

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas – *Campus* de Rio Claro

REVISÃO DOS TESTUDINES FÓSSEIS DO CRETÁCEO
SUPERIOR DA BACIA BAURU, COM A DESCRIÇÃO
PRELIMINAR DE NOVO MORFÓTIPO.

MIRIAN COSTA MENEGAZZO

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo J. Bertini

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geologia
Regional, para obtenção do título de Mestre em
Geociências.

Rio Claro – SP

2009

560 Menegazzo, Mirian Costa
M541r Revisão dos Testudines fósseis da Bacia Bauru, com
descrição preliminar de novo morfótipo. / Menegazzo, Mirian
Costa. - Rio Claro : [s.n.], 2009
137 f. : il., figs., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Reinaldo José Bertini

1. Paleontologia . 2. Vertebrados. 3. Análise Filogenética.
4. Paleobiogeografia. 5. Paleoecologia. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Reinaldo José Bertini

Departamento de Geologia Aplicada – Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Professor Emérito Paulo Milton Barbosa Landim

Departamento de Geologia Aplicada – Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Prof. Dr. Douglas Riff Gonçalves

Instituto de Biologia - Universidade Federal de Uberlândia

Rio Claro, 09 de Outubro de 2009

Resultado: Aprovada

AGRADECIMENTOS

Especial agradecimento à **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo** (FAPESP), pelo apoio ao desenvolvimento do projeto de pesquisa que resultou nesta dissertação, por meio de Bolsa de Mestrado (Processo 06/59587-7).

Ao Prof. Dr. Reinaldo José Bertini por sua orientação e contribuição ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação, Prof. Dra. Maria Rita Caetano Chang e Prof. Dr. Joel Carneiro de Castro, ambos do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, por todas as enriquecedoras sugestões.

Aos membros da Comissão Examinadora da Dissertação de Mestrado, Professor Emérito Paulo Milton Barbosa Landim, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, e Prof. Dr. Douglas Riff Gonçalves, do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia, por críticas e sugestões que auxiliaram na revisão do trabalho.

À Prof. Dra. Maria Margarita Torres Moreno, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, por suas instruções e auxílio na preparação das amostras encaminhadas para análise química por Difração de Raios-X.

À Doutoranda Carolina Del Roveri, do Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, pelo auxílio na identificação dos argilo-minerais nos difratogramas.

À Lília Maria Dietrich Bertini, do Laboratório de Pesquisa de Paleontologia, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, pelo suporte técnico dado durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Ao Me. Rodrigo Prudente de Melo, por sua prestimosa contribuição na confecção do Mapa de Amplitude Geográfica dos Testudines da Bacia Bauru e na revisão de alguns aspectos do trabalho.

RESUMO

Testudines constituem um grupo de amniotas muito comum em depósitos do Cretáceo do Brasil, sendo abundantes na Bacia Bauru. Até o momento, para estes sedimentos, foram descritas as espécies “*Podocnemis*” *harrisi*, “*Podocnemis*” *brasiliensis*, *Roxochelys wanderleyi*, *Bauruemys elegans* e *Cambaremys langertoni*. As ocorrências de Testudines distribuem-se amplamente pelo Oeste dos estados de São Paulo e Minas Gerais, estando presentes nas formações Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina e Marília. O presente estudo revisa a Paleontologia, Paleoecologia e Paleobiogeografia relacionadas a essas ocorrências. Em adição, um novo material é descrito e discutida a Filogenia de alguns Pelomedusoides e as espécies presentes na Bacia Bauru. A descrição do novo morfótipo permitiu algumas questões sobre o relacionamento entre *Cambaremys langertoni* e “*Podocnemis*” *brasiliensis*, considerados no presente trabalho como um único táxon. Assim, essa proposta pode trazer possibilidades de correlações estratigráficas, porque o novo morfótipo, e as espécies *Cambaremys langertoni* e “*Podocnemis*” *brasiliensis* são provenientes de quatros unidades geológicas distintas da Bacia Bauru, formações Araçatuba, Adamantina, Marília e Santo Anastácio.

ABSTRACT

Testudines is an amniote group very common in the Cretaceous deposits from Brazil, and it is abundant in the Bauru Basin. For these sediments, until now, there were described the species: "*Podocnemis*" *harrisi*, "*Podocnemis*" *brasiliensis*, *Roxochelys wanderleyi*, *Bauruemys elegans* and *Cambaremys langertoni*. The occurrences of Testudines are widely distributed in Western São Paulo and Minas Gerais states, and they are present in the Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina and Marília formations. The present study revises the Paleontology, Paleoecology and Paleobiogeography related to these occurrences. In addition, a new fossil material is described and the Phylogeny of some Pelomedusoides and the species presents in the Bauru Basin is discussed. The description of the new morphotype allowed some questions about the relationships between *Cambaremys langertoni* and "*Podocnemis*" *brasiliensis*, and in this study they are considered the same taxon. So, this assumption could bring significant stratigraphical correlations possibilities, because the new morphotype, "*Podocnemis*" *brasiliensis* and *Cambaremys langertoni* came from four distinct geological units of the Bauru Basin, Araçatuba, Adamantina, Marília and Santo Anastácio Formation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
3. MATERIAIS E MÉTODOS	3
3.1. Análise Química aplicada ao estudo de caso.	4
4. GEOLOGIA REGIONAL	6
4.1 Caracterização das unidades litoestratigráficas	10
4.1.1 Grupo Caiuá	10
4.1.1.1 Formação Caiuá	10
4.1.1.2 Formação Santo Anastácio	11
4.1.2 Grupo Bauru	13
4.1.2.1 Formação Araçatuba	13
4.1.2.2 Formação Adamantina	14
4.1.2.3 Formação Uberaba	15
4.1.2.4 Formação Marília	16
4.2 Considerações bioestratigráficas	19
5. TESTUDINES	21
6. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES DE TESTUDINES PRESENTES NA BACIA BAURU	31
6.1 “ <i>Podocnemis</i> ” <i>harrisi</i> PACHECO, 1913	31
6.2 “ <i>Podocnemis</i> ” <i>brasiliensis</i> STAESCHE, 1937	32
6.3 <i>Roxochelys wanderleyi</i> PRICE, 1953	37
6.4 <i>Bauruemys elegans</i> SUAREZ, 1969 (KISCHLAT, 1994)	39
6.5 <i>Cambaremys langertoni</i> FRANÇA & LANGER, 2005	43
7. DESCRIÇÃO PRELIMINAR DE NOVO MORFÓTIPO	49
7.1 Ocorrência	49
7.2 Descrição	50
8. ANÁLISE FILOGENÉTICA	61
8.1 Metodologia	61
8.1.1 Sistemática Filogenética – Histórico	61
8.1.2 Métodos de construção de árvores filogenéticas	64
8.1.3 Métodos de busca de árvores filogenéticas	70
8.1.4 Medidas de Confiabilidade	71

8.2 Análises filogenéticas prévias-----	72
8.3 Análise filogenética dos Testudines presentes na Bacia Bauru -----	77
9. PALEOBIOGEOGRAFIA-----	101
10. PALEOECOLOGIA -----	104
10.1 Estudo de caso: localidade de Pirapozinho (SP)-----	105
11. CONCLUSÕES-----	108
REFERÊNCIAS-----	110
APÊNDICE A - OCORRÊNCIAS DE TESTUDINES NA BACIA BAURU-----	127
APÊNDICE B – MAPA DE PONTOS DA AMPLITUDE GEOGRÁFICA DOS TESTUNIDES NA BACIA BAURU -----	Erro! Indicador não definido.
APÊNDICE C: SEÇÃO COLUNAR DE AFLORAMENTO FOSSILÍFERO DA FORMAÇÃO ADAMANTINA – LOCALIDADE DE PIRAPOZINHO (SP- Erro! Indicador não definido.	
APÊNDICE D - ANÁLISE QUÍMICA POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X -----	136
APÊNDICE E - ANÁLISE QUÍMICA POR DIFRAÇÃO DE RAIOS-X -----	139

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa examinar, avaliar e ampliar as informações paleobiológicas, paleoecológicas e paleobiogeográficas referentes às ocorrências de Testudines na Bacia Bauru Bauru, no Oeste dos estados de São Paulo e Minas Gerais (Triângulo Mineiro). Desta maneira, contribui para o estudo desta entidade geológica.

Testudines são amniotas popularmente conhecidos como tartarugas e cágados. Existem desde o Meso-Triássico e não apresentam variações morfológicas substanciais desde sua origem. Possuem habitats variados, em climas tropical e temperado, incluindo pradarias, desertos, florestas, rios, lagos, lagoas, lagunas, mangues, marismas e oceanos. Podem ser herbívoros, carnívoros, onívoros ou apresentar uma dieta muito específica.

A Bacia Bauru é constituída pelas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina, Araçatuba, Uberaba e Marília. Sua área de ocorrência abrange parte dos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Paraná e Minas Gerais. Entretanto, a área de estudo limita-se ao Oeste dos estados de São Paulo e Minas Gerais, onde existem registros de Testudines.

As ocorrências de Testudines se distribuem praticamente por toda esta área de estudo, ocorrendo em diferentes horizontes das formações Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina e Marília. Até o momento, para estas unidades, foram descritos apenas testudinos pelomedusóideos podocnemididos: “*Podocnemis*” *harrisi* PACHECO, 1913; “*Podocnemis*” *brasiliensis* (STAESCHE, 1937) KISCHLAT, 1994; *Roxochelys wanderleyi* PRICE, 1953; *Bauruemys elegans* (SUAREZ, 1969) KISCHLAT, 1994 e *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER, 2005.

2. OBJETIVO

Esta investigação tem como objetivo revisar as ocorrências de Testudines presentes na Bacia Bauru sob vários aspectos (filogenéticos, paleobiogeográficos, biocronológicos e paleoecológicos), desta maneira contribuindo ao conhecimento geológico e paleontológico desta entidade geológica. Apesar dos depósitos da Bacia Bauru serem estudados desde o início do Século XX, ainda existem muitas questões não solucionadas e muitos temas em debate, especialmente quanto a aspectos estratigráficos e biocronológicos.

Além disto, o presente trabalho visa descrever novo material, previamente noticiado, proveniente da Formação Santo Anastácio, e analisar seu posicionamento dentre os demais morfótipos registrados na Bacia Bauru.

Deste modo, os objetivos específicos desta investigação são:

1. Contribuir aos estudos morfo-anatômicos envolvendo fósseis de Testudines da Bacia Bauru, com descrição de novo material;
2. Caracterizar os agrupamentos filogenéticos testudinianos no âmbito da Bacia Bauru, buscando refinar o grau de relacionamento filogenético dos organismos do grupo em estudo.
3. Apresentar um mapa de pontos da amplitude geográfica dos Testudines na Bacia Bauru, com substrato geológico;
4. Inferir sobre Paleobiogeografia e Paleoecologia de Testudines da Bacia Bauru;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As informações com respeito à Geologia da Bacia Bauru, na qual ocorrem os fósseis de interesse desta investigação, bem como dos táxons fósseis de Testudines presentes, além de informações paleontológicas, paleoecológicas, biocronológicas e tafonômicas sobre eles foram obtidas das publicações existentes e trabalhos de campo.

Foram realizados dois trabalhos de campo no Oeste do Estado de São Paulo. O primeiro foi desenvolvido entre os dias 24 e 26 de Agosto de 2007, e permitiu o reconhecimento de algumas unidades da Bacia Bauru e de localidades fossilíferas contendo restos de Testudines. O segundo foi realizado entre os dias 14 e 16 de Janeiro de 2008, e permitiu a coleta de amostras de rochas de uma importante localidade fossilífera da Formação Adamantina, que foram analisadas química e petrograficamente, a fim de subsidiar interpretações paleoambientais e tafonômicas para esta localidade. O detalhamento dos métodos utilizados é apresentado no item seguinte.

A descrição do novo material, anteriormente coletado e depositado no Museu de Paleontologia e Estratigrafia “Paulo Milton Barbosa Landim”, do Departamento de Geologia Aplicada do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, envolveu a preparação do mesmo, por meio de processos mecânicos, e comparações com outras espécies formalmente descritas para a Bacia Bauru e outras formas semelhantes.

A preparação do material consistiu na remoção de grande parte da rocha envolvente. Apenas a carapaça encontrava-se exposta necessitando-se retirar todo o sedimento que encobria o plastrão. A remoção da rocha foi realizada utilizando-se trepanador e micro-retífica, com escariadores de pontas diamantadas, de Óxido de Alumínio e Carbureto de Tungstênio (Figura 1).

Os estudos morfológicos envolveram a análise de material recente de Testudines, de fósseis depositados no Museu de Paleontologia e Estratigrafia “Paulo Milton Barbosa Landim”, e de publicações descrevendo as espécies presentes na Bacia Bauru.

Na análise filogenética, empregou-se como método de construção de árvores filogenéticas a Parcimônia, com método de busca exata, utilizando o algoritmo *Implicit Enumeration*, por meio do *software* TNT – Versão 1.1 – Willi Hennig Society Edition (GOLOBOFF *et al.*, 2008).

Utilizou-se as matrizes de caracteres empregadas em MEYLAN (1996), FUENTE (2003), FRANÇA & LANGER (2006), ROMANO & AZEVEDO (2006), GAFFNEY *et al.*

(2006) e MEYLAN *et al.* (2009). A metodologia empregada na análise é discutida no capítulo Análise Filogenética.



Figura 1: Remoção mecânica da rocha envolvendo o material descrito, com a utilização de micro-retífica com escariador de ponta diamantada.

3.1. Análise Química aplicada ao estudo de caso.

Buscando trazer novos dados que corroborassem hipóteses pré-existentes ou mesmo que pudessem trazer novas sugestões, sobre a Bioestratinomia de uma localidade da Formação Adamantina contendo enorme quantidade de restos de Testudines, foram realizadas análises químicas das rochas provenientes deste afloramento.

Foram coletadas cinco amostras de diferentes níveis do afloramento, indicados pelas letras A-E na Seção Colunar apresentada no Apêndice C.

As amostras foram moídas em um moinho oscilante e analisadas no Laboratório de Geoquímica (LABOGEO) do Departamento de Petrologia e Metalogenia, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista - *Campus* Rio Claro, que utiliza Espectrômetro Sequencial Philips PW2400. Foram obtidos valores de elementos maiores e traços presentes nas amostras coletadas (Apêndice D).

O material não utilizado na análise por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X, das amostras A e B, respectivamente do nível de argilitos abaixo da principal concentração fossilífera, e dos argilitos da camada fossilífera, foi utilizado na análise por Difração de Raios-X. Este material foi moído em um moinho oscilante, obtendo-se um pó muito fino que não caracteriza somente a fração argila da rocha, mas também os minerais que foram moídos

neste processo. Embora este não seja o método adequado de preparação, não acarretou em distorções nos resultados.

A fração argila ($<2\mu\text{m}$) foi enviada para a análise no Laboratório de Difração de Raios-X (LDRX), do Departamento de Mineralogia e Geotectônica (GMG), do Instituto de Geociências (IGc) da Universidade de São Paulo, que utiliza difratômetro de pó Siemens modelo D5000. Os resultados são apresentados no Apêndice E.

Para a separação da fração argila ($<2\mu\text{m}$) inicialmente foi preparada uma pasta com cada uma das amostras moídas e água destilada. Posteriormente, em um recipiente, esta pasta foi acrescida de água destilada, misturada e deixada em repouso por alguns minutos.

A água foi separada do sedimento de fundo e armazenada, o procedimento foi repetido mais uma vez. O material de fundo foi descartado, e a água com sedimentos finos obtida foi utilizada nos passos seguintes.

A esta água com sedimentos finos foi acrescida mais água destilada, até a altura de aproximadamente 12 cm, em um recipiente. O material ficou em repouso por 8 horas, e então foram separados os primeiros 10 cm de líquido, e novamente o material ficou em repouso até que ficasse consideravelmente “limpo” (decantação do sedimento). O líquido foi então descartado e o material no fundo do recipiente enviado para análise.

A análise foi realizada em amostra natural, glicolada e aquecida a 500°C por 4 horas.

4. GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia Bauru está localizada nas regiões Oeste do Estado de São Paulo, Leste de Mato Grosso do Sul, Sul de Goiás, Noroeste de Paraná e Oeste de Minas Gerais (Figura 2). Compreende área de aproximadamente 370.000 km² e apresenta depósitos com espessura máxima de 300 m (FERNANDES & COIMBRA, 2000). Seus limites são principalmente de caráter tectônico e correspondem à Antéclise de Rondonópolis, a Noroeste, Soerguimento do Alto Paranaíba, a Nordeste, alinhamentos do Rio Mogi-Guaçu, São Carlos – Leme e Ibitinga – Botucatu, a Leste, do Paranapanema, a Sudeste, e do Rio Piquiri, ao Sul (RICCOMINI, 1997).

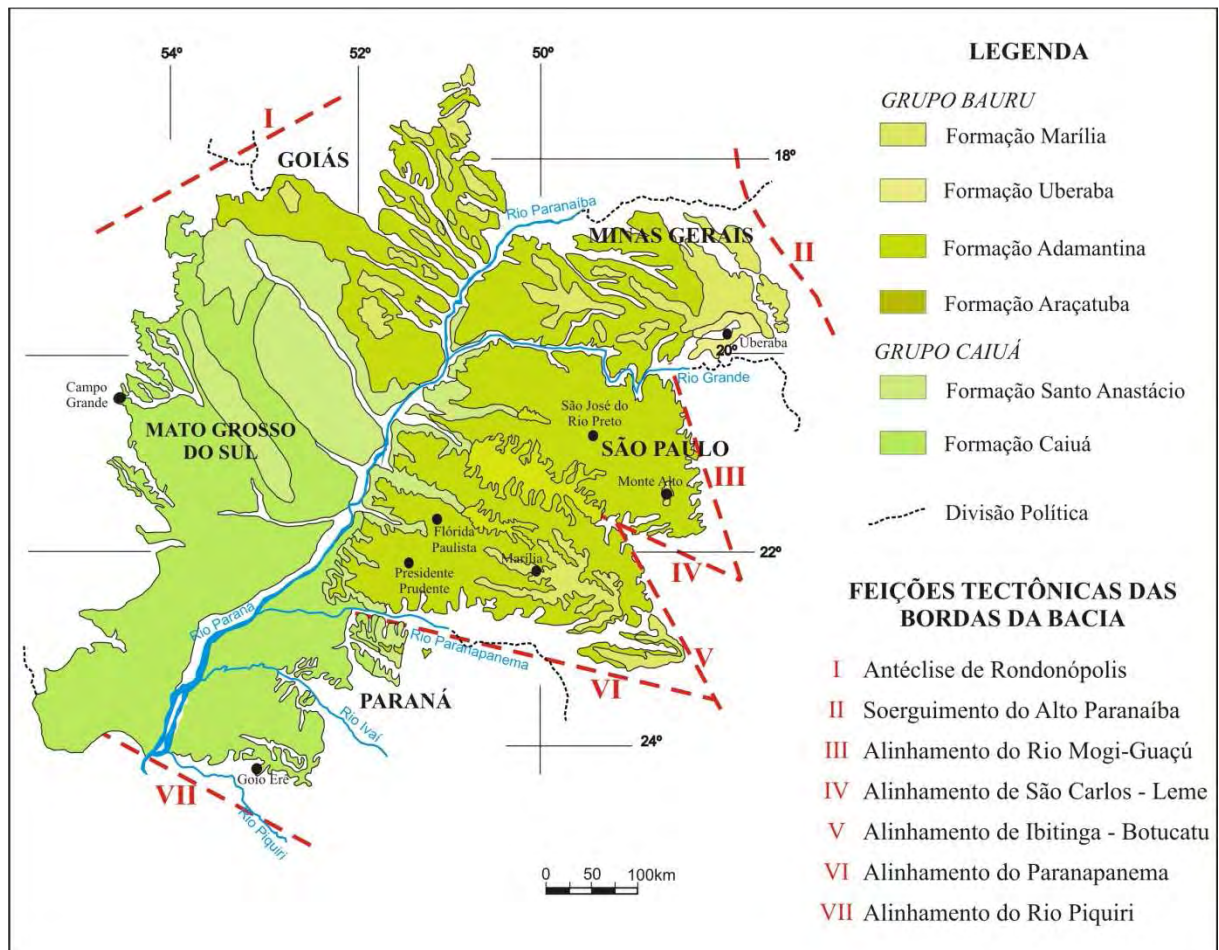


Figura 2: Mapa geológico da Bacia Bauru. Modificado de FERNANDES & COIMBRA (1996). Principais feições tectônicas das bordas da bacia segundo RICCOMINI (1997).

Embora exista extensa bibliografia sobre a Bacia Bauru, cujos estudos iniciais remontam ao início do Século XX, ainda existem muitas divergências sobre aspectos como hierarquia de unidades, concepções estratigráficas e idade das formações que a compõem.

As rochas sedimentares neocretáceas, que se sobrepõem principalmente a Formação Serra Geral, em área ocupada pela Bacia do Paraná, são identificadas por MILANI (1997) como uma unidade estratigráfica de ampla escala, Supersequência Bauru, em um contexto de registro policíclico da Bacia do Paraná. Entretanto, FERNANDES & COIMBRA (1996) consideraram que esses depósitos foram acumulados em uma nova unidade geotectônica, denominada Bacia Bauru.

No Eo-Cretáceo ocorreu um grande extravasamento de lavas basálticas na porção Sudoeste do Paleocontinente Gondwana, cujas rochas correspondem a Formação Serra Geral, datada entre $137,8 \pm 0,7$ Ma. e $126,8 \pm 2$ Ma. por TURNER *et al.* (1994). Este evento está relacionado com a ruptura do Gondwana, formação do Oceano Atlântico e separação entre América do Sul e África.

Alguns autores, como FERNANDES & COIMBRA (1996) e RICCOMINI (1997) consideram que os efeitos da carga representada pelas rochas basálticas, a subsidência termal e o deslocamento da Placa Sul-Americana, criaram um novo quadro tectônico que mudou o contexto regional da bacia intracratônica pré-existente (Bacia do Paraná), e permitiram a instalação dos depósitos da Bacia Bauru. Controvérsias existem em torno do fato de sua sedimentação estar também associada ao reativamento de estruturas do embasamento cristalino, que atuaram na sedimentação da Bacia do Paraná, e que colocariam os depósitos neocretáceos no mesmo contexto da Bacia do Paraná (PAULA E SILVA *et al.*, 2009).

RICCOMINI (1997), seguindo alguns autores precedentes, considera que o tectonismo na margem continental atlântica atuou na sedimentação da Bacia Bauru controlando o nível de base regional (ALMEIDA, 1976; FÚLFARO *et al.*, 1982; SOARES & LANDIM, 1976), a deriva da Placa Sul-Americana produziu esforços predominantemente compressivos, gerando deformações e deslocamentos comandados por descontinuidades pré-existentes, que estariam relacionados às estruturas rúpteis que seccionam o preenchimento sedimentar (FERNANDES, 1992; FÚLFARO & BARCELOS, 1993) e que a formação da bacia se deve a subsidência lenta e gradual ocorrida em resposta à retração do soerguimento crustal (FÚLFARO *et al.*, 1982) e arrefecimento de seu substrato (FERNANDES & COIMBRA, 1996). O modelo de subsidência termal é corroborado pelo fato do depocentro da Bacia Bauru localizar-se no Sudoeste do Estado de São Paulo (Pontal do Paranapanema) e Noroeste do Paraná, região onde ocorrem as maiores espessuras da Formação Serra Geral.

Os trabalhos de BARBOSA *et al.* (1970), LANDIM & SOARES (1976), COIMBRA (1976), SUGUIO *et al.* (1977) e BRANDT NETO *et al.* (1978) foram os primeiros a subdividir a unidade Bauru em unidades menores (fácies ou litofácies). A partir destes trabalhos, SOARES *et al.* (1980) caracterizaram estas unidades como formações Santo Anastácio, Adamantina e Marília, elevando conseqüentemente a "Formação Bauru" à categoria de grupo, e incluíram a Formação Caiuá no Grupo Bauru.

Esta proposta obteve grande aceitação e foi apenas parcialmente modificada por estudos seguintes como ALMEIDA *et al.* (1980), SUGUIO (1981), BRANDT NETO (1984), BARCELOS (1984), BARCELOS & SUGUIO (1987). Posteriormente, sugeriram novas concepções estratigráficas para esta unidade, por exemplo, propostas por FERNANDES (1992, 1998), FÚLFARO & PERINOTTO (1996), FERNANDES & COIMBRA (1994, 1996, 2000), BATEZELLI (1998, 2003) e PAULA e SILVA (2003).

FERNANDES (1992) e FERNANDES & COIMBRA (1994) elevaram a "Formação Caiuá" à categoria de grupo, ao subdividirem esta unidade nas formações Rio Paraná e Goio Erê, adicionalmente incluindo a Formação Santo Anastácio neste agrupamento. Para estes autores os contatos entre as unidades dos grupos Caiuá e Bauru (formações Adamantina, Uberaba e Marília) são graduais ou interdigitadas, e as formações Rio Paraná e Goio Erê diferenciam-se por suas estruturas sedimentares, maturidades textural e mineralógica, e disposição geográfica na bacia. Mas ainda existem divergências sobre esta divisão, em conseqüência, no presente trabalho adota-se a Formação Caiuá na concepção de SOARES *et al.* (1980), por apresentar maior operacionalidade em campo.

BARCELOS *et al.* (1983) consideram a Formação Itaqueri como pertencente ao Grupo Bauru e cronocorrelata ao Membro Serra da Galga da Formação Marília. A inclusão da Formação Itaqueri no Grupo Bauru não é consensual. RICCOMINI (1995, 1997) atribui idade cenozóica à Formação Itaqueri, enquanto a Formação Marília é considerada maastrichtiana, por exemplo, por GOBBO-RODRIGUES (2002). Devido a esta divergência de idades, adicionada ao fato de não existir continuidade espacial entre os depósitos do Grupo Bauru e da Formação Itaqueri, no presente trabalho esta unidade não é considerada como pertencente ao contexto da Bacia Bauru.

FERNANDES (1998) e FERNANDES & COIMBRA (2000) apresentaram uma revisão estratigráfica da parte Oriental da Bacia Bauru. Nesta nova proposta, o Grupo Caiuá seria composto pelas formações Santo Anastácio, Rio Paraná e Goio Erê, e o Grupo Bauru pelas formações Uberaba, Marília (membros Echaporã, Ponte Alta e Serra da Galga), Araçatuba, Presidente Prudente, São José do Rio Preto e Vale do Rio do Peixe. Ao contrário

de outros autores que admitem desenvolvimento vertical das unidades da Bacia Bauru, mesmo que interdigitadas, estes autores propõem a lateralização destas unidades.

Esta proposta recebeu pouca aceitação, principalmente por lateralizar as unidades e também devido à exclusão do termo Adamantina, que é um nome consagrado, bem estabelecido e operacional em campo. O Guia de Nomenclatura Estratigráfica (PETRI *et al.*, 1986) prevê que, ao se denominarem formalmente unidades litoestratigráficas, nomes consagrados devem ser mantidos mesmo que estejam fora dos padrões estabelecidos. Além disto, considerando-se que uma formação pode apresentar constituição litológica bastante heterogênea, que defina por si mesma um caráter distinto das unidades litoestratigráficas adjacentes (PETRI *et al.*, 1986), a designação Formação Adamantina na concepção de SOARES *et al.*, 1980 é perfeitamente cabível ao conjunto de rochas sedimentares das quais é constituída, que é reconhecível em campo e aceito operacionalmente.

Ressalta-se que nem sempre a subdivisão de uma unidade apresenta caráter de praticidade, e a proposta estratigráfica de FERNANDES (1998) e FERNANDES & COIMBRA (2000) apresenta pouca operacionalidade em trabalhos de campo, especialmente quanto às formações Rio Paraná, Goio Erê, Presidente Prudente, Vale do Rio do Peixe e São José do Rio Preto.

Os trabalhos de FÚLFARO & BARCELOS (1993) e FÚLFARO *et al.* (1999) propõem a existência de uma bacia individualizada para os depósitos da "Formação Caiuá", que seria anterior a existência da Bacia Bauru. Esta proposta baseia-se no fato dos depósitos da Formação, ou Grupo Caiuá (FERNANDES, 1998), apresentarem litofácies distintas dos sedimentos do Grupo Bauru, e por estas bacias apresentarem localizações diferentes, quanto ao nível de base.

BATEZELLI (2003) e BATEZELLI *et al.* (2003) consideram que o Grupo Bauru resulta de evento tectono-sedimentar ocorrido após a formação do Grupo Caiuá, concordando com FÚLFARO *et al.* (1999 a, b). Registram que a Bacia Bauru resulta de abatimentos relacionados à reativação de lineamentos do embasamento pré-cambriano, tendo sido implantada sobre os depósitos do Grupo Caiuá e da Formação Serra Geral.

PAULA e SILVA (2003) e PAULA e SILVA *et al.* (2005) consideram que o Grupo Bauru pertence à Bacia do Paraná, e que a proposta de divisão estratigráfica que melhor se ajusta aos seus estudos de subsuperfície, no Estado de São Paulo, é aquela de SOARES *et al.* (1980), reunindo as formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília. Inclui a concepção de Formação Araçatuba de BARCELOS & SUGUIO (1987), redefinida de acordo

com BATEZELLI *et al.* (1999). Além disto, os autores definem as formações Pirapozinho e Birigui, de ocorrência exclusiva em subsuperfície.

Apesar de assumir alguns pressupostos previamente mencionados, não cabe a este trabalho solucionar os questionamentos existentes sobre a Bacia Bauru e seu arranjo litoestratigráfico. Deste modo, adotam-se concepções anteriormente propostas, que apresentam boa praticidade em trabalhos de campo, atendendo convenientemente aos objetivos do projeto. Assim, neste trabalho assume-se que a Bacia Bauru é composta pelos grupos Caiuá (formações Caiuá e Santo Anastácio), e Bauru (formações Araçatuba, Adamantina, Uberaba e Marília, esta última dividida nos membros Ponte Alta, Serra da Galga e Echaporã) (Figura 2).

4.1 Caracterização das unidades litoestratigráficas

4.1.1 Grupo Caiuá

4.1.1.1 Formação Caiuá

A Formação Caiuá foi definida por WASHBURNE (1930) e incluída no Grupo Bauru por SOARES *et al.* (1980), que destacam como sua principal característica a uniformidade litológica, composta por arenitos muito fino a médios, com estratificações cruzadas de grande porte, tangenciais na base. Os grãos são predominantemente quartzosos, de subarredondados a bem arredondados, com grau variável de esfericidade, e são cobertos por película limonítica que fornece cor vermelha escura a roxa para as rochas. Apresenta lâminas de arenitos com alto teor de matriz (SOARES *et al.*, 1980).

Expressivas exposições ocorrem no Noroeste do Estado do Paraná e Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul (SOARES *et al.*, 1980). No Estado de São Paulo, a Formação Caiuá limita-se à região Sudoeste (Pontal do Paranapanema), e em subsuperfície aparece apenas na região Noroeste, mas com expressividade reduzida (PAULA E SILVA *et al.*, 2005). Esta formação apresenta espessura máxima de aproximadamente 200 m, no Morro dos Três Irmãos, no Noroeste do Paraná (SOARES *et al.*, 1980).

Segundo SOARES *et al.* (1980), a Formação Caiuá tem contato basal discordante com a Formação Serra Geral, existindo um hiato entre elas, com erosão e formação de solos, e apresenta limite transicional com a sobreposta Formação Santo Anastácio. FERNANDES (1992) divide a unidade Caiuá nas formações Rio Paraná e Goio Erê, considerando que a Formação Rio Paraná apresenta contato transicional com a Formação Santo Anastácio.

SOARES *et al.* (1980) sugerem deposição eólica para a Formação Caiuá, com base em sua homogeneidade textural, e na presença de estratificações cruzadas de grande porte. De modo geral, FERNANDES & COIMBRA (1994, 1996, 2000) interpretam que esta unidade originou-se de depósitos de um deserto onde teriam se desenvolvido construções eólicas de grande porte, em complexos de dunas amalgamadas ("Formação Rio Paraná") e sedimentos de áreas desérticas periféricas, onde se desenvolveram construções eólicas de menor porte, associadas a rochas sujeitas a variações do nível freático e a acumulações temporárias de água sob condições evaporíticas. Depósitos de campos de dunas e interdunas também são interpretados por FÚLFARO *et al.* (1999 b).

PAULA e SILVA *et al.* (2005) consideram que as características litológicas, e os padrões de granodecrescência ascendente, observados em perfis geofísicos, permitem inferir deposição subaquosa para esta unidade, em sistemas fluviais com distribuição granulométrica governada pelas variações do fluxo aquoso. Entretanto, os autores não descartam a ocorrência de fácies eólicas subsidiariamente intercaladas ao sistema fluvial ou localmente dominantes, tendo em vista que os dados utilizados não abrangem áreas onde a Formação Caiuá foi formalmente descrita.

Até o momento, apenas icnofósseis foram encontrados na Formação Caiuá, possivelmente pegadas de celurossauros e mamíferos (LEONARDI, 1977).

4.1.1.2 Formação Santo Anastácio

O termo Santo Anastácio foi empregado inicialmente por SOARES & LANDIM (1975) para designar uma fácies da Formação Adamantina. Posteriormente, esta unidade foi enquadrada na categoria de membro (LANDIM & SOARES, 1976) e finalmente foi caracterizada como formação por STEIN *et al.* (1979).

É constituída de arenito quartzoso, subarcoseano, de granulometria muito fina a média. Os grãos são subarredondados a subangulares, cobertos por Óxido de Ferro, o que confere cor marrom avermelhada à rocha. Localmente ocorrem cimentação e nódulos

carbonáticos (SOARES *et al.*, 1980). Existem algumas intercalações de lentes de lamitos e argilitos marrom avermelhados (FERNANDES & COIMBRA, 2000; PAULA e SILVA *et al.*, 2005). Os arenitos estão dispostos em estratos tabulares centimétricos a decimétricos, maciços, com incipientes estratificações plano-paralelas e cruzadas planares tangenciais na base (SOARES *et al.*, 1980).

Os perfis geofísicos da Formação Santo Anastácio, no Estado de São Paulo, apresentam padrão cilíndrico, com formato serrilhado, e em algumas regiões há maior frequência de intercalações pelíticas, que chegam a constituir intervalos com padrões granodecrescentes ascendentes (PAULA e SILVA *et al.*, 2005).

O solo de alteração da Formação Santo Anastácio é vermelho, sendo mais escuro que o equivalente da Formação Adamantina, e mais claro que aquele da Formação Serra Geral. Além disto, a unidade pode ser reconhecida por alterações do relevo, sendo mais plano nas áreas onde aflora a Formação Santo Anastácio, se comparado com áreas de ocorrência da Formação Adamantina.

Esta unidade aflora principalmente no Leste de Mato Grosso do Sul, nos vales dos afluentes do Rio Paraná no Estado de São Paulo, e no Norte do Estado do Paraná está restrita à região de Terra Rica (SOARES *et al.*, 1980). Apresenta espessura máxima preservada de 70 a 100 m (FERNANDES & COIMBRA, 2000).

Segundo SOARES *et al.* (1980), esta unidade apresenta contato basal discordante com a Formação Serra Geral, contato transicional com a Formação Caiuá, contato brusco ou interdigitado com a Formação Adamantina, e existem delgadas brechas basais no contato com a Formação Serra Geral. Entretanto, para FERNANDES & COIMBRA (1994), a Formação Santo Anastácio apresenta contato transicional com a Formação Adamantina, em geral interdigitado, com contatos bruscos locais. Apresenta contato erosivo com a Formação Botucatu (SOUSA JÚNIOR, 1984).

Para FERNANDES & COIMBRA (2000), a Formação Santo Anastácio consiste de depósitos de lençóis de areias, acumulados em extensas planícies desérticas, marginais a um complexo de dunas, e com eventuais depósitos de enxurradas de chuvas esporádicas. Entretanto SOARES *et al.* (1980) e PAULA e SILVA *et al.* (2005) acreditam que sua deposição realizou-se em canais com pequena profundidade, em planícies de inundação arenosas, em um modelo fluvial de meandrante a entrelaçado. Mas PAULA e SILVA *et al.* (2005) também admitem a presença de sedimentos eólicos. FÚLFARO *et al.* (1999a) consideram que esta unidade originou-se de horizontes pedológicos, sendo um geossolo desenvolvido sobre a Formação Caiuá.

Nesta unidade foram encontrados fragmentos de ossos, de possível crocodilomorfo, no Município de Pereira Barreto, SP (FITTIPALDI *et al.*, 1989).

4.1.2 Grupo Bauru

4.1.2.1 Formação Araçatuba

Inicialmente a unidade Araçatuba foi tratada como litofácies da "Formação Bauru" por SUGUIO *et al.* (1977) e posteriormente BARCELOS (1984) definiu-a como membro. Contudo, atualmente diversos autores referem-se a esta unidade como formação.

A Formação Araçatuba é constituída por siltitos arenosos cinza-esverdeados, maciços ou com estratificações plano-paralelas e cruzadas, com variações laterais para siltitos argilosos e arenitos lamosos, intercalados com bancos de arenitos muito finos (BATEZELLI *et al.*, 1999). No topo dos estratos encontram-se moldes e pseudomorfos de cristais de gipsita, gretas de ressecção e marcas de raízes (FERNANDES & COIMBRA, 2000).

Ocorre em superfície e subsuperfície apenas no Estado de São Paulo. Apresenta espessura média aflorante de 30 m e em subsuperfície chega a atingir 75 m (BATEZELLI *et al.*, 2003). Observou-se que em sua área de afloramento, entre as cidades de Araçatuba e Mirandópolis, o relevo é menos acidentado se comparado com áreas de ocorrência da Formação Adamantina, e menos plano se comparado com regiões onde aflora a Formação Santo Anastácio.

O contato basal da Formação Araçatuba é discordante com as formações Serra Geral e Santo Anastácio, e seus contatos superior e lateral com a Formação Adamantina são graduais e interdigitados (BATEZELLI *et al.*, 2003).

Segundo BATEZELLI *et al.* (1999, 2003), após o evento deposicional das formações Caiuá e Santo Anastácio, ocorreu a reativação dos lineamentos de Três Lagoas e Presidente Prudente, causando um processo de abatimento que permitiu a deposição das unidades sobrejacentes. Neste contexto, com o aumento da taxa de subsidência, a depressão formada tornou-se maior e adquiriu caráter de um sistema de lagos com pelo menos 60.000 km², ambiente no qual se formaram os depósitos da Formação Araçatuba. Para os autores, a presença de depósitos mais arenosos e as medidas de rumo dos "*foresets*" das estratificações cruzadas indicam que esse sistema recebia sedimentos de Norte e Nordeste da Bacia Bauru,

na forma de pequenos deltas alimentados por rios, que corriam para Sul/Sudoeste. Além disto, ocorria retrabalhamento eólico dos sedimentos nas margens dos lagos.

Para FERNANDES & COIMBRA (2000) e FERNANDES *et al.* (2003), o contexto deposicional da Formação Araçatuba caracteriza-se por ambiente paludal, de águas salinas rasas, pouco agitadas, sujeitas a períodos de exposição, em área de caráter endorréico, baixa e alagadiça, como um pântano, brejo ou charco, e em suas bordas há depósitos de pequenos lobos deltaicos amalgamados e/ou dunas eólicas.

São registrados fósseis como moldes de conchostráceos (MEZZALIRA, 1974; FERNANDES *et al.*, 2003), feições tubulares interpretadas como marcas de raízes (FERNANDES *et al.*, 2003) e fragmentos de vertebrados, incluindo restos de Testudines (BERTINI & SILVA, 1999).

4.1.2.2 Formação Adamantina

A Formação Adamantina foi definida por SOARES *et al.* (1980) e, segundo os autores, algumas variações regionais conduziram vários pesquisadores a apresentarem subdivisões informais para estes depósitos: “Membro Inferior”, Nor-nordeste do Estado de São Paulo (SOARES *et al.*, 1974); Litofácies São José do Rio Preto (SUGUIO *et al.*, 1977); Parte Siltica, alocada ao Noroeste do Estado de São Paulo (BRANDT NETO, 1977); fácies Taciba e Ubirajara, posicionada no Sudoeste do Estado de São Paulo (SOARES *et al.*, 1979).

FERNANDES (1998) e FERNANDES & COIMBRA (2000) sugerem o abandono do nome Adamantina e a fragmentação desta unidade nas formações:

- Vale do Rio do Peixe, correspondente à Litofácies Ubirajara de SOARES *et al.* (1980) e grande parte da Formação Adamantina de ALMEIDA *et al.* (1980);
- São José do Rio Preto, correspondente à Formação São José do Rio Preto de SUGUIO (1981);
- Presidente Prudente, correspondente a parte da Litofácies Taciba de SOARES *et al.* (1980) e parte da unidade Ka_v (Formação Adamantina) de ALMEIDA *et al.* (1980).

No presente trabalho, preferiu-se adotar a definição original, presente em SOARES *et al.* (1980).

A Formação Adamantina apresenta bancos métricos de arenitos finos a muito finos, de cores rosa a castanha, com estratificações cruzadas, intercalados com bancos de lamitos,

siltitos e arenitos lamosos, de cores castanha avermelhada e cinza acastanhada, maciços ou com acamamento plano-paralelo, com freqüentes marcas onduladas e laminações cruzadas, com características variações regionais (SOARES *et al.*, 1980).

Aflora em toda a área de ocorrência da Bacia Bauru no Estado de São Paulo, Triângulo Mineiro, Sul de Goiás e Nordeste de Mato Grosso do Sul. Chega a atingir espessura de 190 m na região de Mirante do Paranapanema, Sudoeste do Estado de São Paulo (SOARES *et al.*, 1980).

Para PAULA e SILVA *et al.* (2003), a Formação Adamantina apresenta contato inferior discordante com as formações Serra Geral e Santo Anastácio, contato concordante interdigitado, localmente erosivo, com a Formação Araçatuba, e contato superior concordante interdigitado com a Formação Marília.

SOARES *et al.* (1980) considera que a Formação Adamantina foi depositada em um sistema fluvial predominantemente meandrante na região Sul, gradando para anastomosado nas regiões Leste e Norte da Bacia Bauru. Nesta compreensão, os arenitos com estratificações cruzadas, maciços e plano-paralelos, resultariam de depósitos de barras de pontal ou transversais dos canais. Depósitos lamosos e siltosos teriam sido depositados nas planícies de inundação, várzeas e lagoas; e arenitos ricos em estratificações cruzadas seriam resultantes de rompimento de diques marginais e espriamento sobre planícies de inundação.

