ou, no máximo, uma formação de uma determinada bacia sedimentar. Esta limitação é crucial para evitar que sejam inseridos em uma mesma cena feições e organismos que não foram contemporâneos.

A reconstituição paleoambiental é executada com base em conhecimentos nas áreas de Estratigrafia, Paleogeografia e Paleontologia.

A Sedimentologia fornece os parâmetros das condições físicas do antigo ambiente (Santos *et* Carvalho, 2009). A paleogeografia pode, através do posicionamento geográfico do paleoambiente, indicar fatores climáticos e ambientais. Enquanto a Paleontologia fornece os dados sobre a biota fóssil, sua possível relação entre si e com o ambiente.

Cada uma dessas disciplinas oferece um tipo diferente de informação. Essas informações devem ser cruzadas e comparadas para se obter os indícios mais seguros sobre as características do paleoambiente estudado.

O conhecimento prévio sobre biomas atuais também é imprescindível para uma reconstituição paleoambiental, pois os fatores geológicos, climáticos e biológicos que agem e por vezes modelam um bioma atual agiram de forma semelhante no passado.

O trabalho de reconstituição de cenários paleoambientais se inicia com uma coleta de dados sobre a região estudada. A maior parte destes dados são obtidos através de material bibliográfico. A geologia deve preferencialmente ser a primeira disciplina a ser consultada bibliograficamente. Em Formações ou Membros bem descritos, praticamente todas as informações geológicas necessárias a uma reconstituição podem ser encontradas em um levantamento bibliográfico. Entre as informações mais relevantes estão: o tipo de rocha predominante na região estudada, a possível história estratigráfica, a presença de marcas ou minerais que possam acusar determinadas características ambientais e demais interpretações geológicas que possam auxiliar a recriar uma possível feição geológica.

A obtenção de dados paleontológicos podem ser potencialmente aproveitados com uma breve revisão bibliográfica. Esta revisão tem como objetivo a descrição atualizada do conteúdo fossilífero da região estudada, com ênfase em espécies mais frequentemente encontradas e em espécies com características morfológicas típicas, possivelmente fruto de adaptações ao antigo meio, servindo assim, como importante ferramenta para interpretações paleoambientais.

Em uma reconstituição paleoambiental, deve-se, também, tentar recriar a possível interatividade entre o organismo fóssil, seu meio físico e as demais espécies circunvizinhas, com base em comparações entre organismos atuais e seu meio ambiente. Evidentemente, os fósseis encontrados em uma região não representam a totalidade de espécies que ali viveram, sendo assim, difícil recriar de forma inequívoca um antigo ecossistema. Mas determinadas assembleias fossilíferas são tão ricamente representadas que possibilitam esboçar uma relação possível entre os organismos encontrados.

Em uma reconstituição paleoambiental, microfósseis não são reconstruídos por não serem facilmente identificados em uma paisagem. Porém, o estudo destes, mesmo que superficial, é importante, pois permite uma datação mais segura do local estudado, além de atestar a presença de importantes grupos vegetais que ali viveram e cujos únicos vestígios são esporos ou grãos de pólen.

Informações complementares podem ser adquiridas através da paleogeografia. Trabalhos recentes têm mostrado as diferentes zonas climáticas da Terra no decorrer do tempo geológico e deriva continental (Blakey, 2008).

Localizando temporalmente e geologicamente a região estudada, é possível verificar a que zona climática este ambiente estava inserido, concedendo assim, uma melhor compreensão sobre o clima e o ambiente da zona estudada. Informações paleogeográficas podem auxiliar também na reconstituição vegetal de uma paisagem. Dependendo da rocha em que foram depositados, restos de vegetais oxidam rapidamente e não são preservados no registro fóssil. Uma maneira de reconstruir o aspecto da vegetação da paisagem é utilizar como referencia a vegetação fóssil de ambientes vizinhos e contemporâneos que estiveram localizados nas mesmas zonas climáticas.

Todas essas informações retiradas da bibliografia compõem a base do conhecimento necessário para reconstituição paleoambiental. Deste modo, quanto mais conhecido e estudado for um Membro ou Formação em questão, mais preciso e detalhado poderá ser sua reconstituição.

Independente da quantidade de material bibliográfico coletado, uma visita ao campo estudado é, quando possível, importante, pois permite uma melhor compreensão dos eventos que ali ocorreram. Além disso, em muitos lugares, próximos aos afloramentos, pode-se encontrar pequenos museus ou universidades onde estão depositados importantes materiais paleontológicos ou geológicos da região. Estas coleções regionais podem fornecer informações adicionais, muitas vezes ainda não descritas.

4.1 Formas de reconstituições paleoambientais

Uma vez coletados todos os dados relevantes, a reconstituição paleoambiental pode ser iniciada, com um esboço exibindo uma provável feição geológica, baseado nas informações adquiridas. Estabelecido o meio físico, os organismos fósseis devem ser reconstruídos individualmente e inseridos na paisagem de forma a compor um cenário paleoambiental (**Fig. 9, 10,11,12 e 13**).

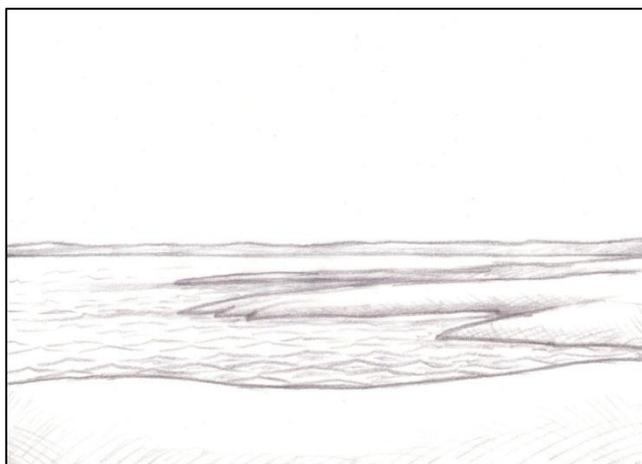


Figura 9. Esboço representando meio físico da paisagem paleoambiental do Membro Crato. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).



Figura 10. Esboço representando a disposição da vegetação arbustiva e arbórea da reconstituição paleoambiental do Membro Crato. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1-- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

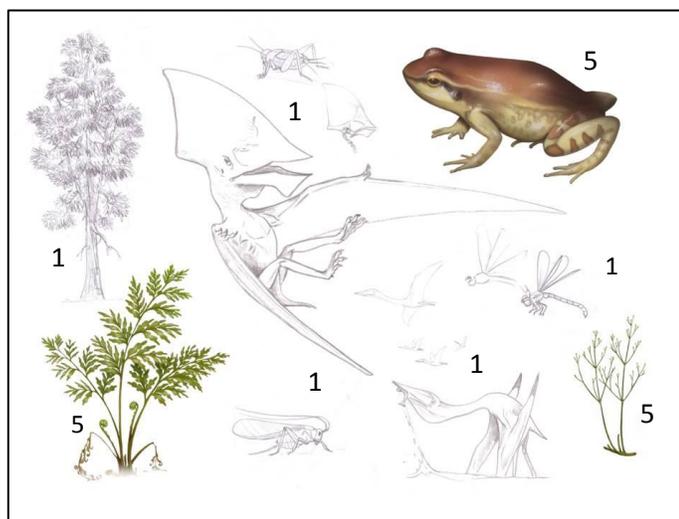


Figura 11. Reconstituições individuais das espécies que serão inseridas no cenário paleoambiental do Membro Crato. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4 e Técnica 5- Ilustração digital).

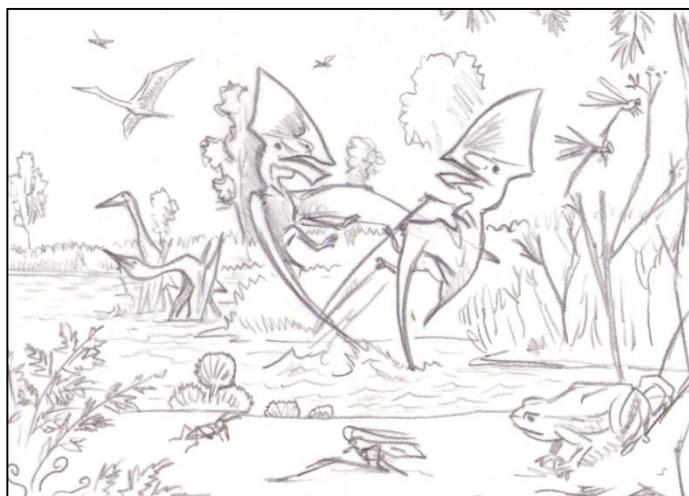


Figura 12. Esboço da composição do cenário paleoambiental do Membro Crato representando meio físico, espécies animais e vegetais. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).



Figura 13. Reconstituição concluída do paleoambiente do Membro Crato. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 4- Tinta acrílica em MDF 43x6 cm).

No presente trabalho a reconstituição ambiental será apresentada em forma de texto descritivo e ilustrações. As demais formas de reconstituições, que envolvem maquetes, dioramas, ou modelos digitais em 3D são desenvolvidas usando os mesmos critérios expostos neste trabalho, e divergem apenas nas técnicas artísticas utilizadas.

Propõe-se, no presente trabalho, que reconstituições paleoambientais possam ser ilustradas e expostas de duas maneiras: em forma de paisagem ou de vista aérea.

A reconstituição em forma de paisagem é retratada como se o observador estivesse dentro do paleoambiente, contemplando uma cena, onde há uma interação entre os organismos e o meio físico. O objetivo deste tipo de reconstituição é a mostra de detalhes. Então, organismos pequenos ou estruturas geológicas de menores dimensões devem ser ilustrados no primeiro plano da paisagem, como se estivessem mais próximas do observador, como na (**Fig. 14**). Organismos menores podem ser ilustrados como se estivessem distantes, quando há uma intenção de reconstruí-los de forma agrupada, representando o corpo de uma população, com uma revoada de pássaros, cardume de peixes, enxame de insetos ou touceira de vegetais.

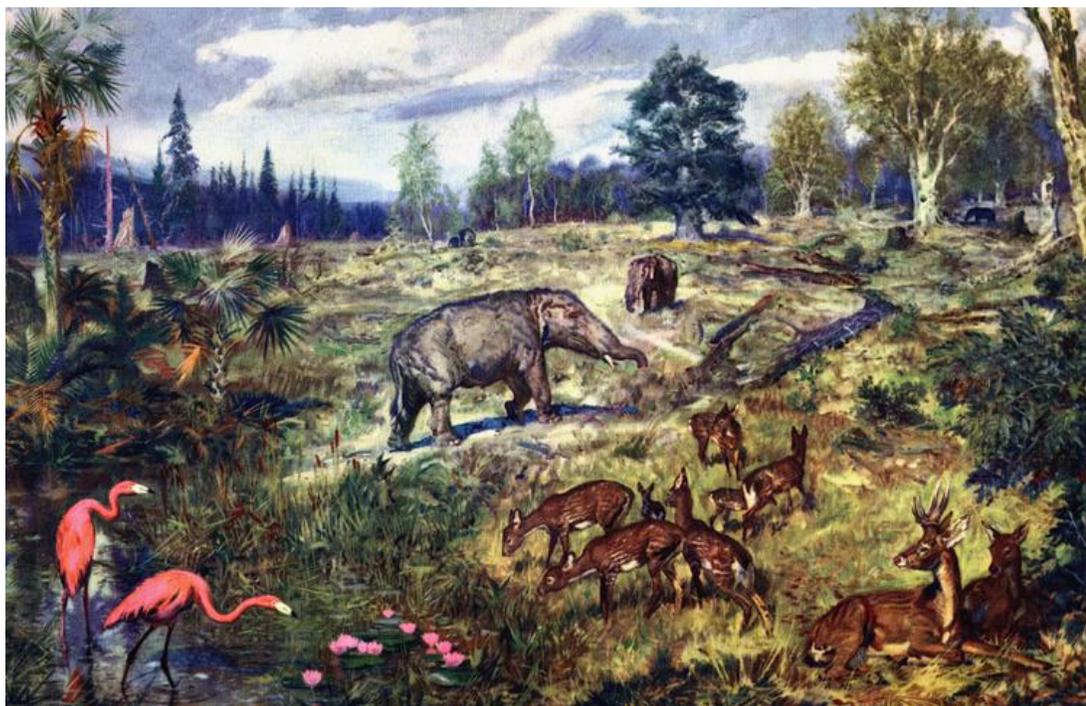


Figura 14. Reconstituição de paisagem do Mioceno. Ilustração de Burian, 1954. Fonte (Spinar, 1972)

Em uma reconstituição de vista aérea, o paleoambiente é exibido em uma visão aérea, como se uma área de, por exemplo, 5 mil m² fosse imaginariamente extraída do ambiente e apresentada suspensa sobre um fundo branco ao observador, que pode, a certa distância e altura, contemplar as feições geológicas e a cobertura vegetal deste paleoambiente. Neste tipo de reconstituição pode-se ainda acrescentar perfis paleopedológicos ou sedimentológicos abaixo do paleoambiente. Os principais organismos podem ser reconstruídos individualmente e expostos ao

redor da reconstituição paleoambiental, com setas direcionando-os a seus possíveis nichos, como exemplificado na (Fig. 15).

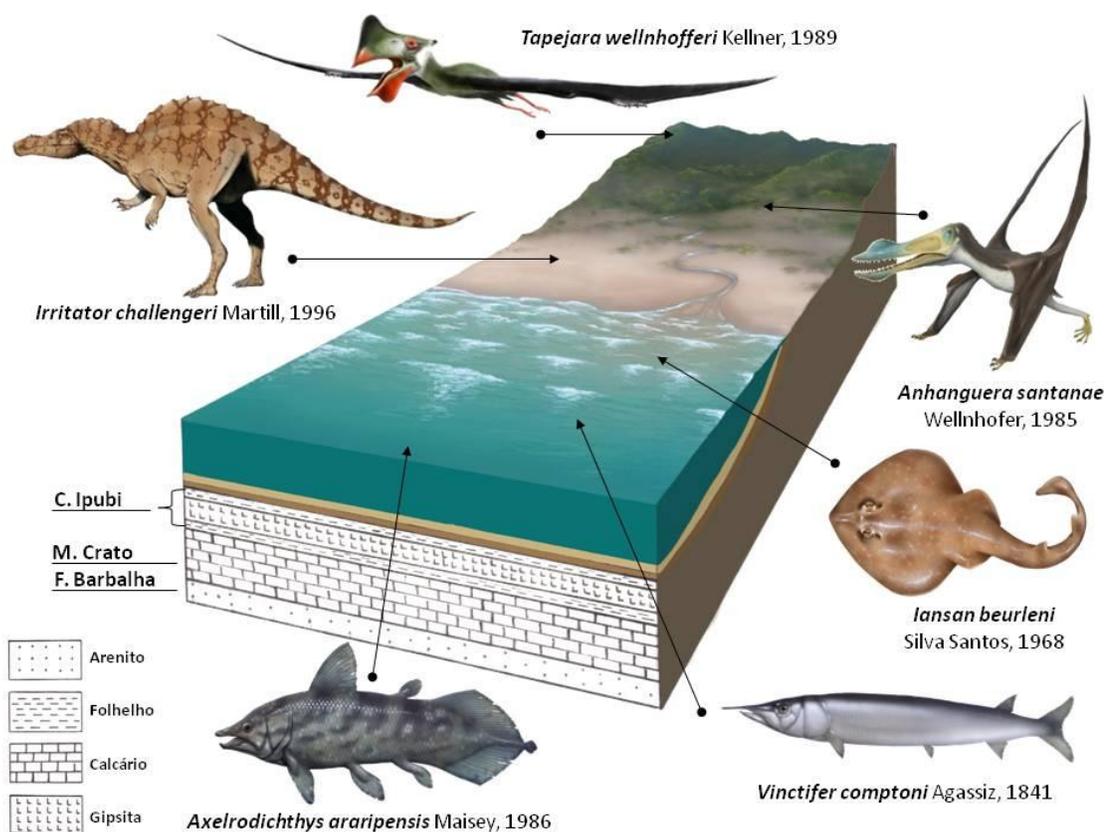


Figura 15. Reconstituição em vista aérea do Membro Romualdo da Formação Santana (Bacia do Araripe). Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 5 – Ilustração digital).

4.2 Subdivisões paleoambientais

Paleoambientes bem conhecidos, com histórias paleontológicas e geológicas complexas, podem ser subdivididos espacialmente ou temporalmente, exigindo, assim, mais de uma reconstituição para o mesmo paleoambiente. Um paleoambiente pode ser subdividido espacialmente quando seus fósseis apresentam adaptações a nichos ecológicos diferentes dentro de um mesmo ambiente, havendo assim, a necessidade de reconstituição em separado destes nichos. Um paleoambiente pode também ser subdividido temporalmente, quando a geologia revela mudanças climáticas ou ambientais cíclicas, que alteram periodicamente a dinâmica das populações e espécies. Neste caso, os momentos climáticos diferentes, como monções ou secas,

assim como os organismos comuns a cada um destes momentos devem ser reconstruídos separadamente.

Para exemplificar os processos e tipos de reconstituições paleoambientais, foram escolhidos dois paleoambientes bem descritos do período Cretáceo do Brasil: o Membro Crato, da Formação Santana da Bacia do Araripe, interpretado como um ambiente lacustre portador de uma riquíssima biota fóssil adaptada a nichos diferentes e que revelam importantes mudanças ecológicas no momento de transição em que grupos de animais e plantas tipicamente Mesozóicos coexistiram com grupos que hoje compõem a biota moderna, e a Formação Adamantina da Bacia Bauru, interpretada como uma planície semiárida, periodicamente inundada por chuvas torrenciais onde habitaram os maiores vertebrados do Brasil.

O Membro Crato está reconstruído em forma de paisagem e subdividido espacialmente em três nichos ecológicos: Lago, Pântano e Bosque.

A Formação Adamantina esta reconstruída em forma de vista aérea e subdividida temporalmente em períodos de: Chuva, Sistemas Fluviais e Estiagem.

Dependendo da proposta do autor, em uma reconstituição paleoambiental, pode-se optar em discutir os fatores paleontológicos, geológicos, físicos ou até mesmo químicos de um antigo ambiente. Na presente pesquisa, as reconstituições paleoambientais priorizam a discussão de fatores paleontológicos, com ênfase em interpretações paleoecológicas. Assim, as reconstituições são iniciadas com uma breve descrição geológica e levantamento da biota fóssil do Membro Crato e da Formação Adamantina, apresentados no próximo capítulo. As reconstituições paleoambientais concluídas estão expostas no capítulo 6, onde são exibidas as possíveis relações paleoecológicas sugeridas pelo autor.

5 Contexto geológico e Paleontológico regional

5.1 Bacia do Araripe

Localizada sobre o embasamento cristalino de rochas ígneas e metamórficas de idade Pré-Cambrianas, a Bacia do Araripe é a mais extensa das bacias interiores do nordeste e a que apresenta historia geológica mais completa (Assine, 2007). Ocupa uma extensão de mais de 8000 km² na região fronteira dos estados de Ceará, Pernambuco, Piauí e Paraíba. Importantes centros urbanos encontram-se na região da bacia sedimentar a exemplo das cidades de Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha, Missão Velha, Brejo Santo, Milagres, Santana do Cariri, Nova Olinda, Jardim e Mauriti, no estado do Ceará e Araripina, Exu, Trindade e Bodocó, no estado de Pernambuco (Ponte & Ponte-Filho, 1996).

A Bacia se destaca da paisagem pela presença de um planalto relativamente alto no sentido leste oeste, denominado chapada do Araripe. Sua extensão longitudinal é de aproximadamente 180 km e a transversal atinge 50 km. Formada por unidades das sequencias Pós-rifte (Aptiano/Cenomiano) a chapada é delimitada por paredões ou escarpas que são as margens de erosão do planalto que, num passado geológico ocupou uma área bem maior testemunhada por pequenas relíquias isoladas que contem a mesma sequencia estratigráfica (Brito,1979).

A Bacia do Araripe divide-se em dois grupos geológicos: Vale do Cariri e Araripe, que por sua vez são subdivididos em oito Formações. O Grupo Vale do Cariri é composto pelas Formações Cariri ou Mauriti de idade Siluro-devoniana, Brejo Santo e Missão Velha do Jurássico Superior e Abaiara do Cretáceo Inferior. Situado em terrenos cretáceos o Grupo Araripe é composto pelas Formações Barbalha ou Batateiras, Santana, Araripina e Exu.

As Formações Cariri, Brejo Santo, Missão Velha, Abaiara, Barbalha e Exu têm origem em ambiente deposicional fluvio-lacustre, com exceção da Formação Santana que foi depositada um ambiente lacustre costeiro e a Formação Araripina, a qual tem sido interpretada como um ambiente aluvial (Assine, 2007).

5.1.1 Formação Santana

A Formação Santana é a mais fossilífera da bacia Araripe. A diversidade e qualidade de preservação de seus fósseis renderam-lhe a indicação para patrimônio da humanidade em 1999 (Palmer, 2009), como um dos mais importantes jazidos do Cretáceo Inferior do mundo.

Seus numerosos afloramentos revelam uma biota rica, muito semelhante à moderna, mas que ainda incluía pterossauros e dinossauros. A excepcional preservação dos fósseis não está restrita apenas a conchas e esqueletos, mas também a exoesqueletos, vegetais com raízes, âmbar, ossos em duas e três dimensões, muitos sem distorções e alguns exemplares com tecido mole, como pele, fibras musculares e até mesmo vasos sanguíneos (Kellner, 2006), além de padrões de manchas encontrados em asas de insetos e penas (Martill *et al.*, 2007). Seus sedimentos testemunham também importantes mudanças ecológicas, como o momento inicial das relações entre os insetos e as primeiras flores.

Nestes depósitos pode-se verificar também fósseis que atestam a separação do Gondwana. Os peixes de água doce do gênero *Dastilbe* são uma evidência convincente do elo continental entre Brasil e África ocidental durante o Aptiano. Seus fósseis foram encontrados nas lajes calcárias e também em sedimentos contemporâneos no Gabão (Cocobeach) e Guiné Equatorial (Rio Muni). Após uma existência de aproximadamente seis milhões de anos a espécie extinguiu-se nos lagos de ambos os continentes, hoje separados cerca de 5 mil km pelo Oceano Atlântico (Herzog, Sales & Hillmer, 2008).

A definição dos membros da Formação Santana é ainda controversa. No presente trabalho adota-se a litoestratigrafia proposta por Assine que subdivide a Formação Santana em dois membros Crato e Romualdo (Assine, 2007).

5.1.2 O Membro Crato

Depositado no final do Aptiano, o Membro Crato é constituído por camadas de calcários micríticos laminados, que formam bancos descontínuos com espessuras que ultrapassam duas dezenas de metros (Assine, 2007).

As unidades apresentam espessuras diferentes entre si, sendo mais espessas na porção SD da bacia, onde representam importantes jazidas de calcário, atualmente explorado pela indústria

de cimento e rochas ornamentais. As cores dessas rochas sedimentares variam de cinza azulado ao cinza claro e do marrom ao bege claro (Moura, Barreto & Báez, 2006). A delicada deposição do calcário laminado e a preservação de organismos extremamente frágeis indica baixa ou nenhuma energia, em um ambiente lacustre. A idéia mais aceita para reconstituição paleoambiental do Crato retrata um cenário composto por grandes lagos salinos, com haloclinia variável, onde as porções superficiais e marginais eram constituídas de água doce, com margens variáveis de acordo com aporte de sedimento e água. Às margens dos grandes lagos, zonas constituídas por pequenas lagoas eram periodicamente inundadas, encharcando a região dos Pântanos. Distanciando-se dos lagos, zonas elevadas, acima do nível freático, porém, bem drenadas culminava em um relevo de colinas (Neumann, 1999 & Neumann *et al.*, 2002 *apud* Moura, Barreto & Báez, 2006).

A associação fossilífera de conchostraceos e ostracodes indicam uma origem de água doce para esse Membro (Moura, Barreto & Báez, 2006) enquanto, que pseudomorfos de sal (halita) provam a alta salinidade presente nas zonas mais profundas dos lagos. A concentração de sal dos fundos dos lagos impossibilitava quase que por completo a presença de organismos vivos. Sem decompositores, com baixa energia na coluna d'água e com sedimentos finos a fossilização no Membro Crato assume uma qualidade de preservação excepcional, mantendo em suas rochas detalhes anatômicos raramente encontrados em fósseis de outras localidades. A quantidade de *taxa* encontrado também é excepcional estando presentes cianobacterias, foraminíferos, fungos, algas, vegetais das divisões Bryophyta, Pterydophyta, Gymnospermae e Angiospermae e, âmbar, animais das classes Bivalvia, Gastrópoda, Insecta, Crustácea, Chelicerata, Chilopoda, Sarcopterygii, Actinopterygii, Amphibia, Reptilia e Aves, além de icnofósseis (Moura, Barreto & Báez, 2006).

Os fósseis estão preservados entre as compactas camadas planas dos calcários laminados, sendo comum a presença de uma parte e contra parte (Campos, 2011). Organismos terrestres como plantas e insetos foram, presumivelmente carregados por inundações e pelos ventos de terras mais altas e depositados nos lamosos grãos calcários extremamente finos dos lagos (Herzog, Sales & Hillmer, 2008).

Na porção superior do Membro Crato encontra-se a camada Ipubi, composta por até trinta metros de gipsita em associação faciologica com folhelhos verdes e pretos, interpretados como

evaporitos de ambiente costeiro em condições de clima semiárido, semelhante às modernas salinas do sul da Austrália (Assine, 2007). No presente trabalho não serão reconstruídos os raros fósseis encontrados nos folhelhos escuros da camada Ipubi.

5.2 Levantamento da biota de Membro Crato

A seguir serão apresentados os principais grupos de organismos preservados nas camadas do Membro Crato. Devido ao grande número de *taxa*, serão citados apenas as espécies ou grupos mais representativos.

Algas das divisões Pyrrophyta, Dinophyta e Chlorophyta somam cerca de quatorze espécies, dentre as quais se destaca a Clorophyceae *Botryococcus sp.*

Fungos são conhecidos através de oito gêneros de esporos. Hifas e micélios também estão presentes, porém não identificados (Moura, Barreto & Báez, 2006).

Chilopoda

Conhecidos popularmente como centopeia, os quilópodes são miriápodes predadores encontrados atualmente em quase todo o mundo, principalmente em regiões quentes. No Membro Crato, estão representados por quatro gêneros relativamente bem preservados: *Fulmenocursor tenax* Wilson (2001) da Ordem Scutigromorpha e *Rhysia sp.* Wood (1862), *Cratoraricus oberlii* Wilson (2003) e *Velocipede bettimare* Martill & Bakker (1998), da ordem Scolopendromorpha.

Velocipede bettimare encontra-se integralmente preservado, podendo-se observar as forcípolas, primeiro par de garras que contem em sua base uma glândula de veneno ácido.

A morfologia geral das centopeias mantém praticamente inalterado até o presente. O exemplo do sucesso evolutivo do grupo é *Rhysida*, gênero ainda vivo e com história biológica de no mínimo 110 milhões de anos (Martill, 2007 a).

Chelicerata

As camadas do Membro Crato representam um dos poucos lugares no planeta onde se encontra fósseis de aranhas da Era Mesozoica. O gênero mais comum é *Cretaraneus martinsnetoi* Mesquita (1996) aranhas pequenas da infraordem Araneomorphae.

Cretadiplura ceara Selden, Casado & Mesquita, 2006 e *Dinodiplura ambulacra* Selden, Casado & Mesquita, 2006 da infraordem Mygalomorphae são os mais antigos representantes do grupo das caranguejeiras (Selden, Casado & Mesquita, 2006).

Outros cheliceratos deste Membro são os escorpiões *Araripescorpius ligabuei* Campos, 1976 e *Protoischnurus axelrodorun* Carvalho & Lourenço, 2001, ambos com tamanho e morfologia semelhante aos atuais. O solífuga *Cratosolpuga wunderlichi* Selden & Shear, 1996, o uropygi *Mesoproctus rolandi* Dunlop, 1998 e o neoamblypygi *Britopygus weygoldti* Dunlop e Martlil, 2002.

Crustacea

A datação do Membro Crato sempre foi polêmica devido ao seu conteúdo fossilífero ser predominantemente endêmico e continental-lacustre, enquanto a cronoestratigrafia internacional do Cretáceo se baseia principalmente em fósseis marinhos. Buscando uma datação mais precisa Arai *et al.*, 1997 utilizou os registros de ostracodes do Membro Crato como indicadores bioestratigráficos concluindo, desta forma, que os sedimentos datam do Meso ao Neoptiano (Moura, Barreto & Báez, 2006). Os ostracodes são os crustáceos mais comuns do Membro Crato conhecidos pelas famílias Ciprididae, Eucandonidae, Darwinulidae, Prognocytheridae, Cytherideidae.

Os crustáceos ainda são representados pelos conchostraceo *Cyzicus sp* e o decápoda *Beurlenia araripensis* Martins-Neto & Mezzarila, 1991, um camarão raramente encontrado.

Insecta

O Membro Crato concentra a maior associação de insetos fósseis do Brasil, com mais de 300 espécies conhecidas e ainda muitos exemplares aguardando descrição. A grande diversidade de ordens registradas oferece importante contribuição para o entendimento da história biológica dos insetos. Nestas rochas podem-se destacar importantes momentos da evolução do grupo, como, por exemplo, o surgimento dos primeiros insetos polinizadores. Segundo Moura, Barreto & Báez (2006), os insetos constituem 79,7% da diversidade de paleofauna do Membro Crato, pertencendo às ordens: Diplura, Zygentoma, Ephemeroptera, Odonata, Dermaptera, Mantodea, Blattodea, Isoptera, Orthoptera, Hemíptera, Neuroptera, Raphidioptera, Megaloptera, Coleoptera,

Hymenoptera, Mecoptera, Diptera, Trichoptera, Lepidoptera (Martill, Bechly & Loveridge, 2007).

Osteichthyes

Mesmo com uma variedade relativamente pouco expressiva, esses são os vertebrados mais comuns do Membro Crato.

O onipresente *Dastilbe crandalli* foi um goniorhynchophorme sem dentes, que media de 2 a 10 cm de comprimento. Este parente distante dos bagres atuais tem fósseis preservados no nordeste do Brasil e África ocidental. Presumivelmente, vivia em cardumes com altos índices de mortandade entre indivíduos jovens, o que explicaria o fato de *Dastilbe crandalli* ser o fóssil mais facilmente encontrado entre os calcários laminados.