Inúmeras são as ocorrências fossilíferas encontradas nesta unidade, abrangendo carófitas, traqueófitas, moluscos, conchostráceos e diversos registros de vertebrados, incluindo Testudines (MEZZALIRA, 1974; BERTINI *et al.*, 1993).

4.1.2.3 Formação Uberaba

O nome Uberaba foi atribuído a esta unidade por HUSSAK (1906 *apud* HASUI, 1968), mas sua caracterização e definição como formação foi fornecida por HASUI (1968).

Esta unidade é composta por arenitos, e subordinadamente de lamitos, siltitos e conglomerados, e exibe cor cinza esverdeada a verde-oliva (FERNANDES & COIMBRA, 2000; BATEZELLI *et al.*, 2005). Os arenitos são lenticulares, com espessura de 20 cm a 1,5 m, possuindo seleção moderada, sendo freqüentes intraclastos submilimétricos a centimétricos de argilitos e basaltos, e apresentam intercalações pouco expressivas de níveis centimétricos de lamitos e siltitos. Em alguns pontos estas lentes estão amalgamadas (BATEZELLI *et al.*, 2005).

Apresenta estratificações cruzadas acanaladas e tabulares de pequeno a médio portes, estratificações plano-paralelas, algumas estruturas deformacionais e de injeção de argila, como estruturas em chama e dobras convolutas. É comum a presença de nódulos de carbonatos e de níveis cimentados por calcita nos arenitos (BATEZELLI *et al.*, 2005).

A Formação Uberaba restringe-se ao Oeste do Estado de Minas Gerais (Triângulo Mineiro) e apresenta espessura máxima de 85 m (HASUI, 1968). Dispõe-se discordantemente sobre a Formação Serra Geral e é sobreposta pelos membros Ponte Alta ou Serra da Galga da Formação Marília (FERNANDES & COIMBRA, 2000).

BATEZELLI *et al.* (2005) afirmam que os depósitos da Formação Uberaba não tiveram contribuição de processos vulcânicos concomitantes à sua deposição, em desacordo com DIAS-BRITO *et al.* (2001), que sugerem contribuição vulcânica advinda de um evento cronocorrelato ao vulcanismo Coniaciano-Santoniano, registrado em bacias costeiras brasileiras. Os rumos de paleocorrentes da Formação Uberaba, para Sul-Sudoeste (FERNANDES & COIMBRA, 1999), são condizentes com a derivação de detritos a partir de rochas alcalinas subvulcânicas e plutônicas do magmatismo do Alto Paranaíba, como proposto por GRAVINA *et al.* (2002). Além disto, estes depósitos tiveram grande contribuição de material erodido dos basaltos da Formação Serra Geral e de rochas cristalinas do embasamento (BATEZELLI *et al.*, 2005).

Para HASUI (1968), os depósitos da Formação Uberaba resultam de transporte aquoso continental, e a abundância de fragmentos de argilitos indica sedimentação descontínua, com inúmeros diastemas. Segundo BATEZELLI *et al.* (2005), a preservação de grãos instáveis no arcabouço, e o baixo arredondamento dos grãos desta unidade, apontam para condições rápidas de transporte, sob climas semi-árido a árido. Além disto, a ausência de argila deposicional indica alta energia do ambiente, e a infiltração mecânica de argilas poderia estar relacionada a enxurradas ocasionais (BATEZELLI *et al.*, 2005). O sistema deposicional da Formação Uberaba é interpretado como fluvial entrelaçado (FERNANDES & COIMBRA, 2000; BATEZELLI *et al.*, 2005).

4.1.2.4 Formação Marília

A designação Formação Marília foi inicialmente utilizada por ALMEIDA & BARBOSA (1953), e posteriormente esta unidade foi considerada litofácies (SUGUIO *et al.*, 1977) e membro (BRANDT NETO *et al.*, 1978). Mas apenas SOARES *et al.* (1980)

desenvolveram sua proposição formal como formação. BARCELOS & SUGUIO (1987) propõem a divisão da Formação Marília nos membros Echaporã, Ponte Alta e Serra da Galga, sendo que os termos Ponte Alta e Serra da Galga haviam sido previamente introduzidos na literatura, respectivamente por SUGUIO & BARCELOS (1983) e BARCELOS *et al.* (1981).

O Membro Ponte Alta é formado por calcários, de aspecto maciço. Exibe concentrações locais de sílica, na forma de vênulas e crostas sub-horizontais, com até 20 cm, além de revestimento e preenchimento de pequenas cavidades, de origem pós-sedimentar, provavelmente relacionadas à formação de calcretes (BARCELOS *et al.*, 1987; FERNANDES & COIMBRA, 2000).

O Membro Serra da Galga caracteriza-se por estratos lenticulares de arenitos e arenitos conglomeráticos, de cor amarela clara e espessuras decimétrica a métrica. Apresentam estratificações cruzadas tangenciais na base e acanaladas, de médio a pequeno porte. Há intercalações menos expressivas de lentes de conglomerados e lamitos de cor marrom, às vezes com clastos esparsos imersos na matriz. Os arenitos por vezes apresentam-se cimentados por carbonatos e eventualmente contêm crostas de sílex de espessura centimétrica (BARCELOS *et al.*, 1987; FERNANDES & COIMBRA, 2000).

O Membro Echaporã é caracterizado por arenitos finos a grossos, freqüentemente conglomeráticos, exibindo intensa cimentação carbonática (BARCELOS *et al.*, 1987). Apresentam-se em estratos tabulares de aspecto maciço, de cores bege a rosa, poucas vezes exibindo estratificações cruzadas de médio porte. Possuem intercalações de lamitos com cor marrom, de espessura centimétrica (FERNANDES & COIMBRA, 2000). A cimentação carbonática propicia resistência à erosão e é responsável pela sustentação das escarpas dos planaltos nas regiões de Marília, Garça, Echaporã e Monte Alto (Estado de São Paulo).

Os membros Serra da Galga e Ponte Alta ocorrem no Nordeste da Bacia Bauru e o Membro Echaporã em suas margens Leste e Norte. Têm espessuras máximas aproximadas, respectivamente, de 110 m, 20 m e 180 m. Segundo FERNANDES & COIMBRA (2000), o Membro Serra da Galga apresenta-se interdigitado com o Membro Ponte Alta, que constitui núcleos ou zonas tabulares, criados por cimentação posterior à deposição, interiores ao Membro Serra da Galga. Apresenta contatos erosivos com a Formação Uberaba e em geral é sobreposto por coberturas quaternárias.

O Membro Ponte Alta eventualmente apresenta contato basal erosivo com a Formação Uberaba. O Membro Echaporã tem contatos graduais e interdigitados com a Formação Adamantina e sobrepõe-se à Formação Serra Geral na borda Leste da Bacia Bauru, em São Paulo; está sobreposto às formações Botucatu e Pirambóia, além do Grupo

Aquidauana no Norte da Bacia Bauru, em Goiás (FULFARO *et al.*, 1994, FERNANDES & COIMBRA, 2000).

FERNANDES & COIMBRA (2000) interpretam o sistema deposicional do Membro Serra da Galga como leques aluviais medianos a distais, associados a sistemas fluviais entrelaçados, com eventual alternância de depósitos de pequenas dunas eólicas e sedimentos de fluxos densos esporádicos. Segundo RIBEIRO (2001), na fase inicial da diagênese desta unidade, predominaram condições climáticas quentes e secas, caracterizadas pela formação de calcretes, palicretes e silcretes, enquanto na fase final existia clima quente, mas com alguma umidade, indicada pela presença de caulinitas e óxidos e hidróxidos de ferro.

A deposição do Membro Ponte Alta é interpretada, por FERNANDES & COIMBRA (2000), como a mesma do Membro Serra da Galga, sendo diferenciado pela formação de calcretes de águas subterrâneas e possível cimentação eodiagenética. Para FERNANDES & COIMBRA (2000) o contexto deposicional do Membro Echaporã corresponde a partes distais de leques aluviais, onde predominam fluxos em lençol, apresentando intercalações de depósitos de pavimentos detríticos de deflação e calcretes pedogenéticos, formados em intervalos de exposição.

A Formação Marília é ricamente fossilífera, abrigando algumas importantes localidades fossilíferas da Bacia Bauru, com restos de testudinos, crocodilomorfos e dinossauros.

4.2 Considerações bioestratigráficas

Existem discussões sobre as idades das unidades litoestratigráficas da Bacia Bauru, com base em seus conteúdos fossilíferos, mas raros são os trabalhos que realizam organizações sistemáticas dos estratos, baseadas em conteúdo e distribuição de seus fósseis. A maior dificuldade encontrada é o fato da fauna presente nestes depósitos ser endêmica.

Segundo FRANCO (1999), a presença de dentes de Velociraptoridae, Dromaeosauridae e Troodontidae na Formação Adamantina é indicativa de idade eo-Campaniano / eo-Maastrichtiano, e a presença de Velociraptoridae, Troodontidae e *Richardoestesia*, na Formação Marília, indicam idade Santoniano-Maastrichtiano. Entretanto, a autora não posiciona estratigraficamente os materiais coletados no âmbito destas unidades geológicas, o que dificulta um zoneamento bioestratigráfico, pois a atribuição de idades relativas a toda a unidade litoestratigráfica é inapropriada, considerando que limites entre unidades lito e bioestratigráficas são distintos.

Para SANTUCCI & BERTINI (2001), a presença de *Aelosaurus* no Grupo Bauru é indicativa de idade neo-Campaniano / eo-Maastrichtiano para a Formação Adamantina (regiões de Monte Alto e Álvares Machado) e base do Membro Serra da Galga (Formação Marília). Os autores definiram esta idade com base na associação de *Aelosaurus* com *Kritosaurus australis* na América do Sul. Segundo SANTUCCI & BERTINI (2001), o gênero *Kritosaurus* é fóssil-guia do neo-Campaniano da América do Norte, e a espécie *K. australis* é registrada na Patagônia, estando restrita ao neo-Campaniano e podendo atingir eo-Maastrichtiano. Na América do Sul o gênero *Aelosaurus* ocorre somente associado à *Kritosaurus australis* e desta forma também seria indicador de idade neocampaniana-eomaastrichtiana. Assim, embora não existam registros de *Kritosaurus* na Bacia Bauru, esta correlação pode ser estabelecida.

DIAS-BRITO *et al.* (2001) posicionam a assembléia micropaleontológica da Formação Adamantina no intervalo Turoniano - Santoniano, mas consideram que a assembléia de ostrácodos também apresenta afinidades Albiano - Cenomaniano e Campaniano – Maastrichtiano; e a associação micropaleontológica da Formação Marília (Membro Ponte Alta) foi posicionada no Maastrichtiano. Para os autores, há um hiato deposicional de 11 milhões de anos entre a Formação Adamantina e o Membro Ponte Alta da Formação Marília, que estaria relacionado a soerguimentos tectônicos seguidos de erosão, ocorridos entre Campaniano e eo-Maastrichtiano.

Segundo DIAS-BRITO *et al.* (2001), a presença de elementos aptianos, albianos e cenomanianos na Formação Adamantina indicaria a existência de camadas destas idades sob a Formação Adamantina, das quais estes elementos teriam sido retrabalhados. Portanto as formações Caiuá e Santo Anastácio são tentativamente colocadas pelos autores no intervalo Aptiano-Cenomaniano, separadas por discordância erosiva. Contudo esta datação é questionável, pois a atribuição de idades relativas às unidades, com base na presença de fósseis retrabalhados, encontrados em unidades subjacentes, é inadequada.

GOBBO-RODRIGUES (2002), com base no registro de carófitas e ostrácodos, além de propostas pré-existent, inferidas a partir de fósseis de vertebrados (BERTINI, 1993; FRANCO, 1999; BERTINI *et al.*, 2000), atribui idade Maastrichtiano para a Formação Marília da região de Uberaba (MG), e Campaniano-Maastrichtiano para as formações Adamantina e Araçatuba (Figura 3).

Até o momento, as ocorrências de Testudines na Bacia Bauru pouco contribuem para seus adequados posicionamentos biocronológico / biocronoestratigráfico, pois as espécies formalmente descritas são endêmicas.

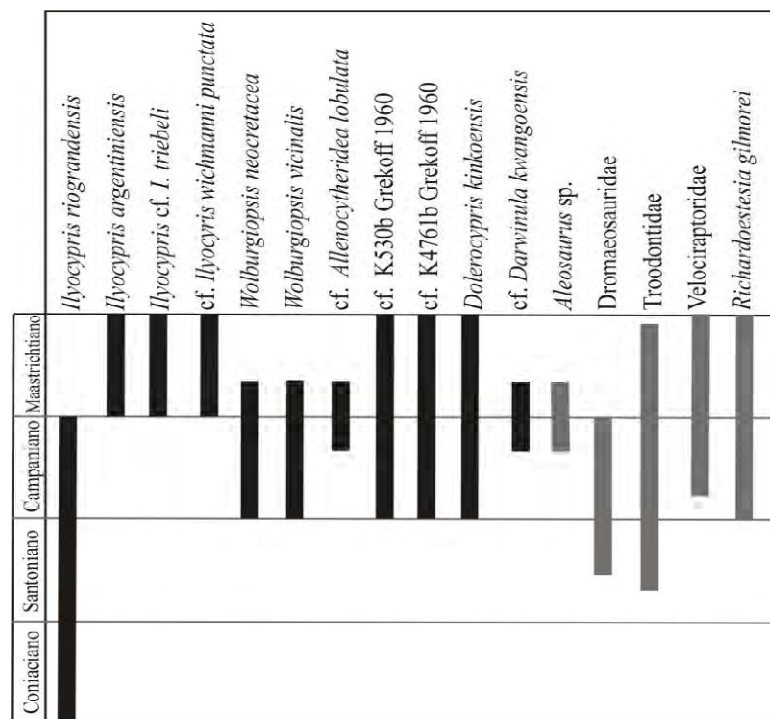


Figura 3: Intervalos de distribuição cronológica de alguns fósseis presentes no Grupo Bauru. Ostracoda (em preto), segundo GOBBO-RODRIGUES *et al.* (1999 a-b) e GOBBO-RODRIGUES *et al.* (2000 a-b); e Dinosauria (em cinza), segundo BERTINI (1993), FRANCO (1999), e BERTINI *et al.* (2000). Extraído de GOBBO-RODRIGUES (2002).

5. TESTUDINES

Testudines são vertebrados amniotas cujo caráter mais distintivo é a presença de um casco (Figuras 4 e 5). O casco típico, presente nas formas modernas, é composto de escudos córneos de queratina, cobrindo um conjunto de placas ósseas. Os escudos apresentam-se em menor número, estando dispostos de maneira alternada com as suturas das placas, e seus limites podem ser reconhecidos pelos sulcos na superfície das placas ósseas dos fósseis. Atualmente, existem variações em algumas formas, como redução do número de placas, presença de osteodermos e coberturas coriáceas substituindo os escudos córneos.

O casco é constituído por carapaça dorsal e plastrão ventral, conectados nas laterais por pontes ósseas formadas por um crescimento de elementos do plastrão (Figuras 4 e 5). A grande maioria dos representantes deste grupo tem a capacidade de retrain membros, cabeça e cauda para o interior do casco.

Usualmente a carapaça apresenta uma fileira central de placas neurais fundidas às vértebras (Figura 5). Lateralmente, em ambos os lados, encontram-se placas transversalmente largas e unidas às costelas, denominadas pleurais. E nas bordas estão as placas periferais. Em adição pode existir, na fileira central, uma placa nugal na porção anterior, e placas pigais na porção posterior. Os escudos que se sobrepõem às placas ósseas da carapaça são denominados marginais, costais, e vertebrais. Existem algumas divergências quanto a esta nomenclatura, e é possível encontrar trabalhos que denominam as placas como marginais e costais e os escudos como periferais e pleurais.

O plastrão é formado por duas fileiras de quatro placas que se unem no plano axial, denominadas epiplastrões, hioplastrões, hipoplastrões e xifiplastrões, e há uma placa na região central anterior, denominada endoplastrão. Em alguns casos existem mesoplastrões (Figura 5).

A coluna vertebral usualmente é composta de dezoito vértebras pré-sacrais, tipicamente consistindo de oito cervicais e dez dorsais, das quais a segunda até a oitava são fundidas às placas neurais. O atlas apresenta pós-zigapófises bem desenvolvidas. O áxis possui espinho neural longo. As vértebras cervicais apresentam centros anficélicos e adaptações em função do hábito de retração da cabeça. As costelas dorsais são fundidas as placas pleurais da carapaça e não há esterno. (BERTINI, 1993).

A cauda é reduzida e sem função. Apresenta até dezoito vértebras, que são curtas e apresentam espinhos neurais pouco desenvolvidos. Há duas vértebras sacrais com zigapófises desenvolvidas, conectadas a carapaça (BERTINI, 1993).

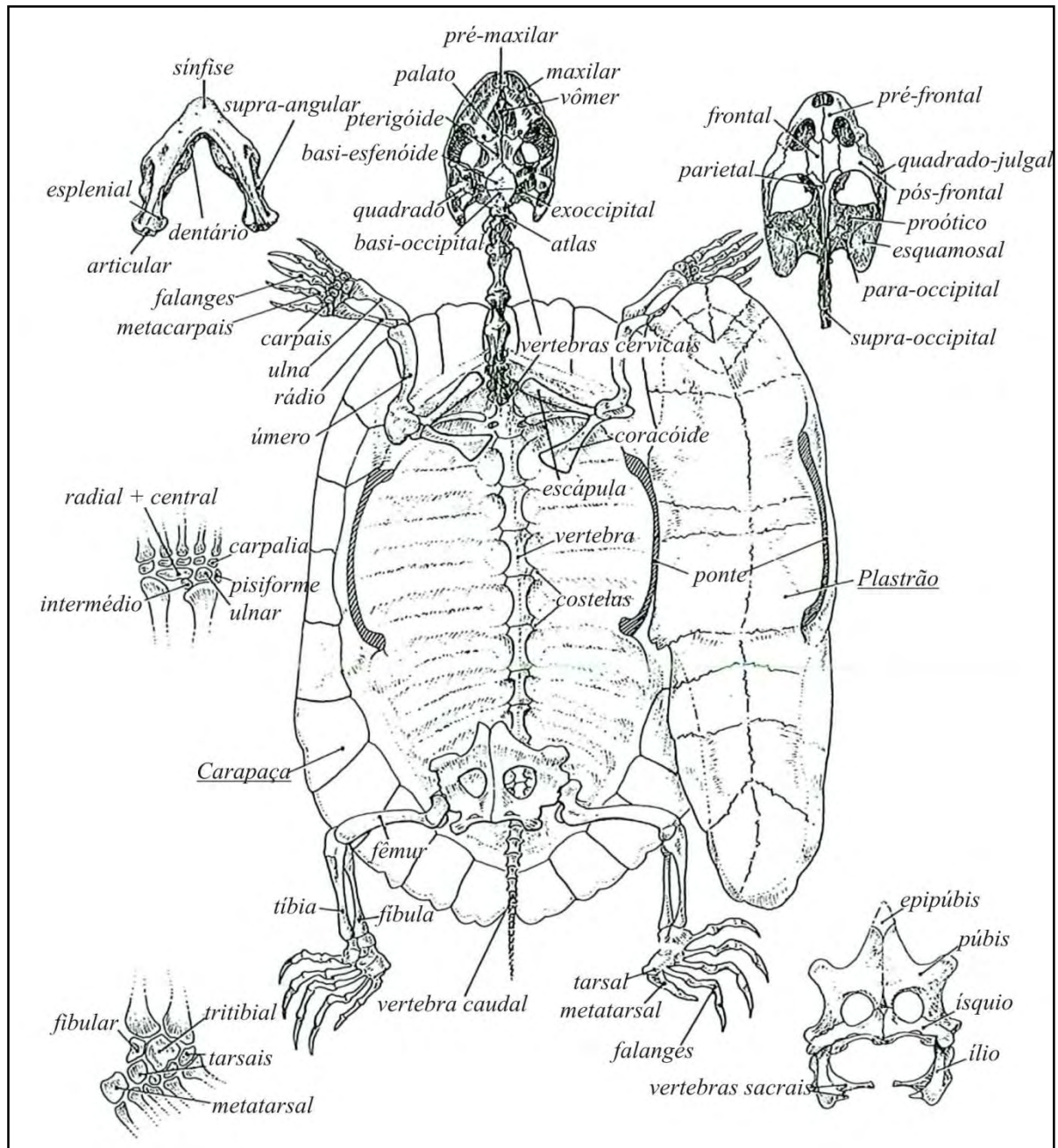


Figura 4: Esqueleto generalizado de Testudines em vista ventral. Extraído de LYMAN (1994).

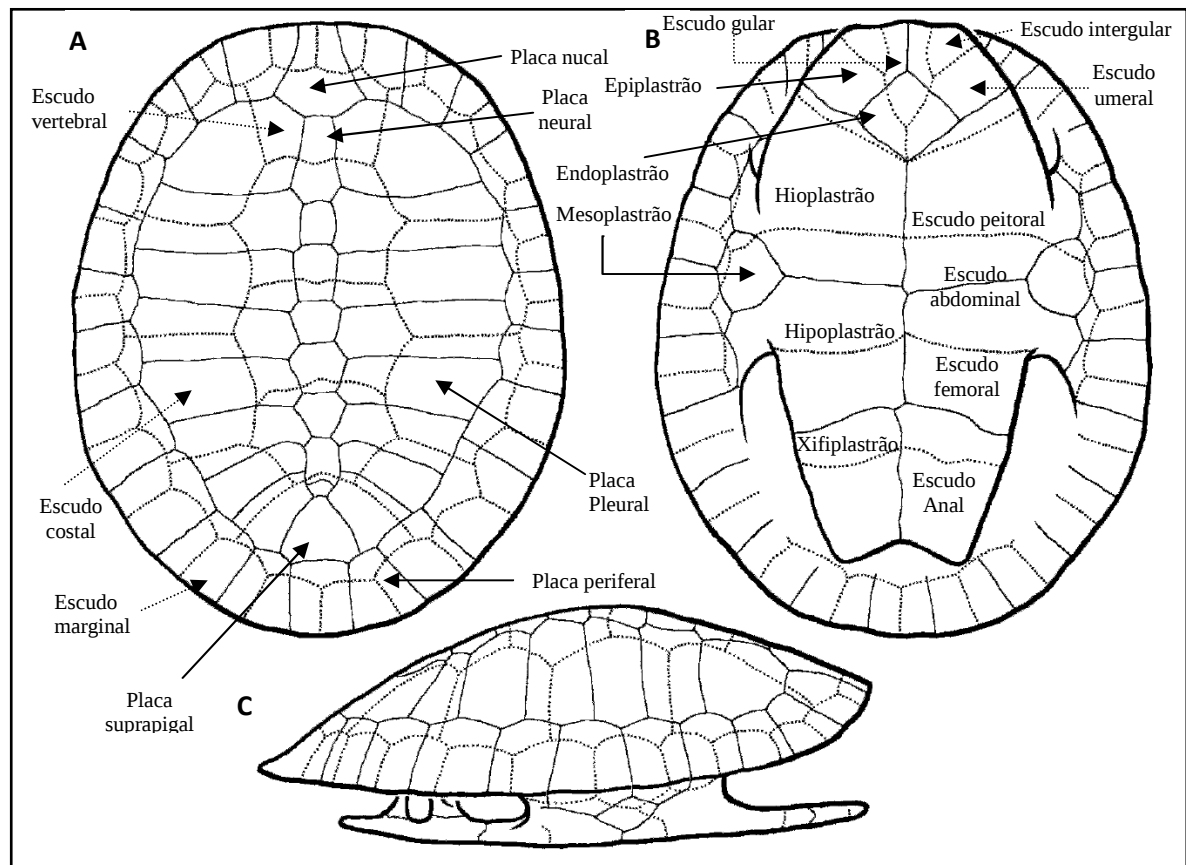


Figura 5: Esquema do casco de *Cearachelys placidoi* (Pelomedusoides: Bothemysidae). A: vista dorsal da carapaça; B: vista ventral do plastrão; C: vista lateral do casco. Linhas contínuas delimitam as placas ósseas e linhas pontilhadas indicam limites dos escudos. Extraído de GAFFNEY *et al.* (2001).

A cintura escapular de formas modernas é trirradiada. Apresenta escápula que se projeta para cima e internamente, e coracóide longo e estreito. A pélvis é menor, mas também trirradiada, com lâmina ilíaca estreita projetando-se para cima e para trás. O púbis é estreito e projeta-se para frente e o ischium projeta-se para trás (BENTON, 1997).

O crânio é largo, chato, bastante expandido atrás das órbitas, com região facial curta e estreita (Figura 6). Não apresenta fenestras temporais, forâmen parietal, pós-parietais, tabulares, supratemporais, pós-frontais, lacrimais e ectopterigóides. Apresenta pré-maxilares pequenos, nasais reduzidos, pré-frontais muito expandidos, frontais pequenos e curtos, e pterigóides solidamente fundidos ao crânio. O côndilo occipital é normalmente formado pelos exoccipitais (ROMER, 1945; BERTINI, 1993).

A mandíbula é relativamente curta e muito maciça. Apresenta dentário largo, angular pequeno, sendo maciçamente construídas. A maioria das formas evoluídas não

apresenta esplenial. Dentes são ausentes, exceto em formas triássicas, sendo funcionalmente substituídos por um recobrimento bucal córneo (ROMER, 1945; BERTINI, 1993).

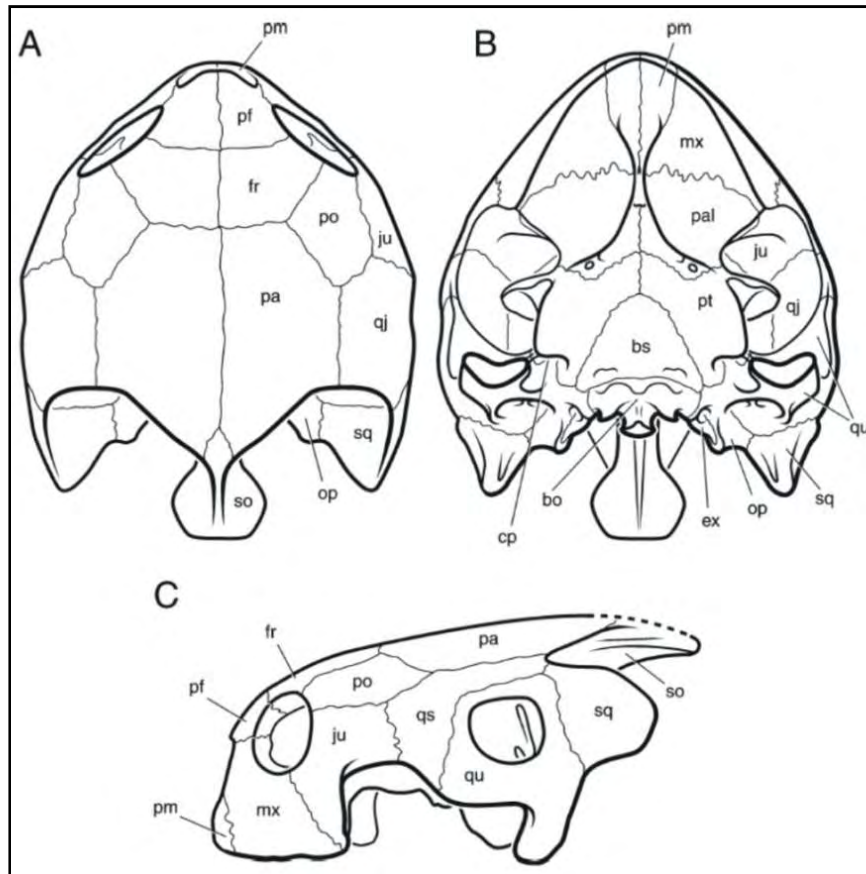


Figura 6: Esquema do crânio de um Podocnemididae (*Bairdemys venezuelensis*). A: vista dorsal; B: vista palatal; C: vista lateral. Abreviações: bo: basi-occipital; bs: basi-esfenóide; cp: cavum pterigóide; ex: exoccipital; fr: frontal; ju: jugal; mx: maxilar; op: opistótico; pa: parietal; pal: palatal; pf: pré-frontal; pm: pré-maxilar; po: pós-orbital; pt: pterigóide; qu: quadrado; qs: quadrado-jugal; so: supra-orbital; sq: esquamosal. Extraído de GAFFNEY & WOOD (2002).

Os membros são curtos e pentadáctilos (Figura 4). Os segmentos proximais dos membros são horizontais e os membros anteriores e posteriores são semelhantes em comprimento, deste modo caracterizando uma postura *sprawling gait* (rastejante). Rádio e ulna são bem desenvolvidos, os carpais apresentam fusões, o quarto trocanter femural é muito reduzido, pisiforme e radiale são bastante variáveis em tamanho ou ausentes, astrágalo e calcâneo estão freqüentemente fundidos e há quatro tarsais distais. Em algumas formas as

extremidades são transformadas em nadadeiras. A fórmula falangeal usual é 2-3-3-3-3. (BERTINI, 1993).

A origem dos Testudines ainda é controversa, mas recentes descobertas trouxeram mais informações a esta discussão.

BENTON (1997) e LEE (1997) consideram Pareiasauridae o parente mais próximo de Testudines, baseando-se na osteologia dos representantes mais antigos, *Proganochelys* e *Proterochersis*, encontrados no Triássico Superior da Alemanha, que apresentam características comparáveis com formas modernas (Figura 7). *Proganochelys* e *Proterochersis* apresentam crânio maciço e sem fenestras temporais, mandíbula desprovida de dentes, evidência de um bico córneo, presença de dentes em palato, vômer e pterigóide. O palato é conectado folgadoamente ao crânio, diferentemente das formas mais modernas.

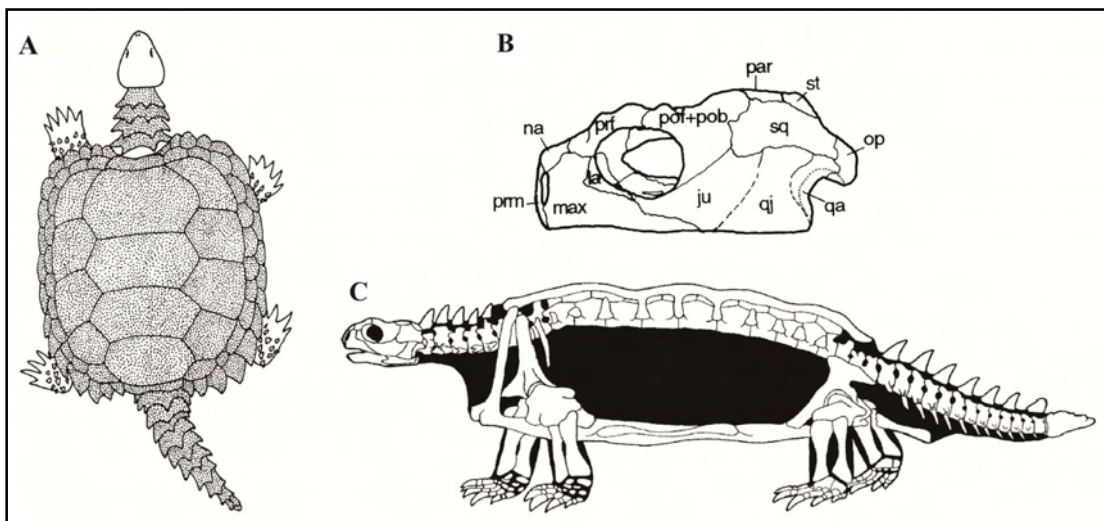


Figura 7: *Proganochelys*. A: vista dorsal de reconstrução; B: vista lateral esquerda do crânio; C: reconstrução do contorno do esqueleto. Abreviações: *la*: lacrimal; *ju*: jugal; *max*: maxilar; *na*: nasal; *op*: opistótico; *par*: parietal; *prm*: pré-maxilar; *pob*: pós-orbital; *prf*: pré-frontal; *qa*: quadrado; *qj*: quadrado-jugal; *sq*: esquamosal; *st*: supratemporal. Extraído de GAFFNEY (1990).

Australochelys é uma forma um pouco mais derivada, encontrada no Jurássico Inferior da África (GAFFNEY & KITCHING, 1994) e Triássico Superior da América do Sul (ROUGIER *et al.*, 1995). Embora apresente palato firmemente fundido ao crânio, como as formas mais modernas, ainda retêm dentes palatais e apresenta cauda longa.

LI *et al.* (2008) descrevem um material um pouco mais antigo que aquele de *Proganochelys*, proveniente do Triássico Superior do Sudoeste da China, que segundo os autores, documenta um passo intermediário na evolução do casco e estruturas associadas (Figura 8). *Odontochelys semitestacea* apresenta plastrão completamente desenvolvido, mas sua carapaça apresenta apenas placas neurais. As costelas são expandidas lateralmente e osteodermos são ausentes.

De acordo com LI *et al.* (2008) esta nova descoberta indica que o plastrão evoluiu antes da carapaça e que o primeiro passo da formação da carapaça foi a ossificação das placas neurais em associação com o alargamento das costelas. Discordantemente, REISZ & HEAD (2008) interpretam que a morfologia do casco de *Odontochelys* não é primitiva, e sim uma adaptação específica. Para estes autores a presença de costelas expandidas, indica que o componente de formação da carapaça de todas as tartarugas é previamente presente em *Odontochelys* e que a presença de pontes, em outras tartarugas conectando o plastrão à carapaça, implica que o plastrão estava conectado a uma carapaça lateralmente expandida, portanto, a aparente redução observada na carapaça de *Odontochelys* resulta da perda de ossificação de alguns componentes dermais, mas que ela na verdade é presente.

As formas restantes, do Jurássico até o presente, compõem a subordem Casichelydia, que é subdividida em Pleurodira e Cryptodira, de acordo com a maneira pela qual seus indivíduos retraem o pescoço (Figura 9). Os pleurodiros o fazem através de flexura lateral das vértebras cervicais e os criptodiros através de flexura vertical (CARROLL, 1988; BENTON, 1997).

Primitivos membros de ambos os grupos não tinham a capacidade de retrain a cabeça, desta forma podem ser diferenciados por modificações nas regiões laterais do palato que se destinam a reorientar a direção de distensão do músculo adutor (processo troclear). Em Pleurodira, o músculo adutor passa em cima de uma projeção arredondada do pterigóide, enquanto em Cryptodira o processo troclear é formado mais atrás pela cápsula ótica (Figura 9) (BENTON, 1997).

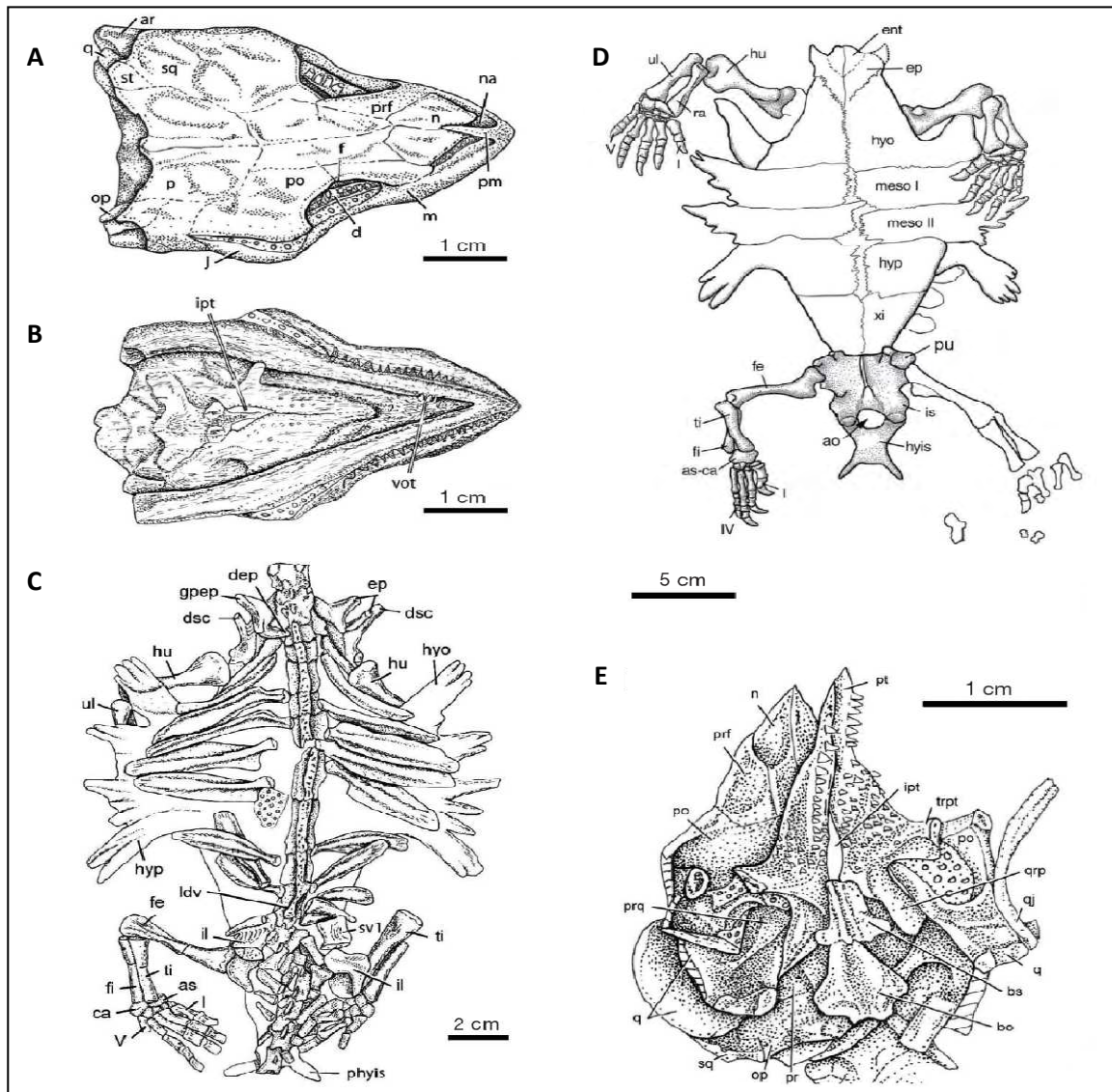


Figura 8: *Odontochelys semitestacea*. A: vista dorsal do crânio do holótipo; B: vista palatal do crânio do holótipo; C: vista dorsal do corpo do holótipo; D: vista ventral do parátipo; E: vista palatal e levemente lateral do crânio do parátipo. Abreviações: ao: abertura anal; ar: articular; as: astrágalo; bo: basi-occipital; bs: basi-esfenóide; ca: calcâneo; cav: vértebra caudal; che: chevron; d: dentário; dep: processo dorsal do epiplastrão; dsc: processo dorsal da escápula; ent: endoplastrão; ep: epiplastrão; fe: fêmur; fi: fíbula; gpep: projeção gular do epiplastrão; hu: humero; hyis: hipoísquio; hyo: hioplastrão; hyp: hipoplastrão; I, IV e V (em D): dígitos 1 a 5; I, V (em C): metatarsos 1 a 5; il: ílio; ipt: espaço inter-pterygóide; is: ísquio; j: jugal; ldv: última vértebra dorsal; m: maxila; meso I e II: mesoplastrões 1 e 2; n: nasal; na: narina; op: opistótico; p: parietal; phyis: processo postero-lateral do hipoísquio; pm: pré-maxilar; po: pós-orbital; pr: proótico; prf: pré-frontal; prq: ramo pterigóide do quadrado; pt: pterigóide; pu: púbis; q: quadrado; qj: quadrado-jugal; qrp: ramo quadrado do pterigóide; ra: rádio; sq: esquamosal; st: supra-temporal; sv1: primeira vértebra sacral; ti: tíbia; trpt: processo transversal do pterigóide; ul: ulna; vot: dentes no vômer; xi: xifiplastrão. Extraído de LI *et al.* (2008).

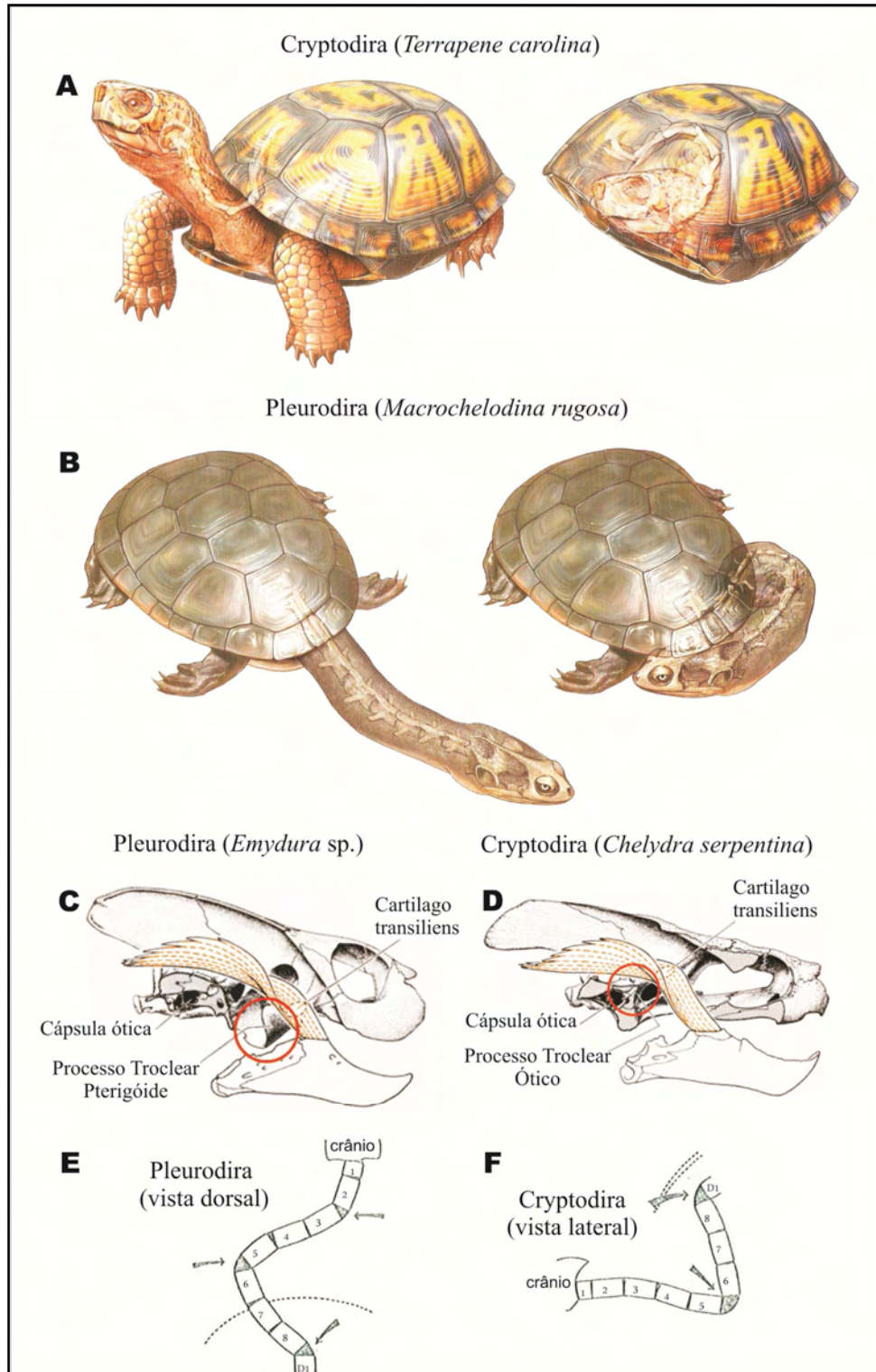


Figura 9: Comparações entre Cryptodira e Pleurodira. A e B: Ilustrações representativas (FRANKLIN, 2007). C e D: Processo Troclear: direção de distensão do músculo adutor (GAFFNEY, 2008). E e F: Modo de retração do pescoço. Linhas pontilhadas: porção anterior da carapaça; setas: posição das principais flexuras; 1-8: vértebras cervicais; D1: primeira vértebra dorsal (ROMER, 1945).

Proterochersis foi previamente incluído em Pleurodira por apresentar pélvis fundida à carapaça e plastrão (FRAAS, 1913 *apud* ROUGIER *et al.*, 1995). Entretanto, ROUGIER *et al.* (1995) questionam esta associação e, portanto, a origem triássica de Casichelydia. Os autores consideram que *Paleochersis* e *Australochelys* formam um agrupamento monofilético (Australochelidae), que é grupo-irmão de *Proterochersis* e Casichelydia. Sendo assim, sugerem que a origem de Casichelydia teria ocorrido durante o Jurássico.

Segundo BENTON (1997) Cryptodira surgiu no Eo-Jurássico, mas sua irradiação ocorreu apenas após o Neo-Jurássico. *Kayentachelys*, do Jurássico Inferior do Arizona (USA), é seu representante mais antigo.

Assim como inúmeros outros grupos, reitera-se que a taxonomia de Testudines é controversa. Neste trabalho, adota-se a proposta de GAFFNEY (1975) para Cryptodira e GAFFNEY *et al.* (2006) para Pleurodira:

Ordem Testudines

Subordem Proganochelydia

Família Proganochelyidae (Neo-Triássico)

Subordem Casichelydia

Infraordem Cryptodira

Superfamília Baenoidea

Família Glyptopsidae (Jurássico)

Família Baenidae (Cretáceo - Holoceno)

Superfamília Trionychoidea

Família Kinosternidae (Oligoceno - Holoceno)

Família Dermatemydidae (Cretáceo - Holoceno)

Família Carettochelyidae (Eoceno - Holoceno)

Família Trionychidae (Cretáceo - Holoceno)

Superfamília Chelonioidea

Família Plesiochelyidae (Jurássico)

Família Protostegidae (Cretáceo)

Família Toxochelyidae (Cretáceo - Eoceno)

Família Dermochelyidae (Eoceno - Holoceno)

Família Cheloniidae (Cretáceo - Holoceno)

Superfamília Testudinoidea

Família Chelydridae (Paleoceno - Holoceno)

Família Emydidae (? Paleoceno - Holoceno)

Família Testudinidae (Eoceno - Holoceno)

Infraordem Pleurodira

Família Proterochersidae (Neo-Triássico)

Família Dortokidae (Neo-Cretáceo - Paleoceno)

Família Platychelyidae

Hiperfamília Cheloides

Família Chelidae (Eo-Cretáceo - Holoceno)

Hiperfamília Pelomedusoides

Família Pelomedusidae (Cretáceo - Holoceno)

Família Araripemydidae (Eo-Cretáceo)

Superfamília Euraxemydoidea

Família Euraxemydidae (Eo-Cretáceo)

Superfamília Podocnemidoidea

Epifamília Podocnemidinura

Família Podocnemididae (Cretáceo - Holoceno)

Epifamília Bothremydinura

Família Bothremydidae (Eo-Cretáceo - Holoceno)

Até o momento, todos os testudinos descritos para a Bacia Bauru são pleurodiros pelomedusóideos.

6. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES DE TESTUDINES PRESENTES NA BACIA BAURU

Existem pelo menos trinta e quatro localidades fossilíferas na Bacia Bauru contendo restos de testudinos (apêndices A e B). Estas ocorrências estão associadas às formações Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina e Marília.

Até o momento foram formalmente descritas as espécies: “*Podocnemis*” *harrisi* PACHECO, 1913; “*Podocnemis*” *brasiliensis* STAESCHE, 1937; *Roxochelys wanderleyi* PRICE, 1953; *Bauruemys elegans* (SUÁREZ, 1969) KISCHLAT, 1994 e *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER, 2005.

6.1 “*Podocnemis*” *harrisi* PACHECO, 1913

Espécimen tipo: A maior parte de um xifiplastrão e dois fragmentos de placas periferais. O material está perdido (PRICE, 1953).

Etimologia: O nome genérico deriva de *podo* (pé em grego) e *knemis* (perneira, palavra latina de origem grega). O nome específico em homenagem a Gilbert D. Harris (OLIVEIRA & ROMANO, 2007).

Histórico: Por meio da descrição e ilustrações deste material, PRICE (1953) sugeriu que “*Podocnemis*” *harrisi* estaria mais próximo ao gênero *Roxochelys* que de *Podocnemis*. Mas de acordo com KISCHLAT (1994), as poucas características diagnósticas do material descrito de “*Podocnemis*” *harrisi* não certifica tratar-se de um sinônimo sênior de *Roxochelys wanderleyi*. Assim, permanece como *nomen dubium*.

Ocorrência: O material tipo foi coletado em um poço, cerca de 15 m da estação ferroviária do Município de Colina – Estado de São Paulo, e provém da Formação Adamantina (Localidade 21 – Apêndice A). Sua ocorrência está restrita apenas à localidade tipo.

Descrição: PACHECO (1913) julgou que todo o material pertencia à mesma espécie. O xifiplastrão é espesso, apresentando 13 mm de espessura na linha mediana do terço posterior (PRICE, 1953).

6.2 “*Podocnemis*” *brasiliensis* STAESCHE, 1937

Espécimen tipo: Plastrão incompleto (figuras 10 a 12), constituído por endoplastrão, parte do epiplastrão direito, porções dos hioplastrões, hipoplastrão direito quase completo e fragmentos do esquerdo, e os xifiplastrões quase completos. Está depositado no Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, sob o número DGM 214-R.

Etimologia: A palavra da espécie foi dada com relação ao país de origem, Brasil.

Diagnose: O plastrão é relativamente alongado e estreito. O lado externo apresenta finos sulcos espalhados que normalmente se dividem dicotomicamente, enquanto o lado interno é liso, apresentando sulcos semelhantes apenas nas partes marginais. Seu lobo anterior tem, presumivelmente, contorno quase oval. O entalhe anal é profundo, com contorno sinusoidal, e as extremidades posteriores dos xifiplastrões são arredondadas. As placas ósseas são separadas por suturas acentuadas. O lado externo do plastrão, nas partes preservadas, é plano, mas a extremidade anterior presumivelmente curva-se para cima. O endoplastrão é quadrilátero, e muito grande em relação ao lobo anterior, na face externa sendo mais largo do que longo e na face interna é um pouco mais longo do que largo. A sutura epiplastrão-hioplastrão e endoplastrão acaba fracamente ondulada, da ponta lateral do endoplastrão para as bordas do plastrão. A sutura entre os hipoplastrões e hioplastrões é levemente ondulada. Os mesoplastrões prolongam-se até uma linha que poderia ser traçada entre os entalhes axilar e inguinal, que termina em ângulo obtuso. Os hipoplastrões têm formas aproximadamente trapezoidais, e suas linhas de suturas com os xifiplastrões formam ângulo obtuso com a linha mediana. A ponta posterior do escudo intergular tem ângulo agudo e cobre a parte anterior do endoplastrão. A linha que separa os escudos gulares e intergular não alcança o endoplastrão, portanto os dois escudos gulares não se encontram. Os escudos femurais são muito longos (STAESCHE, 1937; PRICE, 1953).

Histórico: A espécie “*Podocnemis*” *brasiliensis* STAESCHE (1937) foi descrita utilizando-se fotografias de um plastrão incompleto, uma carapaça incompleta e mais três placas pleurais, que o autor considerou como pertencente a apenas um indivíduo.

Mas ao examinar o material-tipo de “*Podocnemis brasiliensis*”, PRICE (1953) concluiu que somente o plastrão referia-se à espécie (figuras 10 a 12), sendo a carapaça pertencente a outro indivíduo, descrito por este autor como *Roxochelys wanderleyi*.

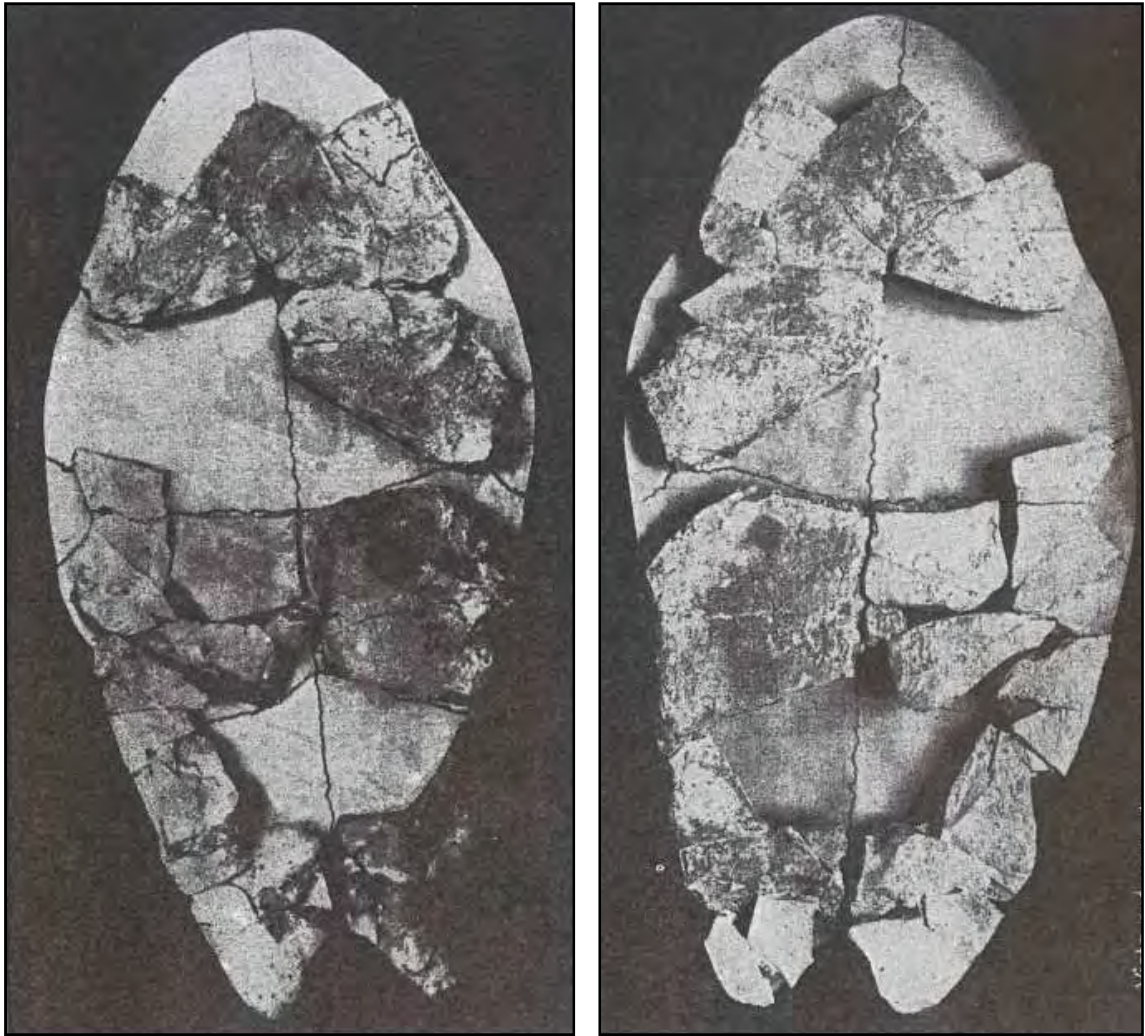


Figura 10: Plastrão de “*Podocnemis*” *brasiliensis* STAESCHE, 1937. À esquerda: vista externa. À direita: vista interna. Comprimento estimado na linha média: 45,2 cm. Extraído de STAESCHE (1937).

De acordo com KISCHLAT (1994), o fato de a espécie “*Podocnemis*” *brasiliensis* apresentar sulco dérmico interfemoral mais longo que o interabdominal a exclui do gênero *Podocnemis*. Para o autor a espécie “*Podocnemis*” *brasiliensis* está associada ao gênero *Bauruemys*, por exclusão, visto que o único outro gênero até então descrito para os depósitos da Bacia Bauru, *Roxochelys*, diferencia por diversas características morfológicas.

Como existem dúvidas quanto a esta associação, embora concorde-se que “*Podocnemis*” *brasiliensis* não deva ser associada ao gênero *Podocnemis*, nesse trabalho adota-se a nomenclatura original proposta por STAESCHE (1937).

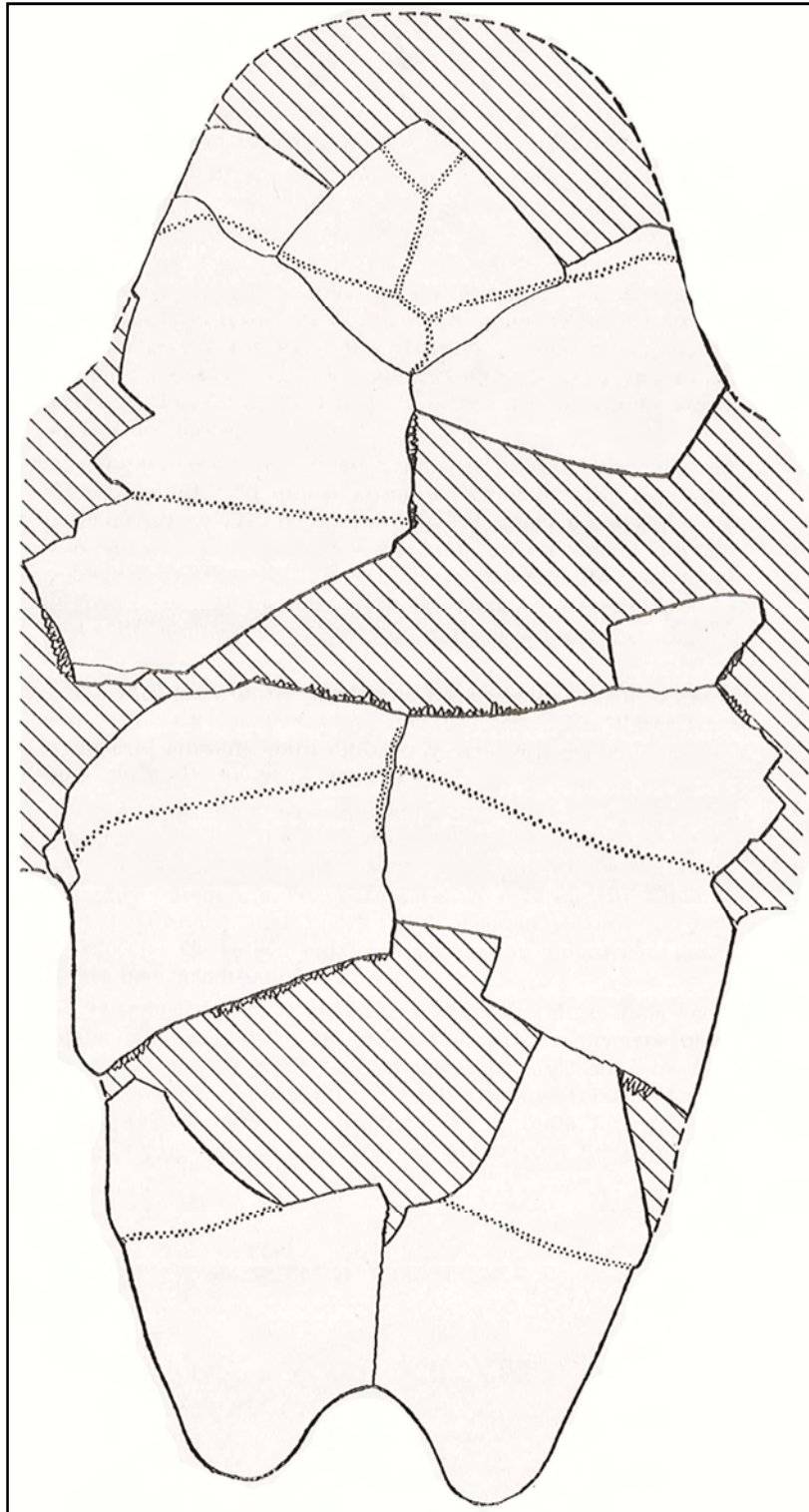


Figura 11: Vista externa do plastrão de “*Podocnemis*” *brasiliensis* STAESCHE, 1937. Comprimento estimado na linha média: 45,2 cm. Extraído de PRICE (1953).

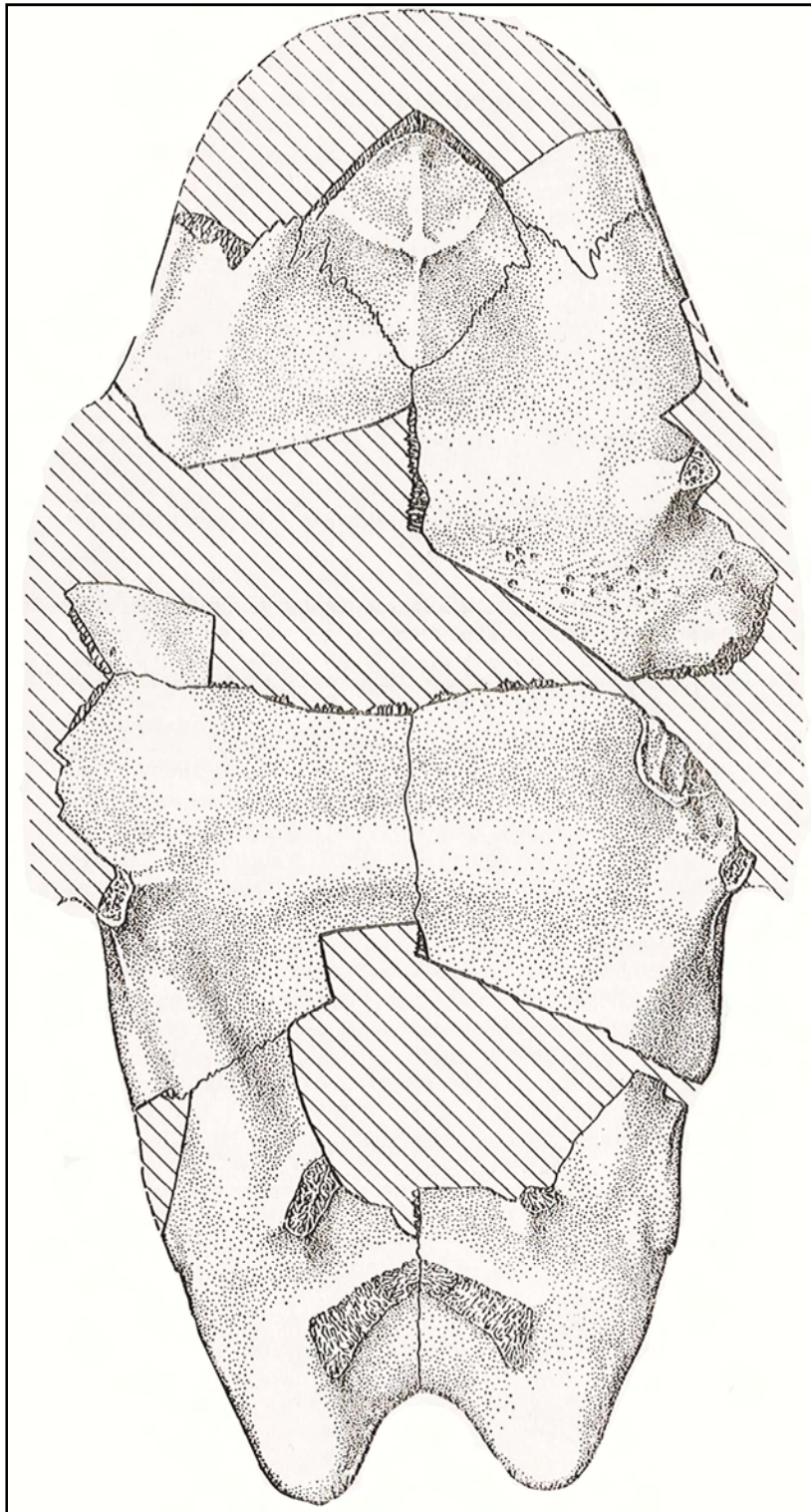


Figura 12: Vista interna do plastrão de “*Podocnemis*” *brasiliensis* STAESCHE, 1937. Comprimento estimado na linha média: 45,2 cm. Extraído de PRICE (1953).

Ocorrências: O material tipo é proveniente da Formação Araçatuba, Município de Mirandópolis, Estado de São Paulo (Localidade 13, apêndices A e B). Uma segunda ocorrência é registrada para a Formação Adamantina, no Município de São José do Rio Preto - SP (Localidade 20, apêndices A e B), e este material está depositado na Universidade Estadual Paulista – *Campus* de São José do Rio Preto.

Outros materiais: ARID & VIZOTTO (1966) tentativamente associam uma carapaça parcialmente preservada à “*Podocnemis*” *brasiliensis*, proveniente da segunda localidade citada acima (Figura 13). Apenas não estão preservadas a maioria das placas periferais e a placa nugal.

Segundo os autores a carapaça tem forma presumivelmente oval, uniformemente arqueada e não apresenta quilha. As placas ósseas são finas, não ultrapassando 2 mm de espessura. Na face externa apresenta sutil ornamentação representada por finos sulcos ramificados. As suturas são nítidas, mas não acentuadas, assim como os sulcos dérmicos.

Apresenta sete placas neurais, sendo a primeira quase retangular, a sétima pentagonal e as demais hexagonais. As placas pleurais têm forma poligonal. A placa suprapigal é pentagonal (ARID & VIZOTTO, 1966).

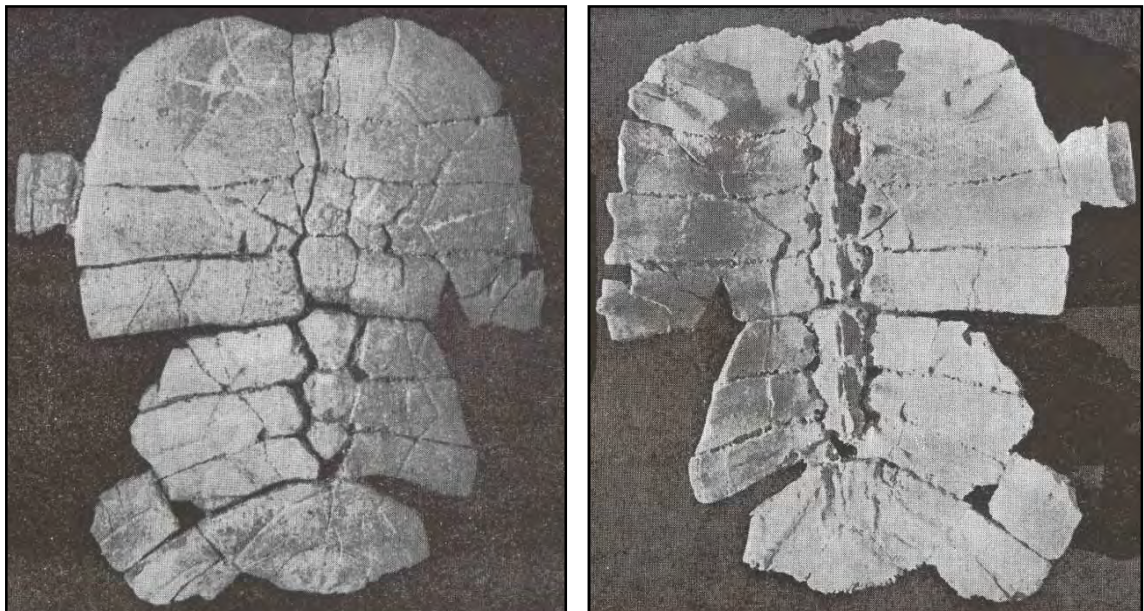


Figura 13: Carapaça descrita por ARID & VIZOTTO (1966). À esquerda: vista dorsal. À direita: vista interna. Os autores associam este material a “*Podocnemis*” *brasiliensis* Staesche, 1937. Comprimento preservado na linha média: 13,6 cm. Extraído de ARID & VIZOTTO (1966).

6.3 *Roxochelys wanderleyi* PRICE, 1953

Espécimen tipo: Porções anteriores de carapaça e plastrão (Figuras 14 a 16), depositadas no Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, sob o número DGM 216-R (PRICE, 1953).

Etimologia: O nome genérico é em homenagem ao Dr. Mathias Gonçalves de Oliveira Roxo, e o nome específico em homenagem ao Dr. Alberto Lavenère Wanderley (PRICE, 1953).

Diagnose: O casco possui ossos muito espessos, apresenta escultura de sulcos dicotômicos acentuada nas faces externas e suturas e sulcos bem marcados. Apresenta carapaça uniformemente arqueada, sem quilha. O contorno anterior da carapaça é retilíneo, ao menos nos elementos preservados. A placa nugal, a primeira periferal e as placas neurais são relativamente curtas. As placas neurais são largas, a primeira é oval, a segunda e a terceira são hexagonais. O primeiro escudo marginal tem em largura o dobro do comprimento, e o segundo também é muito curto. O primeiro escudo vertebral é mais largo que longo. O lobo anterior do plastrão é estreito, longo e possui contorno oval regular. O endoplastrão possui forma quadrilátera e é grande, assim como o escudo intergular. Os escudos gulares são reduzidos. O limite entre os escudos umerais é marcado por um amplo sulco mediano, e o sulco entre os escudos umerais e peitorais é perpendicular ao eixo longitudinal do plastrão, passando bastante atrás da sutura entre epiplastrões e hioplastrões (PRICE, 1953).

Histórico: A descrição de *Roxochelys wanderleyi* foi baseada em espécimen associado ao material tipo de “*Podocnemis*” *brasiliensis*, mas posteriormente reavaliado por PRICE (1953) que definiu novo gênero e espécie com base nesse material. Não existem dúvidas quanto a validade deste táxon.

O gênero “*Roxochelys*” foi tentativamente associado por BROIN (1971) a ?*Roxochelys vilavilensis* proveniente da Formação Santa Lúcia, em Vila Vila na Bolívia, mas existem dúvidas quando a esta associação, não sendo adotada neste trabalho (BERTINI *et al.*, 1993; BERTINI, 1994; KISCHLAT *et al.*, 1994).

Ocorrências: O material tipo é proveniente da Formação Araçatuba, em afloramento no Município de Mirandópolis – SP (Localidade 13, apêndices A e B). Existem outros registros na Formação Adamantina, em Presidente Prudente - SP (localidades 6, 9 e 30), e em Pirapozinho - SP (Localidade 10).

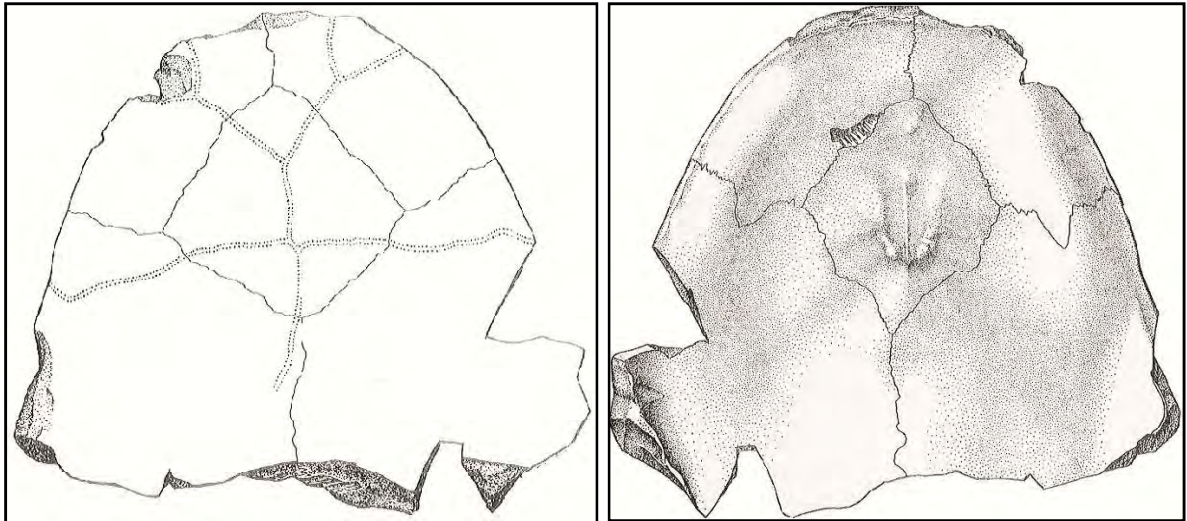


Figura 14: Lobo anterior do plastrão de *Roxochelys wanderleyi* PRICE, 1953. À esquerda: vista externa. À direita: vista interna. Comprimento na linha mediana: 14,3 cm. Extraído de PRICE (1953).

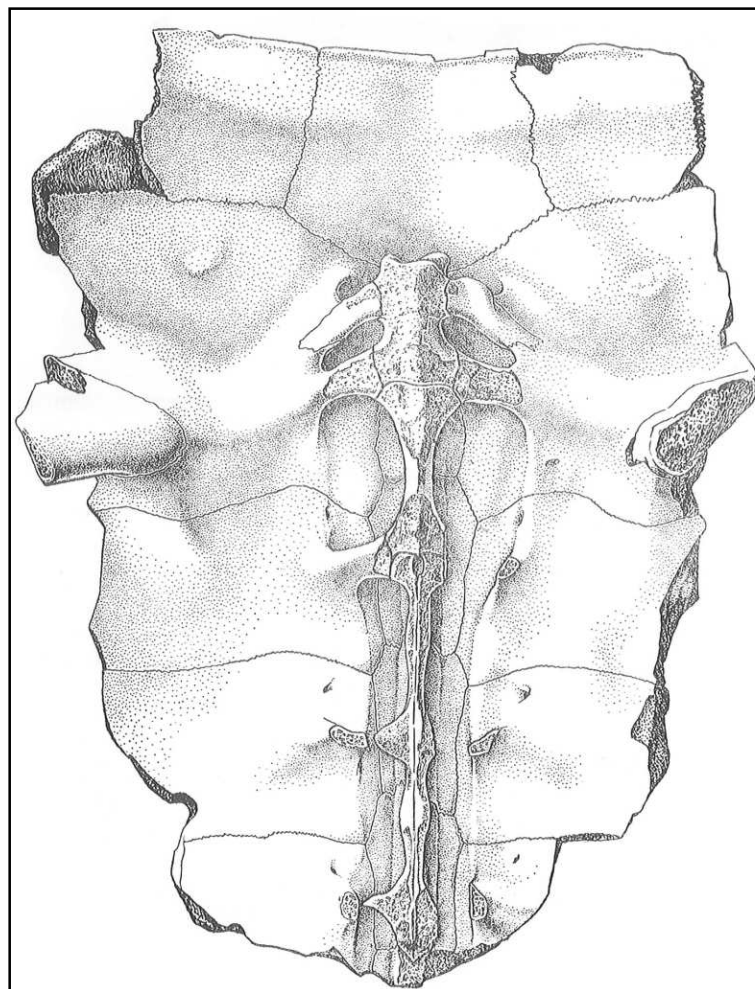


Figura 15: Vista interna da carapaça de *Roxochelys wanderleyi* PRICE, 1953. Comprimento: 23,7 cm. Extraído de PRICE (1953).

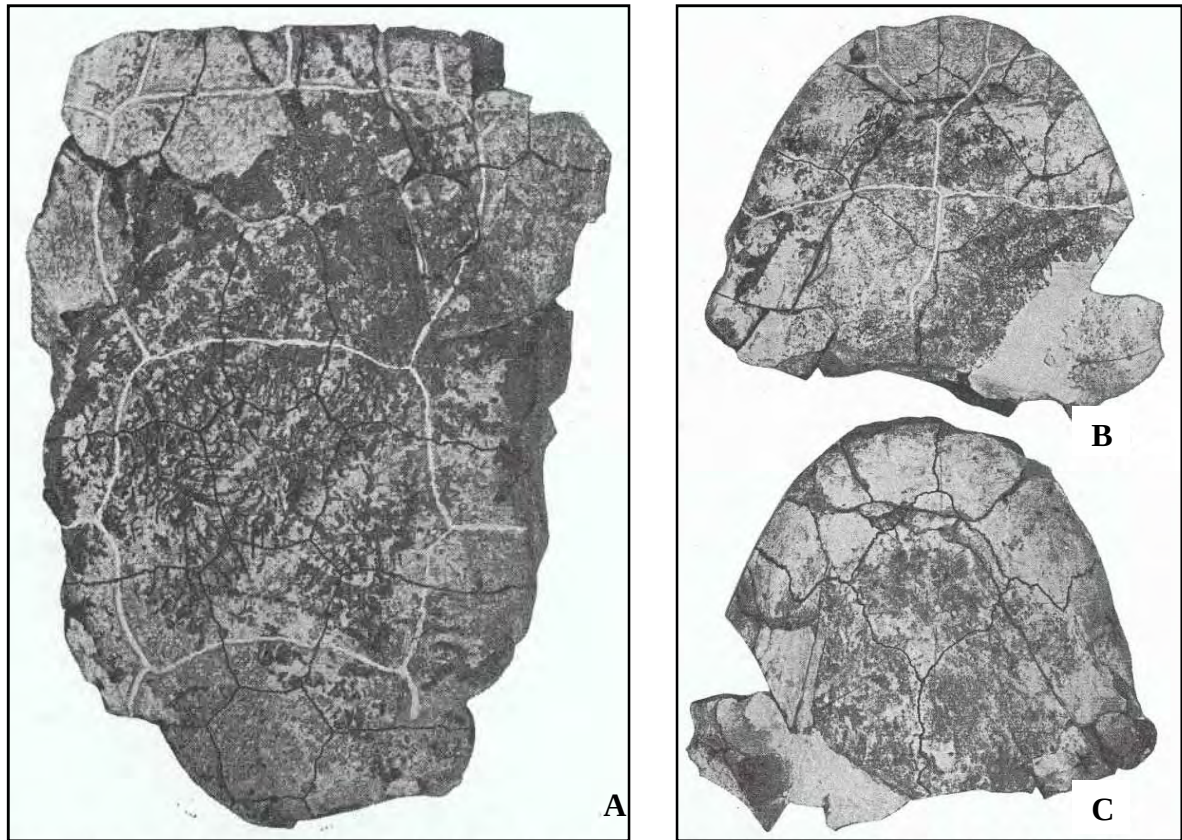


Figura 16: *Roxochelys wanderleyi* PRICE, 1953. A: visão externa da carapaça. B: visão externa do plastrão. C: visão interna do plastrão. Comprimentos na linha mediana: carapaça: 23,7 cm; plastrão: 14,3 cm. Extraído de PRICE (1953).

6.4 *Bauruemys elegans* SUAREZ, 1969 (KISCHLAT, 1994)

Espécimen tipo: Carapaça e plastrão completos, crânio parcial, ambos os fêmures, coracóides e escapulares (Figuras 17 a 20). O material está depositado na Universidade Estadual Paulista – *Campus* de Presidente Prudente.

Etimologia: O nome do gênero deriva de *Bauru*, nome da unidade geológica da qual o material tipo foi resgatado, e *Emys* (nome próprio) (KISCHLAT, 1994). O nome da espécie deriva da palavra latina *elegans*, cujo genitivo *elegantis* significa gracioso, bonito (CAMPOS, 1977 *apud* OLIVEIRA & ROMANO, 2007).

Diagnose: A carapaça é arqueada de maneira uniforme, não apresenta quilha, apresenta ossos relativamente espessos e sua margem anterior é quase retilínea, ligeiramente curvada para cima. A placa nugal é tão larga quanto comprida, estando a maior largura na parte posterior. Existem seis placas neurais, sendo a primeira longa e esguia e a segunda quadrada e convexa. O primeiro escudo vertebral apresenta sua maior largura na parte

posterior. São oito os pares de placas pleurais, sendo o primeiro maior que os demais, e os dois últimos se tocam na linha média. O plastrão apresenta lobo anterior arredondado e o posterior é alongado, quase de bordos retos, sendo o lobo anterior mais largo que o posterior. Os dois escudos gulares não chegam a atingir o endoplastrão. O escudo intergular é pequeno. Os escudos umerais unem-se na linha mediana, e este contato está inteiramente incluso na área do endoplastrão. O endoplastrão é quadrangular, com sua parte posterior ligeiramente arredondada (SUÁREZ, 1969)

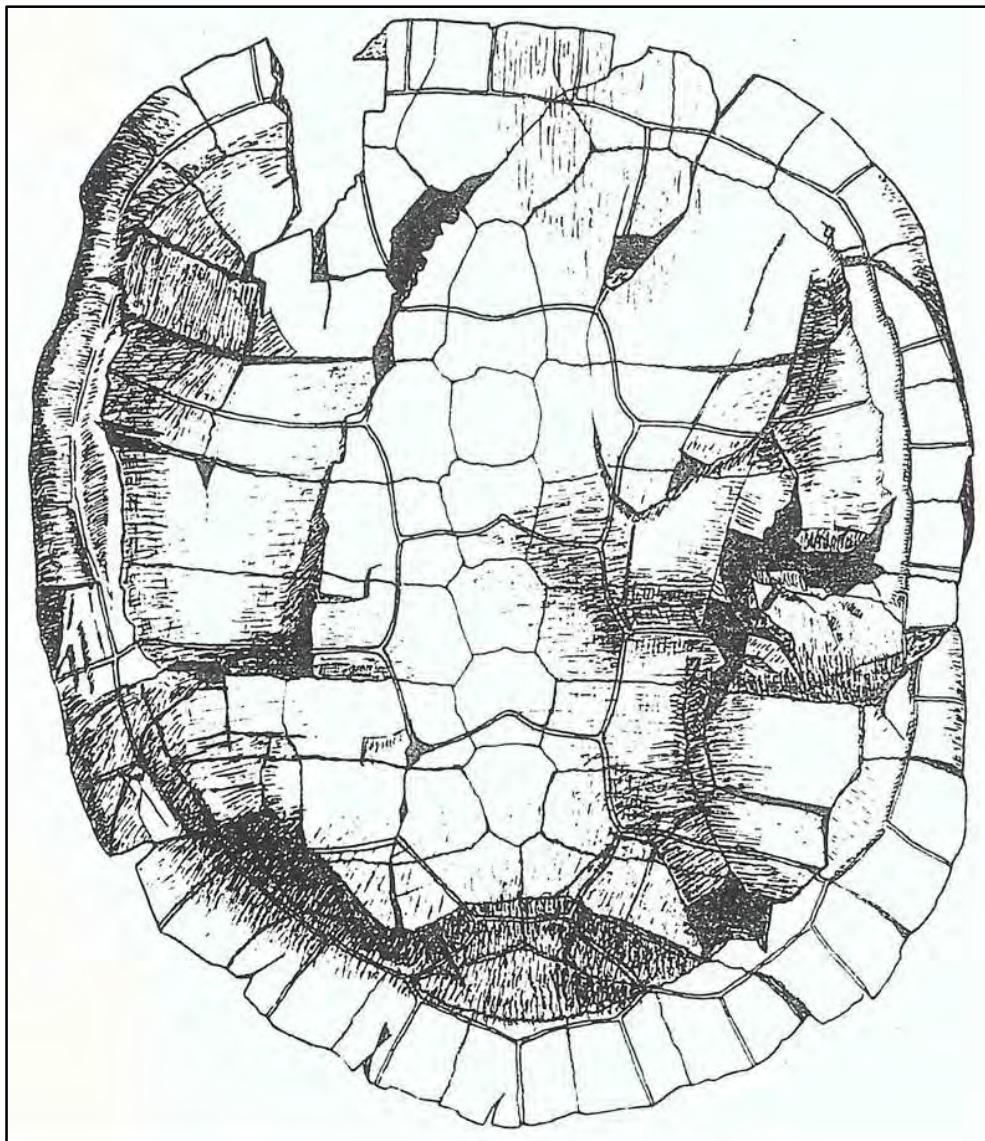


Figura 17: Vista externa da carapaça de *Bauruemys elegans* SUAREZ, 1969 (KISCHLAT, 1994). Comprimento aproximado: 30 cm. Extraído de SUAREZ (1969).