Os demais osteichthyes do Membro Crato são encontrados com menos frequência e até o momento são conhecidos os *taxa*: *Araripelepdotes temnurus* Agassiz, 1841, *Placidichthys bidorsalis* Brito (2000), *Santanaichthys* sp Santos, 1958, *Cladocyclus garnineri* Agassiz, 1841, *Vinctifer longirostris* Santos, 1990 e o Sarcopterygi *Axelrodichthys* sp Maisey, 1986. Os três últimos gêneros estão presentes também no Membro Romualdo onde apresentam maior tamanho corporal (Brito, 2007).

Amphibia

Todos os anfíbios do Membro Crato pertencem à Ordem Anura. Eram pequenos batráquios que provavelmente habitavam na região de pântanos entre os lagos, nutrindo-se de insetos. A espécie *Arariphrynus placidoi* é o mais antigo Leptodactylidae, família que hoje compreende um grande número de rãs neotropicais. Outras espécies de batráquios do Membro Crato são *Cratia gracillis* Baéz, Moura & Gómez, 2009 e *Eurycephalella alcinae* Baéz, Moura & Gómez, 2009, um antigo parátipo de *Arariphrynus placidoi* (Saraiva *et al.*, 2010).

Chelonia

Os chelonios do Membro Crato são palomeduzóides muito semelhantes aos atuais cágados de água doce. Provenientes da região de Nova Olinda são conhecidas as espécies *Araripemys barretoii* Price, 1973 e *Araripemys arturi* Fielding, Maryill & Naish, 2005.

Lepidosauria

São todos pertencentes a Ordem Squamata, sendo os mais antigos lagartos fósseis da América do Sul (Martill, 2007 b).

O primeiro lagarto reportado ao Membro Crato foi *Tijubina ponteii* Bonfim Jr. & Marques, 1997. De aproximadamente 14 cm de comprimento, o fóssil apresenta preservada impressão da pele e escamas cervicais e caudais. A comparação da morfologia das escamas deste lagarto fóssil com lagartos recentes mostra grande similaridade com a família Teiidae, podendo ser o mais antigo representante desta família (Bonfim Jr. & Marques, 2001).

A espécie *Olindacerta brasiliensis* Evans & Yabumoto, 1998, é baseado em um fóssil mal preservado e provavelmente pertencente a um indivíduo jovem depositado no Kitakyushu Museum of Natural History no Japão (Martill, 2007 b).

Crocodylomorphos

Dois espécies são descritas para o Membro Crato: *Susisuchus anatoceps* Salisbury *et al.*, 2003, um neosuchia de aproximadamente um metro de comprimento, que possuía hábitos aquáticos semelhante aos atuais jacarés encontrado quase completo (incluindo placas dérmicas), e o notosuchio *Araripesuchus gomesi* Price, 1959 um crocodylomorpho terrestre de 75 cm de comprimento. Este gênero foi comum durante o período Cretáceo no Gondwana. Além do Membro Crato e Romualdo, espécies desse gênero foram encontrados também na Nigéria, Madagascar e Argentina (Campos, 2011).

Um ovo fóssil de crocodylomorpho foi encontrado isolado entre os calcários laminados do Membro Crato. Medindo 43 x 29 mm e com espessura de casca de aproximadamente 1 mm, este material não permite ser seguramente associado a nenhuma das espécies deste Membro (Magalhães-Ribeiro *et al.*, 2011).

Pterosauria

De hábitos provavelmente piscívoros, este grupo extinto de arcossauros voadores é representado por importantes espécies no Membro Crato. O grupo Ornithocheiridae caracteriza-se por animais de focinho alongado e dentição especializada para a predação (Campos, 2011).

Este grupo está representado no Crato pela espécie *Ludodactylus sibbicki* Frey, Martill & Buchy, 2003.

Já os espécimes *Tupandactylus imperator* Campos & Kellner, 1997, *Tapejara navigans* Frey, Martill & Buchy, 2003 e *Lacusovagus magnificens* Witton, 2008 são representantes da família Tapejaridae, que se caracterizam pela ausência de dentes, bico pontudo e crista premaxilar e mandibular (Kellner, 2006). Esta família possui os mais antigos representantes de pterossauros sem dentes, além de cristas que não se assemelham a de nenhum animal atual. As mesmas geram discórdia sobre as funções, mas especula-se que serviriam para atrativo sexual e para regular a direção do voo.

Aves

Encontradas raramente nos sedimentos da região de Nova Olinda, plumas e penas com padrões de cores preservados são mencionados por Martins-Neto & Kellner, (1988).

Um esqueleto articulado de ave do Membro Crato está fora do Brasil depositado em uma coleção particular. Não há previsões para descrição do material, mas trata-se possivelmente de um enantiornithes (Naish, Martill & Merrick, 2007).

Plantae

Pteridophytas

Pteridophytas são plantas que atualmente encontram-se em quase todos os ambientes úmidos do mundo. No Membro Crato são conhecidos representantes das classes Lycopsida e Filices (Mohr, Bernarde-de-Oliveirva & Loveridge, 2007).

Isoetites sp. é uma Lycopsida da família Isoetaceae presente no registro fóssil desde o Devoniano (Joly, 1987). Raramente encontrado, o *Isoetites* do Membro Crato era uma planta herbácea, sem caule e com uma porção tuberculiforme na base. As folhas finas, semelhantes às de gramíneas eram imbricadas em trono do ponto apical. Um fóssil completo de *Isoetites* com raízes de aproximadamente 20 cm revela grande similaridade com a isoetácea recente *Isoetes*. As plantas atuais deste grupo vivem em Pântanos ou riachos, podendo viver completamente submersas (Joly, 1987).

Filices da família Schizaeaceae são os fósseis de pteridófitas mais frequentemente encontrados no Membro Crato.

Ruffordia geoperti Seward, 1961 *apud*. Martill, Bechly & Loveridge, 2007 é a espécie mais comum. Os fósseis desta antiga samambaia são belos, com frondes que alcançam até sessenta centímetros de diâmetro, semelhantes a atual *Anemia adiantifolia* Swartz, 1806.

Gymnospermae

Grupo dominante da flora da Era Mesozoica, as gimnospermas declinaram com o surgimento e ascensão das angiospermas durante o Cretáceo.

Restos de Caytoniales são raramente encontrados, os fósseis apresentam grande similaridade com o gênero *Caetonya*, como *Cratopteris fertilis* Fanton, 2007. A ordem Caetonyales apresentavam plantas com folhas grossas e compostas, e assim como as Bennettitales se extinguíram com o surgimento das angiospermas.

As coníferas foram, provavelmente, os maiores vegetais do Membro Crato, com gêneros pertencentes a famílias extintas e ainda existentes, comuns na América do Sul, como Cheirolepidiaceae, Araucaraceae e Podocarpaceae. O último conhecido apenas por polens fósseis (De Lima, 1975, *apud*. Martill, Bechly & Loveridge, 2007).

Braquiphylum obesum Heer, 1881 é a conífera mais estudada do Membro Crato. Os ramos folheosos estéreis desta Araucaraceae são frequentemente encontradas, e em muitos fósseis pode-se observar claramente a topografia da epiderme, com estomas preservados (Kunzmann *et al.*, 2004). A espécie *Braquiphylum castilhoi* Duarte, 1985 é menos comum e ocorre com maior frequência no Membro Romualdo (Mohr, Bernarde-de-Oliveirva & Loveridge, 2007).

Resinas fósseis raramente são encontradas. Algumas amostras foram atribuídas a *Araucaria* sp. Outras coníferas do Membro Crato são as Cheirolepidiaceae *Lindleycladus* Harris, 1979, e *Tomaxellia biforme* Archangelsky, 1966.

Gnetales

As ephedraceas são plantas em sua maioria dioicas, arbustivas com folhas escamiformes e caules abundantemente ramificados. No Membro Crato são conhecidos ao menos oito táxons que aguardam descrição (Mohr, Bernarde-de-Oliveira & Loveridge, 2007). A espécie *Araripephedra papiliofoliata* Fanton, 2007 era um subarbusto lenhoso de até doze centímetros de altura com pequenas folhas opostas em forma de asas de borboleta. *Itajuba yansanae* Ricardi-Branco *et al.*, 2013 é outra espécie semelhante ao gênero *Ephedra*, e que possui preservado estruturas reprodutoras femininas (Ricardi-Branco *et al.*, 2013). Atualmente o único gênero vivo desta família é *Ephedra* com cerca de quarenta espécies distribuídas em regiões semiáridas de zonas subtropicais. No Brasil ocorre apenas uma espécie no Rio Grande de Sul (Joly, 1987).

Vegetal lenhoso constituído por uma porção subterrânea grossa, Welwitschiaceae é uma família que atualmente contém uma única espécie que habita regiões desérticas do sul da África. As plantas possuem apenas duas grandes folhas opostas que crescem continuamente rente ao chão. Estas plantas dioicas são representadas no Membro Crato através das espécies *Welwitschiella austroamericana* Dilcher *et al.*, 2005, *Welwitschiophyllum brasiliense* Dilcher *et al.*, 2005, *Welwitschiostrobus murili* Dilcher *et al.*, 2005 e *Priscowelwitschia* sp. Dilcher *et al.*, 2005 (Dilcher *et al.*, 2005).

O taxon *Cratonia cotyledon* Rydin, Mohr & Friis, 2003 foi classificado com base em um fóssil de uma plântula, que pode ser forma juvenil de qualquer uma das espécies acima citadas (Martill, Bechly & Loveridge, 2007).

Outras Gnetales descritas no Membro Crato são a *Cearania kunzmann*, Mohr & Bernardes-de-Oliveira, 1999 de posição taxonômica ainda inserta (Kunzmann, 2009). E *Cariria orbiculiconiformes* Kunzmann *et al.*, 2011.

Angiospermae

No Cretáceo Inferior inicia a grande irradiação das angiospermas, e os estratos do Membro Crato estão entre os mais promissores depósitos para o estudo deste importante momento evolutivo.

As Magnoliídeas constituem as formas mais basais entre as angiospermas, e no Membro Crato são representadas por *Araripea florifera* Mohr & Eklund, 2003 e *Endressinia brasiliana* Mohr & Bernardes-de-Oliveira, 2004. Os fósseis das duas espécies continham folhas e flores, e a julgar pelo crescimento secundário dos galhos férteis destacados deveriam atingir porte arbustivo e arbóreo (Fanton, 2007).

Dentre as possíveis monocotiledôneas destacam-se *Protonanas lucenae* Leme *et al.*, 2005 e *Klitzchophyllites flabellatus* Mohr *et al.*, 2006 . A última é uma forma aquática com folhas de margens serradas e dentículos marginais, provavelmente adaptadas a ambientes com condições extremas que oscilavam entre estiagem à hipersalinidade (Mohr *et al.*, 2006). Em condições semelhantes vivia *Iara iguassu* Fanton & Ricardi-Branco, 2006, de caule cilíndrico e articulado com longos pedúnculos estriados que emergiam do nó e terminavam em estruturas fusiformes, férteis flutuadoras. A planta vivia parcialmente submersa e pode ser representante de uma linhagem extinta de angiospermas aquáticas (Fanton *et al.*, 2006).

Outro vegetal possivelmente aquático foi *Pluricarpellatia peltata* Mohr, Bernardes-de-Oliveira & Taylor, 2008.

Esporos

Entre os calcários laminados do Membro Crato foram encontrados esporos pertencentes à:

Bryophyta: Sphagnaceae e Hepaticas.

Sellaginellaceae e Lycopodiaceae.

Pteridophyta: Filicates - Osmundaceae, Cyatheaceae, Cyatheaceae, Schizaeaceae e Gleicheniaceae; Marsileales - Maloniceae, Marattiales e Marattiaceae.

Polens

No Membro Crato foram encontrados polens pertencentes às famílias:

Gminospermae: Bennettitales e Cycadales – Cycadaceae; Pteridospermales -Caytonaceae e Corystospermaceae; Coniferales – Cupressaceae, Podocarpaceae, Taxodiaceae, Pinaceae, Araucariaceae, Cheirolepdiaceae e Gnetales.

Angiospermae: Angiospermas basais- Magnoliids, Nymphaeaceae, Nymphaeaceae, Monocots, Liliaceae, Arecaceae e Eudicots.

5.3 Bacia Bauru

A Bacia Bauru é uma Bacia intracratônica com aproximadamente 370 mil km² de extensão, que aflora na metade ocidental de São Paulo, onde é melhor conhecida, e também nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná, e em parte do território paraguaio.

Assentada sobre os basaltos da Formação Serra Geral, a sucessão estratigráfica da Bacia Bauru é formada, maiormente por arenitos, com raras e pontuais camadas de conglomerados, pelitos areníticos e corpos de calcário (Basilici, Sgarbi & Dal' Bó, 2012)

Ainda não há um consenso sobre a complexa ordenação estratigráfica da Bacia Bauru, sendo ainda aceita a proposta de Soares *et al.* (1980), que reconhece quatro unidades da base para o topo: Formação Caiuá, Formação Santo Anastácio, Formação Adamantina e Formação Marília.

5.3.1 Formação Adamantina

Esta é formada por fácies caracterizadas por bancos de arenito de granulação de fina a muito fina, portando estratificação cruzada com espessuras que variam de dois a vinte metros, alternados com bancos de pelitos e lamitos. Esta formação apresenta certas variações regionais, mas de uma forma geral, as rochas sedimentares possuem uma coloração que varia do castanho avermelhado ao rosa acinzentado, e podem estar sobrepostas ou interdigitadas com as da Formação Santo Anastácio, ou ainda, assentadas diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral.

A Formação Adamantina é a unidade da Bacia Bauru de maior distribuição em superfície no Estado de São Paulo, onde pode chegar a 190 metros de espessura. Considerando as fácies deposicionais Soares *et al.* (1980), concluíram que a Formação Adamantina foi depositada em um ambiente de planície aluvial. Os arenitos são interpretados, em sua maioria, como depositados em um sistema fluvial e os pelitos são interpretados como depósitos de planície de inundação. A

partir da análise de seus microfósseis, como carófitas e ostracodes, foi possível atribuir a idade entre Turoniano a Santoniano para Formação Adamantina.

Fernandes (1998) e Fernandes e Coimbra (2000), em uma revisão estratigráfica da Bacia Bauru, mudaram o nome da Formação Adamantina para Formação Vale do Rio do Peixe. Contudo, para exemplificar o processo de reconstituição paleoambiental, no presente trabalho, optou-se em manter o nome Formação Adamantina.

5.4 Levantamento da biota da Formação Adamantina

Arthropoda

Depois das carophytas, os microfósseis mais abundantes da Formação Adamantina são os ostracodes. Conhecidos através de moldes internos ou recristalizados. Devido a sua fragilidade os fósseis deste grupo, nos sedimentos estudados, encontram-se geralmente mal preservados e fragmentados, não permitindo uma análise de impressões musculares nem detalhes de ornamentações. A espécie mais comum é *Ilyocypris riograndensis* Musacchio & Simeoni, 1991 encontrado em quase toda a região de Presidente Prudente, São Paulo.

Raramente encontram-se moldes externos de microbivalves classificados como chonchostraceos. Com posicionamento duvidoso estes microfósseis mal preservados não permitem sequer a observação de linhas de crescimento e foram temporariamente atribuídos ao gênero *Cyzicus* sp.

Nenhum fóssil de artrópode terrestre jamais foi encontrado na Formação Adamantina, mas a presença deste grupo pode ser atestada por icnofósseis atribuídos a insetos, larvas e aracnídeos (Fernandes & Carvalho, 2006).

Em 2009, Carvalho, Gracioso & Fernandes, noticiaram a descoberta de uma câmara de coleóptero achada em General Salgado, São Paulo. Conhecido como Coprinisphaera, este icnofóssil é um ninho de besouro da família Scarabaeidae. Atualmente, na época de reprodução, estes besouros destacam uma porção de excrementos de vertebrados herbívoros e trabalham-no até que assumam uma forma esférica. Em seguida esta bola é rolada por longas distâncias até serem enterradas no solo e os ovos colocados sobre ela. Assim, as larvas ficam seguras nesta câmara e

têm garantido sua reserva de alimento. Este hábito concede a estes besouros o nome vulgar de Rola-Bosta (Borror & DeLong, 1969).

Molusca

Conchas de moluscos são os únicos macrofósseis de invertebrados presentes na Formação Adamantina. Ainda que pouco estudados, estes fósseis são comuns e representam importante ferramenta de refinamento para interpretações paleoambientais (Ghilardi *et al*, 2010). Os moluscos encontrados na Formação Adamantina eram dulcícolas e pertencentes às classes gastrópoda e bivalvia.

O primeiro molusco descrito na Bacia Bauru foi *Itaimbea priscus*, um bivalve encontrado em sedimentos arenosos, no município de São José dos Dourados, São Paulo, no início do século passado. Cerca de cinquenta anos depois desta descrição, novas espécies foram descobertas, porém, sem classificação taxonômica precisa. Somente em 1974, Mezzalira descreve e classifica a maioria das espécies conhecidas em um trabalho considerado marco para o estudo de moluscos fósseis da Bacia Bauru.

Os bivalves da Formação Adamantina estão inseridos na ordem Unionoida e foram todos encontrados no Estado de São Paulo. A grande maioria possuía valvas relativamente baixas e conchas com formato que variam de elíptico a ovalado. Estas características são típicas de bivalves que habitam fundos arenosos e vivem parcialmente soterrados no sedimento.

A família Iridinidae é representada por *Itaimbea priscus* e *Toxodontites paulistanensis* Mezzalira, 1974, o último apresenta na parte média da concha um sulco indicando provável parasitação no período de crescimento do animal. A família Hyriidae é representada por *Diplodon arrudae* Mezzalira, 1974, *Castalia cretácea* Mezzalira & Simone, 1999 e *Castalia minuta* Mezzalira & Simone, 1999.

A família Mycetopodidae é representada por *Monocondylaea cominatoi* Mezzalira, 1974 e *Anodontites freitasi* Mezzalira, 1974. A forma laminar e alongada de *A. freitasi* está relacionada ao seu modo de vida em substratos instáveis. Este bivalve deveria viver enterrado no fundo de rios e lagos e quando por qualquer razão exumado, seu formato permitia uma rápida reescavação, garantindo, assim, sua segurança. Este hábito é atestado pela sedimentologia que demonstra alta

energia e sazonalidade nos rios da Formação Adamantina. A dinâmica nos sedimentos fluviais exigiam, assim, uma alta adaptação de seus habitantes.

Infelizmente com exceção de *A. freitasi* e *T. paulistanensis*, os holótipos de todos os bivalves citados anteriormente estão desaparecidos.

Anodontites, *Monocondylaea*, *Diplodon* e *Castalia* são gêneros ainda vivos e encontrados em rios e lagos da atual Bacia Hidrográfica do Paraná, na mesma região, onde seus ancestrais viveram há milhões de anos.

Os gastrópodes da Formação Adamantina são geralmente pequenos e raros. Quatro espécies são conhecidas: *Viviparus souzai* Mezzalira, 1974 e *Hydrobia prudentinensis* Mezzalira, 1974 da ordem Caenogastropoda e *Physa aridi* Mezzalira, 1974 e *Physa Mezzalirai* Ghilardi, Carbonaro & Simoni, 2010 da ordem Basommatophora. O gênero *Physa* também foi encontrado em terrenos cretáceos da Argentina e possui muitas espécies atuais distribuídas pelas Américas e Europa. Com uma concha de aproximadamente 14 mm, *P. mezzalirai* foi um gastrópode pulmonado que periodicamente precisava subir a superfície para armazenar oxigênio. Seus fósseis foram encontrados em amostras de rochas coletadas aleatoriamente próximo a cidade de Marília, São Paulo. Assim como os bivalves, sua concha era constituída principalmente por carbonato de cálcio absorvido da água. Estes caramujos cresciam adicionando material novo à extremidade aberta da concha. Acredita-se que gastrópodes sejam mais raramente encontrados devido ao seu modo de vida. Estes caramujos provavelmente eram em sua maioria herbívoros, e se alimentavam de plantas aquáticas e algas aderidas aos fundos dos rios. Enquanto os bivalves alimentavam-se filtrando minúsculas partículas suspensas na água, com a concha parcial ou completamente enterrada no sedimento, comportamento que poderia facilitar sua fossilização (Ghilardi *et al.*, 2011).

Osteichthyes

Fósseis de peixes da Formação Adamantina são raros e conhecidos apenas através de escamas e ossos isolados, condição que sugere uma movimentação pós-morte.

Três ordens estão presentes (todas com representantes atuais): Lepisosteiformes, Osteoglossiformes e Siluriformes (Bertini *et al.*, 1993).

A primeira menção de peixes da Bacia Bauru foi feita por Pacheco, em 1913, que atribuiu as escamas ganoides, duras e brilhantes, encontradas em Colina (Formação Adamantina) ao gênero *Lepidotes*.

Posteriormente muitos artigos foram publicados sobre escamas ganoides encontradas na região, porém, a primeira espécie só foi descrita mais de setenta anos depois das primeiras descobertas. *Lepisosteus cominatoi*, Santos 1984, é a única espécie de peixe fóssil formalmente descrita da Formação Adamantina. Pertencente à ordem Lepisosteiforme, o holótipo foi encontrado em Pacaembu Paulista, São Paulo. E mesmo sendo raro é o peixe mais comumente encontrado na Bacia Bauru. Todo material já descoberto desta espécie se resume a escamas, algumas vértebras, raios de nadadeiras e fragmentos de mandíbula e crânio. Onipresente durante o Cretáceo esta ordem atualmente está restrita ao sul da América do Norte e América Central.

Em um trabalho publicado em 1993, Bertini *et al.*, defendem a presença das ordens Osteoglossiforme e Siluriforme na Formação Adamantina com base em fósseis coletados próximo ao município de Santo Anastácio, São Paulo.

O material referente ao Osteoglossiforme é composto por algumas escamas e constitui o mais antigo registro dessa ordem, que atualmente é representada pelos populares Pirarucu (*Arapaima gigas* Schinz, 1822) e Aruanã (*Osteoglossus bicirrhosum* Cuvier, 1829).

A ordem Siluriforme é representada atualmente por peixes de fundo conhecidos popularmente como bagres. Numerosos fósseis isolados desta ordem foram encontrados no local acima citado, incluindo espinhos das nadadeiras dorsal e peitoral e fragmentos do crânio. Segundo Bertini *et al* (1993), estes fósseis possuem similaridade com a família Doradidae.

A diversidade ictiológica da Formação Adamantina evidentemente deveria ser muito maior, porém, o processo de fossilização da região não foi propício a preservação de pequenos vertebrados. Entretanto, as ordens, seguramente, conhecidas são representadas hoje por peixes com tolerância a águas com baixos índices de oxigênio. Peixes da ordem Lepisosteiformes possuem bexiga natatória semelhante ao pulmão, que pode ser usada para respirar ar (Storer *et al.*, 2002).

Enquanto Siluriformes da família Doradidae podem até mesmo “caminhar” fora d’água como relata Von Ihering (1968) “... andam por terra, as vezes transpondo grande dista

ncia, quando querem passar de um rio ou lago para outro. Não sabemos dizer ao certo quantas das quarenta espécies desta família já foram efetivamente encontradas perambulando em terra; talvez nem todas o possam fazer.”

Peixes com estas adaptações poderiam tolerar os rigores da estiagem no paleoambiente da Formação Adamantina, e sobreviveriam ao período de seca, quando rios e lagos tornavam-se rasos e lamacentos.

Dipnoi

Dentes de peixes pulmonados pertencentes a família Neoceratodontidae foram encontrados próximo ao município de Santo Anastácio, São Paulo (Bertini *et al.*, 1993). Atualmente o único remanescente desta família é *Neoceratodus forsteri* Krefft, 1870 que habita os rios de Queensland, Austrália.

No Brasil, a ordem Dipnoi é representada pela piramboia (*Lepidosiren paradoxa* Fitzinger, 1837), cujo hábito deve ser semelhante ao da espécie que viveu nos rios da Formação Adamantina.

Habitante da região amazônica, a piramboia vive em águas rasas, e durante a seca, permanece em depressões naturais. Quando a água evapora a piramboia mergulha na lama e cava um túnel que em seguida é fechado por uma tampa com abertura para ventilação. Dentro do túnel, seu corpo fica curvado com a cauda sobre a cabeça em uma cápsula repleta de muco produzido pelo corpo do animal. Na época das chuvas, quando o nível do rio volta a subir, o peixe se liberta do lodo e se reproduz (Nomura, 1984).

Amphibia

O registro de anfíbios é raro em toda a Bacia Bauru. O fóssil de um anuro provavelmente pertencente a família Leptodactylidae foi descoberto no município de Marília, São Paulo, depositado no Museu de Zoologia da USP, o material encontra-se em estudo e ainda não foi nomeado (Carvalho, 2006).

Chelonia

Os quelônios encontrados na Formação Adamantina pertencem a subordem Pleurodira e apresentam estreitas afinidades filogenéticas com a família Podocnemididae. Eram, em proporções e hábitos, muito semelhantes aos cágados atuais.

Em 1896, o notável geólogo americano naturalizado brasileiro Orville Derby mencionou a presença de quelônios fósseis em sua “Nota sobre a Geologia e Paleontologia de Mato Grosso”. A breve notícia traz o primeiro relato conhecido sobre fósseis em sedimentos, hoje tidos, como o da Formação Adamantina (Price, 1953).

Contudo, a primeira descrição de um quelônio da Formação Adamantina só aconteceu com o relato de *Podocnemis harrisi* Pacheco, 1913, estudado a partir de um xifoplastrão encontrado em Colina, São Paulo. Anos depois, durante a construção, da variante Araçatuba-Jupia da Estrada de Ferro Noroeste, no Estado de São Paulo, foram encontrados 3 placas costais, um pedaço de carapaça e a maior parte de um plastrão pertencentes a uma possível nova espécie de quelônio. Fotografias do material foram encaminhadas à Karl Von Staesche, na Alemanha, e serviram de base para descrição de *Podocnemis brasiliensis* Staesche, 1937.

Posteriormente, Price, revendo o trabalho de Staesche, chegou à conclusão de que a carapaça apresentada como parátipo de *Podocnemis brasiliensis* não pertencia a mesma espécie, redescrevendo-o como *Roxochelys wanderleyi* Price, 1953. Desde então, muitos fósseis de quelônios foram encontrados e noticiados. Porém, mesmo abundantes, esses fósseis eram fragmentados e isolados com valor sistemático duvidoso (Arid & Vizotto, 1966).

A primeira publicação que apresenta um quelônio bem preservado da Formação Adamantina foi a descrição de *Podocnemis elegans* Suarez, 1969, cujo holótipo é constituído principalmente por carapaça e plastrão completos, crânio, ambos femorais, coracóides e escápulas, coletados próximo ao município de Pirapozinho, São Paulo.

Entretanto, estudos posteriormente realizados por Kischalat, Barbarena & Timm (1994) revelam que os quelônios da Bacia Bauru não possuem feições morfológicas suficientes para serem incluídos no gênero vivente *Podocnemis*. Desta forma, os quatro taxa de quelônios fósseis da Formação Adamantina são, segundo Oliveira & Romano (2007): *Roxochelys harrisi* Pacheco,

1913, *Roxochelis wanderleyi* Price, 1953, *Bauruemys brasiliensis* Staesche, 1937 e *Bauruemys elegans* Suarez, 1969.

B. elegans foi encontrado em um corte de estrada de ferro Sorocabana, ramal de Dourados, próximo ao km 736, entre as cidades paulistas de Presidente Prudente e Pirapozinho. A localidade é famosa pela excepcional quantidade de fósseis de tartarugas. Adicionalmente foram descritos para essa localidade fósseis de crocodilomorfos e peixes, porém, a concentração de quelônios é tamanha que os estratos onde estão depositados são informalmente chamados de “tartaruguitos”.

Lepidosauria

Fósseis de squamata são frágeis e raros em todo o mundo. Na Formação Adamantina, fósseis referentes a três taxa foram descobertos. Porém, até o momento, apenas um foi nomeado.

Brasiliguana prudentis Nava & Martinelli, 2011, foi um pequeno lagarto com afinidades com a família iguanidae. O holótipo é constituído por uma maxila esquerda com dentição, encontrado próximo à cidade de Presidente Prudente, São Paulo (Nava & Martinelli, 2011).

Em 2009, Candeirol *et al.* noticiaram a descoberta de uma sequencia de dez vértebras dorsais articuladas e sete costelas incompletas encontradas próximo à cidade de Marília, São Paulo. O fóssil, que no total mede cerca de 14mm, foi diagnosticado como sendo de um lagarto, porém, o material não permite um posicionamento taxonômico mais aprofundado (Candeirol *et al.*, 2009).

Uma sequência vertebral de serpente fóssil foi coletada em General Salgado, São Paulo. Considerada a mais antiga serpente brasileira, o material ainda está em estudo e provavelmente seja um gênero novo, com estreitas afinidades filogenéticas com a família aniliidae (Zaher *et al.*, 2003).

O único representante atual desta família, no novo mundo, é *Anilius scytale* Linnaeus, 1758 esta espécie vive em rios da bacia amazônica e se alimenta de peixes e rãs. Suas narinas são voltadas para cima e seus olhos protegidos por uma placa (Amaral, 1978).

Crocodylomorpha

Os crocodylomorfos são os vertebrados mais frequentes e diversificados do Grupo Bauru. Diferente das formas aquáticas atuais, os crocodylomorfos da Formação Adamantina foram em sua maioria adaptados ao ambiente terrestre, e, até o momento, todas as espécies encontradas pertencem a extinta sub-orbem Mesosuchia, predominante durante toda a Era Mesozoica.

Notosuchia é uma infraordem cretácica da Ordem Mesosuchia que reúne espécies terrestres, com uma ampla diversidade e distribuição no Gondwana. Apresentam morfologia típica, com o rosto curto, crânio lateralmente achatado, órbitas grandes e dispostas lateralmente e reduzido número de dentes com padrões heterodontes. A alta especialização dentária indica que ocupavam vários nichos ecológicos, com formas carnívoras, onívoras e algumas possivelmente herbívoras (Iori & Carvalho, 2009).

O primeiro Notosuchia descrito da Formação Adamantina foi *Sphagesaurus huenei* Price, 1950. Apesar de esta espécie ser conhecida somente por dentes curtos, lateralmente comprimidos, com coroa triangular, estrias longitudinais e carena denticulada, coletados em um corte na estrada de ferro Sorocabana em Presidente Bernardes, São Paulo, o autor defende que o material possui um caráter altamente diagnóstico: “... os dentes de *Sphagesaurus* apresentam características tão acentuadas que permitem distinção segura de qualquer outro réptil conhecido.” (Price, 1950).

Fragmentos atribuídos a Notosuchia foram encontrados desde então, porém, somente em 1999, esqueletos bem preservados e articulados foram descobertos. Trata-se de *Mariliasuchus amarali* Carvalho & Bertini, 1999, cujas características morfológicas viabilizaram análise das relações entre os notosuquios das regiões norte e sul da América do Sul. O holótipo de *Mariliasuchus amarali* é oriundo do município de Marília, São Paulo, e após a descrição, outros indivíduos foram coletados, permitindo uma reconstituição osteológica quase completa, com fósseis provenientes das Formações Adamantina e Marília (Candeiro, 2005).

Mariliasuchus amarali foi um típico notosuquio de aproximadamente 80 cm de comprimento com membros que articulavam de forma mais ereta em relação a crocodylios atuais, o que indica uma movimentação cursorial terrestre. As narinas externas estavam localizadas na extremidade anterior do crânio, dispendo-se de maneira verticalizada. As órbitas foram grandes, ovaladas e localizadas na região mediana do crânio. Possuíam o rosto curto e a

série dentária limitava-se ao primeiro terço do comprimento total do crânio, com dentes incisiformes, caniniformes e globosos. *Mariliasuchus amaralis* é o mais conhecido e estudado notosuquio da Bacia Bauru.

A partir da descrição de *Mariliasuchus amarali* novas espécies de notosuquios foram encontrados na Formação Adamantina, revelando uma considerável variedade de formas e tamanhos, situando-os entre os mais comuns componentes da assembleia crocodiliana da região. Estes são: *Adamantinasuchus navae* Nobre & Carvalho, 2006, *Mariliasuchus robustus* Nobre *et al.*, 2007, *Sphagessaurus montealtensis* Andrade & Bertini, 2008, *Armadillosuchus arrudae* Marinho & Carvalho, 2009, *Morrinhosuchus luziae* Iori & Carvalho, 2009 e *Caipirasuchus paulistanos* Iori *et* Carvalho, 2011.

Por outro lado também são encontrados indivíduos da infraordem Sebecosuchia que engloba crocodilomorfos terrestres com crânio alto, lateralmente comprimido que figuravam entre os principais predadores da região. Os Sebecosuchia presentes na Formação Adamantina pertencem às famílias Baurusuchidae e Peirosauridae. A família Baurusuchidae surgiu na América do Sul, provavelmente a partir dos Notosuchia, e teve sua irradiação no sudoeste brasileiro. Eram formas que mediam entre 1,8 a 3 m de comprimento. Possuíam crânio lateralmente achatado com perfil retangular e mandíbula robusta. Entre a pré-maxila e maxila existia uma profunda reentrância onde encaixava um grande dente caniniforme. A fórmula dentária era reduzida e especializada, com dentes achatados lateralmente e com a borda serrilhadas semelhantes aos de dinossauros terópodes. A similaridade entre dentes de Baurusuchidae e de dinossauros carnívoros é tamanha que durante muito tempo houve problemas na identificação de dentes isolados encontrados frequentemente na região.

A família leva o nome do primeiro gênero descrito *Baurusuchus pachecoi* Price, 1945 encontrado no município de Paulo de Faria, São Paulo. O holótipo é composto por crânio e mandíbula relativamente bem preservados. Em vida, este animal deveria medir aproximadamente dois metros de comprimento. E novas descobertas indicam um possível hábito gregário. Oliveira *et al.* anunciaram, em 2011, a descoberta de ninhos e ovos fósseis atribuídos a *Baurusuchus pachecoi*. O achado realizado em Jales, São Paulo, reúne vários ninhos contendo ovos com cascas finas eclodidos. O material representa a maior aglomeração de ovos de crocodilos fósseis do mundo.

Outros Baurusuquídeos da Formação Adamantina são *Baurusuchus salgadoensis* Carvalho *et al.*, 2005, *Baurusuchus albertoi* Nascimento & Zaher., 2010, *Stratiosuchus maxhechti* Campos *et al.*, 2001, *Campinasuchus dinizi* Carvalho *et al.*, 2011, *Pissarrachampsia sera* Moltefeltro, Larsson & Langer, 2011 e *Gondwanasuchus scabrosus* Marinho *et al.*, 2013.

A família Peirosauridae é menos expressiva na região. Comparado a Baurusuchidae, possuíam crânio mais alongado e afilado, de constituição mais frágil, ornado com mosaico de pequenos orifícios rasos. A série dentária é maior, abrangendo dentes de diferentes tamanhos com carenas finamente serrilhadas. Os dois taxa, até então conhecidos, de Peirosaurídeos presentes na Formação Adamantina são *Montealtosuchus arrudacamposi* Carvalho, Vanconcellos & Tavares 2007, que fora descrito a partir de um belíssimo espécime com osteodermos preservados, encontrado no município de Monte Alto, São Paulo, e *Pepesuchus deiseae* Campos *et al.*, 2011 de rostrum mais comprido e dentes com finas estrias longitudinais, encontrado entre os municípios de Pirapozinho e Presidente Prudente, São Paulo.

Goniopholis paulistanos Roxo, 1936 é um crocodilomorfo de posição taxonômica incerta, conhecido a partir de uma tíbia e dois dentes, um de coroa curta e obtusa e outro mais longo e esguio, ambos com estrias longitudinais. Mesmo embasado em material insuficiente para uma classificação precisa a espécie continua válida.

A família Trematochampsidae é representada por *Barreirosuchus franciscoi* Iori & Garcia, 2012. O material fóssil é constituído por metade posterior do crânio, duas vértebras dorsais e duas sacrais, provenientes do município de Monte Alto, São Paulo. Em vida, este animal poderia chegar a quatro metros de comprimento, sendo assim o maior crocodiliano da Bacia Bauru. O crânio de *B. franciscoi* apresenta características peculiares de animais de hábitos semiaquáticos, semelhante aos crocodilianos atuais como crânio relativamente achatado e órbitas dispostas dorsolateralmente.

O estudo deste novo gênero fornece embasamento para novas propostas paleoambientais. Tradicionalmente a Formação Adamantina é interpretada como um ambiente de deposição árido ou semiárido. Porém, grandes predadores semiaquáticos como *B. franciscoi* necessitavam de volumosos corpos d'água que se mantinham mesmo na época de estiagem. Portanto, mesmo em

tempos de seca, em um clima semiárido, algumas regiões poderiam manter corpos d'água consideravelmente grandes (Iori & Garcia, 2012).

Dinosauria

No final do período Cretáceo, os dinossauros atingiram o auge da sua diversificação. O aumento global da temperatura empurrava os trópicos em direção aos polos, transformando lugares como o Canadá e a Patagônia Argentina em grandes bosques tropicais, em quanto que a região sudoeste do Brasil apresentava ambiente semiárido com chuvas sazonais. Neste ambiente adverso a variedade de dinossauros foi reduzida a saurópodes titanossaurídeos de pequeno e médio porte e a algumas famílias de terópodes. Ainda assim a Bacia Bauru é a bacia sedimentar que contém o maior número de espécies de dinossauros descritos no Brasil.

Os fósseis de dinossauros mais frequentemente encontrados na Formação Adamantina pertencem a saurópodes da família Titanosauridae. Durante o período Cretáceo, esta família se espalhou por quase todo o mundo com espécies que atingiam até quarenta metros de comprimento (Paul, 2010). Acredita-se que para suportar os rigores de um ambiente semiárido os Titanosaurídeos da Bacia Bauru não poderiam manter um grande porte, evoluindo assim, para formas de tamanho reduzido.

O estudo dos Titanosauridae da Formação Adamantina iniciaram com a descrição de *Antarctosaurus brasiliensis* Arid & Vizotto , 1971, descoberto em São José do Rio Preto, São Paulo. O holótipo é constituído por parte do fêmur esquerdo, fragmentos de úmero direito e uma vértebra dorsal posterior. Estima-se que o fêmur teria um comprimento total de aproximadamente 1,55m proporcionalmente este fêmur confere a *A. brasiliensis* com comprimento total de até 20 metros, tornando-o um dos maiores dinossauros da Formação Adamantina. Porém, os materiais disponíveis de *A. brasiliensis* são, segundo alguns autores, insuficientes para validar este titanossaurídeo, podendo ser considerado como *nomem dubium* (Candeiro, Marinho & Oliveira, 2004).

A partir da divulgação de *A. brasilliensis* abundantes fósseis atribuídos a Titanosauridae foram coletados na região, preenchendo expositores de museus e gavetas de coleções científicas. Muitos destes fósseis armazenados aguardaram anos por um estudo mais aprofundado, e hoje correspondem a maior parte dos dinossauros descritos da Formação Adamantina. É o caso de

Adamantinasaurus mezzalirai Santucci & Bertini, 2006. Os fósseis deste titanosaurídeo de aproximadamente doze metros de comprimento foram encontrados em um corte de estrada de ferro próximo ao município de Florida Paulista em 1958, São Paulo, e depositados posteriormente no pequeno museu de geologia Valdemar Lefèvre, no Parque da Água Branca, cidade de São Paulo. Após anos em exposição especialistas observaram que o material constituído por 6 vértebras caudais anteriores articuladas e dois arcos hemais, possuíam uma associação de caracteres que o diferenciava de outros titanosaurídeos (Santucci & Bertini, 2006).

Maxakalisaurus topai Kellner *et al.*, 2006 foi um titanosaurídeo de aproximadamente 13 metros de comprimento encontrado próximo ao município de Prata, Minas Gerais, e conhecido através de uma maxila incompleta com dentes, fragmentos de vértebras cervicais, dorsais e caudais, algumas costelas e arcos hemais, placas externas, escapulas, úmeros, alguns metacarpos, fragmentos de ísquio e fíbula e um osteoderma, além de outros fragmentos indeterminados. Estes fósseis pertencem a um indivíduo jovem, e possuem marcas de dentes, pisoteamento, fissuras e rachaduras típicas de intemperismo pela exposição aérea por longo período. Dados que permitem a tafonomia interpretar que *M. topai* provavelmente foi abatido e /ou atacado por necrófagos logo após sua morte. Seus ossos ficaram muito tempo sobre a planície, quando, na época de chuva, uma grande inundação carregou seus restos até o leito de um rio próximo, onde finalmente foram soterrados. Fósseis como os de *M. topai* auxiliam na compreensão da dinâmica pluvial da Formação Adamantina onde chuvas torrenciais provocariam o extravasamento de rios intermitentes que alagariam extensas áreas e soterrariam os pesados ossos dos saurópodes.

Gondwanatitan faustoi Kellner & Azevedo, 1999 é conhecido por fósseis mal preservados que ainda assim somam cerca de trinta por cento do esqueleto do animal, que em vida poderia medir de oito a nove metros de comprimento. O holótipo foi encontrado no município de Álvares Machado. Os autores apontam como principal característica desta espécie a presença de faces articulares distais das vértebras caudais proximais e medianas em formato de coração (Kellner & Azevedo, 1999). Porém, outros autores sugerem que tal característica é encontrada também no gênero *Aelosaurus* Powell, 1987. Santucci & Bertini (2001) defendem que *Gondwanatitan* representa uma sinonímia do gênero *Aelosaurus*, sendo mais apropriado chamá-lo de *Aelosaurus faustoi*. Contudo, apenas estudos mais detalhados poderiam validar tal proposta (Candeiro, Marinho & Oliveira, 2004).

Aelosaurus maximus Santucci & Arruda-Campos, 2011 também é um exemplo de titanosaurídeo descrito anos após sua coleta. O fóssil foi descoberto no município de Monte Alto, São Paulo, e exposto no Museu de Paleontologia “Prof. Antonio Celso de Arruda Campos” do mesmo município, onde continua depositado. O material é um dos mais importantes, principalmente por apresentar uma boa parte do esqueleto preservado, em uma associação paleoecológica direta com crocodilomorfos e maniraptoriformes, representados através de dentes associados ao esqueleto (Santucci & Bertini, 2001). Estima-se que *A. maximus* poderia medir até 20m de comprimento, porém a descoberta isolada de um grande osteoderma sugere que poderia haver indivíduos ainda maiores. *Aelosaurus maximus* e *Antarctosaurus brasiliensis* foram os maiores vertebrados da Formação Adamantina.

Theropoda

Fósseis de terópodes não são frequentemente encontrados na Formação Adamantina. O conhecimento deste grupo na região é realizada com base principalmente em dentes e raros ossos incompletos e isolados. O único gênero formalmente descrito de terópode da Formação Adamantina é *Pycnonemosaurus nevesi* Kellner & Campos, 2002, coletado em um conglomerado arenítico aflorante na Fazenda Roncador, Mato Grosso. O material foi descrito com base em cinco dentes incompletos, fragmentos de sete vértebras caudais, púbis direito, tíbia direita e articulação distal da fíbula direita. *P. nevesi* foi um terópode de médio porte, com comprimento aproximado de 6,5 metros. Suas vértebras caudais possuem processos transversos com os extremos expandidos, característica anatômica que o classifica como Abelisauridae, uma família de terópodes comum no Gondwana. Restos fragmentados atribuídos a abelisaurídeos foram encontrados também em Alfredo Marcondes e Florida Paulista, no estado de São Paulo e Prata em Minas Gerais.

Dentes isolados de terópodes foram coletados em vários afloramentos da Formação Adamantina e foram atribuídos a Abelisauridae, Carcharodontosauridae e Maniraptora. O estudo destes materiais indica uma diversidade maior de terópodes, ainda que pobremente documentados (Candeiro, Martinelli & Vera, 2009).

Aves

Fósseis de aves foram coletados em sedimentos finos com pelotas de argilitos, na região de Presidente Prudente, São Paulo. O material é constituído por várias dezenas de ossos bem delicados e bem preservados, de grande valor diagnóstico, pertencentes a três ou quatro aves diversas de pequeno porte, comparáveis a pequenos passeriformes atuais. A dificuldade de associação prejudica a descrição das espécies, porém, a preparação do material permitiu uma inclusão segura destas aves à subclasse Enantiornithes, com características morfológicas muito próximas à *Enantiornis leali* Walker, 1981, do Cretáceo superior da Argentina, sendo entretanto, menores (Alvarenga & Nava, 2005).

Mammalia

Um fragmento anterior de um dentário direito atribuído a um pequeno mamífero placentário foi descoberto em Santo Anastácio, São Paulo. Encontrado pelo método de lavagem de sedimentos, o fóssil é insuficiente para um posicionamento taxonômico e representa o único registro de mamífero placentário do Cretáceo brasileiro (Bertini *et al.*, 1993).

Plantae

O registro de vegetais fósseis da Formação Adamantina é pobre e conhecido apenas através de microfósseis e icnofósseis com moldes de raízes. Evidentemente estes registros representam apenas uma pequena parcela da assembléia florística original, pois mesmo em um ambiente semi árido, a vegetação teria que ser expressiva o suficiente para manter comunidades de grandes dinossauros herbívoros.

Em 1986, Lima *et al.* comunicaram a descoberta de uma variada associação palinológica em sedimentos coletados, na região de São Carlos, na borda oriental paulista da Bacia Bauru. A microflora conhecida da região é composta predominantemente por pólenes de Angiospermas (Dejax & Lima, 1997).

Este grupo, que no final do período Cretáceo, estava em franca expansão, constituiu a maior variedade de vegetais de água doce e principalmente terrestres de pequeno e médio porte que cobriam parte da planície da Formação Adamantina. Entretanto, o material encontrado não permite uma reconstituição precisa, uma vez que a grande maioria dos pólenes de angiospermas ainda não foram associados aos vegetais que lhes deram origem. Esporos e pólenes de

gimnospermas também são comuns, nesta região, principalmente os pertencentes às Famílias Gnetaceae e Araucariaceae.

Microfósseis de algas de água doce da divisão Charophyta são abundantes na Formação Adamantina, e conhecidos através de moldes externos de oogônios, estruturas reprodutoras femininas formadas por células torcidas em espiral e ricas em carbonato de cálcio, denominadas em âmbito nacional como girogonites.

Diferentes espécies semelhantes ao gênero *Chara* foram encontradas e constituem importante ferramenta para o estudo estratigráfico da Bacia Bauru.

6 Resultados e Discussão

6.1 Reconstruções individuais

6.1.1 Reconstituição de *Dastilbe crandalli*

Dastilbe crandalli é o teleósteo fóssil mais abundante do Membro Crato (Formação Santana – Bacia do Araripe), e um dos *táxon* mais antigos da família Chanidae, atualmente representada por uma única espécie *Chanos chanos* Forsskal, 1775.

D. crandalli atingia até 21 cm de comprimento, porém, a grande maioria dos indivíduos fósseis não ultrapassam os 10 cm. Este pequeno teleósteo é facilmente reconhecido pelo grande opérculo, ovóide e liso, que pode ocupar de um terço até metade do comprimento da cabeça, e ausência de dentes. O formato hidrodinâmico do corpo e a boca voltada para cima indicam que viviam entre as porções média e superficial da coluna d'água, provavelmente em cardumes (Brito, 2007).

Os fósseis de *D. crandalli* apresentam boa preservação do esqueleto e contorno do corpo. Na maioria dos fósseis houve, no decurso da diagênese, substituição do material fosfático do esqueleto por óxidos de ferro, em alguns casos, seguida de intensa oxidação (Henriques *et al.*, 1998).



Figura 16. Fóssil de *D. crandalli*. Fonte: <http://www.lowcountrygeologic.com/FossilFish/Dastilbeelongatus/tabid/53/fossil/3286/Default.aspx>

Reconstituição esquelética

Os teleósteos apresentam esqueletos muito ossificados, com crânios altamente diversificados e complexos, fruto da grande variedade de formas e hábitos alimentares. Em muitas espécies os maxilares podem deslizar para frente projetando a boca em um movimento chamado de protusão. Este movimento permite ao animal capturar o alimento de forma mais eficaz, auxiliado pela sucção (Pough, Janis & Heiser, 1999). Os dentes ocorrem geralmente nos ossos vômer, palatino, dentário e pré-maxilar (Storer *et al.*, 2002), mas em *D. crandalli* os dentes são ausentes.

A região das brânquias é protegida por um grande osso chato, e em forma de escudo, chamado opérculo. O crânio é tão solidamente unido a coluna vertebral, que o teleósteo não consegue virar a cabeça sem arquear o corpo. As vértebras são cilíndricas e anficélicas, ou seja, côncava nos lados anteriores e posteriores, e unidas entre si por ligamentos. Sobre as vértebras, há um pequeno arco neural dorsal, por onde passa a medula espinhal, este arco termina de forma afilada formando um espinho neural, utilizado para inserção muscular (**Fig. 17**).

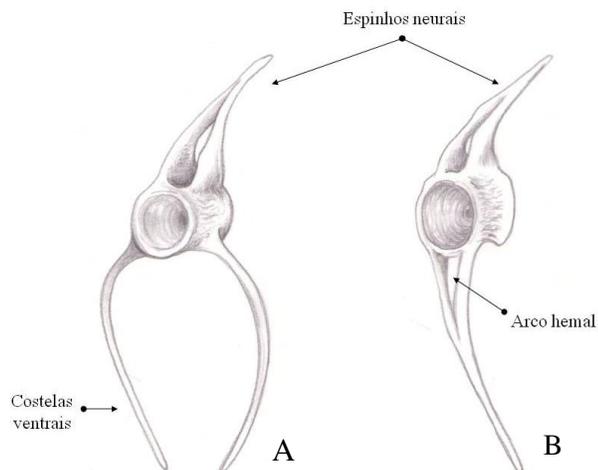


Figura 17. Vértebras de osteichthyes. A- Vértebra da região lombar e B- Vértebra da região caudal. Ilustração do autor. Modificado de Storer *et al.*, 2002 (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

O primeiro conjunto de vértebras que vai do crânio até aproximadamente metade do corpo do animal, é portador de um par de costelas ventrais, também conhecidas como pleurais. Essas formam uma gaiola de proteção às vísceras. O segundo conjunto de vértebras que se estende geralmente da metade do corpo até a cauda apresenta em sua porção inferior um arco hemal, por

onde passam artéria e veia caudais. Os arcos hemais também terminam de forma afilada, formando um espinho para inserção muscular. A coluna vertebral termina com o agrupamento de pequenos ossos, que formam um leque, nomeado de placa hipural, responsável pela sustentação da nadadeira caudal.

As nadadeiras dorsal e anal são fixadas ao corpo por finos ossos inseridos na musculatura e posicionados entre os espinhos neurais ou hemais. Estes pequenos ossos chamados pterigióforos, estão articulados diretamente com os raios destas nadadeiras, dando-lhes sustentação. A cintura escapular é articulada ao crânio, fornecendo maiores pontos de inserção muscular para as nadadeiras peitorais. Não há cintura pélvica. As nadadeiras pélvicas prendem-se a um único par de ossos púbicos denominados basipterígios, muitas vezes ligados até a cintura escapular por um tendão ou ligamento.

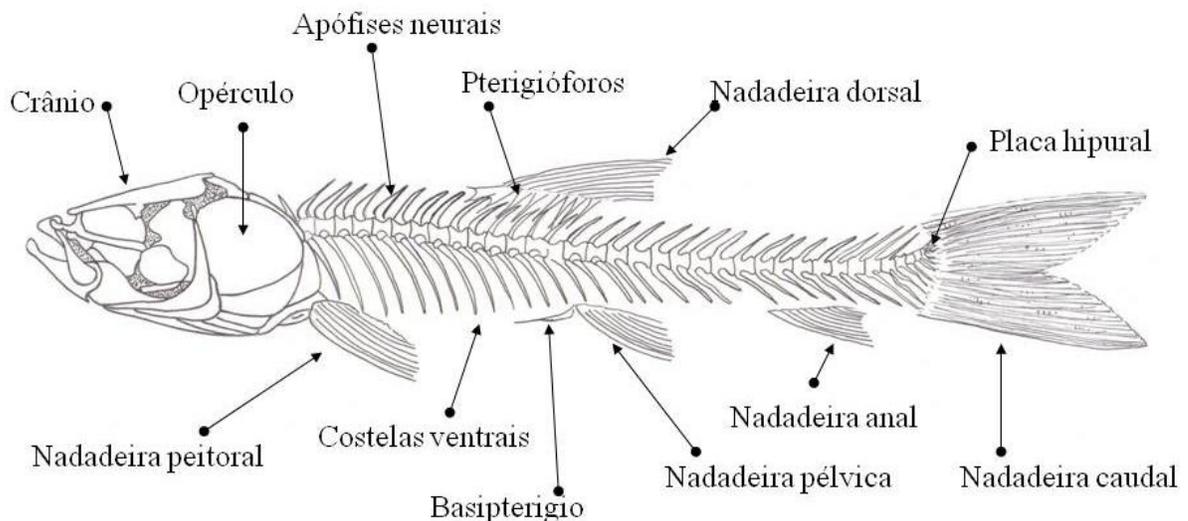


Figura 18. Reconstituição esquelética de *Dastilbe crandalli*. Ilustração de Ariel Milani Martine, modificado de Maisey, 1991 (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).

Reconstituição muscular

Em geral, a musculatura dos teleósteos não difere muito dos demais grupos de gnatostomados. O crânio possui uma rica musculatura responsável pela complexa movimentação dos maxilares. Dentre os muitos músculos, os mais evidentes superficialmente são os adutores da mandíbula, responsáveis pelo fechamento da boca.

A musculatura das cinturas escapulares e pélvica são, em parte, cobertas por outros músculos mais superficiais do corpo, podendo ser mais visível externamente apenas o músculo abductor das nadadeiras peitorais, responsáveis por movimentar estas nadadeiras para cima e para frente.

Os músculos externos mais característicos dos peixes são os músculos do corpo. O formato do corpo dos teleósteos é definido por um grande conjunto de músculos segmentares conhecidos como miômeros. Cada miômero é alternado junto a uma vértebra e possui o formato de “W”, dado pelos mioceptos, que separam cada segmento. Um septo de tecido conjuntivo atravessa horizontalmente o corpo do animal, dividindo os miômeros em uma porção dorsal e outra ventral. O conjunto de miômeros dorsais é chamado de musculatura epaxial, enquanto o conjunto de miômeros da parte ventral chama-se hipoaxial.

Quando contraídos, os músculos epaxiais arqueiam a coluna vertebral dorsalmente. Agindo de forma antagônica, os músculos hipoaxiais, quando contraídos, arqueiam a coluna vertebral ventralmente. Quando os músculos epaxiais e hipoaxiais de um dos lados do corpo contraem-se ao mesmo tempo a coluna vertebral é flexionada para o mesmo lado. Este movimento lateral alternado é o principal responsável pela natação (Hildebrand, 1995).

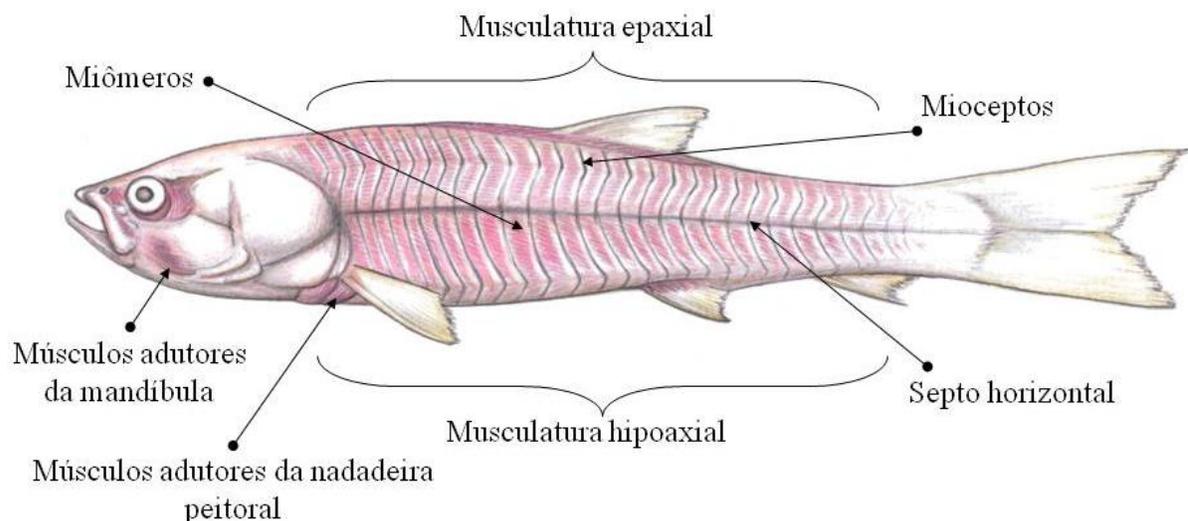


Figura 19. Reconstituição muscular de *Dastilbe crandalli*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 3- Aguada de tinta acrílica e lápis de cor aquarelável em papel canson A4).

Reconstituição tegumentar

O corpo inteiro dos osteichthyes é coberto por uma lisa epiderme produtora de muco que auxilia a movimentação na água. Sobre a epiderme, a grande maioria dos osteichthyes possui o corpo revestido por escamas, ou seja, por pequenas placas ósseas que crescem com o animal e podem estar muitas vezes presentes no registro fóssil, podendo ser encontradas junto ao espécime de origem ou isoladas.

As escamas mais comuns aos teleósteos são as dos tipos ctenóides e ciclóides. Ambos os tipos são leves lâminas ósseas arredondadas que apresentam anéis de crescimento em forma de círculos. Quando unidas posicionam-se de forma imbricada, formando uma fina e flexível malha. A principal diferença entre elas está na borda posterior: enquanto as escamas ctenóides possuem bordas espinhosas, semelhante a um pente, as escamas ciclóides possuem as bordas lisas e arredondadas (**Fig. 20**) (Höfling *et al.*, 1995).

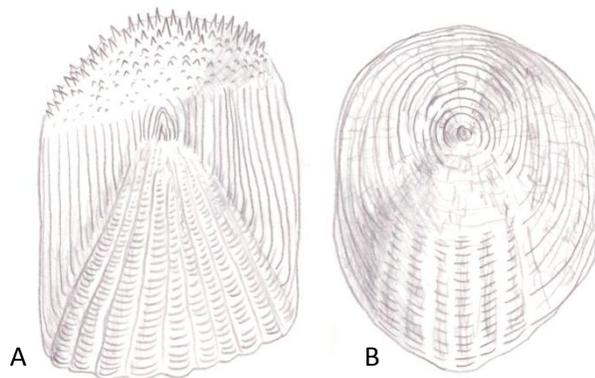


Figura 20. Escamas de osteichthyes. A- Escama ctenóide e B- Escama ciclóide. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

Em uma reconstituição de um Osteichthye fóssil as escamas devem ser consideradas, mas não necessariamente desenhadas em sua totalidade. Linhas sutis, sugerindo seu formato e disposição são o suficiente. A contagem e disposição das escamas podem ser diagnósticas em determinadas espécies, assim, com exceção de espécies fósseis que possuem todas as escamas bem preservadas, servindo como referência segura, um desenho minucioso que recria todo o conjunto de escamas em um espécime mal preservado, ou pouco conhecido, é um preciosismo que pode gerar uma reconstituição equivocada. Além disso, mais importante que o desenho

determinado das escamas, é a textura que o conjunto dessas escamas confere ao corpo do peixe. Cada tipo de escama fornece uma textura típica: as escamas ctnóides dão, geralmente, ao corpo de seus possuidores uma textura fosca e opaca, as vezes áspera, como no Cichlidae *Astronotus ocellatus* Agassiz, 1831(**Fig. 21**). As escamas ciclóides conferem aos corpos que as possuem uma textura lisa e muitas vezes brilhante, como no Characidae *Oligosarcus hepsetus* Cuvier, 1829. (**Fig. 22**).