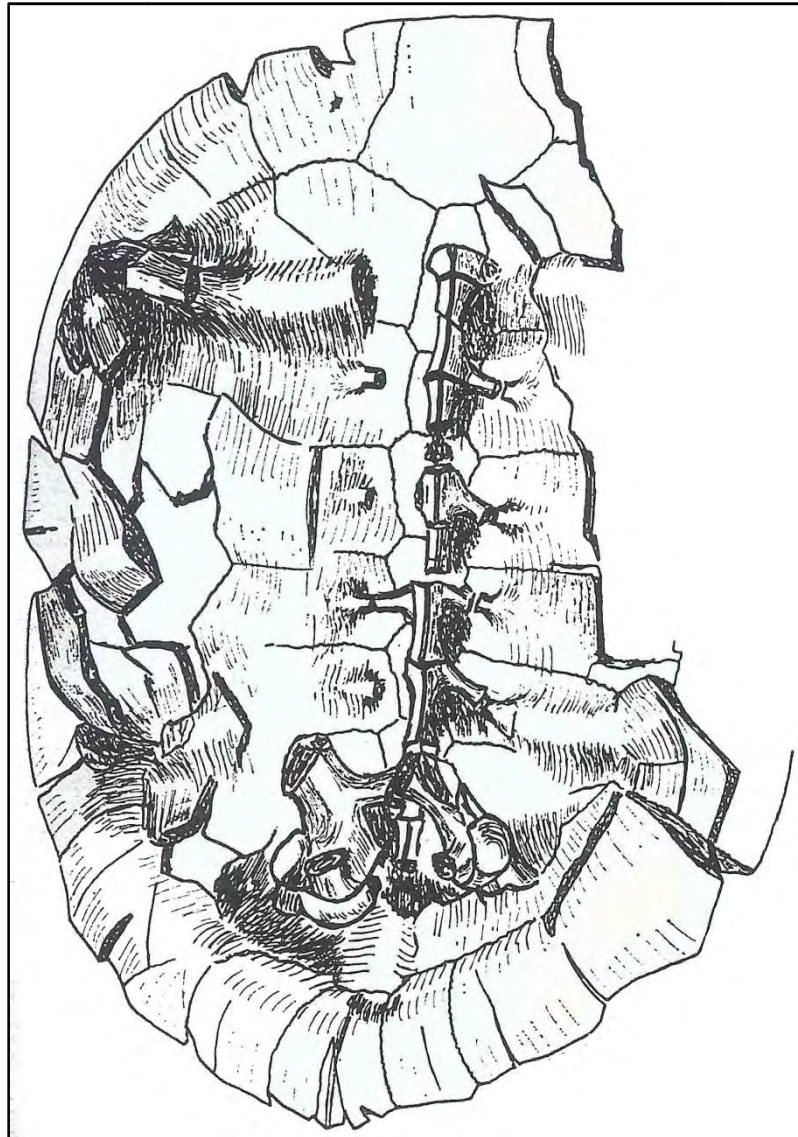


Figura 18: Vista interna da carapaça de *Bauruemys elegans* (SUAREZ, 1969) KISCHLAT, 1994. Comprimento aproximado: 30 cm. Extraído de SUAREZ (1969).

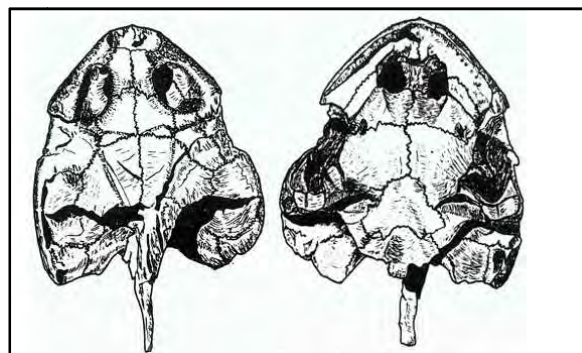


Figura 19: Crânio de *Bauruemys elegans* SUAREZ, 1969 (KISCHLAT, 1994). À esquerda: vista dorsal. À direita: vista palatal. Comprimento dos pré-maxilares até a parte distal da crista supra-occipital: 8,7 cm. Extraído de SUAREZ (1969).

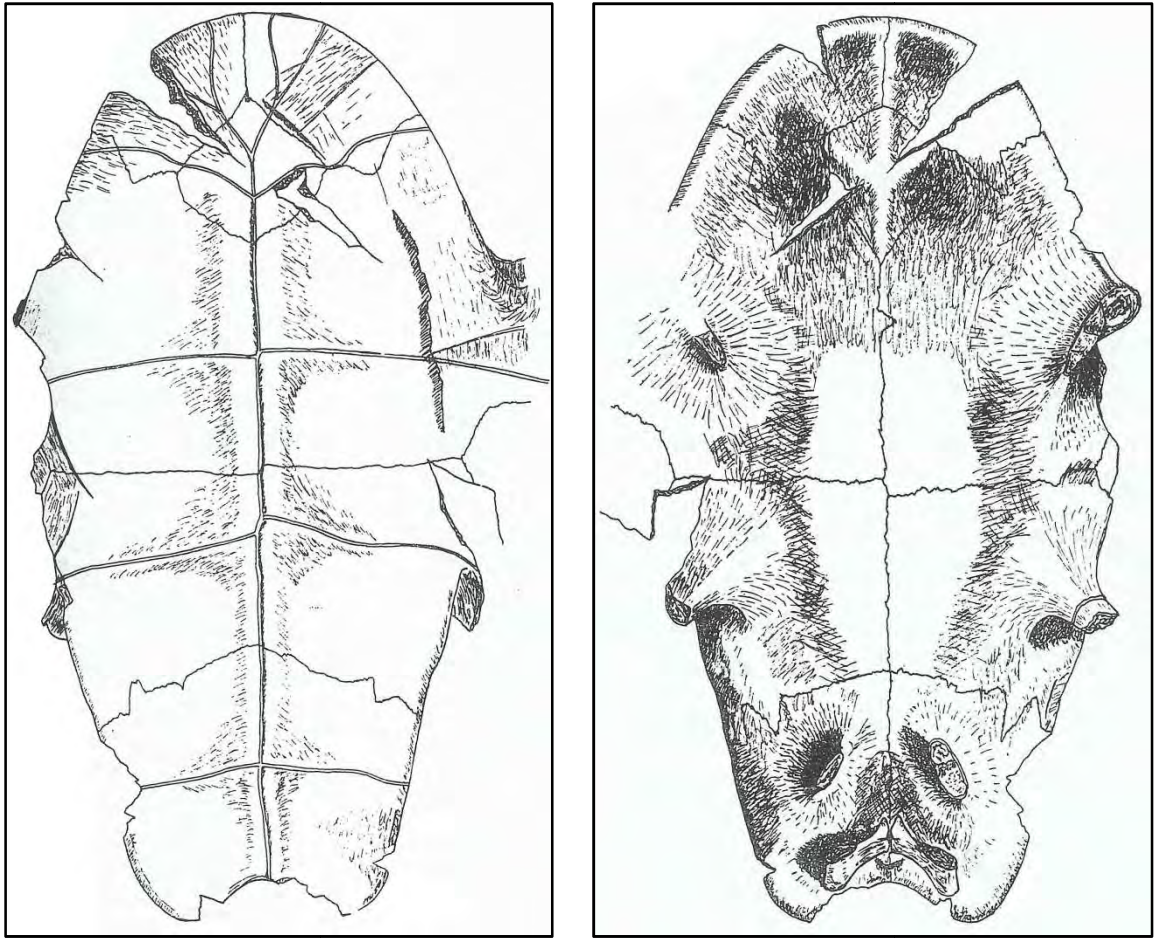


Figura 20: Plastrão de *Bauruemys elegans* SUAREZ, 1969 (KISCHLAT, 1994). À esquerda: vista externa. À direita: vista interna. Comprimento total da linha média: 24,6 cm. Extraído de SUAREZ (1969).

Histórico: Tentativamente alguns autores associaram “*Podocnemis*” *elegans* com outros morfótipos da América do Sul. Entretanto, KISCHLAT (1994) afirma que a espécie é distinta dos demais gêneros sul-americanos, com base nas características cranianas de *Peltocephalus* e *Podocnemis*, e em configurações do casco de *Roxochelys* e *Stupendemys*, propondo assim o novo gênero *Bauruemys* para este morfótipo.

De acordo com KISCHLAT (1994), a espécie *Bauruemys elegans* não pertence ao gênero *Roxochelys*, devido ao fato deste gênero apresentar placas ósseas mais espessas. Além disto, o autor destaca que *Bauruemys elegans* apresenta crânio achatado, largo, com órbitas um pouco dorsalmente dispostas, crista sagital, incisuras caudais desenvolvidas e espessamento do palato. Deste modo, *Bauruemys* diferencia-se dos gêneros *Peltocephalus* e *Podocnemis*, que possuem crânios relativamente mais altos, com incisura caudal fraca e com cristas no pálato, embora *Podocnemis* também apresente órbitas direcionadas dorsalmente.

Ocorrências: O material tipo foi resgatado da Formação Adamantina, em afloramento na Cidade de Pirapozinho – Estado de São Paulo (Localidade 10 – apêndices A e B). O registro da espécie até o momento limita-se a esta localidade.

6.5 *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER, 2005

Espécimen tipo: Vértebra cervical, carapaça parcial, mesoplastrão direito, ambos os xifiplastrões, ambos os coracóides, escápula direita, ambos os úmeros, rádio esquerdo, ambas as ulnas, ambas as cinturas pélvicas, fêmur direito, ambas as tíbias, ambas as fíbulas, e outros restos desarticulados incluindo carpais, tarsais, metapodiais e falanges (Figuras 21 a 27). O material está depositado no Centro de Pesquisas Paleontológicas Llewellyn Ivor Price, sob o número CPP-0252 (FRANÇA & LANGER, 2005).

Etimologia: O nome do gênero refere-se a Cambará, antigo nome do Distrito de Peirópolis, Município de Uberaba – Estado de Minas Gerais, onde o holótipo foi coletado. O nome da espécie é uma homenagem a Langerton Neves da Cunha (FRANÇA & LANGER, 2005)

Diagnose: Apresenta carapaça arredondada (25 cm de comprimento e 20 cm de largura) e relativamente longa, cujo tamanho e forma podem indicar uma condição sub-adulta. As placas ósseas são finas, a placa nuchal é estreita, as placas neurais são em número de sete, e a segunda placa neural está em contato com a primeira placa pleural. A porção ântero-posterior do xifiplastrão é arredondada, e os bordos anterior e posterior apresentam ângulos oblíquos com a linha mediana. O escudo peitoral não toca o mesoplastrão. A vértebra possui centro procélico e sua quilha ventral é pouco desenvolvida, sendo escavada na altura do comprimento médio, conferindo à porção cranial da crista uma maior extensão. O arco neural possui pós-zigapófises não fusionadas entre si, suportadas por processo elevado comum, projetado mais posteriormente que dorsalmente. O espinho neural se alonga pelo arco neural como uma crista medial estreita e baixa, desde o processo elevado até aproximadamente a região proximal das pré-zigapófises. A escápula apresenta porção proximal ântero-posteriormente achatada e em corte transversal é ovóide. O coracóide é arredondado ântero-dorsalmente. A pélvis possui orientação vertical, seus ossos são firmemente fixados e seu contato mediano é representado por uma sutura serrilhada. Cada ílio é formado por uma cintura central, com expansões dorsais e ventrais. O púbis é dorsal e ventralmente expandido, assim como o ísquio, que é ântero-posteriormente comprimido na

porção central. A cabeça do úmero forma um hemisfério quase eqüidimensional, e seu eixo é arqueado dorsalmente e ovóide em corte transversal. O rádio apresenta articulação proximal quase plana e semicircular, com a parte distal dorso-posteriormente achatada. O fêmur possui eixo cilíndrico e discretamente arqueado dorsalmente, enquanto a cabeça projeta-se dorsalmente. A tíbia é aproximadamente reta, embora côncava ventralmente. A fíbula é delgada e dorsalmente achatada.

Histórico: Segundo FRANÇA & LANGER (2005), *Cambaremys langertoni* difere de *Roxochelys wanderleyi* por apresentar placas ósseas mais finas e placa nugal mais estreita, e de *Bauruemys elegans* por apresentar sete placas neurais e pelo contato entre primeira placa neural e segunda placa pleural.

Contudo, os autores consideram a hipótese de *Cambaremys langertoni* ser um indivíduo juvenil de “*Podocnemis*” *brasiliensis*. Embora, o entalhe anal de “*Podocnemis*” *brasiliensis* seja profundo, com contorno sinusoidal, enquanto *C. Langertoni* o apresenta raso e a sutura pélvica menos transversalmente expandida.

FRANÇA & LANGER (2005) destacam que espécimens mais largos de *Bairdemys venezuelensis* tendem a apresentar entalhe anal mais acentuado e em forma de U (GAFFNEY & WOOD, 2000), e formas mais velhas apresentam a sutura da cintura pélvica com a carapaça mais expandida. Desta forma as diferenças encontradas entre *Cambaremys langertoni* e “*Podocnemis*” *brasiliensis* poderiam ser explicadas se *C. langertoni* fosse considerada um indivíduo mais jovem de “*P.*” *brasiliensis*. Isso também poderia explicar o fato do xifiplastrão de “*Podocnemis*” *brasiliensis* ser mais longo e a forma arredondada da carapaça de *Cambaremys langertoni* (FRANÇA & LANGER, 2005).

A carapaça de *Cambaremys langertoni* assemelha-se muito com aquela descrita por ARID & VIZOTTO (1966) e tentativamente associada pelos autores à “*Podocnemis*” *brasiliensis*. Ambas apresentam sete placas neurais, que são idênticas em forma; as placas pleurais são mais compridas que largas, e as primeiras placas pleurais apresentam porções anteriores semelhantemente arredondadas.

Ocorrências: O material tipo é proveniente do Membro Serra da Galga da Formação Marília, em afloramento localizado no Distrito de Peirópolis em Uberaba – Estado de Minas Gerais (Localidade 29, apêndices A e B). Até o momento, o registro da espécie está limitado a esta localidade.

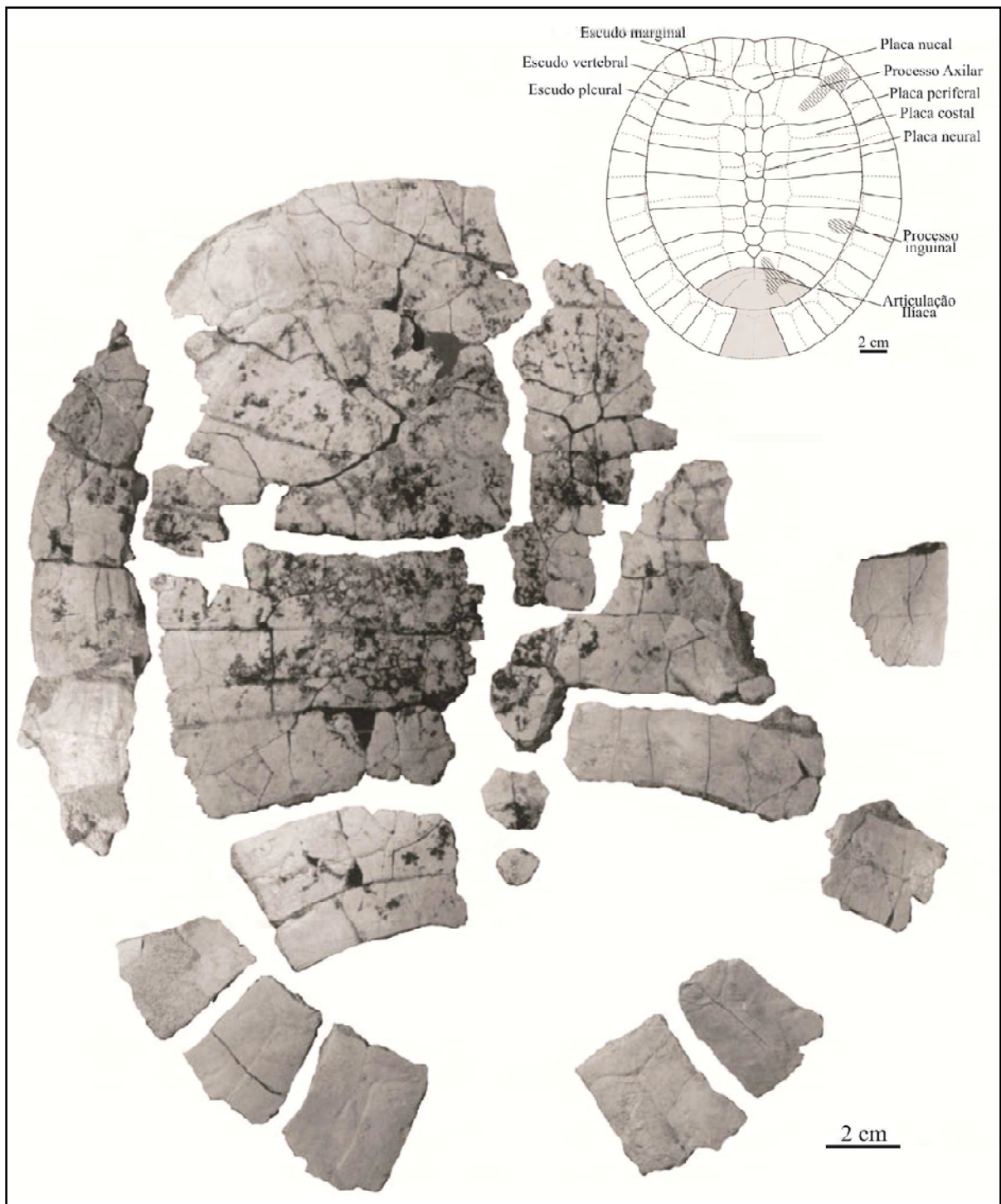


Figura 21: Vista externa da carapaça de *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER (2005). *Canto superior direito*: reconstrução. *Linhas pontilhadas*: contornos dos escudos córneos; *Hachura*: estruturas no lado interno; *em cinza*: partes não preservadas. Extraído de FRANÇA & LANGER (2005), nomenclatura da placa costal e escudo pleural segundo os autores, pois neste trabalho considera-se respectivamente escudo costal e placa pleural.

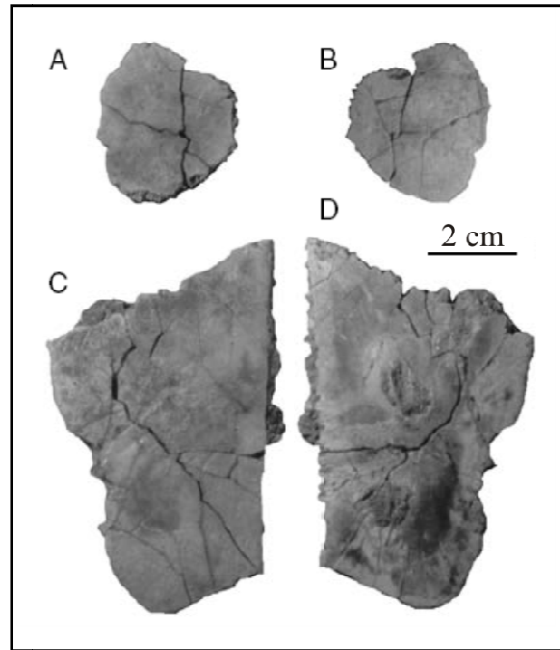


Figura 22: Elementos do plastrão de *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER (2005). A-B: mesoplastrão direito, A: vista externa, B: vista interna. C-D: xifiplastrão direito, C: vista externa, D: vista interna. Extraído de FRANÇA & LANGER (2005).

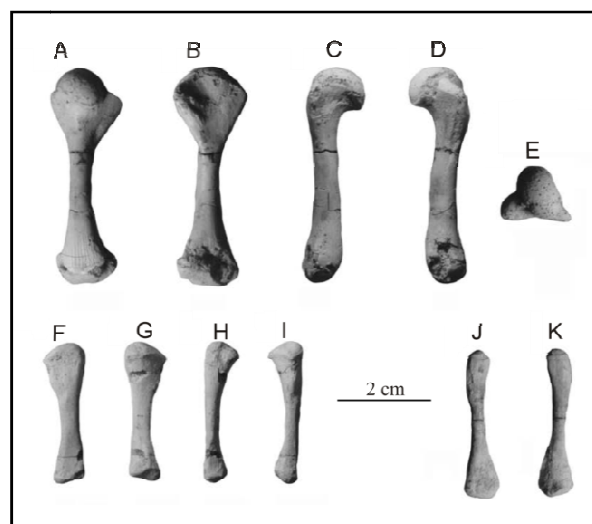


Figura 23: Elementos dos membros posteriores de *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER (2005). A-E: fêmur direito, A: vista dorsal, B: vista ventral, C: vista posterior, D: vista anterior, E: vista proximal. F-I: tíbia esquerda, F: vista dorsal, G: vista ventral, H: vista lateral, I: vista mediana. J-K: fíbula esquerda, J: vista dorsal, K: vista ventral. Extraído de FRANÇA & LANGER (2005).

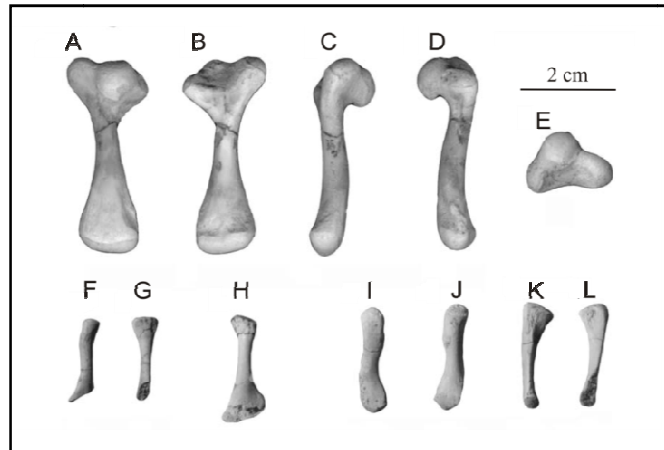


Figura 24: Elementos dos membros anteriores de *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER (2005). A-E: úmero direito, A: vista dorsal, B: vista ventral. C: vista posterior; D: vista anterior, E: vista proximal. F-G: rádio esquerdo, F: vista ventral, G: vista lateral. H: vista ventral do rádio direito. I-L: ulna direita, I: vista dorsal, J: vista ventral, K: vista mediana, L: vista lateral. Extraído de FRANÇA & LANGER (2005).

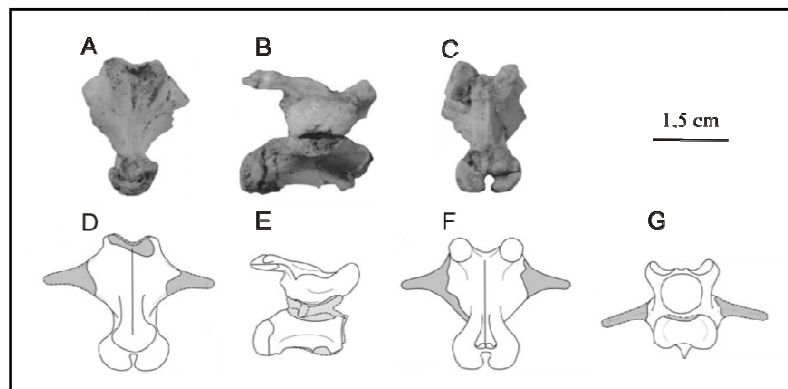


Figura 25: Elementos cérvico-vertebrais de *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER (2005). A: vista ventral do centro; B: vista lateral direita de centro e arco neural; C: vista dorsal do arco neural; D-G: reconstruções, D: vista ventral, E: vista dorsal, F: vista lateral direita, G: vista anterior. Partes não preservadas estão ilustradas em cinza. Extraído de FRANÇA & LANGER (2005).

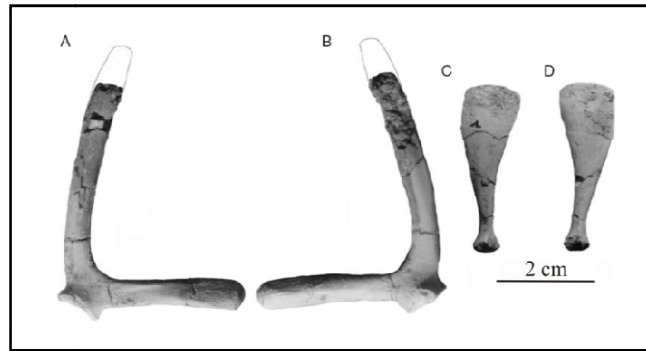


Figura 26: Elementos da cintura escapular de *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER (2005). A-B: escápula direita, A: vista anterior, B: vista posterior. C-D: coracóide direito, C: vista dorsal, D: vista ventral. Partes não preservadas indicadas pelas linhas pontilhadas. Extraído de FRANÇA & LANGER (2005).

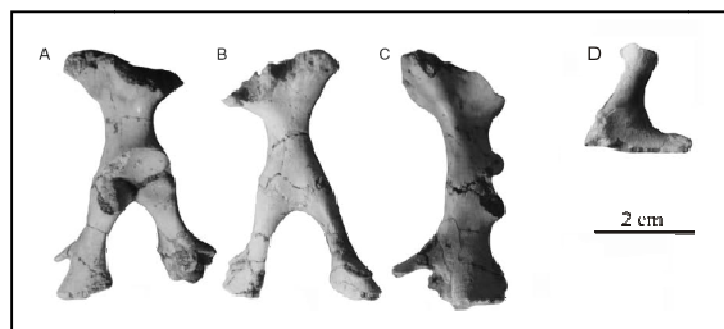


Figura 27: Elementos da cintura pélvica de *Cambaremys langertoni* FRANÇA & LANGER (2005). A-C: cintura pélvica esquerda, A: vista lateral, B: vista mediana. C: vista cranial. D: vista mediana do ísquio direito. Extraído de FRANÇA & LANGER (2005).

7. DESCRIÇÃO PRELIMINAR DE NOVO MORFÓTIPO

7.1 Ocorrência

Os restos são provenientes de uma pedreira abandonada, próxima da margem esquerda do Rio Paraná, entre as cidades de Rubinéia e Santa Fé do Sul, no Noroeste do Estado de São Paulo (Figura 28). Foram noticiados previamente por FIGUEIRA *et al.* (2001) e MANZINI *et al.* (2003).

A pedreira possui exposição vertical de quase 20 m, da base para o topo apresenta brecha vulcânica de espessura decimétrica, seguida por dois derrames basálticos que em conjunto possuem aproximadamente 10 m. O contato entre estes derrames é caracterizado por alteração da rocha, com esfoliações esferoidais de 10 a 20 cm de espessura, e a porção superior do último derrame basáltico, contém brechas, com pouco mais de 1 m de espessura. No topo do afloramento há um pacote de arenito com aproximadamente 6 m de espessura (MANZINI *et al.*, 2003).



Figura 28: Pedreira abandonada localizada entre os municípios de Rubinéia e Santa Fé do Sul, Estado de São Paulo. A: visão geral da pedreira. B: detalhe do contato entre as formações Serra Geral (na base) e Santo Anastácio (acima).

O arenito tem cor vermelho-arroxeadada, é fino a muito fino, apresenta matriz lamosa e cimentação carbonática. Apresenta laminações cruzadas e plano-paralelas e na base das

camadas ocorrem linhas de seixos. O material fóssil foi coletado de um nível situado a cerca de 2 m do contato entre o basalto e o arenito (MANZINI *et al.*, 2003).

O bloco contendo o fóssil apresenta na base arenito médio de cor marrom-arroxeadada, fino a grosso, subarredondado, bem selecionado, quartzoso, com grãos envoltos por película de Óxido de Ferro, compacto, com cimento carbonático (Figura 29). No contato com o estrato superior apresenta-se mais intensamente cimentado, e existem nódulos carbonáticos dispersos. O estrato superior, no qual se encontra o material fossilífero, está sobreposto em contato irregular (erosivo).

O arenito do estrato superior é fino a muito fino, de cor marrom-tijolo, com matriz argilosa, seleção regular a boa, com alguns grãos médios e fragmentos milimétricos de argilito dispersos e não possui cimento carbonático. Os grãos aparentemente também estão recobertos por Óxido de Ferro.

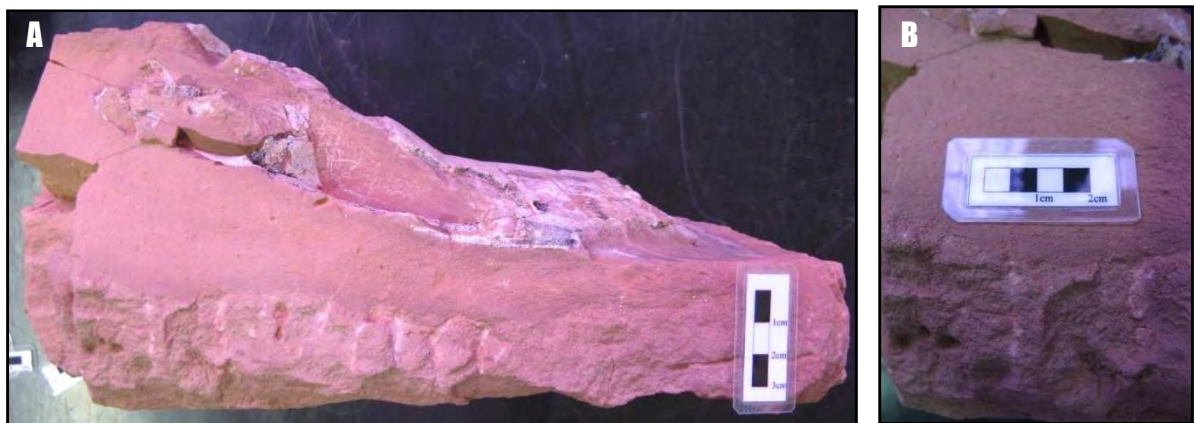


Figura 29: A: Visão lateral do bloco contendo o material descrito. Estrato de arenito muito fino a fino sobrepondo-se a arenito médio, em contato irregular. B: detalhe do contato dos estratos.

7.2 Descrição

O fóssil está preservado parcialmente por meio de permineralização por carbonato de cálcio. Consiste de uma carapaça parcialmente preservada e um plastrão quase completo (Figuras 31 e 32). No presente trabalho descreve-se somente o material depositado no Museu de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Estadual Paulista – *Campus* de Rio Claro, mas existe um contramolde da carapaça depositado na Universidade Estadual Paulista – *Campus* de São José do Rio Preto.

Da carapaça estão preservadas as placas neurais, a placa suprapigal, as placas pleurais direitas e algumas do lado esquerdo, e há moldes externos das placas periferais da porção posterior, com alguns fragmentos preservados da lateral direita, e das placas pleurais da porção posterior esquerda. Do plastrão apenas o epiplastrão esquerdo foi parcialmente perdido durante a preparação do material, mas alguns fragmentos ósseos estão preservados e seu contorno pode ser visto em um fragmento de rocha encaixante associada (Figura 30). Apenas as partes externas da carapaça e do plastrão podem ser observadas.

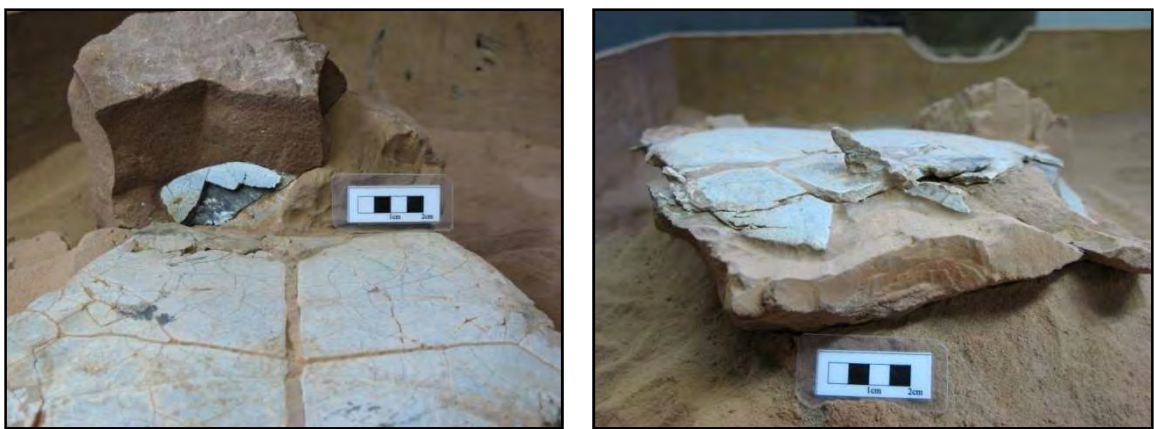


Figura 30: Epiplastrão esquerdo na posição vertical em que foi preservado (visão do material ainda em fase de preparação). À esquerda: fragmentos preservados da porção superior, em visão da porção central para o lobo anterior. À direita: fragmentos da porção inferior do epiplastrão, em visão anterior do lobo anterior.

Carapaça

Embora a carapaça não esteja totalmente preservada sua forma é presumivelmente oval. Como algumas placas ósseas foram fragmentadas obliquamente, elas parecem ser muito espessas. No entanto a espessura das placas é moderada, embora mais espessas que as placas ósseas do plastrão.

A carapaça não foi preservada em sua forma original, possuindo alguns ossos um pouco deslocados e uma sutil concavidade na porção central, assim não se pode ter idéia de seu arqueamento original. Não apresenta quilha ou outras irregularidades na superfície dorsal.

Apresenta em sua superfície externa uma estrutura muito discreta de sulcos retilíneos. As suturas são lisas (não serrilhadas) e nítidas, assim como os sulcos dérmicos.

São sete as placas neurais. Apenas as porções direitas estão preservadas, mas suas formas são facilmente presumíveis, considerando-se que são simétricas. Elas estão não estão preservadas em posição natural, estando um pouco inclinadas e deslocadas. A placa nugal não está preservada.

A primeira placa neural é comprida e relativamente estreita. Possui forma quadrangular, com bordas ligeiramente convexas, o que lhe confere uma forma aproximadamente oval. A última placa neural tem forma pentagonal e é aquela de menor tamanho da série. As demais placas neurais são hexagonais, com comprimento maior que a largura, com exceção da sexta placa neural que aparentemente é tão larga quanto comprida.

As placas periferais da porção posterior, e a placa pigal, observáveis em moldes externos, são mais longas que largas. O ângulo, no vértice do contato entre as duas últimas placas pleurais com a placa suprapigal é agudo, aproximadamente 80° (ângulo formado por duas retas que podem ser traçadas do vértice até as extremidades posteriores da placa suprapigal).

Os primeiros pares de placas pleurais não estão preservados, as demais tem forma poligonal e com largura bem maior que o comprimento.

Os limites de nenhum dos escudos vertebrais estão totalmente preservados, contudo é possível inferir que o segundo, o terceiro e o quarto escudos vertebrais são octogonais.

Observa-se nos dois fragmentos de placas periferais preservados, na lateral direita da carapaça, que os limites entre os escudos costais e marginais estão na área das placas periferais.

O comprimento da sutura entre os hioplastrões é maior que entre os hipoplastrões, e o comprimento do sulco entre os escudos femorais é maior que entre os escudos abdominais.

Medidas da carapaça

Espessura preservada dos ossos: aproximadamente 50 mm.

Comprimento total mediano preservado: 220 mm.

Largura máxima preservada: 216 mm.

Comprimento da primeira placa neural: 30 mm.

Largura da primeira placa neural: aproximadamente 13 mm.

Comprimento da segunda placa neural: 20 mm.

Comprimento da terceira placa neural: 30 mm.

Comprimento da quarta placa neural: 30 mm.

Largura da quarta placa neural: aproximadamente 18 mm.

Comprimento da quinta placa neural: 30 mm.

Largura da quinta placa neural: aproximadamente 13 mm.

Comprimento da sexta placa neural: 30 mm.

Comprimento da sétima placa neural: 30 mm.

Largura da sétima placa neural: aproximadamente 10 mm.

Comprimento do segundo escudo vertebral na linha média: aproximadamente 44 mm.

Comprimento do terceiro escudo vertebral na linha média: 43 mm.

Comprimento da placa suprapigal na linha média: 30 mm.

Plastrão

Embora as placas ósseas tenham sido preservadas de maneira quase articuladas, ocorre uma separação mais acentuada na linha média entre os pares de hioplastrões e hipoplastrões, em torno do endoplastrão e do epiplastrão, bem como na sutura entre os hipoplastrões e os xifiplastrões. As placas são finas, com aproximadamente 3 mm de espessura.

O plastrão é longo. Seu comprimento é quase o dobro de sua maior largura (na altura dos entalhes axilares). A metade anterior é discretamente mais longa e também mais larga que a metade posterior, contudo, o lobo posterior é mais longo que o lobo anterior.

O plastrão é relativamente plano, sendo a extremidade anterior um pouco curvada para cima (os epiplastrões, metade do endoplastrão e extremidades dos hioplastrões) e assim como a extremidade inferior (porções posteriores dos xifiplastrões), mas de modo mais discreto.

Os sulcos dérmicos são bem marcados e as suturas são nítidas e lisas, não serrilhadas. Não apresenta nenhum tipo de ornamentação em sua face externa.

O lobo anterior tem contorno aproximadamente oval. O entalhe anal é consideravelmente profundo e arredondado. As extremidades posteriores dos xifiplastrões são arredondadas.

O endoplastrão é grande com relação ao lobo anterior, tem forma quadrilateral e os limites com os hioplastrões são ondulados, enquanto aqueles em contato com os epiplastrões são retos. A sutura entre os epiplastrões e os hioplastrões também são onduladas.

A sutura entre os hioplastrões e hipoplastrões, partindo das extremidades dos mesoplastrões, forma uma linha côncava. Em ambos os lados, o encontro da sutura com a linha média do plastrão formam ângulos agudos.

A sutura entre hipoplastrão e xifiplastrão é reta e bastante inclinada, formando um ângulo de aproximadamente 110° com a linha média. Os hipoplastrões têm forma semelhante a um trapézio escaleno, mas nenhum dos lados é perfeitamente paralelo a outro.

Os mesoplastrões são pequenos, e embora arredondados, terminam em ângulo obtuso, nas linhas imaginárias entre os entalhes axiais e inguinais.

O escudo intergular é estreito e termina em ângulo agudo na ponta posterior, cobrindo parte do endoplastrão, mas não atingindo sua metade. Os escudos gulares limitam-se a área do epiplastrão, não atingindo o endoplastrão.

O sulco entre os escudos peitorais e umerais é ondulado e atravessa a porção inferior do endoplastrão, passando abaixo das suturas entre epiplastrão e hioplastrão. O sulco entre os escudos peitoral e abdominal é quase plano e perpendicular à linha média do plastrão, sendo levemente ondulado sobre o hioplastrão esquerdo. Os limites entre os escudos peitorais e abdominais e entre os escudos abdominais e femorais não são coincidentes na linha média do plastrão, conferindo ao escudo abdominal direito menor comprimento na linha média em relação ao esquerdo.

Os sulcos entre os escudos femorais e anais são paralelos às suturas entre hipoplastrões e xifiplastrões, portanto bastante inclinados. Eles não são coincidentes na linha média do plastrão, estando aquele da direita um pouco descolado posteriormente. São discretamente côncavos nas bordas.

O sulco entre os escudos peitorais e abdominais passa anteriormente aos mesoplastrões, e não sobre eles.

Medidas do plastrão

Espessura preservada dos ossos: aproximadamente 3 mm.

Comprimento preservado da linha média: 215 mm.

Comprimento da metade anterior (até a sutura entre o hioplastrão e o hipoplastrão): 111 mm.

Comprimento da metade posterior (da sutura entre hioplastrão e hipoplastrão até a base do entalhe anal): 104 mm.

Comprimento do lobo anterior do plastrão (até o entalhe axial): 63 mm.

Comprimento do lobo posterior do plastrão (do entalhe inguinal até a ponta posterior dos xifiplastrões): 88 mm.

Distância entre os entalhes axilar e inguinal: 75 mm.

Profundidade do entalhe anal: 11 mm.

Largura do canto externo anterior dos hioplastrões: 85 mm.

Largura do meio, entre as extremidades dos mesoplastrões: 111 mm.

Largura entre os entalhes axilares: 117 mm.

Largura entre os entalhes inguinais: 11,0 mm.

Largura entre os cantos externos posteriores dos hipoplastrões: 99 mm.

Largura entre as pontas posteriores dos xifiplastrões: 53 mm;

Comprimento mediano do endoplastrão: 38 mm.

Largura máxima do endoplastrão: 39 mm.

Comprimento mediano do hioplastrão: 54 mm.

Comprimento lateral do hioplastrão (medida do canto externo anterior, paralelamente à linha média): 78 mm.

Comprimento mediano do hipoplastrão: 37 mm.

Comprimento lateral do hipoplastrão, da ponta interna dos mesoplastrões ao canto externo posterior: 67 mm.

Comprimento do xifiplastrão na linha média: 60 mm.

Comprimento do escudo umeral na linha média, embora o sulco esteja pouco visível: aproximadamente 20 mm.

Comprimento do escudo peitoral na linha média: 38 mm.

Comprimento do escudo abdominal na linha média: 29 mm.

Comprimento do escudo femoral na linha média: 50 mm.

Comprimento do escudo anal na linha média: 45 mm.

Comparações

Quanto à forma da carapaça, o novo morfótipo assemelha-se a *Cambaremys langertoni* e ao material descrito por ARID & VIZOTTO (1966), associado a “*Podocnemis*” *brasiliensis*, por serem aproximadamente ovais, e difere-se de *Bauruemys elegans* que apresenta as laterais retilíneas.

As placas ósseas do novo morfótipo são finas, semelhantemente àsquelas de “*Podocnemis*” *brasiliensis* e *Cambaremys langertoni*. *Bauruemys elegans* as possui um pouco mais espessas (7 a 10 mm) e as de “*Podocnemis*” *harrisi* e *Roxochelys wanderleyi* são bastante espessas (aproximadamente 19 mm).

Como não apresenta ornamentações na superfície externa da carapaça e do plastrão, e suas suturas são lisas (não serrilhadas), o novo morfótipo difere-se de *Roxochelys wanderleyi*.

Quanto à série de placas neurais, difere-se de *Bauruemys elegans* em número e forma. Enquanto o novo morfótipo apresenta sete placas neurais que são mais longas que largas, *Bauruemys elegans* apresenta seis, que são relativamente mais largas. Apresenta o mesmo número de placas, e as mesmas formas, que *Cambaremys langertoni* e a carapaça descrita por ARID & VIZOTTO (1966) (“*Podocnemis*” *brasiliensis*). Embora no holótipo de *Roxochelys wanderleyi* a série de placas neurais não esteja completa, esta espécie pode ser diferenciada do novo morfótipo por apresentar a primeira placa neural com forma mais ovalada e a segunda placa neural ser hexagonal. *Bauruemys elegans* apresenta a primeira placa neural com forma hexagonal, a segunda quadrangular e a última hexagonal, que ao contrário da apresentada pelo novo morfótipo não é a menor da série.

Quanto às placas periferais, o novo morfótipo assemelha-se a *Cambaremys langertoni* e a carapaça descrita por ARID & VIZOTTO (1966) (“*Podocnemis*” *brasiliensis*) ao apresentá-las com comprimento maior que a largura, e assim difere-se de *Roxochelys wanderleyi* que as apresenta com comprimento máximo igual à largura, e de *Bauruemys elegans* que as têm mais largas que compridas.

Existem diferenças quanto ao ângulo no vértice do contato entre as duas últimas placas pleurais com a placa suprapigal, que é agudo no novo morfótipo (aproximadamente 80°), em *Bauruemys elegans* é de aproximadamente 90°, e no material descrito por ARID & VIZOTTO (1966) (“*Podocnemis*” *brasiliensis*) e em *Cambaremys langertoni* é obtuso (aproximadamente 100°).