Figura 21. Foto de *Astronotus ocellatus*. Fonte: http://www.vivaterra.org.br/peixes_ornamentais.htm#

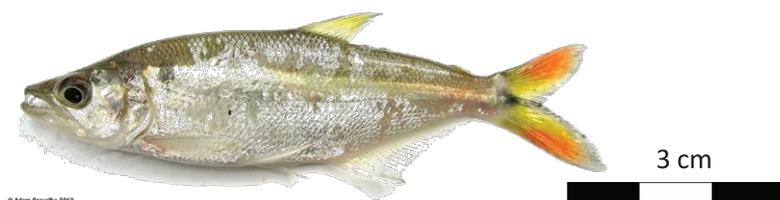


Figura 22. Foto de *Oligosarcus hepsetus*. Fonte: <http://www.flickr.com/photos/sickilla/8589613441/>

No fóssil *D. crandalli* as escamas não são suficientemente definidas para uma classificação segura. Neste caso, a comparação com outras espécies com afinidades filogenéticas é o meio mais adequado para preencher esta lacuna na reconstituição. O Chanidae atual *Chanos chanos*, possui o corpo revestido por brilhantes escamas ciclóides. Este deve ter sido o tipo de escamas que recobriam o corpo de *D. crandalli*.

Reconstituição de cor

Ao longo da evolução as cores tornaram-se um importante recurso para a sobrevivência, sendo usadas como meio de camuflagem, defesa, reprodução e delimitação de territórios. Assim,

a derme dos Osteichthye é rica em células cromáticas (cromatóforos). Estas células permitem uma variada gama de cores, que podem ficar mais ou menos intensas de acordo com o humor do animal. Mesmo localizadas abaixo das escamas, as cores produzidas pelos cromatóforos são externamente visíveis graças à natureza translúcida das escamas, e forma padrões de cor e manchas típicos de cada espécie. Desta forma, tons prateados, de azul, marrom, ou verde claro, refletem a cor da água e são utilizados como camuflagem em espécies que vivem em plena coluna d'água ou em alto mar. Cores vivas, como o vermelho, amarelo e azul, são comuns em peixes territorialistas ou em espécies que habitam os coloridos recifes de corais.

Numerosas espécies que habitam em rios e lagos possuem o dorso escuro e o ventre claro. Durante o dia, a luz que vem de cima clareia o dorso e sombreia o ventre, ou seja, a luz clareia o dorso escuro e sombreia o ventre claro. Esta inversão de tons neutraliza os efeitos de luz e sombra, deturpando a noção de profundidade, fazendo o peixe “desaparecer” na coluna d'água. Graças a sua eficiência, esta forma de camuflagem é frequentemente encontrada em praticamente todos os grupos de vertebrados aquáticos ou marinhos (Parker, 1990).

Outra eficiente forma de camuflagem comum aos vertebrados é a utilização de manchas, pintas e listras. Estes desenhos dificultam o reconhecimento imediato da silhueta do corpo, confundindo os predadores.

Para reconstruir a cor de *Dastilbe crandalli* o ideal seria usar como referência Chanidaes atuais, semelhantes em forma e habitat a *D. crandalli*. Mas, o único habitante atual desta família é *Chanos chanos*, um peixe de aproximadamente um metro de comprimento e que vive em mar aberto, muito diferente de seu ancestral.

Neste caso, a melhor referência utilizada é a de peixes atuais, que compartilham com *D. crandalli* as mesmas características ecológicas e, até certo ponto, morfológicas. *D. crandalli* foi um pequeno Osteichthye de água doce que habitava entre a região média e superficial da coluna d'água, provavelmente em cardumes. Entre, algumas espécies atuais, com tais características, destaca-se o Characidae *Astyanax janeiroensis* Eigenmann, 1908 conhecido popularmente como lambari. Este pequeno characidae de escamas ciclóides possui o dorso ocre esverdeado escuro, com a parte ventral mais clara e prateada. Próximo à cauda há uma mancha negra e as nadadeiras

são amareladas. Devido às similaridades entre as espécies, *A. janeiroensis* constitui uma referência aceitável para reconstituição do padrão de cor de *D. crandalli* (**Fig. 23**).



Figura 23. Reconstituição em vida de *Dastilbe crandalli*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 5- Ilustração digital).

6.1.2 Reconstituição de *Arariphrynus placidoi*

A. placidoi foi um anuro de 3cm de comprimento (da parte anterior do crânio até a parte posterior do ísquio) e representa o mais antigo integrante da família Leptodactylidae (Leal *et* Brito, 2006) . Esta família de rãs é bem representada atualmente, com espécies que ocupam quase todo o território nacional, como a Rã Pimenta (*Leptodactylus labirinticus* Spix, 1824) Rã Manteiga (*Leptodactylus ocelatus* Linnaeus, 1758) e Rã Assobiadora (*Leptodactylus fuscus* Schneider, 1799).



Figura 24. Fóssil de *A. placidoi*. Museu de Paleontologia de Santana do Cariri. Foto de Ariel Milani Martine.

A morfologia de *A. placidoi* é de um anuro típico, assim, as mesmas considerações usadas para a reconstituição de *A. placidoi* podem ser adaptadas e aplicadas à reconstituição de qualquer outro anuro fóssil.

Reconstituição esquelética

Para a reconstituição osteológica de qualquer anuro algumas características devem ser consideradas:

Os anuros apresentam uma anatomia muito peculiar, com esqueleto altamente adaptado ao salto. A sequência vertebral é rígida e numericamente reduzida, com cerca de nove vértebras no total, reforçadas por zigapófises que restringem a flexão lateral. O atlas está conectado diretamente às vértebras pré-sacrais, não havendo vértebras cervicais. As apófises transversais são longas, com costelas vestigiais ou ausentes. A cintura pélvica é forte e ocupa quase metade do comprimento do corpo. O ílio é alongado e projetado para frente, enquanto o púbis é reduzido e cartilaginoso. As vértebras posteriores estão reduzidas a um bastão chamado uróstilo. As patas anteriores são curtas, com rádio e ulna fundidos, e mãos com cinco artelhos, sendo o primeiro (polegar) reduzido e muitas vezes não aparente. As patas posteriores são longas, com tíbia e fíbula fundidas e cinco artelhos, sendo o quarto mais longo (**Fig.25**).

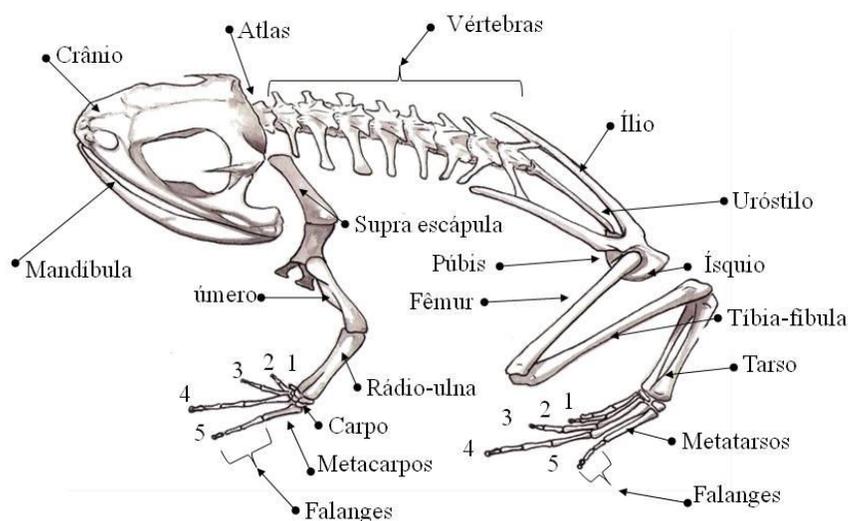


Figura 25. Reconstituição esquelética de *A. placidoi*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).

Reconstituição muscular

O segundo passo para a reconstituição de *A. placidoi* é o desenho de sua musculatura. Fósseis como o de *A. placidoi*, onde maior parte do esqueleto se encontra preservado, são favoráveis a uma detalhada reconstituição muscular. Comparando com anuros atuais pode-se recriar o volume da massa muscular de *A. placidoi*, dando-lhe, assim, silhueta. Assim, como o esqueleto, a musculatura dos anuros está adaptada ao salto. As patas posteriores possuem músculos poderosos que formam um sistema de alavanca capaz de arremessar o animal no ar. O salto é executado graças principalmente a um conjunto de músculos da coxa denominados *Triceps femoris*. A coxa é recolhida junto ao corpo com ajuda do músculo *semimembranosus*.

Na perna destaca-se o volumoso músculo *Gastrocnemius*, que se prolonga através do *Tendon Achilles* e termina na planta do pé. A ação deste músculo consiste numa flexão do pé para o lado ventral, agindo também como sustentação que impede que os dedos sejam dobrados para traz e quebrados pela contrapressão da água, enquanto nadam.

As patas anteriores robustas e a cintura escapular flexível absorvem o impacto da aterrissagem com um complexo conjunto de músculos, onde se destacam os *Latíssimos dorsi* e os *Pectorales*, respectivamente responsáveis pelos movimentos de erguer e baixar o úmero no sentido dorso-ventre.

Abaixo do *Latíssimos dorsi* encontram-se os músculos próprios do dorso. O mais evidente é o *Longíssimos dorsi*, que se estende da extremidade posterior do crânio até o uróstilo, e funciona como extensor da cabeça e do tronco. Logo abaixo deste encontra-se o *Obliquus externus* que cobre todo o flanco do animal.

Os maiores músculos do crânio são os responsáveis pelo movimento da mandíbula. O *Depressor mandibulae*, localizado entre a cabeça e o tronco, afila-se margeando o tímpano e termina inserido na parte posterior da articulação da mandíbula, de maneira que sua contração faz abrir a boca. Em contra partida o forte músculo *Temporalis* é inserido adiante da articulação da mandíbula e é um dos músculos responsáveis pelo fechamento da boca (Matthes, 1952).

As órbitas localizadas no topo do crânio permitem aos anuros, quando submersos, que observem o ambiente externo pondo apenas os olhos para fora d'água. Os olhos estão dispostos de forma a permitir uma eficiente visão binocular.

Considerações anatômicas para reconstituição em vida de anuros:

Em uma reconstituição do animal em movimento deve se considerar que os processos fisiológicos intracelulares de contração muscular dos membros posteriores de anuros é mais evidente que em qualquer outro vertebrado. Estes músculos encurtam-se ao máximo mais rapidamente, gerando mais potência para o salto (Pough, Janis & Heiser, 1999). Assim, em uma posição onde o músculo estaria retraído, este deve ser reconstruído mais curto e com mais volume em relação aos que se encontram estendidos ou em descanso.

Os olhos são grandes e se fecham quando o anuro come algo. Ao piscar, músculos empurram os olhos para baixo, aumentando a pressão da boca e auxiliando na deglutição.

A cavidade do tímpano é fechada pela membrana timpânica, situada logo atrás dos olhos. De formato circular, a membrana timpânica varia de tamanho e posição de acordo com o comprimento das ondas de frequência do som do chamado do macho, sendo assim, impossível reconstruí-la de forma exata em formas fósseis.

A língua é musculosa e pode ser projetada. A maioria dos anuros machos possuem bolsas de ressonância na garganta, que amplificam o som do canto. Tal estrutura não se encontra preservada em fósseis, sendo também, de reconstituição apenas sugestiva (**Fig. 26**).

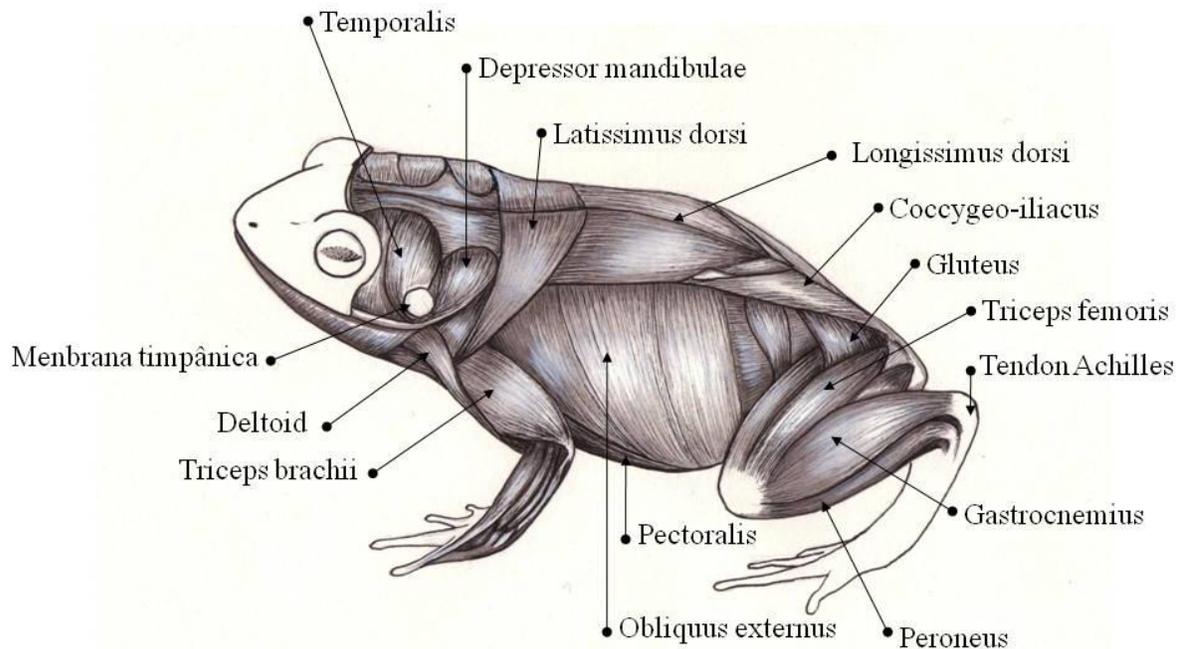


Figura 26. Reconstituição muscular de *A. placidoi*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).

Reconstituição tegumentar

O próximo passo para a reconstituição de *A. placidoi* consiste em definir a textura e a aparência de sua pele. Como no fóssil não há impressões cutâneas, a tarefa deve ser realizada através de comparação com formas recentes. A pele de anuros atuais pode ser lisa ou rugosa, e possuem até oito camadas de células, que em contato com o ar, apresentam um muco polissacarídeo específico que auxiliam no controle da dessecação. A camada celular mais externa é morta, composta por um fino extrato córneo de queratina alfa, que se desprende periodicamente. Os anuros possuem dois tipos de glândulas na epiderme, as glândulas mucosas e as glândulas granulosas. As glândulas mucosas são abundantes e secretam muco através de ductos, continua e espontaneamente, limpando e lubrificando a pele, mantendo-a úmida, de forma com que a respiração cutânea possa ocorrer normalmente. As glândulas granulosas ficam sob controle hormonal ou nervoso, e quando estimuladas, podem secretar um fluido de sabor desagradável e em alguns casos altamente tóxicos, servindo como defesa contra predadores. Estas glândulas estão concentradas “nas verrugas” e em bolsas que muitos sapos possuem logo atrás dos olhos (Hildebrand, 1995).

A Família Leptodactylidae é composta por rãs com glândulas granulosas discretas. Graças ao hábito semi-aquático, quando estão fora da água precisam manter o corpo recoberto de muco para não perderem a umidade. *A. placidoi* vivia em um ambiente lagunar. Logo, seria possível que sua pele tivesse um aspecto dos Leptodactylidae atuais que vivem próximos a corpos d'água, ou seja, a cobertura cutânea de *A. placidoi* pode ser reconstruída como relativamente lisa e úmida.

Reconstituição de cor

Os anfíbios são conhecidos pela grande variedade de cores. Os anuros da família Dendrobatidae possuem um coloração intensa usada para defender o território de outros machos, e também como advertência aos predadores, que aprendem a associar a coloração brilhante com as propriedades tóxicas do animal. Entretanto, a grande maioria dos anuros utiliza a coloração para se camuflar, usando as cores e manchas da pele para se ocultar no meio em que vivem. Uma vez que os anuros utilizam o canto para atração de parceiros, a coloração pode exercer, na maioria das vezes, o papel de mimetizar o animal, que fora de seu habitat revela padrões de manchas e cores atraentes, mas inserido em seu meio ambiente tornam-se indistinguíveis.

Todas as espécies da família leptodactylidade apresentam um padrão de cor e manchas que os auxiliam a se mimetizarem entre a vegetação e o substrato das margens dos corpos d'água onde vivem.

Assim, possivelmente, *A. placidoi* foi um Leptodactylidae que, como os atuais, não deveriam usar suas cores para advertência, e sim para camuflagem. Quando fora d'água deveria viver entre a vegetação próxima as margens do lago, à procura de insetos. Para se ocultar de predadores e presas *A. placidoi* deveria ter uma coloração semelhante às das folhas e dos substratos, ou seja, tons de marrom, ocre, verde oliva e preto.

Não coincidentemente, leptodactilideos atuais, que vivem da mesma forma em que provavelmente viveu *A. placidoi*, possuem estas mesmas cores, corroborando, assim, para a conclusão de que as cores possíveis para *A. placidoi* foram: marrom, ocre, verde oliva e preto. Distribuídos em manchas pelo corpo, com o dorso levemente mais escuro, como a maioria dos anuros atuais, e desenhos irregulares nos flancos e patas, que o auxiliariam a mimetizar-se com o

ambiente. Por fim, os olhos poderiam ser mais claros, com a pupila preta disposta na posição horizontal, como os atuais leptodactilídeos (**Fig. 27**).



Figura 27. Reconstituição em vida de *A. placidoi*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 5- Ilustração digital).

6.1.3 Reconstituição de *Aelosaurus maximus*

Os dinossauros saurópodes foram os maiores animais que já caminharam sobre a Terra, com espécies que ultrapassavam 40m de comprimento. Estes dinossauros são encontrados em sedimentos do Triássico Superior (Norian, aproximadamente 210 milhões de anos) ao Cretáceo Superior (Maastrichtiano, aproximadamente 70 milhões de anos) (Paul, 2010).

Ao longo de sua evolução, muitas espécies surgiram, algumas de formas bizarras, mas de um modo geral as características morfológicas principais dos saurópodes sempre se mantiveram. Dentre estas características as mais relevantes são: corpo robusto e volumoso, sustentado por patas colunares em uma posição quadrúpede, cauda e pescoço compridos com cabeça proporcionalmente pequena, com dentes frágeis, adaptados a uma alimentação exclusivamente herbívora.

A família Titanosauridae foi a última família de saurópodes a surgir, com espécies que viveram até o final do período Cretáceo. De ampla distribuição geográfica, os Titanosauridae são os dinossauros mais comuns no Brasil, somando, até o momento, oito gêneros descritos (Kellner & Campos, 2012).

Aelosaurus é um gênero de Titanosauridae com duas espécies argentinas e uma brasileira: *Aelosaurus maximus*. Em vida, *A. maximus* poderia chegar até 20m de comprimento, sendo assim, um dos maiores dinossauros do Brasil. Seus fósseis foram encontrados no município de Monte Alto, São Paulo, em sedimentos pertencentes à Formação Adamantina (Santucci & Arruda-Campos, 2011).

Pegadas fósseis de saurópodes encontradas em várias partes do mundo sugerem que estes animais possuíam o hábito gregário, como os atuais elefantes africanos (Bakker, 1988). Assim também deveria viver *A. maximus*, em grandes manadas que cruzavam a planície semiárida em busca de água e alimento.

Reconstituição esquelética

A. maximus foi descrito a partir de um esqueleto incompleto (**Fig. 28**). A reconstituição esquelética é possível usando dados osteológicos obtidos a partir de outras espécies com proximidade filogenética, como *Aelosaurus rionegrinus* Powell, 1987 e *Gondwanatitan faustoi* Kellner & Azevedo, 1999. Estes dados são utilizados como referência para elaboração de cada osso faltante, que será adaptado e enxertado ao esqueleto de *A. maximus*, completando deste modo, suas lacunas. Em *A. maximus* este método oferece uma reconstituição muito confiável, uma vez que a anatomia de Titanosauridae é relativamente conservadora (Novas, 2009).

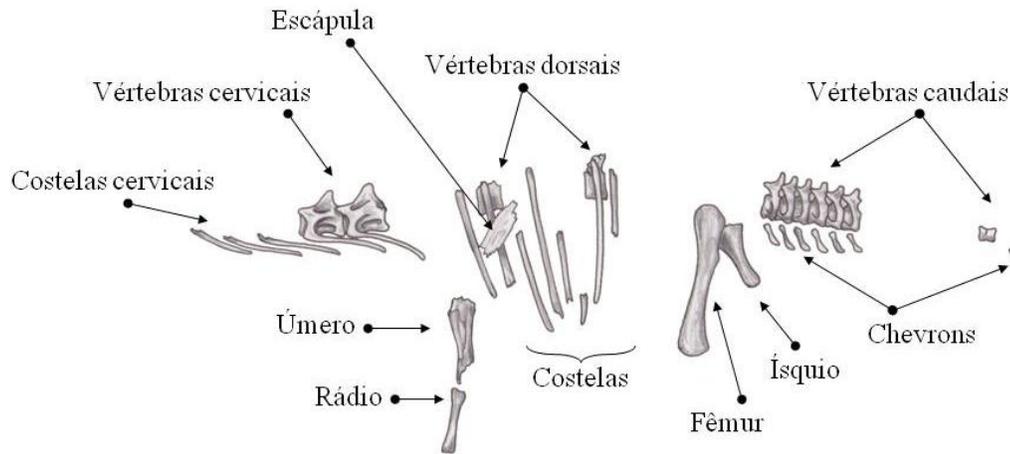


Figura 28. Fósseis de *Aelosaurus maximus*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2 - Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).

De um modo geral, o esqueleto dos saurópodes estava totalmente adaptado ao gigantismo, permitindo que o animal se locomovesse sem desperdício de energia (Norman, 1996). O crânio é pequeno e frágil, se comparado ao corpo. As órbitas possuem formato de gota invertida e nelas se alojam o anel esclerótico, um envoltório ósseo que margeia e define o tamanho dos olhos. As narinas externas estão alojadas na parte superior do crânio, quase que entre os olhos. Os dentes são pequenos e cilíndricos, sutilmente curvados para trás e com a ponta chanfrada em forma de “V” (Paul, 2000).

O esqueleto axial é moderadamente articulado. Não há uma fórmula vertebral precisa, mas em média, Titanosauridae possuem uma sequência vertebral constituída por treze vértebras cervicais, 10 a 12 dorsais, seis sacrais e algo em torno de 30 a 40 caudais (Novas, 2009). As vértebras são pneumáticas, com zonas cavadas (pleurocelos) e ricas em cristas de suporte, o que permite uma considerável redução de peso sem perda de resistência (Wedel, 2005). As vértebras cervicais são dotadas de finas e longas costelas cervicais, que se posicionam horizontalmente e são voltadas para trás, articulando-se moderadamente de forma imbricada com a posterior. O comprimento das costelas cervicais pode variar de uma vez e meia a um dobro do tamanho da vértebra da qual faz parte. As patas articulam-se de forma mais ou menos reta, como colunas, ideais para suportar o grande peso. O fêmur é longo e reto, pois curvas em seu formato tenderiam a debilitá-lo (Norman, 1996). Nos pés, os metatarsos e falanges assumem uma disposição muito

semelhante a dos elefantes. Em relação a outros saurópodes, os Titanosauridae possuem um distanciamento maior entre as patas direitas e esquerdas, com ossos mais robustos e volumosos, e patas dianteiras desprovidas de falanges (**Fig. 29**).

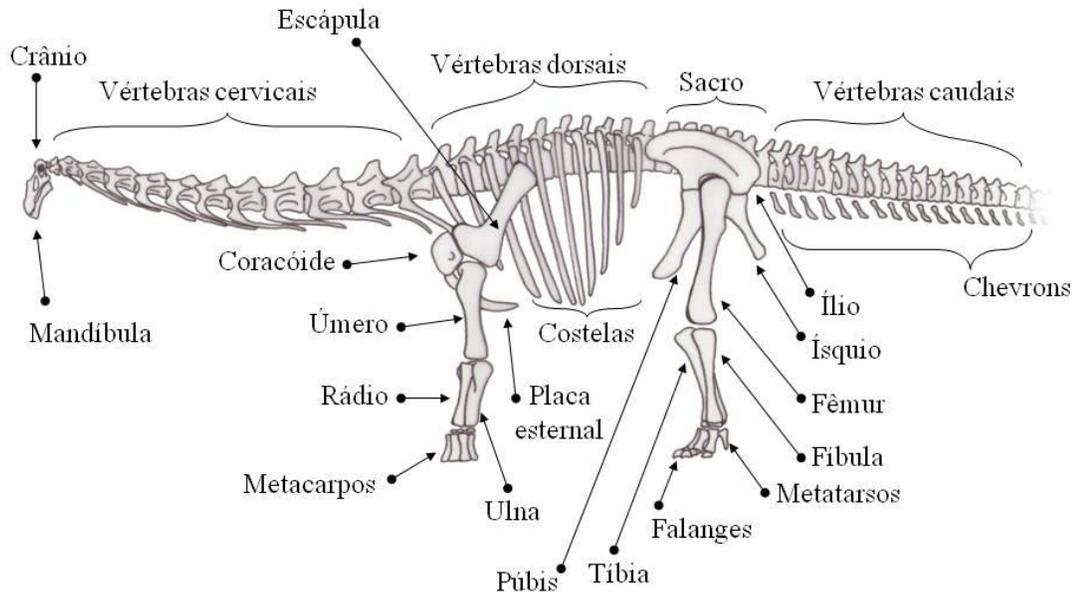


Figura 29. Reconstituição esquelética de *Aelosaurus maximus*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina).

A cintura pélvica é larga e volumosa, composta por ílio, púbis e ísquio, e suportam os fortes músculos das pernas e cauda. A cintura pélvica é ponto chave para a classificação de dinossauros (Norman, 1996).

Os dinossauros estão divididos em dois grandes grupos, de acordo com a disposição do púbis e ísquio. Dinossauros com ísquio e púbis posicionados paralelamente e apontados para trás dos membros posteriores pertenciam ao grupo dos ornitíscuios. Enquanto dinossauros que possuíam ísquio e púbis apontados em direção oposta pertenciam ao grupo dos sauríscuios. O grupo dos sauríscuios é constituído por terópodes, prosaurópodes e saurópodes. Todos os demais grupos de dinossauros pertenciam ao grupo dos ornitíscuios.

Outra característica anatômica típica de dinossauros é o acetábulo furado, um encaixe da lateral da cintura pélvica onde se aloja a cabeça do fêmur (Norman, 1996). O acetábulo furado é encontrado apenas em dinossauros e seus descendentes, as aves (**Fig. 30**).

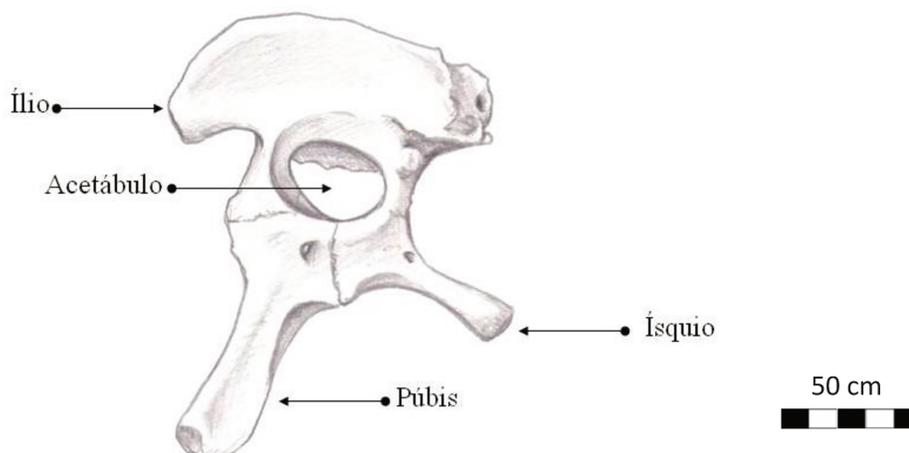


Figura 30. Cintura pélvica de Titanosauridae em visão lateral esquerda. Ilustração de Ariel Milani Martine. Modificado de Borsuk-Bialynicka (1977) (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

Reconstituição muscular

Muitas reconstituições de saurópodes foram efetuadas usando como base a musculatura de grandes mamíferos. Este é um erro muito comum. Para reconstruir *A. maximus* de forma correta deve-se usar como referência a musculatura de aves e crocodilianos, os representantes vivos mais próximos filogeneticamente dos saurópodes. Estes músculos devem ser adaptados aos ossos de *A. maximus* usando como guia as marcas de fixação e inserção muscular deixados em seus ossos. Estas marcas propiciam recompor o volume destes músculos, permitindo uma reconstituição relativamente segura da silhueta do animal.

Assim como em répteis e aves atuais, o crânio dos saurópodes era pobremente coberto por músculos faciais (Paul, 2000). Os músculos mais evidentes do crânio eram os responsáveis pela movimentação da mandíbula, pálpebras e narinas. Os músculos nasais, junto a cartilagens, prolongavam as narinas externas, na parte superior do crânio, próximo as órbitas até pouco mais da metade do comprimento do crânio. O restante do crânio é coberto por pele que se fixava diretamente aos ossos. Os músculos do pescoço eram alongados e mantinham-no em posição mais ou menos horizontal. Inseridos nos espinhos neurais das vértebras cervicais, o músculo

Espinalis capitis, percorria a parte dorsal do pescoço até a base do crânio e, quando contraído, erguia a cabeça do animal. O músculo *Longissimus cervis* era posicionado lateralmente e estava conectado às vértebras de cada lado do pescoço, sendo responsável pelo seu movimento lateral. Na base do pescoço estava localizado o músculo *Levator escapulae*, que puxava a escápula anteriormente.

No corpo, os músculos mais sobressalentes eram o *Trapezius*, que puxava a escápula dorsal e anteriormente, o músculo *Latissimus dorsi* que auxiliava a trazer o braço junto ao corpo, o músculo serratus que puxava a escápula ventral e posteriormente, e auxiliava o suporte da parte anterior do corpo. E o músculo *Obliquo esterno*, que sustentava a parede do abdômen e auxiliava a flexionar o corpo lateralmente (Chiasson, 1962).

Nos membros anteriores destacavam-se o músculo *Deltoide escapularis* que puxava o úmero anteriormente, e o músculo *Teres*, que agia de forma antagônica. Da mesma forma, o músculo *biceps* puxava o antebraço, flexionando-o, enquanto, o músculo *Triceps*, opondo-se ao anterior, puxava a região do cotovelo, estendendo desta forma o antebraço (Chiasson, 1962).

O mais visível músculo dos membros posteriores era o *Iliotibialis*. Este grande músculo, que delimitava a maior parte do formato da coxa, quando contraído, estendia a perna, deixando-a em uma típica posição colunar. Contrário a este movimento, o músculo *Iliofibulares*, quando contraído flexionava as pernas. Outros músculos importantes das pernas são o *gastrocnemius*, que estendiam os pés e o extensor *Digitorium longus*, que estendiam os dedos (Chiasson, 1962).

Os fortes músculos da cauda mantinham-na sempre suspensa, de forma que enquanto os saurópodes caminhavam, a cauda nunca se arrastava pelo chão, como ilustrado em reconstruções até a década de 1980 (Bakker, 1988) Dentre os músculos da cauda, o mais evidente era o *Caudofemoralis longus*, responsável pelo movimento lateral da cauda.

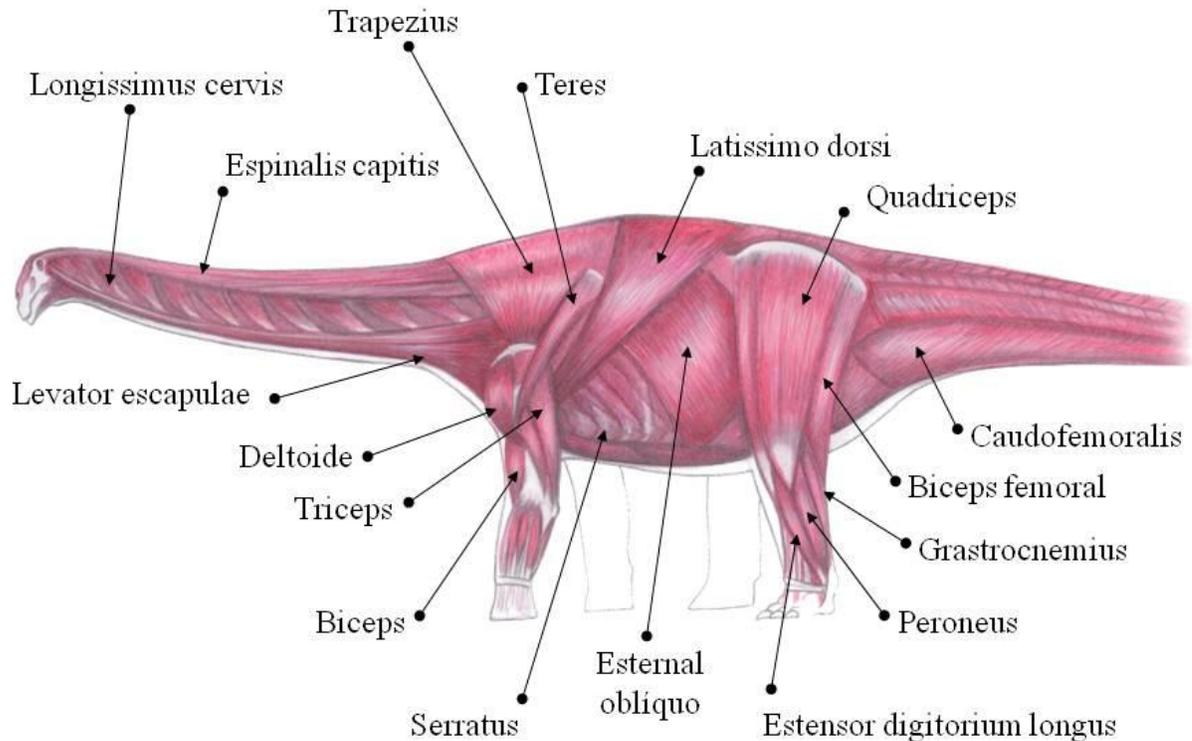


Figura 31. Reconstituição muscular de *Aelosaurus maximus*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 3 - Aguada de tinta acrílica e lápis de cor aquarelável em papel canson A4).

Reconstituição tegumentar

Partes moles, como tegumento, raramente são fossilizados, e em alguns grupos de dinossauros o revestimento cutâneo ainda é desconhecido. Mesmo raro, as poucas amostras de pele fossilizada de saurópodes fornecem informações suficientes para uma reconstituição segura. Os fósseis revelam que o tegumento dos saurópodes era formado por uma grossa malha de escamas, com formato que variava do circular ao hexagonal, dispostas uma ao lado da outra, formando um grande mosaico de escamas de tamanhos variados (Upchurch *et al.*, 2004). As escamas maiores ficavam em áreas do corpo com menor mobilidade, enquanto áreas mais flexíveis eram revestidas por escamas menores. Mesmo queratinizadas, as bordas das escamas eram menos rígidas permitindo uma livre articulação com as escamas vizinhas, como acontece em crocodilianos atuais. O corpo de *A. maximus* deveria ser quase totalmente coberto por esta malha, e em pontos de constante movimentação, poderiam ocorrer também rugas e pregas de pele, dando-lhe um aspecto, em parte, semelhante aos atuais paquidermes.

Alguns titanosaurídeos possuíam o dorso coberto por placas ósseas denominadas osteodermos. Com tamanhos diferentes, essas placas eram dispostas de forma mais ou menos aleatória e juntas constituíam uma eficiente couraça protetora. No município de Ibirá, São Paulo, foi encontrado um grande osteodermo isolado, que poderia ser atribuído a um *A. maximus* (Marinho & Iori, 2011). Assim, o dorso de *A. maximus* poderia ser coberto com osteodermos, da mesma forma que o Titanosauridae argentino *Saltasaurus loricatus* Bonaparte & Powell, 1980.

Reconstituição de cor

Dos fósseis encontrados atribuídos a saurópodes, nenhum apresenta qualquer indício que possa revelar a cor desses animais em vida e animais atuais mais próximos filogeneticamente a este grupo ocupam um nicho ecológico totalmente diferente, não podendo ser usados como referência de cor. Assim, a reconstituição da cor de *A. maximus* pode ser estimada usando como referência animais atuais, sem relações filogenéticas, que ocupem um nicho ecológico semelhante ao ocupado por *A. maximus*.

A. maximus foi um grande herbívoro, e provavelmente vivia em manadas em um ambiente semiárido. Atualmente um grande mamífero compartilha as mesmas características: o elefante africano (*Loxodonta africanus* Gray, 1821). Essa espécie de elefante é o maior animal nas savanas africanas, e quando adulto raramente é abatido por inimigos naturais, não precisando assim, de um padrão de camuflagem que o oculte de predadores. Como o tamanho representa a estratégia de proteção, o elefante africano possui uma única cor em todo o corpo: o cinza escuro. Mas devido aos constantes banhos de lama e a poeira do semiárido, que impregna sua pele, na maior parte do tempo, o elefante africano apresenta uma coloração que varia do ocre ao marrom avermelhado. Dessa forma, graças às similaridades físicas, ecológicas e possivelmente comportamentais é bem provável que a coloração de *A. maximus* fosse semelhante à de um elefante africano.

Quando adulto um *A. maximus* não deveria ter inimigos naturais, mas, quando filhote, mesmo em meio à manada, os indivíduos juvenis poderiam ser vulneráveis ao ataque de predadores. Desta forma é provável que, como em muitas espécies atuais, *A. maximus*, quando jovem, tivesse um padrão de manchas ou listras, utilizado como uma camuflagem contra os

predadores, que se perderiam na medida em que o animal fosse crescendo e assumisse o porte adulto.

A grande maioria dos saurópodes, assim como *A. maximus*, deveria ter coloração semelhante à dos elefantes. Porém, usar unicamente a cor de grandes mamíferos como referência para ilustrar qualquer dinossauro não é correto. Grandes mamíferos são monocromáticos e opacos, não só por uma exigência do ambiente, mas também, por sua baixa percepção de cores (Hildebrand, 1995). De nada adiantaria estes animais ostentarem em seus corpos cores variadas e vivas para demarcação de território ou atração sexual, se eles são daltônicos. Dinossauros, assim como seus descendentes, as aves, provavelmente enxergavam bem e colorido. Então, é mais seguro afirmar que muitas espécies de dinossauros, sobretudo os de pequeno e médio porte, ou que apresentavam algum tipo de adorno poderiam ter possuído um colorido intenso e variado (Paul, 2000).

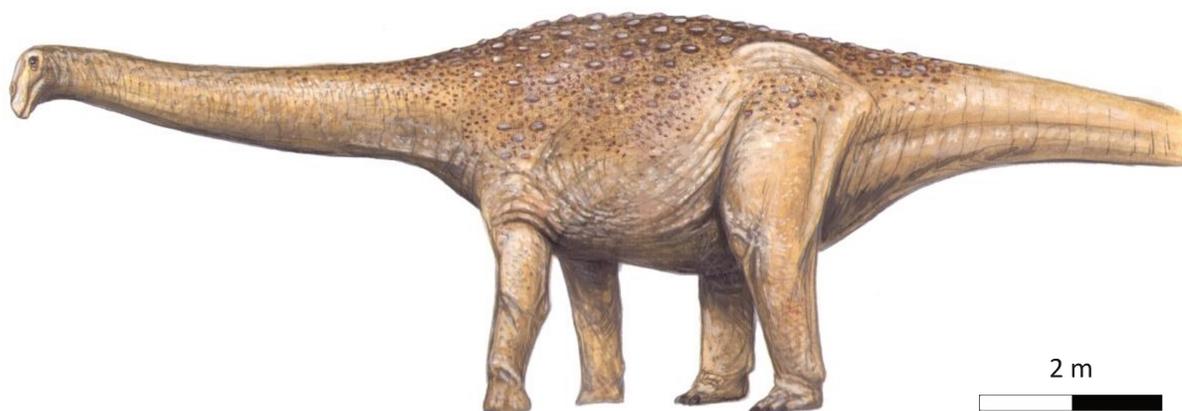


Figura 32. Reconstituição em vida de *Aelosaurus maximus*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6 - Tinta acrílica em canson A4).

6.1.4 Reconstituição de *Itaimbea priscus*

Itaimbea priscus foi um bivalve da família Iridinidae com concha oval, subcomprimida, borda anterior arredondada e borda dorsal reta e inclinada para baixo. A extremidade posterior da concha foi quebrada e o holótipo encontra-se desaparecido. Desta forma a reconstituição será executada a partir da figura pertencente ao trabalho de Mezzalira, publicado em 1974 (**Fig. 24**).

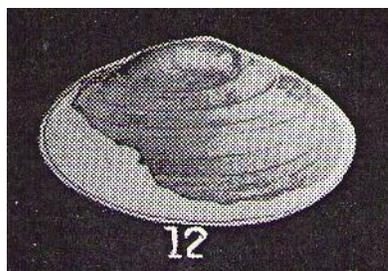


Figura 33. *Itaimbea priscus*. Fonte: Mezzalira, 1974.

O passo inicial para reconstituição de *I. priscus* consiste em reconstituir a borda da concha. Seguindo o contorno das bordas preservadas e as linhas de crescimento observadas na figura pode-se estimar a possível silhueta da concha. O resultado desta reconstituição, já efetuada no trabalho de Mezzalira (1974), pode ser refinado em uma ilustração que a apresente integralmente reconstruída (**Fig. 34**).

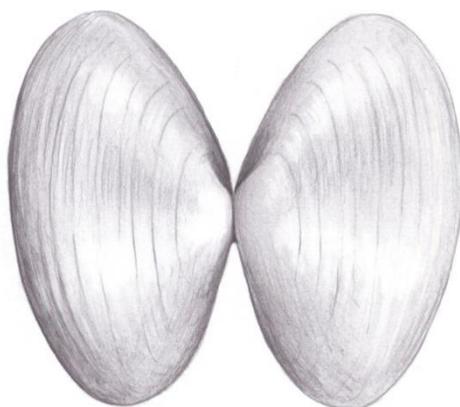


Figura 34. Reconstituição da concha de *Itaimbea priscus*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

Para estabelecer a cor da concha de *I. priscus*, deve-se usar como referência as cores de bivalves atuais de água doce. Diferente de bivalves marinhos, que apresentam uma grande variedade de desenhos e cores em suas conchas, os bivalves de água doce são em sua maioria monocromáticos, e apresentam tonalidades sempre próximas ao marrom escuro. A cor de *I. priscus* deveria estar dentro desta margem de tons (**Fig.35**).



Figura 35. Reconstituição em vida de *Itaimbea priscus*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6- Tinta acrílica em canson A4).

6.1.5 Reconstituição de *Brachyphylum obesum*

B. obesum foi uma conífera da família Cheirolepidiaceae, comuns durante a Era Mesozóica e hoje extinta. Essa família teve uma ampla distribuição geográfica, sendo particularmente abundante em camadas pertencentes ao EoCretáceo. A espécie foi descrita a partir de fósseis encontrados em Portugal (Lima, Saraiva & Sayão, 2012). Na Bacia do Araripe, fósseis de *B. obesum* foram registrados inicialmente no Membro Romualdo (Duarte, 1985) e posteriormente no Membro Crato. (Kunsmann, Mohr & Bernardes-de-Oliveira, 2004), onde revelam um melhor estado de preservação (**Fig. 36**). Todo material seguramente atribuído a *B. obesum* é constituído unicamente por ramos. Estes fósseis apresentam numerosas ramificações alternadas, curtas e espessas, com região distal obtusa. Suas folhas são rômbricas e densamente imbricadas de aparência coriácea e o dorso levemente estriado. Folhas com a cutícula preservadas apresentam estômatos submersos e os formatos suculentos dos ramos e folhas sugerem uma adaptação a ambientes com climas semiáridos ou com um déficit hídrico pronunciado (Sucerquia *et al.*, 2006)



Figura 36. Fóssil de *Brachyphylum obesum*, do Membro Crato. Museu de Paleontologia de Santana do Cariri. Foto de Ariel Milani Martine.

O trabalho de reconstituição de um vegetal fóssil é dividido em duas etapas: a primeira visa reconstruir apenas a parte da planta preservada no fóssil. E a segunda consiste em reconstruir o aspecto da planta em vida, na sua totalidade, com ou sem as raízes. O registro fóssil de *B. obesum* é constituído unicamente por ramos. A reconstituição destes ramos representa a primeira etapa do processo de reconstituição desta espécie.

Reconstituição dos ramos de *Brachyphylum obesum*

O trabalho de reconstituição vegetal inicia-se através de um esboço composto basicamente por linhas que ilustram o formato e as principais características da morfologia externa da espécie. Este esboço preliminar pode ser efetuado a partir de fotografias ou preferencialmente a partir de fósseis originais. O esboço tem a função de tornar mais claras as características morfológicas, que por vezes, são confusas no fóssil, além de gerar uma familiarização do ilustrador com tais estruturas, possibilitando uma maior facilidade em representá-las em desenhos mais elaborados executados posteriormente (**Fig. 37**).

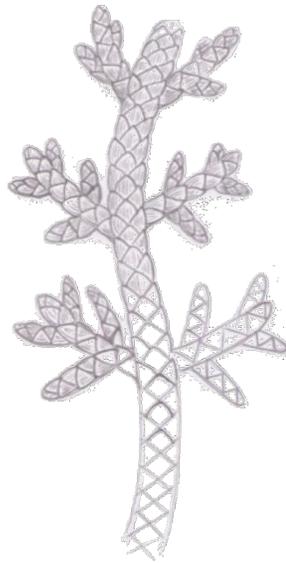


Figura 37. Esboço inicial de ramo de *Brachyphyllum obesum*, mostrando as principais estruturas. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

O passo seguinte da reconstituição dos ramos de *B. obesum* é efetuado a partir da observação de vários fósseis desta espécie, buscando uma padronização na disposição dos ramos. *B. obesum* possui ramos alternados que podem chegar a quatro subdivisões. Em relação ao eixo central, os ramos laterais estão dispostos em ângulos que podem variar de 45° a 75° . Este padrão de disposição associados aos detalhes ilustrados no esboço inicial são os mais importantes elementos para reconstituição.

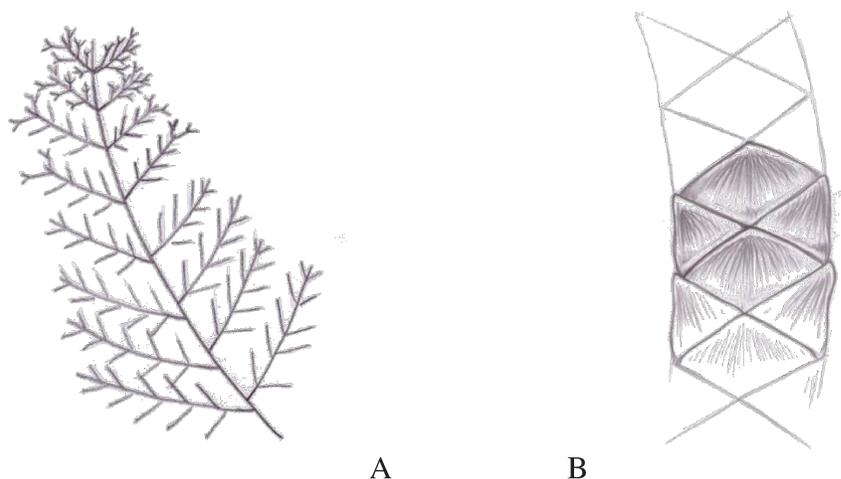


Figura 38. Desenho esquemático mostrando a disposição dos ramos (A) e detalhe das folhas (B) de *Brachyphyllum obesum*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1- Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

Entretanto, antes de concluir uma reconstituição, deve-se considerar que por melhor que estejam preservados, a maioria dos fósseis contém a impressão de plantas em uma posição geralmente plana, onde todas as folhas e ramos encontram-se no mesmo nível. Este fato ocorre devido à natureza delicada das folhas, flores e ramos. Uma vez depositada entre os sedimentos estes ramos, com a diagênese, são comprimidos horizontalmente, e assim como plantas atuais prensadas em um herbário, perdem sua tridimensionalidade, quando se trata de impressões e compressões. Em vida, os ramos de *B. obesum* teriam outro volume, pois poderiam crescer em diferentes direções, e mesmo presos aos fortes galhos, e compostos por folhas rijas, a gravidade poderia fazer com que alguns ramos ficassem pendentes ou levemente dobrados. Uma forma de ilustrar um possível volume de um vegetal extinto é utilizar vegetais atuais próximos filogeneticamente e morfológicamente ao fóssil estudado como referência para reconstituição. Fósseis de *B. obesum* sugerem que suas folhas eram muito semelhantes à de algumas espécies atuais da família Cupressaceae, assim, plantas desta família podem ser utilizadas como referência para reconstituição do volume e aspecto em vida de folhas e ramos de *B. obesum*, concluindo deste modo, a coleta de informações necessárias a sua reconstituição (**Fig. 39**).

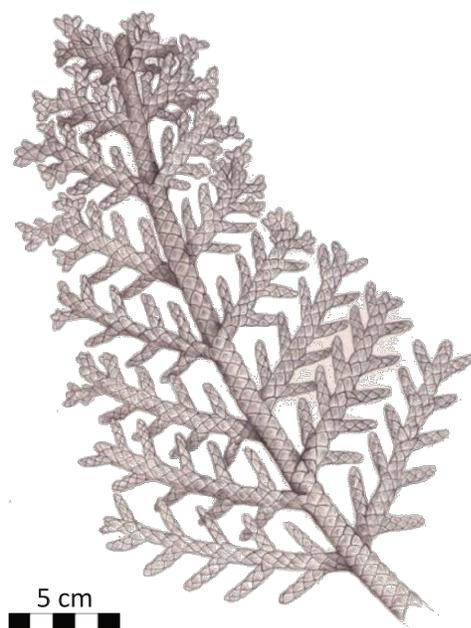


Figura 39. Reconstituição de ramos de *Brachyphylum obesum*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1 - Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

Reconstituição do hábito de *B. obesum*

Os ramos de *B. obesum* indicam que este vegetal provavelmente teria um porte arbóreo, embora seja impossível estabelecer a silhueta e tamanho exato desta conífera baseando-se apenas em seus ramos. Alguns troncos fósseis isolados encontrados no Membro Romualdo são informalmente atribuídos a *B. obesum*, porém, até o momento, não há nenhum indício seguro que permita a inclusão de tais troncos nesta espécie. Assim, a reconstituição arbórea de *B. obesum* deve ser baseada em coníferas atuais que habitam em clima cálidos. O fator ambiental é muito importante, pois pode determinar a silhueta do vegetal. Espécies de coníferas que vivem em ambientes frios possuem geralmente um formato de cone, como os tradicionais pinheiros de natal. Este formato permite um melhor escoamento da neve, evitando que galhos se quebrem devido ao sobrepeso. Enquanto, coníferas de ambientes mais quentes, quando adultas apresentam uma silhueta irregular, com uma copa mais volumosa e assimétrica (**Fig. 40**), *B. obesum* foi uma conífera que viveu em um clima quente (Sucerquia & Bernardes-de-Oliveira, 2009) então é muito

provável que tivesse uma silhueta irregular, como as atuais coníferas adaptadas ao ambiente quente.

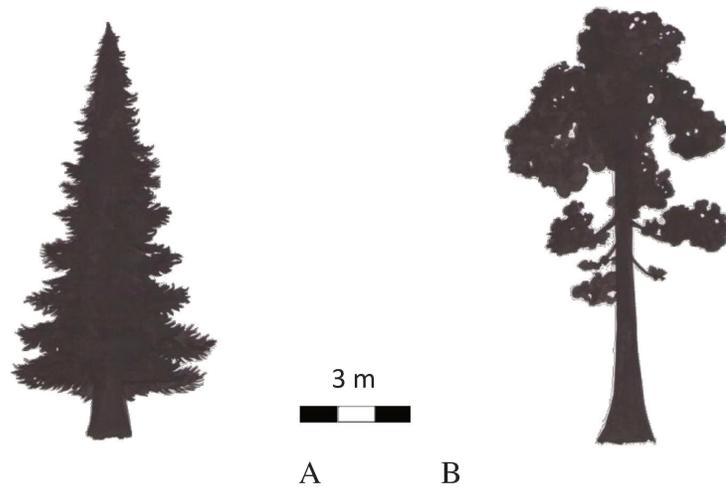


Figura 40. Comparação entre silhuetas de coníferas de ambiente frio (A) e ambiente quente (B). Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 2- Tinta nanquim preta e branca e caneta nanquim preta descartável nº 0.05, nº 0.1 e nº 0.5 em cartolina e sulfite).

A reconstituição arbórea de *B. obesum* inicia-se, então, com um esboço que lhe define uma possível silhueta, baseada em coníferas atuais de ambientes quentes (**Fig. 41**).



Figura 41. Esboço da possível silhueta de *Brachyphylum obesum*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1 - Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

Uma vez definida a silhueta mais provável, a etapa seguinte resume-se em adequar o conjunto de rijos ramos de *B. obesum* ao esboço da silhueta, recriando desta forma seu aspecto arbóreo (Fig. 42).

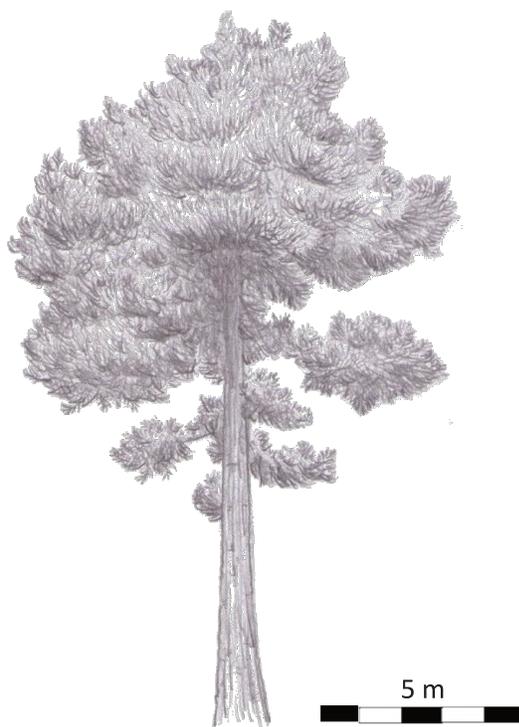


Figura 42. Reconstituição arbórea de *Brachyphylum obesum*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 1 - Lápis HB e 6B em papel sulfite A4).

Reconstituição de Cor

A parte externa do tronco da maioria dos vegetais de porte arbóreo, quando adultos, exibe cores quase sempre derivadas do marrom. As folhas, porém, podem ter uma diversidade maior de cor. As cores expostas nas folhas são produzidas pelos muitos pigmentos presentes nos vegetais. O pigmento que fornece a cor verde é produzido, maiormente pela clorofila, que também age como uma reserva de energia solar. Os tons que vão do amarelo ao laranja intenso são produzidos pelos Carotenóides, que absorvem luz com comprimentos de ondas diferentes dos da clorofila. Tons de vermelho vivo, violeta e azul são produzidos pelas antocianinas, sensíveis a fatores de PH do solo (Went, 1983).

Em muitas espécies de árvores, de clima temperado, no decorrer do ano, condições atmosféricas induzem a uma sucessão de pigmentos, fazendo com que suas folhas mudem gradualmente de cor. Quando se encerra a fase de atividades das folhas, no início do outono, a produção de clorofila, que no verão e primavera pigmenta as folhas de verde, vai, paulatinamente sendo substituída pelos carotenóides, que conferem uma tonalidade que vai do amarelo ao laranja avermelhado às folhas durante o outono até, finalmente, caírem durante o inverno. Estas folhas caducas são substituídas anualmente. Coníferas de uma forma geral possuem folhas perenes que mantêm os mesmos tons de verde o ano todo. Assim, pode-se concluir a reconstituição de *B. obesum* aplicando-lhes as mesmas tonalidades encontradas em coníferas atuais: tronco amarronzado e folhas que variam do verde musgo escuro ao verde oliva com brotos relativamente mais claros (Fig. 43).

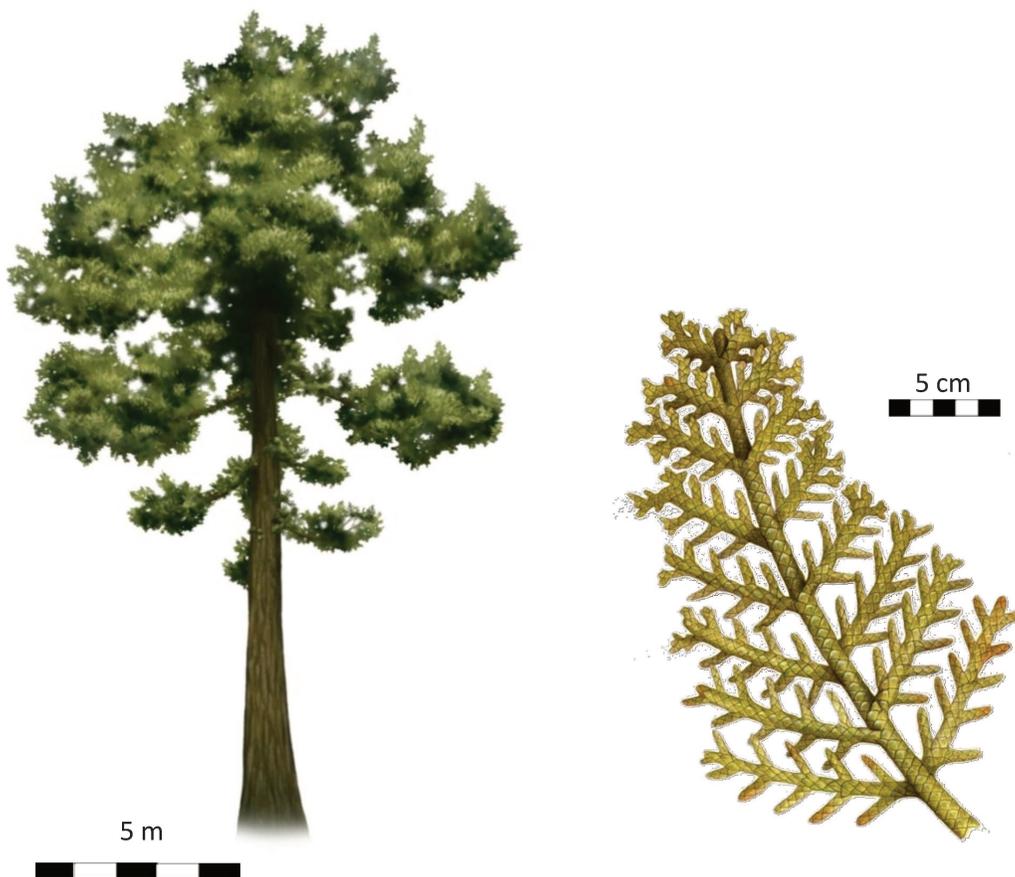


Figura 43. Reconstituição final de *Brachyphylum obesum*. Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 5- Ilustração digital).

6.2 Reconstituição do paleoambiente do Membro Crato.

Posicionado paleogeograficamente em uma zona climática quente e seca, a Bacia do Araripe, durante a deposição do Membro Crato, foi habitada por muitos organismos adaptados aos rigores dos desertos e savanas, ambientes comuns à região equatorial do Gondwana, durante o início do Cretáceo.

Representantes atuais de algumas plantas e animais que viveram durante a deposição do Membro Crato, hoje, estão restritos às regiões desérticas do mundo, como por exemplo, os aracnídeos solifugas, conhecidas popularmente como aranhas de sol, ou as plantas da família Welwitschiaceae, presentes atualmente apenas em regiões desérticas do sul da África. Outro indício de ambiente quente pode ser observado em coníferas da família Cheirolepidiaceae do Membro Crato. Estas plantas apresentam folhas reduzidas, cutículas muito espessas, estômatos afundados e aspecto suculento de ramos e folhas, peculiaridades que visam principalmente à diminuição de transpiração.

Entretanto, com o surgimento do embrião oceano atlântico, a região da Bacia do Araripe, antes localizada a grandes distâncias dos oceanos, passou a se localizar próxima ao litoral. Esta proximidade pode ter ocasionado o aumento de umidade responsável pela formação do complexo de lagos, que ainda ligavam o nordeste do Brasil a África ocidental.

Neste novo cenário pode-se observar organismos típicos de ambientes quentes e secos convivendo com organismos adaptados a ambientes tropicais, como insetos da família Kolydiidae, conhecidos popularmente como esperanças. Estes insetos, quando em populações dominantes (como é o caso do Membro Crato) são indicadores de clima quente e úmido (Martins-Neto, 2006).