O novo morfótipo difere de *Bauruemys elegans* quanto à forma dos escudos vertebrais. Em *Bauruemys elegans* o segundo e o terceiro escudos são hexagonais e o quarto é heptagonal, e no novo morfótipo todos aparentam ser octogonais.

A largura máxima do segundo escudo vertebral do novo morfótipo é igual àquela do terceiro e do quarto, diferentemente da carapaça descrita por ARID & VIZOTTO (1966), na qual o segundo escudo tem largura máxima maior que aquela dos demais, estando suas laterais situadas mais internamente na área da segunda placa pleural. Embora as larguras

máximas sejam iguais nos escudos vertebrais de *Cambaremys langertoni*, os ângulos dos escudos vertebrais estão menos definidos.

O plastrão do novo morfótipo é muito semelhante àquele de “*Podocnemis*” *brasiliensis*, longo, estreito e com contorno do lobo anterior oval, embora em “*Podocnemis*” *brasiliensis* o contorno tenha sido estimado. O lobo anterior de *Bauruemys elegans* é mais arredondado e aquele de *Roxochelys wanderleyi* é mais acuminado.

O entalhe anal é igual ao de “*Podocnemis*” *brasiliensis*, e diferente daquele de *Cambaremys langertoni* que se estima que seja mais raso, e diferente daquele de *Bauruemys elegans*, que é mais raso e menos acentuado.

A ondulação na sutura entre o endoplastrão e os hioplastrões é mais acentuada no novo morfótipo em relação a “*Podocnemis*” *brasiliensis*. Em *Roxochelys wanderleyi* todos os lados do endoplastrão são relativamente retos e em *Bauruemys elegans* sua porção posterior é arredondada.

A sutura entre os hioplastrões e hipoplastrões, partindo das extremidades dos mesoplastrões, assemelha-se a “*Podocnemis*” *brasiliensis*, que também forma uma linha côncava, e difere daquela de *Bauruemys elegans*, que é reta e forma ângulos retos em ambos os lados com a linha média do plastrão.

A sutura entre epiplastrões e hioplastrões tem acunhamentos para a parte posterior do plastrão em *Bauruemys elegans*. Em “*Podocnemis*” *brasiliensis* apresenta concavidades nas laterais. Em *Roxochelys wanderleyi* é plana, e no novo morfótipo apresenta uma discreta ondulação.

A sutura entre hipoplastrão e xifiplastrão difere daquela de *Bauruemys elegans*, que apresenta acunhamentos e é um pouco menos inclinada.

Assemelha-se a “*Podocnemis*” *brasiliensis* ao apresentar o sulco entre os escudos peitorais e umerais ondulado, contudo no novo morfótipo é mais convexo, e em *Roxochelys wanderleyi* é quase reto.

O sulco entre os escudos umerais é deslocado com relação à linha média em “*Podocnemis*” *brasiliensis* assim como no novo morfótipo, diferentemente daquele de *Bauruemys elegans* que ocorre na linha média.

Em *Bauruemys elegans* os sulcos entre os escudos peitorais e abdominais e entre os escudos abdominais e femorais também não são coincidentes na linha média do plastrão, mas difere por apresentar escudos abdominais com mesmo comprimento na linha média. No holótipo de “*Podocnemis*” *brasiliensis* é possível observar apenas o sulco entre os escudos

abdominais e femorais, que diferentemente dos apresentados pelo novo morfótipo coincidem na linha média.

“*Podocnemis*” *brasiliensis* apresenta o sulco entre os escudos femorais e anais com certa concavidade totalmente distribuída, e não apenas nas laterais do plastrão, como ocorre no novo morfótipo. Além disto, parecem estar dispostos mais posteriormente e não serem perfeitamente paralelos a sutura entre hipoplastrões e xifiplastrões, portanto apresentando menor inclinação.

Em *Cambaremys langertoni* e “*Podocnemis*” *brasiliensis* o sulco entre os escudos peitorais e abdominais também não passa sobre os mesoplastrões.

O novo morfótipo assemelha-se ao gênero *Podocnemis* recente por apresentar mesoplastrões pequenos; o escudo intergular ter forma de V, ocupar parte do endoplastrão, separar completamente os escudos gulares e separar parcialmente os escudos umerais; não apresentar entalhe na placa pigal, sendo a margem da carapaça lisa; o modelo de placas neurais ser regular, com formas mais hexagonais (com exceção da primeira); apresentar endoplastrão com forma trapezoidal; e ter lobo anterior do plastrão curto, largo na base e semi-circular na borda, sendo a relação largura (11,7cm) /comprimento (6,3 cm) menor que dois (em *Podocnemis* é igual ou menor que dois).

O novo morfótipo difere de *Podocnemis* vivente por apresentar comprimento do sulco entre os escudos abdominais (2,9 cm), na linha média, menor que aquele entre os escudos anais (4,5 cm) e aquele entre os escudos femorais (5,0 cm). Estas diferenças também ocorrem entre “*Podocnemis*” *brasiliensis* e o gênero *Podocnemis*.

Devido à presença de mesoplastrões reduzidos e laterais, o novo morfótipo enquadra-se nos clados Pleurodira e Pelomedusoides. É comparável aos Podocnemidoidea (Bothremididae + Podocnemididae), devido à presença de sulco dérmico entre os escudo peitorais e abdominais deslocado anteriormente, não passando pelos mesoplastrões.

A série de placas neurais do novo morfótipo não alcança a placa suprapigal, o que é típico em Podocnemidoidea.



Figura 31: Carapaça do novo morfótipo, proveniente da Formação Santo Anastácio, no Noroeste do Estado de São Paulo. Comprimento total mediano preservado: 220 mm.

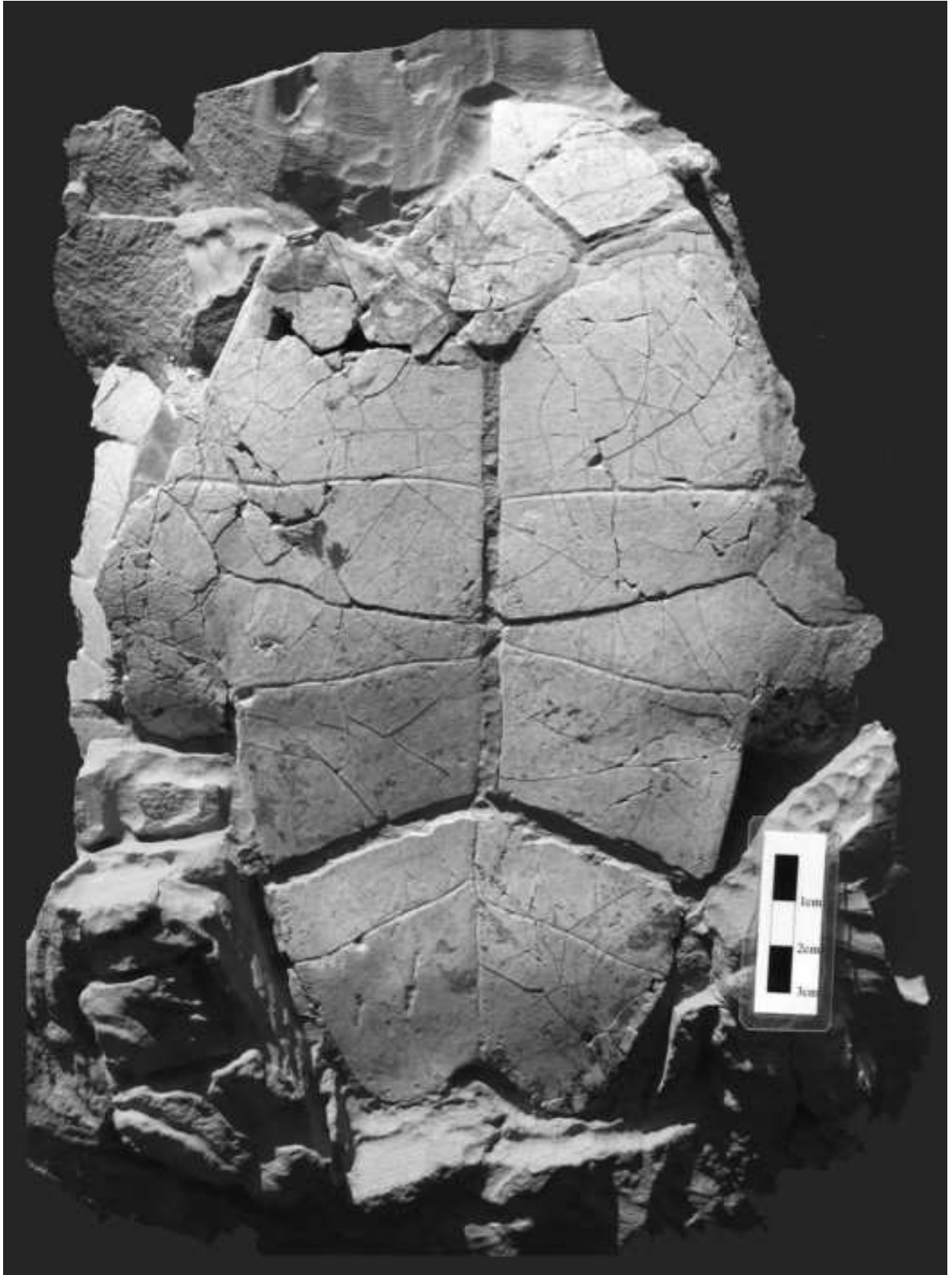


Figura 32: Plastrão do novo morfótipo, proveniente da Formação Santo Anastácio, no Noroeste do Estado de São Paulo. Comprimento preservado da linha média: 215 mm

8. ANÁLISE FILOGENÉTICA

8.1 Metodologia

8.1.1 Sistemática Filogenética – Histórico

A fim de examinar a relação filogenética existente entre as espécies de Testudines presentes nos depósitos da Bacia Bauru, principalmente quanto ao posicionamento de *Cambaremys langertoni* e do novo morfótipo descrito neste trabalho, utilizaram-se os métodos empregados na Sistemática Filogenética.

A sistemática é o estudo dos sistemas e princípios de classificação e nomenclatura dos organismos biológicos, logo, questões fundamentais neste tema são a natureza das unidades básicas de classificação (tradicionalmente denominadas “espécies”) e as regras de acordo com as quais estas unidades básicas são agrupadas em classes cada vez mais inclusivas (ou táxons). Segundo AMORIM (2002), táxon (do grego *ταξις* = disposição, boa ordem, ordenação) é qualquer classe cujos elementos são organismos reunidos com base em semelhanças.

Segundo HULL (1990), o sistema de classificação e nomenclatura proposto por LINNAEUS (1758) é baseado na lógica de Aristóteles, e para ambos, as espécies eram imutáveis. A idéia de imutabilidade das espécies e o conceito de arquétipos influenciaram gerações de sistematas e persistiram até a introdução da Teoria da Evolução por DARWIN (1859), embora não tenham sido solucionadas discussões sobre as relações entre filogenia e classificação.

Sistemática e biologia evolucionista sobrepõem-se em dois pontos: o conceito de espécie e a relação entre filogenia e classificação. Logo, se as unidades básicas de classificação (espécies taxonômicas) coincidem com unidades básicas do processo evolucionista (espécies evolucionistas), então disputas teóricas sobre a natureza dos processos evolucionistas têm clara implicação em sistemática (HULL, 1990).

MAYR (1942) apresenta seu conceito biológico de espécie, no qual espécies são grupos de populações naturais atualmente e potencialmente inter-reprodutoras, e que são reprodutivamente isoladas de outros tais grupos. SIMPSON (1961) introduz o conceito de espécie evolucionista como sendo uma linhagem (uma sequência ancestral - descendente da

população) evoluindo separadamente de outras e com sua própria tendência e papel evolucionário unitário (HULL, 1990).

Para SIMPSON (1961) uma classificação não pode e não deve tentar expressar filogenia, o máximo que alguém pode esperar de uma classificação biológica é que seja consistente com filogenia e que não contradiga a visão do classificador sobre a filogenia do grupo. Este era um dos principais preceitos da Sistemática Gradista, que era desenvolvida apenas com base em semelhanças entre grupos, sem poder determinar que tipos de semelhanças eram compartilhadas (apomórficas, plesiomórficas ou homoplásticas) ou determinar precisamente as relações de parentesco entre os grupos envolvidos (AMORIM, 2002).

Os princípios da Sistemática Filogenética foram inicialmente propostos por HENNIG (1950), mas tornaram-se amplamente conhecidos somente após a tradução de seu trabalho para o inglês na década de 1960. Para HENNIG (1950, 1966) as classificações filogenéticas devem representar filogenias. Assim como inúmeros sistematas antes dele, ele notou que não há um modo no qual todos os detalhes do desenvolvimento filogenético possam ser representados em um sistema tão simples como uma classificação hierárquica. Segundo o autor, uma verdadeira classificação filogenética não indica uma relação ancestral-descendente, mas somente relacionamentos de grupos irmãos.

Segundo HENNIG (1966), dois táxons, *B* e *C*, são grupos irmãos se eles são mais proximamente relacionados que qualquer outro terceiro táxon *A*. A evidência para tal relação é a presença de caracteres que existem em *B* e *C*, mas faltam em *A*. A relação grupo irmão é colateral, não ancestral-descendente. Alguém pode pensar que a espécie *A* deu origem as espécies *B* e *C*, mas para o autor, tal informação não pode ser inclusa em uma classificação filogenética.

SOKAL & SNEATH (1963) propuseram verificar a similaridade entre organismos usando números, unidades de caracteres igualmente ponderados. Para eles, qualquer que seja o método usado, ele deve ser objetivo, explícito, quantitativo e replicável. Logo, as classificações poderiam ser produzidas por métodos estatísticos explicitamente formulados.

Para HENNIG (1966), assim como para SIMPSON (1961) e MAYR (1942), espécies são as unidades básicas do processo evolucionário, bem como de classificação. Assim, evolução e classificação se interceptam na categoria de espécies. Para HENNIG (1966) os caracteres usados para inferir ambos, espécies e relacionamentos filogenéticos, devem ser homologias evolucionárias.

O objetivo do método proposto por Hennig é reconstruir o padrão de ramificação que ilustra a seqüência evolutiva de ancestralidade e descendência, assim, cada ramo nessa árvore evolutiva necessita, por definição, ser **monofilético**. Isto implica que todos os táxons em cada ramo compartilham um ancestral comum, e que o ramo inclui todos os descendentes. Uma linhagem monofilética é denominada **clado** (BROWN & LOMOLINO, 2006).

Segundo SIMPSON (1961), tudo que leva um táxon superior a ser **monofilético** é que tenha surgido de um único táxon ancestral do seu próprio nível ou inferior. Para o autor, na Figura 33-A o grupo B é monofilético embora ele seja derivado de duas espécies ancestrais, porque estas espécies derivam do mesmo ancestral.

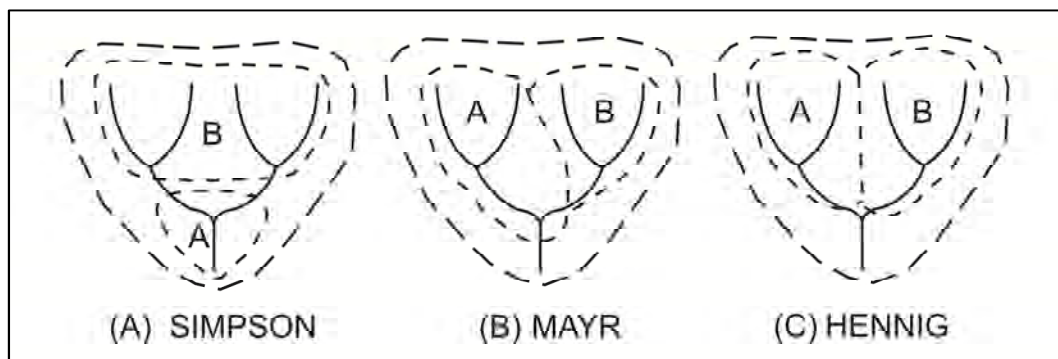


Figura 33: Conceitos de grupo monofilético, segundo SIMPSON (1961), MAYR (1969) e HENNIG (1950). Extraído de HULL (1990).

Para MAYR (1969) todo táxon superior deve resultar de uma única imediatamente próxima espécie ancestral. Para o autor, o grupo B na Figura 33-A é **polifilético**, enquanto A e B na Figura 33-B são monofiléticos, porque se derivaram de uma única, imediatamente próxima, espécie ancestral.

HENNIG (1950) considera que todo táxon superior deriva de uma única espécie ancestral, e todas as espécies que derivam de uma única espécie ancestral devem ser inclusas no mesmo táxon superior. Para ele, o grupo B na Figura 33-A é polifilético, porque deriva de duas espécies ancestrais, e o grupo A é **parafiletico**, porque nem todas as espécies que derivam de sua espécie ancestral são inclusas no mesmo táxon com ela. Somente no próximo nível de categorias estes dois grupos seriam agrupados no mesmo táxon. Na Figura 33-B, o grupo B é monofilético, mas o gênero A é parafiletico, pois nem todos os descendentes de sua espécie ancestral estão inclusos no mesmo táxon superior com ela, em um apropriado nível.

Para o autor, os grupos A e B na Figura 33-C são monofiléticos, porque preenchem ambos os requisitos.

MAYR (1965) propôs o termo “fenética” para se referir à escola de Sokal-Sneath, pois suas classificações objetivam representar aparências, a similaridade global exibida por organismos, independente de descendência. E cunhou o termo “cladística” para o sistema proposto por Hennig, porque este objetivava representar seqüências de ramificações. Assim, nessa terminologia de MAYR (1965), tornou-se possível distinguir, por exemplo, feneticistas numéricos de cladistas numéricos, e para o autor, embora ambos sejam partes da taxonomia numérica, estariam conceitualmente em desacordo.

Embora os membros de ambas as escolas não tenham ficado satisfeitos com a terminologia de Mayr, os termos acabaram sendo adotados por muitos. Alguns taxonomistas numéricos continuaram a referir a si mesmos como taxonomistas numéricos e embora relutantes, cladistas acabaram adotando o termo cladismo. Posteriormente, certos cladistas adotaram o termo “filogeneticistas” para distinguir a si mesmos do que tem sido chamado “modelo cladista” (HULL, 1990).

Segundo AMORIM (2002), na década de 1980 a Escola Fenética passou a estar concentrada sobre o desenvolvimento de bons métodos filogenéticos numéricos e não sobre princípios de uma sistemática aquém de problemas evolutivos, como se caracterizava na década de 1960.

8.1.2 Métodos de construção de árvores filogenéticas

Uma análise filogenética, de modo simplista, pode ser explicada pela coleta de dados, informações relevantes dos organismos (características), que são organizados e contextualizados por meio de um método, que conduz a uma evidência, nesse caso, a relação de parentesco entre os táxons analisados. Portanto, os dados são caracteres dos organismos, que são organizados em uma matriz, e esta por sua vez pode ser analisada utilizando-se diferentes algoritmos, a fim de produzir uma árvore filogenética.

Uma árvore filogenética é um diagrama ramificado que conecta os elementos analisados e expressa não só relações de grupos irmãos, mas também de ancestrais e descendentes. Para a construção de árvores filogenéticas, a Fenética utiliza métodos baseados em matrizes de distâncias, enquanto a Cladística faz uso da análise dos estados dos caracteres.

Um caráter corresponde àquilo que foi modificado em uma estrutura, é a diferença entre uma condição **apomórfica** mais recente, surgida por uma modificação de uma condição mais antiga, e outra **plesiomórfica** mais antiga, que foi alterada resultando em outra condição mais recente (AMORIM, 2002).

Os métodos de construção de árvores filogenéticas baseados em matrizes de distância são: Agrupamento de Pares Não Ponderados Baseado na Média Aritmética (UPGM), Quadrados Mínimos, Evolução Mínima e Agrupamentos de Vizinhos (*Neighbor Joining*). Os métodos que se baseiam em análises de estados de caracteres são: Máxima Parcimônia, Máxima Verossimilhança e Inferência Bayesiana. Neste trabalho aplica-se o Princípio da Parcimônia.

Segundo SCHNEIDER (2007), o Método da Máxima Parcimônia é fundamentado na suposição de que a maior probabilidade de se recuperar a árvore que, de fato, representa a filogenia dos táxons analisados é escolher a hipótese que pressupõe o menor número de mudanças para explicar toda a variação observada na matriz de caracteres. O método baseia-se, portanto, no princípio da **homologia**.

Ressalta-se que ao escolher uma hipótese mais parcimoniosa de relacionamento de táxons, pode parecer que se está assumindo a evolução como parcimoniosa. Contudo, parcimônia somente pode ser vista como uma regra de inferência, não uma suposição empírica da realidade (KLUGE, 2005).

Segundo AMORIM (2002), homologia é a relação entre estruturas em indivíduos distintos ou espécies, presentes em casa um deles devido à herança dessa estrutura desde a espécie ancestral comum mais recente das duas, transmitida ininterruptamente ao longo das gerações de espécies descendentes intermediárias.

Assim, pelo Método da Parcimônia objetiva-se construir uma árvore com o menor número de mudanças. Os conflitos entre condições de caracteres que não apóiam uma árvore mais parcimoniosa são explicados por homoplasia, ou seja, decorrentes de reversão, convergência ou paralelismo (SCHNEIDER, 2007).

Segundo SCHNEIDER (2007), **homoplasias** são condições de um caráter compartilhadas por dois ou mais táxons, que não foram herdadas a partir de um mesmo ancestral, mas surgiram mais de uma vez independentemente, por convergência, paralelismo ou reversão. **Paralelismo** ocorre quando em dois táxons, uma mesma condição plesiomórfica é alterada de modo idêntico, produzindo em ambos uma condição apomórfica semelhante, enquanto **convergência** ocorre quando em dois táxons, condições plesiomórficas diferentes são alteradas, mas resultam em condições apomórficas finais semelhantes (AMORIM, 2002).

Reversão é uma condição modificada de um caráter, que é semelhante ou idêntica a outra que existiu previamente antes na evolução deste grupo (SCHNEIDER, 2007). Reversão é um padrão de distribuição de caracteres, não é um processo evolucionário.

O escore da árvore (comprimento ou número de passos) é o número total de mudanças necessárias para apoiar o relacionamento proposto para os táxons na árvore. Quanto melhor é o ajuste de uma árvore aos dados, menor o número de homoplasias e menor o número de mudanças requeridas. Portanto, a árvore com a menor quantidade de homoplasias é a mais parcimoniosa, ou seja, aquela que melhor se ajusta aos dados (SCHNEIDER, 2007).

Segundo ALBERT (2005), árvores mais parcimoniosas são hierarquias ou hierarquias parcialmente colapsadas, com mudanças minimizadas através de todos os caracteres que poderiam apresentar evidência para agrupamento. Nem toda distribuição de estado de caracteres pode apresentar evidência para agrupamento, e o uso de informações específicas é a principal diferença entre Parcimônia, Máxima Verossimilhança e métodos de Matriz de Distância.

ALBERT (2005) exemplifica o que uma árvore demonstra nestes três métodos. Considerando quatro táxons, A, B, C e D, existem 2^{n-1} diferentes maneiras de agrupá-los (n = número de táxons):

{AB}{CD}	{ABC}{D}	{ABCD}{}
{AC}{BD}	{ABD}{C}	
{AD}{BC}	{ACD}{B}	
	{BCD}{A}	

A Parcimônia pode usar somente $2^{n-1}-(n+1)$ divisões, neste caso três, os três agrupamentos à esquerda. Um caráter, isolado de outros, que defina tal divisão incorre em uma mudança de estado entre tais terminais, resultando em dois grupos. Nenhuma das outras divisões produz grupos, embora o conjunto do meio (3:1 terminais) incorra por mudanças de estado, mas essas apresentam meramente uma diferença entre dizer D versus A, B e C. No agrupamento da direita (4:1 terminais) nenhuma mudança de estado está implicada (ALBERT, 2005).

Máxima Verossimilhança usa todas as oito divisões (2^{n-1}). Métodos de Matriz de Distância usam informações a uma taxa de $(n^2-n)/2$. Com o aumento do número de terminais observa-se que $2^{n-1}-(n+1)$ se aproxima de 2^{n-1} , mas se distancia de $(n^2-n)/2$. Assim, para um grande valor dado de n , a Parcimônia utiliza a maioria das evidências disponíveis enquanto somente incorpora caracteres que podem apresentar evidências para agrupamento (ALBERT, 2005).

Os braços de árvores resultantes de Máxima Verossimilhança têm comprimentos em termos de probabilidade de mudanças de estado dos caracteres. Árvores resultantes de Parcimônia apresentam relacionamentos em termos de mudanças de estados de caracteres ao longo dos braços. Métodos de Matriz de Distância, para construção de árvores, mostram diferenças entre táxons ajustadas a um modelo (ALBERT, 2005).

Uma série de transformação é a seqüência de modificações que uma determinada estrutura sofreu, tornando-se sucessivamente mais derivada. Considerando-se um par de condições diferentes de um caráter, a determinação de qual condição é plesiomórfica e qual é apomórfica, em uma análise filogenética, é realizada por meio da polarização da série de transformação. O método consiste em comparar um conjunto de táxons externos ao grupo em estudo e o próprio grupo estudado, pois em princípio, de um par de condições homólogas diferentes, a plesiomórfica é aquela que pode ser encontrada em grupos externos ao qual se está analisando (AMORIM, 2002).

Segundo AMORIM (2002), em séries de transformações com apenas dois passos, os estados dos caracteres são sempre ordenados, e apenas no caso de séries de transformações com estados múltiplos (três ou mais condições) é que se pode entender que as condições devem ou não ser ordenadas. Para o autor, o critério “ordenado” ou “não-ordenado” não pode ser considerado melhor ou pior que o outro, embora alguns trabalhos apresentem o critério não ordenado como mais imparcial. Além disso, o autor supracitado considera que a não ordenação de caracteres múltiplos em uma matriz, caracteriza a insuficiente compreensão de sua evolução com confiança suficiente para ordená-los.

Na análise filogenética realizada neste trabalho, foram utilizadas listas de caracteres previamente propostas (MEYLAN, 1996; FUENTE, 2003; FRANÇA & LANGER, 2006; ROMANO & AZEVEDO, 2006) e os caracteres multiestado tratados como não ordenados.

No processo de construção de árvores filogenéticas podem ser encontradas diferentes topologias (padrão de ramificação de uma árvore) igualmente parcimoniosas e como critério de escolha usualmente são empregadas comparações com base em alguns índices ou as informações de diferentes topologias podem ser sintetizadas através de técnicas de consenso.

Segundo NIXON & CARPENTER (1996), árvores de **Consenso Semiestrito** (SWOFFORD, 1989) não demonstram um consenso, ao invés, são uma forma de árvores de compromisso que excluem componentes não encontrados em todas as árvores. Estas árvores são calculadas tomando-se uma árvore de consenso e adicionando qualquer outro componente que não esteja em conflito com o consenso ou qualquer outro cladograma.

No **Consenso de ADAMS (1972)** um grupo monofilético de um cladograma que não é conflitante com grupos monofiléticos de outros cladogramas é aproveitado no cladograma final (AMORIM, 2002). Segundo SCHNEIDER (2007), o Consenso de Adams não é realmente um consenso porque contém agrupamentos não encontrados em qualquer uma das árvores.

O **Consenso Estrito (SOKAL & ROHLF, 1981)** transpõe para a árvore de consenso apenas os grupos monofiléticos que estão presentes em todos os cladogramas. O **Consenso de Maioria (MARGUSH & McMORRIS, 1981)** toma como princípio manter na árvore de consenso os grupos monofiléticos presentes na maioria dos cladogramas, existindo ou não conflito entre eles (AMORIM, 2002).

O **Índice de Consistência** desenvolvido por KLUGE & FARRIS (1969) é uma mensuração do número de eventos homoplásticos de um determinado caráter (*ci*) ou para um determinado cladograma (*CI*). O *ci* corresponde à razão entre *m*, número mínimo de passos que uma série de transformação pode exibir em um cladograma, e *s*, número efetivo de passos apresentado na evolução do caráter. O *CI* é a razão entre Σm e Σs em um cladograma (AMORIM, 2002).

O Índice de Consistência é um número maior que 0 e menor ou igual a 1, sendo menor quanto maior for a proporção de eventos homoplásticos em relação ao número de sinapomorfias no cladograma (AMORIM, 2002).

O **Índice de Homoplasia (IH)** é igual a 1 menos o Índice de Consistência (*CI*) (SCHNEIDER, 2007).

O **Índice de Retenção (*r*)**, criado por FARRIS (1989) indica a proporção de autapomorfias e homoplasias em relação ao número total de passos. É calculado através da equação $r = (g-s)/(g-m)$, sendo *g* o número máximo possível de surgimentos de um caráter em um determinado cladograma, e varia de 1 ao número total de ramos terminais (AMORIM, 2002). Quanto maior o Índice de Retenção, mais grupos ele suporta em um cladograma.

Segundo SCHNEIDER (2007), como nem todos os caracteres podem estar contribuindo para a topologia de uma determinada árvore de modo que seu *CI* pode ser uma super-estimativa, assim usualmente é calculado o **Índice de Consistência Reescalado (RC)**, que é o produto entre *R* (Índice de Retenção do cladograma, obtido da somatória dos valores de *g*, *s* e *m*) e *CI*.

Embora os índices sejam freqüentemente apresentados em análises filogenéticas, usualmente sua utilidade nessas análises não é discutida. Seguindo considerações de AMORIM (2002), considera-se que o Índice de Consistência não passa de um índice

descritivo do número de homoplasias encontradas em relação ao número total de caracteres levantados. Mas um número maior ou menor de homoplasias não indica tratar-se de uma topologia mais ou menos próxima da realidade da natureza do grupo analisado.

Otimização é o procedimento de encontrar a árvore ótima para um determinado conjunto de caracteres. Este procedimento é utilizado em casos nos quais para uma mesma topologia existem várias formas possíveis de distribuição de caracteres no cladograma, com o mesmo número de passos, às vezes inclusive com diferentes topologias. Otimizar um caráter corresponde a buscar a distribuição mais aceitável deste caráter em uma topologia (AMORIM, 2002).

Existem dois critérios básicos de escolha da distribuição dos caracteres para a mesma topologia, se tiverem o mesmo número de passos, ACCTAN (*procedures that ACCelerate the evolutionary TRANSformation of a character*) e DELTRAN (*procedures that DELays the evolutionary TRANSformation of a character*) (SWOFFORD & MADDISON, 1987).

ACCTAN é o conjunto de processos que aceleram a transformação evolutiva de um caráter, atribuindo sua origem a um nível de generalidade mais abrangente. Assim, quando o número de passos é igual esse critério privilegia uma origem anterior de um caráter (seguida de uma reversão) em relação a duas ou mais origens independentes.

DELTRAN é o conjunto de processos que atrasam a transformação evolutiva de um caráter, privilegiando o aparecimento mais tardio de condições idênticas, preferindo homoplasias a surgimentos anteriores com reversões (AMORIM, 2002).

No atual trabalho não foi necessário utilizar critérios de otimização.

De acordo com AMORIM (2002), a análise filogenética pode ser realizada sob duas diretrizes básicas, a **parcimônia simples** e a **pesagem de caracteres**. A parcimônia simples confere pesos iguais a todos os caracteres, enquanto a análise por pesagem sucessiva discrimina, entre os caracteres, aqueles de alta, média e baixa congruência (concordância entre vários caracteres) e fornece pesos diferenciados a alguns caracteres.

Os adeptos da parcimônia simples argumentam que a pesagem de caracteres seria resultado de uma visão *a priori*, subjetiva, que condiciona os resultados. Embora a atribuição de pesos iguais a todos os caracteres também seja arbitrária, esta pesagem seria o subjetivismo com menor probabilidade de interferir negativamente na obtenção da topologia. Escapando deste subjetivismo mais primário, existem situações em que a atribuição de pesos é feita *a posteriori* (AMORIM, 2002).

Segundo SCHNEIDER (2007), muitos autores argumentam que nem todos os caracteres devem ter peso igual em uma análise filogenética. Estes argumentos são do tipo:

adaptativo, quando se tem idéia sobre a importância adaptativa de um determinado caráter; interdependência, se ocorrem mudanças compensatórias; e químico (transições e transversões). Na análise filogenética realizada no presente trabalho, atribuiu-se peso igual ao conjunto de caracteres utilizados.

8.1.3 Métodos de busca de árvores filogenéticas

Para encontrar árvores mais parcimoniosas existem métodos de busca exatos e heurísticos. Neste trabalho utiliza-se o método de **Busca Exata**, no qual todas as árvores possíveis são visitadas e a de menor escore é escolhida. Este é obviamente o melhor método de busca, e facilmente pode ser aplicado ao trabalho, em função do pequeno número de táxons analisados.

O tempo computacional de uma análise com muitos táxons é proibitivo utilizando-se este método. Assim, para a análise de uma grande matriz de dados são utilizadas buscas heurísticas. Segundo GOLOBOFF (2002) as duas técnicas heurísticas básicas para encontrar árvores mais parcimoniosas são **Árvores de Wagner** e **Branch-Swapping**.

Uma Árvore de Wagner é uma árvore criada ao adicionar sequencialmente táxons em ramos, de modo mais parcimonioso disponível. Em cada ponto durante a adição do táxon, somente parte dos dados são usados. Um táxon pode ser colocado de modo melhor em algumas partes da árvore quando somente alguns táxons estão presentes, mas ele também pode ser mais bem posicionado quando todos os táxons são considerados. Portanto, como a forma com que cada táxon é adicionado determina o resultado da Árvore de Wagner, então diferentes seqüências de adições irão levar a diferentes resultados (GOLOBOFF, 2002).

A técnica *Branch-Swapping* envolve a mudança de ramos para novas partes da árvore produzindo novas topologias, e avalia a parcimônia de cada rearranjo de ramos realizada em uma Árvore de Wagner (descartando, adicionando ou recolocando a nova árvore se ela é respectivamente, pior, igual ou melhor que a árvore previamente encontrada). O algoritmo de *Branch-swapping* mais amplamente usado é o TBR (*Tree Bisection Reconnection*), no qual a árvore é recordada em duas, e as duas subárvores são religadas de cada possível maneira. No SPR (*Subtree Pruning Regrafting*) a árvore é cortada em pedaços (subtrees) que são colocados em outros lugares (GOLOBOFF, 2002; SCHNEIDER, 2002).

GOLOBOFF (2002) introduz novas técnicas para analisar grandes matrizes de dados com o uso do TNT (*ratchet*, buscas setoriais, *tree-fusing*, *tree-drifting*), que não serão

discutidas, visto que no presente trabalho é analisada uma matriz pequena por meio de Busca Exaustiva. O algoritmo de Busca Exata utilizado nesta análise é o *Implicit Enumeration*, empregado pelo software TNT (GOLOBOFF *et al.*, 2008). O *Implicit Enumeration* produz soluções exatas utilizando *Branch and Bound*, que garante encontrar todas as árvores ótimas sob o cenário presente.

O método de *Branch and Bound* é semelhante ao Exaustivo, realiza uma busca heurística inicial para obter uma árvore próxima do ótimo e o escore dessa árvore é usado com limite superior para corte (SCHNEIDER, 2002).

Segundo SCHNEIDER (2002), pelo método de Busca Exaustiva inicialmente conecta-se três táxons para formar a primeira árvore sem raiz, posteriormente adiciona-se o quarto táxon a cada um dos três ramos, estimando sempre o número de passos de casa possível árvore, e assim por diante até adicionar todos os táxons e se poder avaliar todas as árvore possíveis.

Existem alguns softwares usualmente empregados em análises filogenéticas, incluindo Hennig86 (FARRIS, 1988), PAUP* (SWOFFORD, 2002), NONA (GOLOBOFF, 1994). Nesta investigação foi utilizado o software TNT – Versão 1.1 – Willi Hennig Society Edition (GOLOBOFF *et al.*, 2008). O TNT (*Tree Analysis Using New Technology*) é um programa gratuitamente disponibilizado pelos autores em parceria com a Sociedade Willi Hennig.

8.1.4 Medidas de Confiabilidade

Usualmente estudos filogenéticos apresentam algum tipo de valor atribuído aos nós de sua árvore filogenética, tentativamente expressando o suporte destes nós a uma hipótese. Os métodos de medidas de suporte mais comuns são *Bootstrap*, *Jackknife* e *Bremer*.

O método *Bootstrap*, proposto por FELSENSTEIN (1985), procede re-amostrando caracteres da matriz original de dados, criando uma matriz pseudo-replicada e então recalculando a árvore mais parcimoniosa. A frequência com que um clado é encontrado através de todas as replicações de *bootstrap* é então tomada como a confiança que se pode ter na veracidade desse clado (SIDALL, 2002).

Para FELSENSTEIN (1985), um clado que não possui valor de *bootstrap* de pelo menos 95% deve ser rejeitado, enquanto SANDERSON (1989) argumenta que o nível de rejeição de 95% é muito conservativo e leva a rejeição de clados bem suportados, e HILLS & BULL (1993) propõe o limiar de 70%.

O método *Jackknife* foi introduzido em inferências filogenéticas por LANYON (1985) para acessar a estabilidade de clados pela remoção de cada um dos táxons em sucessão, mas re-allocando o táxon removido antes da remoção do próximo. Para avaliar as árvores encontradas, é construída uma árvore de consenso de maioria para as replicas geradas.

Assim, o índice de monofilia de *Jackknife* avalia a estabilidade relativa de vários clados em uma hipótese filogenética para o efeito da inclusão ou exclusão de táxons calculando a frequência com que um clado aparece na árvore mais parcimoniosa obtida quando cada táxon é removido e reposto em sucessão (SIDALL, 2002).

O índice de suporte de Bremer é definido como o número de passos extras requeridos para colapsar (quebrar o arranjo) um clado encontrado na árvore mais parcimoniosa (BREMER, 1988; SIDALL, 2002).

Na concepção de SIDALL (2002), embora não exista particularmente nada de errado com a atribuição de valores aos nós, não existe nada de ampliativo neles, são apenas confortantes. Contudo, o autor considera que a utilização em conjunto dos três métodos de suporte pode promover direcionamentos para a pesquisa, por exemplo, direcionando o foco da pesquisa para um grupo de baixa estabilidade. Em concordância com as considerações do autor, não foram empregados métodos de suporte na inferência filogenética deste trabalho.

8.2 Análises filogenéticas prévias

Um número muito reduzido de autores realiza inferências filogenéticas incluindo táxons presentes na Bacia Bauru, por exemplo MEYLAN (1996), FRANÇA & LANGER (2006), e ROMANO & AZEVEDO (2006). Embora FUENTE (2003) não inclua formas presentes na Bacia Bauru em sua análise, trata-se de um importante trabalho para este estudo, pois apresenta o relacionamento filogenético de grupos próximos aos morfótipos existentes na Bacia Bauru, e sua matriz de dados é parcial ou completamente empregada por alguns autores.

A metodologia empregada nas análises filogenéticas de MEYLAN (1996), FUENTE (2003), FRANÇA & LANGER (2006) e ROMANO & AZEVEDO (2006) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Metodologias utilizadas em análises filogenéticas que incluem táxons presentes na Bacia Bauru.

	MEYLAN (1996)	FUENTE (2003)	FRANÇA & LANGER (2006)	ROMANO & AZEVEDO (2006)
Táxons terminais	<i>Erymnochelys</i> , <i>Peltocephalus</i> , <i>Podocnemis</i> , <i>Stereogenys</i> , <i>Shweboemys</i> , “ <i>Roxochelys</i> ”, <i>Bothremys</i> , <i>Rosasia</i> , <i>Taphrosphys</i> , <i>Pelusios</i> , <i>Pelomedusa</i> , <i>Araripemys</i> , FR4922, <i>Chelidae</i> , <i>Notoemys</i>	<i>Notoemys</i> , <i>Chelidae</i> , <i>Araripemys</i> , <i>Pelomedusidae</i> , <i>Bothremyidae</i> , <i>Brasilemys</i> , <i>Hamadachelys</i> , <i>Portezueloemys</i> , <i>Erymnochelyinae</i> , <i>Podocnemidinae</i>	<i>Chelidae</i> , <i>Araripemys</i> , FR4922, <i>Pelomedusidae</i> , <i>Bothremyidae</i> , <i>Brasilemys</i> , <i>Portezueloemys</i> , <i>Cambaremys</i> , <i>Bauruemys</i> , <i>Roxochelys vilavilensis</i> , <i>Roxochelys wanderleyi</i> , <i>Podocnemis</i> , <i>Peltocephalus</i> , <i>Erymnochelys</i>	<i>Notoemys</i> , <i>Chelidae</i> , <i>Araripemys</i> , <i>Pelomedusidae</i> , <i>Bothremyidae</i> , <i>Brasilemys</i> , <i>Hamadachelys</i> , <i>Portezueloemys</i> , <i>Bauruemys</i> , <i>Erymochelyinae</i> , <i>Podocnemidinae</i>
Número de terminais	15	10	14	11
Número de caracteres	35	50	32	50
Método de construção de árvores	Parcimônia	Parcimônia	Parcimônia	Parcimônia
Nº de árvores mais parcimoniosas e nº de passos	Cinco árvores/ 56 passos	Uma árvore/ 61 passos	Cinco árvores/ 70 passos	Uma árvore/ 64 passos
Consenso	Estrito	Não utilizado	Estrito	Não utilizado
Índices	Não utilizados	CI=0.86; R=0.89	CI=0.757; R=0.823; RC=0.623; IH=0.471	CI=0.875; R=0.857
Otimização de caracteres	Não utilizado	DELTRAN	Não utilizado	Não utilizado
Pesagem	Mesmo peso	Mesmo peso*	Mesmo peso	Mesmo peso*
Polarização de caracteres	?	Não-ordenados	Ordenados	Não-ordenados
Método de busca de árvores	<i>Branch and Bound</i>	Busca Heurística	<i>Branch and Bound</i>	<i>Branch and Bound</i>
Software	PAUP versão 3.1.1 (SWOFFORD, 1993)	NONA (GOLOBOFF, 1993)	PAUP versão 4.0b2a (SWOFFORD, 2001)	PAUP versão 4.0b10 (SWOFFORD, 2000)
Métodos de suporte	Não utilizados	Não utilizados	Não utilizados	<i>Bootstrap</i> , <i>Jackknife</i> e <i>Bremer</i>

* A atribuição ou não de pesos diferentes aos caracteres não foi mencionada pelos autores, mas aparentemente receberam o mesmo peso.