Pode-se, assim, concluir que o paleoambiente no qual se depositou o Membro Crato era formado por uma grande rede de lagos, margeados por charcos e bosques. O clima nas regiões de lagos e charcos deveria ser quente e úmido. Nos bosques mais afastados dos lagos, a umidade seria consideravelmente menor, e provavelmente deveria diminuir ainda mais tornando o ambiente semiárido em regiões distantes dos lagos. Assim, organismos adaptados a ambientes com maior umidade habitavam as regiões próximas aos lagos, enquanto organismos adaptados a regiões mais secas viviam em áreas mais distantes dos lagos.

A diversidade de adaptações observadas em componentes da biota do Membro Crato indica claramente a presença de nichos ecológicos diferentes neste paleoambiente. Segundo Neumann, 1999 & Neumann *et al.*, (2002) *apud* Moura, Barreto & Báez, (2006), o ambiente deposicional do Membro Crato estava dividido em quatro subambientes distintos: 1- lacustre, 2- margens e charcos, 3- zonas drenadas acima do nível freático e 4- relevo de colinas..

Comparando estruturas anatômicas, como formato do fêmur e comprimento do ovopositor de grilos e gafanhotos atuais com os insetos fósseis destes mesmos grupos encontrados no Membro Crato, (Martins-Neto, 2006), estabeleceu cinco nichos ecológicos diferentes para este paleoambiente: 1- margens arenosas dos paleolagos, 2- vegetação rasteira, 3- vegetação entre rasteira e arbustiva, 4- vegetação arbustiva e 5- vegetação arbórea. Cada tipo distinto de vegetação representava um nicho ocupado por um grupo específico de insetos.

Além das características morfológicas dos organismos, dados tafonômicos podem, também, atestar a presença de nichos ecológicos distintos, embora limítrofes. O estudo de Tassi & Martins-Neto. (2007) realizado com fósseis de gafanhotos do Membro Crato revelou que todos os espécimes chegaram mortos ao sítio deposicional, com as asas em posição de descanso *post mortem* natural. Entretanto, enquanto a maioria dos indivíduos de uma mesma espécie apresentava um bom grau de preservação, com exemplares completos e articulados, outros de espécies diferentes apresentavam uma fragmentação maior com partes faltantes ou danificadas. E em alguns gêneros, é comum encontrar apenas partes isoladas, como pernas ou asas. Como cada gênero possui um grau particular de fragmentação/ preservação, pode-se concluir que as espécies de gafanhotos que viviam em nichos próximos aos lagos sofriam um transporte menor e chegavam mais completos ao ambiente deposicional, enquanto as espécies mais fragmentadas viviam em nichos ecológicos mais distantes dos lagos, e seus corpos sofriam injúrias durante o transporte, chegando danificados ou apenas em partes, ao ambiente deposicional.

Organismos que habitavam em nichos distantes dos lagos, ou em zonas elevadas eram transportados até a zona de deposição pela ação do vento ou por pequenos riachos que desciam da colina na época de chuva. As zonas eram interligadas e evidentemente, organismos de uma determinada zona poderiam visitar ou eventualmente ocorrer em outras, embora, a alta especialização demonstrada por algumas espécies sugere que estas poderiam ter um ciclo de vida inteiro fechado em um único nicho.

O paleoambiente do Membro Crato foi um ecossistema complexo composto por um mosaico de microambientes capazes de satisfazer as exigências da grande diversidade de espécies que formavam longas cadeias alimentares em uma grande variedade de níveis tróficos, sendo assim, muito difícil estabelecer com exatidão a quantidade de subdivisões ou nichos ecológicos existentes no paleoambiente do Membro Crato.

Para se obter um exemplo mais simplificado e inequívoco, no presente trabalho, o paleoambiente Crato será dividido em três subambientes: 1- Lago, 2- Pântano e 3- Bosque.

6.1.1 Lago

O ambiente deposicional do Membro Crato era constituído por um complexo de lagos de extensão variável, ocasionalmente interligados, não muito distante da linha da costa (Martins-Neto, 2006). Estes lagos eram abastecidos por pequenos rios que transportavam pequenas carcaças ou restos de plantas de zonas mais distantes até o ambiente deposicional. A porção superficial dos lagos era composta por água doce, e em épocas de seca suas margens poderiam se tornar muito rasas. A região próxima às margens era ocupada por muitas espécies diferentes de insetos aquáticos. O Ephemeroptera *Protoligoneuria limae* Demoulin, 1955, passava a maior parte da sua vida submerso em estágio de ninfa. O formato esférico da cabeça e o posicionamento ventral de suas peças bucais são indicadores de uma alimentação composta por algas, fungos e pedaços de folhas, que eram coletados em bancos arenosos ou no lodo do fundo das águas marginais (Martins-Neto, 2006). Quando adultos, estes insetos emergiam em grandes quantidades que aglomeravam e sobrevoavam as margens dos lagos com suas asas membranosas. Tanto as ninfas como os adultos dos efemerópteros ocupavam um papel importante na cadeia alimentar nos lagos do Membro Crato.

Outro grupo importante de insetos aquáticos que povoavam os paleolagos foram os Heteroptera. O Hydrometridae *Incertametra santanensis* Goodwyn, 2002 habitava águas rasas, entre a vegetação aquática ou sobre a superfície da água alimentando-se de pequenos organismos (Goodwyn, 2002).

As regiões próximas às margens dos lagos foram ocupadas por uma variada vegetação aquática. *Iara iguassu* fazia parte de uma extinta linhagem de angiospermas aquáticas. Esta planta vivia parcialmente submersa e possuía estruturas férteis flutuadoras. Suas longas folhas

flexíveis e filamentosas podem ter servido de refúgio para alevinos ou espécies menores de peixes, como *Dastilbe crandalli*. Este Osteichthyes foi o vertebrado mais comum do Membro Crato. Provavelmente viviam em grandes cardumes e quando jovens eram predados por peixes maiores como também Osteichthyes *Cladocyclus gardineri*, um eficiente peixe carnívoro portador de uma série de dentes cônicos, alongados e pontiagudos. O sucesso evolutivo de *Cladocyclus gardineri* lhe rendeu uma ampla distribuição, sendo o peixe mais frequentemente encontrado em depósitos cretáceos do Brasil. Seus fósseis estão presentes nas Bacias do Parnaíba, Sergipe-Alagoas, Recôncavo, Tucano e Araripe, onde são comuns no Membro Crato, Camada Ipubi e Membro Romualdo, onde foram encontrados indivíduos com mais de um metro de comprimento.

Axelrodichthys araripensis foi um Sarcopterygii cujos fósseis são encontrados tanto no Membro Crato como no Membro Romualdo. Pertencente a um grupo conhecido popularmente como celacantus, *Axelrodichthys araripensis* foi, provavelmente, o maior representante da ictiofauna do Membro Crato, podendo atingir até dois metros de comprimento (Maisey, 1991).

A abundância de peixes dos paleolagos era responsável pela permanência de populações de diversas espécies de pterossauros. O Ornithocheiridae *Ludodactylus sibbicki* foi um pterossauro de rostro alongado, que diferente de outros integrantes de sua família, possuía uma pequena crista craniana. Com cerca de quatro metros de envergadura *Ludodactylus sibbicki* deveria sobrevoar próximo à superfície dos lagos em busca de alimento. Possuía quarenta pares de dentes pontiagudos, que se tornavam, na porção anterior das maxila, maiores e levemente curvados para trás, ideais para apanhar e sobretudo prender o peixe durante o voo. Assim como as aves ribeirinhas atuais, os pterossauros deveriam passar a maior parte do dia sobrevoando e pescando `ss margens dos lagos e charcos, buscando, à noite, refúgio em áreas mais drenadas e altas do paleoambiente.

Outros vertebrados essencialmente piscívoros também se mantinham graças à fartura de peixes dos lagos. O Neosuchia *Susisuchus anatoceps* foi um crocodilo de aproximadamente um metro de comprimento, que assim como os atuais, quando não estavam submersos, buscavam as margens arenosas para se aquecerem ao sol.

Os fundos dos lagos apresentavam uma concentração de sal intolerável para a grande maioria dos organismos. A partir da porção média da coluna d'água a salinidade era menos

intensa, permitindo a sobrevivência de alguns invertebrados detritívoros, mais tolerantes à salinidade. O camarão *Beurlenia araripensis*, provavelmente foi o principal habitante desta zona. Atualmente crustáceos são praticamente os únicos organismos que sobrevivem em corpos d'água hipersalinas do mundo.

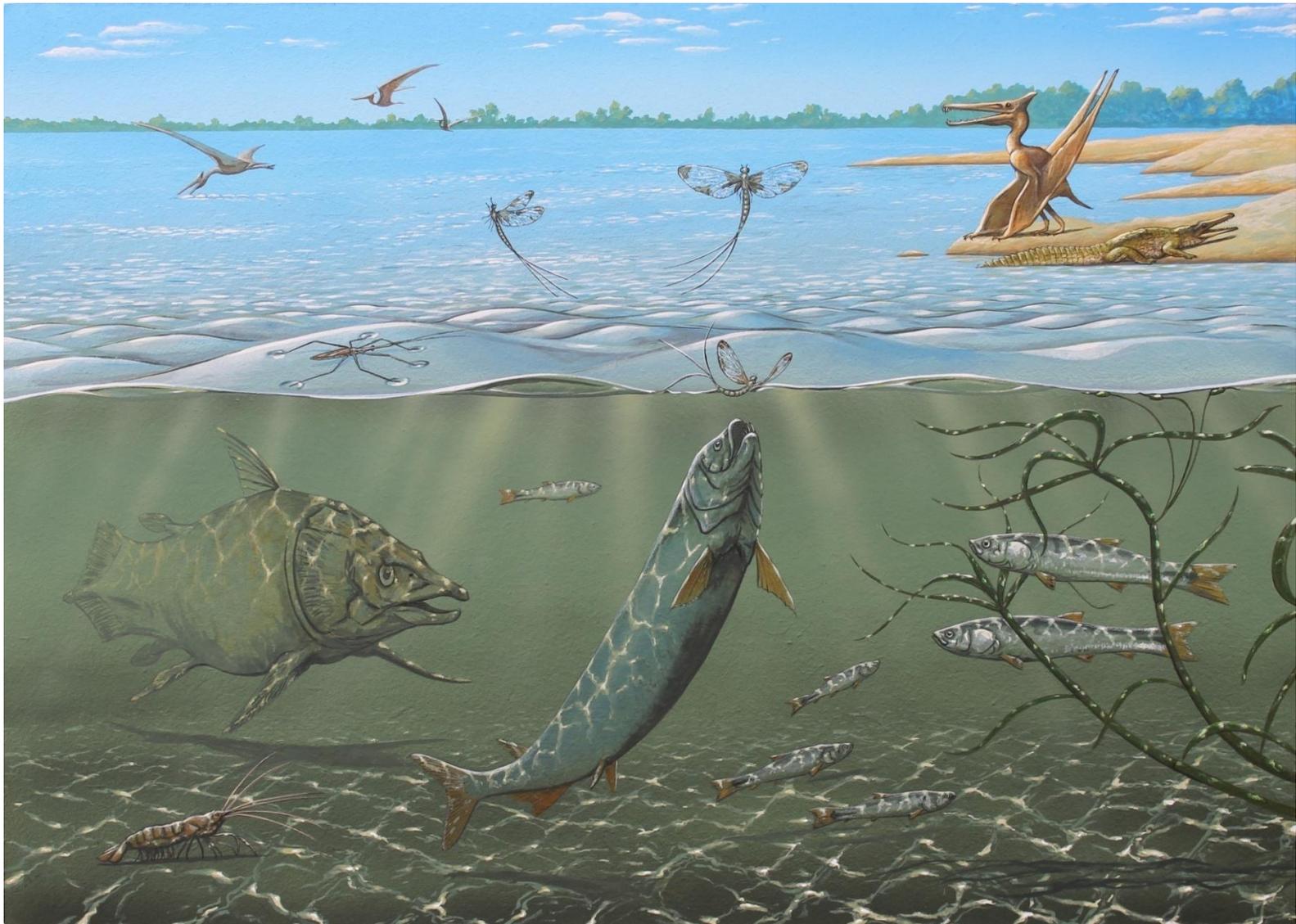


Figura 44. Reconstrução paleoambiental do Membro Crato. 1- Lago Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 4 - Tinta acrílica em MDF 43x60 cm).

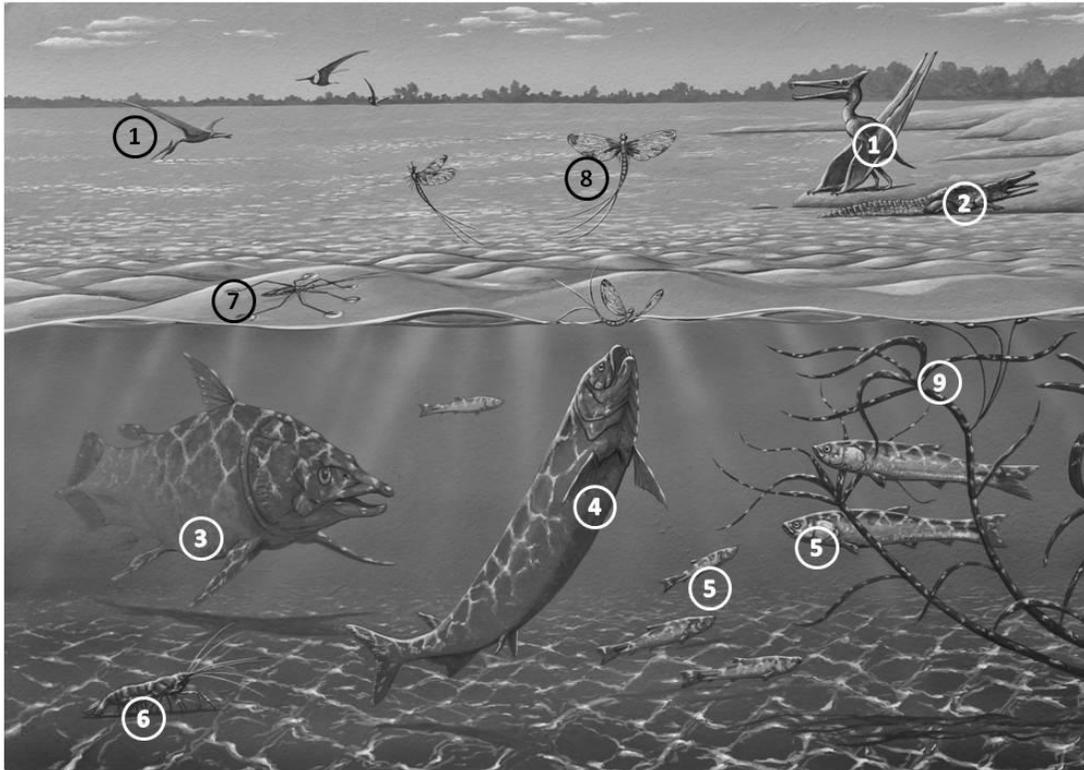


Figura 45. Legenda dos organismos da ilustração da reconstrução paleoambiental do Membro Crato Lago.

- 1- *Ludodactylus sibbicki* Frey *et al.*, 2003
- 2- *Susisuchus aanatoceps* Salisbury *et al.*, 2003
- 3- *Axelrodichthys araripensis* Maisey, 1986
- 4- *Cladocyclus gardineri* Agassiz, 1841
- 5- *Dastilbe crandalli* Jordan, 1910
- 6- *Beurlenia araripensis* Martins Neto & Mezzalira, 1991
- 7- *Incertametra santanensis* Goodwyn, 2002
- 8- *Protoligoneuria limae* Demoulin, 1955
- 9- *Iara iguassu* Fanton *et al.*, 2006

6.1.2 Pântanos

A zona de Pântanos era composta por nichos localizados entre os lagos, que poderiam, em parte, ficar periodicamente inundados. A vegetação predominante apresentava porte arbustivo com espécies menores crescendo às margens dos corpos d'água. Nestes terrenos encharcados habitavam a grande maioria de animais terrestres que passavam a fase inicial de seu ciclo de vida como formas aquáticas, como os vertebrados anfíbios e insetos odonatas.

Cratovitisma oldreadi Bechly, 2007, foi uma das cerca de quarenta espécies de libélulas que viviam nas regiões alagadiças do Membro Crato. O fóssil deste pequeno inseto contém preservada a cor verde metálica original do corpo do animal. Sendo este, o primeiro registro de fóssil com as cores do organismo preservado, da Era Mesozóica (Bechly, 2007).

Orthoptera também foi um grupo de insetos comuns à região brejosa, com espécies adaptadas aos nichos desta região. *Cearagrullus poliacanthus* Martins-Neto, 1991, foi um grilo com fêmur posterior curto e robusto, e pequeno ovopositor. Estas características lhe conferiam uma capacidade de salto menor e a necessidade de postura dos ovos em terrenos arenosos, como as margens dos corpos d'água, sendo este, provavelmente, seu nicho ecológico (Martins-Neto, 2006). Diferente de *Cearagrullus poliacanthus*, *Cratoelcana zessini* Martins-Neto, 1991, foi um Orthoptera com o ovopositor comprido. Isto indica que este último deveria viver em um nicho entre a vegetação baixa dos Pântanos, e necessitava de um ovopositor mais comprido para depositar seus ovos no solo, abaixo do substrato de folhas secas e gravetos. Seus fêmures posteriores eram também mais alongados, sendo, portanto, melhores saltadores.

Essencialmente herbívoros, as diversas populações de Orthoptera eram mantidas pela abundante vegetação dos Pântanos. A maior parte da vegetação do Membro Crato provavelmente estava restrita a esta zona paleoambiental. A angiosperma *Kltzchophyllites flabellatus*, foi uma monocotiledônea composta por eixos trifurcados, cada qual terminando em uma única folha flabelada com margens serrilhadas. Planta que crescia na borda dos corpos d'água, *Kltzchophyllites flabellatus* estava adaptada a viver em condições extremas de salinidade e estiagem (Mohr *et al.*, 2006).

Outros vegetais foram mais dependentes da umidade existente nos Pântanos do Membro Crato. A pteridófita *Rhuffordia goeppertii* Seward, 1961, foi uma samambaia semelhante ao gênero atual *Anemia*. *Rhuffordia goeppertii* possuía rizomas rastejantes e hábito ereto, com frondes triangulares que poderiam chegar até sessenta centímetros (Lima, Saraiva & Sayão, 2012).

Itajuba yansanae, foi uma Gnetales que provavelmente formavam baixas touceiras próximas aos lagos, e assim como *Kltzschophyllites flabellatus*, eram tolerantes a estiagem, o que indica uma sazonalidade no Membro Crato. Em épocas de seca, o nível dos lagos poderia

diminuir significativamente, deixando a zona de Pântano menos úmida, exigindo dos vegetais dessa região adaptações para sobreviverem. *Itajuba yansanae* é conhecida a partir de amostras com estruturas reprodutivas femininas. Em vida esta planta era semelhante ao gênero atual *Ephedra*. A vegetação de porte arbóreo foi, provavelmente, escassa na região de Pântanos. A conífera com grandes folhas lanceoladas e achatadas *Lindleycladus sp.*, pode ter sido uma das poucas árvores desta região.

Supõe-se que toda a anurofauna do Membro Crato estava condicionada a esta zona. Pequenas rãs como a Leptodactylidae *Arariphrynus placidoi*, desempenhava um importante papel ecológico, atuando como agente de controle das populações de insetos.

Onipresente no Membro Crato, pterossauros como o Azhdarcoideo *Lacusovagus magnificens*, ocupavam a zona de Pântanos a procura de anfíbios e outros pequenos animais que complementariam sua dieta, uma vez que eram basicamente piscívoros. Nesta região também deveria ser estabelecida a divisão do território de caça e reprodução. O tapejaridae *Tupandactylus imperator* de aproximadamente três metros de envergadura, foi um dos mais comuns pterossauros desta zona. Trabalhos recentes utilizando modelos de simulação digital revelam que a crista de *T. imperator* servia como um eficiente estabilizador durante o voo (Chatterjee & Templin, 2012). Entretanto, a crista deveria servir também como *display* de acasalamento. Os machos desta espécie poderiam ter cristas maiores e mais coloridas, que serviam tanto para atração de fêmeas durante a corte nupcial, como para intimidar e repelir outros machos em disputas por territórios. Na época de reprodução, os Pântanos do Membro Crato deveriam ser um ambiente populoso e concorrido para as diversas espécies que ali habitaram.



Figura 46. Reconstrução paleoambiental do Membro Crato 2- Pântano Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 4 - Tinta acrílica em MDF 43x60 cm).



Figura 47. Legenda dos organismos da ilustração da reconstituição paleoambiental do Membro Crato Pântano.

- 1- *Lacusovagus magnificens* Witton, 2008
- 2- *Tupandactylus imperator* Campos & Kellner, 1997
- 3- *Arariphrynus placidoi* Leal & Brito, 2006
- 4- *Cratoelcana zessini* Martins-Neto, 1991
- 5- *Cearagrullus poliacanthus* Martins-Neto, 1991
- 6- *Cretarchistigma essweini* Bechly, 1998
- 7- *Lindleycladus* sp. Harris, 1979
- 8- *Itajuba yansanae* Ricardi-Branco *et al.*, 2013
- 9- *Klitzschophyllites flabellatus* Mohr *et al.*, 2006
- 10- *Rhuffordia goeppertii* Seward, 1961

6.1.3 Bosque

Distante dos lagos, a zona de bosques era uma região bem drenada e elevada, por vezes cobrindo áreas de colinas. Neste ambiente melhor drenado, encontravam-se os vegetais tipicamente xerófitos, como as grandes coníferas. A Cheirolepidiaceae *Brachyphyllum obesum*, foi a conífera mais comum dos bosques do Membro Crato. Estas grandes árvores de folhas rômbricas possuíram uma ampla distribuição geográfica e temporal, e provavelmente já existiam

nesta região antes mesmo do surgimento do complexo de lagos. A zona de bosques era composta por uma vegetação de porte arbustivo e arbóreo, com clareiras que surgiam quando uma grande árvore caía. Diferente dos Pântanos, onde o solo era densamente coberto por vegetação, o chão dos bosques deveria ser mais descoberto e espaçado. *Welwitschiella austroamericana*, foi uma Welwitschiaceae que como as atuais possuía um eixo principal arredondado de onde emergiam apenas duas folhas coriáceas e estriadas (Dilcher *et al.*, 2005). Este tipo de vegetal é muito comum no Membro Crato. Entre as plantas de porte arbustivo, destaca-se a angiosperma *Araripea florifera*. Esta espécie é conhecida a partir de um fóssil bastante completo, no qual se encontram preservados os órgãos vegetativos e reprodutivos, e é um dos mais antigos registros de plantas com flores. A morfologia das folhas e botões florais sugere uma proximidade filogenética com a Ordem Magnoleales. A presença desta planta junto a insetos himenópteros sugere uma coevolução entre ambos os grupos. Dentre as espécies de insetos que frequentemente visitavam as flores de *Araripea florifera* despontava os himenópteros Apoidea, constituído por muitas espécies ainda não formalmente descritas, estes representam o mais antigo registro fóssil de abelhas.

A ordem Homoptera, representada pelas cigarras, foram os insetos comuns nesta região. O Paleontinidae *Baeocossus fortunatus* Menon & Heads, 2005 apresenta preservado o padrão de manchas de suas asas e detalhes do corpo, permitindo uma reconstituição muito precisa.

Os fósseis de baratas são onipresentes no Membro Crato. A Umenocoleoioidea *Cratovitisma oldreadi* Bechly, 2007 foi uma pequena barata que viveu entre o substrato e as folhagens dos bosques.

Os isópteros foi outro grupo de insetos bastante comum na região de bosques. Termitas da espécie *Araripetermes nativa* Martins-Neto *et al.*, 2006 foram cupins que habitavam em colônias dentro de troncos podres. A presença destes insetos é um indicador de uma regularidade sazonal, pois qualquer alteração climática, como períodos muito prolongados de seca ou de frio interferem sobremaneira no seu ciclo de vida e desenvolvimento. Assim como os cupins atuais, no período de acasalamento, quando a temperatura e umidade estavam em níveis ideais para a espécie, grandes revoadas de *Araripetermes nativa* deixavam as colônias durante o crepúsculo em busca de parceiros em um voo nupcial. Dessa forma, ao encontrar um parceiro, caíam no solo e cortavam as asas, a partir de então inúteis, com suas mandíbulas, e procuravam locais para formar

novas colônias. Martins-Neto (2006) observa que após cerca de 30 minutos de revoadas de cupins atuais o número de asas cortadas no chão chega a mil por m². Seria de se esperar horizontes com altíssimas concentrações de asas de cupins depositadas nos paleolagos do Membro Crato, o que não ocorre. A grande maioria dos cupins encontrados estavam ainda em forma alada com as asas aderidas ao corpo. Estes dados comprovam que as colônias de cupins registradas no Membro Crato se distribuíam em locais distantes dos lagos e que os poucos espécimes preservados, como a maioria dos organismos dos bosques, foram transportados mortos até o ambiente deposicional (Martins-Neto, 2006).

Os insetos das regiões de bosques eram predados por pequenos lagartos forrageadores como o Teiidae *Tijubina ponteii* e pelos quelicerados, que, provavelmente, estavam em sua maioria distribuídos nesta região, como a aranha Dipluridae *Dinodiplura ambulacra*.

Os gafanhotos foram os espécimes mais comuns a todas as zonas ecológicas representadas no Membro Crato. Espécies com fêmur posterior longo e estreito, como o Elcanidae *Cratozeuneurella soaresi* Martins-Neto, 2003 podem ser consideradas arborícolas e habitaram na região de bosques, distante dos lagos, razão pela qual seus fósseis, geralmente, são encontrados danificados e incompletos. Entretanto, mesmo com fósseis mal preservados, a grande quantidade destes gafanhotos encontrados sugere uma mortandade em massa. Gafanhotos modernos com mesmo morfotipo de *Cratozeuneurella soaresi* são migratórios e possuem um mecanismo em seu metabolismo que lhes despertam a necessidade vertiginosa de procriação quando a oferta de alimento é associada à temperatura ideal. A população de gafanhotos multiplica-se, então, em escala geométrica. E com o aumento da população, o mesmo mecanismo é ativado a todos ao mesmo tempo, estimulado por um feromônio. O resultado são nuvens de gafanhotos que dizimam a vegetação por onde passam. Em pouco tempo a escassez de alimento ativa a produção de um outro feromônio que anula o primeiro, gerando em seguida, uma grande mortandade que estabiliza novamente a população, até que o ciclo se reinicie. Acredita-se que a mortandade de gafanhotos registrada no Membro Crato corresponde ao efeito equivalente ao atual, porém, de forma ainda mais dramática, pois esta mortandade parece ter sido definitiva, marcando o último registro desta família no Gondwana (Martins-Neto, 2006).



Figura 48. Reconstrução paleoambiental do Membro Crato. 3- Bosque Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica4 - Tinta acrílica em MDF 43x60 cm).



Figura 49. Legenda dos organismos da ilustração da reconstituição paleoambiental do Membro Crato Bosque.

- 1- *Tijubina ponteii* Bonfin Jr *et al.*, 1997
- 2- *Dinodiplura ambulacra* Selden, Casado e Mesquita ., 2006
- 3- *Cratovitisma oldreadi* Bechly, 2007
- 4- Hymenoptera Apoidea
- 5- *Baeocossus fortunatus* Menon & Heads, 2005
- 6- *Araripetermes nativa* Martins-Neto *et al.*, 2005
- 7- *Cratozeuneurella soaresi* Martins-Neto, 2003
- 8- *Welwitschiella austroamericana* Dilcher *et al.*, 2005
- 9- *Brachyphyllum obesum* Heer, 1881
- 10- *Araripea florifera* Mohr *et Eklund*, 2003

6.3 Reconstituição Paleoambiental da Formação Adamantina

Os depósitos da Bacia Bauru foram, em sua maioria, gerados por processos eólicos em um ambiente intracontinental semiárido. Estes depósitos, que também contemplam a Formação Adamantina, parecem ter sido localizados à margem de desertos do tipo “mar de areia” que fornecia as areias de granulação fina e média para Formação das baixas e alongadas dunas, algumas apresentando marcas de ondulações causadas pelo vento, que cobriam grandes áreas da planície como um lençol de areia (Basilici, Sgarbi & Dal’ Bó, 2012).

Além da origem eólica de parte dos arenitos, o clima semiárido pode ser atestado também por horizontes com concreções de carbonato de cálcio e esmectita, paligorskita e sepiolita na fração argilosa de paleosolos. Estes minerais se formam em condições típicas de baixa precipitação. Entretanto, na Formação Adamantina, também ocorrem depósitos contendo camadas de conglomerados, pelitos arenosos e argilitos, que embora delgados, ocupam uma ampla extensão lateral, abrangendo grandes áreas. Estes têm sido interpretados como indicadores de inundações que cobriam grande parte da planície com grande energia, mas cujas águas escoavam em pouco tempo.

A presença de conglomerados arenosos e arenitos conglomeráticos sugerem a presença de canais fluviais possivelmente relacionados a rios efêmeros.

Outro indicador paleoambiental é a presença de paleossolos (aridissolos, alfissolos e entissolos). A natureza altamente oxidante do ambiente deposicional da Formação Adamantina não permitia a preservação de partes orgânicas de vegetais, porém, as marcas deixadas por suas raízes (rizólitos) são encontradas nos solos de unidades da Bacia Bauru. Estes icnofósseis consistem em tubos preenchidos por sedimentos diferentes dos da camada de rocha. A gênese dos rizólitos esta associada aos espaços, que antes eram ocupados pelas raízes e que atualmente encontram-se vazios ou preenchidos por calcita ou arenito diferente do contramolde. Em alguns solos é comum encontrar dois tipos de marcas de raízes, que indicam dois tipos de associação vegetal: uma associação com vegetais de pequenas dimensões e provavelmente sazonais e um outro de maiores dimensões, provavelmente perene. Esta diversificação indica um paleoclima com diferenciada distribuição da precipitação ao longo do ano (Basilici, Sgarbi & Dal’ Bó, 2012).

Assim, é possível concluir que a Formação Adamantina foi uma planície de clima semiárido a árido que na época das chuvas sofria fortes enchentes e inundações. Estas inundações logo escoavam, permanecendo uma rede de rios. Logo após as inundações, a vegetação sazonal ressurgia entre os rios, tornando o ambiente adequado a manutenção de uma fauna diversificada. Na sequência, os rios tornavam-se efêmeros e a aridez voltava a se estabelecer imperando a deposição aeólica, reiniciando o ciclo.

Para melhor exemplificar as possíveis relações entre biota e meio físico do paleoambiente da Formação Adamantina, realizou-se três reconstituições mostrando três momentos climáticos diferentes em uma mesma região: 1- Períodos de chuva, 2- Sistemas Fluviais e 3- Períodos de Estiagem.

6.2.1 Períodos de chuvas

Na época das chuvas a planície semiárida da Formação Adamantina tornava-se muito diferente. Violentos e curtos temporais caíam sobre os solos arenosos e às vezes ressecados, que demoravam para absorver a água. Em pouco tempo enxurradas enchiam os canais de escoamento e formavam um turbilhão de águas barrentas que cobriam quase todas as áreas mais baixas da planície e se movimentavam com energia suficiente para carregar grandes ossos isolados de saurópodes e soterrar carcaças mumificadas de crocodilos.

A inundação interligava pequenos corpos d'água e espalhava, pela planície alagada, uma biota que antes estivera confinada a pequenos rios, lagos agonizantes ou corpos d'água maiores e mais distantes da planície. Os moluscos e os peixes eram os primeiros beneficiados com as inundações. Para bivalves, como *Itaimbea priscus*, que viviam parcialmente enterrados nos fundos, ou gastrópodes herbívoros, como *Physa mezzalira*, as inundações representavam o melhor momento para a dispersão. O mesmo servia para Osteichthyes, como o Lepsosteiforme *Lepisosteus cominatoi* ou os Siluriformes Doradidae. Estes animais podiam tolerar águas pouco oxigenadas e lamacentas dos lagos ou dos estreitos rios efêmeros que se mantinham na época de seca. Durante as inundações as populações isoladas se encontravam para se estabelecerem, em seguida, nos rios que em breve restarão. Este encontro e realojamento de espécies foram fundamentais para a manutenção da fauna fóssil aquática da Formação Adamantina.

As inundações dispersavam também animais de maior porte que viviam em corpos d'água maiores, as vezes mais distantes das planícies. É o caso do Trematochampsidae *Barreirosuchus franciscoi*. Este crocodilo aquático de aproximadamente quatro metros de comprimento foi o maior predador dos rios da Formação Adamantina. Uma população, mesmo que pequena, de animais deste porte exigia um corpo d'água relativamente grande, mesmo em época de seca. Estes raros corpos d'água maiores, provavelmente eram os primeiros a transbordar nas épocas das chuvas torrenciais.

Em pouco tempo, as águas que não foram absorvidas escoavam sobrando uma rede fluvial que comportaria a maior parte da vida aquática da Formação Adamantina. Contudo, as águas que antes cobriam de forma transitória a planície, ocasionavam o ressurgimento da vegetação sazonal e o revigoramento da vegetação perene. E, assim como em regiões desérticas ou semiáridas atuais, após as inundações, a planície da Formação Adamantina, antes seca e acre, tornava-se um ambiente propício a manter uma biota variada constituída, em parte, por grandes vertebrados.

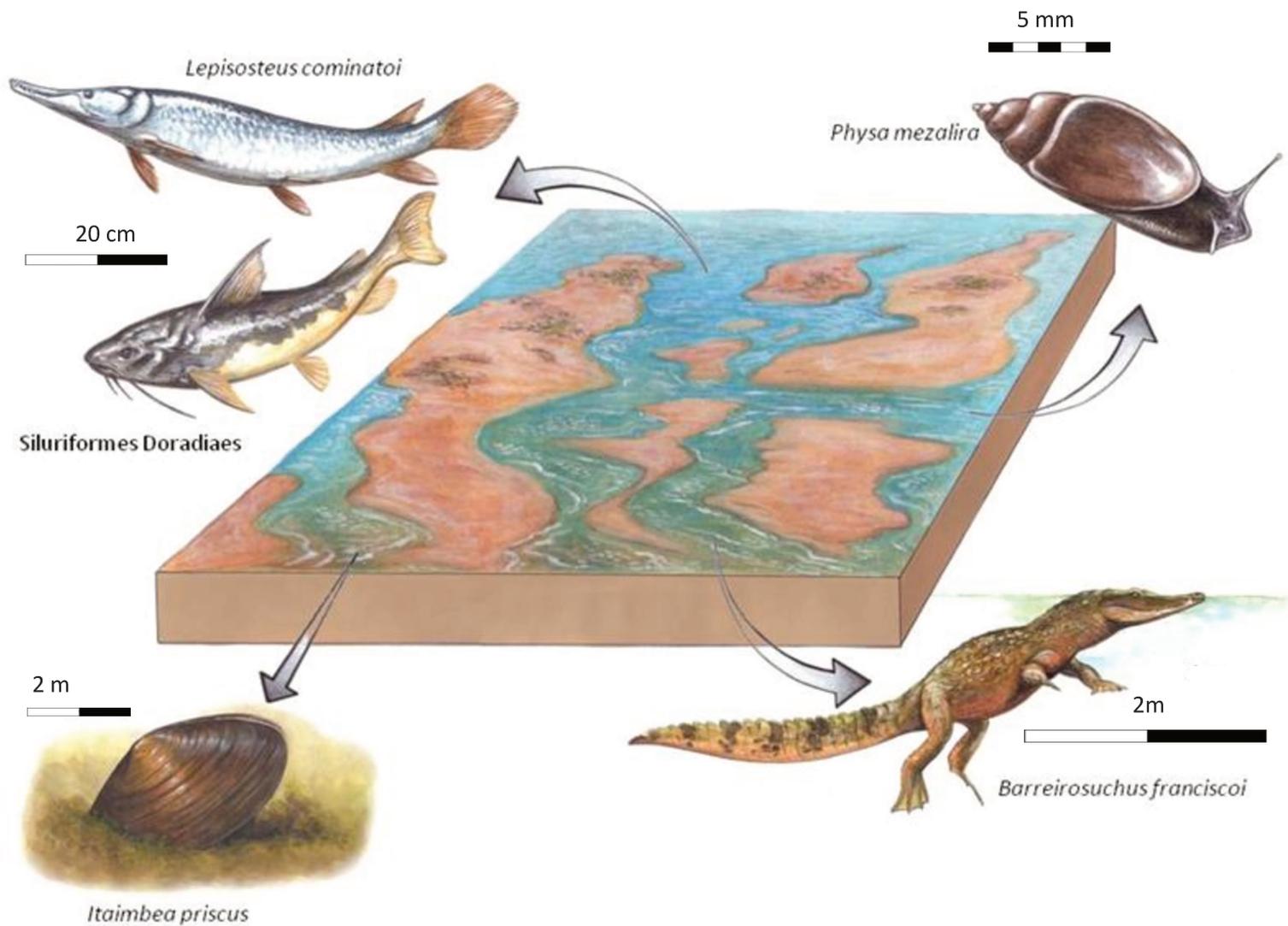


Figura 50. Reconstrução paleoambiental da Formação Adamantina 1- Períodos de Chuva Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6- Tinta acrílica em cansón A4).

6.2.2 Sistemas Fluviais

Depois das inundações, as águas estabilizavam-se formando um complexo de rios, possivelmente, meandantes e/ou entrelaçados. As precipitações eram menos intensas e apenas mantinham o fluxo dos rios e corpos d'água em um nível estável. Nessas condições a vegetação ressurgia e o ambiente atingia seu clímax ambiental, com um aumento substancial das populações que se reproduziam ou vinham de outras regiões em busca da oferta de alimento e água, abundantes neste momento do paleoambiente da Formação Adamantina.

Organismos aquáticos, como os cágados pleurodiras *Bauruemys elegans*, eram comuns em lagos onde eram deixados durante a inundação. Estes cágados, como os atuais, tinham uma alimentação muito variada, e durante a primeira metade do dia poderiam ficar nas margens aquecendo-se ao sol, sem jamais se afastar dos corpos d'água onde habitavam.

O ambiente propício atraía de regiões circunvizinhas animais de maior porte, como os dinossauros Titanosauridae. Grandes manadas vagavam pela planície alimentando-se da vegetação disponível. Cada espécie constituía manadas próprias, que mesmo quando se encontravam agiam de forma pacífica. Espécies menores como *Gondwanatitan faustoi* provavelmente se instalavam por mais tempo neste ambiente, enquanto espécies maiores como *Aeolosaurus maximus*, que poderia chegar a vinte metros de comprimento, necessitavam de grande quantidade de vegetação diária para sobreviver, sendo os primeiros dinossauros a partir, quando o ambiente começava a não dispor de tanta vegetação e umidade. As manadas de saurópodes por sua vez, mantinham populações de outros animais. Aves Enantiornithes, provavelmente, estavam sempre junto a estes grandes animais, capturando e alimentando-se de parasitas que viviam sobre sua pele ou insetos que viviam ao seu redor, em uma condição de protocooperação. Esta relação pode ser observada atualmente entre algumas aves e grandes mamíferos. Os titanossaurídeos eram seguidos também por grupos de dinossauros predadores. O Abelisauridae *Pcnonemosaurus navesi*, foi um dos predadores que, provavelmente, acompanhava a certa distância as manadas, a espera de um integrante velho ou doente, cuja debilitação significasse uma forma mais fácil e segura de abate. Quando as condições de umidade começavam a se tornar menos favoráveis as manadas de saurópodes provavelmente migravam até regiões mais propícias, seguidos pelas aves Enantiornithes e terópodes de maior porte.

Com o fim das chuvas, o volume d'água em superfície reduzia drasticamente, diminuindo a umidade e secando a maior parte da vegetação. Os rios transformavam-se em estreitos riachos e os lagos tornavam-se lamacentos e por fim secavam. Alguns organismos aquáticos que ficavam confinados a pequenos corpos d'água, como algumas populações de cágados, morriam concentrados em meio ao lodo ressecado do fundo. Os demais organismos aquáticos estavam restritos aos poucos corpos d'água menores e a rios efêmeros. O ambiente aos poucos entrava na época de seca.

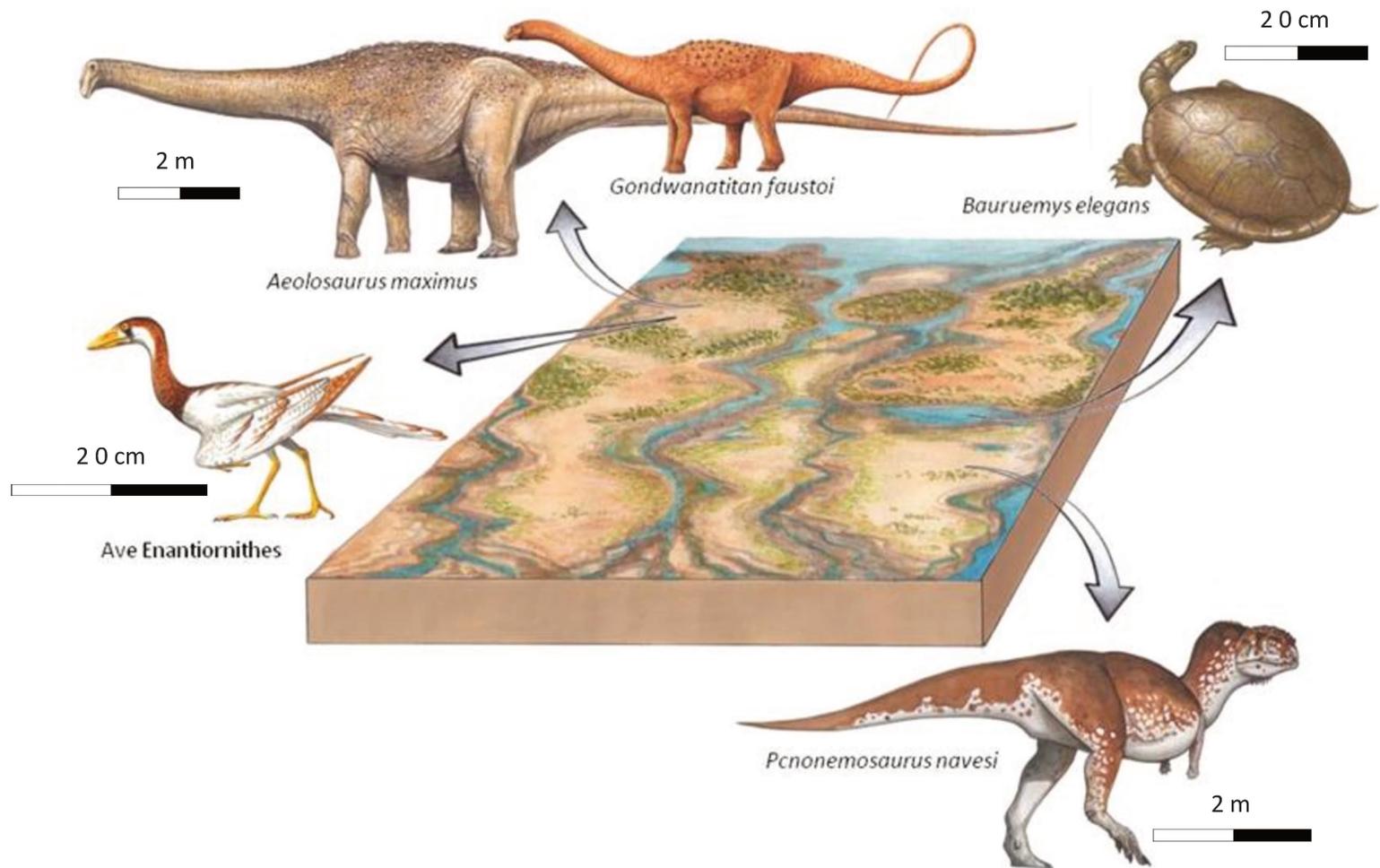


Figura 51. Reconstrução paleoambiental da Formação Adamantina 2 – Sistemas Fluviais Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6 - Tinta acrílica em canson A4).

6.2.3 Períodos de Estiagem

A baixa umidade e altas temperaturas desta época do ano iniciavam um rápido processo de desertificação no paleoambiente da Formação Adamantina. Os ventos traziam areias que formavam baixas e longas dunas. Os vegetais sazonais secavam completamente enquanto as perenes continuavam vivas, mas provavelmente deveriam perder suas folhas, em uma estratégia para reter a umidade ou as mantinham e eram sustentadas por aquíferos. Estas plantas possuíam raízes proporcionalmente mais longas, oferecendo uma busca mais eficiente por umidade, em uma morfologia de raiz semelhante às atuais árvores do cerrado. Neste momento, a vegetação tornava-se escassa, os organismos aquáticos estavam em número muito reduzidos e confinados, e os grandes vertebrados terrestres haviam migrado. Mas isso não significa que o momento de estiagem da Formação Adamantina era desabitado. Algumas espécies de crocodilos terrestres adaptaram-se para residir de forma fixa neste paleoambiente, inclusive em épocas de seca. Os Baurusuchidae foram os principais predadores deste momento, com espécies que poderiam alcançar mais de dois metros de comprimento, como *Baurusuchus salgadoensis*.

Outras espécies de crocodilos terrestres eram dotadas de uma dentição que indicava uma alimentação onívora e menos seletiva. Isto tornara tais crocodilos mais aptos aos rigores do ambiente árido, onde a oferta de alimento é limitada. Notosuquios como *Mariliasuchus amarali* foram oportunistas que poderiam se alimentar de carcaças de vertebrados, insetos, peixes ou moluscos aprisionados em pequenos corpos d'água e talvez até raízes.

Neste momento de aridez, todo o material orgânico poderia ser aproveitado. Parte das fezes de crocodilos era aproveitada por besouros Scarabaeidae, que a retrabalhavam até formar uma bola de excremento, onde eram depositados seus ovos. Estas bolas podem ser fossilizadas, e são consideradas como icnofósseis, chamados de Coprinisphaera. Os besouros e outros insetos mantinham as populações de pequenos lagartos como *Brasiliguana prudentis* nas planícies semiáridas.

No final do período de estiagem as privações ambientais eram de tamanha magnitude, que mesmo animais adaptados à seca como os crocodilos terrestres poderiam perecer. Quando alguma população de crocodilo terrestre morria, em anos mais severos de aridez, suas carcaças raramente sofriam injúrias, pois estes eram os últimos necrófagos do ambiente. Assim, as carcaças destes animais expostas ao sol durante um longo período de tempo, em um ambiente desértico, com

pouca umidade, logo mumificavam de forma natural. A mumificação era potencializada pela cobertura de osteodermas do corpo destes animais, que quando seca, tornava-se uma rija carapaça.

Na época de chuva, as inundações carregavam e sepultavam os restos de peixes, como escamas e ossos isolados, os cascos de cágados, os ossos isolados de saurópodes abatidos junto a dentes de terópodes e também as carcaças mumificadas de crocodilos, formando as camadas fossilíferas encontradas hoje. Os crocodilos terrestres provavelmente foram, em sua maioria, sepultados mumificados praticamente inteiros, o que explica o alto grau de preservação, com fósseis encontrados articulados e, por vezes, com a sequência de osteodermas alinhadas. Contudo, as inundações reiniciavam o ciclo característico de alternância de climas árido e úmido do paleoambiente da Formação Adamantina.

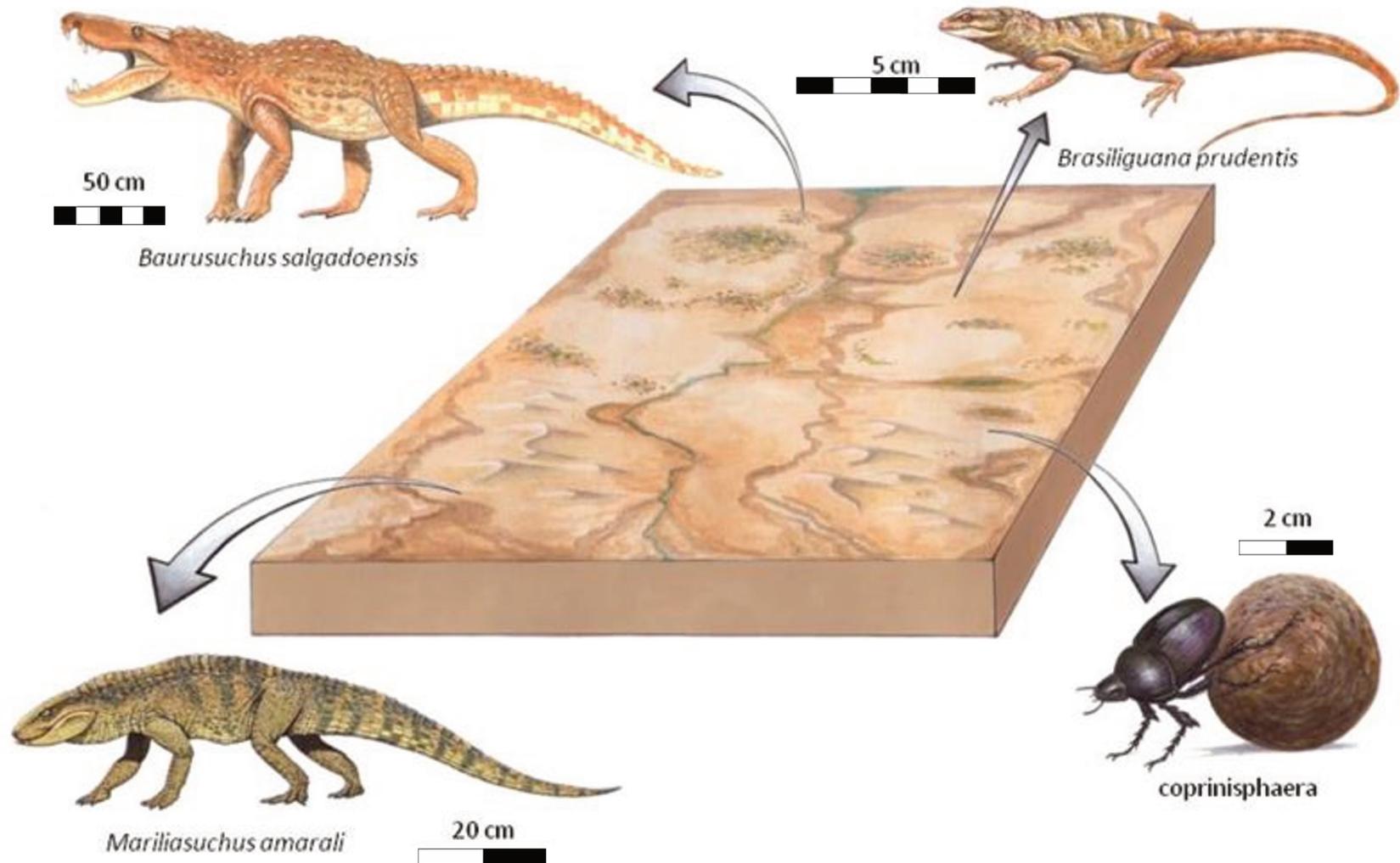


Figura 52. Reconstrução paleoambiental da Formação Adamantina 3 – Período de Estiagem Ilustração de Ariel Milani Martine (Técnica 6 - Tinta acrílica em canson A4).

7. Conclusão

As reconstruições paleoartísticas executadas através de anatomia comparada podem, atualmente, reproduzir, de forma muito aproximada, o aspecto em vida de um organismo fóssil.

Estas reconstruções podem ser efetuadas em técnicas artísticas distintas, com acabamento monocromático ou colorido. Em técnicas monocromáticas, como grafite ou nanquim, a reconstrução final é mais conservadora, menos especulativa, mas também menos atraente para ser usada em divulgações. A utilização de técnicas artísticas coloridas, como aquarela, tinta acrílica ou ilustração digital, apresentam o organismo fóssil reconstituído com sua possível coloração em vida. Uma vez que esta coloração não se encontra na grande maioria dos fósseis, essa tarefa assume uma condição especulativa e empírica. Ainda assim, tais reconstruções são adequadas, pois além de levantarem discussões sobre as possíveis relações paleoecológicas determinantes a coloração em vida do organismo, possuem também, um maior atrativo visual em divulgações.

Determinadas características morfológicas em organismos fósseis representam importantes ferramentas para reconstruções paleoambientais. Tais características podem significar adaptações a antigos nichos ecológicos por vezes não revelados no contexto geológico.

Como contribuição acadêmica aos trabalhos de reconstruções paleoartísticas, foram descritos as metodologias e processos de reconstruções de invertebrados, vertebrados, vegetais e paleoambientes:

- Foram reconstruídos os vertebrados: *Dastilbe crandalli*, *Arariphrynus placidoi* e *Aelosaurus maximus*. O invertebrado: *Itaimbea priscus*. E o vegetal: *Brachiphylum obesum*.
- Estabeleceu-se duas formas de reconstruções de cenários paleoambientais: Paisagem e Vista Aérea. E que estes podem ser divididos: Temporalmente ou Espacialmente.
- Reconstruiu-se, paleoartisticamente, em forma de paisagens e com textos descritivos o paleoambiente do Membro Crato (Formação Santana, Bacia do Araripe) com três subdivisões espaciais representando os nichos ecológicos do Lago, Pântano e Bosques.

- Reconstruiu-se, paleoartisticamente, em forma de Vista Aérea, o Paleoambiente da Formação Adamantina (Bacia Bauru) com três subdivisões temporais: Período de Chuva, Sistemas fluviais e Período de Estiagem.

8 Referências bibliográficas

- Alvarenga H. & Nava W.R. 2005. Aves enantiornithes do Cretáceo superior da Formação Adamantina do Estado de São Paulo, Brasil. *In: II Congresso Latino Americano de Paleontologia de Vertebrados, Boletim de Resumos*, pp. 20.
- Amaral A. 1978. *Serpentes do Brasil Iconografia Colorida*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 246 pp.
- Anderson P., Bright J., Gill P., Palmer C. & Rayfield E 2012, Models in palaeontological functional analysis. *Biology Letters*, vol 8., pp. 119 – 122.
- Arai M., Coimbra J.C. & Silva-Telles Jr. A.C. 1997. Síntese bioestratigráfica da Bacia do Araripe (nordeste do Brasil). . I e II Simpósios sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1: 109-117.
- Arid F.M. & Vizotto L.D. 1966. Um quelônio fóssil de São José do Rio Preto. *Ciência e Cultura*, v. 18 n. 4 p:422-428.
- Assine, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *B. Geoci. Petrobras*, Rio de Janeiro, v.15 n.2: 371-389.
- Bakker R. 1988. *The Dinosaur heresies*. Penguin Books, England, 481 pp.
- Basilici G Sgarbi G.N. & Dal´ Bó P.F.F. 2012. A Sub-Bacia Bauru: Um sistema continental entre deserto e cerrado. *In: Hasui et al. Geologia do Brasil*. Editora Beca, São Paulo, p. 520-543.
- Bechly G. 2007 Odonata: damselflies and dragonflies. *In: Martill, Bechly & Loveridge, (Ed.). . The Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge University Press, New York, p.:184-221.
- Bertini R. J., Marshall L. G, Gayet M. & Brito P. 1993. Vertebrate faunas from the Adamantina and Marília Formations (Upper Baurú Group, late Cretaceous, Brazil) in their stratigraphic and paleobiogeographic context. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 188: 71-101.
- Blakey R. 2008. Gondwana paleogeography from assembly to breakup-a 500m.y. odyssey. *In: Fielding C.R., Frank T.D. & Isbell J.L. (eds) resolving Late Paleozoic Ice Age in Time and Space. Geological Society of America Special Paper*, 441:1-28.

- Bonfim Jr.F.C. & Marques R.B. 2001. Análise morfológica de escamas do primeiro lagarto fóssil da Formação Santana. I e II Simpósios sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1: 243-248.
- Borrer D. & DeLong D. 1969. *Introdução ao Estudo dos Insetos*. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 653 pp.
- Borsuk-Bialynicka M. 1977. A new camarasaurid sauropod *Opisthocoelicaudia skarzynkyi*, gen n. sp. Nov. from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Palaeontologia Polonica* 37: 5-64.
- Brito P.M. 2007. The Crato Formation fish fauna. In: Martill, Bechly & Loveridge, (Ed.). *The Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge University Press, New York, p.:429-443
- Brito, I.M. 1979. *Bacias sedimentares e formações pós-Paleozoicas do Brasil*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 179 pp.
- Campos H.B.N. 2011. *Dinossauros no Ceará*. Clube dos Autores, Campina Grande, 339 pp.
- Candeiro C.R., Nava W., Martinelli A. G., Forasiepi A. M., Scanfera C. A. & Muzzopappa P. 2009. New lizard record (Diapsida, Lepidosauria) from the Upper Cretaceous Adamantina Formation, Brazil. *Bulletin of Geoscinces*, 84(3): 573-576.
- Candeiro C.R.A. 2005. Bauru Group (Late Cretaceous) vertebrates from triangulo mineiro region western São Paulo State, Brazil: an introduction. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 17(32):27-35.
- Candeiro C.R.A., Marinho T. S. & Oliveira E.C. 2004. Distribuição geográfica dos Dinossauros da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 16(30):33-35.
- Candeiro R.A., Martinelli A. G. & Vera E. 2009. *Os Dinossauros do Brasil*. Cooperativa Chilavert Artes Gráficas, Buenos Aires, 96 pp.
- Carvalho A.B. 2006. *Descrição morfológica e posição filogenética de um anuro novo (Lissanphibia, Tetrapoda) do Cretáceo superior Continental do Brasil (Formação Adamantina, Bacia Bauru) do Município de Marília, (SP)*. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 116 p.

- Carvalho I.S (Ed.) 2000. *Paleontologia*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 628 pp.
- Carvalho I.S., Gracioso D. E & Fernandes A. C. S. 2009. Uma câmara de coleóptero (*Coprinisphaera*) do Cretáceo Superior, Bacia Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*, 39(4): 679-684.
- Chatterjee S.& Templin R.J. 2012. The Flight Dynamics of *Tapejara*, a Pterosaur From the Early Cretaceous of Brazil with a Large Cranial Crest, Australia, *Acta Geologica Sinica*, 86:6:1377-1388.
- Chiasson R.B. 1962. *Laboratory anatomy of the Alligator*. WM. C. Brown Company Publishers, Dubuque, 56 pp.
- Dejux J. & Lima M. R. 1997. A palinoflora da parte superior do Grupo Bauru (Cretáceo Superior) no Estado de São Paulo, Brasil. *In: Simpósio sobre cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, Boletim de resumos*, Faculdade de Geologia UERJ, pp. 38.
- Dilcher D.L., Bernardes-De-Oliveira M. E., Pons D. & Lott T. A. 2005. Welwitschiaceae from the Lower Cretaceous of northeastern Brazil. *American Journal of Botany*, 92(8):1294-1310.
- Duarte L. 1985. Vegetais fósseis da Chapada do Araripe, Brasil. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*, DNPM, Brasília, 27:585-617.
- Fanton J.C. M. 2007. *Novas gimnospermas e possível angiosperma da paleoflora Crato, Eocretáceo da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Unicamp, 183 pp.
- Fanton J.C.M., Ricardi-Branco F., Dilcher D. & Bernardes-De-Oliveira M. . 2006. *Iara Iguassu*, a new taxon of aquatic angiosperm from the Crato palaeoflora (lower Cretaceous, Santana Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil). *Geociências UNESP*, 25(2):211-216.
- Fernandes A.C.S. & Carvalho I.S. 2006. Invertebrate ichnofossils from the Adamantina Formation (Bauru Basin, Late Cretaceous), Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9(2)211-220.
- Fernandes L.A. & Coimbra A.M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, 30(4):717-728.

- Fernandes L.A. 1998. *Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru Ks, Brasil*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 216 pp.
- Fortey R. 2000. *Vida: Uma biografia não autorizada*. Editora Record, Rio de Janeiro, 389 pp.
- Gayrard-Valy Y. 1989. *Los fósiles, huellas de mundos desaparecidos*. Aguilar universal, Madrid, 192 pp.
- Ghilardi R. P., Carbonaro F. A. & Simone L. R. 2010. *Physa mezzalirai*: um novo gastrópode da Formação Adamantina (Bacia Bauru), Cretáceo Superior, São Paulo, Brasil. *Journal of Geoscience*, 2: 63-68.
- Ghilardi R. P., Rodrigues S. C., Carbonaro F. A. & Nava W. R. 2011. Moluscos fósseis do Grupo Bauru. In: Carvalho I. S. *Paleontologia: Cenários da vida Vol 4*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, p.:197-208.
- Goodwyn, P.J.P. 2002. A new genus of water measurer from the Lower Cretaceous Crato Formation in Brazil (Insecta: Heteroptera: Gerromorpha: Hydrometridae). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Serie b(Geologie und Paläontologie)*, 316: 9 pp.
- Henriques M.H., Reis R. P. P., Fernandes A. C. S., Srivastava N. K. & Carvalho I. S. 1998. Caracterização Tafonômica das Associações registradas de Dastilbe SP. Do Membro Crato (Formação Santana; Bacia do Araripe – NE do Brasil; Cretácico). Actas do V congresso Nacional de Geologia, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 201-204.
- Herzog A., Sales A. & Hillmer G. 2008. *O Geopark Araripe*. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, 72 pp.
- Hildebrand M. 1995. *Análise da Estrutura dos Vertebrados*. Atheneu Editora, São Paulo, 700 pp.
- Höfling E., Oliveira A. M. S., Rodrigues M. T., Trajano E. & Rocha P. L. B. R.. 1995. *Chordata Manual para um Curso Prático*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 239 pp.
- Ihering R.V. 1968. *Dicionário dos animais do Brasil*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, 790 pp.