MEYLAN (1996) sugere que *Araripemys* é grupo-irmão da forma FR4922, posiciona Bothremydidae entre Podocnemoidae, e *Roxochelys* como Podocnemidae (Figura 34). O clado Podocnemoidea é utilizado por MEYLAN (1996) e FRANÇA & LANGER (2006), mas neste trabalho adota-se a proposta de GAFFNEY *et al.* (2006) que o denomina Superfamília Podocnemidoidea, consistindo da Epifamília Podocnemidinura (Podocnemididae mais *Hamadachelys*, *Brasilemys*, e presumivelmente *Portezueloemys*) e Bothremydidae.

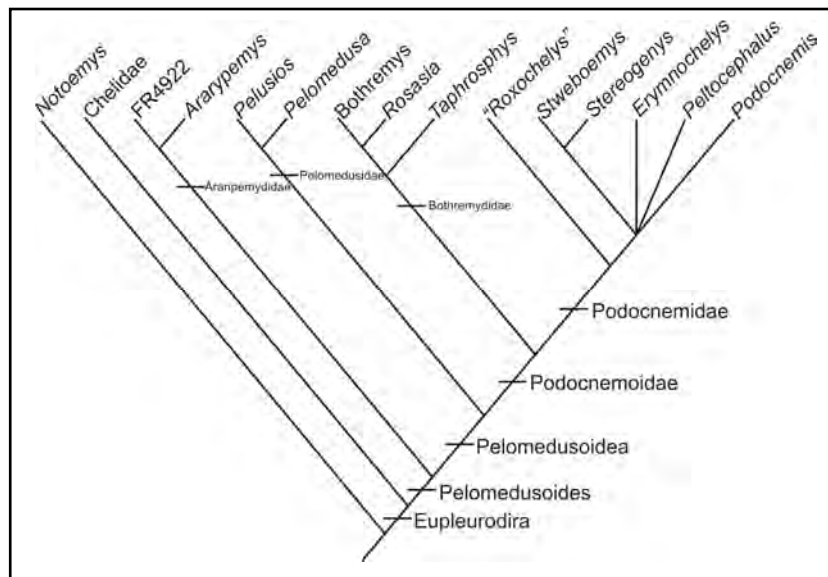


Figura 34: Relacionamento filogenético entre alguns táxons Pleurodira, proposto por MEYLAN (1996), com ênfase em *Araripemys*. Árvore de Consenso Estrito de cinco árvores mais parcimoniosas (56 passos).

FUENTE (2003) sugere que Podocnemidoidae (nó 1) é um grupo monofilético suportado pela presença de canal carotídeo ampliado (Figura 35). O nó 2 (incluindo *Hamadachelys*, *Portezueloemys*, e Podocnemididae) é suportado pela presença de contato entre parietal e quadrado-jugal, e pós-orbital curto em contato com parietal e jugal. O nó 3 (incluindo *Portezueloemys* e Podocnemididae) é suportado por: ampliação dorso-anterior do forâmen na fossa podocnemidoidae; processo troclear pterigóide em ângulo reto com o eixo do crânio; e escudo peitoral não em contato com mesoplastrão. A família Podocnemididae (Erymnochelyinae e Podocnemidinae) é suportada pela presença de contato parietal-jugal, pterigóide cobrindo o proótico, flanco pterigóide prolongando-se posteriormente ao ramus quadrado, e desenvolvimento da asa prolongada do pterigóide sobre a parte antero-medial da fossa podocnemidoide.

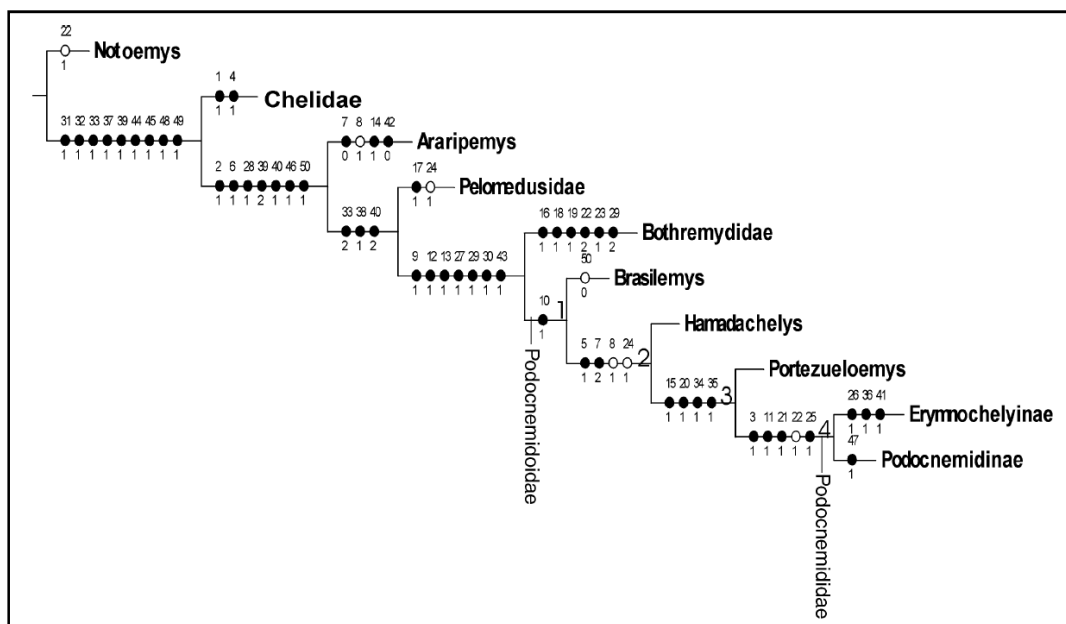


Figura 35: Relacionamento filogenético entre alguns táxons Pleurodira, proposto por FUENTE (2003), com ênfase em *Portezueloemys*. Árvore mais parcimoniosa (61 passos) mostrando relacionamento filogenético e otimização de caracteres. Os números 1, 2, 3, e 4, em destaque, denominam os nós discutidos no texto. *Círculos preenchidos*: caracteres não homoplásticos. *Círculos vazios*: caracteres homoplásticos.

FRANÇA & LANGER (2006) empregam em sua análise grande parte dos caracteres presentes em FUENTE (2003), bem como MEYLAN (1996) e TONG *et al.* (1998), além de proporem novos caracteres. Os autores posicionam FR4922 como um representante basal de Pelomedusoides, em oposição à proposta de MEYLAN (1996) que o posiciona como grupo-irmão de *Araripemys* (Figura 36). *Brasilemys josai* é posicionado como basal ao clado Podocnemoidea (aqui entendido como Superfamília Podocnemidoidea), e Bothremydidae como pertencente a ele, em oposição aos posicionamentos propostos por FUENTE (2003).

Nas cinco árvores mais parcimoniosas encontradas por FRANÇA & LANGER (2006), o posicionamento de *Cambaremys langertoni* é bastante instável. Segundo os autores, o relacionamento de grupo-irmão entre *Roxochelys wanderleyi* e ?*Roxochelys vilavilensis* é suportado pela espessura dos ossos do casco, endoplastrão mais largo que metade da largura do lobo anterior do plastrão e placa nugal mais larga que longa.

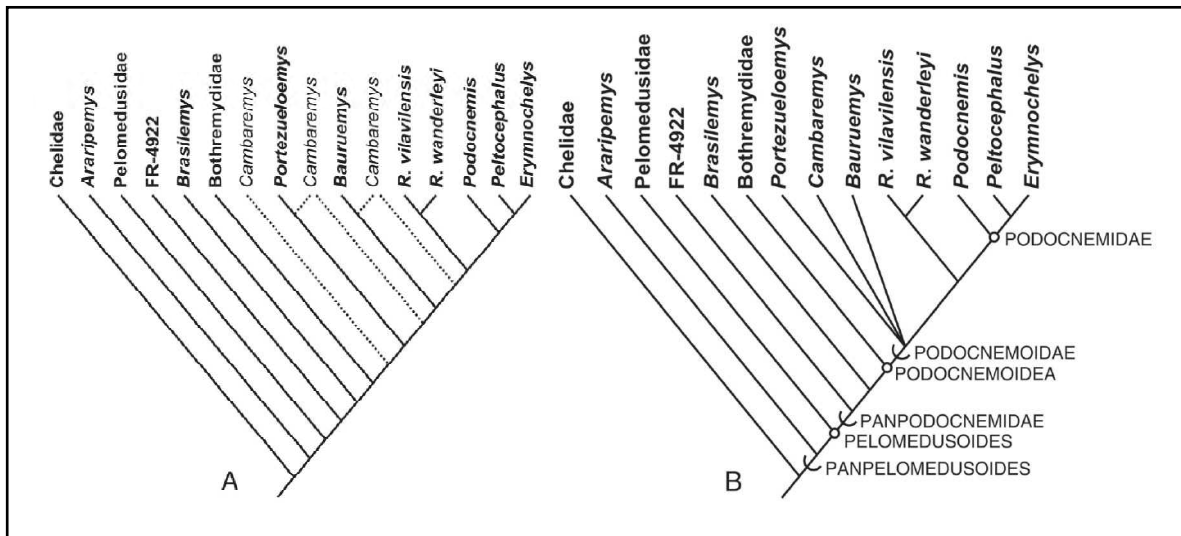


Figura 36: Relacionamento filogenético entre alguns táxons Pelomedusoides, proposto por FRANÇA & LANGER (2006), com ênfase nos táxons presentes na Bacia Bauru. A: cinco árvores mais parcimoniosas mostrando posicionamentos alternativos de *Cambaremys langertoni*. B: árvore de Consenso Estrito das cinco árvores mais parcimoniosas encontradas (70 passos).

ROMANO & AZEVEDO (2006) realizam uma revisão da análise realizada por FUENTE (2003), com a inclusão de *Bauruemys elegans*. Assim, os autores posicionam *Bauruemys elegans* como grupo-irmão de Podocnemidinae mais Erymnochelynae, com base na presença de flanco pterigóide prolongando-se posteriormente ao ramus quadrado, desenvolvimento da asa prolongada do pterigóide sobre a parte antero-medial da fossa podocnemidoide, e escudos peitorais contatando epiplastrões (Figura 37). Para os autores os caracteres diagnósticos de *Bauruemys* são processo troclear pterigóide em ângulo reto com o eixo do crânio, e placa nugal com comprimento e largura iguais. Estas características distinguiriam *Bauruemys* de *Hamadachelys* e discordariam da colocação de *Bauruemys elegans* como um Podocnemidinae, como proposto por BROIN (2000).

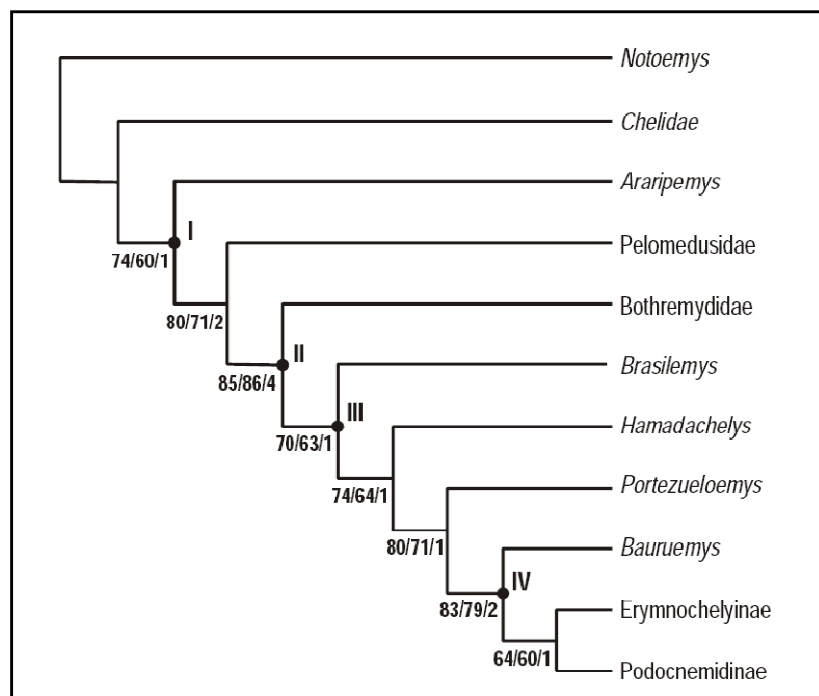


Figura 37: Relacionamento filogenético entre alguns táxons Pelomedusoides, proposto por ROMANO & AZEVEDO (2006), com ênfase em *Bauruemys*. Árvore mais parcimoniosa (64 passos) obtida por meio da re-análise dos caracteres de FUENTE (2003). Os números indicam valores de suporte atribuídos aos nós: *Bootstrap/Jackknife/Bremer*. Nó I: Pelomedusoides; nó II: Podocnemidoidea; nó III: Podocnemidoidea; nó IV: Podocnemididae.

8.3 Análise filogenética dos Testudines presentes na Bacia Bauru

Para se obter o relacionamento filogenético das espécies presentes na Bacia Bauru, empregou-se como método de construção de árvores filogenéticas a Parcimônia, com método de Busca Exata, utilizando o algoritmo *Implicit Enumeration*, por meio do software TNT – Versão 1.1 – Willi Hennig Society Edition (GOLOBOFF *et al.*, 2008).

Não são apresentados índices de consistência, retenção e homoplasia, por considerar-se sua aplicação questionável, bem como métodos de suporte. Não foi necessário utilizar critérios de otimização. Apenas Consenso Estrito foi utilizado.

Utilizou-se a lista de caracteres apresentada por FUENTE (2003), complementada por caracteres e comentários de MEYLAN (1996), FRANÇA & LANGER (2006), ROMANO & AZEVEDO (2006) e GAFFNEY *et al.* (2006), sendo multiestados tratados como não ordenados e atribuído igual peso a todos os caracteres.

O caráter 25 utilizado por FUENTE (2003) (posicionamento do flanco pterigóide em relação ao processo troclear pterigóide), bem como o caráter 21 (posicionamento desta

estrutura quanto ao quadrado), foram excluídos desta análise por apresentarem muitas discordâncias entre os autores estudados. Segundo GAFFNEY *et al.* (2006), em *Pleurodira*, o pterigóide forma uma folha muito fina, medialmente ao processo troclear pterigóide, que se estende ventralmente abaixo do nível do resto do pterigóide. Esta estrutura é denominada flanco pterigóide por GAFFNEY *et al.* (2006), e FRANÇA & LANGER (2006) e asa pterigóide por BROIN & WERNER (1998) e FUENTE (2003).

BROIN & WERNER (1998), consideram que *Bothremydidae* e *Araripemys* não apresentam esta estrutura, enquanto GAFFNEY *et al.* (2006) afirmam que a estrutura é presente em todos os táxons de *Pleurodira*, e que sua suposta ausência resulta de má preservação. FUENTE (2003) consideram que apenas *Erymnochelynae* e *Podocnemidinae* apresentam a estrutura, portanto sendo ausente em *Notoemys*, *Chelidae*, *Araripemys*, *Pelomedusidae*, *Bothremydidae*, *Brasilemys*, *Hamadachelys* e *Portezueloemys*. FRANÇA & LANGER (2006) consideram que a flanco pterigóide não sobrepõe a parte antero-medial do processo troclear pterigóide em *Araripemys*, *Bothremydidae*, *Brasilemys*, *Chelidae*, *Pelomedusidae*, e *Portezueloemys*.

Além disso, também não foram empregados os caracteres 31 e 32, utilizados por FUENTE (2003), por não serem informativos no contexto desta análise.

A matriz de dados apresenta 61 caracteres morfológicos e os táxons *Notoemys*, *Chelidae*, *Araripemys*, *Pelomedusidae*, *Bothremydidae*, *Brasilemys*, *Hamadachelys*, *Portezueloemys*, *Podocnemididae*, *Bauruemys elegans*, *Roxochelys wanderleyi*, *Cambaremys langertoni*, “*Podocnemis*” *brasiliensis*, e considerações sobre o novo morfótipo descrito neste trabalho e uma carapaça descrita por ARID & VIZOTTO (1966), sendo *Notoemys* e *Chelidae* empregados como grupos externos (Tabela 2).

A codificação dos caracteres foi realizada utilizando-se os estudos de MEYLAN (1996), FUENTE (2003), FRANÇA & LANGER (2006) e ROMANO & AZEVEDO (2006) para *Notoemys*, *Chelidae*, *Araripemys*, *Pelomedusidae*, *Bothremydidae*, *Brasilemys*, *Hamadachelys*, *Portezueloemys*, *Erymnochelyinae*, e *Podocnemidinae*; de SUÁREZ (1969), KISCHLAT (1994), FRANÇA & LANGER (2006), e ROMANO & AZEVEDO (2006) para *Bauruemys elegans*; de PRICE (1953) e FRANÇA & LANGER (2006) para *Roxochelys wanderleyi*; de FRANÇA & LANGER (2005, 2006) para *Cambaremys langertoni*; de STAESCHE (1937), PRICE (1953), KISCHLAT (1994) e ARID & VIZOTTO (1966) para “*Podocnemis*” *brasiliensis*; e observações diretas do novo morfótipo descrito.

A seguir apresentam-se os caracteres empregados:

1. Emarginação temporal do crânio:

- (0) Ausente ou pequena;
- (1) Extrema;
- (2) Intermediária.

Este caráter é empregado em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 14) e de algumas formas semelhantes utilizadas em FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 2), FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 1). Na Figura 8 pode ser observado crânio com emarginação temporal pequena, e nas Figuras 6 e 19 com emarginação temporal intermediária.

Segundo GAFFNEY *et al.* (2006), no estado 1 somente uma estreita ponte óssea está presente entre a órbita e a margem temporal do crânio. No estado 2, a câmara ótica é completamente exposta e o pós-orbital (entre a margem temporal e a órbita) é pelo menos duas vezes mais longo que no estado 1.

2. Quadrado-jugal:

- (0) Presente;
- (1) Ausente.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 4), e uma forma semelhante é empregada por GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 38). O quadrado-jugal está presente nas representações das Figuras 6 e 19.

3. Nasal:

- (0) Presente;
- (1) Ausente.

Este caráter é utilizado em MEYLAN (1996) (caráter 28), em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 2), e em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 1).

Quando presentes, os nasais constituem a parte mais anterior do crânio, anterior as órbitas (Figura 8). Nas figuras 6 e 19 podem ser observados crânios que não apresentam nasais.

4. Contato entre parietal e jugal:

- (0) Ausente;
- (1) Presente.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 3). A ausência de contato entre parietal e jugal pode ser observada nas Figuras 6 e 19.

5. Contato entre parietal e quadrado-jugal:

(0) Ausente;

(1) Presente.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 5), em FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 1) e em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 13). A presença de contato entre parietal e quadrado-jugal pode ser observada nas Figuras 6 e 19.

De acordo com GAFFNEY *et al.* (2006), no crânio de Testudines o parietal é normalmente separado de jugal e quadrado-jugal por pós-orbital longo, que alcança a margem temporal. Em algumas formas, o contato entre parietal e quadrado-jugal impede a posterior exposição do pós-orbital na margem temporal.

6. Contato entre jugal e quadrado-jugal:

(0) Ausente;

(1) Presente.

Este caráter é empregado em MEYLAN (1996) (caráter 2), e em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 6). O presença de contato entre jugal e quadrado-jugal pode ser observada nas Figuras 6 e 19.

7. Tamanho do pós-orbital:

(0) Relativamente curto;

(1) Relativamente longo.

Este caráter é utilizado em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 29). Caráter semelhante é empregado em MEYLAN (1996) (caráter 1), e em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 7). Pós-orbital relativamente curto pode ser observado nas Figuras 6 e 19.

ROMANO & AZEVEDO (2006) consideram que *Hamadachelys* apresenta pós-orbital curto, mas com presença de contato entre parietal e jugal, portanto discordando de FUENTE (2003), que atribui a *Hamadachelys* a presença de pós-orbital curto, mas não existindo contato entre parietal e jugal. No presente trabalho adota-se a consideração de ROMANO & AZEVEDO (2006), bem como de GAFFNEY *et al.* (2006), atribuindo-se a *Hamadachelys* pós-orbital relativamente curto (caráter 7) e ausência de contato entre parietal e jugal (caráter 4).

MEYLAN (1996) e GAFFNEY *et al.* (2006) atribuem pós-orbital curto para *Araripemys*, mas nesta análise considera-se que este táxon apresenta pós-orbital longo, em harmonia com as propostas de FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006).

FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) atribuem pós-orbital curto a Bothremydidae, enquanto GAFFNEY *et al.* (2006) sugerem pós-orbital longo, sendo a segunda proposta empregada no presente trabalho.

8. Vômer:

(0) Presente;

(1) Ausente.

Este caráter é utilizado em MEYLAN (1996) (caráter 3), GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 45), e semelhantes caracteres são empregados em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 8), e em FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 10). A ausência de vômer pode ser observada na Figura 6, e a presença na Figura 19.

FUENTE (2003) considera que Pelomedusidae possui vômer fortemente construído, mas nesta análise considera-se que Pelomedusidae não apresenta vômer, em concordância com GAFFNEY *et al.* (2006) e FRANÇA & LANGER (2006).

9. Vômer estendido caudalmente à coana:

(0) Sim;

(1) Não.

Este caráter é utilizado em FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 9), FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 9).

FRANÇA & LANGER (2006) consideram que o vômer de *Bauruemys* estende-se caudalmente à coana, mas ROMANO & AZEVEDO (2006) atribuem vômer reduzido a parte anterior da coana (Figura 19). Adota-se a proposição de ROMANO & AZEVEDO (2006).

10. Órbitas viradas para cima:

(0) Órbitas voltadas lateralmente;

(1) Órbitas voltadas dorsalmente.

Este caráter é empregado em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 11). Podem ser observadas órbitas voltadas mais lateralmente na Figura 6, e voltadas mais dorsalmente na Figura 19.

11. *Cavum pterigóide:*

(0) Ausente;

(1) Presente.

Este caráter é empregado em MEYLAN (1996) (caráter 6), FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 10), FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 11) e GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 69). A presença de *cavum pterigóide* pode ser observada nas Figuras 6, 19. Segundo GAFFNEY *et al.* (2006) o termo *cavum pterigóide* é mais formalizado que “câmara do músculo pterigóide” ou “canal carotídeo ampliado”.

12. Contato mediano dos pterigóides:

(0) relativamente longo;

(1) relativamente curto.

Este caráter é empregado em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 77). Contatos relativamente longos podem ser observados nas Figuras 6 e 19.

Os pterigóides contatam-se medianamente em sua porção anterior. Em alguns táxons este contato é muito curto, e o basi-esfenóide aproxima-se dos palatais.

13. Posição do *forâmen posterius canalis carotici interni*:

(0) na sutura entre pterigóide e quadrado;

(1) no proótico;

(2) na sutura entre pterigóide e basi-esfenóide (também proótico em alguns casos);

(3) na sutura entre pterigóide, basi-esfenóide e quadrado;

(4) somente no quadrado.

Este caráter é utilizado em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 74), e forma semelhante é empregada em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 17). As diversas condições deste caráter podem ser observadas na Figura 38.

A artéria carotídea interna das tartarugas entra no crânio através do *forâmen posterius canalis carotici interni*, que pode estar localizado no basi-esfenóide, adjacente aos elementos palato-quadrado, ou em suturas entre esses elementos (GAFFNEY *et al.*, 2006).

14. *Forâmen jugulare posterius (exoccipital)*:

(0) Aberto ou parcialmente fechado;

(1) Completamente fechado pelo osso.

Este caráter é empregado em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 82). A Figura 39 mostra o *forâmen jugulare posterius* aberto em *Portezueloemys patagônica*.

15. Pterigóide cobre o proótico:

(0) Não;

(1) Sim.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 11), FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 15), e MEYLAN (1996) (caráter 8). O posicionamento do proótico pode ser observado na Figura 37-E.

ROMANO & AZEVEDO (2006) consideram que o pterigóide cobre o proótico em *Bauruemys elegans*, enquanto FRANÇA & LANGER (2006) propõem o oposto. Adota-se a primeira proposta.

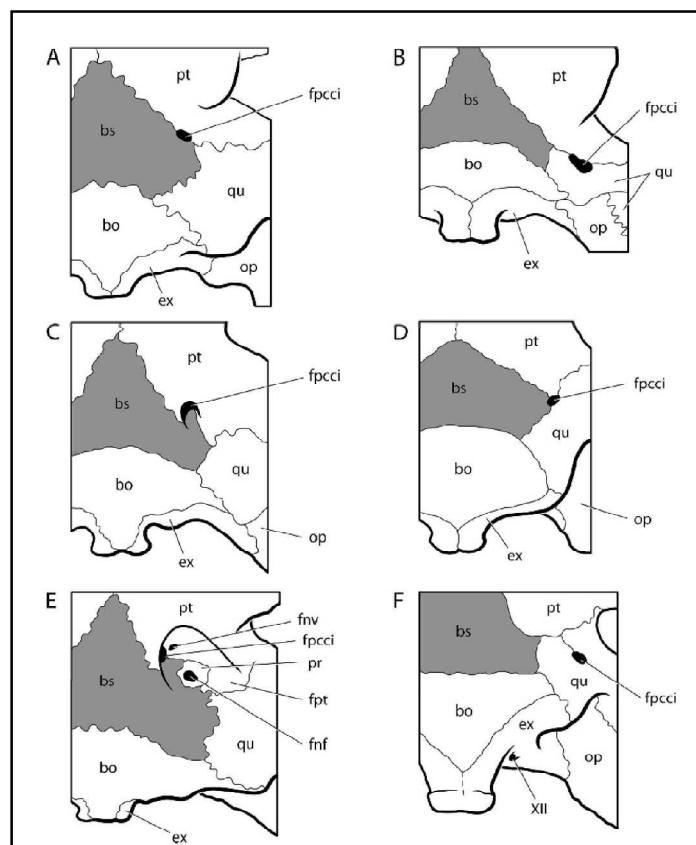


Figura 38: Posicionamento de alguns elementos da porção esquerda do crânio, em vista palatal. A: *Cearachelys placidoi*. B: *Bothremys maghrebiana*. C: *Galianemys whitei*. D: *Taphrosphys ippolitoi*. E: *Galianemys emringeri*. F: *Labrostocheles galkini*. Todos os táxons são da família Bothremydidae. Abreviações: bo: basi-occipital; bs: basi-esfenóide; ex: exoccipital; fnf: *forâmen nervi facialis*; fnv: *forâmen nervi vidiani*; fpcci: *forâmen posterius canalis carotici interni*; fpt: fossa pterigóide; op: opistótico; pr: proótico; pt: pterigóide; qu: quadrado; xii: *forâmen nervi hypoglossi*. Extraído de GAFFNEY *et al.* (2006).

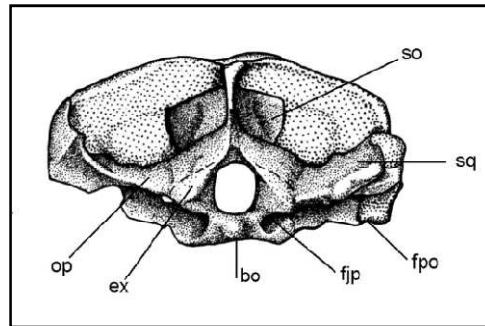


Figura 39: Crânio de *Portezueloemys patagônica* em vista posterior. Abreviações: *bo*: basi-occipital; *ex*: exoccipital; *fjp*: forâmen jugulare posterius; *fpo*: fenestra postótica; *op*: opistótico; *so*: supra-occipital; *sq*: esquamosal. Extraído de FUENTE (2003).

16. Processo troclear pterigóide em ângulo reto com o eixo do crânio:

(0) Não;

(1) Sim.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 20), FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 16), e MEYLAN (1996) (caráter 12).

17. Forâmen estapedio-temporal aberto anteriormente:

(0) Não;

(1) Sim.

Corresponde ao caráter 16 de FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006), ao caráter 11 de MEYLAN (1996) e ao caráter 92 de GAFFNEY *et al.* (2006). O posicionamento do forâmen estapedio-temporal pode ser observado na Figura 40.

18. Contato entre quadrado e basi-esfenóide atrás do proótico:

(0) Não;

(1) Sim.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 12), MEYLAN (1996) (caráter 9) e FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 3) e uma variação é utilizada em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 94).

Em vista palatal, em algumas espécies o contato entre quadrado e basi-esfenóide ocorre atrás do proótico. Situação contrária a esta pode ser observada na Figura 40-B.

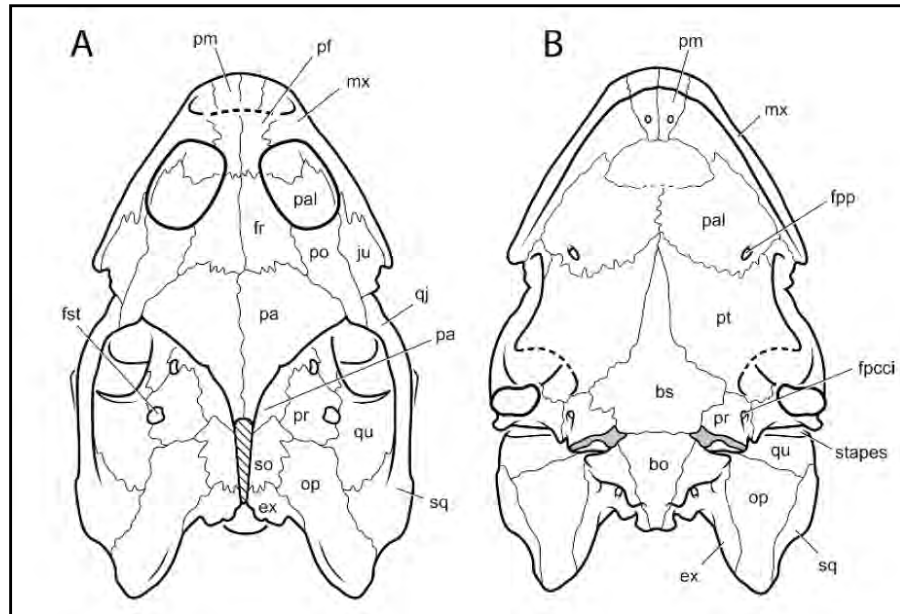


Figura 40: Crânio de *Araripemys barretoii*. A: vista dorsal; B: vista palatal. Abreviações: ex: exoccipital; fpcci: forâmen posterius canalis carotici interni; fpp: forâmen palatinum posterius; fr: frontal; fst: fenestra estapedio-temporal; ju: jugal; mx: maxilar; op: opistótico; pa: parietal; pal: palatal; pf: pré-frontal; pm: pré-maxilar; po: pós-orbital; pt: pterigóide; pr: proótico; qu: quadrado; qj: quadrado-jugal; so: supra-orbital; sq: esquamosal. Extraído de GAFFNEY *et al.* (2006)

19. Contato entre quadrado e basi-occipital:

- (0) Ausente;
- (1) Presente.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 13), FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 4), MEYLAN (1996) (caráter 10) e GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 59). A presença de contato entre quadrado e basi-occipital pode ser observada nas Figuras 6 e 19.

20. Basi-esfenóide:

- (0) Somente estendendo-se entre parte dos pterigóides;
- (1) Longo, estendendo-se entre os pterigóides até os palatais.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006). Utiliza-se a proposta de ROMANO & AZEVEDO (2006), que inverte os estados propostos por FUENTE (2003). Basi-esfenóide estendendo-se somente entre parte dos pterigóides pode ser observado nas Figuras 6 e 19, e basi-esfenóide longo pode ser observado na Figura 40-B.

21. Ampliação dorso-anterior do forâmen na fossa pterigóide:

(0) Ausente;

(1) Presente.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 15). FUENTE (2003) emprega o termo “fossa podocnemidoide”, mas GAFFNEY *et al.* (2006) refere-se a esta depressão como fossa pterigóide.

22. Processo articular do quadrado saliente, abaixo do nível da borda lateral do crânio:

(0) Não;

(1) Sim.

Corresponde ao caráter 18 empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006).

23. Elongação do crânio entre a órbita e a *cavum tympani*:

(0) Não;

(1) Sim.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 19).

24. *Antrum postoticum*:

(0) Largo;

(1) Moderado;

(2) Pequeno ou ausente.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 22), e MEYLAN (1996) (caráter 18). Uma variação é utilizada em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 51). *Antrum postoticum* largo pode ser observado na Figura 41, com algumas variações.

25. *Incisura columellae auris*:

(0) Aberta;

(1) Fechada.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 24), MEYLAN (1996) (caráter 35), FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 6) e GAFFNEY *et al.* (2006) (caracteres 51 e 52).

ROMANO & AZEVEDO (2006) atribuem incisura *columellae auris* fechada a *Bauruemys*, enquanto FRANÇA & LANGER (2006) a consideram aberta. Adota-se a proposta de ROMANO & AZEVEDO (2006).

A incisura *columellae auris* pode encontrar-se aberta em vários graus, ou estar fechada por um encontro ou quase encontro dos processos ventral e dorsal do quadrado (GAFFNEY *et al.*, 2006).

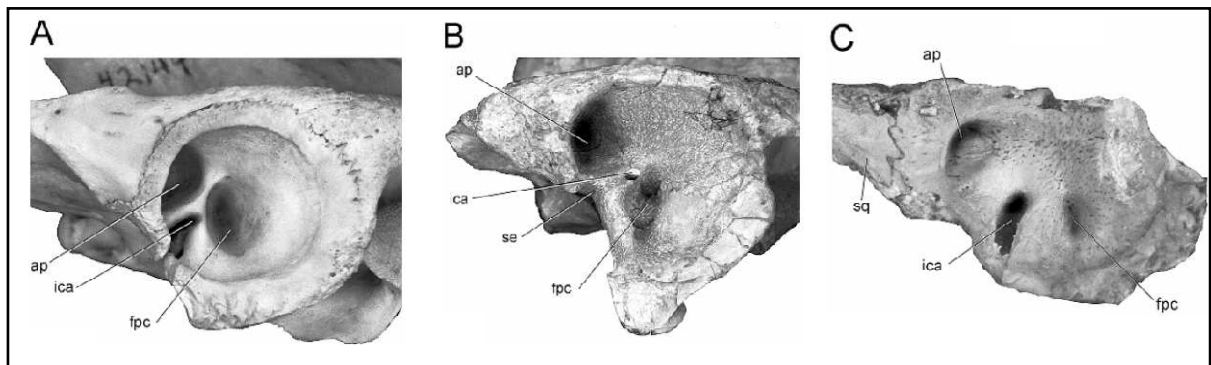


Figura 41: Quadrado direito e *cavum tympani* em vistas laterais. A: *Pelusios sunuatus*. B: *Kurmademys kallamedensis*. C: *Araripemys barretoii*. Abreviações: ap: antrum postoticum; iac: incisura columellae auris; fpc: fossa precolumellaris; se: tubo eustáquio; sq: esquamosal. Extraído de GAFFNEY *et al.* (2006).

26. Tubo eustáquio:

(0) Na incisura columellae auris;

(1) Separado da incisura columellae auris.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 23), MEYLAN (1996) (caráter 18).

27. Teto altamente reduzido da *cavum pterigóide*:

(0) Não;

(1) Sim.

Caráter empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 26), MEYLAN (1996) (caráter 7) e forma semelhante é utilizada em FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 12).

28. Fossa pterigóide na área proótica:

(0) Ausente;

(1) Presente.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 27), e FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 18).

29. Esplénial:

(0) Presente;

(1) Ausente.

Corresponde ao caráter 28 empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006), caráter 34 utilizado em MEYLAN (1996) e ao caráter 113 presente em GAFFNEY *et al.* (2006).

30. Processo retroarticularis do articular desenvolvido atrás da faceta articular da mandíbula:

(0) Não visível dorsalmente;

(1) Pequeno;

(2) Largo.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 29), MEYLAN (1996) (caráter 20) e formas semelhantes são utilizadas em FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 20) e GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 123).

31. Chorda tympani entrando no processo retroarticularis:

(0) Não;

(1) Sim.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 30), MEYLAN (1996) (caráter 21), e FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 7)

32. Processo pedicelo suportando as pós-zigapófises:

(0) Ausente;

(1) Presente.

Corresponde ao caráter 48 empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006).

33. Posição horizontal do eixo da pré-zigapófises:

(0) Sim;

(1) Não.

Corresponde ao caráter 50 utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006)

34. Apófises transversas do centrum vertebral cervical:

(0) Na posição central anterior;

(1) Na posição central do comprimento mediano.

Corresponde ao caráter 49 utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006).

35. Centro cervical procélico da terceira a oitava vértebra:

(0) Ausente;

(1) Presente.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 46) e uma variável é utilizada em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 128).

36. Centro cervical com côndilo posterior com forma de sela:

(0) Ausente;

(1) Presente.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 47), MEYLAN (1996) (caráter 30), FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 21), e forma semelhante é empregada em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 127).

37. Túnel costo-vertebral:

(0) Largo e com leve redução posterior na largura;

(1) Estreito como um todo.

Corresponde ao caráter 45 empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006), e ao semelhante caráter 156 utilizado em GAFFNEY *et al.* (2006).

O túnel costo-vertebral é o espaço formado entre a parte livre da costela torácica e a sobreposta placa pleural.

38. Fossa precolumellaris:

- (0) muito pequena ou ausente;
- (1) presente, mas rasa;
- (2) profunda e bem desenvolvida.

Este caráter é empregado em MEYLAN (1996) (caráter 16), FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 6) e em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 56). Fossa precolumellaris profunda pode se observada na Figura 41.

39. Contribuição do palatal para a superfície triturante:

- (0) Pouca ou nenhuma;
- (1) Moderada a grande.

Corresponde ao caráter 33 utilizado em MEYLAN (1996), caráter 13 em FRANÇA & LANGER (2006), e caráter 50 em GAFFNEY *et al.* (2006).

MEYLAN (1996) considera este caráter indeterminado para Chelidae, mas FRANÇA & LANGER (2006) e GAFFNEY *et al.* (2006) atribuem a este táxon pouca ou nenhuma contribuição do palatal para a superfície triturante, posição adotada no presente trabalho.

40. Sínfise mandibular:

- (0) Fundida;
- (1) Suturada.

Corresponde ao caráter 19 empregado em FRANÇA & LANGER (2006) e MEYLAN (1996), e ao 117 em GAFFNEY *et al.* (2006).

MEYLAN (1996) atribui apenas a condição fundida a Chelidae, mas FRANÇA & LANGER (2006) e GAFFNEY *et al.* (2006) consideram que ambas as condições estão presentes, posição adotada neste trabalho.

41. Lâmina coracóide:

- (0) Fina e expandida;
- (1) Estreita e profunda.

Este caráter é empregado em FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 32), e em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 131).

42. Contato entre exoccipital e quadrado:

- (0) Ausente;
- (1) Amplo, proótico presente;
- (2) estreito, proótico ausente.

Corresponde ao caráter 85 empregado em GAFFNEY *et al.* (2006). Segundo os autores, em muitos pleurodiros o quadrado não se estende por toda a lateral da região occipital, sendo que o proótico e o opistótico podem estar impedindo o contato entre o quadrado e o exoccipital. Esta condição pode ser observada na Figura 40.

43. Dentário amplamente exposto na superfície lateral:

- (0) Sim, amplamente exposto posteriormente;
- (1) Não, coberto posteriormente pelo surangular.

Corresponde ao caráter 119 empregado em GAFFNEY *et al.* (2006).

44. Placa nugal:

- (0) Largura bem maior que o comprimento;
- (1) Largura maior ou igual ao comprimento;
- (2) Comprimento maior que a largura.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 33), FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 23), e GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 139). Pode ser observado nas Figuras 15, 16, 17, 18 e 21.

FUENTE (2003) considera que *Brasilemys* apresenta placa nugal com comprimento maior que a largura, mas de acordo com FRANÇA & LANGER (2006) e GAFFNEY *et al.* (2006) este táxon apresenta placa nugal com largura maior que o comprimento, posição assumida na presente análise.

45. Modelo da série neural:

- (0) Irregular;
- (1) Regular.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 37) e GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 145). Séries neurais regulares podem ser observadas nas Figuras 13, 16, 17, 18, 21 e 30.

Entende-se como uma série regular a presença de placas neurais em sua maioria com formas hexagonais (caixão).

46. Disposição da série neural:

- (0) A série neural alcança a placa suprapigal;
- (1) A série neural alcança a oitava placa pleural;
- (2) A série neural alcança a sétima placa pleural;
- (3) A série neural alcança a sexta placa pleural;
- (4) Placas neurais ausentes ou descontínuas.

Este caráter é empregado em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 141), e formas semelhantes são utilizadas em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 38), MEYLAN (1996) (caráter 22), e FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 24). Este caráter pode ser observado nas Figuras 13, 18, 21 e 30.

47. Número de placas que compõe a série neural:

- (0) Oito ou mais;
- (1) Sete;
- (2) Seis ou menos.

Corresponde ao caráter 25 empregado em FRANÇA & LANGER (2006), e caráter 146 utilizado em GAFFNEY *et al.* (2006). Este caráter pode ser observado nas Figuras 13, 17, 18, 21 e 30.

FRANÇA & LANGER (2006) atribui a Chelidae apenas a condição “oito ou mais”, e considera o estado presente em Pelomedusidae como indeterminado, enquanto GAFFNEY *et al.* (2006) atribui condição polimórfica a Chelidae e Pelomedusidae, sendo sua proposta adotada neste trabalho.

48. Posições de placas neurais com quatro lados:

- (0) Primeira neural;
- (1) Segunda neural;
- (2) Terceira placa neural;
- (3) Ausência de placa neural com quatro lados.

Corresponde ao caráter 144 empregado por GAFFNEY *et al.* (2006). Este caráter pode ser observado nas Figuras 13, 16, 17, 18, 21 e 30.

49. Contato entre segunda placa neural e primeira placa pleural:

(0) Não;

(1) Sim.

Este caráter é empregado em FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 26). Pode ser observado nas Figuras 13, 16, 17, 18, 21 e 30.

50. Comprimento da primeira placa pleural:

(0) Menor ou igual ao dobro do comprimento da segunda placa pleural;

(1) Maior que o dobro do comprimento da segunda placa pleural.

Corresponde ao caráter 143 utilizado em GAFFNEY *et al.* (2006). Este caráter pode ser observado nas Figuras 13, 16, 17, 18 e 21.

51. Escudo cervical:

(0) Presente, com largura bem maior que o comprimento;

(1) Presente com largura maior ou igual ou menor ao comprimento;

(2) Ausente.

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 39), e GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 138). A condição ausente pode ser observada nas Figuras 16, 17 e 21.

52. Processo isquiático posterior:

(0) Presente;

(1) Ausente.

Corresponde ao caráter 42 empregado por FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006).

53. Escudos peitorais contatam os mesoplastrões:

(0) Sim;

(1) Não;

Corresponde ao caráter 34 utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006), caráter 23 em MEYLAN (1996), caráter 30 em FRANÇA & LANGER (2006) e é semelhante ao caráter 167 em GAFFNEY *et al.* (2006). Escudos peitorais não contatando os mesoplastrões podem ser observados nas Figuras 11, 20 e 31.

FUENTE (2003) considera este caráter como variável para Chelidae, enquanto MEYLAN (1996), FRANÇA & LANGER (2006) e GAFFNEY *et al.* (2006) atribuem apenas a condição “sim” para este táxon. Adota-se a segunda proposta.

54. Escudos peitorais sobrepõem-se ao endoplastrão:

(0) Não;

(1) Sim.

Este caráter é empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 35), FRANÇA & LANGER (2006) (caráter 29), MEYLAN (1996) (caráter 24) e GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 165). Escudo peitorais sobrepondo parte do endoplastrão podem ser observados Figuras 11, 14, 16, 21 e 31.

55. Escudos peitorais contatam os epiplastrões:

(0) Não;

(1) Sim.

Corresponde ao caráter 36 empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006), caráter 25 em MEYLAN (1996), caráter 28 em FRANÇA & LANGER (2006), e caráter 166 em GAFFNEY *et al.* (2006). Pode ser observado nas Figuras 11, 14, 20 e 31.

FRANÇA & LANGER (2006) e GAFFNEY *et al.* (2006) consideram que ambas as condições estão presentes entre bothremydides, discordando de FUENTE (2003). Na presente análise o caráter é considerado polimórfico para Bothremydidae.

56. Mesoplastrões:

(0) Posicionados nas laterais e cuneiformes;

(1) Ausentes;

(2) Posicionados nas laterais e arredondados;

Este caráter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (caráter 40), MEYLAN (1996) (caráter 27) e forma semelhante é empregada em GAFFNEY *et al.* (2006) (caráter 158). A presença de mesoplastrões com laterais arredondadas pode ser observada nas Figuras 10, 11, 20 e 32.

57. Escudos umerais curtos com um avançado sulco úmero-peitoral anterior ao comprimento mediano do endoplastrão:

(0) Não;

(1) Sim.

Corresponde ao carácter 41 empregado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006).

58. Primeira costela torácica:

(0) Parcialmente reduzida em tamanho e lateralmente ligada à segunda costela;

(1) Muito reduzida em tamanho (fina) e medialmente ligada à segunda costela.

Este carácter é utilizado em FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006) (carácter 44).

59. Endoplastrão:

(0) Mais estreito que metade da largura do lobo anterior do plastrão;

(1) Mais largo que metade da largura do lobo anterior do plastrão.

Corresponde ao carácter 31 empregado em FRANÇA & LANGER (2006).

60. Escudo intergular:

(0) pequeno (relativamente estreito), não separando totalmente os escudos umerais;

(1) grande, separando totalmente escudos gulares e umerais;

(2) grande (largo), parcialmente separando os escudo umerais e com escudos gulares muito pequenos.

Corresponde ao carácter 170 utilizado em GAFFNEY *et al.* (2006).

61. Escudo abdominal:

(0) comprimento do sulco dos escudos abdominais na linha media igual ou maior que aquele dos escudo anais;

(1) comprimento do sulco dos escudos abdominais na linha media menor que aquele dos escudo anais;

(2) escudos abdominais não se encontram na linha média.

Corresponde ao carácter 172 utilizado em GAFFNEY *et al.* (2006).

Tabela 2: Matriz de caracteres empregados na análise filogenética.

[illegible][illegible]

Táxons / Caracteres	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
<i>Notoemys</i>	0	0	0	0	0	?	?	?	?	?	?	0	0	0
Chelidae	0+1	1	0	0	1	2	0	0+1	0	0	0	1	1	0+1+2+3+4
<i>Araripemys</i>	1	1	1	0	1	2	1	1	0	0	0	1	1	0
Pelomedusidae	1	1	1	0	1	2	0	0+1	0	0	0	1	1	1+2+3
Bothremydidae	?	1	1	0	1	0+2	1	0+1	?	1	0+1	1	1	0+2
<i>Brasilemys</i>	0	1	1	0	1	1	0	?	?	2	1	1	1	1
<i>Hamadachelys</i>	?	1	?	?	1	2	0	0	?	0	1	?	?	?
<i>Portezueloemys</i>	?	1	?	?	1	?	?	?	?	0	?	1	1	2
Podocnemididae	1	1	1	0+1	1	0+1+2	0	0	1	0	0	1	1	1+2+3
<i>Roxochelys wanderleyi</i>	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>Bauruemys elegans</i>	1	1	?	1	1	2	0	?	?	?	?	1	1	2
<i>Cambaremys langertoni</i>	?	?	?	?	?	?	?	?	0	?	?	1	1	2
" <i>Podocnemis</i> " <i>brasiliensis</i>	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Novo morfótipo	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	1	1	2
Carapaça (ARID & VIZOTTO, 1966)	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	1	1	2
<i>C. langertoni</i> + " <i>P.</i> " <i>brasiliensis</i> + Novo morfótipo + Carapaça (ARID & VIZOTTO, 1966)	?	?	?	?	?	?	?	?	0	?	?	1	1	2

Táxons / Caracteres	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
<i>Notoemys</i>	0	1	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	?	?	0
Chelidae	0+1+2	0+1+3	0	0+1	1	1	0	0+1	0	0+1	0	1	0	1	0+1
<i>Araripemys</i>	0	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2
Pelomedusidae	1+2	0	0	0	2	1	1	0	0	2	0	1	0	0	0
Bothremydidae	0+1	?	0+1	0+1	2	1	0	0	0+1	2	0	1	0	0+1	1
<i>Brasilemys</i>	1	3	0	1	2	1	?	?	?	?	?	1	?	?	?
<i>Hamadachelys</i>	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>Portezueloemys</i>	2	3	0+1	0	2	1	1	1	0	2	0	1	0	0	0
Podocnemididae	1+2	0	1	0	2	1	0+1	1	0+1	2	0+1	1	0	1	0
<i>Roxochelys wanderleyi</i>	?	0	1	0	2	?	?	1	0	?	0	1	1	2	?
<i>Bauruemys elegans</i>	2	1	0	0	2	1	1	1	1	2	0	1	0	0	0
<i>Cambaremys langertoni</i>	1	0	1	0	2	1	?	?	?	2	?	1	?	?	?
" <i>Podocnemis</i> " <i>brasiliensis</i>	?	?	?	?	?	?	1	1	0+1	2	0	?	1	?	?
Novo morfótipo	1	0	1	?	?	?	1	1	1	2	0	?	1	0	1
Carapaça (ARID & VIZOTTO, 1966)	1	0	1	0	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>C. langertoni</i> + " <i>P.</i> " <i>brasiliensis</i> + Novo morfótipo + Carapaça (ARID & VIZOTTO, 1966)	1	0	1	0	2	1	1	1	0+1	2	0	1	?	0	1

A análise filogenética buscou a relação entre os táxons presentes na Bacia Bauru e alguns táxons da Hiperfamília Pelomedusoides. Como grupos externos estão *Notoemys* (Família Platycheilidae) e a Família Chelidae.

Dentre os táxons da Hiperfamília Pelomedusoides incluiu-se a Família Pelomedusidae; o gênero *Araripemys* (Família Araripemydidae); os gêneros *Brasilemys* e *Hamadachelys* inclusos na Epifamília Podocnemidinura, bem como as famílias Podocnemididae e Bothremididae. *Portezueloemys* é tido como pertencente a família Podocnemididae.

Segundo GAFFNEY *et al.* (2006), a Família Podocnemididae inclui os gêneros *Podocnemis*, *Peltocephalus*, *Erymnochelys*, *Bairdemys*, *Dacquemys*, *Neochelys*, *Shweboemys*, *Bauruemys*, *Stupendemys* e *Stereogenys*.

Conforme as comparações morfológicas realizadas, notou-se a grande semelhança existente entre *Cambaremys langertoni*, "*Podocnemis*" *brasiliensis*, o material descrito por ARID & VIZOTTO (1966) e o novo morfótipo descrito neste trabalho. Desse modo, a análise filogenética também buscou identificar a proximidade destes materiais.

Em uma análise incluindo todos esses materiais e os táxons citados acima, portanto com uma matriz composta de doze táxons e dos materiais descritos e 61 caracteres (Tabela 2), obtiveram-se dez árvores mais parcimoniosas, com 88 passos. O Consenso Estrito destas árvores pode ser observado na Figura 42.

O resultado obtido, de modo geral, é muito semelhante às propostas previamente existentes.

O posicionamento de *Brasilemys* vem a corroborar com as propostas de FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006), que incluem este táxon na Superfamília Podocnemidoidea. Contudo, a árvore filogenética obtida mostra *Brasilemys* mais proximamente relacionado à *Hamadachelys*, *Portezueloemys*, Podocnemididae e os morfótipos presentes na Bacia Bauru, comparada com as topologias apresentadas por FUENTE (2003) e ROMANO & AZEVEDO (2006).

O posicionamento de *Brasilemys* é conflitante com aquele proposto por FRANÇA & LANGER (2006), no qual se encontra basal ao clado Podocnemidoidea, adotado como Podocnemidoidea no presente trabalho.

Assim como nos trabalhos de MEYLAN (1996), FUENTE (2003), FRANÇA & LANGER (2006) e ROMANO & AZEVEDO (2006), *Araripemys* é o táxon mais basal entre os pelomedusoides analisados.

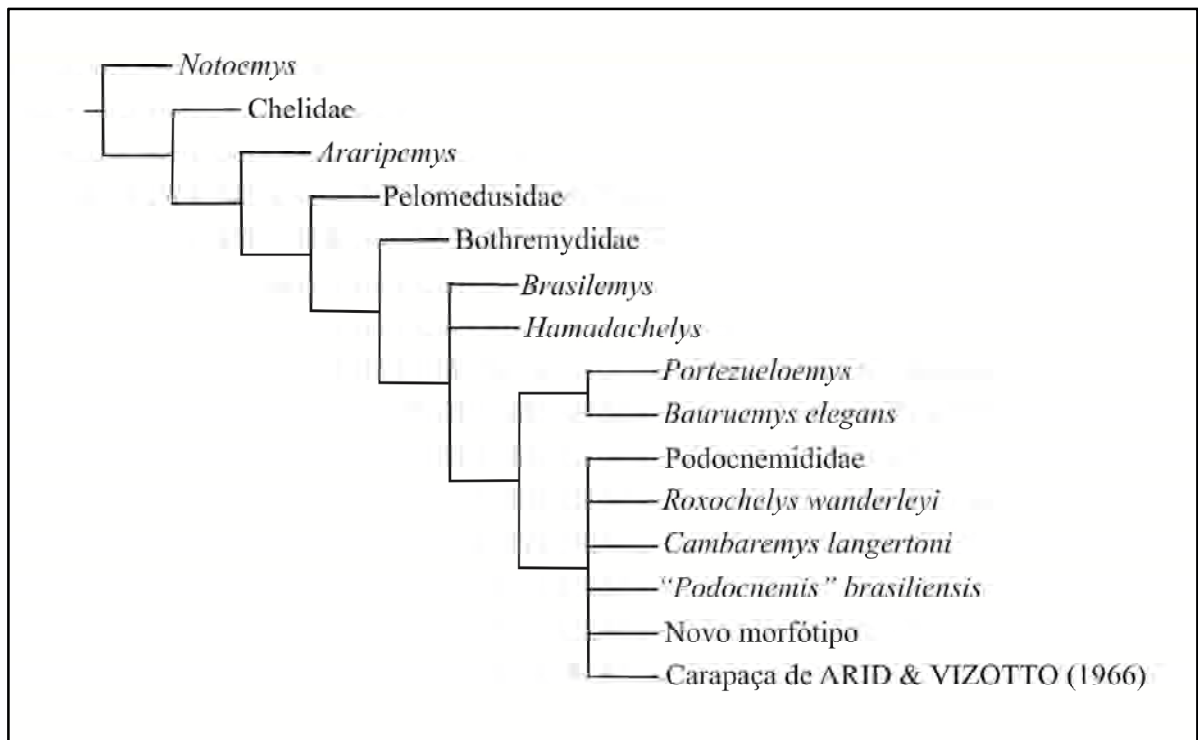


Figura 42: Consenso Estrito de dez árvores mais parcimoniosas, com 88 passos. Utilizou-se método de busca Exaustiva, utilizando o algoritmo *Implicit Enumeration*, por meio do software TNT – Versão 1.1 – Willi Hennig Society Edition (GOLOBOFF *et al.*, 2008).

O relacionamento próximo existente entre *Portezueloemys*, Podocnemididae e os táxons presentes na Bacia Bauru, está em acordo com ROMANO & AZEVEDO (2006) e FRANÇA & LANGER (2006). *Portezueloemys* e *Bauruemys elegans* são tratados como grupo-irmão no presente trabalho.

Bem como MEYLAN (1996) e FRANÇA & LANGER (2006), *Roxochelys wanderleyi* é intimamente relacionado a Podocnemididae.

Observa-se a proximidade entre *Cambaremys langertoni*, “*Podocnemis*” *brasiliensis*, o material descrito por ARID & VIZOTTO (1966) e o novo morfótipo descrito neste trabalho. Suas características morfológicas parecem indicar tratar-se de um único táxon, deste modo, tentativamente associando as informações destes materiais, foi realizada também uma análise filogenética considerando a somatória destas informações como um único táxon. A topologia encontrada é apresentada na Figura 43.

Esta análise não altera as informações da topologia anteriormente encontrada (Figura 42), posicionando esse táxon próximo à *Roxochelys wanderleyi* e Podocnemididae.

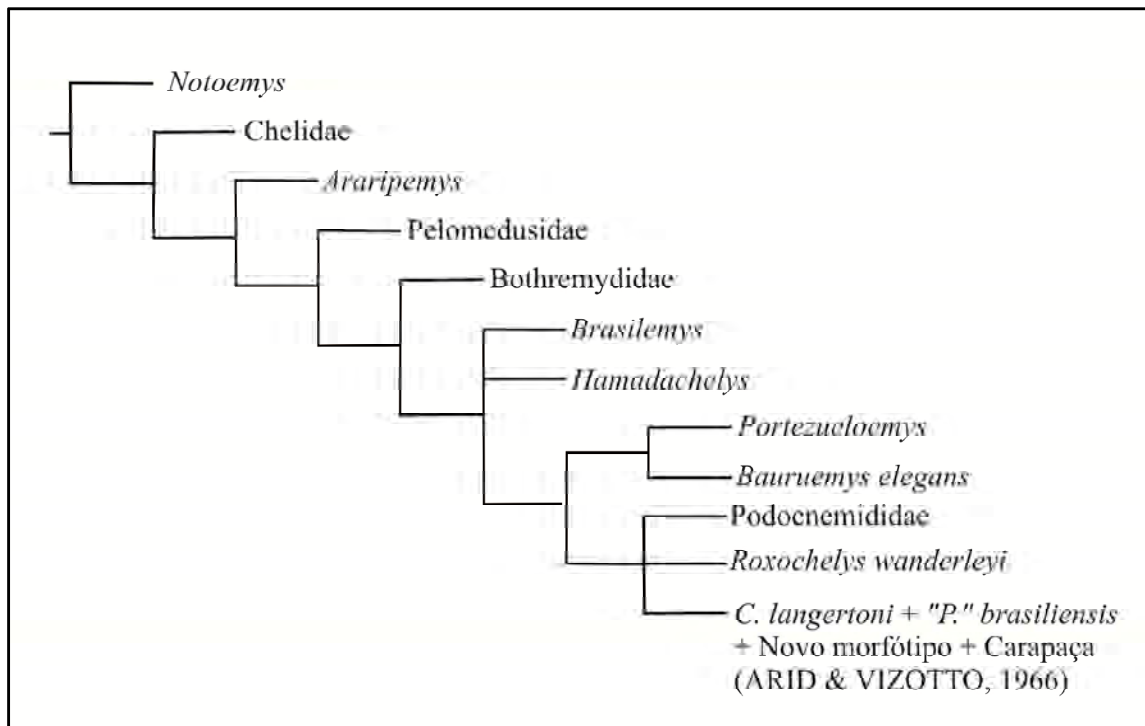


Figura 43: Consenso Estrito de duas árvores mais parcimoniosas, com 87 passos. Utilizou-se método de busca Exaustiva, utilizando o algoritmo *Implicit Enumeration*, por meio do software TNT – Versão 1.1 – Willi Hennig Society Edition (GOLOBOFF *et al.*, 2008).

9. PALEOBIOGEOGRAFIA

Os testudinos presentes na Bacia Bauru incluem-se na Hiperfamília Pelomedusoides. Atualmente o habitat natural dos Pelomedusoides restringe-se ao clima tropical de África, América do Sul, Madagascar e Austrália. Habitam águas continentais, podendo ser completamente aquáticos ou semi-aquáticos. Contudo tiveram distribuição maior e foram mais diversamente adaptados no passado geológico, abrangendo distribuição quase mundial, e com registro de formas terrestres, marinhas e de águas continentais (WOOD, 1984).

NOONAN (2000) sugere que a atual distribuição dos Pelomedusoides resulta de uma extinção em larga escala, e que os táxons sobreviventes são relictos de um grupo amplamente espalhado, contrapondo propostas existentes que associam a fragmentação do Gondwana com isolamento e desenvolvimento de alguns táxons. Posteriormente, NOONAN & CHIPPINDALE (2006) supõem a existência de uma ligação entre Madagascar / Índia e América do Sul / Antártica, e que a submersão desta conexão subaérea, há 80 ma, resultou em uma origem vicariante para os ancestrais dos Podocnemididae viventes.

Segundo ROMANO & AZEVEDO (2006), a distribuição dos Pelomedusoides está associada com vicariância durante a fragmentação do Gondwana no Cretáceo. De acordo com o relacionamento filogenético proposto pelos autores (Figura 37), e a distribuição geográfica dos táxons, o nó de divergência entre Chelidae e Pelomedusoides está associado a um evento de vicariância resultante da separação de Pelomedusoides ao Norte, e Chelidae ao Sul do Gondwana, durante o Eo-Cretáceo. O segundo evento de vicariância seria o isolamento da África do restante do Gondwana, ao final do Eo-Cretáceo, que estaria relacionado com a divergência do gênero *Hamadachelys*. E o terceiro evento seria a separação América do Sul do conjunto Índia / Madagascar, ao final do Cretáceo, que estaria associada com a divergência entre Podocnemidinae e Erymnochelyinae.

As ocorrências de Testudines são abundantes e amplamente distribuídas no Oeste dos estados de São Paulo e Minas Gerais, contudo sua distribuição é restrita aos depósitos da Bacia Bauru. O que possibilitou a ocorrência destes morfótipos na Bacia Bauru foi a existência de clima quente e ambientes favoráveis. E provavelmente o principal limitante espacial de sua distribuição foi a topografia adjacente, condicionada pelas feições tectônicas da borda da bacia (Figura 2).

Endemismo não ocorre apenas com relação à fauna de Testudines da Bacia Bauru, mas com demais vertebrados. BERTINI (1994), ao analisar a fauna de vertebrados da bacia,

apresenta a hipótese de barreiras geográficas, possivelmente blocos elevados, separando a biota da Bacia Bauru de outras, de idade similar, na América do Sul.

O mapa de pontos da amplitude geográfica dos Testudines na Bacia Bauru é apresentado no Apêndice B, e mostra os locais onde espécimens previamente registrados em instituições, foram encontrados e coletados (Apêndice A).

Até o momento as ocorrências de Testudines estão registradas para as formações Araçatuba, Adamantina e Marília, no Oeste dos estados de São Paulo e Minas Gerais, onde estas unidades são aflorantes (Apêndice A).

A ocorrência de *Cambaremys langertoni* está registrada para o Membro Serra da Galga da Formação Marília, na cidade de Uberaba, Estado de Minas Gerais (Localidade 29 - Apêndice A).

“*Podocnemis*” *harrisi* ocorre apenas na Formação Adamantina, no Município de Colina, Estado de São Paulo (Localidade 21 - Apêndice A).

O material tipo de “*Podocnemis*” *brasiliensis* foi coletado no Município de Mirandópolis, na Formação Araçatuba (Localidade 13 - Apêndice A). A carapaça descrita por ARID & VIZOTTO (1966), associada à “*Podocnemis*” *brasiliensis*, foi registrada na Formação Adamantina, no Município de São José do Rio Preto, Estado de São Paulo (Localidade 20 - Apêndice A). Embora no mapa de pontos apresentado (Apêndice B), as localidades 12, 13, 14 e 15 apareçam na área de ocorrência da Formação Adamantina, segundo a base geológica de FERNANDES (2004), reconhece-se em campo que correspondem à Formação Araçatuba.

Roxochelys wanderleyi é registrado na Formação Adamantina na região de Presidente Prudente (SP) (localidades 6, 8, 10 e 30) e também na Formação Araçatuba, no Município de Mirandópolis (Localidade 13 - Apêndice 13). *Bauruemys elegans* ocorre na Formação Adamantina, na Cidade de Pirapozinho, Estado de São Paulo (Localidade 10).

O presente trabalho amplia o registro de ocorrências de Testudines da Bacia Bauru, sendo um novo morfótipo descrito proveniente da Formação Santo Anastácio, no Município de Santa Fé do Sul, no Noroeste do Estado de São Paulo (Localidade 31 - Apêndice A). Segundo as comparações morfológicas, e a análise filogenética realizada, este material pode ser associado à “*Podocnemis*” *brasiliensis* (formações Adamantina e Araçatuba) e *Cambaremys langertoni* (Formação Marília).

A amplitude geográfica de um grupo de organismos pode ser vista como um reflexo espacial das combinações de variáveis que permitem a sobrevivência dos indivíduos e a manutenção da população. Um determinado grupo de organismos ocorre onde as condições

ambientais são adequadas, e fora de áreas onde um ou mais recursos essenciais ou condições necessárias não estão presentes (BROWN & LOMOLINO, 2006).

Os limites da amplitude, e o padrão de abundância no âmbito destes limites, constantemente mudam à medida que as populações locais crescem, declinam, colonizam e se extinguem, em resposta às alterações das condições ambientais (BROWN & LOMOLINO, 2006).

A partir deste ponto de vista seria possível aventar que a maior abundância de ocorrências de Testudines, na Formação Adamantina, refletiria condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento deste grupo. Contudo, esta afirmação é equivocada, tendo em vista que este registro fossilífero provavelmente reflete apenas um número maior de afloramentos, nos quais os fósseis puderam ser coletados, e o fato da área de exposição da Formação Adamantina ser expressivamente maior, comparada com as demais unidades geológicas que apresentam Testudines.

10. PALEOECOLOGIA

Testudines são bem sucedidos não apenas por apresentar um casco protetor, mas também devido a sua habilidade em explorar numerosos ambientes. Estabeleceram nichos ecológicos em diversos ambientes, em climas tropical e temperado, incluindo pradarias, desertos, florestas, rios, lagos, lagoas, lagunas, mangues, marismas e oceanos (FRANKLIN, 2007).

Foram relativamente poucas as modificações sofridas pelos Testudines desde sua origem triássica. Deste modo, pressupõe-se que seus hábitos e habitats atuais são os mesmos, ou similares, àqueles de seus antepassados, e esta suposição está em acordo com os registros sedimentares onde são encontrados seus fósseis.

Atualmente somente sete espécies habitam os oceanos, e são as únicas adaptadas a viverem em águas salgadas. Uma longa exposição à água salgada causa problemas fisiológicos para a maioria dos répteis, interferindo em suas funções celulares básicas. Entretanto, alguns Testudines de águas continentais podem tolerar água salobra (FRANKLIN, 2007).

Testudines são ectotérmicos, sendo sua temperatura corpórea influenciada por aquela do ambiente. Entretanto, Testudines marinhos apresentam um grau considerável de endotermia (FRANKLIN, 2007). Deste modo, a temperatura é um fator controlador de sua existência, devendo estar dentro de certos limites, para permitir suas adequadas subsistência e reprodução.

Testudines são principalmente onívoros e alguns apresentam sistema digestivo especializado, que lhes permitem a ingestão de uma dieta seletiva. Por exemplo *Eretmochelys imbricata*, que se alimenta especialmente de esponjas, *Dermochelys coriacea*, cuja dieta é principalmente composta de águas vivas (celenterados medusóides) e algumas espécies australianas, que consomem moluscos com conchas duras. A maioria dos testudinos terrestres é herbívora, enquanto a maior parte das espécies aquáticas prefere uma dieta carnívora (FRANKLIN, 2007).

Algumas espécies, como *Pseudemys concinna*, que habitam as mesmas águas que crocodilomorfos, são equipadas com carapaça e plastrão fortes, ligados por uma ponte semelhante a um contraforte. Isto nos leva a questionar se *Roxochelys* apresentava placas ósseas mais espessas que as demais espécies presentes na Bacia Bauru, em função de conviverem com crocodilomorfos.

As ocorrências de Testudines na Bacia Bauru abrangem diferentes paleoambientes, com diferentes características hidrodinâmicas: sistemas fluviais meandantes e entrelaçados, pantanosos (ou lacustres) e leques aluviais.

Segundo MANZINI *et al.* (2003), na Localidade 31 (apêndices A e B), o material do novo morfótipo descrito neste trabalho está associado a arenitos muito finos a finos, com elevado conteúdo de matriz argilosa, laminações cruzadas e plano-paralelas, e linhas de seixos na base das camadas. Trata-se de um afloramento da Formação Santo Anastácio, que segundo o autor representa depósitos formados por fluxos aquosos, em acordo com o modelo fluvial meandrante proposto por SOARES *et al.* (1980).

As localidades 27, 28 e 29 (apêndices A e B), presentes na Formação Marília (Membro Serra da Galga), estão associadas a um sistema de leques aluviais e rios entrelaçados, sob paleoclima semi-árido (FERNANDES & COIMBRA 1996, 2000).

Sistema fluvial meandrante é interpretado para a deposição da Formação Adamantina, unidade que abriga o maior número de ocorrências de Testudines da bacia.

As localidades 12, 13, 14 e 15, presentes na Formação Araçatuba, ampliam os habitats do grupo, pois evidenciam paleoambiente pantanoso, na concepção de FERNANDES & COIMBRA (2000), ou lacustre, segundo BATEZELLI *et al.* (2003).

A Localidade 10, informalmente denominada “Tartaruguito”, se destaca pelo grande número de espécimens presentes e por seu intrigante contexto deposicional. Embora existam na literatura algumas interpretações plausíveis para esta ocorrência na Formação Adamantina, sentiu-se a necessidade de acrescentar novos dados que pudessem corroborar estas propostas, ou mesmo subsidiar interpretação distinta das existentes. Assim, no presente trabalho deu-se maior destaque a esta ocorrência, que é caracterizada no item a seguir.

10.1 Estudo de caso: localidade de Pirapozinho (SP)

A localidade informalmente denominada Tartaruguito corresponde a um corte de ferrovia abandonada (km 736 da antiga Ferrovia Sorocabana), no Município de Pirapozinho, Estado de São Paulo (coordenadas 22°13'14.9"S, 51°25'58.3"W; UTM 22K, 455.387m E, 7.542.637m N).

Apresenta acumulações de fósseis, principalmente de Testudines, com predominância de *Bauruemys elegans*, em empacotamentos de alta densidade, com espécimens em contato entre si. Apresenta vários padrões de articulação, incluindo desde

indivíduos articulados a totalmente desarticulados, e não há seleção preferencial das partes esqueléticas. A principal concentração fossilífera do afloramento ocorre em dois estratos centimétricos em sua base (Apêndice C).

No Tartaruguito há registros adicionais de dentes de *Mesoeucrodylia* e outros restos de *Crocodylomorpha*, e fragmentos de *Titanosauria* (BERTINI *et al.*, 2006). Também foram encontradas escamas de *Lepisosteidae* e *Teleostei* (Apêndice C).

O grande acúmulo de restos de Testudines, presente neste afloramento, tem sido discutido e interpretado por alguns autores. Segundo BERTINI *et al.* (2006), os fósseis podem ter sido acumulados por eventos de inundação. LANGER & BERTINI (1995) sugeriram a ocorrência de um momento de seca prolongada, que pudesse provocar mortandade em massa destes testudinos e sua preservação em posição de estivação, ou ainda a ocorrência de alterações físico-químicas abruptas na água, afetando de maneira mais intensa os testudinos.

Ocasionalmente Testudines reduzem ou cessam suas atividades metabólicas corporais, em função de mudanças climáticas. Durante meses de verões quentes e secos, algumas espécies evitam sobreaquecimento, procurando um refúgio fresco e úmido, onde possam desligar suas funções corporais, em um processo chamado estivação. Além disto, antes de estivar durante épocas de seca e intenso calor, alguns testudinos aquáticos tentam uma migração por terra, para localizar corpos de água (Figura 44) (FRANKLIN, 2007).

Buscando trazer novos dados, que corroborassem estas hipóteses, ou mesmo que pudessem trazer novas sugestões, foram realizadas análises químicas das rochas provenientes do mencionado afloramento.

Foram coletadas cinco amostras de diferentes níveis do afloramento, indicados pelas letras A-E na Seção Colunar (Apêndice C), para realização de análise por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X.

Os teores de elementos maiores e traços, obtidos desta análise, são apresentados no Apêndice D. Tais teores são condizentes com rochas sedimentares continentais e não indicam quaisquer anormalidades geoquímicas (elementos contaminantes) que poderiam ter afetado os Testudines e causado sua mortandade em massa.

A análise por Difração de Raios-X indicou a presença de esmectita e corrensitita (Apêndice E). Corrensitita é um interestratificado de clorita e esmectita, comum em fácies hipersalinas (SRODÓN, 1999).

O afloramento apresenta estratos de arenito muito fino, apresentando estratificações cruzadas, intercalado com finos estratos de argilitos cinza-escuros a esverdeados, cuja coloração é indicativa de ambiente não oxidante. Esta associação de fácies coaduna-se a

depósitos de *crevasse splays* em planícies de inundação, em concordância com autores que associam os depósitos da Formação Adamantina a rios meandantes.

A associação de fácies associada à presença de corrensita traz indicações paleoecológicas a esta ocorrência fossilífera. Os estratos da base do afloramento, compostos de argilitos ricos em fósseis de Testudines, provavelmente resultam de sedimentação em um meandro abandonado, em uma planície de inundação. Este corpo de água, exposto ao clima árido predominante durante a deposição dos sedimentos da Bacia Bauru, sofreu um aumento de salinidade até sua completa supressão.

Os Testunines que habitavam o local permaneceram neste corpo de água, podendo ter estivado ou não, enquanto outros poderiam ter buscado novos corpos de água. Mas devido a grande quantidade de fósseis presentes, provavelmente deve ter ocorrido um momento de maior aridez e, portanto, não haviam outros corpos de água próximos a este, para onde os Testudines pudessem se refugiar, como mostrado na Figura 44.

Assim, estes novos dados trazem informações que corroboram as hipóteses levantadas por LANGER & BERTINI (1995), pois um aumento de salinidade (alteração físico-química da água) pode ter afetado de maneira mais intensa estes animais, em um momento de seca prolongada, que suprimiu seu habitat.

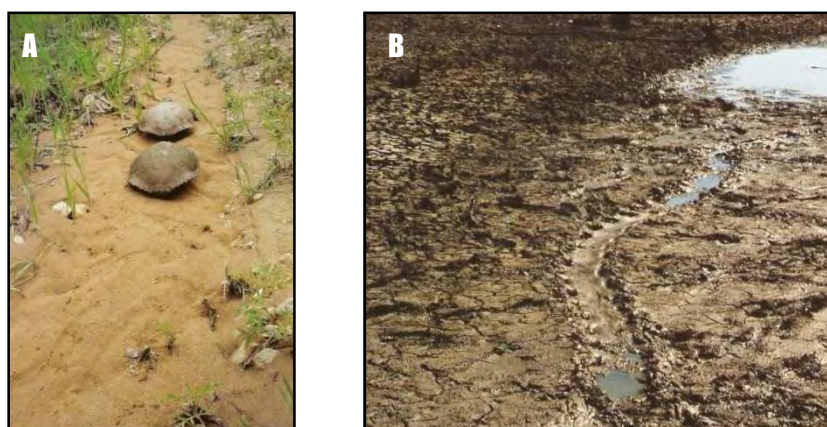


Figura 44. A: *Trachemys scripta elegans* encontradas em um caminho seco no Norte do Texas (USA), pelo menos a 1,6km da fonte de água permanente mais próxima. B: Rastro de *Chelydra serpentina*, de um corpo de água secando rapidamente, para um corpo de água melhor. Extraído de FRANKLIN (2007).

11. CONCLUSÕES

Não existem dúvidas quanto à validade de *Roxochelys wanderleyi* e *Bauruemys elegans*. Como o holótipo de “*Podocnemis*” *harrisi* foi perdido, não se podem fazer afirmações ou associações com os demais morfótipos.

Se a carapaça descrita por ARID & VIZOTTO (1966) for considerada, segundo a proposta dos autores, como correspondente a “*Podocnemis*” *brasiliensis*, então esta espécie não pode ser correlacionada ao gênero *Bauruemys*, como proposto por KISCHLAT (1994). Existem diferenças como o número e a forma das placas neurais, forma da carapaça, e por apresentar endoplastrão relativamente grande com relação ao lobo anterior do plastrão.

Por meio das comparações morfológicas realizadas, e a análise filogenética que os aproxima, conclui-se que o novo morfótipo corresponde ao plastrão descrito como “*Podocnemis*” *brasiliensis*, a carapaça descrita por ARID & VIZOTTO (1966) e ao material correspondente a *Cambaremys langertoni*. Deste modo invalida-se a espécie *Cambaremys langertoni*, colocando-a como sinonímia de “*Podocnemis*” *brasiliensis*.

As semelhanças entre estes três materiais existem principalmente quanto à forma da carapaça, espessura do casco, número e morfologias das placas neurais, morfologia das placas periferais, morfologia da placa suprapigal, características gerais do plastrão. Diferenças sutis, quanto à forma dos escudos vertebrais e do entalhe anal, podem ser explicadas pelo estado juvenil ou senil dos indivíduos, como ocorrem com demais Testudines.

Considerando tratar-se de um único táxon, temos uma expansão de sua ocorrência na Bacia Bauru, ocorrendo na Formação Araçatuba no Oeste do Estado de São Paulo, Formação Adamantina no Norte do Estado de São Paulo, Formação Marília (Membro Serra da Galga) no Triângulo Mineiro e Formação Santo Anastácio, no Noroeste do Estado de São Paulo.

Esta descoberta, na base da Formação Santo Anastácio, próxima ao contato com a Formação Serra Geral, embora devido ao seu endemismo, não permita a datação de suas rochas envolventes, traz informação que permite aproximar temporalmente as formações Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina e Marília.

O novo morfótipo se diferencia dos demais existentes na Bacia Bauru, *Bauruemys elegans* e *Roxochelys wanderleyi*, por exemplo, quanto às morfologias das carapaças, número de placas neurais, morfologias de placas periferais, placa suprapigal, escudos vertebrais, endoplastrão, e no contorno do lobo anterior do plastrão.

Devido à presença de mesoplastrões, escudo peitoral não sobreposto aos mesoplastrões, e a série de placas neurais não atingir a placa suprapigal, o novo morfótipo

pode ser considerado um pleurodiro pelomedusóideo podocnemidido, como as demais espécies presentes na Bacia Bauru.

Esta proposta, reunindo os materiais de “*Podocnemis*” *brasiliensis*, *Cambaremys langertoni*, e a carapaça descrita por ARID & VIZOTTO (1966), ao novo morfótipo descrito, leva a questionamentos taxonômicos.

Por questão de prioridade este táxon não poderia ser denominado *Cambaremys langertoni*, pois a descrição de “*Podocnemis*” *brasiliensis* a antecede. Mas embora este táxon seja muito semelhante ao gênero vivente *Podocnemis*, diferenças quanto ao plastrão impedem esta associação. Assim, existe a necessidade de comparações mais detalhadas e proposição formal de nova taxonomia.

A análise filogenética também trouxe informações sobre outros táxons. Considera-se *Brasilemys* pertencente à Superfamília Podocnemidoidea, e proximamente relacionado à *Hamadachelys*, *Portezueloemys*, Podocnemididae e aos morfótipos presentes na Bacia Bauru. *Araripemys* é posicionado como o táxon mais basal entre os pelomedusóides analisados. *Portezueloemys* e *Bauruemys elegans* são tratados como grupos-irmão. *Roxochelys wanderleyi* é intimamente relacionado a Podocnemididae.

Observou-se que são numerosas as ocorrências de Testudines, e que estão espalhadas por grande extensão geográfica da Bacia Bauru, refletindo a preservação relativamente fácil de seus restos, principalmente de placas ósseas.

A maior abundância de ocorrências de Testudines na Formação Adamantina provavelmente reflete um número maior de afloramentos nos quais os fósseis puderam ser coletados, e o fato da área de exposição da Formação Adamantina ser expressivamente maior, comparada com as demais unidades geológicas que apresentam Testudines.

As ocorrências de Testudines na Bacia Bauru abrangem diferentes ambientes, com distintas características hidrodinâmicas, envolvendo ambientes fluviais meandantes e entrelaçados, pantanosos (ou lacustres) e leques aluviais.

A Petrologia, e a utilização de análises químicas, contribuíram para a interpretação tafonômica de uma importante concentração fossilífera existente na Formação Adamantina. Nesta localidade, informalmente denominada Tartaruguito, ocorreu aumento de salinidade de um corpo restrito de água, que pode ter afetado de maneira mais intensa os Testudines, num momento de seca prolongada, que suprimiu o seu habitat.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, E. N. 1972. Consensus techniques and the comparison of taxonomic trees. **Systematic Zoology**, v. 21, p. 390-397.
- ALBERT, V. 2005. A. Parsimony and phylogenetic in the genomic age. In: ALBERT, V. A. (Ed.) **Parsimony and phylogenetic in the genomic age**. New York: Oxford University Press. 229 p.
- ALMEIDA F. F. M.; CARNEIRO C. D. R.; CREMONINI O. A. 1980. **Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil**. Consórcio CESP / IPT - Paulipetro, Relatório N° 14.091, São Paulo, 187 p.
- ALMEIDA, F. F. M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48 (suplemento), p. 15-26.
- ALMEIDA, F. F. M.; BARBOSA, O. 1953. Geologia das Quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. **DNPM, DGM Boletim**, 143 p.
- AMORIM, D.S. 2002. **Fundamentos de Sistemática Filogenética**. Ribeirão Preto: Holos Editora. 154 p.
- ANDRADE, L. R. M. 2002. **Levantamentos litofaciológico e paleobiológico, com interpretações paleoecológicas, em sedimentos da Bacia Bauru - Cretáceo Superior, ao longo da Rodovia SP-294, entre as cidades de Adamantina e Dracena**. 2002, 104 p. Trabalho de Formatura - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- 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.
- AZEVEDO, S. A.; GALLO, V.; FERIGOLO, J. 2000. A possible chelonian egg from the Brazilian Late Cretaceous. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 72, n. 2, p. 187-193.
- BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. R. 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro. **DNPM - DFPM, Boletim 136**, 140 p.

BARCELOS, J. H. LANDIM, P. M. B.; SUGUIO, K. 1981. Análise das seqüências cretácicas do Triângulo Mineiro (MG) e suas correlações com as do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 2, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBG. p. 90-102.

BARCELOS, J. H. **Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do Estado de São Paulo.** 1984. 190 p. Tese de Livre - Docência, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BARCELOS, J. H.; SOUZA FILHO, E. E.; FULFARO, V. J.; LANDIM, P. M. B.; COTTAS, L. R.; WU, F. T.; GODOY, A. M. 1983. A Formação Itaqueri: um exemplo de tectonofácies. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBG, p. 245-252.

BARCELOS, J. H.; SUGUIO, K. A. 1987. Correlação e extensão das unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru, definidas em território paulista, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, Rio Claro. **Atas...**, Rio Claro, SBG-SP, p. 313-321.

BARCELOS, J. H.; SUGUIO, K. A. 1987. Correlação e extensão das unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru definida em território paulista, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, Rio Claro. **Atas...**, Rio Claro, SBG-SP, p. 313 - 321.

BATEZELLI, A.; GOMES, N. S.; PERINOTTO, J. A. J. 2005. Petrografia e evolução diagenética dos arenitos da Porção Norte e Nordeste da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, p. 311 - 322.

BATEZELLI, A. 1998. **Redefinição litoestratigráfica da Unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru no Estado de São Paulo.** 110 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BATEZELLI, A. 2003. **Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes.** 183 f. Tese (Doutoramento em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BATEZELLI, A.; PERINOTTO, J. A. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R. 1999. Redefinição litoestratigráfica da Unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru, Estado de São Paulo, Brasil. *In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL*, 5, Serra Negra. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, p. 195-200.

BATEZELLI, A.; PERINOTTO, J. A. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R. 1999. Redefinição litoestratigráfica da Unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru, Estado de São Paulo, Brasil. *In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL*, 5, Serra Negra. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, p. 195 - 200.

BATEZELLI, A.; SAAD, A. R.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; PERINOTTO, J. A. J.; FÚLFARO, V. J. 2003. Análise estratigráfica aplicada à Formação Araçatuba (Grupo Bauru - Ks) no Centro-Oeste do Estado de São Paulo. **Geociências**, v. 22, n. Especial, p. 5-19.

BENTON, M. J. 1997. **Vertebrate Paleontology**. 2nd edition. Chapman and Hall.

BERTINI, R. J. ; MARSHALL, L. G. ; GAYET, M. ; BRITO, P. M. M. 1993. Vertebrate faunas from the Adamantina and Marília (Upper Bauru Group, Late Cretaceous, Brazil) in their stratigraphic and paleobiogeographic context. **Neues Jahrbuch Geologie Paläontologie Mh**, v. 188, n. 1, p. 71 - 101.

BERTINI, R. J. 1993. **Paleobiologia do Grupo Bauru, Cretáceo continental da Bacia do Paraná, com ênfase em sua fauna de amniotas**. 497 p. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BERTINI, R. J. 1994. Comments on the fossil from the Adamantina e Marília formations, continental Upper Cretaceous of the Paraná Basin, Southeastern Brazil (Part 1: Introduction, Testudines, Lacertilia, Crocodylomorpha). *In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL*, 3, 1994, Rio Claro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1994, p. 97-100.

BERTINI, R. J.; SANTUCCI, R. M.; RIBEIRO, L. C. B.; ARRUDA-CAMPOS, A. C. 2000. *Aeolosaurus* (Sauropoda, Titanosauria) from Upper Cretaceous of Brazil. *In: JORNADAS ARGENTINAS DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS*, XVI, 2000. **Resúmenes**, San Luís, p. 6.