- Iori F.V. & Carvalho I.S. 2009. *Morrinhosuchus luziae*, um novo Crocodylomorpha Notosuchia da Bacia Bauru, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 39:717-725.
- Iori F.V. & Garcia, K.L. 2012. *Barreirosuchus frasciscoi*, um novo Crocodylomorpha Trematochampsidae da Bacia Bauru, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 42:397-410.
- Joly A.B. 1987. *Botânica Introdução à taxonomia vegetal*. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 777 pp.
- Kellner A. & Campos D. A. 2012. Dinossauros: Senhores da Terra na Era Mesozoica. . *In: Hasui et al. Geologia do Brasil*. Editora Beca, São Paulo, pp. 747-762.
- Kellner A. 2006. *Pterossauros Senhores do céu do Brasil*. Vieira e Lent, Rio de Janeiro, 173 pp.
- Kellner, A.A.W.A. & Azevedo S.A.K. 1999. A new sauropod dinosaur (titanosauria) from the late Cretaceous of Brazil. *In: Tomida, Y., Rich, T.H. & Vickers-Rich, P. (eds). Proceeding of the Second Gondwana Dinosaur Symposium*. National Science Museum Monographs, Tokyo, 111-142.
- Kischlat E.E., Barbarena M.C. & Timm L.L. 1994. Considerações sobre a queloniofauna do Grupo Bauru, Neocretáceo do Brasil. *In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, UNESP-Rio Claro*, 3: 105-107.
- Kunzmann L, Mohr B.A.R. & Bernardes-de Oliveira M.E.C.. 2004. Gymnosperms from the Lower Cretaceous Formation (Brazil). I. Araucariaceae and *Lindleycladus* (incertae sedis). *Mitt. Mus. Nat.kd. berl., Geowiss. Reihe* 7:155-174.
- Kunzmann L., Mohr B. & Bernardes-De-Oliveira M. E. C. 2009. *Cearania heterophylla* gen. nov. et SP. Nov., a fóssil gymnosperm with affinities to the Gnetales from the Early Cretaceous of northerh Gondwana. *Review of Palaeobotany anda Palynology* 165:75-95.
- La Cotardière P. 2011. *História das Ciências*. Edições Texto e Grafia, Lisboa, 259 pp.
- Leal M.E.C. & Brito P.M. 2006. Anura do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *In: Gallo V., Brito P. M., Silva H. M. A. & Figueiredo F. J. (Eds.) Paleontologia de*

- Vertebrados Grandes Temas e Contribuições Científicas*, Editora Interciência, Rio de Janeiro, p.: 145-152.
- Lima F.J., Saraiva A. A. F. & Sayão J. M. 2012. Revisão da paleoflora das Formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, 22(1):99-115.
- Lima M.R., Mezzalira S., Dino R. & Saad A. R. 1986. Descoberta de microflora em sedimentos do grupo Bauru, Cretáceo do Estado de São Paulo. *Rv. IG, São Paulo*, 7(1/2):5-9.
- Magalhães-Ribeiro C. M. *et al.* 2011. Um ovo de crocodiloforme do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe *In: Carvalho I. S. Paleontologia: Cenários da vida Vol 4*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, p.:663-668.
- Maisey J.G. (Ed.) 1991. *Santana Fossils*. TFH Publications, USA, 459 pp.
- Marinho, T.S. & Iori F.V. 2011. A large titanosaur (Dinosauria, sauropoda) osteoderm with possible bite marks from Ibirá, São Paulo State, Brazil. *In: Carvalho I. S. Paleontologia: Cenários da vida Vol 4*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, p.: 367-377.
- Martill D.M. 2007 a. Chilopoda: centipedes. *In: Martill, Bechly & Loveridge, (Ed.). . The Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge University Press, New York, p.: 97-102.
- Martill D.M. 2007 b. Lizards of the Crato Formation. *In: Martill, Bechly & Loveridge, (Ed.). . The Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge University Press, New York, p.:458-462.
- Martill D.M., Bechly G. & Loveridge R.F. (Ed.) 2007. *The Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge University Press, New York, 625 pp.
- Martins-Neto R.G. & Kellner A.W.A. 1988. Primeiro registro de pena na Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 60:189-201
- Martins-Neto R.G. 2006. Insetos fósseis como bioindicadores em depósitos sedimentares: um estudo de caso para o Cretáceo da Bacia do Araripe (Brasil). *Revista Brasileira de Zoociências*, 8(2): 155-183.

- Matthes E. 1952. *Guia de trabalhos práticos de Zoologia*. Imprensa de Coimbra, Coimbra, 425 pp.
- Mezzalira S. 1974. Contribuição ao conhecimento da Estratigrafia e paleontologia do arenito Baurú. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 163 pp.
- Mohr B.A. R., Bernardes-de-Oliveira M. E.C., Barale G. & Ouaja M.. 2006. Paleogeographic distribution and ecology of *Klitzschophyllites*, an early Cretaceous angiosperm in southern Laurasia and Northern Gondwana. *Cretaceous Research*, 27:464-472.
- Mohr, B.A.R., Bernardes-de-Oliveira M.E.C. & Loveridge R.F., 2007. The macrophyte flora of the Crato Formation. In: Martill, Bechly & Loveridge, (Ed.). . *The Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge University Press, New York, p.:537-565.
- Moura G., Barreto A. & Báez A. M. 2006. *A Biota da Formação Crato, Eocretáceo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. Editora Livro Rápido, Olinda, 101 pp.
- Naish D., Martill D. & Merrick I. 2007. Birds of the Crato Formation. In: Martill, Bechly & Loveridge, (Ed.). *The Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge University Press, New York, p.:525-536.
- Nava W.R. & Martinelli W.N. 2011. A new lizard from the Upper Cretaceous Adamantina Formation (Bauru Group), São Paulo State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(1): 291-299.
- Nomura H.1984. *Dicionário dos peixes do Brasil*. Editerra Editorial, Brasília, 482 pp.
- Norman D. 1996 *A Era dos Donossauros* Graficas Almudena, Madrid, 183 pp.
- Novas F.E. 2009. *The Age of Dinosaurs in South America*. Indiana University Press Bloomington, 452 pp.
- Oliveira C.E.M., Santucci R. M., Andrade M.B., Fulfaro V. J., Basilio J.A.F. & Benton M. J. 2011. Crocodylomorph eggs and eggshells from the Adamantina Formation (Bauru Group), upper Cretaceous of Brazil. *Paleontology*, v. 54, 2:309-321.

- Oliveira G.R. & Romano P. S. R. 2007. Histórico dos achados de tartarugas fósseis do Brasil. Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, v.65, n. 1 pp: 113-133.
- Pacheco J.A. 1913. Notas sobre a geologia do Valle do Rio Grande a partir da foz do Rio Grande e de seus afluentes. Comissão Geográfica e geológica, São Paulo, pp. 33-38.
- Palmer D. 2009. *Evolução*. Larousse, São Paulo, 369 pp.
- Parker S. 1990. *Peixes*. Editora Globo, Rio de Janeiro, 64 pp.
- Paul G.S. (Ed.) 2000. *The Scientific American Book of the best minds in paleontology creat a portrait of the prehistoric Era..* A Byron Preiss Book, New York, 424 pp.
- Paul G.S. 2010. *The Princeton Field guide to Dinosaurs*. Princeton University Press, New Jersey, 320 pp.
- Philippe M. 2009. Silhouette and palaeoecology of Mesozoic tres in Thailand. *In: Buffetaut E., Cuny G., Le Loeuff J. & Suteethorn V. (eds) Late Paleozoic and Mesozoic Ecosystems in SE Asia*. The Geological Society, Special Publications, 315: 85-96.
- Ponte F.C. & Ponte Filho F.C. 1996. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. DNPM, Recife, 68 pp.
- Pough F.H, Janis C.B. & Heiser J. B. 1999. *A Vida dos Vertebrados*. Editora Atheneu, São Paulo, 798 pp.
- Price L.I. 1950. Os crocodilideos da fauna da Formação Bauru do Cretaceo terrestre do Brasil meridional. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 4: 473-490.
- Price L.I. 1953. Os quelônios da Formação Bauru, Cretáceo terrestre do Brasil meridional. DNPM, Rio de Janeiro, n.147, 35p.
- Ricardi-Branco F., Torres M., Tavares S.S., Carvalho I.S., Tavares P.G.E. & Campo A.C.A. 2013. *Itajuba yansanae* Gen and SP NOV of Gnetales, Araripe Basin (Albian-Aptian) in Northeast Brazil. Zhang Y. & Ray P. (eds) *Climate Change and Regional/Local Responses*, 1-19.

- Rudwick M.J.S. 1992. *Scenes from Deep Time*. The University of Chicago Press, Chicago, 280 pp.
- Santos M.E.C. M. & Carvalho M.S.S. 2009. *Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luis*. CRPM, Rio de Janeiro, 211 pp.
- Santucci R.M. & Arruda-Campos A.C. 2011. A new sauropod (Macronaria, Titanosauria) from the Adamantina Formation, Bauru group, Upper Cretaceous of Brazil and phylogenetic relationship of Aeolosaurini. *Zootaxa*, 3085: 1-33.
- Santucci R.M. & Bertini R. 2001. Distribuição paleogeográfica e biocronológica dos titanossauros (saurischia, sauropoda) do Grupo Bauru, Cretáceo superior do Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, 31(3):307-314.
- Santucci R.M. & Bertini R. 2006. A new titanosaur from western São Paulo State, Upper Cretaceous Bauru Group, South-East Brazil. *Paleontology*, 49: 59-66.
- Saraiva A., Alcântara O., Bantim R. & Lima F. 2010. *Guia para trabalhos de Campo na Bacia do Araripe*. Francy Cópias, Crato, 88 pp.
- Selden P.A., Casado F.C. & Mesquita M.V. 2006. Mygalomorph spiders (araneae: Dipluridae) from the lower Cretaceous Crato lagerstätte, Araripe Basin, north-east Brazil. *Palaeontology*, 49(4):817-826.
- Soares P.C., Landim P.M.B., Fulfaro V.J. & Sobreito Neto A.F. 1980. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*, 10:177-185.
- Spinar Z.V. 1972. *Life before Man*. Thames and Hudson, London, 228 pp.
- Storer T. I., Usinger R.L., Stebbins R.C. & Nybakken J.W.. 2002. *Zoologia Geral*. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 816 pp.
- Sucerquia P. A. & Bernardes-de-Oliveira M. E. C. 2009. Significado paleoclimático e paleoambiental de coníferas da família cheirolepidiaceae na flora da Formação Crato, Bacia do Araripe, Brasil. *Paleontologia em Destaque*, n. 63:25.

- Tassi L.V. & Martins-Neto R. G. 2007. Tafonomia de gafanhotos (insecta, orthoptera) da Formação Santana (Cretáceo do nordeste brasileiro) como indicativo de distância entre nichos ecológicos. Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu, p.1-2.
- Upchurch P., Barret P.M & Dodson P. 2004. Sauropoda. *In:* Weishampel D. B., Dodson P. & Osmólka H. (eds.) *The Dinosauria*, University of California Press, Los Angeles, p.: 259-322.
- Wedel M.J. 2005. Postcranial pneumaticity in sauropods and its implications for mass estimates. *In:* Rogers K. A. C. & Wilson . J. A. (eds.) *The Sauropods Evolution and Paleobiology*, University of California Press, London, p.: 201-228.
- Went, F.W. 1983. *As plantas*. Livraria José Olympio Editora, Rio de Janeiro, 224 pp.
- Zaher. H.D., Langer M.C., Fara E., Carvalho I.S. & Arruda J.T . 2003. A mais Antiga Serpente (anilioidea) brasileira: Cretáceo superior do Grupo Bauru, General Salgado, SP. *Paleontologia em Destaque*, 44: 52.

9 Anexo: Referências bibliográficas dos principais espécies fósseis citados que não constam no capítulo 8

- Agassiz L. 1841. On the fossil fishes found by Mr. Gardner in the Province of Ceará, in the north of Brazil. *Edinburgh New Philosophical journal*. 30: 82-84.
- Andrade M.B, Bertini R.J. 2008. A new *Sphagesaurus* (Mesoeucrocodylia: Notosuchia) from the Upper Cretaceous of Monte Alto City (Bauru Group, Brazil), and a revision of the Sphagesauridae. *Historical Biology* 20 (2): 101-136.
- Archangelsky S. 1966. New Gymnosperms from the Ticó Flora, Santa Cruz Province, Argentina. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology*. 13 (5): 259-295.
- Arid F.M. & Vizotto L.D. 1971. *Antarctosaurus brasiliensis*, um novo saurópode do Cretáceo superior do Sul do Brasil. *Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia*. 297-305.
- Baez A.M., Moura G. J. B., Gomes R.O. 2009. Anurans from the Lower Cretaceous Crato Formation of northeastern Brazil: implications of the early divergence of neobatrachians. *Cretaceous Research*. 30: 829-846.
- Bechly G. 1998. New fossil dragonflies from the Lower Cretaceous Crato Formation of northeast Brazil (Insecta: Odonata). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie B*. 264: 1-66.
- Bechly G. 2007. 'Blattaria': cockroaches and roachoids. In: Martill d. M., Bechly G., & Loveridge R. *The Crato Fossil Beds of Brazil*. Cambridge University Press. New York. 239-248.
- Bonaparte J.F. & Powell J.E. 1980. A Continental assemblage of tetrapods from the Upper Cretaceous beds of El Brete, northwestern Argentina (Sauropoda-Coelurosauria-Carnosauria-Aves). *Mém. Soc. Géol. France*, n.s., 139:1928.
- Bonfim Jr. F.C. & Marques R. B. 1997. Primeiro registro fóssil de Lepidossauria (lagarto) na Formação Santana, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, NE. do Brasil. *Jornadas Argentinas de Paleontologia de Vertebrados, 13, La Rioja, Resúmenes*. 18.

- Brito P. M. 2000. A new halecomorph with two dorsal fins, *Placidichthys bidorsalis* n. g., n. sp. (Actinopterygii; Helicomorphi) from the Lower Cretaceous of the Araripe Basin, northeast Brazil. *Comptes Rendus Academie des Sciences Paris*. 331: 749-745.
- Buckland W. 1824. Notice on Megalosaurus or great fossil lizard of Stones-field. *Trans.Geol. Soc.* London 21:390-397.
- Campos D. A. & Kellner A. W. A. 1997. Short note on the first occurrence of Tapejaridae in the Crato Member (Aptian), Santana Formation, Northeast Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 69: 83-87.
- Campos D.R.B. 1986. Primeiro registro fóssil de Scorpionidea na Chapada do Araripe (Cretaceo do Brasil). *Anais da academia Brasileira de Ciências*. 58: 135-137.
- Campos D. 2011. On a new peirosaurid crocodyliform from the Upper Cretaceous Bauru Group, southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(1):317-327.
- Campos D.A., Suarez J.M., Riff D. & Kellner A.W.A. 2001. Short note a new Baurusuchidae (Crocodyliformes, Metasuchia) from the Upper Cretaceous of Brazil. *Boletim do Museu Nacional-Geologia Rio de Janeiro*; 57:1-7.
- Carvalho *et al.* 2011 *Campinasuchus dinizi* gen. Et. SP. Nov., a new Late Cretaceous baurusuchid (Crocodyliformes) from the Bauru Basin, Brazil. *Zootaxa*, 2871:19-42.
- Carvalho I. S., Campos A.C.A. & Nobre P.H. 2005 *Baurusuchus salgadoensis*, a new Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Cretaceous), Brazil. *Gondwana Research*, 8(1):11-30.
- Carvalho I.S. & Bertine R.J. 1999. Mariliasuchus: um novo crocodylomorpha (Notosuchia) do Cretáceo da Bacia Bauru, Brasil. *Geologia Colombiana*, 24:83-105.
- Carvalho I.S., Vasconcelos F.M. & Tavares S.A.S. 2007. Montealtosuchus arrudacomposi, a new peirosaurid crocodile (Mesoeucrocodylia) from the Late Cretaceous Adamantina Formation of Brazil. *Zootaxa*, 1607:35-46. ,

- Carvalho M.G. P. & Lourenço W.R. 2001. A new family of fossil Scorpions from the Early Cretaceous of Brazil. *Comptes rendu de l'Académie des Sciences Paris, Sciences de la Terre et des planètes*. 332: 711-716.
- Clark, J.M., Norell, M.A., & Barsbold, R. 2001. Two new oviraptorids (Theropoda: Oviraptorosauria). Upper Cretaceous Djadokhta Formation, Ukhaa Tolgod, Mongolia. *J. Vert. Paleontol.* 20:209-213.
- Demoulin G. 1955. Sur une larve siphonuridienne d'Ephémère fossile du Brésil. *Bulletin et Annales de la Société Royale d'entomologie de Belgique*. 91: 270-271.
- Dunlop J. A. 1998. A fossil whipscorpion from the Lower Cretaceous of Brazil. *Journal of Aracnology*. 26: 291-295.
- Dunlop J. A. & Martill D.M. 2002. The first whipspider (Arachnida: Amblypygi) and three new whipscorpions (Arachnida: Thelyphonida) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences*. 92: 325-334.
- Evans S. E. & Yabumoto. Y. 1998. A lizard from the EARLY Cretaceous Crato Formation, Araripe Basin, Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*. 6: 349-364.
- Fanton J. C. M., Ricardi-Branco F., Dilcher D.L., Campos A.C.A. & Tavares S.A.S. 2007. Macrofossil inédito de Caytoniales na Formação Crato, Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe, NE, Brasil: estudo preliminar. *In: Carvalho I. de S. et al. (edt.). Paleontologia: Cenários de Vida*. 1: 177-188.
- Fielding S., Martill D.M. & Naish D. 2005. Solhofen-style soft-tissue preservation in a new species of turtle from Crato Formation (Early Cretaceous, Aptian) of North-east Brazil. *Palaeontology*. 48: 1301-1310.
- Frey E., Martill D. M. & Buchy M. C. 2003. A New crested ornithocheirid from the Lower Cretaceous of northeast Brazil and the unusual death of an unusual pterosaurs. *In: Buffetaut E. & Mazin J.M. (eds.). Evolution and Palaeobiology of Pterosaurs*. Geological Society of London, Special Publicatin. 217: 55-64.

- Frey E., Martill D. M. & Buchy M. C. 2003. A new species of taperarid pterosaurs with soft-tissue head crest. *In: Buffetaut E. & Mazin J. M. (eds). Evolution and palaeobiology of Pterosaurs*. Geological Society of London, Special Publication. 217: 65-72.
- Guilard R.P., Carbonaro F.A. & Simone L.R.L. 2010. *Physa mezzalirae*: um novo gastrópode da Formação Adamantina (Bacia Bauru), Cretáceo Superior, São Paulo, Brasil. *GaeaJournal of Geosciencie*, 6(2):63-68.
- Harris T. M. 1979. *The Yorkshire Jurassic Flora, Coniferales*. British Museum (Natural History). London, 166 pp.
- Heer O. 1881. Contributions à la flora fossile du Portugal. *Comunicações Trabalhos Serviço Geologia Portugal*. 4: 1-51.
- Ihering H. 1913. *Pleiodon priscus*. *In: Comissão Geográfica e Geológica. Exploração do Rio Grande e seus afluentes: São José dos Dourados, São Paulo, 39p.*
- Iori F.V. & Carvalho I.S. 2011. *Caipirasuchus paulistanus*, a new sphagesaurid (Crocodylomorpha, Mesoeucrocodylia) from the Adamantina Formation (Upper Cretaceous, Turonian-Santonian), Bauru Basin, Brasil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 31(6):1255-1264.
- Jordan D.S. 1910. Description of a collection of fishes from the bituminous shales of Riacho Doce, State of Alagoas, Brazil. *Annales of the Carnegie Museum*. 7: 23-34.
- Kellner A.W.A., Campos D.A., Azevedo S.A.K., Trotta M.N.F., Henriques D.D.R., Craik M.M.T. & Silva H.P. 2006. On a new titanosaur sauropod from the Bauru Group, Late Cretaceous of Brazil. *Boletim do Museu Nacional*. 74:1-31.
- Kellner, A.W.A. and Campos, D. de A., 2002, On a theropod dinosaur (Abelisauria) from the continental Cretaceous of Brazil: *Arquivos do Museu Nacional*, v. 60, p. 163-170.
- Kunzmann L., Mohr B., Wilde V., Bernardes de Oliveira M. E. C. 2011. A putative gnetalen gymnosperm *Cariria orbiculiconiformis* gen. nov. et spec. nov. from from the Early Cretaceous of northern Gondwana. *Review of Palaeobotany and palynology*. 165: 75-95.

- Leme E.M.C., Brown G.K., Dilcher D., Bernardes-de-Oliveira M.E.C., Siqueira J.A. & Sales A.M.F. 2005. Protananaceae, a new fossil monocot family from the Lower Cretaceous Santana Formation, northeastern Brazil. *In: Botany Conference of Austin, Texas, 13-17/08/2005*. Abstract: 666.
- Maisey J. G. 1986. Coelacanth from the Lower Cretaceous of Brazil. *American Museum, Novitates*. 2866: 1-30.
- Mantell G.A. 1825. Notice on the *Iguanodon*, a newly discovered fossil reptile, from the sandstone of Tilgate Forest, in Sussex. *Phil. Trans. Roy. Soc. London* 115:179-186.
- Mantell G.A. 1833. *Geology of the South East of England*. Longman, Rees. Orme, Brown, Green and Longman, London. 415pp.
- Marinho T.S., Iori F.V., Carvalho I.S. & Vanconcellos F.M. 2013. *Gondwanasuchus scabrosus* gen. et sp. nov., a new terrestrial predatory crocodyliform (Mesoeucrocodylia: Bauruchidae) from the Late Cretaceous Bauru Basin of Brazil. *Cretaceous Research*, p.1-8.
- Marinho T.S. & Carvalho I.S. 2009. An armadillo-like sphagesaurid crocodyliform from the Late Cretaceous of Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 27:36-41.
- Martill D.M. & Barker, M.J. 1998. A new centipede (Arthropoda, Chilopoda) from the Crato Formation (Lower Cretaceous, Aptian) of N. E. Brazil. *Newes jahrbuch für Geologie und Paläontologie*. 207: 395-404.
- Martins- Neto R.G. 2003. Systematics of the Caelifera (Insecta, Orthopteroidea) from the Santana Formation. Araripe Basin (Lower Cretaceous, northeast Brazil), with a description of new genera and species. *Acta Zoologica Cracoviensa* 46 (suppl.):205-228.
- Martins-Neto R. & Mezzalana S. 1991. Descrição de crustáceos (Caridae) da Formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 63: 155-160.
- Martins-Neto R. G. 1991. Sistemática dos Ensifera (Insecta, Orthopteroidea) da Formação Santana, cretáceo Inferior do nordeste do Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*. 32 (14): 3-162.

- Martins-Neto R.G., Ribeiro-Júnior C. & Prezoto F. 2005. New fossils (Isoptera: Hodotermitidae), from the Santana Formation (Lower Cretaceous, Araripe Basin, Northeast Brazil), with descriptions of new taxa including a new subfamily. *Sociobiology* 47:125-134.
- Menon F. & Heads S. W. 2005. New species of Palaeontinidae (Insecta: Cicadomorpha) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, serie B* 357: 1-11.
- Mesquita, M. V. 1996. *Cretaraneus martinsnetoi* n. SP. (Araneoidea) da Formação Santana, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe. *Revista Universidade Guarulhos, Série Geociências*. 1: 24-23.
- Mezzalana S. & Simone L.R.L., 1999. Duas novas espécies de Castilia (Mollusca, Bivalvia, Inuonoida) no Cretáceo do Grupo Bauru, São Paulo, Brasil. *Geociências*, 4(6):58-60.
- Mohr B. & Eklund H. 2003. *Araripea florifera*, a magnoliid angiosperm from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*. 125: 279-292.
- Mohr B., Bernardes de Oliveira M. E. C. & Taylor D. W. 2008. *Pluricarpellatia*, a nymphaealean angiosperm from the Lower Cretaceous of northern Gondwana (Crato Formation, Brazil). *TAXON* 57 (4): 1147-1158.
- Mohr B. & Bernardes de Oliveira M. e. C. 2004. *Endressinia brasiliana*, a magnolialean angiosperm from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). *International Journal of Plant Science*. 165: 1121-1133.
- Montefeltro F.C., Larsson H.C.E & Langer M.C. 2011. A new Baurusuchid (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) from the Late Cretaceous of Brazil and the Phylogeny of Baurusuchidae. *PLoS ONE*, 6(7) e21916. doi:10.1371/journal.pone.0021916
- Musacchio E.A. & Simeone M. 1991. Taxonomy of some Cretaceous non-marine ostracods of palaeobiogeographical interest. *News Jahrbuch zur Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 180(3):349-389.
- Nascimento P.M. & Zaher H. 2010. A new species of Baurusuchus (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) from the Upper Cretaceous of Brazil, with the first complete postcranial

- skeleton described for the family Baurusuchidae. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 50(21):323-361.
- Nobre P.H. & Carvalho I.S. 2006. Adamantinasuchus navae: a new Gondwanan Crocodylomorpha (Mesoeucrocodylia) from the Late Cretaceous of Brazil. *Gondwana Research* 10(4):370-378.
- Nobre P.H., Carvalho I.S. & Vanconcellos F.M. 2007. Mariliasuchus robustus, um novo Crocodylomorpha (Mesoeucrocodylia) da Bacia Bauru, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 30:32-42.
- Powell J.E. 1987. The Late Cretaceous fauna of Los Alamitos, Patagonia, Argentina. Part VI. The titanosaurids. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat. Paleontol.* 3:147-153.
- Price L. I. 1959. Sobre um crocodilídeo notosuquio do Cretácico Brasileiro. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de geologia e Mineralogia*. 188: 5-55.
- Price L. I. 1973. Quelônio Amphichelydia no Crataceo Inferior do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 3: 84-96.
- Price L.I. 1945. A new Reptile from the Cretaceous of Brazil. *Notas Preliminares e Estudos – Ministério da Agricultura, Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro*, 25:1-9.
- Price L.I. 1950. On a new Crocodilia, *Sphagesaurus* from the Cretaceous of the State of São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 22:77-83.
- Roxo, M.G.O.. (1936). "On a new species of fossil Crocodilia from Brazil, Goniopholis paulistanus sp. n.. *Anais Academia Brasileira de Ciências* 8: 33-34.
- Rydin C., Mohr B., Friis E.M. 2003. *Cratonia cotyledon* gen. nov.: a unique Cretaceous seedling related to *Welwitschia*. *Proceeding of the Royal Society Biology Letters (Supplement)*. 270: 29-32.
- Salisbury S.W., Frey E., Martill D.M. & Buchy M.C. 2003. A new mesosuchian crocodilian from the Lower Cretaceous Formation of north-eastern Brazil. *Palaeontographica Abteilung A (Paläozoologie – Stratigraphie)*. 270: 3-47.

- Santos R das S. 1984. *Lepisosteus cominatoi* n. sp. da Formação Bauru, Estado de São Paulo. – *Anais Acad. Brasil. Ciências*, 56(2):197-202; Rio de Janeiro.
- Santos R. da S. 1958. *Leptolepis diasii*, novo peixe fóssil da Serra do Araripe Brasil. *Notas Preliminares e Estudos, Divisão de Geologia e Mineralogia, Departamento Nacional de Produção Mineral*. 108: 1-15.
- Santos R. da S. 1990. *Vinctifer longirostris*, do Cretaceo inferior da Formação Marizal, Estado da Bahia, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 62: 251-260.
- Santucci R.M.S. & Bertini R.J. 2006. A new titanosaur from western São Paulo State, upper Cretaceous Bauru Group, South-East Brazil. *Palaeontology*, 49: 59-66.
- Selden P.A. & Shear W.A. 1996. The first Mesozoic solifuge (Arachnida), from the Cretaceous of Brazil, and a redescription of the Paleozoic solifuge. *Palaeontology*. 39: 583-604.
- Staesche, K. 1937. *Podocnemis brasiliensis* n. sp. Aus der oberen Kreide Brasiliens. *Neues Jahrbuch der Mineralogic, Geologic und Paläeontologic*, 77:291-309.
- Suárez, J.M. 1969^a. Um novo quelônio fóssil da Formação Bauru. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 23., 1969, Salvador. Comunicações... Salvador: Boletim Especial, Salvador, 1:87-89.
- Suárez, J.M. 1969b. Um quelônio da Formação Bauru. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Presidente Prudente*, 2:35-54.
- Suárez, J.M. 1969c. Um quelônio da Formação Bauru. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 23., 1969, Salvador. *Anais...* Salvador. 167-176.
- Walker C.A. 1981. A new subclass of birds from the Cretaceous of South America. *Nature* 292:51-53.
- Wilson H.M. 2001. First Mesozoic scutigermorph centipede, from the Lower Cretaceous of Brazil, *Palaeontology*, 44: 489-495.
- Wilson H.M. 2003. A new scolopendromorph centipede (Myriapoda: Chilopoda) from the Lower Cretaceous (Aptian) of Brazil. *Journal of Paleontology*. 22: 73-74.

Witton M. P. 2008. A new Azhdarchoid Pterosaurs from the Crato Formation (Lower Cretaceous, Aptian) of Brazil. *Palaeontology*. 51 (6): 1289-1300.

Xu, X.; Zhao, Q.; Norell, M.; Sullivan, C.; Hone, D.; Erickson, G.; Wang, X.; Han, F. & Guo, Y.. 2009. A new feathered maniraptoran dinosaur fossil that fills a morphological gap in avian origin. *Chinese Science bulletin*, 52: 430-435.