BERTINI, R. J.; SANTUCCI, R. M.; TOLEDO, C. E. V.; MENEGAZZO, M. C. 2006. Taphonomy and depositional history of an Upper Cretaceous turtle-bearing outcrop from the

Adamantina Formation, Southwestern São Paulo State. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 9, n. 2, p. 181-186.

BERTINI, R. J.; SILVA, N. P. C. 1999. Os testudinos fósseis (pleurodiros pelomedusóideos) do Cretáceo Superior da Bacia do Paraná. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 6, São Pedro. **Boletim...** São Pedro: SBG / UNESP, p. 79.

BRANDT NETO M. 1977. **Estratigrafia da Formação Bauru na região do baixo Tietê. São Paulo**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 74 p.

BRANDT NETO, M. 1984. **O Grupo Bauru na região Cento Norte do Estado de São Paulo**. 2 v. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRANDT NETO, M.; PETRI, S.; COIMBRA, A. M. 1978. Considerações sobre a Estratigrafia e ambiente de sedimentação da Formação Bauru. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife. **Anais...** Recife: SBG, p.557-566.

BREMER, K. 1988. The limits of aminoacid sequence data in angiosperm phylogenetic reconstruction. **Evolution**, v. 42, p. 795-803.

BROIN, F. 1971. Une espèce nouvelle de tortue pleurodire (?*Roxochelys vilavilensis* n. SP.) dans Le Cretacé supérieur de Bolivie. **Bull. Soc. Géol. France**, v. 13, p. 445-452.

BROIN, F. DE. 2000. The oldest Podocnemiid turtle (Cheloni, Pleurodira), from the early Cretaceous, Ceará state, and its environment. **Treballs del Museu de Geologia de Barcelona**, v. 9, p. 43-95.

BROIN, F.; WERNER, C. 1998. New Late Cretaceous turtles from the Western Desert, Egypt. **Annales de Paléontologie**, v. 84, n. 2, p. 131-214.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. 2006. **Biogeografia**. 2 ed. FUNPEC-Editora, 691p.

CAMPOS, D. A., 1977. **Tartarugas fósseis do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 101 p.

CARROLL, R. L. 1988. **Vertebrate Paleontology and Evolution**. New York: W. H. FREEMAN AND COMPANY, 698 p.

COIMBRA, A. M. 1976. **Arenitos da Formação Bauru: estudos de áreas fonte**. 2 v. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DARWIN, C. 1859. **On the origin of species by means of natural selection**. London: John Murray.

DIAS-BRITO, D.; MUSACCHIO, E. A.; CASTRO, J. C.; MARANHÃO, M. S. A. S.; SUAREZ, J. M.; RODRIGUES, R. 2001. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil - concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. **Revue de Paléobiologie**, v. 20, p. 245-304.

FARRIS, J. 1988. **Hennig86, ver. 1.5. Program and Documentation**, Distributed by the Author. Port Jefferson Station, NY.

FARRIS, J. S. 1989. The retention index and the rescaled consistency index. **Cladistics**, v. 5, p. 417-419.

FELSENSTEIN, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. **Evolution**, v. 39, p. 783-791.

FERNANDES L.A. 1992. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 129 p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERNANDES, L. A. ; COIMBRA, A. M. 1999. Paleocorrentes da parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, Rio Claro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, V. 1, p. 51 - 57.

FERNANDES, L. A. 1998. **Estratigrafia e evolução geológica da parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 216 p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERNANDES, L. A. 2004. Mapa litoestratigráfico da parte Oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, V. 55, p. 53-66.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. 1994. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, V. 24, N. 3, p. 164-176.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, V. 68, N. 2, p. 195-205.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. 2000. Revisão estratigráfica da parte Oriental da Bacia Bauru (Neo-Cretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, V. 30, N. 4, p. 717-728.

FERNANDES, L. A.; GIANNINI, P. C. F.; GÓES, A. M. 2003. Araçatuba Formation: palustrine deposits from the initial sedimentation phase of the Bauru Basin. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, V. 75, N. 2, p. 173 - 187.

FIGUEIRA, C. F.; BERTINI, R. J.; MANZINI, F. F.; BRANDT NETO, M. 2001. Um novo testudino do Cretáceo Superior continental do Sudeste do Brasil: um dos mais antigos fósseis da Bacia Bauru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, Rio Branco. **Boletim...** Rio Branco: SBP, p. 153.

FIGUEIRA, C. F.; BERTINI, R. J.; SUAREZ, J. M. 2001. Nota preliminar sobre uma nova localidade fossilífera da Bacia Bauru, contendo restos de um testudino associável ao gênero *Roxochelys* (Podocnemididae - Pleurodira). In: PALEO 2001, Rio Claro. **Boletim...** Rio Claro:UNESP, p. 22.

FITTIPALDI, F. C.; FERNANDES, L. A.; SIMÕES, M. G.; COIMBRA, A. M. 1989. Primeira ocorrência de tetrápodes na Formação Santo Anastácio (Cretáceo da Bacia do Paraná). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 16, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa: SBZ, p. 89-90.

FRAAS, E. 1913. *Proterochersis*, eine pleurodire Schildkröte aus dem Keuper. **Jahrbuch Ver. Vaterl. Naturkd**, v. 80, n. 13.

FRANÇA, M. A. G. ; LANGER, M. C. 2006. Phylogenetic relationships of the Bauru Group turtles (Late Cretaceous of South-Central Brazil). **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 9, p. 1-9.

FRANÇA, M. A. G. ; LANGER, M. C.. 2006. Phylogenetic relationships of the Bauru Group turtles (Late Cretaceous of south-central Brazil). **Revista Brasileira de Paleontologia**. v. 9, p. 1-9.

FRANÇA, M. A. G.; LANGER, M. C. 2005. A new freshwater turtle (Reptilia, Pleurodira, Podocnemidae) from the Upper Cretaceous (Maastrichtian) of Minas Gerais, Brazil. **Geodiversitas**, v. 27, n. 3, p. 391-411.

FRANCO, A. C. 1999. **Dentes de teropodomorfos do Cretáceo Superior da Bacia do Paraná. Análise em microscopia eletrônica de varredura**. 113 p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

FRANKLIN, C. J. 2007. **Turtles: An Extraordinary Natural History 245 Million Years in the Making**. Voyageur Press, 160 p.

FUENTE, M. 2003. Two new Pleurodiran turtles from the Portezuelo Formation (Upper Cretaceous) of Northern Patagonia, Argentina. **Journal of Paleontology**, v. 77, p.: 559-575.

FULFARO, V. J.; BARCELOS, J. H. 1993. Fase rifte na Bacia Sedimentar do Paraná: a Formação Caiuá. **Geociências**, v. 12, n. 1, p. 33-45.

FÚLFARO, V. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; PERINOTTO, J. A. J; SAAD, A. R. 1999 a. Santo Anastácio: um geossolo cretácico na Bacia Caiuá. *In: SIMPOSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL*, 5, Serra Negra. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, p. 125-130.

FÚLFARO, V. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; PERINOTTO, J. A. J; SAAD, A. R. 1999 b. Bacia Caiuá: uma nova bacia cretácea na Bacia do Paraná. *In: SIMPOSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL*, 5, Serra Negra. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, p. 439-442.

FÚLFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. 1996. A Bacia Bauru: Estado da Arte. *In: SIMPOSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL*, 4, Rio Claro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, p.297-303.

FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J.; BARCELOS, J. H. 1994. A margem goiana do Grupo Bauru: implicações na litoestratigráfica e paleogeográfica. *In: SIMPOSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL*, 3, Rio Claro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, p. 81 - 84.

FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. 1982. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 12, p. 590-611.

GAFFNEY E. S.; KITCHING, J. W. 1994. The most ancient African turtle. **Nature**, v. 369, p. 55-58.

GAFFNEY, E. S. 1975. A phylogeny and classification of higher categories of turtles. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 155, n. 5, p. 387-436.

GAFFNEY, E. S. 1990. The comparative osteology of the Triassic turtle *Proganochelys*. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 194, p. 1-263.

GAFFNEY, E. S. 2008. **Phylogeny of turtles**. Disponível em: <http://research.amnh.org/users/esg/>. Acessado em 21-07-2008.

GAFFNEY, E. S., CAMPOS, A.C.; HIRAYAMA, R. 2001. *Cearachelys*, a new side-necked turtle from the Early Cretaceous of Brazil. **American Museum Novitates**, n. 3319, p. 1-20.

GAFFNEY, E. S.; TONG, H.; MEYLAN, P. A. 2006. Evolution of the side-necked turtles: the Families Bothremydidae, Euraxemydidae, and Araripemydidae. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 300, p.: 1-698.

GAFFNEY, E. S.; WOOD, R. C. 2002. *Bairdemys*, new side-necked turtle (Pelomedusoides: Podocnemididae) from the Miocene of the Caribbean. **American Museum Novitates**, n. 3359, 28 p.

GOBBO-RODRIGUES, S. G.; PETRI, S.; COIMBRA, J. C.; BERTINI, R. J. 2000 a. Note on *Ilyocypris argentinensis* Musacchio & Simeoni (1991). In: INTERNATIONAL MEETING ON PALEOARTHOPODOLOGY, 1, 2000, **Abstracts...** Ribeirão Preto, USP: p. 83-84.

GOBBO-RODRIGUES, S. G.; PETRI, S.; COIMBRA, J. C.; BERTINI, R. J. 2000 b. Biostratigraphic correlations between Bauru, Neuquén and Congo basins, using non-marine ostracodes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEOARTROPODOLOGIA, 1, 2000, **Resumos**, Ribeirão Preto, USP: p. 87-88.

GOBBO-RODRIGUES, S. R. 2002. **Carófitas e ostrácodes do Grupo Bauru, Cretáceo Superior continental do Sudeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. 137p.

GOBBO-RODRIGUES, S. R.; PETRI, S.; BERTINI, R. J. 1999a. Ocorrências de ostrácodes na Formação Adamantina do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná e possibilidades de correlação com depósitos isócronos argentinos. Parte I - Família Ilyocyprididae. **Acta Geológica Leopoldensia**, V. 23, N. 49, p. 3-13.

GOBBO-RODRIGUES, S. R.; PETRI, S.; BERTINI, R. J. 1999b. Ocorrências de ostrácodes na Formação Adamantina do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná e possibilidades de correlação com depósitos isócronos argentinos. Parte II - Família Limnocytheridae. **Revista da Universidade de Guarulhos - Geociências**, v. 4, n. 6, p. 5-11.

GOLOBOFF, P. 1994. **Nona: A Tree-searching Program**. Program and documentation, available at <http://www.zmuc.dk/public/phylogeny/Nona-PeeWee>.

GOLOBOFF, P. A. 2002. Techniques for analyzing large data sets. In: ROB DESALLE *et al.* (ed.) **Methods and tools in biosciences and medicine – Techniques in molecular systematic and evolution**. Switzerland: Birkhäuser Verlag Basel.

GOLOBOFF, P. A.; FARRIS, J. S.; NIXON, K. C. 2008. TNT, a free program for phylogenetic analysis. **Cladistics**, v. 24, p. 774-786.

GRAVINA, É. G.; KAFINO, C. V. ; BROD, J. A. ; BOAVENTURA, G. R. ; SANTOS, R. V. ; GUIMARAES, E. M. ; JOST, H. 2002. Proveniência de arenitos das formações Uberaba e Marília (Grupo Bauru) e do Garimpo do Bandeira: implicações para a controvérsia sobre a fonte do diamante do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 4, p. 545-558.

HASUI, Y. 1968. Formação Uberaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, Belo Horizonte. **Anais...**, Belo Horizonte, SBG-MG, p. 167-179.

HENNIG, W. 1950. **Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik**. Berlin: Deutscher Zentralverlag, 370 p.

HENNING, W. 1966. **Phylogenetic systematic**. Urbana III: University of Illinois Press, 280p.

HILLS, D. M.; BULL, J. J. 1993. An empirical test of bootstrapping as a method for assessing confidence in phylogenetic analysis. **Systematic Biology**, v. 42, p. 182-192.

HUENE, F. von. 1933. Ein Versuch zur Stammesgeschichte der Krokodile. **Centralblatt für Mineralogie**. v. 11, p. 577-585.

HUENE, F. von. 1939. Los saurisquios y ornitisquios de Cretaceo argentino. **Anales de Museo de La Plata** (Ser. 2). v. 3, p. 1-96.

HULL, D. I. **Science as a process: an evolutionary account of the social and conceptual development of science**. Chicago: The University of Chicago Press, 1990. 600 p.

HUSSAK, E. 1906. Über die dimantlager in Westen des Staates Minas Gerais und der angränzenden Staates São Paulo und Goyaz, Brasilien. **Zeitschrift für Praktische Geologie**, v. 14, p. 318-333.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1981. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. IPT - Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 1881. 2 v. Escala 1:500.000.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1981. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. IPT - Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 1881. 2 v. Escala 1:500.000.

KISCHLAT, E. E. 1994. Observações sobre *Podocnemis elegans* Suarez (Chelonii, Pleurodira, Podocnemididae) no Neo-Cretáceo do Brasil **Acta Geológica Leopoldensia**, v. 17,n. 39 / 1, p. 345-351.

KLUGE, A. G. 2005. What is the rationale for “Ockham’s razor” (a.k.a. parsimony) in phylogenetic inference?. In: ALBERT, V. A. (Ed.) **Parsimony and phylogenetic in the genomic age**. New York: Oxford University Press, 229 p.

KLUGE, A. G.; FARRIS, J. S. 1969. Quantitative phyletics and the evolution of anurans. **Systematic Zoology**, v. 18, p. 1-32,

- LANDIM, P. M. B.; SOARES, P. C. 1976. Estratigrafia da Formação Caiuá. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SBG, V. 2, p. 195-206.
- LANGER, M. C.; BERTINI, R. J. 1995. Comentários paleoecológicos sobre os Podocnemidinae fósseis da localidade de Pirapozinho - SP (Formação Adamantina, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 14, Uberaba. **Atas...** Rio de Janeiro: SBP, p. 78-79.
- LANYON, S. M. 1985. Detecting internal inconsistencies in distance data. **Systematic Zoology**, V. 34, p. 397-403.
- LEE, M. S. Y. 1997. Reptile relationships turn turtle. **Nature**, v. 389, p. 245-246.
- LEONARDI, G. 1977. Two new ichnofaunas, vertebrates and invetebrates, in the eolian Cretaceous sandstones of the Caiuá Formation in Northwestern Paraná. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1, São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBG-NSP. p. 112-128.
- LI, C.; WU, X-C.; RIEPPEL, O.; WANG, L-T.; ZHAO, L-J. 2008. An ancestral turtle from the Late Triassic of southwestern China. **Nature**, v. 456, n. 27, p. 497-501.
- LINNAEUS, C. 1758. **Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis**. Holmiae. 10. ed., vol. 1. 824 p.
- LYMAN, R. L. 1994. **Vertebrate taphonomy**. Cambridge University Press, 524p.
- MANZINI, F. F.; BRANDT NETO, M.; SANTUCCI, R. M.; BERTINI, R. J. 2003. Geologia associada a restos de testudinos da Formação Santo Anastácio, Cretáceo da Bacia Bauru no Noroeste do Estado de São Paulo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18, Brasília. **Boletim...** Brasília: SBP. arquivo digital.
- MARGUSH, T.; McMORRIS, D. R. Consensus n-trees. **Bulletin Mathematic Bioscience**, v. 43, p. 239-244, 1981.
- MAYR, E. 1942. **Systematics and the origin of species**. New York: Columbia University Press, 334 p.

- MAYR, E. 1949. **Principles of systematic zoology**. New York: McGraw-Hill,
- MAYR, E. Numerical phonetics and taxonomic theory. **Systematic Zoology**, v. 14, p. 73-97, 1965.
- MENEGAZZO. M. C. 2006. **Distribuições Biocronológica, Paleoecológica e Paleobiogeográfica dos Testudines no âmbito do Cretáceo Superior da Bacia Bauru**. 2002, 75 p. Trabalho de Formatura - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- MEYLAN, P.A. 1996. Skeletal morphology and relationships of the Early Cretaceous sidenecked turtle, *Araripemys barreto* (Testudines: Pelomedusoides: Araripemydidae), from the Santana Formation of Brazil. **Journal of Vertebrate Paleontology**. v. 16, p.:20-33.
- MEYLAN, P.A. 1996. Skeletal morphology and relationships of the early Cretaceous Sidenecked Turtle, *Araripemys barreto* (Testudines: Pelomedusoides: Araripemydidae), from the Santana Formation of Brazil. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 16, p. 20-33.
- MEZZALIRA, S. 1974. Contribuição ao conhecimento da Estratigrafia e Paleontologia do Arenito Bauru. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, n. 51, p. 1-163.
- MILANI, E. J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. 255 p. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MILANI, E. J. 2004. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V. *et al.*(org.). **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca Editora, 225-280.
- NIXON, K. C.; CARPENTER, J. M. 1996. On consensus, collapsibility, and clade concordance. **Cladistics**, v. 12, p. 305-321.
- NOONAN, B. P. 2000. Does the phylogeny of pelomedusoid turtles reflect vicariance due to continental drift ? **Journal of Biogeography**, v. 27, n. 5, p. 1245-1249.
- NOONAN, B. P.; CHIPPINDALE, P. T. 2006. Vicariant origin of Malagasy reptiles supports Late Cretaceous Antarctic land bridge. **The American Naturalist**, v. 168, n. 6, p. 730-741.

OLIVEIRA, G. R.; ROMANO, P. S. R. 2007. Histórico dos achados de tartarugas fósseis do Brasil. Arquivos **do Museu Nacional**, v. 65, n. 1, p.113-133.

PACHECO, J. A. 1913. Nota sobre a Geologia do vale do Rio Grande, a partir da foz do Rio Pardo até a sua confluência com o Rio Paranaíba. *In*: Comissão Geográfica e Geológica. **Exploração do Rio Grande e seus afluentes**. São Paulo, p. 33-38.

PAULA e SILVA, F. 2003. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo**. 166 p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R. 2003. Perfis de Referência do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. **Geociências**, n. 22, n. Especial, p. 21-32.

PAULA e SILVA, F.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R. 2005. Estratigrafia de subsuperfície do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 1, p. 77-88.

PAULA E SILVA, F.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R. 2009. Sedimentation of the Cretaceous Bauru Group in São Paulo, Paraná Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 28, p. 25–39.

PETRI, S.; COIMBRA, A. M.; AMARAL, G.; OJEDA, Y; OJEDA, H. A.; FÚLFARO, V. J.; PONÇANO, W. L. 1986. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica. Guia de Nomenclatura Estratigráfica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, p. 370-415.

PRICE, L. I. Os quelônios da Formação Bauru, Cretáceo terrestre do Brasil Meridional. DNPM, DGM Boletim. Rio de Janeiro, 1953. **Boletim...**, 147.

REISZ, R. R.; HEAD, J. J. 2008. Turtle origins out to sea. **Nature**, v. 456, n. 27, p. 450-451.

RIBEIRO, D. T. P. 2001. Diagênese das rochas do Membro Serra da Galga, Formação Marília, Grupo Bauru (Cretáceo da Bacia do Paraná), na região de Uberaba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, v. 1, p. 7-12.

RICCOMINI, C. 1995. **Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares pós-gondvânicos da porção Centro-Oriental do Estado de São Paulo e áreas vizinhas.** 100 p. Tese de Livre-Docência - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

RICCOMINI, C. 1997. Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 2, p. 153-162.

ROMANO, P. R. S.; AZEVEDO, S. A. K. 2006. Are extant podocnemidid turtles relicts of a widespread Cretaceous ancestor ? **South American Journal of Herpetology**, v. 1, n. 3, p. 175-184.

ROMANO, P. R. S.; AZEVEDO, S. A. K. 2006. Are extant podocnemidid turtles relicts of a widespread Cretaceous ancestor? **South American Journal of Herpetology**, v. 1, n. 3, p. 175-184.

ROMER, A. S. 1945. **Vertebrate Paleontology**. 2nd ed. Chicago: The University of the Chicago Press. 687p.

ROUGIER, G. W.; FUENTE, M. S.; ARCUCCI, A. B. 1995. Late Triassic turtles from South America. **Science**, v. 268, p. 855-858.

SANDERSON, M. J. 1989. Confidence limits on phylogenies: the bootstrap revisited. **Cladistics**, v. 5, p. 113-129.

SANTUCCI, R. M.; BERTINI, R. J. 2001. Distribuição paleogeográfica e biocronológica dos titanossauros (Saurischia, Sauropoda) do Grupo Bauru, Cretáceo Superior do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 3, p. 307-314.

SCHNEIDER, H. 2007. **Métodos de Análise Filogenética - Um guia prático**. 3. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética & Editora Holos, v. 1. 200 p.

SIDDALL, M. E. 2002. Measures of support. In: ROB DESALLE *et al.* (ed.) **Methods and tools in biosciences and medicine – Techniques in molecular systematic and evolution**. Switzerland: Birkhäuser Verlag Basel.

SIMPSON, G. G. **Principles of animal taxonomy**. New York: Columbia University Press, 1961.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. 1980. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de SP: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 20, n. 4, p. 177-185.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. 1979. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de SP. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, Rio Claro. **Resumos...**, Rio Claro: SBG, p. 30 - 31.

SOARES, P. C.; SINELLI, O.; PENALVA, F.; WERNICK, E.; SOUZA, A.; CASTRO, P. R. M. 1974. Geologia do Noroeste do Estado de São Paulo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracajú. **Atas...**, Aracajú: SBG, V. 1, p. 209 - 229.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. 1976. Comparison between the tectonic evolution of the intracratonic and marginal basins in South Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48 (Suplemento), p. 313-324.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. 1981. Taxonomic congruence in the Leptopodomorpha re-examined. **Systematic Zoology**, v. 30, p. 309-325.

SOKAL, R. R.; SNEATH, P. H. A. 1963. **The principles of numeric taxonomy**. San Francisco: W. H. Freeman & Company, 307 p.

SOUZA JUNIOR, J. J. 1984. O Grupo Bauru na porção Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, v. 2, p. 944-957.

SRODÓN, J. 1999. Nature of mixed-layer clays and mechanisms of their formation and alteration. **Annual Review of Earth Planetary Science**, v. 27, p. 19-53.

STAESCHE, K. Von. 1937. *Podocnemis brasiliensis* n. sp. aus der Oberen Kreide Brasiliens. **Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie**, v. 77, p. 291-309.

STEIN, D. P.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, M. A.; HASUY, Y.; PONÇANO, W. L.; ALMEIDA, F. F. M. 1979. Geologia de parte dos vales dos rios Paraná e Paranapanema. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, Rio Claro. **Resumos...**, Rio Claro: SBG, V. 2, p. 291-306.

SUAREZ, J. M. 1969. Um quelônio da formação Bauru. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, Salvador. **Anais...**, Salvador, SBG-BA, p. 167-176.

SUGUIO, K. Fatores paleoambientais e paleoclimáticos e subdivisão estratigráfica do Grupo Bauru. *In*: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, 1981, São Paulo. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1981, p. 15-26.

SUGUIO, K.; BARCELOS, J. H. 1983. Calcretes of the Bauru (Cretaceous) Brasil: Petrology and Geological Significance. **Boletim Instituto Geológico**, v. 14, p. 49-54.

SUGUIO, K.; FULFARO, V. J., AMARAL, G.; GUIDORZI, L. A. 1977. Comportamentos estratigráfico e estrutural da Formação Bauru nas regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Preto) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1, São Paulo. **Atas...**, São Paulo, SBG-SP, p. 231-247.

SWOFFORD, D. 2002. **PAUP*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (* and other methods)**, ver. 4. Sinauer Associates, Sunderland.

SWOFFORD, D. L. 1989. **PAUP, ver, 3.0 Program and documentation**. Illinois Natural History Survey, Champaign.

SWOFFORD, D. L. **PAUP*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (* and related methods). Version 4.0**. Sinauer Associates, Massachusetts, 2002.

SWOFFORD, D. L.; MADDISON, W. P. 1987. Reconstructing ancestral character states under Wagner parsimony. **Bulletin Mathematic Bioscience**, v. 87, p. 199-299.

SWOFFORD, D.L. 1993. **PAUP: Phylogenetic Analysis Using Parsimony, version 3.1.1**. Illinois Natural History Survey. Champaign.

SWOFFORD, D.L. 2001. **PAUP*:Phylogenetic Analysis Using Parsimony, version 4.05b**, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

SWOFFORD, D.L., 2000. **PAUP*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (* and other methods)**. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

TURNER, S.P.; REGELOUS, M.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; MANTOVANI, M.S.M. 1994. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 121, p. 333-348,

WASHBURN, C. W. 1930. Petroleum Geology of the State of São Paulo, Brasil. **Boletim da Comissão Geográfica e Geológica**, n. 22, p. 1-282. Tradução de J. Pacheco. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1939, 228p.

WOOD, R. C. 1984. Evolution of the pelomedusid turtles. **Studia Geologica Salamantica**, Special Volume 1 (Studia Palaeocheloniologica I): 269-282.

APÊNDICE A - OCORRÊNCIAS DE TESTUDINES NA BACIA BAURU

Localidades 1 a 29 segundo BERTINI (1993), Localidade 3 segundo AZEVEDO *et al.* (2000), Localidade 10 também segundo OLIVEIRA & ROMANO (2007), Localidade 30 segundo FIGUEIRA *et al.* (2001 a, b), Localidade 31 segundo MANZINI *et al.* (2003), e localidades 32 a 34 segundo ANDRADE (2002).

Abreviações:

AP-UNESP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* São José do Rio Preto, São José do Rio Preto – SP.

CPP: Centro de Pesquisas Paleontológicas Llewellyn Ivor Price, Distrito de Peirópolis, Uberaba – MG.

DNPM: Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia (DGM), Museu de Paleontologia, Rio de Janeiro – RJ.

FFCL – UNESP: Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* Presidente Prudente, Presidente Prudente – SP.

IG: Instituto Geológico - Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo – SP.

MNRJ: Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ.

MPE: Museu de Paleontologia e Estratigrafia “Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim”, Universidade Estadual Paulista - Rio Claro – SP.

MUZUSP: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP.

No.	SITUAÇÃO GEOGRÁFICA	TIPO DE OCORRÊNCIA	ROCHAS SEDIMENTARES ASSOCIADAS	UNIDADE GEOLÓGICA	MATERIAL COLETADO	INSTITUIÇÕES DEPOSITÓRIAS	IDENTIFICAÇÃO
1	A Oeste do perímetro urbano de Santo Anastácio (SP).	Pedreira abandonada	Arenito	Formação Adamantina	Fragmentos diversos	DNPM: DGM 933-R e DGM 937-R.	Testudines indeterminado
2	Sondagem (profundidade 22m) realizada pelo Instituto Geológico na margem esquerda do Ribeirão Guaíçara, a 50 m da rodovia que liga Presidente Bernardes à Rodovia Raposo Tavares, Presidente Bernardes (SP).	Testemunho de sondagem	-	Formação Adamantina	Fragmentos diversos	IG - SP	Testudines indeterminado
3	Km 576 da Rodovia Presidente Prudente - Presidente Epitácio, próximo ao trevo de acesso a Álvares Machado (SP).	Corte de rodovia	Arenito fino, com matriz siltosa, com cor vermelha.	Formação Adamantina	Fragmentos diversos	IG - SP	Testudines indeterminado
4	Sítio Myzobuchi, a 4 km do perímetro urbano de Álvares Machado (SP).	Afloramento	Arenitos finos, siltitos e argilitos	Formação Adamantina	Esqueleto quase completo	MNRJ: 4140-V	Testudines indeterminado
					Esqueleto bastante fragmentado	MNRJ: 4141-V	
					Fragmentos de carapaça e plastrão	MNRJ: 4142-V; 4143-V e 4144-V	
5	Poço do Cristiano, na antiga FEPASA, em Presidente Prudente (SP).	Poço	-	Formação Adamantina	Fragmentos de Testudines	DNPM : DGM 222-R	Testudines indeterminado
					Escápula	DNPM : DGM 226-R	
6	Arredores da Cidade de Presidente Prudente (SP)	Afloramento	Arenito grosso e conglomerado contendo fragmentos de argilitos.	Formação Adamantina	Carapaça e plastrão quase completos	IG - SP	<i>Roxochelys wanderleyi</i> .

7	Antiga FEPASA, em Presidente Prudente (SP)	Corte de ferrovia	Arenito fino, com cores vermelha, roxo e rosa, com matriz silto-argilosa.	Formação Adamantina	Placa óssea	DNPM : DGM 227-R	Testudines indeterminado
8	Rodovia Assis - Presidente Prudente, 2 km antes de Presidente Prudente (SP)	Corte de rodovia	Arenitos finos, com cor vermelha e matriz siltoosa	Formação Adamantina	Crânio parcial	IG - SP	Testudines indeterminado
9	Rodovia Presidente Prudente-Pirapozinho, cerca de 150 m antes da margem direita do Rio Santo Anastácio, em Presidente Prudente (SP)	Corte de rodovia	Arenitos finos, com cor vermelha, matriz siltoosa, e silitos rosados, cimentados por Carbonato de Cálcio.	Formação Adamantina	Fragments de casco	AP-UNESP-São José do Rio Preto	Testudines indeterminado
					Carapaça e plastrão	DNPM : LE-307	<i>Roxochelys wanderleyi.</i>
					Vertebras e outros fragmentos	DNPM: LE-308	
10	Próximo ao Km 736 da antiga Ferrovia Sorocabana, Pirapozinho (SP).	Corte de ferrovia abandonada	Arenitos finos com matriz argilosa.	Formação Adamantina	Fragments diversos	SP-DNPM	Testudines indeterminado
					Carapaça e plastrão completos, crânio parcial, fêmures, coracóides, e escápulas.	AP-UNESP-São José do Rio Preto	<i>Bauruemys elegans</i>
					Carapaça e plastrão quase completos	MPE-UNESP-Rio Claro, URC R-47	
					Crânio fragmentado	DNPM: DGM 1413-R, 1414-R, 1415-R	
					Carapaça, plastrão e mandíbula	DNPM: DGM 1416-R	
					Carapaça, plastrão e diversos elementos esqueléticos	FFCL-UNESP Presidente Prudente (sem número)	
					Fragments diversos	MPE-UNESP-Rio Claro (sem número)	

15	Cisterna na Rua Paulino em Lavínia (SP).	Cisterna	-	Formação Araçatuba	Fragmentos diversos e placas ósseas	IG - SP	Testudines indeterminado
16	Próximo ao Km 128 da antiga Estrada de Ferro Araraquarense, 6 km a Oeste de Votuporanga (SP).	Corte de ferrovia	Arenito fino a médio, de cor vermelho e roxo, com matriz siltosa.	Formação Adamantina	Três placas da carapaça	DNPM : DGM 887-R	Testudines indeterminado
17	Pedreira na Fazenda Santo Antônio, 5 km à Sudoeste de Bálamo, em Mirassol (SP).	Pedreira abandonada	Arenitos médios a finos, com incipiente matriz silto-argilosa.	Formação Adamantina	Xifiplastrão direito	DNPM : 445-R	Testudines indeterminado.
18	Mirassol (SP)	Afloramento	-	Formação Adamantina	Xifiplastrão	DNPM - DGM	Testudines indeterminado.
19	Rodovia entre São José do Rio Preto e Olímpia, aproximadamente 5 km a Norte de São José do Rio Preto (SP).	Corte de ferrovia	Arenito fino, com matriz silto-argilos, e cor vermelha.	Formação Adamantina	Fragmentos da carapaça	AP-UNESP-São José do Rio Preto	Testudines indeterminado
20	Cisterna na Rua Nuno Alvarez Pereira, N° 788, Parque Estoril, em São José do Rio Preto (SP).	cisterna	-	Formação Adamantina	Fragmentos do casco	AP-UNESP-São José do Rio Preto	“Podocnemis” brasiliensis
					Maior parte de um plastrão	DGM 214R	
21	Cerca de 15 m da estação ferroviária de Colina (SP).	poço	-	Formação Adamantina	Xifiplastrão	Material perdido	“Podocnemis” harrisi
22	Estação ferroviária da antiga Estrada de Ferro Araraquarense em Engenheiro Schmidt (SP).	Corte de ferrovia	Arenitos finos a médios, com alguma matriz siltosa, e cor vermelha.	Formação Adamantina	Fragmentos de casco	DNPM : DGM 166-R	Testudines indeterminado
23	Na antiga Estrada de Ferro Araraquarense, entre Engenheiro Schmidt e Cedral em Cedral (SP).	Corte de ferrovia abandonada	Arenito fino, de cor vermelha, com matriz siltosa	Formação Adamantina	Fragmentos do casco	DNPM	Testudines indeterminado

24	Poço perfurado pelo Instituto Geológico, na Indústria de Laticínios Peres em Ibirá (SP).	Testemunho de sondagem de poço	–	Formação Adamantina	Fragmentos diversos e placas ósseas	IG - SP	Testudines indeterminado
25	Fazenda São Vicente a 10 km do perímetro urbano de Ibirá (SP).	Afloramento	Arenitos finos, siltitos e argilitos com cimento carbonático e cores avermelhadas.	Formação Adamantina	Fragmentos do casco	AP-UNESP-São José do Rio Preto	Testudines indeterminado
26	Poço perfurado pelo Instituto Geológico, em Catanduva (SP).	Testemunho de sondagem de poço	–	Formação Adamantina	Placas costais e periferais, e plastrão	AP-UNESP-São José do Rio Preto	Testudines indeterminado
27	Km 153 da Rodovia Uberaba-Uberlândia (BR-050), em Uberaba (MG).	Afloramento ao lado da rodovia	Arenito médio a fino, com matriz siltosa, com cores esbranquiçadas a rosa-claro.	Formação Marília (Membro Serra da Galga)	Fragmentos diversos	MPE-UNESP-Rio Claro: URC R-46	Testudines indeterminado
28	Entre os km 542 e 543 da antiga Estrada de Ferro Mogiana, em Uberaba (MG).	Corte de ferrovia	Arenitos médios a finos, com matriz siltosa.	Formação Marília (Membro Serra da Galga)	Fragmentos diversos	DNPM : DGM 312-R	Testudines indeterminado
29	Aproximadamente 2 km ao Norte do Centro de Pesquisas Paleontológicas L. I. Price em Peirópolis, na pedreira abandonada ("caieira") da Fazenda Peiró-Tormin, Serra do Veadozinho, Uberaba (MG).	Pedreira abandonada	Arenito com cimentação carbonática.	Formação Marília (Membro Serra da Galga)	Porção frontal do plastrão e carapaça com coluna cervical	DNPM : DGM 321-R	Testudines indeterminado
					Parte de um plastrão articulado	DNPM: DGM 322-R	
					Cintura pélvica	DNPM: DGM 323-R	
					Úmeros completos	DNPM: DGM 324-R e DGM 325-R	
					Escápula e coracóide	DNPM: DGM 326-R	
					Fragmento de xifiplastrão direito	DNPM: DGM 327-R	

					Placa costal	DNPM: DGM 328-R	
					Placas periferais	DNPM: DGM 329-R e DGM 330-R	
					Vértebras e falanges	DNPM: DGM 331-R	
					Vértebra cervical, carapaça parcial, mesoplastrão direito, ambos xifiplastrões, ambos coracóides, escápula direita, e alguns elementos apendiculares.	CPP-0252	<i>Cambaremys langertoni</i>
30	Próximo a um Shopping Center na cidade de Presidente Prudente.	-	Arenitos finos, síltitos e lamitos, com eventuais laminações plano-paralelas.	Formação Adamantina	Carapaça e plastrão, elementos apendiculares (cintura pélvica, ambos úmeros, escápulas, e coracóides fragmentados), e vértebras.	MPE-UNESP-Rio Claro (sem número)	<i>Roxochelys wanderleyi</i> .
31	Próximo à margem do Rio Paraná, entre as cidades de Rubinéia e Santa Fé do Sul (SP).	Pedreira abandonada	Arenito fino a muito fino, vermelho-arroxeadado, com matriz argilosa e linhas de seixos na base das camadas.	Formação Santo Anastácio	Carapaça e plastrão quase completos, fragmentos axiais e apendiculares.	MPE - UNESP - Rio Claro (sem número)	Novo morfótipo
32	Proximidades da Fazenda Santa Laura, a Norte de Flórida Paulista (SP).	Afloramento / corte de estrada vicinal abandonada.	Arenito	Formação Adamantina	Fragmentos de cascos	MPE - UNESP (sem número)	Testudines indeterminado
33	Proximidades do Distrito de Atlântida, em Flórida Paulista (SP).	Corte de estrada vicinal	Conglomerado	Formação Adamantina	Fragmentos de cascos	MPE - UNESP (sem número)	Testudines indeterminado
34	Cruzamento entre o Córrego Pacaembu e a Rodovia SP-294, à Norte da pista de pouso, no Bairro São Simão, Atlântida, Flórida Paulista (SP).	Afloramento	Arenitos maciços, com nódulos carbonáticos.	Formação Adamantina	Fragmentos de cascos	MPE - UNESP (sem número)	Testudines indeterminado

Seção Colunar de afloramento fossilífero da Formação Adamantina - Localidade de Pirapozinho (SP)										
Localização: Antiga Ferrovia Sorocabana, km 736, no Município de Pirapozinho - SP. Coordenadas UTM: Meridiano Central 22K, 455.387m E, 7.542.637m N)										
Legenda		Arenito Argilito	A - E	Pontos de amostragem para análises químicas		Estrutura de deformação por sobrecarga Estratificação cruzada acanalada	Laminação plano-paralela Estratificação cruzada	Fósseis de Testudines		
Escala: 1:10		Estruturas		Descrição						
<										

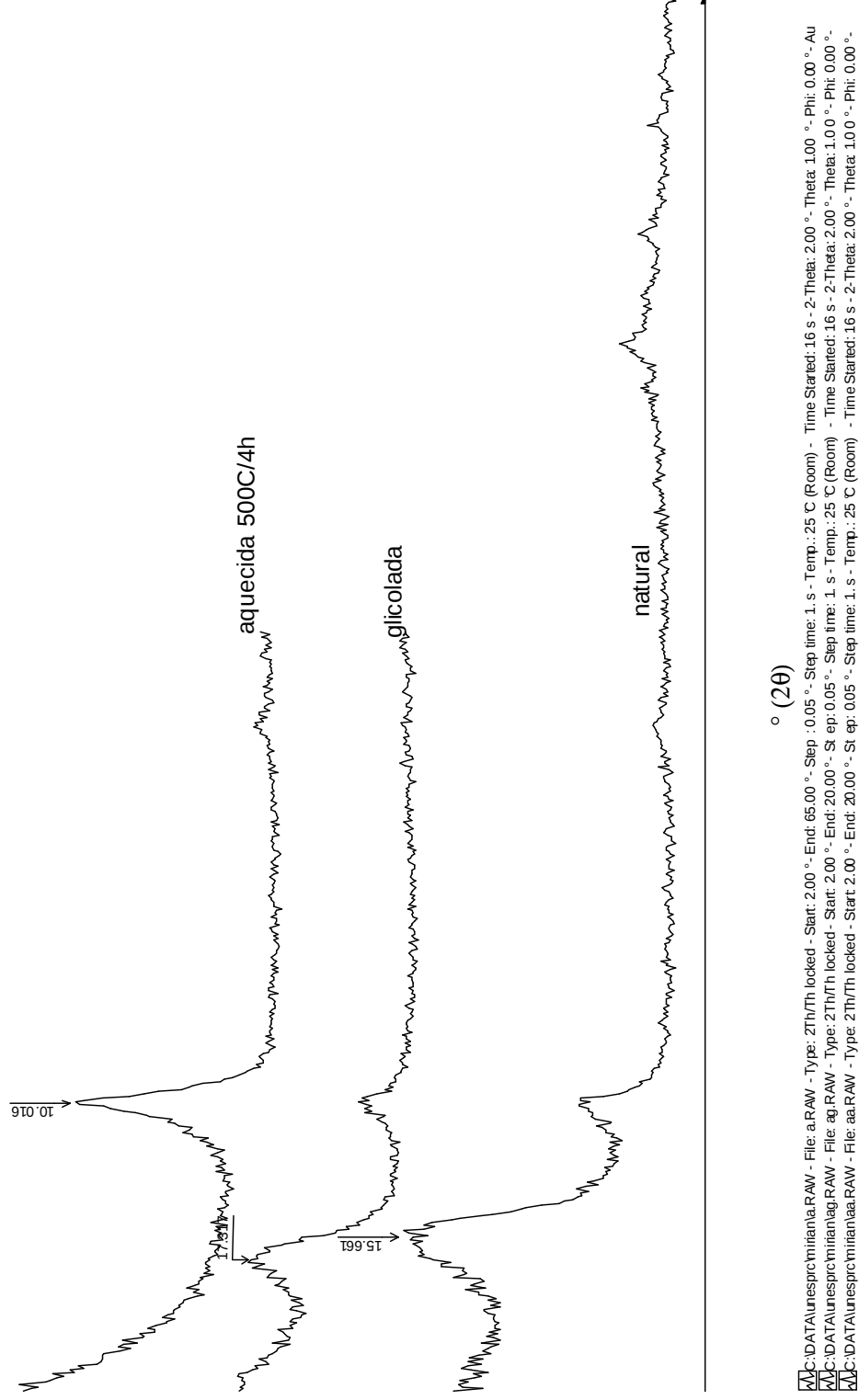
APÊNDICE D - ANÁLISE QUÍMICA POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

Amostras	Elementos maiores (%)										Traços (ppm)											
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cr	Ni	Cu	Ba	Rb	Sr	La	Ce	Zr	Y	Nb	Zn
A	51,56	1,46	10,03	5,58	0,08	4,00	10,19	1,23	3,66	1,65	203	99	42	755	96	969	60	104	280	32	54	67
B	61,53	1,83	9,83	6,33	0,09	3,89	3,67	1,35	4,27	1,29	288	101	54	1045	111	706	60	139	354	31	69	88
C	66,15	1,43	9,14	3,94	0,09	2,30	5,25	1,87	2,85	0,22	168	56	16	887	73	327	35	45	223	8	61	36
D	64,83	1,40	9,42	5,28	0,09	3,27	3,73	1,15	3,66	0,33	157	85	44	691	101	262	46	102	301	15	56	52
E	73,23	1,01	9,36	4,13	0,07	2,14	0,81	1,06	3,43	0,25	194	82	23	676	104	50	38	98	265	11	39	41

O posicionamento das amostras no afloramento está representado na Seção Colunar apresentada no Apêndice C.

APÊNDICE E - ANÁLISE QUÍMICA POR DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Amostra A, indicada na Seção Colunar do afloramento fossilífero da Formação Adamantina (Apêndice C).



Amostra B, indicada na Seção Colunar do afloramento fossilífero da Formação Adamantina (Apêndice C).

